

**Az energiaellátás  
fogalom- és mutatórendszere,  
az energiarendszerek  
hatékonyságának auditálása**

***Tanulmány***

**Budapest, 2011. november**

A tanulmány  
a Magyar Mérnöki Kamara  
2011. évi feladat alapú pályázati rendszere keretében  
és támogatási megállapodása  
alapján készült.

*Témavezető:*

Dr. Büki Gergely,  
az Energetikai Tagozat elnöke

*Közreműködők:*

Dr. Perneczky László  
Rejtő János  
Uitz Zsuzsanna, Forrai György  
Túdós Tibor

*Lektorálta:*

Orbán Tibor

# Tartalom

<b>Bevezetés, összefoglalás</b>	<b>5</b>
<b>1. Az energetikai fogalom- és mutatórendszer</b>	<b>9</b>
1.1. Az energiaellátás rendszere	9
1.2. Az energiaellátás időbeni változása	13
1.3. A primerenergiák termelése, előkészítése, nemesítése	15
1.4. A villamosenergia-ellátás rendszere és mutatói	18
1.5. A hőellátás megoldásai és mutatói	20
Közvetlen hőtermelés	
Kapcsolt hőtermelés	
Hőszivattyús hőtermelés	
Villamos hőtermelés	
1.6. A hűtés megoldásai és mutatói	30
Hűtőgépek	
A fűtésre tervezett hőszivattyúk nyári hűtőüzeme	
Közvetlen (passzív) és hűtőtornyos hűtés	
1.7. Az energiaellátás környezeti és klímahatásai	32
Lokális szennyezések	
Szén-dioxid-kibocsátás	
<b>2. Az energiarendszerek energetikai, környezeti és gazdasági hatékonysága</b>	<b>34</b>
2.1. Az energiarendszerek energetikai hatékonysága	35
Fogyasztói energiatakarékosság	
Az energiaellátás hatékonysága	
Az energiasztruktúra javítása, megújuló alkalmazása és földgáz-kiváltás	
2.2. Környezeti hatások, szén-dioxid-kibocsátás	43
2.3. Az energiaellátás gazdaságossága, támogatása	44
Az energiaellátás gazdaságossága	
Támogatás, ösztönzés	

<b>3. Az energiarendszerek auditálása</b>	<b>50</b>
3.1. Az energiafogyasztók energetikai tanúsítása	51
A háztartási berendezések energetikai tanúsítása	
Az épületek energetikai tanúsítása	
3.2. Az energiarendszerek energetikai auditálása	55
Mi az auditálás?	
Javaslat az energiarendszerek energetikai auditálására	
<b>Javaslatok</b>	<b>59</b>
<b>Lektori vélemény</b>	<b>60</b>

# Bevezetés, összefoglalás

A tanulmány az energiaellátás energetikai hatékonyságát a tervezői és a szakértői tevékenység, azaz a Magyar Mérnöki Kamara szemszögéből vizsgálja. Az összetett témakörből három kérdéscsoport elemzésére kerül sor.

1. A gazdaság, a fenntartható jövő egyik alapkérdésének az energiát, az energetika fejlesztését tekintik. Az energetikát csak megfelelő szakmakultúra birtokában tudjuk művelni és fejleszteni, amelynek alapja az egységesen használt *energetikai fogalom- és mutatórendszer*. A hazai gyakorlatban egységesen elfogadott és használt energetikai fogalmakról és mutatókról – sajnos – nem beszélhetünk. A jelenlegi fogalmak és mutatók gyakran ellentmondóak, a szakterületek között nehezen átjárhatóak, és megnehezítik a kormányzati szintű döntéshozatalt. Különösen gondot okoznak az uniós irányelvek átvételénél, és a gyakran egymásnak ellentmondó lobby törekvések értékelésénél.

Az egységes fogalmak hiányának több oka van, ehelyütt csak néhányra utalunk. Az energetikai képzés korábban nem volt széleskörű, az energetikusok szűk és viszonylag zárt körét érintette. Az utóbbi évtizedben viszont az energetika kérdései a társadalom nagyon széles rétegeit foglalkoztatják, de ezt nem követte az energetikai képzés hasonló kiterjesztése. Az egységes fogalmak használatának nem kedvez a magyar mentalitás sem, amely pl. az összevetéshez alapul vehető, következetes és fegyelmezett (katonás) német hozzáálláshoz képest lényegesen lazábban kezeli az energetikai fogalmak és mutatók használatát. Ugyanakkor az energetikai fogalmak és mutatók egységes kialakítását, használatát és fejlesztését több előttünk álló célkitűzés teszi szükségessé.

- Az energiaellátásunk innovatív fejlesztése csak *magas szintű szakmakultúra* esetén lehetséges. Ezt közösen kell kialakítani és folyamatosan fejleszteni. Az energetika fejlesztésében különböző szakmák vesznek részt, az energetikusok mellett épületgépészek, különböző gépész-, közlekedés- és villamosmérnökök, építészek, geológusok stb. A közös fejlesztés csak akkor lehetséges, ha valamennyire azonos szaknyelven beszélünk, az energetika különböző területein ugyanazokat a fogalmakat használjuk. A szakmakultúra kialakításában és fejlesztésében meghatározó szerepe van az egyetemi szakképzésnek, de rövidtávon sokat tehetnek a továbbképzések, elsősorban a kamarai tanfolyamok és mesteriskolák.

- Az energiaellátásban folyamatosan *új technológiák* jelennek meg. Ilyen volt a II. világháború után az atomtechnika, legújabban a megújuló energiák megjelenése. Az új technológiák új fogalmak megjelenésével járnak. Ezek az új fogalmak egy magas szintű szakmakultúrába viszonylag egyszerűen, és biztonsággal beépíthetők, nem maradnak szakmaidegenek, hanem az energetika szerves részévé válnak. Például a megújuló földhő hasznosításával megjelenő hőszivattyús hőellátás a régóta használt hűtőgépeknél és az erőművi kapcsolt hőtermelésnél használt módszerekhez hasonlóan írható le.

- Az Európai Unió tagságunkkal összefügg, hogy számos EU irányelvet át kell vennünk. A hazai megfeleltetésben kulcs szerepe van, hogy milyen hazai szakmakultúrával rendelkezünk. Alacsony szintű szakmakultúra esetén az átvétel szervilis, netán csak egyszerűen fordítás. Magas szintű szakmakultúra viszont az érdemi hazai megfelelést keresi, betartva az EU irányelv követelményét, azt a hazai szakmakultúra szerves részévé, fejlesztőjévé teszi.

- A külföldi kereskedelmi kapcsolatokban is jelentős szerepe van a hazai szakmakultúrának vagy a külföldi cégek szakmamasolásának. A hazai gyártás vagy az import a gazdaságfejlesztésünk gyakori kérdése, s ebben a helyes döntés egyaránt megköveteli a hazai és a partnerek szakmakultúrájának ismeretét. Itt is példa lehet a földhő hasznosító hőszivattyúk alkalmazása: a külföldi cégek szakmakultúrájának szervilis átvétele gyakorlatilag azonos a hőszivattyúk tömeges importálásával és a hazai gyártás mellőzésével, míg a hazai gyártás és a munkahelyteremtés olyan innovációt igényel, amely csak hazai szakmakultúrában lehetséges.

Tanulmányunk természetesen csak az energetikai fogalmak és mutatók alapvetését adhatja. De ezzel az alapvetéssel szorgalmazza annak továbbfejlesztését is. Lényegében azt a célt fogalmazza meg, hogy energiaellátásunk fejlesztése érdekében az energetikai fogalmak és mutatók rendszerét mindenkor magas szinten tartsuk, és az energiaellátás minden szakterületére (primerenergia-, hő- és villamosenergia-ellátás, épületek, ipar és közlekedés) kiterjesszük. Az természetes, hogy az energetika részét képezi az épületenergetika, az ipari energetika, a közlekedésenergetika stb., de semmiképpen sem lehet fordítva!

Az energetikai mutatók esetén meg kell különböztetni a *kritériumszámokat*. A kritériumszámok alatt itt valamely mutatószám meghatározott értéke, tartománya értendő (pl. energia-hozam kritérium). A kritériumszámok minősítés vagy támogathatóság eldöntésében játszhatnak szerepet. A kritériumszámokat elsősorban rendeletekben lehet előírni.

**2. Az energiaellátás egyik, az energetikus számára legfontosabb feladata a *hatékonyság növelése*. Az energiaellátásban növelhetjük az energetikai, a gazdasági és a környezeti hatékonyságot.**

A tanulmány az *energetikai hatékonyságnak* három kiterjedését mutatja be. Az egyik lehetőség a fogyasztói energiatakarékosság, amelyet mostanság különösen az épületek energiaellátása esetén tartanak számottevőnek, de a háttérbe szorult ipari termelésnél is nagy figyelmet érdemel. Az energetikusok feladata az energiaátalakítás, -szállítás és -elosztás hatékonyságának növelése, hogy összességében minél nagyobb legyen a végenergia-felhasználás és primerenergia-felhasználás aránya. A felhasznált primerenergiák optimális összetételének biztosítása, ezen belül egyrészt a nagyarányú földgáz-felhasználásunk indokolt csökkentése és a megújuló energiák növelése, illetve célszerű arányának elérése az energiaellátás időszerű feladata, főleg az ellátásbiztonság és a függetlenedés szemszögéből.

Az energetika és a *környezet-, klímavédelem* kérdései egyre inkább együtt jelennek meg. A tanulmány azt hangsúlyozza, hogy a helyes energetikai célkitűzések a

környezetvédelemnek is maradéktalanul megfelelnek: konkrétan a fogyasztói energiatakarékosság, az energiaellátás hatékonyság-növelése és a kedvezőbb energiastruktúra a környezet- és klímavédelmet is szolgálja. Ez érvényes a megújuló energiák hasznosításában is, ahol figyelembe kell venni, hogy a termelésük, összegyűjtésük és előkészítésük során esetenként számottevő fosszilis eredetű energiát használunk fel, amit kifejez az EROEI (Energy Return on Energy Invested) alakulása is.

A *gazdaságosság* az energiaellátásban mindig fontos volt és az is marad. A gazdaságosság alapjai (energia- és beruházási költségek) változatlanul együtt jelennek meg, az állami szerep és a piac lehetőségei is egyaránt fontosak, a hangsúlyuk bizonyosan változik. Ugyanakkor a gazdaságosság megítélésének módszerei lényegében a gazdaság fejlődő időszakában alakultak ki, amiket a stagnáló és válságokkal terhelt gazdaságban felül kell vizsgálni. A korábbi szocialista nagyüzemekben működő állami elhatározások és a globális piacgazdaságban megjelent magánérdekek érvényesülése után meg kell találni azt modellt, amely az előzőek hibáit kiküszöböli, és tapasztalatait hasznosítja.

A gazdaságosság talán legizgalmasabb kérdésévé a támogatások rendszerei (EU, KEOP, NEP, KÁT stb.) váltak. Legjobb az lenne, ha a tőkeerős hazai vállalkozók és az érintett közösségek támogatásra nem szorulnának. Ez nincs így, számos energetikai feladat csak támogatással valósítható meg. A tanulmány a támogatás indokolt elveit vizsgálja, kiemelve, hogy támogatni csak hasznos energetikai célokat érdemes, semmiképpen nem különböző lobbykat.

Az energetikai kormányzat a KÁT rendszert már megszüntette. Az új METÁR támogatási rendszer még nem végleges, eddig a következők kerültek nyilvánosságra: támogatás szükséges, mert a megújulók részarányára vonatkozó 15%-os vállalás csak ily módon teljesíthető; a támogatás csak a megújulókra (zöld energiára) vonatkozik; a fosszilis alapú kapcsolt energiatermelés kikerült a támogatás köréből; a támogatás érinti a fogyasztók körét is, a biomassza alapú kapcsolt energiatermelés esetén a hőfogyasztók kerülnek előnybe a villamos fogyasztókkal szemben.

**3.** A tanulmány az energiaellátás hatékonyságaként és fontos aktuálkérdéseként az energetikai tanúsítást és auditálást vizsgálja. Az auditálás kérdésköre napjainkban széles körben megjelenik, a kamarai látókörben különösen hangsúlyos és időszerű. Az energetikai minősítést széles körben szükségesnek tartják, nyitott kérdés az, hogy a minősítés milyen energetikai berendezésekre és rendszerekre terjedjen ki. A kérdés vizsgálatához elsősorban az épületek bevezetett energetikai tanúsítása ad kiindulást, az indokoltságát pedig az alapohatja meg, hogy az energiarendszerek megalapozott fejlesztéséhez szükség van az érintett rendszerek energetikai auditálására. A helyes energetikai szemlélet fontosságát alátámasztják azok az esetek, amikor egy-egy épület önmagában hatékony (pl. hőszivattyús) energiaellátást megvalósítva kivált egy hatékony, kapcsolt energiatermeléssel ellátott távhőrendszerből, érzékenyen rontva annak kihasználását és gazdaságosságát.

