

A budapesti távhőellátó rendszerek primerenergia-átalakítási tényezője meghatározásának módszere

1 Előzmények

Az Európai Parlament és a Tanács 2002/91/EK irányelve fogalmazta meg az épületek energiategyesítményéről azokat az elvárásokat, amelyekhez igazodva hazai viszonylatban az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szóló 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet, az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet, valamint a hőtermelő berendezések és légkondicionáló rendszerek energetikai felülvizsgálatáról szóló 264/2008. (XI. 6.) Korm. rendelet megszületett.

A tanúsításról szóló rendelet 2009. január 1-én lépett hatályba, és a tanúsítást 2012 januárjától tette kötelezővé.

A tanúsítás alapja a 7/2006. TNM rendeletben definiált összesített energetikai jellemző kiszámítása, amelynek számítási módszerét és az abban alkalmazható egyes tényezők értékeit szintén e rendelet tartalmazza. Az összesített energetikai jellemző az épület „komfortcélú” éves energiaigényéhez kötődő primerenergia-mennyiséget adja meg. A primer energia a rendelet értelmezésében „*az a megújuló és nem megújuló energiaforrásból származó energia, amely nem esett át semminemű átalakításon vagy feldolgozási eljáráson*”. Primer energiahordozók többek között a földgáz és más fosszilis hordozók, a biomassza, a nap- vagy geotermális energia. Mivel természetesen az épületekben az előbb mondott „komfortcélokra” (fűtés, klimatizálás, melegvízellátás, világítás) átalakított energiahordozókat alkalmazunk, az összesített energetikai jellemző meghatározása során kulcsfontosságú annak ismerete, hogy az épületben felhasznált energiahordozó átalakítása során annak egy egységéhez milyen mennyiségű primer energia felhasználása vált szükségessé. Ezt írja le a dimenzió nélküli primerenergia-átalakítási tényező.

E tényezőre vonatkozóan a rendelet korábban is adott meg a számításokban alkalmazható konstansokat az épületekben felhasznált távhőre:fűtőműves ellátásra 1,2-t, kapcsolt energiatermelésre pedig 1,12-t.

A fent említett direktívának, és az épületek energiahatékonyságáról szóló 2010/31/EU irányelvnek megfelelően a 40/2012. (VIII. 13.) BM rendeletben módosításra került a 7/2006 (V. 24.) TNM rendelet. A módosítás során jelentősen változtak, mondhatni „helyükre kerültek” a távhő primerenergia-átalakítási tényezőjének értékei. A számszerűen megadott értékek a távhőtermelésben alkalmazott alaptechnológiák alapján diverzifikáltak, valamint a biomasszára alapozott hőtermelésre vonatkozó „korrigált” tényezők is adóttak. A táblázatban foglalt számadatok közlésén túl a rendelet az illetékes távhőszolgáltatóhoz utalja az egyes konkrét rendszerekre vonatkozó, azok technológiai, üzemi sajátosságaitól függő pontos érték meghatározását és megadását. Bár a korábbi (1,2 és 1,12), illetve az újlag megadott táblázatos értékek helyett, esetleg éppen ezeknek a táblázatos értékeknek a

felhasználásával, a primerenergia-átalakítási tényezőt számolni lehet, a pontos számítás metodikája nincs meghatározva, ezért az elvégzendő számítás bizonyos szabadságfokkal rendelkezik.

A továbbiakban a Főtáv által Budapesten alkalmazott számítási eljárás elvét és folyamatát mutatjuk be.

2 Számítási módszertan

2.1 A tényező területi érvényessége

A rendelet minden további részletezés nélkül utalja a távhőszolgáltatóhoz a tényező pontos értékének megadását, ezzel nyitva hagyva annak kérdését, hogy szolgáltatói szinten (tulajdonképpen városi szinten) kell-e a távhőre vonatkozó tényezőt megadni vagy technológiai rendszerenként.

