

Lélegző falak

Findhorn – ökofalu Skóciában

A jövő évezred küszöbén kizárólag az olyan építési gyakorlat nevezhető „korszerűnek”, amely megfelel a fenntartható fejlődés és építés irányelveinek, szem előtt tartja a környezeti és egészségi szempontokat, az ökológikus tervezési elveket. De vajon mitől nevezhetünk egy épületet ökológikusnak?

Csupán a felhasznált anyagokat nézve, egy „tipikus” lakóházba több ezer termék épül be. Elméletileg minden egyes tételnél vizsgálni kellene a termék gyártási és szállítási energiaigényét, a gyártási folyamat hatását a környezetre, a termék várható élettartamát, az újrahajthatóság lehetőségét (hulladékkezelés), a lakókra gyakorolt egészségi hatást stb. A gyakorlatban legalább a főbb beépített anyagoknál és szerkezeteknél szükséges ezt kielemezni. Természetesen a helyszín kijelölése, a beépítés módja és a kialakított épület és térformák sem mellékesek a környezeti és egészségi

hatások elemzésénél. Egyre nyilvánvalóbb, hogy az építőiparnak is bizonyos korszakváltáson kell keresztülmennie, így nem folytathatja eddigi gyakorlatát, amely szinte csak az építés pillanatnyi bekerülési költségét tekinti fontosnak. Mindez különösen jelentős otthonunk kialakításánál, ahol életünk közel felét töltjük. Az egészséges otthon korunk egyik legfontosabb kutatási témájává vált.

A findhorni példa - épületbiológiai alapelvek

A skóciai Findhorn Alapítvány egy kb. 300 lakosú ökológikus falu felépítését tűzte ki célul,

melyet 1990-től kezdtek el megvalósítani. A közösség célja annak bemutatása, hogy a szintetikus anyagok által dominált modern építőipar uralma ellenére is létre lehet hozni az egészséges és környezetbarát otthont, ami a jövőben remélhetőleg normává válik.

Ezt a célt szolgálta az épületbiológiai és ökológiai kutatások tanulmányozása és eredményeinek felhasználása.

Az épületbiológia az ember (élővilág) és az épített környezet komplex kölcsönhatását vizsgálja, az épített környezetet „harmadik bőrünknek” tekinti, amelynek – éppúgy mint saját bőrünknek és ruházatunknak – természetes módon kell működnie és szervezetünkkel harmóniában lennie: vagyis képesnek kell lennie a lélegzésre; szabályozó, védő és szigetelő-rendszerként kell működnie, ugyanakkor a párolgást és a természetes környezettel való kommunikációt is biztosítania kell.

A belső levegőminőség javítására széles körű kutatások irányulnak. Emellett az épületbiológia tudománya magában foglalja a bioenergetikai és a radieszteziák kutatások egyes részeit is, melyek többek között foglalkoznak az épület és térforma élettani szerepével; az épület elhelyezésénél az egészségkárosító földszugárzások kiküszöbölésével; a mesterséges elektromágneses terek, az úgynevezett elektroszmog kezelésével. Ezek kényes és kevésbé közismert egészségi kockázatok, melyek tudományos tanúbizonyossága egyre nyilvánvalóbb.

A fentieket figyelembe véve a findhorni ökofalu alapkoncepcióját az Ekkehard Weisner és a Keystone Architects iroda készítette el, természetesen a lakóközösség bevonásával. A házak

egyedi tervezése a további kiválasztott építészekkel történt. A sajátterős építés lehetősége, így a gyors és könnyű építhetőség és az egyszerű részletképzés is fontos szempontok voltak.

Mindezen szempontok összehangolása a favázis könnyűszerkezetek választását eredményezte.