Az *energiatanúsítást* két területen vizsgáltuk, a háztartási gépek és az épületek esetén. A *háztartási gépek* bevezetett energiacímkézése nyilvánvalóan hasznos volt. A fokozott fogyasztói elvárások gyorsították az energiatakarékosabb háztartási gépek

fejlesztését, és jelentős villamosenergia-megtakarítást eredményeztek. Az *épületek* energiatanúsítása kapcsán pedig megállapíthattuk, hogy az elsősorban az épületek végenergia-igényének csökkentését segíti és fokozza az energiatudatos fogyasztói magatartást, viszont az épületek primerenergia-felhasználását, ezen belül a megújuló energiaforrások hasznosítását, a kapcsolt és hőszivattyús hőtermelés alkalmazását nem megfelelően értékeli és ösztönzi, s végeredményben nem alkalmas a nagyobb energiaellátó rendszerek energetikai minősítésére és fejlesztésére.

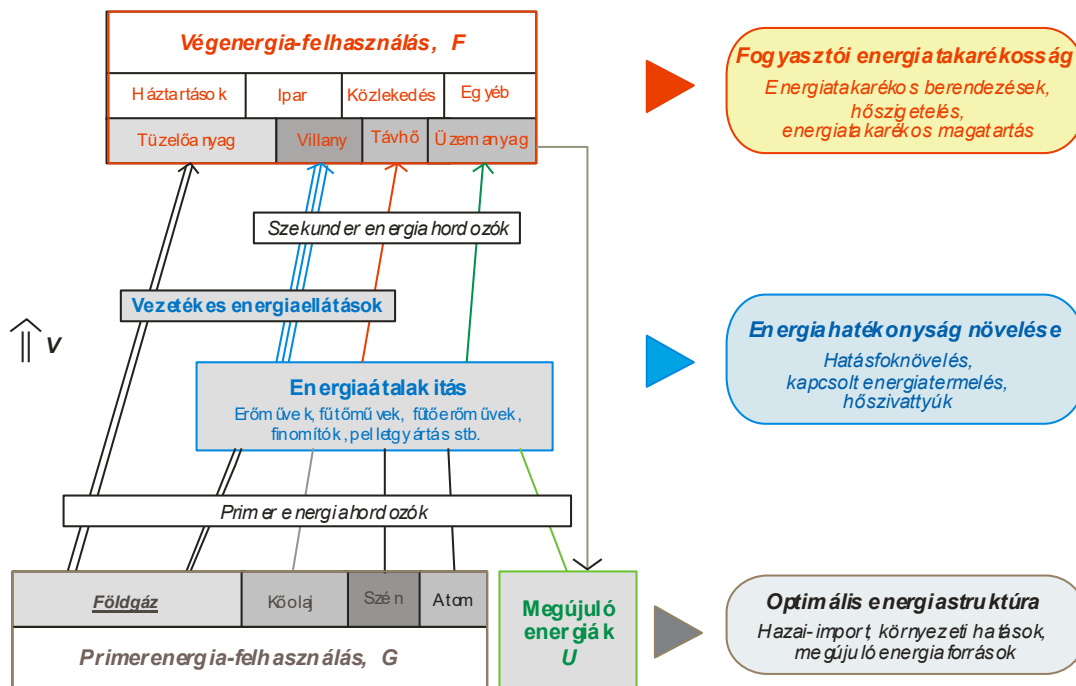
A tanulmány zárógondolatként megállapítja, hogy *a nagyobb energiarendszerek és települések energiaellátásának fejlesztése megköveteli azok energetikai auditálását.* Az energetikai auditálás *csapatmunkával* lehet eredményes, s a tanulmány javaslatot fogalmaz meg az auditálás végző csapatok szervezésére és kiképzésére, s az ezekkel kapcsolatos kamarai feladatokra.



# 1. Az energetikai fogalom- és mutatórendszer

## 1.1. Az energiaellátás rendszere

1.1. Az *energiaellátás rendszere* magába foglalja a primerenergia-felhasználás, az energiaátalakítás, -szállítás és -elosztás, valamint a végeenergia-felhasználás valamennyi elemét. Az energiaellátás rendszerét az 1.1. ábra szemlélteti<sup>1</sup>.



1.1. ábra. Az energiaellátás rendszere

1.2. *Primerenergia-felhasználás* (G – Primary Energy Supply, PES) a kimerülő és a megújuló, semminemű átalakításon és feldolgozáson át nem esett energiaforrások felhasználását jelenti<sup>2</sup>. (Az 1. ábra a kimerülő és megújuló energiákat elkülönítve tünteti fel.) Az energiastatisztikák általában az évente felhasznált primerenergiát adják meg. Az évi primerenergia-felhasználást szokás vonatkoztatni az évi belföldi termelés összértékére (GDP), ez a *primerenergia-igényesség*

$$\varepsilon_G = \frac{G}{GDP},$$

vagy a lakosság létszámára (L), ez az *egy főre eső primerenergia-felhasználás*

<sup>1</sup> Az egyes energiaszektorokra többféle mértékegységet használnak, mértékegységeket nem adunk meg, az összefüggésekben mindenkor koherens egységeket tételezünk fel.

<sup>2</sup> 2010/31/EU irányelv

$$g_L = \frac{G}{L}.$$

**1.3.** A kimerülő energiaforrások körébe a fosszilis és a nukleáris energiaforrások tartoznak. Az energiaellátásban számottevő *fosszilis energiaforrást* a szén, a kőolaj és földgáz képeznek. Energiatartalmuk a tömegükkel ( $m$ ) és fűtőértékükkel ( $h_f$ ) arányos

$$G = m h_f.$$

A *nukleáris energiaforrást* jelenleg elsősorban az urán képezi, de távlatban más nukleáris források is számításba vehetők. Ezek energiátartalmát tömegükkel ( $m$ ) és az elérhető kiegészítési szintjükkel ( $h_{ki}$ ) számíthatjuk

$$G = m h_{ki}.$$

**1.4.** A *megújuló energiaforrások* ( $U$  – Renewable Energy Sources, RES) a primerenergia-források részét képezik, de gyakran elkülönítve vizsgáljuk őket. A megújuló energiákat többféleképpen definiálják. Az EU irányelv<sup>3</sup> szerint a megújuló energia „nem fosszilis forrásokból származó energia, nevezetesen szél-, nap-, aerotermikus, geotermikus, hidrotermikus és óceánból nyert energia, vízenergia, biomasszából, hulladék-lerakóhelyeken és szennyvíztisztító telepeken keletkező gázokból nyert energia”. Gyakorlati okokból a különböző, elsősorban ipari technológiák hulladékhőjét is célszerű ide tartozónak tekinteni. A megújuló energiák szerepét az energiaellátásban

$$u = \frac{U}{G + U}.$$

a megújuló energiák részaránya a primerenergia-felhasználásban fejezi ki.

**1.5.** Az eredő primerenergia-felhasználás eltérő minőségű és értékű primerenergiákat (szén, kőolaj, földgáz, atomenergia és többféle megújuló) tartalmazhat. A primerenergia-felhasználáson belül mindig meg kell nevezni a ténylegesen felhasznált primerenergia(ka)t, pl. földgázfelhasználás.

**1.6.** A primerenergia-felhasználás gazdasági értékelését a *primerenergia-költségek* teszik lehetővé. Az  $i$ -edik primerenergia-felhasználás ( $G_i$ ) költsége

$$C_{Gi} = G_i p_i,$$

ahol  $p_i$  a felhasznált primerenergia hőára (pl. Ft/GJ egységben).

**1.7.** A felhasznált primerenergia energiátartalmának *értelmezése* számos esetben egyértelmű, esetenként megállapodás kérdése. Egyértelmű az értelmezés fosszilis

---

<sup>3</sup> 2010/31/EU irányelv

és megújuló tüzelőanyagok esetén, ahol az  $m$  tömegű primerenergia (tüzelőanyag) energiatartalma

$$G = m h,$$

ahol  $h$  az érintett primerenergia fűtőértéke, J/kg. Hasonló az értelmezés atomenergia esetén is, ott  $h$  a kiégetési szintet jelenti. Napenergia esetén a felületegységre eső évi napsugárzást [ $s$ , J/(m<sup>2</sup>,év)] vehetjük alapul

$$G = F s,$$

ahol  $F$  a számításba vehető felület (m<sup>2</sup>). Vízenergia az  $m$  évi vízhozam (kg/év) és a  $H$  (m) esés értékéből

$$G = m g H,$$

ahol  $g$  a nehézségi gyorsulás. A szélenergia a magasság függvényében a szélesebbességgel, a geotermikus energia a földfelszín és a Föld energiasugárzása szorzatával definiálható. A meghatározás nehézségét gyakran azzal kerülik el, hogy a felhasznált primerenergiát az előállított végenergia (pl. villamos energia) és annak felvett fajlagos primerenergia-felhasználásával (pl. 10000 kJ/kWh) határozzák meg.

**1.8. Végenergia-felhasználás** ( $F$  – Final Energy Consumption, FEC) a fogyasztók energetikai célú végső energiafelhasználását méri (a nem energetikai célú felhasználást külön adják meg). A végenergia-felhasználást mérik a fogyasztók szerint: termelők (ipar), közlekedés, lakosság és más fogyasztók (pl. épületek), és a különböző értékű energiatípusok szerint: tüzelőanyag, távhő, villamos energia, üzemanyag stb. Az évi végenergia-felhasználását is vonatkoztathatjuk az évi belföldi termelés összértékére ( $GDP$ ), ez a *végenergia-igényesség*

$$\varepsilon_F = \frac{F}{GDP},$$

vagy a lakosság létszámára, ez az *egy főre eső végenergia-felhasználás*

$$f_L = \frac{F}{L}.$$

Néhány energiatípus primer- és végenergiaként egyaránt megjelenik (pl. földgáz). Egyes végenergiákat külön is fajlagosítjuk, pl. villamos energia ( $E$ ) esetén a *villamosenergia-igényesség*

$$\varepsilon_E = \frac{E}{GDP},$$

vagy az *egy főre eső villamosenergia-felhasználás*

$$e_L = \frac{E}{L}.$$

**1.9.** Az *energiarendszer* a primerenergia- és a végenergia-felhasználás között biztosítja az energiaátalakítást, az energiaszállítást és az energiaelosztást. Az energiaátalakítás  $V_{\text{át}}$ , az energiaszállítás  $V_{\text{sz}}$  és az energiaelosztás  $V_{\text{el}}$  veszteséggel jár. A veszteségek együttesen okozzák a primerenergia- és a végenergia-felhasználás különbségét

$$V = G - F = V_{\text{át}} + V_{\text{sz}} + V_{\text{el}}.$$

Ez lehetővé teszi az *energiarendszer hatásfokának*

$$\eta_{\text{ER}} = \frac{F}{G} = \frac{G - V}{G} = \frac{F}{F + V}$$

és az *energiarendszer fajlagos primerenergia-felhasználásának* értelmezését

$$g_{\text{ER}} = \frac{G}{F} = \frac{F + V}{F} = \frac{G}{G - V}.$$

Az *energiarendszerre* vonatkoztatott hatásfokot és fajlagos primerenergia-felhasználást értelmezhetjük az *energiarendszer* bármely ( $i$ ) részére és elemére

$$\eta_i = \frac{F_i}{G_i} = \frac{1}{g_i}.$$

**1.10.** Az *energiaátalakító berendezések* egyik energiatípusból (rendszerint primerenergiából) egy másik energiatípusra (pl. hő, villamos energia) alakítanak át. Fontosabb energiaátalakító berendezések a hőtermelő fűtőművek és hőszivattyúk, a villamos energiát előállító erőművek, a hő és villamos energiát kapcsoltan termelő fűtőerőművek. Az egyes energiatípusok minőségét, felhasználhatóságát javítják az *energianemesítő eljárások*. Ilyen energianemesítők az olajfinomítók, a pelletüzemek stb. Az energianemesítés során figyelembe kell venni, hogy az eljárások fosszilis primerenergiákat és végenergiákat használnak fel.

**1.11.** Az *energiaszállítás és elosztás rendszere* biztosítja a primer- és átalakított energiák eljuttatását a fogyasztókhoz. A szállított és elosztott energia lehet *primer energiahordozó*, ha primerenergiát (pl. szén, földgáz) szállítunk, vagy *szekunder energiahordozó*, ha átalakított energiát (pl. hő, villamos energiát) szállítunk. Néhány energiahordozót vezetéken juttatunk el a fogyasztókhoz, ezek a *vezetékes energiaellátások*, ilyen a földgáz-ellátás, a távhőrendszer és a villamosenergia-rendszer.