Amíg a villamosenergia-rendszer országosan összefüggő egységet alkot, addig a távhőellátó rendszerek még városi szinten sem feltétlenül vannak technológiai értelemben kapcsolatban egymással. A felhasználási célt, az egyes épületek energetikai tanúsítását szem előtt tartva a hőtermelés és -szállítás technológiáit, azok termelési adatait csak akkor vonhatjuk össze, ha azok ténylegesen együtt vesznek részt az egyes fogyasztók ellátásában.

Abban az esetben, ha ugyanazon elosztóhálózatra több, egymástól földrajzilag is elkülönülten üzemelő hőtermelő is csatlakozik, elvileg több megközelítési mód is felvethető, azonban a gyakorlatban – a villamosenergia-rendszer analógiájára – az ugyanazon primer elosztórendszerre csatlakozó hőforrások, különböző elvek szerint ugyan, de összevontan kezelhetők.

2.2 A tényező időbeli érvényessége

Valamely épület energetikai tanúsítását végző szakember számára alapvetően az épületre, annak energiaellátására a tanúsítás időpontjában érvényes adatokat kell figyelembe vennie, számára ezek bírnak jelentőséggel. Mint azt a későbbiekben látni fogjuk, a távhőrendszer primerenergia-átalakítási tényezőjének kiszámítása távhőtermelési tényadatokat használ fel. Ezek jellegüknél fogva múltbéli adatok. Mivel a termelési adatok a technológiai fejlesztések és – főként a kapcsolt termelés esetén – a gazdasági körülmények hatására a villamosenergiához hasonlóan időben változóak, nem lenne értelme annak, hogy a kérdéses tényezőt napról-napra aktualizálva állítsuk elő.

Fentiek alapján a Főtáv az általa távhővel ellátott fogyasztóira vonatkozó primerenergia-átalakítási tényezőt minden naptári évben a megelőző egy év tényleges adatainak felhasználásával frissítve a fentiek szerint egymással technológiai kapcsolatban nem álló távhőrendszerenként állapítja meg, és adja közre.

2.3 A rendszerszintű tényező számításának elve

A távhő primerenergia-átalakítási tényezője azt mutatja, hogy az ellátott épületbe bevezetett távhő egy egységére mekkora primerenergia-mennyiség jut. A tényező kiszámítása során a

hőtermeléshez, illetőleg a primeroldali keringetés villamosenergia-szükségletének előállításához felhasznált összes primer energia mennyiségét kell fajlagosítani a forróvízrendszerben ténylegesen felhasznált és megmért hőmennyiséggel:

$$e_{rend.} = \frac{\sum Q_{prim.}}{\sum Q_{felh.}}$$

Közvetlenül mérjük a rendszerekbe táplált hőmennyiséget a hőforrásokban és a rendszerekből a felhasználók által vételezett összes hőmennyiséget is. A teljes távhőrendszer energiaátalakítási hatékonysága az egyes technológiai szegmensek hatékonyságának együtteseként áll elő. Ezzel összefüggésben e szegmentálás szerinti bontásban járunk el a primerenergia-átalakítási tényező meghatározása során is.

2.4 A hőforrások alapértékei

A módosított 7/2006 (V. 24.) TNM rendelet 3. mellékletének V. fejezetében közölt, különféle hőtermelési technológiákra megadott primerenergia-átalakítási tényezők alapvetően magára a hőtermelésre értelmezettek. Az ott szereplő értékek –fűtőművi hőtermelést leszámítva – a hőtermelő létesítményből *kiadott* hőmennyiségre értelmezetten írják le a primerenergia-átalakítás hatékonyságát.

Ugyanakkor az egyes távhőrendszerek egészére vonatkozó értékek meghatározása során a rendelet a benne szereplő értékeken kívül más alapértékek alkalmazását is engedi. A részletes számítások körében a rendelet 2. mellékletében megfogalmazottak szerint mód nyílik határfokok minősítő iratokon alapuló, a veszteségeknek a szakma szabályai szerinti számításokkal való meghatározására is. Ezt a távhőtermelésre úgy értelmezzük, hogy az energiaméréseken alapuló telepi határfokadatok, vagy más energiaátalakítási tényezők szigorú szakmai szabályoknak megfelelő számításainak eredményei is megfelelőek a rendeletben közöltekén túl.

