

Hagyományos energiagyűjtő falak

Az energetikai rendelet új követelményértékei alapján már optimálisan tervezhetjük és építhetjük

A hagyományos energiagyűjtő falakat eddig csak nagyon környezettudatos, zöld és a low-tech építészetet kedvelő tervezők választották. De a technológia fejlődésével, a jogszabályi környezet kedvező alakulásával mára akár hazánkban is szélesebb körben alkalmazhatóvá váltak ezek a szerkezetek.

Az épületenergetikai rendelet tükrében

Az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V.24.) TNM rendelet 2015. január 1-jétől új, költségoptimalizált követelményszinteket is tartalmaz [1]. A rétegtervi hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelményértékek között megjelent ez a régebben nem szabályozott „Hagyományos energiagyűjtő falak (pl. tömegfal, Trombe fal)”, melyek hőátbocsátási tényezőjének $1 \text{ W/m}^2\text{K}$

1. ábra. Morse energiagyűjtő fala

(No Model.)

E. S. MORSE.

WARMING AND VENTILATING APARTMENTS BY THE SUN'S RAYS.

No. 246,626.

Patented Sept. 6, 1881.

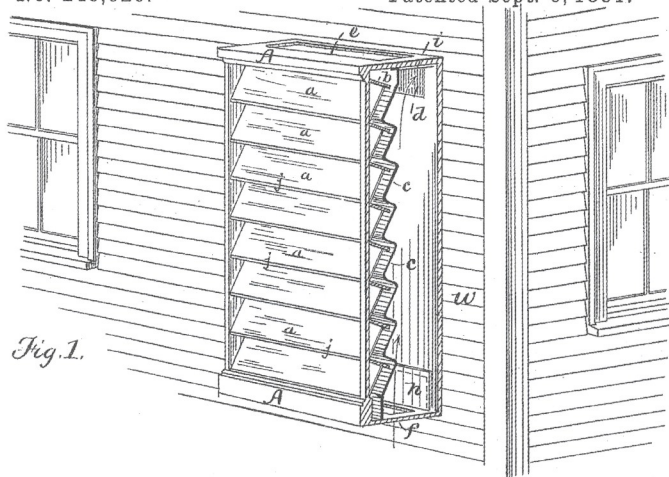
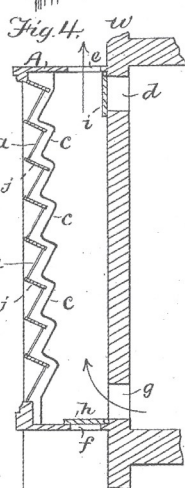
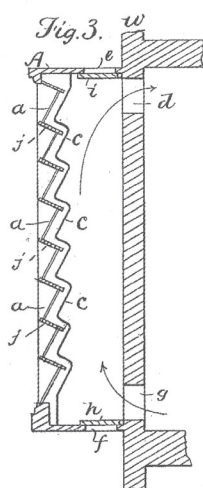
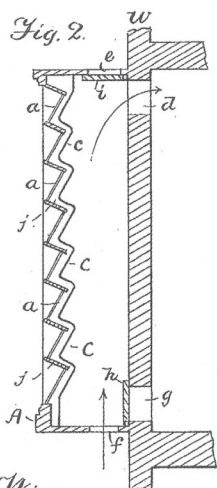


Fig. 1.



