SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities

Co-funded by the European Union

6. modul
Távfűtési rendszerek felújítása

SHaKE távfűtési és -hűtési rendszerekről szóló oktatási csomag része

Útmutató

Oktatási segédanyag felsőoktatás és szakképzés számára

Verzió: 1.0
Dátum: 2026. március

https://www.shakeproject-dhc.eu/

Projekt

Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities (SHaKE)
Erasmus+ KA220-HED Együttműködési Partnerségek a felsőoktatásban
Projekt szám: 2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

Szerzők

Balázs Bokor, Zoltán Takács
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Szerkesztők

Eva Szalma, Balázs Bokor, Zoltán Takács

EU-finanszírozási elismerés és felelősségkizárás

Az Európai Unió által finanszírozott. A kifejezett nézetek és vélemények azonban kizárólag a szerző(k) véleményei, és nem feltétlenül tükrözik az Európai Unió vagy a Tempus Public Foundation véleményét. sem az Európai Unió, sem a támogató hatóság nem vonható felelősségre ezekért.

Koordinátor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Magyarország

Partnerintézmények

Universitat Jaume I de Castellón, Spanyolország
Mines Paris – PSL, Franciaország

Elismerés

Ez a kiadvány a SHaKE projekt részeként készült. A konzorcium köszönetet mond minden oktatónak, kutatónak, szakembernek és érintettnek, akik hozzájárultak az oktatási anyagok fejlesztéséhez, áttekintéséhez és fejlesztéséhez.

Engedély

Amennyiben másképp nincs feltüntetve, az anyag a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence (CC BY 4.0) alatt érhető el. A felhasználók megoszthatják és átdolgozhatják az anyagot, amennyiben megfelelően feltüntetik a SHaKE projektet és a szerzőket, megadják a licencre mutató linket, valamint jelzik az esetleges változtatásokat.

Javasolt hivatkozás:

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. 1. modul: Bevezetés a távhőrendszerekbe. SHaKE projekt, 2026.

https://www.shakeproject-dhc.eu/

Útmutató a 6. modul használatához

Ez a modul a SHaKE oktatási csomag része, amelyet a távfűtési és -hűtési (DHC) rendszerek felsőoktatási és szakmai képzési környezetben történő oktatásának támogatására fejlesztettek ki.

A 6. modul a távfűtési rendszerek felújítására összpontosít, különös tekintettel a hagyományos, magas hőmérsékletű rendszerekre, a távfűtéses lakótelepekre és a hatékonyabb, rugalmasabb és alacsony szén-dioxid-kibocsátású működésre való áttérésre. Bemutatja a régebbi távfűtési rendszerek történeti fejlődését, műszaki jellemzőit és tipikus hatékonysági hiányosságait, különösen olyan környezetben, ahol a nagyméretű rendszereket eredetileg eltérő energiaár-, komfort- és hatékonysági feltételezések alapján tervezték.

A modul a felújítási intézkedéseket mind hálózati, mind épületszinten vizsgálja. Kitér az épületoldali és másodlagos rendszerfejlesztésekre, az egycsöves fűtési rendszerek felújítására, a hidraulikai kiegyensúlyozásra, a kompakt és moduláris hőközpontokra, a lakásszintű hőközpontokra, a hőfogyasztás mérésére és számlázására, az alacsony hőmérsékletű távfűtésre, a prediktív karbantartásra, a digitális eszközökre és a felújítás gazdasági vonatkozásaira.

A modul a technikai magyarázatokat valós esettanulmányokkal és alkalmazott tanulási tevékenységekkel ötvözi. Az útmutató a városi távfűtés fejlesztésének és felújításának esettanulmányait tartalmazza, míg a különálló támogató tevékenységek lehetővé teszik a tanulók számára, hogy diagnosztizáljanak egy hipotetikus, régi távfűtési rendszert, kidolgozzanak egy felújítási stratégiát, és elemezzék a gazdasági döntéshozatalt egy távfűtés-korszerűsítési forgatókönyvben.

Az útmutató elsősorban újrafelhasználható oktatási segédanyagként szolgál oktatók, előadók és trénerek számára. Használható előadások, kevert tanulási tevékenységek, tantermi megbeszélések, gyakorlati feladatok, esettanulmányi munka és folyamatos szakmai továbbképzés támogatására. A kísérő prezentációs diák, a kérdésbank, az önellenőrző kvíz, a gyakorlati felújítási feladat és a gazdasági esettanulmány célja, hogy segítsék az oktatókat a tartalom saját tanítási kontextusukhoz való igazításában.

A diákok és a szakemberek önálló tanulásra is használhatják a modult, különösen akkor, ha már rendelkeznek alapvető ismeretekkel a távfűtési rendszerekről, az épületgépészetről, az Hőközpontokról, a hidraulikai rendszerekről és az energiahatékonyságról.