Így az egyes saját tulajdonú, földgáztüzelésű fűtőművek és tömbkazánházak esetében azok primerenergia-átalakítási tényezőinek alapértékét a földgáz- és kiadott hőmennyiség méréséből származtatott éves határfokok reciprokaként vettük számításba.

A kapcsoltan termelő létesítmények átalakítási tényezőire megfelelő alapértékeket ad a rendelet, de az ott nem szereplő technológiákra és tüzelőanyagokra is meghatározhatóak a hiányzó értékek, ha ismertek vagy megismerhetők a létesítmény energetikai jellemzői.

A rendeletben a kapcsolt termelési technológiákra adott számok arra az esetre vonatkoznak, amikor a létesítményből kiadott összes hőmennyiség kapcsolt termelésből származik. Ez a feltétel egyes esetekben, gázmotoros kiserőmű esetében például a valóságban is teljesül. Más, jellemzően nagyobb teljesítményű hőforrások esetében a kapcsoltan termelő berendezések mellett kiegészítő, közvetlen hőtermelő berendezések is üzemelnek. Ilyen esetekben az adott műre vonatkozóan két energiaátalakítási alapértéket kell figyelembe venni. Egyet a kapcsolt termelésre, egyet pedig a közvetlen hőtermelésre. Ez utóbbi esetében szintén lehetőség van a tényleges technológiai adottságoknak megfelelő értékek felvételére.

Az 1. táblázat a későbbi számításokban alkalmazott alapértékeket mutatja be.

1. táblázat

Hőforrások	Kapcsolt termelés energia- átalakítási tényezője	Közvetlen termelés energia- átalakítási tényezője
Tömbkazánházak	-	1,33
Főtáv fűtőművek	-	1,09 – 1,15
Főtáv fűtőmű füstgázhő-hasznosítóval		1,06
Kis teljesítményű gázmotorok ($\dot{Q} \leq 1 \text{ MW therm}$)	0,72	-
Nagy teljesítményű gázmotorok ($\dot{Q} \leq 1 \text{ MW therm}$)	0,55	-
BE Zrt. kombinált ciklusú erőművei	0,54	1,12
Alpiq Csepel Kft. kombinált ciklusú erőműve	0,43	1,12
MVM Észak-Budai Fűtőerőmű Kft. gázturbinás erőműve	0,82	1
FKF Zrt. Hulladékhasznosító Erőmű	0,5 ¹	-

2.5 Egy elosztó rendszerre kapcsolódó több forrás együttese

Amikor adott rendszerre több hőtermelő létesítmény kapcsolódik, illetve egy hőforrásban több technológia működik együttesen, akkor ezekre egyenként alkalmazzuk az előzetesen megállapított energiaátalakítási tényezőket ahhoz, hogy a hozzájuk kapcsolódó primerenergia-igényeket megállapítsuk.

Az egyes hőforrások esetében az összes kiadott hőnek egy része származhat kapcsolt termelésből egy része pedig közvetlen hőtermelésből. Ezeket az összetevőket vagy elkülönülten mérjük, vagy – különösen idegen tulajdonú hőforrások esetében – ennek hiányában szakértői becslést alkalmazunk, és annak segítségével végezzük el a felosztást. Miután rendelkezésünkre áll minden az adott rendszerbe tápláló hőforrás által a bázisidőszakként szolgáló évben kapcsoltan és közvetlenül termelt hő mennyisége, ezeket a mennyiségeket az egyes termelőkre előzőleg megállapított kapcsolt és közvetlen átalakítási tényezőkkel primerenergia-mennyiséggé számítjuk át. Természetesen lehetséges, hogy egy termelő létesítményre vagy csak kapcsolt termelési vagy csak közvetlen termelési mutatók értelmezettek.

