

Iparosított technológiával létesített lakóépületek szerkezeti korszerűsítését követő minimális fűtésteknikai beavatkozásai

Minimal heating system interventions following the structural modernization of prefabricated residential buildings

LOCH Gábor¹, BUDULSKI László¹, LENKOVICS László¹,
BAUMANN Mihály², Dr. BORSOS Ágnes³, Dr. CAKÓ Balázs²

¹ Pécsi Tudományegyetem -Műszaki és Informatikai Kar, Épületgépész-és Létesítménymérnöki Tanszék, tanársegéd

¹ Breuer Marcell Doktori Iskola, doktorandusz hallgató

² Pécsi Tudományegyetem -Műszaki és Informatikai Kar, Épületgépész-és Létesítménymérnöki Tanszék, adjunktus

³ Pécsi Tudományegyetem -Műszaki és Informatikai Kar, Belsőépítészeti, Alkalmazott és Kreatív Design Tanszék, egyetemi tanár

Abstract

The article addresses the necessity of minimal yet essential interventions following the structural modernization of prefabricated buildings to ensure the proper and energy-efficient operation of standardized (TR) one-pipe heating systems with bypass sections. It highlights the reasons why these interventions are indispensable and proposes a recommended order of implementation for related investments.

Keywords: bypass one-pipe heating, TR one-pipe heating system, retrofit, energy renovation of prefabricated buildings, district heating

Kivonat

A cikk a házgyári épületek szerkezeti korszerűsítését követő minimális beavatkozásokkal, azok szükségességével foglalkozik, melyek elkerülhetetlenek az tipizált (TR) egycsöves átkötő szakaszos fűtési rendszerek megfelelő és energiatakarékos működés érdekében. A cikk rávilágít, hogy miért szükségesek ezek a beavatkozások, és javaslatot tesz a beruházások sorrendjére is.

Kulcsszavak: átkötő szakaszos egycsöves fűtés, TR egycsöves fűtés, retrofit, házgyári épületek energetikai korszerűsítése, távfűtés

1. BEVEZETÉS

Az egycsöves fűtési rendszereket Magyarországon a 70-es évek elején kezdték el alkalmazni nyugati és a Szovjetunióban elterjedt megoldások alapján főleg házgyári lakóépületekben. A kezdeti gyermekbetegségek leküzdésére az akkori Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium (ÉVM) és Csőszervállalat közös kutatás-fejlesztés során kidolgozta a TR „tipizált” átkötőszakaszos egycsöves fűtési rendszert, mely megoldotta a korai rendszerek okozta komfortproblémákat. [1] [2]

A TR egycsöves fűtési rendszer esetén – az átkötő szakasznak köszönhetően – már megoldható a helyiségenkénti hőmérséklet szabályozás, melynek automatizálása termosztatikus radiátorszelepek alkalmazásával biztosítható. Ezt nevezzük TR-T rendszernek. [1] [2]

2023-ban a Magyar Távhőszolgáltatók Szakmai Szövetsége felkérésére a BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék tanulmányt készített a hazai egycsöves fűtési rendszerekről. A tanulmány részeként felmérést készítettek a távhővel ellátott lakásállomány 75,4%-áról. A tanulmány megállapította, hogy a felmérésben szereplő 499.738 lakás 52%-a egycsöves fűtéssel van ellátva. Az egycsöves fűtések 73%-a átkötő szakaszos, 21%-a átfolyós, míg 6%-a korszerűsített átfolyós-átkötőszakaszos korszerűsítésen esett át. [3]

A felmérés során a távhőszolgáltatók az egycsöves fűtésű épületek 82,4%-a esetén tudott arról tájékoztatást adni, hogy az épület kapott-e utólagos hőszigetelést. Ezen épületek 57%-a nincs hőszigetelve. Tehát 2023-ban legalább 122.000 olyan egycsöves fűtésű lakás volt, mely nincs energetikailag korszerűsítve. [3]

A felmérés kitért az egycsöves fűtések esetén a termosztatikus radiátorszelepek, strangszabályozók és költségosztók meglétére is. Termosztatikus szeleppel a vizsgált lakások 56%-a, strangszabályozókkal 72%-a, költségosztókkal pedig a lakások 54%-a rendelkezik. [3]

