



DECENTRALIZÁLT HŐVISSZANYERŐ SZELLŐZTETŐRENDSZER VALÓS HATÁSFOKÁNAK VIZSGÁLATA

INVESTIGATION OF THE REAL EFFICIENCY OF A DECENTRALIZED HEAT RECOVERY VENTILATION SYSTEM

Tolvaly-Roșca Ferenc,¹ Fekete Albert-Zsombor,² Forgó Zoltán³

¹ Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia, tferi@ms.sapientia.ro

² Tetronic SRL, Marosszentgyörgy, Románia, zsombor.feketefazs@gmail.com

³ Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia, zforgo@ms.sapientia.ro

Abstract

The paper presents the measurement method and values of the temperatures of the incoming and outgoing air obtained as a result of the connection and automation of 4 decentralized heat recovery ventilation units into one system, and the measured results of the thermal efficiency of the entire system. The built system consists of four single-room heat recovery devices, which are integrated into an automated system. The built-in sensors can be used to measure the average temperature of the ventilated rooms or the current temperature and relative humidity of the air flowing through the ventilation units, as well as the carbon dioxide level of the rooms. The units received automation that complements the original individual control elements, which is capable of complex control tasks from any computing device, graphic interface and Wi-Fi connection. The units' sensors, which can be moved into the air stream, are suitable for the momentary measurement of the parameters of the flowing air, thereby estimating the thermal efficiency of the entire system.

Keywords: *decentralized heat recovery ventilation, automation, real thermic efficiency.*

Összefoglalás

A dolgozat 4 darab decentralizált hővisszanyerő szellőztetőegység egy rendszerbe való kötésének és automatizálásának eredményeként elért, ki-be áramló levegő hőmérsékleteinek mérési módszerét, értékeit és a teljes rendszer termikus hatásfokának számított eredményeit mutatja be. A megépített rendszer négy darab egyhelyiséges hővisszanyerő berendezésből áll, melyek egy automatizált rendszerbe épülnek be. A beépített szenzorokkal valós időben mérhető a szellőztetett szobák átlaghőmérséklete vagy a szellőztetőegységeken átáramló levegő pillanatnyi hőmérséklete, relatív páratartalma, illetve a szobák szén-dioxid-szintje. Az egységek az eredeti egyéni vezérlőelemeket kiegészítő automatizálást kaptak, amely bármilyen számítástechnikai eszköztől, grafikus felületről és wi-fi kapcsolaton keresztül, komplex vezérléstechnikai feladatokra képes. Az egységek légáramába áthelyezhető érzékelői alkalmasak az áramló levegő paramétereinek a pillanatnyi mérésére, ezáltal a teljes rendszer termikus hatásfokának a becslésére.

Kulcsszavak: *decentralizált hővisszanyerő szellőztető, automatizálás, valós termikus hatásfok.*

1. Bevezetés

A decentralizált hővisszanyerő szellőztetőberendezés egy olyan légtechnikai eszköz, amelynek célja a belső levegő minőségének javítása és a hővesz-

teség minimalizálása a szellőztetés során. A decentralizált jelző arra utal, hogy ezek a rendszerek helyi szinten működnek, azaz egy-egy helyiségben vagy kisebb területen alkalmazzák őket.

Ezek a berendezések általában két fő funkciót látnak el:

- A levegő keringtetése és frissítése: A decentralizált szellőztetők friss levegőt juttatnak be az épületbe, és egyidejűleg eltávolítják a használt, szennyezett levegőt. Ez javítja a beltéri levegő minőségét, csökkenti a páratartalmat, valamint segít megszabadulni a szagoktól és a légtérben halmozódó káros gázaktól.
- Hővisszanyerés: A hővisszanyerő funkció lényege az, hogy az épületből távozó meleg levegő hőjét átadja az épületbe beáramló hideg friss levegőnek. Ezáltal minimalizálható a fűtési vagy hűtési rendszer által felhasznált energia mennyisége, mivel a rendszer visszanyeri és visszadarasztja a hőt a környezetbe.

A decentralizált hővisszanyerő szellőztetőberendezések rendkívül hatékonyak lehetnek kisebb épületekben vagy olyan helyiségekben, ahol nem megvalósítható egy központi szellőztetőrendszer kiépítése. Emellett energiahatékonyságuk révén hozzájárulnak az épület fenntarthatóságához és a fűtési/hűtési költségek csökkentéséhez.

