



BME Építésztechnológiai Kar
Épületszerkezeti Tanszék

I. ÉPÜLETSZERKEZETI KONFERENCIA

GÁBOR LÁSZLÓ PROFESSZOR SZÜLETÉSÉNEK 100. ÉVFORDULÓJA TISZTELETÉRE

DR. GÁBOR LÁSZLÓ

ÉPÜLETSZERKEZETTAN

DR. GÁBOR LÁSZLÓ

ÉPÜLETSZERKEZETTAN

DR. GÁBOR LÁSZLÓ

ÉPÜLETSZERKEZETTAN

DR. GÁBOR LÁSZLÓ

ÉPÜLETSZERKEZETTAN

Dr Lányi Erzsébet

egyetemi adjunktus

AZ ENERGIA SZEREPE A „FENNTARTHATÓ”
ÉPÜLET-FELÚJÍTÁSBAN

Fenntartható fejlődés, fenntartható építés

Az ENSZ Emberi Települések Központja (HABITAT), 1996-os isztambuli konferenciája HABITAT Agenda címmel próbálta konkretizálni a „fenntartható fejlődés” követelményéből adódó, az emberi települések fejlesztésére vonatkozó feladatokat.

A HABITAT akkor, az épített környezet szempontjából is döntő jelentőségű problémákat fogalmazott meg, amelyek ma is érvényesek. Az urbanizálódás, a megapoliszok kezelhetetlensége, az energiafogyasztás megállíthatatlan emelkedése, a szilárd hulladékok mennyiségének és a vízszennyezésnek a növekedése, valamint épített kulturális örökségünk folyamatos pusztulása sajnos ma is fennáll.

Minderre tekintettel a „fenntartható fejlődés” részeként megfogalmazott „fenntartható építészet” legfontosabb kritériuma, hogy jelenlegi gyakorlatunkkal szemben, egyidejűleg vegye figyelembe a társadalmi-, az épített-, és a természeti környezet védelmének szempontjait.

A fenntarthatónak (környezettudatosnak) nevezett építészet feladata; az ökológiai szempontoknak, a fenntartható fejlődés elveinek (Reduce, Conserve, Recycling, vagyis csökkentsd az erőforrás felhasználást, őrizd meg a természeti és kulturális értékeket, fordasd vissza, illetve használd fel többször, amit a természettől elvettél), és az emberi egészség védelmének biztosítása az épületek tervezése megvalósítása, használata, felújítása és bontása során.

Eszközei; a takarékos terület- (az ökológiailag aktív területek védelme) és energiafelhasználás, az ökológia trofikus szintjeihez hasonló viselkedésű (termelő, fogyasztó, eltakarító és lebontó funkciók) építőanyagok és épületszerkezetek beépítése, köztes technikák, (szelíd technológiák) alkalmazása és a fenntartható épülethasználat(5).

A energetikai követelmények érvényesítése a fenntarthatóság gondolatrendszerének kiemelt területe. Az energiafogyasztás (elsősorban a fosszilis energiahordozókból előállított energia) csökkentése, de legalább növekedésének megállítása civilizációnk egyik legaktuálisabb feladatának tekinthető. Az épületek létrehozásának és üzemeltetésének energiafelhasználása az EU-15 országok energiafogyasztásának még most is 35-40%-a, itthon ennél jóval több.

Néhány adattal jól jellemezhető a különbség az EU-15 és az újonnan csatlakozott országok energiahatékonysági potenciálját illetően. A magyar helyiségfűtés/hűtés fogyasztása kb. 0,90 GJ/m²/év, az EU-15-ben ugyanaz kb. 0,53 GJ/m²/év. Egy EU „hatékony” – azaz az energiatakarékossági intézkedéseket követő, korszerű szabványoknak megfelelő épületben kb. 0,24 GJ/m²/év. Vagyis a hazai fajtálagos fűtési energiafelhasználás kb. 70 %-kal magasabb az EU-15-énél. A jelenlegi árrakal és költségekkel a magyar energiamegtakarékossági potenciál hazai épületekben 10-20 %

A hazai meglévő épületállomány és műszaki állapota

Az épületeket rendeltetésük (funkció) szerint szokás osztályozni, bár korszerű világunkban a térhasználat kevert és korábban ismeretlen funkciócsoportokat eredményezhet.

