

Csiha András  
 okl. gépészmérnök, főiskolai docens  
 Debreceni Egyetem AMTC Műszaki Kar  
 Épületgépészeti Tanszék  
 etud.debrecen@chello.hu

## Új módszer a lakásszellőzésben

### FluctuVent váltakozó áramlási irányú, decentralizált szellőzőrendszer regeneratív hővisszanyeréssel

A hagyományos falszerkezetekkel (kisméretű téglá, B30, Porotherm, Ytong...) és hagyományos, kis légtömörségű nyílászárókkal (pl. kapcsolt gerébtokos, Tessauer rendszerű ablakok) épült épületeknél a téli fűtési időnyben nem jelentett gondot a helyiségekben a normál használatból keletkező, naponta több liternyi nedvesség eltávolítása a belső levegőből. Ennek túlnyomó része, átlagosan legalább 95%-a a kialakult 1...1,5-szeres óránkénti légcserével, természetes szellőzéssel távozott a nyílászárók résein keresztül, a maradék rész pedig páradiffúzió útján a falszerkezeteken át – a fal hőszigetelésétől majdnem függetlenül [1].

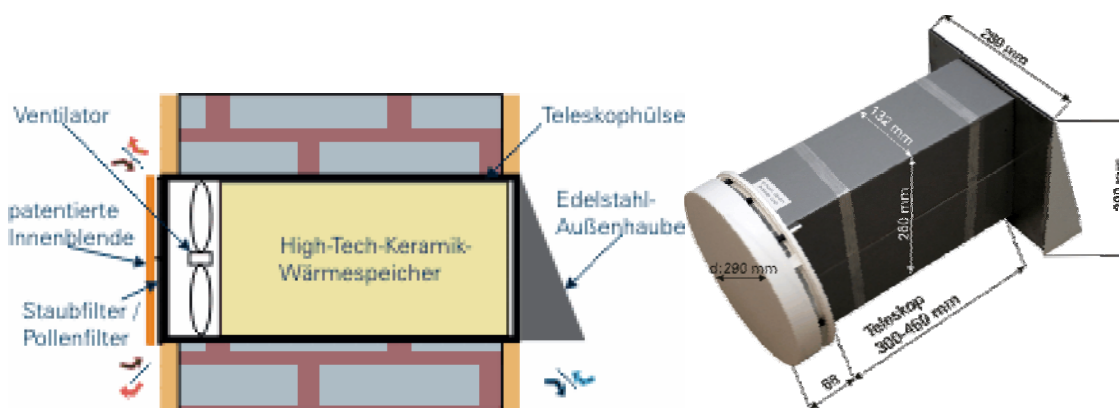
A szellőzésnek tehát döntő szerepe van a téli nedvességtranszportban, s ha a fokozottan légtömör nyílászárók alkalmazása miatt a természetes légcseréje igen jelentősen lecsökken (0,1...0,2-szeres óránként [2]), a falszerkezetek nem tudják átvenni a szerepét, nem tudják megoldani a rájuk háruló, nagyságrendileg megnövekedett szellőzési-páraelvezetési feladatot. Ennek jól ismert következménye – ha a megfelelő szellőztetést egyéb módon nem biztosítják – a belső levegő relatív nedvességtartalmának feldúsulása lesz, ami sajnos sokak által jól ismert módon szélsőséges esetben a hőhidas falsarkokban kezdődően páralecsapódáshoz, majd pedig törvényszerűen penészesedéshez vezet. A penész nagyon nehezen eltávolítható, de megfelelő szellőztetés hiányában rövid idő elteltével újra megjelenik. Nem csak csúnya, de veszélyt jelent az egészségre is. Természetesen a belső levegő minőségének egyéb jellemzői is romlanak a megfelelő szellőzés hiányában: elég, ha csak a CO<sub>2</sub> koncentráció növekedését és a nem kívánt szagok feldúsulását említem. Nyilvánvaló, hogy az ilyen fokozottan légtömör nyílászárók alkalmazásából jelentős előnyök is származnak: a fűtési hőszükséglet (nyáron hűtési igény) csökken, jelentősen mérséklők a külső zajokat, nem engedik be a port, a szellőzés nem „spontán” módon valósul meg, hanem ott, akkor, olyan mértékben és úgy, ahogy azt szeretnénk – de ehhez gondosan megtervezett, kivitelezett és üzemeltetett szellőztetésre van szükség.