A modulban tárgyalt főbb témák

- A hagyományos távfűtési rendszerek történeti fejlődése
- Magas hőmérsékletű távfűtési rendszerek és azok korlátai
- Lakótelepi távfűtési rendszerek felújítása
- Épületoldali és másodlagos rendszerfelújítás
- Egycsöves fűtési rendszer felújítása
- Hidraulikus kiegyensúlyozás és változó frekvenciájú szivattyúk
- Kompakt és moduláris Hőközpontok
- Lakásszintű hőközpontok és egyedi hőellátási megoldások
- Hőfogyasztás mérése és számlázása
- Átállás alacsony hőmérsékletű távfűtésre
- Megújuló és alacsony exergiájú hőforrások integrációja

- Prediktív karbantartás, felügyelet és digitális eszközök
- A távfűtés üzleti modelljei és gazdasági vonatkozásai
- Tarifastruktúrák, motivációs tarifák és hőszolgáltatásként nyújtott modellek
- Városi távfűtés felújítási és fejlesztési esettanulmányok
- Felújítási stratégia kidolgozása és rangsorolása

A 6. modul tanulási eredményei

A modul a következő készségek és kompetenciák fejlesztését hivatott támogatni.

A modul elvégzése után a tanulóknak képesnek kell lenniük a következőkre:

- ismertesse a hagyományos távfűtési rendszerek történeti fejlődését, szerkezetét és működési jellemzőit;
- azonosítsa a távfűtési hálózatok, épületek, Hőközpontok és vezérlőrendszerek hatékonyságának csökkenésének gyakori forrásait;
- elemzze a hidraulikai kiegyensúlyozás kihívásait, és értékeli a hőelosztás javítására szolgáló megfelelő műszaki megoldásokat;
- értékelje a felújítási intézkedéseket mind épület-, mind hálózati szinten, beleértve a szigetelés korszerűsítését, az Hőközpont korszerűsítését és a fejlett szabályozási stratégiákat;
- az alacsony hőmérsékletű távfűtési rendszerek és a megújuló hő integrációjának előnyeinek és műszaki követelményeinek értékelése;
- ismertesse a hőmennyiségmérés, a számlázás és a tarifastruktúrák szerepét a hatékony távfűtés-üzemeltetés támogatásában;
- összehasonlítani a távfűtési üzleti modelleket és finanszírozási megközelítéseket felújítási környezetben;
- olyan felújítási stratégiák kidolgozása és indoklása, amelyek javítják az energiahatékonyságot, csökkentik a hőveszteséget, fokozzák a felhasználói kényelmet és támogatják a távfűtés dekarbonizációját.

Főbb feladatok és tevékenységek

A modul ötvözi a fogalmi tanulást, az esettanulmány-elemzést, a gyakorlati felújítási tervezést és értékelést. Az útmutatóban szereplő esettanulmányok bemutatják, hogyan alkalmazzák a felújítási koncepciókat a valós távfűtési projektekben. A gyakorlati példák elemzésén keresztül a tanulók megvizsgálják a műszaki megoldásokat, a megvalósítási kihívásokat, az elért előnyöket és a modernizációs kezdeményezésekből levont tanulságokat. Az esettanulmányok segítenek áthidalni az elmélet és a gyakorlat közötti szakadékot azáltal, hogy bemutatják, hogyan járulhatnak hozzá a felújítási intézkedések a rendszer teljesítményének, a felhasználói kényelemnek és a fenntarthatóságnak a javításához.

A modult egy különálló gyakorlati felújítási feladat is támogatja. Ebben a tevékenységben a tanulók egy hipotetikus, régi távfűtési rendszert értékelnek, és kidolgoznak egy felújítási stratégiát. Azonosítják a műszaki problémákat, elemzik azok okait és hatásait, modernizációs intézkedéseket javasolnak, és műszaki, gazdasági és üzemeltetési kritériumok alapján rangsorolják a beavatkozásokat. Ez a gyakorlati tanuláson alapuló tevékenység ösztönzi a

kritikai gondolkodást, a problémamegoldást és a modulban bemutatott felújítási koncepciók gyakorlati alkalmazását.

Ezenkívül a modul tartalmaz egy gazdasági osztálytermi esettanulmányt, amely a távfűtés korszerűsítésével kapcsolatos döntéshozatalra összpontosít. Ez a tevékenység lehetővé teszi a tanulók számára, hogy üzleti modelleket, tarifaszerkezeteket, finanszírozási lehetőségeket, érdekelt felek nézőpontjait és érzékenységi forgatókönyveket vizsgáljanak meg egy realisztikus felújítási kontextusban.