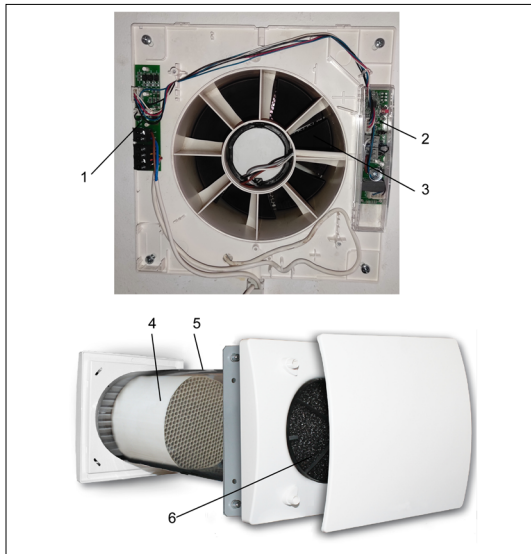
A decentralizált hővisszanyerős szellőztetőberendezések két fő hővisszanyerési elv alapján működhetnek: a hőcserélés elvén (rekuperatív) és a hőtárolás és hőleadás elvén (regeneratív).

Ezek közül a regeneratív változat az elterjedtebb, a jelen dolgozat témája is egy ilyen típusú szellőztetővel épített rendszer termikus hatásfokának a vizsgálata.

A regeneratív hőcserélés elve: a berendezésben egy hőtároló egység van (általában kerámiából készített betét). A gépben egyetlen, változtatható forgásirányú ventilátor van, amely adott ideig (általában 70 másodperc) a belső meleg levegőt kifelé fújja a lakásból, így az felmelegítve a hőtároló betétet. Az adott idő elteltével a ventilátor irányt vált, és a kinti friss, hideg levegőt befújja a hőtároló betéten keresztül, felmelegítve azt, így a friss levegő felmelegítve kerül be a lakásba. A kerámiabetét a pára egy részét is képes felvenni és leadni, így a friss, előmelegített levegőszárító hatása kevésbé jelentkezik, mint a hőcserélős megoldásnál.

A regeneratív típusú egységeket párosával szükséges beépíteni, hogy biztosítva legyen a hatékony légcseré, és ne váltakozzon a túlnyomás-depresszió a szellőztetett lakrészben.

Egy ilyen szellőztető szerkezete az **1. ábrán** látható. Elvén egy műanyag szőbe zárt kefe nélküli ventilátorból, a regeneratív kerámiabetétből, egy táp- és egy, a levegő áramlási irányát és sebességét változtató, vezérlőegységből, illetve por és egyéb szennyeződések eltávolításra alkalmas szűrőből áll.



1. ábra. Decentralizált hővisszanyerő szellőztetőberendezés: 1 – tápegység; 2 – egyéni vezérlőegység; 3 – kefe nélküli motorral épített ventilátor; 4 – hővisszanyerő kerámiabetét; 5 – ABS-ház; 6 – porszűrő.

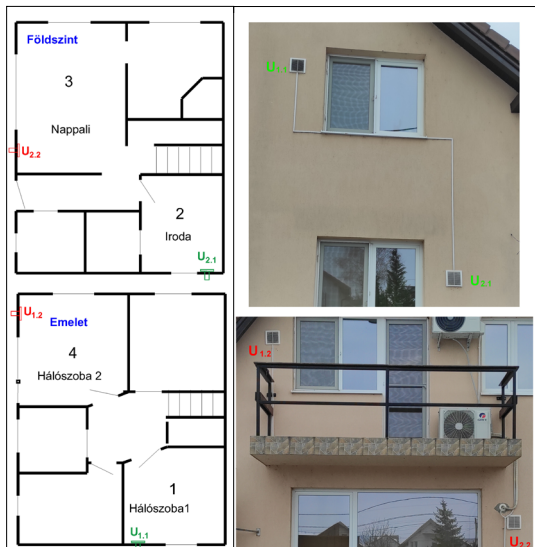
Az ilyen berendezések az épületek befejezése után is beépíthetők, hátrányuk a centralizált hővisszanyerő szellőztetőberendezésekhez képest a központosított automatizálás majdnem teljes hiánya. Előnye pedig a sokkal kisebb beszerzési ár, még több egység szerelése esetén is **[1, 2, 3]**.

2. A megépített rendszer

A vizsgált rendszer 4 darab Aerauliqa HR150-es **[4]** típusú egységgel épült fel, amely egy kb. 100 m²-es, 250 m³ légterű, 50 cm-es külső falakkal ellátott, emeletes lakóház szellőztetését biztosítja (**2. ábra** és **3. ábra**).

Az egységek elektronikusan (a gyártó útmutatója alapján), párba vannak kötve: a földszinti U1.1 az emeleti U2.1-vel és a földszinti U1.2 az emeleti U2.2-vel. Ezek a párok egymástól teljesen függetlenül képeznek egy-egy önálló rendszert, eredeti szerelésben egy mechanikus kapcsoló segítségével lehetett változtatni egy pár levegő áramlási sebességét (és ezúton a térfogat hozamát).

