

Buday Tamás, Budayné Bódi Erika

A bivalens hőszivattyús rendszerek használatának hatása a szén-dioxid-kibocsátásra

A hőszivattyúk használata számos előnnyel jár, mint például a fosszilis tüzelőanyagok arányának csökkentése az energiamixben és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése. Ezek a hatások azonban nagyban függenek a felhasznált külső energia típusától és a hőszivattyús rendszer paramétereitől, beleértve a monovalens vagy a bivalens üzemmód választását. Adott hőigénnyel rendelkező épület esetére meghatároztuk a gáztüzeléshez képest elérhető CO₂-kibocsátás-csökkenést három különböző üzemmódot, három különböző kiegészítő energiát és három különböző, villamosenergia-termelésből származó fajlagos CO₂-kibocsátási értéket figyelembe véve.

A hőszivattyú üzemeléséhez kapcsolódó CO₂-kibocsátás csökkentésének mértéke széles skálán mozog. Bivalens üzemmódban való működés esetén (bivalenciapont: 2 °C) az értékek kevésbé kedvezőek, és több vizsgált változat nem mutat kibocsátáscsökkenést, különösen akkor, ha alternatív üzemmódban működik. A fosszilis szén-dioxid-kibocsátás csökkenése azonban bivalens rendszerben a biomassza mint kiegészítő energiaforrás és a geotermikus hőszivattyúk alkalmazásával magas értéken tartható (akár 56,7% a magyarországi villamosenergia-mix mellett), ami nagyon hasonló a monovalens rendszerek CO₂-kibocsátás csökkentéséhez.

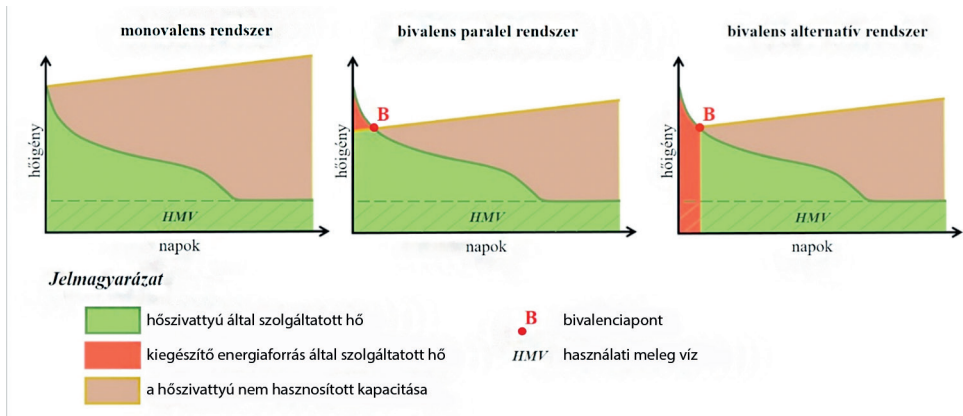
Kulcsszavak: geotermikus hőszivattyú, monovalens üzemmód, bivalens üzemmód, CO₂-kibocsátás, gáztüzelés, biomassza

1. Bevezetés

Magyarországi és európai viszonyok között a fűtés és a hűtés a legjelentősebb lakossági energiahasznosítási cél, így ezek környezeti hatásainak csökkentése nemzeti-nemzetközi szinten is kívánatos [3]. Ezek egyik eszköze lehet a hőszivattyúk használata, amelyek külső energia felhasználásával képesek hatékonyan szállítani a hőt a kisebb hőmérsékletű környezetből a fűtendő tér irányába, illetőleg egyes típusaik és kiépítései alkalmasak hűtésre is [5]. A felhasznált környezeti hő forrása lehet levegő, felszíni, felszín alatti víz, valamint a felszín alatti közeg. Ha a rendszert úgy méretezik, hogy a teljes fűtést és hűtést, valamint a használati melegvíz (HMV) előállítását önállóan látja el, monovalens rendszerről, míg ha a hőellátást bizonyos hőmérséklet (az úgynevezett bivalenciapont) alatt részben vagy teljesen kiegészítő energia szolgáltatja, bivalens rendszerről beszélünk. A bivalens rendszerek többféle módon kialakíthatók, jelen tanulmányban csak a bivalens paralel és bivalens alternatív üzemmódot vizsgáljuk. A bivalens paralel rendszerben a bivalenciapont feletti külső hőmérséklet esetén