A házak további fő jellemzői:

- passzív napenergia hasznosítása;
- napkollektorok melegvíz előállítására;
- területi gázfűtés (palackozott propán-gáz), hagyományos fali radiátorok;
- hatékony hőszigetelés ($k=0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ a falak, födémek és tetők esetén);
- energiatakarékos izzók;
- tripla üvegezésű nyílászárók ($k=1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$);
- cellulóz hőszigetelés (recirkulált újságpapír);
- nem mérgező, organikus favédő szerek és festékek;
- helyi faanyag és kő felhasználása;
- újszerű lélegző falak kontrollált hő- és páraháztartással;
- alul átszellőztetett lélegző fa álpadlók (a talajból származó radon problémájának kiküszöbölése);
- szakaszolt elektromos áramkörök, hálószobák éjszakai áramtalanítása;
- víztakarékos berendezések (WC, zuhany, önzáró csapok stb.), ivóvíz minőség csak a szükséges helyeken;
- megosztott közös funkciók az ésszerűtlen költségek kiküszöbölésére (pl. egyéni kisebb konyhák mellett nagy közös konyha és ebédlő, közös társalgók, mosókonyhák, műhelyek, raktárak stb.);
- elektromos áram előállítása szélenergiával;
- alternatív szennyvíztisztítás; stb.





Lélegző szerkezetek

Az épületekbe beépített szintetikus anyagok növekvő mértéke az energiahatékonyság fokozódó igényével karöltve olyan szerkezetek kialakulását és elterjedését eredményezték, melyek nem rendelkeznek lélegző tulajdonságokkal. Ennek következményeként a belső terekben tovább fokozódik az építőanyagokból, favédő szerekből vagy festékekből kibocsátott egészségre káros anyagok felhalmozódása, a radon-bomlástermékek jelenlétének problémája, a belső levegő minőségének romlása. Ezenkívül a modern műanyagok, beton, acél és üvegszerkezetek a hasznos negatív ionok épületbe való bejutását is megakadályozzák. Ilyen bioklimatikus és a kapcsolódó bioenergetikai problémák képezik a modern „beteg épület szindróma” alapjait. A hagyományos porózus építőanyagok, mint a téglá, gipsz vagy a vályog képesek lélegezni, viszont gyenge hőszigetelő képességük miatt egyéb egészségi és energiatakarékossági problémákat vetnek fel. A modern energiahatékony szerkezetek ezzel szemben jól szigeteltek, de gyakran nem képesek lélegezni. Ez a probléma hívta életre azokat a kutatásokat, melyek célja olyan szerkezetek kifejlesztése, melyek az energiahatékonyság fokozott igénye mellett lélegző tulajdonságokkal is rendelkeznek; szűrő tulajdonságuk által csökkentik a beltéri szennyező anyagok koncentrációját, és minimális hővesztéssel képesek az egészséges páraháztartást és légcserét biztosítani. A feltéte-

lezések szerint a külső és belső légnyomás különbsége passzív lélegzést indukál. Mindehhez olyan anyagokat kell választani, melyek jó hőszigetelők, maximális légdiffúziót engednek meg, higroszkopikusak (nedvszívó) és kiszűrők, illetve semlegesítik a lehetséges szennyező anyagokat (továbbá „melléleg” nem vezetnek az elektromosságot és nem változtatják meg a természetes földszugárzásokat és a kozmikus mikrohullámú sugárzást). Ezt kívánják biztosítani a findhorni „lélegző szerkezetek” is. A tapasztalatok alapján azonban ezek a szerkezetek elsősorban a kontrollált párávándorlás által „lélegeznek”, biztosítanak egészségesebb belső környezetet; légcserére nem történik rajtuk keresztül. Ilyen légcserét a dinamikus és a diffúzív hőszigetelések folyamatban lévő kifejlesztése céloz. A dinamikus hőszigeteléseknél a feltevések szerint a passzív vagy aktív elszívás által csökkentett beltéri nyomás teszi lehetővé a külső hideg levegő befelé áramlását a porózus hőszigetelésen keresztül. Ez a levegő éppen azt a hőt veszi fel, amit a szerkezet ugyanakkor kifelé leadna, miáltal a szerkezet belüli párákicsapódás veszélyét is elkerüli. Maga a szerkezet hőcserélőként működik, így elméletileg nullához közeli hővesztés érhető el. A porózus fal ugyanakkor hatékony légszűrőként is működhet, továbbá az egészséges párávándorlást is biztosítani kell.