Kissé eltúlozva azt is mondhatjuk, hogy a fokozottan légtömör zárású ablakokról beszélve el kell felejteni, hogy azok szellőzésre valók! Szellőztetni ugyan természetesen lehet velük időszakonkénti kézi nyitással, de a minden szempontból megfelelő légcserét egyáltalán nem biztosítják sem az épület, sem a használói számára. Hogy az ilyen, nagy légtömörségű nyílászárók mellett is elkerülhető legyen a páralecsapódás és annak következményeként a penészesedés, valamint az egészségügyileg szükséges friss levegő bejuttatását is biztosítsák az épületekbe, több ismert megoldást dolgoztak ki és alkalmaznak is. Természetesen a külső hideg szellőző levegő bejuttatásánál gondoskodni kell annak valamilyen módon (lehetőleg energiatakarékosan) történő felmelegítéséről is, ami fűtési energiát igényel, s így nem elhanyagolható költségkihatása is van. Igaz ez annál is inkább, mert az előírások szerinti, egyre jobb hőátbocsátási tényezőjű határoló szerkezetek (fal, földem, nyílászárók...) alkalmazásával az épületek transzmissziós hőigénye jelentősen csökken, így a szellőzési hőigény részaránya egyre jelentősebb lesz.

Az ismert megoldások közül négyet említek meg:

- a Purmo cég úgynevezett „szellőztető” radiátora,
- (higroszabályozású) légszűrő szerkezetek (pl. Aereco, Kamleithner...),
- központi lakásszellőző egység (pl. Aldes, Helios, Rosenberg...),
- „inVENTer” decentralizált szellőző rendszer, Öko-Haustechnik inVENTer GmbH [3].

Ki kell emelnem az utóbbit, ami hazánkban még szinte ismeretlen és egyáltalán nem alkalmazott. Egy külföldi szakkiállításon láttam meg, ahol ötletes működését megismerve azonnal „elültette a bogarat a fülembe”, végső soron ezen a nyomon elindulva jutottam el találmányom alapötletéhez. A szellőző rendszer helyiségenkénti hővisszanyerős szellőzést valósít meg meglévő vagy új épületekben. Lényege, hogy helyiségenként a külső falba fűrt (vagy a falazásnál kihagyott) két vízszintes tengelyű nyílásba ventilátort és speciális, sajtolt soklyukú kerámiás hőtároló-hőcserélőt tartalmazó szellőző egységet építenek be egymástól bizonyos távolságra (1. ábra). A két együttműködő szellőző egység közül az egyik elszívóként, a másik befűvőként üzemel, de ezeket a funkciókat 70 másodpercenként váltogatják. Így az első fázisban télen az egyik egység elszívja és kidobja a helyiség meleg levegőjét, miközben annak lehűtésével (úgynevezett „hulladék-hőjének” hasznosításával) felfűti a kerámia hőtárolót, majd 70 másodperc elteltével a második fázisban a külső hideg levegőt fűjja keresztül az előzőleg felmelegített hőtárolón, az felmelegszik s így jut a helyiségbe. A másik egységnél ugyanez a folyamat ellenfázisban történik. A hőcsere itt tehát nem egy határoló fal két oldalán egyszerre áramló közegek között történik, hanem időben eltolva, egy-egy hőtároló-hőcserélő kerámia elem felfűtésével (hő betárolása) majd lehűtésével (hő kinyerése). A hőcserének így megvalósult módját a szakirodalomban regeneratív hőcserének nevezik. A váltakozó irányú légáramlást (elszívás-befűvés) egy különleges elektronikájú vezérléssel ellátott, változtatható forgásirányú axiális ventilátor biztosítja. Meg kell említeni, hogy ilyen módon a szellőzés nem teljesen kiegyenlített (az elszívott légmennyiség nem egyenlő a befűvottal) bár ez kívánatos volna, mert a ventilátor légszállítása eltérő a két forgásirány esetében. A két szellőző egység általában egy helyiségen belül található, de két, egymás melletti kisebb helyiség közös szellőztetése is megoldható küszöb nélküli ajtó, vagy fali átteresztő légrács alkalmazásával. A rendszer dokumentált mérések szerint igen gazdaságosan, kis energiafogyasztás mellett kb. 90% hatásfokkal üzemel, képes az előzőleg említett nyári „free cooling” üzemmódra is, de nagyon drága. A gyakorlatilag folyamatosan üzemelő ventilátorok viszonylag kevés villamos energiát fogyasztanak, ennek üzemeltetési költsége van – a ventilátorok energiafogyasztásának fele azonban hasznosul a fűtésben. A ventilátorok egyben zajforrások is, ezt egy speciális, hangcsillapító kivitelű anemosztáttal csökkentik elfogadható szintre.