csak a hőszivattyú látja el a hőigényt, míg alatta a hőszivattyú maximális teljesítménnyel működik, és a hiányzó hőigényt pótolja ki a kiegészítő energia. A bivalens alternatív rendszerek esetén a bivalenciapont feletti külső hőmérséklet esetén csak a hőszivattyú működik, míg alatta csak a kiegészítő energiát használják (1. ábra). A fűtési hőigény eloszlása alapvetően a külső hőmérséklet eloszlásától függ, így a hazai klimatikus viszonyok és méretezési hőmérsékletek figyelembevételével a monovalens hőszivattyúk teljes teljesítményüknek csak kis hányadát használják ki.

A kiegészítő energia a legegyszerűbb esetben megegyezik a hőszivattyú által használt energiahordozóval (monoenergetikus rendszerek), legtöbbször elektromos fűtőbetétet használnak. Ezek mellett a helyi adottságok függvényében földgázra vagy biomasszára alapozott kiegészítő tüzelés is kialakítható. A bivalens rendszerek kiépítése és használata rentábilis, ha a primer oldali rendszer méretét optimalizálják, vagy kiépíthetősége korlátozott; felújítások esetén, ha a kiegészítő rendszer már létezik (például gázfűtéses rendszerek korszerűsítése); ha a szekunder oldali hőleadókat nem cserélik ki, és a szekunder oldali hőmérsékletet szükséges növelni; beruházói igény esetén (például biomassza-kandalló) vagy gazdasági-környezeti optimalizálás miatt.



1. ábra

Hőszolgáltatási sémák monovalens és bivalens hőszivattyús rendszerekben [a szerzők]

A hőszivattyúk működését leíró legfontosabb paraméter fűtési üzemmódban a szekunder oldal felé leadott energia és a külső energia hányadosa (COP),¹ amely érték a modern hőszivattyúk esetében 3–6 közötti. Ennek megfelelően a segítségükkel kinyerhető környezeti hő a befektetett külső energia 2–5-szöröse, és az üzemeltetési költség, valamint a környezeti hatások is jelentősen csökkenhetnek. Ezek a csökkenések azonban a bivalens rendszerek esetén kisebbek.

Tanulmányunkban magyarországi (debreceni) klimatikus adottságok esetén vizsgáljuk, hogy hagyományos földgáztüzeléshez, illetve monovalens rendszerekhez képest hogyan változik a szén-dioxid-kibocsátás egy bivalens üzemű talajvizet hőszivattyús rendszer esetében különböző bivalenciapontok és kiegészítő fűtéstípusok esetén.

¹ COP: Coefficient of Performance, jóságfok.

2. Módszerek

Egy 205 kWh/m²/év fajlagos fűtési energiaigényű, 100 m² alapterületű fiktív családi ház napi fűtési energiaigényét határoztuk meg a külső hőmérséklet függvényében, 20 °C-os belső hőmérséklet és 12 °C-os fűtési határhőmérséklet alkalmazásával. A külső hőmérsékletadatokot a CARPATCLIM adatbázis [6] 1960–2010 közötti Debrecenre vonatkozó napi közép-hőmérséklet-adataiból határoztuk meg, a naptári napi értékek átlagolásával. A használati meleg víz előállítására céljából további napi 44 MJ energiaigényt határoztunk meg, így a teljes energiaigény 90 GJ/év értékűnek adódott. A külső hőmérséklet és az üzemelési mód függvényében kiszámoltuk a napi hőigény szolgáltatásához szükséges forrásokat, illetve az azok üzemeléséhez kapcsolódó CO₂-kibocsátásokat különböző bivalenciapontok esetén [1] alapján. A hőszivattyúk külső energiaigényét egy valós hőszivattyú primer oldali hőmérsékletből számolt COP=3,67 értéke segítségével határoztuk meg. A földgáz- és a biomassza-tüzelés esetén 90%-os hatásfokkal, elektromos áram használata esetén 100%-os fűtési hatásfokkal, de 90%-os hálózati veszteséggel számoltunk. Az áramtermelés CO₂-kibocsátását nemzetközi statisztikák segítségével határoztuk meg 3 különböző energiamixű áramtermelés esetére: Magyarország („közepes”) mellett egy alapvetően atomenergiára és megújulókra alapuló mix („kicsi”, Svédország) és egy hagyományosan nagy fajlagos CO₂-kibocsátású mix („nagy”, Észtország) adatait vizsgáltuk [2], [4].

