

# **ZeD**

**Zéróenergiás Design  
– a holnap építésze  
S z e k é r L á s z l ó  
D L A é r t e k e z é s**

**Témavezető: Turányi Gábor DLA, egyetemi tanár  
Moholy-Nagy Művészeti Egyetem, Doktori Iskola**

**B u d a p e s t, 2 0 1 3**

# Tartalomjegyzék

Címlap	
Tartalomjegyzék	2
Nyilatkozat	3
Előszó	4
Köszönetnyilvánítás	6
Kivonat	7
Abstract	8
<b>Bevezetés, probléma felvetés</b>	<b>9</b>
<i>Fenntartható építészet – felelős építészet</i>	9
<i>Rövid történeti áttekintés</i>	9
<i>Az építészet válsága</i>	11
<i>Társadalmi fenntarthatóság és „greenwashing”</i>	12
<i>A kutatás tárgya</i>	14
<b>Tézisek</b>	<b>16</b>
<i>Alaptézisek</i>	16
<i>A tézisek kifejtése:</i>	16
<b>Zéróenergiás építészet</b>	<b>22</b>
<i>A zéróenergiás építészet szükségessége</i>	22
<i>A zéróenergiás építészet definíciója</i>	22
<i>Az EU-szabályozás, a „közel nulla” direktíva</i>	27
<i>Az USA definíciója</i>	29
<i>A magyar szabályozás</i>	30
<i>Hogyan érhető el gazdaságosan a zéróenergiás szint?</i>	32
<b>A zéróenergiás építészet esztétikai sajátosságai</b>	<b>34</b>
<i>Innováció és kulturális attitűd</i>	34
<i>Hasznosság, tartósság, szépség – fenntarthatóság</i>	35
<i>Integrált tervezés</i>	38
<i>Energiamodellezési eszközök, BIM</i>	40
<b>Előfutárok</b>	<b>41</b>
<i>Magyar hagyományok, előzmények</i>	42
<i>A zéróenergiás design előzményei</i>	43
<b>Ajánlások zéróenergiás ház tervezéséhez</b>	<b>47</b>
<i>Alapkonceptió</i>	48
<i>A hővisszanyerős szellőztetés jelentősége</i>	49
<i>Tervező eszközök</i>	51
<i>A jelenlegi építési gyakorlat és a zéróenergiás ház követelményei</i>	52
<i>További ajánlások</i>	53
<b>Minőségbiztosítás</b>	<b>54</b>
<b>Összefoglalás</b>	<b>56</b>
<b>Mestermunka: Kőröshegy, Hídmérnökség</b>	<b>57</b>
<i>Ismertetés</i>	57
<i>Helyszín, környezet</i>	57
<i>Építészeti koncepció</i>	58
<i>Épületgépészet, megújuló források</i>	59
<i>Kertészeti koncepció</i>	60
<i>Szerkezetek, anyagok, technológiák</i>	60
<i>Alapadatok, stáblista</i>	63
<i>Mestermunka tervek, és fotók</i>	64
<b>Irodalomjegyzék</b>	<b>80</b>
<b>Szakmai önéletrajz</b>	<b>86</b>
<b>Válogatott munkák, publikációk</b>	<b>87</b>
<b>DLA Thesis in English</b>	<b>90</b>
<b>Függelék</b>	<b>91</b>

## Nyilatkozat

Alulírott Szekér László ezúton kijelentem, hogy a jelen doktori értekezést korábban más intézményben nem nyújtottam be, és azt nem utasították el; a mestermű és az értekezés teljes egésze saját munkám, megfelel az eredetiség követelményeinek.

Budapest, 2013, szeptember 15.

*Szekér László*

## Előszó

Életünk túlnyomó részét épített környezetben, zárt térben töltjük, és komfortunkhoz egyre több energiát – főleg fosszilis energiát – fogyasztunk, ami hosszú távon nem fenntartható. A fejlődés sajátossága, hogy egyre több és bonyolultabb rendszert veszünk igénybe a fűtés, hűtés, használati meleg víz, szellőzés, világítás, háztartási gépek stb. működtetéséhez, amihez fosszilis energia szolgáltatja az alapot. Köztudomású, hogy az épületeinkben használjuk fel az összes megtermelt energia legnagyobb részét<sup>1</sup> ezért az EU direktívája szerint 2020-tól csak közel nulla energiaigényű épületek létesíthetők<sup>2</sup>. Ez óriási kihívás elé állítja a szakmánkat, mivel közel sem magától értetődő, hogy mitől lesznek az épületeink 2020-tól közel nulla energia igényűek. Az elmúlt száz év építészeti törekvéseiben elvéve jelent meg az energiatudatos szemlélet, az olajkorszak építészete a bőségesen rendelkezésre álló olcsó energián alapult, mely napjainkra egyre nagyobb válságba sodorja a civilizációt. Magyarországon a szabályozási és felkészülési folyamatnak az elején vagyunk, a célok megvalósítása óriási feladatot ró az oktatókra, és a szakmagyakorlókra egyaránt, dolgozatom ehhez kíván hozzájárulni.

Épületeinknek hasznosnak, tartósnak és szépnek kell lenniük – a hasznosság fogalmába pedig ma már beletartozik az alacsony rezsiű (akár nullarezsiű) épület is. ***A modernizmus ezen a téren zsákutcának bizonyult, gyakran a hagyományos épületek is jobban teljesítenek, rugalmasabbak a felhasználás szempontjából, és összességében fenntarthatóbbak. Nulla energiafelhasználást azonban a régi épületekkel sem lehet elérni, a kérdést nem lehet hagyományos építészeti eszközökkel megoldani. A magas szintű komfort, az egészséges környezet biztosítása, a gazdaságosság és fenntarthatóság valamint a fosszilis energiától való függetlenség megvalósítható, de ehhez új utakat kell keresni.*** Közismert például, ha csak szigetelünk, és jól záródó ablakokkal lecsökkentjük a légcserét, megjelennek a penészfoltok, és kialakul a „beteg épület tünet együttes”<sup>3</sup>. Fűtési szezonban sajnos egyre gyakrabban előfordul, hogy fulladást, halálos mérgezést okoz a „túl jól” leszigetelt, szellőztelen lakás. Az építészek felelőssége, hogy a történeti és hagyományos építészet tapasztalatainak felhasználásával, megfelelő korszerű technológiával és a megújuló energiák kombinációjával megvalósítsák a zéróenergiás épületeket, mely 2020-tól kötelező európai szabvány lesz. A célhoz több úton is el lehet jutni, nincs egyetlen üdvözítő megoldás, bár vannak bizonyos törvényszerűségek, melyeket figyelembe kell venni. Az EU irányelvei szerint a lehetséges megoldások közül az életciklust figyelembe vevő költség optimum alapján kell választani, ez pedig a passzív megoldásokra irányítja a figyelmet, a megépült példák is ezt igazolják. Ehhez legalább elméletben ismerni kell az opciókat, ismerni és alkalmazni kell tudni az energetikai-, költség-, és életciklus modellezést. Kiforrott elméleti tudás és gazdag gyakorlati tapasztalat áll rendelkezésre, a technológia már

---

<sup>1</sup> Kb. 40%-át

<sup>2</sup> „A 2010/31/EU irányelv szerint 2020. december 31. után csak közel nulla energiaigényű épületek építhetők. A hatóságok által használt illetve a tulajdonukban lévő épületek esetében ez a dátum 2018. december 31. Az ilyen új építésű épületek esetében a támogatás célja az előírásoknál energetikailag hatékonyabb építés ösztönzése, amelynek célértéke 25 kWh/m<sup>2</sup>/év. Forrás: MAGYAR KÖZLÖNY 119. szám, A MAGYAR KÖZTÁRSASÁG HIVATALOS LAPJA 2011. október 14., péntek. (Az Európai Unió 2002/91/EK direktívája (EPBD) már korábban előírta a tagállamok részére az épületek energiafelhasználását csökkentő intézkedések (rendeletek) megalkotását)

<sup>3</sup> Sick Building Syndrome, SBS

ma gazdaságosan megvalósítható, ráadásul nagyobb komfortot nyújt, mint a szokványos építésű házak. Komfort alatt a termikus és akusztikus komfortot, természetes fénnel való ellátottságot, levegőminőséget, penészmentességet stb. kell érteni. A jövő építészetét kiváló energiahatékonyság és magasabb komfort jellemzi, például megszűnik a hagyományos épületeket jellemző termikus diszkomfort: nincs huzat és vertikális léghőmérséklet eltérés, megszűnnek a hideg padlók és sarkok, hőhidak, hideg felületek és a sugárzási aszimmetria<sup>4</sup>. A zéróenergiás ház szerves része a nagy hatékonyságú hővisszanyerős szellőzés, ezért az energiahatékonyság mellett a friss levegő ellátás révén jobb a levegőminőség (CO<sub>2</sub> és szennyezőanyagok, szagok, pára, stb. folyamatos eltávolítása és friss levegő bejuttatása révén). A tervezéshez megfelelő technikai eszközök állnak rendelkezésünkre (dinamikus szimulációk, PHPP, hőhídméretező szoftverek, megújuló energiaméretező szoftverek, infrakamera, páratartalom, légtömorség és CO<sub>2</sub> mérő műszerek, hőmennyiségmérők, számítógépes monitoring rendszerek stb.) Jelentős magyar tapasztalatokkal is rendelkezünk már a tárgyban, a már megépült magyar példák tapasztalatait is hasznosítottam az értekezésemben<sup>5</sup>. Közel három évtizede foglalkozom a témával, és néhány éve főleg közel nullaenergiás házakat építek, ezért következtetéseim az elméleti megfontolások mellett gyakorlati tapasztalatokon is alapulnak.

---

<sup>4</sup> Frohner, I.: A sugárzási hőmérsékletaszimmetria emberre gyakorolt hatásának vizsgálata, PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 2006.

<sup>5</sup> Jelen sorok írásakor több tucat, közel nullaenergiás ház épült meg Magyarországon, és számuk folyamatosan nő.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, *Turányi Gábor DLA*-nak, a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem professzorának, aki széles látókörével, biztos ítélőképességével és hasznos tanácsaival segítette munkámat. Köszönöm *Nagy Tamás DLA*-nak a Moholy-Nagy Művészeti Egyetem Építész Tanszéke vezetőjének hasznos tanácsait is, mellyel egyengette a kutatásomat és dolgozatom elkészítését, valamint portfólióm összeállítását. A BME-n többek között *Polónyi Károly* indított el a klimatikus design irányába a nyolcvanas évek elején. Mesteriskolám a londoni Architectural Association School of Architecture volt, melynek Energy and Environment (Környezet és Energia) posztgraduális képzését 1985-86-ban végeztem el, *Simos Yannas* professzor vezetésével. Ekkor ismertem meg a passzív-szolár építészet alapjait, a kortárs amerikai, angol, olasz kísérletek (*ECD Partnership, Amory Lovins* stb.) jelentősen befolyásolták kialakuló praxisomat. *Makovecz Imre* építészetének tanulmányozása vezetett *Frank Lloyd Wright* környezetbarát és természetközeli organikus modern építészetéhez. Wright a harmincas-negyvenes években megalkotta a Usonian House alaptípusát, benne a korszak napházát (Jacobs II. Solar Hemicycle). A megújuló források és a passzívház-technológia alkalmazásával *Wolfgang Feist* és munkatársai nyomán kutatom a zéróenergiás építészet lehetőségeit. Köszönettel tartozom a PAOSZ tagjainak – valamint *Sariri Baffia Enikőnek* és a külföldi szakmai partnereimnek (iPHA, PHI ) a hosszú évek óta tartó szakmai együttműködésért, mely során számos közös projektet valósítottunk meg, rendkívül hasznos tapasztalatokra szert téve. Végül, de nem utolsósorban köszönetet mondok *Mesterházy Mónikának*, a Green Press alapító főszerkesztőjének támogatásáért és tanácsaiért.

## Kivonat

Szerző: Szekér László  
Értekezés címe: Zéróenergiás Design – a holnap építészete  
Mestermű címe: Kőröshhegy Hídmérnökség. közel zéróenergiás irodaépület  
Témavezető: Turányi Gábor DLA, egyetemi tanár  
Moholy-Nagy Művészeti Egyetem, Doktori Iskola Budapest, 2013 szeptember

---

Az olajkorszak építészete felett eljárt az idő, az energifaló, környezetszennyező ingatlanok nem fenntarthatóak. A kiutat ebből a zsákutcából a fenntartható építészet paradigmaváltása jelenti. A változás már elkezdődött, a XXI. század építészetét az alacsony energiefelhasználású ingatlanok, a passzívházak, a zéró emissziós, zéróenergiás épületek határozzák meg. Zéróenergiás építészetnek azt nevezem, melynek energiahatékonysági szintje és megújuló energiahasználata együttesen lehetővé teszi, hogy kiváló komfort biztosítása mellett az épület éves energiefelhasználása nulla legyen, és hosszú távon fenntartható módon üzemeljen, miközben környezetét sem károsítja. Ehhez többek között rendkívül energiahatékony épületburokra van szükség, mely biztosítja, hogy fenntartható energiagazdálkodással lehessen üzemeltetni az épületeket, továbbá passzív és aktív technikákat, korszerű gépészetet, megújuló forrásokat és integrált tervezést kell alkalmazni. A fenntarthatóság komplex követelményrendszerének megjelenése alapján formálja át az építészetről alkotott képünket. Az individuális sztárépítészetet egyszerűbb, közösségibb, környezettudatosabb megoldásoknak kell felváltania. A fenntartható építészet integrálja a gazdasági, társadalmi és környezeti szempontokat a tervezésben és az építés során. Az integrált tervezés igénye életre hívja az egyszerűen használható energiamodellezés és életciklus-elemzés technikáit.

Kutatásomban áttekintem a téma előzményeit, különös tekintettel a hazai és európai értelmezés és szabályozás témaköreire, definiálom a fogalmat, és különböző aspektusokból (esztétikai, technikai, kulturális, szabályozási, gazdasági stb.) vizsgálom a kérdést. Téziseim összefoglalják az elmúlt évek elméleti kutatásait és gyakorlati tapasztalatait. Mestermunkámban bemutatok egy zéróenergiás design elvek alapján tervezett és felépített házat, az egyik első magyar közel zéróenergiás irodaépületet, a kőröshhegyi hídmérnökség épületét. A megépült példa alkalmazza a zéróenergiás design elveit, és a gyakorlatban is igazolja azok működőképességét és előnyeit. Kutatásom mellékleteként bemutatom a zéróenergiás design úttörőit, továbbá a jellemző kortárs nemzetközi és hazai mintaprojekteket. Bemutatom a jelen és a közeljövő lehetséges energiaellátási módjait, ajánlásokat fogalmazok meg a zéróenergiás épületek tervezéséhez, valamint elemzem az első magyar passzívház gazdaságossági kérdéseit, és kitérek arra, hogy mit kezdjünk a meglévő épületállománnyal. A téma rendkívül időszerű, mivel az EU direktívája nyomán 2020-tól csak közel nulla energiaigényű épületeket lehet tervezni és építeni.

## Abstract

Author: László Szekér  
Title of dissertation: Zeroenergy Design – Architecture of Tomorrow  
Title of Masterpiece: Near Zero Energy Office Building, Kőröshegy  
Supervisor: Gábor Turányi DLA Univ. Prof.  
Moholy-Nagy University of Art and Design Budapest, September 2013

---

Oil-era architecture is over, energy-guzzling, environment-polluting properties are out of time, they are not sustainable any more. The way out of this dead-end street is the paradigm shift towards sustainable architecture. The change has already begun, low-energy properties of 21st century architecture are characterized by passive houses, zero emission, zero energy buildings. Zeroenergy design is termed as architecture characterized by full comfort and high level of energy efficiency with combination of renewable energy sources, resulting zero annual energy balance of a building, operating in a sustainable, environment friendly way. This solution requires high performance buildings with energy efficient building shell and other features ensuring that buildings can be operated with sustainable energy supply. There are passive and active techniques, state-of-the-art engineering, renewable sources and integrated design to facilitate this. The past age of individual star architecture should be replaced by simpler, more communal oriented, more environmentally friendly solutions. Sustainability is a complex set of requirements which will fundamentally reshape our views on architecture. Sustainable architecture integrates economic, social and environmental considerations in the design and construction. The need for integrated design requires easy to use energy modelling softwares and life cycle analysis tools. In my research I briefly overview the history of zeroenergy architecture, focusing especially on the Hungarian and European legislation and interpretation of the issue. I attempt to define the concept of zeroenergy design, and its different aspects (aesthetic, technical, cultural, regulatory, economic, etc.). I introduce the pioneers of zeroenergy design, and sample exemplary contemporary international and domestic projects. In my research I discuss possibilities of present and future energy supply, and give recommendations for zeroenergy building design. Based on four years of user experience I analyze the economic implications of Hungary's first certified Passive House, which can be regarded as one of the first near zero energy buildings in Hungary, and report on what to do with the existing building stock. In my master work I present a zeroemission, near zeroenergy building, designed and built according to the design principles of zeroenergy design. Kőröshegy bridge maintenance centre is one of the first Hungarian near zeroenergy buildings. Built as an office building, the realized example employs zeroenergy design principles, highly efficient building shell and various renewable sources. Customer experience has demonstrated their viability and benefits. My zeroenergy design research summarizes theoretical knowledge and practical experience of the past 10 years of my praxis. The actuality of the topic is indicated by the forthcoming EU directive of nearly zeroenergy building standard in effect from 2020.



## Bevezetés, probléma felvetés

*Mottó: „A kőkorszaknak sem azért lett vége, mert elfogyott a kő...”*

- *Sheikh Zaki Yamani*  
(volt szaud-arábiai olajminiszter)

### **Fenntartható építészet – felelős építészet**

Beszélhetünk-e felelős építészeztől, ha a mesterséges környezet létrehozása és üzemeltetése rombolja a természetet? Ha az épített környezet és annak fenntartása kimeríti a természeti kincseket, veszélyezteti az élővilágot, rontja a jövő nemzedék életéséyleit, életminőségét, környezetszennyezést, klímaváltozást idéz elő? Hiába építünk megfeszített munkával kényelmes, biztonságos otthonokat és városokat, ha mindez a természetes környezet rovására történik, és közben kimerítjük az erőforrásainkat. Walt Whitman<sup>6</sup> több mint egy évszázada jegyezte le az alábbi sorokat: *„A dolgok lényegéből következik, hogy minden megvalósulás, minden siker – mindegy miféle – felszínre hoz valamit, ami további, még nagyobb erőfeszítéseket tesz szükségessé.”* Korunk dilemmájáról szól ez a jóslat. A XX. század a tudomány és technika fejlődésével kívánt megoldást adni a kor kihívásaira, jelentős sikerrel, de mára az erőforrások kimerítésével és a környezetünk lepusztulásával kell szembesülnünk, olyan problémákkal, mint az energiaválság és klímaváltozás. Az olcsó és kimeríthetetlen fosszilis energia kora elmúlt, az olajkorszak építészete felett eljárt az idő, a megközelítés alapos újragondolásra szorul – ezt hívjuk paradigmaváltásnak.

### **Rövid történeti áttekintés**

Az építészet a XIX. század végéig többé-kevésbé harmóniában volt a természettel, ami alatt azt kell értenünk, hogy a természet erői alakították az építészetet, és nem fordítva, mint az manapság történik. A gépek elterjedése, a tömeggyártás, az elektromosság feltalálása és épületekben történő alkalmazása, majd az olaj és gáz ipari méretű kitermelésének felfutása megváltoztatta az építészet környezethez fűződő viszonyát is. A korábbi, évszázadok, évezredek alatt szervesen fejlődő építészeti praxis a 19-20. század fordulójára megrekedt, formailag tökéletes akadémizmusba merevedett. A Beaux-Arts fémjelezte „történeti építészeti stílus” azonban nem tudott adekvát válaszokat adni a megszülető ipari korszak kihívásaira. Úttörő géniuszok, mint pl. Louis Sullivan<sup>7</sup> szakítottak a historizmussal, és megalapozták a modern építészetet, ami a huszadik század folyamán kiteljesedett – de a fejlődés nem állt meg. A Sullivan-i jelmondatot „a forma követi a funkciót” (form follows function) ma talán úgy mondanánk, hogy a forma követi az energiát „form

<sup>6</sup> Walt Whitman (1819—1892) világhírű amerikai költő

<sup>7</sup> Henri Louis Sullivan (1856-1924) amerikai építész, sokak szerint a „modernizmus atyja”

follows energy” – az építészetet ma az energiahatékonyság és környezettudatosság, fenntarthatóság formálja, vagy legalábbis kellene, hogy formálja. A modern utáni posztmodern, dekonstruktivista, neomodern stb. irányzatokból hiányzik a paradigmaváltás igénye, és bár a felszín más, de lényegében ezek ugyanúgy az olajkorszak építészét folytatják. A modern építészet valóban új formákat hozott létre, új funkciók számára, de a környezethez (hely, közösség, természet) fűződő viszony mintha elveszítette volna jelentőségét. Természetesen voltak alkotók, mint pl. *Frank Lloyd Wright*<sup>8</sup>, akik megkísérelték a modern gépkorszak követelményeit mélységében megérteni, és ugyanakkor a természettel, környezetével harmóniában lévő építészetet létrehozni. A történeti építészeti stílusokat kezdetben különböző „izmusok” váltották fel, majd a modernista felfogást az Athéni Charta szentesítette 1933-ban a CIAM<sup>9</sup> IV. kongresszusán. A nemzetközi modern építészet, amely a funkció, szerkezet és forma szintézisére törekedett, és - fő érdeme az építészet szociális aspektusának előtérbe állítása -, nem kezelte eléggé hangsúlyos módon a szempontrendszer között a környezetet, és sajnálatos módon elég gyorsan szintén az akadémizmus csapdájába került. A Bauhaus indulásakor kiemelt figyelmet kapott a Nap és a fény, de ezek a kutatások háttérbe szorultak, és formálissá váltak. A nemzetközi modern merev dogmáit az 1978-as Machu Pichu Charta is kritika alá vette, azonban fenntarthatósági szempontból az építészet és településtervezés alapjai 1992-ig nem változtak. Az 1992-es Riói ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia („fenntartható fejlődés”), majd az 1993-ban megrendezett UIA<sup>10</sup> Építész Világkongresszus tűzte napirendre a fenntartható építészet kérdéskörét. A jelen levő néhány magyar egyikeként én is aláírtam az "Egymásrataltság Deklarációja a Fenntartható Jövőért<sup>11</sup>" című kiáltványt, mely megfogalmazta a fenntartható építészet ma is aktuális feladatait: a jó élet lehetőségét mindenki számára biztosítani kell, beleértve az utánunk jövő nemzedékeket is - a jelen társadalmak nem pusztíthatják, és nem élhetik fel a környezetet. Az azóta eltelt húsz év történései sajnos nem erről szólnak, bár számos részterületen jelentős előrelépés történt – beleértve például a passzívház-technológia, valamint a megújuló források alkalmazásának térnyerését is, – a problémák ijesztően nagyra nőttek. Az emberiség létszáma folyamatosan nő (az utolsó ötven évben megduplázódott), az utóbbi ötven évben megháromszorozódott termelési hatékonyságnak köszönhetően a termelés-fogyasztás is jelentősen megnőtt, míg a természeti környezet rohamosan pusztul, és

<sup>8</sup> Frank Lloyd Wright (1867-1959) amerikai építész, a 20. század egyik legkiemelkedőbb építésze

<sup>9</sup> **CIAM** (Congres Internationaux d'Architecture Moderne, magyarul „Modern Építészet Nemzetközi Kongresszusa”) a modern építészetet propagáló nemzetközi szervezet, amely 1928 és 1959 között működött. A két-három évente rendezett kongresszusok jelentősen hozzájárultak a modern építészet elterjedéséhez. A mozgalom vezéralakjai Le Corbusier és Walter Gropius voltak. A CIAM magyar csoportja (CIRPAC) 1929 -1938 között működött.

<sup>10</sup> **UIA, (Union Internationale des Architectes)** magyarul: *Az Építészek Nemzetközi Szövetsége*. 1948-ban Pierre Vago (Vágó Péter) szervezésével alakult. Célja a különböző nemzetek építészeti közötti szakmai kapcsolatok ápolása, együttműködés a jelentős nemzetközi szervezetekkel. Kongresszusait háromévente rendezik.

<sup>11</sup> The Architects' Chicago Declaration: "Declaration of Interdependence for a Sustainable Future," az AIA és az UIA kongresszusán elfogadva, 1993 júniusában.

a hagyományos erőforrások kiapadóban vannak. **Az utolsó ötven év során – lényegében a mi életünkben – az emberiség fogyasztása hatszorosára nőtt – egy véges világban!** A fosszilis energiahordozók mellett az ivóvíz, a termőföld, az esőerdők, az óceánok, a sarkvidékek és a klíma is veszélybe kerültek.

A fenntartható környezet, fenntartható építészet problematikáját egyre pontosabban látjuk. Több fontos nemzetközi konferencia is foglalkozott a fenntartható építészettel pl. az 1994-es dániai Aalborgban a Fenntartható Városok Európai Konferenciája, az ENSZ Emberi Települések Központja 1994-es Nairobi konferenciája, majd az ENSZ 1996-os Habitat II. Konferenciája. 1997-ben megszületett a Kiotói Jegyzőkönyv<sup>12</sup>. Az Új Athéni Chartát a Várostervezők Európai Tanácsa állította össze 1998-ban, külön fejezetben foglalkozva a környezetvédelemmel, mint a fenntartható fejlődés egyik legnagyobb kihívásával. Az UIA 2007-ben az Építészet Nemzetközi világnapján meghirdette a „zéró-emissziós” építészetet, melyhez magyar kezdeményezések is kapcsolódtak<sup>13</sup>, a 2008-as kongresszuson pedig elfogadták a torinói kiáltványt, mely a környezetvédelemért és fenntartható jövőért szállt síkra. A 2011-es tokiói UIA kongresszuson kezdeményezték a „Sustainable by Design” programot, mely megfogalmazta azt a gondolatot, hogy a fenntarthatóság nem valami „rátét”, hanem a jó tervezés alapvető eleme, a tervezés szerves része. A fenntartható építészet fogalma egyre inkább kiterjed „felelős építészetre”, jelezve, hogy a mindennapi gyakorlatban is alkalmazni kell az elveket, nem lehet tovább felelős építészetet művelni a fenntarthatóság követelményrendszerének figyelembevételével nélkül.

### ***Az építészet válsága***

**A népességrobbanás, energiaválság és klímaváltozás korában élünk, és az építészeti tervezésnek erre adekvát válaszokat kell adni – ezt várja el tőlünk a társadalom.** A válság tünetei már érezhetőek - pénzügyi, gazdasági és építészeti téren is, - az időjárás „megbolondulása”, a környezeti válságok is megannyi intő jel. Az építészek reménykednek, várják a nehéz idők elmúlását, a gazdasági fellendülést, és közben panaszkodnak a csökkenő társadalmi presztízszre. Az építészet társadalmi hasznossága, és elfogadottsága tovább csökken, amennyiben ezekre a kihívásokra nem tudunk jól kidolgozott válaszokat adni.

A szakma visszahúzódása a válaszadástól oda vezetett, hogy ma a világ épületeinek alig néhány százalékát tervezik építészek - az építés nagyon sok helyen építészek nélkül történik. Ahol még tervezik a házakat, ott pedig az építészeti „szakággá” vált, a korábbi holisztikus szemléletű és karmester szerepű építészből „designer” lett. A sodródás, a befektetők és a megrendelők feltétel nélküli kiszolgálása szimpla szolgáltatássá degradálta szakmánkat, mely korábban volt már művészet is és ipar

<sup>12</sup> A Jegyzőkönyv a kibocsátások szabályozását érintő kötelezettségeket rögzíti. (Forrás: VAHAVA összefoglalás, <http://klima.kvvm.hu/documents/14/VAHAVAosszefoglalas.pdf>  
<sup>13</sup> Például a 2007-ben először megrendezett ZeroCO2 – Fenntartható Építészet konferencia [www.zeroCO2.hu](http://www.zeroCO2.hu)

is. Mi hát az építészet? Művészet? Ipar? Szolgáltatás? Egyik válasz sem érvényes ma, az építészet nem csak művészet, nem csak ipar, és nem csak szolgáltatás. Szakmánk valójában mindhárom: művészet, ipar és szolgáltatás egyszerre. Még emlékezhetünk arra, mekkora károkat okozott, amikor az építészetet csak iparnak tekintették, és mindent a technikának, technológiának, az iparosításnak és előregyártásnak rendelték alá. Érthető volt az ellenreakció a nyolcvanas években: az építészet művészet! Ez a megközelítés azonban ma már kevés. A szakma jövője az integrált tervezés, a mérnöki-gazdasági, a művészeti-kulturális aspektusok, valamint a fenntarthatóság ötvözése. A fenntartható fejlődés 1987-es fogalma<sup>14</sup> mára közkeletűvé és elfogadottá vált – jelentősen fejlődött, árnyaltabb lett. A fenntartható fejlődés koncepciója a fogyasztást és a termelést kívánja összhangba hozni, hiszen már most kevés a bolygónk erőforrása ahhoz, hogy, minden ember a fejlett világ életszínvonalán fogyasszon. A fenntarthatóság három alappilléren nyugszik: gazdasági, társadalmi és környezetvédelmi elvárásoknak kell megfelelni egyidejűleg. A fenntartható építészetnek ezért az a lényege, hogy a gazdasági szempontok mellett (funkcionalitás, gazdaságosság, biztonság, flexibilitás, megtérülés stb.) az ökológiai (környezettudatosság, ökodesign, életcikluselemzés stb.), és társadalmi (szociális, etikai, művészeti, esztétikai, kulturális stb.) szempontokat is figyelembe vegye. A gazdasági, ökológiai és társadalmi szempontok egysége a jelenleg egyeduralkodó globális, profitorientált (gazdasági szemléletű) fogyasztói modell meghaladásának lehetőségét kínálja. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a környezeti, társadalmi és gazdasági szempontokat egyenlő súllyal kell mérlegelni. Jelenleg a gazdasági szempontok vannak túlsúlyban, és a gazdasági fejlődéstől várjuk a társadalmi és környezeti kérdések megoldását is, mintha ez is csak forrás kérdése lenne. A fenntartható tervezésnek köszönhetően környezetbarát, értékes, és használható termékek és környezet jön létre, melyeknek köszönhetően emelkedik az életszínvonal és növekszik a gazdaság is, de nem a Föld és az emberek kárára<sup>15</sup>.

### ***Társadalmi fenntarthatóság és „greenwashing”***

Napjainkra egyre több fenntarthatóságra törekvő épület kerül megvalósításra, de még nem mondható, hogy ez lenne az általános gyakorlat. Az építészet a társadalom lenyomata, és a fogyasztói társadalom fogyasztói építészetet produkál. Gyakran a korszerűnek tűnő fenntarthatósági szlogenek mögött csak „zöldre festés”, „greenwashing”<sup>16</sup> van. Konkrét, egzakt, mérhető követelményeket kell támasztanunk

<sup>14</sup> A fenntartható fejlődés fogalmát 1987-ben határozta meg a Brundtland Bizottság: „A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generáció szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generáció esélyeit arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.” (Láng I.)

<sup>15</sup> Forrás: Ursula Tischner: From ecodesign to sustainable design [www.econcept.org](http://www.econcept.org)

<sup>16</sup> A „greenwashing” kifejezést a New York-ban élő környezetvédő, Jay Westervelt használta először 1986-ban, amikor észrevette, hogy egyes szállodákban kis zöld kártyákat kezdtek elhelyezni a szobákban, a törülközők újrahasználatát reklámozva, „a környezetünk megóvása érdekében”. Westervelt észrevette, hogy semmi energiapazarló intézkedést nem tettek ezek a szállodák, így nyilvánvalóan a költségek sem csökkentek, a szolgáltatások nem lett olcsóbbak, így a „zöld kampányok” egyetlen célja a profitnövelés volt. Westervelt így a külsőleg környezettudatos, tartalmát tekintve pedig profitnövelő cselekedeteket „greenwashing”-nak nevezte el. A fogalmat ma átvitt értelemben arra használják, ha valami csak zöldnek akar látszani, de valójában nem az.

- fajlagos energiafogyasztás, CO<sub>2</sub>-emisszió, megtestesített energia, életciklus-optimum stb., a „greenwashing” jelenséggel kapcsolatosan leszögezhetjük, hogy csakis az egzakt energia-, és öko-mérlegekkel alátámasztott, bizonyított megoldásokat fogadhatjuk el fenntarthatónak, ennek hiányában valószínűleg csak a „zöldre festés” marketingjével van dolgunk.

Ahhoz, hogy a fenntartható építészet általánossá váljon, fenntartható elvek alapján szervezett társadalomra van szükség<sup>17</sup>. Ez jelenleg még nem valósult meg, de nincs annak különösebb akadálya, hogy már most elkezdjünk fenntartható módon élni, építeni, gazdálkodni. Korunk egyik kulcskérdése az energia, itt (is) paradigmaváltásra van szükség: (1) pazarlás helyett maximális hatékonyság; (2) a fogyasztói szemléletű lineáris folyamatok helyett körfolyamatokban kell gondolkodni, az újrahasznosítás, visszanyerés, visszaforgatás révén; (3) a fosszilis energiahordozók helyett a megújuló források használatára kell áttérni. Bár a klímaváltozás, a biodiverzitás elvesztése, az ózonréteg elvékonyodása nem csak egy országot érintő, hanem globális probléma, az egyes országokat nem egyenlő mértékben sújtják a nehézségek. Az alkalmazkodás képessége az adott ország fejlettségétől függ elsősorban (az emberek tudatossági szintje is legalább ilyen fontos). Leslie White<sup>18</sup> szerint az evolúció állapotának leírására az energiafelhasználás mértéke a legjobb jellemző. White szerint „*a kultúrák elsődleges funkciói az energiatermelés, és annak irányítása*”, illetve „*a kultúrák arányosan fejlődnek az egy főre jutó felhasznált energiával és az energiát munkává alakító eszközök hatékonyságával*”<sup>19</sup>. Fontos tehát az energiafelhasználás mellett annak hatékonysága is. **Az energia, a hatékonyság és a kultúra szorosan összetartozó fogalmak, és a kultúrák közötti versenyben előnyben vannak azok, amelyek nagyobb hatékonysággal hasznosítják az energiát.** Ma az energiahatékonyságra, mint új energiaforrásra tekinthetünk, hiszen a legjobb energia a fel nem használt energia! Amit az energiahatékonysággal meg tudunk spórolni, azt nem kell kibányászni, szállítani, finomítani, erőművekben elégetni, és az így megtermelt energia nagy része sem fog elveszni a fogyasztóhoz történő szállítás során. Az energiahatékonyság különösen fontos az építészetben, mivel ez az egyik legnagyobb energiafogyasztó, és itt lehet a legnagyobb eredményeket elérni a legkisebb befektetéssel. Az energiahatékonyság célja jelen tudásunk szerint a zéróenergiás ház, melyet energiahatékonysággal és megújuló források kombinációjával alkothatunk meg - értekezésem alapvetően ezzel a témával foglalkozik. A paradigmaváltás gazdasági érdek, környezetvédelmi szükségszerűség és erkölcsi kötelesség is – az utóbbi kettővel azonban egyre nagyobb lemaradásban vagyunk, és ennek az az oka, hogy a gazdaságot előbbrevalónak gondoljuk, mint a környezetünk, vagy a társadalmunk. Tévesen sokan azt gondolják például, hogy a környezetvédelem megoldása gazdasági kérdés - ezzel automatikusan prioritást adva a gazdaságnak.

<sup>17</sup> Lányi András: Fenntartható társadalom Forrás: <http://bocs.hu/nefe/fenntarthatotarsadalom.pdf>

<sup>18</sup> Amerikai antropológus 1900-1975

<sup>19</sup> White képlete:  $P = ExT$  ahol E a felhasznált energia, T az energiát felhasználó technológiák hatékonyságának mértéke.

A fenntarthatóság hármasszögére: társadalom, gazdaság és környezet összetartozó, egymástól nem elválasztható fogalmak, és eltérő karakterük miatt különböző megközelítést igényelnek. Szabadságra (választási lehetőségre, függetlenségre stb.) van szükség a szellemi életben (oktatás, művészet, alkotás stb.), egyenlőségre a jogi téren (társadalom, környezetvédelem stb.), és testvériségre (szolidaritás) a gazdaságban (globalizáció, egymásrataltság). Mindhárom terület egyformán és egyszerre fontos és nélkülözhetetlen, de eltérő hangsúlyokkal és megközelítéssel. Több mint kétszáz év telt el a Felvilágosodás hármasszögének megjelenése óta, és az alapfogalmak (szabadság, egyenlőség, testvériség) ma aktuálisabbak, mint valaha, de sokszor nem értjük, miről is van szó: tévesen értelmezzük ezeket a kulcsfogalmakat. Óriási károkat okoz, ha összekeverjük az alapelveket, és nem azon a síkon alkalmazzuk őket, ahol szükséges. A kelet-európai társadalmak a XX. század folyamán megtapasztalhatták, mennyire káros, ha az egyenlőség eszméjét a gazdasági és szellemi életben alkalmazzák. Amennyire indokolt a törvény előtti egyenlőség, az esélyegyenlőség és diszkrimináció mentesség elve, annyira helytelen az egyenlőség eszméjét kiterjeszteni a szellemi életre, ahol hierarchia van, hiszen a tanulók tanulnak a tanáraiktól, vagyis szellemi téren nincs egyenlőség. Az egészséges és tiszta környezethez való jog mindenkit megillet (az utánunk jövő generációkat is), így itt helyénvaló az egyenlőség, de a gazdasági életben sincs egyenlőség – eltérőek az adottságok, igények, lehetőségek – a gazdaság síkon az együttműködésnek, szolidaritásnak kell a vezérlő eszmének lennie. Jelen korunkra leginkább a szabadság univerzális jelszava jellemző: azonban a természetet nem szabad pusztítani, a környezetünk nem mehet (szabadon) tönkre. Rohamos tempóban épül le a természet, és belátható, hogy a környezetvédelem területén nem érvényesülhet maradéktalanul a szabadság, mert mindenkit egyenlően megillet a tiszta környezethez való jog, beleértve az utánunk jövő generációkat is. A Felvilágosodás kora után elérkeztünk a Fenntarthatóság korába.

### ***A kutatás tárgya***

A fenntartható építészet képezi kutatásom tárgyát, különös tekintettel annak egyik kulcskérdésére, a zéróenergiás ház problémakörére. **A fenntartható építészet mint univerzális fogalom magában foglalja a környezettudatos szempontokat (ökodesign, környezetbarát anyagok, újrahasznosítás, gazdaságosság, költségoptimum stb.) - az energiatudatos és energiahatékony építészetet (passzív és aktív technológiák, megújuló források, emisszió stb.), - valamint a szociális aspektusokat (megközelíthetőség, nyilvánosság, transzparencia, akadálymentesség, ergonómia, esztétika stb.).** Ezek közül nem emelhető ki önkényesen egy szempont sem, azonban jelenleg az egyik legnagyobb kihívásnak az energiafelhasználás, és energiaellátás tekinthető.

Egyre több zöld épület épül, a környezettudatosság, energiahatékonyság, akadálymentesség stb. egyre inkább kötelezően betartandó követelménnyé válik. Egzaktn mérhető a fajlagos energiafelhasználás, a széndioxid-kibocsátás mértéke, a felhasznált anyagok megtestesített energiája. Az életciklus elemzések segítenek

meghatározni a hosszútávú gazdasági optimumot, a megtérülési mutatók mellett az emberi elégedettség, komfort, munkahatékonyság, akadálymentesség, nyitottság, flexibilitás kérdései is egyre inkább előtérbe kerülnek, és elvárásokká válnak. Alaptézisem, hogy van megoldás az energiaválságra, a zéróenergiás építészet már ma reálisan megvalósítható. Értekezésemben a megvalósítás lehetőségeit, valamint a kérdéskör építészeti, technológiai, esztétikai, tervezési stb. vonzatait vizsgálom: hogyan lehet a zéróenergiás ház egyszerre hatékony, gazdaságos, és esztétikus? Az építészet kulturális beágyazottsága miatt fontos az esztétikai és társadalmi szempontokat is kutatni, mert a jövő szempontjából kulcsfontosságú fenntartható építészet társadalmi elfogadottsága ezen is múlik.

A kutatási téma lehatárolása:

- a.) Klíma és régió: Alapvetően a hazai, tágabb értelemben a közép-európai klímatis viszonyokat vettem figyelembe. Más klímatis viszonyok további szempontok figyelembevételét tennék szükségessé.
- b.) Épülethatár: A feladat lehatárolása alapvetően egy épületre történik. Bár tisztában vagyok azzal, hogy globális problémákkal nézünk szembe, és valódi eredményeket csak település léptékben lehet elérni, egy földrajzi régióra és egy épületkontúrra szűkítve nem lehet teljeskörű megoldást kínálni, a téma tárgyalása és a rendelkezésre álló formátum szükségessé teszi ezt a lehatárolást.
- c.) Megújuló energia: A megújuló forrásokat tekintve is mesterséges lehatárolásnak tűnhet egy épületre korlátozni a lehetőségeket, lévén a közösségi energiatermelés valószínűleg gazdaságosabb, mint az egyéni, azonban a realitás és a projekt demonstrációs célja miatt csak az épületen belüli megújuló energia felhasználással foglalkozom.
- d.) Energiahatékonyság: Mivel az egyik legnagyobb probléma ma az energia, az értekezés a kritikus erőforrás kérdésre fókuszál, de tudatában kell lennünk a többi erőforrás - nyersanyagok, ivóvíz, termőföld, élelmiszer stb. szűkös és korlátozott voltának is.

## Tézisek

*Mottó: „A világ, amit teremtettünk a gondolkodásunk eredménye; nem lehet megváltoztatni gondolkodásunk megváltoztatása nélkül.” (Albert Einstein)*

### **Alaptézisek:**

- 1. Az épített környezet a legnagyobb nyersanyag-, és energiafogyasztó, létrehozása és fenntartása pusztítja a természetes környezetet, a jelenlegi gyakorlat nem fenntartható egy véges forrásokkal rendelkező világban.**
- 2. Érdemben foglalkoznak a kérdéssel, az építési kultúra azonban csak lassan változik, és az időhiány miatt kétséges, hogy elterjed-e a fenntartható építészet.**
- 3. A zéróenergiás építészet gyakorlati megoldást kínál a kritikus erőforrás problémára, az energiaválságra.**
- 4. Az út járható, a megoldás elérhető.**
- 5. Az építészet világa nagyon jelentős korszakváltáson megy keresztül.**

### **A tézisek kifejtése:**

- 1. Az épített környezet a legnagyobb nyersanyag-, és energiafogyasztó, létrehozása és fenntartása pusztítja a természetes környezetet, a jelenlegi gyakorlat nem fenntartható egy véges forrásokkal rendelkező világban**

Az épített környezet létrehozása és üzemeltetése (fenntartása) használja el a világ erőforrásainak jelentős részét, a fosszilis energia legnagyobb részét, a nyersanyagokat, erdőket és ásványkincseket – jelentős környezetszennyezést okozva. Az épületek üzemeltetése (fűtés, hűtés, világítás stb.) során keletkező széndioxid-kibocsátás a fő oka a globális felmelegedésnek, és a klímaváltozásnak, melynek egyre súlyosabb következményeit már a gyakorlatban tapasztaljuk. A gazdaságosan kitermelhető fosszilis energiakészlet csökken, a kitermelés egyre drágább, emiatt az épületek fosszilis energiával történő üzemeltetése egyre nehezebb gazdaságilag, az emberek egyre kevésbé képesek fenntartani a házaikat, fizetni a közlekedés költségeit, a drága energia miatt kormányok és magánszemélyek adósodnak el és mennek csődbe. A világ népessége nagy tempóban növekszik, az emberiség egyre nagyobb hányada lakik városokban (vagy bódévárosokban), miközben a természetes környezet degradálódik, mivel az erőforrások felhasználása továbbra is hagyományos. A világban gyökeres változások történtek az utóbbi ötven évben, az emberiség létszáma három milliárdról hét milliárd fölé nőtt, miközben a GDP megháromszorozódott. **Vagyis az anyagi termelés és fogyasztás globálisan több mint hatszorosára nőtt ötven év alatt, ilyen arányú növekedésre a világ történetében még nem volt példa!** (További jelentős probléma, ennek a



megsokszorozódott gazdagságnak az igazságtalan eloszlása, de ez túlmutat jelen dolgozat keretein.) Az emberiség környezeti lábnyoma jelenleg már a Föld teherbíró, megújuló képességének másfélszerese, tehát gyakorlatilag a jövőnket éljük fel. A mai világ alapvetően más, mint az ötven évvel ezelőtti, sokkal több emberrel, óriási városokkal, hatalmas termeléssel és fogyasztással, valamint hulladéktermeléssel és jelentős környezetszennyezéssel. A megoldás a fenntartható termelésre és fogyasztásra való átállás, ennek hiányában biztos az összeomlás. Az építészeti gyakorlaton változtatni kell, fenntartható építésre szükséges átállni. Ennek első és jelenleg leginkább szükséges lépése az épületek energiafogyasztásának radikális csökkentése, indokolta nulla közeli energia felhasználás az épületekben, vagyis a zéróenergiás építészet.

- **2. Érdemben foglalkoznak a kérdéssel, az építési kultúra azonban csak lassan változik, és az időhiány miatt kétséges, hogy elterjed-e a fenntartható építészet**

*„A kultúra... az a komplex egész, amely magában foglalja a tudást, a hitet, a művészetet, az erkölcsöt, a törvényt, a szokást és minden más képességet és sajátosságot, amelyre az ember a társadalom tagjaként tesz szert”.<sup>20</sup> (Edward Burnett Tylor)*

Az épületek, az épített környezet fenntartható volt sokáig, a népi építészet ösztönösen tudta, mi a fenntarthatóság, az újrahasznosítás, a praktikum és józan ész. Ennek az a magyarázata, hogy a régebbi korokban az emberek kénytelenek voltak harmóniában élni a Természettel. Az olcsó és bőséges fosszilis energia lehetősége alapjaiban változtatta meg a világot, és benne az építési gyakorlatot is, többek között a Természettel való kapcsolatot is. A XX. század lényegében arról szólt, hogy le tudjuk győzni a Természetet. Az építési kultúra nagyjából a XX. századig alapvetően tapasztalati úton fejlődött: az építészeti tudás, az alkalmazott építésmódok és technológiák a megelőző korokhoz képest mindig valamivel fejlettebbek voltak, mivel a korábbi tapasztalatokat figyelembe vették, csakúgy, mint a helyi klimatikus és terepviszonyokat, tájolást stb. Az építési kultúra szervesen fejlődött, az építési technikát nemzedékről nemzedékre fejlesztették. Ez a folyamat a XX. századtól felbomlott, napjainkra pedig gyökeresen megváltozott, a technológiai fejlődés elszakadt az építészeti kultúrától. Megjelentek, és egyre nagyobb jelentőségre tettek szert a különböző, főleg technikai „szakágak” (gépészet, elektromosság, épületfelügyelet, akusztika, tűzvédelem, stb.), és ma már olyan területeket fednek le, melyek korábban az építészet szerves részét képezték, illetve építészeti eszközökkel voltak megoldva (szellőzés, világítás, fűtés, hűtés stb.).

---

<sup>20</sup> Edward Burnett Tylor, „A primitív kultúra /Primitive Culture/, 1871

Nagyjából. a múlt század elejéig az építkezés legfőbb mestere és szellemi irányítója az építész volt, ez napjainkra megváltozott: technológusok, szakági tervezők, menedzserek, projektgazdák, közgazdászok és jogászok döntenek a fontos kérdésekről. Az építészet még a szakmai kérdéseket sem képes kordában tartani. Jelen korunkban jó példa erre az energiahatékonyság kérdésköre, ami alapvetően építészeti kérdés, mégsem tud ezzel lépést tartani az építész szakma. Úgy tűnik, az építészek például az energiahatékonyság ügyét - amely a fenntarthatóság egyik legfontosabb aspektusa, és valódi építészeti kérdés -, pusztán technológiai kérdésnek tekintik, amire máshonnan várják a válaszokat (pl. épületgépészekről, épület-energetikusoktól). Egyes gyártók, épületgépészek, tűzvédelemmel foglalkozó szakemberek többet foglalkoznak az energiahatékonysággal, mint az építészek, így nem kell csodálkoznunk, hogy csökken az építészet társadalmi elismertsége, és az építészek társadalmi szerepe. Az épületekben megjelenő technikával az építészek nem tudnak lépést tartani, az életminőség és lakókomfort kérdéseit már nem tudják pusztán építészeti módon megoldani, a technológiai kérdéseket átengedik más szakterületeknek. **Az építészet alig követi a változásokat, lassan ismeri fel a saját szerepét a jelenkor legnagyobb kihívásaiban, az energiaválságot és a klímaváltozást illetően. A változást nem igazán segítik a meglévő intézmények, mivel az általuk közvetített értékek és koncepciók egy régebbi korban alakultak ki, és bármennyire is megfelelőek voltak abban a korban, amikor létrejöttek, a mai követelményeknek (környezeti, gazdasági, demográfiai, technológiai, környezetvédelmi stb.) már nem felelnek meg.** A világ ötven év alatt hatalmasat változott, de az intézmények zöme jóval ezelőtt született, és nem képes a változások élére állni. A fenntarthatóság kérdései alulreprezentáltak az oktatásban, így nem csoda, hogy a szakemberek legújabb generációi is felkészületlenek ezen a téren. A változás mégis elkezdődött, elszórtan és a periférián, a centrumok állnak, kívárnak, és csak lassan változnak.

Fennáll a veszély, hogy kultúránk nem ismeri fel a veszélyt, és nem reagál időben. A sikeres társadalmi reakció (változási folyamat) a következő mintát követi: innováció, adaptáció, evolúció. Az innováció jelenti a megoldások keresését, ezt a munkát jellemzően úttörők végzik. Az adaptáció során elkezdik alkalmazni az elveket, majd ezek bekerülnek a gyakorlatba. Ha a kultúra meg tudja emészteni a változást, akkor ezáltal létrejön a fejlődés, az evolúció. Jelenleg az a probléma, hogy nagyon felgyorsultak a változások, és kevés az idő, ezáltal a nehézségek egyre nőnek. Az adaptáció és evolúció időigényes folyamat, az emberiség pedig időprésbe került. Bőven akad arra példa a történelemben, hogy egy kultúra nem képes a fejlődésre. Jared Diamond<sup>21</sup> számos példát hoz jelentős korábbi kultúrák elbukására a Húsvét-szigetektől Róma példájáig. A kultúrák bukása mindig valamilyen erőforrás-válsághoz kötődött, és **az inadekvát társadalmi-kulturális válaszok a következő hibás mintát követték: 1: Nem ismerték fel a problémát, mielőtt az megjelent. 2: Nem érzékelték a problémát, amikor az megjelent. 3: Nem oldották meg a problémát,**

---

<sup>21</sup> DIAMOND, Jared Collapse, *How societies choose to fail or succeed* 2005 Viking

**amikor azt már érzékelték.** Az energia problematikával hasonló a helyzet: elmulasztottuk, hogy felismerjük a problémát, mielőtt az megjelent volna (hiába volt a Római Klub jelentése a múlt század hetvenes éveinek elejéről); társadalmi szinten nem érzékeltük a problémát, mikor az megjelent (pl. az olajválságok), habár történtek úttörő kísérletek a megoldásra; ma pedig, amikor már társadalmi szinten érzékeljük a problémát (klímaváltozás, energiaválság, gazdasági válság stb.) nem oldjuk meg azt, hanem halogatjuk és pótcselekszünk (tisztelet a kivételnek).

- **3. A zéróenergiás építészeti gyakorlati megoldást kínálja a kritikus erőforrás problémára, az energiaválságra**

Sokféle módon megközelíthető a fenntartható építészeti, azonban vannak általánosnak tekinthető alapelvek. Ilyen az energiahatékonyság, az újrahasznosítás és a megújuló források használata. Több évtizedes kutatások és kísérletezések vannak mögöttünk, és ragyogó példák állnak rendelkezésünkre.<sup>22</sup> A törekvések, hogy az épületek a lehető legkevesebb energiát fogyasszák, kombinálva a megújuló energiával (elsősorban napenergiával), lehetővé teszik a zéróenergiás épületek létesítését, így szolgálva a benne lakók életét. Egy ilyen átalakulás óriási társadalmi és gazdasági hasznot produkálna, hatalmas megtakarításokat eredményezne, melyek visszaáramolhatnának a gazdaságba. Magyarországnak a jelen gazdasági helyzetben különösen szüksége lenne arra az évi több száz milliárd forintra, ami a zömében külföldi tulajdonú energiaszolgáltatók kasszája helyett a gazdaságba áramolhatna. Az energiahatékonyság és fenntarthatóság paradigmaváltása új lehetőséget kínál az építészeti gyakorlatnak arra, hogy a szakmát megillető karmesteri szerepkört újra betöltse, hiszen az építészeti az egyetlen holisztikus szemléletű hivatás, mely egységben látja az épületet, és várost, nyomon kísérve a gondolat megszületésétől az anyagi megépülésig.

Természetesen fontos fenntarthatósági kérdéskör az építőanyagok, a zöldfelületek, a közösségi közlekedés - és még számos fenntarthatósági kérdés -, de jelen tanulmányunk elsősorban az energiahatékonyságra, és a zéróenergiás épületekre fókuszál. Reméljük, 2050-re sikerül az épületállományt valóban energiahatékonnyá tenni és megújuló forrásokkal ellátni. Amíg az energiahatékonyság kérdése nem oldódik meg, elméletinek tűnik a többi fenntarthatósági kérdés, az építőanyagok előállításába befektetett energia szerepe, az anyagok újrahasznosítása stb. Ha már nem lesz probléma az üzemeltetési energia, akkor már fajlagosan a legnagyobb az építéshez és bontáshoz szükséges energia lesz, és az üzemeltetés mellett az anyaghasználat kérdésköre kerül előtérbe, felértékelődik az életciklus-szemlélet. Természetesen semmi akadálya, hogy már most is ilyen szemlélettel tervezzük házainkat, és odafigyeljünk az újrahasznosítás lehetőségeire, az egészséges

---

<sup>22</sup> Például a közelmúltban megjelent „Fenntartható építészeti felé” c. kötet épületei

építőanyagokra, a környezettudatos építésre. Lehetséges egy ilyen változás nálunk is? Reméljük, igen.

- **4. Az út járható, a megoldás elérhető**

A passzívházak tervezése és építése egy olyan tudományosan megalapozott és gyakorlat által is igazolt technológia, mely univerzálisan alkalmazható (ez nem jelenti a felelős tervezés autonómiájának csökkenését, sőt!), kiváló eredményeket biztosít, költséghatékony és mindenki számára elérhető. Megújuló forrásokkal kombinálva pedig reálisan elérhetővé teszi a zéróenergiás házak és városok építését. Bőven túl van már a világ a kísérletezés időszakán: negyven éve, az első olajsokk után (1973) sorra épültek a kísérleti épületek, az első passzívház megépítése óta is már 22 év telt el. Elméletben nem kizárva más megközelítési lehetőségeket, kijelenthető, hogy a passzívház-technológia alkalmazásával gyakorlatban is igazolt módon lehet fenntartható, közel zéróenergiás építészeti létrehozni gazdaságosan, minőségbiztosított módon, **most**. Kidolgozott tervezési, méretezési, minőségbiztosítási és oktatási, valamint kutatás-fejlesztési rendszerek szolgálják a technológia fejlődését és folyamatos tökéletesítését. Valójában annyira sikeresek ezek a törekvések, hogy Nyugat-Európa bizonyos régióiban már most csak ezzel a módszerrel lehet építkezni (pl. Hannover, Frankfurt, Brüsszel, Vorarlberg stb.). Vajon ez csak a pusztán véletlennek köszönhető? Aligha. Az elmélet fizikai, épületfizikai törvényszerűségeken nyugszik, melyeket sok elméleti és gyakorlati kutatás során tökéletesítettek. Az építés azonban tradicionális gyökerű, hosszú fejlődési folyamat eredménye, és csak lassan fogadja be az új technológiákat, az új fogalmakat: épületburok, hőhídmentes csomópontok, légtömörség, hővisszanyerős szellőztetés, stb. A passzívházak alkalmazkodnak a környezetük klimatikus viszonyaihoz, a tájolás, benapozás, széljárás, nyílásméret, árnyékolás, az épület felület/tömeg aránya, stb. révén. Ezek nem új fogalmak az építészetben, de a bőséges és olcsó fosszilis energia korában feledésbe merültek, és most „újra” felfedezzük ezeket az ősi építészeti eszközöket. Változások csak akkor hoznak áttörést, ha a kultúra felveszi az újításokat, magába fogadja azokat. A kultúra lehetővé teszi, hogy felhalmozzuk és megosszuk a tudást, specializálódjunk és együttműködjünk, újítsunk és alkalmazkodjunk. A kultúrát nem tudja senki ellenőrzése alá vonni, de mindenki hozzá tud tenni valamit. A kultúrák fejlődnek, és el tudnak bukni. A fejlődés (vagy bukás) a kihívásokra adott innováció elfogadásában és alkalmazásában rejlik.

- **5. Az építészet világa nagyon jelentős korszakváltáson megy keresztül**

Az építészet olyan jelentőségű korszakváltáshoz ért, amihez hasonló horderejű az emberiség történelmében a tűz felfedezése, a városok kialakulása, és az ipari

forradalom voltak. Globálisan veszélyben lévő világunk fordulóponthoz érkezett. A változás léptéke lenyűgöző: a múlt század kihívásait és modern törekvéseit szinte nosztalgiával szemlélhetjük a mai változások fényében. A fenntartható építészet olyan megatrend, mely hosszú évtizedekre meghatározza az építészetet. Az épületek fenntarthatóvá válnak, és betöltik a céljukat, vagyis fenntartják azokat, akik használják az épületeket. Megváltozik a korábbi tervezési metódus, kialakul az integrált tervezés, mellyel lehetővé válik a jövő zöld épületeinek és városainak megalkotása.