Witnesses.
W. H. A. Hammond
J. B. Van Loh

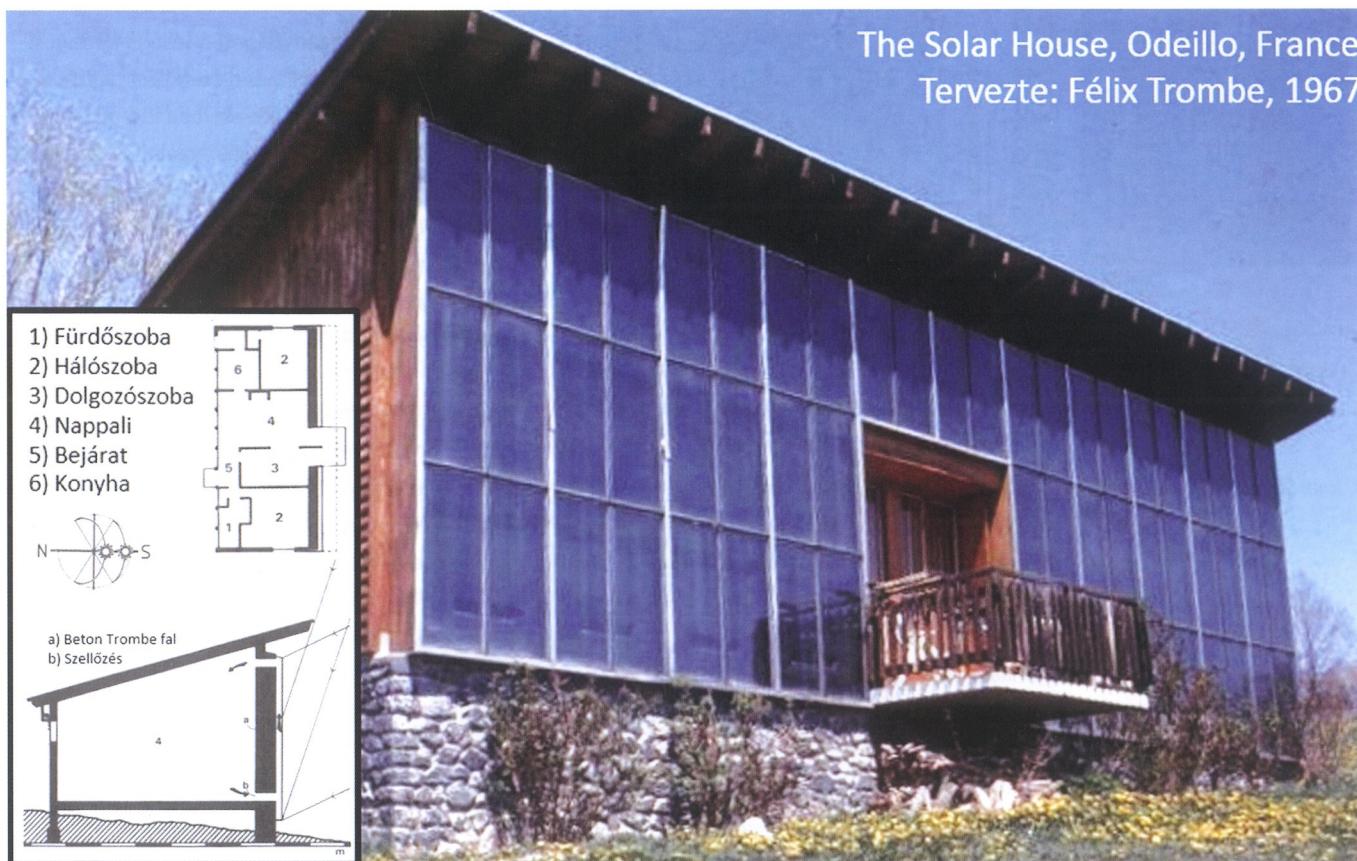
Inventor;
Edw. S. Morse.
by J. H. Adams
Att'y.

követelményértéket kell csupán teljesítenie. Ezzel a jogszabályalkotó gyakorlatilag az épületenergetikai rendelet szabályozásában is lehetővé tette a hatékony energiagyűjtő falak tervezését, mivel az általános követelményszinten homlokzati fal besorolás mellett ($U_m = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$) gyakorlatilag nem volt megvalósítható az energiagyűjtő falak koncepciója, mivel e szerkezetek esetében a nagyobb veszteséget az indirekt sugárzási nyereségek kompenzálják, és optimális tervezés esetén meg is haladják, azaz a szerkezeten hőveszteségek helyett nyereségeket realizálhatunk.

Az indirekt passzív napenergia-hasznosítás

Ahhoz, hogy az épület szoláris fűtési rendszerét passzívnak nevezhessük, a rendszer három fő funkciójának, az energetikai mérlegben szerepet játszó sugárzási energia begyűjtésének, tárolásának, majd célba juttatásának – épületgépészeti rendszerek nélkül, csupán épületszerkezeti elemek segítségével –, többletenergia felhasználása nélkül kell megtörténnie. Ha a sugárzási energia hasznosítása közben épületgépészeti elemeket használunk, aktív rendszerről kell beszélnünk, míg a passzív rendszerek különféle ventilációs szerkezetekkel vagy légszűrő-hálózatokkal kiegészülve hibrid rendszert alkotnak. A passzív napenergia-hasznosítás során megkülönböztetünk direkt, illetve indirekt rendszereket. A direkt rendszerek esetében a sugárzás az üvegezésen keresztül közvetlenül a felmelegíteni kívánt helyiségbe jut, majd annak opak felületű határozószervezeiben tárolódik el, a tárolt energiát pedig a belső felületek adják le. A folyamat szabályozására mindösszesen az üvegezett felület árnyékolásával vagy takarásával (redőny, zsalúzia stb.) van lehetőség. Az üvegezésen átjutó energiamennyiségét befolyásolja többek között a transzparens felület benapozottsága, valamint a sugárzásátbocsátási képessége is. Az eltárolható energia mennyisége nagyban függ a helyiség hőtároló tömegétől, berendezéseitől. Az épületeken lévő külső üvegezett nyílászárók tehát direkt, passzív szoláris