**1. ábra:** Az „inVENTer” rendszer szellőző egysége

Az általam szabadalmaztatott találmányhoz az „inVENTer” kerámia hőtároló-hőcserélő elemének és a manapság az épületek külső tartófalainak falazásához legelterjedtebben használt falazóelem, a közönséges üreges égetett agyagtégla összevetése vezetett el. Mindkettő soklyukú üreges szerkezetű, kerámia anyagú, így az üreges téglák is alapvetően, minden változtatási igény nélkül alkalmas hőtároló-hőcserélő funkcióra, ha belsejében levegőt áramoltatunk – akár váltakozó légáramlási irányjal. Ez ugyan egyáltalán nem volt szokás eddig, sőt a függőleges légjáratokat a falazáskor a falazóelemek egymáshoz kötését biztosító kb. 1...1,5 cm-es ágyazóhabarcs réteggel le is zárják, ami megakadályozza a légáramlást a hagyományos falazatokban.

A technika azonban ezen a területen is változik, fejlődik: nyugaton már jó évtizede használják, Magyarországon pedig éppen most vezetnek be az úgynevezett „csiszolt” téglát (pl. Wienerberger

Porotherm N+F Profi, Porotherm HS Profi), amit  $\pm 0,5$  mm magasságtűréssel gyártanak (1. kép). Falazáskor csupán egy 1 mm-es vízszintes ragasztóhabarcs réteget terítenek a téglákra, ami csak azok kerületén és belső bordáin biztosít kötést közöttük, a függőleges légjáratokat azonban nem zárja le. Így már eleve, a „normál” falazás során kialakulnak az egymással párhuzamos függőleges légcatornákából álló kürtők a falzatban, akár a helyiség teljes belmagasságában padlótól födémgig – anélkül, hogy bármilyen különleges megoldásra volna szükség ezek létrehozásához.



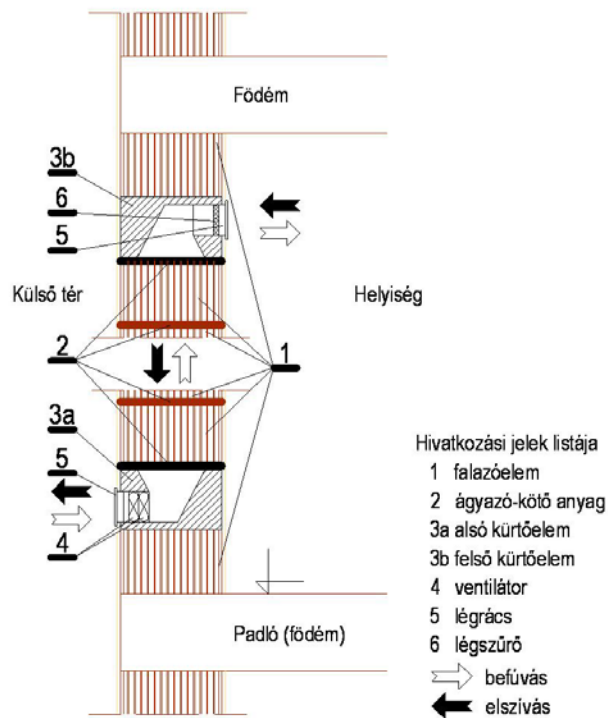
**1. kép:** Bal oldalon a normál, jobb oldalon a csiszolt téglából épített falazat