A tanulási eredményeket egy modulszintű önellenőrző kvíz és egy újrafelhasználható kérdésbank támogatja. Az értékelési anyagok a tanulók távfűtés-felújítási elvekkel, modernizációs technológiákkal, hidraulikai beszabályozással, Hőközpont-korszerűsítésekkel, alacsony hőmérsékletű távfűtési koncepciókkal és gazdasági döntéshozatallal kapcsolatos ismereteit értékelik. Az értékelés a műszaki kihívások értelmezésének, az alternatív megoldások összehasonlításának és a mérnöki érvelés realisztikus távfűtési forgatókönyvekre való alkalmazásának képességére összpontosít.

Becsült óraszám

Ez a modul körülbelül 7 tanulási órát foglal magában, beleértve az előadásokat, a gyakorlati feladatokat, az esettanulmányi munkát, az önálló tanulást és az értékelést.

Az oktatók a kurzus szintjétől, a kiválasztott anyagoktól és az oktatási formátumtól függően módosíthatják az óraszámot. A modul a következőképpen használható:

- egy komplett oktatási egység,
- válogatott előadásanyagok gyűjteménye,
- egy kevert tanulási komponens,
- egy gyakorlati felújítási gyakorlatcsomag,
- esettanulmány és döntéshozatali csomag,
- vagy kiegészítő forrásként a meglévő kurzusokhoz.

Tevékenységek és tanulási órák

Tevékenység típusa	Időbeosztás (órák)	Leírás
Előadások	3 óra	Bevezetés a hagyományos távfűtési rendszerekbe, felújítási intézkedésekbe, épületoldali rendszerekbe, hőközpontokba, alacsony hőmérsékletű átállásba, mérésbe, üzleti modellekbe és esettanulmányokba
Gyakorlatok	1 óra	Gyakorlati felújítási feladat egy régi távfűtési rendszer diagnosztizálása és korszerűsítése alapján
Esettanulmányok	0,5 óra	Kiválasztott valós távfűtés-felújítási és városfejlesztési esettanulmányok megvitatása
Önálló tanulás	2 óra	Önálló olvasás, az előadások anyagainak áttekintése és felkészülés a feladatra vagy értékelésre
Értékelés	0,3 óra	Modul szintű önellenőrző kvíz és/vagy a kérdésbankból kiválasztott kérdések
Teljes tanulási óraszám	**kb. 7 óra**	

Célcsoportok

Ez az útmutató elsősorban olyan oktatóknak, előadóknak és trénereknek szól, akik a SHaKE anyagokat saját oktatási vagy képzési tevékenységeikben szeretnék használni vagy adaptálni.

Az elsődleges célcsoportok a következők:

- felsőoktatási előadók mérnöki, épületgépészeti, energetikai és kapcsolódó területeken,
- távfűtéssel és -hűtéssel kapcsolatos szakmai vagy továbbképzésben részt vevő oktatók,
- kevert, moduláris vagy gyakorlatorientált tanulási tevékenységeket kidolgozó oktatók,
- akadémiai személyzet, akik újrafelhasználható oktatási anyagokat keresnek a fenntartható távenergia-rendszerekről,
- távfűtés-felújítással, épületenergetikai rendszerekkel, városi energiainfrastruktúrával és energiahatékonysággal kapcsolatos témákkal foglalkozó oktatók és előadók.

Az anyagokat diákok, szakemberek és önálló tanulók is használhatják, akik egyénileg kívánnak kiválasztott témákat tanulmányozni. Önálló használathoz alapvető előzetes ismeretek ajánlottak a vonatkozó mérnöki területeken.

Oktatók és trénerek által ajánlott használat

A 6. modul rugalmasan használható teljes oktatási egységként vagy kiválasztott oktatási segédanyagok gyűjteményeként. Az oktatók a kurzus szintje, a rendelkezésre álló tanítási idő és a kívánt tanulási eredmények szerint kombinálhatják az anyagokat.