Tető- és homlokzati



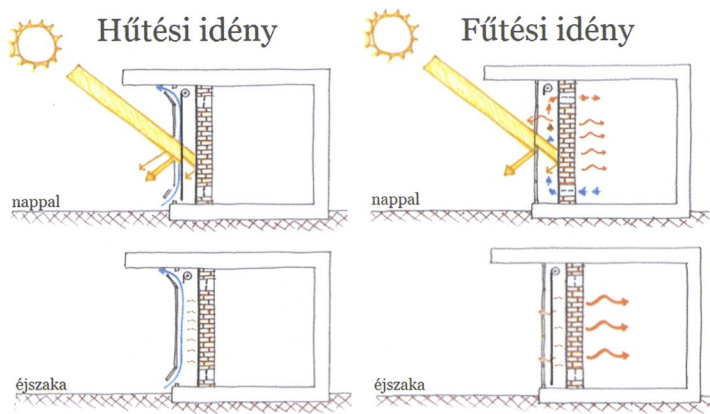
The Solar House, Odeillo, France
Tervezte: Félix Trombe, 1967

rendszereknek számítanak. Az indirekt rendszereknél a három fő funkció térben és időben szétválik. A sugárzási energia elnyelése a fűtendő helyiségen kívül, míg a tárolt energia leadása már a helyiségen belül történik, az energia begyűjtésére, tárolására és célba juttatására különféle egybeépített szerkezeteket használunk. A begyűjtött energia a szerkezeten belüli hővezetéssel és/vagy természetes légáramlással jut a felmelegítendő térbe. A direkt rendszerekkel egyetemben, az indirekt rendszereknél is nagyon hangsúlyos azok benapozottsága, valamint a szerkezetek hőtároló kapacitása. Mivel a fűtőhatást kiváltó folyamatok nem csak a fűtési időnyben vannak jelen – sőt, leginkább nem akkor vannak jelen –, ezért az indirekt rendszerek megfelelő árnyékolásáról gondoskodnunk kell. A nap elleni védelmet általában konzollokkal és a szerkezetbe épített árnyékolókkal oldják meg, melyek nem csupán a nem kívánt napsugárzás ellen védenek, de legtöbb esetben a szerkezet hővezetési ellenállását is növelik, ezáltal az energiagyűjtő szerkezet hőveszteségeit csökkentik. Az indirekt energiagyűjtő szerkezetekre jellemző, hogy a légkör szórt sugárzásából kevesebbet hasznosítanak, mint a direkt rendszerek [8], valamint energiahozamukat nagymértékben befolyásolja pl. az árnyékolók helyes üzemeltetése.

Az energiagyűjtő falak története

Edward S. Morse amerikai zoológus és orientalista 1881-ben védette le az Amerikai Egyesült Államokban a „Lakások felmelegítése és szellőztetése napsugarak segítségével” című szabadalmát [3], mely a mai energiagyűjtő falak alapjának tekinthető. Morse szerkezete az eredeti szabadalmi ábráján keresztül szemléltetve az 1. ábrán látható. Passzív napenergia-hasznosítással foglalkozó kutatók az energiagyűjtő falak gondolatát a Perzsa-öböl építészetiében, az épületek masszív falazatát a külső tértől elválasztó, átszellőztethető, ablakokkal ellátott közlekedőfolyósokból eredeztetik [7]. Az energiagyűjtő falakat azonban mégis Félix Trombe francia mérnök nevéhez kötik, aki az 1960-as években Jacques Michel építésszel együtt fejlesztette ki a jelenleg ismét reneszánszát élő, gravitációsan átszellőztetett energiagyűjtő szolárfalat, melyet Trombe-falnak is nevezünk. Trombe napházát a 2. ábrán láthatjuk. Az évek során a szolárfalak számos változata alakult ki, többek között a vízfalak, a fázisváltó falak, hibrid- és kompozit Trombe falak vagy a transzparens szigetelésű falak. Továbbá jelenleg a kutatók az aktív és passzív napenergia-hasznosítás kombinálásával, integrált napelemekkel ellátott szolárfalak kialakításával is foglalkoznak.