1. táblázat

A különböző fűtési módokhoz kapcsolódó fajlagos CO₂-kibocsátás és -megtakarítás a gáztüzeléshez képest [a szerzők]

	fajlagos CO ₂ -kibocsátás (g CO ₂ /GJ)	CO ₂ -megtakarítás a gáztüzeléshez képest (%)
gáztüzelés	56,35	
elektromos fűtés („kicsi”)	10,99	80,5%
elektromos fűtés („közepes”)	94,91	nincs megtakarítás
elektromos fűtés („nagy”)	265,77	nincs megtakarítás
elektromos hőszivattyú (COP=3,67, „kicsi”)	2,99	94,7%
elektromos hőszivattyú (COP=3,67, „közepes”)	25,86	54,1%
elektromos hőszivattyú (COP=3,67, „nagy”)	72,42	nincs megtakarítás
fatüzelés	95,82	nincs megtakarítás

3. Eredmények és következtetések

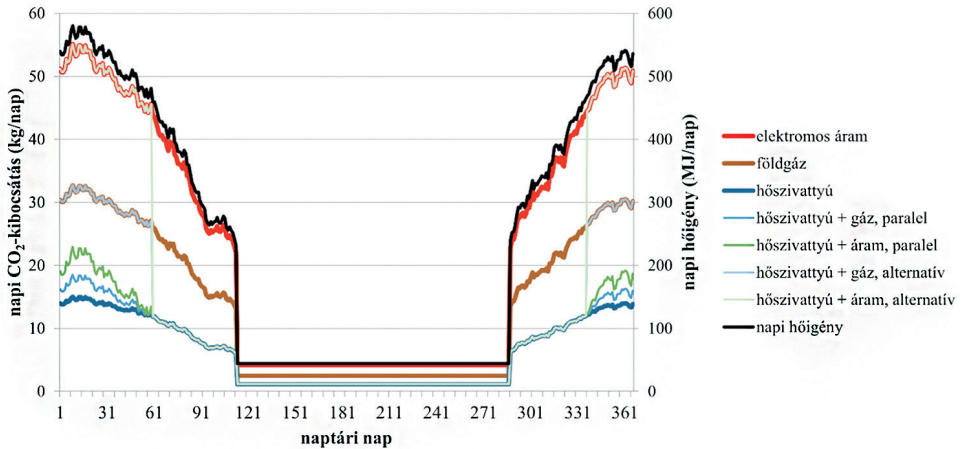
A bivalenciapont értéke meghatározza a hőszivattyúval és a kiegészítő energiaforrással szolgáltatott energia arányát a teljes fűtési és HMV-előállítási energiaigényből (2. táblázat). Míg a párhuzamos üzemmód esetében a hőszivattyú marad a domináns eszköz, így a fűtéshez kapcsolódó szén-dioxid-kibocsátás lényegesen nem változik, addig az alternatív üzemmódban már kis bivalenciapont esetén is számottevő hatása lesz a kiegészítő fűtésnek.

2. táblázat

A hőszivattyú által szolgáltatott energia aránya a teljes fűtési és HMV-energiaigényhez [a szerzők]

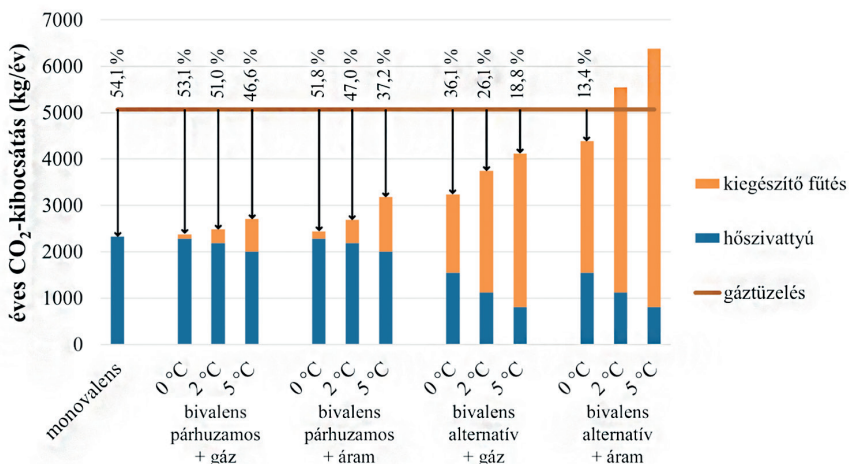
a bivalenciapont hőmérséklete	0 °C	2 °C	5 °C
párhuzamos üzemmód	98,1%	94,2%	86,2%
alternatív üzemmód	66,8%	48,2%	34,8%