Valamikor fenntartható volt az építészet - nem is lehetett más, mivel szükségszerűen annak kellett lennie –, ezért összhangban volt a környezettel és annak erőforrásaival. Ma ez az egyensúly súlyosan megbomlott, és a most élő generációk feladata a megoldás keresése és megtalálása. A történeti analógiák nem nagyon segítenek, mivel ma egészen más korban élünk, mások a problémák és a lehetőségek is. Ma sokkal több ember él a Földön, és sokkal nagyobbak az elvárások, igények. Hagyományos módon ma már nem lehet kielégíteni az emberiség igényeit. Nem tud kandallótüzet gyújtani hét milliárd ember, nem tud az erdőben gyűjtögetni és vadászni és lóháton közlekedni. Ma mindenki szeretne emberhez méltó lakást és életet, utazni, fogyasztani, dolgozni, kommunikálni stb., de ehhez a jelenlegi pazarló és környezetszennyező (fogyasztói szemléletű) modell meghaladására van szükség. A jelen gyakorlata nem fenntartható. A változás jellegét tekintve két út áll előttünk: a lassú, fejlődést eredményező változás (evolúció) és a gyors, megrázkódtatásokkal terhes összeomlás (kataklizma). A Természet változása jellegzetesen két módon történik: viharos gyorsasággal, kataklizmákon keresztül (természeti katasztrófák, vulkánkitörés, földrengés, vihar stb.), és lassú fejlődés révén (evolúció). Az emberiség is a Természet része, a változás megkezdődött - már a jövőnk sem a régi!

**Az olajkorszaknak vége, és az olajkorszak építészetének is vége – a változás már elkezdődött.**

## **Zéróenergiás építészet**

*Mottó: „Mindenki tudja, hogy bizonyos dolgokat nem lehet megvalósítani, mígnem jön valaki, aki erről nem tud, és megvalósítja.” (Albert Einstein)*

Lehetséges a zéróenergiás építészet? Ha igen, miért nem építkezik mindenki így már ma? Reális, hogy 2020-tól így építkezzünk? Hogyan lehet megcsinálni, mennyibe kerül, milyen építészeti vonzatai vannak, és mit kezdünk a meglévő épületeinkkel? Megannyi kérdés, és a válaszok nem egyszerűek. Dolgozatomban megkísérlem megadni a lehetséges válaszokat, és példákon keresztül bemutatni a legjobb megoldásokat.

### **A zéróenergiás építészet szükségessége**

A zéróenergiás építészetnek az előzőekben tárgyalt környezetvédelmi, szociális, és gazdasági indokai vannak. Az épületekben fogyasztjuk el az összes energia 40%-át, épületeink fűtésére fordítjuk a GDP 4-5 %-át, és az épített környezet felelős az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának egyharmadáért. A meglévő épületállomány energetikai korszerűsítésében rejlik a legnagyobb gazdaságos CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentési potenciál, így a klímaváltozás ellen az ingatlanállomány fenntarthatóvá tételével tehetünk a legtöbbet. A hetvenes évek óta egyre fenyegetőbb energiaválság első kéretlen következményét, az energia árának drágulását mindenki érzi a pénztárcáján, az energiaárak elszabadultak, és a háztartási költségek egyre jelentősebb hányadát teszik ki. Az energiaszegénység egyre nagyobb társadalmi feszültséget okoz, a magas energiaárak egyre több embernek jelentenek nehézséget. Kutatások kimutatták, hogy az épületek CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésének számos járulékos haszna lenne, munkahelyek jönnének létre, javulna a gazdaság helyzete, komfortosabbak lennének az épületek, csökkenne az energiafüggőség stb. Az energiahatékonyság valójában megfelel egy új energiafajtának, hiszen a legjobb energia a fel nem használt energia. Leslie White tézise szerint azok a társadalmak vannak előnyben, amelyek több energiát tudnak felhasználni, és azt hatékonyabban tudják munkára fogni. Magyarországnak – mivel fosszilis energiaforrásokban nem mondható gazdagnak – az energiahatékonyság kérdését ennek megfelelően kell kezelnie.

### **A zéróenergiás építészet definíciója**

A zéróenergiás építészetnek számos definíciója létezik jelenleg. Más az EU és az USA megközelítése, de az egyes európai országok sem értelmezik egyformán a kérdést. Eltérő klímák, értelmezések, hagyományok árnyalják a képet és helyezik máshová a hangsúlyokat. Az eltérő értelmezések eltérő eredményekhez vezetnek, és eltérő tervezési koncepciókat eredményeznek. Az alapértelmezésben a közel nulla energiaigényű épület energetikai minősége magas, az energiaigény nagyon

alacsony, és az energiaigényt nagyon jelentős mértékben megújuló energiából kell fedezni. Alapvetően ki lehet jelteni, hogy a zéróenergiás ház definíciója a következő: **Energiaigény – Energiatermelés  $\leq 0$**

Számos körülményt kell azonban tisztázni ahhoz, hogy értelmezni tudjuk ezt a képletet. A kiinduló célok egyértelműek – klímavédelem, energiabiztonság, fenntarthatóság -, de jelenleg még nincs egységes értelmezés, definíció és szabályozás. Jelen értekezés a passzívház követelményrendszerét – mint kidolgozott nemzetközileg elfogadott szabványt - veszi alapul. A zéróenergiás koncepció előzményei a hetvenes-nyolcvanas évekre nyúlnak vissza. A legtöbb publikált zéróenergiás projekt, különböző demonstrációs koncepció dokumentálása. Torcellini<sup>23</sup> és társai jelentése 2006-ból mérföldkőnek számít a fogalom értelmezésében. Megállapították, hogy különböző utak lehetségesek, a projekt célja, az építető szándéka, a klímaváltozás és az ÜHG kibocsátás értelmezése, valamint az energiaköltségek kérdésének függvényében. A négy leginkább elterjedt értelmezés a következő:

- Energiatermelő szemlélet: Az épület legalább annyi energiát termel, mint amennyit elhasznál egy évben (net zéró energia a telken)
- Mint az előző, de primerenergiában kell figyelembe venni (net zéró a forrásnál)
- Költségalapú szemlélet: amennyit a közműcégnek fizet a fogyasztó, annyit keressen a visszatáplált energiával (net zéró költség)
- Emisszió alapú szemlélet: a zéróenergiás épület legalább annyi emissziómentes energiát produkál, amennyi energiát az emissziót produkáló forrásokból vesz (net zéró emisszió).

Mindegyik megközelítésnek vannak előnyei és hátrányai. A zéróenergiás házak lehetséges hatásai c. dolgozatában Torcellini tovább elemezte a lehetséges irányokat<sup>24</sup>. Mertz és társai (2007) megkülönböztetik a zéróenergiás és a zéró-emissziós épületet, ez utóbbi olyan épület, melynek megújuló „tisztá” energia termelése kiváltja a hálózat „piszkos” energiáját. A megváltás akár virtuális is lehet, a széndioxid kvóta kereskedelmének bevezetésével, így az épületek is beléphetnek a CO<sub>2</sub> kereskedelem piacára. E szerint a zéróenergiás házak egyúttal karbonsemlegesek is (zero CO<sub>2</sub>), bár a karbonsemleges házak nem feltétlenül tekinthetők zéróenergiásnak. Jens Lautstsen (2008) megfogalmazása szerint a zéróenergiás épületek nem használnak fosszilis energiát, csak megújuló forrásból származó energiát. Egyelőre nincs egzakt definíció az energiahatékonyság mértékére, akár hagyományos (energiafaló) épületek is lehetnek elméletileg nullaenergiásak, ha hatalmas napelem és napkollektor mezőkkel vannak felszerelve, és amennyiben ezek többet termelnek, mint amennyit az épület elhasznál. A zavart csak tovább fokozta az EU direktívája, mely „közel nulla” követelményt határozott meg, az egyes tagországokra bízva annak megállapítását, mennyire van közel a nulla, és hogyan lehet azt elérni.

Kulcskérdés, hogy legyen meghatározott energiahatékonysági limit, illetve minimum beltéri (termikus, levegő, stb.) komfort minőség követelményrendszer hozzárendelve

---

<sup>23</sup> Torcellini, P., Pless, S. & Deru, M. (2006) Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. National Renewable Energy Laboratory (NREL), USA

<sup>24</sup> The potential impact of Zero Energy Homes (2006) Torcellini et al.

az értelmezéshez<sup>25</sup>. Az EU direktíva a leginkább költséghatékony megoldást javasolja, bevezetve a költség-optimum számítás fogalmát. A formálódó magyar szabályozás az energiahatékonysági limitet 25-50 kWh/m<sup>2</sup>a értékben húzná meg<sup>26</sup> (új építésű ingatlanoknál, fűtési energiaigény), ez többszöröse a passzív ház követelményrendszernek (15 kWh/m<sup>2</sup>a, PH szintű felújításoknál 25 kWh/m<sup>2</sup>a). Az EU szabályozása nem foglalkozik a beltéri komfort definiálásának kérdéskörével (pl. azzal, hogy hány fokot kell garantálni a belső térben), enélkül viszont nem lehet egyenlő feltételekkel összehasonlítani a különböző alternatívákat. Nem lehet egységes a zéróenergiás megközelítés eltérő beltéri komfortszintek mellett. A hagyományos magyar parasztház a szigetelés nélküli vályogfalával, egyszeres üvegezésű ablakaival és kemence tüzelésével együtt fenntarthatónak, sőt, akár zéróenergiásnak is tekinthető, hiszen kizárólag tűzifát használ fűtésre, ami megújuló energiának minősül - azonban komfortosnak nem nevezném. Télen igencsak hűvös tud lenni az épület az átnedvesedett vályogfalai között, és meglehetősen sok tűzifára van szükség, hogy a fűtési időben komfortosan tartsák – nem valószínű, hogy a kertben szedett fa elég lesz. Az EU az egyes országokra bízta, hogy az adott klímának, régióknak, hagyománynak, épülettípusnak, komfortnak, szabványnak stb. megfelelő definíciókat kidolgozza. Itt említeném meg az autonóm ház témakörét, ami tulajdonképpen egy olyan zéróenergiás ház, amely nincs az elektromos (és közmű) hálózatra kötve – ez felveti az elektromos hálózat megítélésének kérdéskörét is. A „net zero” kifejezésben a „net” a hálózatra is utal<sup>27</sup>, az autonómház viszont hálózattól függetlenül is működőképes marad<sup>28</sup>. Számos publikáció foglalkozott a témával (pl. Stahl<sup>29</sup> (1994), Voss<sup>30</sup> (1996), Kramer<sup>31</sup> (2007), Platell<sup>32</sup> (2007) stb.) – hazai viszonylatban Ertsey Attila<sup>33</sup> építész a téma egyik avatott képviselője.

Jelen értekezés értelmezi a zéróenergiás ház fogalmát, és eddig megépített példákkal illusztrálni kívánja az elvek alkalmazhatóságát. A zéróenergiás házra (vagy a közel nulla energiaigényű épületre) szabatos magyar definíció még nem áll rendelkezésre. A feladat megoldása háromlépcsős. Először definiálni kell az energiahatékonyság szintjét és megoldási módját, második lépcsőben a megújuló források bevonása történik. A fűtési energiaigény kielégítése, HMV ellátás valamint háztartási energia megtermelése megújuló forrásokból történik (Nap, szél, víz, biomassza stb.). A megújuló energiaforrás és az esetleges szezonális energiátároló fajtájától függően az optimális fajlagos fűtési energiaigény kb. 8-25 kWh/m<sup>2</sup>a határok között mozoghat. Az energiahatékonyság az épület egész életciklusára vonatkozik, ezért a zéróenergiás, vagy nullaenergiás ház azt jelenti, hogy az épület, kedvező energetikai tulajdonságai miatt csak nagyon kevés energiát igényel a

<sup>25</sup> Termikus komfort kérdések pl. hőmérséklet aszimmetria, vertikális hőmérséklet eloszlás, felületi hőmérsékletek, továbbá levegőminőség, akusztikai komfort stb.

<sup>26</sup> Forrás: Nemzeti Energia Stratégia (2011)

<sup>27</sup> Net angolul annyit is jelent, hogy háló

<sup>28</sup> További közműhálózatok is vannak természetesen: víz, csatorna, gáz, telefon stb.

<sup>29</sup> Stahl, W., Voss, K. & Goetzberger, A. (1995) The self-sufficient solar house Freiburg. *Geliotekhnika* Issue 1-3.

<sup>30</sup> Voss, K. What is Really New about Zero Energy Homes? Proceedings of 12th International Conference on Passive Houses 2008, Nuremberg

<sup>31</sup> Kramer, J., Krothapalli, A., & Greska, B. The off-grid zero-emission building. Proceedings of the Energy Sustainability Conference 2007.

<sup>32</sup> Platell, P. & Dudzik, D.A. (2007) Zero energy houses geoexchange, solar CHP, and low energy building approach. Proceedings of the Energy Sustainability Conference 2007.

<sup>33</sup> Ertsey Attila: Az autonómház projekt



működtetéséhez, ez pedig teljes egészében megoldható megújuló energiák használata révén. Nem arról van tehát szó, hogy semmilyen energiát ne fogyasszon az épület (ez a mi klímánkon nem megoldható), hanem arról, hogy az optimális szintig növeljük az energiahatékonyságot, és a szükséges energiát megújuló forrásokból biztosítsuk. Így az épület káros emissziója is nulla lesz. A zéróenergiás épület nem jelentheti azt, hogy bármennyi energiát fogyaszthat az épület, ha azt majd megújuló forrásokkal ellensúlyozza, akár saját, akár külső forrásból. Ilyen alapon egy tetszőleges, akár kirívóan nagy energiafogyasztású épület is lehetne zéróenergiás, ha például elegendő zöldáramot termel (vagy vásárol máshonnan). Ezért meg kell indokolni azt a definíciót, hogy az a zéróenergiás ház, amelyik több energiát termel, mint amennyit fogyaszt – ilyen alapon a paksi atomerőmű is az lenne. Bár igaz az „igény mínusz termelés egyenlő nulla” képlet - de a lényeges paraméterek tisztázása megkerülhetetlen (energiahatékonyság szintje, komfort, fenntarthatóság, stb.).

Harmadik lépésben optimalizáljuk a költségeket, a források és kialakítás függvényében. A megújuló energia előállításának költsége folyamatosan csökken, és ez kihatással van a fosszilis energia árára is, és elképzelhető, hogy az energiahatékonyság optimuma némileg módosulhat a jövőben, ezért időről időre felül kell vizsgálni az optimumot – erre a passzívház technológia módszertana nyújtja jelenleg a legjobb alapokat. Jelenleg a passzívház követelményrendszer alapul véve, az épületnek teljesítenie kell a hármaskövetelményt: 15 kWh/m<sup>2</sup>a fűtési energiaigény, 120 kWh/m<sup>2</sup>a összesített primerenergiaigény, és 0,6 1/h légtömorség 50 Pa nyomáskülönbség esetén. A számítási módszer a PHPP szoftverrel, a minőség-ellenőrzés módja szigorú protokoll szerint történik, a beltéri komfort követelményrendszere az ISO 7730 szabványban foglaltak szerint történik.

A vegytiszta megoldás az lenne, ha a teljes év során önellátóan (autark módon) tudná biztosítani a működéséhez szükséges megújuló energiát egy épület – ezt elég nehéz költséghatékonyan megvalósítani. Épült például olyan kísérleti lakóház<sup>34</sup>, melyben a fűtési célú és használati melegvizet megfelelően méretezett szezonális tárolóban őrzik, a vizet napkollektorok tartanak melegen, az elektromos energiát pedig napelemek állítják elő. Ehhez a megoldáshoz jelentős méretű szezonális tárolókat kell építeni, előnye a függetlenség. Az elektromos hálózatra kapcsolva gazdaságosabban lehet a zéróenergiás szintet teljesíteni, és optimalizálni lehet a megújuló források (pl. napelemek, szélkerekek stb.) méretét, és nem kell a szezonális energiatárolásba pénzt ölni, mivel a hálózat fogadja a nyáron megtermelt többlet energiát, amit szintén a hálózatról télen ki lehet venni - az elektromos hálózat szezonális tárolóként működik. Ez a jövőben egyre inkább így lesz, mert megjelent és terjed az elektromos mobilitás is, és a közlekedési eszközök mobil akkumulátorai is képesek részt venni az energia tárolásában és felhasználásában.

Alapvető fontosságú, hogy épületeink önmagukban is minimális energiát fogyasszanak<sup>35</sup>, és az energiaellátásuk is fenntartható legyen – beleértve a nulla emissziót is. Az épület, a mai kor igényeinek mindenben feleljen meg, a belső komfort teljesítse az ISO 7730 szabványban foglaltakat. Tehát olyan állandóan használt, teljes lakókomfortot nyújtó épületről beszélünk, amely télen meleg, nyáron hűvös. A passzívház-technológia eszköztárával megbízhatóan lehet az ultra-alacsony energiaigényű épületeket modellezni és megépítésük minőségét ellenőrizni. Megújuló energiának számít a napenergia (napkollektor, napelem), a szélenergia, a talajhő hasznosítása (zöldárammal), a biomassza (pellet, fa, energiafű, biogáz stb.),

<sup>34</sup> Galway, Írország, 2008

<sup>35</sup> Ez a mai tudásunk szerint 8-25 kWh/m<sup>2</sup>,év értékek között van

a vízenergia, a szintetikus gáz (metán) és a hidrogén – ha zöld árammal állítják elő. A hőszivattyú különböző fajtái szintén ide tartoznak, amennyiben zöld energiával meghajtottak. Magyarországon különlegesen jók a geotermikus energia termálvizes hasznosítási lehetőségek.

A zéróenergiás épület (angolul zero-energy, net-zero energy, vagy net zero building) tehát olyan épület, melynek fosszilis energia fogyasztása, és így karbon-kibocsátása is, éves szinten nulla. Ez feltételezi, hogy az épületen, vagy az épület közelében megújuló energiaforrásból energiát termelnek és hasznosítanak az épület üzemeléséhez. Ha több energiát termel az épület, mint amennyit fogyaszt, akkor pluszenergiás házról beszélhetünk, ha ugyanannyit, akkor nullaenergiás épületről. Alapvetően megkülönböztethetjük a hálózatra kapcsolt megoldást és az autonóm működésű szigetüzemű megoldást. Ez utóbbi tekinthető tisztán zéróenergiás működésnek, mivel a hálózatba jelenleg még alapvetően nem tiszta energia kerül (nem tekintjük zöld, vagyis tiszta, fenntartható energiának a nukleáris energiát és a fosszilis energiát, az olajat, földgázt és szenet), a jövő a közösségi zöldenergia termelés és hálózatra kötött szuper energiahatékony épületek kombinációja lesz, mivel az egyéni sziget üzemmód nem tud gazdaságilag versenyezni a közösségi megoldásokkal (autonóm település).

Ha a hálózatról a téli időszakban vételezett „piszkos” energiát nyáron megtermelt „zöld” energiával nullázzuk le, még nem beszélhetünk valódi, teljeskörű fenntarthatóságról, hiszen a fosszilis energia így még benne marad a rendszerben, függünk tőle, és a CO<sub>2</sub> emisszió is fennáll. A tisztán megújuló energiára alapozott energiaellátás még a jövő, de a technológia fejlődése, a zöld ipari termelés felfutása, és így az árak csökkenése révén, és a növekvő hatékonyság miatt egyre elérhetőbbé válik az EU 2060-as célja.

További megfontolást kíván annak definiálása, hogy milyen energiafogyasztást veszünk figyelembe. Alapvetően konszenzus van abban a tekintetben, hogy a fűtés (és hűtés), használati melegvíz, világítás, és a gépészeti rendszerek segédenergia igénye (szellőzés, szivattyúk stb.) tartozik ide. Joggal sorolhatjuk ide a háztartási gépek és berendezések energiaigényét is (hűtő, tűzhely, sütő, mosógép, számítógép stb.). Több okból is indokolt ez utóbbiak figyelembe vétele: egyrészt a háztartási eszközök is termelnek hulladék hőt, amit figyelembe kell venni ilyen módon, másrészt ezen eszközök energiahatékonysága is fontos szemponttá válik, ha a legnagyobb tételt, a fűtést korlátok közé szorítjuk. Jól mutatja ezt az a tény, hogy a passzív házaknál a fűtési energiaigény mindössze 15 kWh/m<sup>2</sup>a, szemben a primer energiaigény 120 kWh/m<sup>2</sup>a értékével. A jövőben indokolt lehet a szürkeenergia és a közlekedés energiaigényének integrálása is.

Szintén definiálni szükséges a mértékegységeket, és a számítási metódus módját, és az esetleges utóellenőrzések módját és mikéntjét (légtömörség mérés, utólagos fogyasztás mérések stb.). Bár részletkérdésnek tűnhet, de fontos tisztázni, hogy az épületek külső vagy belső geometriai méreteivel számolunk. A külső geometriai méretek figyelembevétele nagyobb pontosságot ad, ezért ezt vettem figyelembe. Olyan evidenciának tűnő alapvetéseket is tisztázni kell, hogy például a hasznos fűtött alapterületet vesszük figyelembe, bruttó költségekkel (és nem bruttó alapterületet nettó költségekkel). Az energiát primerenergiában mérjük - tehát a helyben hasznosított megújuló energia a legjobb -, a nem megújuló forrásból származó hálózati villamos energia a szállítási és átalakítási veszteségek miatt pedig kedvezőtlen.

Mindezek miatt jelenleg számos értelmezés van forgalomban, és ennek megfelelően jelentős szórást mutathatnak a számok ugyanarra az épületre. Elfogadható, bár szigorú értelmezés, hogy zéróenergiás épület az, ami az üzemeléséhez szükséges összes megújuló energiát a helyszínen termeli meg magának – ez esetben valamilyen helyi szezonális tárolásra is szükség van, ami megdrágítja a megvalósítást. Egy másik, megengedőbb – és logikus - értelmezés szerint akkor is zéróenergiás az épület, ha az épület a hálózatból vett elektromos energiát éves szinten teljes mértékben megtermeli – beleértve a hálózati veszteséget is – tehát kWh-ban mérve többet termel, mint amennyit fogyaszt. Angliában inkább a zéró karbon, zéró emissziós, vagy zéró széndioxid kibocsátású épületfogalmat használják. Ebben az értelmezésben a karbon emisszió - amely az elfogyasztott fosszilis energia felhasználásából ered - megújuló energiával kerül ellensúlyozásra. Ebben az esetben eldöntendő kérdés, lehetséges-e nem helyben megtermelt megújuló energiát figyelembe venni? Ebben az esetben elméletileg akár zéróenergiás lehet egy ház, mely egy távoli szélerőmű által megtermelt energiát vásárol, és ezzel ellentételezi az elfogyasztott fosszilis energiát. Ez az értelmezés már nyilván nem felel meg nekünk, hiszen ez már csak „bűvészkedés” a számokkal.

A legszigorúbb definíció azt tekinti karbonsemlegesnek, ahol az épület építése során keletkezett, és az építőanyagokban megtestesített energia és emisszió is nulla az életciklus alatt, vagyis több energiát termel az épület az életciklusa alatt, mint amennyit elfogyaszt (van, aki az épület használatához szükséges közlekedési emissziót is hozzáadná ehhez). Ez a megközelítés szintén túlmutat jelen értekezés keretein. **Célom, hogy ma reálisan elérhető, gyakorlatban is alkalmazható, egzakt, következetes megoldást javasoljak.**

Mai körülmények között az is reális törekvés, ha a vásárolt és eladott áramár különbségét tekintjük nullának. (Ez főleg akkor kedvező, ha az átvételi energiaár támogatott). A sziget üzemű épületeknél meg kell oldani az energia tárolásának módját azokra az időkre, amikor nem süt eleget a nap, és nem fúj a szél. Az energia független autonóm ház olyan épületkonceptió, mely független a hálózatoktól, az energia termelés és fogyasztás egyensúlyban van. Hátránya ennek a rendszernek a szezonális tárolók szükségessége.

### ***Az EU-szabályozás, a „közel nulla” direktíva***

A fokozatos szigorítások révén a globálisan az épített környezethez kapcsolódó CO<sub>2</sub> kibocsátás 30%-a lenne elkerülhető 2020-ig gazdaságosan, úgy, hogy közben járulékos gazdasági hasznok keletkeznek. A legnagyobb eredményeket az új építésű ingatlanoknál lehet elérni, ezért is szorgalmazza az EU a költségoptimalizált közel nullaenergiás szabvány bevezetését, mellyel világviszonylatban is élenjáró követelményrendszert bevezetését szorgalmazza. A legnagyobb potenciál a meglévő épületállomány korszerűsítésében rejlik. Ezért nem mindegy, milyen szinten lesznek felújítva jövőben az épületeink, a szuboptimális felújítás ugyanis 20-30 évre „belakathatja” az épületállományt. Az épületek megrekednek azon a szinten, ahova felújítják őket. Európában már felismerték ezt, és megszülettek az elképzelések arról, hogy hosszú távon a házaink, épületeink közel zéróenergiásak legyenek.<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> 2009 decemberében határozott az EU a zéró-energiás szabvány 2018-as illetve 2020-as bevezetéséről

Az EU direktívája szerint <sup>37</sup> : a közel nulla energiaigényű épület **„rendkívül energiahatékony, az üzemeléséhez szükséges energia nagyon csekély, vagy nulla, a szükséges energiát megújuló forrásból szerzi be, teljesen vagy túlnyomó részben”**<sup>38</sup> A megfogalmazásban benne van a lényeg, de azért hagy lehetőséget az eltérő értelmezéseknek is, és sajnos elköveti azt a hibát, hogy nem ad egységes platformot az értelmezéshez. 2018-tól (középületek esetében) majd 2020-tól csak közel nulla energiafogyasztású épületek kaphatnak építési engedélyt az EU-országokban<sup>39</sup>. A fogalom meghatározás, hogy mi számít „közel nullának” az egyes tagországokra van bízva, valamint az előírások életbeléptetésének ütemezése is. Az eltérő értelmezés lehetőségének megadásával a különböző országok projektjei sajnos nem összevethetők. Egyes nyugat-európai országokban, így például Angliában, Belgiumban már 2016-tól, sőt Dániában 2014-től így kell építkezni, de a változások életbe léptetéséig már nekünk sincs túl sok időnk, öt év múlva az új középületeket már úgy kell tervezni és megépíteni, hogy az energiafogyasztásuk 75-85 százalékkal csökkenjen a ma épülő új épületekhez viszonyítva. Az EU direktíva bevezetéséről folyamatosan jelenteniük kell a tagországoknak, az első visszajelzések (2012 december) kiértékelése már megtörtént. Az ebből leszűrhető tapasztalatokat és ajánlásokat egy 28 oldalas vezetői összefoglalóban olvashatjuk<sup>40</sup>. Számos fontos megállapítás szerepel benne, például egységesíteni szeretnék az értelmezést, hogy az egyes tagországok javaslatait szisztematikusan össze lehessen hasonlítani. Ennek érdekében egy transzparens, követhető metodikára van szükség, egységesen kezelt primerenergia mutatóval. A számításokba be kell vonni a fűtés és hűtés energiaigényén túlmenően a használati melegvíz előállításához szükséges energiát, a világítás, szellőzés, és segédenergiák (pl. szivattyúk) által használt energiaigényt. A szabályozás támogatja, de nem teszi kötelezővé a háztartási energiafelhasználás figyelembe vételét. Míg az egyes épületek energiaigénye viszonylag transzparens és követhető, a primerenergia az eltérő mutatók és érdekek miatt nem áttekinthető, ezért szükséges az épületekben felhasznált energiát limitálni, és ezzel az épületek teljesítményét meghatározni. Az egyes európai régiókra eltérő követelményértékek alkalmazandók. A 3. zónára (Budapest, Pozsony, Ljubljana, Milánó, Bécs), a következő paramétereket javasolja a tanulmány:

- A javasolt **fűtési és hűtési energiaigény** irodaépületekre 15-45 kWh/m<sup>2</sup>a, lakóépületekre **≤ 15 kWh/m<sup>2</sup>a**, vagyis ez utóbbi ajánlás megegyezik a passzívház határértékkel.
- **Használati melegvíz (HMV)** – alapvetően a használatától és a létszámtól függ, és egy fejenként megadott érték lenne indokolt. Azonban tekintve, hogy a legtöbb mutató a négyzetméter függő, nem lenne praktikus ettől eltérő indikátort alkalmazni, már csak azért sem, mert a használók létszáma egy épületen belül változó. A német energiatakarékossági szabályzat 12,5

---

<sup>37</sup> 2010/31/EU irányelv

<sup>38</sup> „Nearly zero energy building has a very high energy performance, the amount of energy required should be nearly zero or very low, the energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources (including energy from renewable sources produced on-site or nearby).”

<sup>39</sup> Szintén EU direktíva írja elő a középületek energetikai korszerűsítését, évente legalább 3%-os mértékben.

<sup>40</sup> Towards nearly zero-energy buildings. Definition of common principles under the EPBD. Final report – Executive Summary (Andreas Hermelink és tsai 2013 03. 18. Ecofys)

kWh/m<sup>2</sup>a értékben húzza meg a maximumot, reálisan **15-20 kWh/m<sup>2</sup>a** értékben lehet figyelembe venni a HMV értékét. Irodaépületekben a HMV értéke közelít a nullához, reálisan 4 kWh/m<sup>2</sup>a értéket lehet maximum figyelembe venni.

- **Világítás:** Jelentősen függ a nappali fény egész éves elérhetőségétől. A norvég szabályozás szerint<sup>41</sup> a nem lakóépületek maximális világítási célú energiafelhasználása 12,5 kWh/m<sup>2</sup>a lehet. Kedvezőbb klímán (pl. a mi klímánkon) **6-10 kWh/m<sup>2</sup>a** elegendő lehet.
- 2020 után a célértékek felülvizsgálandók, a technológiai fejlődést is figyelembe véve.
- A fő kérdés az marad, hogy a költség-optimum alapján számolt és közel zéróenergiás épületek átfedésbe kerülnek-e 2021-re. Technológiai értelemben már ma lehetséges zéróenergiás épületeket építeni.

Hosszabb távon mindenképpen be kell vonni a számításba a „konnektor terhelést” (plug load), és az építőanyagokban megtestesített szürkeenergiát, valamint az építés és bontás közben felhasznált energiát is.

### **Az USA definíciója**

A 13514-es elnöki rendeletet Barack Obama elnök adta ki 2009 október 5-én<sup>42</sup>. A rendelet kimondja, hogy a kormányzati épületek legalább 15%-át energiahatékonyra kell tenni 2015-ig, és ezt az arányt 100 %-ossá kell tenni 2030-ig, amikor az összes épületnek zéróenergiásnak kell lennie. A kormányzat a legnagyobb energiafogyasztó az USA-ban, kb. 500.000 épületet használ, és ezen épületek zöme jelenleg energiateljes. Az elnöki rendelet kimondja, hogy a kormányzatnak jó példát kell mutatnia, növelni kell az energiahatékonyt, csökkenteni kell az üvegházhatású gázok kibocsátását, és fenntartható épületeket kell létrehozni, mely erősíti a közösségeket, amelyek ezeket az épületeket használják, és az épületeket használókat erről tájékoztatni kell. A zéróenergiás épület a rendelet szerint olyan épület, amely úgy van tervezve és megépítve, hogy az üzemeltetéséhez szükséges energia mennyisége jelentősen lecsökkentve egyensúlyba kerülhet a megújuló forrásokból előállított energiával, ezért a káros kibocsátása nulla, és mindez gazdaságilag is életképesen megvalósítható. A célhoz vezető út fontosabb állomásai:

- A zöldtetők alkalmazása javasolt minden kormányzati épületen.
- A zéróenergiás (Zero-net-energy) célokat az új kormányzati épületekre ki kell terjeszteni.
- 2020-tól kezdődően az összes új szövetségi épület csak zéróenergiás lehet
- A nagy kormányzati épületeknek 2015-től kezdődően előrehaladást kell mutatniuk a cél irányába (2030). Konkrétan legalább 15% épületállománynak teljesítenie kell 2015-ig a kitűzött célokat.
- A történelmi épületeket is fel lehet újítani ebben a szellemben.

<sup>41</sup> NS 3071:2012 „Criteria for passive houses and low energy buildings. Non residential buildings.

<sup>42</sup> Executive Order 13514 – Federal Leadership in Environmental, Energy and Economic Performance

Az elmúlt évek során a szövetségi hivatalok milliárdokat (dollár) költöttek energiahatékonysági projektekre, többek között a NASA, és az Energia Hivatal (DOE<sup>43</sup>) épületeire.

### **A magyar szabályozás**

Az Országgyűlés 2011-ben határozott a 2030-ig tartó időszakra vonatkozó Nemzeti Energiastratégiáról<sup>44</sup>. Ez a dokumentum, valamint a Nemzeti Energhatékonyasági Cselekvési Terv megeremti az alapjait egy fenntartható épületállomány létrehozásának. Az Országgyűlés az Energiastratégia alapján deklarálja, hogy elkerülhetetlen a szemlélet-, és struktúraváltás az energiaeállítás terén. A dokumentum megerősíti, hogy az érdemi döntések nélkül a versenyképesség és a fogyasztók biztonságos ellátása veszélybe kerülhet, és ehhez biztosítani kell az energiatakarékosság és az energiahatékonyság prioritásként való kezelését. Konzervatívnak tűnő becslés szerint is 111 PJ-lal lehetne mérsékelni a fűtési hőigényeket egy „erőtéljes épületenergetikai programmal” 2030-ig. Valójában ennél sokkal nagyobb potenciál rejlik az épületek energetikai korszerűsítésében, hiszen a figyelembevett 30%-os megtakarítási potenciál helyett 80-90% megtakarítással is számolhatunk reálisan.

A 2020-as feltételeknek megfelelő épületenergetikai követelményrendszerre a Debreceni Egyetem Épületgépészeti és Létesítményenergetikai Tanszéke 2012-ben a BM felkérésére javaslatot dolgozott ki. A javasolt követelményrendszer elsősorban műszaki megfontolásokon alapul, a költség optimum elemzéseket az Energiaklub végezte. (Az eddigi eredmények bemutatásra kerültek szakmai fórumon és elérhetőek az Energiaklub honlapján). A tervezett magyar szabályozás – a többi tagország gyakorlata szerint -, úgy húzná meg a minimális összesített energiahatékonysági szintet, hogy a háztartási gépek és berendezések energiahatékonyságát nem tervezi korlátozni<sup>45</sup>. A készülő magyar szabályozás arra törekszik, hogy az épületállomány 95%-val teljesíteni lehessen az új követelményértéket, és elmarad a zéróenergiás céltól – de nem zárja ki annak lehetőségét. A tanulmány hangsúlyozza, hogy követelményértékről van szó, nem pedig műszakilag lehetséges csúcsmínőségéről. A javaslat azzal számol, hogy 2019-től alapkövetelmény lesz a magas fokú hőszigetelés, a légtömörség, a kondenzációs gázkazán és hővisszanyerős szellőzés – mindezek együttesen biztosítják, hogy akár megújuló energiaforrások nélkül is megközelítsék az épületek a nulla energiaigényt (közel nulla szint). A javasolt szabályozás sem abszolút adatok, sem százalékos arány formájában nem rögzíti a megújulók részarányát, és inkább az alacsonyenergiás követelményrendszernek felel meg, mint a zéróenergiás céloknek. A jelenlegi elképzelés semmilyen utólagos ellenőrzési, vagy minősítő folyamat beiktatásával nem számol, a légtömörségre vonatkozóan például semmilyen követelmény nem szerepel az előterjesztésben - ezzel a megvalósítás számonkérhetősége kérdőjeleződik meg. A jelenlegi értékekhez képest szigorúbb értékeket javasol. Probléma, hogy a leglényegesebb jellemzőre, a fűtési energia felső

<sup>43</sup> DOE – Department of Energy

<sup>44</sup> Az Országgyűlés 77/2011. (X. 14.) OGY határozata a Nemzeti Energiastratégiáról

<sup>45</sup> A közel nulla energiafogyasztású épületek követelményrendszerének illesztése a költségoptimum számítások eredményeihez (Debreceni Egyetem Műszaki Kar, 2013)

hatására nem tartalmaz határozott irányszámot. Az EU ajánlások alapján a lakóépületekre 45-60 kWh/m<sup>2</sup>a primer energia értékkel kellene kalkulálni (fűtés, HMV, szellőzés, segédenergia) – a háztartási energia igényt nem számolva. Jelenleg a megkövetelt értékek 110-230 kWh/m<sup>2</sup>a között mozognak, a Debreceni Egyetem javaslata szerint 53-72 kWh/m<sup>2</sup>a érték lenne a megfelelő<sup>46</sup> - ez némileg elmarad a kívánatos mértéktől. Fontos megállapítása a tanulmánynak, hogy az elemek hőátbocsátási tényezőire javasolt MMK-féle követelményrendszer mind energetikai, mind költség szempontból az optimumhoz vezet és a 2020-ra javasolt szabályozás változtatás nélkül megőrzendő részének tekinthető. Ehhez hozzá kell fűzni, hogy a jelenlegi optimum nem azonos a 2020-as optimummal. A követelményeket arra tekintettel kell meghatározni, hogy a költségek szempontjából optimális egyensúly jöjjön létre a szükséges beruházások és az épület teljes élettartamára vetített energiaköltség-megtakarítás között.<sup>47</sup> További (véleményem szerint nem kellően megalapozott) tanulságot vonnak le a tanulmány szerzői: nem estek a költség optimum sávba a hőszivattyús rendszerek és a pellet tüzelés. Költség optimum sávban volt viszont a faelgázosító kazánnal működő rendszer, bár családi házban túlmenő alkalmazhatósága a kiszolgálási igény miatt kétséges. Hőszivattyúból csak a levegő forrásoldal vagy talajhő monovalens rendszer javasolt, a biomassza pedig családi ház, vagy kisebb közintézmény léptékben. Szoláris melegvíz ellátást általában költséghatékonyak tekintik.

A konkrét szabályozást illetően a 91/2002/EK Épületenergetikai Irányelv (EPBD) után a közelmúltig alkalmazott 7/2006 (V.24.) TNM rendelet szabályozta az energetikai tervezést. A beltéri komfortkövetelményeket és egyéb paramétereket 2013 júliusától friss BM rendelet szabályozza<sup>48</sup>, mely a 7/2006 (V.24.) TNM rendelet helyébe lépett. Ez többek között megfelel az MSZ EN 15251 szabványban levő légállapot követelmények alkalmazásának, mely szerint lakó-, és irodaépületeknél a minimum belső hőmérséklet télen 20°C, nyáron 26°C, (amennyiben van gépi hűtés). A szellőző levegőre vonatkozóan minimális légmennyiséget irányoz elő (pl. lakásokban 25,2 m<sup>3</sup>/h/fő), és rögzíti a CO<sub>2</sub> és egyéb szennyező anyagok maximális megengedett koncentrációját is. A rendeletben foglalt előírások meghatározzák a legfontosabb paramétereket a számítások elvégzéséhez, és jó alapot biztosítanak a későbbi energetikai szigorításokhoz.

2010/31/EU irányelv<sup>49</sup> szerint az épületek energiahatékonyására vonatkozó minimumkövetelményeket úgy kell meghatározni, hogy a költségek szempontjából optimális egyensúly jöjjön létre a szükséges beruházások és az épület teljes élettartamára vetített energiaköltség-megtakarítás között. A költséghatékony és a közel zéróenergiás szint között még nincs átfedés, ami jelenleg inkább az alacsonyenergiás épületek terjedésének kedvez. Valószínűleg emiatt is, az irányelv szerint szükség van az olyan épületek számának növelésére, amelyek nemcsak teljesítik a jelenleg érvényben lévő minimumkövetelményeket, hanem azoknál energiahatékonyabbak, vagyis ténylegesen zéróenergiásak. A tagállamoknak

---

<sup>46</sup> Közel nulla energiafogyasztású épületek európai uniós követelményrendszere és annak várható hazai adaptációja – a 2020-s követelmény elérése Forrás: Dr. Szalay Zsuzsa, BME Magasépítési Tanszék

<sup>47</sup> 50 év

<sup>48</sup> 40/2012 (VIII.13.) BM rendelet

<sup>49</sup> Az Európai Parlament és a Tanács 2010/31/EU irányelve (2010. május 19.) az épületek energiahatékonyágáról

nemzeti cselekvési terveket kell készíteniük a közel nulla nettó energiaigényű épületek számának növelése érdekében.

Tanulmányom tehát konkrétan ezt a célkitűzést segíti elő. A ténylegesen nullaenergiás (vagy pluszenergiás) épület(ek) megalkotása jelentősen előmozdítja a kitűzött célok elérését. Jelenleg (2013-ban) kb. ötven passzívház van Magyarországon, a ténylegesen alacsonyenergiás házakat is figyelembe véve ez a szám maximum néhány száz lehet. A 2020-i tartó időszakban várhatóan meg fog élni a kereslet az ilyen épületek iránt és évente több száz ilyen épület is épülhet, majd 2020-tól kezdve csak ilyen épületek épülnek, a szokásos magyar építési statisztikát figyelembe véve évente 20-30.000 új lakóegységgel lehet majd számolni.

### ***Hogyan érhető el gazdaságosan a zéróenergiás szint?***

A modern építészet megoldotta a tömegtermelés kérdését, de közben megteremtette a saját ellentmondását: a létrehozott épületek nem fenntarthatóak. Tekintve, hogy az épületek energiafogyasztását alapvetően meghatározza az építészeti kialakítás, ez nem tekinthető „gépészeti problémának”, így az építészekre vár ennek a kérdésnek a megoldása. A technológiai fejlődés nagyon gyors ezen a területen, és csak folyamatos továbbképzéssel lehet szinten tartani az aktuális tudást. A passzívház-technológiát egy elméleti fizikus (Dr. Wolfgang Feist) dolgozta ki, az építészeti praxist is megújítva ezzel, a fenntarthatóság kritériumrendszerét pedig napjainkban is fejlesztik, így a hangsúly többek között a gazdaságosságra helyeződött. A vita - az energiahatékonyság és a megújuló energiák alkalmazásának arányáról - még nincs lezárva. Az energiakonzerválás hívei (passzív megközelítés) jelentős eredményeket tudnak felmutatni világszerte, és kedvelt szlogenjük, hogy a legolcsóbb energia a fel nem használt energia, míg a másik oldal (aktív megközelítés) fő érve az egyre versenyképesebbé váló megújuló energia. A két irányzat véleményem szerint nem egymást kizáró, hanem egymást erősítő felfogás, és a megoldás a szintézis: a zéróenergiás ház a két irányzat kombinációja, a végső szót a költséghatékonyság mondja ki. Azokban az országokban, ahol központilag támogatják a napenergia aktív hasznosítását, jelentősen elterjedtek a napelemek (pl. Németország, Spanyolország), és a jövőben a technológia fejlődésével és megfizethetőségével párhuzamosan további térnyerésük várható. A passzív megoldások előnye, hogy nem igényelnek üzemeltetési és karbantartási költséget, és az épület egész életciklusa alatt kiszolgálják a benne lakókat.

A kompakt épületforma, jó A/V arány, optimális tájolás, termikus zónák, jelentős vastagságú (20-50 cm) hőszigetelt épületburok, passzív ablakok, hőhidmentes csomópontok, légtömör kialakítás, alacsony hőmérsékletű fűtés, hatékony hővisszanyerős szellőzés, optimális benapozás és szoláris nyereség, passzív napenergia hasznosítás, megfelelő nyári árnyékolás és éjszakai átszellőztetés, hatékony háztartási gépek, használói tudatosság, geotermikus energia passzív hasznosítása stb. - **beazonosítják a passzívházak ismérveit.** Az energiafogyasztás radikális csökkentéséhez az út a passzívház-technológia alkalmazásán keresztül vezet.



A műszakilag és gazdaságilag minimalizált energiaigényt minden nehézség nélkül lehet egyéni vagy közösségi megújulókból származó energiaforrásból fedezni. Magyarország esetében például, ha az épületállományunk passzívház szintű lenne, a napenergia és a geotermikus energia révén az ország lényegében energetikailag önellátó lehetne - a hazai földgázkészlet pedig elegendő lenne az ipari felhasználáshoz – az ország akár önellátó is lehetne energetikailag. Az energiahatékonyság jelenleg elérhető, gazdaságosan megvalósítható, a technológia már most rendelkezésünkre áll, hogy elérjük a klímavédelmi céljainkat - csak legyünk szívesek alkalmazni!

Nem egyszerűen arról van tehát szó, hogy szigeteljük kicsit jobban az épületeinket – ezt csináltuk az utóbbi 30 évben, és nem értünk el lényeges áttörést az épületenergetikában. Az sem elegendő már, hogy különböző „passzív” technikákat találomra, vagy intuitív módon alkalmazunk. A passzívházak a világon mindenhol, így nálunk is néhány év alatt forradalmasították az építési piacot, átalakították az építési szokásokat. A változásban rejlő lehetőségeket jellemzően az építetők ismerik fel először, a szakma nehezen változtat a régi beidegződéseken, és csak az építetők igényeknek való megfelelés miatt kénytelen változtatni.

Nem előzmények nélküli ez a mindenki számára elérhető technológia. Már a múlt század hetvenes-nyolcvanas éveiben épültek kísérleti épületek, amelyekben az épületforma, a szoláris nyereség, a szigetelés mértéke, a hővisszanyerés különböző módjai, illetve a hőszivattyúk alkalmazása képezték a tudományos kutatások és a gyakorlati kísérletek tárgyát<sup>50</sup>. A több évtizedes múltra visszatekintő passzívházak és alacsonyenergiás épületek, lassan de biztosan meghódították a piacot. Kezdetben még nem álltak rendelkezésre a tömeggyártású épületkomponensek, a számítási módszereket mérésekkel kellett ellenőrizni, és a gyakorlati példák magvalósítása és a tapasztalatok kiértékelése is időigényes folyamat volt. A sokáig viszonylag kedvező olajár sem kedvezett a tömeges elterjedésnek a kezdetekben – ma ez már nincs így. Napjainkban az áttörést az hozta el, hogy tisztázódtak az elméleti kérdések, és a gyakorlat is igazolja az elméletet<sup>51</sup>, a tömegessé váló passzívház komponensek pedig megfizethető alternatívát kínálnak az építkezőknek. **Ma már jobb befektetés a passzívház, mint a bankbetét, ezt hazai tapasztalatok is igazolták**<sup>52</sup>. A nagyságrendekkel megnőtt (és emelkedő) fosszilis tüzelőanyagár jelentősen lecsökkentette a többletköltségek megtérülési idejét, miközben a tömeggyártású passzívház-komponensek árai egyre kedvezőbbek, elérhetővé téve a zéróenergiás házat.

---

<sup>50</sup> Például az Architectural Association „Energy and Environment” posztgraduális képzése már a nyolcvanas évek elején foglalkozott a passzív-szolár és az alacsonyenergiás építészettel.

Magyarországon 1986-ban épült meg a pécsi Napház.

<sup>51</sup> „Nincs szebb, mint egy gyakorlat által is igazolt elmélet” - Wolfgang Feist, PHI. Európában kb. 50.000 passzívház épült meg eddig, és ez a szám napról napra nő.

<sup>52</sup> Például az első hazai passzívház gazdaságosságai elemzése: Megéri-e ma passzívházat építeni? [http://www.mek.hu/index.php?option=com\\_content&task=view&id=41056&Itemid=52](http://www.mek.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=41056&Itemid=52)

## A zéróenergiás építészet esztétikai sajátosságai

A zéróenergiás építészet sokáig csak vágyalom volt, jelen korunk feladata, hogy reálisan megvalósítsa. **Zéróenergiás építészetnek azt nevezem, melynek energiahatékonysági szintje és megújuló energiahasználata együttesen lehetővé teszi, hogy az épület éves energiafelhasználása nulla legyen, és hosszútávon fenntartható módon üzemeljen, miközben környezetét sem károsítja. Ehhez energiahatékony épületburokra, korszerű gépészetre, megújuló forrásokra és integrált tervezésre van szükség.** Mindezen követelmények óhatatlanul érintik a formát is, ami esztétikai kérdéseket vet fel.

Bár sikerült megépíteni egy-két prototípust a hetvenes években, inkább csak teoretikusan tekinthető megoldottnak a probléma, sokáig technikailag elérhetetlennek tűnt a nulla energiaigényű épületek megvalósítása. Sokáig nem tudták (vagy nem akarták) a mindennapi gyakorlatba átültetni az eredményeket, és hiányoztak az elterjedésükhöz szükséges feltételek (megfelelő épületkomponensek, modellező szoftverek, magas fosszilis energiaár stb.). Sokan próbálkoztak házilag barkácsolt megoldásokkal, főleg az USA-ban, de a megépített példák gyakran nem produkálták azokat az eredményeket, amiket elvártak tőlük. Magyarországon 1986-ban épült meg az első „napház”<sup>53</sup>, amely passzív-szolár elven működött, és építészeti eszközökkel javított az energiamérlegen, azonban nem tudott áttörést elérni, részben a már említett külső okok miatt (szoftver, épületkomponensek hiánya stb.), részben azért, mert inkább a külső szoláris nyereségre törekedett az energiakonzerválás helyett. Elsősorban nem az építészeknek, hanem az épületfizikusoknak köszönhető, hogy sikerült kidolgozni azt a metódust, követelményrendszert, számítási és minőségbiztosítási rendszert, amely megalapozta a sikeres és gyakorlatba ültethető megvalósítást. A passzívház-technológia számos építészeti beidegződést újraértelmez és felülír, legyen az a hőszigetelés mértéke, a csomópontok hőhídmentes kialakításának igénye, a hővisszanyerős szellőzés vagy a légtömör kialakítás.

### **Innováció és kulturális attitűd**

Az innovációt jellegzetesen azok fogadják el fenntartások nélkül, akik laikusok és nem értenek a szakmához, tehát az építetők – ez érthető, mivel őket érinti a rezsiköltség. A szakma kulturális beidegződése és kényelmesége révén inkább elutasító, és ennek az oka mélyebben van, mint gondolnánk. Öntudatlanul szinte mindenki úgy gondolja, hogy egy épület lelke a ház közepén lobogó tűz<sup>54</sup>, feltétlenül szükséges egy házba valamilyen fűtés, kandalló, kemence, kályha, központi fűtés stb., Vitruvius, amikor az építészet kezdeteiről mesél, az emberiség fejlődésével kezdi mondanivalóját. Az emberek az ősidőkben gyűjtögető életmódot éltek, vadásztak és barlangokban laktak. *„Eközben valahol a sűrűn nőtt, vihartól és széltől*

---

<sup>53</sup> Tervezője Szász János

<sup>54</sup> Mint például erről meggyőződhetünk Katona Vilmos „Reconsidering the tectonic. On the sacred ambivalence of the tectonic in the light of Martin Heidegger and relevant theoretical studies on architecture” c. *tanulmányából*.

*korbácsolt fák ágait egymáshoz súrolva tüzet fogtak, (...) közelebb merészkedvén úgy tapasztalták, hogy a tűz melege igen kellemes testüknek; fadarabokat dobtak rá és fenntartották.”<sup>55</sup> Így találták fel a tüzet, mely által csoportokba tömörültek, szavakat raktak össze, és létrehozták maguk között a nyelvet. A tűz feltalálása által az együttélés is kialakult, mely az építészet létrejöttéhez vezetett. A tűz és az építészet tehát szoros rokonságban van ősidők óta, és ez, archetípusként beleégett a kollektív tudatba.*

A passzívházak esetében nincs szükség állandóan lobogó tűzre a megfelelő komfort biztosításához. Bár nem kizárt a kandalló vagy más hagyományos fűtés alkalmazása, a passzívházakban a jó szigetelésnek, légtömör kialakításnak és hővisszanyerős szellőztetésnek köszönhetően minimális az energiaveszteség, és nincs szükség a hagyományos fűtésre, hőtermelő és hőleadó berendezésekre, konkrétan tűzre, radiátorokra, kéményre stb. Ez ellentmond az évezredek beidegződéseinek, és alapjaiban rengeti meg az építészek világképét, így nem csoda, ha idegenkednek, és kételkedve ellenzik a változást. Valóban korszakos változást hoz a megújuló forrásokkal üzemeltetett szuper energiahatékony épület, a fenntartható ház megjelenése.

### ***Hasznosság, tartósság, szépség – fenntarthatóság***

A környezeti energiákat hasznosító ház négy homlokzata szükségszerűen nem lehet egyforma, északra inkább zárt, míg délre üvegfelületekkel felnyitott, hiszen a szoláris nyereség hasznosítása kulcsfontosságú a hőmérséklet szempontjából. Azonban ami télen jólesően melenget, az nyáron perzselő forróságot jelenthet, ami ellen árnyékolással védekezni kell. Ezért a déli homlokzaton feltétlenül meg kell oldani az árnyékolást, ami például előtetőkkel, túlnyújtott ereszekkel, zsalugáterekkel, mobil árnyékolókkal oldható meg – és ezeket is méretezni kell. Optimális megoldás lehet az árnyékoló előtetők napelemekkel, napkollektorokkal való fedése, mivel a nyári árnyékolás egyben energiatermelő felület is – azonban ez is kulturális-esztétikai kérdéseket vet fel – sokan egyszerűen csúnyának tartják ezeket. Újszerű kihívást jelent a megújuló energiaforrások integrálása az építészetben: a napkollektorok, napelemek, szélkerekek elhelyezése, a biomassa tárolása, a földenergia hasznosítása megannyi kérdést vet fel. Gyakran hosszú cső kígyókat kell az épületszerkezetekben elhelyezni, a vasbeton födém immár nem csak tartószerkezeti funkciót lát el, hanem komplex hőtároló-hőleadó szerepe is van, a födémaktiválás révén a fűtés és hűtés megoldása is gyakran rá hárul. Új anyagok megjelenése, (például fázisváltó anyagok), új technológiák (vákuumtechnológia, nanotechnológia stb.) új és eddig nem ismert épületszerkezeti megoldásokat eredményeznek. A kontrollált szellőztetés, ami a passzívházakban elengedhetetlen, belsőépítészeti kérdéseket is felvet (a csövek elhelyezése és elrejtése, a szellőzés méretezése, stb.). Az integrált tervezés a szakágak (gépészet, elektromosság, intelligens épületfelügyeleti rendszerek, belsőépítészet, statika, akusztika, tűzvédelem stb.) holisztikus szemléletű integrálását is jelenti.

A megújuló források alkalmazása és az energiahatékony technológia megoldásai viszonylag újszerűek, az ezeket integráló építészeti formálás is még keresi az adekvát formanyelvet. Ennek részben az is oka, hogy a fenntartható építészet nem

---

55 De Arch., II, 1, 1.

stílusfüggő, sokkal inkább a lokális és klimatikus sajátosságok határozzák meg. Egy fenntartható ház jó válaszokat tud adni vernakuláris és modern, minimál és kortárs, kubista és biomorf, tradicionális és avantgárd építészeti nyelven. A fenntartható építészet nem jelent stílust, bár kétségtelen, hogy a passzívház-technológia, a bioklimatikus elvek és a megújuló források tudatos alkalmazása bizonyos építészeti következményekkel is jár, és nagyon is formálja az építészeti megjelenést. Úgy vélem, van esély egyfajta „fenntartható építészeti stílus” megszületésére, ha következetesen alkalmazzuk a fenntarthatósági elveket. Többről van azonban szó, mint pusztán stílusirányzatról. A korábbi irányzatok – modernizmus, posztmodern, dekonstruktivizmus, neomodern stb., az olajkorszak lenyomatai - nem a fenntarthatóságról szóltak. **Az olajkorszak idejétmúlt individuális sztárepítészetét egyszerűbb, közösségibb, környezettudatosabb megoldásoknak kell felváltani.** Újra felfedezzük a low-tech megoldásokat, a természetes anyagokat, a hagyományos, népi építészetet. Nem úgy élünk, mint nagyapáink, de az elvek, amik alapján építkeztek, hasznosak lehetnek számunkra is: racionalitás, egyszerűség, a hely, a klíma és táj figyelembevétele, alkalmazkodás a napjáráshoz és az uralkodó szélirányhoz, mértékletesség, újrahasznosítás, a helyi és megújuló források alkalmazása. Kérdések merülnek fel arra vonatkozóan, hogyan alkalmazzuk a hagyományos formákat, szerkezeteket és technológiákat, illetve az új anyagok, technológiák milyen formákat, szerkezeteket és megoldásokat kívánnak. A jövő építészetének meg kell becsülnie a természeti forrásokat, össze kell gyűjtenie a természet ajándékait és energiáit, hasznosítania kell a hulladékot, újra kell hasznosítania az építőanyagokat, körfolyamatokban szemlélve az építés és bontás folyamatait, megértve az életciklusokat. A fenntartható építészet nem stíluskérdés, fontosabb az épület teljesítménye, mint a stílusa, de akár akarjuk, akár nem, az építészet esztétikai aspektusokat is közvetít, és a fenntartható építészet sikere részben a kulturális elfogadottságon fog múlni. Tapasztalhatjuk, hogy a legjobb környezettudatos épületeket jellemzi egyfajta újszerű esztétika, mely a célszerűségből, gazdaságosságból, hatékonyságból fakad, és van benne valami a korszellemből, legyen az kis ház vagy nagy épület, magánház vagy középület. A passzívházak sajátos esztétikáját sok minden meghatározza. A folyamatos, hőhídmentes épületburok, az extrém vastag hőszigetelések, a vastag falak, a kompakt tömegformálás, a speciális nyílászárók, a tudatos tájolás, a konzolok, tetősík-ablakok kerülése jelentősen formálja az épületeket, de nem határozza meg önmagában egy épület esztétikáját. Az építészet minősége nem az alkalmazott technikától függ elsősorban, **a fenntarthatóság komplex követelményrendszerének megjelenése azonban alapjában átformálja az építészetről alkotott képünket.**

A vastag hőszigetelés szükséges az energia megőrzéséhez, azonban a fenntarthatóság és gazdaságosság néha ellentmondásba kerül a megszokott esztétikával. A hagyományos homlokzatburkolatok (tégla, kő) nehezen illeszkednek a külső homlokzatok szigetelésrendszereibe, és van, ahol csak belső hőszigetelést lehet alkalmazni. A vastag homlokzati hőszigetelés gyakran 20-30 cm vastag

hőszigetelést is jelenthet, a teherhordó szerkezet mellett a hagyományos téglá vagy kőburkolat már nagyon jelentős falvastagságot, gazdaságtalan megoldást eredményezhet. A szigetelőanyagok új generációját hívta életre az igény, megjelentek az újrahasznosított anyagok, a cellulózszigetelés, az üveggranulátum, vákuumszigetelés, és a különböző porózus és könnyűbetonok. A hőhídmentes csomóponti megoldások a részletképzések újragondolására készítetnek. Mit lehet kezdeni a régi épületek energiahatékony felújításával, hogyan mentjük meg az épületdíszeket, tagozatokat, miközben szigetelni is kellene? Nagyon fontos a komplex, holisztikus szemlélet, mely magába foglalja az épületgépészetet és épületenergetikát is. Az építész mellett az épületgépész, az energetikus és a kivitelező sem hibázhat, az energia el fog szökni, ha megtalálja a leggyengébb láncszemet, legyen az egy tervezési hiba (pl. hőhíd), vagy egy rosszul beépített nyílászáró, rosszul szabályozott rendszer, vagy kivitelezési hanyagság, pontatlanság. A számítógépes modellezési módszerek, a dinamikus épület-szimuláció, a PHPP-számítás, légtömörség-mérés, infra-kamera alkalmazása, az utólagos monitoring, életciklus-modellezés stb. megannyi új eszköz a tervező kezében, melyeket a fenntartható építészethez használhat.