2. ábra. Félix Trombe napháza



3. ábra. Szolárfalak működése

Az energiagyűjtő falak működése

Nagy tömegű, jó hővezetőképességű és nagy fajhőjű (tehát nagy hőkapacitású) külső határolófalból és az elé épített üvegezésből áll. Ezt mozgatható árnyékolószerkezet egészíti ki. A tömegfal külső felületét nagy hőelnyelő képességű, sötét felületképzéssel látják el. Az ablakon átjutó naphőből érkező sugárzás jelentős részét ez a felület nyeli el. A nagy hőtároló és jó hővezető képességű fal az elnyelt energiát késleltetve juttatja a helyiségbe. Az árnyékoló az éjszakai veszteségáramokat csökkenti télen, nyáron napközben a túlzott felmelegedés ellen véd. Az üvegfelület ellátható kiszellőztetést segítő szárnyakkal, melyeknek elsődleges célja a nyári hővédelem, de a csappantyúk éjszakai zárva tartásának párávédelmi okai is vannak. Amennyiben a szolárfal átszellőztetett, Trombe-féle kivitelű, a szellőzők gravitációs hajtóerővel a belső levegő segítségével, jóval kisebb késleltetéssel képesek a hőt a fűtendő helyiségbe szállítani. Az átszellőztetett szolárfalak működésének sematikus rajza a 3. ábrán látható.

Az energiagyűjtő fal hatékonysága a helyiség felé a fal hővezetésének és hőkapacitásának növelésével javítható. Ez azonban a falon keresztül kifelé haladó veszteségek növekedésével is együtt jár, melyet a nyereségektől mentes időszakban hőszigetelő és sugárzást át nem eresztő bevonattal ellátott árnyékoló- és üvegszerkezetekkel csökkenthetünk. A légrés előtti szerkezeteket jó hőszigetelőnek és a rövidhullámú sugárzást átteresztőnek, a hosszú hullámút pedig minél inkább át nem eresztőnek kell kialakítani, míg a légrés utáni tömegfalnak minél masszívabb, nagy fajhővel rendelkező anyagból célszerű készülnie (beton, vasbeton, tömör tégl). A szellőzőnyílás napfénymentes időszakokban jelentős veszteségeket produkálhat, azonban a téli időszakban a kialakuló légáramlás miatt gyorsan is bejuttatja a fűtött térbe a hőt, és a tömegfalrész miatt éjszaka késleltetéssel is adja le a

falban eltárolt hőmennyiséget. A levegő keringési sebessége a rendszerben és a szerkezet határfoka egymással arányos, számos esetben kiegészítő ventilátor segíti a hatékony levegőáramoltatást az átszellőztetett energiagyűjtő falakban. A begyűjtött hőmennyiség a tömegfal vastagságától és a szellőzőnyílások méretétől függően 50–70 %-ban hővezetéssel, késleltetve juttatja a begyűjtött energiát a fűtendő térbe [2].

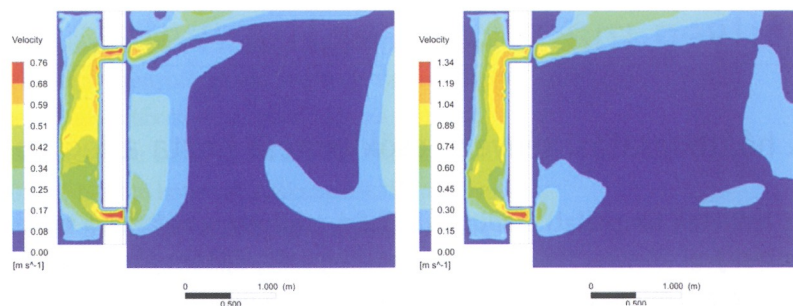
Tervezési és számítási eljárások

A hazai épületenergetikai rendeletben a hagyományos energiagyűjtő falak által termelt többletenergiát a fajlagos hőveszteség-tényezőben (q) vehetjük figyelembe részletes számítási módszer alkalmazása esetén. A számítás módszerét az MSZ EN ISO 13790:2008 szabványban találhatjuk, mely eljárással az átszellőztetett szolárfalak hőveszteségeit és hőnyereségét határozhatjuk meg. A szabvány két fontos egyszerűsítéssel is él: a szellőzőnyílások automatikusan záródnak, amennyiben a légréteg hidegebb, mint a kondicionált belső tér levegője, valamint a légáramlás állandó, szabályozott térfogatárammal történik, ha a légréteg melegebb, mint a belső tér levegője. A két megkötés teljesen passzív rendszer esetében gyakorlatilag lehetetlen, idealizált állapotot feltételez.

