



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
Műszaki és Informatikai Kar
Mérnöki és Smart Technológiák Intézet
Épületgépész- és Létesítménymérnöki Tanszék



VERES GRÉTA

Cirkulációs hálózatok korszerűsítése

TDK

Pécs, 2024

Tartalmi összefoglaló

A TDK munkám szakirodalom feldolgozás, gyakorlati tapasztalatok összegyűjtése és kiértékelése a cirkulációs rendszer és a használati melegvíz felhasználás területéről.

A mért melegvíz felhasználást az adott időszakban összehasonlítom a szabványban leírtakkal. A tanulmány célja, hogy olyan cirkulációs rendszert tervezek be az általam kijelölt meglévő közintézménybe, amivel a felhasználóknak a legnagyobb komfortot és biztonságot tudom biztosítani, a legkevesebb felhasznált energiával, az épületgépészeti szabványok betartása mellett. Meglévő, régi használati melegvíz és cirkulációs rendszerű épületről beszélünk, az üzemeltetést is arra sarkallja, hogy a jelenlegi cirkulációs rendszer cseréjét fontolja meg a cső a csőben cirkulációs rendszerre. Mindemelett a tanulmány tartalmazza a már megvalósult rendszerek beépítéséből és üzemeltetéséből szerzett gyakorlati tudást és tapasztalatot is. Megvizsgálom, hogy abban az esetben, amennyiben új épületről lenne szó és nem korszerűsítésről, mekkora lenne a különbség a rendszerek beruházási költségei között.

Executive summary

The study section of the thesis is a review of bibliography, collection and evaluation of practical experience in the field of circulation system and domestic hot water usage.

The measured hot water consumption during the period is compared with the standard. The aim of the study is to design a circulation system for the existing public building I have chosen, which will provide the users the highest comfort and safety with the least energy consumption, while complying with mechanical engineering standards and regulations. We are talking about an existing building with an old hot water and circulation system, to the return of investment to encourage the building maintenance operator to consider replacing the current circulation system with a pipe-in-pipe circulation system. In addition, the study includes practical knowledge and experience gained from the installation and operation of systems already implemented. I examine the difference in investment costs between the systems in the case of a new building and not an upgrade.

Tartalomjegyzék

Bevezetés	5
1. Tanulmány.....	7
1.1. Közintézmények használati melegvíz ellátása	7
1.1.1. Használati melegvízzel szemben támasztott követelmények	7
1.1.2. Intézmény leírása	10
1.1.3. Adatok kiértékelése.....	11
1.2. Cirkulációs vezeték.....	12
1.3. Cirkulációs rendszer fejlődése	13
1.3.1. Cirkulációs rendszer evolúciója és szabályozása.....	13
1.4. Cirkulációs rendszer előírásai	19
1.4.1. Elvárások a cirkulációs rendszerrel kapcsolatban.....	19
1.4.2. Cirkulációs rendszerre vonatkozó magyar és német szabványok.....	21
1.4.3. Cirkulációs rendszer méretezése szabványok alapján	22
1.5. Cirkulációs rendszer a gyakorlatban	23
1.5.1. Kihívások a cirkulációs rendszerben	23
1.5.2. Veszteségek a cirkulációs rendszerben	24
1.5.3. Fejlesztési lehetőségek- Cső a csőben rendszer	27
Ábrajegyzék	33
Irodalomjegyzék	35

Bevezetés

Az utóbbi pár év növekvő energiaárai számos kihívást és lehetőséget teremtenek az épületgépészet terén.

A 2019-es COVID-19 világjárvány hatására a kereslet a legtöbb szegmensben drasztikus csökkenésnek indult, de a gazdasági helyzet stabilitásával a kereslet visszatért, és az árak újra emelkedni kezdtek.

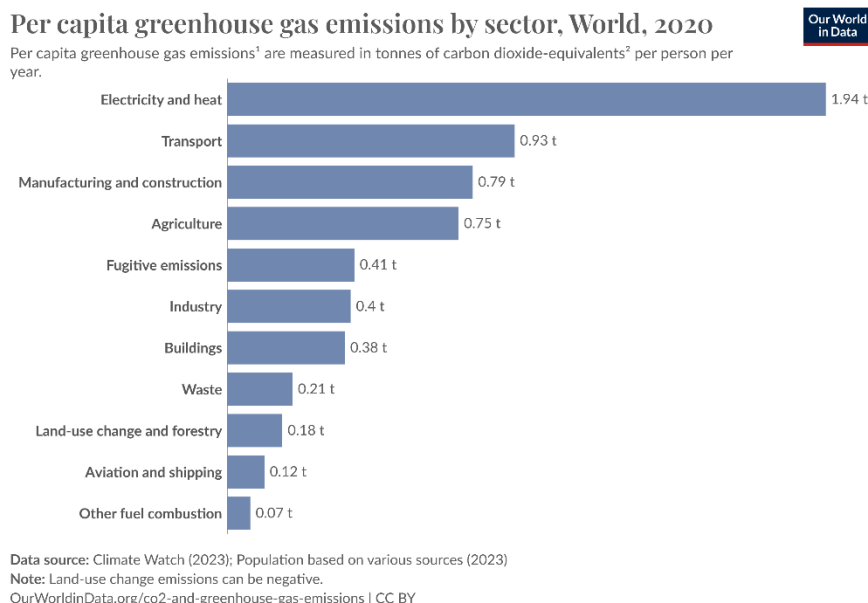
2021 és 2022 között az energiaárak ismét jelentősen megugrottak, ez részben köszönhető az ellátási láncsal kapcsolatos problémáknak és bizonytalanságnak. Az olaj és a földgáz árak is rekord számokat döntöttek és döntenek.

Napjainkban pedig a tendencia nem változott a korábbiakhoz képest, az energiaárak továbbra is nőnek és gondot okoznak a legtöbb szegmensben, a világpolitikai és gazdasági események folyamatosan ingadozásban tartják az árakat.

Az energiahatékonyság növelése kiemelt figyelmet követel a tervezés, a kivitelezés és az üzemeltetés szempontjából is. A megújuló energiaforrások alkalmazása, nem csak az energetikai feltételeknek való megfelelés miatt fontos. Hozzájárul egy biztonságérzet kialakulásához és a tényleges fenntarthatósághoz is.

A fogyasztók egyre tudatosabban választanak gépészeti megoldásokat, megnövekedett igényekkel, a komforttal, az üzemeltetési költséggel és a szabályozhatósággal kapcsolatban. Mindezek miatt elképzelhetetlen, hogy a meglévő rendszereket bizonyos időközönként ne vizsgáljuk felül és szükség esetén újítsuk fel.

Az anyagi megfontolás mellett nem feledkezhetünk meg a környezetvédelemről sem. Az építőipar és azon belül az épületgépészet jelentős szerepet tölt be a világ károsanyag kibocsátásában. Alapvetően nagy energia- és nyersanyag felhasználással jár, ebből generálódik például a hulladéktermelés és a szén-dioxid kibocsátás. Természetesen nem csak a gyártási és kivitelezési fázisban van hatással az épületgépészet környezetre, hanem a későbbiekben az üzemeltetésre is. Az építőipar és az épületgépészet a globális szén-dioxid kibocsátás 39 százalékáért felelős, ebből az épületek energiafogyasztása 28%-ot tesz ki. Az alábbi diagrammban a metán kibocsátást láthatjuk egy főre vonatkozóan a különböző szektorokra bontva. Az adatok tonnában vannak megadva és egy éves intervallumot ölelnek fel.



1. ábra: Egy főre jutó üvegházhatásúgáz-kibocsátás ágazatonként- az egész világra vonatkoztatva, forrás: (ourworldindata, 2024.)

A fenntartható épületgépészeti rendszerek alkalmazásával 30-70%-kal csökkenthető a szén-dioxid kibocsátás.

Tudatos tervezéssel, és kivitelezéssel az épületek vízfogyasztása akár 50%-kal is csökkenhet. Az európai unióban az egy főre jutó vízfelhasználás 130-160 liter/nap között mozog. A dél-európai országok esetében ez a szám nagyobb, az észak-európaiban pedig kisebb, ez főként a melegebb éghajlatnak köszönhető. Az akár 50%-os megtakarítást elérhetjük a WC tartályok térfogatának csökkentésével a fejlesztéseknek köszönhetően, a megfelelő hideg és melegvíz ellátó rendszerek tervezésével. Legnagyobb mértékű megtakarítást pedig a szürkevíz és az esővíz felhasználásával érhetünk el, megközelítőleg ez bizonyos épületeknél 30%-os csökkenést eredményez.

Az építőipar felelős a globális hulladéktermelés 40%-áért. Ezért fontos, hogy amennyiben lehetőségünk van rá, a régi rendszerek valamilyen formában hasznosítsuk újra, az új rendszereknél pedig amennyiben lehet, olyan anyagokkal dolgozzunk, amelyek nem környezetkárosítóak, hanem újrahasznosíthatóak, és hosszú élettartamra tervezzük őket. Mindemellett az építkezések jelentős zajszennyezettséget jelentenek. Zajsztintjük gyakran eléri a 85-90 decibelt is, amely hosszú távon hatással lehet a környezeten élőkre.

1. Tanulmány

1.1. Közüntézmények használati melegvíz ellátása

Az alábbi pontokban megvizsgálom, hogy egy közüzteményre milyen használati melegvízre vonatkozó elvárások vannak és hogy milyen elvételre számítunk mennyiségben és ennek időbeli lefutására a szabványok alapján. A tanulmányban szereplő Nicolae Bălcescu Román Gimnázium Általános Iskola és Kollégium tényleges használati melegvíz elvételét pedig folyamatosan figyelve összehasonlítom a mért adatokat, egy nyári és egy téli hónapra vetítve. A melegvíz mennyiségének mérése mellett, el lett végezve több, az víz minőségére vonatkozó vizsgálat is.

