

Esztergom távhőszolgáltatásáról és annak lehetséges bővítéséről az energiatérképen

PAPP LUCA - SÁDLI GYULA - SOHA TAMÁS - CSONTOS CSABA - MUNKÁCSY BÉLA -
CSÜLLÖG GÁBOR - HORVÁTH GERGELY - HARMAT ÁDÁM - SZABÓ MÁRIA

Absztrakt

A 21. századi iparosodott, nyugati társadalmakra jellemző fogyasztói magatartás az anyagi javak felhalmozásán túl az energiapazarlással is jelentős környezeti terhelést ró bolygónkra. Nincs ez másként a mérsékelt égövi országok fűtési szezonban megnövekedett hőenergia-igényével sem, mely egyes államokban, például hazánkban is a háztartások teljes éves energiafelhasználásának akár a 70-75%-át is kiteheti (MEKH 2016). Az elavult vagy szakszerűtlenül üzemeltetett egyedi fűtőberendezések, a rosszul megválasztott tüzelőanyag egyaránt jelentősen hozzájárulnak a települések rossz levegőminőségéhez. A fűtési igények fedezéséhez szükséges energiatermelés meghatározó súlya miatt kiemelt figyelmet kell fordítani az olyan tisztább, korszerűbb eljárások alkalmazására, mint például a távfűtési rendszerek. Ezek azonban számos pozitív tulajdonságuk ellenére sok esetben erősen negatív társadalmi megítélés alá esnek, amelynek hátterében sokféle vélt és valós ok húzódhat meg, a hiányos ismeretektől az elavult technológiáig. Jelen kutatás Esztergom mai és potenciális távhőfelhasználóinak, valamint városi vezetőinek véleményét tárja fel, és a továbblépés, a fejlesztés lehetőségeire is rávilágít az energiatérkép nézőpontjából. Vizsgálatunkat Esztergom és környékének rossz levegőminőségi problémái ösztönözték, melynek egyik megoldását a város távhőrendszerének fejlesztésében látjuk. A szolgáltatás jelenlegi helyzetének és fogyasztói, valamint városvezetői megítélésének feltárására kérdőíves felmérést végeztünk, melyből világosan kitűnik a távhőrendszer vegyes megítélése. Azonban a távhőrendszer fejlesztése és alacsony kibocsátású hőtermelési megoldásokkal való kiegészítése kedvező lehet a város levegőminőségére nézve, ezért a kutatás második felében GIS-es eljárások segítségével annak nagyléptékű napkollektorparkkal való bővítési lehetőségeit vizsgáltuk barnamezős területeken. Az eredmények alapján az Esztergomtól délre elterülő ipari park potenciáljai kedvező feltételeket biztosítanak ilyen létesítmények megvalósítására.

Kulcsszavak:

levegőminőség; távfűtés; kérdőíves felmérés; lakossági hozzáállás; városvezetői vélemény; GIS; napkollektoros fejlesztési perspektívák

Bevezetés

A növekvő fogyasztás, mint életvitelünk legfőbb jellemzője, ezen belül pedig különösen az energiaigények emelkedése hosszútávon bizonyosan nem fenntartható. Új szemlélet és új megoldások szükségesek, ezen belül pedig az energiatermelés átalakítása kiemelten fontos terület. A kihívás nem csupán a fosszilis készletek fogyatkozásában áll, de a használatukból adódó környezetterhelés és az ezekből fakadó externális költségek is számottevők. Az EuroStat adatai alapján 2015-ben az EU28 országokban az energiaszektor felelt az üvegházhatású gázok kibocsátásának 75%-áért (EuroStat 2017). Azonban a jövőre

nézve jelentős változásokat követel meg az európai szabályozás, hiszen 2030-ra legalább 40%-kal, 2050-re pedig 80%-kal kellene csökkenteni az üvegházgáz-kibocsátást az 1990-es szinthez képest. Mindez azt feltételezi, hogy 2050-re a termelésben megtörténjen a teljes átállás az alacsony károsanyag-kibocsátású technológiákra.

A szigorú EU-szintű szabályozás másik oka, hogy a globális primer energiafogyasztás kétharmad része a városi terekben történik (MORVAJ, B. ET AL. 2016), tehát a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből származó emisszió itt rontja leginkább a levegőminőséget (SAYEGH, M. A. ET AL. 2016). Ennek tükrében nyilvánvaló, hogy az emisszió csökkentésében a távfűtési hálózat fejlesztése és

kiterjesztése is komoly eredményekkel kecsegtet, hiszen a fűtőművek a lakóterületektől távolabb, szakszerű üzemeltetéssel, korszerű technológiával, a füstgáz tisztításával állíthatják elő a hőenergiát. A távhőrendszerek az erőforrás-használat tekintetében rugalmasan működtethetők, a megújuló energiaforrások alkalmazása, illetve az azokra való átállás egyszerűbben valósítható meg, ráadásul gazdaságosabban üzemeltethetők az egyedi fűtési módoknál, ezáltal egyszerre csökkenthető a primerenergia-felhasználás és javítható a levegőminőség is (RISMANCHI, B. 2016).

Levegőminőségi problémák Esztergomban

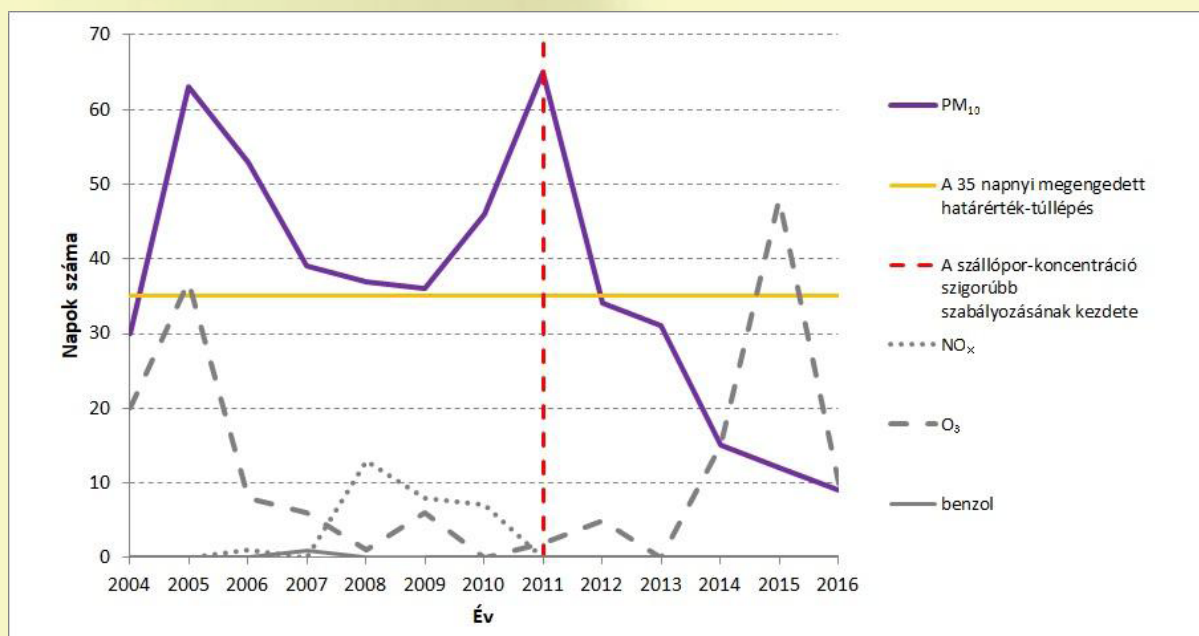
A légszennyezettsége miatt a Dorogi-medence évtizedek óta az ország legrosszabb adottságú térségei közé tartozik. Dorogon praktizáló gyermekgyógyászok már az 1980-as években publikáltak kutatási eredményeket a gyermekek légúti megbetegedéseinek átlagosnál nagyobb gyakorisága és a légszennyezés közötti összefüggésről (DÁVID, A. 1999).

A helyzet az elmúlt évtizedekben nem sokat változott: a Dorogi-medencében a fűtési szezonban a szállópor¹ mennyisége évtizedek óta az egyik legmagasabb az

országban (SZUHI, A. 2009, OLM 2017). Esztergomban a szennyezettség az elmúlt évtizedekben általában meghaladta a határértéket (1. ábra). A tendencia az elmúlt 5-6 év adatai alapján csökkenést mutat, melynek fő oka az ipari szerkezetváltás, leginkább a lábatlani cementgyártás leállítása, és több kisebb termelőüzem környezetvédelmi fejlesztése.

A teljes képhez hozzátartozik, hogy a 2008/50/EK irányelv értelmében az Európai Bizottság figyelmeztette Magyarországot az uniós levegőminőségi szabályok betartására, majd 2011-ig haladékot is kaptunk, hogy csökkentsük a PM₁₀ légköri koncentrációját (FARKAS CSAMANGÓ E. 2014). A türelmi idő leteltével a trend ténylegesen csökkenővé vált, azonban a jövőben a földrajzi fekvés és a domborzati adottságok miatt időről időre előfordulhatnak még ezen a téren problémák.

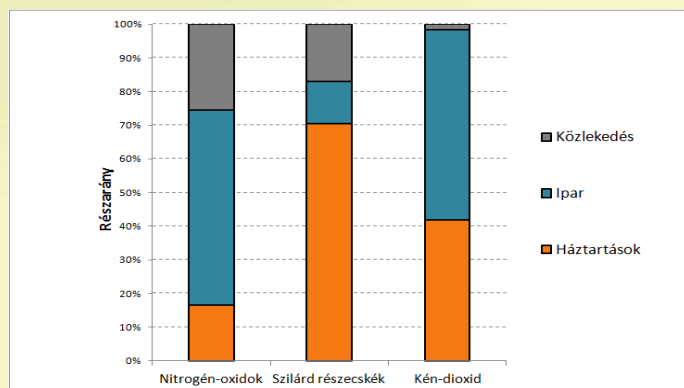
A többi, automata állomáson mért légszennyező anyag (NO₂, NO_x, O₃, benzol, SO₂, CO) éves átlagának esetében nem figyelhető meg a határérték olyan mértékű túllépése, mint a szállópornál (1. ábra). Ez csak részben ad okot bizakodásra, hiszen ezek az állomások a szennyező létesítményektől, utaktól távolabb találhatók, így ezek közelében, lokálisan jelentkezhet akár komolyabb mértékű légszennyezettség is.



1. ábra: A légszennyező anyagok koncentrációjának 24 órás egészségügyi határértékét meghaladó napok száma az egyes években Esztergomban (2004-2016). Forrás: az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat automata mérőállomásának adatai alapján a szerzők szerkesztése

¹ Szállópornak a levegőben jelen lévő, 10 µm-nél kisebb szilárd részecskéket (PM₁₀) nevezzük, amelyek a légkörbe jutásuk után nem ülepednek ki, hanem szennyezőanyagokként lebegve jelen maradnak, belélegzőkor fejtvé ki egészségkárosító hatásukat (WHO 2017). A szállópor koncentrációjának 24 órás határértéke 50 µg/m³, azonban ez egy évben legfeljebb 35-ször léphető túl (OLM 2018).

