SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities

Co-funded by the European Union

Szakmai intenzív továbbképzés Távfűtési és távhűtési rendszerek

A SHaKE távfűtési és távhűtési rendszerekről szóló oktatási csomag része

Képzési kézikönyv

Határás szakmai továbbképzési tananyag

Verzió: 1.0
Dátum: 2026. augusztus

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

Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities (SHaKE)
2023-1-HU01-KA220-HED-000160219

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

Szerzők és közreműködők
A képzési kézikönyv a SHaKE hat jóváhagyott modulútmutatójának felhasználásával készült. A szerzők és közreműködő intézmények az egyes modulok elején szerepelnek.

Szerkesztő
Szalma Éva

Az uniós finanszírozás elismerése és felelősségkizáró nyilatkozat

Az Európai Unió finanszírozásával. A kifejtett nézetek és vélemények kizárólag a szerző(k) álláspontját tükrözik, és nem feltétlenül egyeznek meg az Európai Unió vagy a Tempus Közalapítvány álláspontjával. Sem az Európai Unió, sem a támogató hatóság nem tehető felelőssé értük.

Koordinátor
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Magyarország

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

Köszönetnyilvánítás
Ez a kiadvány a SHaKE projekt keretében készült. A konzorcium köszönetet mond valamennyi oktatónak, kutatónak, szakembernek és érintettnek, aki hozzájárult az oktatási anyagok kidolgozásához, véleményezéséhez és fejlesztéséhez.

Felhasználási engedély
Eltérő jelzés hiányában az anyag a Creative Commons Nevezd meg! 4.0 Nemzetközi (CC BY 4.0) licenc alapján érhető el. Az anyag megosztható és átdolgozható, amennyiben a SHaKE projektet és a szerzőket megfelelően feltüntetik, hivatkoznak a licencre, és jelzik az esetleges változtatásokat.

Javasolt hivatkozás:

SHaKE Konzorcium. Szakmai intenzív továbbképzés a távfűtési és távhűtési rendszerekről: Képzési kézikönyv. SHaKE projekt, 2026.

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

Útmutató a SHaKE szakmai intenzív továbbképzésének használatához

A SHaKE szakmai intenzív továbbképzése határás képzési csomag, amely a távfűtési és távhűtési (DHC) rendszerek aktuális technológiáiról, üzemeltetéséről és korszerűsítéséről ad célzott áttekintést szakemberek számára. A SHaKE oktatási csomag része, és közvetlenül a hat angol nyelvű O1 modulra épül.

A szakmai képzés nem dolgozza fel és nem foglalja össze a teljes O1 tananyag valamennyi témáját. Az egyes modulok fejlesztő partnerei kiválasztották a szakmai gyakorlat szempontjából legfontosabbnak ítélt prezentációs diákat. A kézikönyv elméleti részei ehhez a kiválasztott tartalomhoz igazodnak. Ahol lehetséges volt, megőriztük a jóváhagyott O1 útmutatók megfogalmazásait, biztosítva az összhangot a SHaKE ellenőrzött tananyagaival.

A képzés megtartásának elsődleges oktatási eszközei a hat rövidített prezentáció. A jelen kézikönyv a hozzájuk kapcsolódó elméleti hátteret és önellenőrző kérdéseket tartalmazza. A részletesebb magyarázatokat, további témákat, gyakorlatokat vagy esettanulmányokat kereső résztvevők a SHaKE projekt honlapján elérhető teljes O1 anyagokból tájékozódhatnak.

Célcsoportok

A képzés elsősorban a távhőellátásban és kapcsolódó területeken dolgozó szakembereknek és szakmai továbbképzésben részt vevőknek szól, többek között:

- távfűtési és távhűtési rendszerek üzemeltetői, mérnökei és műszaki munkatársai;
- épületgépész és energetikai mérnökök;
- energetikai tanácsadók és tervezők;
- önkormányzati és helyi energetikai tervezők;
- energiahatékonysággal, dekarbonizációval, valamint épületek vagy hálózatok korszerűsítésével foglalkozó szakemberek;
- távenergia-rendszerekről szóló rövid szakmai képzések oktatói és trénerei.

Ajánlott az energiarendszerek, az épületgépészet vagy a távfűtés és távhűtés alapjainak ismerete. A képzés szakmai áttekintést ad, és nem bevezető mérnökképzésként szolgál.

Tanulási eredmények

A szakmai intenzív továbbképzés végén a résztvevők képesek lesznek:

- ismertetni a korszerű távfűtési és távhűtési rendszerek szerepét az energiaátmenetben és az energiaközösségekben;
- értelmezni a fogyasztói oldallal, a hőközpontokkal és a primer hálózatokkal kapcsolatos főbb, a DHC szakmai gyakorlatában fontos fogalmakat;
- összehasonlítani a legfontosabb hőtermelési lehetőségeket, valamint ismertetni a hulladékhő, a hőszivattyúk és a megújuló hő integrációjának szerepét;
- bemutatni a távhűtés főbb technológiáit, a kapcsolt hő- és hidegtermelés és a hőenergia-tárolás szerepét;
- felismerni a gyakori üzemzavarokat, és megkülönböztetni az anomáliaészlelési és a hibaészlelési eljárásokat;
- azonosítani a hagyományos távfűtési rendszerek korszerűsítésének és az alacsonyabb hőmérsékletű üzemre való átállásnak a legfontosabb műszaki szempontjait;
- összekapcsolni a képzésben bemutatott műszaki ismereteket a távhőrendszerek tervezésével, üzemeltetésével és felújításával kapcsolatos gyakorlati döntésekkel.

Javasolt határás képzési ütemterv

A képzés az alábbi javasolt sorrendben, összefüggő határás programként tartható meg. Az oktatók a résztvevők szakmai hátteréhez igazíthatják a hangsúlyokat és az időbeosztást, miközben a hat modul közös tartalmi keretet biztosít.

Idő	Téma	SHaKE-modul	Szakmai fókusz
0:00–0:45	Bevezetés a korszerű távfűtésbe, távhűtésbe és az energiaközösségekbe	1. modul	A távhő szerepe az energiaátmenetben
0:45–1:30	Hő- és hidegenergia-igények, hőközpontok és szabályozás	2. modul	A fogyasztói oldal működésének megértése
1:30–2:30	Hőtermelés, hulladékhő, hőszivattyúk, megújuló energiaforrások	3. modul	Technológiai megoldások és integráció
2:30–3:15	Távhűtés és kapcsolt hő- és hidegtermelés	4. modul	Hűtéstechnológiák és ágazati összekapcsolás
3:15–4:15	Fejlett rendszerek, optimalizálás és digitális eszközök	5. modul	Üzemeltetés, szabályozás, digitalizáció, hibadiagnosztika
4:15–5:15	Meglévő távhőrendszerek felújítása	6. modul	Hagyományos rendszerek és fogyasztóoldali megoldások
5:15–6:00	Megbeszélés, esettanulmányok, önellenőrzés	Összes modul	Alkalmazás a szakmai gyakorlatban

Ajánlások oktatóknak

A prezentációk és a képzési kézikönyv egymást kiegészítő használatra készültek. A képzés javasolt menete:

A modul bemutatása a rövidített prezentációval. A diák szolgáljanak a képzés fő vizuális vázaként; a hangsúly a fejlesztő partner által kiválasztott szakmai témákon legyen.

A kézikönyv használata elméleti háttéranyagként. A kézikönyv kiadható előzetes olvasmányként, résztvevői segédanyagként vagy a foglalkozás során használható referenciaként. A rövidített prezentációk tartalmát követi, nem a teljes O1 modult.

Kapcsolódás a szakmai gyakorlathoz. A kiválasztott anyagokban szereplő példák, üzemeltetési következmények és esettanulmányok segítségével a résztvevők összevethetik a tanultakat saját rendszereikkel és tapasztalataikkal.

A megértés ellenőrzése. Az egyes modulok végén szereplő önellenőrző kérdések közvetlenül a modul után, rövid fejlesztő értékelésként vagy az utolsó megbeszélési szakaszban is felhasználhatók.

A képzés lezárása a modulokat összekapcsoló megbeszéléssel. Az utolsó 45 percben szakmai megbeszélés, kiválasztott esettanulmányok, önellenőrzés és a tanultak gyakorlati alkalmazásának áttekintése javasolt.

Javasolt tanulási útvonal a résztvevőknek

- Tekintsék át az egyes modulok rövidített prezentációit, és a megfelelő kézikönyvfejezetek segítségével mélyítsék el a műszaki ismereteket.
- Válaszolják meg a modulok önellenőrző kérdéseit, hogy azonosítsák a további áttekintést igénylő fogalmakat.

- A záró megbeszélésen kapcsolják össze a hat modul témáit, és vizsgálják meg, hogyan alkalmazhatók a technológiák és megközelítések saját szakmai környezetükben.
- Részletesebb ismeretekért, további oktatási anyagokért, feladatokért, esettanulmányokért és hivatkozásokért keressék fel a teljes felsőoktatási SHaKE-modulokat (https://www.shakeproject-dhc.eu/learning-materials/).

Értékelés és önellenőrzés

Minden modul öt rövid önellenőrző kérdéssel és megoldókulccsal zárul. Elsősorban a megértést támogató fejlesztő értékelésre szolgálnak, nem önálló vizsgaként. Az oktatók az egyes modulok után vagy a záró 45 perces megbeszéléshez válogatva is felhasználhatják őket.

Szükség esetén a megoldókulcsot rövid szakmai megbeszélés követheti arról, miért helyes az adott válasz, és hogyan jelenik meg az adott probléma valós távhőrendszerekben. Így az értékelés közvetlenül kapcsolódik a szakmai megítéléshez és alkalmazáshoz.

A képzés testreszabása

A javasolt ütemterv közös határás keretet ad, az oktatók azonban a résztvevők igényei szerint módosíthatják a példákat, a megbeszélés idejét és az egyes témák hangsúlyát. Az O2 képzés alapvető tartalmát a rövidített szakmai prezentációk határozzák meg. Több rendelkezésre álló idő esetén a teljes O1 modulok további anyagai kiegészítésként használhatók.

Elérhető képzési anyagok

Az O2 szakmai intenzív továbbképzés anyagai:

- a jelen egységes képzési kézikönyv a kiválasztott szakmai elméleti részekkel, valamint modulonkénti önellenőrző kérdésekkel és megoldókulcsokkal;
- hat rövidített szakmai prezentáció, a hat SHaKE modulhoz egy-egy;
- a teljes O1 SHaKE oktatási csomag, amely online elérhető további tanulmányozásra és tájékozódásra.

A szakmai prezentációkat és a megfelelő kézikönyvfejezeteket együtt célszerű használni: a prezentációk határozzák meg az intenzív képzés témaköreit, a kézikönyv pedig a hozzájuk tartozó, jóváhagyott elméleti hátteret biztosítja.