**1.12.** A *fogyasztói energiatakarékosság* az energiaellátás egyik fő célkitűzése, a végenergia-felhasználáshoz kapcsolódik. A fogyasztók által el nem fogyasztott végenergiát nem kell megtermelni, ez nem igényel primerenergia-felhasználást és nem okoz semmilyen környezetszennyezést. A fogyasztói energiatakarékosság és a fogyasztói energiaigény-növekedés együtt jelenik meg, ezért szétválasztásuk pl. a statisztikai adatokban gyakran nehézséget jelent. Az energiatakarékosság egyik kiemelt lehetőségét jelenleg az épületek hőellátása nyújtja, mert egyrészt nagy a

részarányuk az országos energiafelhasználásban, másrészt új épületek tervezésével, régi épületek hőszigetelésével, nyílászáró-cserékkel és épületgépészeti berendezések korszerűsítésével nagyarányú hőigénycsökkenést, esetenként közel nulla energiaigényt lehet gazdaságosan elérni.

**1.13. Az energiahatékonyság javítása** az energiaellátás másik fő célkitűzése, az energiarendszerhez kötődik. Az energiahatékonyság javulása gyakran közvetlenül hatásfokjavulásban, de végső soron mindig hatásfok-növekedésben nyilvánul meg. Néhány energiaellátásnál, elsősorban kapcsolt energiatermelés és hőszivattyús hőtermelés esetén, a hatásfoktól eltérő energetikai mutatókkal fejezzük ki az energetikai hatékonyságot, ám a végső energetikai minősítést mindenkor az érintett végeenergiák és a felhasznált primerenergiák aránya jelzi (l. 1.9. pont).

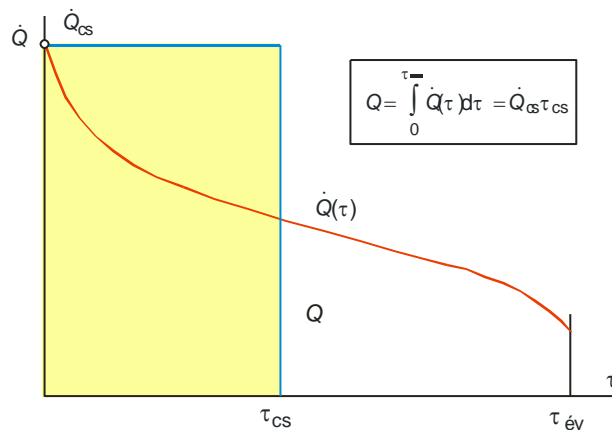
**1.14. Az optimális energiasztruktúra elérése** az energiaellátás harmadik fő célkitűzése, ez jelenleg elsősorban a megújuló energiaforrások fokozott hasznosítását jelenti. Az optimális energiasztruktúra (energiamix) megvalósítása összetett feladat, energetikai, gazdasági és környezetvédelmi szempontok mellett tartalmaz biztonsági és politikai követelményeket is. Éppen ezért rendkívül bonyolult feladat is, hiszen az optimalizáció matematikai célfüggvénye csak szubjektív alapon számszerűsíthető paramétereket is tartalmaz. A megújuló energiák hasznosítását is csak reálisan szabad értékelnünk, óvakodnunk kell minden szélsőséges felül- és alulértékeléstől. A megújuló energiák is korlátozottan és jelentős költségráfordítással állnak rendelkezésünkre, hasznosításukat ugyanolyan műszaki, gazdasági és környezeti szemlélettel kell értékelnünk, mint a kimerülő fosszilis és nukleáris energiaforrásokat.

**1.15. Az energetikai környezetvédelem** az energiaellátás alapkövetelménye. Az esetek nagy részében a helyes energetikai célkitűzések (energiatakarékosság, energetikai hatékonyság, optimális energiasztruktúra) a környezetvédelemnek is maradéktalanul megfelelnek. Természetesen van néhány olyan eset is, amikor a környezetvédelem és az energetika céljai eltérnek, pl. szénerőművek karbonkivonása esetén, ezekben az esetekben a környezetvédelmet külön kell vizsgálni.

## 1.2. Az energiaellátás időbeni változása

**2.1. Az energiaigények és az energiatermelés** időben változnak. Az energiaigények időbeni változását vizsgálhatjuk és értékelhetjük az *energiaigények évi tartamdiagramjában*. Az évi tartamdiagram (1.2. ábra) a teljesítményeket ( $\dot{Q}$ ) az időtartam ( $\tau$ ) függvényében nagyság szerint rendezi [ $\dot{Q}(\tau)$ ], és a diagram alatti területe az év alatt ( $\tau_{\text{év}} = 8760 \text{ h/év}$ ) szolgáltatott energiát adja meg

$$Q = \int_0^{\tau_{\text{év}}} \dot{Q}(\tau) d\tau .$$



1.2. ábra. Az energiaigények évi tartamdiagramja

A tartamdiagram jellemzője a csúcsteljesítmény ( $\dot{Q}_{cs}$ ). Ha az energiát állandó csúcsteljesítménnyel szolgáltatnánk, akkor az évi energiára felírható

$$Q = \int_0^{\tau_{cs}} \dot{Q}(\tau) d\tau = \dot{Q}_{cs} \tau_{cs},$$

ahol az *évi csúcskihasználási időtartam*

$$\tau_{cs} = \frac{Q}{\dot{Q}_{cs}}.$$

**2.2.** Az *évi csúcskihasználási időtartam* a különböző energiaszolgáltatásoknál eltérő. Néhány tájékoztató érték:

fűtés	~2000 h/év,
használati melegvíz	~8000 h/év,
hűtés	~1000 h/év,
összes villamosenergia-szolgáltatás	~5000 h/év.

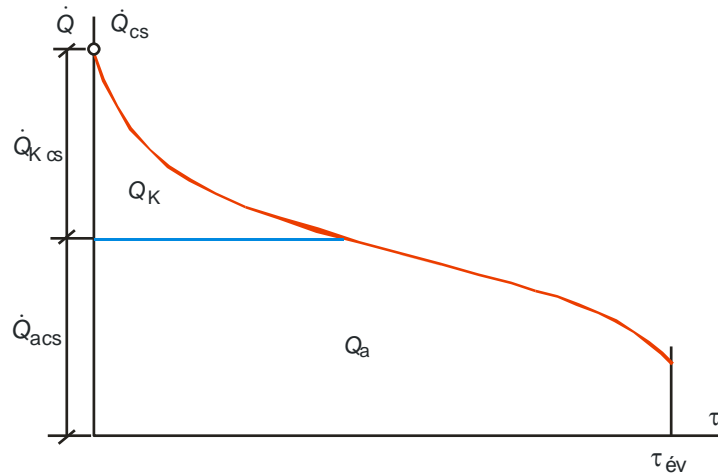
Az évi csúcskihasználási időtartam meghatározó szerepet játszik az energiaellátás gazdasági megítélésében, a beruházási költségterhek elszámolásában.

**2.3.** Az évi energiaigényeket gyakran különböző berendezések *megosztva* látják el. Az energia-megosztás jellegzetes példáját az 1.3. ábra mutatja alapüzemű (a, pl. kapcsolt és hőszivattyús hőtermelés) és csúcsüzemű (K, pl. kazán) berendezések között. A  $\dot{Q}_{cs}$  csúcsteljesítményből az alapüzemű berendezések  $\dot{Q}_{acs}$  teljesítményt, a csúcsüzemű berendezések  $\dot{Q}_{Kcs}$  teljesítményt látnak el

$$\dot{Q}_{cs} = \dot{Q}_{acs} + \dot{Q}_{Kcs}.$$

A  $Q$  évi energiából pedig az alapüzemű berendezések  $Q_a$  energiát, a csúcsüzemű berendezések  $Q_K$  energiát szolgáltatnak

$$Q = Q_a + Q_K.$$

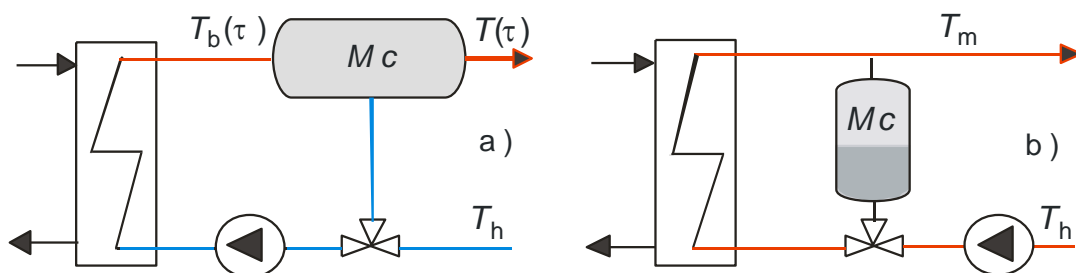


1.3. ábra. Az évi energiaellátás megosztása alapüzemű és csúcsüzemű berendezések között

**2.4.** Az energiaigényeket biztonsággal kell ellátni, ezért a csúcsteljesítménynél nagyobb *beépített teljesítmény* szükséges. A kiesési és karbantartási tartalék ( $\dot{Q}_{\text{tart}}$ ) miatt a szükséges beépített teljesítmény

$$\dot{Q}_{\text{BT}} = \dot{Q}_{\text{cs}} + \dot{Q}_{\text{tart}}.$$

**2.5.** A fogyasztói energiaigény, esetenként az energiatermelés időben jelentősen vagy előre nem tervezhető módon változik, és ez szükségessé teszi *energiatárolók* beépítését. Hőszolgáltatásban hőtárolókat alkalmazunk, az 1.4. ábra egy keverős (a) és egy keverés nélküli (b) hőtárolót mutat.



1.4. ábra. Keverős (a) és keverés nélküli (b) hőtároló

A villamosenergia-rendszerben a teljesítményingadozást és az energiátárolást több eljárással igyekeznek megoldani. Jelentős ingadozás-kiegyenlítésre, illetve tárolásra a szivattyús tározós vízerőműveket tartják alkalmasnak.

### 1.3. A primerenergiák termelése, előkészítése, nemesítése

**3.1.** *Néhány primerenergia fajtát termelni vagy felhasználás előtt előkészíteni kell.* A termelés elsősorban megújuló energiák esetén vizsgálandó (biomassza, biogáz). Az előkészítés esetenként egy komplex feldolgozás része (pl. olajfinomítás), gyakran egy nemesebb termék előállítását célozza (szénbrikett és koksz, biobrikett és -pellet). A termelést, az előkészítést és a nemesítést kisebb-nagyobb energiafelhasználás és költségnövekedés kíséri.

**3.2.** *A fűtőolajok, illetve tüzelőolajok a kőolaj-finomítás egyik termékeként jelennek meg.* A kőolaj-finomítás elsődleges célja az üzemanyag-gyártás. A fűtőolaj/tüzelőolaj árát a kőolaj ára, illetve a finomítás költségei és azok megosztása, továbbá a környezetvédelmi követelmények (kéntelenítés) határozzák meg.

**3.3.** *A szénalapú brikett és koksz a háztartások és az ipari üzemek fokozott igényeit elégítik ki.* A brikettálás és a kokszolás energiafelhasználása és költségei ezeknek a termékeknek az árát növelik.

**3.4.** *A biomasszák összegyűjtése, előkészítése és nemesítése kisebb-nagyobb, esetenként jelentős energiafelhasználással, önfogyasztással jár (EROEI).* Az önfogyasztás energiamérlege készülhet eltérő, vagy közös nevezőre hozott energiákban.

**3.5.** *A biomassza-termelés névleges energiahozama a területegységen évente termelt energia.* Ha  $A$  területen évente  $m_{\text{bio}}$  tömegű és  $h_{\text{f bio}}$  fűtőértékű biomasszát termelünk ( $G_{\text{bio}} = m_{\text{bio}} h_{\text{f bio}}$ ), akkor a *biomassza-termelés bruttó névleges energiahozama*

$$g_{\text{bio br}} = \frac{G_{\text{bio}}}{A} = \frac{m_{\text{bio}} h_{\text{f bio}}}{A}.$$

A biomassza-termelés, összegyűjtés és előkészítés energiafelhasználással jár, emiatt kisebb lesz a *biomassza-termelés nettó névleges energiahozama*

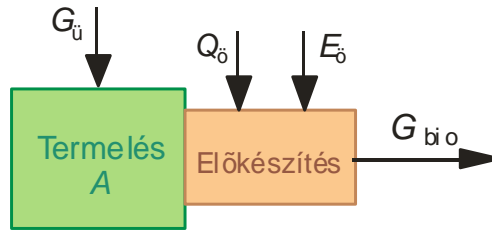
$$g_{\text{bio n}} = \frac{G_{\text{bio}} - (G_{\text{ü}} + Q_{\text{ö}} + E_{\text{ö}})}{A} = \frac{m_{\text{bio}} h_{\text{f bio}} - (G_{\text{ü}} + Q_{\text{ö}} + E_{\text{ö}})}{A} = (1 - \ddot{o}_{\text{n}}) g_{\text{bio br}},$$
$$< g_{\text{bio br}}$$

ahol a biomassza-termelés névleges energiafogyasztás-aránya

$$\ddot{o}_{\text{n}} = \frac{G_{\text{ü}} + Q_{\text{ö}} + E_{\text{ö}}}{m_{\text{bio}} h_{\text{f bio}}},$$

amelyben  $G_{\text{ü}}$  a biomassza-termeléshez évente felhasznált üzemanyag,  $Q_{\text{ö}}$  a felhasznált hő,  $E_{\text{ö}}$  a felhasznált villamos energia (1.5. ábra).





