Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Energiagazdálkodási szakmérnök

Paks város távfűtési rendszerének korszerűsítési lehetőségei

Belső konzulens: Dr. Schrempf Norbert Attila
egyetemi docens

Külső konzulens: Takács Tibor
ügyvezető Tabeti Kft.

Készítette: **Orosz József Botond**
HCV2VP

Intézet/Tanszék: Műszaki/Épületgépészeti és Energetikai

Gödöllő

2023

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

MŰSZAKI INTÉZET ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS ENERGETIKAI TANSZÉK
Energiagazdálkodási specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Orosz József Botond (HCV2VP)

részére

A szakdolgozat címe:

Paks város távfűtési rendszerének korszerűsítési lehetőségei

Feladatkiírás:

A kiindulási adatok, a megoldandó szakmai feladat és/vagy probléma, illetve az elvégzendő feladatok rövid (3-4 soros) megfogalmazása.
A dolgozatban elemzésre kerül Paks város távhő ellátó rendszer fejlesztési lehetőségei, illetve a nagyobb épületek gázkazános fűtésének kiváltása távhővezetékkel. Az Energetikai Szakközépiskola és Kollégium korszerűsítést követő fogyasztásán keresztül mutatok rá arra, hogy miért lenne előnyös - és a város mely épületei esetében – az erőművi távhőszolgáltatás a gáz kiváltására.

Közreműködő tanszék: MATE Műszaki Intézet Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: *Takács Tibor ügyvezető*, Tabeti Kft. 7030 Paks, Petőfi u.16.

Belső konzulens: *Dr. Schrempf Norbert Attila,* MATE Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. május hó 3 nap

Gödöllő, 2023. ...05..... hó ...02... nap

Jóváhagyom		**Átvettem**
(tanszékvezető)	(szakfelelős)	(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. ...05..... hó ...01... nap

(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés 3
2. Fenntartható fejlődés távhőellátással 4
2.1. Az áramellátás szempontjai 4
2.2. A fenntartható távhőellátás 5
3. A Paksi Atomerőműben történő villamos energiatermelés technológiájának és a termelt hő előállításának, felhasználhatóságának bemutatása 6
3.1. A Paksi Atomerőmű villamosenergia termelése 6
3.2. A termelt hő felhasználhatósága 7
4. A meglévő városfűtési rendszer ismertetése 8
4.1 Az erőmű és a város fűtési rendszerének bemutatása 8
4.2 A városfűtési keringtetési rendszer bemutatása 8
4.3 A távhőrendszerek állapotvizsgálata 12
4.4 Paks távhőrendszer bemutatása, elvégzett korszerűsítések 12
5. A városi távhőellátó rendszer korszerűsítési lehetőségei, energiahatékonyság biztosítása 18
5.1. Új hőkiadó és új távhővezeték létesítése 19
5.2. Az energiafogyasztás alakulása az Energetikai Szakközépiskola korszerűsítését követően 23
6. A tervezett műszaki fejlesztési megoldás bemutatása 27
6.1. A kiépítendő távvezetékek műszaki követelményei 27
6.2. Új hőkiadó létesítése, városi hőközpontok átalakítása 28
6.3. Energetikai Szakközépiskola hőközpont átalakítása 32
7. Gazdaságossági számítások 35
7.1. Az energiaárak inflációs hatása 35
7.2. Tervezett műszaki fejlesztések várható költségei 35
7.3. Pályázati lehetőségek 38
8. Összefoglalás 39
9. Summary 40
10. Irodalomjegyzék 41
11. Ábrajegyzék 42
12. Mellékletek 42

1. Bevezetés

Az energetika komplex tudományág, mely rendszerszintű gondolkodást igényel. Az energetikát, ezen belül a távhőszolgáltatást a gazdaság-társadalom-környezet szempontrendszerei szerint kell vizsgálni. Minden energetikai fejlesztést, beruházást ezen aspektusok figyelembe vételével kell megvalósítani. Dolgozatomban rá kívánok világítani arra, hogy a távhőellátásnak a városok energiaellátásában a jövőben is kiemelkedő szerepe kell, hogy legyen. A távhőszolgáltatással kapcsolatos energetikai fejlesztések függnek a közigazgatási szerkezettől, a fogyasztás szintjétől, a vállalatok törekvéseitől, a gazdasági modelltől, az életszínvonaltól, az épületeink belső tereiben megkívánt komfort fokozatoktól. A távhűtés kialakításában számos szempont játszik szerepet, mint pl. az ellátásbiztonság, a versenyképesség, a gazdaságosság megteremtése, a szükséges tartalékkapacitások biztosítása, a smart technológiák, stb.

Paks város távhőrendszer hőforrása a Paksi Atomerőmű.

A Paksi Atomerőmű meglévő forróvíz rendszerei technológiai megoldásairól és különösen a forróvíz rendszerek irányítását biztosító közösüzemi vezénylők technikai megoldásairól általánosságban elmondható, hogy a 30 évvel ezelőtti színvonalat konzerválták. Ennek megfelelően a gépész, irányítástechnikai és villamos területen egyaránt jelentős fejlesztések szükségesek.

Dolgozatomban elemzem Paks város távhő ellátó rendszer fejlesztési lehetőségeit-, valamint a nagyobb épületek gázkazános fűtés kiváltását távhővezetékkel. Erről is elmondható, hogy a 80-as években megvalósított rendszeren lényegi változtatás, rendszertechnikai módosítás gyakorlatilag nem történt. Az üzemeltetés gazdaságossága a mára már elavult megoldások és berendezések miatt nem megfelelő, a rendszerek kezelése a korszerű adatgyűjtés hiánya és a kezelőhelyek megosztottsága miatt nehézkes.

Dolgozatomban az Energetikai Szakközépiskola és Kollégium korszerűsítést követő fogyasztásán keresztül mutatok rá arra, hogy miért lenne előnyös az erőművi távhőszolgáltatás a gáz kiváltására.

2. Fenntartható fejlődés távhőellátással

2.1. Az áramellátás szempontjai

Az áramellátás három lényeges szempontja az árstabilitás, ellátásbiztonság és a klímavédelem. Minél több időjárásfüggő megújuló van egy rendszerben, annál több tartalék erőműre van szükség a termeléskiesés kompenzálása érdekében. Ez leginkább az ipari léptékű energiatárolás lehetőségének hiánya miatt van. A gáz- és szénerőművek ezt a célt szolgálják, de a klímavédelem előírásaival ellentétes a működésük. A teljes életciklusra vetített széndioxid kibocsátásuk 500 – 1069 g/kWh. A gáz és szén készletezése technológiai és költség szempontjából nem egyszerű feladat. Az energiahordozók napjainkban bekövetkezett ár ingadozása alátámasztja azt, hogy ha túlzott a megújulók és a rendszerben lévő tartalék erőművek aránya, az energiabiztonságot nem lehet garantálni. [1]

Ezért olyan klímabarát erőművekre van szükség, amelyek időjárástól függetlenek, azaz télen, nyáron képesek olcsó áramot termelni, ugyanakkor az árstabilitást is garantálni tudják. Éppen ezért egyre több ország kíván az atomerőművekre támaszkodni, hisz leginkább az atomerőművek képesek garantálni az árstabilitást. Ugyanis a friss nukleáris üzemanyag stratégiai készletezése kis költséggel akár több évre is megoldható, piaca stabil, a gáz piacához hasonló kilengések nem fordulnak elő, a 2-3 évre elegendő készlet egy nagyobb teremben elfér. A Paksi Atomerőmű jelenleg (jellemzően folyamatosan) rendelkezik két évre elegendő készlettel. Az atomerőművek a gázzal ellentétben az üzemanyag árváltozásra kevésbé érzékenyek: pl. ha a friss atomerőművi üzemanyag árának 100%-os emelkedése következne be, a termelési egységköltséget ez 10-15%-kal emelné meg. Ennek oka az, hogy az üzemanyagköltség az önköltségen belül alacsony értéket képvisel. Ezzel szemben a gáz árának 100%-os emelkedése esetén a gázerőművek egységköltsége 70-75%-kal is megemelkedne, ugyanis az önköltségük meghatározó hányadát a gázköltség teszi ki. Ennek következtében a gázerőművek manapság csak igen drágán tudnak üzemelni, többszörösére emelkedett a gáz- és széndioxid-kvóta ára is. [1] [19]

2.2. A fenntartható távhőellátás

A fenntartható fejlődés napjaink egyik hangsúlyos témája. A fenntarthatóság biztosításának a mérnöki munkánk során prioritást kell élveznie. Ehhez energetikai szempontból két ellentétes kihívást kell összeegyeztetni. Egyrészt a tudomány területein a technológiai fejlesztéseknek folyamatosnak kell lenniük, másrészt azonban a biodiverzitás egyensúlyát, a bioszféra természeti örökségét meg kell őriznünk. [3]

Városaink energiaellátásáról gondoskodnunk kell. Amennyiben a fenntartható távhőellátással kapcsolatos mérnöki, műszaki szempontokat vizsgálunk, akkor komplex mérnöki szemléletet szükséges alkalmaznunk. Figyelembe kell vennünk a termodinamikai törvényeket, mivel a villamos- és hőenergia kombinált energia-átalakító folyamataiból kell kiindulnunk, a gazdasági vonatkozásokat, mert a távfűtés gazdasági kihatásaival is foglalkozni kell, a társadalmi követelményeket, mert a távhőellátás – az energetikai szerepe mellett – a termelékenység és az életszínvonal emeléséhez is hozzájárul. [3]

A környezetvédelem az elmúlt évtizedekben kiemelt társadalmi kérdéssé vált. Az üvegházhatás kezelése és a klímastabilitás szükségessége már megkerülhetetlenné vált.

Van okos televíziónk, porszívónk, telefonunk, otthonunk. Emellett napjainkban egyre többet hallani az okosvárosokról. Mitől lesz egy város okos? Az okosvárosnak nincs pontosan körülhatárolt definíciója, de fontos szerepet játszik a digitalizáció, az intelligens várostervezés, olyan városi terek kialakítása, amelyek javítják az ott lakók életszínvonalát, a városokban rejlő technológiai, hálózati és erőforrás-lehetőségek felhasználásával. Például: okosvilágítási rendszer (LED-es fényforrások, amelyek a helyi fényviszonyokhoz igazodnak), napelemes kandeláberek, okos-menedzsmentrendszer (olyan környezeti szenzorokkal, amelyek alkalmasak a levegő minőségének, a szálló pornak, a zajnak, valamint a hőmérsékletnek, a páratartalomnak és a légnyomásnak a mérésére). [4] [20]

Összességében egy vonzó, élhető városkép kialakítását jelenti, amelyek jelentősen csökkenti a város kiadásait. A telepített rendszerek nagymértékben hozzájáruljanak a lakosok kényelmének javításához, a biztonságosabb közlekedéshez és a javuló közbiztonsághoz, valamint a klímapolitikai és energiahatékonysági célok eléréséhez. [4]

3. A Paksi Atomerőműben történő villamos energiatermelés technológiájának és a termelt hő előállításának, felhasználhatóságának bemutatása

3.1. A Paksi Atomerőmű villamosenergia termelése

A Paksi Atomerőmű Magyarország egyetlen atomerőműve. Építését 1966-ban határozták el, és 1969-1987 között épült meg. Az erőműben négy darab VVR-440/213 típusú nyomott vizes reaktorblokk működik. A név a „víz-vizes energetikai reaktor" orosz rövidítéséből származik, a 440-es szám arra utal, hogy ezek névleges villamos teljesítménye eredetileg 440 MW volt. A korábbi években elvégzett módosításoknak köszönhetően a reaktorok teljesítménye elérte az 500 MW-ot. [11]

A reaktorokban a fűtőelemeket 123 bar nyomású víz veszi körül, amely biztosítja a 300 ^{o}C-os hőhordozó hőmérséklet (hűtővíz) előállítását. A reaktorban a forrás azaz a gőzképződés nem megengedett, ezért ezt a vizet rávezetik reaktoronként 6 darab gőzfejlesztőre. A gőzfejlesztőkön keresztül 46 bar-os, 260 ^{o}C-os gőz keletkezik. [7]

A gőzfejlesztőkből kilépő gőzt elsődlegesen egy nagynyomású turbinára, majd két kisnyomású turbinára vezetik rá. A városfűtési keringtetési rendszer fő berendezései, kezelő szervei a 2-es blokkon kerültek kiépítésre. Működtetésük a helyszínről és az 1-es kiépítés Közös Üzemi Vezénylőjéből (KÜV) történik. [8]

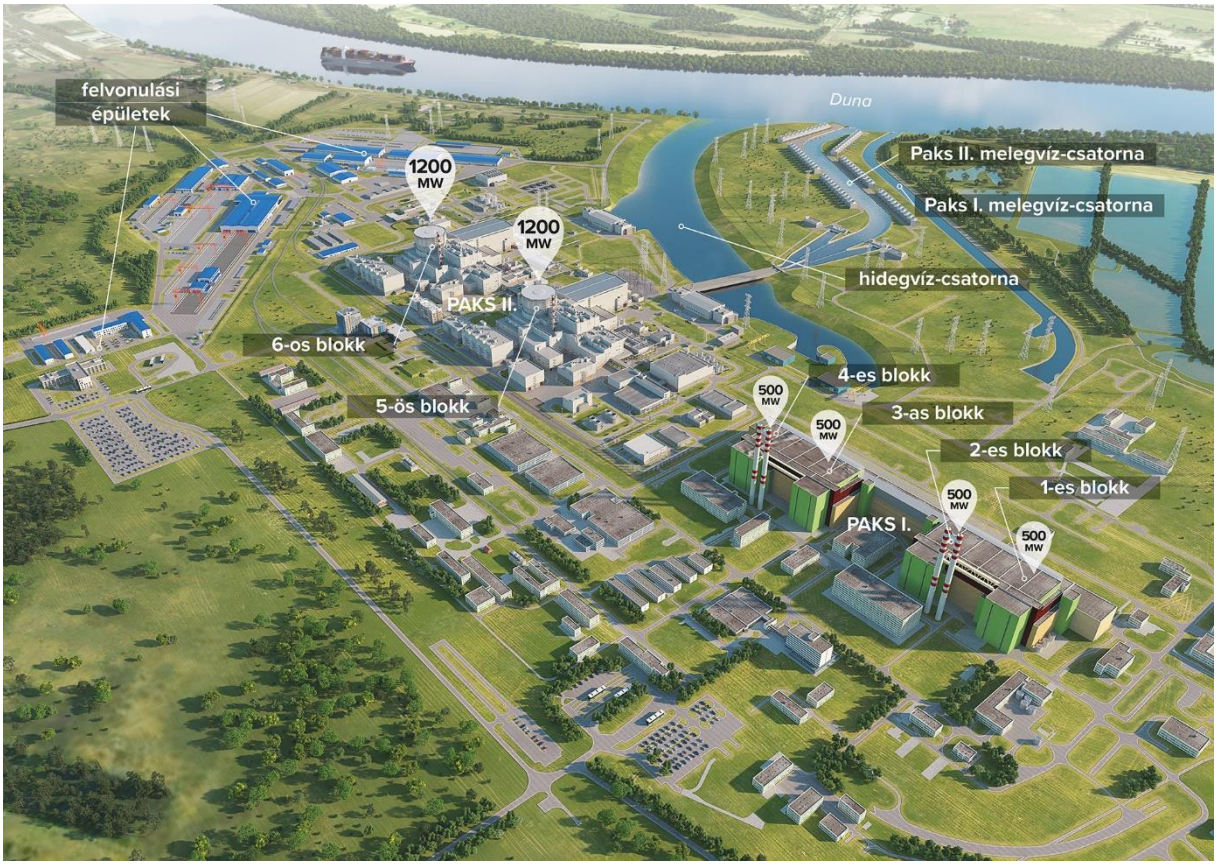
A Paksi Atomerőmű két független 130/70 ^{o}C távfűtési rendszert működtet. Egyrészt az atomerőmű fogyasztóit ellátó erőmű fűtési rendszert, másrész a városi hőfogyasztókat ellátó városfűtési rendszert. [8]

A 80-as években megvalósított rendszeren lényegi változtatás, rendszertechnikai módosítás nem történt. Az üzemeltetés gazdaságossága a mára már elavult berendezések és megoldások miatt nem megfelelő, a rendszerek kezelése a korszerű adatgyűjtés hiánya, és a kezelőhelyek megosztottsága miatt nehézkes.