A findhorni szerkezetek

Egy átlagos 4 tagú család napi tevékenysége során (légzés, izadás, főzés, mosás) 7–14 liter pára keletkezik. Az így megnövekedett belső páratartalom következtében a hideg felületeken (pl. ablakok) vagy a szerkezeteken belül páraelszapódás történhet. (A hőszigetelésen keresztül kifelé áramló levegő hőmérséklete fokozatosan csökken a harmatpontig, amikor a hidegebb levegő telítődik, és nem képes több párt magában tartani, így az kicsapódik.) Ez a szerkezetek károsod-

dását, különböző baktériumok, gombák és penész elszaporodását okozhatja. Ezek olyan bomlási folyamatokat indíthatnak el, melyek során mérgező gázok keletkeznek. A probléma hagyományos „megoldása” a műanyag párazáró fólia alkalmazása. Igaz, hogy ez a szerkezeten belüli kondenzációt kiküszöböli, de ezáltal a párávándorlást is megakadályozza, éppúgy mint a beltéri szennyező anyagok szűrését. Így a belső páratartalom túl magas vagy túl alacsony is lehet. (Sokszor mesterséges légkondicionálás válik szükségessé, mely a káros baktériumok és mikroorganizmusok bennrekedését és felhalmozódását még tovább fokozza.) Az ilyen párazáró fólia alkalmazása azonban nem az egyetlen megoldás a szerkezeten belüli párákondenzáció kiküszöbölésére. Ha arra alkalmas anyagokkal a szerkezet rétegeit úgy választják meg, hogy

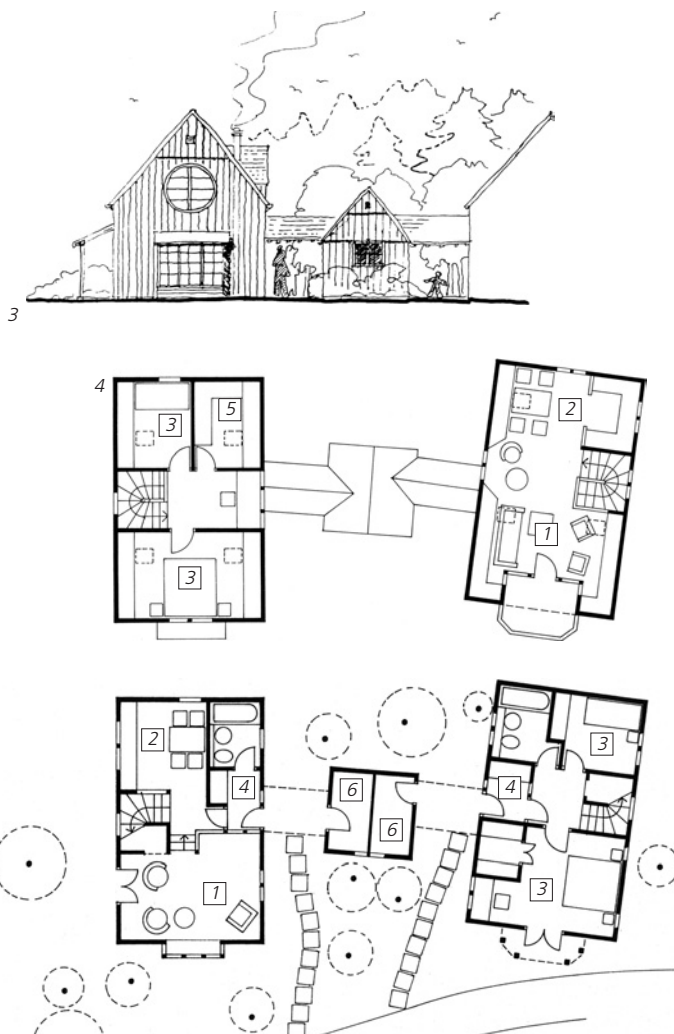
az egyes rétegek páraellenállása belülről kifelé haladva a megfelelő arányban fokozatosan csökken (vagyis páraáteresztő képessége nő), a belső párákicsapódás az időjárási viszonyoktól függetlenül elkerülhető. Ekkor elméletileg a kicsapódás mértéke soha nem haladja meg az elpárolgás mértékét, a szerkezeten át történő folyamatos párávándorlás képes a belső és külső páratartalmat kiegyensúlyozni, ezáltal egészségesebb belső környezetet teremteni (relatív páratartalom: 45–65%). A rétegfelépítés alapszabálya szerint az egyes

1-2. A findhorni ökofalu hangulatát a faburkolatú házak és a zöld környezet határozzák meg