Ha az épület külső falzatában így kialakuló függőleges légjáratokat például alul a külső tér felé, felül pedig a belső tér felé nyitjuk meg, rendelkezésünkre áll egy olyan szellőzőkürtő, amibe ventilátort, légrácsokat és szükség szerint szűrőt beépítve rendkívül egyszerűen jutunk egy hővisszanyerős szellőző egységhez. Ennek regeneratív hőtároló-hőcserélő elemét maguk a bordák, a falazat saját anyaga szolgáltatja olcsón és egyszerűen kivitelezhetően, a falazással egy műveletben, egyidejűleg elkészülően – ráadásul teljesen rejtetten, sem külön helyet, sem külön szerelési anyagot, sem külön munkát nem igényelve. Ilyen szellőzőkürtőből mindig kettőt létesítünk egy helyiségben, ezek párban is üzemelnek – de bizonyos időközönként felváltva ellentétes légáramlási iránnyal – így egyszerre biztosítják a megfelelő kiegyenlített szellőzést.

Találmányom sémáját a 2. ábrán mutatom be, ami a váltakozó áramlási irányú, decentralizált, hővisszanyerős szellőzőrendszer elvi vázlatát mutatja a külső falra merőleges függőleges metszetben az egyik szellőzőkürtőn keresztül.

A szellőzőkürtőt a külső és belső térhez kapcsolódó alsó és felső kürtőelemek alakítják ki a falzatban (2. kép). Kívül és belül is lezárnak egy-egy sávot a légáramlás elől (így azok továbbra is hőszigetelőként működnek), míg a falazat belsejében függőleges légcatorna alakul ki. A tégláknak az elemi légcatornákat határoló bordái egyben hőtároló-hőcserélő szerepet is játszanak.

A kürtő alsó részén, a külső oldalon két axiális ventilátort építettem be egymással szembe fordítva (a számítógépekben általánosan alkalmazott 12 V DC házhűtő ventilátorok, 1,5 W maximális teljesítmény – de befűvő üzemben ez is hasznosul), ezek közül hol egyik, hol másik üzemel bizonyos időközönkénti váltással, átlagos méretű szobákban  $\sim 0,5$  1/h légcserét biztosítva, 20...22 m<sup>3</sup>/h térfogatárammal. A külső és belső oldali kitorcollásnál légrácsok és szükség szerint légszűrők találhatóak.



2. ábra: A szellőző berendezés sémája



2. kép: A FluctuVent szellőző rendszer alapelemei

Az így kialakított szellőző berendezés tehát két együttműködő szellőzőkürtőt tartalmaz, amelyekben szabályozott üzemű ventilátorok biztosítják a megfelelő légáramlást. Az egyik szellőzőkürtő elszívóként, a másik pedig befúvóként üzemel – de ezeket a funkciókat bizonyos időközönként váltogatjuk.

Az első fázisban télen az egyik elszívja és kidobja a helyiség meleg levegőjét, miközben az abból elvont „hulladékhővel” felfűti a hőcserélő-hőtároló funkciót is ellátó szellőző kürtő anyagát, a téglabordákat. Bizonyos idő elteltével, a második fázisban – megváltoztatva a légáramlás irányát – a külső hideg levegőt fűjja keresztül az előzőleg felmelegített szellőzőkürtőn, az a kürtőt lehűtve felmelegszik s így jut a helyiségbe.