Az épületeknek (legalább) három fő követelménynek meg kell felelnie, ezt tudjuk már Vitruvius óta. A tartósság, hasznosság, szépség (firmitas, utilitas, és venustas) alapelvei ma is érvényesek, de már nem úgy, ahogy Vitruvius idejében gyakorolták. Az esztétika tekintetében például már nem a szimmetria az egyedüli üdvözítő alapelv, bár az arányosság követelménye ma is érvényes. A tartósság és hasznosság fogalmát ma inkább az életciklus és gazdaságosság fogalmaival értelmezzük. A hagyományos tapasztalati tudást felváltja a tudomány, technika és technológia, a mérések és számítások, már nem a természetben építkezünk, hanem a rozsdazónát keltjük új életre, új fogalmaink vannak: környezeti lábnyom, a biodiverzitás, a környezeti energiák hasznosítása, és hasonlók. Az építőanyagokat illetően teljesen más választék áll rendelkezésünkre, mint Vitruvius idejében. Az acél lehetővé teszi a húzott, a konzolos és feszített, függesztett szerkezeteket. Az üveg révén transzparens szerkezeteket építhetünk, melyekkel a napenergiát hasznosíthatjuk, a nanotechnológiás hőszigetelő anyagokkal tökéletesen szigetelni tudunk. Bár már Vitruvius-nál is főképp a technikai szempontok domináltak, azért fontos szempont maradt az esztétika. A díszítés kérdése is más értelmet kap. A statikus szemléletet felváltja a dinamikus, áramló terek és áramvonalas formák születnek. Az állandóság ma a változás állandóságát jelenti, a tér-idő fogalmat Einstein óta másként szemléljük, a tér negyedik dimenziója az idő lett. Az állandóságot és tartósságot is dinamikus szituációkban várjuk el. Statikus, materiális képek helyett dinamikus, interaktív és virtuális modellekkel dolgozunk. A zéróenergiás (nulla fűtési költségű) épület ideája korunk kihívása, egy tegnap még utópiának tűnő, ma pedig reálisan megvalósítható koncepció, mely létrehozza a saját eszköztárát, terminológiáját és formanyelvét.

## **Integrált tervezés**

**A fenntartható építészet integrálja a gazdasági, társadalmi és környezeti szempontokat a tervezésben és az építés során.** Egyesíti (1) a gazdasági szempontokat (alacsony költségek, magas hatékonyság, kockázatcsökkentés, jövedelmezőség), (2) az ökodesign szemléletet (életciklus elemzés, anyagtakarékosság, energiahatékonyság, újrahasznosítás, megújuló források alkalmazása, mobilitás, autonómia), és (3) a társadalmi hasznosság kritériumait (hátrányos helyzetűek helyzetbe hozása, munkahelyteremtés, egészséges és minőségi munkakörnyezet, tisztas munkabér, akadálymentesítés stb.). Maga a kifejezés<sup>56</sup> már a múlt század ötvenes-hatvanas éveiben megjelent, a fogalom mai elterjedését a fenntartható építészet komplex, holisztikus megközelítésének igénye indukálta. Az integrált tervezés a napi gyakorlatban a különböző szakágak összehangolt, szimultán tervezését jelenti, melyben folyamatos visszacsatolás zajlik. A folyamat a virtuális épületmodell (BIM) elterjedésével új lendületet kapott. Az integrált tervezés bizonyos országokban az energiahatékony tervezés szinonimája, mivel egyesíti az építészeti tervezés aspektusait - tájolás, tömegformálás, szerkezeti kialakítás és részletképzés stb. - az épületgépészeti és elektromos tervezési kérdésekkel.

“Az épületszerkezeti hibák számának csökkentéséhez szükség lenne az építész koordináló, áttekintő, irányító szerepének visszaállítására, akár épületszerkezeti társtervező bevonásával, az épületszerkezetek tervezése során is” – írta Fülöp Zsuzsa doktori értekezésében<sup>57</sup>. Az építész koordináló szerepének visszaállítására csak egy olyan áttekinthető általánosan alkalmazható tervezési algoritmus alapján van mód, amely lehetővé teszi az épületszerkezetek kialakításához szükséges tervezési lépések, adatok rendszerezését, értékelését és a tervezési folyamatba integrálását.” Az integrált tervezés gondolata, illetve az építész szerepének csökkenése már korábban és másokban is megfogalmazódott, az idézett megállapítás óta újabb “szakág” megszületésének vagyunk tanúi: létrejött az épületszerkezet-tervező szakág. Jelenleg egy újabb kihívás előtt áll a szakmánk, 2013 közepétől bevezették a teljesítményelvű tervezést, kérdés, hogy ezt fel tudják-e vállalni az építészek, vagy erre is egy szakág fog specializálódni? Energetika, fenntarthatóság, költség optimalizáció, építési termékekre vonatkozó teljesítmény-jellemzők meghatározása, stb. Az építészeknek új kihívásokkal kell szembenéznük. Amikor az építészet felelősségéről beszélünk, nem a jövő, hanem a ma építészetéről beszélünk. A felelősség tudatosságot feltételez. A jelenkor társadalmainak meg kell teremteniük a lehetőséget, hogy az épületek, városok, a kapcsolódó infrastruktúrák a lehető legkisebb energiafelhasználással létesüljenek és üzemeljenek, s ne terheljék feleslegesen a környezetet. Az építészetnek a hagyományos, helyi és univerzális tudást kell ötvöznie a legújabb technológiai vívmányokkal, művészi, kreatív módon. Az építészeknek keresniük kell azokat a lehetőségeket és módszereket, melyekkel autonóm, természetes, fenntartható házakat és településeket hoznak létre. Olyan

---

<sup>56</sup> Integrated Design (ID)

<sup>57</sup> Fülöp Zsuzsa: Épületszerkezetek teljesítmény elvű holisztikus szemléltető tervezése. PhD értekezés 2007

épületeket és városokat, melyek elvetik az energia, víz és nyersanyagok pazarlását, tudatosan hasznosítják a természeti erőforrásokat, elsősorban a megújuló forrásokat (Nap, föld, levegő, növényzet), visszaforgatják és újrahasznosítják a felhasznált anyagokat, nem mérgezik és pusztítják a környezetet és az azt használó embereket. A hagyományosan bevált megoldásokat (tájolás, benapozás, árnyékolás) megtartva és továbbfejlesztve, az építészetnek szervesen integrálnia kell a megújuló energiákat, a növényzetet, az innovatív épületszerkezeti és épületgépészeti megoldásokat. Nullára kell csökkenteni az épületek széndioxid (és egyéb káros anyag) kibocsátását. Az oktatásban, a továbbképzésben meg kell jelenniük ezeknek a szempontoknak, mint ahogy az építészeti szabályozásban, a minősítésben és az építési előírásokban is. A környezettudatos, energiahatékony megoldásokat, megújuló energiaforrások hasznosítását támogatni szükséges: ösztönzésekkel, közvetlen módon és adókedvezményekkel.

**Az energiafalu, környezetüket károsító ingatlanok felett eljárt az idő. A változás elkezdődött, a XXI. század építészetét az alacsony energiafelhasználású ingatlanok, a passzívházak, a zéró emissziós, zéróenergiás fenntartható épületek határozzák meg.** Az építészeti formálást a klíma, a helyhez, környezethez való kapcsolat és az erőforrások fenntartható felhasználása határozza meg, az esztétika kérdése új megvilágításba kerül. Lehet-e szép egy épület, ami energiapazarló, környezetét pusztítja? És fordítva, ha egy épület környezettudatos, fenntartható, energiahatékony stb. akkor rögtön szép is lesz? Nyilván mindkét kérdésre nem a válasz.

Építészet, szerkezet, épületgépészet, elektromosság és intelligens épületfelügyelet, tűzvédelem, környezetvédelem, gazdaságosság, fenntarthatóság – egységes, összefogott megoldásokat igényel. A környezettudatos építészetben fokozott jelentősége van a tájjal való kapcsolatnak, a zöldfelületeknek, a zöldtetőknek, zöld homlokzatoknak. Olyan fenntartható, élhető, anyag-, és energiahatékony épületeket és városokat kell építenünk, melyek a jövő nemzedékek számára is biztosítják a természeti és épített örökség fennmaradását. Klímahomlokzatok, aktivált födécek, zöldtetők, passzívház-technológia, megújuló források alkalmazása és a többi környezettudatos megoldás mind egy irányba mutat: fenntartható épített környezet, melyet az integrált tervezés segítségével érhetünk el.

Az elmúlt száz évet a szakma szétagolódása, az önállóodó szakágak térhódítása jellemezte. Az előttünk álló időszakban a szakmának ismét integrálnia kell, az előttünk álló kihívások ezt követelik meg. Az építészeti formálásban, tömegképzésben, anyaghasználatban is meg kell jelennie az ezzel adekvát megoldásoknak. Ehhez a szakma teljes megújulására van szükség: a múlt értékeinek és tapasztalatainak tiszteletben tartása és megóvása mellett egy jövőbe mutató, progresszív szemlélet kialakítása szükséges, mely megújítja a praxist, és az oktatást is. Az elmúlt időszak sikertelen próbálkozásai ráirányították a figyelmet arra, hogy nem elég a kiváló anyagok és szerkezetek alkalmazása, azokat intelligens, hozzáértő módon kell összeépíteni. A legkiválóbb (és legdrágább) ablak sem ér sokat, ha rosszul van beépítve. A legjobb hőszigetelést is semlegesíthetik a hőhidak. A légtömör építészeti kialakítást tönkretehetik a szakszerűtlen gépészeti vagy elektromos áttörések. A tökéletes épületburok mit sem ér megfelelő szellőzés nélkül,

stb. Az integrált tervezés tehát kiterjed a teljes építési folyamat ellenőrzésére, minőségellenőrzéssel.

### **Energiamodellezési eszközök, BIM**

Az alacsonyenergiás, zéróenergiás és pluszenergiás épületek tervezése koncepcionális, technikai és gazdaságossági kihívásokkal szembesíti a tervezőket. A tervezés kezdeti fázisainak döntő jelentősége van az épület végleges teljesítményének meghatározásában, ezért nagyon fontos, hogy már a kezdeti, koncepcionális fázisban történjenek energetikai számítások. **Az integrált tervezés igénye életre hívja az egyszerűen használható energia-, és életciklus-elemzés modellezésének igényét**<sup>58</sup>. Ez többek között azt is jelenti, hogy az építészervező könnyen – például vizuálisan - tudja értelmezni a kapott adatokat, információkat. Az építészervezőnek már a koncepcionális fázisban tudnia kell az épület majdani teljesítményéről. Jelenleg a koncepcionális döntések meghozatala után, az építészeti kialakítás után történik (ha történik) az energetikai modellezés, így kicsi az esélye annak, hogy az energetikai modellezés eredményeképpen visszacsatolás történjen az épület 3D modellezésében, holott ez lenne a célszerű. Ennek részben az is oka, hogy az adatbevitel a 3D építészeti modellből az energiamodellbe még viszonylag kezdetleges fázisban van, a dinamikus szimulációk pedig túl bonyolultak a hétköznapi építészeti használatra. Bár számos tervezési segédeszköz áll rendelkezésre már viszonylag régóta, a digitális tervezéssel nem mindig sikerül összehangolni. A szoláris geometria<sup>59</sup> tudománya például régóta ismert, azonban mindennapos építészeti alkalmazása viszonylag ritka. A PHPP, mely alapvetően Excel táblázatos formában számol, csak mostanában (2013) kapott grafikus interfészt bizonyos tervezőprogramhoz, a Graphisoft fejlesztette energiamodul szintén kezdeti állapotban van. További nehézséget jelent, hogy az energiamodellezési szoftverek között nincs mindig egyezés, nem azonos a számítási pontosságuk. A passzívház energiamodellezés előnye, hogy kezdeti stádiumban is hamar ad eredményt, és a későbbi tervezési fázisokban pontosan finomra lehet hangolni. A koncepcionális tervezés és programalkotás során határozzák meg a célokat és igényeket, a 3D modellezés során nyílik meg a lehetősége az energiamodellezésnek, melyből vissza lehet csatolni a tervezésre. A BIM<sup>60</sup> (vagy a virtuális épület koncepció) pedig eddig nem látott lehetőséget kínál a szakági tervek összehangolására és a részletképzésre.

---

<sup>58</sup> Bleil de Souza, C., (2012) Contrasting paradigms of design thinking: The building thermal simulation tool user vs. the building designer. Automation in Construction, 22. 112-122 old.

<sup>59</sup> pl.: Solar Geometry. S.V. Szokolay, 1996

<sup>60</sup> Building Information Modelling



## Előfutárok

A törekvés, hogy az épített környezet minimális (fenntartható módon előállított) energiaráfordítással óvja meg az embert az időjárás viszontagságaitól, egyidős az emberiséggel. Már az ókori görögök is tisztában voltak a megfelelő tájolás előnyeivel, „napházuk” passzívan hasznosította a téli Nap melegítő sugarait, miközben a perzselő nyári napot kizárta – akár a magyar parasztház tornáca. A vernakuláris (helyi, népi) építészet minden klímán „passzívan” alkalmazkodik a környezetéhez, legyen az forró-száraz sivatagos, forró-nedves trópusi, mediterrán, északi, vagy mérsékelt égövi kontinentális klíma – az építészeti formálás ennek megfelelően alakult. Az ipari fejlődés új építőanyagokat - acél, üveg, beton - adott az építészetnek. A 19. századtól kezdve egyre több üvegházat, télikertet építettek – főleg az északi országokban, például Angliában – melyek az üvegházhatás elvén hasznosították a napsugárzás erejét. Az üvegipar fejlődését követhetjük nyomon egészen napjainkig, manapság olyan hőszigetelő képességű üveget tudnak gyártani, ami korábban elképzelhetetlen volt, és a korábban energetikailag gyenge üvegezett szerkezetek akár nettó energiatermelők lehetnek. A XX. század környezettudatos építészeti előfutárai között feltétlenül meg kell említeni *Frank Lloyd Wright* amerikai építész, aki 1944-ben tervezte meg a „*Solar Hemicycle*”<sup>61</sup> nevű íves alaprajzú lakóházát Wisconsinban a Jacobs család részére. Wright intuitíven alkalmazta a passzív-szolár alapelveket: szoláris nyereség maximalizálása a déli homlokzat üvegfelületeivel, nyári túlmelegedést gátló konzolosan túlnyúló védőtető, zárt északi homlokzat, melyet földtakarás véd a lehűlés és az északi szél ellen. Mai szemmel nézve számos hiányossága volt a háznak, a felújításakor készült fotók alapján hőszigetelése szinte nem is volt. A *Solar Hemicycle* közvetlen előzménye a kevésbé ismert *George F. Keck* 1930-as években épített szolárházai voltak<sup>62</sup>, melyek mintegy negyven évvel megelőzték korukat<sup>63</sup>, olyan alkotókat inspirálva, mint az *Olgyay fivérek*, *Telkes Mária*<sup>64</sup>, *Felix Trombe* és *David Wright*, akik kitartóan kutatták a szolárépítészet lehetőségeit. Maga a szolárház (*solar house*) kifejezés 1940-ben jelent meg a *Chicago Tribune* hasábjain, így jellemezték *Fred Keck Sloan* házát, mint az első, passzív napenergiával fűtött házat. Természetesen ennek is voltak előzményei, pl. a Bauhaus-ban számos példát találhatunk „napos” házakra<sup>65</sup>. A F.L. Wright Usonian stílusában épített *Lőf ház* (1956) pedig az első aktív és passzív napenergiát hasznosító szolárház, szinte már kortárs építészeti nyelven.

A múlt évszázad 70-es 80-as éveinek olajválságai adták az első impulzusokat az alacsony-energiás, alternatív forrásokat alkalmazó építészet tömegesebb megjelenésének, elsősorban az USA-ban és Nyugat-Európában. *Amory Lovins* és társai új nézőpontból közelítették meg az építészeti kérdéseket. Az akkoriban megépített első épületek úttörő jellegűek voltak, és számos kezdetlegességgel bírtak. Ebben a kísérletező, kreatív, ellenkulturális indíttatású időszakban a nemzetközi modern stílustól távolodva sok építész a természetes anyagokat használó ökológikus, organikus építészeti hozzáállást választotta a nemzetközi stílus dobozépitészete helyett. Ekkor kezdtek el kísérletezni az akkor még kezdetleges szolártechnikával, házilag barkácsolt napkollektorok, szélkerekek jelentek meg a

<sup>61</sup> Jacobs2 USA, 1944. Tervező Frank Lloyd Wright

<sup>62</sup> House of Tomorrow, vagyis „Holnapház” az 1933-as „Century of Progress” kiállításon

<sup>63</sup> Forrás: Anthony Denzer: The Solar House: Pioneering Sustainable Design, 2013

<sup>64</sup> Telkes Mária (1990-1995), magyar származású amerikai tudós, a napenergia kutatásának úttörője

<sup>65</sup> Pl. Maxwell Fry „Sun House” London, (1935), de ezeket még nem nevezném szolárházaknak

házak tetején. Az energia és környezet tervezési kérdései már a nyolcvanas évek elején megjelentek a legjobb egyetemek oktatási anyagaiban, így az AA-ben<sup>66</sup> Angliában, és amerikai, német intézetekben. Az üvegipar fejlődése jelentősen meghatározta a 80-as, 90-es évek passzív-szolár építészetét. Akkoriban a soláris nyereség maximalizálására helyezték a hangsúlyt, ezért népszerűek voltak a télikertek, üvegezett erkélyek, Trombe-falak. A szigetelőanyag-ipar fejlődése is döntő módon hozzájárult a passzívház-koncepció megszületéséhez. Már az 1980-as évek elején építettek úgynevezett szuperszigetelt házakat – az egyik pl. Wales-ben található, és kísérletképpen 80 cm vastag hőszigeteléssel látták el, ennek köszönhetően nem kellett hagyományosan fűteni<sup>67</sup> az emberek testhője és néhány gyertya lángja képes melegen tartani az épületet. Ma a nanotechnológia és a vákuumtechnológia segítségével rendkívül hatékony szigeteléseket tudunk előállítani, nem kell már ilyen vastagságú hőszigetelésekben gondolkodni, hogy kiváló eredményt érjünk el. A technológia fejlődéséhez jelentősen hozzájárult az épületgépészet is, a hővisszanyerős szellőzés, a talajhő-hasznosítás, napenergia-hasznosítás, felület-temperálás, hőszivattyúk és hasonlóak révén. Ez utóbbival kapcsolatban meg kell említeni, hogy joggal lehetünk büszkék *Dr. Heller László* (1907-1980) magyart feltalálóhoz fűződik a hőszivattyúk ipari méretű alkalmazása.

A szigetelőanyagok, üvegipar és épületgépészeti technológia fejlődése, a számítógépes szimulációk és méretezések tökéletesítése, valamint megépített és mérésekkel ellenőrzött zéróenergiás próbaépítkezések sora kellett ahhoz, hogy az 1990-es évek elején megépüljenek az első passzívház prototípusok Németországban. Az azóta eltelt időben a hangsúly a passzívház komponensek fejlesztése, tömeges gyártása, a tapasztalatok elemzése és értékelése révén a költségek leszorítására, és a teljes folyamat optimalizálására helyeződött. Mára jelentős – elsősorban német és osztrák - tapasztalatok állnak rendelkezésünkre, melyeket gondos mérlegelés után alkalmazhatunk a hazai viszonyokra is, figyelembe véve a magyar klíma sajátosságait.

### ***Magyar hagyományok, előzmények***

A magyar klímára jellemző a kontinentális jelleg és szélsőségesség, mely a klímaváltozással valószínűleg felerősödik. A magyar történeti és népi építészet hagyományosan környezetbe illeszkedő, ha úgy tekintjük, passzív stratégiájú. Nem is lehetett más, a Természet erőivel együtt alakult az építészetünk is. Ezer éves hagyományaink vannak az önellátó és fenntartható épületek és települések létrehozásában, melyek harmonikusan illeszkednek környezetükbe. Történelmi hagyománya van a „tájbelakásnak”, erre példa a szeres település-szerkezet, mely a nomád életforma - mai megfelelője az autós társadalom - mobilitására épül. Az épületek formálására a földszintesség, rétegzettség, egyszerűség jellemző, a masszív építésű tornácos, háromosztatú, délre tájolt aranymetszés arányú téglalap alakú épületforma archetípusnak tekinthető, az egyes tájegységek jól megkülönböztethető karakterrel bírnak elsősorban a tetőformálást illetően. Általánosan jellemző a többcélú hasznosítás, flexibilitás, az egyszerűség és

<sup>66</sup> Architectural Association, School of Architecture, London

<sup>67</sup> Centre for Alternative Technology, Wales

találékonyság ötvözetéből született helyi megoldások, melyek mégis gyakran univerzális érvényességgel bírnak. Az emberek többnyire abból építkeztek, amit helyben találtak: a Kárpát-medencében leginkább a masszív (kő, téglá, vályog) építési mód terjedt el, amellett, hogy a vályog és téglá korlátlanul rendelkezésre áll, a szélsőséges időjárási hullámzások kiegyenlítésében is nagy szerepet játszanak a nagy hőtároló-képességgel rendelkező építőanyagok. A magastetők üres padlásokat rejtenek, melyek elsősorban pufferterek, de találékonyan kihasználták szárításra, tárolásra ezeket a tereket is. A színharmónia is jellegzetes: fehér falak, sötét tetők, sötét lábazattal. Jellegzetes térforma a tornác: ez a fedett-nyitott tértípus egyszerre fejezi ki a természetközelséget és a környezeti energiák (napsütés, szél, eső) alakítására is kiváló. Lehetne még sorolni a „találmányokat”, a zsalugátértől a kemencéig, nyárikonyhától a pincehasználatig és jégveremig – melyek mai formában „újrahasznosíthatók”

A magyar műépítészetben is megtalálhatjuk azokat az építészeket és irányzatokat, akik szintén a hagyományos és népi építészetből merítettek inspirációt. Példaképpen megemlíthetjük a szecessziós *Lechner Ödönt* (Sipeki villa télikertje) és a *Kós Károly* fémjelezte építészet természetközeli felfogását. A modern vonulatból is lehet példákat sorakoztatni, a Bauhaus fontosnak tekintette a fényt, a megfelelő benapozás kérdéskörét, az *Olgay testvérek* az 1940-es években számos kutatási eredménnyel járultak hozzá az optimális tájolás, benapozás, árnyékolás, tömegarány kérdéseikhez. Az ő kutatási eredményeikből derült ki először, hogy mi a Közép-európai klímán az ideális lakóházforma (design tipológia), és az épületeken alkalmazott árnyékolószervezeteik is úttörő jelentőségűek. *Steven Szokolay* nevéhez fűződik a szoláris geometria kimunkálása, a passzív és alacsony-energiás technikák dokumentálása, mely például *Polónyi Károly* munkásságára is hatással volt, A hatvanas években induló természetközeli, organikus építészeti mozgalom többek között alternatív zöld irányzat. A nyolcvanas évek közepén megépült pécsi napház (*Szász János* munkája) a kor összes passzív-szolár technikai vívmányát felsorakoztatta, és megépült számos légfűtéses *Kuba Gellért* tervezte bio-szolárház. Számos kísérleti épület készült napterekkel, télikertekkel, napkollektorokkal. Passzív-szolár szemlélettel tervezett épületekre, dombházakra, ökoházakra is találunk szép számmal példákat ebből az időszakból. Megjelent a padlófűtés, majd mennyezeti fűtés, alkalmazni kezdték a napkollektorokat és hőszivattyúkat, melyek egyre inkább terjednek a mai gyakorlatban is. A mai időszakra egy új generáció színrelépése a jellemző, akik bátran használni kezdik az új technológiákat, megcélozva a zéróenergiás szintet.

### ***A zéróenergiás design előzményei***

Az első zéróenergiás ház érdekes módon egy hajó volt. *Fridtjof Nansen*<sup>68</sup> *Fram (Előre)* nevű sarkkutató hajója, mely nem csak szuperszigetelt és légtömör kialakítású volt, de szélenergiával termelt elektromossággal is rendelkezett – 1893-

<sup>68</sup> Fridtjof Nansen norvég sarkkutató, oceanográfus, diplomata (1861-1930). Első nagyobb útját 1882-ben tette meg a Jeges-tengeren

ban! A hajót úgy tervezték<sup>69</sup>, hogy a befagyott Északi-tengeren fél évig vesztegelve túléljék a matrózok a telet – tehát valóban a gyakorlatban is bizonyított! Linóleummal, kátránnyal, gyapjúval, és fával szigeteltek, a hőszigetelés vastagsága 40 cm volt. A természetes megvilágítást 3 rétegű üvegezéssel keresztül oldották meg, és nem volt szükséges fűteni a hajón, még mínusz 22 fokban sem, a világításra szánt olajmécsesek elegendő hőmérsékletre fűtötték a kabint. A szellőztetést ablaknyitás nélkül, kis ventilátorokkal oldották meg<sup>70</sup>. Verne Gyula korában még nem volt teljesen világos, merre veszi útját a technikai fejlődés. A hamarosan felfutó olajtermelés egy időre eldöntötte ezt a kérdést. Bár a korlátlanul hitt fosszilis energia korában lekerült az energiahatékonysági kérdés a napirendről, azért az bűvópatakként időnként felvillant. Az első olajválság<sup>71</sup> sokkja kellett a kijózanodáshoz, ekkor számos kísérlet történt a szuper energiahatékony, megújuló (Nap, szél, föld stb.) energiát hasznosító zéróenergiás épületek létrehozására. Az 1970-es és 1980-as években sorra épültek a „passzív-szolár” házak, jómagam is számos ilyen terveztem<sup>72</sup> a nyolcvanas évek végén, angliai tanulmányaimat követően. Két iskola bontott zászlót a hetvenes évek elején: A takarékosra törekvő passzívházas irányzat azt kutatta szisztematikusan, hol vannak az energiaveszteségek, és hogyan lehet azokat megszüntetni, vagy minimálisra csökkenteni – elve az, hogy a legjobb energia a fel nem használt energia. A másik a bevételnövelő szemléletet követő szolár irányzat, mely inkább az ingyenesnek tekintett alternatív (passzív) energia bevitelt szeretné maximalizálni. Míg az előbbi szuperszigetelésben, energiakonzerválásban és hővisszanyerésben gondolkodik, az ablakban inkább hőveszteséget lát és ezért méretét racionalizálja, figyelmét a légtömörségre és kontrollált (mesterséges) szellőztetésre fordítja, az utóbbi hatalmas üvegfelületeket, télikerteket, és napcsapdákat épít, és bár elismeri a hőszigetelés fontosságát, inkább a napenergia hasznosítás mértékének növelésében, gravitációs szellőzésben látja a megoldást, miközben a bioklimatikus és tradicionális megoldásokat is szívesen kutatja. Némi zavart okoz a mai napig, hogy mindkét megközelítés használja a „passzív” szót, az előbbi a fűtés passzivitására, az utóbbi a napenergia passzív hasznosítására utalva. További nehézséget okoz a megértésben, hogy a két irányzat tartalmilag is átfedésben van. A passzívháznak is szüksége van a nap energiájára a pozitív energiamérleghez, tehát az optimálisan elhelyezett nagy ablakokra, és a szolár irányzatnak is szüksége van az energia konzerválására, tehát a kiváló hőszigetelésre és hővisszanyerésre. A passzív-szolár irányzat számos kreatív megoldást hozott felszínre, a passzívház irányzat pedig praktikusán kezelhető, jól bevált követelményrendszert hozott létre, mely kiválóan

<sup>69</sup> A hajó tervezője Colin Archer úgy tervezte a hajót, hogy a jég nyomása ne öszeroppantsa, hanem a jég hátára emelje a hajót. A hajó „befagyasztása” miatt sokan bírálták Nansen kapitányt, aki *Éjen és jégen át* címmel 1898-ban magyarul is megjelent könyvében számolt be tapasztalatairól.

<sup>70</sup> Forrás: [www.passipedia.com](http://www.passipedia.com)

<sup>71</sup> Az első olajválság 1973-ban volt, amikor az USA benzinkútjai bezártak az üzemanyaghány miatt, az „olajsokk” elindította az útkeresést az energiahatékony építészet felé

<sup>72</sup> Például az 1987-ben épült gazdálkodó családi háza Dunaszentgyörgyön. A passzív-szolár elvek szerint délre tájolt, nagy üvegfelületekkel ellátott homlokzatot a magyar hagyományoknak megfelelő tornác árnyékolja, így a téli alacsony napállásnál a napsugarak fűtik a házat, míg a nyári magas napállásnál az árnyékolás révén nincs túlmelegedés. Az elveket a passzívház is alkalmazza

nyomon követhető, tanítható, ellenőrizhető – tehát szabványosítható. Jómagam mindkét iskolát kijártam, és kijelenthetem, hogy az igazság középen van, és nem vagyok egyedül ezzel. *Amory Lovins*, a nyolcvanas évek passzív-szolár irányzatának egyik atyja, 30 év elteltével a saját lakóházát a mai passzívház elvek alapján újíttotta fel, és számos passzívházat ismerünk, mely télikerteket integrál az épületburokba, a budaörsi passzívházam például a jellegzetes passzív-szolár integrált télikert koncepciót alkalmazza egy mai minősített passzívházban. **A két irányzat tehát összeér, és célja is közös: a zéróenergiás design – ebben találhatjuk meg a szintézist.**

A nyolcvanas évek első magyar passzív-szolár háza az 1986-ban megépült pécsi napház volt<sup>73</sup>. Bár a korabeli gyakorlathoz viszonyítva komoly előrelépésnek lehet tekinteni ezt az épületet, azonban mégsem hozta a kívánt eredményeket, részben azért mert az építészeti megszokások és beidegződések ezt akkor nem tették lehetővé – így például alulszigetelt és hőhidas maradt – mint kortársai zöme. Az eredmények elmaradásának oka volt többek között a szellőzés fontosságának alábecsülése, a pontatlan energetikai modellezés és az elérhető épületkomponensek (speciális üvegezések, hőszigetelő anyagok, hőhíd-megszakítók, hővisszanyerők, légzáró fóliák stb.) hiánya is. Ezeket a hiányosságokat 1992-re sikerült először tudományosan is igazolt gyakorlati példán kiküszöbölni, ekkor épült meg az első passzívház, a németországi *Darmstadtban*. A passzívház épületkomponensek jelentős része akkor még manufakturális módon készült, kísérleti jelleggel, lényegében napjainkra jutottunk el oda, hogy már ipari mennyiségben és minőségben gyártják ezeket. Természetesen, mint mindennek, a hivatalosan első passzívháznak is voltak előzményei<sup>74</sup> - melyeket a hetvenes években találjuk meg. *Vagn Korsgaard* és *Torben Esbensen* építették meg az első zéróenergiás házat Kopenhágában, és ezzel igazolták<sup>75</sup>, hogy szisztematikus erőfeszítéssel lehetséges elérni ezt a célt. A kísérleti ház a mai passzívház közvetlen előfutára volt, és egy hatalmas, földbe ásott szigetelt szezonális forróvíztároló biztosította az energiát télen. A kutatási eredmények azonnal hasznosultak a legjobb kutatóintézetekben. A Philips és a német kormány finanszírozta a másik kísérleti épületet, mely 1974-ben épült meg, és lényegében a mai passzívház közvetlen elődjének tekinthető: a falak U-értéke 0,14 W/m<sup>2</sup>K, kiválóan szigetelt nyílászárók és ellenőrzött hővisszanyerős szellőztetéssel, valamint talaj hőcserélővel volt felszerelve, így a fűtési hőigénye mindössze 20-30 kWh/m<sup>2</sup>a érték körül mozgott. Az épület<sup>76</sup> a napenergiát (napkollektorokkal) és talajhőt (hőszivattyúval) aktívan is hasznosította, ezzel igazolva a zéróenergiás épület kivitelezhetőségét, gyakorlati tapasztalatokat

---

<sup>73</sup> A pécsi Napház tervezője Szász János

<sup>74</sup> Mint Isaac Newton írta a munkásságáról, elismerve az elődöket: „Ha tovább láttam a koromnál, azt annak köszönhettem, hogy óriások vállán álltam”.

<sup>75</sup> Esbensen, T.V. & Korsgaard, V. (1977) Dimensionin of the solar heating system in the zero-energy house in Denmark. Solar Energy Vol. 19. Issue 2. 1977.

<sup>76</sup> Tervezők: H. Hörster, B. Steinmüller és társai

szolgáltatva az első számítógépes energiamodellekhez<sup>77</sup> - valós adatokkal, valós klimatikus viszonyok között. A kutatások folytatódtak, és valós idejű szimulációkat végeztek, mely során különböző szintű hőszigeteléseket és eltérő körülményeket vizsgáltak (európai, skandináv és észak-amerikai klímákat modellezve). Az eredmények azt mutatták, hogy 10-20-szoros megtakarítás érhető el mindegyik éghajlaton, egyszerűen, passzív eszközökkel<sup>78</sup>. Ez megalapozta annak a lehetőségét, hogy az épületek hagyományos fűtési rendszerek nélkül megépíthetők és üzemeltethetők legyenek, akár bonyolult és költséges alternatív megoldások bevonása nélkül is. Az épületburok leggyengébb láncszemének abban az időben az ablakok bizonyultak, és az is kiderült a kutatásokból, hogy a közép-európai klímán a déli tájolású üvegfelületek esetében a 30-50%-os üvegezési aránynál többre nincs szükség.

*Amory Lovins*<sup>79</sup> a hetvenes években építette meg kísérleti épületét az USA-ban, mely elsősorban a passzív napenergia napterekben történő hasznosítását tűzte ki célul, sikerrel. A Colorado hegységben 2164 méter magasan felépített télikertes épületben trópusi vegetáció virágzik, szinte fűtés nélkül. A *Saskatchewan Research Council* szintén az USA-ban építette meg a zéróenergiás házat 1977-ben. Az észak-nyugati Regina-ban épült lakóházban nem volt kandalló, az épület légtömör kialakítású volt, kimagasló értékű hőszigeteléssel, optimális A/V aránnyal<sup>80</sup>.

Természetesen folytak és a mai napig folynak a kísérletek az úgynevezett aktív rendszerekkel történő megoldásokra. Freiburgban, *Heliotrop* néven épült meg az a kísérleti épület, mely aktív rendszerei révén több energiát termel, mint fogyaszt. A maga nemében egyedülálló projekt egy konkrétan forog, fizikailag követi a napjárást, hogy a lehető legteljesebb mértékben begyűjtse a napenergiát. Tervezője, *Rolf Disch* 1994 óta foglalkozik pluszenergiás épületek létrehozásával. Az épület szürkevíz tisztító berendezéssel és komposztálóval is fel van szerelve. A forgó épület ötlete nem terjedt el, bár épült belőlük néhány, elsősorban szállodák és kilátótornyok alkalmazzák a találmányt – a körpanoráma miatt. Az aktív háznak nevezett irányzat az aktív technikára helyezi a hangsúlyt, és bár jó ötleteket hoz felszínre, tömeges elterjedésüket gátolják a bonyolult, gyakran kísérleti jellegű gépészeti rendszerek, és a magas költségek. A költségoptimum számítások a passzív megoldásoknak kedveznek, főleg az északi jellegű klímákon. A kedvezőbb „boldog” klímákon jobb az aktív rendszerek hatásfoka, így azok elterjedése is nagyobb.

---

<sup>77</sup> [http://www.passipedia.org/passipedia\\_en/basics/the\\_passive\\_house\\_-\\_historical\\_review/passive\\_versus\\_active\\_measures\\_in\\_europe\\_america](http://www.passipedia.org/passipedia_en/basics/the_passive_house_-_historical_review/passive_versus_active_measures_in_europe_america)

<sup>78</sup> Bruno & Hörster 1978

<sup>79</sup> Amory Lovins a Rocky Mountain Institute megalapítója, a passzív-szolár építészet és alternatív energiaforrások amerikai úttörője

<sup>80</sup> A/V arányon az épület lehűlő felület/épülettömeg arányt értjük. Minél kisebb ez az érték, annál kedvezőbb energetikailag az épület

## Ajánlások zéróenergiás ház tervezéséhez

Az energiahatékonyság trendje úgy tűnik elszántan halad a zéróenergiás, sőt pluszenergiás épületek irányába. Bár még ma is épülnek energiafaló ingatlanok, pl. elavult függönyfalas üveghomlokzatú irodaházak<sup>81</sup>, az úttörő projektek, és a szigorodó szabályozás miatt átalakulóban van a praxis. A nagy fenntartási költségű ingatlanok egyszerűen nem lesznek piacképesek a jövőben.

Nagyon fontos a holisztikus szemlélet, a problémák rendszer-jellegének felismerése, ebből fakadóan az integrált tervezés alkalmazása. Bár sokféle megoldás létezik, az alapelvekben azonban meglepő egyezések vannak. A megoldás - energiahatékonyság és megújuló energiák - nem az alkalmazott anyagoktól vagy gyártmányoktól függ. Fontos tudatosítani, hogy a zéróenergiás ház járulékos hasznai (egészséges belső környezet, akusztikai és termikus komfort, természetes fény stb.) gyakran nagyobb értéket adnak hozzá az épülethez, mint maga az energia megtakarítás. Az értékállóság nehezen forintosítható, de a piacképesség előnye azonnal érzékelhető. A zéróenergiás ház nagyobb biztonságot nyújt extrém körülmények között - pl. energia-kimaradás esetén sem fagynak meg a benne lakók, ilyenkor is működőképes marad, ezáltal a zéróenergiás ház erősíti a társadalom alapsejtjeit, a családokat, miközben nem terheli környezetét.

A zéróenergiás ház gazdaságos megvalósításának alapja a passzívház-technológia. Ez jelenleg egy nyílt, szabadon felhasználható, önkéntesen alkalmazott követelményrendszer, a világ egyik legjobban kutatott és dokumentált épületenergetikai rendszere, kidolgozott oktatási, minősítési, és minőségbiztosítási protokollal. A technológia alkalmazásához megfelelő elméleti és gyakorlati alap szükséges. A zéróenergiás ház a passzívház-technológia és a megújuló források költségoptimalizált kombinációjával valósítható meg gazdaságosan.

Az első lépés a zéróenergiás épülethez: passzívház szint körüli energiahatékonyság - kompakt, jól tájolt épületforma, optimális nyílászáró eloszlás, termikus zónák meghatározása, szuperszigetelés, hőhídmentes kialakítás, ellenőrzött légtömörség, alacsony gépészeti és elektromos energiaigény, nagy hatásfokú hővisszanyerős szellőzés, hatékony háztartási gépek stb.

A második lépés a megújuló források felhasználása: pozitív mérlegű ablakok és napcsapdák a napenergia passzív hasznosításához, természetes fény maximális hasznosítása, napkollektorok a HMV-hez, biomassa, fotovillamos rendszerek, geotermikus energia felhasználása, hőszivattyúk, szélenergia, hőtárolás stb.

Harmadik lépés az energiaegyensúly kialakítása, életciklus és költség optimalizálás alapján. Az energiát primerenergiában szükséges mérni, és figyelembe kell venni a fűtés, hűtés, HMV, szellőzés energiaigénye mellett a világítás, háztartási gépek és berendezések energiaigényét, sőt megfontolandó a jövőben az elektromos mobilitás energiaigényének a figyelembevétele is<sup>82</sup>.

Alapvetően ki lehet jelteni, hogy a zéróenergiás ház definíciója a következő:

**Energiaigény – Energiatermelés  $\leq 0$**

<sup>81</sup> Elrettentő példaként megemlíthetjük a Dubai City Towert, több, mint 1000 kWh/m<sup>2</sup>a energiafogyasztással

<sup>82</sup> Ez azért is fontos, mert az elektromos közlekedési eszközök energiáját tároló akkumulátort célszerű figyelembe venni

A zéróenergiás épület tehát olyan épület, melynek fosszilis energia fogyasztása, és így karbon-kibocsátása is, éves szinten nulla – ennek megfelelően a rezsije is nulla. Ez utóbbi plasztikusan érzékelteti a követelményszintet a laikus építetőnek is.

Mint azt korábban részletesen kifejtettem, számos fontos körülményt tisztázni kell az értelmezéshez.

- Az épület legalább annyi (zöld) energiát termel, mint amennyit elhasznál egy évben (net zéró energia a telken) primerenergiában kell figyelembe venni (net zéró a forrásnál), az elszámolás időszaka egy év;
- Az épület kapcsolódhat az elektromos hálózatra, puffertárolóként használva azt hidalja át az energiahányos téli időszakot, és helyszínen, (vagy távolabb, de rendszerhatáron belül), megújuló forrásból nyert zöld energiája több vagy megegyezik a hálózatról nyert energiával – primerenergiában számolva;
- A figyelembe vett fogyasztási tételek a fűtés (és hűtés), használati meleg víz, gépészeti segédenergia igény, és világítás mellett kiterjednek a háztartásban használt gépek és berendezések energiaigényére is;
- Adatok kezelése: nettó alapterületet és bruttó költséget kell figyelembe venni;
- A belső tér komfortja a DIN (ISO) 7730 szerint értendő, az MSZ EN 15251 szabványban levő követelmények alkalmazásának megfelelően;
- A számítási metódus módja, az energiamodellezéshez használt szoftver a PHPP;
- Az optimális fajlagos fűtési energiaigény kb. 8-25 kWh/m<sup>2</sup>a határok között mozoghat (megújuló energiaforrás és az esetleges szezonális energiatároló fajtájától függően), de nem lehet több mint 25 kWh/m<sup>2</sup>a;
- A mértékegységek definiálása: európai szabványok szerint;
- Szükséges utóellenőrzések módja: légtömorség mérés, utólagos fogyasztásmérések;
- Geometria: az épületek külső geometriai méreteivel számolunk, a hasznos alapterület a belső hasznos (fűtött) alapterület;
- A költségek bruttó költségek.

Ahhoz, hogy teljesíteni lehessen a zéróenergiás szintet, az épületnek bizonyos jellemzőkkel kell bírnia, mint pl. magas fokú hőszigetelés, légtömorség, hatékony gépészeti berendezések (pl. kondenzációs gázkazán) és hővisszanyerős szellőzés.

### **Alapkonceptió**

- Környezethez igazodó építészet (lépték, épületforma, széljárás figyelembevétel, egymásra vetett árnyék lehetséges kiküszöbölése, stb.) ;
- Energiatudatos építészeti formálás; megfelelő tájolás, A/V arány csökkentése, kompakt forma; hatékony energiafelhasználás, veszteségek minimalizálása;
- Termikus burok precíz kialakítása, az átmeneti zónák építészeti felhasználása (teraszok, kiülők, védett bejáratok, szélfogók, pufferterek stb.);
- Szomszédos épületek lehetőleg ne vessenek árnyékot a téli időszakban, megfelelő, méretezett árnyékolás a téli és a nyári időszakra, árnyékolási stratégia: nyílászáró arány 50% alatt, (kivételet képeznek a kéthéjú, extrém módon hőszigetelt üveghomlokzatok.); Október 22 - február 21 között minden szoláris nyereséget maximalizálni kell, 31 ° alatt (118 nap); Ápr. 19-aug. 25 közötti időszakban nem juthat be direkt napsugárzás az épületbe (128 nap, az



év 1/3-a!) 52 ° nap sugárzási beesési szög felett árnyékolni kell; optimálisan Dél felé tájolt homlokzat max.  $\pm 25^\circ$  eltéréssel;

- A napenergia passzív hasznosítása, transzparens felületek optimális méretezése és tájolása;
- Az épület energiaigényének a lehetőségek szerinti minimálisra csökkentése az életciklus-elemzések alapján optimálisra méretezett szuperszigetelt építészeti burokkal (fal, födémek, nyílászárók); a tömör szerkezetek U-értéke az  $U = 0,08-0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  értékek közé essen. A beépített nyílászárók U-értéke ne haladja meg a  $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$  értéket (beépítve  $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).
- Hőhidmentes kialakítás, a hőhidak elkerülése vagy minimálisra való csökkentése; a hőhidasság mértéke 1% alatti, vagy figyelembe kell venni az energetikai számításban;
- Megfelelő légtömörség: javasolt határérték:  $n_{50} = 0,6-1\text{h}$ . Építkezés végén Blower-door légtömörségi tesztet kell elvégezni; az épületet energia monitoring alá kell vetni (hőmennyiségmérés, fogyasztás ellenőrzés, infrakamera stb.)
- Limitált fűtési/hűtési energiafogyasztás maximum  $8-25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Limitált, összesített felhasznált energia (HMV, világítás, háztartási gépek, szórakoztató elektronika stb.) max.  $120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  primer energiában számolva. Minősített, különlegesen energiatakarékos háztartási gépek és berendezések;
- Hővisszanyerős szellőzés, minimum 75% hatékonyság; a szellőző levegő előfűtése és előhűtése talajkollektorokkal;
- Hatékony és korszerű épületgépészet, az optimális rendszer kiválasztása;
- Helyszíni megújuló energiák alkalmazása; fenntartható energiatermelés, hőszivattyúk, fotovoltikus napelemek, napkollektorok, biomassa stb.

### **A hővisszanyerős szellőztetés jelentősége**

Elhagyhatatlan a kiegyenlített hővisszanyerős szellőzés, a fűtés és hűtés lényegében erre fűződik fel, gyakran kombinálva egyéb korszerű rendszerekkel (pl. talajkollektorral, hőszivattyúval, szolártechnikával stb.). A mesterséges szellőztetés – ezen belül is a hővisszanyerős - a magyar építési gyakorlatban, különösen a lakóházépítésben jelenleg még viszonylag kevésbé ismert és alkalmazott, de létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen és megkerülhetlenné válik a jövőben, az energiafogyasztásra gyakorolt kedvező hatása, az egészségügyi és épület karbantartási vonatkozásai, és nem utolsósorban a várható energetikai előírások miatt. Elmélet és gyakorlat egyaránt igazolta, hogy az épületek energiafogyasztásának lényeges csökkentése a hőszigetelés fokozása és a megfelelő nyílászárók beépítése után a hővisszanyerős szellőztetésen keresztül érhető el. Az egészségügyi és komfortkérdések is egyre fontosabbá válnak, mivel időnk túlnyomó részét zárt térben töltjük. Tekintve, hogy az elhasznált, rossz levegő minőségét csak részben érzékeljük, az ösztönös, ablaknyitós szellőztetés is csak részben jelent megoldást, és számos kedvezőtlen mellékhatása van (por, zaj, rovarok, huzat, biztonsági kockázat stb.). További fontos szempont, hogy a folyamatos szellőztetésen keresztül csökkenthetjük a belső terek páratelét, ezzel csökkentve a szerkezetekbe kerülő pára mennyiségét, mely a megfelelő

párazárás és szellőztetés hiányában az épületszerkezetek felé veszi útját, épületkárokat okozva. A hagyományos szellőzés az ablaknyitással és a tömítetlen réseken keresztül valósul meg, ez utóbbit nevezzük filtrációnak. Infiltráció amikor a külső levegő áramlik a belső térbe, (pl. a szélnyomás, mely az esőt akár a szerkezetbe is préselheti). Exfiltráció az a jelenség, amikor a belső levegő áramlik kifelé, a belső páradús levegőt a hidegebb szerkezetbe juttatva, ahol az kicsapódik, és különböző károkat okoz. Lehetőleg mindkettőt el kell kerülni. A filtráció megvalósulhat a szerkezeti csomópontoknál, nyílászáró beépítéseknél, tetőtér-beépítéseknél, illesztési fugáknál, gépészeti áttöréseknél stb. és ellenőrizetlen szellőzéshez, energiaveszteséghez, állagromláshoz, akusztikai és komfortproblémákhoz vezet. Az energiapazarlás manapság már húsbavágó kérdés, a huzatot, zajt és egyéb diszkomfort problémákat nem tolerálja a piac, az állagvédelmi problémák pedig hosszútávon leértékelik az ingatlanokat, különösen a faszervezetű épületeket. A filtráció szélcsendes időben nem biztosít elegendő légcserét, szeles időben viszont a szükséges légcseré többeszeresét okozza. A hővisszanyerős szellőztetés alkalmazása kifejezetten szükséges a hőszigetelés fokozott alkalmazása esetén. Minél jobban szigetelt az épület, annál nagyobb a szellőzésen keresztül megvalósuló energiaveszteség aránya, és egyre nagyobb a jelentősége a hővisszanyerés hatékonyságának. Hagyományos módon, hővisszanyerős szellőzés nélkül nem lehet egy bizonyos szint (kb. 60-70 kWh/m<sup>2</sup>a) alatt az energiahatékonyságot fokozni, ezért elengedhetetlen a nagy hatékonyságú hővisszanyerős szellőzőrendszer.

A szakirodalom a „*Sick Building Syndrome*” (beteg épület tünetegyüttes) kifejezéssel illeti az egészségtelen épített környezetet. Időnk túlnyomó részét zárt térben töltjük, és sajnos nem a legjobb körülmények között. Pára, szennyeződések, por, pollen, vegyi anyagok, radon, szénmonoxid, széndioxid – hogy csak néhányat említsünk a levegőminőség szempontjából meghatározó összetevők közül. Az elhasznált levegőben feldúsul a széndioxid, melyet nem érzékelünk közvetlenül, csak a következményeit érzékeljük: fáradékonyság, rossz közérzet. A relatív páratartalom is megnő a szellőztetlen légtérben, amely, ha megfelelő hideg felületet talál magának (pl. hőhidak) akkor ki is csapódik, táptalajt adva a penészesnek. A zárt, szellőztetlen terekben feldúsulhatnak a háztartásokban használt vegyi anyagok (lakkok, festékek, tisztítószeres stb.) kipárolgásai és a radon is. Ez utóbbi egy színtelen, szagtalan, radioaktív (egészségre ártalmas) nemesgáz, mely mindig jelen van a lakóhelyiségek légtérében, és kis koncentrációban a szabad levegőben is. A szabad levegőn mért radon aktivitás koncentrációhoz képest a lakóhelyiségekben mért átlag ennek tízszerese (kb. 50 Bq/m<sup>3</sup>). Földünk belső melegét ma is radioaktív bomlások adják, melyek során újabb és újabb bomló izotópok keletkeznek. A radon atomok egy része kiszabadul a légtérbe, és zárt helyen feldúsulhat, különösen télen van „radon dús” időszak, a radon koncentrációja télen akár kétszerese is lehet a tavaszinak. A radon izotópok bomlása során radioaktív fémizotópok (polónium, bizmut, ólom) keletkeznek, ezek rá tudnak csatlakozni a porszemcsékre és dohányfüstre, és így a radon meg tud tapadni a tüdő felületén, így kifejtve a sugárterhelést. A bányászoknál

már a középkorban felfedezték a radon káros hatását, ma pedig már tudjuk, hogy a radon és bomlástermékei tüdőrákot okoznak (WHO 1988). A kockázat elkerülése érdekében szellőztetni kell, de igazán jó eredményt a folyamatos szellőztetéssel érhetjük el. A hagyományos, energiapocsékoló ablaknyitós szellőztetés viszont nem tartja kívül a port és a pollent, melyre egyre több ember allergiás. A központi szellőztetéssel megoldható a szűrők megválasztásával akár a pollenszűrés is. A hővisszanyerős szellőztetés számos előnye mellett a páramentesítést is megoldja – de a légtömör (párazáró) burok is szükséges ahhoz, hogy a szerkezetekbe ne kerüljön pára. Alapszabály, hogy legalább 30 m<sup>3</sup> friss levegőt kell biztosítani személyenként és óránként, „ökölzárályként”, a páraterhelést is figyelembe véve 0,5/h légcseré biztosítása javasolt – az alapterület nagyságától függően. A választott berendezés gyakran ennek többszörösére méretezett, az igényektől és tevékenységtől függően. A friss levegő igény függ a használat módjától, illetve az elszívás helyétől (pl. fürdő, konyha, ahol nagyobb légcserét kell biztosítani). Energiahatékonyság szempontjából meghatározó tényező a hővisszanyerés hatásfoka, mely elsősorban a hőcserélő típusától függ. A keresztáramú hőcserélő hatásfoka max. 50-70%, a síklemezes kereszt-ellenáramú eléri a 70-80 %-ot, míg a rács-csatornás kereszt-ellenáramú hőcserélőkkel elérhető a 85-95 %-os hatásfok. A hatásfok növekedés a fajlagosan megnövelt felületnek köszönhető. A hasonló jellegű hőcserélők között a hatásfok különbséget a kivitel minősége, az anyagminőség, a ventilátorok élettartama, kialakítása, lemezzvastagság stb. határozza meg. Fűtési és hűtési időszakon kívül természetes szellőztetés (nyáron az ingyenes hűtés) javasolt.

### **Tervező eszközök**

Az energetikai modellezéshez *PHPP* alkalmazását javaslom, ennek indoka az, hogy a *PHPP* viszonylag egyszerűen használható, mégis nagyon pontos eszköz. A modellezése hitelesített mérések dinamikus szimulációjából származik, a klímaadatok rendkívül részletesek, a szoláris és belső hőnyereségek *PHPP* modellezéséhez rengeteg kísérletet végeztek, és mivel nyílt forráskódú a szoftver, az eredmények bárki által ellenőrizhetők. Egyre inkább előny, hogy nemzetközileg is elfogadott összehasonlítási alap, és sokkal precízebb és megbízhatóbb modellezési eszköz, mint a piacon levő társai. A *PHPP* és a valóság összevetése során nagyfokú egyezés tapasztalható, mivel realiztikusan adja meg a belső hőnyereségeket, az árnyékolási tényezőket, a hőmérsékleti korrekciós tényezőket, a szellőzési veszteségeket stb. Több ezer példa van rá, többek között a magyar példák is igazolták a *PHPP* megbízhatóságát <sup>83</sup>. Pontos, klímfüggő adatbázis áll rendelkezésre a számításokhoz, amivel „finomra lehet hangolni” a konkrét projektet. Tekintve, hogy a *PHPP* a passzívházak méretezéséhez lett kifejlesztve, amihez nem szükséges feltétlenül megújuló energia, a zéróenergiás és pluszenergiás épületek pedig megkívánják a megújuló források alkalmazását, szükséges a *PHPP* jövőbeli továbbfejlesztése, különösen a nagyobb *PV* rendszerek méretezését illetően. A *PHPP* kiválóan alkalmas az energiahatékonyság modellezésére, a megújulók kiválasztása, méretezése, bekerülési, fenntartási és üzemeltetési költségeinek

---

<sup>83</sup> Három éve épült meg az első magyar passzívház – Mennyi a havi energiaköltsége? – Elmondja a tulajdonos (Forrás: [www.greenpressblog.com](http://www.greenpressblog.com) )

elemzése (optimalizálása) további munkát – és tervező szoftvert igényel. Javasolt szoftverek a megújuló forrásokhoz: *PV-SOL* a fotovillamos rendszerek méretezésére, *T-SOL* a napkollektoros rendszerekhez, továbbá hőszivattyú és kapcsolt energiatermelő méretező szoftverek (pl. *BHKW-Plan*). A PHPP-vel pontosan megadható a fűtési és hűtési energiaigény, valamint a HMV igény, ebből számítható az elektromos energia igény, a világítás és háztartási energia igény pedig megbecsülhető. Mindezekkel az energiamérleg beállítható, és a költségelemzésekkel és életcikluselemzéssel kialakítható a végleges koncepció – a gyakorlati tapasztalatok itt is sokat segítenek.

Az életciklus elemzésnél meg kell adni az épület életciklusára vetített költségeket (50 évre) illetve a gépészeti rendszerek üzemidejét figyelembe véve (15-20 év), és követhető, elfogadható árakkal kell kalkulálni. A költség elemzésnél figyelembe veendő szempontok az ultra-alacsony energiaigény miatti többletköltségek (hőszigetelés extra vastagság, légtömörség miatti költségek, ablakok, hőhíd modellezés költsége stb.); energiaellátási költségek, létesítési és járulékos költségek (pl. szezonális tároló, kémény, hőcserélők, szellőző rendszer költségei, fűtőanyag tárolása stb.); az energiahordozó ára (rendelkezési díj, mérés díja, egyéb járulékos költségek stb.); üzemeltetés és karbantartás költsége; tervezés és engedélyezés költségei.

### **A jelenlegi építési gyakorlat és a zéróenergiás ház követelményei**

	Ajánlott ZeD követelmény	Jelenlegi építési követelmény
Kiválóan hőszigetelt épületburok:		
Falak	0,08-0,15 W/m <sup>2</sup> K	0,45 W/m <sup>2</sup> K
Födémek	0,08-0,10 W/m <sup>2</sup> K	0,3 W/m <sup>2</sup> K
Talajon fekvő padló	0,08-0,15 W/m <sup>2</sup> K	
Lefelé hűlő födém	0,08-0,10 W/m <sup>2</sup> K	
Nyílászárók	A nyílászárók legalább U= 0,8 W/m <sup>2</sup> ,K értékkel rendelkezzenek, (beépítve 0,85 W/m <sup>2</sup> ,K) az üvegezés naptényezője (g) legalább 50% legyen	U= 1,3 W/m <sup>2</sup> ,K nincs a beépítésre és a naptényezőre követelmény
Kompakt épületforma	ajánlott a legkedvezőbb A/V arány	nincs rá követelmény, a szabályozás „megengedő”, „tolerálja” a rossz A/V arányt
Déli tájolás	A napenergia passzív hasznosítása jelentős tényező az energiamérlegben, törekedni kell a maximális déli felületekre	Nincs rá követelmény, naponta 60 perc benapozás (bármilyen tájolással) biztosítandó
Légtömörség	A filtráció mértéke maximum 0,6/h lehet 50 Pa nyomáskülönbség esetén	Nincs rá követelmény
Friss levegő ellátás	Legalább 30 m <sup>3</sup> /h/fő friss levegő biztosítandó	Legalább 25 m <sup>3</sup> /h/fő friss levegő biztosítandó
Szellőző friss levegő előtemperálása	Talajkollektoron vagy talajregiszteren keresztül javasolt előtemperálni a friss levegőt, így a talajhőt passzívan hasznosítja a szellőző levegő: télen fűti, nyáron hűti azt	Nincs rá követelmény
Nagy hatékonyságú levegős hővisszanyerős	Az elhasznált levegő hőenergiáját a bejövő friss	Hőcserélő alkalmazása javasolt, ha van gépi szellőzés. A hőcserélő

készülék alkalmazása	levegőnek adja át hőcserélőn keresztül. A hőcserélő hatásfoka minimum 75%	hatásfoka minimum 70%
Hővisszanyerős készülék fagymentesítése	Aktív vagy passzív módon	Nincs rá követelmény
Háztartási gépek, berendezések és világítás	Alacsony energiafogyasztású hűtőszekrények, tűzhelyek, mosógépek, elektronikai berendezések, világítótestek megköveteltek	Nincs rá követelmény
Az épület fajlagos fűtési és hűtési energiaigénye	Ajánlott 8-25 kWh/m <sup>2</sup> a	Épületformától, A/V aránytól és épületfunkciótól függő érték kb. 110 kWh/m <sup>2</sup> a
Az épület primer energiaigénye (összes energia, beleértve a háztartási energiát és a világítás energiaigényét is)	Maximum 120 kWh/m <sup>2</sup> a	Nincs rá követelmény, csak a fűtésre, HMV-re és szellőzésre, 110-220 kWh/m <sup>2</sup> a
Hőhidak számítása	1%-nál nagyobb hőhidak esetében számítással kell igazolni a hőveszteséget	A hőhidakra becslést kell adni, számítás csak opció
Energetikai modellezés	PHPP	WinWatt
Megújuló energia	Figyelembe veszi a számítás	Nem veszi figyelembe a számítás
Kompakt készülék	Ajánlott	Nincs rá követelmény

### **További ajánlások**

- Zöldtető, Zöldhomlokzat alkalmazása;
- Környezettudatos, helyi, természetes, kis környezetterhelésű anyagok alkalmazása;
- Hagyományosan bevált építészeti elemek újraértelmezése;
- Pufferterek, szélfogók alkalmazása;
- Fázisváltó anyagok alkalmazása a hőtároló-képesség növelésére;
- LED világítás alkalmazása az elektromos energiaigény csökkentésére;
- Monitoring, energiafogyasztás és termelés online és interaktív megfigyelése;
- Intelligens épületkonceptió, automatizálás, szabályozás;
- Mosógépek és mosogatógépek meleg vizes csatlakoztatása;
- Vízgazdálkodás fontossága; szürkevíz és esővíz hasznosítás, komposzt toalett, szennyvíz tisztítás;
- A jövőben növekvő szerepe lesz a hűtésnek (klimatizálásnak), ennek gazdaságos és passzív megoldásának. Elsősorban a talaj hőkapacitását lehet gazdaságosan erre a célra hasznosítani. Kisebb projekteknél is megoldható a talajkollektoros hűtés, hőcserélővel a szellőztetésen keresztül. A klímaberendezéseknél az inverteres megoldások jöhetnek szóba, és mivel ezek áramot igényelnek, a napelemes rendszerek kombinációjával lehet fenntarthatóvá tenni ezeket.