Tanítási igény	Javasolt 6. modul forrás
A téma bemutatása	A modul áttekintése és a bevezető diák segítségével mutassa be a távfűtés felújításának, a hagyományos rendszereknek és az alacsony hőmérsékletű működésre való áttérésnek a jelentőségét.
A tanulók felkészítése az óra előtt	Jelölje ki a kiválasztott kalauzrészleteket előolvasásként a fordított osztálytermi vagy kevert tanulási tevékenységekhez.
Előadások vagy szemináriumok támogatása	A prezentációs diák segítségével ismertesse a felújítási intézkedéseket, a hidraulikai beszabályozást, a hőközpont korszerűsítését, az alacsony hőmérsékletű távfűtést, a mérést, az üzleti modelleket és az esettanulmányokat.
A megértés ellenőrzése	Használj a kérdésbankból kiválasztott kérdéseket megbeszélésre, rövid órai ellenőrzésekre, formatív értékelésre vagy LMS-alapú kvízekre.
Alkalmazott mérnöki készségek fejlesztése	Használd a gyakorlati felújítási feladatot csoportmunkához, házi feladathoz, projekt alapú tanuláshoz vagy irányított mérnöki megbeszéléshez.
Gazdasági és stratégiai döntéshozatal támogatása	A gazdasági esettanulmány segítségével vitassa meg a tulajdonosi modelleket, a tarifákat, a finanszírozási stratégiákat, az érdekelt felek nézőpontjait és az érzékenységelemzést.
Esettanulmány-megbeszélés támogatása	Használd a kézikönyv valós példáit a távfűtés-felújítás és a városi hálózatfejlesztés különböző megközelítéseinek összehasonlításához.
Független felülvizsgálat támogatása	Miután a tanulók áttanulmányozták a vonatkozó anyagokat, irányítsd őket a modulszintű önellenőrző teszthez.
Alkalmazkodás a helyi tanítási környezethez	A tananyagnak, a résztvevők szintjének és a szakmai kontextusnak megfelelően válassza ki, kombinálja vagy módosítsa a kézikönyv részeit, diákat, kérdéseket, gyakorlati feladatokat és esettanulmányokat.

Ajánlott tanulási útvonal önálló tanulók számára

A modult önállóan használó diákok és szakemberek az alábbi sorrendet követhetik.

Lépés	Javasolt tevékenység
Tekintse át a bevezető prezentációt	Ismerkedjen meg a modul főbb fogalmaival, terminológiájával és felépítésével.
Tanulmányozd az útmutató anyagait	Olvassa el az útmutatóban bemutatott részletes magyarázatokat, mérnöki alapelveket és felújítási koncepciókat.
Tekintse át a valós esettanulmányokat	Hasonlítsa össze, hogyan közelítik meg a felújítást és a városi távfűtés-fejlesztést különböző kontextusokban.
Nézze meg a modul videóját	A modulvideó és a hozzá tartozó értékelő kérdések segítségével vizsgálja meg a modul egy kiválasztott témáját, koncepcióját vagy gyakorlati aspektusát.
Töltsd ki az önellenőrző kvízt	Teszteld a modulban tárgyalt főbb fogalmak és technikai alapelvek megértését.
Próbáld ki a gyakorlati felújítási feladatot	A megszerzett tudás alkalmazása egy régi távfűtési rendszer diagnosztizálásával és egy priorizált felújítási stratégia javaslatával.
Tekintse át a gazdasági esettanulmányt	Fedezze fel, hogyan befolyásolják az üzleti modellek, a tarifák, a finanszírozás és az érdekelt felek érdekei a távfűtés korszerűsítésével kapcsolatos döntéseket.
Tekintse át a kérdésbankot	Használd a kérdéseket átismétlésre, megbeszélésre vagy az értékelésre való felkészülésre.

Elérhető segédanyagok

Az elérhető tanulási források és értékelési anyagok a következők:

- a modul témáihoz tartozó prezentációs diák,
- egy újrafelhasználható kérdésbank,
- egy modul szintű önellenőrző kvíz,
- egy modulvideó csatolt értékelési kérdésekkel,
- egy hagyományos távfűtési rendszer diagnosztizálásán és korszerűsítésén alapuló gyakorlati felújítási feladat,
- egy gazdasági osztálytermi esettanulmány a távfűtés korszerűsítésével kapcsolatos döntéshozatalról, üzleti modellekről, tarifákról, finanszírozásról és az érdekelt felek nézőpontjairól,
- a gazdasági esettanulmányt támogató diák.

A gyakorlati feladat és a gazdasági esettanulmány felhasználható csoportmunkához, házi feladatokhoz, rövid műszaki vagy gazdasági jelentésekhez, szóbeli prezentációkhoz, posztermunkákhoz vagy osztálytermi megbeszélésekhez. Az oktatók a tanulók szintjétől, a rendelkezésre álló tanítási időtől és a kívánt tanulási eredményektől függően választhatnak egy vagy mindkét tevékenységet.