$$Q_{prim.term.} = \sum_{i=1}^n (e_{kap.i} \cdot Q_{kap.i} + e_{közv.i} \cdot Q_{közv.i})$$

ahol: $Q_{prim.term.}$ a vizsgált rendszerben hőtermelésre felhasznált összes primer energia
 $e_{kap.i}$ az i-edik kapcsolt technológia energiaátalakítási tényezője,
 $Q_{kap.i}$ az i-edik kapcsolt technológiával termelt és hálózatra adott hőmennyiség,
 $e_{közv.i}$ az i-edik közvetlen hőtermelő technológia energiaátalakítási tényezője,
 $Q_{közv.i}$ pedig az i-edik közvetlen hőtermelő technológiával termelt és hálózatra adott hőmennyiség

¹ A Hulladékhasznosító Mű erőművi technológiájára vonatkozó primerenergia-átalakítási tényező 1 volna, de az európai gyakorlatnak megfelelően a települési szilárd hulladékot mint tüzelőanyagot 50%-ban megújuló energiaforrásnak tekintjük.

2.6 A keringetési munka figyelembe vétele

A távhőrendszer működtetéséhez nem csak a hőtermelés során kell primer energiát bevezetni, de a távvezetékrendszerben végzett keringetéshez felhasznált villamos energia előállításához is.

Ha az egyes rendszerek keringetési villamosenergia-felhasználását közvetlenül mérjük, akkor ennek számításba vétele adott. A rendelkezésre álló energiamennyiség-értéket a rendeletben rögzített, a villamos energiára vonatkozó 2,5 értékű tényezővel válthatjuk primer energiára, amit azután a korábbiakban meghatározott hőtermelési primer energiához adva módosítjuk a távhőrendszer átalakítási tényezőjét.

$$Q_{prim. rend.} = Q_{prim.term.} + e_{vill.} \cdot E_{ker.}$$

ahol: $Q_{prim.rend.}$ a vizsgált rendszerben hőtermelésre és forróvíz-keringetésre felhasznált összes primer energia

$e_{vill.}$ a keringetéshez felhasznált villamos energia energiaátalakítási tényezője (=2,5),

$E_{ker.}$ a keringetéshez felhasznált villamos energia.

Ez a mérés azonban legtöbbször nem áll teljes körűen rendelkezésünkre. Ekkor a keringetési villamos munka értékét a hőforrásból kiadott hő mennyiségének függvényében becsüljük meg. A becslés során a két mennyiség között egyenes arányosságot feltételezünk. Az i -edik szivattyúállomás $f_{ker.i}$ arányossági tényezőjét 0,1 és 0,4% között állapítottuk meg. A legkisebb értékek a csak belső ellenállásukat fedező hőforrások esetében, a nagyobb értékek a nagy kiterjedésű rendszerek, illetve a kisebb, de kevésbé jól szabályozott keringetések esetén alkalmazzuk.

$$Q_{prim. rend.} = Q_{prim.term.} + e_{vill.} \cdot \sum_{i=1}^n f_{ker.i} \cdot (Q_{kap.i} + Q_{közv.i})$$

(Az arányossági tényezők nem tartalmaznak mértékegységváltást. A részletszámításokban ezért a villamosenergia-felhasználást a hőmennyiségméréshez igazodóan GJ egységekben fejezzük ki.)

2.7 A távvezetéki veszteség figyelembe vétele

Az előzőek szerint az adott távhőrendszerre összesített, a termelésre és a keringetésre fordított primerenergia mennyiségének meghatározása után annak fajlagosítása elvégezhető. Erre két lehetőség van: a fajlagosítást vagy a hőtermelőkből kiadott, vagy a fogyasztók által felhasznált, részükre értékesített hőmennyiségre végezzük.

$$e_{term.} = \frac{Q_{prim.rend.}}{Q_{term.}}$$

$$e_{ért.} = \frac{Q_{prim.rend.}}{Q_{ért.}}$$

ahol: $e_{term.}$ a termelt hőenergia átalakítási tényezője,

$Q_{ért.}$ a vizsgált rendszerben a felhasználók számára értékesített összes hőenergia,

$e_{ért.}$ a felhasználók számára értékesített hőenergia átalakítási tényezője.