***Természetesen további szempontokat is figyelembe lehet és kell venni, de jelen dolgozat keretei ezt nem teszik lehetővé. A függelékben néhány további speciális és érdeklődésre igényt tartó kérdést vizsgáltam (gazdasági megtérülés, meglévő épületek átalakíthatósága, fenntartható energiamodellek stb. – konkrét hazai és nemzetközi példák bemutatásával.)***

## Minősbiztosítás

A minőséget a tervezés és a kivitelezés folyamán is végig ellenőrizni kell, tervmódosítás esetén újra ellenőrizni kell az energiamérleget. Az építészeti formálás és az épületek telepítése, kompaktság, tájolás, benapozás, szélvédettség - meglevő épületek esetén - olyan adottság, mely kevéssé módosítható, de új építés esetén ezek figyelembe vétele megkerülhetetlen. A termikus burok (hőszigetelés, hőhídmentesség, légtömörség, nyílászárók) és a hővisszanyerős szellőzés kialakításában szinte minden épületnél lehet eredményeket elérni. Néhány példa a részleteket illetően: érdemes talajhőcserélős levegő előkezelést alkalmazni, a légcsatornák kialakítását össze kell hangolni, a szoláris nyereséget télen maximalizálni, nyáron csökkenteni kell - passzív hűtéssel kombinálva. Az épületszerkezetek kialakításánál ellenőrizni kell az alapozás hőhídmentes kialakítását, az ablakbeépítési megoldásokat, a légtömör áttörések készítését, a tetőkialakítási részleteket, a konzolok hőhídmentes megoldását. Adott esetben hőhídszámítás válhat szükségessé. Épületgépészetnél a kiegészítő fűtés szerepe (felfűtés, extrém helyzetek), a kiegészítő fűtés típusa, a használati melegvízkészítés módja (napkollektoros rásegítéssel, HMV készítés kompakt készülékkel stb.) érdemel odafigyelést. Az energetikai számítás a minősbiztosítás kulcsa, a méretezés *PHPP* számítással kezdődik, és légtömörség-méréssel<sup>84</sup> (*Blower-door teszt*) végződik.

Zéróenergiás házak tervezésekor a dolgozatban javasolt kritériumoknak meg kell felelni. Az egyik legfontosabb, hogy a fűtési energiaigény minimális legyen (kb. 8-25 kW/m<sup>2</sup>a), megfelelő, ellenőrzött légtömörséget kell elérni, és a primer energiafogyasztást is korlátozni kell. Nincs ugyanis értelme annak, hogy egy jól szigetelt, légtömör, szellőztetett házat energiapazarló berendezések hulladék hőjével, elektromos energiával fűtsünk gazdaságtalanul. A primer energiaigénynek<sup>85</sup> a 120 kWh/m<sup>2</sup>a értéket nem szabad meghaladnia – háztartási gépekkel együtt. Légfűtés esetén a fűtési terhelés nem haladhatja meg a 10W/m<sup>2</sup> értéket, ekkor van lehetőségünk arra, hogy a teljes fűtési energiát csak a levegőn keresztül vigyük be az épületbe. Fontos kritérium a nyári túlhevülés vizsgálata. Kísérletek igazolták, hogy ha a túlhevülés aránya nem haladja meg a 10 százalékot, akkor egy határozottan kellemes, jó klímáról beszélhetünk még a nyári hónapokban is. Ehhez nincsen szükség semmilyen aktív hűtési rendszerre, elegendők a passzív árnyékolási és speciális szellőztetési technikák. Ha egy zéróenergiás házban nyáron az erős napsütésben megfelelően árnyékoljuk az ablakokat, akkor kellemes marad a hőmérséklet, és éjszaka, ha kinyitjuk az ablakokat, beengedjük a kellemes hűvöset,

---

<sup>84</sup> A légtömörség-mérés egy nyomástereszt alapján történik, az épületet túlnyomásnak és alulnyomásnak vetik alá, és mérik a nyomáskülönbséget, ami az épületet elhagyja. A légtömörség, amelyet méréssel igazolni kell, nem haladhatja meg a 0,6 h<sup>-1</sup> értéket 50 Pa kísérleti túlnyomáson. A magyar minősítő eljárást az MSZ EN 13829 – Épületek hőtechnikai viselkedése – szabályozza, mely épületek légáteresztő képességének meghatározására szolgál.

<sup>85</sup> A fűtés és hűtés mellett a világítás, használati melegvíz és elektromos berendezések fogyasztása

akkor az épület képes arra, hogy tárolja a nap folyamán ezt a hűvöset. Ezt természetesen ki lehet egészíteni kevés energiával történő aktív hűtéssel. A kazán, hőszivattyú, árnyékolás és a hőhidak méretezése, a szellőzési hőveszteségek, a nyári felhevülés és a hűtési energiaigény fontos téma, amivel külön foglalkozni kell. A használati meleg víz energiafelhasználásának kiszámítása, a háztartási áram felhasználása is lényeges. A minőségellenőrzéshez a kiviteli tervekre és az aktualizált energiamodellezésre (kitöltött PHPP lapokra) van szükség, és szükséges még a kivitelezés dokumentálása, a beépített anyagok műbizonylatai, a nyílászárók, szellőző berendezések műszaki specifikációi, a légtömörség igazolása, az épületgépészeti tervek és leírások is. A kivitelezést megfelelően dokumentálni kell, a minőség biztosításáért a műszaki vezető felel. Az esetleges változtatásokat, amelyek az építkezés során megvalósulnak, át kell vezetni, az összes jegyzőkönyvre is szükség van, ilyen például az első a nyomástereszt mérési protokoll, légtérfogat-számítással együtt, valamint a szellőztetés üzembe helyezési protokollja.

A teljes tervezési-kivitelezési folyamatot célszerűen ellenőrizni, minősíteni (auditálni) szükséges. A megépült házat utólagosan is szükséges ellenőrizni, egyrészt, hogy az ellenőrzött terveknek megfelelően valósult-e meg, illetve az eltakart részek megfelelően dokumentálva vannak-e (foto dokumentációval). A teljes építkezést megfelelően dokumentálni kell a műbizonylatokat, szállítóleveleket illetően is. A megépülés után légtömörség tesztet kell készíteni, az energiafogyasztást mérni, a használói szokásokat pedig dokumentálni szükséges, legalább három egymást követő évben, az eredményeket össze kell vetni a tervezett értékekkel. Thermográfia, hőmennyiségmérés, hőmérsékletmérés is rendelkezésre áll az utólagos monitoringra, ezekkel is célszerű élni. Feltétlenül javasolt valamilyen kontrol a megépült épületre, amúgy a legjobb visszajelzést az üzemeltetők tudják adni – valóban nulla lett-e a rezsiköltség.

## Összefoglalás

A felelős építészetnek új utakat kell keresni a jelenlegi, energiapazarló, környezetszennyező, fenntarthatatlan építészeti praxis meghaladására. Az emberiség paradimaváltás előtt áll, a megoldás elérhető, és megvalósítható. Egyre több megvalósult példa található a világon, és Magyarországon is.

**A zéróenergiás épületek előnyei vitathatatlanok: minimális vagy nulla energiafogyasztás; minimális, vagy nulla rezsiköltség; lecsökkentett széndioxid-kibocsátás; függetlenség a fosszilis energiától; a kiváló hőszigetelés és szellőzés miatt kiváló belső komfort, stb.** A többletköltségek ellenére a zéróenergiás szintet megéri elérni, és mivel 2020-tól kötelező lesz, ezért meg kell tanulni, fel kell készülni, és mielőbb alkalmazni kell. A zéróenergiás építészet éves szinten nem fogyaszt több energiát, mint amit a helyszínen és megújuló forrásokból megtermel. Az értekezés elméleti definíciót ad, és gyakorlati megoldásokat mutat be. A zéróenergiás épületek gazdaságosan az ultra energiahatékony passzívház-technológia és a rendelkezésre álló megújuló energiaforrások kombinációjával valósíthatók meg. Kulcskérdés a fűtési (és hűtési) energiafogyasztás mértéke: (8-25 kWh/m<sup>2</sup>a), a megújuló források, és az időszakos és szezonális energiatárolás megoldása mellett. A zéróenergiás építészet az integrált tervezés módszerével valósítható meg. Nagyon gondos, visszacsatolós, a szakágakat egységben kezelő, számítógépes 3D és energiamodellezéssel, melyet jól kiegészíthetnek egyéb szoftverek (ökológiai lábnyom, életciklus-elemzés, stb.).

A zéróenergiás építészet legfőbb jellemzői a kiválóan hőszigetelt, légtömör és hőhídmentes épületburok, az optimális tájolás és benapozás, passzív-szolár energianyeresi megoldások, a nagy hatékonyságú hővisszanyerős szellőzés, megújuló források integrálása, és szezonális energiatárolás (az elektromos hálózat is annak tekinthető), hatékony gépészet és elektromos eszközök. Számos szoftver és tervezési eszköz áll rendelkezésre már ma, csak megbízható, pontos és tesztelt rendszereket érdemes használni. Nagyon fontos a kivitelezés minőségellenőrzése, és az építés utáni minőségi tesztek. A hazai tapasztalatok azt jelzik, hogy már most megéri ilyen épületeket építeni, a többletköltség optimális esetben nem több mint 10-15 %. Ez új épületeknél elérhető, a meglévő épületek esetében fokozott kihívást jelent, pedig a meglévő épületállomány közel-zéróenergiás átalakítása lenne a legfontosabb. Központi támogatási rendszerek szükségesek a széleskörű elterjedéshez. Az elsőgenerációs zéróenergiás épületek a technikai megoldásra fókuszáltak, a második generációs megoldásokat már építészeti design és optimalizált megoldások jellemzik, a jövőben pedig figyelembe veszik majd a megtestesített (szürke) energiát, az építés és bontás energiaigényét, a vízfogyasztást és az építési hulladék csökkentését, az újrahasznosítást, és a környezeti hatások optimalizálását az egész építési-üzemeltetési folyamatban. Holisztikusan kell szemlélni a folyamatokat, és figyelembe kell venni a közlekedés és technológia energiaigényét is.



## **Mestermunka: Kőröshegy, hídmérnökség**

Közel zéróenergiás irodaépület

### **Ismertetés**

Magyarország leghosszabb hídja (1872 m) Kőröshegyen található, a híd háza - a kőröshegyi hídmérnökség egy megújuló energiaforrásokkal ellátott szuperszigetelt, passzív és aktív technológiát alkalmazó épület, elsők között teljesítve a 2020-as előírásokat. A 2006-ban tervezett, 2007-ben megépült hídmérnökség funkciója főképpen ellenőrzés és karbantartás, illetve fenntartás. Az épület sem gázt, sem egyéb fosszilis energiát nem használ az üzemeltetéshez, és a működéséhez szükséges elektromos áramot is részben megtermeli magának, ezáltal áramkimaradás esetén is több napig üzemképes marad. A projekt 2008-ban elnyerte a „Leginkább környezettudatos, fenntartható épület” díjat (Property Award, Budapest). A Zsüri indoklásában kiemelte az innovatív tervezői megközelítést, mely szakít a szokványos mérnökségi telepek energiafaló építészeti kialakításával.

### **Helyszín, környezet**

Az 1800 lakosú Kőröshegy falu a Balaton déli partjától kb. 5 km-re található. A dimbes-dombos területre elsősorban a mezőgazdasági művelés jellemző, - szőlő, kukorica, búza. A falu életét megváltoztatta az M7 autópálya megépítése. Mivel nem engedték, hogy a kertjeiken keresztül menjen az autópálya, végül a fejük fölött vezették annak nyomvonalát – meglehetősen gazdaságtalanul, és egy óriási léptékű műtárgyat létrehozva - mely építészeti kihívást jelent léptékét tekintve. A helyszín korábban mezőgazdasági terület volt, közművek, utak nélkül. A mérnökség építési területe a völgyben van, ahol szinte állandóan fúj a szél - ez adta a szélenergia hasznosításának ötletét. Maga a telek egy viszonylag nagyméretű, szabálytalan alakú, déli irányba enyhén lejtős terület. A híd megépülése óta a környező területek felértékelődtek, a mérnökséghez kiépített közművek és utak, valamint az autópálya közelsége miatt vonzó lehet vállalkozások telephelyei számára. A környezet – esetleges további beépülése esetén is – ipari jellegű marad. A hídról és a hídfők környékéről lélegzetelállító panoráma nyílik a Balatonra, és az északi part hegyeire, bár csak néhány pillanatra látható az elsuhanó szemlélő számára.

Az épület telepítésénél figyelembe vett szempontok a következők voltak:

- A hídhoz való viszonyulás, lépték probléma
- Tájékozás, optimális szoláris geometria figyelembevétele
- Épülethez kapcsolódó műtárgyak gazdaságos elhelyezése és kialakítása (trafó, kapuépítmény, tartalék energiatároló, esővízgyűjtő ciszterna, parkolók, utak, tűzvíztároló stb.)
- Nagy út-, és hídkarbantartó gépek akadálytalan mozgásának biztosítása
- Közel nulla energiaszintű épület kialakítása, passzív és aktív eszközökkel.
- Otthonosság megteremtése az elidegenedett tájban biztonságot, állandóságot sugárzó építészeti kialakítás, parkosítás, akadálymentesség, védett szélfogós bejárat, kellemes belső komfort és klíma.
- Az irányító szobából zavartalan kilátás a területre.
- Későbbi bővíthetőség lehetősége, flexibilitás.

Az épület elhelyezésénél és kialakításánál főleg ezeket a szempontokat vettem figyelembe. A telepítés nem járt fakivágással, a funkciókat egy szinten helyeztem el. A horizontális tömegű épület vertikális ellenpontja a tetőszintekre felvezető torony, melynek tetején a napelemeket és a szélgenerátorokat el lehetett helyezni. A torony északi, szélnek kitett oldala lekerekített formálású, a déli oldala ferde síkú, az ideális napenergia hasznosítás miatt. A gépészeti helyiségből indul a toronyba az acélszerkezetű csigalépcső, itt helyeztük el az akkumulátoros energiatároló és vezérlő egységet. A vizesblokkok és teakonyha egy vizescsoportban van összefogva. A teljes telep területén biztosított az akadálymentes közlekedés, mozgássérült wc-vel és rámpákkal.

## Építészeti koncepció

A futurista viadukthoz képest minden eltölpül, és léptéktelen lett volna egy apró magastetős ház, ezért lapostetős, a híd feszített vasbetonszerkezetéhez modern, kubista épületformával viszonyuló épületet terveztem, mely formálásával szinte ékszerdobozként hat az óriás műtárgy mellett. Az épület zárt, formálása várszerű, az északi oldalra majdnem teljesen zárt. A tető szabadon követi az alaprajzi formálást, a tetők csapadékvízének elvezetése az épületen belül történik, a homlokzatokat nem bontják meg csatornák, ereszek. A négyszögletes formák, horizontális tömegforma a híd egyszerű, dinamikus formájára válaszol, a lekerekítések fokozzák a dinamikát, és a híd íveire reflektálnak, ellensúlyozva a szögletes formákat. A felnyitott sarkok tovább oldják a dobozszerűséget. A hófehér falak a híd szürke betonjának az ellenpontját adják, a vastag falak (58 cm) megbízhatóságot, védelmet sugároznak. A zárt formák a bejárat környékén fellazulnak, nagyvonalúan kinyúló konzoljaival a tető ellebeg a bejárat fölött, így elegáns, szélvédett, esővédett bejáratot biztosít, és egy köztes átmeneti térrel kapcsolódik a külső a belső térhez. A modern karakterű épület a harmincas évek avantgárd korszakára emlékezik - Itt elsősorban *Fisher József*<sup>86</sup>, és *Molnár Farkas*<sup>87</sup> építészetére utalnék. Ebben a korszakban az építészek a napsugárzás hasznosítása, tudományos kutatása felé fordultak (*Olgay fivérek*, *Telkes Mária* stb.). Erre a korszakra, mint a modern magyar építészet hagyományára tekinthetünk, mely segítette megalapozni a mai kor fenntartható építészetét. Az északi oldal legömbölyített sarkai, a hófehér falak, sarokablakok, nagy üvegfelületek megidéznek a 30-as évek újító magyar építészetét. A bejárat mellett a homlokzati síkok sötétzöld homlokzatburkolatra váltanak, ezzel is hangsúlyozva a bejáratot.

Az épület két funkcionális részből áll, és ez a termikus kialakításukat is meghatározta: az irodarész és szociális blokk teljes mértékben fűtött (és hűtött), a gépkocsi tároló és műhely rész pedig csak temperált terekből áll. Az épület egyszerű, lapostetős tömegekkel összefogott kompozíció, a normál belmagasságú irodaszárny mellett egy 5 méteres belmagasságú gépkocsitároló-műhely tömb van, melyre ez lépcsőházi toronyrészből lehet kijutni. Az eltérő magasságú épületrészek mozgalmasságát tömegjátékot eredményeznek. A funkcionális kialakítás egyszerű. A hídmérnök munkahelye a monitor szoba, a tárgyaló-eligazító helyiség, ezt szolgálja ki a pihenőszoba, és vizesblokk, valamint öltözők – ez utóbbiak a fizikai dolgozók számára létesült. A kis teakonyha lehetőséget biztosít az étkezések lebonyolítására. A műhelyben a kisebb javításokat lehet elvégezni, a garázsban a hídkarbantartó

<sup>86</sup> Fisher József: Zentai villa a Szépvölgyi úton (1935)

<sup>87</sup> Molnár Farkas (1897-1945) Lejtő utcai háza (1933)

jármű parkol. Az irányító teremben számítógépes és hírközlési csatornákkal, monitorokkal felszerelt irányító központ van kialakítva, ahonnan folyamatosan figyelemmel kísérik a híd és környéke közlekedési, időjárás eseményeit. A kontrol szoba összeköttetésben van a fonyódi mérnökségi teleppel, és ilyen módon az országos autópálya-felügyelet része.

Az épületburok szuperszigetelt, a falakon 20 cm grafitos hőszigetelés, a födémen átlagosan 45 cm, és a padlólemez alatt is 25 cm hőszigetelés található. A legömbölyített sarkok funkciója a geometriai hőhidak és a szél turbulenciájának csökkentése. A nyílászárók tripla üvegezésű, nyílászárók, motoros redőnnyel. A déli oldalon a lehető legtöbb nyílászáró került elhelyezésre a megfelelő tájolás, napvédelem, és árnyékolás figyelembevételével, az északi oldal szinte teljesen zárt, csak a legszükségesebb bevilágító ablakok kerültek oda.

#### Az épület funkciói:

Helyiség neve	Terület (m <sup>2</sup> )
FFI WC	5,66
GARÁZS	90,44
HŐKÖZPONT	12,37
KÉSZENLÉTI H.	20,33
KÖZLEKEDŐ	7,20
KÖZLEKEDŐ	26,99
NŐI ÉS MOZG.S.WC	6,55
ÖLT.ET.	2,32
ÖLTÖZŐ	10,42
RAKTÁR-MŰHELY	52,43
ELEKTROMOS KAPCS.	5,55
TEAKONYHA	6,96
ÜGYELETI IRODA	20,48
WC	1,40
ZUHANYOZÓ	9,60

Összes hasznos alapterület: 278,69 m<sup>2</sup>

#### **Épületgépészet, megújuló források**

Az alacsony, fenntartható energiafogyasztásért hővisszanyerős szellőzést alkalmaztunk, fotovillamos (PV) napelemeket telepítettünk a tetőn, melyek az elektromos ellátásban segítenek napos idő esetén, a szélgenerátorok pedig naphiányos, de szeles időben termelnek elektromos áramot. Fontos építészeti célkitűzés volt a megújuló források integrálása, ezért a ferde fémtetőbe integráltuk a napelemrendszer, mellyel elkerülhető volt, hogy a fotovillamos napelemek önálló tartószerkezetre építve kerüljenek a tetőre. A megújuló forrásokkal, nappal és széllel megtermelhető áram teljes mértékben felhasználásra kerül az épületben, a megtermelt „ingyen” energia megfelelően méretezett szolár akkumulátorokban kerül eltárolásra, ahonnan inverter segítségével alakítják át a hálózati feszültségnek megfelelő minőségű árammá. Amennyiben lemerülnek az akkumulátorok, a rendszer észrevétlenül átkapcsol hálózati energiára, és ha az akkuk töltöttsége megfelelő,

ismét visszakapcsol sziget üzemmódra. Áramkimaradás esetén az épület működőképes marad, alapfunkciói működnek továbbra is - a kommunikáció, szellőzés, vészvilágítás, kapunyitók, számítógépek, hűtőgép stb. működőképesek maradnak. A hőenergia ellátás földhőszivattyús berendezés alkalmazásával történik, a fűtés és hűtés oldható meg gazdaságosan a kialakított rendszerrel. A csúcshő igény a HMV ellátást is figyelembe véve 8-10 kWA energiát igényel, a fűtési hőenergia igény mindössze néhány kW, a használati meleg víz ellátás több energiát igényel, mint maga a fűtés. Az energiaveszteség a passzívház szintű hőszigetelés és hővisszanyerős szellőzés alkalmazása miatt minimális. A teljes épület hőenergia ellátása megoldott hőszivattyúval. A hőellátó rendszer elemei: 3 db 80 m mély vertikális földszonda, 1 db geotermikus hőszivattyú és kiegészítő elemek (meleg víz tároló, cirkulációs szivattyúk, vezérlés stb.).

Az épület tetőzetéről összegyűjtött esővizet földalatti tározóban gyűjtjük, és öntözésre hasznosítjuk, a felszíni vizek elvezetése olajfogón keresztül (Purator) történik. Tűzvédelem: 84 m<sup>3</sup>-es tűzivíztárolót építettünk az épület közelében. Automatikus tűzjelző rendszert telepítettünk, az épület szabad körbejárhatósága biztosított. Klimatizálás: Az épület egyes helyiségei fan-coil típusú klímával vannak ellátva, melyeket a földhő-szivattyús rendszer lát el „ingyen” hűtéssel nyáron. A klímával ellátott helyiségek a következők: mérnökségi rész: ügyeleti iroda, készenléti helyiség, elektromos kapcsoló helyiség.

## **Kertészeti koncepció**

A terület a falutól kb. 2 km-re fekszik, a közvetlen környezetet teljesen parkosítani kellett. A távolabbi környezetben értékes erdők vannak. A kertészeti koncepció lényege, hogy az egész terület parkosítva van, nyírt, gondozott pázsittal és telepített fákkal. A tereplejtés követi a természetes lejtéseket, a műtárgyak (esővíztároló, stb.) terepszint alá kerültek, kisebb dombokat alkotva, melyeket szintén fű borít. Az utak vezetése és a parkolók kialakítása célirányos, a szükségleteknek megfelelő. A fenntartó gépjárművek szabadtéri mosásához olajfogó lett kialakítva, szintén terepszint alatt. A telek be van kerítve, a kapuépítmény egy tömör falszakasszal és kis kapuépítménnyel együtt lett kialakítva, mely a kívülről érkező vendégek, látogatók számára nyújt menedéket a természeti elemek előtt, oltalmat adva a záporok és s perzselő nap sugarai ellen egyaránt, építészetileg kihangsúlyozva a bejáratot. A kapu motoros távnyitású, a védőtető konzolos, fedése megegyezik a főépülettel, ezzel mintegy ráhangolja a belépőt arra, hogy ez egy egységesen kezelt terület. A kert öntözése és a wc-k öblítése az egész évben gyűjtött esővízzel történik.

## **Szerkezetek, anyagok, technológiák**

Szuperszigetelt épületburok

- falak 20 cm grafitadalékos hőszigeteléssel ( $U=0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- födém 45 cm EPS hőszigeteléssel ellátott ( $U=0,086 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- padló 25 cm hőszigeteléssel ellátott,

Nyílászárók tripla üvegezésűek, hőszigetelt tokkal ( $U=0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), motoros redőnyökkel. Minden helyiségben van legalább egy nyitható ablak. A nyílászárók a hőszigetelés síkjába kerültek, a hőhidak hatását csökkentendő. A sarokablakok toktoldással kerültek kivitelezésre, konzolos kiváltókkal.

Termikus zónákra bontott épulettömeg: a műhely és gépkocsi tároló nem fűtött, csak temperált tér.

Szellőzés: Minden állandóan használt helyiség irányított, hővisszanyerős szellőzéssel ellátott. Hővisszanyerés hatásfoka: 75%.

A nyári túlmelegedés elleni védelem: automata motoros redőnyökkel

Fűtés: a talajhőt hőszivattyúval hasznosítja a ház, a hőszivattyú hatékonyan (COP3-4) állítja elő a fűtéshez és zuhanyozáshoz szükséges meleg vizet. A hőleadók Fan-Coil berendezések az irodákban, és radiátorok a mellékhelyiségekben. A napenergiát passzívan hasznosítják a déli tájolású ablakok, így részben direktben napenergiával van fűtve a ház, zömében pedig légfűtésesnek tekinthető.

Hűtés: „free cooling” az „ingyenes” hűtést a talajvíz használatával biztosítjuk. Az egyetlen segédenergiaigény a keringtető szivattyú áramfelvétele, a fajlagos energianyerés majdnem harmincszoros. A hűtési energiát a fűtéshez is használt Fan-Coil berendezések adják le.

Szezonális hőtárolás: A téli időszakban „kivesszük” az energiát a földből, vagyis lehűtjük azt, a nyári szezonban pedig pont fordítva történik mindez, a hűtéshez elvonjuk a talaj hőjét, folyamatosan melegítve a talajt, mely tulajdonképpen szezonális hőtárolótömegnek tekinthető. A szezononként fordított irányú energia áramlás megakadályozza a talaj kimerülését, átfagyását.

Esővíz tárolás: Az épület tetőjéről összegyűjtött esővizet egy 50 m<sup>3</sup>-es esővízgyűjtő tartályba vezetik, és ezzel történik a kert locsolása, illetve a wc-k öblítése, ezáltal az épület víztakarékosan tud üzemelni.

Megújuló források: A rendkívül alacsony energiaigényhez jól illeszkednek a megújuló források. Fotovillamos áramtermelés tetőbe integrált napelemcellákkal és szélgenerátorokkal, talajhőhasznosítás és esővízgyűjtés.

Optimalizált épületkomponensek: Az egyes építőelemek és gépészeti megoldások optimalizálva vannak, a tökéletes és egyszerű működés érdekében. A szellőzés vezetékezése a folyosók mennyezete alatt történt, ál mennyezettel elrejtve.

Világítás és elektromos berendezések: Alacsony energiaigényű világítás készült, az állandó használatú helyiségek bőségesen el vannak látva természetes fénnel, a külső térvilágítás részben mozgásérzékelővel ellátott, a használt elektromos berendezések és számítógépek energiatakarékosak.

Belső levegőminőség: állandóan friss levegő biztosított a házban, legalább 0,3-0,5 légcserre biztosított óránként. A levegőszűrő minősége minimum F6, igény szerint akár pollenszűrt levegő is biztosítható. A festékek és lakkok valamint belső burkolatok ellenőrzött, VOC mentes termékek.

Termikus komfort: a hőhidak hiánya, és a vastag hőszigetelés miatt nincs hőmérséklet aszimmetria a helyiségekben, még az ablak mellett sincs hideg hatás. Télen meleg, nyáron hűvös hatású a belső klíma, nincsenek napi szintű hőingadozások, kilengések, stabilan tartja az épület a belső 21-22 fokot, akár jeges tél van, akár perzselő nyár.

Tetőszigetelés: 45 cm hőszigetelésen PVC műanyaglemez szigetelés, kavicsleterheléssel. Az attikák hőhidmentes kialakításúak, hőszigeteltek, a lezárásuk RheinZink fémlemezfedéssel.

Falak: YTONG 37,5 cm külső teherhordó falazat + 20 cm hőszigetelés, Drywit vakolat, ill. 37,5 cm belső teherhordó falazatok.

Födémek : A földszint feletti födém monolit vb. szerkezetű 20 cm. A födémek a haránt ill. a hosszirányú teherhordó főfalakra támaszkodnak, a szükséges helyeken a falak vb. pillér erősítéssel ellátott. Födémvastagság: 20 cm, statikus tervben méretezett. A beton minősége C-20-16/KK. Acélminőség: B60.50. A födém a bejáratnál konzolos kiülésű. A külső térrel határos födémperemekre és a túlnyúló lemezek alá 5 cm HERATEKTA hőszigetelő lemez kerül. A monolit vb. födém hőszigeteléssel van ellátva, a szigetelés kavics leterheléssel. A nyílások kiváltása statikus terv szerint történik, A kisebb fesztávoknál ytong rendszerű áthidalóval, a többi helyen monolit vasbeton gerendákkal. A vb. pillérek anyagminősége: C16-16/K beton, B60.50 betonacél.

Kémény: nem készült.

Lábazat: BAUMIT 29 lábazati anyaggal, szürke .

Az épület homlokzatai: hőszigetelt homlokzati rendszer 20 cm hőszigeteléssel, a külső színe RAL 9010 fehér és szürke RAL 7035, illetve zöld Trespa lemez a bejárat környékén.

Padlóburkolatok: FORBO linóleumpadló – csúszásmentes, érdesített felületű különösen kopásálló padló az általános és kiszolgáló részeken, pl. az ügyeleten, öltözőkben, antisztatikus kialakítással sötétvörös színben; csúszásmentes greslap a közlekedőkben és mázas kerámia falburkolatok a vizesblokkokban. Az irodában FORBO linóleum. A burkolat /csúszásmentes érdesített felületű kopásálló/ alatt simítóréteg, aljzatkiegyenlítő /pl. Padlopon/, aljzatbeton, technológiai szigetelés, lépésálló hőszigetelés extrudált EPS hőszigetelő lemez, testsűrűség 39,0 kg/m<sup>3</sup> hővezetési tényező 0,032 W/m<sup>2</sup>K.

Falburkolatok: csempe a vizes helyiségekben mennyezetig, a padlón csúszásmentes greslap min. 5.-ös keménységi fokú I. oszt. diagonálba rakva keretben, a falon bordúrral szemmagasságban, a vakolt falakon TASSOGLAS tapéta festve fehérre + fa vagy kerámia lábazat.

Térburkolatok: Viacolor burkolat, homokágy, betonaljzat vashálós erősítéssel, szerelőbeton, kavicságy, tömörített talaj 95 %. A bejáratnál csiszolt mészkőlap és műkőburkolat.

## **Alapadatok, stáblista**

### **Hídmesteri telep / Kőröshegyi Völgyhíd (2007)**

megrendelő: NIF ZRT.

kivitelező: Völgyhíd Konzorcium

generáltervező: RODEN Kft.

épülettervezés: Intervallum Kft.

építész tervező: **Szekér László** *Okl. Építészmérnök, vezető tervező*

statika: **Pap Ferenc**

épületgépészet: **Vasy Endréné**

elektromos tervező: **Kisgéczy Jenő**

utak, közművek és kertterv: **RODEN Kft.**

gyengeáram: **Kajtán László**

fotovoltaikus áramtermelés és szélgenerátorok: Accusealed Kft.

napelemek: Rheinzink

geotermikus hőszivattyú: HGD Kft.

fémlemezfedések: RheinZink

nyílászárók: Internorm

falazatok: Ytong

hőszigetelések: Austrotherm, grafitadalékos EPS

hővisszanyerős szellőzés: Drexel und Weiss

homlokzatburkolat: Trespa

szigetelések: SIKA

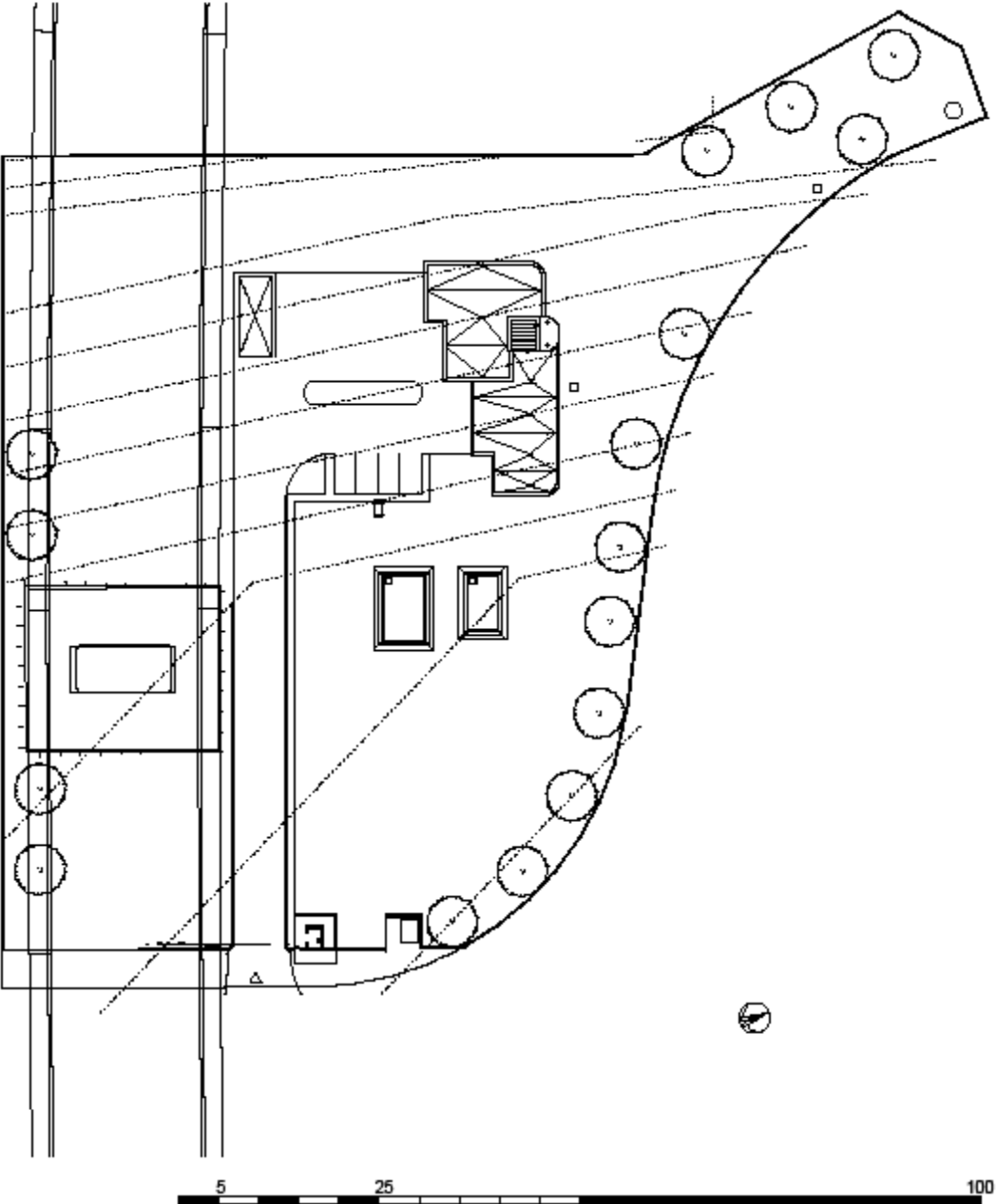
térburkolatok: Viacolor

kerítés: Dirickx

garázskapuk: Hörmann

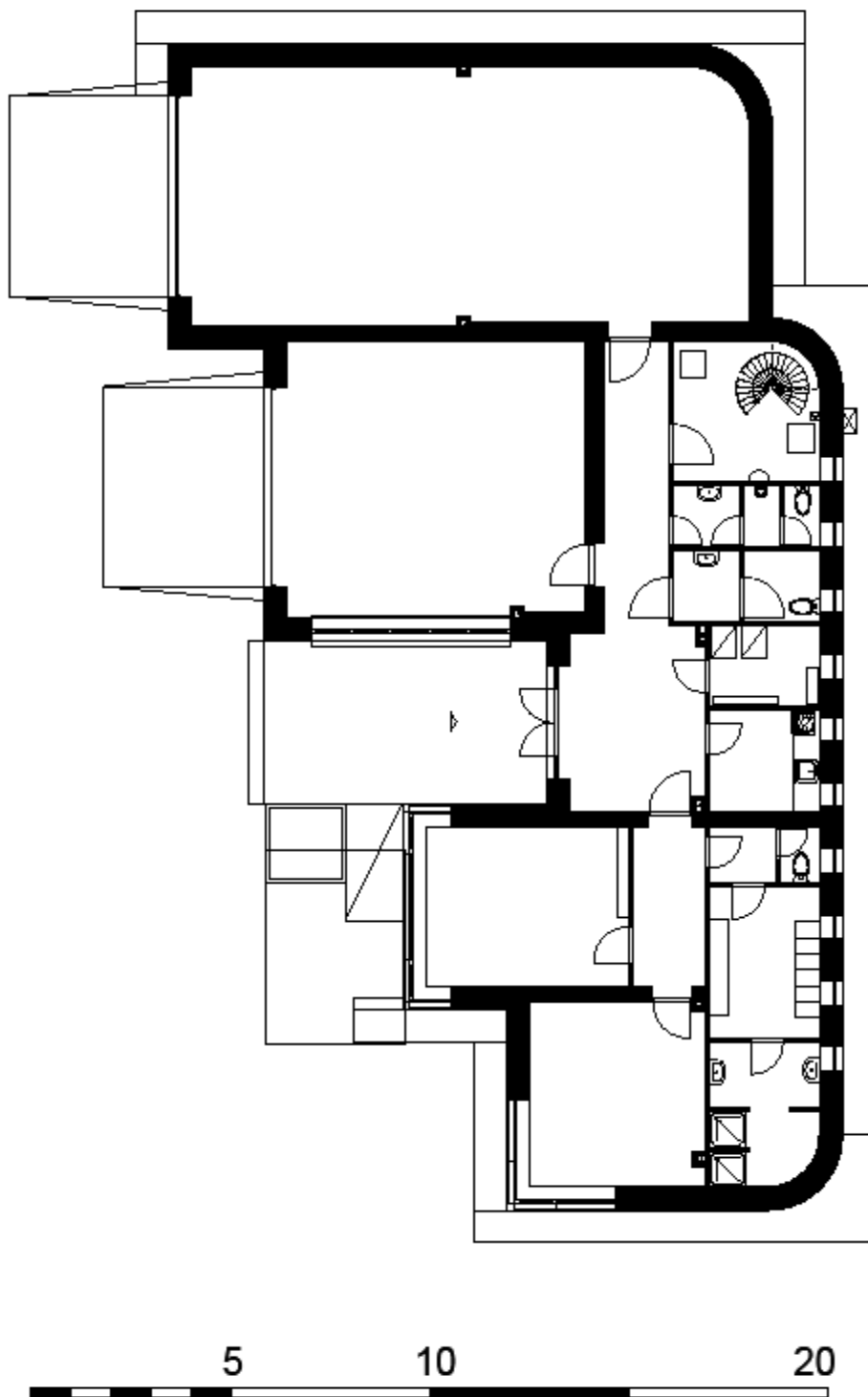
Foto: Batár Zsolt és Szekér László

Mestermunka tervek és fotók

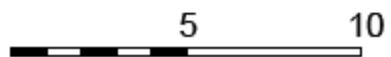
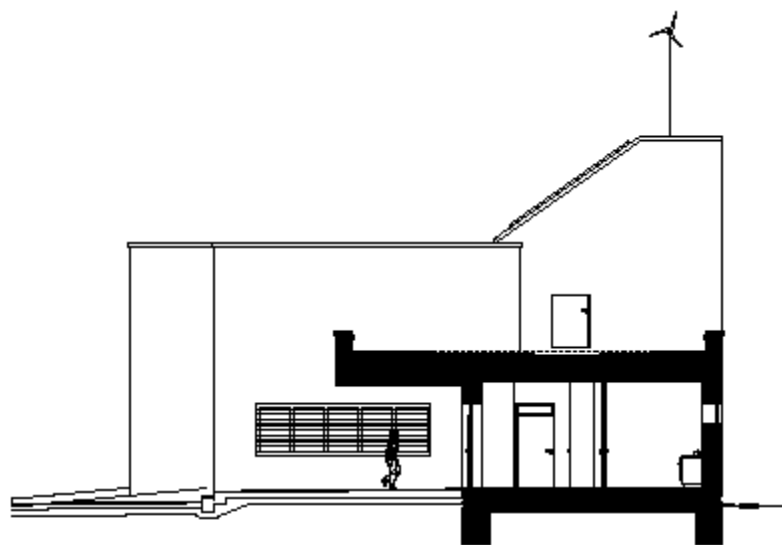
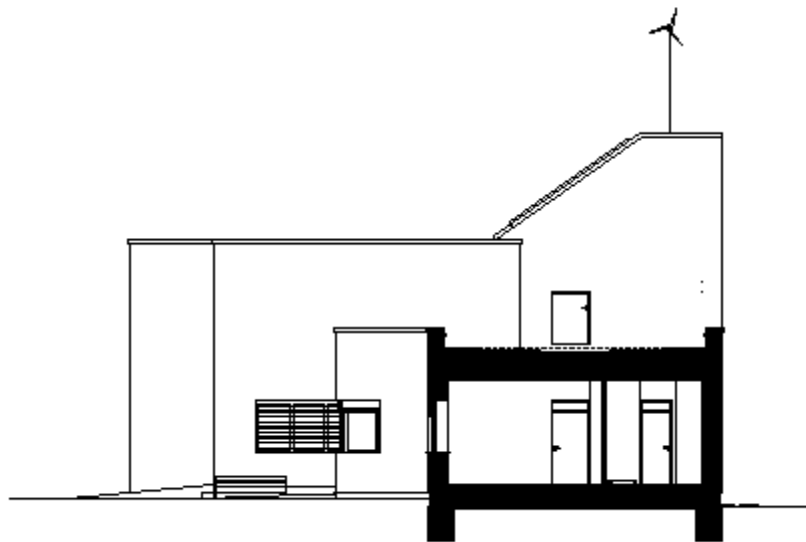


Helyszínrajz

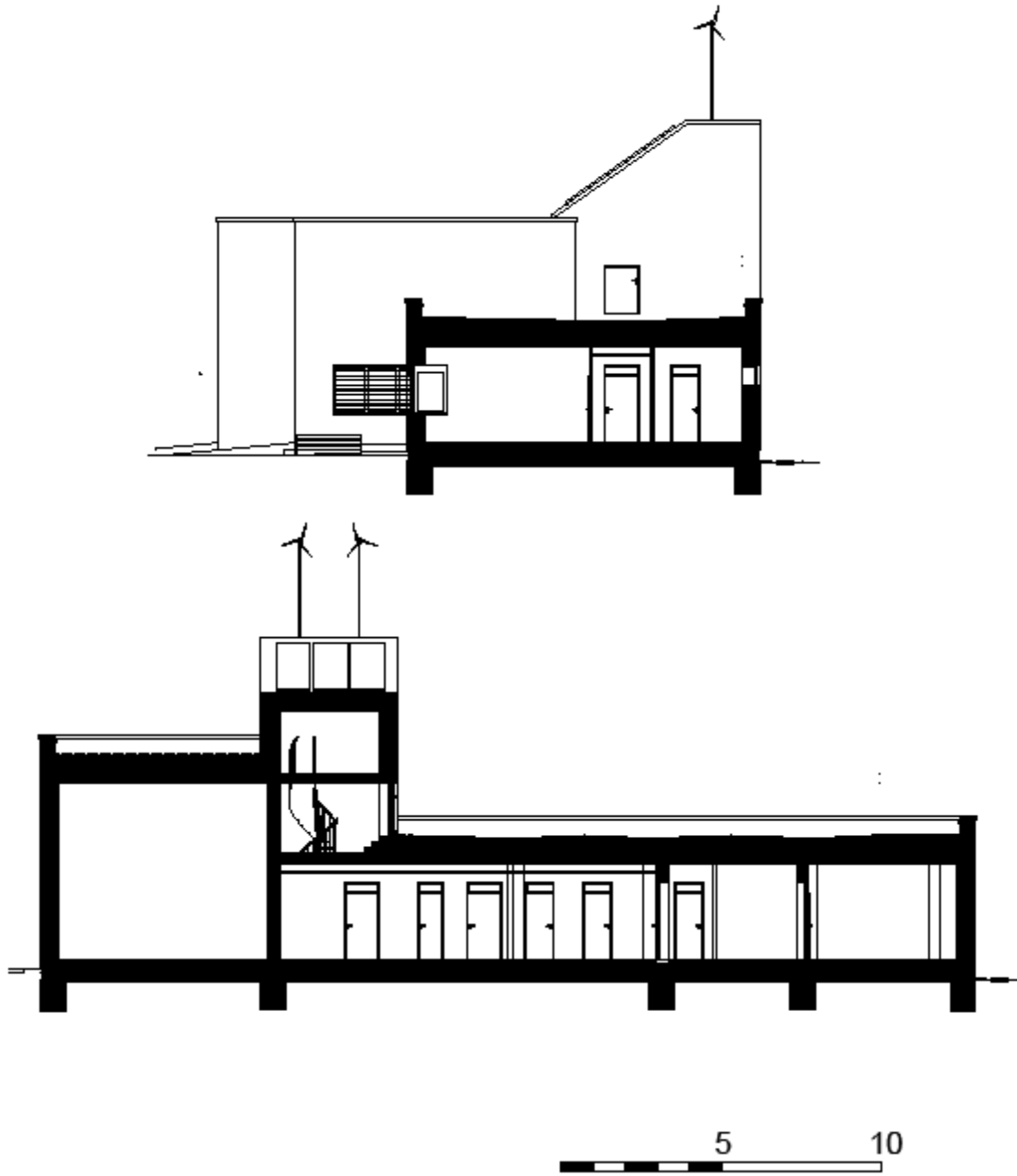




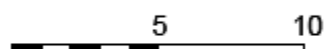
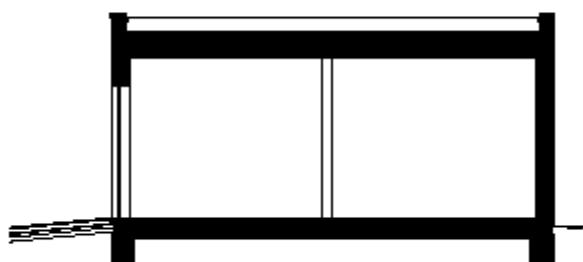
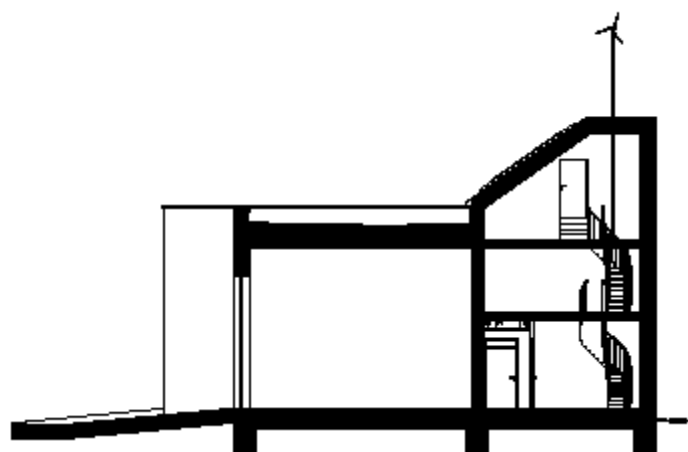
Földszint alaprajz



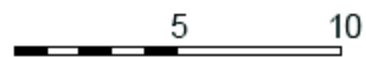
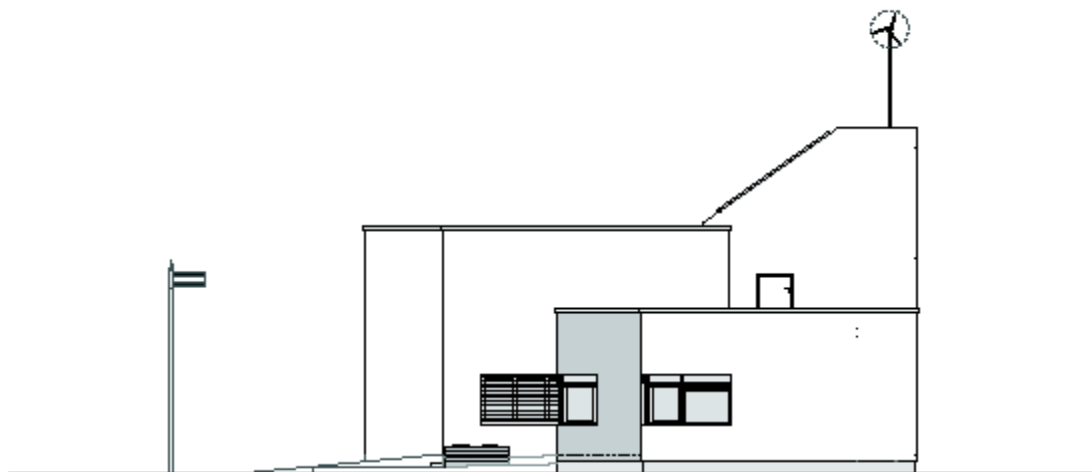
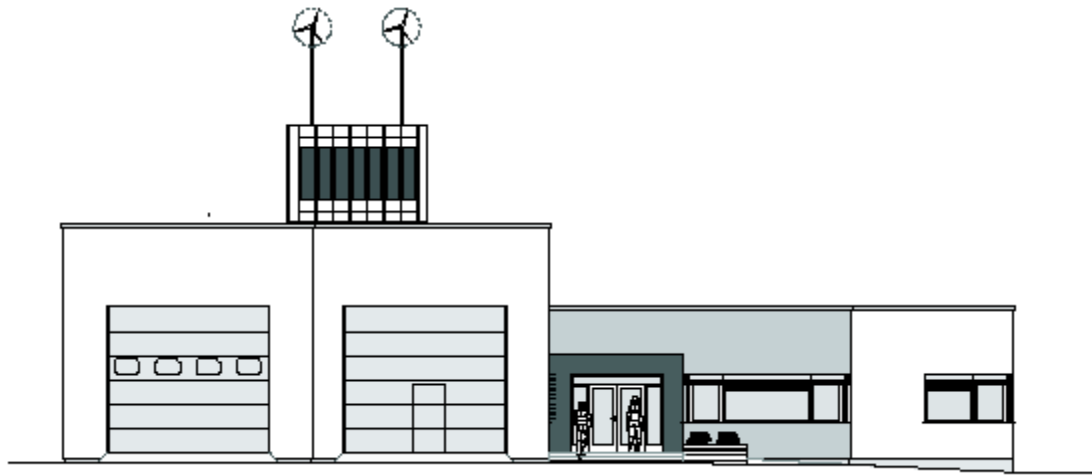
Metszetek



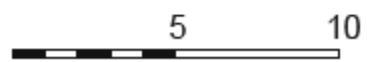
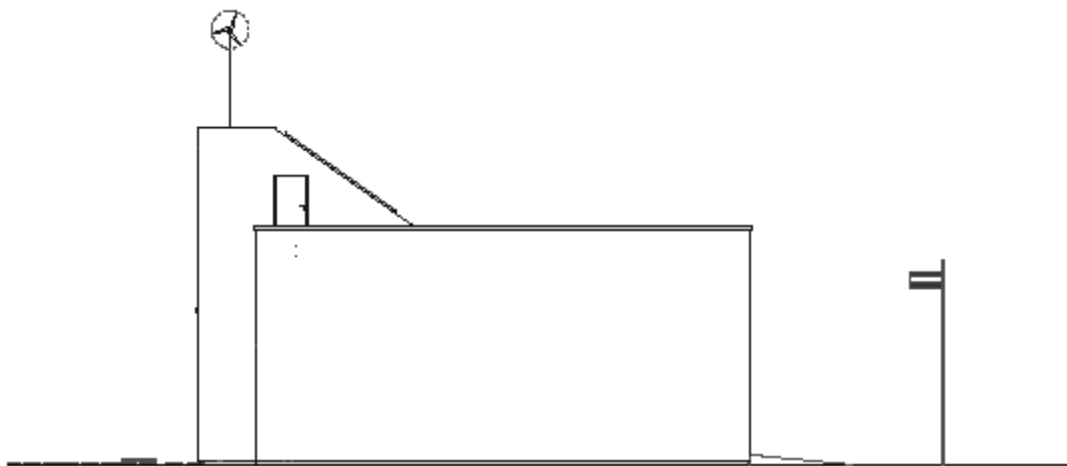
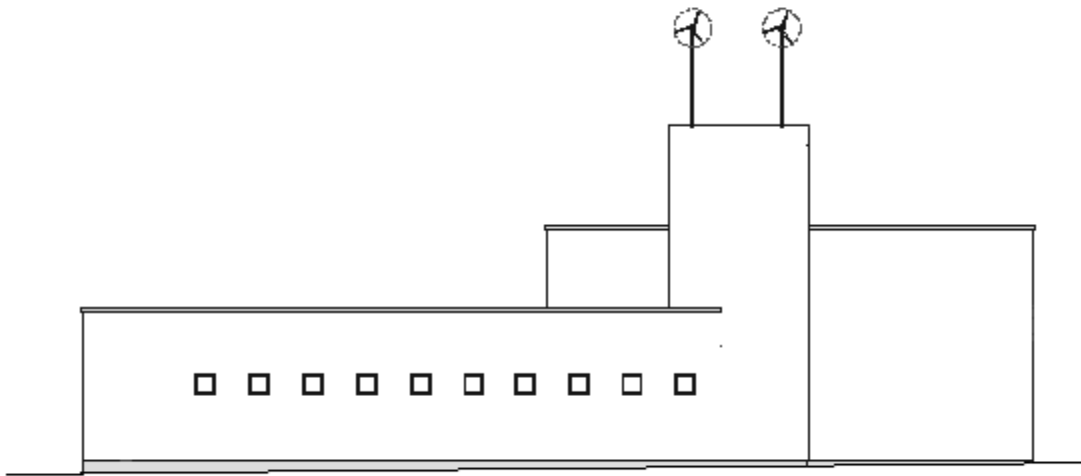
Metszetek



