

## Válasz Prof. Dr. Tóth László DSc bírálataira

Tisztelt Bíráló!

Először is szeretném megköszönni értekezésem alapos tanulmányozását, hasznos észrevételeit és a jövőre vonatkozó értékes javaslatait.

Nagyon örülök annak, hogy

- értekezésemet nyilvános vitára alkalmasnak tartotta,
- összességében a dolgozatot kiválónak tartja, korszerűnek találja az alkalmazott tudományos módszereket, illetve, hogy az eredményeket a konkrét felmérésekkel, validáltak, valamint számottevően általános érvényűnek tekinti,
- a tézisek közül hatot (1., 2., 3., 4., 7., 9.) elfogad, az összes többi tézist pedig részben elfogadja.

Először a disszertációval kapcsolatos észrevételekre válaszolnék.

*„A felmérése alapján fontos fejezetnek ítélem meg az alternatív energiaellátás lehetőségeit (8.7.). Megállapításai bizonytalanabbak az által, hogy a megújuló alkalmazása meghatározóan függ a jövőbeni gazdaságpolitikától és a technika által biztosított újabb lehetőségektől. A ma rendelkezésre álló lehetőségeket áttekinti, az adathalmazokat diagramokban szemlélteti, amelyeknél fontos trendek figyelhetők meg.”*

Valóban, az említett bizonytalanságok miatt igyekeztem a fókuszot úgy szűkíteni, hogy azokat minimalizáljam. Így elsősorban műszaki-elméleti potenciálok meghatározására törekedtem, és eltekintettem a jövőbeli prognózisok felállításától is. Ugyanakkor az eredmények alapot teremtenek ilyen irányú elemzésekhez is (a gyakorlatban meg is valósultak ilyenek).

*„Mindenesetre meglepő a korszerű, vagy azt megközelítő minősítésű épületek aránya. Egyben bizonyítja az energetikai korszerűsítés sürgető megkezdését és megvalósítását. Helyesen ítéli meg, hogy az állomány szintű változás nagyon lassú folyamat és számottevő változás csak több évtizedes távlatban érhető el. Az általa javasolt kategória szintek túlzottan szigorúnak tűnnek (persze jó lenne, ha elérhetnének).”*

A javasolt kategória szintek tényleg szigorúnak tűnhetnek a jelen állapotú hazai épületállományra vonatkozó eredmények tükrében. Egyrészt számos országban sokkal nagyobb a hatékony épületek aránya. Másrészt valóban nagyon jelentős különbség van a korszerű és korszerűtlen épületek között az energetikai minőség szempontjából. Ezek, és a dekarbonizált épületállományra vonatkozó nemzetközi vállalások indokolják a javasolt skála szigorúbb értékeit.

*„Megjegyzem, hogy a fajlagos energiafelhasználás mellett nagy jelentőséggel bír a hagyományos rendszereknél adódó károsanyag kibocsátás (elsősorban a különféle gázok- és a porszennyeződések a meghatározó). A különböző korszerűsítéseknel csak a gépészetet vizsgálva téves eredményt kaphatunk, hiszen igen jelentős a költségvonzata a biológiai anyagok tüzelésre alkalmassá tétele. Ez vonatkozik a szemcsészettségre, a nedvességtartalomra és a szennyezettségre. Ezért nem tartom elégségesnek a jelzett kategorizálást.”*

Egyetértek a károsanyag kibocsátás fontosságával. Hasonlóan a széndioxid emisszióhoz, a kapott részeredmények felhasználásával ezek is meghatározhatók. Végeztünk is ilyen

vizsgálatokat, melyek terjedelmi korlátok miatt nem kerültek bele a dolgozatba.

*„Az elektromos rendszerre való áttérés ugyancsak bonyolult, mivel a megoldások összefüggnek az épület kialakításával. Nem elégséges csupán a hűtés korszerűsítése, szükséges hozzá az épület, építmény megfelelő átalakítása is. Nem jelent azonos költséget a levegős hőszivattyú, vagy a vizes megoldás alkalmazása.”*

Valamennyi állítással egyetértek, nem tudom, hogy ezeket kritikának szánta-e a Bíráló, vagy csak hangsúlyozza a kérdés fontosságát. A dolgozatban a hűtésen kívül számos építészeti és egyéb gépészeti korszerűsítést vizsgáltam, illetve ezek különböző kombinációit. Hőszivattyúk esetén elsősorban a levegős hőforrású esetet vizsgáltam, pontosan a vizes és a talajhős rendszerek magasabb költsége miatt.