A hivatkozott tanulmány azzal is foglalkozik, hogy mekkora energiamegtakarítás érhető el ezen lakások korszerűsítése esetén. A szerkezetek és a fűtési rendszer együttes korszerűsítése esetén a megtakarítás 48%-ot is elérheti, mely nagy megtakarítási potenciált jelent. [3] A felújításokat legtöbb esetben pályázati forrásból finanszírozzák a lakók. A korábbi évek tapasztalata az, hogy a pályázati források elsősorban a szerkezetek korszerűsítését fedezi, mely a legnagyobb költséghányadot teszi ki a felújítások során. A fűtési rendszerek korszerűsítése általában nehezebben kivitelezhetőek, mivel a lakók nagyobb fokú együttműködését igényelné, ezért sok esetben ezen felújítások elmaradnak.

A cikk az épületek hőszigetelése esetén elvégzendő minimális épületgépészeti korszerűsítésekre tesz javaslatot.

2. ÉPÜLETSZERKEZETEK KORSZERŰSÍTÉSÉNEK HATÁSA A MEGLÉVŐ FŰTÉSRENDSZERRE

Hőszigetelés hatására az épületben lévő helyiségek hővesztesége nagymértékben csökkenthető. Amennyiben a fűtésrendszert a megváltozott körülményekre nem készítjük fel, az több üzemeltetési problémát is okozhat. [7]

Egy hőszigetetlen pécsi panelépület esetén készítettünk egy hőszükséglet számítást, mely alapján leellenőriztük az eredeti fűtésterveken szereplő radiátor méreteket. Az épületben garzonlakások találhatók, melyek szobáiban TR átfolyós rendszerű felső elosztású egycsöves fűtés található RADAL 600-as radiátorokkal és MOFÉM IDEÁL radiátor szelepekkel. [4] A radiátorszelepek állítása a koruk miatt már nem állítható. A szobákon kívül a lakásokban még a konyha rendelkezik külső falfelülettel, itt átfolyós rendszerű csőfűtőtestek kaptak helyet. A fürdőszobákban a konyhával megegyező rendszer található. A számítások során egy átkötő szakaszos közbenső lakásokat ellátó egycsöves kört vizsgáltunk meg.

2.1. A hőigények és a radiátor teljesítmények összevetése korszerűsítés előtti és utáni állapotban [4] [5] [6]

A strangon az épület öt emeletén található lakások szobáit ellátó radiátorok vannak. A strang bekötése a felső lakás szobáján keresztül történik. A visszatérő vezeték az I. emeleti lakás alatt található fűtetlen garázson keresztül van visszavezetve a folyosóra, ahol a gerincre csatlakozik.

A meglévő állapot vizsgálatát követően kiszámoltuk, hogy nyílászáró csere és hőszigetelés esetén hogyan alakul a lakások hővesztesége. A nyílászárók és szerkezetek hőátbocsátási tényezőit a hatályos energetikai rendeletben foglalt követelményeknek megfelelően vettük fel.

Hőigények és radiátor teljesítmények összevetése korszerűsítés előtt és után

1. táblázat

Emelet	A helyiség hőszükséglet korszerűsítés nélkül	Radiátor típus	Radiátor teljesítmény + csővezeték hőleadása ($t_e=90^\circ\text{C}$)	A helyiség hőszükséglete korszerűsítést követően	Többlet teljesítmény a korszerűsítást követően ($t_e=90^\circ\text{C}$)
V. emelet	1.979 W	RADAL 600-11	2.027 W	750 W	1.277 W
IV. emelet	1.414 W	RADAL 600-9	1.464 W	662 W	802 W
III. emelet	1.414 W	RADAL 600-10	1.461 W	662 W	799 W
II. emelet	1.414 W	RADAL 600-11	1.443 W	662 W	781 W
I. emelet	2.028 W	RADAL 600-22	2.023 W	782 W	1.241 W

Az 1. táblázatból látható, hogy amennyiben a nem nyúlunk a fűtési rendszerhez egy esetleges teljeskörű szerkezeti korszerűsítést követően, akkor akár a valós teljesítményigény többszörösével rendelkezünk hőleadói oldalon. Ez a nagyobb hűlő felülettel rendelkező helyiségek esetében a legmarkánsabb. Ez az állapot túlfűtést fog eredményezni a lakásokban. Ilyen hőleadói teljesítmények esetében a helyiség egyensúlyi hőmérséklete akár 40°C felett is alakulhat, melyet a felhasználó a radiátor szerelek szabályozhatóságának hiányában ablaknyitással fog korrigálni.