Az energiafogyasztás szempontjából az épületek mintegy 90%-át kitevő lakóépületeket érdemes kiemelten kezelni, bár az üzleti életet megjelenítő irodaépületek és a közintézmények (kereskedelmi, oktatási- egészségügyi-, sportlétesítmények) energiafogyasztása sem elhanyagolható. Az ipari tevékenység más földrajzi környezetbe kerülése miatt egyre kisebb jelentőségű ipari épületek ma többnyire más (többnyire kulturális, vagy kereskedelmi) feladatot látnak el.

A mesterséges környezet, ezen belül az épületállomány nagy része, különösen Európa középső és keleti területein műszaki és fenntarthatósági/energetikai szempontból is súlyosan leromlott állapotban van. Ennek alapvető okai; a hosszú időn keresztül az új alkotást előnyben részesítő politikai és építészeti szemlélet, a

pénztelenség és néha az igénytelenség.

A meglévő épületek állapotára jellemző a fizikai-műszaki és erkölcsi elhasználódás, a még sokszor pazarló energiahasználat, de az ivóvíz túlfogyasztása, a csak részben megoldott szennyvízkezelés, a használatból adódó levegő-, víz- és zajszennyezés, valamint a szilárd-hulladék-kezelés hiányosságai. Ez utóbbi a használati magatartás, illetve a bontásból származó anyagok nem megfelelő elhelyezésének következménye.

A fenntartható épület rehabilitáció alapelvei

Alapelveként fogalmazódik meg, hogy a felújított épületek képesek legyenek a jelenkor igényeit funkcionális/építészeti szempontból kielégíteni. Ennek elérésére olyan szerkezeti-műszaki megoldásokat kell választani, melyek megszüntetik a hibák kiváltó okait, az eredeti építéstechnikákhoz közel állnak, nem alkalmaznak mérgező anyagösszetevőket és szem előtt tartják a korlátozott energiahasználatot.

Az újrahasznosított épületekkel szemben épületpszichológiai- (helyiségkapcsolatok-arányok, bővítés, lehatárolás, stb.), műszaki- (tartószerkezeti-, nedvesedési-, akusztikai-, hőszigetelési), és fenntarthatósági (káros anyagok kiküszöbölése, komfortérzet -, levegőminőség javítása, energetikai) elvárások, részben számszerűsíthető követelményértékek fogalmazhatók meg.

A rehabilitációs tevékenység folyamata

Az épületek/településrészek fenntartható újrahasznosításának többféle algoritmusra létezik, bár lényeges eltérés nincs közöttük.

Eszerint,

- a jobbítási szándék/kötelezettség megjelenését követően, az épület/településrész funkcionális, műszaki és fenntarthatósági állapotának/állagának felmérését (épület- és környezetdiagnosztika),
- a céltervezést és
- a gazdasági szempontok mérlegelését, majd
- az ingatlan(ok) adottságainak, mesterséges-, szabályozási- és természeti környezetének felderítését (rendezési terv, közművek, közlekedés, környezeti erőforrások),
- végül a megvalósítás folyamatának (tervezés, kivitelezés, fenntartás) leveleznylését kell elvégezni.

Nehéz és értelmetlen elválasztani a tisztán műszaki-, csak energetikai-, vagy a fenntarthatósági szemléletű beavatkozásokat, az esetek többségében mégis ez történik.

Ennek elkerülésére segítséget jelenthet néhány fogalom tisztázása. Az építészeti-műszaki beavatkozás fokozatai az épületfenntartáson, felújításon, korszerűsítésen át, a „csak energiatudatos” vagy fenntartható rehabilitációig terjednek, és egyre nagyobb volumenű munkálatok elvégzését feltételezik. A három utóbbi esetben az épület építészeti-műszaki, sőt környezeti teljesítményének és ezzel értékének növelésével is számolhatunk.

Állagfelmérés, épületdiagnosztika

Az épület műszaki állapotának ismerete és kezelése nélkül a fenntarthatósági/energetikai szempontok érvényesítése értelmetlen. Egy épület műszaki teljesítményének méréséhez az épületpatológia és az épületdiagnosztika (általános, részletes és szakvizsgálatok) eszközeit is fel kell használnunk.