*„Pontosan nem tudtam értelmezni a 9.11. ábrát ahol az EP (eredeti állapot) különböző további elnevezéseit használja. Mit ért a költségoptimalizált érték alatt, miközben a viszonyítási alapként a felmért eredeti állapotot jelöli meg?”*

Itt a költségoptimalizált eset alatt azt értem, hogy a szerkezetek korszerűsítve vannak, a költségoptimalizált követelményszint szerint. Vagyis az ábrán látható 100%-nál húzott kék vízszintes vonal az eredeti állapot, eredeti szerkezetekkel és gépészettel. Ehhez képest például az "eredeti\_direkt" azt jelenti, hogy a szerkezetek továbbra is eredeti állapotúak, de a hőellátás direkt villamos fűtésre épül. A "költésopt" esetben a szerkezetek korszerűsítve vannak a költségoptimalizált követelményszint szerint, de a gépészet változatlan. A "költésopt\_direkt" pedig korszerűsített szerkezeteket és direkt elektromos hőellátást takar.

*„A hűtésre vonatkozóan ugyancsak nehezen áttekinthető a feldolgozás. Nem teljesen világos, hogy a transzmissziós szerep alatt részleteiben mit ért. Ezért 9.12. ábra előtti bekezdést, a megfogalmazást pontosítani kellene.”*

Az érintett bekezdésben ez szerepel: "Általában, ahol a transzmisszió szerepe nagyobb, ott kisebb hűtési hőigény várható." Ennek magyarázata az, hogy a transzmisszió a nagy szoláris terheléssel leginkább jellemezhető időszakokban általában kifelé irányuló hőáramot jelent (bent melegebb van, mint kint), vagyis a transzmisszió csökkenti a hűtési igényt. A transzmisszió lehet nagyobb úgy, hogy nagyobb a fajlagos hűlő felület (családi házak) vagy úgy, hogy rosszabbul szigeteltek a határolószerkezetek.

*„Megjegyzem, hogy a napkollektorokkal és napelemekkel kapcsolatos jellemzők várhatóan módosulnak, mivel a PV elemekre jellemző teljesítmények (sokféle fejlesztéssel) számottevően növekedtek. A kettő együttes alkalmazása (saját tapasztalataim alapján is) kevésbé gazdaságos. Ma már jobbnak hat csak a foto-villamosrendszerek használata és annak az integrálása az épület villamos energia rendszerével. Jelen körülmények között, amikor napelemek telepítését az urbanus környezetben, nem feltétlen objektív okok alapján engedélyezik, a kollektorok számával nem célszerű foglalkozni.”*

Valóban a kollektorok szerepe a gyakorlatban háttérbe szorult, de nem zárható ki teljesen, hogy a jövőben ismét felértékelődnek. A szaldó elszámolás kivezetése például ebbe az irányba hat, bár ez önmagában nem számottevő. Egyetértek azzal, hogy napelemeket és kollektorokat nem gazdaságos kombináltan alkalmazni, ilyen esetet nem is vizsgáltam, csak egymás alternatívájaként kezeltem őket.

*„Várhatóan (rövidesen) előtérbe kerülnek az intelligens rendszerek, amelyek már a közvetlen kereskedelmi szempontokat is felvetnek a hálózatra történő kiadással kapcsolatban. A*

*problémák felvetését és az alkalmazott számítási, csoportosítási módszereket elfogadom, de ezek ellenére az értékelést néhány év múlva tovább kell gondolni. Várható, hogy az urbanus területeken a villamos hálózatok átépítése, a kétirányú transzformátorok használata jelentős mértékben megváltoztatja a jelen helyzetet. Ehhez kapcsolható az akkumulátorok költségének változásai, valamint a használati lehetőségeik a családi házaknál.”*

Egyetértek a javaslattal, a vizsgálat tovább folytatandó, különös tekintettel a helyszíni felhasználás maximalizására és az akkumulátoros tárolás optimalizációjára fókuszálva. Ilyen kutatásokat végzünk egy futó OTKA projektünkben Gergely László PhD hallgatómmal.