3. Homlokzat

4. Emeleti és földszinti alaprajz

1. Nappali
2. Konyha, étkező
3. Hálószoba
4. Előszoba
5. Gardrób
6. Raktár, kerékpártároló

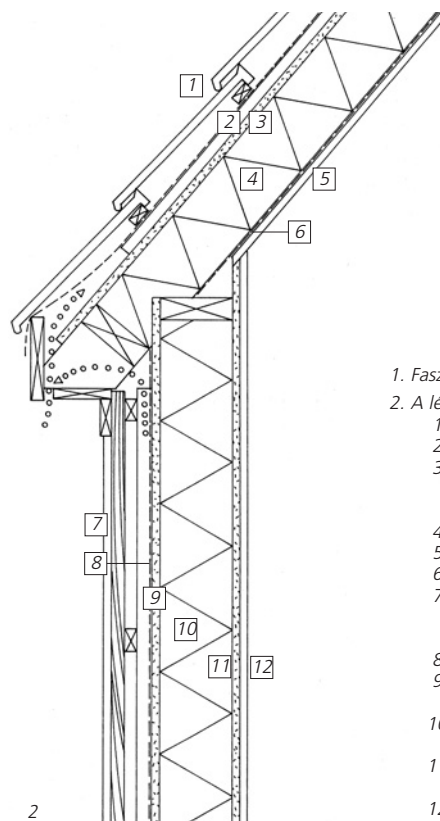


rétegek páraellenállása belülről kifelé legalább 5:1 arányban fokozatosan csökken. Ilyen értelemben minden olyan favázás szerkezetű fal lélegzik, amely teljesíti ezt a minimum követelményt. Mindez egy egyszerű háromrétegű könnyűszerkezetel megoldható, szemben a hagyományos párazáró fóliával épített ötrétegű könnyűszerkezetekkel, ahol egyébként a párazárás szakszerű megoldása is sokszor problematikus (itt a nagyobb pára-ellenállású réteget



lemezt általában kívül helyezik el, amit a párazáró fóliával kompenzálnak). A findhorni szerkezet rétegeit a Keystone Architects és a cellulózyártással foglalkozó német Isolfloc Ökologische Bautechnik együttesen fejlesztették ki. A belső gipszkarton burkolat alatt egy 9 mm vastag közepes keménységű táblás réteg („Karlit”) helyezkedik el, mely éppen teljesíti a minimum megkövetelt páraellenállást, így maximális hasznos páravándorlást enged meg. A külső átszellőztetett burkolatok alatti bitumennel impregnált farostlemez páraellenállása ennek az ötöde. A fal további rétegei is fából vagy falapú anyagokból készülnek. A 150 mm széles fa pallóvázat (150/60 mm pallók 600 mm-enként) boraxszal impregnált cellulóz hőszigeteléssel töltik ki, amit nedvesen fújnak be a falba. A cellulóz szigetelés Észak-Amerikában és már Nyugat-Eu-

rópában is széles körben ismert. Ellentétben az ásvány- vagy üvegyapot hőszigetelésekkel, a cellulóz higroszkopikus, lélegző (diffúzív), egészségre ártalmatlan, környezetbarát, előállítási és beépítési energiaigénye minimális, és bontás esetén is korlátlanul újrahasznosítható. Az anyag nem gyúlékony (nehezen éghető), tűz esetén védi a faszervezetet. Mindemellert az ilyen fal hőtároló képessége a téglafalakéhoz hasonlóan jó (fa alapanyag – nagyobb tömeg), és így a hőleadás megfelelő fáziseltolódásával a könnyűszerkezeteknél általános nyári felmelegedés problémáját is kiküszöböli. A nedves szigetelés ragad a szerkezetekhez, a réseket 100%-osan kitölti. (Hasonlóan a tipikus német rendszerhez, ahol a belső Gyprox Duplex gipszkarton és a külső, Bitvent bitumenes puhafa réteget Warmcel vagy Isofloc cellulóz hőszigetelés tölti ki.) A kivitelezés gyors és egyszerű, a szerkezetre légréssel elválasztva és kiszellőztetve szinte bármilyen külső burkolat szerelhető. A cellulóz higroszkopikus tulajdonsága továbbá lehetővé teszi a magas belső páratartalom esetén a többletpára elnyelését és szükség esetén újbóli kibocsátását. Ezenkívül elméletileg feltehető, hogy „negatív” belső légnyomás esetén a kapilláris működés következtében egy fordított irányú, kívülről befelé történő páradiffúzió is lejátszódhat, ekkor a pára bent elpárolog (humidifikáló hatás). A szarufás tetők és az alul átszellőztetett álpadlók hasonló lélegző szerkezetekkel és hőszigeteléssel épültek (különben itt távozna a megtakarított hőenergia). A lélegző szerkezetek utólagos tesztelése nemcsak a páraván-