Ez az eset általában a gyakorlatban nem következik be, vagy ha igen, azt a lakók jelzésére a távhőszolgáltató hőközponti szinten a fűtési előremenő hőmérséklet csökkentésével kezelni tud. A távhőszolgáltató információ hiányában az előremenő fűtővíz hőmérséklet csökkentést tapasztalatai alapján, „óvatosan” végzi el úgy, hogy az épületben ne legyen alul fűtött helyiség.

2.2. Fűtési teljesítmény hőszükséglethez való illesztése [4] [5] [6]

Tanácsosabb azonban a meglévő fűtésrendszer újra méretezését elvégezni, mely alapján már pontosabban meghatározható az ideális előremenő fűtővíz hőmérséklet. A méretezés azért is fontos, mert az esetek többségében a helyiségek hőigénye nem azonos arányban csökken, és a szükséges fűtővíz hőmérsékletet a legkedvezőtlenebb helyiségre kell meghatározni.

Radiátor teljesítmények hőigényhez való illesztése teljes szerkezeti korszerűsítés esetén

2. táblázat

Emelet	Radiátor típus	Radiátor teljesítmény + csővezeték hőleadása ($t_e=55^\circ\text{C}$)	A helyiség hőszükséglete korszerűsítést követően	Többlet teljesítmény a korszerűsítást követően ($t_e=55^\circ\text{C}$)
V. emelet	RADAL 600-11	873 W	750 W	123 W
IV. emelet	RADAL 600-9	627 W	662 W	-35 W
III. emelet	RADAL 600-10	635 W	662 W	-27 W
II. emelet	RADAL 600-11	636 W	662 W	-26 W
I. emelet	RADAL 600-22	864 W	782 W	82 W

A 2. táblázatból látható, hogy csupán központi beavatkozással, az előremenő fűtővíz hőmérsékletének 90°C -ról 55°C -ra csökkentéssel, milyen pontosan illeszthető a radiátor teljesítménye a kialakult hőszükséglethez, ehhez pedig nem szükséges lakásokon belül a teljesítmény illesztéshez szerelési munkákat végezni. Fontos, hogy az fűtővíz hőmérséklet csökkentésének vizsgálatakor törekedni kell az eredeti tervezési térfogatáramok tartására, ezáltal elkerülhető a teljes rendszer újbóli hidraulikai beállítás. Ez azonban egy korábban már beállított hidraulikailag megfelelően működő rendszer esetén lehetséges.

Gyakran előfordul azonban olyan eset, amikor nem valósul meg minden szerkezet energetikai korszerűsítése. Ilyenkor egy-egy helyiség hőszükséglet csökkenése elmaradhat a többitől. A legtipikusabb esete ennek, amikor a legalsó szinten fűtetlen tárolók, vagy garázsok találhatók, melyek fűtésszerkezetét nem szigetelik le. Ebben az esetben az előremenő fűtővíz hőmérsékletének csökkentését erősen korlátozza a legalsó fűtött szinten található helyiség hővesztesége.

Radiátor teljesítmények hőigényhez való illesztése részleges szerkezeti korszerűsítés esetén

3. táblázat

Emelet	Radiátor típus	Radiátor teljesítmény + csővezeték hőleadása ($t_e=70^\circ\text{C}$)	A helyiség hőszükséglete korszerűsítést követően	Többlet teljesítmény a korszerűsítást követően ($t_e=70^\circ\text{C}$)
V. emelet	RADAL 600-11	873 W	750 W	598 W
IV. emelet	RADAL 600-9	627 W	662 W	309 W
III. emelet	RADAL 600-10	635 W	662 W	314 W
II. emelet	RADAL 600-11	636 W	662 W	309 W
I. emelet	RADAL 600-22	864 W	1278 W	27 W

Ebben az esetben már csak 70°C -ra lehetséges az előremenő fűtővizet csökkenteni, továbbá nem oldható meg csupán ezzel a beavatkozással minden helyiségben a pontos teljesítmény illesztés. Ahhoz, hogy az I. emelet feletti lakásokban ne alakuljon ki túlfűtés, további lépéseket kell tenni.