A szállópor három fő kibocsátója fontossági sorrendben a lakossági szilárd tüzelés, a közlekedés és az ipar (2. ábra) (SZUHI A. 2009).



2. ábra: A fő légszennyezőanyag-források megoszlása a Dorozi-medencében, 2009.

Forrás: SZUHI A. 2009 alapján a szerzők szerkesztése

Esztergom esetében jelentős mértékben befolyásolja a levegőminőséget a természetföldrajzi elhelyezkedés. A várost keletről hegységek határolják, melyek az uralkodó nyugati és északnyugati szeleket feltartóztatják, ezzel megakadályozva a szennyezett légtömegek cseréjét. Fokozza a problémát az is, hogy a nyugatra, északnyugatra fekvő iparvidéken kibocsátott szennyezőanyagok is sok esetben rekednek meg itt.

A Dorozi-medencére jellemző, hogy gazdasági profilját tekintve erősen ipari jellegű. Kiemelkedő a szekunder szektorban foglalkoztatottak aránya és az ipari termelés mértéke. A levegőminőségnek a természetföldrajzi viszonyokon és az ipari karakteren túl a nagy népsűrűség és ebből fakadó nagyobb lakossági eredetű emisszió sem kedvez: az Esztergomi járás népsűrűsége 171,9 fő/km² (KSH 2014), szemben a 105 fő/km²-es országos átlaggal (KSH 2017).

A háztartások nemcsak Esztergomban számítanak az iparnál és a közlekedésnél is nagyobb légszennyezőnek, de globális szinten is jelentősebb kibocsátók (ANDRIC, I. ET AL. 2016), ezért célszerű a lakásszektorban vizsgálni a lehetőségeket a levegőminőség javítására. A továbbiakban a távfűtési hálózatok lehetséges 21. századi fejlesztési irányait mutatjuk be, valamint azt, hogy e technológia miért képviselheti a hőenergia hatékony és környezetbarát előállításának egyik legnagyobb potenciállal rendelkező alternatíváját.

Távhőrendszerek fejlesztési lehetőségei

A távfűtés egyik jelentős előnye más fűtési módokhoz képest a viszonylagos rugalmassága a felhasznált energia-hordozó tekintetében, illetve ehhez kötődően az, hogy már csupán a tüzelőanyag váltásával jelentősen csökkenteni lehet a környezeti hatásokat akár nagyobb földrajzi térben is. Mivel az energiaforrások széles skálája alkalmas a működtetéséhez, a megújulóknak minél nagyobb arányú használata ezen a területen jelentős perspektívákat rejt, amely kiemelten fontos feladat az EU-ban is.

A távfűtési rendszerek négy technológiai fejlettségi szintbe sorolhatók (LAKE, A. ET AL. 2016). Az első és második generációs távfűtés esetében 100 °C fölötti vízhőmérséklet volt jellemző, ami jelentős hővesztést jelentett. Ma az iparosodott országokban a harmadik generációs távhőrendszerek a legelterjedtebbek, melyek jellemzője a 100 °C-nál alacsonyabb vízhőfok. Az energiahatékonyságon kívül a szabályozhatóság is fontos eleme e rendszereknek (LAKE, A. ET AL. 2016). A negyedik generációs távhőrendszerek még alacsonyabb vízhőmérsékletűek, és még kisebb veszteséggel működtethetők (SCHMIDT, D. ET AL. 2017), hiszen a szigorodó EU-s szabályozás miatt épületeink hőszigetelése is egyre hatékonyabb, így az épületállomány egyre kisebb energiaigényű. A lakossági hőigény jelentős csökkenése révén a meglévő távhőhálózatok bővítése is lehetségessé válik, hiszen ily módon egy azonos hőteljesítménnyel működő fűtőmű sokkal több lakás hőellátását fedezheti (LUND, H. ET AL. 2016).

A 21. század technológia fejlődése új korszakot nyithat a távfűtési rendszerek működéséhez felhasznált energiamixben is. A hőenergia hatékony előállítására a helyben elérhető különböző típusú megújuló erőforrások (napenergia, biomassa, környezeti hő és ezen belül is a geotermikus energia) helyes arányú kombinálása jó alternatívát kínálhat a döntően még ma is fosszilis alapú távfűtőrendszerek modernizálásához és bővítéséhez. A megújuló energetika felhasználásával olyan hibrid távfűtőrendszereket lehet kiépíteni, amelyek a települések természeti adottságait figyelembe véve, az optimális energiamix kialakításával, hosszútávon fenntartható módon és gazdaságosan üzemeltethetők. Az ilyen hibrid távfűtési rendszerek fejlesztésében Dánia számít úttörőnek, ahol a földgáz és biomassa tüzelésű kogenerációs erőművek mellett hatalmas ütemű fejlődés figyelhető meg a napkollektorok telepítésében is (EUROHEAT 2017). 2010 és 2016 között

közel tízszeresére emelkedett a beépített napkollektor-felület, csak 2016-ban 42%-os növekedést regisztráltak. Ez országosan körülbelül 1,3 millió m²-t és hozzávetőleg 900 MW_{th} beépített hőkapacitást jelent (WERNER, S. 2017; PLANENERGI 2017). Annak ellenére, hogy Dániában a napsütéses órák száma és a besugárzás éves értéke (950-1050 kWh/m²/év) Európa délebbi államaihoz képest alacsonynak tekinthető, már több mint 100 településen egészítették ki napenergiával a biomassza, vagy a még fosszilis alapú távfűtőrendszereket. A hibrid létesítményeket teljesítményük és hatékonyságuk maximalizálása érdekében gyakran hőszivattyúkkal és szezonális hőtárolókkal is ellátják.

Az egyik leggyakrabban alkalmazott technológia erre a félig földbe süllyesztett forróvizet tároló, ún. "pit energy storage" kialakítása. Térfogata néhány 10 000 m³-tól, akár több 100 000 m³-ig is terjedhet, amit nagymértékben befolyásol a távhőrendszer mérete, illetve a nyári félévben megtermelt, de fel nem használt hőenergia mennyiség. A technológia hátránya azonban az, hogy a szezonális tárolásból fakadó hőveszteségek a 40%-ot is meghaladhatják. A hőszivattyúk rendszerbe illesztésével ez a probléma részben orvosolható, és a hőtárolási folyamat optimális üzemeltetés esetén a villamosenergia-rendszerrel is harmonizálható. Ez azt jelenti, hogy a hőszivattyúkat jellemzően akkor indítják be, amikor az időjárásfüggő megújulókat által termelt többlet villamos energia terhet jelent a hálózat számára és ezért az áram ára alacsonyabb.

A távfűtés hazai helyzetének vázlatos áttekintése

Hazánkban tömegesen az 1950-es évektől kezdve terjedt el a távhő, jellemzően a szocializmus időszakában megvalósult erőmű- és iparváros-építésekhez, panelosításokhoz kötődően (FÓTÁV 2017). Így a magyarországi hálózat jellemzője, hogy a felhasználók nagy részét a lakótelepek panel- és társasházi lakásai teszi ki. Ez 2015-ben csaknem 100 településen körülbelül 650 000 háztartást, vagyis 17,4%-os lefedettséget jelentett, de a távhő ezen túl intézményi és egyéb hőellátási célokat is szolgál. Forrásként a hazánkban szolgáltatott távhő 70-80% földgáz alapú, és csupán 16% körüli a megújuló energiaforrások felhasználási aránya. Ezek közül kiemelkedő a biomassza: a megújuló alapú névleges hőteljesítmény 67,7%-a növényi biomassza-tüzelésből származik (MEKH 2015), mely amellest, hogy helyi erőforrás, elégetése - a teljes életciklust figyelembe véve - alacsony CO₂-emisszióval jár.

Az egyre súlyosbodó környezeti válság okán minden szinten törekednünk kell az alacsonyabb környezetterhelésű megújuló energiaforrások és ezekre alapuló technológiák minél nagyobb arányú felhasználására. A Nemzeti Energiastratégia a fűtési célú hőenergia esetében azok megújuló részarányát az ambiciózusnak nem nevezhető 32%-ban határozza meg 2030-ig (NFM 2012). Ennek eléréséhez elsődlegesen a távfűtés jöhet számításba, ahol a tüzelőanyag váltása egyszerre nagy léptékben végrehajtható (SAYEGH, M. A. ET AL. 2016). Ezt hazai tapasztalatok is igazolják, így például szénttüzelésű kazán átalakítása szén-biomassza vegyes tüzelésre Dorogon is megtörtént: a kibocsátási célok elérése érdekében az erőmű 3. számú kazánját biomassza és szénpor együttes tüzelésére állították át.

A környezeti terhelés csökkentése mellett a megbízhatóság és a hatékonyság növelése, a kényelmes és biztonságos szolgáltatás nyújtása, és mindezekkel együtt a megfizethetőség is alapvető célokká váltak a magyar távhőszolgáltatóknál. Mindezek ellenére a rendszerszintű hatékonyság nem éri el a nyugat- vagy észak-európai szintet, ahol a távhőszolgáltatás magasabb minőségben és versenyképes – lényegében verhetetlen – áron jelenik meg a piacon.

A Dorogi Erőmű és az esztergomi távfűtészálózat

Esztergom távfűtési hálózatának hőtermelő egysége a Dorogi Erőmű, mellyel partnerségben a Promtávhő Kft. biztosítja a távhőszolgáltatást. Az erőműben négy kazán található, melyekből általában három üzemel. Maximális kihasználtság esetén ezek a berendezések 30 MW_{th} teljesítményt képesek előállítani (VEOLIA 2016a). A földgáz tüzelésű kazánok 2007 óta, a piaci viszonyok megváltozása miatt, fokozatosan veszítettek jelentőségükből. Ezzel együtt a kogenerációs, kapcsolt villamosenergia-termelést is megszüntették (az erőmű saját igényeit fedező néhány MW_p teljesítményt leszámítva). Ennek oka, hogy a 2011-ben megváltozott KÁT-szabályozás mellett már nem volt nyereséges a villamos energia piaci értékesítése. Ugyanakkor a harmadik kazánt - helyi fejlesztésű technológiával - alkalmassá tették a barnaszén (~60%) és biomassza (~40%) együttes befogadására (NÁDOR T. 2015a). A felhasznált biomassza teljes mértékben mezőgazdasági hulladék, főként napraforgószár, tányér és egyéb darálék, melynek fűtőértéke a szénporéhoz hasonlatos, viszont elégetése jelentős CO₂-emissziócsökkentést eredményezhet (ERICSSON, K. - WERNER, S. 2016, NÁDOR T. 2015b).