1. Faszervezetű falakkal épült házak
2. A lélegző fal ereszcsonópontja
 1. Cserép héjazat
 2. Lécezés, fólia és ellenlécezés
 3. 22 mm vastag, bitumennel impregnált puhafa vagy faforgács lap
 4. 200 mm cellulóz hőszigetelés
 5. 12,7 mm gipszkarton
 6. Párafékező réteg
 7. 25 mm vastag függőleges faburkolat lécezéssel, ellenlécezéssel
 8. Lélegző papír
 9. 12 mm vastag bitumennel impregnált faforgács lap
 10. 150 mm cellulóz hőszigetelés nedvesen befújva
 11. 9 mm közepkemény „karlit” lap (egyben párafékező réteg)
 12. 12,7 mm gipszkarton lap

dorlás sikerességét igazolta, hanem két további fontos előnyt is kimutatott. A hagyományos könnyűszerkezetekhez viszonyítva a lélegző szerkezetek légzárása 13%-kal bizonyult jobbnak (szigetelés technikája); a hővesztés pedig 24%-kal lett kevesebb (arányosan csökkennek a fűtési költségek is). Az építészek a működési elv megértésével és a megfelelő pára-ellenállású rétegek kiírásával biztosíthatják, hogy bármelyik könnyűszerkezetű fal rendelkezzen lélegző tulajdonságokkal.

Költségek

Az ökológus épületekben felhasznált anyagok és szerkezetek általában nem drágák. A költségeket inkább a szállítás emeli meg, amíg a beépítendő termékeket nem gyártják helyben. A findhorni falszerkezetnél a költségeket a szerkezeti vastagsággal vetették össze. Nyilvánvalóan a vastagsággal nő a hőszigetelő képesség, viszont az optimum megtalálásánál a költségek, az építés egyszerűsége vagy a favázkeresztmetszetek elérhetősége is számítanak. Ezt mérlegelve a 150 mm vastag hőszigetelésű falszerkezet ($k=0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$) megfelelő kompromisszumnak tűnt. Így a falak $19,78 \text{ £/m}^2$ építési költsége 9%-kal több, mint a hagyományos favázás épületeknél,

viszont csupán a kétszer olyan hatékony hőszigetelésük 50% energiamegtakarítást jelent az épület teljes élettartama során. Ha a költségeket hosszú távon vizsgáljuk, akkor azt érdemes megfontolni (R=1/k [$\text{m}^2\text{K/W}$]). Így a findhorni falak $3,75 \text{ £/m}^2\text{R}$ költsége sokkal gazdaságosabb, mint a hagyományos könnyűszerkezetek $6,90 \text{ £/m}^2\text{R}$ költsége.

Tiderenczl Gábor
 lektorálta: Dr. Zöld András

Irodalom

- Talbott, J.L., 1993, *Simply Build Green - A Technical Guide to the Ecological Houses at the Findhorn Foundation*. Findhorn Foundation Development Wing, Scotland
- Hines, J., 1995, *Breathing Walls*. *The Architects' Journal* 26/01/95, UK
- Baggs, S., Baggs, J., 1996, *The Healthy House - Creating a Safe, Healthy and Environmentally Friendly Home*. Thames & Hudson Ltd, London, UK
- Taylor, B.J., Cawthorne, D.A., Imbabi, M.S., 1996, *Analytical Investigation of the Steady-State Behaviour of Dynamic and Diffusive Envelopes*. *Building and Environment*, 31
- Taylor, B.J., Webster, R., Imbabi, M.S., 1997, *The Use of Dynamic and Diffusive Insulation for Combined Heat Recovery and Ventilation in Buildings*. Sustainable Building Conference, BEPAC/EP SRC, 5/6 Feb 1997, Abingdon, UK
- Pitts, G., 1998, *All timber walls breathe*. *The Architects' Journal* 15/10/98, UK