1.5. ábra. Biomassza-termelés és -előkészítés névleges energiamérlege

**3.6.** A biomassza-termelés végeenergia-hozama a területegységen évente termelt végeenergia:  $F_{\text{bio}} = G_{\text{bio}} \eta_{\text{bio}}$ , ha a biomasszából az érintett végeenergia előállításának hatásfoka  $\eta_{\text{bio}}$ . Ezzel a biomassza-termelés bruttó végeenergia-hozama

$$f_{\text{bio br}} = \frac{F_{\text{bio}}}{A} = \frac{G_{\text{bio}} \eta_{\text{bio}}}{A} = \frac{m_{\text{bio}} h_{\text{f bio}} \eta_{\text{bio}}}{A} = g_{\text{bio br}} \eta_{\text{bio}} < g_{\text{bio br}}.$$

A biomassza-termelés nettó végeenergia-hozamában figyelembe kell vennünk az üzemanyag-, a hő- és villamosenergia-felhasználás hatását.

- a  $G_{\text{ü}}$  üzemanyag-felhasználással  $G_{\text{ü}} \eta_{\text{ü}}$  végeenergia-hozamot lehetne elérni (ahol  $\eta_{\text{ü}}$  az üzemanyag esetén az érintett végeenergia-termelés hatásfoka, ami nagyobb, mint amit biomassza esetén elérhetünk), és ez  $G_{\text{ü}} \eta_{\text{ü}} / \eta_{\text{bio}}$  biomassza-csökkenést idéz elő,
- a felhasznált  $Q_{\text{ö}}$  hőt  $Q_{\text{ö}} / \eta_{\text{Q bio}}$  biomasszával lehetne előállítani ( $\eta_{\text{Q bio}}$  a biomassza-alapú hőtermelés hatásfoka),
- a felhasznált  $E_{\text{ö}}$  villamos energiát  $E_{\text{ö}} / \eta_{\text{E bio}}$  biomasszával lehetne előállítani ( $\eta_{\text{E bio}}$  a biomassza-alapú villamosenergia-termelés hatásfoka).

A biomassza-termelés nettó végeenergia-hozama tehát

$$f_{\text{bio n}} = \frac{m_{\text{bio}} h_{\text{f bio}} - (G_{\text{ü}} \eta_{\text{ü}} / \eta_{\text{bio}} + Q_{\text{ö}} / \eta_{\text{Q bio}} + E_{\text{ö}} / \eta_{\text{E bio}})}{A} = (1 - \ddot{o}_F) f_{\text{bio br}},$$

ahol a relatív energiafogyasztás

$$\ddot{o}_F = \frac{G_{\text{ü}} \eta_{\text{ü}} / \eta_{\text{bio}} + Q_{\text{ö}} / \eta_{\text{Q bio}} + E_{\text{ö}} / \eta_{\text{E bio}}}{m_{\text{bio}} h_{\text{f bio}}}.$$

**3.7.** A biomassza-hasznosítás eredő hatásfokában nemcsak az  $\eta_{\text{bio}}$  hatásfok jelenik meg, hanem az energiafogyasztás-arány is. A biomassza-hasznosítás eredő hatásfoka

$$\eta_{\text{bio er}} = \eta_{\text{bio}} \frac{1}{1 + \ddot{o}_F} < \eta_{\text{bio}}.$$

**3.8.** A *biogáz-hozam* a biogáz-termelés folyamatát jellemzi. A felhasznált biomassa tömegére ( $m_{\text{bio}}$ ) vetített biogáz-mennyiség ( $m_{\text{BG}}$ ) a *fajlagos biogáz-hozam*

$$\delta_{\text{BG}} = \frac{m_{\text{BG}}}{m_{\text{bio}}}.$$

**3.9.** A *fajlagos biogáz-energiahozam*

$$g_{\text{BG}} = \frac{G_{\text{BG}}}{m_{\text{bio}}} = \frac{m_{\text{BG}} h_{\text{BG}}}{m_{\text{bio}}} = \delta_{\text{BG}} h_{\text{BG}},$$

ahol  $h_{\text{BG}}$  a biogáz fűtőértéke.

**3.10.** A *biogáz-termelés hatásfoka*

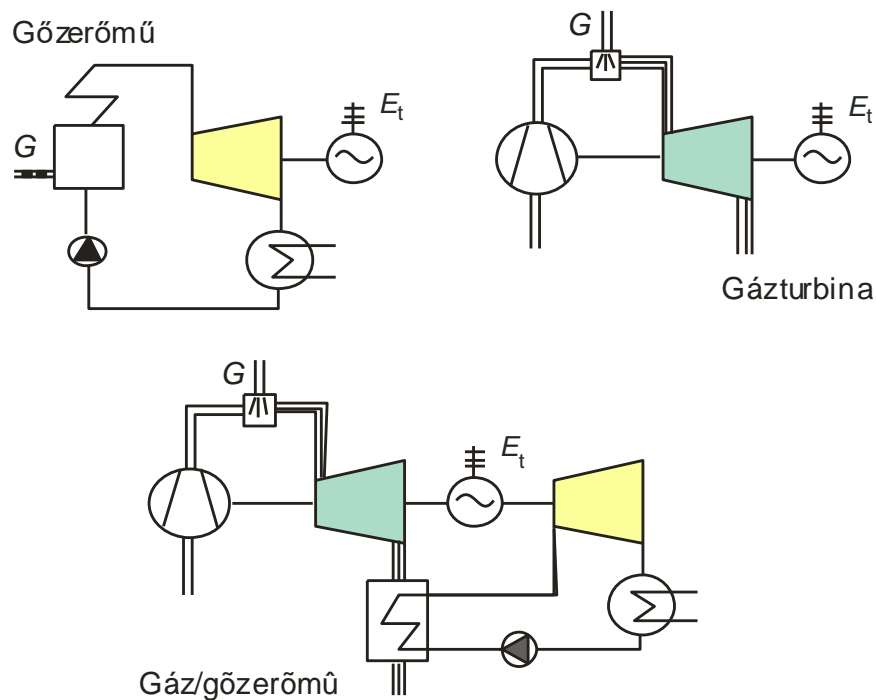
$$\eta_{\text{BG}} = \frac{G_{\text{BG}}}{G_{\text{bio}}} = \frac{m_{\text{BG}} h_{\text{BG}}}{m_{\text{bio}} h_{\text{bio}}} = \delta_{\text{BG}} \frac{h_{\text{BG}}}{h_{\text{bio}}},$$

ahol  $h_{\text{bio}}$  a felhasznált biomassa fűtőértéke.

## 1.4. A villamosenergia-ellátás rendszere és mutatói

**4.1.** *Közvetlen villamosenergia-termelés* esetén az erőmű  $G$  primerenergia-felhasználással  $E_t$  villamos energiát ad ki. (Közvetlen termelés esetén az erőmű kizárólag csak villamos energiát termel, illetve az önfogyasztás figyelembevételével ad ki.)

A közvetlen villamosenergia-termelés jellegzetes megoldásait (gőzerőművet, gázturbinát és kombinált gáz/gőzerőművet) az 1.6. ábra szemlélteti.



1.6. ábra. A közvetlen villamosenergia-termelés jellegzetes megoldásai

A közvetlen villamosenergia-termelés hatásfoka

$$\eta_{KE} = \frac{E_t}{G}$$

és a közvetlen villamosenergia-termelés fajlagos primerenergia-felhasználása

$$g_{KE} = \frac{G}{E_t} = \frac{1}{\eta_{KE}}.$$

4.2. Különböző típusú erőművek tájékoztató hatásfokát és fajlagos primerenergia-felhasználását az 1.1. táblázat mutatja.

1.1. táblázat. A villamosenergia-termelés jellemző hatásfoka és fajlagos primerenergia-felhasználása

Tüzelő	Régi erőmű		Új erőmű	
	hatásfoka	fajlagos primerenergia-felhasználása	hatásfoka	fajlagos primerenergia-felhasználása
	$\eta_{KE}$	$g_{KE}$	$\eta_{KE}$	$g_{KE}$
Szén	0,28–0,33	3,0–3,6	0,40–0,45	2,2–2,5
Földgáz	0,34–0,36	2,8–2,9	0,50–0,60	1,7–2,0
Atom	0,30–0,32	3,1–3,3	0,33–0,36	2,8–3,0
Biomassza			0,24–0,28	3,6–4,2
Átlag	0,31–0,35	2,9–3,2		

A közvetlen villamosenergia-termelés hatásfoka, illetve fajlagos primerenergia-felhasználása más átlagban, villamos csúcsidőben és völgyidőben.

**4.3.** A villamos hálózat vesztesége ( $V_E$ ) csökkenti a fogyasztókhoz eljutó villamos energiát ( $E$ ). A villamos hálózat hatásfoka

$$\eta_{\text{Esz}} = \frac{E}{E_t} = \frac{E_t - V_E}{E_t}.$$

A villamos hálózat vesztesége mintegy 10%, de jelentősen eltér a különböző feszültség szinteken, esetenként kis és nagyfogyasztók esetén.

**4.4.** A villamosenergia-ellátás fajlagos primerenergia-felhasználása, illetve hatásfoka

$$g_E = \frac{G}{E} = \frac{G}{E_t} \frac{E_t}{E} = \frac{g_{KE}}{\eta_{\text{Esz}}} = \frac{1}{\eta_{KE} \eta_{\text{Esz}}}.$$

**4.5.** Decentralizált villamosenergia-ellátás esetén a termelés és a fogyasztás azonos telephelyen történik, ekkor  $E \cong E_t$ , és

$$g_E \cong g_{KE}.$$

## 1.5. A hőellátás megoldásai és mutatói

**5.1.** A hőellátás feladata a fogyasztói hőigények ( $Q_m$ ) kielégítése. A hőigények a technológiák vagy az épületek hőigényeit jelentik. A technológiai hőigényeket gőzzel vagy forróvízzel elégítjük ki. Az épületek fűtését és használati melegvíz-ellátását közvetlenül füstgázzal vagy forróvízzel (esetenként gőzzel) látjuk el.

**5.2.** A hőigényeket kielégíthetjük helyi hőtermeléssel vagy távhőellátással. Távhő esetén fedezni kell a távhőellátás hőveszteségeit ( $Q_{VTH} = v_{TH} Q_{TH}$ ) is, ezzel a felhasznált távhő

$$Q_m = Q_{TH} - Q_{VTH} = (1 - v_{TH}) Q_{TH}.$$

A hőveszteségen kívül fedezni kell a szivattyúzás villamosenergia-felhasználását ( $E_{SZ} = y_{SZ} Q_{TH}$ ). A szivattyúzás fajlagos primerenergia-felhasználása

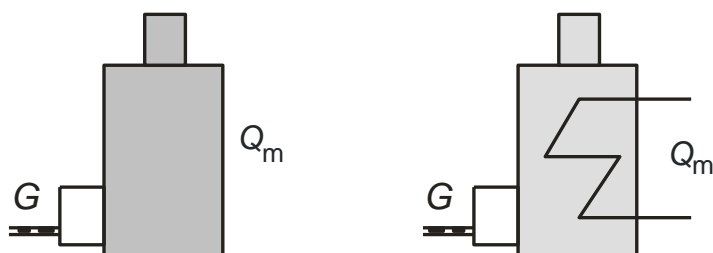
$$g_{THSZ} = \frac{E_{SZ}}{Q_{TH}} \frac{1}{\eta_E} = \frac{y_{SZ}}{\eta_E},$$

ahol  $\eta_E$  a szivattyúzáshoz felhasznált villamos energia előállításának és szállításának együttes hatásfoka.

### **Közvetlen (kizárólagos, nem kapcsolt) hőtermelés**

**5.3.** A helyi és távhőigényeket előállíthatjuk közvetlen hőtermeléssel. Közvetlen hőtermelés esetén a felhasznált primerenergiából a helyi vagy távhőn kívül más hasznos energiát nem állítunk elő.

**5.4.** A közvetlen hőtermelő kályhák és kazánok felépítését az 1.7. ábra mutatja, ha azok  $Q_m$  hő termeléséhez csak primerenergiát ( $G$ ) használnak fel.



1.7. ábra. Kályha és kazán, villamosenergia-felhasználás nélkül

Ebben az esetben a kályhák és kazánok *közvetlen hőtermelésének fajlagos primerenergia-felhasználása*

$$g_K = \frac{G}{Q_m} = \frac{1}{\eta_K},$$

ahol  $\eta_K$  a közvetlen hőtermelés hatásfoka.

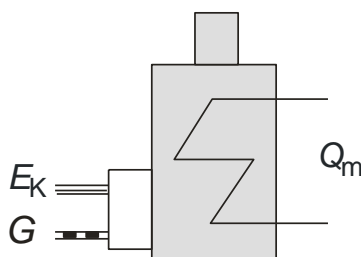
A közvetlen hőtermelés hatásfokára és primerenergia-felhasználására jellemző értékeket az 1.2. táblázat tartalmaz.