Metszetek



Homlokzatok

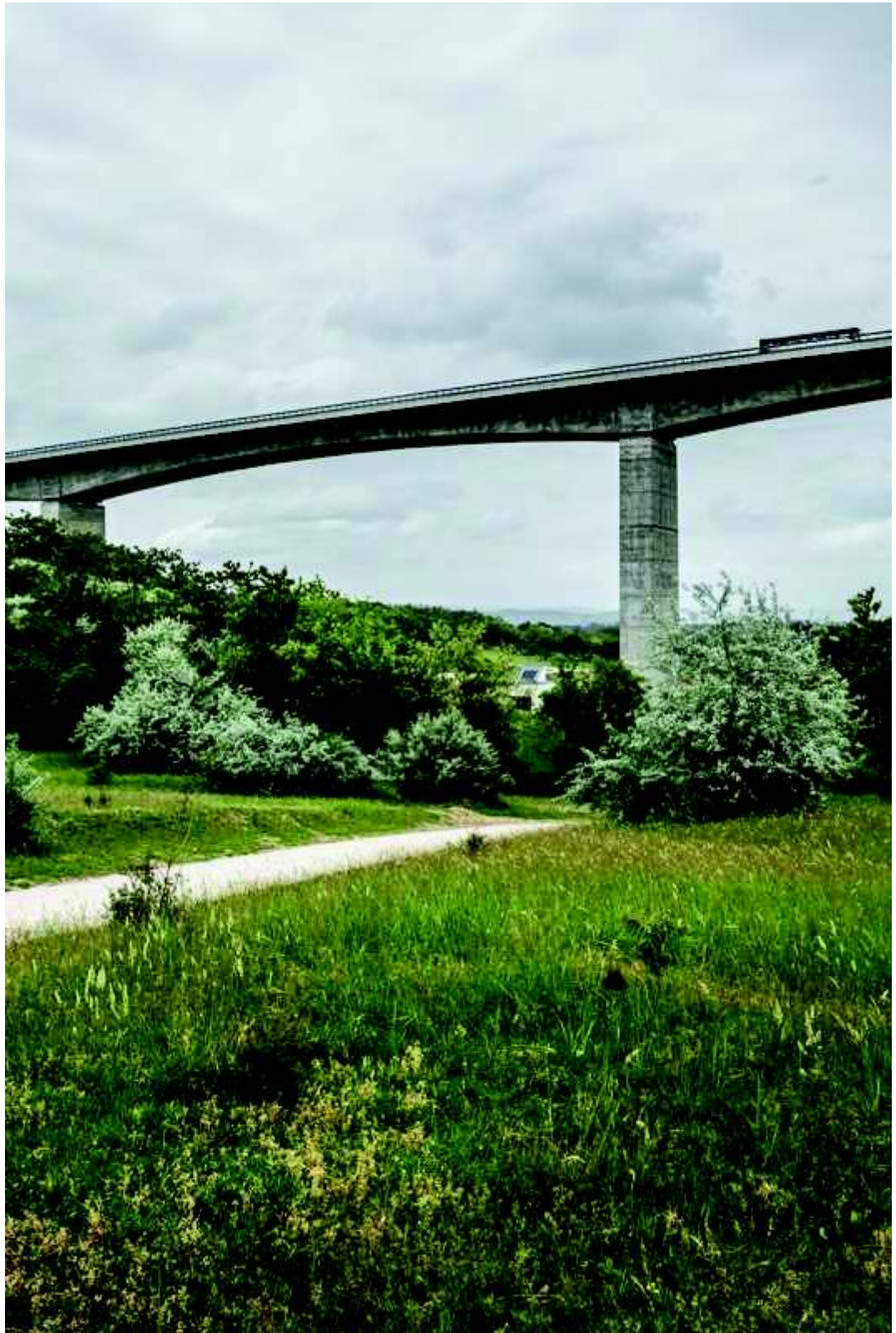


Homlokzatok

























## Irodalomjegyzék

- Meadows, Donella and Dennis *Limits to Growth.* Earth Island, 1972
- Brown, Lester *World on the Edge: HOW TO Prevent Environmental and Economic Collapse.* Earth Policy Institute, 2011
- Szekér, László *Fenntartható építészet felé.* Magyar Építőművészek Szövetsége, Budapest, 2010
- Diamond, Jared *Collapse, How societies choose to fail or succeed.* Viking, 2005
- Katona, Vilmos *Reconsidering the tectonic. On the sacred ambivalence of the tectonic in the light of Martin Heidegger and relevant theoretical studies on architecture.* Periodica Polytechnica-Architecture, vol. 41, no.1 (2010), pp.19-25.
- Balcomb, J.D.; Hedstrom, J.C. & Mc Farland, R.D. *Passive Solar Heating of Buildings.* Proc. Energy Use Mangement Conf. , Tuscon, Vol. III/IV, p. 351ff., Oct. 1977
- Fernandez, R., Lewis C.F. et al *Passive Solar Handbook – Introduction to Passive Solar Concepts.* Architectural Energy Corporation, USA
- Hogan, Matthew B., Kwok, Alison G., Russel, Stanley *Passive House and Passive Solar: a comparison of two approaches to low-energy heating.* Conference paper *Evolution of the American Zero Energy House* International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology
- Szokolay, Steven Vajk *Solar geometry.* PLEA & Dept. of Architecture, The University of Queensland, Brisbane, 1996
- Olgay, Victor; Olgay, Aladár *Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism.* Princeton University Press, 1973 (1963)
- Ferkai, András *Úr, vagy megélt tér?* in Pannonhalmi Szemle, Pannonhalma, 2002/2
- Frohner, Ilona *A sugárzási hőmérsékletaszimmetria emberre gyakorolt hatásának vizsgálata.* PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 2006.
- Lovelock, James *Gaia. A földi élet egy új nézőpontból.* Göncöl Budapest, 1990
- London Hazards Centre *Sick Building Syndrome – Causes, Effects and Control.* London, 1999
- Lányi, András *Fenntartható társadalom.* Budapest,
- Torcellini, P., Pless, S. & Deru, M. *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition.* National Renewable Energy Laboratory (NREL), USA, 2006



- Stahl,W., Voss, K.& Goetzberger, A. *The self-sufficient solar house Freiburg.* Geliotekhnika Issue 1-3., 1995
- Voss, K. *What is Really New about Zero Energy Homes?* Proceedings of 12th International Conference on Passive Houses, Nurenberg, 2008
- Kramer, J., Krothapalli, A., &Greska, B. *The off-grid zero-emission building.* Proceedings of the Energy Sustainability Conference 2007.
- Platell, P. & Dudzik, D.A. *Zero energy houses geoexchange, solar CHP, and low energy building approach.* Proceedings of the Energy Sustainability Conference 2007.
- Ertsey, Attila; Medgyasszay, Péter *Az autonóm város.* FÖK, 2004
- Baker, Cecília (szerk.) *Energiaforradalom!* Greenpeace, Bp. 2007
- Grant, Nick; Moodie, Mark; Weedon, Chris *Szennyvízkezelés. Élőgépek, gyökérmezők, komposzt wc-k.* Cser Kiadó, Bp. 2009
- Hermelink, Andreas et al *Towards nearly zero-energy buildings. Definition of common principles under the EPBD. Final report – Executive Summary* Ecofys, 2013 03. 18.
- Szalay, Zsuzsa *Közel nulla energiafogyasztású épületek európai uniós követelményrendszere és annak várható hazai adaptációja – a 2020-s követelmény elérése,* BME Magasépítési Tanszék, 2013
- Venturi, Robert *Összetettség és ellentmondás az építészetben,* Budapest, Corvina Kiadó, 1986
- Rózsa, Sándor (ford.) *Energiamenü. Tudnivalók a fogyasztásról.* Szelíd Energia Füzetek 8. 2004
- Rudnai, Péter *Toxikus beltéri emissziók.* Orsz. Környezetegészségügyi Intézet Bp. 1998
- Samuelsson, L. *Radon a lakásban.* Fizikai Szemle. XI. 1990/5
- Fülöp, Zsuzsa *Épületszerkezetek teljesítmény elvű holisztikus szemléltető tervezése.* PhD értekezés 2007
- Bleil de Souza, C. *Contrasting paradigms of design thinking: The building thermal simulation tool user vs. the building designer.* Automation in Construction, 22. 112-122 old. 2012
- Denzer, Anthony *The Solar House: Pioneering Sustainable Design,* 2013
- Esbensen, T.V.; Korsgaard, V. *Dimensioning of the solar heating system in the zero-energy house in Denmark.* Solar Energy Vol. 19. Issue 2. 1977.
- Sommer, A.W. *Passzívházak mindenkinek,* Budapest, 2010

- Feist, Wolfgang *Energy concepts: Passive House in comparison.* Conference proceedings 2013
- Kurtze, S.; Benjes U.I. *Design of Plus-Energy Buildings based on PHPP,* Conference Proceedings, 2013
- Colclough, S.M.; Griffiths, P.W; Hewitt, N.J. *A year in the life of a Passive House with Solar Energy Store.* Univ. of Ulster, Newtonabbey UK, 2010
- Weytjens L; Macris V.; Verbeeck G. *User Preferences for a Simple Energy Design Tool: Capturing information through focus groups with architects.* PLEA 2012 28th Conference
- Spiegelhalter, T. *Plus-Energy Building – Designing with Exergy-Entropy Processes.* PLEA 2012 28th Conference
- American Institute of Architects (AIA) *Integrated Project Delivery: A Guide.* (Version I.) 2007
- Fanger, P.O. *Thermal Comfort.* McGraw-Hill, New York, 1972
- Hausladen, G.; et al *Climate design.* Birkhauser, 2005
- Hasan, A. *Optimal design of Net Zero Energy Buildings.* World Renewable Energy Congress, Sweden, 2011
- Osztrólczyk, M.; Magyar, Z. *Vázpaneles iskolaépület energetikai auditja: Panelfelújítás gyakorlati kézikönyve.* Verlag Dashöfer Szakkönyv Bp., 2008
- Gore, Al. *Kellemetlen igazság.* Gönczöl Kiadó, 2006
- Booth, S.; Barnett. J.; Burman, K.; Hambrick, J.; Westby, R. *Net Zero Energy Military Installations: A Guide to Assessment and Planning.* Technical Report, NREL, 2010
- Lstiburek, J. *Understanding Air Barriers.* Building Science Digest 104. 2006
- Meadows, D.; Randers, J.; Meadows, D. *Limits to Growth: The 30-Year Updates.* Chelsea Green Publishing Company. 2004
- International Energy Agency (IEA) *World Energy Outlook, Executive Summary,* 2012
- Thoreau, Henry *Walden or, Life in the Woods,* 1854
- Ádám, Béla *Földszondák hőtechnikai viszonyai hőszivattyús rendszereknél* Doktori (Ph.D) értekezés, Szt. István Egyetem, 2012
- Ferkai, András *Pest építészet a két világháború között,* Bp. 2001
- Ferkai, András *Buda építészet a két világháború között,* Bp. 1995
- Frampton, Kenneth *A modern építészet kritikai története,* Terc Kiadó Bp. 2002
- Palladio, Andrea *Négy könyv az építészetéről* (ford. Hajnóczi Gábor, szerk. Szentkirályi Zoltán, utószó: Zádor Anna) Képzőművészeti Alap Kiadóvállalata Budapest, 1982

- Lányi, Erzsébet *Környezettudatos épített környezet – a modellváltás elvei és építészeti eszközei.* PhD értekezés, Budapest, 2010
- Becker, G. *A környezeti energiahasznosítás szerkezetei.* Energia- és környezettudatos építészet konferencia a Műegyetemen 2012
- Magyar, Zoltán *A légforgalom/légcsere az épületek energiamérlegében és állagvédelmében.* PhD értekezés, Bp. 2008
- McDonough, W. Braungart, M. *Cradle to Cradle.* New York, North Point Press, 2002
- McHarg, Ian *Design with Nature.* New Ed edition, Wiley, 1995
- Smith, Peter *Architecture in a Climate of Change – A guide to sustainable design.* Oxford Architectural Press, 2001
- Bere, Justin *Building for the future: an Introduction to Passive House,* London, 2013
- Johnston, David; Scott, Gibson *Toward a Zero Energy Home: A Complete Guide to Energy Self-Sufficiency at Home.* The Taunton Press, 2010
- Kovács, Róbert *Hungarian Renewable Energy Handbook.* 2012-13. Bp. 2013
- Szekér, László *Zéró CO2 kibocsátású építészet felé. Környezettudatos energiatermelés és felhasználás.* Környezet és Energia Konferencia, Debrecen, 2009. Konferenciakötet, p.221-222.
- Szekér, László *Passive Houses in Hungary.* 17th Int. Passive House Conference Frankfurt am M. 2013 Conf. Proceedings p. 303-308
- Helliwell, Boh; McNamara Michael *Hand-Built Houses of Hornby Is.* Architectural Design 7/78
- Murray, Peter *St. George's School, Wallasey.* in: AD 10/1973 p.656
- Szekér, László *Három magyar passzívház. I. Alpok-Adria Passzívház Konferencia – Pécs.* Konferenciakötet, 160-167 old.
- Wright, F.L. *In the Cause of Architecture.* in: Frank Lloyd Wright: Writings and Buildings. szerk: Edgar Kaufmann and Ben Raeburn. Meridian book, 1974
- Whitman, Walt *Leaves of Grass. The 1892 Edition.* Bantam Books, 1983
- Yannas, Simos *Solar Energy and Housing Design I.-II.* Architectural Association, London, 1994
- Becker, Gábor *The morphology of the glass roof.* Periodica Politechnica. 2007-2 05. p. 73-77.
- Droste, Magdalena *Bauhaus 1919-1933. Reform és avantgárd.* Taschen Ford.: Szikra Renáta Budapest, Vince Kiadó 2008
- Cavanagh, J.; Mander, J. (szerk.) *Alternatives to Economic Globalization. A better world is possible.* Barrett-Koehler Publishers, S.F. 2004

- Steele, James *Ecological Architecture. A Critical History.* Thames & Hudson 2005
- Szekér, László *From Utopian Vision to the New Norm – Central and Eastern Europe Goes Green.* in: Sustainability – An Emerging Movement in the European Real Estate Sector. An assessment based on the Prime Property Award 2007-2012. Hamburg, 2013 p.30-37.
- Watson, D.; Labs, K. *Climatic Building Design. Energy-efficient building principles and practice.* McGraw-Hill, USA 1983
- Steeemers, T. et al *Solar Architecture in Europe. Design, Performance and Evaluation.* 30 esettanulmány. Commission of the European Communities, 1991
- Schempp-Krampen-Möllring *Solares Bauen.* Köln, Müller, 1994
- Szekér, László *Passzívházak tervezése Magyarországon.* Konf. előadás I. Magyar Passzívház Konferencia, Budapest, 2008
- Zöld, András *Az épületek nyári felmelegedése elleni védekezés természetes lehetőségei. Tervezési segédlet.* OLÉH/VÁTI Bp. 2006
- Sergeant, John *Frank Lloyd Wright's Usonian Houses. Designs for moderate income one-family homes.* Watson-Guptill publications, New York, 1984
- Register, Richard *Ecocity Berkeley. Building Cities for a Healthy Future.* North Atlantic Books, Berkeley, California, 1987
- Pearson, David *The Natural House Book. Creating a healthy, harmonious, and ecologically-sound home environment.* Simon & Schuster, 1989
- Helyes, G.; Szekér, L. *Az évszázad építészete. Frank Lloyd Wright és magyar követői.* Családi Ház különszám, Bp. 2001
- Szekér, László *Zéró széndioxid-kibocsátású építészet, Toward a carbon-free architecture.* in: Építész Évkönyv, Magyar Építész Kamara 2006-2007 p. 77-79.
- Allen, John *Biosphere 2. The Human Experiment.* Penguin Books, 1991
- Szekér, László *Megújuló energiaforrásokat integráló épületek.* Konf. előadás Építészet MOST! Konferencia Budapest, 2007
- Lovins, A. *Soft Energy Paths, Toward a Durable Peace.* Harmondsworth: Penguin, 1977
- Balcomb, J.D.; Hedstrom, J.C. & Mc Farland, R.D *Passive Solar Heating of Buildings.* Proc. Energy Use Mangement Conf. , Tuscon, Oct. 1977, Vol. III/IV,
- Feist, W. & Adamson, B. *Konstruktionsmerkmale von Niedrigenergiehäusern in der Bundesrepublik Deutschland.* Darmstadt: IWU. 1987

- Bakonyi Dániel – Dr. Becker Gábor *A gerébtokos ablakok cseréjének épületfizikai következményei.* Magyar Építőipar, 2010. LX. 6. 223. old.
- Feist, W. *Passivhäuser für verschiedene Klimazonen.* Passivhaus Institut und Universität Innsbruck, Darmstadt 2012.
- UN Executive Summary *Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012.* September 2012 United Nations Headquarters, New York
- VÁTI összefoglaló *Climate aware architectural solutions.* Climate friendly cities. 2011. VÁTI Bp.
- Novák, Ágnes *Öko-otthonok.* [kulturaeskozoseseg.hu](http://kulturaeskozoseseg.hu) 2010

## Szakmai önéletrajz

### Tanulmányok

1977-1982	Budapesti Műszaki Egyetem Építészmérnöki Kar
1982	Diploma a BME Középülettervezési Tanszékén
1985-1986	Architectural Association School of Architecture, Graduate School, London
1986	AA Energy and Environment Post Graduate Diploma
1993-1996	Szabad Oktatási Fórum, Budapest
2010	Passive House Trainer Course, PHI Darmstadt
2010	Akkreditált passzívház oktató, PHI Darmstadt
2011	Minősített passzívház tervező, PHI, Darmstadt
2011	DGNB Konzulens
2013	DGNB Auditor

### Munkahelyek

1982-1986	Középülettervező Vállalat
1987-1989	Budapesti Műszaki Egyetem Épületszerkezettani Tanszék
1989-	saját iroda megalapítása

### Egyéb szakmai tevékenység

1980-82	EASA (European Architecture Students Assembly) magyar képviselő
1982	Magyar Építőművészek Szövetsége tagja
1987-2000	BME Ép.Szerk. Tsz. gyakorlatvezető
1987	A nemzet színháza építésének 150 éves története, könyvbemutató
1988	építész vezető tervezői minősítés
1994	Az év lakóháza 1994 különdíj
1997	Magyar Építész Kamara tagja
2000	Frank Lloyd Wright tanulmányút USA ösztöndíj
2003	Frank Lloyd Wright tanulmányút USA
2007	UIA-ARES-MÉSZ Megújuló Források munkacsoport vezető
2007-	ZeroCO2 Fenntartható Építészet Konferencia
2008	Property Forum Award: A legkörnyezettudatosabb, fenntartható projekt díja
2008	Holcim Awards dícsérő oklevél
2009	első magyar minősített passzívház
2009-	Passzívházak és Energiahatékony Épületek Konferencia
2009	alapító, Passzívházépítők Országos Szövetsége
2009-	Passzívház Nyílt Napok
2009	alapító, Magyar Környezettudatos Építés Egyesülete (HuGBC)
2009-2011	UIA Architecture for a Sustainable Future munkacsoport II. Régió vezető
2007-2012	Nemzetközi zsűritag, Prime Property Award
2010	Fenntartható építészet felé, könyvbemutató
2011	Építőipari Nívódíj
2011-	Nemzetközi passzívház tervező képzés, oktató
2011	Nemzetközi tervpályázat korszerű lakóházra, Bulgária, zsűritag
2011-	International Passive House Association magyar képviselő
2011-2012	Nemzetközi építész szakértő, UNDP
2012-	Passzívházépítők Országos Szövetsége, elnök
2012	Első magyar passzívház iskola

## Válogatott munkák, publikációk

### Válogatott tervezési munkák

1990	Festőműterem, Budapest - megvalósult
1993	Parasztház felújítás nyaralóvá, Nemesvita - megvalósult
1997	Carport és tereplépcső lefedés, Budapest - megvalósult
2000	Hűtőház, Szigetszentmiklós - megvalósult
2002	Átriumos lakóház, Dunavarsány - megvalósult
2007	Kőröshegy Hídmérnökség – közel nullaenergiás irodaépület - megvalósult
2008	Tetőtérbeépítés, Budapest - megvalósult
2012	Iskolabővítés, Pesterzsébet, Budapest - megvalósult
2013	Perontetők a Budapest-Esztergom vasútvonalon - megvalósult
2013	Sport-, és rendezvénycsarnok, Mátrászentimre – engedélyezési terv

### Fontosabb pályázatok

1982	Újlipótvárosi Dunapart, I. díj
1983	Tete Defense (Párizs) nemzetközi pályázat, (munkatársként)
1984	Békásmegyer-Ófalu 200 lakásos telep I. díjas pályamű, Fialat Építészek Kiállítása/
1984	Algíri Parlament pályázat. (munkatársként)
1984	Kempingek napkollektorokkal I. díj
1986	Passzív szolár építészeti tanulmányok, összehasonlító elemzések London
1986	House for Today. AD pályázat, London
1986	Centre for Small Businesses, London
1998	Budapesti zenepavilonok
2010	Típussterv a vörösiszap sújtotta települések újjáépítéséhez

### Kiállításokon való részvétel

1984	Fialat Építészek'84 kiállítás
1984	Bristol Map Guide, Bristol UK
1986	Architectural Association, London, diploma kiállítás
1992	Sustainable Architecture. Munkák. Stockholm
2001	„Frank Lloyd Wright 2000” kiállítás, MÉSZ Kós Károly terem (Helyes Gáborral)
2003	„Frank Lloyd Wright Taliesin West” kiállítás MÉSZ Kós Károly terem
2006	„Frank Lloyd Wright” és a magasházak. Bank Center (Helyes Gáborral)
2009	Autonóm Ház, Millenáris Park (Ertsey Attilával)
2010	Autonóm Ház, SYMA csarnok (Ertsey Attilával)
2011	10.000 Architects. Tokyo
2013	Magyar passzívházak, EcoBuild, London

### Előadások

2007	Megújuló energiaforrásokat integráló épületek. Konf. előadás Építészet MOST! Konferencia Budapest, 2007
2008	Passzívházak tervezése Magyarországon. Konf. előadás I. Magyar Passzívház Konferencia, Budapest, 2008

2008	Sustainable energy and climate change action on the private and public level, that take place in spite of the economic crisis - in a Hungarian architectural practice – CEU, Bp.
2008	Fenntartható építészet. UIA Kongresszus, Torinó
2009	„Fenntartható építészeti trendek”. CEU, Bp.
2009	„Zero CO2 kibocsátású építészet felé” Debrecen
2009	Sustainable Architecture, European trends. Poznan, Lengyelország
2010	Renewable sources, energy efficiency - in Hungary. Design Lab, Athén, Görögország
2010	Környezettudatos építészeti trendek. Construma-MÉSZ konferencia, Budapest
2011	„Legjobb energia a fel nem használt energia”. A passzív ház épületburok tervezése. Környezettudatos építés A-tól Z-ig. Budapest.
2011	Sustainable Architecture Trends. UIA Kongresszus, Tokyo
2011	Sustainable Architecture Trends. Zodchestvo, Moszkva
2011	A passzív ház technológia az önkormányzati vagyongazdálkodásban. BVKF konferencia
2011	„A fenntarthatóság mérhetősége” DGNBH workshop, Budapest
2012	Jövőt építünk. M6 autópálya-mérnökségi telep. ÉTE konferencia
2012	„Integrated Energy Design” Üzbegisztán
2012	„A fenntarthatóság mérhetősége II.” DGNBH workshop, Budapest
2012	„Passzív ház iskola”. Passzív házak és Energiahatékony Épületek Konferencia 2012
2013	Passzív házakkal a fenntartható környezetért. GreenExpo. Papp László Sportaréna
2013	„Közel nulla-energiaigényű épületek”. REC AIDA. Szentendre
2013	„Zéróenergiás építészet. Lehetőség és kötelesség.” Önkormányzati Konferencia, Bp.

## Oktatás

1987-2000	BME Ép.Szerk. Tsz. gyakorlatvezető
1992-2000	BME Ép.Szerk. Tsz. angol nyelvű képzés
2004	ELTE meghívott előadó
2005	meghívott előadó a SZIE-YMMF-en
2010-	konzulencia, szakértés, tanácsadás doktori disszertációkhoz, diplomamunkákhoz
2011-	Nemzetközi passzív háztervező oktatás, oktató

## Fontosabb publikációk

1979	<i>A színházi tér fejlődése.</i> TDK dolgozat, II. díj
1982	<i>Trópusi építészet. Cement stabilizálású földtégla építés.</i> TDK dolgozat I. díj
1985	<i>Békásmegyer-Ófalu ifjúsági lakótelep tanulmányterv</i>
1986	<i>Kortárs alacsonyenergiás lakóházak.</i> London, AA Projects Review
1986	<i>Passzív-szolár ház tervezési variációi.</i> London AA Projects Review
1987	<i>A Nemzeti Színház tervezésének 150 éves története,</i> könyv. Műszaki Kiadó
1990	<i>Ház északi lejtőn.</i> Családi Ház
1991	<i>A gazdálkodó háza.</i> Családi Ház
1994	<i>Megújult parasztház.</i> Családi ház 1994/3 8-10. old.
1998	<i>Ikerházban.</i> Családi ház 1998/5. 22-24. old.
1998	<i>Miért éppen Wright?</i> Országépítő
1998	<i>A Nemzeti Színház, és építései.</i> Országépítő
1999	<i>A Nemzeti Színház helyszíne a városligetben.</i> Országépítő
1998-2004	<i>Wright előadások, publikációk, fordítások, honlap szerkesztés (Helyes Gáborral).</i>
2001	<i>Az évszázad építésze. Frank Lloyd Wright és magyar követői.</i> Családi Ház különszám
2001	<i>Thoreau háza.</i> Országépítő



- 2002 *Taliesin. Országépítő*
- 2005 *Magyar Építészet Referencia Könyve. Kortárs építész-műhelyek Magyarországon.* Unique Books.100-101 old.
- 2006 *Wright kiállítás.* Octogon
- 2007 *Zéró széndioxid-kibocsátású építészet, Toward a carbon-free architecture.* in: *Építész Évkönyv, Magyar Építész Kamara 2006-2007 p. 77-79.*
- 2007 *Dunavarsányi átriumos ház.* Családi Ház magazin
- 2007 *Építészet MOST! Magyar Építőművészet*
- 2007 *Wright és a magasházak.* Országépítő
- 2008 *A hidmester háza.* Átrium 2008/5 82-83. old.
- 2008 *Zéró CO2 kibocsátású építészet.* Építészeti Évkönyv 2008
- 2008 *Építészet a klímaválság ellen. Fenntartható épületek.* A Mi Otthonunk Magazin
- 2008 *Induló aktivitás.* HVG 2008 06. 07..61-62. old.
- 2008 *Aktív ember, passzív ház.* Demokrata magazin VI-VII. old.
- 2008 *Újraértelmezett hagyományok. Átriumos lakóház.* Családi Ház 2008/1. 8.-13. old.
- 2008 *Passív házak.* Országépítő 49-51. old.
- 2009 *A passzív ház energiatakarékos, környezet-, és számlakímélő.* Gazdasági Tükörkép Magazin 2009. január. 8-11 old.
- 2009 *Teljes paradigmaváltásra van szükség.* Zöld Jövő, Demokrata, 2009 feb. 18. 34.-36. old.
- 2009 *Európai trendek a fenntartható építészetben.* Ma és Holnap magazin
- 2009 *Zéró CO2 kibocsátású építészet felé. Környezettudatos energiatermelés és felhasználás.* Környezet és Energia Konferencia, Debrecen p.221-222
- 2010 *Passive Houses in Hungary.* Be Passive Magazin, Belgium
- 2010 *Hegykristály a svájci Alpokban.* Építészfórum
- 2010 *Két újabb magyar passzív ház.* Szakinfo
- 2010 *Befektetés a jövőbe.* HVG Ökoplusz 2010/1.44-47. old.
- 2010 *Passív házak Magyarországon.* Építészfórum
- 2010 *First Certified Passive House In Hungary.* PHI adatbázis
- 2010 *Egy nagyszabású, energiamegtakarítást célzó, komplex épületfelújítási program hatása a foglalkoztatásra Magyarországon.* CEU kutatás, közreműködés
- 2010 *A teljesség igénye.M6 Tengelic Mérnökségi Telep.* Magyar Építőművészet 2010/5 34-36.
- 2010 *Passív házak Magyarországon.* Metszet folyóirat
- 2010 *Fenntartható építészet felé.* könyv, Magyar Építőművészek Szövetsége
- 2011 *Zöld ajtó mögött. Budaörsi passzív ház.* A Mi Otthonunk magazin
- 2011 *Passzív energiák.* HOME magazin
- 2011 *Aktív, passzív, autonóm...* Metszet, Energiatudatos megoldások 24-29. old.
- 2011 *Otthon a jövőben.* Zöld Jövő, a Demokrata energetikai melléklete 30-33. old.
- 2011 *Passive Houses in Hungary.* Hungarian Renewable Energy Handbook
- 2012 *Építőipari Nívódíj.* Építész Évkönyv 55. old.
- 2012 *Near zero buildings with passive house technology and renewable sources.* Hungarian Renewable Energy Handbook 32-34. old.
- 2013 *Passive Houses in Hungary.* 17th Int. Passive House Conference Frankfurt am M. 2013 Conf. Proceedings p. 303-308
- 2013 *Nagy ház, kis rezsi. Egy polgári passzív ház.* Gerendaházak 36-39. o.
- 2013 *Megéri-e ma Magyarországon passzív házat építeni?* greenpress.hu
- 2013 *From Utopian Vision to the New Norm – Central and Eastern Europe Goes Green.* in: *Sustainability. An Emerging Movement in the European Real Estate Sector. An assessment based on the Prime Property Award 2007-2012.* Hamburg, 2013 p.30-37.

## DLA Thesis in English

- 1. Built environment is the biggest consumer of raw materials and energy. Creation and operation of buildings and cities destroys natural environment, current practice is not sustainable in a world of limited resources.**

Built environment contributes to global warming and climate change a great portion. Population doubled in the last 50 years, majority of people now live in urban settlements, humanity consumes its own future. A paradigm shift is needed, one of its elements is zeroenergy design.

- 2. We deal with the problem, but culture is changing slowly, and it is questionable if sustainable architecture will have a significant effect because of the time pressure.**

Built environment was more or less sustainable in traditional societies. Oil-era has changed world, relationship of Nature, and architecture. We need a new holistic approach, architecture should recognize its role in current world. New institutions and initiatives are needed in order to facilitate successful innovation, transformation, adaptation and evolution, to avoid the risk of failing.

- 3. Zeroenergy design offers a practical solution to the critical resource problem, the energy crisis.**

There are many possible solutions, based on general principles, such as energy efficiency, recycling and the use of renewable sources. Such a transformation of the practice would be extremely useful for society and the economy as well as to the profession. Two options are possible: evolution or collapse.

- 4. The path is available, the solution is reachable.**

The world is beyond the experimental phase. After 40 years of the first oil-schock low-energy experiments, and after 20 years of the first passive house there are proven systems and solutions to adapt, in order to renew our construction culture.

- 5. The world of architecture is undergoing a fundamental change.**

Invention of the fire or the wheel, and the industrial revolution are comparable to the scale of changes humanity faces today. Sustainable architecture is a megatrend, determining architecture in the near future.

# **ZeD**

**Zéróenergiás Design  
– a holnap építésze  
Szekér László  
DLA értekezés**

## ***Függelék***

<b>Nemzetközi példák</b>	<b>93</b>
<i>Lighthouse, London, 2007</i>	93
<i>Panelből nulla fűtési költségű épület, 2007</i>	94
<i>Energy Base irodaház, 2008</i>	96
<i>Power Tower, Linz, 2008</i>	97
<i>Zéróenergiás irodaház, 2008</i>	98
<i>Angol Követség Varsóban, 2009</i>	99
<i>Monte Rosa, alpesi menedékház, 2009</i>	100
<i>Montessori Campus, 2010</i>	101
<i>Minősített passzív ház, Párizs, 2010</i>	102
<i>Pluszenergiás iskola, 2010</i>	103
<i>Mayville Community Centre, 2011</i>	104
<i>SMA AG Zéróenergiás gyár, 2011</i>	104
<i>Angol passzív ház iskola, 2011</i>	105
<i>Inspira Science Center, 2011</i>	106
<i>Passzív ház-lakótelep sportolóknak, 2011</i>	106
<i>Passzív ház az indiánok földjéről, 2012</i>	107
<i>Minősített passzív ház DGNB arany fokozatú minősítéssel, 2012</i>	107
<i>Energiahatékony toronyház a Duna partján, 2013</i>	109
<i>Passzív ház plusz - pluszenergiás irodaház átriummal, 2013</i>	110
<b>Hazai példák</b>	<b>112</b>
<i>Solanova projekt, 2005</i>	112
<i>Regionális Környezetvédelmi Centrum (REC), Szentendre, 2008</i>	114
<i>Passzív sorház napelemekkel, 2010</i>	115
<i>Dombház télikerttel, Budajenő, 2010</i>	115
<i>Passzív társasház, Szeged, 2011</i>	116
<i>Passzív ház Budán, 2012</i>	117
<i>Az első magyar passzív ház minőségű iskola, Budapest, 2012</i>	117
<i>Energia design ipari csarnok, Komló, 2012</i>	118
<i>100 lakásos passzív ház Budapest, 2013</i>	119
<i>ÉMI Építőipari Tudásközpont, Szentendre, 2013</i>	120
<b>Képmelléklet</b>	<b>121</b>
<i>Előfutárok</i>	121
<i>Magyar előfutárok</i>	130
<i>Kortárs külföldi épületek</i>	133
<i>Kortárs magyar épületek</i>	140
<b>Fenntartható energiaellátási modellek</b>	<b>145</b>
<i>Az energiaellátás módjai és építészeti vonzatai</i>	145
<i>A jelen energiaforrásai</i>	145
<i>A jövő energiaforrásai</i>	148
<i>Az optimális energiaforrás és hatékonysági szint kiválasztása</i>	150
<b>Egy megvalósult magyar passzív ház gazdasági elemzése</b>	<b>153</b>
<i>Megéri-e ma Magyarországon passzív házat építeni?</i>	153
<i>Passzív ház és szokványos építésű ház összehasonlítása</i>	155
<i>Többletköltségek – üzemeltetési nyereségek</i>	156
<i>A többletköltségek pénzügyi forrásai</i>	157
<i>Többlet beruházásért több komfort</i>	157
<b>Mit kezdünk a meglévő, zömében elavult épületállománnyal?</b>	<b>158</b>
<i>Az életciklus kérdése, a felújítás optimális időpontja</i>	158
<i>Az energetikai felújítás mélysége</i>	159
<i>Középületekre vonatkozó EU szabályozás</i>	160
<i>Családi házak felújítása</i>	160
<i>Panelházak felújítása</i>	161
<b>Alapfogalmak, definíciók</b>	<b>162</b>

## Nemzetközi példák

A zéróenergiás ház ma egyszerre lehetőség és kötelesség. Lehetőség, mert reálisan meg lehet építeni már ma, és kötelesség, mert a közeli jövőben ez lesz az új szabvány<sup>88</sup>. Reálisan végig gondolva, már ma sem lenne szabad ennél rosszabb energetikai szintű házakat építeni, mivel ha most nem ilyet építünk, biztosak lehetünk benne, hogy elavultak lesznek néhány éven belül, ez pedig felelőtlenség. Új építésű ingatlanoknál – legyen az lakóház, ipari-, vagy középület – a zéróenergiás szint technikailag már ma gazdaságosan elérhető - ezt számos megvalósult kortárs épület bizonyítja. Világítótornyoként mutatják az utat azok a projektek, melyekből néhányat bemutatok itt. A válogatás szempontjai között az építészeti minőség, az előremutató technikai megoldások, valamint a fenntartható építészet egyéb kritériumai is szerepeltek. Olyan ikonikus projekteket választottam, melyek demonstrálják a sokszínűséget (felújítás és új épület, különböző funkciók és stílusirányzatok).

### **Lighthouse, London, 2007**

*Az első nulla kibocsátású angol lakóház*

*Tervezők: Alan Shingler, Sheppard-Robson Építésziroda, London*

Az Egyesült Királyságban a cél a karbonmentes gazdaság, ezért a hangsúly inkább azéró emisszió elérésén van. Emellett tudatosan készülnek a klímaváltozásra – az előrejelzések szerint az évszázad végére mediterrán jellegű időjárás várható Londonban. A *Lighthouse* (világítótorony), a 2007-ben megépített íves, félnyeregtes, kiváló hőszigetelő képességű, szélcsapdával ellátott lakóház elsőként érte el az angol skálán a legmagasabb hatos (2016-tól kötelező) fokozatot<sup>89</sup>. Az elegánsan formált tetőn 46 m<sup>2</sup> felületű PV napelem biztosítja az áramellátást. A Kingspan TEK építési rendszerével készült szerkezet kiválóan hőszigetelt. Az építészeti alapkoncepció szerint a nagyvonalú, dupla légterű lakótér a fényt felülről kapja, így tulajdonképpen bármilyen építési telken kedvezően tájolható a ház, és közelebb építhetők a házak, mert nem jelent akkora problémát az egymásra vetett árnyék. Formabontó megoldás, hogy a nappali a felső szintre került (hogy a fényt a legjobban hasznosítsa), míg a hálószobák a földszintre kerültek, ahol kevesebb nappali fényre van szükség. A kiegészítő fűtés pellet-kazánal történik. A tetőn megtermelt elektromos energia a hálózatra is visszatáplálható, így a hálózat egyben szezonális energiatároló. A vákuumcsöves napkollektorok a használati melegvizet állítják elő – téli időszakban a biomassa fűtés segít rá. A felhasznált építőanyagok újrahasznosított vagy fenntartható módon és alacsony energiafelhasználással előállított ökológikus építőanyagok (főleg fa), a víz és szennyvízkezelés valamint a hulladékgazdálkodás is kiemelt figyelmet kapott. A wc-öblítésre visszaforgatott szürkevizet használnak, mosásra és öntözésre az esővizet hasznosítják, melyet föld alatti tartályban tárolnak. A ház jellegzetessége a passzív hűtést biztosító szélkémény – az arab építészetből ismert megoldás -, mely a tükrökkel visszavert

---

<sup>88</sup> 2021 január 1-től

<sup>89</sup> Ez lényegében zéró-emissziós, vagyis zéróenergiás szintnek felel meg

napfény révén a természetes világítást is biztosítja az épület – egyébként sötét – magjában. A földemben elhelyezett fázisváltó anyag a passzív hűtést segíti, eltárolva az éjszakai hűvösebb levegő energiáját. A keleti és nyugati homlokzaton elhelyezett nyílászárókat kihajtható zsalugáterekkel, növényzettel és erkélyekkel árnyékolták. A nappali dupla légterében egy galériaszint került elhelyezésre, ami otthoni munkavégzést, vagy vendégfogadást tesz lehetővé. Az integrált gépészet jellemzői a víztakarékos szaniterek (max. 80 liter vízfogyasztás/nap/fő), pellet kazán, PV elemek (fotovoltaikus napelemek), hővisszanyerős szellőzés, napkollektorok valamint intelligens vezérlés és mérés, mely azonnal jelzi a használóknak, ha valahol pazarlás történik, ezzel segíti a tudatos üzemeltetést. A mesterséges világítást LED-ekkel oldották meg. A lakóház fűtésköltsége mindössze kb. 30 £/év - ez a pellet költséget jelenti. Az épület fűtése közművektől függetlenül, fosszilis energia nélkül megoldható. Az elektromos energiát teljes mértékben megtermeli magának a ház, az elektromos energiaköltség nulla (ez kb. 500 £/év megtakarítást jelent a használóknak). Az épület ökológikus építőanyagokkal valósult meg, a teherhordó szerkezet faváz; szelídgesztenye külső deszkaburkolattal készült a homlokzat, a belső padlóburkolat természetes gumipadló és gyapjú szőnyegpadló. Az épület BREEAM<sup>90</sup> minősítéssel rendelkezik.

#### Lighthouse, London főbb adatai:

Tervező: Alan Shingler, Sheppard-Robson építésziroda

Mérnök: ARUP

Hasznos alapterület: 93 m<sup>2</sup>

Falak U-értéke: 0,11 W/m<sup>2</sup>K (TEK System, 284 mm)

Nyílászárók U-értéke: 0,70 W/m<sup>2</sup>K, fa tokszerkezet, gáztöltésű, háromrétegű

Üvegezési arány: 18%

Hővisszanyerés hatékonysága: 88%

Légtömörség: 1,0 m<sup>3</sup>/h 50Pa<sup>-1</sup>

Kiegészítő hőigény: 2 kW

Megújuló energiatermelés: 4,7 kW

Napkollektor: 4 m<sup>2</sup> vákuumcsöves rendszer

Háztartási berendezések: A++ energiatakarékos

#### Panelből nulla fűtésköltségű épület, 2007

Paneles mélyrekonstrukció, Németország, Ludwigshafen

Tervező: LUWOGÉ Consult, Németország

A 2007-ben megvalósult komplex energetikai korszerűsítés során innovatív megoldásokkal nulla fűtésköltségű otthonokat alakítottak ki a hetvenes években épült energifaló lakótömbből. A négyemeletes társasházban a déli homlokzatra elhelyezett napkollektorok révén a melegvíz-előállítás nagy részben megújuló energiával történik, a napelemek által termelt áram pedig az energiaszámlát faragja le. A lakóépület felújítási munkálatai idején a lakóknak nem kellett kiköltözniük

<sup>90</sup> Angol környezettudatos épületminősítő rendszer

otthonaikból, az elektromos és gépészeti szerelések a falak külső síkján történtek, a vastag hőszigetelés takarja az új épületgépészeti elemeket. A felújítást követően nem kell fűtésszámlát fizetni a bérlőknek, és a komfortjuk is sokkal jobb lett. A nulla fűtésköltség nem azt jelenti, hogy egyáltalán nincs az épületben fűtés, hanem azt, hogy a minimálisra csökkentett igényt megújuló forrásokból fedezik, és mivel többé kerülne a fűtési energia pontos mérése és adminisztrációja, mint amit az ezzel járó bevétel jelentene, ezért a lakóknak nem kell fizetni a fűtésért, vagyis nincs fűtésszámla<sup>91</sup>. A komplex felújítást megtervező *Luwoge Consult* hármast tűzött ki: a lakók érdekeinek figyelembe vétele, maximális energiahatékonyság, és költséghatékonyság. Az elemzések szerint egy ilyen szintű felújítás esetében három alapvető tényezőt kell figyelembe venni: a helyszín minőségét (régió, kerület, mikrokörnyezet); az épület minőségét (fogyasztói elvárások, épületminőség, lakásminőség); és a piaci igényeket (ürességi ráta, kiadhatósági potenciál, a megtakarítási potenciál mértéke). E három tényező vizsgálatát követően kell döntenie a felújításról. Tekintve, hogy a komplex mélyfelújítás költséges, csak akkor szabad belevágni, ha az piaci szempontból is indokolt. A német szakemberek összehasonlító elemzéseket végeztek 6 fajta felújítási szint között, melyben a kiindulási pont az eredeti állapot volt, az átlagos felújítástól a nulla-fűtésköltségűig: 7 literes, 5 literes, és 2 literes variációkkal<sup>92</sup>, az utóbbi esetben további három megoldással: szellőzésen keresztül megvalósított fűtéssel, hagyományos (radiátoros) fűtéssel illetve elektromos ablakfűtéssel, amelynek energiáját a bemutatott kísérleti projektnél PV napelemek állítanak elő. Az egyik fő érv a nulla fűtésköltségű felújítás mellett, hogy népszerűsége miatt az ürességi ráta 10%-ról 3-5 %-ra esett. Ennek oka, hogy míg a hagyományos felújítás csak konzerválja az épület állapotát, az igényes energetikai korszerűsítés azonnali komfortnövekedésben is megnyilvánuló értéktöbbletet eredményez, ami piaci előnyt jelent az épület tulajdonosainak, nagyobb megtérüléssel, és alacsonyabb üzemelési költséggel.

#### Főbb adatok:

*Zárófödém hőszigetelés: 50 centiméter Neopor*

*Hőszigetelés külső határoló falak: 30 centiméter Neopor*

*Hőszigetelés pince mennyezet: 16 centiméter Neopor*

*Fajlagos fűtési energiaigény: 20 kWh/m<sup>2</sup>a*

*Kutatás, monitoring: BASF*

*Kiegészítő fűtés: fűtőszálak az ablaküvegben*

*Központi hővisszanyerős gépi szellőztetés*

---

<sup>91</sup> A teljes képhez hozzátartozik, hogy az ingatlan értéktöbbletét azért meg kell fizetni, a többletet az átlagosan 50%-kal megemelkedő bérleti díjakban rejtették el (4,10 Euro/m<sup>2</sup> helyett 6,75 Euro/m<sup>2</sup>)

<sup>92</sup> A passzívház 1,5 literes háznak is nevezhető, mivel fűtési energiaszükséglete 15 kWh/m<sup>2</sup>, év. Az átlagos régi épületek kb. 25 liter „fogyasztásúak” (250 kWh/m<sup>2</sup>,év), az energiatakarékos épületek 5-10 litert, az alacsony-energiás épületek 1,5-5 liter fűtőolaj-egyenértékű energiával fűthetők ki évente és négyzetméterenként.

*Áramtermelés: a tetőn elhelyezett, fotovoltaikus napelemekkel*

*HMV: napkollektorokkal*

*Az új légtechnikai és elektromos vezetékeket a külső falon vezették*

*A régi hőhidas loggiákat megszüntették, helyettük új, az épület szerkezetétől független erkélyeket alakítottak ki, melyek nem jelentenek hőhidat.*

### **Energy Base irodaház, 2008**

*Minősített passzívház fotovillamos áramtermeléssel, Bécs*

*Tervező: POS Architekten, Ausztria*

A bécsi irodaház megújuló energiával foglalkozó kutatási és oktatási intézményeknek ad otthont. A passzívház követelményrendszernek megfelelő irodaházban a fűtés és hűtés 100%-ban megújuló forrásokból, talajhő és napenergia hasznosítással történik. Az épület tetejét extenzív zöldtető borítja, a félig földbe süllyesztett garázsban 65 gépkocsi tárolása oldható meg (a garázsszint természetes megvilágítása és szellőzése megoldott). A földszinten főleg tantermek találhatók, különböző továbbképzések céljára, az első szinten cellás irodákat, az épület végén télikerteket alakítottak ki, a többi szinteken főleg egyterű irodák találhatók. Az irodaház belső beosztása egyszerű: a nagyobb, egyterű, illetve a kisebb, különálló irodahelyiségek elosztásakor a tájolást vették figyelembe. Az északi oldalra a kisebb irodahelyiségek kerültek, a déli oldalon alakították ki az egyterű irodákat. Az építészeti formálást a szoláris geometria határozta meg. A déli tájolású szalagablakos homlokzaton a nyári napterhelés csökkentésére jellegzetes, fűrészfogas jellegű homlokzatot alakítottak ki a tervezők - ennek köszönhetően a homlokzatot meghatározó ablaksávok optimális árnyékolással rendelkeznek. Az ablaksor feletti árnyékoló védőtetőn fotovillamos napelemeket helyeztek el, melyek hasznosítják az optimális szögben beeső napsugárzást. A káprázásmentességet relaxákkal lehet szabályozni - két bevilágító sáv biztosítja a természetes megvilágítást. Egy átlagos új bécsi irodaépület energiafogyasztása (fűtés, hűtés, világítás) 130 kWh/m<sup>2</sup>a, melynek nagyobbik részét gázellátásból biztosítják, ezzel szemben az Energiabázis hasonló energiafogyasztása mindössze 26 kWh/m<sup>2</sup>a, melynek 100 %-a megújuló energiából származik (ennek közel egyharmada fotovillamos, a többi megújuló vízenergiából származik). Az újszerű homlokzati kialakításnak és a fényérzékelős szabályozásnak köszönhetően a természetes fény maximálisan hasznosul az iroda belső tereiben, ezzel 65%-os energia megtakarítást értek el a mesterséges világítást illetően. A munkaterületeket a követelmény szinteknek megfelelően, hatékony világítótestek világítják meg. A használati melegvíz energiaigényét 60%-kal tudták csökkenteni a helyileg alkalmazott átfolyós vízmelegítővel, és 35 °C maximált hőmérséklettel. A szellőzésben 55%-os megtakarítást értek el a hatékony berendezésekkel, optimalizált légcsereszámmal és a 100 %-ban dohányzásmentes kialakítással. A befektetők már a tervezési szakaszban garanciát kértek a magas műszaki színvonal biztosítására. Amennyiben a tervezett követelmények nem teljesülnének, az irodabérelti szerződések felbonthatók; a tervezőkkel, kivitelezőkkel szemben a beruházó peres úton érvényesítheti követeléseit – ez nagy kihívást jelentett a tervezőknek.



### Főbb adatok:

Teljes alapterület: 11700 m<sup>2</sup>

Hasznos alapterület: 9200 m<sup>2</sup>

Építési költség: 12,78 M euró (Áfa nélkül)

Fajlagos energiahatékonysági mutatók:

Fűtés 3,2 kWh/m<sup>2</sup>a

Hűtési igény 1,8 kWh/m<sup>2</sup>a

Szellőzés 12,0 kWh/m<sup>2</sup>a

Használati melegvíz 2,5 kWh/m<sup>2</sup>a

Világítás 7,0 kWh/m<sup>2</sup>a

Szellőztetés hővisszanyeréssel - 75 %-os hatékonyság

Szellőztetési igény: 30 m<sup>3</sup>/fő

Hőszigetelés: 26 cm

Hármas üvegezésű ablakok, U-érték: 0,8 W/m<sup>2</sup>K

Légtömör épületburok, hőhídmentes épületszerkezet

285 m<sup>2</sup> felületű napkollektor

400 m<sup>2</sup> felületű fotovoltaikus napelem panel 37.000 kWh áramot állít elő évente

A fűtési és hűtési energiát a talajvízből nyerik hőszivattyúk segítségével

Hőleadó felületek a földemek (földmaktiválás)

Az épület mért légtömörősége: 0,27 h<sup>-1</sup>

Természetes párasítás növényekkel, télikertekkel, 110 m<sup>2</sup>

### **Power Tower, Linz, 2008**

*A világ egyik legmagasabb passzívháza, – a legnagyobb épületre telepített naperőmű Ausztriában, Tervező: Kaufmann, Weber & Hofer*

A Power Tower a világ első passzívház magasépülete. Építtetője egy osztrák energiaszolgáltató cég (Energie AG), 2004-ben döntött úgy, hogy megvált régi központi épületétől. Az épület példamutató módon nem használ fosszilis energiát, és nincs rákötve a városi távhővezetékre sem, ennek ellenére biztosítani tudja a megfelelő komfortot és belső hőmérsékletet. A 74 m magas üvegtorony újszerűen közelíti meg az energiaellátás kérdését, bizonyítva, hogy lehetséges az energiahatékony passzívház-technológia alkalmazása magasházak építésénél is. A nemzetközi tervpályázatot követően a zürich-i Weber & Hofer cég nyerte el a megbízást. Az építés rendkívüli média figyelmet kapott 2006-2008 között, nem csak Ausztriában, de Európában is. A vasútállomás közelében lévő telken a régi, lebontott épület helyén egy garázsépület, egy kétszintes lepényépület és egy 19 szintes torony épült, új munkahelyet adva 13 cég mintegy 600 alkalmazottjának. A kimagasló energiahatékonyságú torony homlokzatát dinamikus fényinstallációval látták el, a sárga LED csíkok éjszakánként világítják meg az épületet. A geotermikus energiát szolgáltató kutakat 2006 márciusában kezdték el fűrni, 2008 szeptemberében adták át az épületet. Az épületegyüttes energiaigénye minimális, ez a kiváló hőszigetelésű és innovatív homlokzati rendszernek köszönhető, mely lehetővé teszi a maximális természetes megvilágítást, de lecsökkenti a nemkívánatos szoláris nyereséget, ami rendkívül fontos egy ilyen üveghomlokzat esetében, hogy elkerüljék a nyári túlmelegedést. Az épületburok légtömör, és rendkívül jól szigetelt. A nyílászárók négyszeres üvegezéssel ellátottak, és integrált szabályozható belső árnyékoló lamellákkal vannak ellátva - ezekkel a használók egyénileg szabályozhatják a belső fényviszonyokat. Az egyes irodaszintek egymástól termikusan el vannak választva,

és kiküszöbölték a szintek közötti kürtőhatást is, mellyel a felső szintek túlmelegedését kerülték el. A déli homlokzaton mintegy 700 m<sup>2</sup> PV panelt helyeztek el, melyek megközelítőleg 42 megawatt-óra elektromosságot generálnak évente, az épület energiaellátását jelentős részben fedezve ezzel. Az épület alatt 46 db egyenként 150 m mély geotermikus kút van, ezek hőenergiáját hőszivattyúkkal nyerik ki, a hideg vizet pedig az adatközpont hűtésére hasznosítják.

Főbb adatok:

*Építés: 2006-2008*

*Tervezők: Kaufmann, Weber & Hofer*

*Épület magassága: 74 m*

*Szintek száma: 19 db*

*Alapterület: 22.652 m<sup>2</sup>*

*Hőellátás: 46 db 150 m mély geotermikus kút*

*Telek területe: 3750 m<sup>2</sup>*

*Szellőztetés hővisszanyeréssel*

*Négyszeres üvegezésű ablakok*

*Légtömör épületburok*

*Hőhídmentes épületszerkezet*

*700 m<sup>2</sup> felületű fotovoltaikus napelem 42.000 kWh áramot állít elő évente*

*Fűtési és hűtési energiát a talajvízből nyerik hőszivattyúk*

*Hőleadó felületek a földemek (földémaktiválás)*

**Zéróenergiás irodaház, 2008**

*JuWi Holding, Wörrstadt, Németország*

*Tervező: Timber Building by Griffnerhaus AG, juwi Green Building GmbH*

A *JUWI Holding*, mely megújuló források telepítésével, üzemeltetésével – napenergia, biogáz, biomassa, szélenergia stb. – komplexen foglalkozó cég, néhány év alatt nőtt ki szinte a semmiből, mára több ezer főt foglalkoztató hatalmas vállalattá. A Frankfurttól nem messze, egy kis városka határában építették fel példamutató irodaközpontjukat, melyen demonstrálják fenntarthatósági elveiket. A faszerkezetes, néhány emeletes irodaház passzív ház szintű szigetelést kapott, a felhasznált anyagok ökológikus, természetes vagy újrahasznosított építőanyagok, pl. újrahasznosított cellulóz hőszigetelés. A cégnél dolgozók átlagos életkora meglehetősen alacsony, mindössze 27 év. A munkatársak nyitott irodatermben dolgozhatnak, kényelmüket étterem, sportpályák, gyermekmegőrző, és még egy kis meditációs terem (imaház) is szolgálja. Az épület körül mesterséges tó és karbantartott park terül el. Az épület teteje és homlokzata is fel van szerelve fotovillamos napelemekkel, melyek biztosítják, hogy az épület zéróenergiás legyen. A vízfogyasztás is minimális. A wc-k pl. a vákuum technológiának köszönhetően víztakarékos üzemeléssel valósult meg, a wc-k öblítéséhez mindössze 1,0 liter vízre van szükség. Az első ütemben épült irodaszárnyat 2012-ben jelentősen továbbfejlesztették, két új épülettel. Az energiahatékonyság és megújuló források révén import nélkül, kiszámíthatóan stabil áron, megújuló tiszta energiával látható el a közösség néhány éven belül. Wörrstadt városában az összes

energiafelhasználás megújuló forrásokból fog történni 2017-re, melyhez a JuWi mintaépülete is jelentősen hozzájárult.

**Főbb adatok:**

*Konstrukció: GriffnerHaus (Ausztria)*

*Energia design: Solares Bauen GmbH*

*Hasznos alapterület 8,500 m<sup>2</sup> + 12,000 m<sup>2</sup> (I. és II. ütem)*

*Munkahelyek száma: 1500*

*Passzívház követelménynek megfelelő energiahatékonyság*

*Építés éve: 2008, 2012*

*HMV napkollektorokkal*

*Energiaellátás: fotovillamos napelemek a tetőn, a homlokzaton és a carportokon, pellet kazán és kapcsolt energiatermelés Stirling motorokkal*

*Az organikus hulladékot biogázzá alakítják*

*Víztakarékos wc-k (1 l/öblítés)*

*Éves összenergiafogyasztás: 200,000 kWh (elektromosság, fűtés, hűtés)*

*Közműköltségek: 2 Euro/m<sup>2</sup> (a szokványos érték tizede)*

*PV: 2000 m<sup>2</sup>, 210 kW (220,000 kWh/év) – első ütem, 13,500 m<sup>2</sup> második ütem*

*Tartalék energia: szolár akkumulátoros rendszer, sziget üzemmódban is működik az épület, a főbb biztonsági rendszerek (kommunikáció, sprinkler gépészet stb.)*

*A belső átriumos megoldásoknak köszönhetően kiváló a nappali fény ellátottság*

*A 114,000 literes tűzivíz-tároló víztömege besegít a hűtésbe*

*Esővízgyűjtés, szürkevízhasznosítás*

*Hővisszanyerés hatásfoka: 92% (energiaigény 2,5 kWh/m<sup>2</sup>a)*

*LED világítás, energiahatékony gépek és berendezések*

*Telek területe 30,000 m<sup>2</sup>*

*Szolár-carport: 920 m<sup>2</sup> PV (97,000 kWh/év)*

*Fajlagos fűtési energiaigény: 12,6 kWh/m<sup>2</sup>a (Minősített passzívház)*

*Intelligens épületfelügyelet (20.000 érzékelő)*

**Angol Követség Varsóban, 2009**

*Kéthéjú klímahomlokzat*

*Tervező: Tony Fretton (UK)*

Tony Fretton angol építész a vernakuláris és minimalista eszköztárat használja a hely szelleméhez igazodó, ősrégi és vadonatúj technikákat alkalmazó építészetében. A 2009-ben épült követség 27 millió £ költségvetéssel épült, és fő jellegzetesége a kéthéjú üveghomlokzat. A visszafogott megjelenésű épület egy parkra néz, hosszúkás tömegét egy klasszikus szerkesztéssel középre helyezett emeleti rész hangsúlyozza. A kéthéjú homlokzat külső üvegszerkezete segít megtartani az energiát télen, és tükröző bevonatának köszönhetően csökkenti a felmelegedést nyáron, ekkor a kürtőhatásnak köszönhetően a két réteg között kiszellőztetik a köztes teret. A belső héj hagyományos ablakokkal és falakkal készült, a külső üveghomlokzat biztonsági funkciót is ellát, ezáltal a kerítés elhagyható volt. A követség adminisztrációs és konzulátusi feladatokat lát el, a közösségi terekkel (galéria, étterem stb.) pedig társadalmi funkciókat is ellát.

**Főbb adatok:**

*Mérnök: Büro Happold Polska Sp.*

*Alapterület: 4300 m<sup>2</sup>  
Építési költség: 4930 £/m<sup>2</sup>  
Szintek száma: 3  
Zöldtetők, tetőteraszokkal  
Kéthéjú klímahomlokzat  
BREEAM Excellent minősítéssel rendelkezik az épület  
Energiaellátás: távfűtésre kötve  
Az energiafogyasztásról nincsenek adatok*

### **Monte Rosa, alpesi menedékház, 2009**

*Zéróenergiás autonómház, Svájc*

*Tervező: Andreas Deplazes, Zürich*

Az Alpok egyik leghíresebb magaslatán, a Svájc déli határa mentén található 4487 méteres *Matterhorn* gleccserek szintjén elhelyezkedő menedékházában – a *Monte Rosa* nevű menedékházban - készülnek fel a hegymászók a csúcs megmászására. Az energia-, út-, és közműhálózatok hiánya és a zord körülmények kötelezővé tették a környezeti energiák kihasználását, és az erőforrásokkal való takarékoskodást. Építészeti szempontból óriási kihívás volt itt építeni, lehetőség nyílt a jövő autonóm működésű épületének megalkotására, az alternatív energiák hasznosítására és az extrém körülmények között megvalósítható és működő építési módok kifejlesztésére. Infrastruktúra nélkül építkezni és épületet üzemeltetni hatalmas kihívás. A napenergia és a gravitáció kihasználása, a szuperszigetelés, légtömörség, hővisszanyerés magától értetődő opciók voltak. A víztároláshoz egy kutat kellett ásni a sziklában, kb. 50 méterrel magasabban, mint a menedékház, hogy a természetes gravitáció révén a megfelelő nyomást biztosítani lehessen. Az év néhány enyhe hónapjában, - amikor a jég olvad – az egész éves vízmennyiséget összegyűjtik. Az éves szinten keletkező kb. 270 m<sup>3</sup> szennyvizet szintén összegyűjtik, biológiailag tisztítják, és szürke vízként újra hasznosítják a wc-öblítéshez.