A probléma megoldására kétféle lehetőségünk van. Az egyik, hogy a radiátorszelepek segítségével a felsőbb emeleteken csökkentünk az adott csomópont beömlési tényezőjén, ezáltal kevesebb fűtővíz jut a

radiátorba, így csökken a teljesítménye, továbbá az alsóbb szintekre magasabb vízhőmérséklet jut. Mivel a meglévő szelepek nem töltik már be a funkciójukat így azokon az előbeállítás jó eséllyel nem módosítható. Szükség lehet a radiátorszelepek cseréjére vagy felújítására. A MOFÉM IDEÁL szelephez lehet felújító készletet vásárolni, amivel kezelhető a probléma. Ráadásul a felújító szett az IDEÁL szelepet termosztatikus radiátorszeleppé alakítja, így termosztatikus szelepmozgató is elhelyezhető a szelepen. Amennyiben a szelep felújítása nem lehetséges akkor azt cserélni kell modern kettős beállítású termosztatikus radiátorszelepre.

A másik megoldás az alsó szintű radiátorok cseréje. Érdekes megvizsgálni, hogy elhelyezhető-e nagyobb teljesítményű radiátor, mellyel alacsonyabb előremenő hőmérséklettel is kifűthetőek az I. emeleti helyiségek. Ennek a megoldásnak az az előnye, hogy kevesebb helyiségben szükséges beavatkozni, és a fűtővíz hőmérséklet csökkentésével a csővezetékek hővesztesége is csökkenthető.

Ennél a két esetenél már a hidraulikai rendszerbe is beavatkozunk, így a rendszer újbóli beszabályozása lehet szükséges, mely sokszor csak új beszabályozó szelepek alkalmazásával lehetséges.

Elsősorban azonban mindig annak a lehetőségét kell megvizsgálni, hogy elvégezhető-e a teljeskörű szerkezet korszerűsítés, így pedig közvetlen érhetünk el energiamegtakarítást. A tárolók és garázsok hőszigetelésének általában maguk a felhasználók szoktak gátat szabni, de a földemre szerelt installációk is korlátozhatják a korszerűsítés lehetőségét. Érdekes lehet ilyen esetben megvizsgálni az alsó szintek hűlő szerkezeteinek korszerűsítését is. Azonban sajnos a nyílászárók megfelelő téli zárásáról nem biztos, hogy a tároló, illetve garázs használója a motivált.

Az előremenő fűtővíz hőmérséklet csökkentéssel egyidejűleg elvégezhető a társasház lekötött teljesítményének a csökkentése is. Ezt a hőszolgáltatóval egyeztetve lehetséges megtenni. Fontossága, hogy a távhőszolgáltató is információval rendelkezik általa az épület megváltozott igényeiről, továbbá a legtöbb távhőszolgáltatás a lekötött teljesítmény alapján számolja a fűtési alapidíjat. Amennyiben csökkentjük a szerződésben a lekötött teljesítményt, úgy azzal arányosan a fűtési alapidíj is akár a felére csökkenthető, mely a felújítás követően azonnali anyagi előnyt jelent.

3. HELYISÉGHŐMÉRSÉKLET SZABÁLYOZÁS

A fent tárgyalt eset méretezési állapotban igaz. Azonban ez az állapot a fűtési szezonban maximum néhány napig áll fent, ha egyáltalán az adott évben előfordul a méretezési külső hőmérséklet. Részterhelés esetén fontos, hogy az épület rendelkezzen időjárás követő szabályozással, melyről az esetek nagy részében a távhőszolgáltató gondoskodik. A külső hőmérséklet emelkedésével csökkenthető az előremenő fűtővíz hőmérséklet, így mindig az aktuális hőigényhez igazodik a fűtésrendszer hőteljesítménye. További előnye az időjárás követő szabályozásnak az alacsonyabb visszatérő hőmérséklet, mellyel a szolgáltató a távvezetékek hőveszteségének csökkentésével energiát takarít meg.