A másik szellőzőkürtő egységénél ugyanezek a folyamatok pontosan ellenfázisban történnek. A hőcsere itt tehát nem egy határoló fal két oldalán egyszerre áramló közegek között történik, hanem



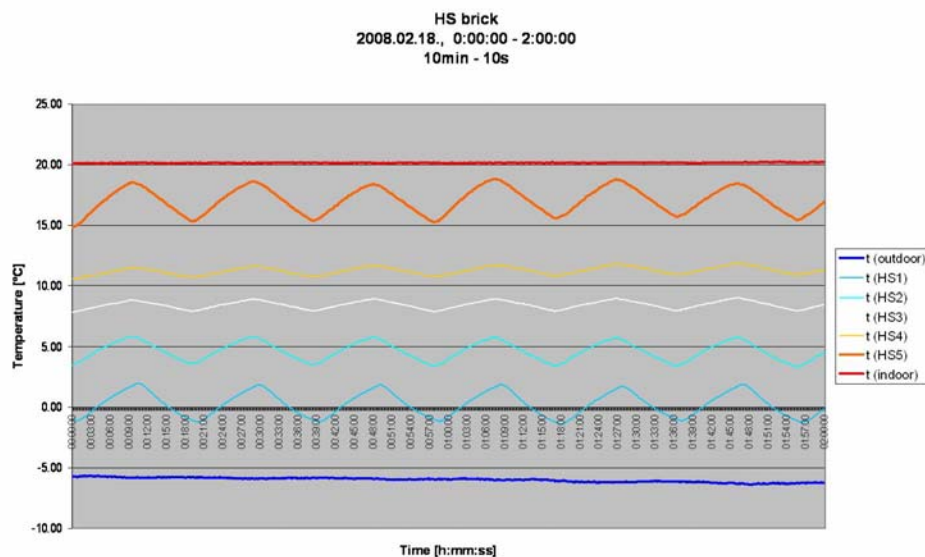
időben eltolva, a hőtároló-hőcserélő funkciót is ellátó szellőzőkürtők felfűtésével (hő betárolása) majd lehűtésével (hő kinyerése), amit regeneratív hőcserének nevezünk. Az ilyen hőcsere jósága, hatásfoka (sok más hőtechnikai és áramlástechnikai jellemző, pl. a hőtároló fajhője, tömege, a levegő áramlási sebessége, méretek...mellett) függ a felfűtési és a lehűtési periódusok hosszától, ennek optimális értékét számításokkal és mérésekkel lehet meghatározni.

Az ismertetett szellőztető berendezés nyári időszakban alkalmas az úgynevezett „free cooling” (ingyen hűtés) üzemmódra is, ami azt jelenti, hogy az éjszaka folyamán a helyiség belső levegőjénél hidegebb külső levegőt fel tudja használni a helyiség hűtésére, előhűtésére.

A találmány szerinti kialakításban megépítettem egy kísérleti berendezést az Épületgépészeti Tanszék fűtési laboratóriumában (3. kép) és azon méréseket is végeztem, 13 ponton hőmérséklet és relatív páratartalom értékeket mérve és gyűjtve. A mérésekből kiragadott egy téli példa hőmérséklet-változásait az egyik kürtő 5 pontján, valamint kívül és belül a 3. ábrán mutatom be.