A 2883 méteres magasságban épült menedékházat az átlagosnál kitartóbb turisták számára néhány órás gyaloglással el lehet érni. Az épület a főzéshez használt gáz és az élelmiszerek kivételével mindent képes maga előállítani: a komfortos belső klímát, ivóvizet, áramot, szennyvízkezelést. A hőenergiát a napenergia aktív és passzív hasznosításából nyerik, hőcserélőkkel és hőszivattyúkkal hasznosítva az összes hulladékhőt, beleértve a szennyvizet, berendezések és az elhasznált levegő hőjét is. Az épület tömege kompakt, a gömbhöz közelítő kristályszerű formálás és az alumínium borítás ezüstös színe jól illeszkedik a környezetbe, az épület beceneve ezért a „hegyikristály”. Az alaprajz szervezése a kör logikus, sugárirányú felosztását követi, gyakorlatilag nincs derékszög az épületen belül, az egymás mellett kialakított, cikkelyszerű szobák úgy sorakoznak egymás után, mint a narancsgerezdek. Az építéshez nem állt rendelkezésre úthálózat, így mindent helikopterrel kellett a helyszínre szállítani, emiatt a lehető legkevesebb és legkönnyebb anyagot kellett használni, a lehető legnagyobb előregyártással. Az épületburok vastag hőszigeteléssel ellátott, a déli tájolású homlokzat téglalap formájú síkját teljes mértékben fotovoltaiikus napelemek borítják, melyek az áramellátást fedezik. A

természetes megvilágítást és passzív napenergia hasznosítást célszerűen elhelyezett ablakok szolgálják. Az épület szerkezete egy ötszintes favázás szerkezet, fa födémekkel és válaszfalakkal. A hagyományos építőanyagot korszerű számítógépes technológiával tervezték és gyártották, egyenként optimalizálva az elemeket, így mindenhol csak a feltétlenül szükséges keresztmetszet került beépítésre. A teljes szerkezet 200 tonnás súlyát egy legyezőszerűen kialakított acélszerkezetű tárcsa közvetíti a sziklába süllyesztett központi betonlapra. A szerkezet így mindössze néhány ponton érintkezik a talajjal, így a talaj felé csatlakozó hőhidak száma minimálisra csökkent, az épület egyáltalán nem közvetít hőt a talaj felé.

#### Főbb adatok:

*Építető: Swiss Alpine Club*

*Építkezés kezdete: 2008 május*

*Építkezés vége: 2009 szeptember*

*Tervezők: Andrea Deplazes, Studio Monte Rosa, DARCH, ETH Zurich*

*Hasznos alapterület: 899 m<sup>2</sup>*

*Fűtött épületburok: 3369 m<sup>3</sup>*

*Épület felület: 1108 m<sup>2</sup> ebből nyílászárók: 122 m<sup>2</sup>*

*Napelemek felülete: 85 m<sup>2</sup>, 15,6 kW csúcstermeléssel*

*Ciszterna: 200 m<sup>3</sup>*

*Szellőzés: 4300 m<sup>3</sup>/h*

*Napkollektorok felülete: 56 m<sup>2</sup>*

*Bekerülési költség: 6,5 Millió CHF*

*Építészeti díj: Holcim Awards Európa, Bronz, 2008*

#### Montessori Campus, 2010

*Zéróenergiás passzív ház és aktív szolárház, Ausztria*

*Tervező: Martin Rührnschopf*

A bécsi székhelyű építész, *Martin Rührnschopf* által Marchegg-ben (Alsó-Ausztria) épített "Montessori Campus" két azonos nagyságú és formájú, valamint kiválóan hőszigetelt és délre tájolt épülettömbből áll (az épületegyüttes későbbikben még kiegészül más épületekkel). A különbség az alkalmazott építőanyagokban és az energiaellátás módjában rejlik, emiatt az egyik inkább egy "klasszikus" passzív ház, hőszivattyúval, a másik pedig inkább egy passzív házként leszigetelt aktív szolárház, napkollektorokkal, beton és téglafalakkal és hőtárolóval és kiegészítő biomassza fűtéssel. Az öt-tíz éves korosztályú gyerekek számára épült magániskola első üteme 2009-2010-ben valósult meg. Mindkét épületszárny a passzív ház követelményeknek megfelelően hőszigetelt, de míg a 2009-ben épült 1. modul favázás könnyűszerkezettel épült, melyet levegő-vizes hőszivattyú lát el hőenergiával, a másik épületszárny (2. modul, melyet 2010-ben fejeztek be) nehéz téglafalakkal és felületfűtéssel ellátott betonlappal épült. A tetőn elhelyezett 40 m<sup>2</sup> napkollektor a napsütéses időben megtermelt hőenergiát az alaplemezekbe és a falakba tárolja be, ahonnan fokozatosan visszanyerik a hőt a fűtési szezonban a vasbeton alaplemez és a téglafalakkal közvetítésével, melyek kiválóan el tudják tárolni a hőenergiát. Borús és hideg időben a kiegészítő hőenergiát egy 6 kW kapacitású pellet tüzeléses kandallóval biztosítják, melyet az épület közepén helyeztek el. A fűtött földszinti alapterület 200 m<sup>2</sup>, a

szoláris arány 85%. Az építész egyik célja volt a két különböző kialakítással, hogy összehasonlítsa a két eltérő megoldást. Mint azt a 2012-es "Passzívházak és Energiahatékony Épületek" konferencián az építész személyesen is elmondta, lényegében hasonló eredményekkel működik a két épület: mindkettő zéróenergiás háznak tekinthető, mivel saját maga állítja elő azt az minimális energiát, amelyre szüksége van a működéshez. Ebből azt a következtetést szűrhetjük le, hogy valóban a hőszigetelés minősége, a hőhídmentesség, a hővisszanyerős szellőzés, a tájolás és a szoláris nyereség az, ami számít, a hőtároló tömeg illetve az energiaellátás módja nem játszik lényeges szerepet, a kiegészítő energiaigény mindkét esetben hasonlóan csekély mértékű. Az egyik esetben napenergiával meghajtott hőszivattyú (elektromos áram termeléssel, hálózati visszatáplálással, high-tech megoldás), a másik esetben szintén napenergiával meghajtott (napkollektorral, hőenergiát termelve és szezonálisan eltárolva valamint kiegészítő biomassza fűtéssel, low-tech megoldás), oldották meg a hőenergia ellátást. A low-tech és a high-tech tehát ilyen értelemben egyenértékű, mindkettővel hasonló eredményt lehet elérni, ráadásul szinte azonos költségek mellett – ez igazolja a különböző alkotói utak létjogosultságát. Mindkét "iskola doboz" maximálisan hasznosítja a természetes fényt, a tetőn extenzív zöldtető van, és hasznosítják az esővizet is.

#### Főbb adatok:

*Építés: 2009-2010*

*Funkció: iskola*

*Telek területe 2940 m<sup>2</sup>*

*Hasznos alapterület 696 m<sup>2</sup>*

*Fajlagos fűtési energiaigény: 14 kWh/m<sup>2</sup>a*

*Szellőztetés hővisszanyeréssel*

*Háromszoros üvegezésű ablakok*

*Légtömör épületburok*

*Fotovoltaikus napelem panel meghajtott hőszivattyú/napkollektor és pelletkandalló fűtött padló és falfűtés*

*Napkollektorok a HMV előállítására*

*Hőellátás: napelem, hőszivattyú/napkollektor, biomassza*

*Esővízgyűjtés, extenzív zöldtető*

#### Minősített passzívház, Párizs, 2010

*Tervező: Karawitz Architects*

A Karawitz építésziroda jegyzi az első minősített párizsi passzívházat. Az épület tervezője – és egyik lakója – *Misha Witzmann* személyesen mutatta be a házat, több más épülettel együtt Budapesten 2011-ben. Építészeti célkitűzése az ökonómia és ökológia szintézise, egyszerűen és innovatívan. Az épületeknek együtt kell élniük a környezetükkel, ahol állnak, a klímatudatos kialakítás kompakt formálást, erős hőszigetelést, légtömörséget, déli tájolást, kontrollált hővisszanyerős szellőzést és fokozott, de kontrollált napnyereséget jelent. A magától értetődően egyszerűnek tűnő elvek néha meghökkentő eredményekre vezetnek Karawitzék építészetében. Építészetükre az átgondoltság, egyszerűség, barátságosság és dizájn jellemző, az épületeknek tartósaknak kell lenniük, ez alapkövetelmény. A megépült családi házak mellett nagyobb léptékű épületeket, irodaházakat, társasházakat is terveznek, pályázatokon vesznek részt. Az első minősített francia passzívházat meghökkentő

módon, bambusznáddal burkolták, újrahasznosított és természetes építőanyagokat – fát, üveghabot és cellulózszigetelést alkalmaztak. Az Ile-de-France régióban hagyományosan a pajtákat burkolták hasonlóképpen, innét a tervezői ötlet. Az előregyártott fapanelekből 2 nap alatt megépült a szerkezet, ezt követte a légtömörséget biztosító réteg és a hőszigetelés kialakítása. A kivitelezést blower-door teszt (légtömörség-mérés) követte. A szellőzőcsövek nincsenek elrejtve, a jó minőségű hármass üvegezésű nyílászárók fából készültek. Az épületgépészet mindössze egy kompaktkészülékből áll, a tetőn fotovoltaikus napelemek szolgáltatják az elektromos áramot, a déli oldalon a nyílászárókat mozgatható bambuszrolók árnyékolják. A ház költségvetése 346 ezer USD volt, hasznos alapterülete 177 nm. A tudatos tájolás szabályainak megfelelően az épület déli oldalán a napenergiát igyekeztek maximálisan kiaknázni, az északi oldalon viszont a hőveszteséget próbálták kizárni.

### **Pluszenergiás iskola, 2010**

*Hoher Neundorf, Németország*

*Tervezők: IBUS Architekten und Ingenieure GbR*

Berlintől északra, Hoher Neundorfban épült meg az első pluszenergiás általános iskola Németországban. A tantermek mellett egy minden igényt kielégítő sportcsarnok is épült. Az integrált tervezés a technikai, energiahatékonysági és funkcionális követelményeket egyenrangúan kezelte. A magas komfort alacsony üzemelési költségekkel, és egyszerű kezelhetőséggel párosult. A pluszenergiás épület demonstrálta, hogy lehetséges jelentős többletköltség nélkül ilyen épületeket kemelni. A városka törekvése, hogy „Zöld Várossá” váljon, ezért az iskolát is ebben a szellemben tervezték. A környezettudatos kialakítás hosszú távon is fenntarthatóvá teszi a projektet. Könyvtár, cafeteria, tudományos és művészeti laborok kaptak helyet az épületben. Egy központi „utca” felfűzi és elérhetővé teszi az összes funkciót. A tornacsarnok alapterülete 1215 m<sup>2</sup>, és flexibilisen három részre osztható. A tervezés szerves része volt az életciklus elemzés is<sup>93</sup>. Az épület hibrid szellőzéssel van ellátva, tehát a hővisszanyerős szellőzés mellett automatizált természetes szellőzés is biztosított – amikor az időjárás megengedi, a keresztzellőzést automatikusan nyíló ablakokkal oldják meg.

#### Főbb adatok:

*Építés: 2010*

*Helyszín: Hohen Neundorf, Németország*

*Hasznos alapterület: 7.414 m<sup>2</sup>*

*Tantermek száma: 18*

*Tanulók száma: 540*

*Szellőztetés: hibrid*

*Fűtött kubatúra: 29.217 m<sup>3</sup>*

*A/V arány: 0,33 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>*

*Háromszoros üvegezésű ablakok*

*Légtömör épületburrok*

---

<sup>93</sup> LCA, LCCA (Life Cycle Assessment, Life Cycle Cost Assessment)

Áramtermelés: fotovoltaikus napelemekkel 55 kWp

Passzív hűtés

Biomassza fűtés (pellet, 220kW kazán)

Intelligens építésfelügyelet, LED világítás,

Építési költség: 767 €/m<sup>2</sup>, technológia: 220 €/m<sup>2</sup> (összesen: 987 €/m<sup>2</sup>) 12,3 M €

U-értékek (W/m<sup>2</sup>K): külső falak:0,14; ablakok: 0,8; tető: 0,11; felülvilágítók: 0,80;

padló: 0,11. b

## **Mayville Community Centre, 2011**

London, UK

Tervező: Justin Bere

A számos díjat nyert *Mayville* Közösségi Központ az első minősített passzívház felújítás Angliában. A közösségi célokat szolgáló régi épület felújítása mindössze 3 %-kal került többbe, mint egy hasonló, de nem passzívház szintű felújítás, az energiafogyasztása viszont 95%-kal kevesebb, mint az eredeti épületé. Az eredeti épület 1890 táján épült, a helyszín London egyik lepusztult negyede. A felújításnak szociális szempontból is nagy jelentősége van, új impulzust ad a környezetének. A szinte teljes egészében megtartott régi épületszerkezetekkel sikerült megszerezni az **Enerphit** minősítést, mely a passzívházak speciális, felújításra vonatkozó minősítési rendszere. A magas minőség eléréséhez a kivitelezők képzésére, és folyamatos tervezői művezetés biztosítására volt szükség. Az épület légtömör, hőhídmentes, és bőségesen el van látva megújuló forrásokkal, mely révén eléri a zéróenergiás szintet. A felújítás során a maximális elérhető energiahatékonyságra törekedtek a tervezők a régi épület megtartása mellett. Az eredeti épületszerkezetek megtartása mellett jelentősen felújítva, kimagasló hőszigeteléssel látták el az épületet, a helyszíni energiatermelésről 126 m<sup>2</sup> napelem gondoskodik, a használati melegvizet napkollektorok állítják elő. A fűtés talajszondás hőszivattyúkkal történik, a hőleadók hagyományos radiátorok. A közösségi célokat szolgáló létesítmény zöldtetővel fedett, a kertben közösségi kertészet van, a tetőkről összegyűjtött esővizet hasznosítják.

### Főbb adatok:

Építés: eredeti épület 1890, teljes felújítás 2011

Tervezők: Justin Bere, Bere Architects, London

Helyszín: Islington, London

Tervező szoftver: PHPP

Szellőztetés hővisszanyeréssel

Háromszoros üvegezésű ablakok

Légtömör épületburok

126 m<sup>2</sup> felületű fotovoltaikus napelem panel

Napkollektorok a HMV előállítására

Hőellátás: talajszondás hőszivattyúk

Esővízgyűjtés, közösségi biokert, extenzív zöldtető

## **SMA AG Zéróenergiás gyár, 2011**

Kassel, Németország

Tervező: Manfred Hegger, HHS Architekten

Az új világ itt van, összes megoldandó erőforrás és nyersanyag problémájával. A globalizáció, az ivóvíz-, és földhasználati kérdések, népességrobbanás, egészségügy,



biztonság, csökkenő és kimerülő erőforrások kérdéseire fenntartható, energiahatékony, integrált tervezésen alapuló válaszokat kell az építészetnek adni. Egyre több olyan úttörő projekt valósul meg, mely reális megoldásokat kínál - ilyen az SMA AG kasseli gyára is. Energiahatékony és megújuló források kombinációjával zéróenergiás és zéróemissziós épület az eredmény. A zéróenergiás szint elérése több forrásnak is köszönhető: Elsősorban a fotovillamos napelemeknek, melyekből bőven jutott a tetőkre, mellette biomassa fűtőmű is létesült. A gyár egyébként a napenergia hasznosítására szolgáló invertereket gyárt, a gyártócsarnok szinte teljesen automatizált, robotok végzik a munkát. A meglehetősen futurisztikus épület fémborítású<sup>94</sup>, építésze a német *Solar Decathlon* csapatot kétszer is a dobogó legfelső fokára juttatta el.

Főbb adatok:

*Tervezés-építés: 2008-2009*

*Tervezők: HHS Architekten, Manfred Hegger*

*Helyszín: Kassel, Németország*

*Bruttó szintterület: 25268 m<sup>2</sup>*

*Szellőztetés hővisszanyeréssel*

*Fotovillamos energiatermelés a tetőn*

**Angol passzívház iskola, 2011**

*Tervező: Architype*

A közelmúltban két minősített passzívház iskola is épült Angliában. Az *Oakmedow* és *Bushburry* általános iskolák építetője egyaránt a Wolverhampton City Council volt. A tervező mindkét esetben ugyanaz az *Architype*, az iskolatervezés specialistái. Filozófiájuk megfelel *Steve Jobs* mondásának: „A design nem egyszerűen valaminek a kinézete, vagy érzése, a design a működésről szól<sup>95</sup>”. Mindkét iskola könnyűszerkezetes, fából készült tartószerkezettel, és szuperszigeteléssel ellátott. Az épületek a téli időszakban hővisszanyerős szellőztetéssel ellátottak, nyáron pedig természetes szellőzéssel működnek. A városi önkormányzat előírásai szerint az iskolák nem kerülhetnek többre, mint a hagyományos építésű társaik. A tervezők megfeleltek a kívánalmaknak, mindkét épületet határidőre és a költségirányzatok keretei között tervezték meg. Természetesen a kiemelkedő komfort és energiahatékonyág ebben az esetben is alapkövetelmény. A kiváló szellőztetésnek köszönhetően a gyerekek sokkal éberek, még a délutáni tanítás alatt is.

Főbb adatok:

*Építés: 2011*

*Tervezők: Architype, UK*

*Helyszín: Wolverhampton*

*Tervező szoftver: PHPP*

*Szellőztetés hővisszanyeréssel*

*Háromszoros üvegezésű ablakok*

*Légtömör épületburok*

*Építési költség: 9 M £*

---

<sup>94</sup> ALUCOBOND

<sup>95</sup> „Design is not just how something looks or how it feels, design is how it works” (Steve Jobs)

### **Inspiria Science Center, 2011**

*Graalum, Norvégia*

*Tervezők: AART Architects A/S (Aarhus, Dánia)*

Évente 40.000 diák ingyen látogathatja meg a megújuló forrásokat és fenntartható építészeti technológiákat bemutató ismeretterjesztő központot, mely maga is egy inspiráló formálású fenntartható épület. A környezettudatosság jegyében Hibrid buszok szállítják a tanulókat a helyszínre. Az épület nem csak energiahatékony, a vízzel is takarékosan bánnak, a szürkevizet hasznosítják, és napkollektorok termelik meg a használati melegvizet. Az elektromosságot napelemek és szélturbina biztosítja. Az elektromos energiatermelést valósídejű mérésekkel lehet követni az oktató monitorokon.

#### **Főbb adatok:**

*Építtető: Inspiria Elendom A/S*

*Hasznos alapterület 6689 m<sup>2</sup>*

*Építés éve: 2011*

*Passzívház követelménynek megfelelő energiahatékony*

*Megújuló energiatermelés*

*Összesített primerenergia igény: 74 kWh/m<sup>2</sup>a*

*Megújuló energia aránya: 54% (100% a fűtésre)*

### **Passzívház-lakótelep sportolóknak, 2011**

*Lodenareal, Innsbruck*

2012. januárjában Innsbruckban rendezték meg az I. Téli Ifjúsági Olimpiai Játékokat, melyen több mint 60 ország, 1000 versenyzője vett részt. A téli ifjúsági olimpián 7 sportág 15 szakágának 64 versenyszámában avattak bajnokot. Tirol fővárosa energiatudatosan készült az eseményre: az "olimpiai falut" passzívház-technológiával létesült épületek alkotják. (Az olimpiai falu szomszédságában már 2009-ben elkészült a "civiliek" által lakott, 350 lakást magában foglaló passzívház-lakótelep.) Számokban az egyedülálló olimpiai faluról: a 26 300 négyzetméteres területen 444 lakást alakítottak ki. A mélygarázsokban 509 parkolóhely áll rendelkezésre. A beépített terület nagysága összesen mintegy 41 ezer négyzetméter; ebből a hasznos alapterület összesen 29 600 négyzetmétert tesz ki. Az építési munkálatok 2009. decemberében kezdődtek. A bekerülési költség hozzávetőlegesen 61 600 000 euró. A beruházás a nyílt részvénytársaságként működő, mintegy 100 alkalmazottat foglalkoztató *Neue Heimat Tirol* (NHT) bérlakásépítési programjának keretében valósult meg. A passzívház standardnak megfelelően az új lakások fűtési energiaigénye nem haladja meg a 15 kWh/m<sup>2</sup>a értéket. Összehasonlításképpen: az 1976-os téli olimpia idején ez az érték még 200 kWh/m<sup>2</sup>a volt! Az alpesi oxigéndús, tiszta levegő a zárt terekben is érzékelhető, a hővisszanyerő szellőző rendszernek köszönhetően. Háromrétegű ablakokat, tökéletesen záró ajtókat építenek be; összességében lényeges építészeti-kivitelezési

kritérium a légtömör szerkezeti kialakítás. Az olimpiai falu lakásait a 2012-es téli játékok lebonyolítását követően innsbrucki lakosok vehették bérbe.

### **Passzívház az indiánok földjéről, 2012**

*Taos, USA, Új-Mexikó*

*Tervező: zero e design, Joaquin Karcher*

Progresszív és hagyománytisztelő - esővízzel öntöznek, a Napból nyernek áramot, fűteni nemigen kell. Nemcsak a környezet, de az épület is figyelemreméltó - környezet- és energiatudatos 'jegyeit' tekintve progresszív, külső jegyeiben hagyománytisztelő<sup>96</sup>. Tartalmaz minden fontosabb 'technokrata' gépészeti elemet, belsőépítészete a modern minimalista, illetve a rusztikus mediterrán (mexikói) stílust ötvözi. Az épület *LEED Platinum* minősítést kapott. A 220 négyzetméter alapterületű, 3 hálószobás, 2 fürdőszobás, nappali-konyhás épület falai és a tető 35 cm vastagságú cellulóz hőszigeteléssel ellátottak. A hőszigetelés nyáron a túlzott felmelegedést hivatott megakadályozni. Az ablakok nemesgázzal töltött dupla üvegezésű hőszigetelő nyílászárók (ezen a klímán ez is elegendő). A világítástechnika is energiatakarékos a takaros taosi rezidenciában: LED-eket és kompakt fénycsöveket alkalmaznak fényforrásként. A házban hővisszanyerős szellőztető van; esővízgyűjtőt is kialakítottak, az esővizet főleg a kerti növények öntözésére használják. Az elektromos hálózathoz 2,8 kW-os napelemtermelés csatlakozik, továbbá öt napkollektor - 650 literes víztartályban tárolják a szolár rendszer által előállított használati melegvizet. A hővisszanyerős szellőztető rendszer segíti a kiegészítő fűtésigény alacsony szinten tartását (kiegészítő fűtésre esetenként nincs is szükség a passzívházakban, főként a mediterrán vidékeken), a szoláris nyereség (természetes napmeleg), valamint a "működés", például tűzhely-, sütő-, fürdőhasználat stb. során keletkező hőenergia hasznosítását. A mediterrán és a trópusi klímán a túlzott nappali felmelegedés elkerülése érdekében feltétlenül gondoskodni kell a megfelelő árnyékolásról.

### **Minősített passzívház DGNB arany fokozatú minősítéssel, 2012**

*Frankfurti bölcsőde, óvoda*

*Építész: Prof. Dr. Zimmermann és munkatársai*

*Szakértő: Sariri-Baffia Enikő*

Egyedülálló mintaprojekt, a fenntarthatóság komplex szempontrendszerének megfelelő bölcsőde és óvoda létesült PPP-konstrukcióban a frankfurti *Preungesheim* városrészben. Az intézmény megszerezte a passzívház minősítést<sup>97</sup>, ebből fakadóan, kiváló energetikai mutatókkal rendelkezik, emellett teljesítette a világ jelenleg legkimunkáltabb fenntarthatósági minősítési rendszerének, az épületek környezeti értékelésére kifejlesztett *DGNB*<sup>98</sup> követelményeit, s megkapta a legmagasabb, arany fokozatot. A *DGNB* az oktatási épületekre vonatkozó

<sup>96</sup> Forrás: greenpressblog.com

<sup>97</sup> Forrás: Sariri-Baffia Enikő passzívház-minősítő

<sup>98</sup> Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – komplex fenntarthatósági kritériumrendszer

kritériumrendszert ezen épület tapasztalatait felhasználva dolgozta ki és véglegesítette; ezt alkalmazzák a továbbiakban a többi oktatási intézmény esetében. A DGNB Minősítési Rendszert a Német Fenntartható Építés Egyesülete (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*, DGNB) fejlesztette ki az épületek komplex környezeti értékelésére. A fenntarthatóság hármass - gazdasági, társadalmi, környezeti - alappilléren alapuló értékelési rendszer egyenlő súllyal kezeli a környezetvédelmi, gazdasági és társadalmi fenntarthatósággal összefüggő kérdéseket. A DGNB Minősítési Rendszer a mérhetőségen és teljesítményen alapul, és a kiemelkedően teljesítő projekteket bronz, ezüst, arany fokozatú kategóriákkal értékeli. Az értékelés hat témakört ölel fel: ökológia, gazdaságosság, szocio-kulturális és funkcionális kérdések, technológia, folyamatellenőrzés és helyszín minősége (ez utóbbi nem számít bele az értékelésbe). A minősítés egzakt, számszerűsített módon jeleníti meg egy fenntartható épület környezetre és társadalomra gyakorolt pozitív hatását. A DGNB minősítés az integrált tervezés koncepcióján alapul, amely már a tervezés korai fázisában meghatározza a fenntartható építés célkitűzéseit. Fenntartható épület létrehozható a ma rendelkezésre álló technológiával, és az épület létrehozói a fenntarthatóságot megfelelően kommunikálhatják ezzel a minősítési rendszerrel.

Frankfurt városa és a *Verband Baugewerblicher Unternehmer Hessen Bezrk. FfM e.V.* (építőipari cégeket tömörítő szervezet, mint hazánkban az ÉVOSZ) együttműködésében valósult meg a PPP-konstrukció. A szervezethez tartozó - megversenyeztetett - cégek vállalták, hogy megépítik és működtetik az intézményt; az együttműködés hosszú távra, több évtizedre szól. Frankfurt város - mint a bölcsőde és óvoda tényleges építtetője - ez idő alatt bérleti díjat fizet a társaságnak. A szerződési idő lejártával az épület a város tulajdonába kerül. A frankfurti gyermekellátó intézmény kivitelezési munkálatai mindössze 13 hónapig tartottak, 2012. augusztus 17-én megtörtént az ünnepélyes átadás. Az épület egyik különlegessége a hosszú élettartalmú, rendkívül strapabíró klinkertégla burkolat, ami passzívházak esetében nagy kihívást jelent, mivel a klinkertégla sajátos rögzítési módja miatt hőhidak képződnek, amelyeket semlegesíteni kell. (Passzívházaknál alapkritérium a hőhidmentesség.) Klinkertégla alkalmazásakor a hőhidakat kiiktatni nem lehet, ezért az épület egyéb szerkezeti vagy gépészei elemeivel semlegesítik a hőhidak kedvezőtlen hatását. Adott épület esetében például kiemelkedő hőszigetelésű nyílászárókat építettek be, illetve magas hatásfokú szellőztetőrendszert alkalmaztak. A szerkezet vázkerámia téгла (24 cm), kőzetgyapot hőszigeteléssel (24 cm), erre került a klinkertégla-burkolat a nemesacél tartószerkezettel. Az épület lapostető, polisztirol szigeteléssel ellátott, melynek átlagos vastagsága 45 cm. A padló hőhidmentes lemezalap, alatta 30 cm XPS szigetelés. A nyílászárók - ablakok és üveges ajtók - 3 rétegűek, U-értékük átlagosan a beépítési hőhidakkal együtt 0,72 W/m<sup>2</sup>K. Az épület 984 négyzetméteres - az öt csoporthelyiségből kettőben bölcsődések, háromban óvodások töltik a napjaikat. Az összes helyiség egy központi hővisszanyerős szellőztető rendszerrel van felszerelve, melynek hatásfoka 80 százalékos. Külön - speciálisan konyhára

kifejlesztett - hővisszanyerős szellőztető rendszere van a konyhai egységeknek. Mindkét készülék csak a nyitva tartás alatt üzemel. A fűtési rendszer: távfűtés. Frankfurt modern fűtőműjében elektromos energiát állítanak elő, a mellékesen termelődő ún. hulladékhőt pedig a távfűtéses épületek fűtéshez hasznosítják. A frankfurti passzív ház bölcsődében és óvodában az esővíz-hasznosítás is megoldott. A nyári túlmelegedés ellen az ablakok árnyékolásával és automatizált ablakokkal védekeznek, az ajtók felett található ablakszárnyak éjszaka kinyílnak, így átszellőzhet az épület, passzív módon hűtve a helyiségeket. Az épület kelet-nyugati tájolású. A nyugati oldalra kerültek a nagy ablakok, itt vannak a csoporthelyiségek. A déli oldal zártabb, kevés ablakkal ellátott (bejárati oldal). Az épület keleti része forgalmas útszakaszra néz, de a kiváló zajszigetelésnek köszönhetően nem hallatszik be a járművek zaja. A DGNB által végzett levegőminőségi vizsgálat kiemelkedően jó eredményt mutat. Kiváló eredménnyel zárult az életciklus vizsgálat is. Az épület éves energiafogyasztása 35 ezer kWh, négyzetméterre vetítve 35,3 kWh. Kalkulált energiaköltség (fűtés, melegvíz): 3500 euró/év. Primer energiaérték (világítás, fűtés, melegvíz, elektromos berendezések): 82,4 kWh/m<sup>2</sup>a . Passzív ház esetében 120 kWh/m<sup>2</sup>a az előírás, tehát a frankfurti intézmény jóval túlteljesíti a követelményt.

### **Energiatakarékos toronyház a Duna partján, 2013**

*Ausztria, Bécs*

*Tervező: Hayde Architekten, Bécs, 2013*

A magasházak általában rengeteg energiát használnak, és hatalmas ökológiai lábnyomuk van. Egy új bécsi projekt megmutatja, hogy ennek nem kell feltétlenül így lennie – a magasépületek lehetnek fenntarthatóak, és energiatakarékosak is. A bécsi RHW.2 irodaépület világon elsőként kapta meg magasházként a rangos passzív ház minősítést. Kiváló belső komforttal és minimális energiafogyasztással rendelkezik az új Raiffeisen irodaház, melyben 900 dolgozó munkahelye van. A minősítés megszerzéséhez az út a radikálisan hatékony homlokzati kialakításon, a gondos csomóponti részlettervezésen és gépészeti rendszeren keresztül vezetett – még a kávéfőzőkre is odafigyeltek. Az optimalizált árnyékolásnak köszönhetően a hűtési igények 80%-kal kisebbek, mint egy hasonló irodaházban. A bécsi Duna-csatorna partján felépült irodaház helyén korábban az OPEC központ állt, így jelképértékű az épület. Az irodai funkciók mellett óvoda, kávéház és egyéb közösségi terek is helyet kaptak.

A passzív ház energiakoncepciót<sup>99</sup> alkalmazó 20 emeletes (78 m magas) irodaépület fotovillamos energiahasznosítással, biogázzal üzemelő kapcsolt fűtő, és energiatermelő egységgel rendelkezik, tehát aktívan termeli is az energiát. Az összes hulladékhöz újrahasznosítják, a hűtést a Duna vize biztosítja. Az épület jól illusztrálja a Raiffeisen csoport klímavédelmi elkötelezettségét. A „passzív” ebben az értelemben azt jelenti, hogy az épület kevés természeti erőforrást használ fel, viszont

---

<sup>99</sup> A passzív ház koncepció kompakt épületformát, kedvező A/V arányt, optimális tájolást, rendkívül jól hőszigetelt épületburkot, hőhídmenteséget és kiváló légtömörséget jelent, kiváló nyílászárókkal és hatékony hővisszanyerős szellőzéssel, mindezek úgy biztosítják a belső komfortot, hogy a hővesztéséget minimálisra csökkentik.

hasznosítja a napenergiát a jól szigetelt, légtömör épületburkon belül fűtésre, és minimálisra csökkenti a hűtési energiát a nyári hónapokban a megfelelő ablak kiosztással és árnyékolással. A passzívház az energiaigényt a szokványos érték tizedére csökkenti.

Főbb adatok:

Tervezés-építés: 2009-2012

Tervezők: Hayde Architekten, DI Dieter Hayde, DI Ernst Maurer

Helyszín: 1020 Wien

Bruttó szintterület: 27000 m<sup>2</sup>

Minősített passzívház

Tervező szoftver: PHPP

Szellőztetés hővisszanyeréssel

Homlokzati kialakítás: Kéthéjú klímahomlokzat

Légtömör épületburok

Beruházási költség: 84 millió Euro

**Passzívház plusz - pluszenergiás irodaház átriummal, 2013**

*Esbjerg, Dánia*

Tervező: GPP Architects

A legújabb dán passzívház Dánia, és egyben a világ egyik legnagyobb minősített passzív irodaháza. A tervezők 2011-ben, pályázat útján nyerték el a megbízást, és két év elteltével az avatónnepség is megtörtént. A Dánia nyugati partján, vidéki, zöld környezetben felépült dinamikus formálású irodaház 600 dolgozó munkahelye. A nyitott, barátságos, hatékony és inspiráló környezet pozitív hatást gyakorol a dolgozókra és a látogatókra egyaránt. Az 1000 négyzetméteres szélvédett zöld tetőkertről kilátás nyílik az Atlanti óceánra. Az SE új székhelyét, a 10.500 m<sup>2</sup>-es hasznos alapterületű irodaházat a nemzetközi szinten jegyzett passzívház minősítő rendszer szerint tanúsították. Az épület több energiát termel, mint fogyaszt, ezért plusz-energia háznak is nevezhetjük. Az épületet 2013 június 21-én avatták. Az optimalizált működésű, csökkentett hőterhelésű szerver szobában keletkezett felesleges hő az épületet fűti. A hűtésnél kihasználják a talajkollektorok hűtési potenciálját. 1800 m<sup>2</sup> felületű fotovillamos napelem termeli az elektromos áramot. Az épület kiváló akusztikai jellemzőkkel rendelkezik. Az épület a valóban fenntartható építészet kiváló bizonyítéka. A tervezés első lépéseitől fogva integrált tervezés folyt, az építészek és mérnökök összehangolták munkájukat az alaprajzoktól kezdve az utolsó részlettervekig. Az energiahatékony megoldásokat gondosan elemezték és költséghatékonyan alkalmazták.

- A monolit vasbeton, aktivált földem egyaránt használható fűtésre és hűtésre,
- alacsony hőmérsékleten
- Kiváló természetes fény. Két vízszintes csík hagyományos ablakok használata helyett: a napfény hatékony kihasználása mérsékelt üvegfelülettel, egy fénycsík közel a plafonhoz segít, hogy a napfény mélyen bejusson az épületbe,

- Központi átrium, elég napfényt juttat el az épület magjába
- Belső árnyékolók és közepes napvédő üvegezés
- Az épület hasznosítja a szerver szoba hőjét fűtési és használati melegvíz előállítására
- A világ egyik legnagyobb szélálló épülete
- A szerver szoba, és a munkahelyek számítógépeinek optimalizálása
- A hűtő és fűtő rendszer optimalizálása
- Kiváló belső akusztika

Passzív legyen, vagy 2020-as? – merült fel a kérdés az építetőkben. Az építető úgy döntött, hogy a passzív ház követelményrendszerre összpontosít, és a megújuló források aktív energiát alkalmazza. Ezzel egyébként megfelel a 2020-as előírásoknak is. Ez azt mutatja, hogy az egyik nem zárja ki a másikat. A passzív ház minősítés miatt a tervezők kénytelenek voltak, a teljes energiafelhasználásra összpontosítani az épületben, de különösen a szerver szobában, és az összes energiaszámítást független ellenőrzésnek vetették alá. Ez azt is jelenti, hogy az épület energia teljesítménye összehasonlítható a nemzeti határokon és építési szabályzatokon túl is. Az épület arra is példa, hogy ekkora alapterületű épületen is lehet légtömorség tesztet elvégezni (nem is akármilyet, 0,1 h-1 Na50 – a követelmény 0,6)

Főbb adatok:

*Tervezők: GPP Architects, Tina Lind, Niels Haugard, Erik Nord Nielsen; Mérnök: Esbensen, Sloth-Moller és Alectia*

*Helyszín: Esbjerg, Dánia*

*Tervezés: 2011*

*Üzembe helyezés éve: 2013*

*Építető: Syd Energi (az egyik legnagyobb dán elektromos és kábelhálózat szolgáltató)*

*Bruttó alapterület 11500 m<sup>2</sup> (+3000 m<sup>2</sup> raktár)*

*Napelemek: 1800 m<sup>2</sup>*

*Talaj-kollektorok hossza: 10 km*

*Minősített passzív ház (a világ egyik legnagyobb minősített passzív irodaháza)*

*Fajlagos fűtési energiaigény: 8 kWh/m<sup>2</sup>a*

*Légtömorség teszt: 0,1 h-1 Na50*

*Bekerülési költség: 210 millió dán korona*

## Hazai példák

*Solanova projekt, 2005*

*Regionális Környezetvédelmi Centrum (REC), Szentendre, 2008*

*Dunakeszi sorház, 2010*

*Budajenő, 2010*

*Passzív társasház, Szeged, 2011*

*Passzív ház Budán, 2012*

*Az első magyar passzív ház minőségű iskola, Budapest, 2012*

*Energiadesign ipari csarnok, Komló, 2012*

*100 lakásos passzív ház Budapest, 2013*

*ÉMI Építőipari Tudásközpont, Szentendre, 2013*

Az *Épületenergetikai Direktíva*<sup>100</sup> (EPBD) hatására minden EU országban, így hazánkban is bevezetésre kerültek azok a jogszabályi feltételek és követelményrendszerek, amelyek az épületek szabályozására, tanúsítására, valamint a fűtési és klímatechnikai rendszerek felülvizsgálatára vonatkoznak. A 7/2006. TNM rendelet<sup>101</sup> évekre meghatározta azokat a követelményeket és számítási algoritmust, amellyel a hazai vizsgálatot el kellett végezni, most pedig küszöbön áll a közel nulla energiás követelményrendszer bevezetése. Úttörő magyar projektek jelzik az utat, már hazánkban is megtalálhatóak a passzív házak, zéró és pluszenergiás épületek. Néhányat ezek közül kerül bemutatásra itt néhány jellemző épület.

### **Solanova projekt**

*Dunaújváros, 2005*

*Tervezők: Novák Ágnes, Osztrólczyk Miklós, Csoknyai Tamás, Zöld András, Andreas Hermelink*

A SOLANOVA-projekt<sup>102</sup> a panelfelújításban élenjáró Dunaújvárosban valósult meg, az Európai Unió 5-ös keretprogramja részeként, és az egyik első úttörő magyar projektként tartjuk számon. A projekt jelentősége és ismertsége európai szintű, ezt bizonyítja, hogy több egyéb díj mellett 2006-ban megkapta a *Solar Preis* nevezetű igen rangos nemzetközi díjat, ennek azért van nagy jelentősége nemzetközi szinten is, mert panelépülettel nemcsak mi rendelkezünk, hanem sok más ország is. A SOLANOVA-projektben együtt dolgoztak a magyar tervezők mellett a német Passzív ház Intézet, és a kasseli egyetem munkatársai is. A demonstrációs épület egy hetvenes évek végén épített 9 szintes, 42 lakásos, egyszerű tömegű, lapostetős

<sup>100</sup> Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Communities, 4 January 2003. pp. 65-71.

<sup>101</sup> TMN rendelet 7/2006. (V. 24) Az épületek energetikai jellemzőinek a meghatározásáról, Magyar Közlöny, 2006/62. szám, pp. 5134-5175

<sup>102</sup> A SOLANOVA - Konzorcium résztvevői Magyarország (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, és a Dunaújvárosi Víz- Csatorna és Hőszolgáltató Kft.) mellett Ausztria (Internorm ablakok), és Németország (Kasseli Egyetem, a Passivhaus Institut és az Innovatec) voltak.



panelház. Az eredeti épület mért fűtési energiafelhasználása a hőfokhidas korrekció után 220 kWh/m<sup>2</sup>a volt. Az eredeti célkitűzés az volt, hogy ezt legalább 45 kWh/m<sup>2</sup>a alá csökkentsék, ezzel kidolgozva a panelépületek fenntartható felújítási koncepcióját, megkeresve az optimális gépészeti és építészeti beavatkozás lehetőségeit. A mintaépület megvalósítását monitoring, szociális kutatás és ökológiai elemzés egészítette ki. A mérések során bebizonyosodott, hogy a panelépületek fő veszteségforrását a hőhidak jelentik, ezért a számításoknál ezt a szokásos módszertől eltérően, másféleképpen kellene közelíteni. Ha csak azt néznénk, hogy a panelokban 7-8 centis hőszigetelés van, akkor ezek viszonylag jól hőszigetelt házak lennének, legalábbis közel sem lennének olyan rosszak, mint amit az energiaszámlák igazolnak. Kutatások kimutatták, hogy az épületben - és ez panelsajátosság - a másik fő probléma az energiafogyasztás mögött a nyári komfort hiánya. A felújítási stratégia a következő volt: határoló szerkezetek hőszigetelése (külső falon 16 cm  $U=0,22$  W/m<sup>2</sup>K, lapostetőn 21-29 cm  $U=0,12$  W/m<sup>2</sup>K, pincefödemen 10 cm hőszigetelés); fűtés korszerűsítés (szabályozható); hővisszanyerős szellőzés telepítése; nyílászáró csere (üvegezés közötti árnyékolóval a déli homlokzaton - a külső árnyékoló a szél és a hőhidak miatt nem volt optimális)  $U=0,9-1,4$  W/m<sup>2</sup>K; fokozott légtömörség, melyet Blower-door teszttel is ellenőriztek; napkollektor (előtetőként); víztakarékos szerelvények beépítése, melyek a napkollektorokkal együttesen 50 százalékkal csökkentették a melegvíz-hőigényt, továbbá extenzív zöldtető. A napkollektormező a földszinti előtetőn került elhelyezésre. Ez azért is jó, mert előtetőt mindenképpen kellett volna építeni a földszinti üzletek árnyékolása céljából. A külső oldali homlokzati hőszigetelés azért 16 cm, és nem pedig 20, vagy 30, mert a szendvicspanelban eleve van 7 cm szigetelés. Ez elméletben 0,44 W/m<sup>2</sup>K értéket jelentene, azonban a hőhidasság miatt a valóságban csak 1,8-2,0 W/m<sup>2</sup>K van. Ezért elsősorban a hőhidakat kellett megszüntetni, ami 16 cm-rel jól megvalósult. Lakásonkénti kiegyenlített szellőzőrendszer lett beépítve hővisszanyerőkkel, 90 százalékos laboratóriumi hatásfokkal, továbbá 72 négyzetméteres napkollektoros rendszer segíti a használati melegvíz termelést. A légtömörség mért értékei n<sub>50</sub> 7-12 h<sup>-1</sup> között alakultak a felújítás előtt, ezt n<sub>50</sub><2,0 h<sup>-1</sup> érték alá sikerült vinni (passzívházaknál a követelmény n<sub>50</sub><0,6 h<sup>-1</sup>). Eredmények példaértékűek<sup>103</sup>: A megvalósított megoldásokkal 86 százalékos átlagos megtakarítást sikerült elérni (ennek pontos értéke szezononként változó). Első évben 39 kWh/m<sup>2</sup>/év átlagos értéket mértek, a második évben 19-et (enyhe tél volt, ez a magyarázata). Az üzletekben 71 kWh/m<sup>2</sup>a értéket mértek az első évben, a lakásokban 35-öt. Azért ilyen magas az üzletekben, mert ott nincsen hővisszanyerő, ez is jelzi a hővisszanyerés jelentőségét. A megújulók aránya 26 százalék. Új, szabályozható radiátoros fűtési rendszer lett kiépítve.

---

<sup>103</sup> Szekér László: Fenntartható építészet felé, 2010, A Solanova projekt

## **Regionális Környezetvédelmi Centrum (REC) energiahatékony felújítása**

*Szentendre, 2008*

*Tervezők: Federico M. Butera (Milánó), Kruppa Gábor - Kima Stúdió (Budapest)*

A REC szentendrei bázisát zéró emissziós épületnek tervezték. Ez a cél akkor érhető el, ha az épület energiatermelése megegyezik annak energiafogyasztásával. A környezetvédelmi központ megalkotói három hatékony módszer kombinációját alkalmazták: az energiafogyasztás optimalizálását, megújuló források alkalmazását, illetve a fogyasztás ellenőrzését, optimális korlátozását. A gyakorlati megvalósítás ennek megfelelően hatékony szabályozórendszerekkel (fűtés, hűtés, világítás), körültekintő építészeti kialakítással (megfelelő hőszigetelés, árnyékolás stb.), valamint az energiatudatos használói magatartásra való ösztönzés együttesével történt. A megújuló energiaforrásokat illetően dominál az aktív napenergia-hasznosítás (fotovoltaikus napenergia-hasznosítás és hőtermelő napkollektorok), valamint a geotermális energiahasznosítás. A REC központi irodaépülete egy meglévő irodaépület átépítésével jött létre Szentendrén<sup>104</sup>. A költséges és környezetkárosító bontás helyett a régi épület szerkezetét megtartották. A vasbetonvázas, alumínium függönyfalas, elégtelen hőszigetelésű, hőhidas, nyáron meleg, télen hideg, energiafaló monstrum zéró kibocsátású, korszerű épületté vált az átalakítással. Eltűntették a minimális hőszigetelő-képességű, elavult homlokzati héjat, továbbá teljesen új, megújuló forrásokkal kombinált épületgépészeti kialakítást alkalmaztak. Olasz kezdeményezésre 2005-ben kezdődött az előkészítés, a tervezés és az engedélyezés pedig 2006-ban. A kivitelezés 2007 októberében indult és 2008 júniusában fejeződött be. Az épület hűtési és fűtési rendszereinek elektromosenergia-ellátását, valamint a világításhoz s az egyéb készülékek üzemeltetéséhez szükséges elektromos áramot 140 darab fotovoltaikus napelem szolgáltatja, melyeket a tetőn helyeztek el, 29 kW névleges teljesítménnyel – ez a maga idejében a legnagyobb ilyen jellegű naperőmű volt. A többletenergiát visszatáplálják a hálózatra. Az épület hőenergiaellátását hőszivattyúk biztosítják (hatékonyság: 4-es COP), melyek 12 darab 100 méter mély talajszondából nyerik az energiát. Az összes épületgépészeti rendszer hatékony vezérléssel és távfelügyelettel rendelkezik. Világítástechnikában a természetes fény maximalizálása volt a cél, amit a mennyezet alatti bevilágító sáv, valamint mozgó és fix árnyékolók alkalmazásával érték el. A mesterséges világítást automata fényérzékelők szabályozzák, érzékelve a jelenlétet és a természetes fény intenzitását. Hagyományos villanykapcsolók nincsenek az épületben. A kellemes hőkomfortot sugárzó fűtéssel (földmétemperálás) érték el. Az időszakosan használt helyiségekben csökkentik az energiabevitelt, s az ajtókat természetesen zárva tartják.

---

<sup>104</sup> Forrás: Szekér L. Fenntartható építészet felé

## **Passzív sorház napelemekkel**

*Dunakeszi, 2010*

*Tervező: Sinóros-Szabó Balázs*

*Szentmihályi-Nagy István* építészmérnök, beruházás-lebonyolító, és tulajdonos, az általa „Emberi Otthon Modell” (PHM – *People Home Model*) névre keresztelt koncepciója az energetikai megfontolásokon (a passzívház követelményrendszer teljesülése, megfelelő légkény, hőkény, energia megtakarítás stb.) túlmutatóan újrahaznosított anyagok felhasználásával, gyors és megfizethető építéstechnológiával és megújuló energiával kívánja biztosítani az alacsony üzemeltetési és fenntartási költséget, - a tervezés, a kivitelezés valamint az épület élettartama alatt. Ennek a célkitűzésnek mintapéldája a dunakeszi passzív sorház. A passzívház elveknek megfelelően megépített (és minősített) épület alatt 50 cm üveghab alapszigetelés van, épületgépészetileg és elektromosan előrszerelt monolit vasbeton szerkezetekkel, és cellulóz hőszigeteléssel ellátott fa zárófödémrel. Az újrahaznosított építőanyagok felhasználása csökkenti a beépített energia mennyiségét és javítja az életciklus számítás mutatóit. Szentmihályi-Nagy fejlesztőként és kivitelezőként azt prognosztizálja, hogy a passzívházak építési többletköltsége várhatóan egyre kisebb lesz, ezért megkérdőjelezi a jelenlegi építési gyakorlat gazdaságosságát, vagyis szerinte nincs értelme a jelenben olyan épületet építeni, mely néhány éven belül korszerűtlenné válik, és csak jelentős többletráfördítésekkel lehet majd újra „aktualizálni”. Az eladásra épített sorházban a gépészeti rendszerek ellátására napelemekkel termelt elektromos áram áll rendelkezésre, bizonyítva, hogy a passzívházakkal kombinálva már a közeljövőben meg lehet valósítani a közel zéró energiafelhasználást. Akár külföldi piacokon is versenyképes lehet a magyar innováció, a környező országokban is keletje lenne a szaktudásnak, ha ilyen épületeket tudnának építeni a hazai kis és középvállalkozások.

## **Dombház télkerttel**

*Budajenő, 2010*

*Tervező: Lázár Antal*

Egyre inkább foglalkoztatja a hazai építészeket is a passzívházakhoz illő építészeti formálás kérdésköre. Lázár Antal DLA, Kossuth díjas építész a tervezője annak a különlegesen formált lakóháznak, mely Budajenőn épült meg 2010-ben. A mezőgazdasági területen megépült passzívház technológiát alkalmazó épület funkciója szerint lakó- és gazdasági épület, különlegessége a nagy, egybefüggő, galériázott belső tér, a természetes anyaghasználat és nagyvonalú formálás, a télkertek és a különleges növényzet. Az építész számára kihívás volt a telek és a természeti környezet. A ház alapgondolata - a természetbe simuló dombház - már a Tüskecsarnok tervezésénél is felmerült az építészen, ezt a gondolatot bontotta ke ennél a tervnél is. A ház egyedi formálása, a passzívház-technológia nem korlátozta az építész szabadságát. A tervezés 2007-2009 között két évet vett igénybe, a kivitelezés 2009-2010-ben 14 hónap alatt zajlott le. Az integrált, délre tájolt

télikertekkel ellátott, korszerű épületgépészeti és elektromos rendszerekkel felszerelt épületben az árnyékoló rolók gépi működtetésűek, a melegvíz termelés, a fűtés és a hűtés hőszivattyúval történik, az elektromos energiát a gazdasági épületen lévő napelemek adják. Légtömörégi teszt és PHPP készült, és a kivitelezés szigorú ellenőrzés mellett készült. Példaszerűen került kialakításra az épület környezete, a kertészeti megoldások, a növénytelepítés, a mesterséges tó, valamint az igényes, egyedi belsőépítézet.

## **Passzív társasház**

*Szeged, 2011*

*Tervező: Abdou-Abdo Tamás DLA*

Szegeden, a József Attila Tanulmányi és Információs Központ közelében épült fel a nyolclakásos társasház, passzívház-szintű megoldásokkal<sup>105</sup>. A fiatalos, világos, átlátható terekhez minimális rezsiköltségek társulnak, ami hosszú időre versenyképessé, kiadhatóvá teszi a lakásokat. Fontos volt a gyors tervezés és építés beruházói szemszögből. Már 2008 nyara után látható volt, hogy az energiahatékony, előremutató épületek könnyebben kiadhatók, vagy értékesíthetők maradnak a kibontakozó gazdasági válság idején. Lényegében, ha olyan előremutató épületet hoz létre a beruházó ebben a piaci környezetben, ami öt-hat év múlva is egyenértékű egy új beruházással, akkor azt az értéknövekedést értékesítheti majd a piacon, amennyivel megnőnek az építési költségek az elkövetkezendő években. Ha a 6-8 év múlva készülő új épületekkel versenyképes ingatlannal szeretnénk már most rendelkezni, akkor passzívház-minőséget kell építenünk. Az épület szűkebb környezetét figyelembe véve, főképp a belvárosba költöző fiatal egyetemisták és gyerek nélküli fiatal párok volt a fogyasztói célcsoport. Ennek megfelelően nappali - étkezőkonyha, plusz egy hálósobás lakásokat alakítottak ki, a konyha-étkező részhez közvetlenül kapcsolódó, nagyméretű teraszokkal. A nyolc lakásból négy esetben külön extra funkcióként még a hálósoba és a nappali-étkező konyha is egybenyitható, kitekintést nyújtva egyszerre a hátsókertre és az utcára. Ezzel a lépéssel - társasházakhoz képest szokatlan módon - a hálósobák és a fürdőszobák ablakai nyílnak az utca felé. Ez a megoldás ennél a háznál azért szerencsés, mivel az egyetemi könyvtár parkosított oldalkertjére és a könyvtár ablaktalan, hátrahúzott oldalhomlokzatára néz az épület. A klasszikus háromfogatú elrendezés háromkarú lépcsőjével a lépcsőház is - a lakásbelsőkhöz hasonlóan - tágas, világos és átlátható.

Érdekes gondolat a parkolók földszinti elhelyezése, amit az indokol, hogy a lakások egyetemista bérlői többnyire nem használnak autót, így ezeket a tereket szinte csak kerékpártárolásra veszik igénybe, a beruházók pedig nem kívántak üzletet vagy irodát elhelyezni a földszinten. A mélygarázst a kis telekméret miatt csak jelentős költséggel, nehézkesen, meredek rámpával lehetett volna kialakítani.

---

<sup>105</sup> Forrás: <http://www.abouabdo.com/passziv-haz>

A burkolatok minősége a fiatalos, praktikus felfogást képviselik. Kiváló természetes bevilágítás, és design elemként megjelenő árnyékolástechnika jellemzi a házat. A korlátok és a fém tetőfedés szürke metál színezést kaptak. A gázszilikát anyagú építőelem-rendszerrel az akusztikai, hőtechnikai és tűzvédelmi követelményeket lehetett egyidejűleg teljesíteni. A hagyományosnak tekinthető gázfűtéses megoldás helyett, a hűtési rendszer és a gázbekötés többletköltségei miatt, az épület fűtését és használati melegvíz-ellátását egy tizenöt kilowattos talajszonás hőszivattyú, valamint a hozzá tartozó öt darab, száz méteres talajszonda látja el. Az öt talajszonda lehetővé teszi a passzív nyári hűtést. Az első téli tapasztalatok szerint egy 60 négyzetméter körüli lakás havi melegvíz-készítési és fűtési díja két-háromezer forint. A melegvíz-ellátás úgynevezett frissvíz-állomásról van ellátva. A talajszonákon és a hőszivattyún kívül fontos gépészeti elem a kilencven százalékos hatásfok felett működő, hőcserélős szellőztetőgép. Hangtechnikai és tűzvédelmi okok miatt minden lakás külön gépet kapott.

### **Passzívház Budán**

*Törökvész, 2012*

*Tervező: Székér László*

A már teljesen beépült környezetben egy hatvanas években épült elavult lakóház bontásával nyertek építési telket az építetők. A passzívház alapelvek szerint épült kétlakásos ház (déli tájolás, szoláris nyereség biztosítása, légtömör, hőszigetelt épületburok, megszakításmentes szuperszigetelés, passzívház-nyílászárók, hővisszanyerős szellőzés, opcionális talajhőcserélővel és napkollektorokkal) a környék modern hangvétellű villái közé illeszkedik. A budai minősített passzívház 2012-ben épült meg, főbb jellemzői a hővisszanyerős szellőzés, földmaktíválás, free cooling talajhő hasznosítással, Multipor hőszigetelés, napkollektorok, esővízgyűjtés. A terv érdekessége a speciális házon belüli hőszigetelési megoldás, mivel a pincés szint nem része a termikus burknak, az árnyékolásra is használt napkollektorok, a *Multipor* hőszigetelő rendszer (Magyarországon elsőként alkalmazva kizárólagos falszigetelésként), hőhídmegszakító elemek alkalmazása, hőhídmentes konzolok, integrált talajhőhasznosítás.

### **Az első magyar passzívház minőségű iskola**

*Budapest, 2012*

*Tervező: Székér László*

Az első magyar passzívház-technológiával létesített iskolaépület, vagyis az első "passzívházas" alapfokú oktatási intézmény 2012-ben készült el Budapesten<sup>106</sup>. Az új, mintegy 120 négyzetméter alapterületű épületrésszel - funkciója speciális foglalkoztató terem - bővített általános iskola - Budapesten a XX. kerületben található. A diákok a 2012/2013. tanévben használatba vehették az új épületrészt.

---

<sup>106</sup> Forrás: Magyar Építéstechnika 2012 06.25.

A tervek a *Passzívház Tervező Csomag – PHPP* - igénybevételével készültek, igazolva, hogy az iskolaépület megfelel a szigorú passzívház-követelménynek: fűtésigénye a meglévő iskolaépületekhez viszonyítva mintegy 90 százalékkal alacsonyabb. Először került hővisszanyerős szellőzés osztályterembe Magyarországon. A nemzetközi tapasztalatok megerősítik az iskolákban alkalmazott szellőztetés fontosságát. Az épületrész költségvetéséhez nem állt rendelkezésre több forrás, mint egy szokványos módon megépített iskolaépülethez, bebizonyítva ezzel, hogy lehetséges elérhető áron ultra-energiahatékony épületet építeni. Fontosabb paraméterek: Alapszigetelés: 25 cm xps és EPS, falak hőszigetelése: 30 cm grafitos EPS, födém hőszigetelése 45 cm EPS. Nyílászárók üvegezése  $U_g = 0,4$  W/m<sup>2</sup>K. Fűtési hőenergia-igény: 15 kWh/m<sup>2</sup>/év. Hővisszanyerős szellőzés hatásfoka 94%. Összes primerenergia-igény: kb. 60 kWh/m<sup>2</sup>/év. Fűtés és HMV előállítás: gáztüzelésű központi fűtésre csatlakozva. Építési költség: 280.000 Ft/m<sup>2</sup> (bruttó).