1.1.1. Használati melegvízzel szemben támasztott követelmények

Az NNGYK (korábban OTH) és a Magyar Mérnöki Kamara állásfoglalása szerint a használati melegvíznek ivóvíz minőségűnek kell lennie. 5/2023. (I.12.) Korm. rendelet az (forrás: (mérnökkamara, 5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről, 2023)) ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről 4.§ (2) bekezdés alapján

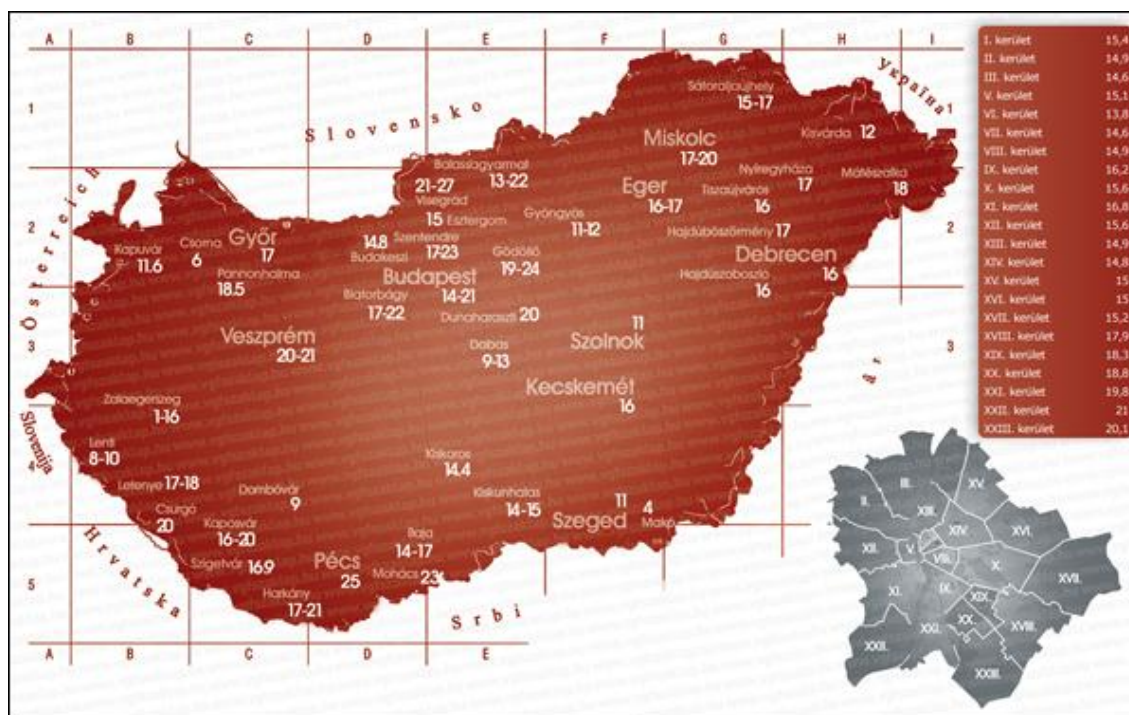
(2) A víz akkor felel meg az ivóvíz minőségnek, ha

a) nem tartalmaz olyan mennyiségben vagy koncentrációban mikroorganizmust, parazitát, kémiai vagy fizikai anyagot, amely az emberi egészségre veszélyt jelenthet,

b) megfelel az 1. számú melléklet 1., 2. és 5. pontjában meghatározott követelményeknek... (saját megjegyzés: ezek a konkrét határértékeket tartalmazzák)

d)..., és minden szükséges intézkedés megtörtént annak érdekében, hogy az ivóvíz minősége megfeleljen az e rendeletben meghatározott előírásoknak.

Használati melegvíz készítésére használt hidegvíz ajánlott maximális német keménysége 15-16 nk°. A 10 nk°-ú ebben a tekintetben optimálisnak mondható.



2. ábra : Vízkeménység-térkép, forrás (vgf&hkl, 2010)

A használati melegvizet a használati melegvízminőségre vonatkozó előírások, jelen intézménynél az MSZ 448 és az MSZ EN 806 - 2 szerint meghatározott minőségi kritériumoknak megfelelően kell előállítani.

Több rendelet is kiterjed a használati melegvízzel szembeni követelményekre figyelembe véve a biztonságot és a gazdaságosságot, például a 1997. évi LXXVIII. törvény, 6/2003. (II. 11.) GMK rendelet és az 1993.évi LXXX törvény. Továbbá a 25/2002. (II. 28.) EüM rendelet, a 7/2006 (V.24.) SZMM rendelet és az NNGYK módszertani levél foglalkozik a közfürdők, uszodák és egyéb közintézmények vízminőségével, különös figyelmet fordítva a vízkezelés higiéniai szabályainak betartására. Tartalmazza a vízellátás és a szennyvízkezelés feltételeit és szabályait és a 25/2002. (II.28.) EüM rendelet előírja a legionella ellenőrzésére vonatkozó szabályokat.

A módszertani útmutatóban az alábbi elvárások vannak az ivóvízzel szemben.

Hideg vízre vonatkozóan:

„Ha az ivóvíz hőmérséklete az épület legtávolabbi pontján is 2 perces kifolytatás után 20 °C alatt van, akkor az ivóvízhálózat alacsony kockázatúnak tekinthető.”

Meleg vízre vonatkozóan:

„A használati melegvíz esetén a rendszer minden pontján folyamatosan 50 °C feletti vízhőmérsékletet kell biztosítani a legionellák szaporodásának megakadályozásához. Ez az alábbi technikai feltételek mellett biztosítható:

A meleg víz hőmérséklete 1 perces kifolyatást követően valamennyi csapolón haladja meg az 50 °C-ot, optimálisan az 55 °C-ot.”

„A vízhőmérséklet esése a használati melegvíz-rendszerben (a használati melegvízelőállításához legközelebbi és attól legtávolabbi csapolón mért, vagy a hálózatra menő és visszatérő vezetékben mért hőmérséklet különbsége) ne legyen nagyobb, mint 10 °C, de törekedni kell az 5 °C-nál nem nagyobb különbségre. „

Az MSZ EN 806 – 2 taglalja az épületeken belüli, emberi fogyasztásra szánt vízzel szembeni követelményeket.

3.6. pontja foglalkozik az üzemi hőmérsékletekkel. 30 másodperccel a vízvételi hely teljes nyitása után rendelkezésre kell állnia a melegvíznek. A hidegvíz hőmérséklete ne legyen nagyobb mint 25°C és a melegvíz hőmérséklete ne legyen alacsonyabb mint 60°C. A termikus fertőtlenítés miatt legyen lehetőség arra, hogy elő tudjunk állítani 70°C melegvíz hőmérsékletet.

9.3.2 pontja pedig az alábbiakat taglalja: A melegvizes csapolókat úgy kell beállítani, hogy a forrázás veszélyét elkerüljük. Kórházakban, iskolákban, idősek otthonában a forrázásveszély elkerülése miatt termikus keverőket kell beépítenünk. Az ajánlott melegvíz hőmérséklet a kifolyásnál 43°C. Speciális helyeken ez az érték 38°C-nál ne legyen nagyobb, ez a helyzet áll fenn az óvódák esetében is.

1.1.2. Intézmény leírása

A régi terveken még látható, hogy a két épület távvezetéken volt összekötve egymással. Ez azonban az új terveken elkészített módon változott meg a nagy hőveszteség miatt, amely az összekötő vezetéken jelentkezett. A vizsgált épületrész HMV termelésért 3 hőszivattyú felel. Két hőszivattyú fedezi a szükséges használati melegvíz termelést. A harmadik hőszivattyú biztonsági tartaléknak lett beépítve, meghibásodás, karbantartás esetére. Szükség esetén a fűtésre szánt gázkazánok rá tudnak dolgozni a HMV tárolóra.

Időpont	Nap	Elhasznált víz (liter)	Hőszivattyú összes felhasználás (W)
01/07/2024	Hétfő	374	97819.97
02/07/2024	Kedd	1032	116468.52
03/07/2024	Szerda	703	124058.46
04/07/2024	Csütörtök	590	122164.35
05/07/2024	Péntek	533	120513.19
06/07/2024	Szombat	210	106088.28
07/07/2024	Vasárnap	90	102483.63
08/07/2024	Hétfő	959	112354.56
09/07/2024	Kedd	900	110401.82
10/07/2024	Szerda	787	107278.35
11/07/2024	Csütörtök	443	105672.71
12/07/2024	Péntek	839	82927.76
13/07/2024	Szombat	134	89613.34
14/07/2024	Vasárnap	137	85641.66
15/07/2024	Hétfő	96	84335.25
16/07/2024	Kedd	129	84145.74
17/07/2024	Szerda	71	81002.14
18/07/2024	Csütörtök	161	81843.8
19/07/2024	Péntek	170	84247.27
20/07/2024	Szombat	25	82078.46
21/07/2024	Vasárnap	3	80298.31
22/07/2024	Hétfő	121	86594.74
23/07/2024	Kedd	341	96285.03
24/07/2024	Szerda	389	61711.9
25/07/2024	Csütörtök	216	80701.73
26/07/2024	Péntek	335	90259.85
27/07/2024	Szombat	34	97615.2
28/07/2024	Vasárnap	6	92021.43
29/07/2024	Hétfő	112	85964.68
30/07/2024	Kedd	624	102039.54
31/07/2024	Szerda	174	100474.9

1. táblázat :Vizsgált intézmény használati melegvízre vonatkozó adatai, 2024

július. Forrás: saját mérések alapján.

Az iskolában HMV felhasználás van a kollégiumi fürdőszobákban, az iskolában a mosdókban, illetve a konyhán is, ahol elegendő mennyiségű és hőmérsékletű víznek lennie kell az edények elmosogatásához. Mivel a HMV termelést alapesetben kizárólag a három hőszivattyú látja el, így a HMV víz mennyiségének a mérését a hőszivattyúk után végezzük. Az látható (1. táblázat) időszakban kizárólag a hőszivattyúk dolgoztak. A mért időszakban, és alap esetben is a három új hőszivattyú felel a HMV előállításáért, viszont a meglévő gázkazán rendszere, úgy van kialakítva, hogy bármikor átállítható a melegvíz termelésre.