*„A 9.22. ábrán a fajlagos primer energiaigényt összeveti a napelemek által maximálisan kiváltható energiával. Hiányolom hogy a hagyományos levegő-levegő hőszivattyúknál nem vette figyelembe, hogy ezekkel a berendezésekkel ma már az átmeneti időszakokban a fűtés is gazdaságosan megoldható.”*

A 9.22. ábra éves mérlegre vonatkozik, ezért ott nem látszik, hogy az átmeneti időszakban mire elég a levegő hőforrású hőszivattyús fűtés. Ugyanakkor például a 14.12. ábra "Fajlagos primerenergia igény összevetése a napelemek által maximálisan kiváltható primer energiával havi bontásban: 1. épülettípus, felújított szerkezet, levegő hőszivattyús hőellátással, gépi hűtéssel, árnyékolókkal" egy ilyen esetet mutat be, ahol látható, hogy átmeneti időszakban valóban elég a hőszivattyú. Igaz, disszertációmban csak levegő-víz hőszivattyúkkal foglalkoztam, levegő-levegő hőszivattyúkkal nem. Ilyen vizsgálatokat is végeztem, de azok nem kerültek be a disszertációba.

*„Az 10.2 és 10.3. táblázatok az olvasó számára áttekinthetetlenek. Jobb lenne csak a mellékletben közölni és itt csupán a tapasztalatokat megosztani az olvasóval.”*

Köszönöm az észrevételt, valóban lehet, hogy szerencsésebb lett volna a két táblázatot a mellékletbe tenni.

*„A 107. oldal biomásszára vonatkozó megállapításai helyesek. Részletes áttekintése alapján megállapítja, hogy az energetikai célú biomassa felhasználás szerepe változik. Megítélésem szerint a családházaknál már középtávon is jelentősebben mérséklődik, hosszú távon az alkalmazásuk nem perspektivikus.”*

Örülök, hogy a szerintem fontos üzenet egyezik a véleményével.

### **A továbbiakban a tézisekkel kapcsolatos kritikákra reagálnék.**

*„A 4. tézis. A módszert és a hatékonysági skálát elfogadom. A kapott számok információként jók, de ilyen pontossággal kevésbé tartom a határokat meghatározónak (~, vagy túl – ig kellene).”*

Köszönöm az észrevételt, valóban a kategóriahatárok pontos megadásának kisebb a jelentősége és a módszeren van a hangsúly. Ugyanakkor a gyakorlatba való átültetést segítheti a konkretizált eredmény.

*„Az 5. tézis. Biomassa alapú hőtermelésre vonatkozó megállapítások az átlátható középtávon relevánsak is lehetnek, de jelentős változás várható, hiszen önmagában a tüzelőberendezés nem jelent a hatékony fűtést, ha az előkészítés a feldolgozás és a tárolás nincs tökéletesen megoldva. A trend inkább negatív lehet, mivel a hatékony használathoz számos (nem olcsó) eljárásokat szorgalmazó) intézkedés kell. Inkább a csökkenéssel számolnék. A tézist rövidíteném, egyértelműbb állásfoglalás kellene.”*

Az észrevételt köszönöm, valóban a rövidebb megfogalmazás célravezetőbb lehetne, bár féltő, hogy információvesztéssel járna. A megformált állítások elméleti jellegűek, nem volt céлом jövőbeli trendet prognosztizálni. Valójában az esetleges biomassza használatra ösztönző szakpolitikai döntések következményeire és kockázatára akartam rávilágítani és számokkal alátámasztani.