1.2. táblázat. A közvetlen hőtermelés fajlagos primerenergia-felhasználásának jellemző értékei\*

	Kazán (forró- vagy melegvíz-termelés)		Kályha (füstgáz-hasznosítás)	
	hatásfoka	fajlagos primerenergia- felhasználása	hatásfoka	fajlagos primerenergia- felhasználása
	$\eta_K$	$g_K$	$\eta_K$	$g_K$
<b>Gázközegű tüzelőanyagok</b>				
Földgáz	0,90	1,11	0,82	1,22
- kondenzációs kazán	1,00	1,00		
Biogáz	0,75	1,33	0,65	1,54
Kohó- és hulladékgáz	0,80	1,25	0,72	1,39
<b>Folyékony tüzelőanyagok</b>				
Fűtőolaj, PB gáz	0,89	1,12	0,81	1,23
<b>Szilárd tüzelőanyagok</b>				
Kőszén és koks	0,88	1,14	0,80	1,25
Barnaszén és brikett	0,86	1,16	0,78	1,28
Tűzifa	0,86	1,16	0,78	1,28
Biopellet és -brikett	0,86	1,16	0,80	1,25
Biomassza	0,84	1,19		
<b>Hő</b>				
Geotermális hő	1,00	1,00		
Hulladékhő		0,00		

\* Ha a hőtermelő berendezés a fűtött térben kerül elhelyezésre, akkor a fajlagos primerenergia-felhasználása a sugárzási veszteséggel csökkenthető.

**5.5. A közvetlen hőtermelő kazánok** – a primerenergián kívül – gyakran nem elhanyagolható villamos energiát ( $E_K = y_K Q_m$ , ahol  $y_K$  a kazánok egységnyi hasznos hőtermelésre eső villamosenergia-felhasználása) is felhasználnak (1.8. ábra).



1.8. ábra. Kazán, villamosenergia-felhasználással

Ebben az esetben a kazán *közvetlen hőtermelésének fajlagos primerenergia-felhasználása*

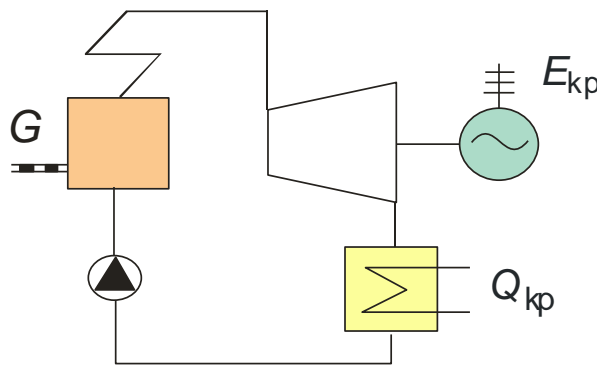
$$g_k = \frac{G + \frac{E_k}{\eta_E}}{Q_m} = \left(1 + \frac{y_K}{\eta_E}\right) \frac{1}{\eta_K}.$$

**5.6.** A kondenzációs kazánok esetén a tüzelőanyag nedvességtartalma a füstgázokkal nem gőz, hanem folyadék fázisban távozik. A kondenzációs kazánok nem a tüzelőanyagok fűtőértékét, hanem az égéshőjét hasznosítják, s ezzel 10–20% hatásfok-növekedést biztosítanak.

### Kapcsolt hőtermelés

**5.7.** A hőt, elsősorban a távhőt hatékonyan erőműben villamosenergia-termeléssel kapcsoltan állíthatjuk elő.

**5.8.** A kapcsolt hőtermelés egyik módja, ha a hasznos hő bázisán létesítünk kapcsolt energiatermelő fűtőerőművet (1.9. ábra). Ebben az esetben  $G$  primerenergia felhasználásával kapcsoltan  $Q_{kp}$  hőt és  $E_{kp}$  villamos energiát állítunk elő.



1.9. ábra. Kapcsolt energiatermelő erőmű

**5.9.** A kapcsolt energiatermelés lehetőségét a hő biztosítja, ezért a kapcsolt energiatermelés révén elért primerenergia-megtakarítást a hasznos hő javára kell írunk. Ebben az esetben a kapcsoltan termelt hő fajlagos primerenergia-felhasználása

$$g_{m\,kp} = \frac{G - \frac{E_{kp}}{\eta_{KE}}}{Q_{kp}} = \frac{1 + \sigma}{\eta_m} - \frac{\sigma}{\eta_{KE}},$$

amelyben a kapcsolt energiatermelés kapcsolt energiaaránya

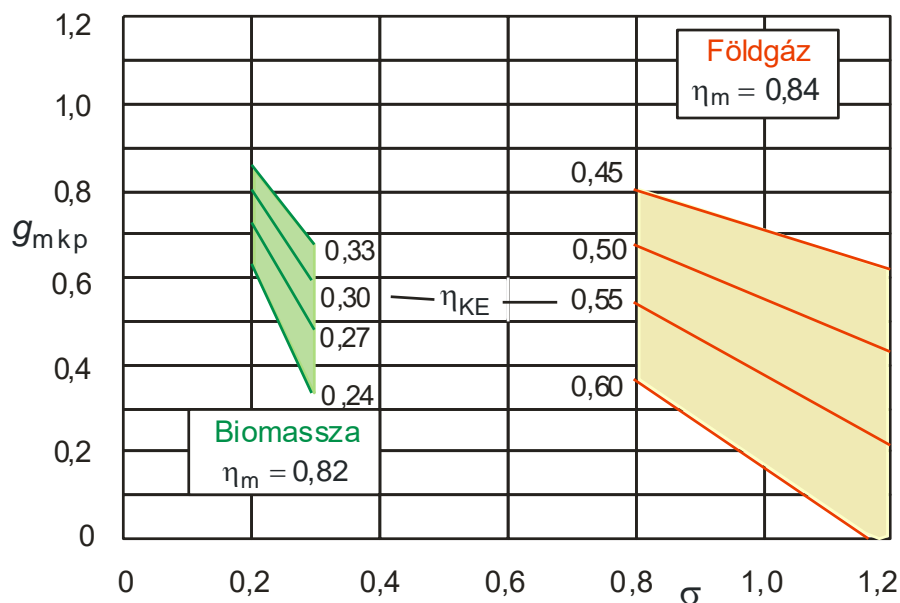
$$\sigma = \frac{E_{kp}}{Q_{kp}},$$

a kapcsolt energiatermelés mennyiségi hatásfoka

$$\eta_m = \frac{Q_{kp} + E_{kp}}{G},$$

és  $\eta_{KE}$  a közvetlen villamosenergia-termelés referencia-hatásfoka. A kapcsoltan termelt villamos energia sem előnyt nem élvez, sem hátrányt nem szenved.

A kapcsolt hőtermelés fajlagos primerenergia-felhasználását befolyásoló tényezők hatását az 1.10. ábra és az 1.3. táblázat szemléltetik.



1.10. ábra. A kapcsolt hőtermelés fajlagos primerenergia-felhasználása

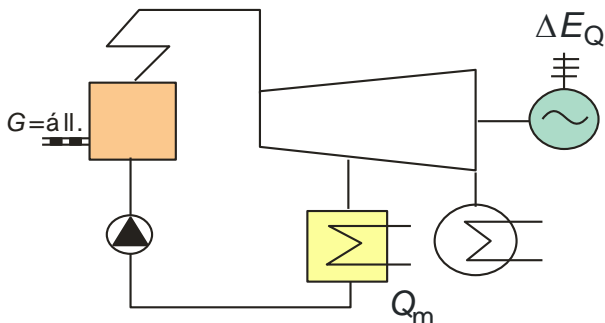
1.3. táblázat. A kapcsoltan termelt hő fajlagos primerenergia-felhasználásának jellemzői értékei

	Kapcsolt energiatermelés		Közvetlen villamosenergia-termelés hatásfoka*	Kapcsoltan termelt hő fajlagos primerenergia-felhasználása
	menyiségi hatásfoka	kapcsolt energiaarány		
	$\eta_m$	$\sigma$	$\eta_{KE}$	$g_{m\,kp}$
Szénhidrogén bázisú kapcsolt energiatermelés				
Gőzerőművek	0,84	0,45	0,5	0,83
Gázturbinák		0,55		0,73
Gázmotorok		0,80		0,54
Gáz/gőzerőművek		1,00		0,38
Biomassza bázisú kapcsolt energiatermelés				
Gőzerőművek	0,82	0,25	0,3	0,69
ORC erőművek		0,28		0,63

\* A kapcsolt energiatermelés energetikai hatékonysága megítélésének kulcskérdése a közvetlen villamosenergia-termelés hatásfoka. Felvételét EU irányelv (2004/8/EC) és a 17/2011. (V.6.) NFM rendelet szabályozza.



**5.10.** Esetenként nagyteljesítményű erőműből (hő- és atomerőműből) lehetőség nyílik viszonylag kis hőmennyiség kiadására (5.11. ábra). A  $Q_m$  hő kiadása az erőmű villamosenergia-termelését  $E$  értékről  $\Delta E_Q$ -val csökkenti  $E - \Delta E_Q$  értékre.



5.11. ábra. Erőművi kapcsolt hőkiadás

#### 4.11. A kapcsoltan kiadott hő fajlagos primerenergia-felhasználása

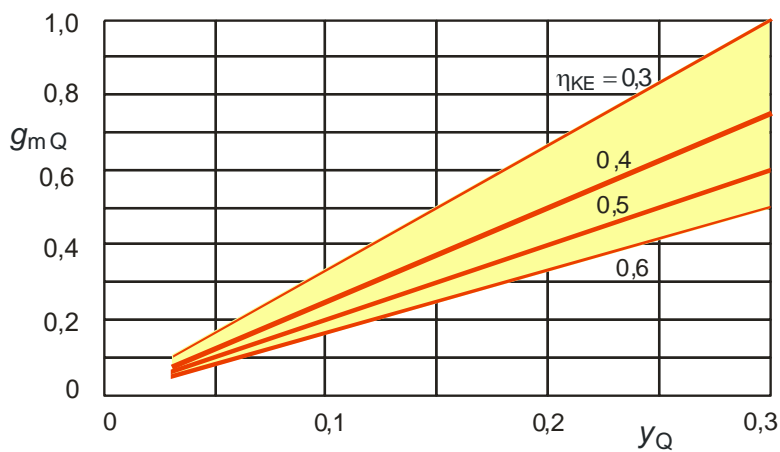
$$g_{mQ} = \frac{\frac{\Delta E_Q}{Q_m}}{\eta_{KE}} = \frac{y_Q}{\eta_{KE}},$$

amelyben a hőkiadás miatti fajlagos villamosenergia-kiesés

$$y_Q = \frac{\Delta E_Q}{Q_m}$$

és  $\eta_{KE}$  a kiesett villamos energia pótlásának hatásfoka.

A kapcsolt erőművi hőkiadás fajlagos primerenergia-felhasználását az 1.12. ábra szemlélteti.



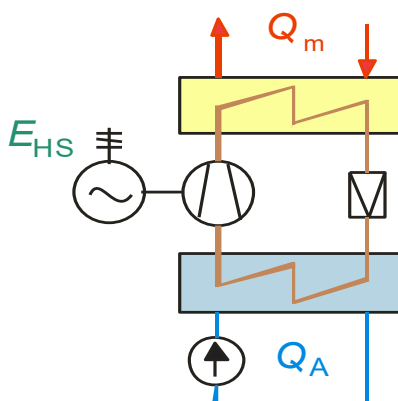
1.12. ábra. Az erőművi hőkiadás fajlagos primerenergia-felhasználása

Esetenként a kiadott hő miatti villamosenergia-termelés kiesés többlet primerenergia bevitelével ( $\Delta G_{\Delta E=0}$ ) kompenzálható. Ebben az esetben a *kapcsoltan kiadott hő fajlagos primerenergia-felhasználása*

$$g_{mQ} = \frac{\Delta G_{\Delta E=0}}{Q_m}$$

### Hőszivattyús hőtermelés

**5.12.** A villamos hajtású hőszivattyú felépítését és jellemzőit az 1.13. ábra mutatja. A villamos hőszivattyú  $E_{HS}$  villamos energia felhasználásával  $Q_m$  hasznos hőt állít elő (és ehhez  $Q_A$  hulladék vagy földhőt használ fel).



1.13. ábra. Villamos hajtású hőszivattyú

A villamos hőszivattyú energetikai jellemzője a *fűtési tényező*, amelyet értelmezhetünk teljesítményekre

$$\dot{\varepsilon}_f = \frac{\dot{Q}_m}{P_{HS}}$$

és az évi energiaarányra<sup>4</sup>

$$\varepsilon_f = \frac{Q_m}{E_{HS}}.$$

Az összefüggésben szereplő  $E_{HS}$  a hőszivattyú villamosenergia-fogyasztásán kívül tartalmazza a hőelvonó és a fűtőrendszer villamosenergia-felhasználását is.