1.1.3. Adatok kiértékelése

A mért időszakban, és alap esetben is a három új hőszivattyú felel a HMV előállításáért, viszont a meglévő gázkazán rendszere, úgy van kialakítva, hogy bármikor átállítható a melegvíz termelésre.

Fontos, hogy a kollégium nem csak az iskolai időszakban üzemel, hanem a nyári szünet ideje alatt is, mivel folyamatosan zajlik a táboroztatás a kollégiumban. A mérés szempontjából ez szerencsés, mivel így fel tudunk állítani egy egész évre vonatkozó átlagot, illetve meg tudjuk vizsgálni a hőszivattyúk energiafelhasználását nyári és téli hónapokra vetítve. A júliusi hónapban nem volt olyan nap, amikor egyáltalán nem volt használati melegvíz elvétel, de látható, hogy

a legkevesebb HMV-t fogyasztott napon:

21/07/2024	Vasárnap	3	80298.31
------------	----------	---	----------

a legtöbbet használt HMV-t fogyasztott napon pedig:

02/07/2024	Kedd	1032	116468.52
------------	------	------	-----------

A két napot összehasonlítva egyértelműen látható, hogy amíg a HMV elvétel a 344-szeresére nőtt, addig a hőszivattyú felhasználása kevesebb mint a másfelesére. Az előző adatokból következtethető, hogy rengeteg veszteség jelentkezik a cirkulációs hálózaton és a tárolási veszteségek során.

1.2. Cirkulációs vezetékek

Cirkulációs rendszereket az 1920-as évektől kezdve használnak, a mai napig folyamatos fejlesztéseket hajtanak végre annak érdekében, hogy a felhasználók igényeit a lehető legjobban kielégítse a cirkulációs hálózat, mindeközben pedig a rendszernek energiahatékonynak is kell lennie. A cirkulációs rendszer célja, hogy megakadályozza a csövekben a víz lehűlését, és ezáltal biztosítsa, hogy a felhasználók rövid kifolyatási időn belül hozzáférjenek a melegvízhez. Mindezek mellett a cirkuláció kiépítése higiéniai és vízmegtakarítási szempontból is jelentős szerepet játszik a melegvíz ellátó rendszerben. Egy bizonyos méretet meghaladó melegvízhálózat esetén a cirkulációs rendszer létesítése elengedhetetlen.

1.3. Cirkulációs rendszer fejlődése

1.3.1. Cirkulációs rendszer evolúciója és szabályozása

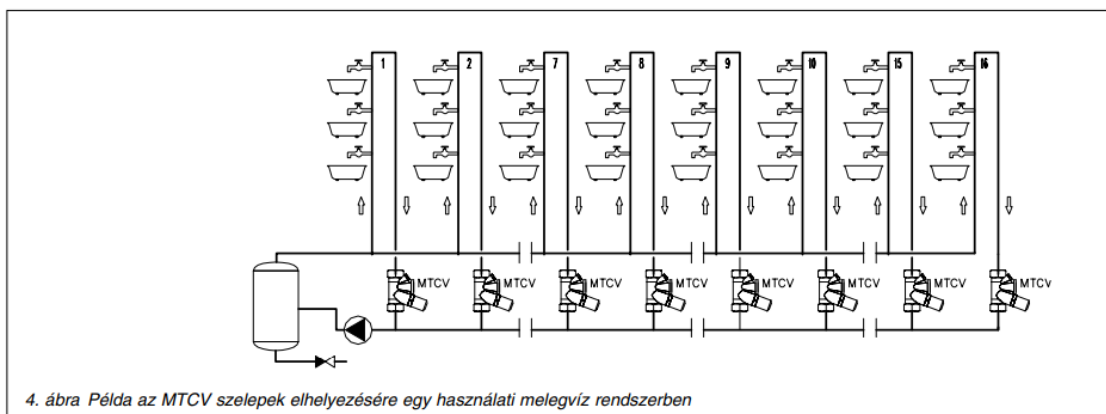
A cirkulációnak akkor kell működésbe lépnie, amikor nincs fogyasztás a csapolóknál, és a csöveken olyan mértékű a hőveszteség, hogy a kívánt csapolási hőmérséklet eléréséhez vissza kell keringetnünk a HMV termelés helyéhez.

A besabályozás elérhető fojtószakaszokkal, fojtótárcsával, valamint a rendszerbe beépíthetünk termosztatikus cirkulációs szelepeket is amelyekkel dinamikus besabályozást tudunk elérni. A DVGW W553 szabvány szerint, ha az összes HMV előremenő hossza rövidebb mint 30 méter és ha a leghosszabb cirkulációs vezeték rövidebb mint 20 méter, akkor hidraulikai besabályozás nem szükséges. A DIN 1988-200 szabvány hidraulikai kiegyenlítésre vonatkozó részében az áll, hogy csak akkor lépnek fel megfelelő térfogatáramok az egyes szakaszokon, ha a rendszer hidraulikusan kiegyensúlyozott. A meghatározott nyomáskülönbséget pedig kézi vagy termosztatikus cirkulációs szabályzó szelepekkel kell elérni. A DIN 1988-300 szabvány a 6.5 pontjában tér ki a besabályozásra, miszerint a cirkulációs hálózatot statikus vagy termosztatikus strangszabályzókkal kell az előírt értékekre besabályozni.

Statikus szabályzás:

Statikus besabályozással el tudjuk érni, hogy minden hurokban folyamatosan azonos térfogatáram keringjen. Ez viszont nagyon nagy energiaveszteséget eredményez, mivel igénytől függetlenül, folyamatosan kering a meleg víz, így jelentős a csővezetéki hőveszteség is, és a szivattyú is folyamatosan forgatni fogja ezt a mennyiségű vizet, ezáltal veszteségek lépnek fel a szivattyúnál is. Gondot jelent, hogy a csövekben van vízkő kiválás, ami miatt a csővezeték keresztmetszete változik, így a korábban beállított besabályzási értékek már nem fogják a megfelelő hidraulikát biztosítani.

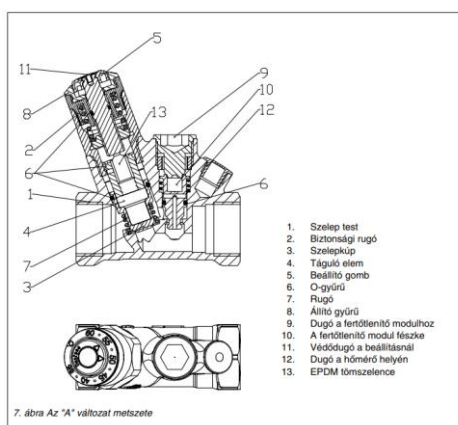
Dinamikus szabályzás:



4. ábra Példa az MTCV szelepek elhelyezésére egy használati melegvíz rendszerben

3. ábra: Danfoss Kft. -MTCV katalógus, forrás : (Danfoss, 2023)

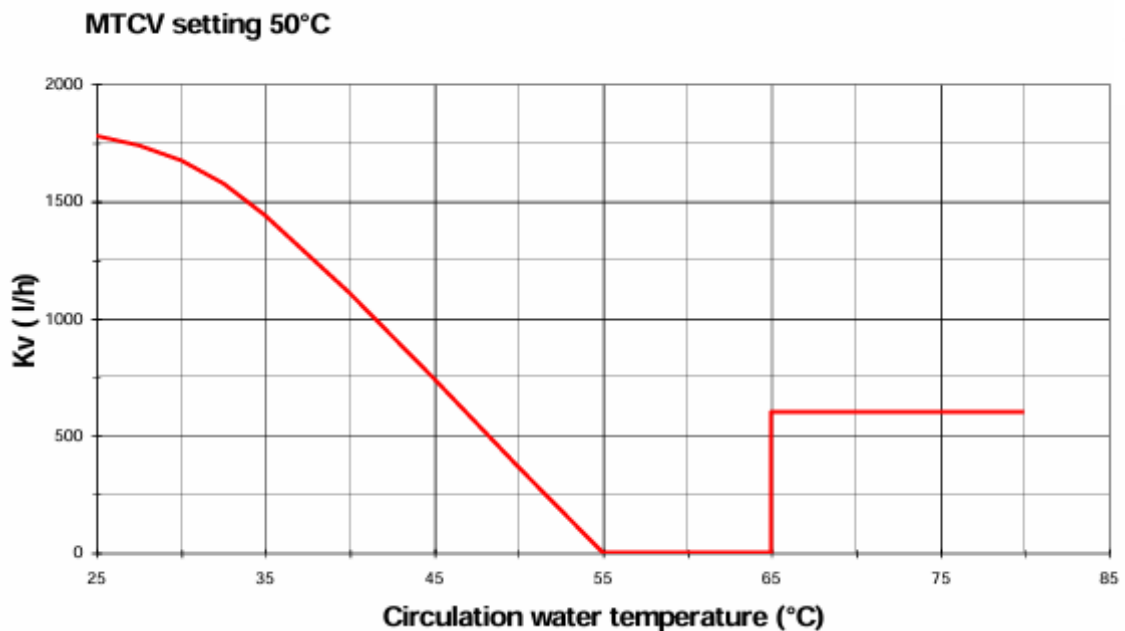
A 4. ábrán egy segédenergia nélküli arányos hőmérséklet szabályzó szelep telepítési javaslata látható, amely állandó hőmérsékletet biztosít a cirkulációs vezetékben. A szelep hőmérsékletre reagálva változtatja a szelepkúp helyzetét. Amikor a vízhőmérséklet a beállított érték felé emelkedik, a hőre táguló elem rugó ellenében zárja a szelepet és csökkenti a cirkulációs vízmennyiséget. Amikor a hőmérséklet csökken, a táguló elem összehúzódik és a szelepkúp visszahúzódása miatt növeli az átáramló vízmennyiséget. Ekkor annyi víz áramlik át a szelepen, amennyi a strang melegen tartásához szükséges, ha a vízhőmérséklet meghaladja 5 fokkal a beállított értéket, akkor a szelep teljesen lezár és a cirkuláció megszűnik.