Tartalomjegyzék

1.1 Bevezetés ... 11
1.1.1 Történelmi kontextus és a régi rendszerek jelentette kihívás ... 11
1.1.2 A hagyományos (magas hőmérsékletű) távfűtés műszaki anatómiája ... 12
1.2 Intézkedések az épület és a másodlagos rendszer szintjén ... 15
1.2.1 Hőtechnikai burok korszerűsítése ... 15
1.2.2 Radiátorok, padlófűtés és rendszerátalakítások ... 15
1.2.3 Egycsöves rendszer felújítása ... 15
1.2.4 A hidraulikai egyensúlyhiány kihívása ... 16
1.2.5 1.2.5 A megoldás: strangszabályozás ... 17
1.3 Hőközpont modernizálás és lakásonkénti megoldások ... 18
1.3.1 Távhő- és hőszivattyúk felújítása lakótelepeken ... 18
1.3.2 Átállás alacsony hőmérsékletű távfűtésre (LTDH) ... 20
1.3.3 Technikai szempontok az átmenet során ... 22
1.3.4 Hőfogyasztás mérése és számlázása ... 23
1.4 A távfűtés üzleti modelljei és gazdasági vonatkozásai ... 25
1.4.1 Gyakori üzleti modellek ... 25
1.4.2 Bevételi források és költségstruktúrák ... 26
1.4.3 Hőárazás és motivációs tarifák ... 26
1.4.4 Átállás a „hő, mint szolgáltatás” rendszerre ... 26
ESETTANULMÁNYOK ... 26
1.5 Távfűtés-fejlesztés: Belvárosi területek bevonása ... 27
1.5.1 Bunhill Hő- és Energiahálózat, London [11] ... 27
1.5.2 Citigen Projekt, London [12] ... 29
1.5.3 Somers Town Decentralizált Energiahálózat, London [13] ... 30
1.5.4 Párizsi távfűtés és -hűtés fejlesztése [14] ... 32
1.5.5 Ivóvízhálózat, mint hőforrás, Koppenhága [15] ... 34
1.5.6 Dinamikusan Elosztott Távfűtés, Helsinki [16] ... 36
Bibliográfia ... 38

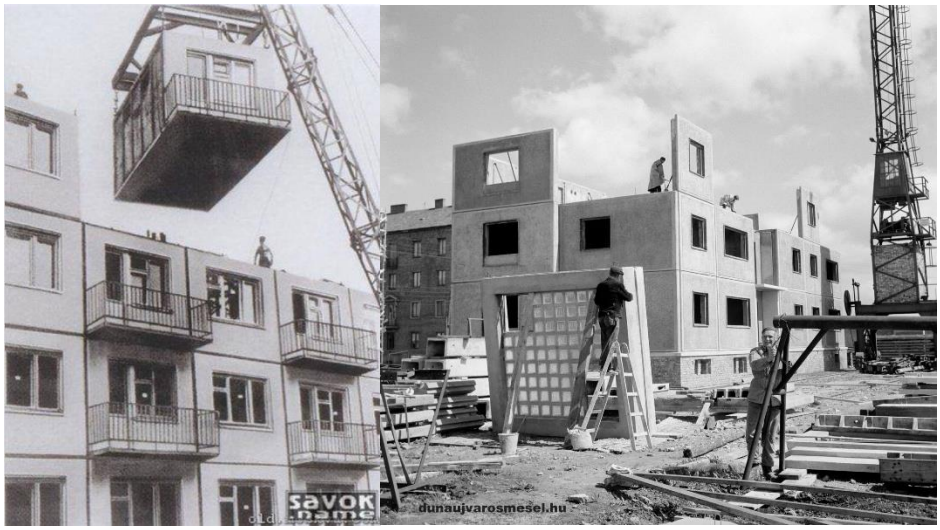
1.1 Bevezetés

A távfűtési (DH) rendszerek a városi energiainfrastruktúra kritikus elemei: központosítják a hőtermelést, és szigetelt csövek hálózatán keresztül osztják el a hőenergiát több végfelhasználóhoz, lehetővé téve a méretgazdaságos termelést, a nagy hőforrások könnyebb integrációját és – potenciálisan – alacsonyabb városi kibocsátásokat, mint az egyedileg fűtött épületek. Számos európai DH hálózatot azonban évtizedekkel ezelőtt olyan tervezési feltételezések és energiaár-rendszerek mellett építettek, amelyek jelentősen eltérnek a mai dekarbonizációs céloktól. Ezért sürgető a meglévő rendszerek korszerűsítése és felújítása: a felújítás nemcsak az elveszett hatékonyságot állítja vissza, hanem lehetővé teszi az alacsony exergiájú hőforrások, az intelligens vezérlések és az új üzleti modellek integrációját is, amelyek együttesen a DH-t az alacsony szén-dioxid-kibocsátású városok alapvető technológiájává alakíthatják. Ez a fejezet a távfűtési rendszerek felújításának műszaki, gazdasági és intézményi dimenzióit szintetizálja.