3.1. Termosztatikus radiátorszelepek elhelyezése

Fontos a lakók egyedi igényeinek a kiszolgálása, és az egyedi megtakarítási lehetőség megteremtése. A helyiség-hőmérséklet szabályozás az átfolyós egycsöves fűtési rendszerrel ellentétben a TR-T rendszerben megoldott. A termosztatikus radiátorszelep önműködő szabályozóként az arányossági sávon belül képes tartani a helyiség-hőmérsékletet a hőleadón átfolyó víz mennyiségének állításával. Egycsöves fűtési rendszerekben mindenképpen kis ellenállású radiátorszelepek alkalmazásában kell gondolkodni. A radiátorok beszabályozhatóságát kettős beállítású radiátorszeleppel érdemes elsősorban megoldani. A visszatérő csavarzat, vagy elzáró szerelvény alkalmazása lehetőséget teremt a felhasználónak a költségosztós elszámolás manipulálására, mivel képessé válik a radiátor kizárására, ideiglenes cseréjére.

Érdekes lehet elgondolkozni a még átfolyós rendszerű radiátorok átkötő szakaszosra való átalakításában is. Ez azonban már magasabb beruházást igényel. Ezen beruházás megtérülésének megvizsgálása jelen cikk terjedelmébe nem fér bele. [4] [5] [6]

3.2. Költségosztók alkalmazása

A radiátorszelepek energiatakarékos használatára a lakókat az egyedi érdekeik megteremtésére ösztönözni kell. Az egyedi érdek a költségek fogyasztás alapján való elszámolásával lehetséges. Mivel a felső elosztású egycsöves rendszerekben – esetünkben minden lakásban – 3 külön előremenő és visszatérő vezeték található a három radiátorhoz, a hőmennyiségmérő alkalmazása indokolatlanul nagy átalakítást és költséget jelentene a lakások használóinak. Ezért a hőmennyiségmérők helyett fűtési költségosztók alkalmazása javasolt. A költségosztókat könnyen a radiátorok felületére lehet rögzíteni, melyek a radiátor hőmérséklete alapján a teljes épület fogyasztását arányosítják radiátoronként. Ahogy a neve is mutatja,

költség osztásra alkalmas, pontos hőmennyiség mérésére nem. Ez azonban elegendő ahhoz, hogy elszámolási alapot képezzen, és ezzel ösztönözze a felhasználót az energiatakarékosságra. A teljes épület hőmennyiség mérését továbbra is a társasház hőközpontjában el kell végezni. Hőmennyiségmérés képezi a társasház és a hőszolgáltató közötti elszámolás alapját. A lakások közötti hődíj elszámolás csak egy része történhet a költségosztók segítségével, a másik része továbbra is az épület légtérfogata alapján kell történni. A légtérfogat aránya az elszámolásban legalább 30, maximum 50% lehet, melyet a 676/2023. (XII. 29.) Korm. rendelet a központi fűtésről és melegvíz-szolgáltatásról ír elő. [3] [8]

Az elszámolás arányát a fűtésrendszer adottságaihoz érdemes igazítani. A vizsgált épületben nagyobb átalakítás nélkül csak a szobák radiátorai szabályozhatóak szelepekkel, tehát a többi helyiségben a lakónak nincs lehetősége beavatkozni. A vizsgált épület esetén a szabályozható helyiségek (szobák) térfogata a teljes épülettérfogat 59%-a. Az arányok meghatározása során azt is érdemes figyelembe venni, hogy azok a helyiségek, ahol átfolyós rendszerű egycsöves fűtés van, mennyire tudnak visszahatni a szabályozható helyiség hőmérsékletére. Továbbá fontos az is, hogy elzárt radiátor esetén a strangon és az átkötő szakaszon is van a helyiségnek hőnyeresége. Amennyiben a felújítást követően a fűtési előremenő hőmérséklet csökkentése megtörtént, és az jól illeszkedik az igényekhez, továbbá alkalmaznak időjárás követő szabályozást is, ez a visszahatás csökkenthető. Azt is érdemes figyelembe venni, hogy egy-egy nem fűtött szoba kihűlését a szomszédos helyiségek nem engedik, mivel ilyenkor a belső szerkezeteken keresztül megindul a hőáram a fűtetlen helyiség felé. Ezt a többlet hőmennyiséget pedig a fűtött helyiség használója fizeti meg.

Ezeket mérlegelve, illetve figyelembe véve, hogy a szabályozható helyiségek térfogata viszonylag alacsony, javasolt 50%-ra venni a légtérfogat alapján történő hődíj elszámolást.

Az idei évben Magyarországon lehetőség lesz a társasházaknak költségosztók vásárlására pályázni, így akár önköltség nélkül is megvalósítható a mérés kiépítése.