7. ábra Az "A" változat metszete

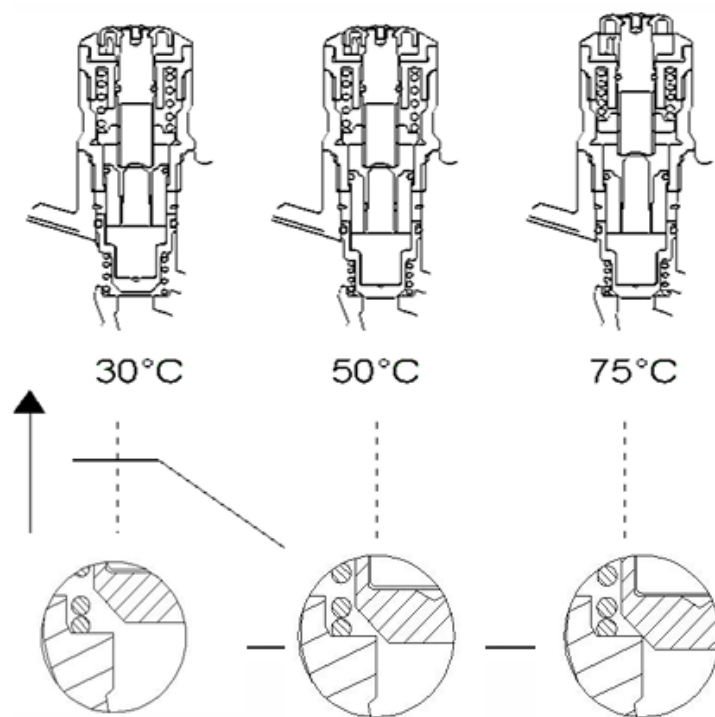
4. ábra: Danfoss Kft. -MTCV katalógus, forrás : (Danfoss, 2023)

Az 5. ábra képen látható elem kiegészíthető egy termosztatikus fertőtlenítő elemmel, hogy a központi hőmérséklet emelésével termikusan fertőtleníteni tudjuk a rendszert. Amikor a víz hőmérséklet átmenetileg 65 fok fölé emelkedik a rendszeren, az alap szabályzó teljesen lezár, míg a fertőtlenítő modul kinyitja a megkerülő csatornát, hogy a fertőtlenítő öblítésnek utat engedjen. A szabályozási funkció és a fertőtlenítés így váltakozva történik 65 fok határhőmérséklettel. A fertőtlenítő funkció mindaddig tart, amíg a víz hőmérséklet 75 fokig nem melegszik fel, ekkor ugyanis bekövetkezik a teljes zárás. Ez a biztonsági funkció csökkenti a forrázási veszélyt, a kalcium kiválást, lerakódások megjelenését a rendszerben.



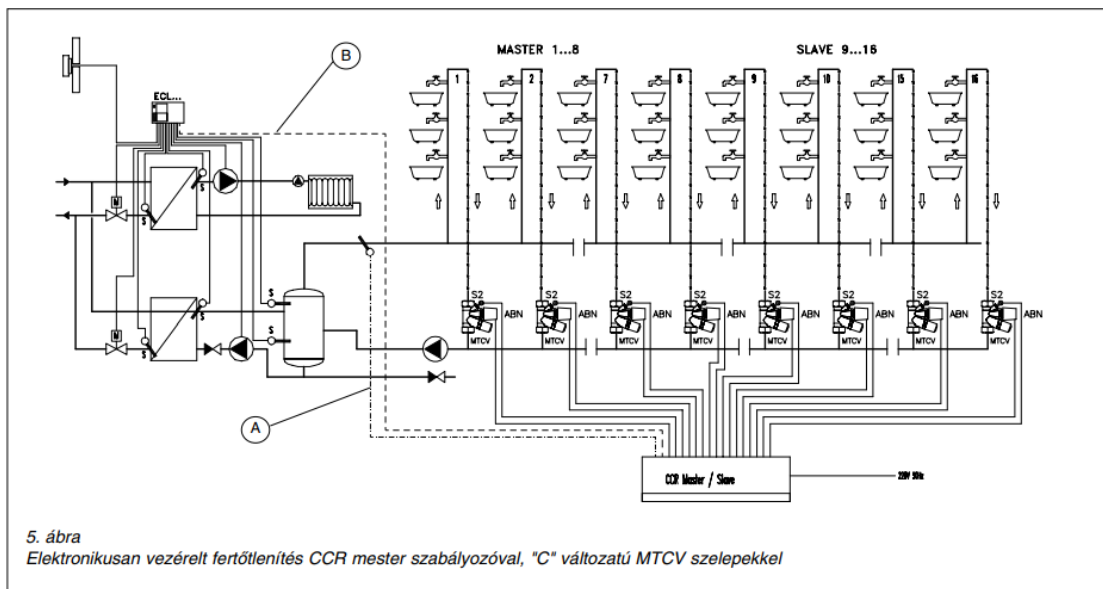
5. ábra: Danfoss- MTCV, forrás : (Danfoss, 2023)

A 6. ábrán látható, hogy hogyan viselkedik a szelep, abban az esetben, ha 50 fokra van beállítva a hőmérséklet a szelepen.



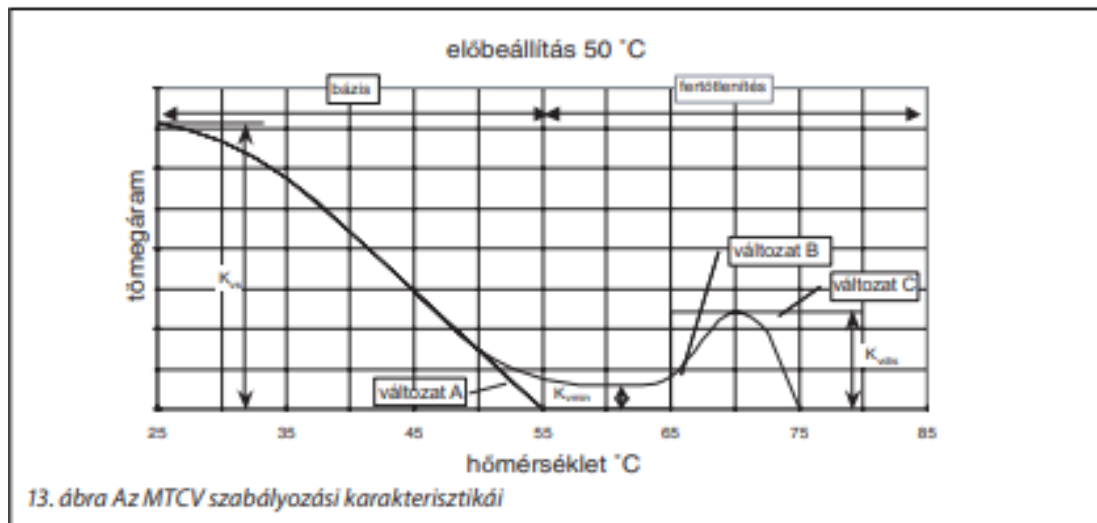
6. ábra: MTCV szelep változás a víz hőmérsékletének hatására, forrás : (Danfoss, 2023)

A szelep a termikus fertőtlenítés alkalmával, nem zár le teljesen, mert biztosítania kell minimális vízmennyiség átfolyást, ahhoz, hogy a szivattyú ne égjen le.



7. ábra: Danfoss Kft. -MTCV katalógus-MTCV termomotorral, forrás : (Danfoss, 2023)

Amennyiben elektronikusan szeretnénk elvégezni a fertőtlenítést, abban az esetben a termomotorokat és a hőmérséklet érzékelőket mindegyik strangon össze kell kötnünk a fenti ábrán látható módon, hogy a fertőtlenítést srangonként sorban el tudja végezni. Előnye, hogy mindegyik strangon pontos és ellenőrzött lesz a hőmérséklet és idő paraméterek mellett történik a fertőtlenítés. A folyamat a srangokon egymás után történik, így a magas hőfok csak rövid ideig jelentkezik. A fertőtlenítés energia szükségletét így tudjuk minimalizálni. A DVGW W557:2012 szabvány szerint a termikus fertőtlenítésnél meg kell lennie a 70 °C-os, vagy nagyobb hőmérsékletű víznek. A teljes rendszert szükséges fertőtleníteni, ebbe beletartozik az összes vízvételi hely is, amelyeket legalább 3 percre ki kell nyitni, és az adott ponton ellenőrizni a kifolyási hőmérsékletet. A cirkulációs szivattyút megszakítás nélkül működtetni kell. Nem utolsó sorban a beépítésre került elemek megfelelőségét és hőállóságát is szükséges ellenőrizni. Az alábbiakban látható a szelep szabályozási karakterisztikája:



- "A" alapváltozat
- "B" változat:
 - $Kv_{min} = 0,15 \text{ m}^3/\text{h}$ - min. térfogatáram a megkerülő ágban, amikor a fő szabályozó modul zárva van.
 - $*Kv_{dis} = 0,60 \text{ m}^3/\text{h}$ DN 20 esetén,
 - $*Kv_{dis} = 0,50 \text{ m}^3/\text{h}$ DN 15 esetén – a fertőtlenítési folyamat max. térfogatárama 70°C hőmérséklet esetén.
- „C” változat:
 - $*Kv_{dis} = 0,60 \text{ m}^3/\text{h}$ DN 20 és DN 15 esetében – az MTCV-n áthaladó tömegáram, amikor a fertőtlenítő modul teljesen nyitva van (szabályozás a termikus állítóműnél TWA-NC).
 - $*Kv_{dis}$ - Kv a fertőtlenítési folyamat során

8. ábra: MTCV katalógus, forrás : (Danfoss, 2023)

A cirkulációs vezeték beszáboályozásának elmaradásának következményei:

A cirkulációs tömegáram rövidre záródik a közeli ágakon, ekkor elégtelen a cirkulációs tömegáram, ezért a távolabbi csapolóknál már panaszt eredményez. Előfordulhat, hogy a szükséges térfogatáram még kifolyatással sem érhető el. Továbbá nem lehetséges a mérés szerinti elszámolás. Ha a cirkulációs vezetékét nem szabályozzuk be, akkor ez energia és vízpazarlást eredményez.