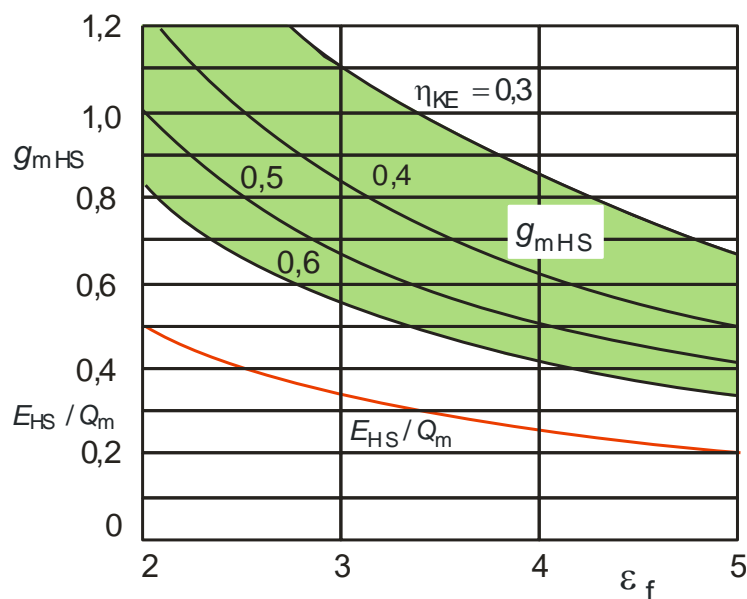
**5.13.** A villamos hajtású hőszivattyú hőtermelésének fajlagos primerenergia-felhasználása

<sup>4</sup> Az angol nyelvű irodalom a teljesítményarányra szintén a COP (Coefficient of Performance), az évi energiaarányra a SPF (Seasonal Performance Factor) mutatókat használja.

$$g_{mHS} = \frac{G}{Q_f} = \frac{1}{\varepsilon_f \eta_{KE}}.$$

ahol  $\eta_{KE}$  a felhasznált villamos energia előállításának (termelésének és a felhasználás helyére történő szállításának együttes) hatásfoka.

A hőszivattyús hőtermelés primerenergia-felhasználásának jellemzőit az 1.14 ábra és az 1.4. táblázat adja meg.



1.14. ábra. A villamos hajtású hőszivattyú hőtermelésének fajlagos primerenergia-felhasználása

1.4. táblázat. A villamos hajtású hőszivattyús hőtermelés fajlagos primerenergia-felhasználásának jellemző adatai

	Névleges fűtési tényező $\dot{\varepsilon}_f$ (COP)	Évi átlagos fűtési tényező $\varepsilon_f$ (SPF)	Villamosener- gia-ellátás hatásfoka** $\eta_{KE}$	A hőszivattyús hőtermelés fajlagos primerenergia- felhasználása* $g_{fHS}$
Alacsony hőmérsékletű rendszer: 35/30 °C				
Víz/víz	5,0	4,5	0,45	0,49
Talajhő/víz	4,5	4,0		0,56
Levegő/víz	3,5	3,0		0,74
Levegő/levegő	3,0	2,8		0,79
Magasabb hőmérsékletű rendszer: 45/40 °C				
Víz/víz	4,2	4,0	0,45	0,56
Talajhő/víz	3,7	3,4		0,65
Levegő/víz	2,7	2,5		0,88

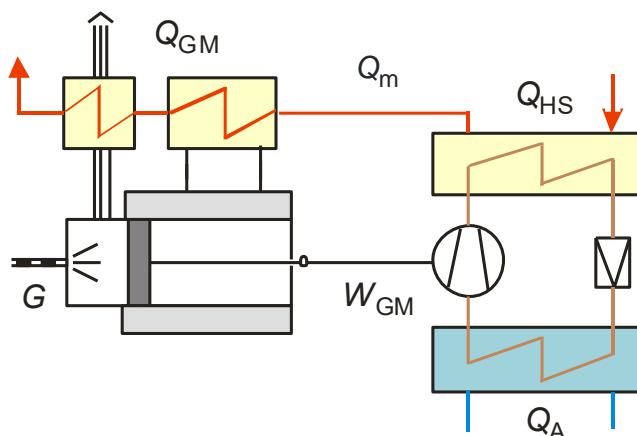
\* A fajlagos primerenergia-felhasználás értékei monovalens üzemmódra vonatkoznak

\*\* A villamos hajtású hőszivattyú energetikai hatékonyságát érzékenyen befolyásolja a villamosenergia-termelés hatásfoka. A felvett érték tájékoztató, arra utal, hogy a hőszivattyús hőtermelés csak nagy hatásfokú villamosenergia-termelés esetén hatékony.

**5.14.** A gázmotor hajtású hőszivattyúk nagyobb hőteljesítmények esetén jönnek szóba (1.15. ábra). A  $G$  primerenergiát felhasználó gázmotor kapcsoltan  $Q_{GM}$  hőt és  $W_{GM}$  mechanikai munkát termel, az utóbbival a hőszivattyú  $Q_{HS}$  hőt állít elő, az együttes hőtermelés

$$Q_m = Q_{GM} + Q_{HS} = Q_{GM} + W_{GM}\varepsilon_f,$$

ahol  $\varepsilon_f = Q_{HS} / W_{GM}$  a hőszivattyú fűtési tényezője.



1.15. ábra. Gázmotorhajtású hőszivattyú

**5.15.** A gázmotorhajtású hőszivattyú hőtermelésének fajlagos primerenergia-(földgáz/biogáz)-felhasználása

$$g_{m\,GM-HS} = \frac{G}{Q_m} = \frac{G}{Q_{HS} + Q_{GM}} = \frac{1}{\varepsilon_f \mu_E + \mu_Q},$$

ahol  $\mu_E = W_{GM} / G$  a gázmotor mechanikai részhatásfoka,  $\mu_Q = Q_{GM} / G$  a gázmotor termikus részhatásfoka.

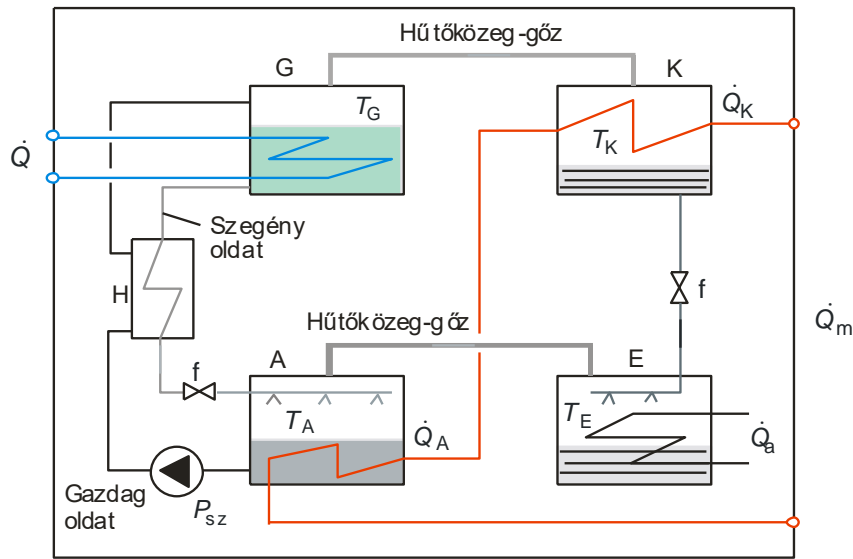
Tájékoztató érték::  $\mu_E = 0,4$  és  $\mu_Q = 0,4$ , illetve  $\varepsilon_f = 4$  értékkel a gázmotorhajtású hőszivattyú jellemző fajlagos primerenergia-felhasználása

$$g_{m\,GM-HS} = \frac{1}{4 \cdot 0,4 + 0,4} = 0,5.$$

**5.16.** A helyiségek  $Q_m$  hőigényét abszorpciós (vagy adszorpciós) hőszivattyúval is kielégíthetjük (1.16. ábra). Az abszorpciós hőszivattyú fűtési tényezője

$$\varphi_f = \frac{Q_m}{Q},$$

ahol  $Q$  az abszorpciós hőszivattyú hajtó hőforrása, ami lehet földgáz/biogáz-tüzelés, geotermális hő, közvetlenül vagy kapcsoltn termelt hő és hulladékhő.



1.16. ábra. Abszorpciós hőszivattyú

Az abszorpciós hőszivattyú hőtermelésének fajlagos primerenergia-felhasználása

$$g_{mAH} = \frac{G}{Q_m} = \frac{G}{Q} \frac{Q}{Q_m} = \frac{g_m}{\varphi_f},$$

ahol  $g_m$  a *hajtóhő előállításának fajlagos primerenergia-felhasználása*. A hajtóhő fajlagos primerenergia-felhasználása földgáztüzelés esetén

$$g_{mfg} = \frac{G}{Q} = g_K,$$

geotermális hő esetén

$$g_{mgeo} = \frac{Q_{geo}}{Q} \approx 1,$$

közvetlenül termelt hő esetén

$$g_{mK} = \frac{Q_K}{Q} = \frac{1}{\eta_K},$$

kapcsoltn termelt hő esetén

$$g_{mkp} = \frac{G}{Q_{kp}} = g_{m kp}$$

és hulladékhő esetén

$$g_{mH} \approx 0.$$

Az abszorpciós hőszivattyús hőellátás akkor hatékony, ha a rendelkezésre álló hajtóhő hőmérséklete nagy (gáztüzelés), a hajtóhőt kedvezően állítjuk elő (kapcsolt hőtermelés), illetve ha alacsony hőmérsékletszinten kell a hőt szolgáltatni.

### Villamos hőtermelés

**5.17.** A villamos hőtermelés – a hőszivattyúkhöz hasonlóan értelmezhető – *fűtési tényező*

$$\varepsilon_{VF} = \frac{Q_m}{E_{VF}} = 1.$$

A villamos hőtermelés fajlagos primerenergia-felhasználása

$$g_{mVF} = \frac{1}{\eta_{KE}}.$$

## 1.6. A hűtés megoldásai és mutatói

**6.1.** A nyári hűtés és légkondicionálás egyre szélesebb körben terjed. A hűtést kielégíthetjük erre a célra létesített hűtőberendezésekkel, a fűtésre épített hőszivattyúk hűtési üzemével és közvetlenül, helyi vagy távhűtéssel.

### Hűtőgépek

**6.2.** A villamos hajtású kompresszoros légűtők (Split-klimaberendezések) hűtési tényezője<sup>5</sup>

$$\varepsilon_h = \frac{Q_h}{E}$$

és a hűtéssel elvont hő fajlagos primerenergia-felhasználása

$$g_{hHG} = \frac{G}{Q_h} = \frac{1}{\varepsilon_h \eta_{KE}}.$$

A befolyásoló tényezők hatását és a kompresszoros hűtés fajlagos primerenergia-felhasználását az 5. táblázat adja meg.

---

<sup>5</sup> Az angol nyelvű irodalom a hűtés teljesítményarányára is a COP (Coefficient of Performance) kifejezést, ám az évi energiaarányra az EER (Energy Efficiency Ratio) mutatót használja.

**5. táblázat.** Kompresszoros léghűtés fajlagos primerenergia-felhasználása

	$\varepsilon_h$	$\eta_{KE}$	$g_{hHG}$
Kompresszoros léghűtés	2,0–3,0	0,4–0,5	0,67–1,25

**6.3. Abszorpciós (adszorpciós) hűtőberendezésekkel** is megoldhatjuk a helyiségek nyári  $Q_h$  hűtési hőelvonást. Az abszorpciós gép hűtési tényezője

$$\varphi_h = \frac{Q_h}{Q}.$$

Az abszorpciós berendezések hőforrása ( $Q$ ) lehet földgáz-tűzelés, geotermális hő, közvetlenül vagy kapcsoltan termelt hő.

**6.4. Abszorpciós hűtőberendezésben a hűtés fajlagos primerenergia-felhasználása**

$$g_{hAH} = \frac{G}{Q} \frac{Q}{Q_h} = \frac{g_m}{\varphi_h},$$

ahol  $g_m$  értékeit az 5.16 pont alatt részleteztük különböző hajtóhő esetén (a földgázzal termelt hajtóhő fajlagos primerenergia-felhasználása  $g_{mG}$ ).

Az abszorpciós léghűtés fajlagos primerenergia-felhasználásának jellemző értékeit az 1.6. táblázat tartalmazza.

**1.6. táblázat.** Abszorpciós léghűtés fajlagos primerenergia-felhasználása

Abszorpciós hűtőgép hőforrása	$g_f$	$\varphi_h$	$g_h$
Földgáz	1,2	2	0,6
Geotermális hő	1	1,2	0,83
Közvetlenül termelt hő	1,2	1,1	1,1
Kapcsoltan termelt hő	0,2–0,6	0,8	0,25–0,75
Hulladékhő	0		0

**6.5. Az abszorpciós hűtés** nemcsak hajtó hőenergiát, hanem a hűtőközeg keringtetéséhez és a hűtőtorony üzemeltetéséhez villamos energiát is igényel. Az *abszorpciós hűtés fajlagos villamosenergia-felhasználása*

$$y_{hAH} = \frac{E_{AH}}{Q_h}.$$

Ez a fajlagos villamosenergia-felhasználás  $y_{hAH} = 0,05 - 0,15$ .