Tartalomjegyzék

Guide to using the SHaKE Professional Intensive Course 4

1. modul: Bevezetés a távfűtési rendszerekbe 9

1.1 Bevezetés a távfűtési rendszerekbe 9

1.2 A távfűtés előnyei és a hőellátás lehetőségei 9

1.3 Távfűtés Európában 10

1.4 Történeti fejlődés: a távfűtés generációi 10

1.4.1 Első generáció: gőzalapú hőelosztás 10

1.4.2 Második generáció: forróvíz-elosztás 10

1.4.3 Harmadik generáció: melegvíz-elosztás 11

1.4.4 Negyedik generáció: alacsony hőmérsékletű intelligens távfűtés 11

1.5 Megújuló energia a távfűtésben 11

1.5.1 Geotermikus energia 11

1.5.2 Hulladékból energiatermelés a távfűtésben: a bécsi Spittelau 11

1.6 Hulladékhő-hasznosítás és ötödik generációs energiaközösségek 12

1.7 Összegzés 12

1.8 Önellenőrző kérdések 12

2. modul: Az épületek hő- és hidegenergia-igénye 14

2.1 Hőközpontok és az alacsony visszatérő hőmérséklet jelentősége 14

2.2 Hőközponti kapcsolások 14

2.2.1 Egyfokozatú hőközponti kapcsolás 14

2.2.2 Párhuzamos kapcsolás 14

2.2.3 Soros kapcsolás 15

2.2.4 Kétfokozatú kapcsolás 15

2.2.5 A hőközponti kapcsolások összehasonlítása 15

2.3 Primer hálózati kialakítások 15

2.3.1 Kétvezetékes hálózat 15

2.3.2 Háromvezetékes hálózat 16

2.3.3 Kaszkád kapcsolású háromvezetékes hálózat 16

2.3.4 Négyvezetékes hálózat 16

2.4 Önellenőrző kérdések 16

3. modul: Hőtermelés 18

3.1 Hulladékhő Recovery and Classification 18

3.2 Hulladékhő Revalorization 19

3.2.1 Újrafelhasználás 19

3.2.2 Aktív technológiák 19

3.3 Vapor Compression Hőszivattyúk 20

3.3.1 Fő összetevők 20

3.4 Configurations and Connections for Hulladékhő Sources 21

3.4.1 Közvetlen csatlakozás a primer körhöz 21

3.4.2 Közbenső hőcserélő (közvetett rendszer) 21

3.4.3 Zárt kör szekunder hőhordozó közeggel 22

3.4.4 Tárolórendszerek (hőtároló tartályok) 22

3.4.5 Kapcsolódás levegő- vagy gázáramokhoz 22

3.5 Önellenőrző kérdések 22

4. modul: Távhűtés 24

4.1 Folyadékhűtők 24

4.1.1 A folyadékhűtők működése és típusai 24
4.1.2 Fő mutatók és hatékonyság 24
4.2 Abszorpciós hűtőgépek 25
4.2.1 Fő összetevők 25
4.2.2 Fontos paraméterek 25
4.2.3 Összehasonlítás gőzkompressziós rendszerekkel 25
4.3 Hőenergia-tárolás (TES) 26
4.3.1 A hőenergia-tárolás fő előnye a távhűtésben 26
4.3.2 A hőenergia-tárolás típusai 26
4.4 Önellenőrző kérdések 27
5. modul: Fejlett rendszerek a távfűtésben és -hűtésben 29
5.1 Why Malfunction Detection Matters 29
5.1.1 A távenergia-hálózatok meghibásodásainak áttekintése 29
5.1.2 Elérhető adatok és a hibafelismerés nehézségei 29
5.2 Anomáliaészlelés and Hibaészlelés 30
5.2.1 Normal Behaviour and Anomáliaészlelés 30
5.2.2 Classification and Machine-Learning-Based Hibaészlelés 31
5.3 Hibaészlelési példa: a hőcserélő elszennyeződése 31
5.3.1 Üzemeltetési szempontok 31
5.4 Önellenőrző kérdések 32
6. modul: Távfűtési rendszerek felújítása 33
6.1 A távfűtés szerepe és a felújítás szükségessége 33
6.1.1 Történeti háttér és hagyományos rendszerek 33
6.2 Building-Side Felújítás 33
6.2.1 Single-Pipe System Felújítás 34
6.2.2 Kompakt, moduláris hőközpontok 34
6.3 Átállás alacsony hőmérsékletű távfűtésre 34
6.3.1 Épületszintű átalakítások és a HMV-ellátás kihívásai 35
6.4 Hőfogyasztás mérése és elszámolása 35
6.5 Városi távhőrendszerek felújítása: esettanulmányok 35
6.5.1 Bunhill hő- és energiahálózat, London 35
6.5.2 Citigen projekt, London 36
6.5.3 Párizsi távfűtés és távhűtés fejlesztése 36
6.6 Önellenőrző kérdések 37

1. modul: Bevezetés a távfűtési rendszerekbe

Szakmai fókusz: A távhő szerepe az energiaátmenetben

Szerzők és közreműködők: Balázs Bokor, Zoltán Takács | Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

1.1 Bevezetés a távfűtési rendszerekbe

A távfűtés történetileg gazdasági és biztonsági megfontolásokra adott válaszként fejlődött ki. A korai alkalmazók célja a tüzelőanyag-hasznosítás javítása, az égéstermék-kibocsátás lakott területektől távolabbi összpontosítása és a lakóépületekben működő számos nagynyomású gőzkazánhoz kapcsolódó kockázatok csökkentése volt.

A 19. század végi kezdetektől – az Egyesült Államokban tevékenykedő Birdsill Hollyhoz hasonló úttörőktől – napjaink negyedik és ötödik generációs, alacsony hőmérsékletű, megújuló energiaforrásokat integráló hálózataiig a távfűtés jelentős átalakuláson ment keresztül.

1.2 A távfűtés előnyei és a hőellátás lehetőségei

A távfűtés számos előnyt kínál a lakossági, kereskedelmi és ipari fogyasztók hőellátásában. Egyik legfontosabb előnye a gazdaságosság. A központosított hőtermelés révén méretgazdaságossági előnyök érhetők el, így az egységnyi hő előállításának költsége alacsonyabb lehet, mint sok kisebb, önálló rendszer esetén. Az összevont üzemeltetési és karbantartási tevékenységek emellett csökkenthetik a szolgáltatási költségeket, mivel kevesebb erőforrást és szakembert igényelnek, mint a sok decentralizált berendezés.

Fontos előny, hogy a távhőrendszerek olyan megújuló energiaforrásokat, például geotermikus energiát, illetve olyan hulladékhő-forrásokat, például hulladékégetők hőjét is hasznosíthatják, amelyek egyedi épületeknél nem feltétlenül alkalmazhatók. Az EU célja, hogy 2050-re az épületállomány teljesen dekarbonizált és kibocsátásmentes legyen. A távfűtés hozzájárulhat e cél eléréséhez, mert a központosított hőellátás nélkül a fogyasztók jelentős része nem tudna megújuló energiát hasznosítani.

További előny a levegőminőség javítása. Ha a hőtermelő létesítmények a sűrűn lakott városi területeken kívül helyezkednek el, a lakosság közvetlen kitettsége az égéstermékeknek csökken. A központi létesítményekben a teljesítmény pontosabban szabályozható; fejlett automatizálási és terhelés-előrejelző eszközökkel a hőtermelés a fogyasztási igényekhez igazítható a fűtési idény során.

A távhőrendszereket különféle hőforrások táplálhatják, amelyek eltérő műszaki és környezeti előnyökkel rendelkeznek. Gyakoriak az önálló fűtőművek, amelyek földgázzal, biomasszával vagy olajjal működő kazánokban állítanak elő elosztásra szolgáló meleg vizet vagy gőzt. Kialakításuk és üzemeltetésük viszonylag egyszerű, ezért kisebb és nagyobb hálózatokban egyaránt használhatók.

A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő (CHP) létesítmények hatékonyabb megoldást jelenthetnek. Ezek villamos energiát termelnek, miközben az eközben keletkező hőt távfűtési célra hasznosítják. Az egyébként elvesző hőenergia felhasználásával a kapcsolt termelés összesített tüzelőanyag-hatásfoka jelentősen meghaladhatja a különálló hő- és villamosenergia-termelését.

Egyre több hálózat alkalmaz megújuló energiaforrásokat, például napkollektoros rendszereket, geotermikus kutakat és nagyméretű hőszivattyúkat. Ezek csökkenthetik az üvegházhatásúgáz-kibocsátást és a tüzelőanyagoktól való hosszú távú függést. Fontos lehetőség a hulladékhő-hasznosítás is: az ipari folyamatok, adatközpontok vagy hulladékégetők fölös hőjét összegyűjtik és a távfűtési hálózatba táplálják.

A korszerű távhőrendszerek gyakran többféle hőforrást integrálnak egyazon hálózatba. Ez növeli az ellátásbiztonságot, mivel egy forrás kiesése esetén más források is biztosíthatják az ellátást. Egyúttal lehetővé teszi a megújuló és visszanyert hő részarányának növelését az energiamixben.

1.3 Távfűtés Európában

A távfűtés elterjedtsége világszerte jelentősen eltér, ami az éghajlati viszonyok, a várostervezési hagyományok és az energiapolitika különbségeivel magyarázható. Észak-Európában és Skandináviában a távfűtésnek nagy hagyománya van. Dániában, Svédországban és Finnországban a városi fűtési igények több mint felét gyakran távhőrendszerek fedezik. Ezt a hideg éghajlat, a városközpontok nagy népsűrűsége és a központosított energiainfrastruktúrába történő hosszú távú beruházások is támogatják.

Nyugat-Európában az elmúlt évtizedekben felgyorsult a távfűtés terjedése. Németországban, Franciaországban és Hollandiában jelentősen bővültek a hálózatok, elsősorban a dekarbonizációs politikák és a fosszilis tüzelőanyagoktól való függés csökkentése miatt. A megújuló energiaforrások és a hulladékhő-hasznosítás integrációja a nemzeti klímacélok elérésének fontos eszközévé vált.

Ezzel szemben számos kelet-európai ország a szocialista időszakból örökölt kiterjedt távhőrendszereket. Ezek akár egész városokat is elláthatnak, ugyanakkor gyakran alacsony hatékonyság, jelentős hőveszteség és elavult infrastruktúra jellemzi őket. A csővezetékek szigetelésének javításától a régi kazánok megújuló hőforrásokra épülő rendszerekkel való kiváltásáig számos korszerűsítési program zajlik.

Európában az EU energiahatékonysági irányelve (EED) és a nemzeti szén-dioxid-kibocsátás-csökkentési célok meghatározó szerepet játszanak a távfűtés bővítésében és korszerűsítésében. E szabályozási keretek a rendszerhatékonyság javítását, valamint az alacsony szén-dioxid-kibocsátású és megújuló hőforrásokra való átállást ösztönzik.

1.4 Történeti fejlődés: a távfűtés generációi

A távfűtési technológia fejlődését gyakran különböző „generációkkal” írják le, amelyek a hőelosztás módjában, a hőmérsékleti szintekben és a rendszerintegrációban bekövetkezett változásokat jelölik. Négy generáció széles körben ismert, az energiaátmenet részeként pedig megjelent az ötödik is.

1.4.1 Első generáció: gőzalapú hőelosztás

Az első generációs távfűtési rendszerek a 19. század végén, az Egyesült Államokban megjelent gőzelosztásra épültek. A hőhordozó közeg magas – gyakran 100 °C-ot jóval meghaladó – hőmérsékletű gőz volt. Bár nagy mennyiségű hőt tudtak szállítani, jelentős elosztási veszteségekkel, a nagy nyomásból adódó biztonsági kockázatokkal és a fémcsövek korróziójával kellett számolni. Egyes gőzhálózatok ma is működnek, például New York Manhattan városrészében.

1.4.2 Második generáció: forróvíz-elosztás

A második generáció az 1930-as és 1970-es évek között, különösen a Szovjetunióban terjedt el. A hőhordozó közeg nyomás alatt tartott forró víz volt, amely így az adott nyomáson nem forrt fel. Az előremenő víz hőmérséklete jellemzően 120–200 °C között mozgott. A gőzrendszerekhez képest egyes biztonsági kockázatok csökkentek, de a szabályozás nehézkes maradt, a kiépítés jelentős munkát igényelt, és nagyok voltak az elosztási hőveszteségek.

1.4.3 Harmadik generáció: melegvíz-elosztás

A harmadik generációs távfűtés az 1970-es években terjedt el, és jelentős előrelépést hozott a hatékonyság és rugalmasság terén. Ezek a rendszerek 100 °C alatti előremenő hőmérséklettel

működnek; az előszigetelt csővezetékek csökkentik a veszteségeket. Elterjedtek a moduláris hőközpontok, amelyek megkönnyítik a telepítést és a karbantartást. Az alacsonyabb hőmérsékletek a megújuló energiaforrások és a hulladékhő integrálását is elősegítik.

1.4.4 Negyedik generáció: alacsony hőmérsékletű intelligens távfűtés

A negyedik generáció a jellemzően 50–70 °C közötti, alacsony hőmérsékletű hőelosztásra és az intelligens hálózati megoldásokra épül. A megújuló energiaforrások, a nagy hőszivattyúk és a hulladékhő-hasznosítás kiemelt szerepet kapnak. Ezek a rendszerek különösen alkalmasak a korszerű, jó hőszigetelésű, alacsony fűtési igényű épületek ellátására. Digitális szabályozásuk pontos terheléskezelést és optimalizálást tesz lehetővé.

1.5 Megújuló energia a távfűtésben

1.5.1 Geotermikus energia

A geotermikus energia a távhőrendszerek egyik legkiegyensúlyozottabb és fenntartható hőforrása. Föld alatti hőtároló rétegekből kinyert hőenergiát hasznosítanak, amely közvetlenül betáplálható a távhőhálózatba, vagy hőszivattyúval magasabb hőmérsékletre emelhető. Izlandon nagy léptékű geotermikus távfűtés működik; Reykjavík hőigényének mintegy 90%-át így fedezik. A visszatérő vezetékek hője másodlagosan is hasznosítható, például utak és járdák hó- és jégmentesítésére. A kiépítést követően a geotermikus távfűtés előnye az alacsony üzemeltetési költség és a csekély CO_2-kibocsátás. Alkalmazhatóságát azonban erősen meghatározzák a helyi geológiai viszonyok és a hozzáférhető geotermikus készletek.

Izlandon a visszatérő távhővezetékek alacsonyabb hőmérsékletű geotermikus vizét utak és járdák fűtésére, hó- és jégolvasztásra is felhasználják, javítva a téli közlekedés biztonságát.

1.5.2 Hulladékból energiatermelés a távfűtésben: a bécsi Spittelau

A hulladékból történő energiatermelés (WtE) olyan technológia, amely hasznos hőt és villamos energiát nyer a máskülönben lerakóba kerülő települési szilárd hulladékból. A hulladékot ellenőrzött körülmények között elégetik; a felszabaduló hővel gőzt termelnek. A gőz turbinákat hajthat a villamosenergia-termeléshez, miközben kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés (CHP) keretében a távhőrendszert is ellátják. A korszerű hulladékhasznosító üzemek azáltal is hozzájárulnak a fenntartható hulladékgazdálkodáshoz, hogy csökkentik a maradék hulladék térfogatát, visszanyerik az égési maradványok újrahasznosítható anyagait, és mérséklik a lerakás környezeti terheit. A helyi hőforrás az ellátásbiztonságot és az erőforrás-hatékonyságot erősíti, és kiegészítheti a megújuló energiát alkalmazó technológiákat.