A teljes életciklusban azonban számolni kell a növénytermesztés különféle energiafelhasználásaival éppen úgy, mint a szállítás üzemanyagigényével – amely szempontok egyelőre sajnos alulreprezentáltak a döntéshozatali mechanizmusban. Mindezek ellenére ezzel a fejlesztéssel az üzemeltetés még mindig rentábilisabb, így az erőmű tízéves tervében szerepel egy újabb biomassza-tüzelésű kazán telepítése.

Az erőműtől a felhasználókig kiépített távhőhálózat dorogi szakasza 9,7 km, míg esztergomi része 18,5 km. A távhőszolgáltatás 83%-át a lakosság veszi igénybe, ám összességében az ellátottság szintje nagyon alacsony: Dorog esetében a teljes lakásállománynak csak 24,8%-át (1305 lakás), míg Esztergom esetében alig 17,7%-át (2247 lakás) jelenti (KSH 2016). A távhőszolgáltatásban részesedő lakossági fogyasztók mindegyike ún. háztartási technológiával épített lakótelepi lakásban él. A lakossági fogyasztókon túl intézmények (kórházépületek, hivatalok), illetve egy ipari létesítmény fűtése valósul meg a távhőből.

A Dorogi Erőmű, mint szolgáltató és a fogyasztók viszonya sokéves távlatban is komoly konfliktusokkal terhelt. A szolgáltatás ára miatt 2008-ban az akkor hivatalban lévő dorogi városvezetés a település közigazgatásának lecsatlakozását helyezte kilátásba, de felmerült a társasházak távhőhálózatról való lecsatlakozásának költségeit segítő koncepció kidolgozása is (NÁDOR T. 2008). A hálózatról való lecsatlakozás azonban nemcsak a fogyasztókat terhelő fajlagos költségek növekedését okozná, de az erőmű kihasználtságának, és ezzel együtt hatékonyságának romlását is eredményezné.

A korábbi korszerűsítéseknek köszönhetően egyes lakások radiátoraira szabályozószelepek kerültek, melyek lehetőséget biztosítanak a helyiségek hőmérsékletének egyéni beállítására. Ennek ellenére a hőmennyiségmérők felszerelése már nem valósult meg, ezért a költségek a lakóközösség számára együttesen kerülnek kiszámlázásra, és nem pedig lakásonként, egyéni módon – ami a továbbszámlázás tekintetében okoz feszültséget (Nádor T. 2015b). Összességében a szobahőmérséklet szabályozhatósága nem elégíti ki a 21. századi elvárásokat (a téli időszakban a lakások egy részét leginkább az ablakok kinyitásával lehet visszahűteni).

A fogyasztók véleménye a szolgáltatás jelenlegi helyzetéről

Sokakban élnek sztereotípiák a távfűtésről az alapján, hogy milyenek tapasztalták a technológiát annak tömeges elterjedése idején (illetve tapasztalják néhol jelenleg is): a lakásokban túl hideg vagy túl meleg van, nem szabályozható a hőmérséklet, nem az egyéni fogyasztás alapján történik az elszámolás, a szolgáltatás nem megbízható, s ezzel együtt, hogy „az utcát fűtjük”, még drágább is, mint más fűtési módok. Magyarországon a távfűtésre való csatlakozás általában fel sem merül lehetőségként, amikor a levegőminőség javításáról vagy a fűtési kiadások csökkentéséről van szó.

A kutatás keretében a fent felsorolt problémákról a jelenlegi és potenciális fogyasztók véleményének feltárására kérdőíves felmérést végeztünk. Ennek során a távhővezeték esztergomi szakasza mellett elhelyezkedő szolgáltatóegységek (kereskedelmi és vendéglátó helyek) üzemeltetőinek véleményét kérdeztük a hagyományos lakossági kérdőívvel szemben a könnyebb megszólíthatóság érdekében (mivel a technológia mindenhol egységes, emiatt annak megítélése szempontjából lényegtelen, hogy egy adott helyiségben kereskedelmi egység működik vagy lakófunkcióval rendelkezik). Esztergom-Kertvárost a kutatás ezen része nem érintette. A kérdőívben elsősorban zárt kérdések kaptak helyet, de az egyéni gondolatok megjelenítésére is volt lehetőség. A távhőszolgáltatás tulajdonságainak megítélését feleletválasztós, eldöntendő, illetve saját választ igénylő kérdésekkel mértük fel.

A bemutatott távhőrendszer valójában Dorogot és Esztergomot egyaránt ellátja hőenergiával, ám a dorogi képviselő-testület tagjai közül csak ketten töltötték ki a kérdőíveket, így az ottani helyzet vizsgálata csak részben volt lehetséges. Emiatt a dorogi állapotok feltárása – bár a lakossági kérdőívészé megtörtént –, a képviselői válaszok hiányában elemzésünkben kimaradt.

A felmérés alapján Esztergom városában összesen 74 szolgáltatóegység helyezkedik el közvetlenül a hálózat mentén. Ebből a 74-ből 63 adott érdemi, a vizsgálat során használható választ a kérdésekre. Kutatásunkat a fűtési időszakban végeztük, 2016 októbertől és 2017 februárja között. Külön vizsgáltuk a távhőrendszerhez csatlakozó és nem csatlakozó egységek álláspontjait, így kutatva az esetleges hasonlóságokat és eltéréseket a két csoport válaszai között.

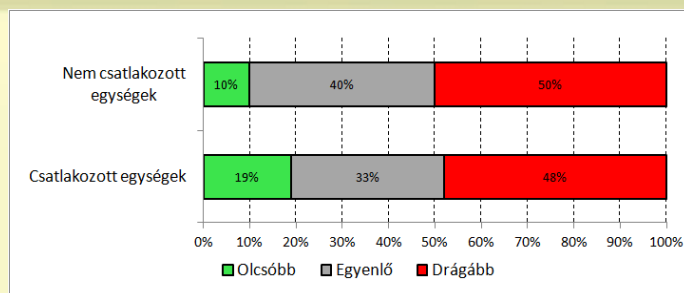
A távhőhálózatra való csatlakozás jelenlegi helyzete

Fontos megemlíteni, hogy a vizsgálatba vont egységek kivétel nélkül csak olyan fogyasztók voltak, amelyek a távhővezeték közvetlen szomszédságában találhatóak. Ennek ellenére a 63 válaszadó közül csak 21 csatlakozik jelenleg a távhőhálózatra, 42-en nincsenek rákötve. Utóbbiakat külön megkérdeztük arról, hogy ismereteik alapján rá tudnának-e csatlakozni a hálózatra. Közülük csupán öt olyan volt, aki tudta, hogy az adott épület a távhőhálózat közvetlen szomszédságában helyezkedik el és a rendszerre való rákötés megoldható volna. A válaszadók többsége, 71,5% nem tudja, hogy milyen lehetőségeik vannak a rendszerre való csatlakozás szempontjából, sőt előfordultak olyanok is, akik annak sem voltak tudatában, hogy az épület közvetlenül a hálózat mentén található. További hét megkérdezett azt állította, hogy nem megoldható a rendszerhez való csatlakozás. Itt érvként többek között megjelent, hogy az adott épület nem a távhővezeték mentén található, ami egyértelműen az ismeretek hiányára utal. Voltak, akik állították, hogy csak panelépület csatlakozhat a távhőhálózatra, más épület nem. Megállapítható, hogy a nem csatlakozottak hiányos ismeretekkel rendelkeznek a rácsatlakozás lehetőségeiről.

A távhőről alkotott felhasználói vélemények

A következő kérdéscsoportban a távhőszolgáltatásról alkotott vélemények felmérése történt meg. A lehetséges összehasonlítás érdekében külön kezeltük azokat, akik csatlakoznak a rendszerre, illetve akik nem. A fogyasztók általában a pénzügyi oldalról közelítik meg a különböző fűtési módokat, ennél fogva a felmérés első lépésben arra tért ki, hogy a megkérdezettek vajon mit gondolnak a távhő áráról.

Azok közül, akik igénybe veszik a távhőt, 48% állította azt, hogy a távhő drágább más megoldásoknál, 33%-uk meglátása az, hogy nincsen jelentős különbség az egyes fűtési módok költségei között, és 19% szerint olcsóbb a távhő használata, mintha más fűtési technológiát használnának. A 42 nem csatlakozott fogyasztó esetében is a távhőszolgáltatás vegyes megítélésről tanúskodó válaszok születtek, azonban némileg mégis negatívabban vélekednek róla. 50%-uk véleménye az, hogy a távhő drágább, 40% szerint nincs jelentős árkülönbség, ugyanakkor a válaszolóknak csak 10%-a gondolja úgy, hogy az alternatív megoldásokhoz képest olcsóbb a távhő használata (3. ábra).

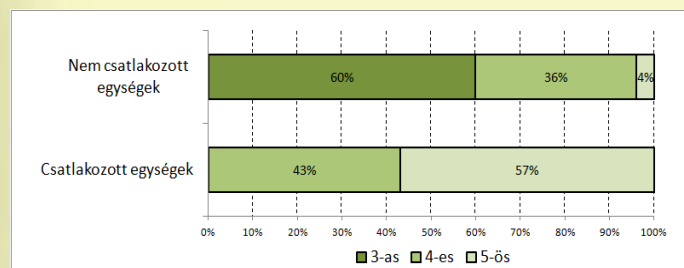


3. ábra: A távhő árának fogyasztói megítélése.

Forrás: a szerzők szerkesztése

A válaszokból tehát az derül ki, hogy a távfűtés a válaszadók többsége szerint nem olcsó, tekintet nélkül arra, hogy a szolgáltatást használja, vagy sem. Ugyanakkor ezt a problémakört objektív módon megítélni nem könnyű, hiszen sok múlik az adott épület műszaki állapotán, a gépészeti berendezések hatékonyságán, sőt a lakók belső klímával kapcsolatos elvárásain is.

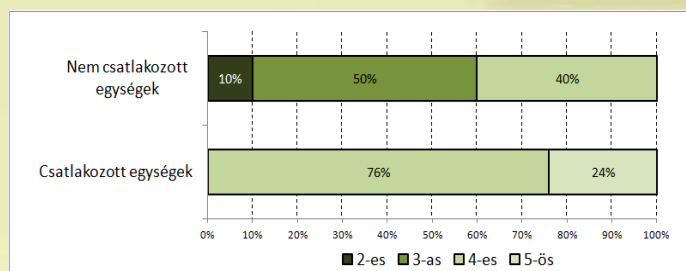
A távfűtés otthoni használatának biztonságosságát (bármilyen típusú robbanás- vagy mérgezésveszélyt) vizsgálva azt a következtetést tudtuk levonni, hogy azok a fogyasztók, akik használják a távhőt, pozitívabban ítélték meg a szolgáltatást. 1-től 5-ig terjedő skálán kizárólag 4-es és 5-ös értékelések születtek. A kérdéskörben a nem csatlakozott egységeknek sem volt kiugróan negatív a véleményük, de döntően csak 3-as és 4-es értékelést kapott a távhő biztonságossága, s azt csupán 4% véleményezte a maximális 5-ös számmal (4. ábra).