Ennek megfelelően időszerűvé vált a távfűtési rendszerek felülvizsgálata, korszerűsítése.

Az új blokkok megépítésével (Paks 2) a hosszútávú villamosenergia ellátás biztosított lesz. A tervezett blokkok VVER-1200 3+ generációs, nyomottvizesek lesznek, melyek bruttó villamos teljesítménye blokkonként 1200 MW. A blokkok elvárt üzemideje minimum 60 év lesz. [7]

Az új blokkok és a jelenlegi blokkok elhelyezkedését az 1. számú kép mutatja:



1. kép: Paksi Atomerőmű blokkjai (tervezett Paks 2 blokkokkal)

3.2. A termelt hő felhasználhatósága

Az erőműben keletkező hőmennyiség fő fogyasztói:

- Villamos galériák
- „B” sori kaloriferek
- Befúvó szellőző központ
- Utófűtő kaloriferek
- Lokalizációs torony
- Légfüggöny
- „A” sori kaloriferek
- Város fűtési rendszer fogyasztói [8]

4. A meglévő városfűtési rendszer ismertetése

4.1 Az erőmű és a város fűtési rendszerének bemutatása

Az erőművi és a városi létesítmények fűtéséhez és használati melegvíz (HMV) ellátásához a forróvizet a Paksi Atomerőmű szolgáltatja 130/70 ^{o}C-os névleges hőfoklépcsőjű rendszerben. A két fűtési kör egymástól függetlenül, eltérő nyomásviszonyok mellett üzemel. [8]

A távfűtési rendszerek hőtermelő berendezései a – mind a 8 turbinánál kiépített – 3. megcsapolásról (1,2 barra) fűtött alaphőcserélők, és az 5. megcsapolásról (4,8 barra) fűtött csúcshőcserélők. [8]

A lakossági-, ipari- és közületi fogyasztók lekötött hőigénye összesen 20,44 MW, mért adatok között régebb 19-20 MW közötti maximális értékek fordultak elő. A 130/70 ^{o}C-os névleges paraméterű forróvíz rendszer 60 ^{o}C-os névleges hőfokkülönbsége helyett jelenleg csak 25-30 ^{o}C-os a hőfokkülönbség, tehát a rendszerben jelentős tartalékok vannak. Ennek alapvető oka, hogy a távfűtési rendszerek tervezéskor lényesen nagyobb hőigényekre kerültek megtervezésre.

4.2 A városfűtési keringtetési rendszer bemutatása

A városi fűtési rendszer feladata a lakótelepen elhelyezett hőközpontok hőcserélőinek primer oldali megtáplálása, ezáltal a lakótelep fűtése, melegvízzel történő ellátása.

A városfűtési rendszer hálózat jelleggel lett kiépítve, előremenő és visszatérő gerincvezetékkel, melyekhez hőcserélők és szivattyúk kapcsolódnak a leválasztásukat lehetővé tévő armatúrákkal. [2]

A városfűtési rendszer három fő egysége:

- Keringtetési rendszer
- Hőközpontok (hőcserélők)
- Pótvíz rendszer

<u>A keringtetési rendszer</u>

A keringtető szivattyúk a motoros armatúrákkal kapcsolhatók a közös szívóoldali kollektorra. Nyomóoldalon motoros tolózárakkal kapcsolhatók a közös nyomó kollektorra. A szívó- és nyomó oldali gyűjtővezetékek összeköthetők. A nyomóoldali kollektorra került beépítésre egy szabályzó szelep, amely nyomás emelkedéskor vizet enged a kondenzátor hűtővíz rendszerbe.

A közös gerinc vezetékéhez a 2-es, 3-as és 4-es blokki hőcserélők kapcsolódnak. A blokkokra menő gerincek még a 3-as, 4-es blokk között is szétszakaszolhatók tolózárral. [8]

Az 1. blokk leállásakor az Erőművi fűtési rendszer a 2-es blokki vezetékhez is hozzá kapcsolható. Ha ezt az üzemállapotot kell beállítani, akkor a városfűtési rendszert ki kell zárni az armatúrák segítségével. Ilyenkor a 2-es blokki hőcserélők az erőművi fűtési rendszert fűtik. A blokkok hőcserélői a gerincekhez kézi be- és kilépő armatúrákkal csatlakoznak. A hőcserélők vízoldalon megkerülhetők.

A kilépő felmelegített víz kézi szelepeken keresztül jut a gerincekbe, amely a blokkok között szintén szétválasztható. Extrém időjárási viszonyok esetére beépítésre került egy csúcshőcserélő és 2 darab nyomásfokozó szivattyú. Ezzel a hőcserélővel az előremenő víz hőmérséklete 150 °C-ig emelhető.

A hőcserélő motoros armatúrával zárható ki. Megkerülő vezetékbe szabályzószelep található, mellyel az átáramló víz mennyisége állítható be. [10]

Meg kell jegyezni, hogy a csúcshőcserélőre a városfűtési rendszer átadása óta nem volt szükség, ezért azt évekkel ezelőtt vakkarimák segítségével kiiktatták a rendszerből és tartósan üzemen kívül helyezték.

A nyomásfokozó szivattyúk a hőcserélők után kerültek beépítésre. Nagy hidegben a csúcshőcserélő üzemeltetése esetén a rendszer nyomását meg kell emelni.

A két nyomásfokozó szivattyú szintén motoros tolózárakkal csatlakozik a gerinchez. A szivattyúk külön-külön is kizárhatók.

Az előremenő gerinc a turbina gépházat elhagyva a lakótelepi hőcserélőkhöz kapcsolódik. A visszatérő ág csatlakozik a keringtető szivattyúk szívóoldali kollektorához.

A szívóoldali kollektorhoz csatlakozik a pótvíz vezeték, valamint lehetőség van egy provizórikus tömlős csatlakozó hely kialakítására, melyen meggyorsítható a rendszer feltöltése a sótalanvíz (jelölése: RV) gerincről. [8]

<u>Hőcserélők</u>

A városfűtési rendszer a 2-es, 3-as és 4-es blokkokon beépített alap-, illetve csúcshőcserélőkkel fűthető. A hőcserélők az előző részben leírtaknak megfelelően kapcsolódnak vízoldalon a rendszerhez. Fűtésük turbinamegcsapolásról biztosítható.

A csúcshőcserélők esetében lehetőség van az 5 bar-os gőzrendszer felöli fűtési útvonal beállítására is.

Az alaphőcserélőt tolózárakon keresztül látjuk el gőzzel. A keletkezett csapadék a kondenzvíz szivattyúk szívóágára kerül. A csúcshőcserélő fűtése gerincről armatúrán át lehetséges. Az itt keletkezett csapadék szabályozottan az alaphőcserélőbe, vagy ha az nem üzemel a szivattyúk szívó ágára kerül. [10]

A kondenzvizet a szivattyúk szállítják, azonban a csapadék a szivattyúk megkerülésével a tartályba is adható.

A rendszerhez kapcsolódik a közös gerincben a szupercsúcs hőcserélő, mely hosszú, kemény hidegben (-20 °C alatt) a keringtetett forróvíz további felmelegítésére szolgál. Fűtése a 4-es, 5-ös turbina megcsapolásáról történik.

A hőcserélő motoros armatúrával kapcsolódik a gőzvezetékhez. A keletkezett csapadékot a szabályzó szelepen keresztül adhatjuk a táptartályba. A hőcserélő huzamosan még nem volt üzemben. [8]

Pótvíz rendszer

A keringtetési rendszer feltöltésére továbbá normál üzemben a vízveszteség pótlására szolgál. Az 1-es blokkon került beépítésre. A pótvíz tartályból szivattyúk szállítják az előmelegített, gáztalanított vizet.

A pótvíz szivattyúk nyomóágába beépített szabályzó szelep szabályozza a keringtető szivattyúk szívóágába beadott víz mennyiségét. A felesleges víz recirkulációs vezetéken keresztül jut szabályozottan vissza a pótvíz tartályba.

A keringtető szivattyúk az alap- és csúcshőcserélőkön keresztül keringtetik a rendszerben lévő vizet. A víz felmelegítése két lépcsőben történik. [2]

A lakótelepi hőcserélőktől visszaérkező lehűlt víz a keringtető szivattyúk szívóágára kerül. Ide csatlakoznak a pótvíz szivattyúk is, melyek a vízveszteséget pótolják.

Keringtető szivattyúk nyomóági nyomása 13-14 bar, szállított mennyisége nyáron 350 t/h, télen pedig 450 t/h.

Az előremenő víz hőfoka 90-135 °C, a visszatérő víz 70-80 °C fokos. [8]

A hőigényt, az üzemelő szivattyúk és a hőcserélők számát, valamint az előremenő és visszatérő víz hőmérsékletét a lakótelepi fogyasztók, illetve a külső hőmérséklet határozzák meg.

Alaphőcserélők

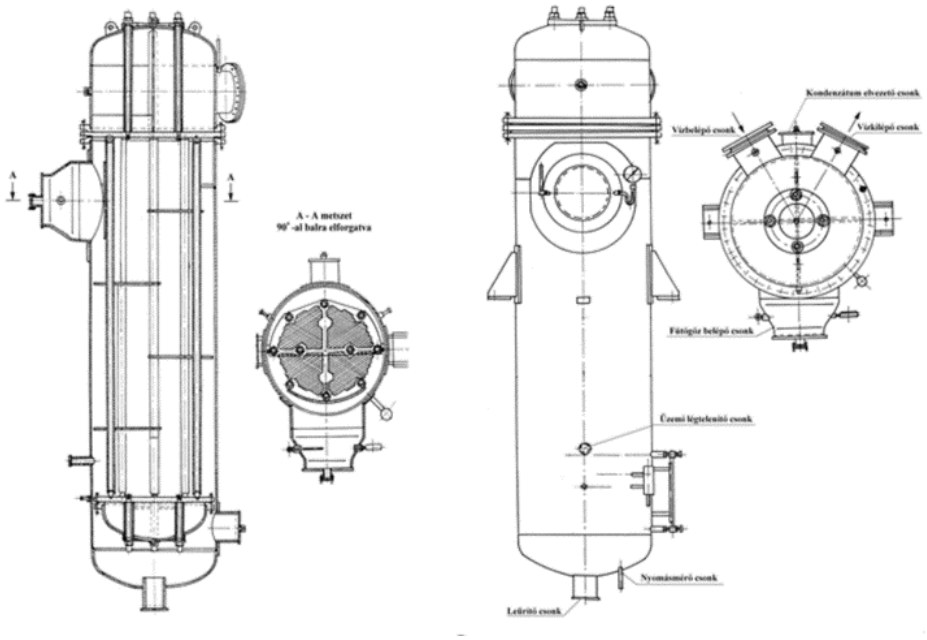
A hőcserélő feladata az erőművi fűtési rendszerben keringtetett forróvíz első lépcsőben történő fűtése. Erre a célra álló elrendezésű-, egyenes csöves-, úszófejes-, négyjáratú hőcserélőt építettek be. Ezt az 1. számú ábra szemlélteti.

A csövek belsejében áramlik a keringtetett víz, míg a csöveken kívül a köpenytérben a fűtőgőz.

Műszaki adatok:

- Hőátadó felület 200 m^2
- Csőtéri nyomás 16 bar
- Köpenytéri nyomás 0,3 bar
- Üzemi hőmérséklet 70 – 100 °C

- Max. közegáram 450 t/h [8]



1. ábra: Alaphőcserélő metszet és csonk elrendezés rajza [8]

Csúcshőcserélők

A hőcserélő feladata az erőművi fűtési rendszerben keringtetett forróvíz - az alaphőcserélő után - második lépcsőben történő fűtése.

A csúcshőcserélő álló elrendezésű, egyenes csöves, úszófejes, négyjáratú, amely típusában hasonló az alaphőcserélőhöz, de méreteiben kisebb annál. A felső rész karimás megoldású, amely a csőköteg falat is rögzíti. A csövek belsejében áramlik a keringtetett víz, a csöveken kívül a köpenytérben a fűtőgőz.