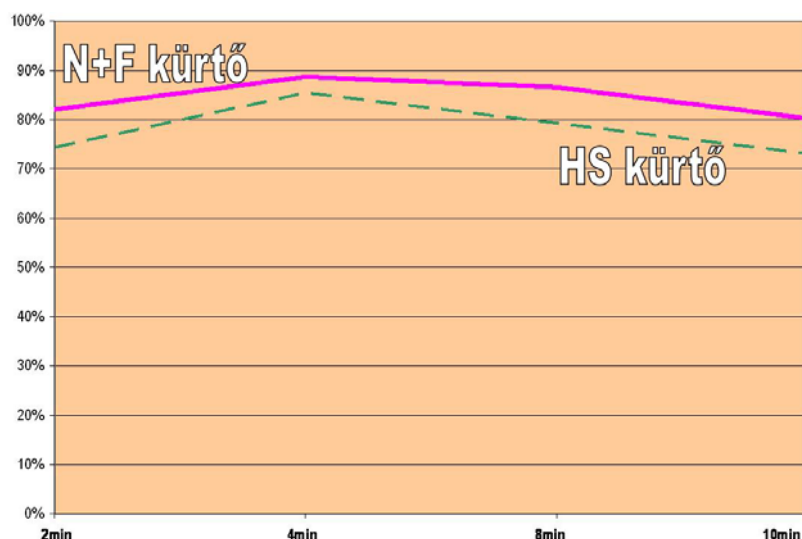


**3. kép:** Az egyetemi laboratóriumban megépített téglakürtők Porothem N+F, illetve HS falazatban



**3. ábra:** A jellemző hőmérsékletek változása (irányváltási idő 10 perc)  
(a növekvő számok a kürtőben alulról felfelé, 50 cm-enkénti méréseket jelentenek)

Az építési és üzemi tapasztalatok, valamint a mérési eredmények is meggyőzőek voltak. A berendezés megépítése a falazatba integrált szellőzőkürtőkkel egyszerűen, gyorsan és olcsón történt. A berendezés az egészségügyi elvárásoknak megfelelő légcserét létesített a helyiségben, két szembefordított ventilátorral kiegyenlített szellőzést biztosított, télen a páralecsapódás elkerüléséhez szükséges mértékben csökkentette a belső levegő nedvességtartalmát, 70...85% hatásfokú hővisszanyerést valósított meg különböző üzemállapotokban (4. ábra), és igen csendesen működött: mindössze 0,3 dB(A) hangnyomásszint-növekedést okozott a teremben.

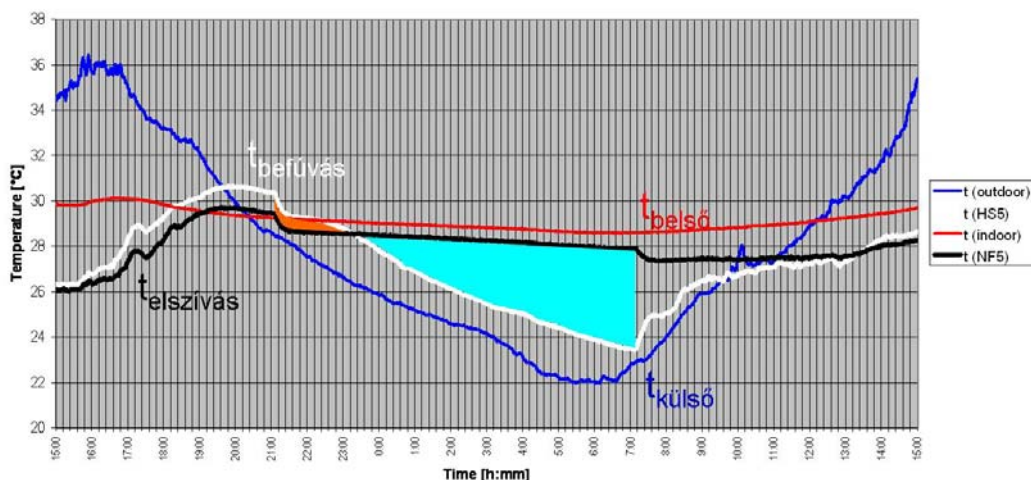


4. ábra: A hővisszanyerés hatásfoka az irányváltási idő függvényében

Villamos kollégám kidolgozta a szellőzés ún. PIC technológián alapuló egyszerű program vezérlését, ami valósidejű órával és hőérzékelőkkel egész évben optimális automatikus üzemet biztosít a kézi beavatkozás lehetőségével.