4. ábra: A távfűtés biztonságosságának fogyasztói megítélése.

Forrás: a szerzők szerkesztése.

Az ellátásbiztonságot (üzemzavarok, váratlan leállások, kimaradó vagy nem elégséges szolgáltatás) tekintve hátrózott véleménykülönbség volt fellelhető a távhőre csatlakozott és nem csatlakozott egységek között. A távfűtés aktív felhasználói egyértelműen és láthatóan meg vannak elégedve a szolgáltatás színvonalának ezen elemével, 1-től 5-ig terjedő skálán csak 4-es és 5-ös osztályzatok születtek. A nem csatlakozott válaszadók 60%-a ezzel szemben csak 2-esre vagy 3-asra, további 40% pedig 4-esre értékelte a távhőt (5. ábra).



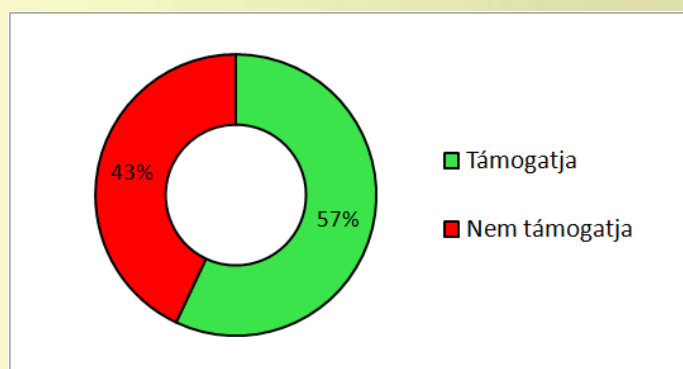
5. ábra: A távfűtés ellátásbiztonságának fogyasztói megítélése. Forrás: a szerzők szerkesztése.

A nem csatlakozott szolgáltatóegységeket külön megkérdeztük arról, hogy milyen feltételekkel csatlakoznának a távhőrendszerre. Válaszaikban szinte kivétel nélkül a gazdasági tényezők domináltak. Más előnyös tulajdonságok, mint például a biztonságos használat, kényelem, tisztaság, ellátásbiztonság vagy a kis helyigény nem jelentek meg lényeges szempontként a válaszok között.

A távhőhálózat fejlesztéséhez és bővítéséhez való viszony

A fogyasztói kérdőív az utolsó témakörben az esetleges fejlesztések támogatottságát mérte fel (6. ábra). Ennél a kérdésnél nem alakult ki számottevő véleménykülönbség a csatlakozott és a nem csatlakozott egységek között, ezért válaszaikat az eredmények bemutatása során nem kezeltük külön.

A megkérdezett 63 fogyasztó közül 36 válaszolta, hogy foglalkozni kellene a hálózat fejlesztésével és esetleges bővítésével, míg a többi válaszadó úgy gondolta, hogy a hálózatfejlesztés nem elsődleges feladat, és az erre költeni kívánt összegeket sokkal hasznosabb célokra is fel lehet használni (például utak, járdák állapotának javítása, parkolási lehetőségek bővítése, közintézmények fejlesztése stb.).



6. ábra: A távhőhálózat bővítésének fogyasztói támogatottsága. Forrás: a szerzők szerkesztése.

Kérdőíves felmérésünk során a megkérdezett lakosok részéről megfigyelhető volt egyfajta elzárkózás a választástól. A fűtés, mint a létfenntartás egyik alappillére, szorosan kapcsolódik a lakosok magánéletéhez, ráadásul nyilvánvalóan nem kevesen fűtenek háztartási hulladékkal, ami köztudomásúan illegális tevékenység, így erről a kérdésről sokan csak szűkszavúan nyilatkoztak, a kérdőívezést inkább gyanakvással, mint segítőkészséggel fogadták.

A kérdőívezés legfontosabb tapasztalata az, hogy a távhőszolgáltatás jelenlegi állapota és a fejlesztés lehetőségei kapcsán komoly ismerethiány halmozódott fel az elmúlt években. Feltételezhetően nehezíti majd az esetleges fejlesztési törekvéseket azoknak az ingatlan tulajdonosoknak a nagy aránya, akik negatív véleményt alkotnak a távhőről. Az ő meggyőzésük az elsődleges feladat, hogy a fejlesztés mellett jelentős társadalmi igény és támogatottság jöjjön létre, ami arra készíti az önkormányzatot, illetve a távhőszolgáltatót, hogy mihamarabb feltérképezzék a fejlesztési lehetőségeket.

Az esztergomi önkormányzati képviselők véleménye a szolgáltatás jelenlegi helyzetéről

A távhőfejlesztés összetett és sok szereplőt igénylő folyamat, melynek egyik meghatározó eleme az adott település önkormányzata. Mindkét érintett település esetében igyekeztünk a döntéshozók véleményét megismerni, ám értékelhető válaszokat kizárólag az esztergomi városvezetőktől kaptunk. Itt a képviselő-testület tagjaival személyes interjúkat készítettünk, amelynek kérdései négy átfogóbb téma köré szerveződtek:

- A távhőrendszer ismerete (különös tekintettel a rendszer működésére és az esztergomi vezetékrendszer elhelyezkedésére);
- Az esztergomi levegőtisztasági problémák;
- A távhőről alkotott általános vélemények;
- A távfűtés jövője Esztergomban.

A távhőrendszer ismeretének felmérése

Az első kérdéskör a távhőrendszer működésének és az Esztergomban futó vezetékrendszer térbeli elhelyezkedésének ismeretét igyekezett feltárni. Ez azért különösen fontos, mert a városvezetési apparátus csak abban

az esetben tud valós képet alkotni a jelenlegi helyzetről, illetve képes megfelelő döntést hozni, ha tisztában van a település infrastrukturális elemeinek elhelyezkedésével, ismeri azok működését és kapcsolatait az általuk ellátott különféle lakossági, intézményi és piaci szereplőkkel.

A 14 fős képviselő-testület válasza alapján azt állapítottuk meg, hogy a megkérdezettek nagy vonalakban ismerik a távhőrendszer tulajdonságait, tisztában vannak a hőenergia előállításának és fogyasztókhöz szállításának módjával. A távhőrendszer térbeli elhelyezkedéséről a választ adó képviselők mindegyike széleskörű ismertetekkel rendelkezik. E tényező fontossága a bővítésbe bevonható területek feltárása, valamint a távhőszolgáltatás bővítéséről kialakuló szakmai párbeszéd és a döntéshozatali folyamat során válhat kiemelt fontosságúvá.

Esztergom levegőminőségének problémái és megoldási lehetőségei

A következő kérdéskör a város egyik komoly problémájával, a levegő rossz minőségével foglalkozott. A felmérés arra irányult, hogy a képviselők mennyire ismerik választókerületük jellemző fűtési módjait és milyen problémákat azonosítanak ezzel kapcsolatban, továbbá milyen megoldási javaslatok vannak a levegőminőség javításának érdekében. Válaszaikból kiolvasható az egyéni fűtési módok túlsúlya a távfűtéssel szemben. A képviselők problémaként tekintenek a nem megfelelő fűtési módokra, mint például a szeméttégetésre, illetve a (rossz minőségű) szénrelé vagy olajjal való fűtésre. Az esztergomi levegő minősége véleményük szerint kifejezetten rossz és egészségtelen. A helyzet javítására (kimondottan a fűtés tárgyköréhez illeszkedve) a következő javaslatokat tették:

- Szükség van a helyes fűtésről szóló többcsatornás lakossági ismeretterjesztésre (például prospektusok, szórólapok, hirdetések által a helyi újságban), ugyanis a lakosságnak sokszor nincs ismerete arról, hogy milyen károkat képes okozni egy rosszul üzemeltetett fűtési megoldással.
- Támogatni kellene azokat a rászorulókat, akiknek a szeméttel való fűtésen kívül már nincs más alternatívájuk, ezt elsősorban anyagi segítség vagy tűzifa formájában tartják elképzelhetőnek.
- A képviselők hatékonyan találnák a kevésbé légszennyező fűtési módok népszerűsítését a lakosság körében. Elsősorban az elektromos

fűtést, a földgáz alapú fűtést és a távfűtést tartják propagálhatónak.

- Nagy potenciált látnak abban, hogy a lakóházakat, lakásokat, továbbá a városi intézményeket minél magasabb szintű energiahatékonyságra törekedve újítsák fel, ezzel is csökkentve a fűtés által a légkörbe juttatott káros anyagok mennyiségét, bár külön megjegyzik, hogy előreláthatólag a városnak erre nincsenek meg az anyagi forrásai.
- Vannak képviselők, akik a város saját energiaforrásainak feltárásában és kiaknázásában látják a jövőt, legfőképpen a helyben rendelkezésre álló geotermális erőforrásokat integrálnák a fűtési rendszerekbe. Ennek megvalósítása azonban - a jelenlegi adottságokat tekintve - a túl alacsony vízhőmérséklet és vízhozam miatt problémás, illetve erősen limitált.
- A válaszok között említésre került még az is, hogy a városnak feltétlenül szüksége van egy átfogó és hosszútávú energetikai koncepcióra, ami segít az önkormányzatnak és a lakosságnak abban, hogy előre tervezhessék fűtéskorszerűsítő, energiahatékonyságot növelő fejlesztéseiket.

A képviselő-testület véleménye a jelenlegi távhőrendszerről és annak fejlesztéséről

A következő kérdéskörben a képviselők távhőszolgáltatásról alkotott álláspontját mértük fel, ahol egyaránt megjelentek pozitív és negatív vélemények is. Előnyként leginkább a távfűtés használatának kényelmét, tisztaságát, környezetbarát voltát említették. A negatív szempontok közül legtöbben azt emelték ki, hogy szerintük a távhőszolgáltatás a fogyasztók számára drága, illetve nehezen szabályozható és rugalmatlan, a kültéri hőmérsékletre nehezen igazítható. Ellátásbiztonsági oldalról az a kritika érte a távfűtést, hogy a rendszer esetleges meghibásodása esetén jelentős lenne azon fogyasztók száma, akik fűtési módok tekintetében alternatíva nélkül maradnának. A fejlesztési oldalt tekintve a magas költségek és a megtérülés kétsége jelentik a legfőbb visszatartó erőt a városvezetők szerint.

A megkérdezett képviselők között egyetértés alakult ki abban, hogy a lakótelepen élők nagy aránya miatt (az esztergomi lakásállomány 17-18%-a) szükség van a távhőszolgáltatás fejlesztésére. Ennek elkezdéséhez elsősorban a felhasználható pénzügyi keretet, illetve a

fejlesztést segítő tanulmányokat hiányolták. Többségük azonban azt is jelezte, ha gazdasági oldalról kétségek merülnek fel a megtérülést illetően, akkor a fejlesztést igen, azonban a rendszer bővítését már nem támogatnák.