Az építéspotológia; (orvostudománnyal analóg módon) az épület „körtana” teljes élettartama alatt, a „születéstől” a „haláláig”. EU tagként, pl. rendelkezésünkre áll a C.I.B. (Nemzetközi Építéskutatási Tanács, W 086 Építéspotológiai Munkabizottság) 1980-as években létrehozott és folyamatosan fejlesztett információs adatbázisa (Building Research Establishment- BRI-), mely tartalmazza az építési hibák összegyűjtését és rendszerezését, a káros elváltozások gyakoriságának, okainak, lefolyásának vizsgálatát és helyreállításának lehetséges módszereit és eszközeit. Az energetikai jellemzők vizsgálatára jól használható pl. az Energy Performance Indoor Environment Quality Retrofit (EPIQR), de folyamatban van az u.n. „Energiatanúsítvány” elkészítésére hivatott, hazai szakembergárda kiképzése is.

Az épület/mesterséges környezet műszaki állapotának tisztázására csak szerkezeteik beazonosítását, azok működési szabályainak megismerését követően kerülhet sor. Ebben segítségünkre lehet a műszaki és

energetikai állapotra vonatkozó épület diagnosztika amely az építési patológia eszköze, az épületek műszaki állapotának felmérése, a szerkezetek teljesítőképességének vizsgálata egy adott időpontban. Célja; az elhasználódás mértékének megítéléséhez szükséges tételes, adatszerű információk beszerzése és annak eldöntése, hogy a szerkezetek teljesítményének szintje meddig tartható fenn, növelhető-e, milyen eszközökkel és mennyiért.

Több fajtája van; az általános-, a részletes épületvizsgálat és a különböző szakvizsgálatok, melyek leggyakrabban szerkezetfelfrítást, mintavételezést és laboratóriumi vizsgálatokat igényelnek.

Az energetikai vizsgálatokhoz jól használható a szerkezetelemzés és az épületfizikai számításokon kívül pl. az infrakamera, a száraz és neves hőmérsékletmérés, stb.

A fenntarthatósági állapotfelmérés részei az építészeti adottságok, a használatra vonatkozó erőforrás felhasználás és környezeti erőforrás-potenciál felmérése, ami ökológiai, (pl. ökológiai lábnyom-számítás) statisztikai, szociológiai és műszaki vizsgálatokat kíván.

Fontos kérdés az élettartam kategóriák tisztázása (szavatossági idő, amortizáció, műszakilag becsült élettartam) is. Ez utóbbiak általános kivitelezési és használati minőséget feltételezve a már említett adatbázisokban hozzáférhetők, segítségükkel megítélhető pl. hogy érdemes-e az épületet életben tartani.

A megvalósítás módszerei

A megvalósítási munkák során nemcsak az építés-korabeli szerkezetek anyagainak és működésének, hanem azok kivitelezési technikáinak ismeretére is szükség van.

Az elkerülhetetlen bontások, rá- és hozzáépítések során a kizárólag korszerű technikák alkalmazása jelentős szerkezeti károkat okozhat. Köztes („soft-tech”) technikákat ismerő és használó kivitelező teamre és fokozott tervezői ellenőrzésre van szükség.

Az energetikai szempontok kiemelése a rehabilitációs folyamatban

Az energiaracionalizálásra alapvetően két lehetőség van;

- a fosszilis energiák takarékos, hatékony felhasználása, (a káros kibocsátások csökkentésével),
- a megújuló energiák bekapcsolása az épület használatába. A cél az energiaszükséglet ésszerű határig való csökkentése, mely a hőveszteség korlátozásával, a térelhatároló szerkezetek hőszigetelésével és hővisszanyerő berendezésekkel (defenzív tervezési stratégia), és/vagy a megújuló energiaforrásokból származó hőnyereség növelésével, pl. a megfelelő tájolású transzparens felületek és a hőtároló tömeg tudatos átalakításával, megújuló energiaforrásokat hasznosító gépészeti berendezésekkel (nyereségelvű tervezési stratégia) érhető el.

Energiafajták a hatékonyságuk összehasonlítási lehetőségei

Technikai civilizációnk óriási nagyságú és intenzitású technikai arzenált hozott létre és működött folyamatosan hihetetlen mennyiségű és nagy sűrűségű energia felhasználásával. Az épületek energia-használata ennek csak kb. 35 - 40%-a, maradék 65-60%-ról ritkábban esik szó.