A nyári éjszakai „free cooling” üzemet az 5. ábra szemlélteti, ekkor az egyik kürtő ventilátora folyamatosan befúj, a másiké pedig elszív. Több helyiség esetén ez működhet úgy is, hogy az egyik helyiség mind két kürtője befúj, a másiké pedig elszív, ez esetben a helyiségek között például ún. „vágott”, küszöbnélküli ajtó biztosítja a levegő átáramlását. Külön előnye a rendszernek, hogy mindezt a hűtést csukott ablak mellett, zajtalanul és szűrt levegővel, pormentesen valósítja meg. A külső és belső hőmérsékletek télinél jóval kisebb különbségei, valamint a lényegesen rövidebb üzemidő miatt azonban a hűtési megtakarítás a fűtésinek csak töredéke, 10...30-ad része lehet, de ez egyáltalán nem elhanyagolható.

Temperature chart  
 Summer night, free cooling  
 2008.08.13. 15:00 - 2008.08.14. 15:00  
 Ventilation time: 21:05 - 7:05  
 Measurement interval: 1min



5. ábra: A nyári éjszakai „free cooling” üzeme

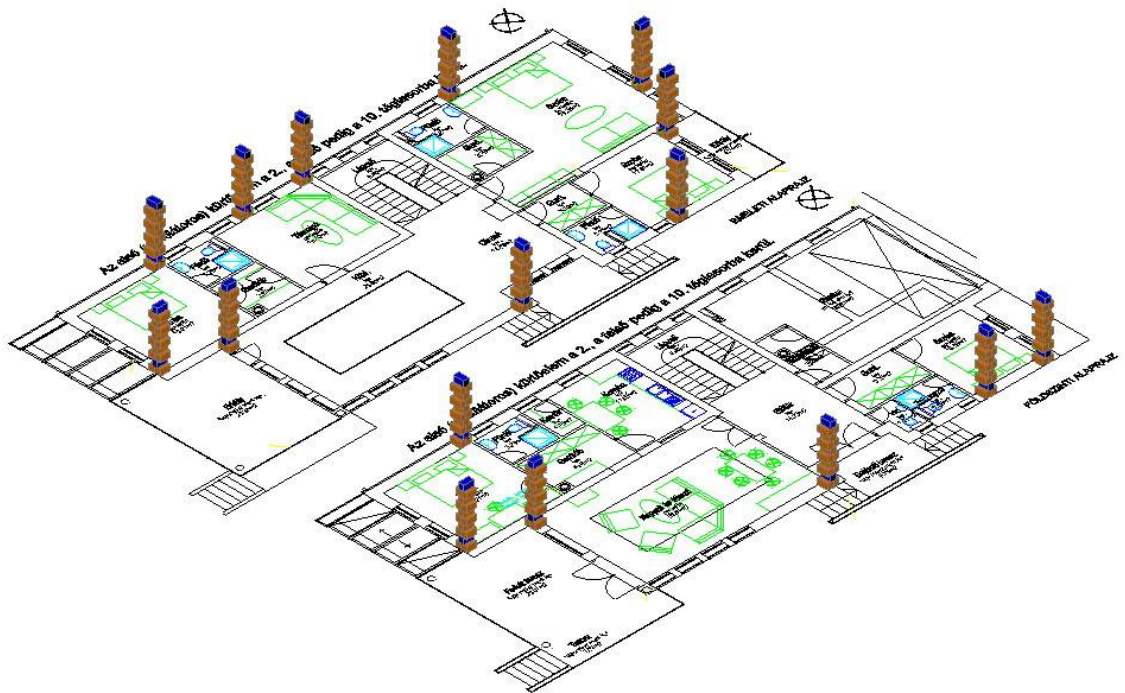
A szellőző berendezés üzeméből származó jelentős fűtőteljesítmény-, energia-, földgáz- és költségmegtakarítást egy átlagos, 40 m<sup>3</sup>-es lakóhelyiség esetén (ahol a légcsereszám 0,5 1/h, a belső hőmérséklet 20 °C, az átlagos külső hőmérséklet 4 °C és fűtési időny hossza 183 nap) az 1. táblázat szemlélteti.