*„A 6. tézis. A 25%-os szám önmagában kevés, mivel nincs megjelölve a kapacitási arány. Ez vonatkozik a korszerűsítésre is. Egyértelmű a PV előnye a kollektorral szemben. A hatékonysági megállapítások elfogadhatók, de a beépített kapacitások mértékétől, a költségektől nem lehet elvonatkoztatni. A megújuló energiák használatának a költséghatékonyság a közérthetőbb jellemzője és még nem beszéltünk az urbánus környezet villamos hálózatának rendezési költségeiről.”*

A tézisben elméleti potenciált, maximumot határoztam meg, eltekintve a jogszabályok és a költséghatékonysági szempontok által szabott korlátoktól, mert ezek könnyen változhatnak (már változtak a dolgozat leadása óta is). Azonban a költséghatékonysági vizsgálatok a felépített modellbe beépíthetők, és az aktuális viszonyoknak megfelelően a tézisben meghatározott értékek korrigálhatók. A témával részletesen foglalkozik Horváth Miklós, volt doktoranduszom, jelenleg tanszéki kollégám Bolyai pályázatában.

*„A 7. tézist elfogadom. Egyértelműbb lenne, ha megjelöli: pl. a primer oldal: talaj vagy víz, a szekunder oldal: víz vagy levegő?”*

Örülök, hogy a tézist elfogadhatónak ítélte meg. Az állítás levegő-víz hőszivattyúra vonatkozik. Ez egyszer meg van említve a tézisben az első előfordulásnál, de valóban zavaró lehet, hogy később csak hőszivattyút írok.

*„A 8 tézis. ... A transzmisszióra, az épület burokra vonatkozóan kitévelt az anyagban nem látom teljesen bizonyítottnak.”*

Valóban nem helyeztem kellő hangsúlyt a transzmisszió szerepére vonatkozó állítás indoklásának. Mint fent már említettem, az a magyarázat, hogy a transzmisszió a nagy szoláris terhelésű időszakokban általában kifelé irányuló hőáramot jelent (bent melegebb van, mint kint), vagyis csökkenti a hűtési igényt. A transzmisszió lehet nagyobb úgy, hogy nagyobb a fajlagos hűlő felület (családi házak) vagy úgy, hogy rosszabbul szigeteltek a szerkezetek.

*„A 9. tézist, az alkalmazott módszer alapján kapott tendenciákat elfogadom. A napelemek alkalmazására vonatkozóan jól alátámasztott, viszont a végeredmények függenek a gazdaságpolitikai körülményektől, a gazdasági szabályozástól. A végzett számítások a jelen gazdaságpolitikai állapotot szemléltetik. Több európai országban is másként hatnak, a hálózati szolgáltatás preferenciáitól függően (de a hő-szivattyúzás leírását is pontosítani kellene).”*

A 6. tézishez hasonlóan, itt is az elméleti maximumra vonatkozik az állítás, amit a gazdaságpolitika jelentősen korlátozhat. Jogos a hőszivattyú típusra vonatkozó pontosítási igény, az állítások levegő-víz hőszivattyúra vonatkoznak, amit csak az első előfordulásnál említék meg a tézisben.

*„A 10. tézis. A helyben termelhető megújuló energiahasznosítás lehetőségeit taglalja és több megállapítást is tartalmaz. E tétel utolsó előtti mondatát elfogadom. A többinél nem teljesen pontosak a megfogalmazások, pl. a hőszivattyú adja a legnagyobb megtakarítást, igen, de: milyen a rendszer? Nagyobb társasház csoportra a geotermikus energia hálózat csatolása már kifejezetten gazdaságos (nem említi). Magyarország kedvező helyzete miatt igen fontos lehet.”*

Örülök, hogy a véleményem szerint egyik legfontosabb üzenetet (utolsó előtti mondat) a Bíráló elfogadja. A rendszerek részletes leírását valóban nem ismerteti a tézis, ami már így is igen hosszú. A disszertációban ezeket részletesebben ismertettem. A geotermia vizsgálata kívül esik a kutatás keretein, bár egyetértek annak fontosságával.

Még egyszer köszönöm értekezésem alapos bírálatát, hasznos, jövőbe mutató észrevételeit és javaslatait.

Budapest, 2023. szeptember 15.



Csoknyai Tamás