Műszaki adatok:

- Hőátadó felület 125 m^2
- Csőtéri nyomás 16 bar
- Köpenytéri nyomás 3,8 bar
- Üzemi hőmérséklet 130 °C
- Max. közegáram 250 t/h [8]

Fűtési csapadékszivattyú

A szivattyúk feladata az alap-, és csúcshőcserélőkben keletkezett csapadék elszállítása az expanderra vagy visszajuttatása a főkondenzátum rendszer főágába. [8]

4.3 A távhőrendszerek állapotvizsgálata

A távhőrendszerek állapotáról az alábbi általános megállapítások tehetők:

- a csővezetékek és hőszigetelések állapota megfelelő;
- a motoros elzáró szerelvényeket a karbantartás során mindig ellenőrzik és csak a hibás elzárók cseréjét hajtják végre, a teljes körű cseréjüket nem végzik el;
- a szabályozó szerelvények az állandó használat miatt hamarabb elhasználódnak, a rudazatos konstrukcióból adódóan hajlamosak a nagy holtjátékra, illetve az erkölcsi avulás miatt az alkatrészellátásuk és a karbantartásuk sem megoldott. Ezért a szabályzó szelepeket általában – különösen a pótvízrendszerben lévő szabályozó szelepeket a valószínű elhasználódás és a helytelen méret miatt is – cserélik.
- A forróvíz rendszer szivattyúi (keringtető-, pótvíz-, és csapadék szivattyúk) a koruk miatt már fizikailag is és erkölcsileg is elavultak voltak, ezeknek a cseréje már megtörtént.

4.4 Paks távhőrendszer bemutatása, elvégzett korszerűsítések

A Paksi távhőrendszer Paks város 2000 épülete fűtéséért felelős. Ezek az épületek egy övezetben – a lakótelepen – találhatók. Az épületek hőellátását egy hőfogadó állomás és több hőközpont biztosítja.

A Paksi távhőszolgáltatást három részre lehet osztani: az első a hő termelése, ami a Paksi Atomerőműben történik, a második a távhő szállítása, ami Pakson egy előre és egy visszatérő ágból áll, a harmadik része pedig a felhasználók.

A Paks városi forróvíz hálózatot az 1. számú melléklet sémája mutatja be.

A távhőrendszer hőforrása 100%-ban az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. A rendszer nyomástartása, vízpótlása és a keringtető szivattyúzása is itt található. A távhőrendszer primer keringtetése - több mint ~5,2 km hosszú - az atomerőmű és a város közötti tranzitvezetéken keresztül történik, melynek egy szakaszát a 2. számú kép szemlélteti.

2. kép: Paks távhővezeték egy szakasza

A városfűtési rendszerben a forróvizet a hőtermelő paksi atomerőműből önálló szivattyús gépcsoportok szállítják. Fűtési időszakban és fűtési idényen kívül a fogyasztói igényekhez és az évszakhoz igazodóan kerülnek a keringtető szivattyúk bekapcsolásra.

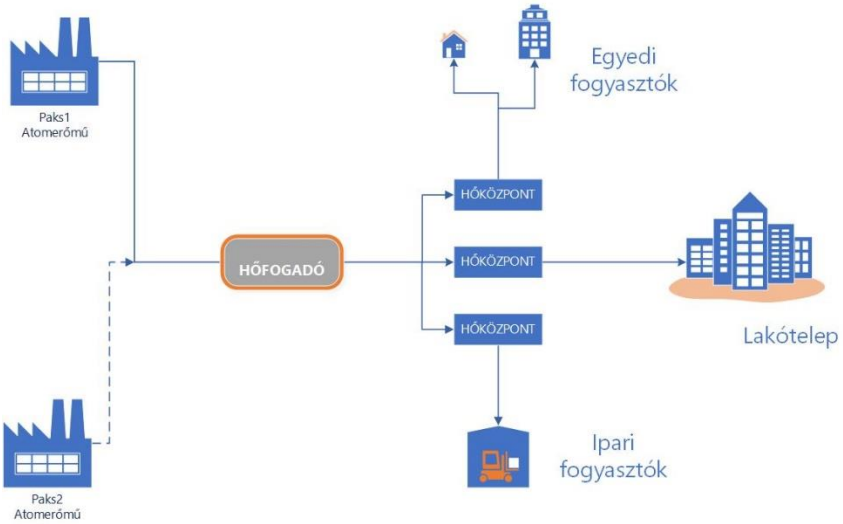
A Paks 2 beruházás miatt az elmúlt években megváltozott a távhővezetéki nyomvonal egy része, mintegy ~1,8 km hosszban, amely keretében új közvetlenül a föld felszín alatt előre szigetelt DN400-as méretű korszerű csőrendszer került megépítésre, mint ahogy a 3. számú képen bemutatásra kerül.

3. kép: Paksi Atomerőmű városfűtési vezeték (ezen a ponton kerül a felszín alá)

A megmaradó DN350 méretű (Ø368x8 mm) utólag hőszigetelt távhővezeték a földfelszín feletti magasvezetéssel halad tovább az utolsó átalakított szakaszoló aknától a mintegy ~1,9 km távolságra lévő Kurcsatov utcai városi hőfogadóig (4. számú kép).

4. kép: Paks város távhővezeték (ezen a ponton kerül a felszín fölé)

Ebben a hőfogadóban található a városi elszámolási hőmennyiségmérés is, azaz itt van a jogi és működési határa a hőtermelői és a hőszolgáltatói feladatoknak.
A Kurcsatov utcai hőfogadóból egy DN250 és egy DN200 méretű városi gerincvezeték indul (vasbeton műtárgyrendszeren, hagyományos acélcsővezetékkel és utólagos hőszigeteléssel) a lakótelepi hőközpontok felé, amely a hőszolgáltató Duna Center Therm Kft. tulajdonában van. A hőközpontokból történik az épületek, fogyasztók fűtési és HMV ellátása. [9]



2. ábra: Távfűtés tervezett kialakítása (Paks 1 és Paks 2 üzemeltetésekor) [8]

A 2. számú ábra szemlélteti a távfűtés jelenlegi és Paks 2 bekapcsolódásakor tervezett nyomvonalát.

A hőszolgáltató tulajdonában lévő lakótelepi hőközpontok az elmúlt években gépészetileg és vezérlés tekintetében megújultak, alapvetően a nyomástartás valamint a primer és a szekunder keringtetés területén. Továbbá kisebb távvezetéki szakaszok cseréje történt meg és néhány fogyasztói hőközpont került felújításra. Az 5. kép egy ilyen lakótelepen elhelyezkedő, felújított hőközpontot mutat be kívülről.

5. kép: Paks város egyik felújított hőközpontja

Energetikai fejlesztések történtek a lakótelepi fogyasztói csoport épületein, leginkább a társasházi épületeken panelprogram keretében.

Mindezen korszerűsítések következményeként a lakótelepi hőigények 35-40%-kal mérséklődtek, így a távhővezetéki rendszer elméleti szinten alkalmas közel megduplázni az ellátási területen kiadható hőmennyiséget. A Paks 2 blokkok építése miatt a meglévő földfelszín feletti hőtávvezeték jelentős szakasza földfelszín alatti előre szigetelt csőrendszerre került lecserélésre, mely komoly hőenergia megtakarítást eredményezett.

A hőtermelő erőművi telekhatáron elhelyezett új hőmennyiségmérés és a hőfogadói hőmennyiségmérés méri a távvezetéki hőveszteséget. [9]

A városi távhőrendszerhez a lakótelepen 36 db primer hőközpont csatlakozik, a hőközpontok beépített teljesítménye ~36,0 MW körüli, melyből az épületek hőszigetelései, az energetikai korszerűsítések és a fogyasztói területről történő leválások miatt ~20,0 MW körüli a tényleges, felhasznált hőteljesítmény.

A Kurcsatov utcai hőközpontban az előremenő nyomás ~9 bar, a visszatérő nyomás pedig ~6 bar. A hőközpontot kívülről és belülről az alábbi, 6. és 7. számú képek szemléltetik.

6.kép: Kurcsatov utcai hőfogadó állomás kívülről

7. kép: Kurcsatov utcai hőfogadó állomás belülről

A távhőrendszer névleges műszaki jellemzői:

Primer névleges hőfoklépcső:	130/70 ºC
Primer előremenő nyomás:	~13-14 bar
Nyomástartás típusa:	szivattyús, műpontos ~9,2 bar
Keringtetett térfogatáram télen (max):	~450 m^3/h
Keringtetett térfogatáram nyáron:	~350 m^3/h

A távhőrendszer nyomásfokozata: PN25

A hőközpontok nyomásfokozata: PN16 [18]

A rendszerben van szolgáltatói és fogyasztói hőközpont is.

A hőközpontok mindegyikében található hőmennyiségmérő. A hőközpontok kialakítása állandó tömegáramú, kapcsolásuk soros kialakítású.

Mind a hőközpontban, mind pedig a távhőrendszeren távfelügyelet nincs kiépítve.

A lakótelep összes fűtési hőigénye 12,352 MW, HMV hőigénye 3,088 MW. Ipari és közületi fogyasztók összes hőigénye 5 MW. A városfűtési kör összes lekötött hőigénye 20,44 MW. [18]

A névleges hőfoklépcsővel a jelenleg keringtetett 450 t/h-val 30 MW is kiadható.

A lakótelepi lakások fűtésére két lehetőség van. Az egyik lehetőség, hogy a tulajdonos a lakáson belül elhelyez egy fűtőkészüléket, amivel meleg vizet képes előállítani és ezt a vizet átvezeti a radiátorokon. A másik lehetőség, hogy egy erőműben vagy fűtőműben melegvizet állítanak elő távfűtésre.

De akár az is lehetséges, hogy az erőmű hulladék energiáját használják fel melegvíz előállítására. Ilyen esetekben az erőműből távhővezetékeken keresztül juttatják a vizet a hőfogadó állomásokra.

A hőfogadó állomások feladata a beérkező víz megfelelő térfogáramának és adott hőmérsékleten való továbbítása a hőközpontoknak.

A távhőszolgáltatás három részből áll: az első az erőmű vagy fűtőmű, ahol előállítják a víz hőmérsékletét, amely szolgáltatja a távhőrendszer részére a megfelelő energiát.

A második rész a távhővezeték rendszer, amin keresztül a távhő eljut az erőműtől a fogyasztókig. A harmadik rész pedig a fogyasztói és elosztói hálózat, valamint a hozzájuk kapcsolódó egységek. [18]

5. A városi távhőellátó rendszer korszerűsítési lehetőségei, energiahatékonyság biztosítása

A forróvíz rendszer fejlesztésében a legfontosabb kérdés, amit meg kell válaszolni az az, hogy a jelenlegi fogyasztók mellett milyen új hőfogyasztókat kell a rendszerbe csatlakoztatni, ugyanis az egyes berendezéseknek ki kell szolgálniuk az új hőigényeket.

Ugyanakkor elengedhetetlen a jelenlegi távvezeték (DN350) felülvizsgálata, mert a teljesítménynövelés korlátját a vezeték átmérője határozza meg, mivel a víz térfogatáramának növelésével a vezeték áramlási ellenállása is növekedni fog, méghozzá négyzetesen, mindamellett, hogy a szivattyúzás teljesítménye is köbösen növekszik.

A 4. fejezetben bemutatott fogyasztókon túl az alábbi új hőfogyasztók ellátását kellene megoldani:

- Rendőrség épülete
- Önkormányzat épülete
- Városi tartalék lakótelep
- Energetikai Szakközépiskola (ESZI)
- Deák Ferenc Általános Iskola
- Vak Bottyán Gimnázium
- 1000 adagos konyha
- Bölcsőde
- Uszoda
- Rendelőintézet
- Paks 2

A rendelőintézet, az uszoda és Paks 2 hőigény biztosítását érdemes hosszú távon a városi fűtési rendszertől függetleníteni, azonban az építés korai fázisában Paks 2 hőfogyasztóinak ellátását a városi fűtési kör hivatott biztosítani. [12]

Ugyancsak ehhez a körhöz kellene csatolni a Rendőrség és az Önkormányzat épületének távhővel való ellátását.

Az üzemidő hosszabbítást követően Paks 1 hőmennyiség ellátását is biztosítani kell, ezért Paks 2 létesítése előtt egy új hőkiadó építése szükséges.

5.1. Új hőkiadó és új távhővezeték létesítése

Az új hőkiadó hivatott külön fűtési körön ellátni Paks 1, Paks 2, valamint a városi fűtési rendszer hőfogyasztóit.

Az új hőkiadó a megfelelő paraméterű forróvizet állítaná elő, majd azt továbbítaná az egyes fűtési kör hőelosztóira, ahol felhasználnák, mint HMV vagy fűtési melegvíz.

Az új hőkiadó létesítésével lehetőség van a régi hőközpontok fűtési rendszer szabályozhatóságának a változtatására is, így az állandó tömegáramú forróvizes rendszerről át lehet állni változó tömegáramúra.

A változó tömegáramú távhőrendszert általában olyan helyeken létesítenek, ahol jelentős villamos energia felhasználás szükséges a forróvíz keringtetéséhez. [22]

Jellemző erre a szabályozásra, hogy az előremenő távvezeték hőveszteségе nagyobb, mint az állandó tömegáramú szabályozásúé, mivel az előremenő hőmérséklet nagyobb a változó szabályozásúnál, míg a visszatérő távvezeték hőmérséklete változó áramú esetben alacsonyabb.

A változó tömegáramú szabályozás pozitív vonzata, hogy a forróvíz keringtetéshez szükséges villamos energia felhasználás mérsékelhető, így a rendszert is gazdaságosabbá teheti, valamint a tömegáram változtatásával a hőfogyasztók tényleges hőigényéhez is jobban igazodik a vezérlés. [22]

Azáltal, hogy az új hőkiadó beépítésével a rendszer átáll változó tömegáramúra, számos követelménynek kell megfelelni, melyek a következők:

- kétcsöves szekunder fűtési rendszer,
- fogyasztók rendelkezzenek önálló fogyasztásmérővel, valamint termosztatikus radiátorszeleppel,
- keringtető szivattyúk fordulatszám szabályozása,
- tranzitvezeték illeszkedjen a változó tömegáramú rendszer igényeihez.

A változó tömegáramú rendszer megvalósítása két módszerrel lehetséges, melyeket a 3. ábra ábrázol.