3.3. Szabályozás pontosságának javítása

A radiátorszelepek alkalmazásával az egycsöves fűtési rendszerbe egy mennyiségi szabályozást valósítottunk meg, mely a rendszer ellenállásának folyamatos változását eredményezi. Az ellenállás változása kisebb, mint a kétcsöves fűtési rendszerekre jellemző, mivel a radiátor zárása esetén az átkötő szakaszon a fűtővíz áramlása fennmarad, sőt növekszik. Az átkötő szakaszon megnövekedett térfogatáram okozza a nyomáskülönbség növekedését.

A nyomáskülönbség növekedésén túl az átkötőszakaszos fűtés esetén a radiátorokba beáramló hőmérséklet is változhat. Amennyiben a legfelső radiátort elzárjuk, az összes alatta lévő radiátor előremenő fűtővize magasabb hőmérsékletű lesz, mint a méretezési állapotban.

Mind a nyomáskülönbség, mind a hőmérséklet változása hatással van a radiátorszelep szabályozási pontosságára. Ennek a hatása elméletileg csökkenthető dinamikus szelepek, fordulatszám szabályozású szivattyúk és visszatérő hőmérséklet korlátozók alkalmazásával. Ezen szerelvények alkalmazásának előnyei kétcsöves fűtési rendszerek estében egyértelmű.

Egycsöves fűtés esetén a szakirodalom a dinamikus szelepek alkalmazását nem javasolja, mivel működéséből adódóan megnöveli a visszatérő fűtővíz hőmérsékletét. Azonban ez a hatás csökkenthető visszatérő hőmérséklet korlátozók alkalmazásával. [6]

További tanulmányban célunk a fenti szerelvények hatásának megvizsgálása egycsöves fűtés esetén.

4. KONKLÚZIÓ

Mint az a statisztikai adatokból is jól látszik, Magyarországon a mai napig magas azon egycsöves fűtési rendszerrel szerelt lakásoknak a száma, melyek energetikai korszerűsítése szükséges lenne. A szerkezeti korszerűsítést követően mindenképpen szükséges a fűtési rendszerbe is legalább minimálisan beavatkozni.

Az alábbi táblázatban kívánjuk összefoglalni a javasolt beavatkozásokat és azok célszerű sorrendjét.

Szükséges minimális beavatkozások javasolt sorrendje és azok beruházási költség szintjei

4. táblázat

Sorrend	Beavatkozás	Beruházás szükségessége	Beruházási költség szint
1.	Fűtési előremenő víz hőmérséklet csökkentése	feltétlen szükséges	nincs költsége
2.	Lekötött teljesítmény csökkentése	feltétlen szükséges	nincs költsége
3.	Radiátorszelep felújítása / cseréje termosztatikus kivitelűre	erősen javasolt	alacsony
4.	Rendszer (újra) beüzemeltetése	erősen javasolt	alacsony
5.	Költségosztók telepítése	javasolt	alacsony (pályázati forrás 2025-ben)

Minden minimálisan javasolt beavatkozás alacsony beruházási költséggel megvalósítható. Ezen beruházási költségek eltörpülnek a szerkezetek korszerűsítésének költségeihez képest, és nagyban hozzájárulnak az épület megfelelő és költséghatékony üzemeltetéséhez.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Dr. Csoknyai I. *Az egycsőes fűtés története 1. rész* VGF&HKL szaklap, 2021/5
- [2] Dr. Csoknyai I. *Az egycsőes fűtés története 2. rész* VGF&HKL szaklap, 2021/6
- [3] BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék *Az egycsőes átfolyós fűtési rendszerű épületek szabályozhatóvá tételének műszaki tartalma* Magyar Távhőszolgáltatók Szakmai Szövetsége, Budapest, 2023
- [4] Milley V., Völgyes I., *Központi fűtés 2.*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983
- [5] Gergely D. Z., *Fűtési- hűtési csőhálózatok hidraulikája*, Lombos Lombró Kft., Budapest, 2023
- [6] Dr. Csoknyai I., Doholuczki T., *Több, mint hidraulika*, Herz Armatúra Hungária Kft., Budapest, 2022
- [7] Dr. Csoknyai T., *Iparosított technológiával létesített lakóépületek energiatudatos felújítása*, PhD értekezés, 2004
- [8] 676/2023. (XII. 29.) Korm. rendelet a központi fűtésről és melegvíz-szolgáltatásról, 2025.05.10.