Az üzem jellegzetes építészeti átalakítása Friedensreich Hundertwasser osztrák művész és építész munkája; az épület Bécs egyik ismert látványosságává vált.

- Az 1990-es évekbeli felújítás után Friedensreich Hundertwasser építész tervei alapján alakították ki.
- 60 000 otthon hőellátása.
- 50 000 otthon villamosenergia-ellátása.
- Évente 250 000 tonna hulladék feldolgozása.
- 120 000 MWh villamos energia és 500 000 MWh hő termelése.
- Jelentősége: a városi hulladékgazdálkodás és a hatékony kapcsolt energiatermelés összekapcsolása.

1.6 Hulladékhő-hasznosítás és ötödik generációs energiaközösségek

A meglévő folyamatokban keletkező többlethő visszanyerése hatékonyan növeli a távfűtés fenntarthatóságát. Az egyébként környezetbe távozó hő hasznosítása csökkenti a kibocsátásokat,

javítja a rendszer hatásfokát és mérsékli a primerenergia-felhasználást. A negyedik generációs távhőhálózatok viszonylag alacsony előremenő hőmérséklete műszaki és gazdasági szempontból is lehetővé teszi többféle alacsony hőmérsékletű hulladékhő-forrás integrációját.

Az ötödik generáció jelenleg terjedő megoldásai alapvető szemléletváltást képviselnek. A hálózatok a talaj környezeti hőmérsékletén vagy ahhoz közel, mintegy 10–25 °C-on működnek. Az épületekben decentralizált hőszivattyúk emelik a hőmérsékletet a fűtéshez, illetve nyáron hűtést biztosítanak. A kétirányú hőáramlás révén az épületek fogyasztóként és termelőként is működhetnek (termelő-fogyasztók, azaz prosumerek), a fölös hőt a hálózatba táplálhatják más felhasználók számára. A rendkívül alacsony üzemi hőmérséklet miatt az elosztási veszteségek közel nullára csökkenthetők. A rendszer jól kapcsolható szezonális hőenergia-tároláshoz és a fűtést, hűtést, valamint villamos energiát összekapcsoló ágazati integrációhoz. Példa erre a franciaországi Paris-Saclay hálózat, amelynek alapja a decentralizált energiamegosztás és a megújuló energia integrációja.

1.7 Összegzés

A távfűtés bevált, rugalmasan alkalmazható és egyre fontosabb része a fenntartható városi energiarendszereknek. A 19. század gőzhálózataitól az intelligens, megújuló energiaforrásokra építő ötödik generációs hálózatokig a technológia a változó környezeti, gazdasági és társadalmi igényekhez igazodva fejlődött.

A jövőben a távfűtés nem csupán hőszolgáltatás lesz, hanem integrált városi hőenergia-infrastruktúra, amely támogatja az ellátásbiztonságot, a rugalmasságot és a klímasemlegességet.

1.8 Önellenőrző kérdések

Válassza ki a legjobb választ! A megoldókulcs alább található.

1. Mi volt az első generációs gőzalapú távfűtés kialakulásának egyik fő oka?

- A. Az épületenkénti egyedi villanykazánok alkalmazásának támogatása
- B. A lakóépületekben bekövetkező kazánbalesetek kockázatának csökkentése
- C. Az elosztó csővezetékek szükségességének megszüntetése
- D. A hálózatok környezeti hőmérsékleten történő üzemeltetése

2. Melyik jellemző tartozik a harmadik generációs távfűtéshez?

- A. Nagyon nagy nyomású gőzelosztás
- B. 120 °C feletti forró víz betoncsatornákban
- C. 100 °C alatti előremenő hőmérséklet, előszigetelt csövek és moduláris hőközpontok
- D. Kizárólag környezeti hőmérsékletű, kétirányú hálózatok

3. Milyen előremenő hőmérséklet jellemző a negyedik generációs távfűtésre?

- A. 10–25 °C
- B. 50–70 °C
- C. 120–200 °C
- D. 200 °C felett

4. Melyik állítás jellemzi legjobban a geotermikus energia távfűtési hasznosítását?

- A. Független a helyi geológiai adottságoktól
- B. A hőforrásnál mindig tüzelésre van szükség
- C. Alacsony üzemeltetési költségű, kis CO_2-kibocsátású hőt biztosíthat, de alkalmazhatósága a geológiai viszonyoktól függ
- D. Kizárólag villamosenergia-termelésre alkalmas

5. Mi az ötödik generációs távhő-energiaközösségek egyik meghatározó sajátossága?

- A. Egyetlen magas hőmérsékletű hőtermelőből kiinduló, egyirányú hőellátás
- B. Kétirányú hőáramlás, amelyben az épületek fogyasztóként és termelőként is működnek
- C. Kizárólag gőz alkalmazása hőhordozó közegként
- D. A hőszivattyúk teljes elhagyása a csatlakozó épületekből

Megoldókulcs

1	2	3	4	5
B	C	B	C	B

Forrásmegjegyzés: Az elméleti szöveg a SHaKE jóváhagyott 1. modulútmutatójából válogatott tartalom, a kiválasztott O2 prezentáció témái szerint. A teljes hivatkozásjegyzék az eredeti útmutatóban található.

2. modul: Az épületek hő- és hidegenergia-igénye

Szakmai fókusz: A fogyasztói oldal és a hőközpontok működésének megértése

Szerzők és közreműködők: Dr. Antoine Fabre, Dr. Pascal Stabat | Mines Paris – PSL

2.1 Hőközpontok és az alacsony visszatérő hőmérséklet jelentősége

A hőközpontok legfontosabb elemei a hőcserélők. Ezek hidraulikailag elválasztják a primer és szekunder hálózatot, miközben átadják a szükséges hőteljesítményt. Egy hőközpontban egy vagy több hőcserélő szolgálhatja a helyiségfűtést és a használati melegvíz (HMV) előállítását, illetve javíthatja a rendszer működését. A primer visszatérő hőmérséklet csökkentése és a távhőhálózat teljesítményének javítása szempontjából meghatározó a hőcserélők hatásfoka. Gyakran ellenáramú lemezes hőcserélőket alkalmaznak, mert kompaktabbak és hatékonyabbak más típusoknál.

Üzem közben a szükséges hőteljesítmény és a szekunder előremenő hőmérséklet változik, többnyire a külső hőmérséklet függvényében. Állandó primer tömegáram mellett a csökkenő teljesítményigény kedvezőtlenül növelheti a primer visszatérő hőmérsékletet változatlan primer előremenő hőmérséklet esetén. Ezt a távhőhálózat hatásfokának megőrzése érdekében kerülni kell. Ezért a primer tömegáramot a szekunder oldal igényéhez kell igazítani. Ezt a hőcserélő primer oldalán elhelyezett szabályozószelep, a szabályozó, az előremenő hőmérséklet alapjelgörbéje és a szekunder előremenő hőmérsékletet mérő érzékelő teszi lehetővé.

A szabályozó a mért és a beállított szekunder előremenő hőmérséklet eltérése alapján nyitja vagy zárja a szabályozószelepet.

2.2 Hőközponti kapcsolások

Az elemek méretezése után meg kell határozni a hőközpont teljes hidraulikai kapcsolását. Mivel a hőközpont jellemzően helyiségfűtést és HMV-ellátást is biztosít, gyakran legalább két hőcserélőt alkalmaznak. Ezért a hőközpontoknak több elterjedt hidraulikai kapcsolási módja van.

2.2.1 Egyfokozatú hőközponti kapcsolás

Ez a megoldás két hőcserélőt is tartalmazhat, de a primer és szekunder oldal határán csak egy helyezkedik el.

Ezt a kapcsolást ritkábban alkalmazzák, és kevésbé hatékony az alábbi megoldásoknál. Bár egyszerű, a HMV-ellátás miatt rendszerint legalább 60 °C-os betáplálást igényel, ami magasabb primer visszatérő hőmérséklethez vezet.

2.2.2 Párhuzamos kapcsolás

A párhuzamos kapcsolás a legelterjedtebb hőközponti kialakítás. A helyiségfűtést és a HMV-ellátást külön hőcserélő biztosítja, ugyanarról az előremenő vezetékről, azonos hőmérséklettel.

Mindkét hőcserélő külön szabályozórendszerrel működik, eltérő szekunder előremenő hőmérsékleti alapértékekkel.

A kapcsolás szabályozása és telepítése egyszerű, költsége viszonylag alacsony.

2.2.3 Soros kapcsolás

Soros kapcsolás esetén a helyiségfűtést és a HMV-ellátást két hőcserélő biztosítja. Az egyik hőcserélő primer visszatérő vizének hője teljesen vagy részben felhasználható a másik hőcserélő hőigényének kielégítésére.

A helyiségfűtés szükséges hőmérsékletétől függően a HMV-hőcserélő táplálhatja a fűtési hőcserélőt, vagy fordítva. A HMV előállítási hőmérséklete mintegy 55–60 °C. Ha a fűtési hőleadók ennél alacsonyabb előremenő hőmérsékletet igényelnek, a HMV-hőcserélő primer visszatérő vize felhasználható a fűtési hőcserélő ellátására. Ellenkező esetben a fűtési hőcserélő visszatérő vize táplálhatja a HMV-hőcserélőt.

A soros kapcsolás kialakítása és szabályozása összetettebb.

2.2.4 Kétfokozatú kapcsolás

A kétfokozatú hőközpont három hőcserélőt tartalmaz. A helyiségfűtés és a HMV-ellátás két párhuzamos hőcserélővel történik, a harmadik pedig a másik két hőcserélő visszatérő ágához kapcsolódva előmelegíti a használati meleg vizet. Ez csökkenti az összesített primer visszatérő hőmérsékletet, és javítja a hálózat hatékonyságát.

Ez a kialakítás egyesíti a párhuzamos és a soros kapcsolás előnyeit: viszonylag könnyen telepíthető és szabályozható, miközben csökkenti a primer visszatérő hőmérsékletet. A gyakorlatban azonban gyakran a párhuzamos kapcsolást választják, mert a hatékonyságnövekedés nem feltétlenül ellensúlyozza a harmadik hőcserélő többletköltségét.

2.2.5 A hőközponti kapcsolások összehasonlítása

Kapcsolás	Hatékonyság	Költség	Összetettség
Egyfokozatú	--	+	0
Párhuzamos	+	+	+
Soros	-	-	--
Kaszkád / kétfokozatú	++	--	-

2.3 Primer hálózati kialakítások

A szekunder hálózat és a hőközpont megtervezése után a primer hálózat méretezése következik. Ez a fejezet a primer hálózat kialakításának és a csővezetékek méretezésének lehetőségeit mutatja be.

A primer csővezetékek alapfeladata, hogy a hőtermelő létesítménytől meleg vizet szállítsanak a hőközpontokhoz, és a lehűlt vizet visszavezessék. A választott stratégiától függően több, eltérő hőmérsékletű csővezeték is alkalmazható.

2.3.1 Kétvezetékes hálózat

A legegyszerűbb kétvezetékes hálózatot rendszerint helyiségfűtéshez és HMV-ellátáshoz használják. Egy előremenő és egy visszatérő vezeték fut párhuzamosan. Ez a legolcsóbb és legegyszerűbb kialakítás. Az előremenő hőmérsékletet a csatlakozó hőközpontok legmagasabb hőmérsékletigényéhez igazítják. Az alacsonyabb hőmérsékletet igénylő fogyasztók ellátása így biztosítható, de a hálózat nem tudja teljes mértékben kiaknázni az alacsony visszatérő hőmérséklet előnyeit.

2.3.2 Háromvezetékes hálózat

A hálózat teljesítményének javítására egy harmadik, párhuzamos vezetéket is be lehet építeni, hogy különböző hőmérsékleteken történjen a hőellátás. Egy vezeték például a helyiségfűtést vagy a HMV-előállítást biztosíthatja, egy másik pedig az alacsony hőmérsékletű hőleadókkal rendelkező épületeket láthatja el. Ez költségesebb telepítésű, de csökkentheti a csővezetékek hőveszteségeit.

2.3.3 Kaszkád kapcsolású háromvezetékes hálózat

Egy magasabb hőmérsékletű hőközpont visszatérő vezetékét egy alacsonyabb hőmérsékletigényű hőközpont ellátására használják. Ez csökkenti a hőveszteséget és a visszatérő hőmérsékletet.

2.3.4 Négyvezetékes hálózat

A helyiségfűtést, HMV-ellátást és helyiséghűtést egyidejűleg biztosító távenergia-rendszerekben négy párhuzamos vezeték alkalmazható. Kettő a fűtéshez tartozik (meleg előremenő és visszatérő), kettő pedig a hűtéshez (hideg előremenő és melegebb visszatérő). Így minden igény egyszerre kielégíthető.

2.4 Önellenőrző kérdések

Válassza ki a legjobb választ! A megoldókulcs alább található.