A fejlesztéseket nehezítő tényezők

A jelenlegi távhőhálózat fejlesztését, bővítését nehezítő körülményekről és az ezek kapcsán fennálló attitűdről is megkérdeztük az esztergomi döntéshozókat. Támogatónak nevezhető hozzáállásuk ellenére számos tényezőt meg tudnak nevezni fogyasztói, szolgáltatói és városvezetési oldalról is, amelyek egyelőre gátat szabnak a tervek kivitelezésének.

A testület tagjai szerint a távhőhálózat fejlesztésének elsődleges területe a távhőrendszerhez eddig nem csatlakozott lakótelepi területek bevonása. Azonban ennek a folyamatnak erős akadályozója lehet, hogy a társasházak lakástulajdonosai között többségben kell lenniük azoknak, akik a csatlakozást támogatják, továbbá a társasházak minél nagyobb arányának a csatlakozás pártján kell állnia annak érdekében, hogy a távhőszolgáltató megtérülést és nyereséget lásson a befektetésben, ezáltal érdekeltté váljon a beruházásban.

A jelenlegi, 1960-70-es években épült panellakás-állomány nagy része leromlott állapotú és energetikai szempontból alacsony hatékonyságú, az épületek felújítására mindenképp szükség lenne a fűtés korszerűsítése előtt, azonban az önkormányzatnak erre nincs lehetősége támogatást biztosítani, valamint az ott lakók többsége sem képes a felújítás pénzügyi terheit fedezni - a magyar kormány pedig az erre szánt európai uniós forrásokat az állami fenntartású intézmények épületek energetikai felújítására fordította.

Családi házak esetében többségük nem lát realitást abban, hogy ezen fogyasztók is csatlakozzanak a távhőrendszerre, ugyanis ezen lakosok egyébként is a fűtési módok széles sorából válogathatnak, a távhő megítélése pedig a társadalom szemében inkább negatív, így a csatlakozók száma véleményük szerint alacsony lenne.

Egyes képviselők szerint az önkormányzatnak nem feladata a távhőrendszer fejlesztése, ugyanis ez egy olyan közszolgáltatás, amit a városa távhőszolgáltató vállalatnak adott át, ezért ők a fejlesztés elsődleges felelősei, nem a városvezetés. Abban viszont egyetértenek, hogy partnerként kell viselkedniük, az esetleges bővítések és korszerűsítések során pedig minél szorosabban kell

fűzni az önkormányzat, a távhőszolgáltató és a lakosság viszonyát, hogy a fejlesztések minden fél számára előnyösek legyenek. A képviselők megoszlottak abban a kérdésben, hogy egy ilyen összefogás létrehozható, működtethető-e. Véleményünk szerint ennek elsődleges okai a felek közti bizalmatlanság és az esetlegesen felmerülő érdekellentétek lehetnek.

A képviselők a fejlesztéseket nehezítő tényezők közé sorolták még a polgármesteri hivatalban tapasztalható szakemberhiányt (településfejlesztők, geográfusok, szociológusok, mérnökök, közigazdászok stb.) és az ott dolgozók leterheltségét. Komoly problémaként említették azt is, hogy jelentős kihívás lenne a város és a távhőszolgáltató fejlesztési terveit, költségvetéseit összehangolni. Véleményük szerint az önkormányzat nem rendelkezik elégséges anyagi forrással ahhoz, amely egyszerre nagyobb léptékű útburkolat-felújítást finanszírozzon, így azok az esetek legnagyobb részében több lépésben valósulnának csak meg (amennyiben a vezeték nyomvonala a település közúthálózata alatt futna). Ezért nehézkes lenne a távhőrendszer egy szakaszban való korszerűsítése, bővítése. A fejlesztések során más közmuvelőszolgáltatók (pl. víz- és gázművek, távközlés) bevonása is szükséges, ezért feltételezhetően gyakoriak lennének a résztvevők közti nézeteltérések, amelyek jelentősen megnövelnék az építési időt és a költségeket. Felvetődő nehézség lehet még a rendszer kiépítése során a járműforgalom esetleges korlátozása, amely megnehezítené a lakosok közlekedését és mindennapjait. A távhőszolgáltatás fejlesztése nem feltétlenül élvez prioritást a város jövőbeni projektjeinek tervezése és azok kivitelezése során. Ennek oka, hogy Esztergom és térsége - magyarországi viszonylatban is - lemaradásban van az utak, járdák minőségét illetően, műemlékek, középületek felújításában, a hatékony tömegközlekedés létrehozásában, a sokszínű kulturális élet felvirágoztatásában, valamint az árvízi védekezés kiépítésében. A város erőforrásait a közeljövőben elsődlegesen ezeken a területeken kívánják hasznosítani. Ez a vélemény megkérdőjelezhető annak fényében, hogy a térségben jelen lévő számos üzem jelentős mennyiségű iparüzési járulékaiból származó, országos viszonylatban is kiemelkedő mértékű juttatás folyamatos bevételi forrást jelent a város számára. Ezek felhasználása azonban a város fejlődésében kevésbé mutatkozik meg látványosan a lakosság szerint. A jelentős iparüzési bevételek lehetőséget biztosítanak az érintett települések számára az olyan forrásigényes beruházások megvalósítására, mint a tárgyalta távhőhálózat-fejlesztés.

A döntéshozókkal készített interjúk alapján megállapítható, hogy a megkérdezett képviselők alapvetően ismerik a távhőrendszer működését és a rendszer térbeli elhelyezkedését. Felismerik, hogy városfejlesztési szempontból a távhőrendszer korszerűsítése, bővítése nem elhanyagolható tényező, hiszen a levegő minőségének javítása révén lehetőséget teremthet a lakosok életminőségének javítására is. Azonban kétségeik vannak afelől, hogy a fejlesztésekre a közeljövőben sor kerül, mindenekelőtt a megvalósításhoz szükséges pénzügyi források szűkössége és a megfelelő szakemberek, illetve háttéranyagok hiánya miatt.

A fogyasztókat célzó kérdésekre adott egzakt válaszok mellett a felvételkor történt személyes beszélgetések arra engednek következtetni, hogy a lakosok ismeretei hiányosak az ellátás minőségét, megbízhatóságát és költségeit illetően. Továbbá a társadalmi hozzáállást még mindig jelentősen befolyásolják az egykori kiforrott és elavult szolgáltatás miatt kialakult előítéletek. A sok esetben negatív lakossági vélemény ellenére azonban Esztergom város képviselői jellemzően pozitívan gondolnak a távhőszolgáltatásra, mely visszavezethető a városvezetésben, településfejlesztésben szerzett szakmai tapasztalataikra, a távfűtés technológiájának és az ebből származó előnyöknek ismeretére. Mint azt az interjúk során több képviselő is kiemelte, a város levegőjének javításához nagy mértékben járulna hozzá a megnövelt felhasználói kör és a csatlakozásokat lehetővé tevő kibővített vezetékrendszer. A fogyasztók körének tovább növelése (lakótelepek, közintézmények és ipari létesítmények) a fűtőmű hosszútávú gazdaságos üzemeltetése szempontjából is lényeges lehet, mely Esztergom és Dorog távhőhálózatára egyaránt vonatkozik. Az épületek energetikai korszerűsítése (szigetelés, nyílászárók cseréje stb.) ugyanis magával vonja a fűtési célú hőigény folyamatos visszaesését, így a településen értékesített hőmennyiség is ezzel egyenes arányban csökken.

A település éves hőigényének becslése

A távhőfejlesztési vizsgálatok és térinformatikai elemzések elvégzése előtt szükséges volt megbecsülni, mekkora Esztergom éves hőigénye. Erre a távhőszolgáltatás által (2015-2016 során) értékesített átlagos hőmennyiségből, valamint a város 2011-2016 között átlagos földgáz-felhasználásából következtettünk. Utóbbi érték 21,5 millió m³-ben határozható meg, amelyből a lakosság ~7,5 millió m³ fogyasztással vette ki a részét. A hazánk-

ban forgalmazott földgáz jellemző fűtőértékével (34 MJ/m³) szorozva és GWh-ra átszámítva ez mintegy 200 GWh/év bruttó hőigénynek feleltethető meg, amelyből már levontuk a MEKH országos adatai alapján nem fűtésre (pl.: főzésre) és HMV (használati melegvíz) előállításra fordított földgáz mennyiségét.

Az elfogyasztott földgáz mennyisége ugyan kiindulási alapnak megfelelő, de nem lehet egyenes arányosságot feltételezni a lakóépületek komfortos hőmérsékletének eléréséhez szükséges tényleges hőigénnyel, hiszen a tüzelőberendezések minőségében és az épületek energiahatékonyságában is nagy különbségek lehetnek, továbbá a fogyasztói szokások is jelentősen eltérhetnek (pl. elvárt szobahőmérséklet).

A gázfogyasztással szemben adathiány miatt a biomasszából előállított hőmennyiségről csak becslésekre hagyatkozhatunk, ahogyan a kiegészítő villamos fűtés (pl. kis teljesítményű hőszugárzók) terén is. Ez azt jelenti, hogy a település tényleges hőigénye 15-20%-kal is magasabb lehet, mint ami a földgáz-felhasználásból következne. Ezt számításba véve az egyéni tüzelőberendezéseket használó lakossági fogyasztóknak és a távhőre nem csatlakozott ipari és kereskedelmi szereplőknek együttesen ~218 GWh-ra becsülhető az éves átlagos hőigényük. Ehhez hozzá kell még számolni a távhőszolgáltató által értékesített hőmennyiséget, amely Esztergom esetében a 2015-2016-os évek alapján 32 GWh/év (VEOLIA 2016B). Tehát jelenleg a település teljes hőigénye mintegy 250 GWh/évre tehető. A napkollektoros bővítési lehetőségek potenciálvizsgálatakor ehhez az értékhez viszonyítottunk - ugyanakkor arra is fel kell hívni a figyelmet, hogy az épületenergetikai fejlesztések eredményeként a fűtési célú fogyasztás igen jelentős csökkenése következhet be az elkövetkező évtizedekben (lásd Solanova-projekt, Dunaújváros).

GIS-es potenciálemelés a szolgáltatás lefedettségének bővítéséről

Szem előtt tartva a képviselők által is sokszor legfőbb korlátozó tényezőnek tekintett költségvetési szempontot, térinformatikai elemzésünk során a meglévő hálózathoz legközelebb eső területeket tekintettük a lehetséges bővítés elsődleges irányának. A jelenlegi nyomvonalhoz közel elhelyezkedő potenciális fogyasztók felé történő közműépítés lehet (ideális esetben) a legolcsóbb, míg attól távolodva egyre drágulnak a beruházás költségei.