1.1.1 Történelmi kontextus és a régi rendszerek jelentette kihívás

Sok távfűtési rendszert, különösen Kelet-Európában és a volt szovjet országokban, a viszonylag olcsó primerenergia korában terveztek, és rossz hőszigetelésű, nagy lakótömbökhöz optimalizáltak. Ezek a „magas hőmérsékletű” rendszerek jellemzően 100–130 °C közötti előremenő hőmérséklettel és 60–70 °C körüli visszatérő hőmérséklettel működtek, nagy átmérőjű szigetelt csöveket használtak, és gyakran központi fosszilis tüzelőanyag-erőművekre vagy nagy kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő (CHP) egységekre támaszkodtak. Az ilyen tervezési paraméterek megfeleltek az akkori magas hőigénynek és a korlátozott épületszigetelésnek, de ellentmondást mutatnak a mai célokkal: ezek a rendszerek nagy átviteli veszteségekkel küzdenek, nem hatékonyak a modern, alacsony energiaigényű épületekben, és rosszul illeszkednek az alacsony exergiájú hőforrásokhoz (pl. geotermikus energia, környezeti hő, ipari hulladékhő vagy nagy hőszivattyúk).

A korai távfűtési rendszerek komoly kihívást jelentenek a mai elvárásokhoz képest. A magas előremenő hőmérséklet és a nem megfelelő csőszigetelés miatt nagy hőveszteséggel működnek, amelyek idővel folyamatosan romlanak. Továbbá ezek a rendszerek nagyon korlátozottan csatlakozhatnak alacsony exergiájú hőforrásokhoz, például napkollektorokhoz, geotermikus hőhöz vagy hőszivattyúkhoz. Az ilyen rendszerek magas karbantartási költségekkel járnak, ami csökkenti a hatékonyságukat. A fogyasztói oldalon egyre több épületet újítanak fel, ami csökkenti a szállítandó energia mennyiségét, így a nyomásszabályozás elengedhetetlenné válik. Emiatt kevésbé alkalmas modern, alacsony energiaigényű épületek és lakóközösségek számára.



1. ábra 1ábra 2ábra 3ábra 4ábra 5ábra 6ábra 7ábra 8ábra 9ábra 10ábra . Lakásonkénti hőfogyasztásmérés [10]

1.1.1.1 Az egycsöves és a kétcsöves rendszerek kihívása

Az egyedi mérés megvalósításának egyszerűségét nagymértékben meghatározza az épület belső csőhálózata. Kétcsöves rendszerekben, ahol minden lakásnak egyértelmű, egyetlen be- és kilépési pontja van a fűtési köréhez, az egyedi mérés könnyen megvalósítható. Ez lehetővé teszi egyetlen lakásszintű mérő telepítését, amely nagy pontosságú számlázási adatokat szolgáltat.

Ezzel szemben a hagyományos egycsöves rendszerek jelentős technikai akadályt jelentenek. Mivel egyetlen függőleges cső (csővezeték) gyakran több különböző lakás egy-egy helyiségét szolgálja ki, fizikailag lehetetlen egyetlen mérőórát felszerelni, amely egy adott lakás teljes fogyasztását méri. Ezekben a régebbi lakótelepeken a felújítás gyakran szükségessé teszi az egyes radiátorokra szerelt fűtési költségmegosztók használatát, vagy ideális esetben a belső hálózat teljes átalakítását egy vízszintes, lakásalapú elosztórendszerre a modern számlázási szabványok figyelembevétele érdekében.

1.2 A távfűtés üzleti modelljei és gazdasági vonatkozásai

Egy távfűtési rendszer (DH) pénzügyi és strukturális keretrendszere ugyanolyan kritikus, mint a műszaki tervezése. Mivel ezek a rendszerek hatalmas kezdeti tőkét igényelnek, sikerük a hosszú távú tervezéstől, a stabil finanszírozástól és egy olyan üzleti modelltől függ, amely összehangolja az üzemeltető érdekeit a közösség céljaival.

1.2.1 Gyakori üzleti modellek

A távfűtési rendszer tulajdonlása és üzemeltetése jelentősen befolyásolja annak stratégiai prioritásait, a karbonsemlegességtől a fogyasztói árképzésig.

Közműmodell: Az északi országokban, mint Dánia és Svédország, túlnyomórészt az önkormányzatok tulajdonában lévő rendszerek. Elsődleges hangsúly a megfizethetőségen, az energiabiztonságon és a helyi klímacélok elérésén van. A nyereséget jellemzően az infrastruktúrába újrabefektetik, vagy a lakosok tarifáinak csökkentésére használják fel.

Magán közműmodell: Gyakori a liberalizált energiapiacokon, ezeket a jövedelmezőségre és működési hatékonyságra összpontosító magáncégek üzemeltetik. Bár magántőkét hoznak az asztalra, kormányzati ösztönzőkre vagy szigorú szabályozásokra lehet szükségük a dekarbonizációba történő hosszú távú befektetések biztosításához a rövid távú nyereség helyett.

Köz-magán partnerség (PPP): Ez a modell a közérdek és a magánszektor hatékonyságának egyensúlyára törekszik. A tulajdonjog és a kockázatok megosztásával a közszféra társadalmi és környezeti célokat érhet el, miközben a teljesítményalapú szerződések révén kihasználja a magánbefektetéseket és a vezetői szakértelmet.