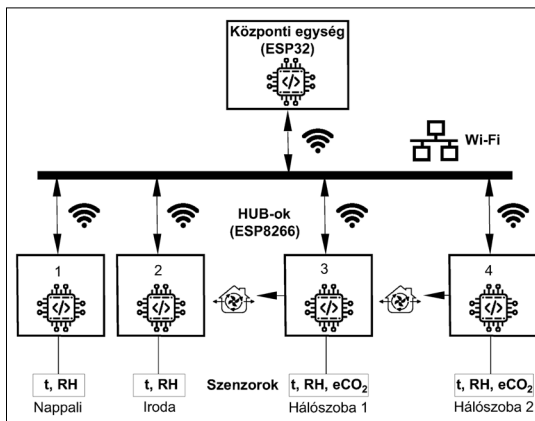
Célunk egy automatizálás építése volt, amely segítségével a két önálló rendszer összeköthető egyetlen rendszerre, amelynek jellemző paraméterei, vagyis a hőmérséklet, relatív páratartalom és a CO₂ mérhetőek mind a szobákban, mind a szellőztetők belsejében. A teljes rendszer egy számítógépes felületről vezérelhető kell, hogy legyen, manuálisan vagy teljesen automatizált módon.



2. ábra. A szellőztető-egységek elhelyezése a házban

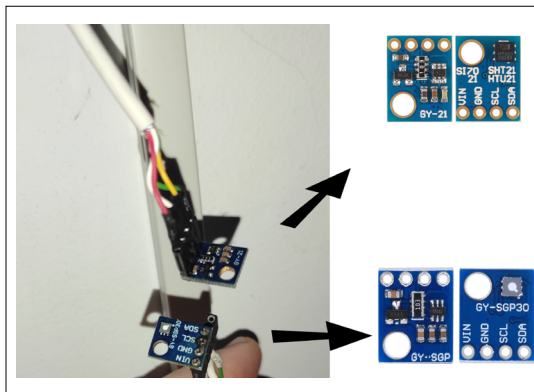


3. ábra. A szellőztetők elhelyezkedése az épület falán

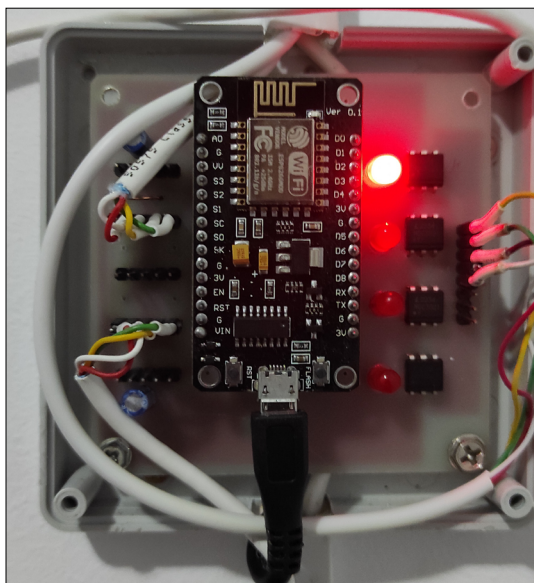


4. ábra. A szellőztetőrendszer vezérlési és mérési egységrajza

A rendszert egy igen költséghatékony megoldással építettük a 4. ábrán látható működési elvek alapján: egy központi mikrovezérlővel (ESP32) és négy darab ESP8266-os típusú HUB-egységgel, amelyek WI-FI-hálózaton keresztül csatlakoznak egymással [5]. A központi egységen automatizálási és mérési algoritmusok és egy webszerver fut. Az ESP8266-tal épített HUB-ok a szellőztetőegységek alapvezérlési feladatait kiegészítő központosított vezérlési parancsokat és az egységeket a központtal összekötő kommunikációt, illetve a szenzorok által biztosított környezeti paraméterek mérési feladatait látják el.



5. ábra. Az SHT21- (hőmérséklet és relatív páratartalom) és SGP30 (eCO2)-szenzorok áthelyezhetők a szobából a szellőztető légáramába



6. ábra. ESP8266-tal épített egyéni vezérlő és mérő HUB működés közben

A méréseket ellátó szenzorok: minden szellőztetőnél egy SHT21- (hőmérséklet és relatív páratartalom), illetve a két hálószobában egy-egy SGP30 eCO2-szenzor (5. ábra) [6, 7]. A szenzorok normális működési állapotban a szobák levegőparamétereit mérik, de áthelyezhetők a szellőztetők belsőjébe a porszűrők elé.