## A fűtésre tervezett hőszivattyúk nyári hűtőüzeme

**6.6.** A fűtésre tervezett hőszivattyúk hűtőüzemben a nyári hűtési igényeket is képesek ellátni. A hűtőüzem feltételei és mutatói a fűtőüzemétől eltérnek, jellemző adatokat az 1.7. táblázat ad meg.

1.7. táblázat. A hőszivattyús hűtés fajlagos primerenergia-felhasználásának jellemző adatai

	Évi átlagos hűtési tényező $\varepsilon_f$ (EER)	Villamosenergia-ellátás hatásfoka $\eta_{KE}$	A hőszivattyús hűtés fajlagos primerenergia-felhasználása* $g_{hHS}$
Víz/víz	4,0	0,45	0,56
Talajhő/víz	3,5		0,63
Levegő/víz	2,2		1,01
Levegő/levegő	3,2		0,69

## Közvetlen (passzív) és hűtőtornyos hűtés

**6.7.** A hőszivattyús fűtés kedvező feltételeket biztosíthat a nyári hűtéshez. A hőszivattyúhoz kiépített környezeti hőelvonás (pl. talaj, felszíni víz esetén) passzív lehetőséget nyújt arra, hogy a talajból elvont hideg közeg nyáron közvetlenül hűtsön (levegő hőszivattyúzásánál erre nincs lehetőség). A helyiséghűtéshez szükséges közeget (pl. vizet) bizonyos határok között hűtőtornyban is lehűthetjük.

*A passzív és hűtőtornyos hűtésnek nincs közvetlen primerenergia-felhasználása*

$$g_{hközv} \approx 0.$$

Ezeknél a hűtéseknel a hűtőközeg keringtetése villamos energiát igényel. *A passzív és hűtőtornyos hűtés fajlagos villamosenergia-felhasználása*

$$y_{hközv} = \frac{E_{közv}}{Q_h}.$$

## 1.7. Az energiaellátás környezeti és klímahatásai

**7.1.** Az energiaellátás környezeti kapcsolata sokrétű. A természetből kerülnek ki a fosszilis és nukleáris kimerülő *energiakészletek*, valamint a megújuló energiák. Ugyancsak a környezetbe kerülnek ki az energiaellátás szilárd, folyékony és gáznemű *szennyezőanyagai*.

**7.2.** Az energiaellátás szennyezői – hatásukat és kiterjedésüket illetően – két főcsoportba oszthatók. Az egyik csoportot a helyi és regionális hatást kifejtő *lokális szennyezők* képezik. A másik csoportot gyakorlatilag a *szén-dioxid-kibocsátás* jelenti, amely üvegházhatású gázként *globális szennyezést, klímaváltozást* idéz elő.



## Lokális szennyezések

**7.3.** A lokális szennyezők az energiaátalakítás kisebb-nagyobb körzetében szennyezik a környezetet. A legjelentősebb lokális szennyezők: por (pernye), kén-dioxid és nitrogén-oxid kibocsátás.

**7.4.** A lokális szennyezők emissziója. Ez a lokális szennyezés egyik mutatója, amely a  $G$  primerenergia-, illetve az  $F$  végenergia-felhasználás esetén adja meg a kibocsátott  $i$ -edik szennyező anyag mennyiségét

$$E_i = Gs_i(1 - \nu_i) = \frac{F}{\eta_F} s_i(1 - \nu_i),$$

ahol  $s_i$  az  $i$ -edik szennyezőnek a primerenergiára vonatkoztatott keletkezése (pl. hamutartalom, kéntartalom),  $\nu_i$  az  $i$ -edik szennyező leválasztási foka,  $\eta_F$  a végenergia előállításának hatásfoka az adott primerenergiából.

Az összefüggés és a fogalmak jól értelmezhetők a por- és kénkeletkezésre, leválasztásra és kibocsátásra.

A nitrogén-oxidok keletkezése és kibocsátása összetettebb folyamat, ezt az érintett tüzelőberendezésben (kazánban, gázturbinában, gázmotorban) végbemenő folyamatok befolyásolják.

**7.5.** A lokális szennyezők immissziója. Az immisszió a környezetbe kikerült szennyező légtérben kialakult koncentrációját jelenti. Az emisszió és az immisszió közötti kapcsolatot a szennyező légköri terjedése határozza meg, amiben jelentős szerepe van a kéménymagasságnak. A megengedett koncentrációt (immissziót) levegőminőségi előírások rögzítik.

## Szén-dioxid-kibocsátás

**7.6.** Az üvegházhatást több gáz együtt idézi elő, köztük a szén-dioxid szerepe kiemelkedő. A kiemelkedő szerepét két tényező okozza: egyrészt a szén-dioxid befolyása összességében jelentős, másrészt ennek keletkezése függ össze közvetlenül az emberi tevékenységgel, az energiaellátással.

**7.7.** A különböző primerenergiák ( $G = \sum G_i$ ) eltüzelése során keletkező szén-dioxid-kibocsátás

$$S_{Gk} = \sum G_i s_i,$$

ahol  $s_i$  a  $G_i$  primerenergia-felhasználás esetén a fajlagos szén-dioxid-keletkezés.

### 7.8. A végenergia-felhasználással járó szén-dioxid-kibocsátás

$$S_F = G S_G = \frac{F}{\eta_F} S_G = F S_F,$$

ahol a *végenergia fajlagos szén-dioxid-kibocsátása*

$$s_F = \frac{S_G}{\eta_F}.$$

### 7.9. A villamosenergia-termelés fajlagos szén-dioxid-kibocsátása

$$s_E = \frac{S_G}{\eta_{KE}}.$$

A villamosenergia-termelés fajlagos szén-dioxid-kibocsátásáról tájékoztató adatokat az 1.8. táblázat ad.

1.8. táblázat. A villamosenergia-termelés fajlagos szén-dioxid-kibocsátása

	Primerenergia szén-dioxid keletkezése $s_G$ , kg/GJ	Hatásfok $\eta_{KE}$	Villamosenergia-termelés szén-dioxid-kibocsátása, $s_E$	
			kg/GJ	g/kWh
Földgáz	56	0,36	155	560
		0,60	93	336
Szén	100	0,30	333	1199
		0,50	200	720
Atomenergia	0		0	0

A földgáz- és szénerőművek szén-dioxid-kibocsátását arányosan csökkenti a hatásfoknövelés. Teljesebb értékű csökkenés a szén-dioxid leválasztásával és tárolásával (CCS – Carbon Capture and Storage) érhető el, de ez számottevően csökkenti az erőmű hatásfokát és növeli a beruházási költségét.

## 2. Az energiarendszerek energetikai, környezeti és gazdasági hatékonysága

A nagyobb ipari és települési energiarendszerek összetettek, vizsgálatuk és fejlesztésük komplex szemléletet igényel. Az energiarendszerek összetettek, ha egy-egy rendszer több vezetékes energiaellátást (villamos hálózatot, földgázvezetékét és távhőellátást) és sokféle egyedi hő- és villamosenergia-ellátást tartalmaz, és eltérők ezek tulajdonviszonyai is. Az értékelés összetettségét pedig az eltérő környezeti, gazdasági és környezeti követelmények jelentik. Az energiarendszerek hatékonyságának értékelésében nagy hangsúlyt kap az egyéni és a közérdek, az állami és a piaci szerepvállalás figyelembevétele és összhangja.

Az összetett energiarendszer energetikai/gazdasági/környezeti hatékonyságát nem egy-egy elemének valamelyik korszerűsége határozza meg, hanem a *tömegesség* a meghatározó, és az *eredő mutatók* a mérvadóak az adott körzetben.

Az egyes épületek energetikai tanúsítását EU irányelvek és kormányrendelet szabályozza. Ezeken túl az intézmények és a települések komplex energiarendszereit is vizsgálni és minősíteni kell, ezek problémái nagyrészt általánosak. Az ipartelepek energiaellátása viszont sajátos, az alkalmazott technológiától függ. (Az ipar energiaellátása és hatékonyságának elemzése az utóbbi időben – az ipari termeléssel együtt – háttérbe szorult.) Az energiarendszerek hatékonyságának elemzéséből az épületek energiaellátása nem hagyható ki, hiszen az épületek igénylik a végenergia-felhasználás mintegy 40%-át.

### 2.1. Az energiarendszerek energetikai hatékonysága

A vizsgálandó energiarendszerek felépítése és problémái esetenként eltérők, de megítélésüknek és fejlesztésüknek vannak közös vonásai. Közös elv és cél a EU elhíresült 3x20%-os elve, 20% fogyasztói energiatakarékosság, 20% hatékonyságnövelés és 20% szén-dioxid-csökkentés. Minden intézmény és település esetén vizsgálni kell a fogyasztói energiatakarékosságot, az energiaigények alakulását. Minden energiarendszer része a villamosenergia-ellátás, a különböző célú meleghő-ellátás és a hűtés. A villamosenergia-ellátás általában vezetékes, a meleg- és hideg-hőellátás lehet vezetékes és egyedi, de szinte mindig vegyes. Mindegyik ellátásnál meg kell állapítani a jelenlegi energetikai mutatókat és az indokoltan elérhető javításukat. Mindenütt vizsgálni kell a primerenergia-felhasználás optimális szerkezetét, különös súllyal a földgázfelhasználás indokolt csökkentésére és a megújuló alkalmazásának lehetőségére. A földgázfelhasználás jövőbeni alakulását két hatás befolyásolja. A megújuló energiák hasznosítása, főleg a hőellátásban, a földgáz-felhasználás csökkenését idézi elő. Ugyanakkor az energiaigények növelése a primerenergia-felhasználást növeli, és ebben a földgázzal számolnunk kell.

Az energiarendszerek energetikai hatékonyságának értékeléséhez és fejlesztéséhez vizsgálandó fontosabb kérdések: energiatakarékosság, energiahatékonyság és optimális energiaszerkezet.

### **Fogyasztói energiatakarékosság**

A meglévő energiaigények csökkentése és új energiaigények mérséklése mindenütt cél. Ez az energiafogyasztás csökkentésének egyik legkézenfekvőbb módja. A fogyasztók által el nem fogyasztott végenergiát nem kell megtermelni, ez nem igényel primerenergia-felhasználást, és semmilyen mértékben sem szennyezi a környezetet. A fogyasztói energiatakarékosságot több módon lehet elősegíteni:

- energiatudatos magatartásra neveléssel, hiszen számos energiafogyasztás akaratunktól, szokásainktól függ (pl. villanylekapcsolás, reklám- és díszkivilágítás mérséklése, fűtési hőmérsékletszint megválasztása),
- az energiatakarékosságra ösztönző támogatás megteremtésével, elsősorban a megfelelő energiaárak kialakításával,
- központi szabályozással, ellenőrzéssel és felülvizsgálat bevezetésével.

A fogyasztói energiatakarékosság közvetlenül valamilyen végenergia (hő, villamos energia stb.) csökkenését ( $\Delta F$ ) idézi elő. A végenergia-csökkenés esetenként nehezen mutatható ki akkor, ha a takarékoság és az igénynövekedés együtt jelenik meg. Ilyenkor az elért megtakarításra a fajlagos energiafelhasználási mutatók javulásából következtethetünk. Például az épületeink viszonylag magas fajlagos energiafelhasználása arra utal, hogy azok energiafelhasználása jobb hőszigeteléssel, jobb nyílászárókkal és korszerűbb hőellátó berendezésekkel számottevően csökkenthető. A termelés és az ország energiatakarékosságát végső soron az  $\varepsilon_F$  végenergia-igényesség jelzi.

A különböző végenergiákban elért csökkenések önmagukban nem hasonlíthatók össze, az összehasonlítást az elérhető primerenergia-megtakarítás segíti. A  $\Delta F$  végenergia-csökkenés

$$G_{\text{meg } F} = \frac{\Delta F}{\eta_F} = \Delta F g_F$$

értékkel csökkenti a primerenergia-felhasználást, ha  $\eta_F = F / G$  az érintett végenergia ( $F$ ) előállításának hatásfoka a felhasznált  $G$  fajta primerenergiából. Például a  $\Delta Q$  fogyasztói távhő-megtakarítás

$$G_{\text{meg } Q} = \Delta Q g_m,$$

a  $\Delta E$  fogyasztói villamosenergia-megtakarítás

$$G_{\text{meg } E} = \Delta E g_{KE}$$

primerenergia-csökkenést eredményez. Az összefüggésekben  $g_m$  a hőellátás,  $g_{KE}$  a villamosenergia-ellátás fajlagos primerenergia-felhasználása, amelyek az átalakítás és szállítás veszteségeit egyaránt figyelembe veszik. Nyilvánvaló, hogy azonos arányú megtakarítás a nagyobb fajlagos primerenergia-felhasználással termelhető villamos energiánál lényegesen nagyobb primerenergia-megtakarítást eredményez, mint a kisebb primerenergia-felhasználást igénylő hőtermelésnél.