Az első esetben az előremenő forróvíz hőmérsékletet állandó értéken tartják, ekkor a visszatérő ág hőmérséklete megegyezik a névleges szabályozási visszatérő hőmérséklettel, így a tömegáram az alábbi képlet szerint alakul. [6]

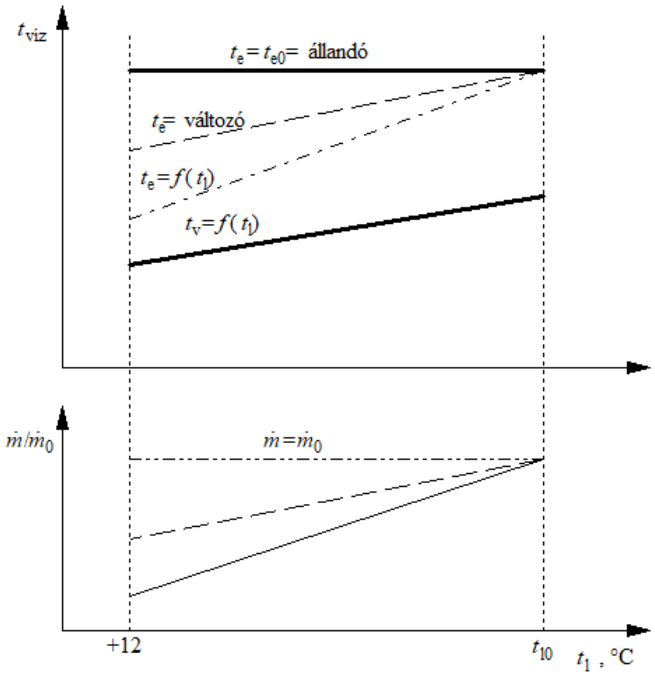
$$\dot{m}_f(t) = \frac{Q(t)}{c_p * [t_e - t_v(t)]}.$$

A fenti esetet a 3. ábra folytonos vonala mutatja be.

A második esetben (3. ábra szaggatott vonal) a névleges szabályozási visszatérő hőmérséklettel megegyezik a visszatérő közeg hőmérséklete, viszont az előremenő forróvíz a külső levegő függvényében változik és a névleges szabályozási diagramban egy magasabb hőmérsékletszintet képez, ekkor a tömegáram az alábbi képlet szerint alakul. [6]

$$\dot{m}_f(t) = \frac{Q(t)}{c_p * [t_e(t) - t_v(t_l)]}.$$

Ebben az esetben a hőteljesítmény és a forróvíz hőmérséklete is időben változó.



3. ábra: Változó tömegáramú forróvizes távhőrendszer szabályozása [23]

A fűtési körök változó tömegáramú szabályozásra való áttérés megvalósítása a keringtető szivattyúk frekvenciaváltóval történő ellátásával lehetséges a legkönnyebben, ezért az új hőkiadóban elhelyezendő szivattyúk frekvenciaváltós kivitelűek lennének.

Azáltal, ha a változó tömegáramú távhőrendszer kiépítése megvalósulna, úgy az a fogyasztói hőközpontok felülvizsgálatát, rekonstrukcióját is magával vonzaná. A hőközpont szabályozása meghatározza a keringtetett primer térfogatáramot, annak időbeli változását és visszatérő hőmérsékletét. [23]

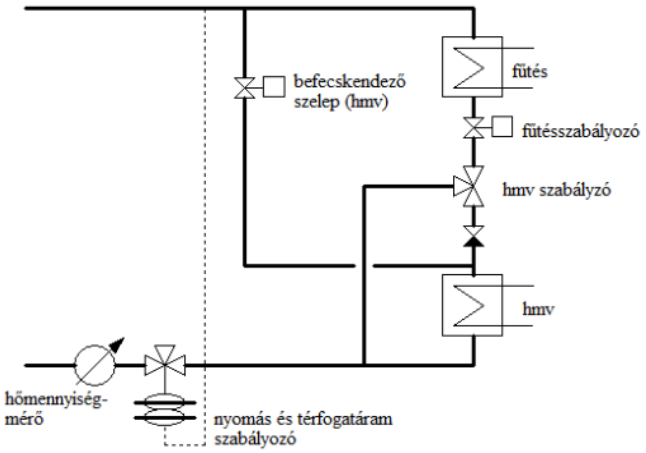
Jelenleg a fogyasztói hőközpontok állandó tömegáramon működnek, ami nem teszi lehetetlenné a változó és állandó tömegáramú szabályzás szimultán működtetését, ugyanakkor az automatikus nyomáskülönbség és térfogatáram korlátozást minden hőközpontban meg kell valósítani. Abban az esetben lehet eltekinteni a nyomáskülönbség szabályozástól, ha olyan nyomásviszonyok lépnek fel, ahol a hőközponti tömegáram változás hatására csekély

mértékben változik a hálózati nyomás (pl.: kis ellenállású rendszer, nagy ellenállású hőközponttal).

A fogyasztói hőközpontokba kisebb tömegáramú, nagyobb hőmérsékletű forróvíz érkezik. A fűtési és HMV hőcserélő is működik a fűtési szezonban, nyáron csupán a HMV hőcserélő üzemel. Megfontolandó a HMV tárolás kiépítése, mivel a HMV igények jellemzően ingadozó jellegűek. A használati igényekhez igazolódóan működik a HMV befecskendező szelep.

A hőcserélőkre érkező forróvíz tömegáram fojtását meg kell oldani, egészen addig, amíg a kilépő forróvíz hőmérséklete el nem éri a visszatérő hőmérséklet elvárt paramétereit.

Ehhez hasonló elven működik fűtési hőcserélők által kiszolgált radiátorok termosztatikus szelepe, vagyis a radiátoron átmenő melegvíz tömegáramát addig a mértékig csökkenti, ami teljesíti a fogyasztó igényeit. A fogyasztói hőközpontok lehetséges elvi felépítését változó tömegáramú szabályozás esetén a 4. ábra mutatja be.



4. ábra: Fogyasztói hőközpont sematikus felépítése változó tömegáramú szabályozás esetén [23]

Az erőművi és a városi fűtési kör fejlesztéseken túl a meglévő távvezetékek felülvizsgálata is szükséges, mivel ezek a földfelszín felett vezetett tranzitvezetékek 40 év felettiek, valamint az új hőtermelők belépésével a rendszer további 60 évig üzemképesnek kell lennie. Az elavult magastartózású távhővezetékek kiváltása szükséges előreszigetelt, műanyag védőköpenyes, földfelszín alatt vezetett kialakításúvá. A távvezetéki rendszerből, Paks 2 felvonulási munkálatai miatt körülbelül 1,8 km-es szakaszban már megvalósult ilyen kialakítás, azonban további átalakítások szükségesek az erőmű területén található hőkiadó és az északi porta között, valamint egészen a városi gerincvezeték csatlakozási pontjáig.

Az átalakítást követően az új távhővezeték a meglévő magasvezetésű vezeték nyomvonalán menne, így a bakos csőtartózás bontása is szükséges.

A primer távvezetéket föld alá kell helyezni a Kölesdi úti csomópontnál, és új nyomvonalat kell kijelölni a városközpont, ipari park és tartalék lakótelep felé.

A tartalék lakótelep esetében lehetőség van külön hőközpontból ellátni, amelynek a tervezett hőigénye 5 MW (3,5 MW fűtési melegvíz, 1,5 MW HMV).

Ennek az új fogyasztónak a belépésével a városi fűtési kör bővítése szükséges, természetesen a lakótelep újonnan kiépítendő hőfogadója már illeszkedne a változó tömegáramú szabályzás követelményeihez. A közvetlen földbefektethető kialakítású távvezetékek acél haszoncsöves, előreszigetelt, poliuretén- keményhab (PUR- hab) hőszigetelésből és keménypolietilén (KPE) köpenycsőből, valamint egyéb elemekből (pl. hibajelző rendszerhez tartozó érpár) álló rendszerek kell legyenek.

A városi fűtési kör fejlesztés kapcsán felmerülhet azon fogyasztók bekapcsolása a távhőrendszerbe, melyekben a hőigény kielégítésére gázzal történik jelenleg és az átalakításuk nem lenne olyan nagy horderejű. Az tény, hogy a többlet gáz felhasználása időjárás függő (enyhébb időjárásnál kevesebb a gázfogyasztás), de a bizonytalan beszerzés, a háborúval keletkezett energiaválság, azt indokolja, hogy a gáz kiváltását (ott ahol lehet) végre kell hajtani. Ugyanakkor a szén-dioxid kvótáért is fizetni kell, az utóbb időben ennek az ára 8 %-al emelkedett. A gázellátás azonban várhatóan a következő években is instabil marad, a bizonytalanságok és kockázatok miatt.

Éppen ezért megoldás a távhőrendszerre újonnan becsatlakozó fogyasztókat bevonni, ilyen lenne az ESZI épülete, a Vak Bottyán Gimnázium, a Deák Ferenc Általános Iskola, a központi bölcsőde és az 1000 adagos konyha (8. kép).

1. Az új hőközpont
2. ESZI
3. Sportcsarnok
4. Paksi Vak Bottyán Gimnázium
5. 1000 adagos konyha
6. Régi Főiskola épület (jelenleg az ESZI-hez tartozik)
7. Bölcsőde
8. Paksi Deák Ferenc Általános Iskola
9. Régi kazántelep (elbontásra került)

8. kép: Az ESZI körüli ingatlanok

Az atomerőművi gőzturbinákhoz tartozó hőkiadók összteljesítménye többszörös tartalékkal rendelkezik. Paks város jelenlegi csúcs hőigénye 20,44 MW. Paks hőigénye a lakóépületek felújítása miatt körülbelül 12 MW. A városi kör bővítésének előtérbe kerülésével a rendszer kihasználtságát növelni lehet, ezért nem jelenthet gondot, ha új fogyasztók csatlakoznának a távhővezetéki körökre. [22]

5.2. Az energiafogyasztás alakulása az Energetikai Szakközépiskola korszerűsítését követően

Az Energetikai Szakközépiskola épületek hőellátását egy négy kazánra – 2 db TP és 2 db TK – alapuló, nagy csőátmérővel kiépített, közel 30 éves fűtési rendszer szolgáltatta.
A fogyasztási adatok magasak voltak, mely alapvetően az alábbiakra volt visszavezethető:

- túlméretezett kazánok,
- az égőfej-moduláció hiánya vagy a nagymértékű hőveszteség a primer távvezetéken.

A fűtési rendszer szabályozhatatlan és energiapazarló volt, ezért vált szükségessé a rendszer teljes rekonstrukciója, mely magába foglalta egy új hőközpont létesítését. A cél egy olyan üzembiztos rendszer kiépítése volt, ahol megvalósítható a teljes rendszerfelügyelet és a döntés az épületek szabályozhatóságának igényét figyelembe véve kapcsolódott a földgáz és a villamos energia csökkentéséhez, valamint a HMV termeléséhez. 2013-ban megtörtént az új hőközpont létesítése, amiben már a kornak megfelelő frekvenciaváltós szivattyúk és hőszigetelt távhővezetékbe épített merülő hüvelyes hőmérők kerültek beépítésre. A rekonstrukció előtt a fűtési rendszer vezérlése jellemzően az üzemeltetői tapasztalatokra alapozott kézi vezérlés volt. Az éves átlagos gázfogyasztás megközelítette a 333.000 m^3-t, valamint a fűtési rendszer által felhasznált éves villamosenergia igény 54.000 kWh volt. A magas gázfogyasztás magas rendszerhasználati díjat is vont maga után, így mintegy 150 m^3/h kapacitás lekötésre volt szükség. A rekonstrukciót követően az éves földgázfogyasztás 30%-kal, a villamosenergia igény pedig 60%-kal csökkent, továbbá kisebb kapacitáslekötés (125 m^3/h) elegendő a fűtési rendszer üzemeltetéséhez. [17]
Az új hőközpontba beépített rendszerek:

- VIESSMANN kondenzációs kazánok,
- frekvenciaváltós szivattyúk,
- SAIA WEB alapú vezérlés.

Az új hőközpont biztosítja a 8. képen feltüntetett épületek fűtését és HMV előállítását. Energiahatékonysági fejlesztések azonban csak az ESZI-ben, a régi főiskolai épületben, az 1000

adagos konyhában és a bölcsödében történtek meg. A rekonstrukció keretében a radiátoroknál a szabályozó szelepek lecserélésre kerültek, az ablakcsere (2 helység kivételével) megvalósult (2 rétegű üvegezés 4-16-4 Low E+argon gáz).

Ezeknek az épületeknek a homlokzati szigetelése is megtörtént. A Vak Bottyán Gimnáziumban és a Deák Ferenc Általános Iskolában a felsorolt átalakításokra nem került sor.

A rekonstrukciót követően sor került egy energetikai szakreferensi éves összefoglaló jelentés keretében az energia- valamint földgáz fogyasztás kiértékelésére az alábbi energiafogyasztási helyeknél:

1-es telephely (Paks, Dózsa György út): ESZI épület, Sportcsarnok és Hőközpont (ellátja: ESZI, Vak Bottyán Gimnázium, bölcsőde, 1000 adagos konyha és Deák Ferenc Általános Iskola).

2-es telephely (Paks, Gagarin utca): Kollégium épület

Az 1-es telephely hőelőállítása gázzal történik a 2-es telephelynél pedig távhővel. [15] [16]

1. táblázat: Energiafogyasztási helyek és elszámolási módozatok[1]

Helyszín	**Villamos energia**	**Földgáz**	**Távhő (belső)**	**Távhő (külső)**
ESZI épület	idősoros	-		-
Sportcsarnok	idősoros	-		-
Hőközpont	profilos	idősoros	-	-
Kollégium	profilos	-	-	

A vizsgálat megállapította, hogy az energiafogyasztás

- kismértékű csökkenés mindenhol tapasztalható volt, kivéve a Kollégiumot,
- több mint 6%-os fogyasztáscsökkenés jellemezte a Szakközépiskola épületeit,
- a Hőközpontban elvégzett korszerűsítéseknek köszönhetően 4%-os a fogyasztáscsökkenés,
- a Kollégiumban annak ellenére, hogy a világításkorszerűsítés történt, melynek keretében a fényforrások egy része LED fényforrásokra került kicserélésre, megtakarítás nem volt tapasztalható. [15] [16]

A földgáz tekintetében pedig minimális felhasználás csökkenés tapasztalható (5% volt a tervezett, és az sem valósult meg). Az alábbi táblázat szemlélteti a földgázfogyasztást.

[1] Forrás: Saját szerkesztés a [15] [16] alapján.