A kényelmünket biztosító technika fosszilis- és hasadóanyag energiahordozókból előállított energiával működtethető igazán hatékonyan, ezek azonban egyre nehezebben és drágábban férhetők hozzá. A megújuló energiák (szoláris-, geotermális-, biomassza-, víz-, szél-, árapály-, hullámenergia, stb.) kis „sűrűségűek”, hozzáférhetőségük nem egyenletes, meg kell oldani begyűjtés, sűrítés, tárolás/elosztás problémáit. A megoldások széles skálája áll rendelkezésre, azonban a hasznosító berendezések előállítás, sokszor működtetése is fosszilis energiát igényel. Kezdjük belátni, hogy megszokott kényelmi szintünk biztosításához szükséges fosszilis energiamennyiség nem váltható ki teljes egészében megújulókkal, de az igényeink csökkentéséről hallani sem akarunk.

Az energetika a természetben előforduló energiahordozók, ipari, fűtési, világítási célokra történő nemesítésével, átalakításával, hasznosításával foglalkozik. Az energiafajták ismeretére azért van szükség, mert az épület használója leggyakrabban csak a „végső energiával” találkozhat, nincs ráhatása arra, hogy az épületelemek előállításuk, szállításuk, beépítésük, felújításuk és bontásuk (életciklusuk) során mennyi energiát igényeljenek.

Leggyakrabban csak a használati energia pénzügyi vonatkozásaival találkozhat.

- A „primer energia”, a természetes állapotban lévő fosszilis és/vagy megújuló energiahordozók- (szén, kőolaj, földgáz, nap, biomassza) energia tartalma.
- a „szekunder energia”; másodlagos energia a nemesített/átalakított energiahordozók- (kocsz, benzin, hő, áram) energiatartalma.
- a „végső / haszonenergia”; a „maradék” energiatartalma, a fűtőtestek hője, a helyiségek világítása, az autók mozgási energiája, stb.

Az energiafogyasztások összehasonlítása csak primer energia tartalmuk alapján lehetséges (az energiahordozók kitermeléséhez-, a másodlagos energiafajták előállításához is energiára van szükség). A véglegesen hasznosuló és a primer energia hányadosa az energiahasználat hatásfoka, (%). A felhasználó rendszerint csak részhatás-fokot és nem rendszerhatásfokot ismer, nincs tudomása a termékek beépített (szürke) energiatartalmáról sem.

Épületek energiamérlege

Itthon az épületek fűtésére, ill. hűtésére átlagosan, az u.n. használati energiának több mint 50%-át fordítjuk. A maradék megoszlik a melegvíz készítés (kb. 10-12%), főzés és háztartási géphasználat (kb. 8-10%), a világítás (1-2%) és az épületek megközelítését lehetővé tevő közlekedés (kb. 20%) energiaszükséglete között.

A tervezés során érdemes elkészíteni az épület energiamérlegét, a jó döntés érdekében.

Kétféle energiamérleg ismert. A gyakorlatban a fűtési/hűtési energiamérleggel számolunk, de létezik az épületek életciklusra vetített energiamérlege is.

A fűtési/hűtési energiamérleg;

$$Q_t + Q_{hh} + Q_{sz} + Q_s + Q_b + \Delta Q / \Delta t + Q_g = 0$$

Az egyenlet tagjai;

- Q_t a transzmissziós hőveszteség,
- Q_{hh} a hőhidak hővesztesége,
- Q_{sz} a szellőzési hőveszteség,
- Q_s a (nap)sugárzási hőnyeresége,
- Q_b nem fűtési célú forrásokból származó, belső hőterhelés,
- $\Delta Q / \Delta t$ a tárolt hő változása, a térelhatároló szerkezetekben az időben változó külső/belső hatások miatt elnyelt vagy felszabaduló energiaáram.
- Q_g = a gépészeti rendszerek fűtő/hűtő teljesítménye.

Az egyenletben szereplő összetevők a pillanatnyi időjárási és üzemeltetési feltételektől függően pozitív vagy negatív előjelűek.

Az életciklusra vetített energiamérleg elemei;

A fűtési/hűtési hőszükségletre vonatkozó (használati energia) energiamérleg elemein kívül a létesítés- (kitermelés, gyártás, szállítás, építés, bontás, újrafeldolgozás), a felújítás-, bontás-, újrafelhasználás-, hulladék elhelyezés energiafelhasználását (szürke energia) is tartalmazza.