1. Miért előnyös az alacsony primer visszatérő hőmérséklet a távhőhálózatban?

- A. Mert a hálózat így kizárólag gőzzel működhet
- B. Mert javítja a távhőhálózat összesített hatékonyságát
- C. Mert szükségtelenné teszi a hőcserélőket
- D. Mert magasabb szekunder előremenő hőmérsékletet igényel

2. Melyik a kézikönyv szerint legelterjedtebb hőközponti kapcsolás?

- A. Egyfokozatú kapcsolás
- B. Párhuzamos kapcsolás
- C. Soros kapcsolás
- D. Kétfokozatú kapcsolás

3. Mi a kétfokozatú hőközponti kapcsolás egyik legfontosabb előnye?

- A. Megszünteti a HMV-előállítást
- B. Növeli az összesített primer visszatérő hőmérsékletet
- C. A HMV előmelegítésével csökkenti az összesített primer visszatérő hőmérsékletet
- D. Csak egy hőcserélőt használ

4. Mi az alapvető kétvezetékes primer hálózat fő jellemzője?

- A. Egy meleg előremenő és egy visszatérő vezeték
- B. Két, különböző hőmérsékletű meleg előremenő vezeték
- C. Két fűtési és két hűtési vezeték
- D. A visszatérő vezetéket mindig második előremenőként használják

5. Melyik primer hálózati kialakítás alkalmas a fűtés és a hűtés egyidejű biztosítására?

- A. Kétvezetékes hálózat
- B. Háromvezetékes hálózat
- C. Négyvezetékes hálózat
- D. Egyvezetékes hálózat

Megoldókulcs

1	2	3	4	5
B	B	C	A	C

Forrásmegjegyzés: Az elméleti szöveg a SHaKE jóváhagyott 2. modulútmutatójából válogatott tartalom, a kiválasztott O2 prezentáció témái szerint. A teljes hivatkozásjegyzék az eredeti útmutatóban található.

3. modul: Hőtermelés

Szakmai fókusz: Technológiai lehetőségek és integráció

Szerzők és közreműködők: Ghad Alarnaout-Alarnaout, Dr. Adrián Mota-Babiloni (Universitat Jaume I de Castellón); Balázs Bokor (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem)

3.1 Hulladékhő-visszanyerés és osztályozás

Hulladékhőnek nevezzük az ipari, kereskedelmi vagy lakossági folyamatokban keletkező, de hatékonyan fel nem használt hőenergiát. Ez a hő gyakran a füstgázokkal, hűtőközegekkel vagy más áramokkal távozik a környezetbe. Bár hulladéknak tekintjük, ezek a hőáramok számottevő exergiát tartalmazhatnak, amely különféle hulladékhő-hasznosítási technológiákkal hasznosítható [1]. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) a hulladékhő-visszanyerést az energiahatékonyság javításának eszközeként tartja számon [2], mivel csökkentheti az ipari folyamatok energiafelhasználását és ezáltal az üvegházhatású gázok kibocsátását. A hulladékhő tehát gyakran kiaknázatlan energiahatékonysági lehetőség.

A hulladékhő eredete szerint is osztályozható: az ipari, kereskedelmi és egyéb folyamatok különböző hőmérsékleten termelnek többlethőt. A főbb források szerinti csoportosítás a következő:

Ipari hulladékhő:

- a) Acél-, cement- és üveggyártás.
- b) Vegyipar és kőolaj-finomítás.
- c) Élelmiszer-feldolgozás és papírgyártás.

Energiatermelésből származó hulladékhő:

- a) Hőerőművek (szén, földgáz, biomassza).
- b) Belső égésű motorok és gázturbinák.

Kereskedelmi és lakossági hulladékhő:

- Épületgépészeti (HVAC) rendszerek, hűtés és vízmelegítés.

Közlekedésből származó hulladékhő:

- Járművek kipufogógázai és súrlódási veszteségei.

Még a megújulóenergia-rendszerekben is keletkezhet visszanyerhető hulladékhő. Hőmérsékleti szint alapján a hulladékhő a hasznosíthatóság és a visszanyerési lehetőségek szerint csoportosítható; általában három vagy négy kategóriát különböztetnek meg.

Hőmérsékleti szint	Példák
Alacsony hőmérsékletű hulladékhő (<100 °C)	Hűtőtornyok és HVAC-rendszerek távozó hője; ipari szennyvíz hulladékhője; hűtő- és légkondicionáló rendszerek hője; alacsony hőmérsékletű füstgázok (pl. élelmiszeripar, sörfőzdék).
Közepes hőmérsékletű hulladékhő (100–300/400 °C)	Belső égésű motorok és turbinák kipufogógázai; kazánok, kemencék és szárítók hulladékhője; vegyipari és finomítói folyamatok; acél- és fémöntés.
Magas hőmérsékletű hulladékhő (>300/400 °C)	Acél-, cement- és üvegipari füstgázok; fémolvasztás és -finomítás hője; erőművi és hulladékégető füstgázok; magas hőmérsékletű kemencék és reaktorok.

3.2 A hulladékhő értéknövelő hasznosítása

A hulladékhő kinyerésének leggyakoribb eszközei a hőcserélők. A visszanyert hő közvetlenül is felhasználható, vagy aktív technológiákkal más hőmérsékleti szinten hasznosítható hőenergiává, illetve mechanikai vagy villamos energiává alakítható.

3.2.1 Közvetlen újrahasznosítás

A hőcserélők nemcsak a hulladékhő kinyerésére, hanem a visszanyert hő hasznosítására is szolgálnak. Primer és szekunder rendszerekben egyaránt alkalmazhatók:

1. Primer rendszerek: a hőcserélő közvetlenül a hulladékhőt szállító közegből adja át a hőt a fő hőhordozó közegnek, amely továbbítja azt a felhasználási helyre.

2. Szekunder rendszerek: a hulladékhő először egy közvetítő hőhordozó közegbe (például vízbe vagy olajba) kerül, majd egy második hőcserélő továbbítja a hasznosító közeghez.

Példák a hulladékhő közvetlen újrahasznosítására:

- Hőhasznosító gőzfejlesztő (HRSG): a forró füstgázok hulladékhőjét gőztermelésre hasznosító hőcserélő.
- Füstgáz-hőhasznosító (economizer): füstgázból vagy technológiai közegből nyeri vissza a hőt víz vagy levegő előmelegítésére.
- Hulladékhő-hasznosító kazán: a gázkazánhoz hasonló berendezés, amely azonban gáz elégetése helyett hulladékhővel melegít fel egy hasznos közeget, rendszerint vizet.

3.2.2 Aktív technológiák

Aktív hulladékhő-hasznosításról beszélünk, ha a visszanyert hő termodinamikai körfolyamatot működtet. Így más hőmérsékleti szinten hasznosítható hő, illetve mechanikai vagy villamos energia állítható elő.

A hulladékhő-hasznosítás két fő megközelítése különböztethető meg. Az első a hulladékhő mechanikai vagy villamos energiává alakítása. A leggyakoribb megoldások a vízgőzzel működő Rankine-körfolyamaton (SRC) vagy szerves munkaközegű Rankine-körfolyamaton (ORC) alapulnak. Termoelektromos generátorokkal a hő közvetlenül villamos energiává alakítható. A második megközelítés más hőmérsékleti szintű hőenergia előállítása. Ide tartoznak az abszorpciós és adszorpciós körfolyamatokra épülő, hővel hajtott hűtőrendszerek és a hőmérsékletszintet emelő hőszivattyúk. A hőszivattyúk hővel hajtott abszorpciós vagy adszorpciós, illetve gőzkompressziós elven is működhetnek.

A vízgőzös Rankine-körfolyamat (SRC) általában 400 °C feletti hőforrás esetén gazdaságosabb; közepes hőmérsékleten az ORC vagy a Kalina-körfolyamat alkalmazható. A termoelektromos generátorok hatásfoka kisebb, de kisebb villamos teljesítményigény és alacsony karbantartási igény esetén megfelelőek lehetnek.

Hővel hajtott, illetve gőzkompressziós körfolyamatokkal is előállítható hideg vagy magasabb hőmérsékletű hő. Az abszorpciós és adszorpciós eljárások hővel működnek; a hőmérsékletszint emelésére legelterjedtebb a gőzkompressziós körfolyamat.

3.3 Gőzkompressziós hőszivattyúk

A gőzkompressziós hőszivattyúk az alacsony hőmérsékletű hulladékhőt visszanyerik, és magasabb hőmérsékleti szinten hasznosíthatóvá teszik. A hőellátás villamosításával fontos szerepük van a dekarbonizációban, így a távfűtésben is. COP = a kondenzátoron leadott hőteljesítmény / a

kompresszor teljesítményfelvétele (jellemzően 2–6). A hulladékhő hasznosítása kisebb hőmérséklet-emelést igényel, ezért javíthatja a COP-t.

A hőszivattyú alapvető termodinamikai elveken működik: külső energia, rendszerint villamos vagy mechanikai munka felhasználásával az alacsonyabb hőmérsékletű hőforrásból a magasabb hőmérsékletű hőnyelőbe szállítja a hőt.

A termodinamika második főtétele (Clausius-megfogalmazás): a hő természetes úton a magasabb hőmérsékletről az alacsonyabb felé áramlik. A hőszivattyú külső munka befektetésével képes a hőt hidegebb térből melegebb térbe szállítani.

A termodinamika első főtétele (energiamegmaradás): a rendszer összes energiája megmarad:

Qin + W = Qout

Qin = az alacsony hőmérsékletű forrásból felvett hő (elpárologtató)

W = a bevitt munka (a kompresszor energiaigénye)

Qout = a magasabb hőmérsékletű hőnyelőnek átadott hő (kondenzátor)

A gőzkompressziós rendszerekben a hűtőközeg alacsony hőmérsékleten elpárolog, ezáltal hideget állít elő, magasabb hőmérsékleten pedig kondenzálódik (vagy lehűl), és hőt ad le.

A gőzkompressziós körfolyamat több egymást követő folyamatból áll, amelyek folyamatosan biztosítják a kívánt hűtési vagy fűtési hatást. A hűtőközeg mellett fő elemei az elpárologtató, a kompresszor, a kondenzátor és az expanziós (fojtó-) elem.

„A hűtőközeg a rendszer elemein ciklikusan áramló anyag, amely az elpárologtatóban alacsony hőmérsékleten hőt vesz fel, a kondenzátorban pedig magasabb hőmérsékleten hőt ad le. E folyamatok általában halmazállapot-változással járnak.”

3.3.1 Főbb alkotóelemek

1. Elpárologtató

Az elpárologtató olyan hőcserélő, amelybe a hűtőközeg alacsony hőmérsékletű, kétfázisú keverékként érkezik. A folyadék az elpárologtató nyomásához tartozó telítési hőmérsékleten párolog el, miközben a környezetéből felveszi az ehhez szükséges párolgáshőt.

2. Kompresszor

A hűtőközeg alacsony nyomáson és hőmérsékleten, gőz állapotban (rendszerint túlhevített gőzként) érkezik a kompresszorba. A kompresszor az elpárologtatóból érkező gőzt beszívja, majd mechanikusan összesűríti, aminek következtében a nyomás és a hőmérséklet megnő.

3. Kondenzátor

A kompresszorból magas nyomású és hőmérsékletű, túlhevített gőz lép a kondenzátorba. Mivel a környezet hőmérséklete kisebb a hűtőközeg telítési hőmérsékleténél, a közeg lehűl és lecsapódik. A kondenzátor átadja a környezetnek az elpárologtatóban felvett párolgáshőt és a kompresszió során bevitt energiát (érzékelhető hő és kondenzációs hő formájában); ez fűtési célra hasznosítható. A hűtőközeg folyadékként, rendszerint túlhűtötten távozik a kondenzátorból, és az expanziós elem vagy a folyadéktartály felé halad.

4. Expanziós elem

Az expanziós elem a kondenzátorból érkező, nagy nyomású hűtőközeg nyomását és hőmérsékletét csökkenti. A fojtás során a közeg kétfázisú folyadék–gőz keverékké válik. Ezután az elpárologtatóban

alacsony nyomáson és hőmérsékleten hőt tud felvenni a környezetéből, ezzel zárva a gőzkompressziós körfolyamatot.

3.4 Hulladékhőforrások bekötési módjai és rendszerkonfigurációi

A hulladékhő hőmérsékleti szint szerint osztályozható; a hőszivattyúk számára különösen alkalmas az alacsony hőmérsékletű, 100 °C alatti hulladékhő. Bár e hőmérséklet gyakran nem elegendő közvetlen ipari felhasználásra, épületek helyiségfűtésére és vízmelegítésére, valamint egyes ipari folyamatok hatékonyságának növelésére értékes lehet.

A hőszivattyúk az alacsony hőmérsékletű hőt a kívánt felhasználáshoz szükséges magasabb hőmérsékleti szintre emelik. Ipari folyamatok hűtővizéből is visszanyerhető az alacsony hőmérsékletű hulladékhő. A hulladékhő-hasznosító hőszivattyúk jellemző alkalmazásai:

- Szeszfőzdék
- Ipari mosodák
- Hulladékhő-hasznosítás távfűtésben
- Szupermarketek
- Adatközpontok

3.4.1 Közvetlen csatlakozás a primer körhöz

Alkalmazás: ez a megoldás akkor gyakori, amikor a hulladékhő forrása valamilyen keringő közeg, például meleg víz vagy füstgáz.