A nevezőben használható két mennyiség közötti különbség a távvezetékrendszer hőveszteségét reprezentálja.

Számítások során az értékesített hőmennyiséget a termelt hőmennyiségből a vizsgált távhőközvetítő távvezetékrendszerére érvényes veszteségi aránnyal képezzük.

$$e = \frac{Q_{prim.rend.}}{Q_{term.} \cdot (1 - v)}$$

ahol: v a távvezetékrendszer termelt hőmennyiségre vonatkoztatott fajlagos hővesztesége.

A veszteségi arányszámot az egyéb adatokkal egyetemben évente aktualizálva vesszük figyelembe.

2.8 A tényező alkalmazása a felhasználói oldali korszerűsítések számításaiban

Épületenergetikai tanúsítás esetén természetesen az értékesített hőre fajlagosított, a távvezetési veszteségeket is magában foglaló átalakítási tényezőre ($e_{ért}$) van szükség. Ugyanakkor a termelt hőre vonatkozó tényező is fontos, amikor azzal valamilyen felhasználói oldali korszerűsítés során realizálható hőfelhasználás-csökkenés primerenergiában kifejezhető vonzatát határozzuk meg. Ilyenkorugyanis helytelen lenne a távvezetési veszteségeket is számításba venni, hiszen azok túlnyomó részben nem a végponton felhasznált hő mennyiségétől, hanem a vezetékrendszer méreteitől, a hőszigetelés állapotától és a hőszállítás hőmérsékletviszonyaitól függenek. A vezetékrendszert egy-egy felhasználó kisebb fogyasztása mellett is a korábbiaknak megfelelően kell üzemeltetni, a távvezeték abszolút hővesztesége így gyakorlatilag változatlan marad, ezért egy-egy felhasználót érintő épületenergetikai fejlesztések esetén a termelt hőre fajlagosított átalakítási tényező ($e_{term.}$) használandó.

3 Mintaszámítás

Példaképpen az észak-budai távhőrendszerre vonatkozó primerenergia-átalakítási tényező fenti elvek szerinti meghatározását mutatjuk be.

Az észak-budai távhőrendszer számára jelenleg egy telephelyen folyik hőtermelés, amely során két hőforrás kooperál egymással. Az egyik a Főtáv saját tulajdonú fűtőműve, ahol forróvíz-kazánokban folyik a hőtermelés. A másik pedig az MVM Észak-Budai Fűtőerőmű Kft. gázturbinás erőműve, amely a távhőrendszer számára a hőhasznosító kazánokból biztosít energiát. A hőhasznosító kazánokban alapvetően a gázturbinákból származó égéstermék hevíti a forróvizet, de lehetőség van ezekben pótlólagos földgázüzelésre is.

A fűtőmű elszámolási mérései alapján meghatározott telepi hatásfok 90%. Mivel a fűtőmű kizárólag a PTVM forróvíz-kazánokban termel hőt, erre a létesítményre nem értelmezünk kapcsolt termelésre vonatkozó átalakítási tényezőt. A közvetlen termelési tényező pedig a telepi hatásfok alapján:

$$e_{közv.FM.} = \frac{1}{\eta_{FM.}} = \frac{1}{0,9} = 1,11$$

A gázturbinás erőmű kapcsolt termelésére vonatkozó primerenergia-átalakítási tényezőt a rendeletben található táblázatból vett értékkel vesszük figyelembe:

$$e_{kap.GTE} = 0,82$$

Az erőműből kiadott hő azonban nem teljes egészében kapcsolt termelésből származik. 2011. évi adatok alapján a hőhasznosító kazánban folytatott kiegészítő tüzeléssel állították elő az erőműből származó hő 9%-át.