Energiatudatos épületfelújítás

Az épületek hőveszteségének korlátozása, illetve a hővisszanyerő berendezések használata a gyakoribb megoldás. A külső térelhatároló-, illetve a belső fűtött és fűtetlen helyiségeket elválasztó szerkezetek hatékony hőszigetelésével, illetve a távozó romlott levegő hőtartalmának visszatartásával az energiafelhasználás csökkenthető. Ebben az esetben általában fosszilis energiával működő, de jó hatékonyságú (fűtő/hűtő) berendezésekre cseréljük a meglévő, „energiafaló” gépészeti berendezéseket.

A környezeti energiák integrálásával az fosszilis energiahasználat jelentősen csökkenthető, azonban a berendezések szürke energiatartalma általában nő, attól függően, hogy milyen épületgépészeti, vagy épület-szerkezeti berendezéseket használunk energianyerés céljára. Alapvetően kétféle módszert alkalmaznak;

- Az u.n. passzív rendszerek főleg napenergiára épített, többnyire az üvegházhatás elvén alapuló

rendszerek, melyben az épületszerkezetek látják el az épületgépészet feladatát.

- Az aktív és hibrid környezeti energiahasznosító rendszerek részben vagy egészen gépészeti eszközökkel gyűjtik be, tárolják (kollektorok) és hasznosítják a nap, föld, levegő, talajvíz hőenergiáját, vagy a nap- esetleg a szél energiáját felhasználva közvetlenül termelnek villamos energiát (szélkerekek, fotovoltaius elemek)

Épületek energiaszintje

Az energiaracionalizálás követelményének teljesítéséhez szükség van kategorizálásra, a követelményszintek meghatározásához. Az energiahasználat olaj-, illetve földgáz egyenértékben, m^2 -re vetítve szerepel a szakirodalomban. A skála elég széles, a fajlagos fűtési energiafelhasználás $5\text{--}300 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$ (1 l tüzelőolaj = 1 m^3 földgáz = $10 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$). Általában elmondható, hogy

- a hőszigetetlen épületek energiafelhasználása; $250\text{--}300 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$,
- a hőszigetelő falazóblokkból épülteké; $160\text{--}180 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$
- az alacsony energiafogyasztású házaké; $60\text{--}75 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$
- a „Minergia” házaké (Kriesi); $30 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$
- az u.n. passzív házaké (Feist); $15 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$ és léteznek
- kvázi nulla energiaigényű házak (Humm) is

Felújításnál érdemes lenne az alacsony energiafelhasználású ($60\text{--}75 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$) kategóriát megcélózni. A felújítás során figyelembe kell vennünk a hazai épületenergetikai szabályozás (7/2006 (V.24.) TNM rendelet) összesített energetikai mutatóval meghatározott szintjeit is, ami lakóépületeknél $110\text{--}230 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$, irodaépületeknél $132\text{--}260 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$, oktatási épületeknél $90\text{--}254 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$.

A rendelet „A”, illetve „A+” fokozata felel meg a kisenergiájú épületek elvárásainak.

Az energetikai felújítás elkészítése a tapasztalatok szerint „megéri”, ha $\text{U}_{\text{meglévő}} > 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, gazdaságtalan azonban, ha $\text{U}_{\text{meglévő}} < 1 (0,9) \text{ W/m}^2\text{K}$.

A hőszigetelő réteg méretének és a légzárásnak határt szabnak az eredeti építészeti/épületszerkezeti megoldások (pl. hőhidak) a komfortérzet (lég- és felületi hőmérséklet, páratartalom, légmozgás) és a levegőminőség követelményei. Legtöbb esetben a ez utóbbi fejejtődik el (ellenőrzött szellőzés), építésbiológiai (penészedés, károsanyag kibocsátás, stb.) következményekkel. Ne felejtjük el, hogy a városi ember életének kb. $85\text{--}90\%$ -át épületben tölti, a kedvezőtlen szerkezetet és anyaghasználat megbetegedéseket idézhet elő (S.B.S. B.R.I.). A „beteg épület szindróma, és az épülethasználat összefüggő megbetegedések külön tudományos kutatási területek.

Az utólagos hőszigetelés a térelhatároló szerkezetek külső (építészetileg kevésbé értékes homlokzat és tömegképzés), illetve a belső felületén építhetők be. Épületfizikai szempontból a külső oldali elhelyezés látszik megfelelőbbnek, bár az anyaghasználat, a kivitelezési szakszerűtlenségek és a tűzvédelmi problémák okozhatnak nehézségeket. A historizáló, megőrzendő homlokzati kialakítású épületek általában belső oldali hőszigeteléssel kerülnek felújításra, ami páratechnikai és gépészeti vezetékelhelyezési problémákat idézhet elő, azonkívül, „elszigeteli” a belső tér felől a passzív energiahasznosításban jól alkalmazható hőtároló tömeget.