1.4. Cirkulációs rendszer előírásai

1.4.1. Elvárások a cirkulációs rendszerrel kapcsolatban

A cirkulációs rendszer komfort érdekeket szolgál, azzal, hogy a meleg víz a csapolónál a lehető leghamarabb rendelkezésre álljon. A lakók higiéniai érdekeit szintén szolgálja a cirkulációs rendszer, mivel a hőmérséklet megfelelő emelésével a legionella elleni védekezésben is szerepet játszik. Nem utolsó sorban gazdasági szempontból is szükséges, mivel ugyan megnöveli a beruházási költségeket, eseteként a szivattyúzási munkát és sok esetben nagyobb hőveszteséget is jelent, viszont csökkenti a kifolyatott víz mennyiségét, ami gazdasági és környezetvédelem szempontjából is jelentős. A víz hőtartalmának veszteségét is csökkentjük a cirkulációs rendszer kialakításával. A felsorolt kiadási oldal jelentősen csökkenthető az újabban fejlesztett gyártók által kínált modern cirkulációs rendszerekkel. A Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ évente frissített módszertani levele tesz javaslatot a legionella elszaporodás kockázatának csökkentésre. A 10. ábra szerinti besorolás az irányadó a legionella kockázat jellemzéséhez a 2024. 8. kiadás NNGYK módszertani útmutató értelmében.

Legionella csíraszám	Üzemeltetés*	Aeroszol-képződés	Fogékony személyek száma	Kockázati besorolás
Nincs adat	megfelelő	csekély	csekély	alacsony
			jelentős	alacsony
		jelentős	csekély	alacsony
			jelentős	közepes
	nem megfelelő	csekély	csekély	közepes
			jelentős	közepes vagy magas**
		jelentős	csekély	közepes
			jelentős	magas
Kisebb, mint a figyelmeztető szint (adott közegre)	megfelelő	csekély	csekély	alacsony
			jelentős	alacsony
		jelentős	csekély	alacsony
			jelentős	alacsony
	nem megfelelő	csekély	csekély	közepes
			jelentős	közepes vagy magas**
		jelentős	csekély	közepes
			jelentős	magas
Figyelmeztető és beavatkozási szint között (adott közegre)	megfelelő	csekély	csekély	közepes
			jelentős	közepes
		jelentős	csekély	közepes
			jelentős	magas
	nem megfelelő	csekély	csekély	közepes
			jelentős	közepes vagy magas**
		jelentős	csekély	közepes
			jelentős	magas
Nagyobb, mint a beavatkozási szint (adott közegre)	a csíraszám feltételezi a nem megfelelő üzemelést	csekély	csekély	közepes
			jelentős	magas
	nem megfelelő	jelentős	csekély	magas
			jelentős	magas

* a 4-8. mellékletek szerint végzett értékelés alapján megfelel-e a 2.2 fejezetben részletezett jó gyakorlatnak

**a létesítmény jellegétől függően

9. ábra : NNGYK - módszertani útmutató, forrás: (mérnökkamara, 5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről, 2023)

Ha a tartályban lévő használati meleg vizet rendszeresen - kisméretű rendszerek esetén hetente, nagyobb rendszerek esetén naponta - legalább 1-1 órára 70 fokon tartják, és amennyiben a cirkulációs rendszer kiépített, vízelvétel nélkül cirkuláltatják, akkor megelőzik ezzel a pangó vízben rejlő veszélyeket. Amennyiben van cirkuláció nélküli vezetékszakas, akkor a szakaszban lévő víz térfogata ne legyen több mint 2 liter. A

cirkulációs- és elosztó rendszert úgy kell beszabályozni, hogy minden csapolónál megfelelő mennyiségű és hőmérsékletű víz álljon rendelkezésre. A beszabályozó szelepek utólag is beépíthetők a rendszerbe. A cirkulációs rendszer sebességét az MSZ EN 806-3/2006 szabvány adja meg, amiben maximálisa 0,7 m/s-ra, ez az érték a gerincen 2 m/s, az ellátónál pedig 4 m/s.

A legionella a vízben előforduló baktérium, amely az emberek számára egészségügyi problémákkal járhat. 15-50 fok között szaporodóképesek, a legkedvezőbb számukra a 37-42fok, így ez megegyezik a használati melegvíz tartományával. Különösen veszélyes az ilyen hőmérsékletű vízben való fürdés, főként a víztakarékossági szempontból kedvezően működő porlasztó zuhanyfejek esetében.

Magyarországon a 49/2015 EMMI rendelet foglalkozik a legionella kérdéskörével, ez a kockázatértékelésre ír elő kötelezettséget és mutat utat, viszont nem tartalmaz előírásokat a rendszerek kialakítására vagy üzemeltetésére vonatkozóan. Mértékadónak tekinthető a német vagy osztrák szabályozás (a kettő lényegében megegyező): DVGW W551, W553; DIN 1988, melyek részletesebben taglalják a cirkulációs rendszerre vonatkozó követelményeket.

1.4.2. Cirkulációs rendszerre vonatkozó magyar és német szabványok

A 9/2023 (V.25.) ÉKM energetikai rendelet az alábbiakban tér ki a cirkulációs rendszerre. A cirkulációs szivattyú működtetése „... ha a HMV rendszerhez cirkulációs rendszer tartozik, a melegvíz és a cirkulációs vezetékek hőszigeteltek, a rendszer-alapterület 300 m² alatti, valamint a rendszer beszabályozott, akkor ajánlott biztosítani a cirkulációs szivattyú időprogram szerinti működtetését”.

Hőszigeteléssel kapcsolatos követelmények szintén ebben a rendeletben találhatók:

3.3.2. Fűtési és HMV elosztóvezetékek hőszigetelési követelményei

	A	B
1	Vezeték/szerelvény fajtája	A hőszigetelés minimális vastagsága 0,036 W/mK hővezetési tényezőre vonatkoztatva
2	belső átmérő 22 mm-ig	19 mm
3	belső átmérő 22 mm-től és 35 mm-ig	30 mm
4	belső átmérő 35 mm-től és 100 mm-ig	belső átmérővel megegyező
5	belső átmérő 100 mm felett	100 mm
6	fal- és födémáttöréseknél, vezetékkeresztezéseknél, kötéseknél, központi elosztóknál	az 1–4 sorok értékeinek fele
7	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó falaiba kerülő fűtési vezetékek	az 1–4 sorok értékeinek fele
8	különböző tulajdonú fűtött helyiségek elválasztó födemeibe kerülő fűtési vezetékek (*)	6 mm

(*) Kivéve a felületfűtési rendszerek hőleadást szolgáló vezetékei.

10. ábra : 9/2023 (V.25.) ÉKM energetikai rendelet, forrás: (mérnökkamara, Nemzeti Jogszabálytár , 2023)

A fenti követelmények azonban nem érvényesek a HMV hálózatra abban az esetben, ha a cső átmérője 22 mm alatti, és nem részei egy cirkulációs körnek, valamint nincsenek kísérőfűtéssel ellátva, illetve a táblázatban szereplő minimális szigetelési vastagságok csökkenthetők, ha a vezeték falának szigetelőhatása figyelembe vehető. Ebben az esetben azonban azonos hőellenállású szigetelés alkalmazható, a minimális szigetelés vastagságát pedig számítással kell meghatározni. Az 9/2023 (V.25.) ÉKM energetikai rendeletben található, hogy „Amennyiben a szigetelőanyag hővezetési tényezője eltér a 0,036 W/mK értéktől, azonos hőellenállású szigetelés alkalmazható, a minimális szigetelési vastagságot számítás alapján kell meghatározni.”

1.4.3. Cirkulációs rendszer méretezése szabványok alapján

A cirkulációs rendszer méretezéséhez három fajta eljárást alkalmazhatunk. A gyors eljárást, az egyszerűsített eljárást és a részletes eljárást. A cirkuláció gyors eljárást Németországban DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches) W553-as munkalap adta meg. Ez a szabvány adja meg az egyszerűsített módszerű számítást, miszerint a német hővédelmi követelményeknek megfelelően kialakított vezetérendszerben csak a használati melegvízben előremenő hálózat hőveszteségét kell meghatározni, majd ebből 2 Kelvin lehűlést feltételezve már számítható a cirkulációs rendszer teljes tömegárama. Ez a méretezés főként egy-két lakásos családi házak esetében alkalmazható, mivel az alkalmazásának feltétele, hogy az összes HMV előremenő nem lehet hosszabb 30 méternél és a leghosszabb cirkulációs vezeték rövidebb mint 20 méter. Ebben az esetben a vezeték belső átmérője legyen legalább 10 mm, a cirkulációs szivattyú névleges mérete NA15, és a szivattyú térfogatárama 200l/h 10kPa nyomáskülönbség mellett. Ebben az esetben hidraulikai beszabályzás sem szükséges.

Az egyszerűsített eljárás során, ha a hőszigetelési vastagságok megfelelőek, akkor a hőveszteség fajlagos értékek alapján megállapítható. Szabadon vezetve 11W/m, falhoronyban pedig 7 W/m a csővezeték hővesztesége, ezt a számítást elegendő csak az előremenő vezetékekre elvégezni. A nyomásveszteség számítását kizárólag a cirkulációs hálózatra kell elvégezni. Az alaki ellenállásokat a pontos számítás során nem kell figyelembe venni.

A rendszer elejéről kiindulva a cirkulációs tömegáramot felszállókénti megosztása egyszerű módszerrel elvégezhető. Németországban 2012 óta a DIN1988-300:2012 szabvány szabályozza a cirkulációs hálózatok méretezését, alapját a W553 képezi, de bevezeti a hozzákeverési szám fogalmát. A cirkulációs alapvezeték csomópontjaiba beérkező résztömegáramok azonos hőmérsékletűek. Így a cirkulációs tömegáramot a hőveszteségek arányában kell megosztani.

A DIN 1988 méretezés szerint a csomópontba beérkező tömegáramok nem azonos hőmérsékletűek, az alapvezetéken a víz a megengedett hőmérsékletig hűlhet le, de a felszállóból érkező melegebb víz keveredéssel megemeli az alapvezetékben lévő víz hőmérsékletét, annyira, hogy a következő csomópontig az előzőekhez hasonlóan csak a megengedett mértékig hűl le az alapvezetékben a víz hőmérséklete.