Kooperatív modell: Ebben a közösségközpontú megközelítésben a végfelhasználók maguk birtokolják a rendszert. A profitot vagy megosztják, vagy újrabefektetik a szolgáltatás fejlesztésébe. Ez a modell különösen hatékony kisebb településeken és „ökofalvakban", mivel elősegíti a magas szintű helyi elfogadottságot és átláthatóságot.

1.2.2 Bevételi források és költségstruktúrák

Míg az épületeknek történő hőértékesítés továbbra is az elsődleges bevételi forrás, a modern távfűtési rendszerek diverzifikálják bevételeiket. Az üzemeltetők egyre inkább kiegészítő szolgáltatásokat keresnek, például rugalmasságot biztosítanak az elektromos hálózatnak nagyméretű hőszivattyúk vagy hőtárolás használatával. Ezenkívül az állami támogatások, a zöld hő betáplálási tarifái és a kibocsátáskereskedelmi rendszerek keretében biztosított szén-dioxid-kibocsátási kvóták létfontosságú pénzügyi támogatást nyújtanak a fosszilis tüzelőanyagokról való átálláshoz.

A kiadási oldalon az OPEX magában foglalja az tüzelőanyagok (ha vannak), a szivattyúzáshoz szükséges villamos energia és a folyamatos karbantartás költségeit. Egy felújított, alacsony hőmérsékletű hálózatban ezek a költségek jelentősen alacsonyabbak, mint a hagyományos rendszerekben, mivel a hőveszteségek minimalizálódnak, és csökken a drága fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség.

1.2.3 Hőárazás és motivációs tarifák

Az árképzési modelleket úgy tervezték, hogy „költségalapúak" legyenek, miközben biztosítják a fűtés megfizethetőségét. A legtöbb struktúra egy fix díjból áll, amely az infrastruktúrát és a karbantartást fedezi, valamint egy változó díjból, amely a tényleges energiafogyasztáson alapul (MWh-ban vagy GJ-ban mérve).

A modern távfűtés-gazdálkodás egyik kritikus eszköze a motivációs tarifa. Ez a struktúra bünteti azokat a fogyasztókat, akik túlzottan magas hőmérsékleten juttatják vissza a vizet a hálózatba. Azzal, hogy pénzügyi ösztönzőt teremt a lakosok és az épületüzemeltetők számára a belső másodlagos rendszereik optimalizálására, az üzemeltető csökkentheti a teljes hálózat visszatérő hőmérsékletét, ami a rendszer egészére kiterjedő hatékonyság alapvető követelménye.

1.2.4 Átállás a „hő, mint szolgáltatás" rendszerre

A távfűtési gazdaságtan jövője a teljesítményalapú szerződések és a szolgáltatásorientált modellek felé tolódik el. A fűtés mint szolgáltatás modellben az ügyfelek nem energiaegységekért fizetnek, hanem egy garantált komfortszintért (pl. állandó 20°C-os beltéri hőmérséklet). Ez megváltoztatja az ösztönzőket: a szolgáltató most nagyobb profitot termel azáltal, hogy hatékonyabbá teszi az épületet és kevesebb energiát fogyaszt. A digitális és intelligens távfűtési integrációval kombinálva ezek a modellek lehetővé teszik a dinamikus árképzést és a keresletoldali választ, így a fűtési hálózatot egy rendkívül optimalizált, fogyasztóbarát szolgáltatássá alakítják.

ESETTANULMÁNYOK

1.3 Távfűtés-fejlesztés: belvárosi területek bevonása

1.3.1 Bunhill Hő- és Energiahálózat, London [11]

Az Islington kerületben található Bunhill Heat and Power Network globális mérföldkőnek számít a városi energiainnováció terén, lásd a 12. ábrát. Ez a világ első olyan projektje, amely sikeresen hasznosítja a hulladékhőt egy földalatti vasúthálózatból – a londoni metróból –, hogy megfizethető, alacsony szén-dioxid-kibocsátású fűtést biztosítson a helyi lakosok és a középületek számára.