Összefoglalás

- A mai kor (csökkentett) igényeit kielégítő felújítás nem végezhető el a meglévő épület építészeti, tartó- és épületszerkezeti, kialakításának és műszaki és ökológiai állapotának/működésének alapos ismerete nélkül.
- A káros elváltozásokat kiváltó okok megszüntetése alapkövetelmény.
- Terhelés alatti szerkezetekkel kell dolgozni, sokszor funkcionáló épületekben.

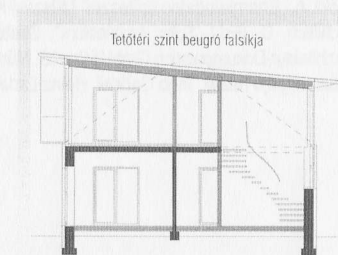
A kijavítás, átalakítás, megerősítés módját úgy kell megválasztani, hogy a lehető legkevesebb rongálással környezet és egészség károsítással járjon és az eredeti építéstechnikákhoz közelálló műszaki megoldásokat alkalmazzunk. Különbözn többet ártunk, mint használunk, az épület életét megrövidítjük meghosszabbítás helyett.

A mellékelt épület Németországban, Oldenburgban készült, építész a Gabriel Arshitecten, 1964/1998) iroda. (Forrás 11)

Az épület tömege/homlokzata megváltoztatható volt. Tetőtér beépítés helyett emeletráépítés készült. Az energiaracionalizálás hibrid módon jött létre. Az épület a földszinten kiegészítő hőszigetelő vakolatot, az emeleten és a tetőn szálas hőszigetelést és kéthéjú szerkezeteket kapott. A földszinti, térbüvelként is funkcionáló napterek a kiegészítő hőtároló tömegekkel passzív napenergia hasznosító berendezésként működnek. Az átmeneti évszakokban ritkán, télen gyakran kiegészítő fűtésre van szükség, amit jó hatásfokú kondenzációs gázkazán biztosít. A melegvíz ellátás a tetőre szerelt napkollektorokkal történik az év négyötöd részében.



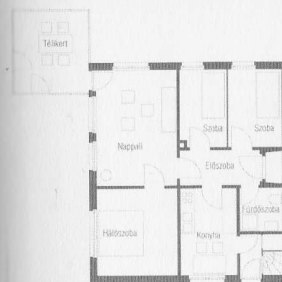
A ház az átépítés előtt...



Metszet az átépítés után



Emeleti alaprajz az átépítés után



Földszint alaprajz az átépítés előtt



Földszint alaprajz az átépítés után

Irodalomjegyzék

- 1 Kunszt, György. „Sustainable Development and the Future of Construction Industry in Hungary”. CIB W82 Hungarian national Report, Scientific Society for Building (ÉTE), 1997
- 2 GIBB; BauBioDataBank (softver)
- 3 Dr Tiderenczl, G. Medgyasszay, P. Szalay, Zs.Zorkóczy, Z; „Épületszerkezetek építésökológisi és biológiai értékelő rendszerének összeállítása az építési anyagok hazai gártási adatai alapján”. Független Ökológiai Központ. KÖM kutatási jelentés, 2006
- 4 „Our Common Future”, Brundtland Comission Report, 1987
- 5 Medgyasszay, P. Dr Lányi, E. Novák, Á. Dr Józsa, Zs. Tiderenczl, G.Cserveny, F. „Tisztább építési anyagokat Magyarországon”. Független Ökológiai Központ, KÖM kutatási jelentés, 2001
- 6 Humm, O. „Niedrig EnergieHauser Innovative Bauweisen und Neue Standards”, Ökobuch, Staufen bei Freiburg, 1997
- 7 Zöld, A. „Energiatudatos építészet” Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999
- 8 Schittich, C. (Ed.) „Solar Architecture”, Strategies-Visions-Concepts, Edition Detail, Institut für Intenationale Architektur-Dokumentation GmbH&Co.KG. München. Birkhauser-Publishers for Architecture Basel-Boston-Berl
- 9 Kisenergiájú házak. Ingo Gabriel, Heinz Ladener, Cser Kiadó Budapest, 2009.