Hozzákeverési szám: a DVGW W553 szerinti méretezést akkor kapjuk meg, ha ezt a számot nullának választjuk meg. A hozzákeverési szám szabadon választható, ebben az esetben a távolabbi felszállók térfogatárama lecsökkenthető, így kisebb lesz a hálózat nyomásvesztesége. A távolabbi felszállók az oda érkező alacsonyabb hőmérsékletű víz miatt nagyobb térfogatáramot igényelnek. Ezeknek a rendszereknek a kialakításával elérjük, hogy csökken az üzemeltetési költség, de a hőmérséklet nem csökken a rendszer egyik pontján sem a megengedett alá.

A diplomamunka további részében a CAD alapú részletes méretezést fogom alkalmazni. A program az alábbi szabványok alapján dolgozik: DIN 1988-3, DIN 1988-300, DVGW-Arbeitsblätter W551, W553. (Viega Kft., 2014)

1.5. Cirkulációs rendszer a gyakorlatban

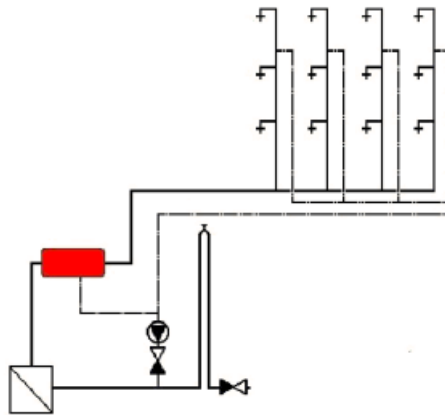
1.5.1. Kihívások a cirkulációs rendszerben

Előfordulhat, hogy a szükséges használati melegvíz bizonyos csapolóknál még kifolyással sem érhető el, vagy ha elérhető, akkor is panaszokat eredményez.

Ha az imént felsoroltak megoldására növeljük a használati melegvíz hőfokát, akkor megnöveljük a vízkövesedés kockázatát és a hőveszteségeket is növeljük a rendszerben.

Betehetünk a rendszerbe egy nagyobb teljesítményű cirkulációs szivattyút, vagy egy serkentő szivattyút. A cirkulációs szivattyú esetében, ha nincs beszabályozás vagy nem megfelelő, akkor a megnövekedett térfogatáram jelentős része lekering a közeli

felszállókon. Ez nagyobb szivattyúzási költséget jelent. Összeségében pusztán csupán a szivattyú megnövelésével a problémás fogyasztók helyzete alig javítható. Hasonló a helyzet a serkentő szivattyúk esetében is, minimális eredményt jelent a beépítésük.



11. ábra: Cirkulációs rendszer Tichelmann kapcsolás, forrás: (Zoltán D. S., 2022)

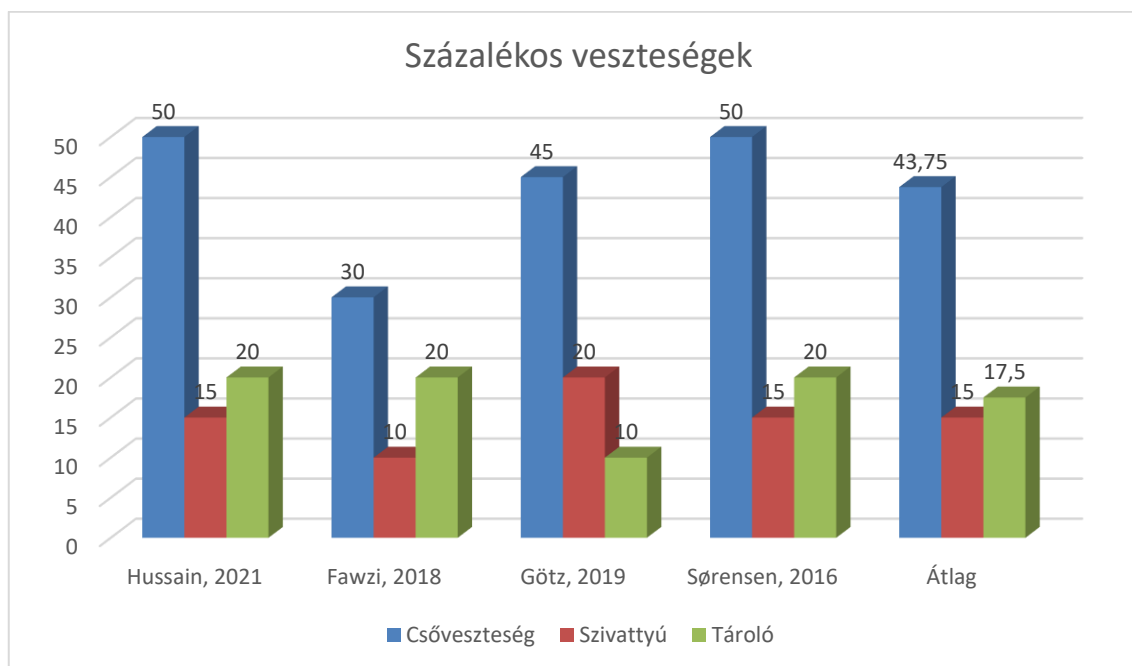
1.5.2. Veszteségek a cirkulációs rendszerben

Veszteségek a cirkulációs rendszerben közvetlen módon a cső hosszan, közvetett módon a szivattyúnál jelennek meg, mivel nagyobb térfogatáramra van szükségünk és a használatimelegvíz előállításának mennyiségén is növelnünk kell.

A cirkulációs csőhálózat tervezett hőszigetelésének vastagságát gyakran a kivitelezés alkalmával kisebb-nagyobb mértékben lecsökkentik a költségmegtakarítás végett, azonban ez megnöveli a későbbiekben az üzemeltetési költségeket. Magyarországon a korábbiakban említett ÉKM rendelet és a német EnEV (Energieeinsparverordnung, 2013) korábban „Heizungsanlagenverordnung” szabályozza ezt. Az épületen belül DN 100-as méretig a fűtési-, hűtési- és a használati melegvíz csöveket le kell szigetelni a csőátmérővel megegyező falvastagságú, megfelelő hővezetési tényezőjű szigeteléssel.

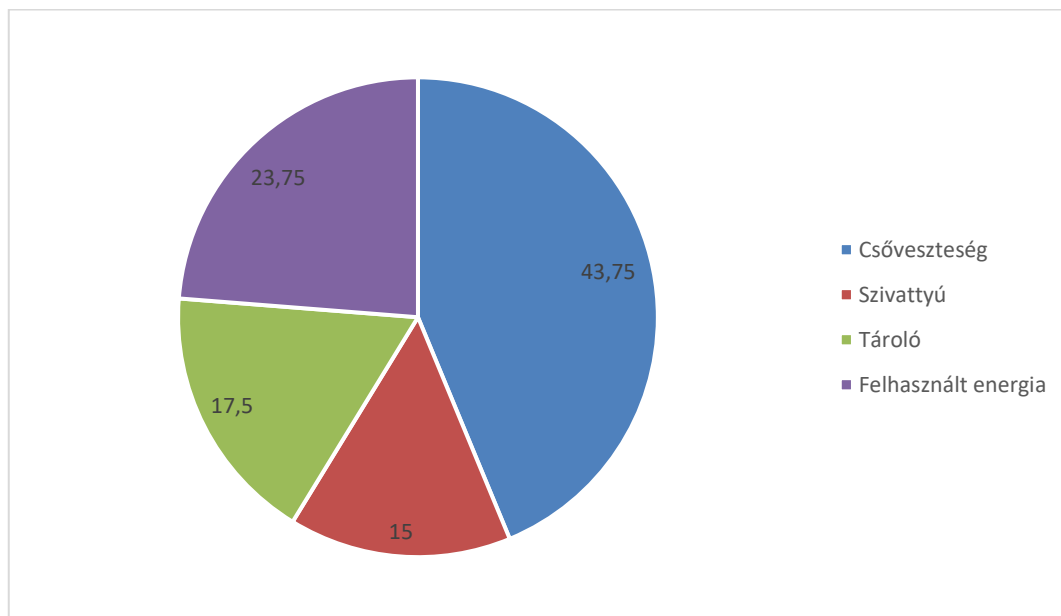
A lentebb említett tanulmányok szerint a cirkulációs rendszerekben a hőveszteség 30-50%-ot is elérheti olyan rendszerek esetében, ahol nincs szigetelés, vagy nem megfelelő. A szivattyúzási veszteségnél ez a százalék akár 15%-ot is kitehet. A harmadik sarokpont pedig a tároló vesztesége, ami 10-20%-ot jelenthet, amennyiben a csőrendszerhez hasonlóan nincs vagy rosszul van leszigetelve.

Az alábbi táblázatban négy különböző tanulmányt vizsgáltam meg, amely a cirkulációs hálózatok veszteségével foglalkozik. Fontos, hogy a diagrammban mindenhol a maximum százalékos értéket jelenítettem meg, és mindegyik esetben a csöveket szigeteletlen állapotban vizsgáljuk. A Fawzi (2018) "Optimizing Domestic Hot Water Distribution Systems" tanulmány, a családi házak, lakóépületek és kisebb közintézmények, például kollégiumok. A Hussan, M. (2021) "Energy Performance and Optimization of Hot Water Circulation Systems" tanulmányában pedig kitér az ipari és kereskedelmi létesítményekre, mint például szállodák, kórházak valamint nagyobb méretű lakóépületek, társasházakra is. A következtetés mindegyik esetben az, hogy a legnagyobb veszteség a csövön jön létre. Itt megjelenik az, hogy milyen fontos a megfelelő szigetelés. Ezek drasztikus számok, és jelentősen csökkenthetőek szigeteléssel, azonban ahogy az előzőekben említettem, a szigetelés minőségének és méretének is fontos szerepe van. Látszik az is, hogy szigetelni nem csak a csöveket, de magát a tárolót is érdemes. Mindemellett van még egy szembeötlő adat, ez pedig a szivattyúnál lévő veszteség.