A számítás során meghatározzuk a nem átszellőztetett energiagyűjtő fal hőveszteségeit (H_0), mely a szerkezet állandósult állapotában lép fel, valamint a hozzáadott hőveszteségtényezőt (ΔH), melyel az átszellőztetett légréteg miatti többlet hőveszteségeket vesszük figyelembe – többek között – a konstans átszellőző légtérfogat, a szoláris nyereségek és a légréteg hőveszteségének függvényében. A többlet hőveszteséget tehát figyelembe kell vennünk, azonban a 7/2006. TNM rendelet szerinti számításban az energiagyűjtő fal esetében közvetlenül írhatjuk be a falra jellemző, ΣAU szorzatot a $H_0 + \Delta H$ összegeként W/K mértékegységben. A rendelet által támasztott rétegtervei hőátbocsátási tényezőre vonatkozó követelményérték a szerkezet hőveszteségéből a felületek ismeretében meghatározható. A nyereségek számítása során egy effektív energiagyűjtő felület meghatározása a cél a szabványos számításban, melyet az üvegezett szerkezet méreteiből és árnyékoltságát leíró komponensekből, a tömegfal és előtét szerkezet hőátbocsátási tényezőinek és felületi ellenállásainak felhasználásával az átszellőző légtömeg figyelembevételével, valamint a légáramlás ideje alatt a felületre jutó nap-sugárzás energiahozamának és a számítási időszak

alatt a felületre jutó energiahozamnak hányadosa segítségével számíthatunk. A hosszas számítás után megkapott effektív felületet a számítási időszak (pl. a fűtési idény) sugárzási energiahozamával szorozva megkaphatjuk az indirekt sugárzási nyereséget (Q_{sid}), melyet felhasználhatunk a hazai rendelet szerinti számítás során.

A szabványos számítás csak a hőtechnikai jellemzőkre koncentrál, azonban nem foglalkozik a szerkezet egyik legfontosabb jellemzőjével, a késleltetési idővel. Az energiagyűjtő szerkezetek esetében lényeges, hogy a begyűjtött energia 10-12 órával késleltetve jusson a belső térbe, tehát az esti, éjszakai órákban a fűtés vissz szabályozható legyen, a levegő kondicionálását pedig a tömegfal el tudja látni. Egy 30 cm vastagságú vasbeton vagy B30-ból



Alkalmazás és konklúzió

A hagyományos energiagyűjtő falakat, Trombe-falakat eddig csak nagyon környezettudatos, zöld és a low-tech építészetet kedvelő tervezők választották. De a technológia fejlődésével, a jogszabályi környezet kedvező alakulásával mára akár hazánkban is szélesebb körben alkalmazhatóvá váltak e

4. ábra. Trombe fal CFD szimulációi



5. ábra. Energiagyűjtő fal egy Middleborough-i (MA, USA), közel zéró energiaigényű családi házon

készülő tömegfal késleltetése az ideális 12 óra, míg a mai hőszigetelő téglafalak esetében ez az érték a 18-20 órát is meghaladhatja.

A passzív rendszerű Trombe-falak esetén tehát valójában nem ismert, csak becsült a számítási módszer szerinti méretezés, mivel az átszellőző légterfogatot a természetes áramlás szimulációjával határozhatnánk csak meg pontosabban. Ezért a kutatók ilyen rendszerek tervezése esetén, hő- és áramlási szimulációk készítésével tudják az adott rendszer viselkedését modellezni [5], lásd például a 4. ábrát.

szolárfalak. Építésüket nem csupán új épületek esetén vehetjük fontolóra, de meglévő nagy tömegű, kedvező késleltetési idejű (pl. B30) falazóblokkokból épült épületek esetén, utólagosan felújítás keretén belül is, mely így nemcsak a veszteségek csökkentéséről, de a nyereségek növeléséről is szól. Ez utóbbi szemlélet az energiagyűjtő falak tervezésének legfontosabb gondolata.

Nagy Balázs

okl. szerkezetépítő mérnök, épületenergetikai szakmérnök, doktorandusz, BME Építőanyagok és Magasépítési Tanszék

Források:

- [1] 7/2006.(V.24). TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
- [2] A. Briga-Sá et al., Energy performance of Trombe walls, Energy and Buildings 74 (2014) 111-119. oldal
- [3] <http://google.com/patents/US246626>
- [4] <http://greenpassivesolar.com>
- [5] K. Hami et al., The thermal performance of Trombe walls, Energy 39 (2012) 11-16. oldal
- [6] Nagy Balázs, Passzív napenergia-hasznosítás tervezése Magyarországon, BME Magasépítési Tanszék (2012)
- [7] O. Saadatian et al., Trombe walls: A review of opportunities and challenges in research and development, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 6340-6351. oldal
- [8] Szikra Csaba, Szoláris épületek, BME Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék (2010)