Azért 2018-2019 évi adatokat vettem alapul, mert a 2020-2021 években a pandémia miatt többnyire online tanítás volt, ezért a 2022. évi adatokat nem volt mihez hasonlítani.

2-4. táblázat: 2018. és 2019 évek földgázfogyasztása[2]

Földgáz	**2018. év**		**Tervezett változás (%)**
	Tényleges felhasználás		
	m^3	kWh	
Hőközpont	210 649,000	2 218 273,333	-5

Földgáz	**2019. év**			**Tényleges változás (%)**
	Tervezett felhasználás	**Tényleges felhasználás**	**Tényleges felhasználás**	
	m^3	m^3	kWh	
Hőközpont	200 116,550	209 921,430	2 016 459,720	-0,347

Földgáz	**2019. év**	
	Üvegházhatású gázkibocsátás (t/CO_2/év)	**Energia költség (Ft/év)**
Hőközpont	407,335	58 503 480,000

Fenti táblázatokból látszik, hogy a hőközpont korszerűsítésétől 5%-os földgáz felhasználás csökkenés volt az elvárás, azonban mindössze 0,347%.-os csökkenés realizálódott.

A távhőfelhasználást, a földgázhoz hasonlóan mindössze kismértékű csökkenés jellemzi.

5-6. táblázat: 2018-2019 évek távhőfelhasználásának kimutatása[3]

Távhő (kWh)	**2018. év**	**Tervezett változás**	**2019. év**		**Tényleges változás (%)**
	Tényleges felhasználás (kWh)		**Tervezett felhasználás (kWh)**	**Tényleges felhasználás (kWh)**	
Kollégium	569 185,540	-3,000	552 109,974	573 683,580	0,784

Helyszín	**2019. év**	
	Üvegházhatású gázkibocsátás (t/CO_2/év)	**Energia költség (Ft/év)**
Kollégium	156,616	6 469 924,058

[2] Forrás: Saját szerkesztés a [15] [16] alapján.
[3] Forrás: Saját szerkesztés a [15] [16] alapján.

Az 5-6. számú táblázatokból egyértelműen kiderül, hogy a kollégiumi távhőfelhasználás a szemléletformálás ellenére sem csökkent.

A villamosenergia- és a földgázfelhasználás pedig a műszaki fejlesztések (ablakcsere, LED világítás, fűtési szabályzószelepek beépítése) ellenére sem az elvártnak megfelelő mértékben, hanem sokkal kisebb mértékben csökkentek. [17]

A gázzal való hő előállítása manapság csak igen drágán lehetséges, többszörösére emelkedett a gáz- és széndioxid-kvóta ára. Az energia válság a gáz árának 100%-os emelkedését okozta, így ezek működésének egységköltségét 70-75%-kal is megemelte.

A gáz beszerzése problémás, továbbá az Oroszország Ukrajna elleni háború felgyorsította az orosz fosszilis gáz európai kiváltásának szükségességét.

Az Európai Unió meglátása értelmében ezekre azért van szükség, hogy az orosz fosszilis tüzelőanyagoktól az országok függetlenedhessenek és a klímavédelmi célok megvalósulhassanak.

Ilyen cél az alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiába történő beruházások biztosítása, beleértve a megújuló energiaforrásokat és az olyan erőműveket, amelyeknek a CO_2 kibocsátása minimális vagy egyenlő a nullával (pl. atomerőművek).

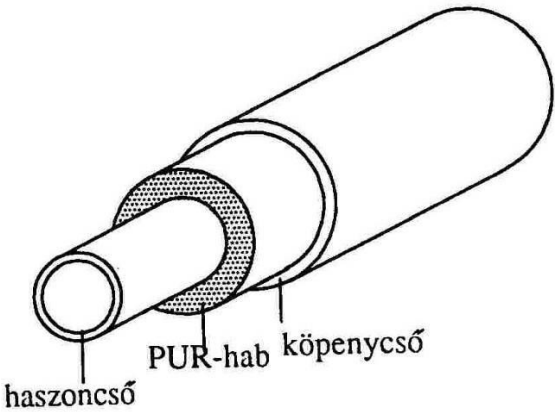
Magyarországon az otthonokat többségében földgáztüzelésű berendezéssel fűtik és a forróvíz előállítását is azzal oldják meg. Mindkét esetben a CO_2 kibocsátás magas. [24]

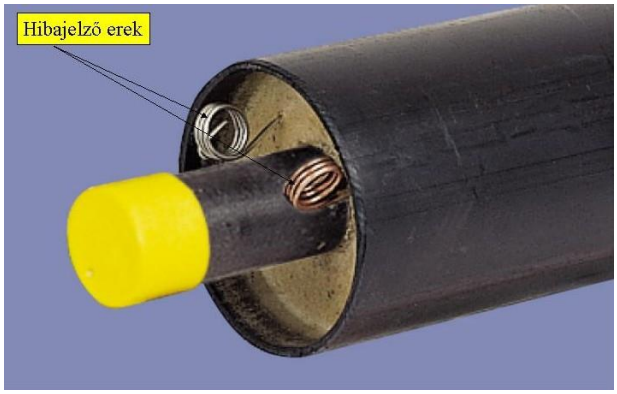
A paksi távhő előállítása CO_2 mentes. Tekintettel arra, hogy 1 m^3 földgáz elégetésekor 1 m^3 CO_2 keletkezik, a 2-4 táblázat adatai értelmében 2019. évben az ESZI földgáz fogyasztásának következménye ~209e m^3 CO_2 kibocsátás volt.

6. A tervezett műszaki fejlesztési megoldás bemutatása

6.1. A kiépítendő távvezetékek műszaki követelményei

A jelenleg üzemelő, technológiai szempontból elavult vezetékekkel szemben az új vezetékek már a kor követelményének megfelelő, közvetlenül földbe fektethető, gyárilag előreszigetelt - acél haszoncsőből, poliuretán-keményhab (PUR-hab) hőszigetelésből és keménypolietilén (KPE) köpenycsőből felépülő - vezetékekből, valamint egyéb elemekből (pl. hibajelző) álló, „kötött" csővezetéki rendszerrel ellátott technológiával készülnének. [25]
Az előreszigetelt vezeték szerkezeti felépítését az 5. és 6. ábra szemlélteti. A 6. ábra a hibajelző rendszerhez tartozó érpárt is bemutatja. A vezeték minden előírást és követelményt kielégítő ISOPLUS vezetékrendszer.





5-6. ábra: Előreszigetelt vezeték szerkezeti felépítése [25]

A felhasználásra kerülő korszerű, előreszigetelt köpenycsöves rendszer számos kedvező tulajdonsággal rendelkezik, amelyek közül a legfontosabbak az alábbiak szerint foglalhatók össze:

- *Kiváló hőszigetelés*

A vezeték szigetelésére szolgáló poliuretán keményhab igen jó hőszigetelő, jó hővezetéssel rendelkezik. [25]

- *Nagy teherbíróképesség*

A vezetékrendszer nagy nyomószilárdságának köszönhetően a vezeték „laposan" fektethető, így erős teherforgalomnak kitett helyeken is elegendő a csővezeték felső pontjától számított minimum 0,6 m-es földtakarással. Az új lakótelep megépítésénél ez egy fontos tényező, mert abban az esetben azon a szakaszon megnő a teherforgalom. [25]

- *Gyors és alacsony költségű vezetékfektetés*

A vezeték beépítése keskeny munkaárkot igényel, az előregyártott, 6-12 m hosszúságú, hőszigetelt, egyenes csövek, csőidomok (ívek) és leágazó elemek könnyen és gyorsan összeszerelhetők, fektethetők. [25]

- *Hibajelzés*

A távhővezeték hibaérzékelő rendszerrel ellátott, ami gyárilag a habba ágyazott, két rézvezetékből és megfelelő ellenőrző műszerekből áll. Ez lehetővé teszi hosszú szakasznál az esetleges külső vagy belső meghibásodások gyors kimutatását és a hiba helyének behatárolását is. [25]

- *Hosszú élettartam*

A kemény polietilén köpenycső igen ellenálló, rugalmas és megfelelő biztonságot nyújt a PUR hab külső átnedvesedése ellen, amely maga is hosszú élettartamú. [25]

A távvezeték várható élettartamának, tartósan 130 °C-os üzemi körülmények között legkevesebb 30 évnek, tartósan 115 °C-os üzemi körülmények között legkevesebb 50 évnek, míg 115 °C-ot tartósan el nem érő üzemi hőmérséklet esetén 50 évet meghaladónak kell lennie. Mivel a korábbiakban bemutatott primer rendszerparaméterek alapján 130 °C-ot elérő előremenő hőmérséklet - azaz -15 ^{o}C-nál hidegebb külső hőmérséklet - a sokéves meteorológiai adatok alapján évente legfeljebb 1-2 napos időtartamban fordul elő – 50 éves élettartam joggal vehető figyelembe a későbbi gazdaságossági vizsgálat során.

Ezzel a csővezeték típussal kiváltható a régi távhővezeték, valamint ezt kell alkalmazni az ESZI távhővezeték kiépítésénél is. A Szedres utcai hőközpontból kb. 800 m-re található a jelenleg gázzal működő ESZI hőközpont. A hőközpont után is kiváltható a fogyasztók felé a csővezeték rendszer és ott is ezt a típust javaslom.

6.2. Új hőkiadó létesítése, városi hőközpontok átalakítása

A későbbi távhőrendszer bővítésére, üzemeltetésére egy új hőkiadó létesítése szükséges, ahonnan Paks 1, Paks 2, valamint a városi fűtési rendszer hőfogyasztóit látná el.

Az új hőkiadó és az erőmű gépház között az új vezeték a teljes nyomvonalon DN400-as lenne. Az új hőkiadó az Atomerőmű északi porta közelében épülne meg.

A 7. ábra csupán az új hőkiadó Paks városhoz kapcsolódó részét mutatja. Az új hőkiadó méretezése a fogyasztók teljesítményigényére történne.

A hőkiadó sínekre, mind a melegágra, mind a hidegágra csatlakozik rá a három fűtési rendszer, azaz a Paks városi, Paks 1 és Paks 2. A hőkiadóban fűtési körönként 2 darab leválasztó

hőcserélőből, primer és szekunder oldali szivattyúkból állna. A szivattyú csoportból egyszerre csak 2 szivattyú dolgozna, a másik tartalék állapotban lenne, arra az esetre, ha kiesne a termelésből valamelyik üzemelő szivattyú. Minden fűtési körnek saját keringtetése lenne, a szivattyúk szabályozása a fűtési kör hálózatvégi nyomáskülönbség (dp) értékéről történne frekvenciaváltó segítségével, így a fogyasztói igényeknek megfelelően képesek lennének a hőmennyiséget biztosítani. A szivattyúkat karbantartásra a kizáró szerelvények segítségével lehet majd kiadni. A szekunder oldalon az előremenő- és visszatérő vezetékszakaszba egy- egy mennyiségmérő beépítése szükséges.

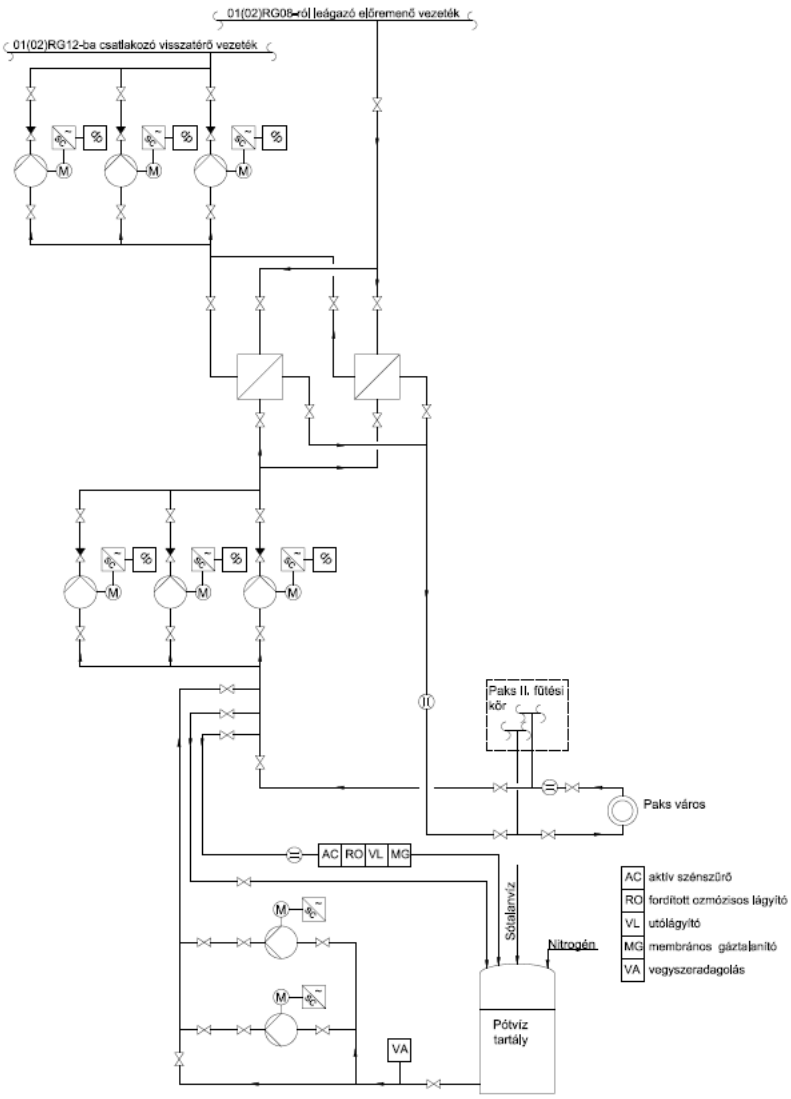
Ezekről a távvezetékekről egy átkötés, lecsatlakozás szükséges a Paks 2 fűtési kör kiszolgálására, mivel az itteni fogyasztóknak szüksége van a hőmennyiségre. A visszatérő ágba épített három szivattyúból álló csoport a távhőt ismét a megfelelő nyomásszintre emelné, majd a hőcserélőkön átnyomva a megfelelő hőmérséklettel újra keringtetné a közeget. A visszatérő ágba csatlakozik be a helyiségben elhelyezendő pótvíz tartály. A pótvíz tartály feladata a vízveszteségek pótlása. A pótvíz tartály nitrogén párnás nyomástartással rendelkezne és a központi sótalanvízrendszerből (RV) kapná a sótalanvizet, melyet a két új pótvíz keringtetési szivattyú a visszatérő ágba továbbítana, forróvíz hiány esetén. Ahhoz, hogy a sótalanvíz becsatlakozhasson a városi fűtési körbe, ennek a kondicionálása különböző vegyszeradagolással oldható meg. A pótvíz szivattyúk szintén frekvenciaváltósak lennének, mert így tudnánk megvalósítani a változó térfogatáramú üzemet. A visszatérő ágról további lecsatlakozás lehetséges a pótvíz tartályba, mind egyenes ágon, mind különböző kezelés útján (szénszűrő, ozmózisos lágyítás, gáztalanítás, stb.).