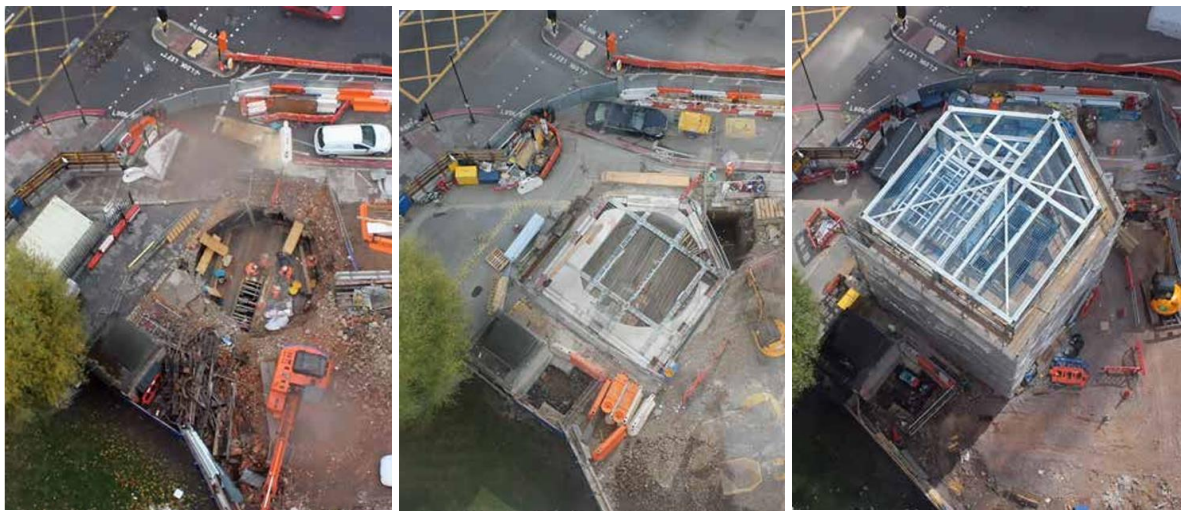
1.3.1.1 Az építés fázisai

1. fázis: Az alap létrehozása

A decentralizált energiamegoldásként indított 1. fázis középpontjában egy gáztüzelésű, kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő (CHP) erőmű állt a Central Streeten. Ebben a konfigurációban az áramtermelés melléktermékeként keletkező hulladékhőt távfűtésre hasznosították, ahelyett, hogy a légkörbe továbbították volna. Ez a kezdeti fázis hozta létre a hálózati infrastruktúrát, amely körülbelül 800 otthont és számos helyi középületet szolgált ki.

2. fázis: Úttörő a hulladékhő-visszanyerésben

A 2. fázisú bővítés jelentős technológiai ugrást jelent a korábban tárgyalt 4. generációs távfűtési alapelvek felé. A bővítés középpontjában egy új energiaközpont áll, amelyet a londoni metró szellőzőaknájának helyén, a Moreland Street és a Central Street sarkán építettek.



12. ábra 11ábra 12ábra 13ábra 14ábra 15ábra . 16ábra 17ábra 18ábra 19ábra 20ábra 21ábra 22ábra: A meglévő rendszer hőellátása három SMR egységgel alapterhelésként, referencia-forgatókönyv szerint, területspecifikus hőtárolók nélkül [16]

Bibliográfia

[1] https://dunaujvarosmesel.hu/2023/02/03/vakolokanal-helyett-toronydaru

[2] https://www.moksha.hu/utazas/pimp-my-pipe-szinezz-tavho-vezeteket#google_vignette

[3] https://www.directindustry.com/prod/hrs-heat-exchangers/product-90471-1637343.html

[4] https://www.hullokft.hu/my-portfolio/hocserelo-javitas/.

[5] Kiss Róbert, Távhőellátási zsebkönyv, Budapest. Műszaki Könyvkiadó, 1997.

[6] K. György, „Panelkorszerűsítés gyakorlati szemmel II.”, *Magyar Installateur,* vol. 2014. 10.

[7] https://www.proidea.hu/termekalkalmazasok-5/oventrop-haromjaratu-szelep-futotestkotes-10582.shtml.

[8] https://www.proidea.hu/termekalkalmazasok-5/oventrop-haromjaratu-szelep-futotestkotes-10582.shtml.

[9] https://designcenter.danfoss.com/products/climate-solutions-for-heating/stations/direct-heating-and-instantaneous-dhw/termix-vmtd-fb

[10] Horváth Gábor, A hőfogyasztásmérés elmélete és gyakorlata, Budapest: Sontex, 2008.

[11] www.islington.gov.uk.

[12] https://www.eonenergy.com/business/why-eon/case-studies/citigen.html?utm.

[13] https://www.vitalenergi.co.uk/case-studies/somers-town-decentralised-energy-network.

[14] https://urban-leds.org/wp-content/uploads/2019/resources/case_studies/ICLEI_cs_Paris-case-study.pdf.

[15] H. Hubeck-Graudal, J. Kjeld Kirstein, T. Ommen, M. Rygaard és B. Elmegaard, „Ivóvízellátás, mint alacsony hőmérsékletű forrás a távfűtési rendszerben: esettanulmány Koppenhága városára”, *Energy,* vol. 194, 2020.

[16] M. Rämä, E. Pursiheimo, D. Sundell és R. Abdurafikov, „Dinamikusan elosztott távfűtés egy meglévő rendszerben”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 189. évf., 2024.

[17] https://www.decentralized-energy.com.

[18] www.szovatherm.hu