Kialakítás: a hőszivattyú hőcserélője közvetlenül csatlakozik a hulladékhőforrás köréhez, így annak közege közvetlenül a hőszivattyú elpárologtatóján vagy kondenzátorán áramlik át.

Előnyök: csökkenti a hőmérséklet-veszteséget, javítja a hatékonyságot, és nincs szükség közbenső hőcserélőre.

Hátrányok: a hőszivattyú és a hőforrás anyagainak, illetve hőmérsékleti viszonyainak teljesen kompatibilisnek kell lenniük, ami korlátozhatja a tervezést.

3.4.2 Közbenső hőcserélő (közvetett rendszer)

Alkalmazás: akkor előnyös, ha a hulladékhőt szállító közeg korrozív, szennyezett, vagy hőmérséklete meghaladja a hőszivattyú berendezéseinek határértékeit.

Kialakítás: egy kiegészítő, például lemezes vagy csöves hőcserélő a hulladékhőt közvetítő közegbe adja át, amely a hőszivattyú elpárologtatójához jut.

Előnyök: védi a hőszivattyút a szennyeződésektől, és lehetővé teszi a hőmérséklet szabályozását.

Hátrányok: további hőellenállást visz a rendszerbe, és növeli a karbantartási igényt.

3.4.3 Zárt kör szekunder hőhordozó közeggel

Alkalmazás: több, térben elkülönülő hulladékhőforrás, például épületszellőzés vagy ipari technológiai pontok hőjének összegyűjtésére alkalmas.

Kialakítás: a szekunder folyadékkör a különböző forrásokból összegyűjti és a hőszivattyúhoz csatlakozó hőcserélőhöz szállítja a hőt.

Előnyök: több forrás hőjének begyűjtését teszi lehetővé, és egyszerűsíti az elosztott hőforrások hőgazdálkodását.

Hátrányok: további csővezeték-infrastruktúra és adott esetben újabb szivattyúk szükségesek.

3.4.4 Tárolórendszerek (hőtároló tartályok)

Alkalmazás: változó vagy időszakosan rendelkezésre álló hulladékhőforrásokhoz különösen megfelelő.

Kialakítás: a hulladékhőt hőtároló tartályban halmozzák fel. A hőszivattyú ebből a tárolóból veszi fel a hőt csúcsigény idején vagy amikor a hőforrás nem működik.

Előnyök: növeli a hulladékhő hasznosítását, különösen ha a hő rendelkezésre állása és az igény időben eltér.

Hátrányok: helyet igényel a tartály számára, és a tároló töltését, illetve kisütését pontosan szabályozni kell.

3.4.5 Lég- vagy gázáramok integrálása

Alkalmazás: füstgázokból és szellőzőrendszerekből származó hulladékhő begyűjtésére szolgál.

Kialakítás: levegő–víz vagy levegő–hűtőközeg hőcserélő csatlakozik a hőszivattyú bemenetéhez, és átadja a gázáram hőjét.

Előnyök: a füstgáz érzékelhető hőjét és nedvességtartalmához kapcsolódó látens hőjét egyaránt hasznosíthatja.

Hátrányok: a megfelelő hőátadás érdekében a levegő- vagy gázmennyiséget pontosan szabályozni kell, ami összetett lehet.

3.5 Önellenőrző kérdések

Válassza ki a legjobb választ. A megoldókulcs a kérdések után található.

1. Melyik állítás írja le legjobban a hulladékhő-visszanyerést?

- A. A fel nem használt hő szándékos környezetbe juttatása.
- B. A hulladékhő begyűjtése, hogy újra felhasználható vagy hasznos hővé, mechanikai, illetve villamos energiává alakítható legyen.
- C. Kizárólag magas hőmérsékletű ipari hulladékhőre korlátozódik.
- D. Minden alkalmazásban hőszivattyút igényel.

2. Melyik technológia példa a hulladékhő passzív, közvetlen hasznosítására?

- A. Termoelektromos generátor
- B. Szerves Rankine-körfolyamat
- C. Hőhasznosító gőzfejlesztő (HRSG)
- D. Gőzkompressziós hőszivattyú

3. Mi a gőzkompressziós hőszivattyú fő feladata hulladékhő-hasznosításkor?

- A. A hasznos hő környezeti hőmérsékletre hűtése
- B. Az alacsony hőmérsékletű hulladékhő magasabb, hasznos hőmérsékleti szintre emelése
- C. Az összes hulladékhő közvetlen villamos energiává alakítása
- D. A hőcserélők szükségességének megszüntetése

4. Mely fő elemekből áll egy gőzkompressziós hőszivattyú körfolyamata?

- A. Elpárologtató, kompresszor, kondenzátor és expanziós elem
- B. Kazán, turbina, generátor és hűtőtorony
- C. Szivattyú, tárolótartály, radiátor és ventilátor
- D. Economizer, HRSG, abszorber és turbina

5. Mikor különösen előnyös a közbenső hőcserélő alkalmazása?

- A. Ha a hulladékhőt szállító közeg korrozív, szennyezett vagy kívül esik a hőszivattyú berendezéseinek üzemi határértékein
- B. Ha nincs hőmérséklet-különbség
- C. Kizárólag akkor, ha a hőforrás külső levegő
- D. Kizárólag akkor, ha a hulladékhőforrás közege teljesen kompatibilis a hőszivattyúval

Megoldókulcs

1	2	3	4	5
B	C	B	A	A

Forrásmegjegyzés: Az elméleti szöveg a jóváhagyott SHaKE 3. modul útmutatójából származik. A teljes hivatkozásjegyzék az eredeti útmutatóban található.

4. modul: Távhűtés

Szakmai fókusz: Hűtéstechnológiák és az energiaszektorok összekapcsolása

Szerzők és közreműködők: Dr. Adrián Mota-Babiloni, Ghad Alarnaot Alarnaout | Universitat Jaume I de Castellón

4.1 Folyadékhűtők

A folyadékhűtő hőt von el valamely folyamatból, berendezésből vagy épületből a kívánt hőmérséklet fenntartása érdekében. Ehhez lehűtött közeget (gyakran vizet vagy víz–glikol keveréket) keringtet, amely felveszi a hőt a hűtendő helyről, majd a környezetnek adja át.

Ipari, kereskedelmi és épületgépészeti (fűtési, szellőzési és légkondicionáló – HVAC) rendszerekben egyaránt elterjedt eszközök és épületek hűtésére. Teljesítményük több száz vagy több ezer kW is lehet. Gyártóüzemekben, egészségügyi létesítményekben, adatközpontokban és az élelmiszeriparban is alkalmazzák.

4.1.1 Működés és a folyadékhűtők típusai

Az elpárologtató feladata a hűtött víz előállítása. A berendezés körülbelül 6 °C-os vizet bocsát a rendszerbe, amelyet szivattyú keringtet. A víz visszatér az elpárologtatóba, ahol a hűtőközeg elvonja a nem kívánt hőt; a visszatérő víz hőmérséklete jellemzően körülbelül 12 °C.

A kondenzátorhoz külön hűtővízkör csatlakozhat a hűtőtorony és a kondenzátor között. A víz körülbelül 27 °C-os vagy környezeti hőmérsékleten lép be a kondenzátorba, és nagyjából 5 °C-kal melegebben távozik. Alternatív megoldásként a hűtőközeg kültéri léghűtéses hőcserélőn keresztül is leadhatja a hőt.

A folyadékhűtőket a hőleadás módja szerint osztályozzuk:

- Léghűtéses folyadékhűtők: ventilátorokkal áramoltatják a levegőt a kondenzátor hőcserélőjén, hogy a hőt leadják. Kis és közepes rendszerekhez vagy korlátozott vízellátás esetén megfelelőek; gyakoriak a kereskedelmi épületgépészeti rendszerekben.
- Vízhűtéses (centrifugálkompresszoros) folyadékhűtők: hűtővizet és hűtőtornyokat alkalmaznak a hatékonyabb hőleadásra. Nagy ipari rendszerekhez alkalmasak, ahol fontos a jobb hatékonyság.

A vízhűtéses folyadékhűtők a hűtőtorony révén hatékonyabbak lehetnek a léghűtéses berendezéseknél. A kondenzációs hőmérsékletet ugyanis a külső levegő nedves hőmérséklete határozza meg, amely alacsonyabb a száraz hőmérsékletnél. Minél kisebb a kondenzációs hőmérséklet, annál jobb a hatékonyság.

A kiválasztott szakmai prezentáció szerint a léghűtéses folyadékhűtők jellemző teljesítménytartománya körülbelül 15–1500 kW, a vízhűtéses berendezéseké 50–10 000 kW.

4.1.2 Főbb mutatók és hatékonyság

- Hűtőteljesítmény (Qo): a rendszer által elvont hő mennyiségét jellemzi, hűtőtonnában vagy kilowattban (kW) megadva.
- Villamos teljesítményfelvétel (Wc): a legtöbb villamos energiát a kompresszorok fogyasztják, ezért kialakításuk meghatározó a hatékonyság szempontjából. A vízszivattyúk és ventilátorok fogyasztása is számít, mivel a teljes energiafelhasználás mintegy 10%-át tehetik ki.
- Energiahatékonysági tényező (EER): a leadott hűtőteljesítmény és a felvett villamos teljesítmény hányadosa (kW hűtés / kW villamos energia).

- Szezonális energiahatékonysági tényező (SEER): az EER-hez hasonló, de a teljes hűtési szezonra vonatkozik; az összes hűtési energia és az összes felhasznált villamos energia hányadosa (kWh hűtés / kWh villamos energia).

A SEER a tényleges üzemeltetés modellezésére rögzített beltéri hőmérsékletet, különböző külső hőmérsékleteket és részterhelési állapotokat vesz figyelembe. A vizsgálati módszert az EN 14825 szabvány határozza meg. Az energiahatékonysági osztály a berendezés típusától és SEER-értékétől függően A+++ és G között alakul; az A+++ a leghatékonyabb besorolás.

Forrás / kapacitás	100%	74%	47%	21%
Levegő	35 °C	30 °C	25 °C	20 °C
Víz	30 °C	26 °C	22 °C	18 °C

A rendszer teljesítményét a megfelelő tervezés és szakszerű telepítés, a rendszeres karbantartás, a hűtött épület mérete és energiahatékonysága, a berendezés méretezése és légkezelési kapacitása, a napi üzemidő, valamint a beltéri és kültéri hőmérséklet befolyásolja.

Távhűtési hálózatokban gyakran nagy teljesítményű, vízhűtéses folyadékhűtőket alkalmaznak, és hőtárolással hangolják össze a hidegtermelést a hálózati igény időbeli változásával.

4.2 Abszorpciós hűtőgépek

Az abszorpciós folyadékhűtőkben nincs mechanikus kompresszor. A hűtési körfolyamatot hőforrás – például napenergia vagy hulladékhő – működteti; a fő kompressziós feladathoz nincs szükség villamos energiára. A mozgó alkatrészek hiánya miatt csendesebbek és kevésbé érzékenyek a szivárgásra. Természetes hűtőközegpárokat alkalmaznak.

Az abszorpciós hűtőrendszerek a kompresszor mechanikai munkája helyett hőenergiával működtetik a körfolyamatot. Általában hűtőközeget és abszorbens folyadékot használnak.

4.2.1 Főbb alkotóelemek

- Elpárologtató: itt a hűtőközeg hőt vesz fel és elpárolog.
- Abszorber (elnyelő): itt az abszorbens folyadék elnyeli a hűtőközeg gőzét.
- Generátor (kiűző): hőbevitel hatására elválasztja a hűtőközeget az abszorbenstől, regenerálva a hűtőközeget.
- Kondenzátor: a hűtőközeg hőt ad le, és ismét folyadékká kondenzálódik.

4.2.2 Fontos paraméterek

- Hűtőteljesítmény (Qo): az elpárologtató által a hűtendő térből vagy folyamatból elvont hőteljesítmény, rendszerint kW-ban.
- Hőbevitel (Qg): az abszorpciós körfolyamat működtetéséhez szükséges hő, amelyet például földgáz, hulladékhő vagy napenergia biztosíthat; mértékegysége általában kW.
- Jóságfok (COP): a hűtőteljesítmény (Qo) és a hőbevitel (Qg) hányadosa.

A COP az energiahatékonyság fontos mutatója: nagyobb értéke hatékonyabb rendszert jelez. Az abszorpciós hűtésben jellemzően 0,5–1,5 közötti COP-értékek fordulnak elő, amelyek lényegesen kisebbek a gőzkompressziós rendszerek értékeinél.