Ennek érdekében egy 250 és egy 500 m-es pufferzónát jelöltünk ki a meglévő távhővezetékek köré (7. ábra), a GIS-alapú potenciálszámítást pedig ezeken belül végeztük el. A számításaink alapjául szolgáló adatokhoz több forrásból jutottunk hozzá. Ezek közt szerepel Esztergom város településrendezési terve, melyből elsősorban a város épületeinek alaprajzát és azok funkcióit hasznosítottuk. Ezt kiegészítettük a Promtávhő Kft.-től kapott, ugyancsak CAD-es alapú műszaki rajzainak épületállományával. Szintén innen származik Dorog és Esztergom távhőhálózatának rajza, valamint az egyes vezetékszakaszok paraméterei és státuszai is. A sok esetben (elsősorban az egyes épületek elhelyezkedésére vonatkozóan) eltérő térbeli adatok hitelességét mérlegeltük, és ortofotók, valamint friss úrfelvételek alapján korrigáltuk.

A Dorogról északi irányba induló távhővezeték Esztergom-Kertvároson keresztül elhalad az ipari területek mellett, majd a városba érve a nyomvonal Esztergom É-D-i tengelye mentén éri el a legészakibb csatlakozott egységeket. Ezeket az épületeket és a fűtőművet összekötő vezeték hossza a térinformatikai mérések alapján 11,2 km, mely az egész távfűtési rendszer számára számottevő hőveszteséget jelent (TONKÓ, Cs. M. ET AL. 2012 alapján 0,1-1 °C/km).

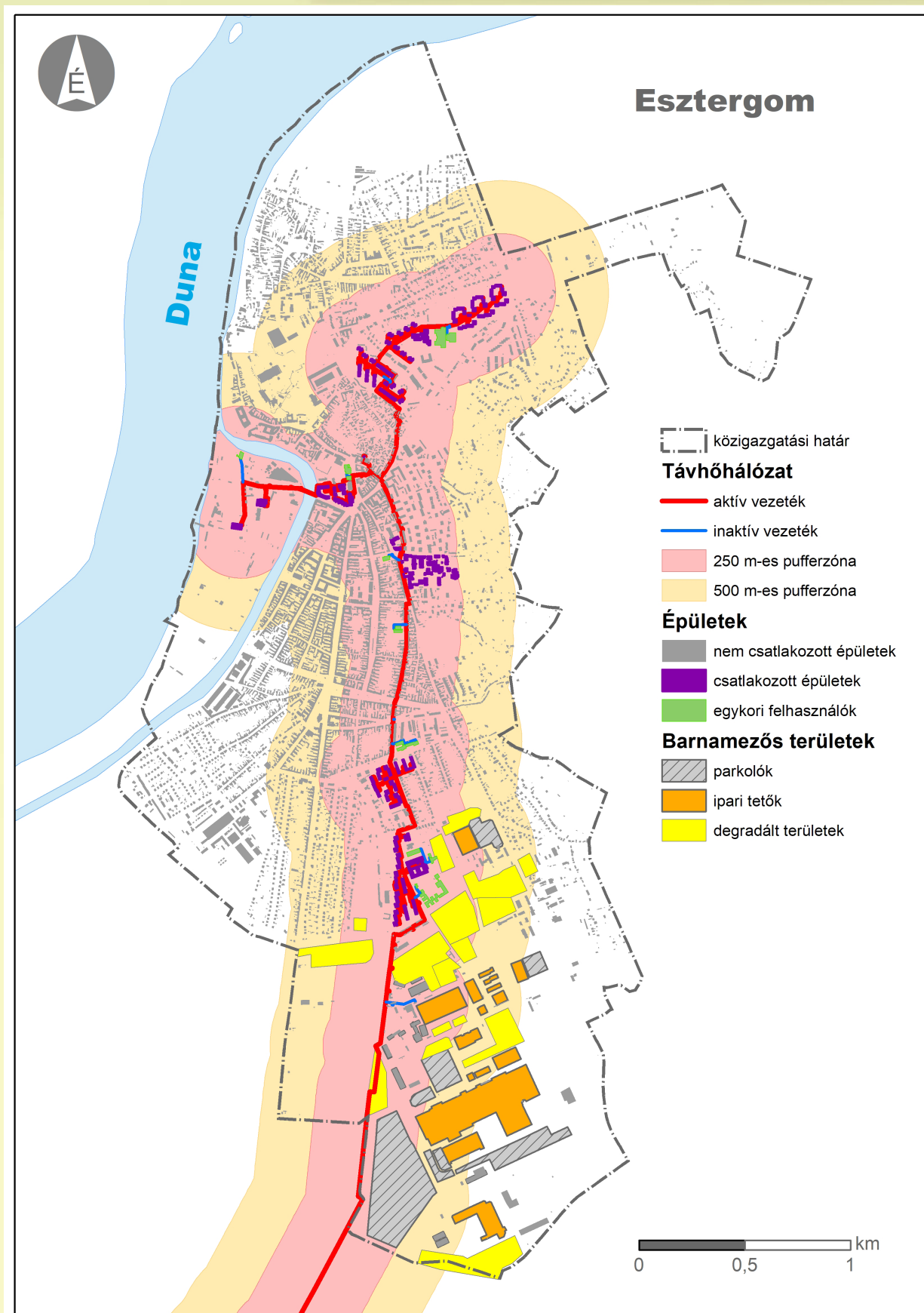
Emiatt a hőtermelő egység(ek) elhelyezése kedvezőbb volna az esztergomi ipari területeken, közel a nagyobb ipari szereplőkhöz, és távolabb a lakosságtól. A lehetséges jövőbeni hálózatbővítés szempontjából kedvező feltétel, hogy a távfűtési hálózat különböző elemeinek 250 m-es körzetében helyezkedik el a város épületeinek ~46%-a, míg 500 m-es zónájában a ~75%-a. Ezen belül számos olyan potenciális nagyfogyasztó található, mint a várostól délre fekvő ipari körzet vállalatainak nagy légtérrel rendelkező üzemcsarnokai és irodái, vagy az Esztergom keleti részén elterülő Aranyhegy lakótelep és az Esztergom-Kertváros területén lévő Szalézi lakótelep. Hálózatbővítés esetén kézenfekvő volna az ilyen létesítmények csatlakoztatása, hiszen nagy hőigényük és a vezetékekhez való közvetlen közelségük miatt a feljükk tartó rövidebb szakaszok kiépítése igényelné a legkisebb tökebefektetést, illetve alacsony hőveszteséget is jelentene. Esztergomban öt olyan közintézmény található, amely dacára annak, hogy a távhővezeték szomszédságában található, mégsem csatlakozik a rendszerhez. A városban jelenleg több rövidebb távhővezeték-szakasz üzemben kívül van, így a korábban ellátott épületek fűtési energiaszükségletét más forrásból kell kielégíteni. Valószínűleg az ilyen egykori felhasználók újbóli bevonása jelentené a fogyasztói kör

kibővítésének elsődleges és leginkább költséghatékony módját. Ezek között (kb. 27 db) elsősorban középületek találhatóak. Rajtuk kívül hasonló státuszban van a Magyar Suzuki Zrt. autógyára is mint az egyik legjelentősebb potenciális felhasználó. Az autógyár mellett az ipari parkban több nemzetközi és hazai nagyvállalaton túl számottevő mennyiségű kis- és középvállalkozás is megtalálható. Jelentős potenciál rejlik még a nagyméretű kereskedelmi egységek távhőszolgáltatásba való bevonásában is. Az egész város területén 15 darab nagyobb bevásárlóközpont és áruház található, melyek szintén közel fekszenek a távhővezetékekhez.

Bár a fűtőműtől csupán 3 km-re, nyugati irányban elhelyezkedő Tokodaltáró jóval közelebb fekszik, mint az Esztergomban a hálózatra csatlakozott legészakibb felhasználók (11,2 km), Tokodaltáró családi házai összességében mégis kisebb hőigényt jelentenek, mint Esztergom vagy Dorog többalakos lakóépületei. Emiatt az arra tartó távhővezetékek kiépítése kevésbé volna gazdaságos, bár a technológia már adott ahhoz, hogy családi házak is csatlakozhassanak a távhőszolgáltatásra (PALM, J. 2013), azonban ilyen műszaki megoldásra jelenleg még Esztergom térségében sincs példa. Ezen külvárosi jellegű városrészek családi házainak fűtési és HMV ellátására leginkább az egyéni napkollektorok és hőszivattyúk alkalmasak. Esztergomban, a meglévő távhővezetékektől túlságosan távol eső, és emiatt csak nagyobb költségek árán csatlakoztatható lakóépületeket érdemes inkább egyedi napkollektorral felszerelni. Az ilyen irányú lehetőségeket feltáró vizsgálatokat korábban már elvégezték (MUNKÁCSY B. ET AL. 2008). Ebben megállapították, hogy az Esztergomban alkalmas déli tájolású tetőszerkezetek száma 2 550-re tehető, ami átlagosan 115 m²-es potenciális felületet jelent. Ez a kutatás viszont nem terjedt ki a nem beépített területek és az ipari körzetek másodhasznosításában rejlő potenciálok felmérésére.

Napkollektoros fejlesztési lehetőségek vizsgálata

Komplex vizsgálataink során a fogyasztói kör bővítési lehetőségein túl elemzéseket végeztünk a hőtermelés fejlesztési irányainak feltérképezésére is. A térségben rejlő geotermikus potenciálok kevésbé kedvezőek. Az Esztergomban lévő gyógyfürdőt tápláló Szent István kút vízhőmérséklete is csupán 28 °C (GÓBOR A. 2008), ezért ezzel az energiatermelési móddal vizsgálatunk során nem foglalkoztunk.



7. ábra: Esztergom távhő-hálózatának térképe a vizsgálat keretében interpretált barnamezős területek feltüntetésével. Forrás: a szerzők szerkesztése.

Az új fejlesztési irányok feltárása főként az eddig kihasználatlan erőforrásokban (esetünkben elsősorban a napenergiában) rejlő potenciálok vizsgálatát jelentette. A hőenergia termelésének megújuló alapú diverzifikálása kulcsfontosságú egy hosszútávon fenntartható távhőrendszer fejlesztéséhez.

A környezeti fenntarthatóság szempontjait a nagyléptékű napkollektortelepek létesítése során is prioritásként kell kezelni. A zöldmezős területek energetika célú hasznosítását minimalizálni szükséges főként akkor, ha olyan nagy méretű ipari zónák és bolygatott földterületek állnak rendelkezésre, mint az Esztergom belvárosától délkeletre elhelyezkedő ipari parkok, amelyek országos összehasonlításban is kiterjednek számítanak. A környezeti szempont mellett a gazdasági és kivitelezési szempontokat is figyelembe kell venni, ezért a felszínborítás interpretálását és a potenciálszámításokat a meglévő távhővezeték-től számított, korábban említett 500 m-es sugarú pufferezónába eső területen hajtottuk végre.