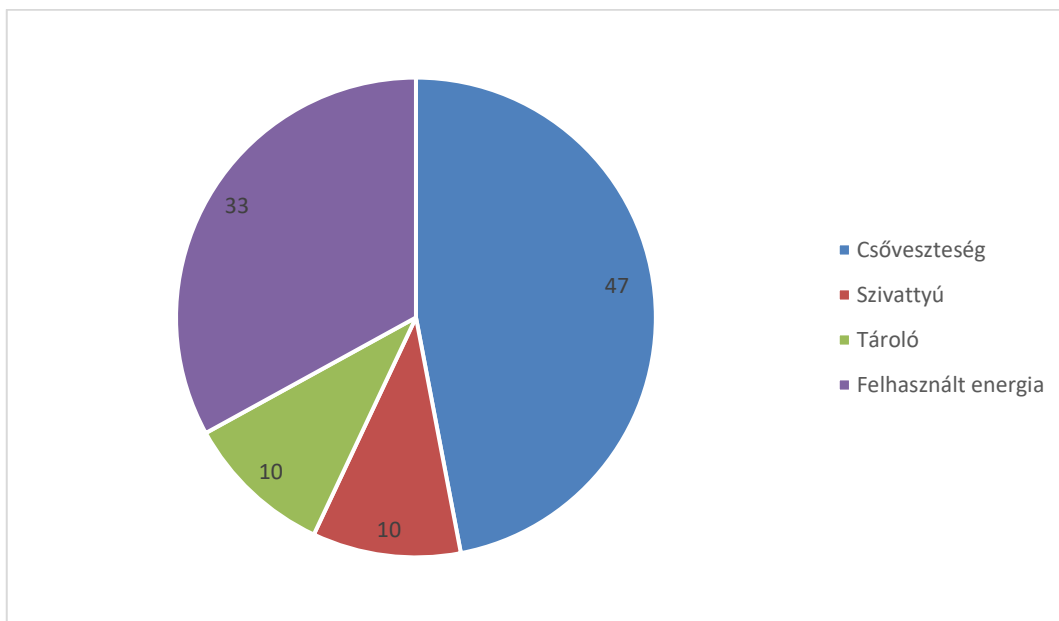


12. ábra: Százalékos veszteségek a cirkulációs hálózaton

Összehasonlításképp a 14. ábrán látható diagrammon megjelöltem a tanulmányban szereplő adatok átlagát még a 15. ábrán megjelöltem a későbbiekben részletezésre kerülő veszteségeket az iskola jelenlegi rendszerén.



13. ábra: A tanulmányok százalékos veszteségeiből számított átlag



14. ábra: A vizsgált kollégium veszteségei százalékos eloszlásban

A fenti két diagramot (14. és 15. ábra) összehasonlítva láthatjuk, hogy milyen különbség van a tanulmányok, és az általam mért értékek között. Ami a legnagyobb különbség, hogy a tanulmányokban szereplő hálózatok esetében nem voltak szigetelve a csövek, a mi esetünkben pedig vannak, viszont az előzetes felmérésben is kiderült, hogy ezek a szigetelések, nincsenek jó állapotban és nem megfelelő a vastagságuk sem. A tárolón és a szivattyún fellépő veszteségek pedig jelentősen javultak a hőközpontban eszközölt energetikai felújításnak köszönhetően.

1.5.3. Fejlesztési lehetőségek- Cső a csőben rendszer

A korábban említett fejlesztések mellett, a cső a csőben cirkulációs rendszer kialakítása is egy nagyon jó lehetőséget kínál arra, hogy megfelelő műszaki tartalmat és elégedett felhasználókat kapjunk, növelt energiahatékonyság mellett. A rendszer alapja, hogy a használati melegvíz felszálló ágába belefűznek egy műanyag belső csövet, amelyben áramlik a cirkulációs térfogatáram. A belső cső rugalmassága miatt 45 fokos elhúzásokat tudunk megtenni, de a kivitelezés során a belső műanyag csövet felülőről kell belevezetni a felszállóba.

Felépítése:



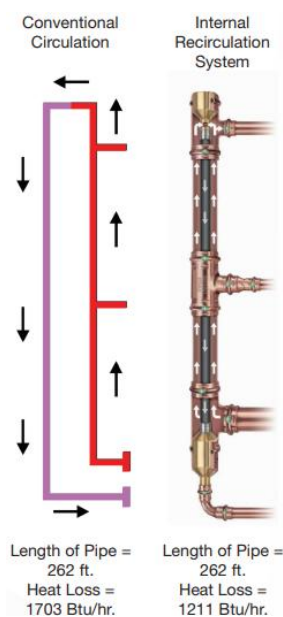
15. ábra: Cső a csőben cirkulációs rendszer felépítése, forrás: (www.viega.hu, 2024)

1. Felső adapter
2. Ágvezeték
3. Melegvíz ellátás
4. Melegvíz visszatérő
5. Alsó adapter
6. Melegvíz ellátás „előre” gerinc vezeték
7. Melegvíz „vissza” térő gerinc vezeték
8. Termosztatikus szelep- opcionális

Előnye, hogy kisebb a helyigénye, ezáltal kevesebb áttörésre és kisebb aknaméretre van szükségünk. Az egyesített rendszer esetén lényeges, hogy lerövidül a szerelési idő is. Mivel a cirkulációt és a használati melegvíz vezetékét egyben tudjuk vinni, kevesebb hőszigetelés és rögzítési pont szükséges. Mindezek mellett kevesebb lesz a hőveszteség és ezáltal a szükséges keringetett térfogatáram is. A rendszert kizárólag réz vagy rozsdamentes acél esetében tudjuk felhasználni. Az MSZ EN 120502 tartalmazza, hogy horganyzott cső nem építhető be a melegvíz ellátó rendszerbe, így a rendszer lefedi a melegvízhez felhasználható csőanyagok skáláját. A tanulmányban szereplő iskola

esetében az első eset áll fenn, a kazánházban kicserélték a régi horganyzott acél csöveket, viszont a rendszer többi részén az eredeti terveken szereplő horganyzott acél csövek alkotják az alapvezetéki és a felszálló csöveket. Az ágvezetékek, kevertvíz vezetékek anyaga pedig műanyag. Ebben az esetben csak az a lehetőség marad, ha ezt a rendszert választjuk, hogy az egész használati melegvíz hálózatot ki kell cserélnünk.

Ezzel a rendszerrel a hagyományos rendszerhez képest 20-30% kevesebb hőveszteséget érhetünk el.



16. ábra: Cső a csőben rendszer cirkulációja, forrás: (www.viega.hu, 2024)

A fenti ábrán látható a bal oldali hagyományos cirkulációs rendszer hővesztesége, a jobb oldalin pedig a cső a csőben cirkulációs rendszer hővesztesége. A hagyományos rendszer hővesztesége $1703 \text{ Btu/h} = 499.1 \text{ W}$, a cső a csőben rendszeré ehhez képest pedig $1211 \text{ Btu/h} = 354.91 \text{ W}$ ($1 \text{ Btu/h} = 0.29307 \text{ W}$). A két rendszer közötti hőveszteség különbség tehát a Viega adatlapja szerint az adott hosszon 144.19 W .

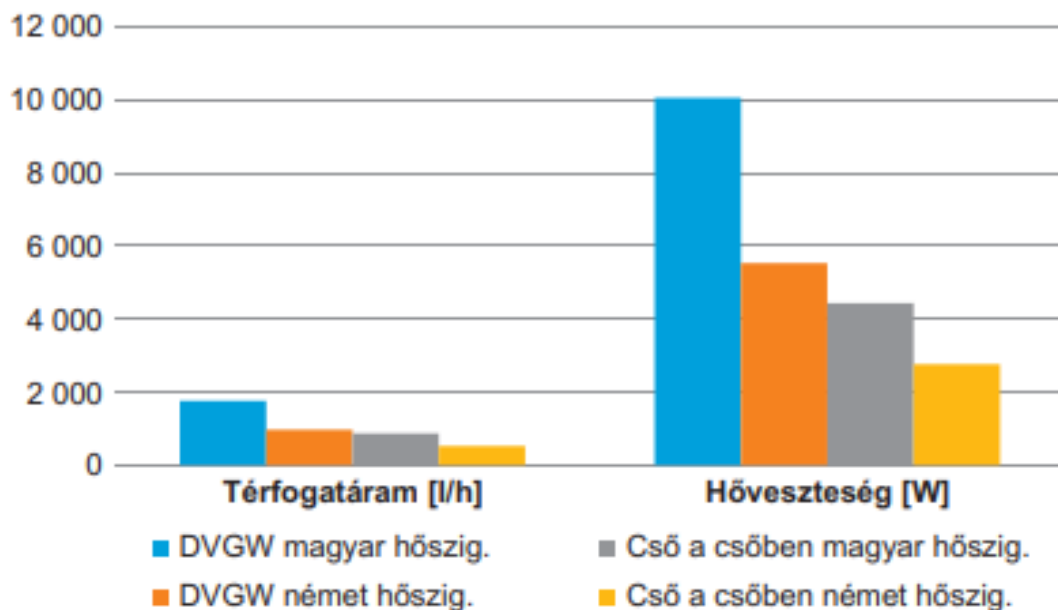
Az alábbi képen láthatjuk a hagyományos cirkulációs rendszert és a cső a csőben cirkulációs rendszert egymás mellett összehasonlítva.