4.2.3 Összehasonlítás a gőzkompressziós rendszerekkel

Kompressziós rendszerek	Abszorpciós rendszerek
Munkával hajtott rendszer	Hővel hajtott rendszer
Magas COP	Alacsony COP (jelenlegi maximum ≈ 1,4)
A teljesítmény (COP és kapacitás) erősen függ az elpárologtató hőmérsékletétől	A teljesítmény kevésbé függ az elpárologtató hőmérsékletétől
A rendszer COP-ja részterhelésen jelentősen csökken	A COP a terhelés csökkenésével alig változik
Az elpárologtatóból távozó folyadék károsíthatja a kompresszort	Az elpárologtató kimenetén jelen lévő folyadék nem jelent súlyos problémát
A teljesítmény érzékeny az elpárologtató túlhevítésére	Az elpárologtató túlhevítése kevésbé fontos
Sok mozgó alkatrész	Nagyon kevés mozgó alkatrész
Rendszeres karbantartást igényel	Kis karbantartási igény
Nagyobb zaj és rezgés	Kisebb zaj és rezgés
A kis rendszerek kompaktak, a nagy rendszerek terjedelmesek	A kis rendszerek terjedelmesek, a nagy rendszerek kompaktak
Gazdaságos, ha villamos energia rendelkezésre áll	Gazdaságos, ha olcsó tüzelőanyag vagy hulladékhő érhető el

4.3 Hőenergia-tárolás (TES)

A hőenergia-tárolás (TES) a hő vagy hideg későbbi felhasználásra történő tárolása, amellyel időben szétválasztható a termelés és a fogyasztás. Az elv az akkumulátorokéhoz hasonló, de villamos energia helyett hő- vagy hűtési energiát tárolnak, például a közeg hőmérsékletének módosításával vagy halmazállapot-változással (többnyire olvadással és fagyással). A hő vagy hideg akkor állítható elő, amikor többlettermelés, megújuló villamos energia vagy hulladékhő áll rendelkezésre, és később használható fel. Ez különösen fontos a távhűtési hálózatokban, ahol a központi hidegtermelés időben eltérhet a fogyasztói igényektől.

4.3.1 A hőenergia-tárolás fő előnye a távhűtésben

A távhűtési hálózatokban a hidegenergia tárolása általában szigetelt víztartályban történik. A tárolót kis terhelésű időszakokban (éjszaka vagy hétvégén) hűtik vagy fagyasztják, csúcsidőben pedig felmelegedéssel vagy olvadással adják le a tárolt hidegenergiát.

Így a csúcsterhelés részben vagy teljes egészében a tárolóból fedezhető, és kisebb folyadékhűtő-teljesítmény telepítése is elegendő. Kis terhelés idején a folyadékhűtők az aktuális igény kielégítése mellett a tárolót is feltöltik. Ez csökkentheti a beruházási és üzemeltetési költségeket, valamint a villamos hálózat csúcsterhelését.

4.3.2 A hőenergia-tárolás típusai

A hidegenergia-tárolási technológiák közé tartoznak a látenshő-tárolók (például jégtárolók és fázisváltó anyagok, PCM), az érzékelhetőhő-tárolók (például hűtött víz vagy alacsony hőmérsékletű folyadék), illetve a kémiai reakciókon alapuló termokémiai tárolók. Hosszú távú tárolásra fúrólyukas és vízadó réteges hőtárolás is alkalmazható.

	Jégtároló	Hűtöttvíz-tároló	Alacsony hőmérsékletű folyadéktároló
Tárolás típusa	Látens hő	Érzékelhető hő	Látens hő
Kisütési hőmérséklet	1–7 °C	4–6 °C	−1–2 °C
Töltési hőmérséklet	−8 – −2 °C	4–6 °C	−1–2 °C
A töltő hűtőgép teljesítményigénye	0,8–1,1 kW/ton (0,23–0,31)	0,6–0,7 kW/ton (0,23–0,31)	0,7–0,8 kW/ton (0,23–0,31)

A TES távhűtési hálózatba integrálásának általános előnyei a telepített hűtőteljesítmény csökkentése, a magas villamosenergia-tarifájú csúcsidőszakok elkerülése, a jobb üzemi hatékonyság révén a CO_2-kibocsátás mérséklése, valamint a kisebb hűtőüzem lehetősége, mivel a szükséges hidegenergia egy része már a tárolóban rendelkezésre áll.

4.4 Önellenőrző kérdések

Válassza ki a legjobb választ. A megoldókulcs a kérdések után található.

1. Melyik folyadékhűtő-típus használ vizet és hűtőtornyokat a hatékonyabb hőleadáshoz?
   - A. Léghűtéses folyadékhűtő
   - B. Vízhűtéses folyadékhűtő
   - C. Kizárólag abszorpciós folyadékhűtő
   - D. Termoelektromos hűtő
2. Mit fejez ki az energiahatékonysági tényező (EER)?
   - A. A hűtőteljesítmény és a felvett villamos teljesítmény hányadosát
   - B. A hőbevitel és a hűtőteljesítmény hányadosát
   - C. Az éves hűtési igény és az alapterület hányadosát
   - D. A víztérfogatáram és a kompresszorteljesítmény hányadosát
3. Mi működteti elsődlegesen az abszorpciós hűtőgépet?
   - A. Mechanikus kompresszormunka
   - B. Hőforrás, például hulladékhő, napenergia vagy földgáz
   - C. Kizárólag a környezeti levegő
   - D. Kizárólag a hűtött víz
4. Mekkora az abszorpciós hűtőrendszerek megadott jellemző COP-tartománya?
   - A. 0,1–0,3
   - B. 0,5–1,5
   - C. 2–6
   - D. 8–15
5. Mi a TES egyik fő előnye a távhűtésben?
   - A. Növeli a csúcsidei folyadékhűtő-kapacitásigényt
   - B. A hidegtermelést kis terhelésű időszakra helyezi át, és csökkenti a csúcsidei berendezésigényt
   - C. Szükségtelenné teszi a hűtött vizet
   - D. Kizárólag léghűtéses folyadékhűtőkkel alkalmazható

Megoldókulcs

1	2	3	4	5
B	A	B	B	B

Forrásmegjegyzés: Az elméleti szöveg a jóváhagyott SHaKE 4. modul útmutatójából származik; a teljesítménytartományokat és a távhűtési hálózatba integrálás rövid leírását a kiválasztott O2 prezentáció tartalmazza. A teljes hivatkozásjegyzék az eredeti anyagokban található.

5. modul: Fejlett rendszerek a távfűtésben és -hűtésben

Szakmai fókusz: Üzemeltetés, szabályozás, digitalizáció és hibadiagnosztika

Szerzők és közreműködők: Dr. Antoine Fabre, Dr. Pascal Stabat | Mines Paris – PSL

5.1 Miért fontos az üzemzavarok felismerése?

A távfűtési és távhűtési (DHC) hálózatokra vonatkozó európai célok eléréséhez javítani kell a meglévő hálózatok teljesítményét. A fűtési hálózatok esetében ez elsősorban a megújuló energia részarányának növelését jelenti az energiamixben. A gyakorlatban ehhez rendszerint csökkenteni kell a hálózat összesített visszatérő hőmérsékletét. Ez lehetővé teszi az alacsony hőmérsékletű megújuló energiaforrások, például a geotermikus energia és a hulladékhő nagyobb arányú hasznosítását, miközben mérsékli a csővezetékek hőveszteségét és a primer szivattyúk energiafogyasztását.

Mivel azonban a DHC-hálózatok hőellátása számos szabályozási, mechanikai és hidraulikai elemtől függ, üzemzavarok fordulhatnak elő. A hálózat bármely pontján található nem megfelelő vagy hibás berendezés kedvezőtlenül befolyásolhatja az összesített visszatérő hőmérsékletet. Ezért a szabályozás optimalizálása előtt alapvető fontosságú a hálózat megfelelő működésének biztosítása. Egy két svéd hálózaton végzett tanulmány [1] szerint a hőközpontok mindössze 26%-a működött megfelelően. A hőközpontok üzemzavarai nem feltétlenül szakítják meg a hőellátást, de jelentősen ronthatják a DHC-hálózat általános teljesítményét.

5.1.1 A DHC-hálózatok meghibásodásainak áttekintése

A DHC-hálózatok összetett működése miatt az üzemzavarok okai rendkívül sokfélék lehetnek. Az üzemzavarok helyük vagy típusuk szerint öt kategóriába sorolhatók: szivárgások; a szekunder rendszerek (fogyasztói berendezések) hibái; a hőközponti szabályozószelep és működtetőelem hibái; a vezérlőrendszerek és szabályozók hibái; valamint a hőcserélők hibái. A két legfontosabb hibaforrásnak a szivárgások és a fogyasztói hidraulikai rendszerekkel kapcsolatos problémák bizonyulnak.

Hibatípus	Jelentett arány (kb.)
Szivárgások	41,54%
Szekunder rendszerek	31%
Szabályozószelep és működtetőelem	22,09%
Vezérlőrendszerek és szabályozók	5%
Hőcserélők	0,37%

A DHC-hálózatok üzemeltetői által azonosított problémák között tényleges meghibásodások és a fogyasztói hidraulikai rendszerek nem megfelelő kialakításai egyaránt szerepelnek. Gyakorlatilag minden üzemzavar hatással van a fogyasztói hőkomfortra és/vagy a primer visszatérő hőmérsékletre. Ezért e problémák kijavítása elengedhetetlen.

5.1.2 Rendelkezésre álló adatok és a hibafelismerés kihívásai

A fűtési hálózatok üzemzavarai okának feltárása komoly kihívást jelent az infrastruktúra üzemeltetői és kezelői számára. Az összetett, nagy kiterjedésű hőrendszereket számos bizonytalanság befolyásolja: az üzemállapotok változása, a hőterhelés ingadozása, a berendezések állapota, valamint a

hőközpontok és a primer hálózat közötti kölcsönhatások. A szakirodalom kiemeli e rendszerek erős hidraulikai és termikus csatolását, ami megnehezíti az egyes elemek önálló elemzését.

A megfigyelhető rendellenességek – például hőmérséklet-csökkenés, nyomásveszteség vagy túlzott energiafogyasztás – sokféle okból eredhetnek: szivárgásból, beragadt szelepből, hibás hidraulikai beszabályozásból, meghibásodott érzékelőkből vagy szabályozási hibákból. A tünetek az eltérő kiváltó okok ellenére hasonlóak lehetnek, ezért a hiba pontos helyének és okának azonosítása különösen összetett feladat. A régebbi hálózatokban a valós idejű adatok hiánya vagy alacsony időbeli felbontása tovább korlátozza az automatizált diagnosztikát.

A hőközpontok szintjén jogszabály alapján általában csak kevés adat kötelezően mérendő és elérhető:

- Primer előremenő és visszatérő hőmérséklet
- Szekunder előremenő hőmérséklet
- A hőközpontban átadott hőteljesítmény
- Primer térfogatáram

A hőközpont működésének alaposabb megértéséhez azonban további adatokra is nagy szükség van, különösen a szekunder visszatérő hőmérsékletre és a szekunder tömegáramra. Hasznos lehet továbbá az egyes hőleadók visszatérő hőmérsékletének ismerete is.

5.2 Anomáliaészlelés és hibaészlelés

Mind az üzemeltetők által alkalmazott eszközök, mind a szakirodalomban ismertetett módszerek esetében két fő megközelítés különíthető el: az anomáliaészlelés és a hibaészlelés. Az anomáliaészlelés olyan adatmintázatokat keres, amelyek eltérnek az előzetesen meghatározott, elvárt „normál működéstől”. Segítségével azonosíthatók a mért adatok kiugró értékei és eltérései, valamint a szokatlan működési mintázatok. Az anomália forrása azonban közvetlenül nem állapítható meg, így a rendszer hibája sem javítható ki pusztán e módszer alapján. További nehézség, hogy előbb meg kell határozni a normál működést, ami önmagában is összetett lehet.

A második megközelítés a tényleges hibaészlelés, amely a rendszer olyan változásait kívánja azonosítani, amelyek miatt az már nem képes megfelelően működni. Ez a megközelítés lehetővé teszi a hiba okának feltárását és ezáltal a kijavítását, megvalósítása azonban nehezebb.

Az anomáliák és hibák észlelésére öt módszer alkalmazható [8]:

- Vizualizáció és manuális elemzés
- Küszöbértékek
- Regresszió
- Osztályozás
- Klaszterezés

Az egyes módszerek külön-külön vagy egymással kombinálva is használhatók.

5.2.1 Normál működés és anomáliaészlelés

A vizualizáció és a manuális elemzés az anomáliák felismerésének legegyszerűbb és legrégebbi módszere. A manuális elemzés során szakértők vizsgálják át a hőközponti méréseket vagy a belőlük képzett mutatókat, rendszerint vizualizációs eszközök támogatásával. A szakértői megítélés nagy rugalmasságot biztosít, ugyanakkor szükségszerűen szubjektív. A módszer alkalmas anomáliák és hibák felismerésére, valamint más eljárásokkal már feltárt problémák részletesebb kivizsgálására is.

Az egyik módszer például egy jelentős hiba nélkül működőnek tekintett referencia-hőközpont viselkedését hasonlítja össze más hőközpontokéval. A várakozások szerint az órás átlagos hőterhelés a külső hőmérséklettel közel lineáris kapcsolatban áll (a helyiségfűtés hőmérséklet-érzékenysége miatt),

és attól a külső hőmérséklettől kezdve állandósul, amely felett már nincs szükség fűtésre. Az órás átlagos vízáramnak viszonylag állandónak, a hideg évszakokban pedig nagyobbnak kell lennie. Egy hibás hőközpontban a hőterhelés kevésbé követi a várt lineáris kapcsolatot, és a vízáram ingadozó, ami problémára utal.