Az energiatakarékos szabályozás megvalósítása érdekében a távfűtésnél általánosan alkalmazott megoldás a keringtető szivattyúk frekvenciaváltóval történő változó tömegáramú szabályozása. Ennek következtében frekvenciaváltós szivattyút javaslok telepíteni a hőközpontokba is. Ezzel az üzemmel villamos energiát takarítanánk meg.

A változó tömegáramú szabályozásra való áttéréshez javasolt a városi kör fogyasztói hőközpontjainak az átalakítása.

A városi forróvíz fogyasztói hőközpontban javasolt átalakítások:

Az elsődleges az, hogy a távfűtési hálózat fogyasztóinál mennyiségi szabályozást végzünk, ez azt jelenti, hogy csak annyi fűtőközeget engedünk a hőközpontokba, amennyit valóban igényelnek. A hőmérséklet-szabályozásra egyútú, nyomáskiegyenlített szelepeket használnánk, valamint nyomáskülönbség- és térfogatáram-szabályozókkal gondoskodnánk a hőmérséklet-szabályozó állandó nyomásviszonyairól, illetve a vízelosztásról.



7. ábra: Fogyasztói hőközpont sematikus felépítése
változó tömegáramú szabályozás esetén [Saját szerkesztés]

Ebben az esetben a hálózati keringtetőszivattyú fordulatszám-szabályozásával a hőközpontok által igényelt térfogatáramot a legkisebb villamos teljesítménnyel tudnánk dinamikusan követni.

Egy távhőrendszer egyik legfontosabb eleme a hőközpont. A hőközponti szabályozás határozza meg a keringtetett primer térfogatáramot, annak időbeli változását és a visszatérő hőmérsékletet.

A távhőrendszeri korszerűsítések során a hálózati keringtetési energia felhasználás és hőveszteség csökkentése a cél, ez a hőközpontok változó tömegáramra való átállásával valósítható meg. Fontos kérdés, hogy az állandó tömegáramú hőközpontok szakaszos átépítése hogyan valósítható meg.

A tapasztalatok szerint bátran kijelenthető, hogy minden akadály nélkül üzemeltethetők állandó és változó tömegáramú hőközpontok közös távhőrendszerben, azonban kívánatos, hogy az automata nyomáskülönbség és térfogatáram korlátozás minden hőközpontban megvalósuljon. Természetesen, ha a távhőrendszer nyomásviszonyai olyanok, hogy a hőközponti tömegáram változás hatására csak csekély mértékben változnak a hálózati nyomások (pl. kis ellenállású rendszer, viszonylag nagy ellenállású hőközpontokkal) akkor a nyomáskülönbség szabályozási funkciótól el lehet tekinteni. A keringtető szivattyúzás szabályozásának illesztése ugyancsak erősen rendszerfüggő.

Ha a központi keringtető szivattyú fordulata nincs visszaszabályozva, akkor csökkenő tömegáram mellett annak emelőmagassága nő, amely adott esetben kritikus üzemviszonyokat is okozhat. Általában a teljes rendszerteljesítmény 35-40 %-ának átépítése után már mindenképpen ajánlatos a szivattyúzást is átalakítani.

Ha a jövőben még tovább kellene növelni a hőkiadást, akkor javasolt az előremenő vízhőmérséklet emelése. A Paks 1-nél található (későbbiekben a Paks 2-nél is) szuper-csúcs hőcserélő is üzembe vehetők végső megoldásként, azonban ennek az áramlási ellenállása miatt csökkenne a vízáram és ezáltal a kiadható hőteljesítmény. Kedvezőbb lehetőséget jelent több termelői hőközpont párhuzamos üzemeltetése (ami a hőkiadó létesítésével párhuzamosan megépíthető), mert a párhuzamos kapcsolás egyrészt csökkenti az áramlási ellenállást, másrészt a csúcshőcserélők kihasználási tényezője növekedni fog, ezért a kilépő forróvíz jobban megközelíti a 4,9 bar nyomású fűtőgőz 151,1°C-os telítési hőmérsékletét (130 °C helyett kb. 138-142 °C-ra melegszik). A Paks 1-nél meglévő DN350 méretű vezetékpár használatával kb. 38 MW a kiadható maximális hőteljesítmény, de ehhez nyomásfokozó szivattyú használata is szükséges.

Megoldás lehet még az is, ha 3 szivattyú helyett 2 db szivattyút építenénk be az új hőkiadóba, de azok Paks 1-nél található nagyobb vízszállítással és emelőmagassággal rendelkezzenek. A jelenleg beépített Paks 1-nél található szivattyú állandó térfogatáramú, az új hőkiadóban mindenképpen változó térfogatáramú szivattyú kerülne beépítésre.

A frekvenciaváltós szabályozással minden üzemállapotban kedvezőbb hatásfokú munkapont adódik, mint a jelenlegi helyzetben.

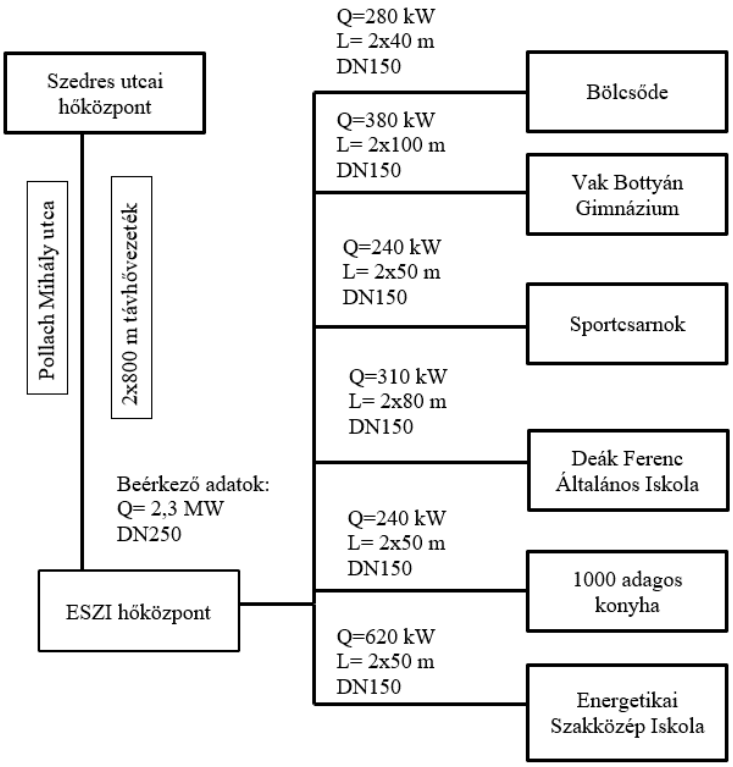
Az új szivattyúkat a közeljövőben várható hőigény növekedés figyelembe vételével célszerű megválasztani, hogy 5 vagy 10 MW-os növekedés esetén a szivattyúk munkapontjainak áthelyezésével beállítható legyen a növelt hőkiadás.

A tervezettnél nagyobb hőkiadás a jövőben vagy keringtető szivattyúk cseréjével vagy a városi hőfogadóba serkentő szivattyú telepítésével oldható meg.

A városi forróvíz hőközpontok méretezési hőmérséklete 130/70 °C, ezzel szemben jelenleg csak 110/70 °C a jellemző forróvíz hőmérséklet. Addig, amíg a névleges 130/70 °C-os hőfoklépcsőt nem igénylik a hőközpontok, nem szükséges növelni a vízáramot.
Ezt az új hőkiadó létesítése után is lehetne alkalmazni, főleg, hogy az utóbbi időben a téli időszak enyhe volt. Enyhe tél esetén elegendő lenne egy keringtető szivattyú üzemeltetése és elegendő lenne csak megemelni az előremenő hőmérsékletet 3-4 °C-val.

6.3. Energetikai Szakközépiskola hőközpont átalakítása

A hőt távhővel kell előállítani, ezért a hőközpontban minimális átalakítást szükséges végrehajtani, így a fűtéshez és a HMV előállításához a hő szükséglet biztosított lenne. A távhő elvezetését az ESZI hőközponthoz mindenképpen az ISOPLUS vezeték rendszerrel kell megvalósítani, ugyanakkor ezzel a csővezeték típussal kiválthatók a régi összekötő vezetékek is. A Szedres utcai hőközpont elől egy T idom beépítésével leválasztásra kerülne a Szedres utcai és az ESZI hőközponthoz szükséges távhő. Ennek a vezeték hossza kb. 800 m lenne és így a jelenleg gázzal működő ESZI hőközpont megtáplálása távhővel történne.



8. ábra: Energetikai Szakközépiskola hőközpont átalakításának sematikus felépítése [Saját szerkesztés]

A 8. számú ábra szemlélteti a megvalósítandó hőközpont átalakítást.

Az újszerű távhővezetékpár meghibásodási valószínűsége minimális, a hibaelhárítás is korszerű módon történne meg, ezzel jelentősen csökkennének a fenntartási költségek.

Az ESZI hőközpontnál időjárásfüggő fűtésszabályzás van. A szabályzáshoz szükséges alapjel beállítása a fűtési jelleggörbe grafikus meghatározásával történik. A fűtővíz szükséges hőmérsékletét a beállított fűtési jelleggörbe és a külső hőmérséklet együttesen határozza meg. Beállítása az egyútú fűtési szabályozó szelep segítségével történik (9. kép).

A hőközpontban a fűtési és a HMV előállításának vezérlése egy programozható DDC segítségével történik. Ezt a DDC-t a távhőre való átállás után is lehetne használni, továbbá az időjárásfüggő fűtésszabályzás átalakítására sincs szükség.

A gázkazánok helyett hőcserélőket kell beépíteni, fűtési körönként a primer és szekunder oldal leválasztására. Minden fűtési körnek jelenleg saját keringtetése van, ezt a továbbiakban is megtartanám.

A szivattyúk frekvenciaváltósak, tehát a változótérfogatáramú elváráshoz illeszkednének.

A most jelenleg üzemelő Danfoss szivattyúkat a továbbiakban is felhasználnám, azok cseréjét nem kell végrehajtani. A fogyasztói csoportoknál ugyanúgy, mint jelenleg 2 szivattyú dolgozna, az egyik üzemelő, a másik tartalék lenne.

A fűtési és HMV hőcserélő is működne a fűtési időben, nyáron csupán a HMV hőcserélő üzemelne.

A HMV előállításánál mérve van a HMV előremenő hőmérséklete. Beavatkozó készülékként egy egyútú motoros szelep található, amely az áramkimaradásra lezáró kivitelű. A primer fűtővíz szükséges hőmérsékletét a beállított HMV hőmérséklet határozza meg. Beállítása az egyútú HMV szabályozó szelep segítségével történik, amit a későbbiekben is megtartanám.

A HMV szabályozás hőfokhatárolóval van ellátva, ezzel van megakadályozva, hogy a beállítottnál magasabb legyen a HMV hőmérséklete.

A határoló termosztát a beállítottnál nagyobb hőmérsékletű víz esetén megszakítja a szabályozó szelep tápkörét és mivel a szelep áramkimaradásra záró kivitelű, lezárásával megakadályozza a HMV kör túlfűtését.

A HMV tárolás tároló tartállyal megoldott, ez a továbbiakban is maradna.

Az ágak beszabályozása TA szelepekkel megtörtént, azok változtatására nincs szükség.

9. kép: Az ESZI hőközpontja

Az ESZI-nél (9. kép), a bölcsődénél, az 1000 adagos konyhánál és a sportcsarnoknál a radiátor szelepek lecserélésre kerültek, a továbbiakban a Deák Általános Iskolánál és a Vak Bottyán Gimnáziumnál kell a cseréket végrehajtani termosztatikus szelepekre. A termosztatikus szelepekkel szabályozhatóvá válna a két épület fűtési rendszere.

A fogyasztói körök fűtési rendszerénél alkalmazott mérési elvek és kialakítások (dp elvű fojtóelemes áramlásmérések, hidrosztatikus szintmérések) továbbra is alkalmazhatók, azokon módosítani nem szükséges.

A mennyiségméréseknél a fojtóelem (mérőperem) méreteit ellenőrizni kell, szükség esetén újat kell beépíteni.

A korszerű áramlás távadóknál lehetőség van a gyökös karakterisztika beállítására és a hőmérséklet korrekció elvégzésére is, így egy hitelesített vagy kalibrált távadóban megvalósítható a mennyiség mérés.

7. Gazdaságossági számítások

7.1. Az energiaárak inflációs hatása

Kínálati szempontból a piaci árjelzések határozzák meg az energiaelőállítás értékét, az egyes technológiák relatív profitabilitását, valamint az energiatermelők üzleti modelljének fenntarthatóságát. Fogyasztói szempontból pedig elsősorban azért fontosak az energiaárak, mert az energiához valós értéket rendelve az azzal való tudatos gazdálkodást ösztönzik. Az energiatermékek „normál javak" azaz felhasználásuk alapvetően a jövedelemmel együtt nő, de ezzel párhuzamosan az energiaköltségek jövedelemhez viszonyított aránya csökken („alapvető javak"). [5]

Az energiafogyasztás volumenét az időjárási, energiahatékonysági tényezők nagymértékben és ártól függetlenül befolyásolják („árrugalmatlan kereslet"), az energiaköltségek szintjének, azok megfizethetőségének társadalmi szempontból van jelentősége. A közvetlen fogyasztói árhatás mellett az energiaárak közvetett elsődleges hatása a termékek és szolgáltatások árában jelenik meg. Másodlagos hatása a munkaerő- és termékpiacokon ármeghatározó erővel bíró szereplők (munkaadók és vállalatok) ár- és bérpolitikai döntéseiben jelenik meg, ahogy azok próbálják megőrizni reálbér- és profitszintjüket – ezzel visszahatva a termékek árában jelentkező indirekt elsődleges hatásra is. A két hatásmechanizmus gyakran nehezen különíthető el egymástól, ettől függetlenül két külön jelenségről beszélhetünk. [21]

Az energiaárak 45-65%-ban a közvetlen áremelkedésből adódó direkt hatásokon, 35-55%-ban a termékárakon, béreken keresztül jelentkező indirekt és másodlagos hatásokon át befolyásolják az inflációt. [20]

7.2. Tervezett műszaki fejlesztések várható költségei

Az elmúlt időszak inflációs hatása, valamint a forint euróhoz viszonyított árfolyamának (nem kismértékű) ingadozása labilissá teszi az exakt számítást, ezért a táblázatokban beállított egységárak a szakdolgozat készítésének időszakában ismert anyag és díjtételeket tartalmazza.