A barnamezős területeket az interpretálás során három kategóriába soroltuk:

- **Degradált területek** (pl. tereprendezési munkálatokon átesett, bolygatott zónák);
- **Parkolók** (továbbá: kültéri rakodó területek, mesterséges burkolattal ellátott ipar és kereskedelmi területek);
- **Ipari létesítmények tetőfelületei.**

Az egyes kategóriák részletes bemutatása

Degradált területek

Az ipari parkok és kereskedelmi központok kiépítése során a tereprendezési munkálatok után hátrahagyott bolygatott, degradált zónákban igen kedvező feltételek mellett lehet a napkollektorokat telepíteni. Az anyagfelhasználási és karbantartási szempontokat is figyelembe véve, a talajra telepíthető rendszerek tekinthetők a leginkább költséghatékonyak. A távhővezeték mentén elterülő esztergomi ipari övezetben megtalálható degradált térszínek másodhasznosításában jelentős elméleti potenciál rejlik, továbbá a műszaki és gazdasági megvalósíthatóság szempontjából is optimális megoldást jelenthetnek. Ezért a potenciálvizsgálatok során a degradált területet a legkedvezőbb adottságú barnamezős kategóriaként vettük számításba.

Parkolók

A Suzuki autógyár hatalmas gépjárműdepója és a lakott területen lévő kiskereskedelmi üzletláncok elterjedése miatt számottevő a mesterséges burkolatú parkoló területek kiterjedése a városban. Nem számít újkeletű ötletnek az ilyen létesítmények napenergiát hasznosító berendezéssel történő befedése, mellyel a terület az elsődleges funkciója mellé egy újat is kap. A degradált területekhez képest mégis limitáltabb lehetőséget kínálnak ezek a területek, hiszen a gépjárműforgalom biztosítása miatt kevésbé sűrűn építhetők be. Továbbá figyelembe kell venni az állványokhoz és tartószerkezetekhez felhasznált anyagmennyiséget, amely a beruházási költségekben és az életciklus-elemzésben is jelentős negatív tényezővé válhat.

Ipari létesítmények tetőfelületei

Az ipari létesítmények (gyárépületek, üzemcsarnokok) kiterjedt tetőfelületei akár több ezer négyzetméter felületű napkollektortelepek fogadására is alkalmasak lehetnek. Néhány ipari épületben (pl.: Suzuki autógyár) korábban is üzemelt a távhőszolgáltatás, aminek újbóli szolgálatba állítása nagyban hozzájárulhat a gazdaságos bővítéshez. Ugyanakkor az ilyen típusú földmeken rendszerint más épületgépészeti berendezések is helyet kapnak, melyek csökkenthetik a hasznosítható felület nagyságát. Korlátozó tényezőt jelenthet továbbá a könnyűszerkezetes csarnokok alacsony teherbíró képessége. A műszaki kihívások (statika) és limitáló tényezők (költségek) miatt az elméleti, műszaki és gazdasági potenciálok között szignifikáns eltérések is adódhatnak. Ezért a számítások és becslések során nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy az ilyen típusú felületekben lévő gazdasági potenciál az előző két kategóriához képest nehezebben meghatározható.

A napkollektorok területigénye

A napkollektorok tényleges területfoglalása nagy mértékben függ a sorok optimális telepítési távolságától, amelyet csak igen összetett matematikai formulák segítségével lehetne megállapítani, területspecifikus változók figyelembevételével (WEINSTOCK, D. - APPELBAUM, J. 2007). Továbbá számításba kellene venni az üzemeltetési célokat és a befektetői elvárásokat is, amelyek az elméleti potenciálbecslés készítésekor értelemszerűen nem álltak rendelkezésünkre. Ezért a barnamezős területeken elhelyezhető tényleges napkollektor-felületek meghatározásához már üzemben lévő dán rendszerek paraméte-

reit vettük alapul, amelyek jó közelítéssel alkalmazhatóak a hazai földrajzi viszonyok között is. A Marstalban és Vojensben működő napkollektormezők bruttó területigényét Google Earth szoftver alkalmazásával állapítottuk meg. A mérések alapján 1 m² síkra vetített alapterületre átlagosan 0,44 m² hasznos napkollektor-felület jutott. A felszínborítás-interpretáció során kapott (bruttó) területeket ezzel az értékkel korrigáltuk. Így megkaphattuk a maximálisan elhelyezhető kollektorfelületek nagyságát. Ezt követően végeztük el az éves várható hőtermelésre vonatkozó kalkulációt.

A várható éves hőtermelés számítása

A marstali rendszer hőtéljesítménye ~430 kWh/m². Ezt a tapasztalati értéket felhasználva, valamint az Esztergomra évente átlagosan eső ~1250 kWh/m² (GLOBAL SOLAR ATLAS 2017) direkt besugárzási érték alapján 40%-os hatásfokkal (NAPLOPÓ 2013) számolva, ~500 kWh-ra becsülhető egy jól megtervezett napkollektorrendszer által megtermelt nettó éves hőmennyiség négyzetméterenként. Ennek az értéknek és a telepíthető maximális kollektorfelületek szorzatából megállapítható az éves maximális hőtermelés mennyisége, mely így összevethetővé vált a település éves hőigényével (250 GWh/év) is. Elemzésünk során a barnamezős területeket kategóriánként és a százalékos megoszlás szerint is kiértékeljük azért, hogy teljesebb képet kapjunk az elméleti potenciál által nyújtott lehetőségekről.

zőbbnek tekinthető) térszínek több mint 40%-os aránnyal részesülnek a potenciális területetekből.

Számításaink kiterjedtek a kategóriánként maximálisan kiépíthető napkollektor-felületekre és az azok által nyerhető éves hőmennyiségre is. Természetesen az egyes területek kiterjedése egyenes arányban van a potenciálisan megtermelhető hőenergia mennyiségével (1. táblázat).

Az árnyékolás, a szervizutak és egyéb akadályozó tényezők miatt (lásd korábban) 1 m²-nyi alapterületre átlagosan 0,44 m² hasznos napkollektor-felület telepíthető. Az európai ipari szövetség, a European Solar Thermal Industry Federation szerint 1 m² napkollektor jellemzően 0,7 kW teljesítményt képvisel. Ebből következően a 763 200 m² területen maximálisan telepíthető ~335 808 m² kollektorfelület ~235 066 kW_{th} teljesítményt jelent. Ennek megfelelően az összes barnamezős területre telepíthető napkollektormező hőtermelő potenciálja (teljes kihasználás esetén) meghaladja a 168 GWh/évet. Ez Esztergom teljes éves hőigényének kétharmadát fedezné. Ugyanakkor az általunk számolt maximális napkollektor-felület meglehetősen nagy, tekintetbe véve, hogy a világ jelenleg legnagyobb napkollektor-rendszerének (Silkeborg, Dánia) felülete közelítőleg 156 700 m².

A 2016. évben Esztergomban szolgáltatott távhő éves előállításához megközelítően 64 000 m² napkollektorra lenne szükség, amely bruttó területigénye mindössze 19%-a a rendelkezésre álló barnamezős területnek. Az

Barnamezős területek kategóriái	Az interpretált területek mérete	Az interpretált területek százalékos megoszlása	Teljes kihasználtság esetén kinyerhető max. hőmennyiség
Parkolók területei	223 350 m ²	29,3%	49,2 GWh/év
Ipari tetők	222 800 m ²	29,2%	49,1 GWh/év
Degradált területek	317 050 m ²	41,5%	69,7 GWh/év
Összesen	763 200 m ²	100,0%	168,0 GWh/év

1. táblázat: A barnamezős területek kategóriák szerinti megoszlása (méret, arány és maximálisan kinyerhető hőmennyiség alapján). Forrás: a szerzők számításai és szerkesztése.

A területigény- és hőtermelési számítások eredményei

Esztergomban összesen 763 192 m² barnamezős területet határoltunk le, amelyek a meglévő távfűtővezeték 500 m-es pufferzónájával akár csak részben is átfedésben vannak. A felállított három kategória között aránylag egyenletes eloszlás figyelhető meg. A parkoló és tetőfelületek valamivel kevesebb mint 30-30%-ot tesznek ki, míg a degradált (műszaki és gazdasági szempontból legkedve-

előállítható hő mennyisége ~13%-ban fedezné a település teljes hőigényét, beleértve az ipari hőfelhasználást is (2. táblázat). Ez az arány az Európában működő hibrid távfűtőrendszerek energiamixéhez viszonyítva átlagosnak tekinthető (SOLAR HEAT DATA 2018).

Fejlesztésbe bevonható barnamezős területek felhasználási aránya	Fejlesztésbe bevonható barnamezős területek mérete	Maximálisan beépíthető hasznos napkollektor-felület	Maximális hőteljesítmény	Várható éves hőtermelés	Hőtermelés Esztergom teljes hőigényének arányában
100%	763 200 m ²	335 800 m ²	235,1 MW	168 GWh/év	67,2%
75%	572 400 m ²	251 850 m ²	176,3 MW	126 GWh/év	50,1%
50%	381 600 m ²	167 900 m ²	117,5 MW	84 GWh/év	33,6%
25%	190 800 m ²	83 950 m ²	58,8 MW	42 GWh/év	16,8%
19%*	145 000 m ²	63 800 m ²	44,7 MW	32 GWh/év	12,8%

2. táblázat: Az interpretált barnamezős területekben rejlő potenciál nagysága, különböző kihasználási arány esetén (*A 19%-os arány megegyezik az Esztergomban 2016-ban értékesített távhő mennyiségével).

Forrás: a szerzők számításai és szerkesztése.

Hőtárolás

A napkollektorok rendszerbe illesztése a szezonális energiátárolás problémáját is felveti, hiszen a napenergia döntő része a nyári félévben áll rendelkezésre, miközben a hőigény a téli félévben jelentkezik. Nagy kihívást jelent tehát a rendszer elemeinek méretezése, ezen belül a hőtároló kapacitás nagyságának és a műszaki megoldás jellegének (például víztest vagy homok, mint hőtároló tömeg) megválasztása. Ez a probléma a Napból nyert hőenergia részarányának növelésével fokozódik. A gyakorlatban a nyári félévben termelt hőenergia elraktározása több tízezer köbméter térfogatú szezonális tárolók létesítését igényli. A dániai Marstal távfűtési rendszere 2 200 lakos ellátását szolgálja 33 300 m²-nyi napkollektor-felület, illetve 75 000 m³ földbe süllyesztett forróvíztároló rendszerbe állításával. Ez egy esetleges dorogi-esztergomi fejlesztés esetében is érvényes volna, ám a nagy számú potenciális ipari fogyasztó torzíthatja a hőigény éves változását.

Következtetések

Esztergom szennyezett levegője régóta megoldatlan probléma. A lehetséges intézkedések közül kézenfekvő a városban üzemelő távhőszolgáltatás fejlesztése, illetve a lakosok és a piaci szereplők minél nagyobb arányú hálózatra csatlakoztatása. A jelenlegi keretek között kevésbé érvényesülnek a távfűtés levegőminőségre gyakorolt pozitív hatásai, ugyanis a szolgáltatást igénybe vevők aránya alacsony a potenciális felhasználók köréhez képest. Ezért a meglévő fűtőmű és a hozzá kapcsolódó infrastruktúra minél hatékonyabb kihasználása érdekében a hálózat további fejlesztésére és bővítésére van szükség.