Minden ilyen megközelítés feltétele a normál működést leíró referencia, a megfelelő észlelési küszöbérték és a kellően jó adatminőség.

5.2.2 Osztályozás és gépi tanuláson alapuló hibaészlelés

Az osztályozás a gépi tanulás egyik feladata, amelynek során egy megfigyelést több előre meghatározott kategória egyikéhez rendelnek. Bár többféle technika alkalmas lehet erre, ebben az összefüggésben olyan osztályozó algoritmusokról van szó, amelyek közvetlenül felismerik, bekövetkezett-e hiba, és ha igen, milyen típusú. A folytonos számszerű eredményt adó regressziós modellekkel szemben az osztályozók diszkrét, jellemzően egész számmal jelölt osztályokhoz rendelik a bemeneteket. A címkézetlen adatokkal dolgozó klaszterezéssel ellentétben az osztályozás ismert hibák címkézett példáit igényli a tanításhoz. Gyakori algoritmusok a neurális hálózatok, a döntési fák és a támaszvektor-gépek.

Ezért egyre indokoltabb olyan hibrid megközelítések alkalmazása, amelyek fizikai modellezést, adatelemzést és gépi tanulást kombinálnak az anomáliák helyének pontosabb meghatározása és megértése érdekében. Még ezek az innovatív módszerek is függnek azonban az elérhető adatok minőségétől és a vizsgált hálózat részletes ismeretétől.

5.3 Hibaészlelési példa: a hőcserélő elszennyeződése

Fabre és munkatársai [4] a hőcserélők elszennyeződésének felismerésére szolgáló mutatót javasoltak. A mutató kidolgozásakor abból indultak ki, hogy a távfűtési hálózatok hőcserélőinek többsége ellenáramú lemezes hőcserélő. Az elszennyeződés jellegzetes ismertetőjele a hőcserélő teljes termikus ellenállásának növekedése.

A Dittus–Boelter-összefüggés alapján a konvektív hőátadási tényező a tömegáram függvényében fejezhető ki. Ha a lemezek vezetési hőellenállása elhanyagolható, a szennyeződésmentes hőcserélő termikus ellenállása lineárisan változik a mutatóban alkalmazott, tömegáramhoz kapcsolódó változóval. Szennyeződés megjelenésekor azonban ez a lineáris kapcsolat megszűnik.

Emellett meg kell határozni egy olyan küszöbértéket, amely felett az elszennyeződés már számottevően rontja a hőközpont teljesítményét. A vizsgálat szerint a visszatérő hőmérséklet több mint 5 °C-kal csökken, ha a szennyezett és a szennyeződésmentes hőcserélő termikus ellenállásának hányadosa meghaladja az 1,4-et. Az 5 °C-os csökkenést már a teljesítmény jelentős romlásának tekintik.

A szennyeződésmentes hőcserélő termikus ellenállása a teljes tisztítást közvetlenül követően mért adatokból – a két oldalon mért hőmérsékletekből és az átadott hőteljesítményből – számítható ki. Ugyanezen adatok alapján az üzemi termikus ellenállás is meghatározható. A két oldali hőmérsékletek és térfogatáramok mérésével így ábrázolható a termikus ellenállás alakulása és a megengedett küszöbérték. Ha az ellenállás túllépi a küszöböt, a szennyeződés hatása már akkora, hogy tisztítás szükséges.

Ez a mutató konkrét hiba felismerésére alkalmas, egyszerűen használható, és helyszíni mérési adatokkal igazolták. Alkalmazásához azonban a szekunder oldal mérési adatai is szükségesek.

5.3.1 Üzemeltetési szempontok

Összefoglalva: a DHC-hálózatok teljesítményének javításához először az épületoldalon alkalmazandó megfelelő hidraulikai megoldásokat kell kiválasztani, továbbá pontosan és gyorsan fel kell ismerni az üzemzavarokat.

A szakmai prezentáció az üzemeltetési lépések sorrendjét a következőképpen foglalja össze: a szekunder oldal hidraulikai elemeinek javítása és korszerűsítése; a primer oldal hidraulikai elemeinek javítása és korszerűsítése; végül a DHC-hálózat üzemeltetésének optimalizálása.

5.4 Önellenőrző kérdések

Válassza ki a legjobb választ! A megoldókulcs alább található.

1. A modulban idézett svéd vizsgálat szerint a hőközpontok hozzávetőlegesen mekkora hányada működött megfelelően?

- A. 26%
- B. 50%
- C. 74%
- D. 90%

2. Melyik állítás írja le legjobban az anomáliaészlelést?

- A. Mindig azonosítja a hiba kiváltó okát.
- B. A várt normál működéstől eltérő mintázatokat keres.
- C. Kizárólag vízszivárgást észlel.
- D. Nem igényel referenciaadatokat.

3. Mely adatok szükségességét emeli ki a szöveg a hőközpont működésének jobb megértéséhez?

- A. Csak a külső hőmérséklet és a villamosenergia-ár.
- B. A szekunder visszatérő hőmérséklet és a szekunder tömegáram.
- C. Csak a primer előremenő hőmérséklet.
- D. Az épület alapterülete és kihasználtsága.

4. Melyik NEM tartozik a modulban felsorolt öt hibafelismerési módszer közé?

- A. Regresszió
- B. Osztályozás
- C. Klaszterezés
- D. Égéselemzés

5. Mi a bemutatott hőcserélő-elszennyeződési mutató jellegzetes ismertetőjele?

- A. Kizárólag a hálózati nyomás csökkenése.
- B. A hőcserélő teljes termikus ellenállásának növekedése.
- C. Állandó villamosenergia-fogyasztás.
- D. A külső hőmérséklet csökkenése.

Megoldókulcs

1	2	3	4	5
A	B	B	D	B

Forrásmegjegyzés: Az elméleti szöveg a SHaKE 5. moduljának jóváhagyott útmutatójából származik, és követi a meghibásodások felismeréséről szóló O2 prezentáció témáit. A 3. szakasz végén olvasható rövid üzemeltetési összefoglaló a kiválasztott prezentáció záródiáját tükrözi. A teljes hivatkozásjegyzék az 5. modul útmutatójában és a kapcsolódó prezentációban található.

6. modul: Távfűtési rendszerek felújítása

Szakmai fókusz: Hagyományos rendszerek és fogyasztói oldali energiagazdálkodás

Szerzők és közreműködők: Dr. Bokor Balázs, Takács Zoltán | Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

6.1 A távfűtés szerepe és a felújítás szükségessége

A távfűtési rendszerek a városi energiainfrastruktúra meghatározó elemei: központosítják a hőtermelést, és szigetelt csővezetékek hálózatán keresztül több végfelhasználóhoz juttatják el a hőenergiát. Ez méretgazdaságos hőtermelést, nagyméretű hőforrások egyszerűbb integrálását és – megfelelő feltételek mellett – az egyedi fűtésű épületekénél kisebb városi kibocsátást tesz lehetővé. Számos európai távhőhálózat azonban évtizedekkel ezelőtt, a mai dekarbonizációs céloktól lényegesen eltérő tervezési feltételezések és energiaárak mellett épült. A meglévő rendszerek korszerűsítése és felújítása ezért sürgető feladat. A felújítás nemcsak a hatékonyság helyreállítását szolgálja, hanem az alacsony exergiatartalmú hőforrások, az intelligens szabályozási megoldások és az új üzleti modellek integrációját is lehetővé teszi. Ezek együttesen a távfűtést az alacsony szén-dioxid-kibocsátású városok alapvető technológiájává tehetik. Ez a fejezet a távfűtés-felújítás műszaki, gazdasági és intézményi szempontjait foglalja össze.

6.1.1 Történeti háttér és hagyományos rendszerek

Számos távfűtési rendszert – különösen Kelet-Európában és a volt szovjet országokban – a viszonylag olcsó primer energia időszakában terveztek, elsősorban gyenge hőszigetelésű nagy lakótömbök ellátására. E „magas hőmérsékletű” rendszerek jellemző előremenő hőmérséklete 100–130 °C, visszatérő hőmérséklete mintegy 60–70 °C volt. Nagy átmérőjű, szigetelt csővezetékeket használtak, és gyakran központi fosszilis tüzelésű hőtermelőkre vagy nagyméretű kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő (CHP) egységekre támaszkodtak. Az akkori nagy hőigényhez és szerény épületszigeteléshez ezek a paraméterek megfelelőek voltak, a mai célokkal azonban nehezen egyeztethetők össze: a rendszerek jelentős szállítási hőveszteségekkel működnek, korszerű, alacsony energiaigényű épületekkel kevésbé hatékonyak, és rosszul illeszkednek az alacsony exergiatartalmú hőforrásokhoz (például a geotermikus energiához, környezeti hőhöz, ipari hulladékhőhöz vagy nagyméretű hőszivattyúkhoz).

A korábbi távfűtési rendszerek a mai elvárásokhoz képest komoly kihívásokat jelentenek. A magas előremenő hőmérséklet és a nem megfelelő csőszigetelés nagy hőveszteséget okoz, amely idővel tovább növekedhet. Ezen túlmenően a napkollektorokhoz, geotermikus hőforrásokhoz vagy hőszivattyúkhoz hasonló alacsony exergiatartalmú energiaforrások csak korlátozottan kapcsolhatók hozzájuk. A magas karbantartási költségek szintén rontják a hatékonyságot. Fogyasztói oldalon mind több épületet újítanak fel, csökkentve a szállítandó hőenergia mennyiségét, ami a nyomásszabályozást különösen fontossá teszi. A hagyományos rendszerek ezért kevésbé alkalmasak korszerű, kis energiaigényű épületek és lakóközösségek ellátására.

6.2 Épületoldali felújítás

A távhőhálózat felújítása nem ér véget az utcai csővezetékeknél: az épületek belső rendszereire is ki kell terjednie. Az átfogó korszerűsítés több kulcsfontosságú intézkedést foglal magában.

Alapvető lépés a hőigény csökkentése a hőszigetelés javításával: a falak hatékonyabb szigetelésével, az egyrétegű üvegezésű ablakok korszerű nyílászárókra cserélésével, valamint a padlás és a tető szigetelésével. Ezek az intézkedések közvetlenül csökkentik a csúcsterhelést, és lehetővé teszik a

távhőhálózat alacsonyabb hőmérsékleten történő üzemeltetését. A SHaKE forrásanyaga hangsúlyozza, hogy az épületszigetelés javítása az alacsony hőmérsékletű távfűtésre való átállás alapvető feltétele.

Az előremenő hőmérséklet csökkentésekor az épület hőleadóinak is megfelelőnek kell lenniük. A nagyobb hőleadó felületű radiátorok és az alacsony hőmérsékletre tervezett padlófűtési rendszerek jobban illeszkednek az ilyen ellátáshoz. A felújítás tervezésekor meg kell vizsgálni a radiátorok méretezését, a termosztatikus szelepek korszerűsítését és az osztó-gyűjtők átalakítását, hogy alacsonyabb belépő vízhőmérséklet mellett is biztosítható legyen a megfelelő belső hőmérséklet.

6.2.1 Egycsöves fűtési rendszerek felújítása

Az egycsöves rendszerekben ugyanaz a vízáram több, sorba kapcsolt radiátoron halad keresztül (lásd az 5. ábrát). Bár kiépítésük költséghatékony, szabályozásuk közismerten nehéz. Az építés időszakától és az épület kialakításától függően jellemzően négy fő kapcsolási változat fordul elő. Az egycsöves rendszerekben tehát ugyanaz a vízáram egymást követő radiátorokon halad keresztül; egyszerű kiépítésük ellenére szabályozásuk nehézkes. Az épület korától és kialakításától függően négy fő változattal találkozhatunk.

A típus – Átfolyós rendszer: A legegyszerűbb és legrégebbi kialakítás. A teljes víztömegáram a strang minden radiátorán áthalad. Ha egy lakó elzárja a radiátorát (ami áthidaló vezeték nélkül sok esetben fizikailag sem lehetséges), a teljes strangban megszűnik az áramlás.

B típus – Áthidaló vezetékkel ellátott radiátor: Az áthidaló cső lehetővé teszi, hogy a víz egy része megkerülje a radiátort. Így az adott lakás hőmérséklete alapvetően szabályozható anélkül, hogy a többi lakás vízellátása megszakadna.

C típus – Eltolt áthidaló ág egyirányú szeleppel: Fejlettebb kialakítás, amelyben az áthidaló ág geometriája és egy speciális szelep segíti az áramlás radiátor vagy megkerülő ág felé terelését.

D típus – Eltolt áthidaló ág háromjáratú szeleppel: A hagyományos változatok közül a legfejlettebb, amely a megkerülő ág és a radiátor közötti pontos arányos áramlásmegosztást teszi lehetővé, javítva a hőkomfortot.