A napi energiaigényhez kapcsolódó CO₂-kibocsátás (2. ábra) a hazai energiamix esetében a monovalens hőszivattyús rendszer esetében a legkisebb, míg az elektromos árammal vagy biomasszával történő fűtés esetében a legnagyobb. Ugyanakkor a biomassza-tüzelés nem fosszilis eredetű CO₂-ot bocsát ki, így ez kedvezőbb esetnek tekinthető.



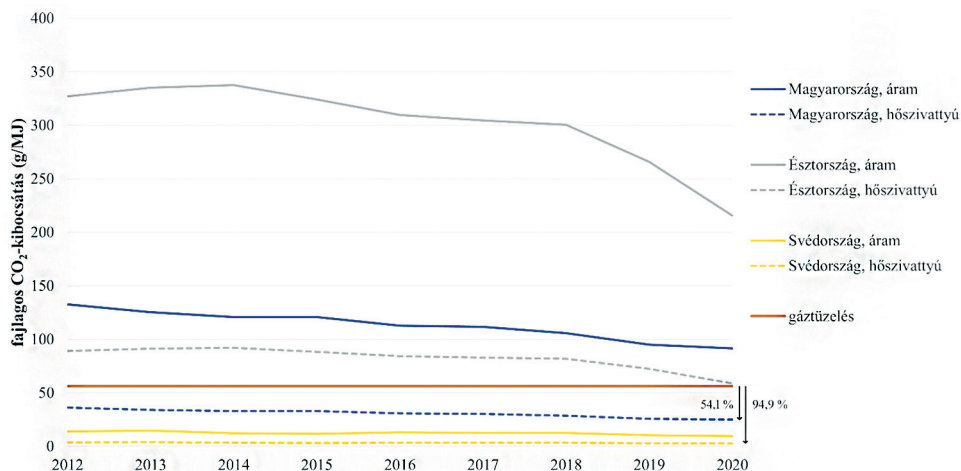
2. ábra
Napi szén-dioxid-kibocsátások a vizsgált rendszerekben [a szerzők]

A bivalens alternatív rendszerek esetében a bivalenciapont alatt a CO₂-kibocsátás a külső energiaforrás kibocsátásának megfelelő, azaz a vizsgált viszonyok között jelentős a növekedés, míg bivalens párhuzamos rendszerekben a növekmény mérsékelt (2. ábra). Éves összesítésben a legtöbb vizsgált rendszernek továbbra is kisebb a CO₂-kibocsátása, mint a gáztüzelésnek, a jellemző CO₂-kibocsátás-csökkenés 45–55%, de alternatív rendszerek és nagyobb bivalenciaponti hőmérséklet esetén a magyarországi energiamix mellett is nagyobb CO₂-kibocsátás várható, mint gáztüzelés esetén (3. ábra).



3. ábra
Éves szén-dioxid-kibocsátások a vizsgált rendszerekben [a szerzők]

Az európai országok áramtermeléshez kapcsolódó fajlagos CO₂-kibocsátása folyamatosan csökken, ami részben a megújulók részarányának növekedésével magyarázható (4. ábra). Az elsősorban megújulókat és atomenergiát használó országok esetében már jelenleg is kisebb CO₂-kibocsátással jár az elektromos árammal való fűtés, mint a földgáz használata, ezekben az országokban a bivalens rendszerekben az áram használata a legkedvezőbb kiegészítő fűtés, a CO₂-kibocsátás-csökkentés meghaladhatja a 90%-ot. Az áramtermelésben nagy fajlagos CO₂-kibocsátású országokban azonban jelenleg még hőszivattyús rendszerek használatával sem lehet a gáztüzelésnél kevesebb CO₂ kibocsátásával megoldani az elektromosáram-alapú fűtést.