A további fejlesztési törekvéseknek azonban gátat szabhat a jelenlegi és potenciális fogyasztók tudáshiánya miatt kialakult vegyes, illetve sok esetben inkább negatív társadalmi megítélés. Az érintett szereplőknek minden esetben megfelelő ismerettel kell rendelkezniük a távhőrendszerről, amelynek biztosítása elsődlegesen a városvezetés és a szolgáltató feladata. Amennyiben ez nem valósul meg, feltételezhetően hiányozni fog a fejlesztéseket támogató társadalmi háttér. Esztergom képviselő-testülete - a szélesebb körű ismeretek okán - komoly potenciált lát a helyi távhőhálózat bővítésének és korszerűsítésének lehetőségeiben.

A bővítést illetően térinformatikai vizsgálataink rámutattak arra, hogy a település É-D-i tengelye és a meglévő gerincvezeték optimális elhelyezkedése lehetőséget biztosít az olyan nagy hőigénnyel rendelkező potenciális fogyasztók egyszerű elérésére, mint a sűrűn lakott belváros vagy a déli ipari területek üzemcsarnokai. A műszaki korszerűsítés mind szolgáltatói, mind pedig fogyasztói oldalon elengedhetetlen a távhőrendszer minőségi javításához, a tervezett fejlesztések kivitelezéséhez. Ezeknek a szükséges társadalmi támogatottság kialakításán túl elsősorban a forráshiány szabhat gátat.

Kutatásunkban a műszaki fejlesztéseket tekintve csupán a szolgáltatói oldalt tártuk fel részletesen, főként a távhőrendszerre aktuálisan érvényes erőforrás-felhasználás diverzifikálási lehetőségeinek szempontjából. Vizsgálatunk során a fűtőmű hőtermelésének kiegészítését (alacsony kibocsátású) megújuló erőforrásokra alapozva tartottuk leginkább elképzelhetőnek. Közülük a világ számos országában alkalmazott nagyléptékű napkollektorparkok telepítését véljük a legideálisabb választásnak Esztergom esetében, tekintve a településtől délre fek-

vő, potenciálisan bevonható barnamezős területek nagy arányát. Ennek érdekében három kategóriát határoztunk meg, melyek együttes 763 200 m²-es területének csak felén megtermelhető lenne a település éves hőigényének 33%-a.

Tehát összességében kijelenthető, hogy az esztergomi távhőrendszer továbbfejlesztéséhez és bővítéséhez elegendő mértékben állnak a város rendelkezésére megújuló és fenntartható módon hasznosítható természeti erőforrások, valamint az ezeket biztosító területek.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki az esztergomi képviselő-testületnek, melynek tagjai pozitív hozzáállással és jóindulatukkal segítették a két szakdolgozat, valamint az azok eredményeit is feldolgozó jelen tanulmány létrejöttét. Hálásak vagyunk a Promtávhő Kft.-nek a távhőhálózat műszaki rajzáért, köszönjük továbbá a Levegő Munkacsoport és Lenkei Péter levegőminőségi kérdésekben nyújtott szakmai segítségét.

A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram támogatta (OTKA 112477). A kutatási program címe: "A megújuló energiaforrások alkalmazásának tájvédelmi szempontú vizsgálata hazai mintaterületeken". A munkát, mely egy energiatárolással foglalkozó multidiszciplináris kutatási projekt része, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Multidiszciplináris Kutatásokat Támogató Alapja is támogatta.

Irodalom

- ANDRIC, I. - PINA, A. - FERRAO, P. - LACARRIERE, B. - LE CORRE, O. 2016: On the performance of district heating systems in urban environment: an emergy approach. *Journal of Cleaner Production* 142. pp. 109-120.
- DÁVID A. 1999: [Dorogi helyzetkép](#). *Lélegzet* 1999 (3). Utoljára megtekintve: 2018. május 10.
- ERICSSON, K. - WERNER, S. 2016: The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems. *Biomass and Bioenergy* 94. pp. 57-65.
- EUROHEAT 2017: [District Energy in Denmark](#). Utoljára megtekintve: 2017. december 03.
- EUROPEAN SOLAR THERMAL INDUSTRY FEDERATION: [Converting Installed Solar Collector Area & Power Capacity into Estimated Annual Solar Collector Energy Output](#). Utoljára megtekintve: 2018. február 23.
- EUROSTAT 2017: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> Utoljára megtekintve: 2017. november 22.
- FARKAS CSAMANGÓ, E. 2014: [A szállópor környezetjogi szabályozása](#). *Agrár- és Környezetjog* 16. pp. 85-94.
- FŐTÁV 2017: [Fűtés, távfűtés története évszámokban](#). Utoljára megtekintve: 2017. november 22.
- GLOBAL SOLAR ATLAS 2017. Utoljára megtekintve: 2017. december 03.
- GÓBOR A. 2008: [Geotermikus adottságok](#). in: *Megújuló energia megújuló határvidék (Megújuló energiaforrásokban rejlő potenciális lehetőségek az Ister-Granum eurorégió magyarországi területén és Komárom-Esztergom megye teljes területén)*. pp. 16-20.
- KSH 2014: [Interaktív atlasz](#). Utoljára megtekintve: 2018. február 22.
- KSH 2016: [Statinfo adatbázis](#). Utoljára megtekintve: 2018. február 13.
- LAKE, A. - REZAIE, B. - BEYERLEIN, S. 2016: Review of district heating and cooling systems for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67. pp. 417-425.
- LUND, H. - VERNER, S. - WILTSHIRE, R. - SVENDSEN, S. - THORSEN, J. E. - HVELPLUND, F. - MATHIESEN, B. V. 2016: 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy* 68. pp. 1-11.
- MEKH 2015: *A magyar távhőszektor (TRS) 2015. évi adatai*. Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal. MATÁSZSZ, Budapest. 36 p.

Papp L. et. al. 2018: Esztergom távhőszolgáltatásáról és annak lehetséges bővítéséről az energiaföldrajz tükrében. *Területfejlesztés és Innováció*, 12(1) pp. 3-19.

- MEKH 2016: *Háztartások végső energia felhasználása Magyarországon, felhasználási célok szerint, 2016. év.* Utoljára megtekintve: 2018. február 11.
- MORVAJ, B. - EVINS, R. - CARMELIET, J. 2016: Optimising urban energy systems: Simultaneous system sizing, operation and district heating network layout. *Energy* 116. pp. 619-636.
- MUNKÁCSY B. - BORZSÁK S. - EGRI Cs. 2008: *Napenergia*. In: Megújuló energia megújuló határvidék. Megújuló energiaforrásokban rejlő potenciális lehetőségek az Ister-Granum eurorégió magyarországi területén és Komárom-Esztergom megye teljes területén. pp. 22-31.
- NAPLOPÓ 2013: *A napkollektorokkal hasznosítható energia mennyisége*. Tudástár. Utoljára megtekintve: 2017. december 03.
- NÁDOR T. (szerk.) 2008: Tittmann János: Támogatni fogja a város a dorogiakat a távfűtésről való leválásban. *Zöld Sorok - Környezetvédelmi Információs Kiadvány, Dorog, XIII. évf.* 2008. 11-12, pp.12.
- NÁDOR T. 2015a: *Hőerőmű: gázturbinák helyett immár szén és napraforgó-darálék adja a meleget*. Dorogi Környezetvédelmi Egyesület honlapja. Utoljára megtekintve: 2018. február 19.
- NÁDOR T. 2015b: *Hőerőmű - 2015-12-01: új kémény, tűzgömb, kénűző biomassza, a radiátorvíz-melegség rejtelsei...* Dorogi Környezetvédelmi Egyesület honlapja. Utoljára megtekintve: 2018. február 19.
- NEMZETI FEJLESZTÉSI MINISZTERIUM (NFM) 2012: *Nemzeti Energiastratégia 2030. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium*, ISBN 978-963-89328-1-5
- ORSZÁGOS LÉGSZENNYEZETTSÉGI MÉRŐHÁLÓZAT (OLM) 2017: *Az automata mérőhálózat adatai*. Utoljára megtekintve: 2017. november 22.
- ORSZÁGOS LÉGSZENNYEZETTSÉGI MÉRŐHÁLÓZAT (OLM) 2018: *Főbb légszennyező anyagok egészségügyi határértékei*. Utoljára megtekintve: 2018. február 17.
- PALM, J. 2013: The building process of single-family houses and the embeddedness (or disembeddedness) of energy. *Energy Policy* 62. pp. 762-767.
- PLANENERGI 2017: *Solar District Heating in Denmark 1988-2016*. Utoljára megtekintve: 2017. december 3.
- RISMANCHI, B. 2016: District energy network (DEN), current global status and future development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 9 p.
- SAYEGH, M. A. - DANIELEWICZ, J.- NANNOU, T. -MINIEWICZ, M.- JADWISZCZAK, P.- PIEKARSKA, K. - JOUHARA, H. 2016: Trends of European research and development in district heating technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68. pp. 1183-1192.
- SCHMIDT, D. - KALLERT, A. - BLESZ, M. - SVENDSEN, S. - LI, H. - NORD, N. - SIPILA, K. 2017: Low Temperature District Heating for Future Energy Systems. *Energy Procedia* 116. pp. 26-38.
- SOLAR HEAT DATA 2018: <http://solarheatdata.eu/> Utoljára megtekintve: 2018. február 20.
- SZUHI A. 2009: *A levegő minősége a Dorogi-medencében. Légszennyezés, levegőkörnyezet és ennek hatásai az Esztergom - nyergesújfalu és Dorogi kistérségekben*. Válaszúton Alapítvány, Tiszagyenda. 58 p.
- TONKÓ Cs. M. - PÁTZAY Gy. 2012: A geotermális fluidumok energetikai hasznosítása során felmerülő problémák. - *Ipari Ökológia* 1 (1). pp. 5-20.
- VEOLIA 2016a: *Promtávhő Kft. Dorog 2015. és 2016. évi statisztikai adatai*. Utoljára megtekintve: 2018. február 17.
- VEOLIA 2016b: *Promtávhő Kft. Esztergom 2015. és 2016. évi statisztikai adatai*. Utoljára megtekintve: 2018. 02. 17.
- WEINSTOCK, D. - APPELBAUM, J. 2007: Optimization of Economic Solar Field Design of Stationary Thermal Collectors. *Journal of Solar Energy Engineering* 129. pp. 363-370.
- WERNER, S. 2017: International review of district heating and cooling. *Energy* 137. pp. 617-631.
- WHO 2017: *Evolution of WHO air quality guidelines: past, present, future*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 39 p. Utoljára megtekintve: 2018. február 24.