A tervezési feladatok teljes volumenének – városi keringtetés gépészeti, villamos, irányítástechnikai és építészeti tervek, engedélyezési feladatok, hőtechnikai és hidraulikai számítások stb. – várható költségrészletezését a 3. számú melléklet tartalmazza. A mellékletben alkalmazott mérnöki díjak a [14] alapján kerültek beállításra.

Az alábbi táblázat mutatja be a 3. számú mellékletből kiemelve az ESZI-t érintő várható költségeket.

7. sz. táblázat: ESZI hőközpont átalakítása tervezés, kivitelezés, üzembe helyezés költsége[4]

Tervezés	**Mérnöknap**	**Napidíj (eFt)**	**Összesen (eFt)**
Új távvezeték szakaszok-Tartalék lakótelep és az Energetikai Szakközépiskola- gépészeti, villamos, építészeti, geodéziai tervek elkészítése	100	120	12 000
Kivitelezés, üzembe helyezés	**Anyag (eFt)**	**Munkadíj (eFt)**	**Összesen (eFt)**
Új távvezetéki szakaszok- Tartalék lakótelep és az Energetikai Szakközépiskola- gépészet, mélyépítés	30 000	20 000	50 000
Hőközpont Energetikai Szakközépiskola - átalakítás	12 000	6 000	18 000
Mindösszesen (eFt)	**148 000**		

A kiépítendő távvezeték – amely a Szedres utcai hőközponttól a Pollack úton keresztül az ESZI hőközpontjáig vezetne – tételes várható költségvetését a 4. számú melléklet tartalmazza. Az alábbi 8. számú táblázat csak a főösszesítő sorokat mutatja.

8. sz. táblázat: Földmunkák összköltsége[5]

Megnevezés	**Díj összesen (eFt)**	**Anyag összesen (eFt)**
Munkaterület kialakítása	404	83 394
Köpenycsöves hőszigetelt fűtési csővezetékek és idomai	75 032	142 087
GÉPÉSZET ÖSSZESEN	75 436	142 171
Dúcolás	14 169	4 214
Irtás- és földmunka	35 673	12 573
MÉLYÉPÍTÉS ÖSSZESEN	49 842	16 787
ESZI földmunkák mindösszesen (eFt)	**284 236**	

Új hőkiadó létesítésének várható költségét az alábbi 9. számú táblázat mutatja. A költségek alakulását itt is jelentősen befolyásolja az euró árfolyamának változása (pl. szivattyú beszerzési árának változása).

[4] Forrás: Saját szerkesztés [14] alapján
[5] Forrás: Saját szerkesztés

9. sz. táblázat: Új hőkiadó létesítésének várható költsége

Megnevezés	Összeg (eFt)
Tervezés	
Gépészeti és építészeti műszaki terv	35 000
Gépészeti és építészeti kiviteli terv	30 000
Tervezés összesen	**65 000**
Eszközök, berendezések	
5 db szivattyú	32 000
Szerelvények, csővezetékek	8 800
Eszközök, berendezések összesen	**40 800**
Kivitelezés	
Földmunkák	18 000
Gépészeti szerelés, kivitelezés	19 000
Üzembe helyezés	25 000
Kivitelezés összesen	**62 000**
Gépészet összesen	**167 800**

<u>ESZI átalakítási munkák megtérülése</u>

A megtérülési idő számításának jelentősége abban rejlik, hogy meghatározzuk azt az időszakot, amikor a beruházásba fektetett ráfordítás – általában a beruházással elért eredményekből – megtérül. Jelen esetben az évi megtakarítással tudunk kalkulálni legfeljebb az alábbi képlet segítségével, hisz az átalakítás révén nem nyereséget realizálunk.

$$PR = \frac{Co}{C}$$

ahol:

PR: megtérülési idő

Co: beruházás összege

C: az évenkénti jövedelem helyett a megtakarítás értéke

A szakdolgozatomban bemutatott 2-4. táblázatokban feltüntetett adatokból kiindulva:

- a 2019. évi földház felhasználás 209.921,430 m^3 mely akkori áron számítva 58.503.480,- Ft-ot jelentett;
- ugyanekkora mértékű felhasználást feltételezve az MVM NEXT Zrt. honlapján közzétett, az E.ON Dél-dunántúli Gázhálózat Zrt. árszabását figyelembe véve a 2023. évi, $\geq$ 20 m^3/h gázmérővel rendelkező nem lakossági felhasználók nettó hirdetményi ára 604,1 Ft/m^3. Ez az ár nem tartalmazza a 27% Áfát, a nem lakossági felhasználók által fizetendő jövedéki adót és földgáz biztonsági készletezés díját, mely természetesen

további egységár növelő tétel. A 2019. évi fogyasztás mai áron fentieknek megfelelően ~ 126,8 M Ft.

A DC THERM Kft. honlapján közzétett távhő adatok értelmében 377,2,- Ft egyéb felhasználók számára a fűtés és melegvíz együttes alapdíja, mely a 2019. évi felhasználással számolva 79,1 M Ft lenne mindössze, ami 47,7 M Ft megtakarítást jelentene.

Az ESZI átalakítás teljes költsége a fentebb táblázatokban levezetett adatok alapján ~ 600 M Ft, mely adatokat behelyettesítve a megadott képletbe megkapjuk, hogy ~ 13 év alatt térülne meg a beruházás. [27]

A Paks 1 üzemidő hosszabbításával és Paks 2 létesítésével előreláthatólag még 60 évig biztosított a távhőellátás. Ennek megfelelően figyelembe véve a megtérülési rátát indokolt a szakdolgozatomban levezetett átalakítás. Különös tekintettel az alábbi fejezetben igénybe vehető pályázati lehetőség figyelembe vételével.

7.3. Pályázati lehetőségek

Az átalakítások pénzügyi forrásának megteremtéséhez javasolt a pályázati lehetőségek figyelembe vétele. Például a Zöld Infrastruktúra és Klímavédelmi Operatív Program (ZIKOP) pályázati lehetőségei. A program a klímasemleges gazdaság eléréséhez kíván hozzájárulni, a tiszta és méltányos energetikai átállást, a körforgásos gazdaságot, az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás lehetőségét, valamint a kockázatmegelőzést és kezelést hivatott pályázati lehetőségekkel támogatni. A gazdaság klímasemlegességének elérésében az energiatermelés és felhasználás üvegházhatású gázkibocsátásának mérséklése kiemelt szerepet kap. [13]

Egy esetleges pályázat felhasználásával jelentősen csökkenthető a beruházás önköltsége.

8. Összefoglalás

Ha áram van, minden van. Mivel pedig manapság általában van áram, ezért a mindennapi életünket megalapozó villamosenergia- és földgázfogyasztásunkat annyira természetesnek vesszük, hogy az energiafogyasztásunk költségeivel legfeljebb a havi közműszámlák befizetésekor szembesülünk. Pedig az energiaárak reálgazdasági hatásai, inflációra, gazdasági növekedésre, bérekre, befektetésekre stb. következménnyel vannak és legalább annyira szerteágazók mint fogyasztási oldalon az energia felhasználásának lehetőségei. Az energia válság a gáz árának 100%-os emelkedését okozta.

Az energetikai átmenet részeként elkerülhetetlen a fosszilis energiahordozók fokozatos kivezetése. Emellett a gáz beszerzése problémás, az Oroszország Ukrajna elleni háború felgyorsította az orosz fosszilis gáz európai kiváltásának szükségességét. A Nemzetközi Energiaügynökség ajánlása és javaslata szerint 2025-től be kellene tiltani a gázkazánok értékesítését.

Fentieket alátámasztandó, dolgozatomban bemutatásra került, hogy a műszaki fejlesztések és a szemléletformálás ellenére a villamosenergia- és a földgázfelhasználása a felújításon átesett szakközépiskola esetében nem csökkent az elvárt mértékben.

A cél továbbra is alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiába történő beruházások biztosítása, beleértve a megújuló energiaforrásokat és az atomerőműveket. A paksi távhő előállítása CO_2 mentes, köszönhetően az atomerőműnek. A rendszerben vannak tartalékok, melyek kiaknázásával a távhőre való átállás problémamentesen megoldódna. Az elmúlt évek inflációs hatása ugyan jelentősen megemelte az anyagárak és egyéb díjak költségét, ennek ellenére a rendelkezésre álló lehetőségeket érdemes lenne kihasználni.

Dolgozatomban javaslatot teszek egy új távhőkiadó és 2-3 hőközpont létesítésére Paks város több szignifikáns épületének távhővel való ellátása céljából.

A Paksi Atomerőmű üzemidő hosszabbításával és bővítésével (Paks 2) hosszú távon megoldás lenne Paks város távhőellátása, ezzel csökkenteni lehetne a gázfogyasztású kazánok számát, valamint a város össz szén-dioxid kibocsátását.

Számomra inkább az enigma az, hogy ez eddig miért nem történt meg.

9. Summary

If there is electricity, everything is there. And since we usually have electricity these days, we take our consumption of electricity and natural gas, which is the basis of our daily lives, so much for granted that we are only faced with the costs of our energy consumption when we pay our monthly utility bills. However, the real economic effects of energy prices, on inflation, economic growth, wages, investments, etc. have consequences and are at least as diverse as the possibilities of using energy on the consumption side. The energy crisis caused a 100% increase in the price of gas.

As part of the energy transition, the gradual elimination of fossil energy carriers is inevitable. In addition, the procurement of gas is problematic, the war between Russia and Ukraine accelerated the need to replace Russian fossil gas in Europe. According to the recommendation and proposal of the International Energy Agency, the sale of gas boilers should be banned from 2025.

In support of the above, it was shown in my thesis that, despite the technical developments and attitude formation, the use of electricity and natural gas did not decrease to the expected extent in the case of the vocational secondary school undergoing renovation.

The aim remains to ensure investment in low-carbon energy, including renewables and nuclear power. The production of district heat in Paks is CO_2-free, thanks to the nuclear power plant. There are reserves in the system, by exploiting which the transition to district heating would be solved without problems. Although the effect of inflation in recent years has significantly increased the cost of material prices and other fees, it would nevertheless be worthwhile to take advantage of the available opportunities.

In my thesis, I propose the establishment of a new district heat transmitter and 2-3 heat centers in order to supply several significant buildings in the city of Paks with district heat.

Expanding the operating hours of the Paks Nuclear Power Plant and extending it (Paks 2) would be a long-term solution for the district heating of the city of Paks, thereby reducing the number of gas-consuming boilers and the city's total carbon dioxide emissions.

For me, the enigma is rather why this has not happened so far.

10. Irodalomjegyzék

10.1 Felhasznált irodalom

[1] Atomerőmű Magazin XLV. évfolyam, 1. szám

[2] Diószegi György – Dr. Kósa Csaba – Dr. Lehotai Péter – Matskássy Gábor: Géprajz-Gépelemek III. ÓE BL 2013, Budapest, 2010

[3] Energiaforrás az MVM Csoport szakmai lapja (2022/1)

[4] I.D. Stanescu: Távhőszolgáltatás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1965

[5] Korényi Zoltán – Magyar Energetika 2022. 2. szám június: Erőművek életciklus alapú komplex értékelése

[6] Macskásy Árpád: Központi fűtés I-II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1971

[7] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Oktatási Főosztály: Atomerőművi üzemeltetési alapok tanfolyami jegyzet

[8] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Oktatási Főosztály: Városi fűtési rendszer. Atomerőművi közösüzemi vezénylő operátor tanfolyami jegyzet

[9] Ősz János – Bihari Péter: Hőellátás, Budapest, 1998

[10] Sulyok Péterné – Riskó József: Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Villamos Gépek és Berendezések, Budapest 2010

10.2 Felhasznált internetes oldalak

[11] http://www.atomeromu.hu

[12] https://Paks 2.hu

[13] https://palyazatok.org/zold-infrastruktura-es-klimavedelmi-operativ-program/

[14] https://mernokvagyok.hu/mernoki-dijszabas

[15] www.eszi.hu/static/fenntarto/ESZI_szakreferensi_eves_jelentes_2021.pdf

[16] www.eszi.hu/static/fenntarto/ESZI_szakreferensi_eves_jelentes_2019.pdf

[17] http://sbcontrols.unas.hu/ordered/28867/pic/Szakcikkek/eszi.pdf

[18]https://docplayer.hu/106706811-A-paksi-energetikai-szakgimnazium-es-kollegium-futesi-rendszerenek-rekonstrukcioja-es-eredmenyei-taking-cooperation-forward-1.html

[19] https://www.mavir.hu/web/mavir/home

[20] http://villany.uw.hu/

[21]https://rekk.hu/esemeny/289/gazkivaltas-aldas-vagy-fenyegetes-dekarbonizacios-szempontbol
[22] https://tavho.org/uploads/a-tavhorol/Primerenergia_atalakitasi_tenyezok_meghatarozasanak_modszere_a_Fotavnal_v35.pdf
[23]http://real.mtak.hu/85186/1/Magyar_Epuletgepeszet_primerenergia_2.pdf
[24] http://gazdasagosenergia.hu/article/117/CO2-kibocsajatas
[25] http://isoplus.hu
[26]https://www.mvmnext.hu/foldgaz/Egyetemes-Szolgaltatas/Ugyintezes/Arak-dijszabasok/Aktualis-arak
[27] https://dctherm.hu