4. ábra

A vizsgált országok elektromosáram-termeléséhez, valamint monovalens hőszivattyús rendszereihez kapcsolódó fajlagos CO₂-kibocsátás trendjei [2], [4] alapján

4. Összefoglalás

A hőszivattyús rendszerek segítségével magyarországi viszonyok között monovalens és bivalens párhuzamos rendszerekben 45–55% CO₂-emisszió-csökkenés érhető el. Bivalens alternatív rendszerekben ez az érték szignifikánsan kisebb, egyes esetekben nem is jelentkezik. A kapott eredmények jelentősen függenek az adott ország elektromosáram-előállítási forrásaitól, amelyekben folyamatos javuló tendenciák figyelhetők meg, így a bivalens hőszivattyús rendszerek CO₂-megtakarítási potenciálja is folyamatosan nő.

Felhasznált irodalom

- [1] Buday T., Buday-Bódi E., „Reduction in CO₂ Emissions with Bivalent Heat Pump Systems,” *Energies*, 16. évf., 3209. 2023. Online: <https://doi.org/10.3390/en16073209>
- [2] EEA: Greenhouse Gas Inventories (UNFCCC). Online: <https://bit.ly/49WUe9h>

- [3] EC: Clean energy for all Europeans package. Online: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en#energy-performance-in-buildings
- [4] EUROSTAT Data Browser: Gross and Net Production of Electricity and Derived Heat by Type of Plant and Operator. Online: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_PEH__custom_5175824/default/table?lang=en
- [5] K. Ochsner, „Geothermal Heat Pumps. A Guide for Planning and Installing,” London, Egyesült Királyság: Earthscan from Routledge, 2007, pp. 1–146.
- [6] Szalai S. et al., „Climate of the Greater Carpathian Region,” Final Technical Report. Online: www.carpatclim-eu.org

CO₂ Emission Reduction Potential of Bivalent Heat Pump Systems

The use of heat pumps is beneficial. By this, the share of fossil fuels in the energy mix and CO₂ emissions can be reduced. However, these effects highly depend on the type of the auxiliary energy used and the parameters of the heat pump system, including using monovalent or bivalent modes. For a certain building with a given heat demand, the achievable CO₂ savings compared to gas firing have been determined for three different operating modes, three different types of auxiliary energy and three different specific CO₂ emission values from electricity generation.

The reduction in CO₂ emissions associated with heat pump operation ranges widely. When operating in bivalent mode (bivalence point: 2 °C), the values are less favourable and several of the variants tested do not show emission reductions, especially when operating in alternative mode. However, the reduction of fossil CO₂ emissions in bivalent systems using biomass as a source of renewable energy and geothermal heat pumps is high (up to 56.7% for the Hungarian electricity mix), which is very similar to the reduction of carbon dioxide emissions in monovalent systems (54.1%).

Keywords: *geothermal heat pumps, monovalent systems, bivalent systems, CO₂ emission, gas firing, biomass*

Dr. Buday Tamás
 egyetemi adjunktus
 Debreceni Egyetem
 Természettudományi és Technológiai Kar
 Földtudományi Intézet
 Ásvány- és Földtani Tanszék
buday.tamas@science.unideb.hu
orcid.org/0000-0003-4599-5569

Tamás Buday, PhD
 Senior Lecturer
 University of Debrecen
 Faculty of Science and Technology
 Institute of Earth Sciences
 Department of Mineralogy and Geology
buday.tamas@science.unideb.hu
orcid.org/0000-0003-4599-5569

Budayné Bódi Erika, MSc
egyetemi tanársegéd
Debreceni Egyetem
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi
és Környezetgazdálkodási Kar
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
Viztudományi és Környezetinformatikai
Tanszék

bodi.erika@agr.unideb.hu
orcid.org/0000-0003-2971-9214

Erika Buday-Bódi, MSc
Assistant Lecturer
University of Debrecen
Faculty of Agricultural and Food Sciences
and Environmental Management
Institute of Water and Environmental
Management
Department of Water Science and
Environmental Informatics
bodi.erika@agr.unideb.hu
orcid.org/0000-0003-2971-9214