### **Energiadesign ipari csarnok**

*RATI<sup>107</sup> centrum Komló, 2012*

*Tervezők: Kistelegdi István és ifj. Kistelegdi István*

Apa és fia, *dr. Kistelegdi István DLA* és *ifj. dr. Kistelegdi István DLA* egy formabontó üzem terveit készítette el Komlóra, az *Energiadesign*© koncepció szellemében<sup>108</sup>. A fontos energetikai mérföldkőnek szánt üzem Magyarország első igazi pluszenergiás gyárépülete – lesz idővel, ha majd a jelenleginél hatszor több napelemet építenek bele. A tervezett déli szolárgenerátor épületburok kialakításának első ütemében 50 napelem készült el; a számítások szerint összesen 420 szükséges ahhoz, hogy a ház pluszenergiás legyen, azaz több energiát termeljen, mint amennyit elfogyaszt. A Komló külterületén álló épület tengelye észak-déli irányú. A tervezők egy átlátható struktúrájú, a belső funkciókat és a raszteres szerkezeti rendet tisztán ötvöző épületet akartak létrehozni. A raktárak transzparens-transzlucens burokkonstrukciói, a kiemelkedő átriumtető, továbbá egyéb fényáteresztő burokszerkezetek, a gyártócsarnok északi homlokzata, illetve a nyáron speciálisan kívülről árnyékolt bütüoldali tetőterasz bevágások a nagyméretű puritán téglatest tömegnek sajátos dinamikát kölcsönöznek. A főépületet klímazónákra tagolták, a középső átriumnak áttetsző polikarbonát-, illetve átlátszó üvegburkolatot adtak. A felső szinten az irodákat a napsütötte déli oldal helyett északra tájolták, hogy a hőteher miatt nyáron a hűtési költségek jóval kisebbek legyenek. A terv erőssége a szélenergia passzív hasznosítása (szellőzés, hűtés) a 15 méteres tornyok által domináns felső lezárással és markáns aerodinamikus lencseszerkezetekkel koronázza az egyébként egyszerű épülettömeget. A légcsatornaként működő multifunkcionális központi átrium valamint a közlekedők, alárendelt terek légvezetőként, légcsatornaként való használata azonban felveti a huzatosság problémáját. Az átrium természetes kiszellőzése gravitációs módon megoldott – nyáron a nagyméretű csarnokok kiszellőztetése és a passzív épülethűtés a toronykürtő hatás segítségével történik. Sajnos ez télen is

<sup>107</sup> RATI: Rajnai Attila Technológia és Innovációs Centrum

<sup>108</sup> Forrás: Építészfórum

működik – a megfelelő légzárás komoly kihívások elé állíthatta a tervezőt és kivitelezőt<sup>109</sup>. A téli energiatakarékosságról a gyártástechnológia hulladékhőjének újrahasznosítása gondoskodik, továbbá kompakt formálás, alacsony A/V hányados jellemzi az épülettömeget. Az energiaveszteség csökkentésére a kondicionált épületzónákat körbeburkolták fűtetlen pufferterekkel. Szerkezetileg a leginkább költséghatékony konstrukcióra esett a választás: az előregyártott vasbeton pillérvázra. Az épület hosszirányában végigfutó, előregyártott vasbeton gerendákra előregyártott 6,00 cm vastag vasbeton kéreglapos födémszerkezet ül fel, felbetonnal ellátva és úsztatott esztrichhel lezárva. A természetes egyoldalú ablakszellőzés az irodákban felveti a reálisan elérhető energiahatékonyság kérdését<sup>110</sup>. „Lightpipe” fénycsövekkel erősítik a termelési csarnok természetes fényhasználatát. „Rehau” AWADUKT földregiszter-talajkollektorral történik a frisslevegő-beszívás előmelegítése, ill. előhűtése évszakok függvényében egy talaj-levegő hőcserélőben. A telek területén az épületet északról határoló területen 25 db 100,00 m mélységű, 4 csöves talajszonda segítségével, 16,73°C hőmérsékletű geoenergiával közvetlenül lehetséges az épülethűtés-temperálás, ill. a fűtés előmelegítés. 10 db síkkollektorral történik a HMV-előállítás, és a tusolók ellátása.

### **100 lakásos passzívház projekt**

*Budapest XIII., 2013*

*Tervező: Nagy Csaba*

A XIII. kerületi tömbfejlesztés kiemelkedik napjaink építési mezőnyéből, méreténél és minőségénél fogva is. Jelenleg ez a legnagyobb budapesti passzívház projekt, az első igazán nagyléptékű fejlesztés, mely úgy kívánja teljesíteni a passzívház követelményrendszert, hogy az építészeti formálásban is új utakat keres. A tervezők saját elmondásuk szerint a dániai *Green Lighthouse (Christensen & Co. Arkitekter)*, és a bécsi *Wohnpark Lissegasse (Atelier Albert Wimmer)* épületeit tekintik építészeti előképnek. Ami leginkább foglalkoztatja a tervezőket: kell-e „zöldnek” látszani, milyen megjelenést generálnak az építészeti és épületgépészeti megfontolások? Nagy kihívás, hogy a 100 lakáshoz 100 gépkocsi elhelyezését is biztosítani kell telken belül, úgy, hogy az ne menjen a zöldterület rovására. A fejlesztésre kijelölt tömb három utcáról is feltárható, ez szerencsés adottság. A programot három tömre bontott együttesben helyezték el a tervezők, melyek változatos módon kialakított függőfolyosókkal megközelíthetők. A tömb egyik sarka már be van építve, ehhez alkalmazkodni kellett a tervezés során. A megfelelő benapozás követelménye nem teljesíthető kompromisszumok nélkül, de ez nem is lehetséges ilyen nagy és kötött beépítéseknél. Ahol szükséges volt, a szoláris kontrollt a külső árnyékolók biztosítják. A különböző termikus zónák - a nem fűtött közlekedők és a fűtött lakások - világosan elkülönülnek. A gépkocsik elhelyezése a pinceszinten és a földszinten van megoldva, a garázs teteje udvarként hasznosul. A nyári éjszakai átszellőzést és passzív hűtést

---

<sup>109</sup> Légtömörségről nincs adatunk, ennek hiányában a passzív hűtés télen kellemetlen lehet, és „energiafalóvá” változtathatja az épületet

<sup>110</sup> Saját számításaim alapján hatékony hővisszanyerős szellőzés nélkül aligha lehet 60-70 kWh/m<sup>2</sup>a alá szorítani a fűtési energiaigényt.

a lakások szellős elrendezése biztosítja. A kompakt alaprajzok a nappali-konyha-étkező mellett egy- és kétszobás alaptípust tartalmaznak, illetve terveznek egy egészen kis, garzonlakás típust is. Az épületgépészeti kialakításnál több verziót is elemeztek a tervezők (koncepció: Miskolczi Imre), egyedi és központi rendszereket vizsgálva, az optimális passzívház teljesítményt keresve. Az épület alapkövét 2013-ban rakták le, átadása 2014-ben várható.

### **ÉMI Építőipari Tudásközpont**

*Szentendre, 2013*

*Tervezők: Dajka Péter, Puhl Antal*

Az építésügy területén egyedülálló, több elemű innovációs projektrendszer dolgozott ki az *ÉMI Szentendrei Ipari Park* területére, amely a hazai energiatudatos építés fejlesztésének megalapozója lehet. A fejlesztési projekt célja a jelenlegi ipari park innovációs parkká történő fejlesztése. Első ütemben egy *Építőipari Tudásközpont* felépítését, valamint a kapcsolódó közműveket építette meg az ÉMI<sup>111</sup>. A rendelkezésre álló mintegy 7,8 ha területen a későbbiekben további, mintegy 20,000 m<sup>2</sup> beépítésre nyílik lehetőség, mellyel az egyetemi rész bővítése, középfokú szakképzés és innovatív ipari partnerek részére nyílik elhelyezési lehetőség. Az innovációs és vállalkozási központ épülete energiatakarékos és környezettudatos szerkezeti és gépészeti rendszereket alkalmazó, fszt. +2 szintes irodaház. (Fszt.: 1943m<sup>2</sup>, I. emelet: 1869m<sup>2</sup>, II. emelet: 1873m<sup>2</sup>, összesen 5685m<sup>2</sup>.) Az épületek energia ellátása az Ipari Park melletti, Duna Menti Regionális Vízmű Zrt. Szentendrei Szennyvíztisztító Telepén keletkezett tisztított szennyvíz hő- illetve hidegenergia-termelésben hőforrásként, illetve hő elvonó közegként való hasznosításával, valamint a szennyvíztisztítási folyamat melléktermékeként keletkező biogáz kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre való felhasználásával biztosítható. Az új irodaépület fontosabb innovatív jellemzői az alacsony energiafelhasználás: A+ kategória, fokozott hőszigetelés (pl. oldalfalon 10 cm helyett 25 cm) és energiahatékony nyílászárók alkalmazása; nagy hő-tehetetlenség, amely a kihűlési-felmelegedési ciklust csökkenti; utóhasznosított hőszigetelő anyagok: kőzetgyapot homlokzat-szigetelés, polisztirol adalékos könnyűbeton tető hőszigetelés; déli oldal geometriai árnyékolása döntött üvegezéssel a nyári hővédelemhez; tömör felületek arányainak növelése; zöldtető felületek: hő-csillapítás, csapadék és pormegkötés; zöld homlokzat hő-csillapításra; nyílt vízfelület hő-csillapításra; szezonális ponyva-rendszer belső udvar üvegfelületeinek árnyékolására; mobil árnyékolás nyári hő-védelemre nyugati homlokzaton; kéthéjú klímahomlokzat a déli sarkon; alacsony hőmérsékletű hűtési-fűtési rendszer, szerkezeti és álmennyezeti jellegű; épület energia felügyeleti rendszer; a fennmaradó energiaigény „zöld” energiával történő ellátása; biogáz kapcsolt energiatermelésre való hasznosítása; hűtő-fűtő hőszivattyú rendszer a kezelt szennyvíz hőjének hasznosításával; valamint épületbe integrált napelemek alkalmazása.

---

<sup>111</sup> Forrás: ÉMI, ÉF



## Képmelléklet

### Előfutárok

1



Fridtjof Nansen a Fram nevű hajója előtt a befagyott tengeren, 1893  
Forrás: wikipédia

Ez a hajó volt a világ első passzívháza.

2



Fram a múzeumban (Oslo)  
Forrás: Flickr BluePetunia

3



Kew Gardens pálmaháza, London, Anglia  
Építész: Decimus Burton. 1848  
Foto: Szekér László

Az angol üvegházak a 19. században új épülettípust hoztak létre.  
Az épületet felfordított hajótesthez hasonlították.

4



Georg Fred Keck: House for tomorrow, (A holnap háza) USA, 1933  
korabeli fotó az épületről  
Foto: Kaufmann & Fabry  
Forrás: UIC digital collections

A ház építése közben (télen) a munkások ingujjra vetköztek benn, pedig nem volt bekapcsolva a fűtés. Keck rájött, hogy a déli üvegfelületeket fel lehet használni a szoláris fűtésre

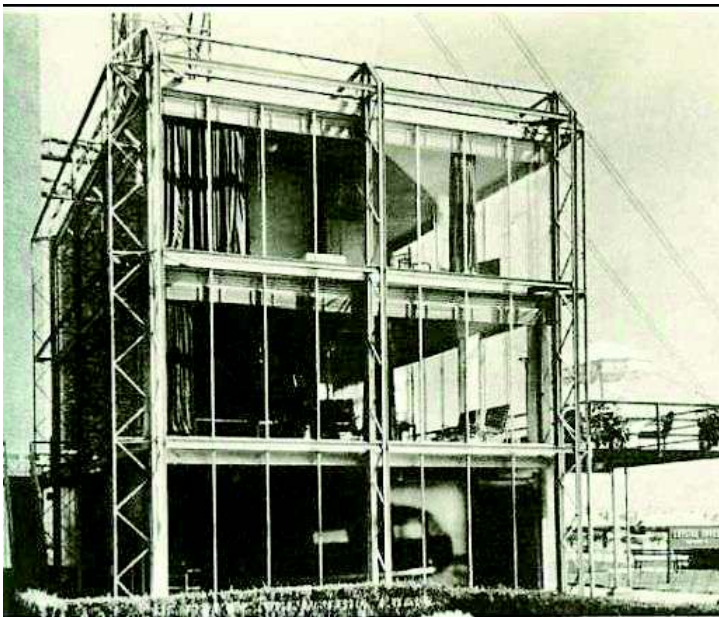
5



Georg Fred Keck: House for tomorrow, látványterv 1933  
Forrás: misfitsarchitecture.com

A Dymaxion-ra (Buckminster Fuller, 1929) hajazó házhoz eredetileg sportrepülőgép tároló is tartozott, ez F.L. Wright-ot is inspirálta a Broadacre City tervezésénél

6



George Fred Keck Crystal House, 1933-34, Century of Progress Exhibition, USA  
Forrás: [www.housing.com](http://www.housing.com)

Keck a „holnap háza” után további üvegházakat majd szolárházakat épített, ezek tekinthetők az első modern passzív-szolár épületeknek.

7



Sun House, Froggnal Way, Hampstead, London, 1935  
Tervező: Edwin Maxwell Fry  
Forrás: Flickr, mermaid99

Maxwell Fry naptere még nem a szoláris fűtés miatt épült elsősorban, hanem a napfény jótékony egészségügyi hatása miatt lett tervezve. A „napház” szintén a szolárépítészet előfutára

8



Tsentrosoyuz, Moszkva, 1928-1937  
tervezők: Le Corbusier és Nicolai Kolli  
Forrás: Flickr rpa2101 Richard Anderson, 2009

A kéthéjű üveghomlokzat megjelenése, lényegében a klímahomlokzat elődje. Corbusier még nem értette a fizikáját, még fűteni akarta a közbezárt teret

9



Solar I. MIT Campus, kísérleti szolárház, 1939  
Forrás: MIT Solar Decathlon Team

Az első szolárháznak tervezett modern épület 1939-ben épült meg az USA-ban.



10



Solar Hemicycle (Jacobs II.) Madison, Wisconsin, 1943-1948

Tervező: Frank Lloyd Wright

Foto: Szekér László, 2000

Alacsony költségvetés, nyitott belső tér, kétszintes belmagasság, délre tájolt üvegfelületek, melyek passzív napenergiát hasznosítanak, a többi oldalra zárt az épület, északról földtakarás védi. Félköríves alaprajz, félig földbe süllyesztett udvar, padlófűtés, stb. Ma is megállná a helyét ez a klasszikus, mindkét irányzatot integráló megoldás.

11



Dover Sun-House VI., Boston, 1948

Tervező: Dr. Maria Telkes, Stella Andrassy, Eleanor Raymond.

Forrás: Designing Women dwell.com MIT Museum

650 ezer dollárból hat kísérleti napház épült föl. Napkollektorokat és fázisváltó anyagokat is használtak a VI. típusnál. Az aktív gépészeti rendszer három év után meghibásodott.

12



Maria Telkes és Eleanor Raymond az épülő Napház VI. előtt, 1948

Forrás: MIT Museum

Telkes Mária, a „Napkirálynő” a Dover Sun House – az első modern szolárház - tervezésével kapcsolódott be a Solar Energy Research Projectbe.

13



A Bell mérnökei szerelik az első fotovillamos paneleket, 1955-ben  
 Forrás: De Rerum Natura

A fotovillamos hatást 1839-ben figyelték meg először (A.E. Becquerel). Werner Siemens még a fénymérésben látott fantáziát a 19. sz. végén. Heinrich Hertz és Philipp Lenard kutatásai után Albert Einstein tudományosan is igazolta a fotovillamos jelenséget 1905-ben – ez vezetett a kvantumelmélethez. A modern napelem prototípusát 1954-ben Calvin Fuller a Bell Laboratóriumban fejlesztette ki, 1955-ben már tesztelték.

14



Löf ház. Cherry Hills, Boulder, USA  
 Tervező: James M. Hunter, George Löf, 1955-1957  
 Forrás: Flickr

Wright Usonian House koncepciójának szellemében fogant a háború után az 50-es évek amerikai modern lakóháza, a gépészeti napenergia hasznosítás egyik első példája. Az aktív szolár rendszer a fűtési és HMV energia 50%-át megtermelte.

15



Felix Trombe 50 kW-os naperőműve a Pireneusokban, 1958  
 Forrás: Book of synergy

16



St George's School, Cheshire, Wallasey, UK  
 Tervező: A. E. Morgan, 1961  
 Foto: Simon Kirwan, 2010

Az első angol passzív-szolár iskola egy kétrétegű klímahomlokzatot alkalmazott, optimális A/V arányú tömeggel, délre tájolt üvegfelülettel. A külső tiszta üveg és belső, zömében fényáteresztő üveg (és cserélhető tömör panelek) között 60 cm van, szellőzéssel, árnyékolással. A projekt sikeres volt.

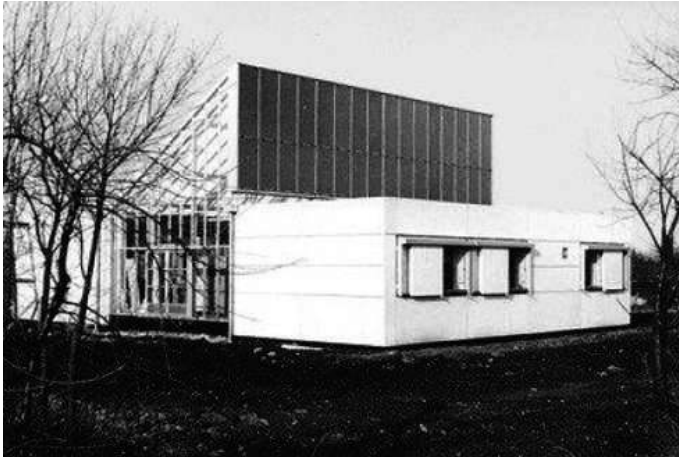
17



Solar House Odeillo, Franciaország  
tervező: Felix Trombe, 1967  
Forrás: Book of synergy

Felix Trombe 1963-ban építette meg először a róla elnevezett Trombe-falat. A délre tájolt üvegfelület mögött 60 cm vastag fekete színű betonfal van, mely tárolja a napenergiát, ezáltal fűti a házat.  
Forrás: jjuredini.wordpress.com

18



Az első modern zéróenergiás ház, Kopenhága, Dánia  
Tervezők: Vagn Korsgaard, Torben Esbensen, 1973  
Forrás: Passipedia

Költséges aktív napenergiahasznosító rendszere hamar tönkrement, aminek „eredményeképpen” a zéróenergiás célok háttérbe szorultak, a hangsúly az „alacsonyenergiás” törekvésekre helyeződött. A kísérlet eredményei elősegítették a passívház koncepció megszületését.

19



Philips kísérleti zéróenergiás ház, Aachen, Németország  
Tervezők: Bernd Steinmüller, H. Hörster, 1974  
Forrás: Passipedia

Az amerikai és skandináv kísérletekkel párhuzamosan Németországban is megépült a mai passívházak közvetlen elődje. Talajhőcserélővel, ellenőrzött szellőzéssel, aktív szolártechnikával és hőszivattyúval szerelték fel a szuperszigetelt házat, a méréseket számítógépes programok kifejlesztéséhez hasznosították. A végeredmény – hagyományos fűtésrendszerek nélkül is üzemeltethetők a házak - közvetlenül inspirálta Balcomb, Lovins és Feist kutatásait



20



Center for Alternative Technology (CAT)  
Machynlleth, Wales, UK  
Eco-house, (whole house) 1976  
Foto: Szekér László, 1986

Az Egyesült Királyság mai napig legjobban hőszigetelt háza 45 cm Rockwool hőszigeteléssel van ellátva mindenhol, az ablakok négyszeres üvegezésűek. A ház szuperszigetelt, hőcserélő rendszerek nélkül. A bemutatóközpontban felépült mintaház az ökológikus építészet úttörője.

21



Saskatchewan Conservation House,  
Regina, Kanada  
tervező: Harold Orr, 1977  
Forrás: uregina.ca

Az 1973-as olajválságra adott építészeti választ Kanada. Az R2000 elnevezésű energiahatékonysági programjának alapját adta. ez a kísérlet – az első passzívház Észak-Amerikában. Az összes ablak délra tájolt, tripla üvegezésű ablakokkal, hőhidmentes, légtömör hőszigeteléssel. A tetőn 50 cm hőszigetelés található.

22



Tipikus passzív-szolár épület a nyolcvanas évek elejéről, Észak-Olaszországban. Trombe falak és télikertek a déli homlokzaton.  
Foto: Szekér László

Az ehhez hasonló kísérleti épületek – tömeges megépítésük ellenére – nem váltak be a gyakorlatban a kívánatos eredmények elmaradtak a várakozástól. Ennek oka többek között a hőszigetelés elégtelen mértékében, a gyenge nyílászárókban, a légtömörség kezdetleges fokában, a hőhidakban és a műszaki megoldások kiforratlanságában keresendő.

23



Rocky Mountains Institute Colorado, USA. Tervező: Amory Lovins, 1984  
Forrás: solaripedia

A 2164 m magasan épült házat a közelmúltban a passzívház szintre újítták fel, az új ablakok, fokozott légtömörség és modern napelemek révén pluszenergiás lett. Szuperszigeteléssel, hőszigetelő üvegezéssel, energiahatékony berendezésekkel, passzív és aktív rendszerekkel, télikerttel stb. van ellátva. Az első integrált szolár épület mára ikonná vált, az első magyar passzívház tulajdonosát is ez az épület inspirálta.

24



Energetikailag önellátó, zéróenergiás szolárház, Freiburg  
Fraunhofer Institute, Solar Energy Systems, Steel & Voss, 1991  
Forrás: Passipedia

Az energiafüggetlen ház maga termeli meg az összes háztartási energiát, hálózati kapcsolatok nélkül. Napkollektorok állítják elő a melegvizet, napelemek az áramot, üzemanyagcellákban égetik el a hidrogént, amit nyáron elektrolízissel termelnek és tárolnak a helyszínen. A technológiai bravúr ellenére a költséghatékonyak nem nevezhető megoldás még nem terjedt el.

25

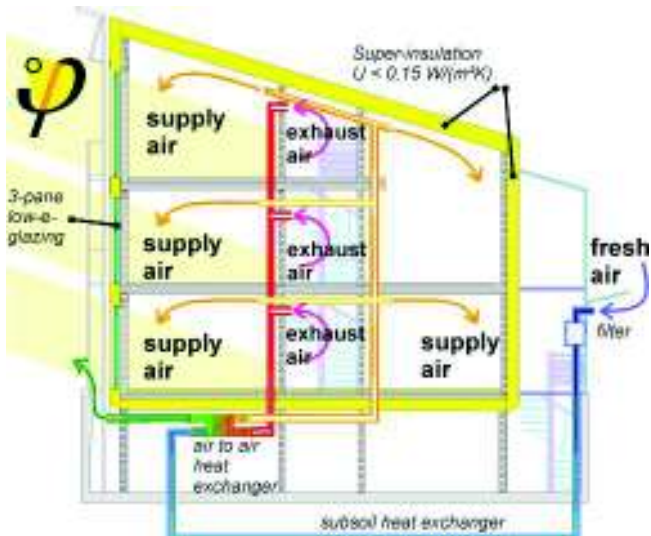


A világ első passzívháza, Kranichstein-Darmstadt, Németország, 1992  
Tervezők: Bott, Ridder, Westermeyer,  
Foto: Szekér László, 2010

A passzívház koncepciót 1988 májusában indította Bo Adamson és Wolfgang Feist. Nyolc kísérleti épületet épített Darmstadt városa, ez volt a „K7”, mellyel először sikerült egy alacsony-energiás épületet passzívházzá fejleszteni.



26



A Darmstadt-Kranichstein-i passzívház metszete és működési sémája.  
 Forrás: Passipedia

Az első passzívházban még nem merték elhagyni a radiátorokat, de az azóta is folyamatos mérések bebizonyították, hogy az épület teljes mértékben kifűthető a szellőző levegő energiájával, mivel a fajlagos fűtési hőigény  $10 \text{ W/m}^2$  alatt maradt az eltelt 20 év folyamán. A monitoring igazolta a számítások megbízhatóságát is. A következő lépés a költséghatékony passzívház – ez már a ma kihívása.

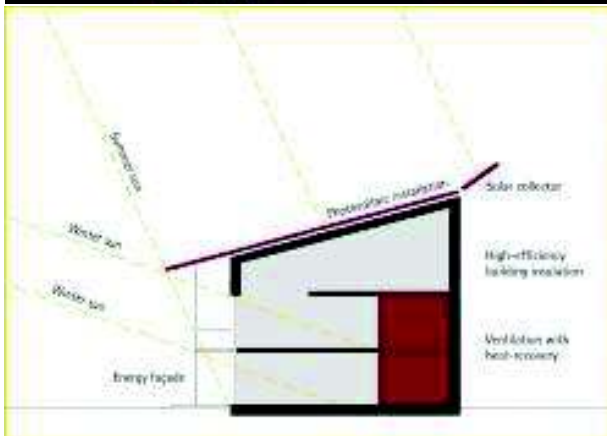
27



Heliotrop, Freiburg, Németország  
 tervező: Rolf Disch, 1994  
 Forrás: plusenergiehaus.de

Az első plusenergiásnak nevezett épület Németországban épült fel, kb. négyszer annyi energiát termel, mint amennyit fogyaszt. A ház filozófiája a következő: az épület termeljen több energiát, mint amennyit fogyaszt, ezáltal az ingatlan minierőművé válik. A koncepció eddig nem terjedt el költségessége és bonyolultsága miatt. A ház konkrétan forg a központi tengely körül – az ötlet néhány szállodánál, étteremnél azóta bevált.

28

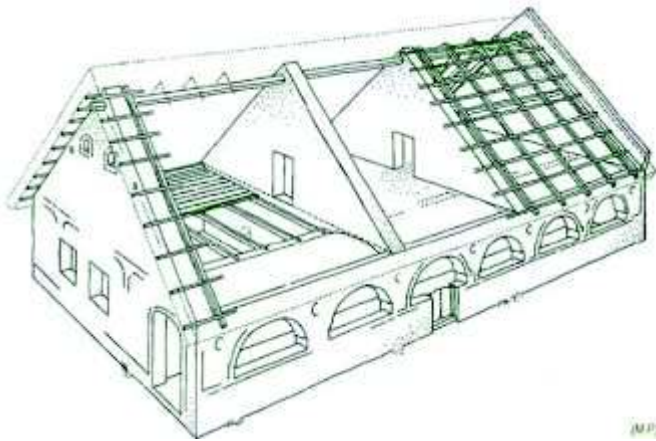


A Plusenergiehaus® metszete és működési sémája.  
 Forrás: plusenergiehaus.de

A koncepció gyengéje, hogy nem tartalmaz alsó limitet az energiahatékonyságra vonatkozóan, és nem definiálja a követelményrendszert, lényeg, hogy több energiát termeljen, mint amennyit fogyaszt. Ez sokféle megközelítést eredményez, amiket nem mindig lehet összehasonlítani. Ezen az alapon a paksi atomerőmű is pluszenergiás háznak tekinthető.

## Magyar előfutárok

29

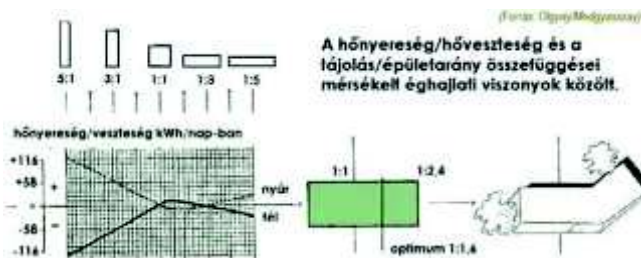


Tipikus magyar parasztház tornáccal, metszett perspektíva

Forrás: Medgyasszay Péter, fenntarthato.hu

A magyar hagyományok - mint minden vernakuláris építészet – harmóniában élt a természettel és a klímával. A délre tájolt téglalap alaprajzi forma, déli irányba felnyíló, tornáccal modulált homlokzat, vastag falak, kompakt tömeg, pufferterek, fehér falak, lokalitás, flexibilitás, ökonómia jellemzik többek között a magyar hagyományos építészetet.

30



Az ideális épületforma a közép-európai klímán Olgyay tanulmánya alapján

Forrás: fenntarthato.hu

Olgyay Viktor elsők között alkalmazta a klimatikus design tipológiát

31



Sipeky-villa télikerttel  
tervező: Lechner Ödön, 1905  
Fotó: Szekér László 1988

Lechner bravúrosan alkalmazta a kéthéjú íves üvegszerkezetű télikertet – a mű tükrözi a Mester virtuozitását és a kor fejlett technikai szintjét – és mértéktartását

32



Budapest, Lejtő u. lakóház  
Tervező: Molnár Farkas, 1932  
Forrás: Tér és Forma, 1932. 12. sz. 404.

A 190 m<sup>2</sup> alapterületű tetőteraszos Bauhaus ház 1933-ban Európa legjobb családi háza díját nyerte Milánóban. A formálás egybecseng a mai passzívházakkal, a napfényre tájolt nagy üvegfelületek korukban újszerűek voltak. A félköríves alaprajzú télikert kéthéjú üvegszerkezettel van ellátva.

33



„Üvegház”, Budapest  
Tervező: Kozma Lajos, 1934  
Forrás: Tér és Forma, 1935/2

Az épület a hazai Bauhaus építészet egyik legszebb példája, az épületben üvegyár működött. Még a lépcső is üvegből készült.

34



Stühmer csokoládégyár, Budapest  
tervező: Olgay & Olgay, 1941  
Forrás: Forrás: Olgay & Olgay  
építészek, szerk.: Kismarty-Lechner  
Jenő, Bp. 1946

A dupla belmagasságú terek optimális bevilágításához és termikus kialakításához fény-, és hőszámításokat, szellőzési és árnyékolási modellezéseket végeztek – ez még ma sem általános gyakorlat.

35



Kis Tihany Szálló (Motel)  
Tihany  
Tervező: Polónyi Károly, 1959  
F: [architecahungarica.hu](http://architecahungarica.hu)  
Polónyi Károly 1957-1960 között vesz részt a Balaton-környék regionális tervezésében és az IPARTERV tervezőjeként több épület tervezésében közreműködött. Polónyi a klímatisztas tervezés egyik első hazai képviselője, munkásságában az Olgay testvérek által megkezdett utat folytatja.

36



Lakóház télikerttel, Szentendre  
tervező: Csete György (70-es évek?)  
Fotó: Székér László, 1986

Az íves, több szintes télikert motívum uralkodik a déli homlokzaton, az enyhén íves fal ellenpólusát adva.



37



Passzív-szolár villa

Tervező: Dr. Kuba Gellért (80-as évek eleje?)

Forrás: zoldjovo.eu

Az 1970-es években a Műegyetemen megalapítja a bioszolár építészet elnevezésű tantárgyat, az energiatakarékosság mellett a napfény egészségügyi hatásaira helyezve a fő hangsúlyt. Tőle lehetett először hallani a Sick Building Syndrome-ről és a nappála diagramról. Légfűtéses, kompakt, lekerekített passzív szolár házai kurióznak tűntek a 70-es, 80-as években.

38



Pécsi Napház

Tervező: Szász János, szolártechnika Fülöp László, 1986

Foto: Székér László, 1986

Magyarország első bioklimatikus kísérleti épülete felvonultatta az akkoriban elérhető -passzív-szolár eszköztárat. A monitoring eredményeit nem ismerjük, a tulajdonos szerint fele annyi energiára van szükség télen, mint kortársainak, és nyáron is hűvösebb. A megfelelő működéshez a használó aktív közreműködése kell.

39



Gazdálkodó háza, passzív-szolár ház Dunaszentgyörgy,

Tervező: Székér László, 1987

Foto: Székér László, 2009

A passzív-szolár elveket a magyar hagyománnyal ötvöző hagyományos megoldás a nyolcvanas évekből. A déli oldalon végigfutó tornác védi a hatalmas thermopan üvegfelületeket, a téli nap melegíti a padlófűtéssel temperált belső tereket.

40



Budakeszi Családi ház

tervező: Ertsey Attila, 2006

Forrás: eloepteszet.hu

Az aktív és passzív napenergiát hasznosító, magyar hagyományokat ötvöző energiatudatos szolárház 2007-ben díjat kapott.

## Kortárs külföldi példák

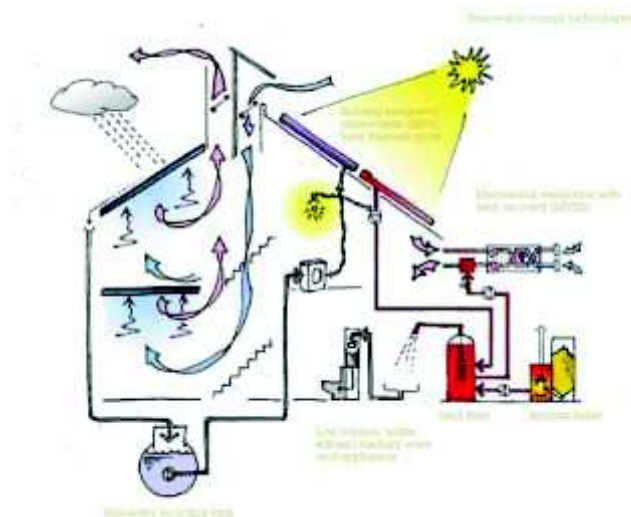
41



Lighthouse, London,  
Tervezők: Alan Shingler, Sheppard-  
Robson Építésziroda, London 2007  
Forrás: zeroCO2 konferencia 2007

Az első nulla kibocsátású angol lakóház

42



Lighthouse, London,  
Tervezők: Alan Shingler, Sheppard-  
Robson Építésziroda, London 2007  
Forrás: zeroCO2 konferencia 2007

Lighthouse működési sémája

43



Paneles mélyrekonstrukció,  
Németország, Ludwigshafen  
Tervező: LUWOGÉ Consult, 2007  
Foto: Székér László, 2008

Panelből nulla fűtési költségű épület

44



Energy Base irodaház Bécs, Ausztria  
Tervező: POS Architekten, 2008  
Forrás: zeroCO2 konferencia 2008  
Foto: Székér László, 2008

45



Minősített passzívház, fotovillamos  
áramtermeléssel  
Power Tower, Linz  
Tervező: Kaufmann, Weber & Hofer,  
2008  
Forrás: zeroCO2 konferencia 2008

46

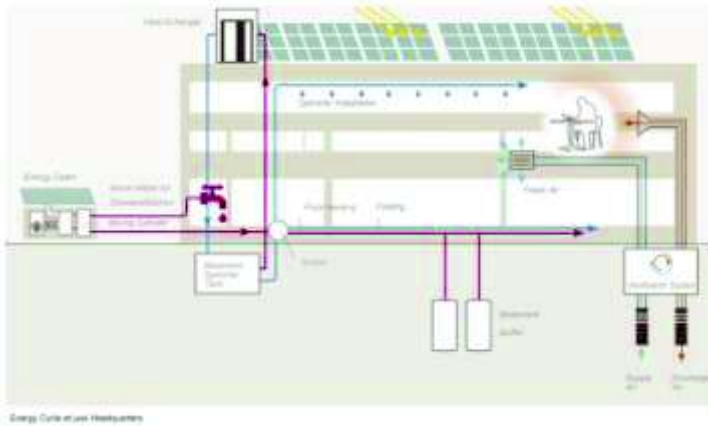


JuWi Holding, Wörrstadt, Németország  
Tervező: Timber Building by  
Griffnerhaus AG, juwi Green Building  
GmbH, 2008  
Foto: Székér László, 2010

Zéróenergiás irodaház, ökológikus  
megoldásokkal



47



JuWi Holding, Wörrstadt, Németország  
Tervező: Timber Building by  
Griffnerhaus AG, juwi Green Building  
GmbH, 2008  
Forrás: zeroCO2 konferencia

Működési séma

48



Angol Követség Varsóban  
Tervező: Tony Fretton (UK) 2009  
Forrás: Tervezők honlapja

Kéthéjú klímahomlokzat

49



Monte Rosa, alpesi menedékház  
Tervező: Andreas Deplazes, Zürich,  
2009  
Forrás: zeroCO2 konferencia

Zéróenergiás autonómház, Svájc

50



Montessori Campus,  
Tervező: Martin Rührschopf, 2010  
Forrás: passzívházak és  
energiatahatékony épületek konferencia  
2010, tervező

Zéróenergiás passzívház és aktív  
szolárház, Ausztria

51



Passzívház, Párizs  
Tervező: Karawitz Architects, 2010  
Forrás: passzívházak és  
energiatahatékony épületek konferencia  
2011, tervező

Bambuszburkolatos passzívház,  
felnyitható déli homlokzattal és  
napelemekkel

52



Pluszenergiás iskola, Hoher Neundorf,  
Németország  
Tervezők: IBUS Architekten und  
Ingenieure GbR, 2010  
Forrás: Tervezők honlapja



53



Mayville Community Centre  
London, UK  
Tervező: Justin Bere, 2011  
Forrás: Tervezők honlapja

A százéves régi ház teljesen megújult

54



SMA AG Zéróenergiás gyár  
Kassel, Németország  
Tervező: Manfred Hegger, HHS  
Architekten, 2011  
Forrás: zeroco2 konferencia, tervezők  
előadása

55



Angol passzív ház iskola, 2011  
Tervező: Architype  
Forrás: Tervezők honlapja

56



Inspiria Science Center  
Gaalum, Norvégia  
Tervezők: AART Architects A/S (Aarhus,  
Dánia) , 2011  
Forrás: PPA, tervezők

57



Passzívház-lakótelep sportolóknak  
Lodenareal, Innsbruck, Ausztria, 2011  
Tervezők: architekturwerkstatt din a4 &  
team k2 architekten  
Foto: Székér László, 2011

58



Alacsony üzemeltetési költségek az  
alacsony jövedelműeknek  
Passzívház az indiánok földjéről  
Taos, USA, Új-Mexikó  
Tervező: zero e design,  
Joaquin Karcher, 2012  
Forrás: Green Press

59



Frankfurti bölcsőde, óvoda  
Építész: Prof. Dr. Zimmermann és munkatársai, 2012  
Szakértő: Sariri-Baffia Enikő  
Forrás: Tervezők

60



Minősített passzív ház DGNB arany fokozatú minősítéssel

Energiahatékony toronyház a Duna partján  
Ausztria, Bécs, 2013  
Tervező: Hayde Architekten, Bécs  
Forrás: iPHA

61



Passzív ház plusz - pluszenergiás irodaház átriummal  
Esbjerg, Dánia  
Tervező: GPP Architects, 2013  
Forrás: iPHA



## Kortárs hazai példák

62



W.E.T. Innovációs Központ és  
Mintaüzem, Pilisszentiván  
Tervező: Pethő László, Földes László,  
2002  
Forrás: tervezők honlapja

Hazai példa a klímahomlokzatra

63



Solanova projekt  
Dunaújváros, 2005  
Tervezők: Novák Ágnes, Osztrólczyk  
Miklós, Csoknyai Tamás, Zöld András,  
Andreas Hermelink  
Foto: Székér László, 2009

Az első hazai passzívház-technológia  
alkalmazása

64



Kőröshegy Hídmérnökség  
Tervező: Székér László, 2007  
Foto: Székér László, 2010

Az első közel nullaenergiás irodaépület

65



Regionális Környezetvédelmi Centrum (REC) energiahatékony felújítása  
Szentendre, 2008  
Tervezők: Federico M. Butera (Milánó),  
Kruppa Gábor - Kima Stúdió (Budapest)  
Foto: Szekér László, 2009

A teljes felújításon átesett épület tetején  
10 kW-os napelemmező található –  
korának legnagyobb épületre telepített  
hazai példája

66



Az első minősített magyar passzívház,  
Szada  
Tervező: Szekér László, 2008  
Forrás: Tervező

67



Passzív sorház napelemekkel  
Dunakeszi, 2010  
Tervező: Sinóros-Szabó Balázs  
Foto: Szekér László, 2010

Az első minősített passzív sorház, és  
eladásra épített lakások  
Magyarországon.

68



Dombház télikerttel  
Budajenő, 2010  
Tervező: Lázár Antal  
Forrás: passzívházak és  
energiatahatékony épületek konferencia  
2010, tervezők előadása

69



Budaörs, lakóház  
Tervező: Szekér László, 2010  
Foto: Batár Zsolt, 2012

A minősített passzívház gépészeti  
helyisége a szolár tartállyal és a  
hőszivattyúval

70



Passzív társasház, Szeged  
Tervező: Abdou-Abdo Tamás DLA,  
2011  
Forrás: Építészfórum

Az elsők között épült  
befektetési/értékesítési célú többlakásos  
passzívház



71



Kétlakásos passzívház Budán  
Törökvész  
Tervező: Szekér László, 2012  
Foto: Szekér László, 2013

Minősített passzívház napkollektorokkal

72



Az első magyar passzívház minőségű  
iskola, Budapest  
Tervező: Szekér László, 2012  
Foto: Szekér László, 2013

Ugyanannyiból épült meg, mint egy  
szokványos építésű iskola – ez a  
költségoptimalizált passzívház

73



Energiadesign ipari csarnok  
RATI centrum Komló  
Tervezők: Kistelegdi István és ifj.  
Kistelegdi István, 2012  
Forrás: Építészfórum, Pásztor Erika

A tervezők ígérete szerint pluszenergiás  
lesz az épület – ha felszerelik rá a  
napelemeket majd.

74



Solar Decathlon Odoo projekt,  
Tervező: Auth Adrián - Szelecsényi  
Balázs, 2012  
Foto: Szekér László, 2013

75



Skanska Green House  
irodaépület, Budapest  
Tervező: Pintér Tamás, Asa Haremst,  
Anders Svennington, 2012  
Foto: Székér László

76



LEED Platinum minősítéssel  
Modellfoto az épületről  
100 lakásos passzív ház projekt  
Budapest XIII,  
Tervező: Nagy Csaba, 2013  
Forrás: Tervezők, passzív házak és  
energiahatékony épületek konferencia  
2012, tervező előadása

77



ÉMI Építőipari Tudásközpont  
Szentendre, 2013  
Tervezők: Dajka Péter, Puhl Antal  
Foto: Székér László, 2013



## **Fenntartható energiaellátási modellek**

Ma a tűz újra felfedezésének korában élünk. Házainkat újfajta módon kell építenünk, a ház közepén lobogó tüzet valamivel helyettesítenünk kell, ha fenn akarjuk tartani a kultúránkat. A zéróenergiás ház fő tartópillére az energiahatékonyság, de energiára így is szükség van – cél a megújuló energiák lehető legteljesebb körű alkalmazása. Fenntarthatónak akkor nevezhetjük az energiarendszert, ha az megújuló forrásokon alapul. Jelenleg a világszerte felhasznált energia túlnyomó része fosszilis (nem megújuló) energia, és ez hosszútávon nem fenntartható.

### ***Az energiaellátás módjai és építészeti vonzatai***

Az épületeinkben elektromos áramra is szükség van, a háztartási gépek, szórakoztató elektronika, gépészeti berendezések és számítógépek stb. üzemeltetéséhez. Mindenképpen jó gondolat tehát, ha fotovoltaikus napelemeket alkalmazunk a háztartás folyamatosnak tekinthető elektromos energiaigényének biztosítására, különös tekintettel arra, hogy a jövőben valószínűleg a közlekedéshez is áramra lesz szükségünk. A használati meleg vizet az év jelentős részében megtermelhetjük napkollektorokkal. A szűk keresztmetszet a mi klímánkon a téli időszak 5-6 hónapja, amikor az energiafelhasználás a legnagyobb, és ehhez hozzáadódik a fűtési szezon energiaigénye is, és ilyenkor sajnos a legkevesebb a megújulók hozama. A megoldás a szezonális energiatárolás lenne, de ez még jelenleg nem nyújt széleskörű megoldást, így jelenleg a fosszilis energiák ideszállítása és felhasználása (földgáz, kőolaj, szén), illetve a nukleáris energia, és részben a biomassa (alapvetően tűzifa) a domináns, de már megjelentek a jövőbemutató megoldások is. A következő fejezetben ezeket veszem sorra, különösen az építészeti vonatkozásokra tekintettel.

### ***A jelen energiaforrásai***

#### ***Földgáz, kőolaj, szén, nukleáris energia***

Magyarországon a jelenleg legelterjedtebb energiaforrások, ezek közül is kiemelendő a földgáz. A lakásállomány több mint kétharmadát földgázzal fűtik. Az utóbbi években a földgáz ára rendkívül megemelkedett, követve a kőolajat. Bár már jelentősen megrágult, még mindig viszonylag kedvező a földgáz ára, így nehéz vele versenyezni a megújuló energiáknak, de a tendencia hosszabb távon a megújulóknak kedvez. A fosszilis alapú energia egyre drágább lesz, a megújuló pedig egyre olcsóbb. Az is tény, hogy ma a legolcsóbb és legkényelmesebb energiaellátás a földgáz, a passzívházban is. Azonban a földgázra alapozott energiaellátást nem mondhatjuk fenntarthatónak. Nagy előnye a kiépített hálózat, tároló-, és ellátórendszer. A kondenzációs kazánok, továbbá a kis teljesítményig lemoduláló újabb kazánerációk egyre jobb hatékonysággal üzemelnek, így reális alternatívát kínálnak, kedvező telepítési és üzemeltetési költségek mellett. Óriási előny a szinte teljesen kiépített országos gázhálózat, mely a jövőben is használható marad, amennyiben hosszú távon a szintetikus gáz veszi át majd a földgáz szerepét. Mivel a kőolaj, szén, és nukleáris energia nem tekinthetők fenntartható energiaforrásoknak, részletesebben nem foglalkozunk velük, annak ellenére, hogy

bizonyos szegmensekben meghatározó a jelenlétük, inkább a korszerűnek tekintett (megújuló) energiaforrásokat vizsgáljuk.

### *Napelemek*

Egy átlagos, négyfős háztartás elektromos energia igényét nagyjából ki lehet elégíteni egy 20-22 m<sup>2</sup>-es napelem mezővel, melyet déli tájolású, 20-40 ° dőlésszögű tetőn helyezhetünk el. A 12-15 db napelem megjelenése építészeti kérdéseket vet fel. Célszerű a tetősíkba integrálni a napelemeket.

### *Napkollektorok*

Amennyiben a használati meleg vizet napkollektorokkal állítjuk elő, ezek elhelyezéséről is gondoskodni kell. Egy átlagos háztartás számára 4-6 m<sup>2</sup> felületű napkollektor már elegendő meleg vizet biztosít az év nagy részében. A napkollektorok is déli tájolásúak, lehetnek sík és vákuumcsöves kialakításúak. A napkollektorok által megtermelt hőenergiával felmelegítjük és puffertárolóban eltároljuk a meleg vizet, melyet napi ciklusban elhasználunk.

### *Napelemek és napkollektorok építészeti integrálása*

A háztartási áram megtermeléséhez 20-22 m<sup>2</sup> felületű napelemre van szükség, a használati meleg víz előállításához 4-6 m<sup>2</sup> napkollektor felület szükséges. Ha a hőszivattyút is napelemekkel kívánjuk meghajtani, további napelemek jelennek meg a tetőn, akár 40-100 m<sup>2</sup> körüli felületekről beszélhetünk. Ezek már markáns hatást keltenek, és nem is biztos, hogy rendelkezésre áll ennyi szabad, déli tájolású tetőfelület, így megoldásuk építészeti megfontolásokat igényel. Kedvező megoldás lehet, ha a tetőbe integráljuk a napelemeket (pl. a kőröshegyi Hídmérnökség épületének ferde tetőszerkezetébe, a fémlemezfedésbe integrált napelemek), illetve az is, ha a lapostetőn úgy kerülnek elhelyezésre a napelemtáblák, hogy azok az utcaszintről nem láthatóak. Jó megoldás lehet az is, ha az egyébként szükséges előtetők, árnyékolók funkcióját is átveszik a napelemek, napkollektorok. Ideális megoldás lehet autóbeállók, árnyékoló szerkezetek fedése napelemekkel, illetve az üvegezésbe (akár láthatatlanul) elhelyezett napelemek az üveg funkcióját egyesíthetik az energiatermelő felületekkel.

### *Szélenergia, vízenergia*

Az elektromos áram alternatív előállítására alkalmazható a szélkerék, szélturbina. Létezik többek között hagyományos (propelleres), függőleges tengelyű, és tetőgerincbe simuló. Inkább sziget üzemmódban praktikus, előnye, hogy napelemekkel kombinálva szinte mindig lesz áramtermelés, ott ahol állandóan fúj a szél. Hátránya, hogy kicsit zajos. Ahol megfelelőek a szélviszonyok, az ipari méretű szélerőműveket építik, melyek a hálózatra termelnek. A vízenergia Magyarországon alulhasznosított és átpolitizált kérdés. Világszerte, ahol tehetik, alkalmazzák ezt a tiszta, környezetbarát és kiszámítható energiaforrást. Aki olyan szerencsés, hogy vízenergia potenciállal rendelkezik az ingatlana, annak érdemes azt törpe vízerőművel hasznosítania.

### *Hőszivattyúk*

Gazdaságos a hőszivattyú alkalmazása – ez lehet levegős, talajszondás vagy vizes – melyet elektromos áram hajt meg, és fenntarthatónak tekinthető, ha az ehhez szükséges energiát megújuló forrásból nyerjük. (Ekkor nyilván újabb napelem mező megjelenésével kell számolnunk, ennek megoldási módját egyedileg kell tervezni). A

hőszivattyúk napjainkban egyre inkább terjedő változata a levegős hőszivattyú, melynek nincs költséges telepítési vonzata, és COP mutatója átlagosan 2,75-3 körüli értéket mutat. Hátránya, hogy nulla fok alatt – amikor a legnagyobb szükség lenne a hőenergiára, akkor romlik a teljesítménye - gyakorlatilag elektromos árammal fűtünk, ami nem fenntartható, ha nem megújuló forrásból származik. További gond az ellátás biztonsága, mivel a rendszer a hálózattól függ, ezért sérülékenynek tekinthetjük, áramkimaradás esetén kritikus lehet a helyzet, főleg télen. A talajszondás hőszivattyú COP-je sokkal jobb mint a levegősé, akár 5-ös értéket is elérhet, mivel a talaj közel állandó hőmérsékletét hasznosítja a berendezés. A talajszondás hőszivattyú további előnye, hogy nyáron hűtésre is fel lehet használni a rendszert. Hőleadó felületként a földemekeket, falakat lehet alkalmazni. Ha földémaktiválást és talajszondás hőszivattyút alkalmazunk, az energiahatékonyság gazdasági optimuma 24 kWh/m<sup>2</sup>a érték körül alakul<sup>112</sup>, tehát inkább az alacsonyenergiás épületekben célszerű ezt a technológiát alkalmazni, illetve ideális lehet műemlék épületek esetében és épületrekonstrukciónál.

### *Kompaktkészülék*

Speciálisan a passzívházakhoz fejlesztették ki a kompaktkészülékeket, melyek a szellőztető berendezéssel összeépítve, annak szinergiáját kihasználva a levegős hőszivattyúnál jobb COP értéket ér el (legalább 3 körül). Hátrányuk a jelenleg viszonylag magas árak (ez idővel csökkenhet, ha nagyobb piaci kereslet lesz rájuk), illetve az, hogy Magyarországon igény lenne a hűtéssel kombinált kompakt készülékre, ami jelenleg még nem elérhető.

### *Biomassza: fa, pellet, faelgázosító kazán stb.*

A megújuló energia szezonális tárolását a biomassza oldja meg természetesen és gazdaságosan. Ma és a jövőben is jó megoldás lehet a pelletfűtés, mely biomasszának, megújuló energiának számít, és a téli időszakban a fűtés mellett a használati meleg vizet is gazdaságosan elő lehet vele állítani. A nyári időszakban pedig napkollektorokkal (megújuló) lehet a használati vizet melegíteni. Helyigénye van ennek az energiaforrásnak is - például pellet tárolóról is kell gondoskodni, ez fajlagosan növeli a költségeket. Pellet helyett természetesen használhatjuk a hagyományos fát, de ebben az esetben nehezebb az automatizálás. Faelgázosító kazánnal viszont a fatüzelés még gazdaságosabb lehet. A biomassza (fa) nagy előnye, hogy megújuló módon jön létre, természetes folyamat révén megköti a széndioxidot, azt a légkörből kivonva építi fel a növényt, és amellet, hogy viszonylag nagy energiát lehet belőle kinyerni, hosszú időn át lehet olcsón tárolni. A napfényből hosszú időre eltárolható energiát nyerni ezzel a hagyományos módon lehet a legegyszerűbben, az elektrolízis (hidrogén előállítás) illetve a metanol előállítása napenergiával szintén járható út, de ma még költséges és nem gazdaságos, a hidrogén pedig nem is biztonságos. A biomassza hátránya, hogy viszonylag korlátozottan áll rendelkezésre, ára pedig követi a többi energiahordozó árát. Olyan esetekben lehet ajánlani, amikor rendelkezésre áll, például saját erdő, vagy gazdaság formájában, ahonnan ki lehet nyerni a tüzelőre valót, és a szállítása sem jelent gondot. Vidéki házakban ez viszonylag könnyen megoldható, városi házak esetében viszont körülményes – itt legfeljebb a pellet az ajánlható megoldás. A pellet nem csak fából állítható elő, hanem fahulladékból, újabban szóba jöhetnek az energiatermelési célzattal ültetett fafajták vagy az energiafű is, mely Magyarország

---

<sup>112</sup> Dr. Wolfgang Feist: Energy concepts: Passive House in comparison. Conference proceedings 2013

klimatikus adottságai miatt ígéretesnek tűnik ökológiai és szociális szempontok miatt is. Fontos, hogy termesztése ne menjen az élelmiszertermelés rovására.

#### *A hőenergia tárolása, napi ciklusú meleg vizes tárolók*

Jelenleg hőt és elektromos áramot tudunk előállítani a nap energiájából, de hosszabb idejű eltárolásuk nem megoldott. A hő eltárolására a víz a leginkább kézenfekvő megoldás, a meleg vizes tárolókkal ezt napi szinten meg is tesszük, így a 300-500 literes melegvítartólok meg fognak maradni, elhelyezésükhöz a helyigény biztosításáról gondoskodni szükséges. Ezeket a puffertartókat napi ciklusban töltik a napkollektorok, szezonális energiatárolásra nem alkalmasak.

#### *Szezonális meleg víz tárolás fűtési célra passzívház esetében*

Felmerülhet a gondolat, hogy a nyáron napkollektorokkal megtermelt hőenergiát forró vizes tárolóban a téli időszakra eltegyük. Számos kísérlet történt már a megvalósításra, azonban a gyakorlati tapasztalat azt mutatta, hogy még 50-100 cm-es hőszigetelés mellett is nagy energiaveszteségek voltak. Egy átlagos (160 kWh/m<sup>2</sup>a) energetikai jellemzőjű 150 m<sup>2</sup>-es lakóházhoz kb. 150 m<sup>3</sup> forró víz tárolására lenne szükség, ami nem gazdaságos, és a helyigénye is problémás. A passzívházak esetében már sokkal kedvezőbbek a lehetőségek: mindössze 15 m<sup>3</sup>-es tárolóra van szükség (2,5x3,0x2,0 m), amit 50 cm-es hőszigeteléssel a ház közepére helyezve (a hőveszteség is a házat fűti) már reálisan megvalósítható opció. A tároló elhelyezhető a pincészinon is. Egy közelmúltban megvalósított íráspélda<sup>113</sup> 10 m<sup>2</sup> felületű vákuumcsöves napkollektort alkalmazott a 215 m<sup>2</sup>-es passzívház (fűtési energiaigény 8,6 kWh/m<sup>2</sup>a!) fűtésére, a napkollektorokból először egy 300 literes átmeneti tárolóba került a meleg víz, majd mikor elérte a 65°C hőmérsékletet, átpumpálták a kertben elhelyezett 22 m<sup>3</sup>-es szezonális tárolóba, ahonnan csak fűtési céllal vették ki a tél folyamán. Az Ulsteri Egyetem monitoringozta a megépült projektet. Az ilyen típusú megoldások esetében kb. 8 kWh/m<sup>2</sup>a fűtési hőigény az optimális gazdaságilag, ami meghaladja a passzívház követelményértéket.

### **A jövő energiaforrásai**

#### *Üzemanyagcella*

Az üzemanyagcellában az elektrolízissel éppen ellentétes folyamat zajlik le: kémiai energiából elektromos energia keletkezik. A cella legtöbbször két elektródából, az anódból és a katódból áll, a köztük lévő anyag az elektrolit. A direkt metanol membrános cella kifejlesztése Oláh György nevéhez fűződik<sup>114</sup>. Üzemanyaga metanol, ami jelenleg könnyebben előállítható és tárolható anyag, mint a hidrogén. Az üzemanyagcella olyan elektrokémiai galvánelem, amely képes a benne lévő üzemanyag kémiai energiáját közvetlenül elektromos energiává átalakítani. A különbség az üzemanyagcellák és galvánelemek között az, hogy amíg a galvánelemek esetében az üzemanyag felhasználása után az elemet (vagy akkumulátort) ki kell cserélni (vagy fel kell tölteni), addig az üzemanyagcellákat új üzemanyaggal folyamatosan lehet ellátni. Ez, mint elvi lehetőség már 160 éve ismert,

<sup>113</sup> Galway, Írország, 2006

<sup>114</sup> Forrás: Wikipédia

*Sir William Grove*, walesi születésű brit kutató reagáltatott először hidrogén és oxigén gázt platina elektródok fölött és ekkor elektromos áramot észlelt (Grove, 1839)<sup>115</sup>. Az üzemanyagcellák további előnye az akkumulátorokkal (vagy szekunder elemekkel) szemben az, hogy az "újrátöltés" azonnal megvalósul, amíg a legújabb gyorstöltésű akkumulátorok minimálisan is kb. egy órát és külső elektromos áramforrást igényelnek az újrátöltéshez. Az üzemanyagcellák további nagy előnye, hogy lényegesen nagyobb teljesítmény-sűrűségekre képesek, és hogy az üzemanyag tartály térfogatát (és ezzel a két tankolás/töltés közötti időtartamot) kizárólag a pontos felhasználás követelményei diktálják. A fordított üzemanyagcella a CO<sub>2</sub> elektrokatalitikus redukcióját olyan feszültségnél valósítja meg, amely kívül esik a víz elektrolíziséhez szükséges feszültségtartományon. A fordított működési módban a feszültség alatt lévő üzemanyagcella a szén-dioxid vizes oldatából oxigéntartalmú metán-származékokat: metil-alkoholt, dimetil-étert, dimetoxi-metánt, trimetoxi-metánt, trioxi-metilént, dimetil-karbonátot és metil-formiátot állít elő. Az üzemanyagcella, ennek megfelelően, az elektromos energia reverzibilis tárolójaként működik, és ezt sokkal hatékonyabban végzi, mint bármilyen ismert akkumulátor. A szén-dioxid újrafelhasználása tehát nemcsak a fűtőanyagok regenerálására ad lehetőséget, de egyúttal csökkentheti ennek az üvegházhatást okozó gáznak az atmoszférában történő felhalmozódását is (Olah, 1999). A technológia a földgáz kiváltására alkalmas a jövőben, a szakirodalom P2G-nek is hívja (power to gas), és megújuló energiával előállítva Közép-Európa egyik jövőbeli energiaforrása lehet, a passzívházakban alkalmazva (15 kWh/m<sup>2</sup>a ) a leginkább gazdaságos megoldás.