Egy ilyen, működésben lévő, vezérlő-mérő egység a 6. ábrán látható. Az elektronikai rendszer megépítése és működése, illetve az automatizálási algoritmusok, a kommunikáció nem a jelen cikk témája.

3. Mérési eredmények

Az automatizálásnak köszönhetően pillanatnyi hőmérsékletek mérhetők a szellőztetőegységek belsejében. Ennek köszönhetően felmérhető a teljes rendszer termikus hatásfoka.

A ki-be áramló levegő hőmérséklete, a kerámia-betétnek köszönhetően, a **10. ábrán** látható módon folyamatosan változik. Ez rögzítésre került 2 alkalommal: -12 és $+4$ °C kinti hőmérsékleten, mindhárom szellőztetési sebességnél. A mért adatokat a Google-felhőről egy Excel-állományba mentettük, átlagot számoltunk a 70 másodpercenként folyamatosan változó hőmérsékletadatokból, a **[8]**-ban található képletekkel termikus hatásfokot számoltunk. Az eredmények az **1. táblázat**ban láthatók.

1. táblázat. A helyiségekben és a teljes rendszerben számolt hatásfokok hasonlítása a gyártó által előírt hatásfokokhoz

Kinti hőmérséklet [°C]	Termikus hatásfok [%]						
	Sebességfok.	Nappali	Iroda	Háló 1	Háló 2	Rendszer	Gyártó
-12	1	51	49	96	93	72.25	82
-12	2	60	58	85	82	71.25	74
-12	3	64	63	73	73	68.25	70
+4	1	62	62	85	87	74	82
+4	2	63	63	78	80	71	74
+4	3	67	67	71	73	69.5	70

4. Következtetések

Az automatizálási rendszer alkalmas a központosított egyhelyiséges egységek által biztosított szellőztetésre jellemző paraméterek mérésére.

A levegő paramétereinek mérése és az adatok rögzítése egy külső adatfelhőbe lehetővé teszi az adatok utólagos elemzését és feldolgozását.

A szellőztetőkön átáramló levegő pillanatnyi hőmérsékletének mérése lehetővé teszi az egyedi egységek, majd a teljes szellőztetőrendszer valós termikus hatásfokának a megállapítását.

A hatásfokok mért és számított átlagai nagyon kevéssel alatta vannak a gyártó által „ígért” hatásfoknak. De erre a magyarázat az épületben a fenti, lenti és külső hőmérsékletek közti különbség miatt létrejövő szabad légáramlat kialakulása, amely jól látható módon emeli a fenti egységek, és csökkenti az alsó egységek hatásfokát. Azonban a gyártó honlapján megadott 74%-os átlaghatásfoktól mindössze maximum 4,6%-kal marad el a rendszer mért/számolt átlaghatásfoka.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Zender-Świercz E.: *A Review of Heat Recovery in Ventilation*. *Energies*, 14/6. (2021) 1759, 1–23.
<https://doi.org/10.3390/en14061759>.
- [2] Pekdogan T., Tokuç A., Ezan M.A., Başaran T.: *Experimental Investigation of a Decentralized Heat Recovery Ventilation System*. *Journal of Building Engineering*, 35. (2021) 102009, 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.jobte.2020.102009>
- [3] Zemitis J., Bogdanovics R.: *Heat Recovery Efficiency of Local Decentralized Ventilation Devices*. *Magazin of Cicile Engineering*, 2/94. (2020) 120–128.
<https://doi.org/10.18720/MCE.94.10>.
- [4] Quantum HR. Decentralized Heat Recovery Unit. https://www.aerauliqa.com/pdf/datasheet/Quantum_HR.pdf. (letöltve 2023 február 8-án).
- [5] Laftchiev E., Nikovski D.: *An IoT System to Estimate Personal Thermal Comfort*. 2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Reston, VA, USA, 2016, 672–677,
<https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2016.7845401>.
- [6] Pieš M., Hájovský R., Velička J.: *Design, Implementation and Data Analysis of an Embedded System for Measuring Environmental Quantities*. *Sensors*, 20. (2020) 2304.
<https://doi.org/10.3390/s20082304>
- [7] Sensirion Environmental Sensing for IoT and Industrial Applications – Virtual Training.
<https://empa.com/wp-content/uploads/2020/12/iotsensorweek-Sensirion.pdf> (letöltve 2023 január 5-én)
- [8] Carbonare N., Fugmann H., Asadov N., Pflug T., Schnabel L., Bongs C.: *Simulation and Measurement of Energetic Performance in Decentralized Regenerative Ventilation Systems*. *Energies*, 13/22. (2020) 6010, 1–25.
<https://doi.org/10.3390/en13226010>