6.2.2 Kompakt, moduláris hőközpontok

A második generációs távfűtési rendszerek hőközpontjait többnyire a helyszínen építették meg. Ez jelentős élőmunka-igénnyel és egyedi csővezeték-kialakítással járt; az így létrejött rendszerek szabványosítása és karbantartása nehézkes volt. A korszerű felújítási projektek már a harmadik generációra jellemző, előregyártott, moduláris hőközpontokat alkalmazzák (lásd a 8. ábrát).

Ezeket az egységeket gyárilag tesztelik, és különféle teljesítményváltozatokban, üzemkész („plug-and-play”) megoldásként szállítják az épület igényeinek megfelelően. Egy korszerű moduláris hőközpont általában egyetlen kompakt keretbe foglalja a legfontosabb berendezéseket:

- Lemezes hőcserélők: Nagy hőátadási hatékonyságot és gyors hőcserét biztosítanak.
- Frekvenciaváltós szivattyúk: A tényleges igényhez igazítják az áramlást, csökkentve a villamosenergia-fogyasztást.
- Szabályozószelepek: A hőhordozó közeg pontos szabályozását teszik lehetővé.
- Tágulási tartályok: Biztonságosan kiegyenlítik a rendszer nyomásingadozásait.

6.3 Átállás az alacsony hőmérsékletű távfűtésre

Az alacsony hőmérsékletű távfűtésre (LTDH), azaz jellemzően a negyedik generációs távfűtésre való átállás alapvető szemléletváltást jelent a városi energiaelosztásban. A nagy nyomású gőzzel vagy nagyon forró vízzel működő hagyományos rendszerekkel szemben az LTDH jellemző előremenő

hőmérséklete 35–70 °C, egyes kísérleti, különösen alacsony hőmérsékletű hálózatokban pedig akár 30 °C is lehet. A 20–40 °C közötti visszatérő hőmérséklet csökkenti a hálózat és a környezete közötti hőmérséklet-különbséget. Ez nem csupán fokozatos fejlesztés, hanem a dekarbonizált energiaellátás egyik előfeltétele: a hálózat rugalmas „termikus gyűjtősínként" olyan forrásokból is képes hőt befogadni, amelyek korábban nem voltak hasznosíthatók.

6.3.1 Épületszintű alkalmazkodás és a használati melegvíz kihívása

Az alacsony hőmérsékletű üzemre való átálláshoz újra kell gondolni az épületek belső fűtési infrastruktúráját. A radiátorokat hagyományosan 90 °C-os vízre méretezték; 50 °C mellett a hőleadásuk jelentősen csökken. Ennek ellensúlyozására a felújításnak az épület termikus burkának javítására – az ablakok, falak és tetők korszerűsítésére – kell összpontosítania, hogy mérséklődjön a hőterhelés. Kisebb hőveszteség esetén a meglévő radiátorok vagy padlófűtési rendszerek alacsonyabb belépő hőmérséklet mellett is hatékonyan működhetnek. Emellett a hőközponti hőcserélőket kifejezetten kis ΔT mellett történő üzemre kell kiválasztani, hogy a primer és a szekunder kör közötti csekély hőmérséklet-különbségnél is megfelelő legyen a hőátadás.

Az egyik legfontosabb műszaki kihívás a használati melegvíz (HMV) előállítása. Az LTDH előremenő hőmérséklete a baktériumok azonnali elpusztításához szükséges 55–60 °C alá csökkenhet, ezért kiemelt figyelmet kell fordítani a Legionella-kockázat kezelésére. Egy lehetséges megoldás a decentralizált utófűtés: villamos fűtőbetét vagy kisméretű hőszivattyú növeli a víz hőmérsékletét közvetlenül a felhasználási ponton. Alternatívát jelenthetnek a pasztőrözési eljárások vagy a lakásszintű hőközpontok nagy hatékonyságú átfolyós hőcserélői, amelyek segítenek elkerülni a kockázatos, langyos hőmérsékletű víztárolást anélkül, hogy a teljes hálózatot magas hőmérsékleten kellene működtetni.

6.4 Hőfogyasztás mérése és számlázása

A hatékony távfűtési üzemeltetéshez nem elegendő a hőenergia szolgáltatása: pontosan mérni kell a hőfogyasztást is. Ehhez egymással összehangolt mérőelemek szükségesek, amelyek meghatározzák az épület vagy egy lakás által ténylegesen felhasznált hőenergiát. Egy korszerű mérőegység (lásd a 10. ábrát) jellemzően a következő nagy pontosságú elemekből áll:

- Átfolyásérzékelő: Méri a rendszeren áthaladó hőhordozó közeg pontos térfogatát.
- Előremenő és visszatérő hőmérséklet-érzékelők: Rögzítik a fogyasztói körbe belépő és onnan kilépő víz közötti hőmérséklet-különbséget (ΔT).
- Számítóegység: Az átfolyási és hőmérsékleti adatokat összesíti, és kiszámítja az elfogyasztott hőenergiát, általában kilowattórában (kWh) vagy gigajoule-ban (GJ).

A korszerű felújítások a hőfogyasztás többféle szinten történő mérését teszik lehetővé. Bár a teljes épületre vonatkozó központi hőmennyiségmérés továbbra is elterjedt az összesített számlázásban, a költségek méltányos megosztásához részletesebb mérésre is szükség lehet. Az épület kialakításától és az üzemeltetési igényektől függően a mérés a következő szinteken szervezhető meg:

- Teljes épület (fő csatlakozási pont)
- Egyes épületrészek (például külön szárnyak vagy földszinti üzlethelyiségek)
- Egyes lakások (közvetlen fogyasztói elszámolással)
- Egyedi fogyasztási helyek (radiátorok vagy meghatározott zónák)

6.5 Városi távfűtési rendszerek felújítása: válogatott esettanulmányok

6.5.1 Bunhill Heat and Power Network, London

A londoni Islington kerületben működő Bunhill Heat and Power Network a városi energetikai innováció fontos nemzetközi példája (lásd a 12. ábrát). A projekt elsőként hasznosította sikeresen egy földalatti vasúthálózat – a londoni metró – hulladékhőjét, hogy megfizethető, alacsony szén-dioxid-kibocsátású fűtést biztosítson a helyi lakosoknak és középületeknek.

1. ütem – Az alapok megteremtése: A decentralizált energiamegoldásként indult első ütem a Central Streeten létesített földgáztüzelésű, kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő (CHP) erőműre épült. A villamosenergia-termelés során keletkező hulladékhőt a légkörbe történő kibocsátás helyett távfűtésre hasznosították. Ez az ütem hozta létre a hálózati infrastruktúrát, amely mintegy 800 lakást és több helyi középületet látott el.

2. ütem – A hulladékhő-hasznosítás úttörő alkalmazása: A bővítés jelentős technológiai előrelépést jelent a korábban tárgyalt negyedik generációs távfűtési elvek felé. Központi eleme a londoni metró Moreland Street és Central Street sarkán található szellőzőaknájánál épített új energiaközpont.

A létesítmény nagyméretű hőszivattyút (13. ábra) használ, amely közvetlenül a metró szellőzőrendszeréből nyeri ki az alacsony hőmérsékletű hulladékhőt. Az alagutak meleg levegőjének hőmérsékletét a vízalapú távhőhálózat számára hasznosítható szintre emelve a projekt bemutatja, miként alakítható át egy városi probléma – az alagúthő – értékes erőforrássá.

6.5.2 Citigen projekt, London

A londoni pénzügyi negyed központjában található Citigen projekt a városi energiarendszerek fejlett változatát képviseli. Míg számos hagyományos hálózat egyetlen energiaforrásra támaszkodik, a Citigen több energiahordozót integráló központként egyesíti a fűtést, a hűtést és a villamosenergia-termelést egy nagy hatékonyságú hálózatban.

A Citigen korszerűsítésének egyik kulcseleme egy 4 MW teljesítményű hőszivattyús rendszer, amely London föld alatti vízadó rétegének energiáját hasznosítja (17. ábra). A 200 méter mélyre fúrt három kúton keresztül a rendszer a talajban tárolt, átlagosan 14 °C-os hőt nyeri ki. A hőszivattyúk ezt a geotermikus energiát magasabb hőmérsékletszintre emelik, és helyiségfűtésre, valamint HMV-előállításra használják.

A geotermikus energia kinyerésén túl a rendszer a körforgásos energiagazdálkodásra is épít. Helyben visszanyeri a villamosenergia-termelés és a hűtési energiatermelés hulladékhőjét, amely egyébként a környezetbe kerülne. Ez a kétforrású megközelítés mintegy 2300 lakás vagy vállalkozás hőigényének fedezésére elegendő kapacitást biztosít, miközben további 2,8 MW hűtőteljesítményt nyújt a környező üzleti negyed számára.

A Citigen projekt egyik legfejlettebb műszaki sajátossága a rugalmas üzemeltetés. Az energiaközpontban egy 320 000 literes hőtároló tartály működik. Ez a „termikus akkumulátor” több fontos feladatot lát el:

Csúcsterhelés-csökkentés: Az alacsony igényű időszakokban eltárolt meleg víz felhasználásával a rendszer a hőtermelők túlterhelése nélkül fedezheti a nagy igényű csúcsidőszakokat.

Villamosenergia-hálózati integráció: A tárolókapacitás lehetővé teszi, hogy a Citigen a villamosenergia-hálózat kiegyenlítésében is részt vegyen. Ha az országos hálózatban megújuló energiából származó többletvillamosenergia áll rendelkezésre (például különösen szeles vagy napos napokon), a hőszivattyúkat ezzel működtethetik, a keletkező hőt pedig későbbi felhasználásra eltárolhatják.

6.5.3 A párizsi távfűtési és távhűtési rendszerek fejlesztése

Párizs energetikai infrastruktúráját (19. ábra) két jelentős, egymással összekapcsolódó hálózat határozza meg: a fűtést biztosító CPCU (Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain) és a hűtést szolgáltató Fraîcheur de Paris. E rendszerek szemléltetik, miként érhetők el nagyméretű, sűrűn beépített városi környezetben jelentős méretgazdaságossági előnyök, miközben az energiaforrások köre megújuló és visszanyert hővel bővül.

A CPCU mintegy 475 km hosszú hálózat, amely évente hozzávetőleg 5500 GWh hőenergiát termel. Társadalmi és intézményi jelentősége kiemelkedő: mintegy 500 000 háztartásnak megfelelő fogyasztót szolgál ki, beleértve a város kórházainak 100%-át, amelyek számára megbízható és hatékony hőellátást biztosít. A szociális bérlakások mintegy 50%-át és a köztulajdonban lévő épületek körülbelül 50%-át is ellátja.

A fűtési hálózatot a világ egyik legnagyobb távhűtési rendszere, a Fraîcheur de Paris egészíti ki (20. ábra). A 71 km hosszú hálózat 330 MW hűtőteljesítménnyel és hozzávetőleg évi 412 GWh hűtési energiatermeléssel nyújt alapvető szolgáltatást a város üzleti és kulturális központjai számára.

6.6 Önellenőrző kérdések

Válassza ki a legjobb választ! A megoldókulcs alább található.

1. Melyik jellemző igaz a modulban ismertetett számos hagyományos, magas hőmérsékletű távfűtési rendszerre?

- A. Az előremenő hőmérséklet jellemzően 100–130 °C.
- B. Kizárólag környezeti hőmérsékletű köröket használnak.
- C. Minden épület minden lakásában külön hőszivattyú működik.
- D. Nincs szállítási hőveszteség.

2. Mi az áthidaló ág fő célja az egycsöves fűtési rendszerben?

- A. A teljes fűtési strang leállítása.
- B. A víz egy részének átvezetése a radiátor megkerülésével.
- C. A távfűtés előremenő hőmérsékletének növelése.
- D. A hőmennyiségmérő helyettesítése.

3. Melyik berendezés jellemző eleme egy korszerű, kompakt, moduláris hőközpontnak?

- A. Lemezes hőcserélő.
- B. Széntároló bunker.
- C. Gőzturbina.
- D. Nyitott hűtőtorony.

4. Miért jelent műszaki kihívást a HMV-előállítás alacsony hőmérsékletű távfűtés esetén?

- A. Az LTDH mindig gőzt használ.
- B. Az előremenő hőmérséklet a Legionella közvetlen visszaszorításához szükséges szint alá csökkenhet.
- C. A hőmennyiségmérők 90 °C alatt nem működnek.
- D. Az alacsony hőmérsékletű rendszerekben nem használhatók hőcserélők.

5. Melyik esettanulmány hasznosítja hőszivattyúval a londoni metró szellőzőrendszeréből származó hulladékhőt?

- A. Citigen
- B. Bunhill Heat and Power Network
- C. CPCU Paris

- D. Fraîcheur de Paris

Megoldókulcs

1	2	3	4	5
A	B	A	B	B

Forrásmegjegyzés: Az elméleti szöveg a SHaKE 6. moduljának jóváhagyott útmutatójából származik, és a kiválasztott O2 prezentáció témáit követi. A forrás útmutató szóhasználatát lehetőség szerint megtartottuk; kizárólag a prezentációhoz igazodó válogatást és kisebb szerkesztői összekötéseket alkalmaztunk.