17. ábra: Hagyományos és cső a csőben cirkuláció összehasonlítása, forrás: (Zoltán N. , 2021)

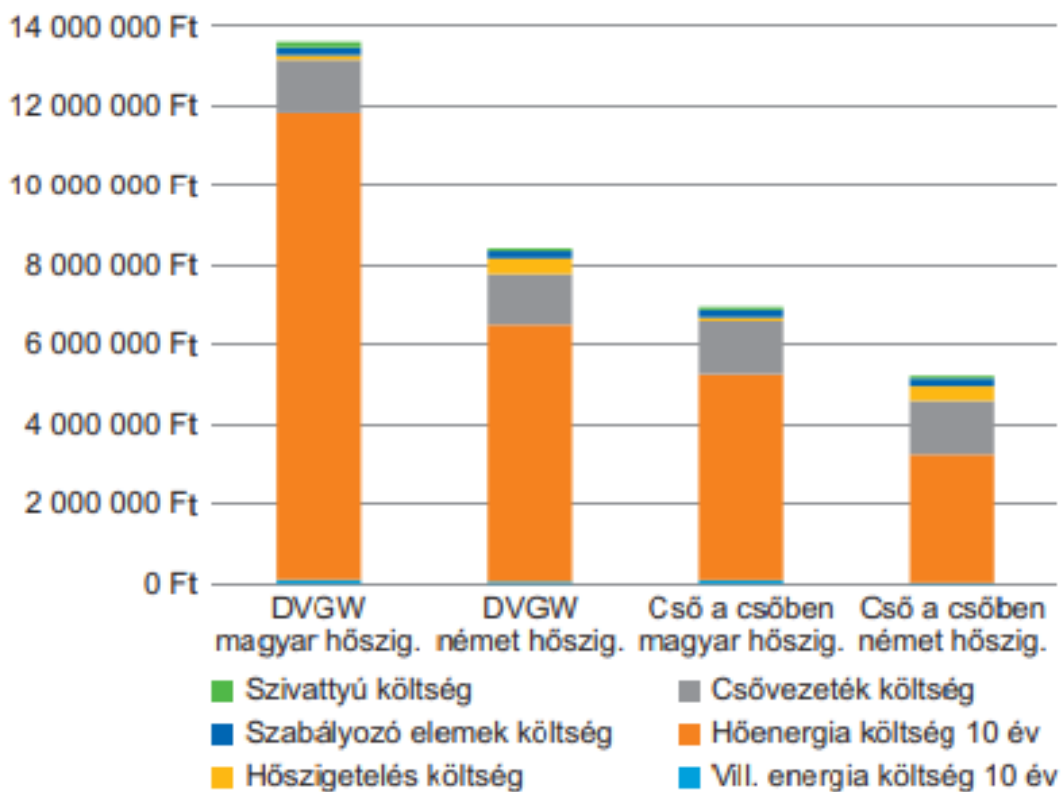
Ebben a témakörben egyetlen magyar esettanulmányt találtam, amely foglalkozik a cső a csőben cirkulációs rendszer és a hagyományos cirkulációs rendszer összehasonlításával. Ez pedig a Magyar Épületgépészet, LXIV. évfolyam, 2015/4. számában megjelent Hargita Kristóf és Dr. Szánthó Zoltán által A „cső a csőben” cirkuláció gazdaságossága címen megjelent szakmai cikk. A tanulmányt egy 2x140 lakásos társasházra végezték el. Az összehasonlítást négy különböző rendszerre végezték el.

1. méretezés: a DVGW W553 szerint egységes 13mm hőszigeteléssel.
2. méretezés: a DVGW W553 szerint, német előírásoknak megfelelő hőszigeteléssel.
3. méretezés: „cső a csőben” cirkuláció egységes 13mm hőszigeteléssel.
4. méretezés: „cső a csőben” cirkuláció, német előírásoknak megfelelő szigeteléssel.



18. ábra: Hővesztés és a cirkulációs tömegáramok alakulása, forrás : (Hargita & Dr. Szánthó, 2015)

A 18. ábrán látható a hővesztés és a cirkulációs tömegáram alakulása a megvizsgált esetekre.



19. ábra: Vizsgált változatok költségei, forrás : (Hargita & Dr. Szánthó, 2015)

A 19. ábrán pedig láthatóak a vizsgált változatok költségei tíz évre vetítve.

A tanulmányomban megvizsgálom, hogy hogyan alakulnak ezek az értékek, ha egy közintézmény esetében vizsgáljuk, és milyen megtérüléssel lehet számolni akkor, ha már egy meglévő rendszert szeretnénk korszerűsíteni. A tíz évvel ezelőtti energiaárak és az épületgépészeti anyagok nem arányos drágulása miatt, a megtérülés kedvezőbb lesz, mint a fenti esetekben.

Ábrajegyzék

1. ábra:	1. ábra: Egy főre jutó üvegházhatásúgáz-kibocsátás ágazatonként- az egész világra vonatkoztatva, forrás: (ourworldindata, 2024.)	6
2. ábra:	2. ábra : Vízkeménység-térkép, forrás (vgf&hkl, 2010).....	8
3. ábra:	3. ábra: Danfoss Kft. -MTCV katalógus, forrás : (Danfoss, 2023).....	14
4. ábra:	4. ábra: Danfoss Kft. -MTCV katalógus, forrás : (Danfoss, 2023).....	14
5. ábra:	5. ábra: Danfoss- MTCV, forrás : (Danfoss, 2023)	15
6. ábra:	6. ábra: MTCV szelep változás a víz hőmérsékletének hatására, forrás : (Danfoss, 2023).....	16
7. ábra:	7. ábra: Danfoss Kft. -MTCV katalógus-MTCV termomotorral, forrás : (Danfoss, 2023).....	17
8. ábra:	8. ábra: MTCV katalógus, forrás : (Danfoss, 2023)	18
9. ábra:	9. ábra : NNGYK - módszertani útmutató, forrás: (mérnökkamara, 5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről, 2023).....	20
10. ábra:	10. ábra : 9/2023 (V.25.) ÉKM energetikai rendelet, forrás: (mérnökkamara, Nemzeti Jogszabálytár , 2023).....	22
11. ábra:	11. ábra: Cirkulációs rendszer Tichelmann kapcsolás, forrás: (Zoltán D. S., 2022)	24
12. ábra:	12. ábra: Százalékos veszteségek a cirkulációs hálózaton.....	26
13. ábra:	13. ábra: A tanulmányok százalékos veszteségeiből számított átlag	26
14. ábra:	14. ábra: A vizsgált kollégium veszteségei százalékos eloszlásban	27
15. ábra:	15. ábra: Cső a csőben cirkulációs rendszer felépítése, forrás: (www.viega.hu, 2024).....	28
16. ábra:	16. ábra: Cső a csőben rendszer cirkulációja, forrás: (www.viega.hu, 2024)	29
17. ábra:	17. ábra: Hagyományos és cső a cirkuláció összehasonlítása, forrás: (Zoltán N. , 2021)	30
18. ábra:	18. ábra: Hővesztesség és a cirkulációs tömegáramok alakulása, forrás : (Hargita & Dr. Szánthó, 2015).....	31

19. ábra:	19. ábra: Vizsgált változatok költségei, forrás : (Hargita & Dr. Szánthó,	
	2015)	31

Irodalomjegyzék

- (2024. december 12). Forrás: www.viega.hu: www.viega.hu
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* . (2024. november 8). Forrás: ASHRAE: <https://www.ashrae.org/>
- Danfoss. (2023. szeptember). *Danfoss*. Forrás: Danfoss: <https://assets.danfoss.com/documents/353739/AI289439150822hu-000301.pdf>
- Eberhard Morgenroth, T. A. (2022. október 15). *Screening innovative technologies for energy-efficient domestic hot water systems*. Forrás: sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722012865>
- Environmental Protection Agency*. (2024. november 7). Forrás: Water Pollution and Wastewater Treatment: <https://www.epa.gov/nutrientpollution/water-pollution-and-wastewater-treatment>
- European Union*. (2024. november 8). Forrás: Energy Performance of Buildings Directive (EPBD): https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-performance-of-buildings_en
- Fawzi. (2018). Optimizing Domestic Hot Water Distribution Systems.
- Hargita, K., & Dr. Szánthó, Z. (2015. 4). A „cső a csőben” cirkuláció gazdaságossága. *Magyar Épületgépészet*.
- Hussain, M. (2021). Energy Performance and Optimization of Hot Water Circulation Systems.
- International Energy Agency (IEA)*. (2024, november 8). Retrieved from Building Energy Efficiency: <https://www.iea.org/reports/building-energy-efficiency>
- International Renewable Energy Agency*. (2024. november 8). Forrás: Renewable Energy in Buildings and Transport: <https://www.irena.org/>
- J., G. (2019). Energy and water conservation in domestic hot water systems. *Leadership in Energy and Environmental Design*. (2024, november 8). Retrieved from LEED: <https://www.usgbc.org/leed>
- mérnökkamara, M. (2023. augusztus 1). 5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről. Budapest, Pest , Magyarország.

- mérnökkamara, M. (2023. november 09). *Nemzeti Jogszabálytár* . Forrás: Nemzeti Jogszabálytár : <https://njt.hu/jogszabaly/2023-9-20-8X>
- MetNet. (2024. december 23). Forrás: MetNet: <http://www.metnet.hu>
- Naplopó Kft. (2024. december 18). Forrás: WWW.naplopo.hu
- ourworldindata. (2024.. december 03). Forrás: <http://www.ourworldindata.org>
- Sørensen, A. (2016). Energy Efficiency of Domestic Hot Water Systems.
- Telvira Kft. (2024). *Építőipari költségbebecslési segédlet 2024*. Budapest: Építésügyi Tájékoztatási Központ Kft.
- United Nations Water. (2024, november 8). Retrieved from Water for Sustainable Living: <https://www.unwater.org/>
- vgf&hkl. (2010. október 11). Forrás: Vízkő okozta problémák Magyarországon: <https://www.vgfszaklap.hu/hirek/1865-vizko-okozta-problemak-magyarorszagon>
- Viega Kft. (2014). Vitopool Piping 15. *Viptool Trinkwasser 3D*. Németország.
- www.viessmann.hu. (2024. december 07). Forrás: <https://www.viessmann.hu/>
- Zoltán, D. S. (2022. március 18). *Használati melegvíz rendszerek kialakítása és üzemeltetése* . Dr. Szánthó Zoltán, Budapest, Pest, Magyarország.
- Zoltán, N. (2021. 05 20). *Higiénia-tudatos ivóvízellátó rendszerek szabályozási háttere*. Nagy Zoltán, Budapest, pest, Magyarország.