11. Ábrajegyzék

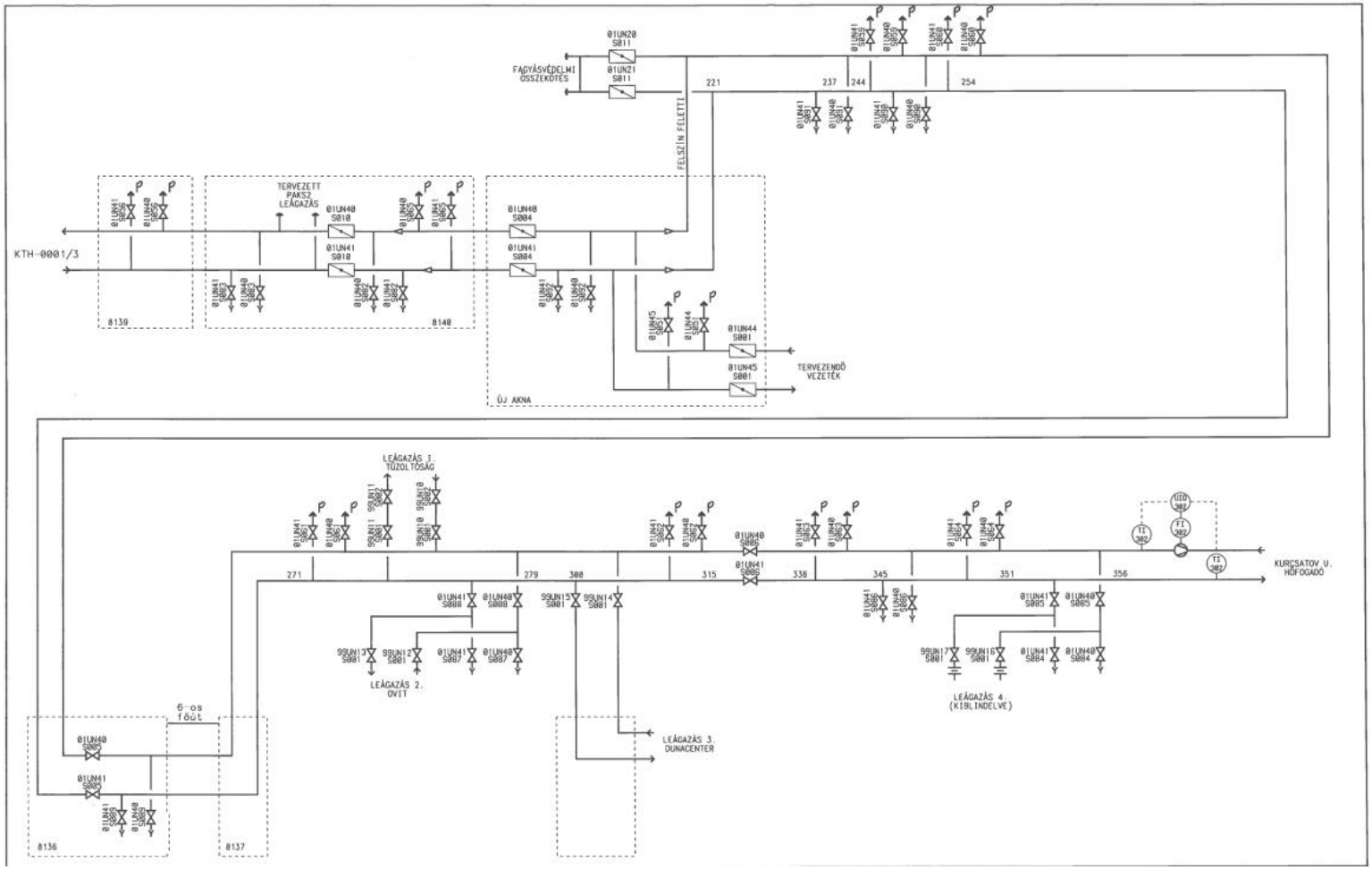
1. ábra: Alaphőcserélő metszet és csonk elrendezés rajza
2. ábra: Távfűtés elvi kialakítása
3. ábra: Változó tömegáramú forróvizes távhőrendszer szabályozása
4. ábra: Fogyasztói hőközpont sematikus felépítése változó tömegáramú szabályozás esetén
5-6. ábra: Előreszigetelt vezeték szerkezeti felépítése
7. ábra: Fogyasztói hőközpont sematikus felépítése változó tömegáramú szabályozás esetén
8. ábra: Energetikai Szakközépiskola hőközpont átalakításának sematikus felépítése

12. Mellékletek

1. sz. Melléklet: Paks városi forróvíz hálózat sémája
2. sz. Melléklet: Távhő hőigények fejlesztési területenként
3. sz. Melléklet: Költségvetés tervezésre, kivitelezésre, műszaki ellenőrzésre
4. sz. Melléklet: Földmunkák várható költsége

1. sz. Melléklet

Paks városi forróvíz hálózat séma



2. sz. Melléklet

Távhő hőigények fejlesztési területenként

Telek azonosító	Funkció	Alapterület nagysága (m^2)	Szintek száma min	Hőszükség-let kW	HMV hőigény kW	Össz hőigény 1épület kW	Épületek száma db	Össz hőszükséglet kW	Össz HMV hőigény kW	Össz hőigény kW
Paksi ipari park - későbbi megvalósítás	iroda, raktár, mosó, tároló	5541	F	500	120	620	5	**500**	**120**	**620**
Energetikai Szakközépiskola hőközpont								**1 580**	**480**	**2 070**
Deák Általános Iskola	iskola	1800	F	250	60	310	1	250	60	310
Bölcsőde	bölcsőde	1500	F	220	60	280	1	220	60	280
Vak Bottyán Gimnázium	gimnázium	2500	F	300	80	380	1	300	80	380
1000 adagos konyha	konyha	1500	F	180	60	240	1	180	60	240
Sportcsarnok	sportcsarnok	2000	F	180	60	240	1	180	60	240
Energetikai Szakközépiskola	iskola	2500+2500 + 1500	F+1+F	460	160	610	2	450	160	620
Városközpont - későbbi megvalósítás								**3 400**	**1 380**	**4 780**
„A” fejlesztési terület	ipari üzem	10150	F	870	370	1240	12	2 020	780	2 800

„B” fejlesztési terület	ipari üzem	4190	F	340	170	510	5	800	400	1 200
"C fejlesztési terület	ipari üzem	2890+720	F	290	100	390	2	580	200	780
Tartalék lakótelep - későbbi megvalósítás								**3 500**	**1 500**	**5 000**
Tömbösített épületek	vegyes épületek							3 500	1 500	5 000
Mindösszesen								**8 980**	**3 480**	**12 470**

3. sz. Melléklet

Költségvetés tervezésre, kivitelezésre, műszaki ellenőrzésre

Tervezés	Mérnöknap	Napidíj (eFt)	Összesen (eFt)
Paks városi kör hőtechnikai és hidraulika számítása	160	100	16 000
Terület előkészítése és földhasználati terv készítése	130	100	13 000
Pakson belüli a városi keringtetés gépészeti, villamos, irányítástechnikai és építészeti tervezése - tervezési és engedélyezési feladatok - az új csővezetékpár működtetéséhez be kell építeni - a megnövekedő hőigényekhez igazodó keringtetés szerelvényei, berendezései, valamint villamos és gépészeti szerelések - építészeti munkák - vezérlés és integráció	400	100	40 000
Pakson belüli arányosított tervezési feladatok (vezérlés, adatgyűjtés, mérések, stb.)	100	120	12 000
Új távvezeték szakaszok- Városi központ- gépészeti, villamos, építészeti, geodéziai tervek elkészítése	150	100	15 000
Új távvezeték szakaszok- Paksi ipari parki bővítés- gépészeti, villamos, építészeti, geodéziai tervek elkészítése	150	100	15 000
Új távvezeték szakaszok-Tartalék lakótelep és az Energetikai Szakközépiskola- gépészeti, villamos, építészeti, geodéziai tervek elkészítése	100	120	12 000
Hőközpontok- Pollack- 1db - későbbiekben ha szükséges	15	100	1 500
Hőközpont Energetikai Szakközépiskola - átalakítás	15	100	1 500
Tervezés összesen	**1 220**	**940**	**126 000**

Kivitelezés, üzembe helyezés	Anyag (eFt)	Munkadíj (eFt)	Összesen (eFt)
Paks városi keringtetés gépészeti, villamos, irányítástechnikai és építészeti kivitelezése	500 000	250 000	750 000
Paks arányosított kivitelezési feladatok (vezérlés, adatgyűjtés, mérések, stb.)	30 000	20 000	50 000
Új távvezetéki szakaszok- Városközpont- gépészet, mélyépítés	150 000	100 000	250 000
Új távvezetéki szakaszok- Paksi ipari parki bővítés- gépészet, mélyépítés	200 000	260 000	460 000
Új távvezetéki szakaszok- Tartalék lakótelep és az Energetikai Szakközépiskola- gépészet, mélyépítés	30 000	20 000	50 000
Hőközpontok- Pollack- 1db - későbbiekben ha szükséges	12 000	6 000	18 000
Hőközpont Energetikai Szakközépiskola - átalakítás	12 000	6 000	18 000
Kivitelezés összesen	**934 000**	**662 000**	**1 596 000**

Műszaki ellenőrzés	Mérnöknap	Napidíj (eFt)	Összesen (eFt)
Projektmenedzsment feladatok	500	120	60 000
Műszaki előkészítés, műszaki ellenőrzési feladatok	1000	120	120 000

4. sz. Melléklet

Földmunkák költségei

Ssz	Megnevezés	Mennyiség	Mennyiség egység	Díj egységár (Ft)	Anyag egységár (Ft)	Díj összesen (Ft)	Anyag összesen (Ft)
GÉPÉSZET							
Munkaterület kialakítása							
1	Építőipari felvonulási csatlakozószekrény szerelése és bontása, FV-III-M típus	1	db	20 153	29 984	20 153	29 984
2	Mobil WC bérleti díj elszámolása, szállítással, heti karbantartással Mobil WC bérleti díj/hó	1	db	0	53 411	0	53 411
3	Konténer bérleti díj elszámolása, iroda konténer 10,01-20,00 m^2 alapterület között bérleti díj/hó	1	db	384 186	0	384 186	0
Munkaterület kialakítása összesen						**404 339**	**83 394**
Köpenycsöves hőszigetelt fűtési csővezetékek és idomai							
1	Előreszigetelt jelzőeres acélcső fűtési vezeték szerelése, köpenycső kötése nélkül, hegesztett kötésekkel, földárokban, DN 100 méret felett DN250 ISOPLUS előreszigetelt jelzőeres fekete hosszvarratos acélcső	1650	m	28 070	54 584	46 314 675	90 062 775
2	ISOPLUS előreszigetelt jelzőeres fekete hosszvarratos acélcső, KPE köpenycsővel, DN 150 mm	800	m	28 110	62 835	22 488 000	50 268 000

3	ISOPLUS KPE köpenycsöves jelzőeres 45" fekete acélcső ív idom, DN 150/250 standard szárhosszal	2	db	56 222	383 277	112 443	766 554
4	ISOPLUS KPE köpenycsöves jelzőeres 65" fekete acélcső ív idom, DN 150/250 standard szárhosszal	2	db	65 592	383 277	131 184	766 554
5	Előreszigetelt csővezetékek falátvezető tömítő gumigyűrűjének felszerelése, ISOPLUS tömítő gumigyűrű DN150/250 mm-es köpenycsőhöz.	1	db	1 311	9 023	1 311	9 023
6	Előreszigetelt csővezetékek kiegészítő elemeinek elhelyezése, ISOPLUS tágulási párna II. méret	5	db	374	1 389	1 868	6 945
7	Közműjelző szalag elhelyezése	5	m	749	2 580	3 743	12 900
8	Fűtési és vízvezeték szakaszos és hálózati nyomáspróbája vízzel, 201-300 mm külső átmérő között	2000	m	2 990	98	5 979 000	195 000
Köpenycsöves hőszigetelt fűtési csővezetékek és idomai összesen						**75 032 223**	**142 087 751**
Gépészet összesen						**75 436 562**	**142 171 145**
Mélyépítés							
Dúcolás							
1	Munkaárok dúcolása és bontása 5,0 m mélységig, 5,0 m szélességig, kétoldali dúcolással, vízszintes pallózással, 2,01-5,0 m árokszélesség között	500	m^2	28 338	8 429	14 169 000	4 214 250
Dúcolás összesen						**14 169 000**	**4 214 250**
Irtás-és földmunka							
1	Munkaárok földkiemelése közmű nélküli területen, gépi erővel, kiegészítő kézi munkával, bármely konzisztenciájú talajban 5,0 árokszélességig, 3,0 m mélységig	500	m^3	2 313	0	1 156 500	0

2	Földvisszatöltés munkagödörbe vagy munkaárokba, tömörítés nélkül, réteges elterítéssel I-IV osztályú talajban, gépi erővel, az anyag súlypontja 10,0 m-en belül, a vezetéket környező 50 cm-en túli szelvényrészben 767 m^3 IV osztályú talaj és 6900 m3 II. osztályú talaj	1000	m^3	7 772	21	7 771 500	21 000
3	Homokágyazat készítése csővezeték köré (0-4 mm)	1000	m^3	7 067	12 516	7 066 500	12 516 000
4	Simító hengerelés homoktükör felületén, kézi erővel a csőszereléshez, magassági beállítással, 3,0 m szélességig	1000	m^2	599	3	598 500	3 000
5	Tömörítés bármely tömörítési osztályban gépi erővel, vezeték felett és mellett, tömörségi fok 85%	2000	m^3	2 985	17	5 970 000	33 000
6	Visszatöltendő talaj elszállítása, gépi felrakással I-IV osztályú talajban 5,0 km távolságra	2000	m^3	6 555	0	13 110 000	0
Irtás- és földmunka összesen						**35 673 000**	**12 573 000**
Mélyépítés összesen						**49 842 000**	**16 787 250**

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Orosz József Botond
A Hallgató Neptun kódja:	HCV2VP
A dolgozat címe:	Paks város távfűtési rendszerének korszerűsítési lehetőségei
A megjelenés éve:	2023
A konzulens tanszék neve:	MATE Műszaki Intézet Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023 év 05 hó 01 nap

Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS
NYILATKOZAT

A **Orosz József Botond** hallgató (Neptun azonosítója: HCV2VP) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom[1].

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*[2]

Kelt: Gödöllő év 2023 05 hó 02 nap

Belső konzulens

[1] A megfelelő aláhúzandó.
[2] A megfelelő aláhúzandó.