#### *Az elektromos energia eltárolása*

Elektromos energia hatásos tárolására ma még nincs bevált eljárás vagy hatásos berendezés. A hidroelektromos erőművek esetében, a felesleges elektromos energiát (kapacitást) arra használják, hogy a vizet szivattyúkkal alacsonyabb szintről magasabb szintre emeljék, amivel helyzeti energiát nyernek, amelyet később újra elektromos energiává alakítanak. Nagy veszteségekkel ugyan, de ilyen módon elektromos energiát tudnak tárolni. Ez a lehetőség elsősorban az alpesi országokban jelent lehetőséget a jövőben. Földrajzi helytől függetlenül - a felesleges elektromos energiát a regeneratív üzemanyagcellákon keresztül a fel lehet használni metil-alkohol vagy származékainak az előállítására is. Megújuló forrásból származó energiával nap-, és szélenergiát lehet még hidrogén fejlesztésére is használni, és az így előállított hidrogénnel energiát tárolni (*Hoffman*, 2001). Az elgondolás szerint a hidrogént a Grove-féle üzemanyagcellákban lehet hasznosítani, azonban a hidrogén gáz alkalmazhatóságának hátrányai jelenleg messze túlszárnyalják előnyeit. A direkt metanolos üzemanyagcellában lejátszódó katalitikus kémiai reakciók fő termékei az elektromos áram, a hő, a víz és a szén-dioxid. Szén-dioxidot a regeneratív üzemanyagcellában elektrokémiai úton is vissza lehet cirkulálni. Természetesen ehhez energia szükséges, amit a jövőben az alternatív energiaforrásokból lehet fenntartható módon nyerni. A metanol így mint reverzibilis energiátároló - hordozó üzemanyagként fog egyre fontosabb szerepet játszani.

---

115 Új generációjú üzemanyagcellák. Magyar Tudomány, 2002/12

### *Szezonális energiatárolás*

A megújuló energiák szezonális energiatárolásának lehetősége nem tűnik egyszerűnek és könnyen elérhetőnek. Az alpesi országok a napenergiával termelt áramot gravitációs energiává tudják alakítani, így vízzel tudják eltárolni a megtermelt áramot. Ezt egyébként hagyományos vízerőműveknél is meg lehet tenni.

Sokan gondoltak már arra, hogy a nyáron megtermelt hőenergiát jó lenne valahogyan eltenni télire. Elméletileg elképzelhető például az, hogy egy passzívházban egy szobányi mennyiségű forró vizet (kb. 15-20 m<sup>3</sup>, 90-95°C víz) a ház közepére helyezett puffertárolóban helyezünk el (kb. 50 cm hőszigeteléssel ellátva), mely a téli szezonban biztosítja a nyáron, napkollektorok segítségével megtermelt és eltárolt hőenergiát. Azért célszerű a ház közepén elhelyezni a tárolót, mert a nagyon lassú hővesztés is a házat fűti télen.

A jövőben valószínűleg előtérbe kerülnek a közösségi zöld megoldások: a napenergiával előállított szintetikus gáz (metán) – ennek nagy előnye, hogy a jelenlegi gázellátó rendszert és hálózatot fel lehet használni hozzá, illetve a szintén napelemekkel végzett elektrolízissel előállított hidrogén – ennek tárolása és felhasználása még kísérleti stádiumban van.

### ***Az optimális energiaforrás és hatékonysági szint kiválasztása***

Kérdés, hogy mi lesz a költség-optimum energiahatékonysági szint és energia ellátási kombináció a zéróenergiás ház esetében? Nincs univerzális megoldás, mindig egyedi mérlegelést kíván az, hogy milyen energiaellátást tervezünk, és milyen szintű legyen az energiahatékonyság. Itt azért meg kell jegyezni, hogy 2020-tól már csak a nagyon energiahatékony megoldásoknak lesz létjogosultsága (legalább 25 kWh/m<sup>2</sup>a, a magyar tervezet szerint). Célszerű a megújulós alternatívákat előnyben részesíteni, de a létesítési költségeket is figyelembe kell venni. Az optimum megoldásra kell törekedni, a létesítési költségek és az üzemeltetés kb. 15 éves időszaka alatt keletkező költségek összesítésével. A választott energiaellátási koncepcióhoz kell illeszteni az épület hatékonysági szintjét - az a passzívház közelében lesz, 8-25 kWh/m<sup>2</sup>a értékek között. A megújuló energiákat illetően követelmény az is, hogy a megújuló energiatermelésnek csak minimális hatása lehet a környezetre (pl. élelmiszertermelés, földhasználat, ivóvíz).

A *Nemzeti Energia Stratégia*<sup>116</sup> célkitűzése szerint a lakossági és közösségi épületállomány fűtési energiaigényét 80-100 PJ-lal, azaz 30-35%-kal csökkentené 2030-ra. Ezt az energiahatékonyság mellett a megújuló energiák arányának növelésével kívánják elérni, mely 25-30%-ra nőne 2030-ig, miközben a gázfelhasználás hasonló ütemben csökkenne.

Megfelelő energiahatékonyság mellett már gazdaságosan lehet a megújuló forrásokat is alkalmazni, hiszen a szokványoshoz képest tizedére csökkentett energiaigény már viszonylag könnyedén kielégíthető megújuló forrásból is. A

---

116 (Magyar Közlöny 2011 évi 119. szám.) „Az egyre fogyatkozó energiahordozó mennyiséget az egyre fokozódó fogyasztási igénnyel szembesítve két lehetőségünk lesz. Vagy belemegyünk egy folyamatos, és egyre durvuló konfliktusokkal terhelt jövőbe, vagy megpróbálunk minél inkább függetlenedni a globális tendenciáktól. Erre öt eszközünk lesz: energiatakarékosság, megújuló energia a lehető legmagasabb arányban, a biztonságos atomenergia, az európai energiapiachoz való csatlakozás és a kétpólusú mezőgazdaság létrehozása.”

passzívház szintű hatékonyságra több okból is szükség van: egyrészt a megújuló energia előállítása sem olcsó, tehát törekedni kell arra, hogy csak annyit termeljünk, amennyire valóban szükségünk van, másrészt korlátokba ütközik az energianyerés módja (déli tájolású tetőfelület korlátos mérete, rendelkezésre álló szabad talajterület stb.), harmadrészt a kulcskérdés az energiatárolás. Ez szükségszerűen veszteségekkel jár, és így csökkenti a hatékonyságot, főleg a téli időszak áthidalása, a szezonális energiatárolás ütközik korlátokba, ráadásul ilyenkor csak csekély megújuló hozamokkal lehet számolni, így az energia tárolásának módjait mérlegelni kell. Itt is előnynek számít a legnagyobb hatékonyság (legjobb energia a fel nem használt energia).

A lehetséges kombinációk vizsgálatánál a következő alapfeltevéseknek kell megfelelni:

- A felhasználók összes energia igényét teljes mértékben ki kell tudni elégíteni, a mai kor színvonalán
- A termikus komfortot az *ISO 7730* alapján biztosítani kell
- Lehetőség szerint az összes szükséges energiát megújuló forrásból kell biztosítani (az EU irányelvei szerint 2060-ig)

Csak azok a koncepciók jöhetnek hosszútávon számításba, amelyek teljesíteni tudják ezeket a feltételeket. Mivel minden szempontból a téli fűtési energiaigény a kritikus, az optimális megoldás az lesz, amelyik a leginkább költséghatékonyan tudja megoldani a kérdést, tehát amelynek a legkevesebb az összesített (létesítési és üzemeltetési) költsége az adott fűtési energiafelhasználáshoz képest.

A kérdés tárgyalását alapvetően szűkítsük le a lakóépületekre.

A tetőre szerelhető napelemekkel már most gazdaságosan és jól meg lehet oldani az elektromos energia előállítását. Egy átlagos család elektromos energia igényét fedezni tudja egy kb. 18-20 m<sup>2</sup>-es napelem mező, ez tehát alapfelszerelésnek tekintendő.

Kulcskérdés az energia termelése, a megtermelt energia tárolása, szállítása és elosztása, a hatékonyság optimalizálása, és az együttműködő rendszerek szinergiáinak kihasználása, a vezérlés, szabályozás, mérés pontossága, valamint a rendszer gazdaságossága. Számos variáció létezik, az energiahatékonysági szintek és a különböző féle megújuló energiák különböző kombinációkat kínálnak, az optimális megoldást mindig az adott klímának, környezetnek, épülettípusnak, gazdasági és kulturális háttérnek, az energianyerés és tárolás megoldási módjainak, a felhasználó igényeinek és lehetőségének mértéke szabja meg.

Bizonyos értelemben a régi, fával fűtött parasztház is zéróenergiás háznak tekinthető, hiszen a fa (biomassza) megújuló forrás. Nyilván egy sajátos életforma és komfortszint meghatározó volt a hagyományos parasztházban, ami nem felel meg a mai igényeknek, továbbá nem felel meg a kiindulási tételünknek sem (minden energiaigényt korlátozás nélkül elégítsen ki az *ISO 7730* termikus komfort mellett) - tehát nem lehet általánosan alkalmazható megoldásnak javasolni, továbbá nem minden háztartás tudja kitermelni a telket övező saját erdőjéből a ház fűtéséhez évente szükséges szobányi mennyiségű tűzifát. A praktikus megoldási módok a passzívház közeli energetikai szint (plusz-mínusz 50%) körül mozognak, társítva a reálisan elérhető megújuló technológiákkal és energiatárolási módokkal. Ez utóbbi különösen kritikus kérdés a mi klímánkon, ahol elvileg egész évre vetítve rendelkezésre áll a megújuló energiás potenciál, de a hosszú téli időszakra nagyon nehezen lehet eltárolni az energiát.

Elméletileg nyilván megoldható a megújuló energia eltárolása például szezonális hőtárolóban, zöld árammal előállított szintetikus gáz és hidrogén előállításával, azonban ezek ma még nem reálisan elérhető technológiák, így praktikus marad a hálózatra visszatáplált elektromos áram, a biomassa, a talajban tárolt hőenergia, mint olcsó szezonális tároló, napi szinten pedig a jelenleg is alkalmazott meleg víz puffertárolók és néhány kWh kapacitású akkumulátorok, melyek ma is lehetővé teszik a szigetüzemű működést. Hegyen, vagy tanyán, ahol nincs semmilyen hálózati energia, de van helyben elérhető fa utánpótlás, és vállalják a favágással járó többletmunkát, kézenfekvő megoldás például egy jól hőszigetelt épület, fatüzelésű kályhával, esetleg napkollektoros melegvíz előállítással, napelemekkel és szélkerékkel kombinált áramellátás 12 Voltos hálózattal, inverterrel, akkumulátorokkal, (és a csúcsigények kielégítésére benzinmotoros aggregáttal, (itt az egyedüli fosszilis energia igényt az aggregát időszakos üzemeltetése jelenti). Az épület energiahatékonysága itt is kulcskérdés, részben a komfort, részben pedig az felhasználni kívánt tűzifa mennyisége miatt. A fafűtés is sokkal kedvezőbb, ha az épületünk kiválóan van hőszigetelve, nem beszélve arról, hogy egy szigetetlen házban éjszaka is kellene a kályhára rakni – és kinek van kedve ezért éjszaka felkelni?

Magyarország viszonylag kedvező helyzetben van a biomassa tekintetében, így ez korszerű eszközökkel reális megoldási lehetőségeket kínál - a pelletfűtés automatizálható, és a minősége is sokkal kiegyenlítettebb.

A különböző hőszivattyús technológiák napelemekkel megtermelt árammal meghajtva és a hálózatot pufferként hasznosítva (a téli időszakban a hiányzó energiát vételezve, a nyári időszakban visszatáplálva az energiát) már ma is reális alternatívát kínálnak.



## Egy megvalósult magyar passzívház gazdasági elemzése

Mennyibe kerül egy közel zéróenergiás ház? Kinek éri meg és miért? Nem könnyű ezekre a kérdésekre válaszolni, mivel nagyon kevés ilyen ház épült Magyarországon.

### ***Megéri-e ma Magyarországon passzívházat építeni?***

A választ egy megépült és minősített passzívház gazdasági elemzésén keresztül keresem, piaci viszonyok és konkrét költségek, árak elemzése alapján. A szadai passzívház 2008-ban épült, 2009 januárjában költöztek be a tulajdonosok, így 2013 elején négy éves használói tapasztalatokkal rendelkezünk az épület üzemeltetését illetően. A ház minősített passzívház, Magyarországon az első ilyen minősítéssel rendelkező épület, tehát a passzívház követelmények teljesítése igazolt<sup>117</sup>. Az első három év használói tapasztalatairól maga a tulajdonos számolt be<sup>118</sup>.

Megéri-e ma Magyarországon passzívházat építeni? A kérdés megválaszolásához további részkérdéseket teszünk fel, hogy elemezni tudjuk egy konkrét példán keresztül a számokat, folyamatokat.

- a. *Mennyivel kerül többre fajlagosan ma egy passzívház építése?*
- b. *Konkrétan mennyivel került többre a szadai passzívház, egy hasonló, de nem passzívházzal összehasonlítva?*
- c. *Miből fakadnak a többletköltségek, és mi az eloszlásuk?*
- d. *Megéri-e a többletköltséget vállalni?*
- e. *Honnan vegyük a többletköltséget?*
- f. *Mit kapunk a többletköltségekért?*

Előfeltevés, hogy azonos paraméterekkel rendelkező épületeket hasonlítsunk össze, tehát a vizsgálat tárgya egy átlagos méretű (125 m<sup>2</sup>), földszintes, új építésű (1-5 éves), családi házaspár ingatlan, mely az agglomerációs övezetben épült az utóbbi években, tehát egy „átlagházról” van szó. A földszintes, 126 m<sup>2</sup> hasznos alapterületű (+ 20 m<sup>2</sup> fedett terasz) új építésű passzív lakóház bruttó építési költsége 30 millió forint volt, a telekár pedig 10,5 millió forint. Jelen elemzésben arra kerestem a választ a szadai passzívház példáján, hogy 2013 elején, piacképes döntés volt-e Magyarországon passzívházat építeni? Egy internetes ingatlanportálon<sup>119</sup> a szadai passzívházzal megegyező paraméterű (nem passzívház) ingatlanokat kutattam fel, az adatokat elemeztem, és kiszámoltam az átlagos piaci négyzetméterárát. A keresőben beállított értékek szerint a szadai passzívházzal összehasonlított eladó ingatlanok Pest megyében, Szada, Veresegyház stb. környékén vannak (vagy azzal megegyező tulajdonságú agglomerációs településeken), a telek mérete 800-1200 m<sup>2</sup>, 125-140 m<sup>2</sup> körüli új építésű ház áll rajta (építési év 2007-2012 közötti), az ingatlan földszintes, 3-5 szobás családi ház, garázs és pince nélkül. A paramétereknek 19 találat felelt meg, ezek fajlagos négyzetméter árai 163 000 - 453

<sup>117</sup> A nemzetközi passzívház adatbázisban megtalálható a projekt, 1782. számon - <http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?detail=1782>

<sup>118</sup> <http://www.greenpressblog.com/2012/01/harom-eve-epult-meg-az-első-magyar.html>

<sup>119</sup> [www.ingatlanbazar.hu](http://www.ingatlanbazar.hu)

000 közötti szórást mutattak, a 19 találat matematikai átlaga 271.271 Ft/m<sup>2</sup> átlagárat eredményezett (hasznos alapterületre vetített bruttó ár).

A szadai passzívház hasznos alapterülete, a fedett-nyitott teraszt a hazai gyakorlatnak megfelelően fél értéken beszámolva: 126 m<sup>2</sup> + 20 m<sup>2</sup> fedett terasz/2 = 136 m<sup>2</sup>. A fajlagos bruttó (piaci) építési négyzetméter ár tehát 30 M Ft/136 m<sup>2</sup> = 220.588 Ft/m<sup>2</sup> (bruttó fajlagos építési költség). A számítás egyszerűsítése érdekében eltekintettem a „haszon” alkalmazásától, mivel a jelenlegi nyomott ingatlanáraknak köszönhetően az utóbbi 3-4 évben – tehát a szadai passzívház megépülése óta – folyamatosan csökkentek az ingatlanárak, névértéken számolva kb. 15%-os árcsökkenés figyelhető meg ez alatt az időszak alatt, ezt további kb. 15%-os inflációt figyelembe véve az ingatlanok ára jelenleg kb. 30%-kal kevesebb, tehát nem beszélhetünk haszonról, emiatt sem az inflációt, sem az egyébként jogosan elvárható építetű hasznot nem vettem figyelembe. A piacon lévő kínálat természetesen nem passzívház minőségű, és az eltérés (271 ezer a 220 ezerrel szemben) azért van, mert a megvizsgált 19 épület a piacon telkestül jelenik meg, tehát akkor kapunk reális összehasonlítási alapot, ha az ingatlanokat telkestül hasonlítjuk össze.

A szadai épület esetében a telekár 10,5 millió forint, ami 40,5 millió forintra módosítja a teljes árat, tehát azt a piaci árat, amely esetleges eladás esetén, a piacon meg tud jelenni. A kiinduló feltételezés itt az volt, hogy az építetű legalább azt a pénzt kapja vissza névértéken, amit az építkezésre fordított annak idején. Tehát sem az inflációt, sem az értékcsökkenést nem vettem figyelembe, tekintve, hogy mindkettő közel azonos mértékűnek tekinthető, eltérő esetben ezek hatását figyelembe kellene venni. A telekárát is figyelembe véve a fajlagos négyzetméter ár már 297 794 Ft/m<sup>2</sup> értékre módosul, ami 26 523 Ft/m<sup>2</sup> összeggel nagyobb, mint a referenciaingatlanok fajlagos négyzetméter ára (bruttó összeg, telkestül). Tehát a szadai ház a telekárát is beszámolva 9,77%-kal drágább hasonló paraméterű nem passzívházas társainál (a telekárát azoknál is beleszámítva).

A telekárral történő számítást azonban – bár a piacon így jelennek meg az ingatlanok – torzítják az eltérő méretű, értékű telkek, így nem ad arra választ, ténylegesen, mekkora az eltérés (többlet) egy passzívház építése esetén. Ezt az értéket akkor kapjuk meg, ha egy ugyanilyen (szadai ház paramétereivel megegyező „átlagházzal” vetjük össze a számokat). Építési költségre vetítve egy szadai passzívházhoz hasonló, 136 m<sup>2</sup> alapterületű NEM passzívház építése: 136 x 271 271 = 36 892 856 forint. Ebből le kell vonni a telekárát, hogy megkapjuk az építési költséget: Telekár nélkül (-10,5 M) = 26 392 856 forint, vagyis a fajlagos építési négyzetméterár: 194 065 Ft/m<sup>2</sup> (telekár nélkül). Ezt az összeget már összevethetjük a szadai passzívház 220 588 Ft/m<sup>2</sup> fajlagos építési költségével, és azt találjuk, hogy az építési költség különbsége: 13,66%.

Tehát az első kérdésre megkaptuk a választ: **13,66%-kal többbe került a szadai passzívház építése a hasonló paraméterű, de nem passzívházakhoz képest.**

Természetesen néhány sajátos körülményt figyelembe kell venni:

2008-2012 között az infláció mértéke hozzávetőlegesen legalább 15%, ami az új építéseknel figyelembe veendő (legalább ennyivel emelkedtek az üzemanyag és építőanyagárak, adók és járulékok, minimálbér, közterhek, áfa stb.), tehát új építés esetén 2013-ban nem lehet 2008-as árakkal számolni. Jelenleg egy új (szadaihoz hasonló egyszerű) passzívház építési költsége kb. 255.000 Ft/m<sup>2</sup> lenne. A telekárak emelkedése is követte az inflációt, tehát kb. 15%-kal drágábbak, mint 2008-ban; egy hasonló nagyságú telek ma 12 millió forintba kerülne.

A használt ingatlanok ára viszont csökkent, reálértéken kb. 30%-ot. Ezt a képet tovább árnyalja az a tény, hogy bizonyos passzívház komponensek (pl. nyílászárók) és gépészeti berendezések - a fejlesztések és a piaci árverseny miatt - kedvezőbb áron elérhetőek, mint korábban. A jelenlegi ingatlanárak tehát nem tükrözik a reális ingatlanpiaci árakat, de az egyszerűség kedvéért nem vettem figyelembe sem az inflációt, sem az ingatlanpiac árcsökkenését sem, abból kiindulva, hogy a mostani piacon, az összes gazdasági folyamat figyelembevételével kialakult árakkal hasonlítottam össze a szadai passzívház tényleges költségeit, tehát a valós jelenségeket vizsgáltam.

A második kérdésre a válasz: konkrét példánkban az építési költség különbség (többség) kb. 3,50 M Ft. Miből adódik ez a többlet?

### **Passzívház és szokványos építésű ház épületszerkezeteinek összehasonlítása**

Alapvető különbség van egy passzívház, és egy 7/2006 TNM rendeletnek megfelelő (szokványos) energetikai minőségű ház között.

	Szadai passzívház	Átlagos 7/2006 TNM épület követelményértéke	Megjegyzés
Falak U-értéke	0,09 W/m <sup>2</sup> K	0,45 W/m <sup>2</sup> K	ötször jobb
Talajon fekvő padló U-értéke	0,12	0,50 W/m <sup>2</sup> K	négyszer jobb
Zárfödém U-értéke	0,05	0,25 W/m <sup>2</sup> K	ötször jobb
Ablakok U-értéke	0,75	1,60-2,00 W/m <sup>2</sup> K	2-3x jobb
Fajlagos fűtési energiaigény	13 kWh/m <sup>2</sup> ,a	150 kWh/m <sup>2</sup> ,a	tizede
Összesített primerenergia	110 kWh/m <sup>2</sup> a	-	nem összevethető
Légtömörség teszt	0,43/h	-	PH követelmény
Hővisszanyerő hatásfoka	88,00%	-	PH követelmény

#### **Passzívház – szokványos épület főbb jellemzőinek összehasonlítása<sup>120</sup>**

A passzívház tehát egy eredendően jobb, mondhatni nagyságrenddel jobb épületenergetikai szintet képvisel, azonban ennek nyilvánvalóan ára is van.

- Hőszigetelés többlet, aljzat, falak, tető kb. 120 m<sup>3</sup> hőszig. kb. 1,2 M Ft
- Passzívház nyílászárók többletköltség: kb. 1,8 M Ft
- Hővisszanyerős szellőzés kiépítése : kb. 1,5 M Ft
- Beruházás csökkenés (kémény, gázbekötés, kazán, stb.) kb. - 1,0 M Ft

A passzívház tehát ennyivel „többet tud” – hőszigetelésben, nyílászáró minőségben, szellőzésben, és érdekes módon megjelenik egy mínusz tétel is: az elmaradó gázbekötés, kéményépítés, gázkazán, radiátorok stb. költsége. A szadai háznál megjelenő napkollektoros rendszer költségét nem vettem figyelembe, tekintve, hogy a napkollektor nem szorosan a passzívház része, az lehet ma már szokványos építésű házon is. Amennyiben figyelembe vennénk, további kb. 1,0 M Ft összeggel lehetne kalkulálni (vákuumcsöves napkollektorok, 500 literes puffertartály, csövek, szabályozók)

Többlet hőszigetelés a falakon, padlón, födémen	+1,2 M FT
Passzívház minőségű nyílászárók	+1,8 M Ft

<sup>120</sup> Megjegyzés: a passzívház primerenergia mutatójába beleszámítanak a háztartási gépek és berendezések energiafogyasztása is, ez szinte unikumnak tekinthető. A többi rendszer kísérletet sem kíván tenni ennek a körnek a bevonására, ezért ez a jellemző nem összehasonlítható

Hővisszanyerős szellőzés és talajkollektor	+1,5 M Ft
Megtakarítások összege (kémény, gázbekötés stb.)	-1,0 M Ft
<b>Összes többlet</b>	<b>+3,5 M Ft</b>

*Passzívház többletek összesítve forintban*

### **Többletköltségek – üzemeltetési nyereségek**

*Megéri-e a többletberuházás költségét vállalni? Érdemes-e a passzívház-építéssel járó többletet vállalni? Mikor és hogyan térül meg a többletberuházás?*

Ezekre a kérdésekre akkor tudunk válaszolni, ha megvizsgáljuk, tudunk-e jobb befektetést a pénzünknek, mint hőszigetelésbe, háromrétegű nyílászárókba és hővisszanyerős szellőztetésbe fektetni.

Többletköltség egy átlagos lakóházhoz képest: 3,5 M Ft

Ez az összeg a bankban <sup>121</sup> maximum 262 500 Ft/év kamatot hozna 2013 januárjában.

Fűtési energia megtakarítás: 140 kWh/m<sup>2</sup>a x136=19.040 kWh=1900m<sup>3</sup> földgáz<sup>122</sup>.

Gázszámla megtakarítás: 250 671 Ft.

Plusz áramköltség a szellőztetés miatt: kb. 20 000 Ft/év  
 Elmaradó kazánkarbantartás és kéményseprési díj : kb. 30 000 Ft/év  
 Szűrőcsere a szellőzőgépben: kb. 10.000 Ft/év  
 Kamat: kb. 262 500 Ft/év  
 Megtakarítások: kb. 260 000 Ft/év

<i>Figyelembe vett tételek</i>	<i>Feltétel</i>	<i>Ft/év</i>
3,5 millió forint bankban elérhető legjobb éves kamata	2013. január	+262 500
Gázár megtakarítás a passzívházban	2013. januári gázárak	-250 000
Hővisszanyerős szellőzés áramköltsége		+20 000
Elmaradó kazán és kémény karbantartás		-30 000
Szűrőcsere a szellőzőgépben		+10 000
<b>Egyenleg</b>		<b>+12 500</b>

*A PH többletköltség megtakarítási potenciálja*

Eredmény: 12.500 Ft/év a bankbetét javára.

**Tehát ha jelenleg egy átlagos méretű és felszereltségű passzívházba ruházunk be, a beruházási többletköltség – ha rendelkezésre áll – éves szinten kb. annyi fűtési költség megtakarítást eredményez, mint amennyi kamatot hoz.**

Természetesen ezekhez a számokhoz is érdemes megjegyzéseket fűzni: a kamatok változnak, jelenleg éppen csökkenő tendenciát mutatnak, tehát egy év múlva lehet, hogy már nem lesznek igazak ezek a számok. 2013 elején a legjobb betéti kamat 7,5%, ha ez tovább is csökkenni fog, akkor máris jobb a passzívházba beruházni. Esetleges gázáremelkedés mellett is jobb opció a passzívház.

<sup>121</sup> Forrás: [www.bankmonitor.hu](http://www.bankmonitor.hu)

<sup>122</sup> Forrás: <http://www.vasarlocsapat.hu/blog/szamitas/gazar.shtml>

Ugyan a „rezsicsökkentés” miatt a gázárak éppen most csökkentek 10%-kal, de ez nem a reális piaci folyamatoknak köszönhető. A gázárak az utóbbi években folyamatosan nőttek és nőnek, és semmi nem indokolja, hogy ezt az emelkedő tendenciát a jövőben csökkenés kövesse. A gázárak ugyanis az olajárakhoz kötődnek, az olajár pedig folyamatosan emelkedik. Az elmaradó kazán, kémény, gázbekötés egyúttal az egészségesebb és biztonságosabb lakáskörülményeket is biztosítja.

**A kérdésre tehát az a válasz, hogy igen, megéri a többletköltséget vállalni, bár ehhez forrással kell rendelkezni. Összefoglalva - elemzésünk azt mutatja, hogy a szadai ház tulajdonosa jól döntött, amikor meglévő pénzét passzívház építésébe fektette, a bankban elhelyezett többlet tőke ott sem fialna többet, a beruházása így viszont stabil, és a jövőt tekintve is biztosabb, mintha egyszerűen a bankban tartaná a pénzét.**

### ***A többletköltségek pénzügyi forrásai***

*Honnan teremthető elő 10-15% többlet a passzívház építkezésekhez?*

Konkrét példánk vizsgálata érdekes választ kínál: A szadai ház tulajdonosa fix pénzügyi forrással rendelkezett, és azt mondta: **inkább épít 10-15%-kal kisebb házat, de az passzívház legyen!** A konkrét feladat érdekessége, hogy ezt a megtakarítást úgy lehetett elérni, hogy az eredetileg kétszintesre tervezett ház helyett földszintes épület készült, így elmaradt a lépcsőház, ami a kényelmi szempontok mellett egyben építési megtakarítást is eredményezett, hiszen egy lépcsőház helyigénye szinte megegyezik egy szobáéval. A szobaméreteket és szobaszámot illetően tehát nem kényszerült kompromisszumra az építető! A takarékos térszervezés, a pince és garázs elhagyása mind csökkentették az építési költséget, ugyanakkor a használati értéket arányosan nem csökkentették annyival. Megjegyezhető, hogy a pince – zöldségtárolásra alkalmas földes pince - megépítését utólag elhatározták és meg is valósították, de ez már függetlenül történt a háztól, és nem is igényelt passzívház szintű minőséget, tehát logikus és ütemezhető döntés volt. **Pénzügyileg tekintve tehát jó döntés a passzívházépítés.** Azonban még mindig felmerül az utolsó kérdés: *Mit kapunk a többlet költségkért, mi az a plusz, amit a passzívház nyújtani tud?*

### ***Többlet beruházásért több komfort***

A többlet hőszigetelésnek és kiváló nyílászáróknak köszönhetően a belső hőkomfort sokkal jobb, mint a szokványos építésű épületekben. Az ablakok nem sugároznak „hideget” a mínusz fokokban, nincs hőmérséklet aszimmetria, huzat. A hangszigetelés nagyságrendekkel jobb, és állandóan friss levegővel van ellátva a lakás, sehol nincs penész - ez a titka annak, miért rajonganak a passzívház-tulajdonosok az ingatlanjukért, és miért terjednek a passzívházak, még ha többre is kerülnek valamivel, mint a szokványos építésű ingatlanok - megéri ma Magyarországon passzívházat építeni.

## Mit kezdünk a meglevő, zömében elavult épületállománnyal?

*Mottó: „Egyetlen egy probléma sem oldható meg azon a tudatossági szinten, amelyen az keletkezett.” (Albert Einstein)*

A meglevő épületállomány zöme már a mai energetikai követelményeknek sem felel meg, és ez még inkább így lesz a 2020 után. Mi tehát a teendő, mit kezdünk az „önhibájukon kívül” alkalmatlanná váló ingatlanokkal? Fontos leszögezni, hogy 2020 után csak az új épületek építésénél kell betartani a „közel nulla energiás” előírásokat, a meglevő épületekre nem vonatkoznak az előírások, csak ha jelentős felújításon esnek át<sup>123</sup>. Az EU hosszú távú céljai szerint 2050-re kellene elérni, hogy a teljes épületállomány fenntartható legyen, vagyis a teljes épületállomány a jelenleginél kb. 80%-kal kevesebbet fogyasszon (és ennek arányában kevesebb legyen az emisszió is). Ez azt jelenti, hogy 2020 után, ha jelentős felújításon esik át ez épület, akkor meg kell közelíteni a 25-40 kWh/m<sup>2</sup>a értéket, ez reálisan elérhető cél, mint azt az alábbiakban ismertetett példák már ma is igazolják. Tekintve, hogy egy épület hivatalos életciklusa 50 év, az előttünk álló 35 évben elméletileg a legtöbb épületre sor kerül. Természetesen vannak kiválóan működő (többször felújított, átépített) százéves házak is, ezekben az esetekben egyedi mérlegelésre van szükség, mivel nagy valószínűség szerint megközelítik a műemléki, vagy műemlék jellegű kategóriát, így speciális szakértelmet és gondosságot igényelnek, de még ezeknél is jelentős eredményeket lehet elérni. Természetesen senki nem akarja, hogy a Mátyás-templomból passzívház legyen, de például az alternatív energiaforrásokat<sup>124</sup> akár műemlékekben is lehet hasznosítani. Feltétlenül szükséges a gazdasági elemzés, mielőtt egy meglevő épület felújításába fogunk, a hely, a piaci helyzet, az építetők/használók kora és az épület állapota mind befolyásolhatja a döntést, érdemes-e alapos felújításba fogni. Nyolcvan éves életkor felett már nem nagyon érdekli az embereket a felújítás hosszú távú megtérülése, többre értékelik a nyugalmat. Bizonyos helyeken pedig nincs értelme investálni az ingatlanba, mert se így, se úgy nem piacképes. Az is előfordulhat, hogy annyira rossz állapotban van egy ingatlan (pl. statikai szempontból), hogy nem érdemes a felújításával foglalkozni, egyszerűbb lebontani azt, és újat építeni helyette.

### ***Az életciklus kérdése, a felújítás optimális időpontja***

Ha az általános felújítás (és energetikai korszerűsítés) mellett döntünk, érdemes megvárni azt a pillanatot, amikor az általános felújítás (burkolatok, gépészet és a nyílászárók cseréje is) aktuálissá válik. Az épületgépészeti rendszerek élettartama általában 15-20 évre tehető, a nyílászárók 35 évet is „kihúznak”, (a régi polgári házak

---

<sup>123</sup> Jelentős felújítás: a határoló szerkezetek összes felületének legalább a 25%-át érintő felújítás

<sup>124</sup> Alternatív rendszer alatt a megújuló energiaforrásokon alapuló decentralizált energiaellátási rendszer, a kapcsolt energiatermelés, a táv- vagy tömbfűtés és -hűtés, vagy a hőszivattyús rendszer értendő

tömörfából készült ablakai még ennél többet is bírnak), tehát előbb-utóbb elérkezik az a pillanat, amikor érdemes nagy-felújításban gondolkodni.

### ***Az energetikai felújítás mélysége***

Alapvetően a „mély-felújítás” (deep retrofitting) a megoldás, vagyis törekedni kell a passzívház-szintet megközelítő felújításra, nyilván kompromisszumokkal. Az alap-fal csatlakozást például meglehetősen körülményes utólag hőszigetelni, bár nem lehetetlen, de meglehetősen költséges. A passzívház követelményrendszer is megengedőbb a felújítások esetében, a Közép-Európában szokásos 15 kWh/m<sup>2</sup>a határérték helyett 25 kWh/m<sup>2</sup>a határértéket céloz meg. Mivel a meglévő épületek mindegyike rendelkezik valamilyen fűtési rendszerrel, ami a korszerűsítés után is megmarad, az se nagy baj, ha „csak” 40-60 kWh/m<sup>2</sup>a értékre tudjuk csökkenteni a régi épületek fogyasztását, ez is sokkal jobb érték, mint a 200-300, vagy extrém esetben akár 400-500 kWh/m<sup>2</sup>a. A 40-60 kWh/m<sup>2</sup>a alacsonyenergiás szintnek felel meg, és viszonylag könnyen elérhető, külső és/vagy belső hőszigeteléssel, hővisszanyerős szellőzés kiépítésével, nyílászáró-cserével. Természetesen itt is adódik a megújuló források alkalmazásának lehetősége, azonban a három szintnél magasabb épületek esetében már korlátok közé kerül az épületen elhelyezhető napelem/napkollektor mennyisége (viszont előnyösen alakul, fajlagosan kedvezőbb az A/V (felület/tömeg) arány). A geotermikus energia hőszivattyúkkal kombinálva kedvezően felhasználható a régi házak fűtésére is. A régi épületek egyébként (kb. az első világháborúig, az 1910-es évekig épült városi épületek) viszonylag jól voltak megépítve, és bár nem rendelkeztek mai értelemben vett hőszigeteléssel, a vastag falak, a kapcsolt gerébtokos ablakok és a városi sűrűség miatt kedvező A/V arány miatt már az építés idején is viszonylag fenntarthatóak voltak. Ezeket a – gyakran műemlék jellegű – épületeket nagy körültekintéssel, az utcafronton az eredeti architektúra megtartása és felújítása mellett, belülről hőszigetelve, a külső ablakszárny megtartása és felújítása mellett a belső oldali ablaktábla korszerű háromrétegű üvegezésűre való cserélésével, a fűtési rendszer korszerűsítésével és hővisszanyerős rendszer kiépítésével lehet a mai (és holnapi) követelményszintre hozni.

Jelenleg az átlagos fűtési energiafogyasztás kb. 225 kWh/m<sup>2</sup>a, ami megfelel 22,5 liter fűtőolajnak (vagy magyar viszonyok között jobban értelmezhető 22,5 m<sup>3</sup> földgáznak), ami mai árakon (2013 elején) megfelel 3150 Ft-nak, és 70 kg CO<sub>2</sub> kibocsátásnak (m<sup>2</sup>/év). Ezt nevezhetjük 22,5 “literes” háznak is. A kb. 3,5 millió rossz, vagy nagyon rossz minőségű lakás elméletileg a fűtési energia 75%-át fogyasztja el (azért elméletileg, mert sok házat valószínűleg egyszerűen nem fűtenek rendszeresen), ezek költségei legalább 2/3-a megtakarítható lenne. Ha a 22,5 literes fogyasztásról legalább 7 “literes” fogyasztásra tudnánk mérsékelni a lakásállományt, ami kb. 250 millió m<sup>2</sup> lakást jelent, ez 15,5 “liter” fűtőolaj megtakarítást jelentene négyzetméterenként és évente, vagyis kb. 542 milliárd Ft



fűtési költség megtakarítást eredményezne az országnak (ez kb. 54.000 Ft/fő/év) nem beszélve arról, hogy évente kb. 12 millió tonna CO<sub>2</sub> kibocsátás elmaradásával sokat tehetnénk a környezetünk megóvásáért is. Ha következetesen alkalmaznánk a passzívház-technológiát, akkor akár 3-4 "literes" értéket is el lehetne érni a felújításoknál, mint azt a gyakorlati példák is mutatják, és akkor a megtakarítások még jelentősebbek lehetnének, elérnék a 665 Milliárd Ft/év értéket, folyó árakon számolva. Mivel a fosszilis energia ára folyamatosan emelkedik, így a potenciális megtakarítás is ezzel arányosan nő a jövőben, vagyis egyre inkább megéri az energiahatékonyságba fektetni.

A Dr. Ürge-Vorsatz Diana Nobel-díjas klímakutató által 2010-ben vezetett kutatás eredményei kimutatták, hogy egy mély felújítási norma elfogadása, amely kb. a passzívház szintjére redukálná a fogyasztást (az S-DEEP forgatókönyv szerint a fűtési energiafogyasztás 85%-ával csökkenti az energiahasználatot), jelentősen több foglalkoztatási haszonnal, energia-megtakarítással és CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkenéssel jár, mint a szokásos üzletmenet szerinti (amely nem célozza az energiafogyasztás csökkentését, S-BASE forgatókönyv), vagy az szuboptimális felújítások (amelyek a jelenleg is alkalmazott technológiák az ÖKO- és a Panel Programokban és hasonló, államilag támogatott programokban, S-SUB forgatókönyv).

### ***Középületekre vonatkozó EU szabályozás***

Feltétlenül említésre méltó, hogy az állami kezelésben levő középületekre vonatkozóan életbe lépett az EU szabályozás, miszerint évente 3% kötelezően felújítandó energetikailag, vagyis az állami ingatlanállomány elméletileg 30 év alatt fenntartható pályára kerülhet, ha betartják ezt az előírást. A kereskedelmi ingatlanok életciklusa még kevesebb, mint a lakó-, vagy középületeké, és a versenyszféra amúgy is nyitott a zöld megoldásokra, mivel azok hasznot hajtanak neki. Figyelmünket tehát fordítsuk a lakóingatlanokra.

### ***Családi házak felújítása***

A mintegy 4,3 millió lakásból a legnagyobb hányadot a vidéki, egylakásos családi házak jelentik. Itt feltétlenül vizsgálni kell a gazdaságosságot, azonban több hazai példa (pl. Benécs József épületfelújításai<sup>125</sup>) azt mutatják, hogy a meglévő alapokat, falakat és födémet megtartva, passzívház szintű felújításokat lehet végezni, versenyképes áron. Mivel ezeket a gyakran 50-60 éves ingatlanokat szinte telekárban meg lehet venni, gazdaságos megoldás lehet a tartószerkezet megtartása, a tetőszerkezet, szakipar és épületgépészet teljes megújítása mellett. Számítások és mérések szerint például egy „sátortetős kockaház” fajlagos fűtési energiaigénye eléri az 500 kWh/m<sup>2</sup>a értéket is – gyakorlatilag kifűthetetlenek ezek a

---

<sup>125</sup> Passzívházak és Energiahatékony Épületek szakmai konferencia, 2012, Benécs József előadása

házak a mai energiaárakon, (a mai, „liberális” szabályozás szerint is maximum 225 kWh/m<sup>2</sup>a lenne megengedhető ezekre a házakra), ami „fényévekre” van a 2020-ban kívánatos 25-40 kWh/m<sup>2</sup>a értékektől. Passzívház-technológiát alkalmazva 37 kWh/m<sup>2</sup>a értékre sikerült csökkenteni a fűtési hőigényt a konkrét példában, ami a korábbi 485 kWh/m<sup>2</sup>a értékhez képest 93%-os csökkenés! Ezt a kiváló eredményt 30 cm vastag grafitos EPS hőszigeteléssel (falon), 3 rétegű hőszigetelésű műanyag ablakkal ( $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), és 80% hatékonyságú hővisszanyerős szellőző berendezéssel sikerült elérni. Ezek a termékek egyébként ma már szinte kommersznek mondhatók, magyar üzletekben, egyre inkább magyar gyártásban elérhetőek.

### ***Panelházak felújítása***

Panelépületek mély felújítása lehetséges és kívánatos, ezt a 2005-ös dunaújvárosi Solanova projekt igazolta: 86%-os energia megtakarítás, számos kedvező egyéb hatás mellett<sup>126</sup>. Számos kutatás igazolta, hogy az ennél alacsonyabb szintet megcélzó felújítások nem érik el a kívánt eredményeket, viszont hosszú távon „belakatojják” az épületállományt<sup>127</sup>. A nagy tömegben végzett mély felújítás egyébként számos gazdasági hasznot hajtana, például növelné a foglalkoztatottságot, fellendítené a hazai építőipart.

---

<sup>126</sup> Solanova, Dunaújváros: <http://www.e-epites.hu/580>

<sup>127</sup> [http://3csep.ceu.hu/sites/default/files/field\\_attachment/project/node-6234/magyarfullreport.pdf](http://3csep.ceu.hu/sites/default/files/field_attachment/project/node-6234/magyarfullreport.pdf) akár 200.000 új munkahelyet is tudna létrehozni a tanulmány szerzői szerint

## Alapfogalmak, definíciók

Alábbiakban néhány alapfogalmat és definíciót gyűjtöttem össze – a teljeség igénye nélkül.

### *Bioklimatikus építészet*

Több évtizedes múltra visszatekintő építészeti szemlélet. Energiatudatos, a környezetet, speciális klimatikus viszonyokat kutató és figyelembe vevő építészeti irányzat. Elsősorban építészeti eszközökkel kívánja elérni a maximális komfortot minimális fosszilis energia ráfordítással. jelentős építész. A hagyományos építészet alapvetően bioklimatikus elveket követett.

### *CO<sub>2</sub> kibocsátás mértéke*

A szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) légköri koncentrációja az elmúlt húszezer év során a 0,028 százalékos egyensúly-érték körül ingadozott. Mennyisége 1850-től a széntüzelés következtében intenzív növekedésnek indult, ami az 1960-as évek óta különösen felgyorsult. Az USA-ban található Mauna Loa Obszervatórium (Hawaii) adatai alapján a CO<sub>2</sub> kibocsátás 1950-ben még 4 milliárd tonna/év alatt volt, ami mára meghaladta a 22 milliárd tonna/év értéket, így a légkör koncentrációja 0,037 százalék, amely közel egyharmaddal magasabb a másfél évszázaddal ezelőttinél. Gyapodási tempója évente 0,00015 százalék. Mindezt figyelembe véve a CO<sub>2</sub> kibocsátás 2020-ra évi 60-70 milliárd tonna, 2050-re évi 80-140 milliárd tonna lesz. Ezen adatok alapján 2050-re a koncentráció elérheti az ipar előtti szint kétszeresét, 2100-ra a háromszorosát. Emiatt a Föld átlaghőmérséklete 3-5 C fokkal emelkedhet.

### *Energiahatékonyság passzívház-technológiával:*

- Energiahatékonyság alacsony fűtési költséggel és magas komforttal
- Jobb belső levegőminőség hővisszanyerős szellőzéssel
- Jobb állagvédelem, száraz és meleg falak
- Értékálló befektetés, garantált biztonság
- Gazdasági előnyök, munkahelyteremtés
- Energiafüggetlenség,
- Gazdasági stabilizáció
- Klímavédelmi célok, CO<sub>2</sub>-csökkentés elérhető

### *Fenntartható fejlődés*

Fogalmát 1987-ben határozta meg a Brundtland Bizottság : „A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generáció szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generáció esélyeit arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.” (Láng István)

### *Fenntartható építészet*

a fenntartható építészet nem más, mint „egészséges épített környezet létrehozása és felelős fenntartása az erőforrások hatékony kihasználásával, ökológiai elvek alapján.” (C. Kibert)

### *Fotovillamos energia (photovoltaics, PV)*

Elektromos áram termelése napelemekkel.

### *Fűtőkorszerűsítés*

A már meglévő, elavult fűtési rendszerek korszerűsítésével jelentős energia megtakarítás érhető el. A régen épült távfűtéses lakások esetében jellemzően a fűtés nem is szabályozható egyedileg, a lakók ki vannak szolgáltatva és nem érdekeltek az energia megtakarításban. A legpazarlóbb, mikor az ablakokon keresztül engedik ki a meleg levegőt,

mert így lehet csak szabályozni a fűtést. Sok esetben már a fűtési hőmennyiség mérés megteremtése is energia megtakarításra, a felhasznált energia csökkentésére ösztönöz.

#### *Hőhidmentesség*

Az épületszerkezeteknek hőhidmentesnek kell lenniük ahhoz, hogy teljesítsék a korszerű követelményeket. Ez kihat az építészeti formálásra is, hiszen az építészek által kedvelt konzolok kialakítása csak kompromisszumok árán lehetséges, és olyan épületrészeket is szigetelni kell, melyeket korábban nem szigeteltünk. A várható hőhidasság modellezése meglehetősen új tudományág, ennek megfelelően nem igazán elterjedt módszer. A falak vastag hőszigetelése általában megoldja a födémcsatlakozások problémáját, de a redőnyszekrények, erkélyajtó küszöbök, alapozás és hasonló érzékeny csomópontok még a jól szigetelt épületek esetében is kihívást jelenthetnek az tervezőknek.

#### *IEA*

A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) 1974-ben alakult az OECD-n belül, azzal a céllal, hogy nemzetközi energia programokat koordináljon a 30 OECD tagország között. Az IEA tagja Magyarország is.

#### *Klímahomlokzat*

A hagyományos függönyfal-rendszerű üveghomlokzatok a legnagyobb energiapazarlók. A kéthéjú dupla üveghomlokzatnak (klímahomlokzat) köszönhetően alacsonyabb energiafogyasztás érhető el. A két üvegréteg közötti tér klíma-pufferként szolgál, és megvédi a vihartól a motorosan mozgatható árnyékoló lamellákat, melyek árnyékolják a belső teret. Ennek köszönhetően a belső tér lassabban melegszik fel nyáron. A két héj közötti tér az épület légtechnikai rendszerének szerves része. A levegő áramlását gépi szellőztetés, vagy a gravitációs felhajtóerő biztosítja. A hatékonyság nagyban függ az üzemeltetéstől, a beszabályozástól. A belső oldali üvegszerkezetnek különlegesen jól szigeteltnek kell lenni, a két héj között tekintélyes távolságnak kell lenni, (20 cm és 2 m között). A szerkezetet Le Corbusier alkalmazta először<sup>128</sup>. A két réteg üveg közé fűtő-, és hűtő csöveket tervezett, ami az épületfizikai szempontból katasztrofális energetikai eredményhez vezetett, gyakorlatilag az utcát fűtötték és hűtötték vele.

#### *Légzárás, légtömörség*

Az épületek megfelelő hőszigetelésének alapfeltétele a szerkezetek légtömörsége, légzárósága, hiszen a filtráció jelentős ellenőrizetlen hőveszteséget okoz. A külső és a belső tér közötti nyomáskülönbségek alapján már kis tömítetlenség esetén is jelentős hőveszteségek keletkeznek: a hézagokon keresztül beszivárog a külső levegő az épületbe és a belső tér meleg levegője a szabadba távozik. Általában a nyílászárók hézagai jelentik az épületek légáteresztő réseinek túlnyomó többségét. A spontán filtrációs légforgalom-csökkentésének fontos eszköze lehet ezek utólagos tömítése. Az új - jelentős légzárással rendelkező - nyílászáró szerkezetek elhelyezésekor kiemelt figyelmet kell fordítani a tokszerkezet és fal csatlakozására, párazáró tömítés vagy fólia elhelyezése szükséges.

#### *Légtömörség-vizsgálat*

A blower-door vizsgálat lényege, hogy az épületen belül a környezeti egyensúlyi légnyomáshoz képest adott 50 Pa túlnyomást hozunk létre, és vizsgáljuk az ekkor kialakuló térfogatáramot. A túlnyomásos teszt során annyi levegőt juttatunk a házba, hogy 50 Pa túlnyomás jöjjön létre. A két mérési eredmény középértékét jelölik n50-es légcsereszámval, mely egy jó minőségű épületnél kevesebb, mint 1,5-2 h<sup>-1</sup>, passzívháznál pedig n50<0,6 h<sup>-1</sup>.

---

<sup>128</sup> Le Corbusier: Mur Neutralisant, pl. a Tsentrosoyuz székháza, Moszkva 1930-1936 (Nikolai Kolli-val)

Minél tömítettebb a ház, annál kisebb a réseken fellépő filtráció okozta állagromlás kockázata. Az n50-ből becsülni lehet a szellőzési hőveszteséget.

### *Monitoring*

A felújítás előtt és után mérték az épületet, több száz hőmérséklet,- és páratartalom-érzékelőt és fogyasztásmérőt helyeztek el az épületben, amit 2002-2006 között tudományosan kiértékeltek. Kis meteorológiai állomás is van az épületben, a megfigyeléseket a mai napig folytatják. A felméréshez kapcsolódott egy szociológiai és ökológiai kutatás is, és az épületet teljes életciklusra is megvizsgálták.

### *Nemzeti Energiastratégia 2030*

Az Országgyűlés 2011 október 3-án fogadta el a dokumentumot, melynek célja a függetlenedés az energiatüggőségtől, fő eszközei az energiahatékonyság, megújuló energiák alkalmazása, biztonságos atomenergia és az erre épülő közlekedési elektrifikáció, kapcsolódás az európai energia infrastruktúrához, és a hazai szén- és lignitvagyon fenntartható, környezetbarát felhasználása.

### *PHPP*

Passzív ház tervező csomag a passzív házak energetikai méretezéséhez és optimalizálásához, egy olyan energetikai szoftver, mely segíti a passzív ház tervezést és kivitelezést. A dinamikus szimulációt helyettesítő számításokkal egész évre modellezhető a leendő ház energetikai működése, használata elengedhetetlen a passzív házak tervezéséhez.

### *Szellőzés*

A jól hőszigetelt és légtömör épületek legjelentősebb hővesztesége a szellőztetésen keresztül történik és ezt megszüntetni sem lehet, hiszen a folyamatos légcserre élettani, komfort vagy biztonsági szempontból mindenképpen szükséges. A további energiamegtakarítás érdekében alkalmazhatunk ún. hővisszanyerős szellőző rendszert, mely az elszívott használt levegő hőjével előmelegíti a beérkező friss levegőt. Az utólagos hővisszanyerő elhelyezése bonyolult, a légcsatornák ki- és bevezetése ill. a berendezés helyigénye miatt.

### *Szuperszigetelés*

A szuperszigetelés egy tervezési és kivitelezési megközelítés, mely során a kiváló hőszigetelésnek köszönhetően az épületburkon keresztül történő hőveszteség mértéke radikálisan lecsökken. Az ilyen hőszigetelés (és légtömörség) a szokványos gyakorlatban alkalmazott mérték többszöröse lehet, s mint ilyen, a passzív ház egyik elődjének tekinthető. Egy 1985-ös definíció<sup>129</sup> szerint egy épület "szuperszigeteltnek" tekinthető, ha a fűtési energia igénye kevesebb, mint a használati melegvíz igény.

### *Passzív-szolár építészet*

A passzív-szolár építészetben a falak, nyílások, födémek és padlók úgy vannak kialakítva, hogy maximálisan begyűjtsék, tárolják és hasznosítsák a téli nap melegét, és ugyanakkor kizárják a nyári hőséget. A passzív-szolár, vagy klimatikus design irányzatban a passzív szó azt jelzi, hogy az épület passzívan hasznosítja a napenergiát, és nem aktívan (mint pl. a

---

<sup>129</sup> Nisson és Dutt, 1985

napelemek, napkollektorok). A passzív-szolár építészet kulcsa a helyi klíma megértése, és kihasználása, az üvegezett felületek arányával, az üvegezés módjával, a hőszigeteléssel, az épület tömeggel és árnyékolással, természetes szellőztetéssel stb. A témának hatalmas szakirodalma van, költséghatékony, tudományosan megalapozott, gyakorlatba könnyen átültethető és igazolható komplex megoldásokkal azonban gyakran adós marad. Találmányai, a Trombe-fal, a tetőbevilágító, a transzparens hőszigetelés és társai nem tudtak áttörést hozni az energiahatékony építésben. A passzív-szolár építészet alapelveit (direkt napnyereség, árnyékolás stb.) a passzívházaknál és a zéróenergiás építészetben kiválóan lehet kamatoztatni.

### *Passzívház*

Passzívháznak tekinthető az az épület, melynek fűtési energiaigénye olyan csekély, hogy az fenntartható módon kielégíthető bármilyen energiaforrásból, tehát akár megújuló forrásból is. Az irányadó darmstadti Passzívház Intézet azt az épületet minősíti passzívháznak, amely négyzetméterenként és évente legfeljebb 15 kilowattóra fűtési (és hűtési) energiaigénnyel bír, illetve összes primerenergia (fűtés, melegvízkészítés, háztartási áram stb.) igénye is maximum 120 kilowattóra négyzetméterenként és évente. A ház légtömörégi mutatója 50 Pa nyomáson legfeljebb 0,6/h-1 lehet, vagyis a hőhidmentes és légtömör szerkezet, a vastag szigetelés és a specális nyílászárók szinte termoszként kell benntartsák a meleget. A hővisszanyerős szellőztetés révén a szellőzési hőveszteség is minimálisra csökken. Az az épület, ami nem teljesíti ezeket a kritériumokat, nem nevezhető passzívháznak, csak alacsony-energiás épületnek. A passzívház követelménynek megfelelő építőanyagok és komponensek új nemzedékét hívta életre a szabvány.

### *Passzívház definíciója:*

„A passzívház egy olyan épület, amelyben a termikus komfortérzet (ISO 7730 szerint) kizárólag annak a friss levegő mennyiségnek az utánfűtése vagy utánhűtése révén biztosítható, amely a kielégítő levegőminőség (DIN 1946) eléréséhez szükséges, mégpedig anélkül, hogy a friss levegőhöz visszakevert levegőt alkalmaznánk.” Vagyis a passzívház egy olyan kiváló termikus komfortot nyújtó ultra alacsony energiaigényű épület, melyet akár a szellőztető rendszerén keresztül el lehet látni fűtési hővel, vagy hűtési célú klimatizálással.

### *A „passzívháztétel“ levezetése*

A friss levegő feltétele:  $V \gg 1 \text{ m}^3/(\text{h} \times \text{m}^2 \text{ hasznos alapterület})$

Maximális léghőmérséklet a hőcserélőben:  $J < 50^\circ\text{C im}$   
 $\rho \text{ JD} = 30 \text{ K};$

Maximális fűtőteljesítmény  $P = 1 \text{ m}^3/(\text{h} \times \text{m}^2) \times 0,33 \text{ Wh}/(\text{Km}^3) \times 30 \text{ K}$

$= 10 \text{ W}/\text{m}^2$  (hasznos alapterület)

### *Ökológikus passzívház*

A passzívház alapvetően egy épületenergetikai koncepció, és bármilyen építési technikával, anyaggal megvalósítható. Az ökológikus építészet törekszik a természetes anyagok és technológiák alkalmazására, ezért a kettő párosítása olyan épületet eredményez, mely mindenben megfelel a passzívház kritériumnak, de ezen túlmutat, és az anyaghasználatban illetve a vízzel és környezettel kapcsolatosan is a fenntartható trendeket követi.

### *Transzparens szerkezetek*

Átlátható szerkezetek, azaz üvegszerkezetek. Az épületek hőháztartásában kiemelt jelentősége van a transzparens szerkezeteknek, mivel ezek a napsugarakat átengedik, de a hőenergiát benn tartják, ezáltal hozzájárulnak a belső terek fűtéséhez, ez akár túlmelegedéshez is vezethet, ezért vizsgálni kell a nyári benapozás és árnyékolás kérdését is.

### *Városi fenntarthatóság*

Akkor beszélhetünk városi fenntarthatóságról, ha a városi környezet és a lakóminőség fejlődik, a korábban elhanyagolt, elhagyott területeket revitalizálják, és az ingatlanfejlesztés pozitív hatást gyakorol a környezetre, miközben a terület terhelési mutatói, zsúfoltsága nem növekszik, a közlekedési terhelés, a káros kibocsátások, zajszint csökken, a tömegközlekedési kapcsolatok jól működnek. A vegyes funkciók növelik a fenntarthatóságot, ha az új funkciók illeszkednek a városi szövetbe, és közösségi funkciókat is ellátnak (gyermekellátó intézmények, játszóházak, fitness, sport, posta stb.) A történeti környezet megóvásra, és integrálásra kerül, a kapcsolódó közterületeket is fejlesztik (burkolatok, utcabútorok, közművek, akadálymentesítés), a zöldterület növekszik. A városi hőszigeteket megfelelő anyagválasztással, zöldfelületekkel, átszellőzés biztosításával kell elkerülni.

### *Zéróemissziós építészet*

A zéróenergiás épület legalább annyi emisszió-mentes energiát termel, amennyi energiát az emissziót produkáló forrásokból vesz (net zéró emisszió).

### *Zéróenergiás design*

Alapvetően azt jelenti, hogy az épület nem használ fel több energiát éves viszonylatban, mint amit megtermel. Passzív és aktív technikákat alkalmazó, szuperszigetelt, légtömör épületek, melyek olyan kevés energiát igényelnek, hogy az fenntartható módon és megújuló forrásból fedezhetőek. Alapvetően maximális energiahatékonyságra törekednek a zéróenergia házak, mivel ez gazdaságosabb, mint a megújuló energianyerés fokozása. A passzívház és a zéróenergiás ház egymást kölcsönösen segítő fogalmak, szinergiát mutatnak. A passzívház eleve limitálja a primerenergiafogyasztást, mely nem lehet több, mint 120 kWh/m<sup>2</sup>a, a zéróenergiás háznak tehát ezt kell helyettesíteni megújuló forrásból, ami alapvetően napenergiahasznosítást jelent, fotovillamos (áram) és napkollektoros (melegvíz) megoldással. Az éves szinten megoldott nulla energia igény feltételez valamilyen szezonális energiátárolást, ami költséghatékonyan az elektromos hálózattal oldható meg (elektromos visszatáplálás ad-vesz mérővel).