Alapadatok				Eredmények	
Alapterület	16 m <sup>2</sup>	Belső hőmérséklet	20 °C	Szellőző levegő felfűtési igénye	253 W
Belmagasság	2.5 m	Külső hőmérséklet	4 °C	Visszanyert hőteljesítmény	202 W
Helyiség térfogat	40 m <sup>3</sup> /h	Földgáz hődíj (nettó)	3.113 Ft/MJ	Éves fűtési energiamegtakarítás	444 kWh
Légcsereszám	0.50 1/h	Földgáz díj (nettó)	106.15 Ft/m <sup>3</sup>	Éves fűtési energiamegtakarítás	1.6 GJ
Levegő sűrűség	1.293 kg/m <sup>3</sup>	Földgáz fűtőérték	34.1 MJ/m <sup>3</sup>	Éves fajlagos energiamegtakarítás	28 kWh/m <sup>2</sup> ,a
Fűtési időny hossza	183 nap	Éves kazánhatásfok	90%	Éves földgáz megtakarítás	52 m <sup>3</sup> /a
Hővisszanyerés hatásfoka	80 %	ÁFA	20%	Éves bruttó költségmegtakarítás	6 440 Ft/a

1. táblázat: Fűtőteljesítmény-, energia-, földgáz- és költségmegtakarítás átlagos helyiség esetén, átlagos körülmények között

A 6. ábra és a 4. kép egy jelenleg „in vivo” megvalósuló debreceni lakóépületben mutatja a szellőző berendezést. A 6. ábrán a szellőzőkürtök elhelyezkedése látható a földszinti és emeleti alaprajzra vetítve, a 4. kép pedig a falazatba beépített szellőző elemeket szemlélteti építés közben. A helyszíni mérésekre remélhetően még idén télen sort lehet keríteni.





6. ábra: A szellőzőkürtők elhelyezkedése a földszinti és emeleti alaprajzra vetítve



4. kép: A referencia-projekt szellőző elemeinek beépítése



## Összefoglalás

A FluctuVent szellőzőrendszer előnyei:

- kizárja a páralecsapódás és a penészesedés lehetőségét,
- ~0.5 l/h légcserével jó belső levegőminőséget biztosít (CO<sub>2</sub>, por, szagok...)
- a helyiségben ideális, kiegyenlített szellőzést biztosít,
- egyszerűen és olcsón gyártható termék,
- egyszerű a szellőzés tervezése,
- egyszerű és olcsó helyszíni szerelés,
- sem a helyiségben, sem a lakásban nem foglal el hasznos helyet,
- üzembiztos működés, extra 6 éves garancia a ventilátorra (MTBF 400 000 óra!)
- gazdaságos üzemeltetés (max. 3W és 20 kWh/a egy átlagos helyiségre, de ennek 50%-a is hőként hasznosul),
- egész évben az igényekhez illeszkedő teljesen automatikus üzem, a bármikori kézi beavatkozás lehetőségével,
- elhanyagolható zajszint (csak 0.3 dB(A) növekményt okoz!),
- nagy hatásfokú hővisszanyerés: több, mint 80%,
- évi 52 m<sup>3</sup> földgáz megtakarítás egy átlagos helyiségben,
- 28 kWh/ m<sup>2</sup> átlagos fajlagos éves fűtési energiamegtakarítás,
- csendes pormentes „free cooling” üzemmód nyári éjszakákon,
- teljesen környezetbarát szellőzőrendszer.

## Irodalom

[1] Austrotherm Akadémia: Pára a falban

[2] Dr. Szánthó Zoltán – dr. Chappon Miklós – Elekes László:

Lakott családi ház légforgalmának méréses ellenőrzése,

Magyar Épületgépészet, 2007/11. szám, 7-11. oldal

[3] inVENTer® - Lüftung mit Wärmerückgewinnung