A hőhasznosító kazánban folytatott kiegészítő tüzelés az üzemi mérések alapján gyakorlatilag veszteségmentesen folytatható a gázturbinás üzem mellett, így az erőmű közvetlen hőtermelésére vonatkozó energiaátalakítási tényezője:

$$e_{közv.GTE} = 1$$

A fűtőmű 2011-ben összesen 645 479 GJ hőt adott ki, az erőműből ugyanebben az évben összesen 1 179 930 GJ hő származott. Ez utóbbiból a fentebb mondott termelési arány szerint 1 073 736 GJ-lal részesedett a kapcsolt termelés. Az erőművi közvetlen termelés eredménye 106 194 GJ volt. Azaz:

$$Q_{közv.FM} = 645\,479 \text{ GJ}$$

$$Q_{közv.GTE} = 106\,194 \text{ GJ}$$

$$Q_{kap.GTE} = 1\,073\,736 \text{ GJ}$$

$$Q_{term.} = Q_{közv.FM} + Q_{közv.GTE} + Q_{kap.GTE} = 1\,825\,409 \text{ GJ}$$

A hőtermelés teljes primerenergia-igénye az eddigi adatok alapján:

$$Q_{prim.term.} = e_{kap.GTE} \cdot Q_{kap.GTE} + e_{közv.GTE} \cdot Q_{közv.GTE} + e_{közv.FM} \cdot Q_{közv.FM}$$

$$Q_{prim.term.} = 0,82 \cdot 1\,073\,736 + 1 \cdot 106\,194 + 1,11 \cdot 645\,479 = 1\,701\,145 \text{ GJ}$$

A hőközvetítés villamosmunka-igényét a kiadott hőre arányosítva határoztuk meg. Az arányt a fűtőmű esetében 0,3%-kal, az erőmű esetében pedig 0,1%-kal vettük számításba. Ezzel – a későbbi összehadhatóság érdekében GJ-ban kifejezett – keringetési primerenergia-igény:

$$E_{prim.} = e_{vill.} \cdot (f_{ker.GTE} \cdot Q_{GTE} + f_{ker.FM} \cdot Q_{FM})$$

$$E_{prim.} = 2,5 \cdot (0,1 \cdot 1\,179\,930 + 0,3 \cdot 645\,479) = 7\,791 \text{ GJ}$$

A termelés és keringetés összesített primerenergia-igénye pedig:

$$Q_{prim.rend.} = Q_{prim.term.} + E_{prim.} = 1\,701\,145 + 7\,791 = 1\,708\,936 \text{ GJ}$$

A hőtermelés primerenergia-átalakítási tényezője ezek után:

$$e_{term.} = \frac{Q_{prim.rend.}}{Q_{term.}} = \frac{1\,708\,936}{1\,825\,409} = 0,94$$

A távhőrendszernek az értékesített hőre vett primerenergia-átalakítási tényezőjének számításához a távvezeték-rendszer éves hőveszteségének aránya a mérési adatok alapján 9%-kal vehető számításba.

$$e_{ért.} = \frac{Q_{prim.rend.}}{Q_{term.} \cdot (1 - v)} = \frac{1\,708\,936}{1\,825\,409 \cdot (1 - 0,09)} = \mathbf{1,03}$$

4 Adatközzététel

Az egyes, távhővel ellátott épületekhez kötődő számítások során szükségessé váló primerenergia-átalakítási tényezőket a Főtáv minden általa üzemeltetett távhőkörzetre vonatkozóan meghatározta. Ahhoz, hogy az épületek számításait végző szakemberek a számukra releváns adathoz hozzájussanak, azt kell meghatározni, hogy a vizsgált épület melyik távhőellátó körzethez tartozik. A Főtávhoz levélben fordulók számára ezt a vállalat elvégzi, és válaszában a megfelelő értékről tájékoztatja a partnert.

A tényezők értékeit a Főtáv [honlapján](#) keresztül is elérhetővé teszi, ahol a hőközvet kiválasztása térképvázlat segítségével történik.