### Az energiaellátás hatékonysága

Az energiahatékonyságot növeli a fogyasztói energiatakarékosság, de jelentős energiamegtakarítás érhető el az energiaellátás rendszerében, ha annak hatékonyságát növeljük. Az energiarendszer hatékonyságnövelésének három lehetőségét kell kiemelnünk:

- A *hatásfokjavítással* ( $\eta$ ) az energiaellátás szinte minden területén csökkenthetők az energiaátalakítás, -szállítás és -elosztás veszteségei.
- A *kapcsolt energiatermelés* (Combined Heat and Power Generation, CHP, röviden: kogeneráció) a hatékony hő- és villamosenergia-termelés koncentrált, a hazai energiaellátásban is széles körben elterjedt eszköze. A kapcsolt energiatermelés a primerenergiából a hasznos hőt és a villamos energiát egy technológiai folyamatban állítja elő.
- A *hőszivattyús hőtermelés* (Heat Pump, HP) alacsony hőmérsékletű (pl. környezeti, hulladék-) hőt emel többnyire villamosenergia-felhasználással a fűtésnek megfelelő hőmérsékletszintre

**a)** Ha változatlan végenergia-felhasználás ( $F = \text{áll.}$ ) esetén  $\eta$ -ról  $\eta_{\text{jav}}$ -ra növeljük az energiaellátás hatásfokát, akkor a primerenergia-felhasználás

$$G_{\text{meg } \Delta\eta} = F \left( \frac{1}{\eta} - \frac{1}{\eta_{\text{jav}}} \right) = F \Delta g$$

értékkel csökken, ahol a végenergia-előállítás hatásfokjavulásnak megfelelő fajlagos primerenergia-felhasználás csökkenése

$$\Delta g = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{\eta_{\text{jav}}}.$$

Hőellátásban a hatásfokjavítás értelemszerűen

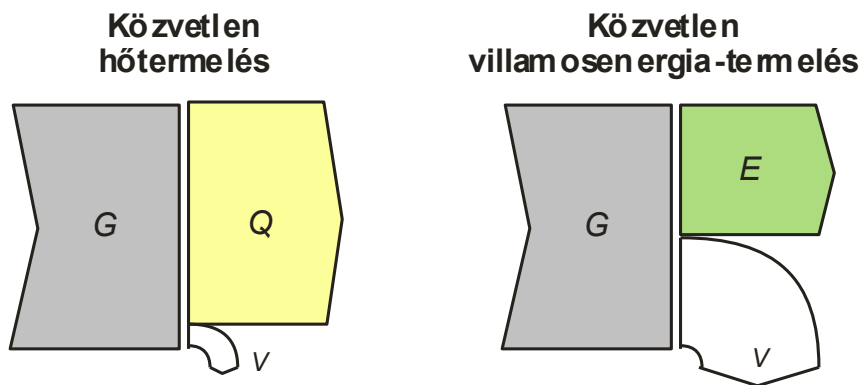
$$G_{\text{meg } \Delta\eta} = Q \left( \frac{1}{\eta_m} - \frac{1}{\eta_{m \text{ jav}}} \right) = Q \Delta g_m,$$

villamosenergia-ellátásban pedig

$$G_{\text{meg } \Delta\eta} = E \left( \frac{1}{\eta_{\text{KE}}} - \frac{1}{\eta_{\text{KE jav}}} \right) = E \Delta g_{\text{KE}}$$

primerenergia-megtakarítást eredményez.

A hőtermelés és a villamosenergia-termelés energiaátalakítását a 2.1. ábra szemlélteti. A közvetlen hőtermelés hatásfoka 80–90%, míg a közvetlen villamosenergia-termelésé 30–60% közötti. A hatásfokjavítás lehetőségei tehát lényegesen kedvezőbbek és eredményei jóval nagyobbak lehetnek a kisebb hatásfokú villamosenergia-termelésben, mint a nagyobb hatásfokú hőellátásban.

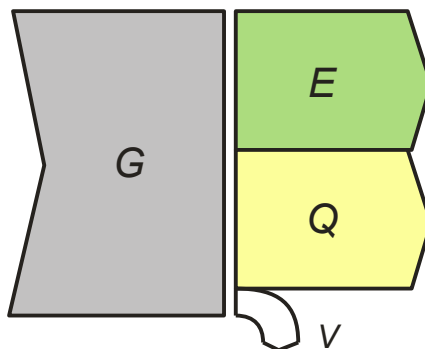


2.1. ábra. Közvetlen hőtermelés és villamosenergia-termelés

**b)** A kapcsolt energiatermelés energiahelyettesítést a 2.2. ábra szemlélteti. Ha a kapcsoltan ellátandó hasznos hő  $Q$ , akkor a közvetlen hőellátással szemben elérhető primerenergia-megtakarítás

$$G_{\text{meg kp}} = Q(g_{\text{mk}} - g_{\text{mkp}}),$$

amelyben a közvetlen és a kapcsolt hőtermelés fajlagos primerenergia-felhasználását az 1.5. pontban adtuk meg.

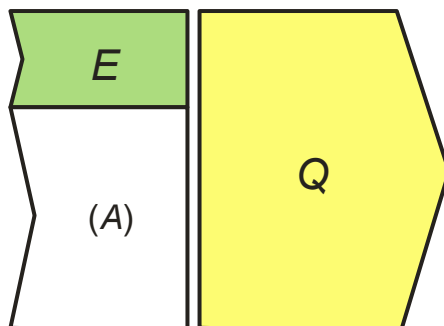


2.2. ábra. A kapcsolt energiatermelés energiahelyettesítést

**c)** A hőszivattyús hőtermelés energiahelyettesítést a 2.3. ábra mutatja. Ha az ellátandó hő  $Q$ , akkor szintén a közvetlen hőellátással szemben elérhető primerenergia-megtakarítás

$$G_{\text{meg HS}} = Q(g_{\text{mk}} - g_{\text{mHS}}),$$

amelyben a közvetlen és a hőszivattyús hőtermelés fajlagos primerenergia-felhasználását ugyancsak az 1.4. pontban adtuk meg.



2.3. ábra. A hőszivattyús hőtermelés energiafolyamata

### Az energiasztruktúra javítása, megújulók alkalmazása és földgáz-kiváltás

Az energiarendszer-fejlesztés lehetőségét gyakran a primerenergia-váltás nyújtotta (szén → olaj → földgáz). Jelenleg az indokolt primerenergia-cserét elsősorban a földgáz-kiváltás és valamilyen megújuló energia alkalmazása jelenti. Miért?

**a)** A földgáz-kiváltás csökkentését a hazai energiaellátásban főleg a következő okok indokolják:

– A földgáz részaránya a hazai energiaellátásban túl nagyarányú. Ezt szemlélteti a 2.1. táblázat, az EU-27 és Magyarország végenergia- és primerenergia-felhasználás adataival.

2.1. táblázat. Az Európai Unió és Magyarország földgáz-felhasználása 1997 és 2008. években\*

		EU-27		Magyarország	
		1997	2008	1997	2008
Végenergia-felhasználás, <i>F</i>	<i>PJ</i>	46473	49083	655	715
– növekedése, 2008/1997	–	1	1,06	1	1,09
Földgáz, közvetlen felhasználás	%	22,0	22,3	41,3	36,1
Primerenergia-felhasználás, <i>G</i>	<i>PJ</i>	69822	76658	1088	1166
– növekedése, 2008/1997	–	1	1,10	1	1,07
Földgáz	%	21,3	24,6	38,4	42,2
– (ennek import aránya)	(%)	(44,6)	(62,0)	(66,1)	(82,3)

\* Forrás: Eurostat (1 t oe ≈ 42 GJ, oe: olajegyenérték)

A 2008. évi primerenergia-felhasználásban a földgáz 42,2%-os hazai aránya túl nagy, az EU-27 átlagnak 1,72-szerese. A túlsúlyos földgáz-felhasználás 82,3%-át egyetlen vezetéken, orosz importból szerezzük be, szemben a kisebb arányú és többirányú európai gázbeszerzésekkel. A végenergia-felhasználásban a földgáz

aránya még nagyobb. A 2008. évi végenergia-felhasználásban a közvetlen földgáz-arány 36,1%. ám a végenergiában 16%-ot kitevő villamos energiának mintegy 1/3-át földgázból termeljük, ami kerekén 5% közvetett földgáz-felhasználást jelent, és a végenergia kb. 7%-át kitevő távhőt pedig szinte teljes egészében földgázból állítjuk elő. A végenergiának tehát  $36,1 + 5 + 7 \approx 48\%$ -a, mintegy fele földgázalapú volt 2008-ban! A háztartások és a lakosság (az épületek) földgáz-felhasználása az átlagnál még nagyobb arányú.

– A földgáz ára már jelenleg is abszolút és relatív értékben nagy, és jövőben is erőteljes növekedése várható.

– A földgázt túlnyomó részben importból szerezzük be. A beszerzés már eddig is kockázatokat jelzett, és a jövőben a beszerzés nehézségeinek, kockázatainak fokozatos növelésére számíthatunk

**b)** A megújuló energiák energetikai hasznosításának szándéka már jó ideje megjelent, a hasznosítás mértékével és több esetben irányával messze nem lehetünk elégedettek. A megújuló energiák hasznosításáról ugyancsak európai összehasonlításban a 2.2. táblázat nyújt összehasonlítást.

2.2. táblázat. A megújuló energiák hasznosítása az Európai Unióban és Magyarországon 1997 és 2008. években\*

		EU-27		Magyarország	
		1997	2008	1997	2008
Primerenergia-felhasználás, G	PJ	69822	76658	1088	1166
– növekedése, 2008/1997	–	1	1,10	1	1,07
Megújuló energiák, U	PJ	3849	6222	21,5	69,6
– növekedése, 2008/1997	–	1	1,62	1	3,24
– primerenergia arányában, U/G	%	5,37	8,23	1,99	6,18
Napenergia	PJ	14	73	0	0,2
Biomassza és hulladék	PJ	2446	4297	17,1	63,8
Geotermikus energia	PJ	162	243	3,6	4,0
Vízenergia	PJ	1201	1182	0,8	0,8
Szélenergia	PJ	26	427	0	0,8

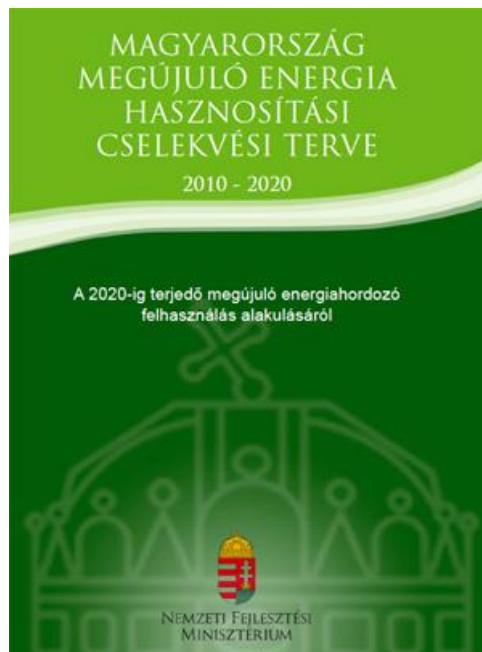
\* Forrás: Eurostat (1 t oe  $\approx$  42 GJ, oe: olajegyenérték)

A megújuló energiák jelenlegi szerepe az Európai Unió és Magyarország energiaellátásában még mérsékelt, 2008-ban 8,23%, illetve 6,18%. De figyelemre méltó a nagyarányú növekedés a vizsgált 12 évben, pl. Magyarországon 3,24-szeresre nőtt a megújuló energiák felhasználása. A megújulók között vezető szerepe a biomasszának van, aránya 2008-ban az EU-27 esetén 69%, Magyarországon 92% volt, amiben meghatározó volt a rossz hatásfokú (alapvetően kondenzációs) fatüzelésű erőművek szerepe. Legdinamikusabban a szél-erőművek növekedtek, 1997-2008 között az EU-s növekedés 16-szoros volt, a hazai növekedés pedig 0-ról érte el a vízerőművek szintjét. A vízerőművek termelése az EU-ban és Magyarországon egyaránt stagnált. A geotermikus energia elért szintje és növekedése egyaránt mérsékelt. A napenergia-hasznosítás mind az EU-ban, mind Magyarországon a legkisebb mértékű a megújulók között, s ez döntően még hőhasznosítást jelent, de a villamosenergia-termelő napelemek is megjelentek.

A közeljövőben az EU-ban és nálunk is erőteljes fejlesztéssel számolunk, 2020-ig 20%, illetve közel 15% arány elérése a cél. A hazai fejlesztés tendenciáit és mértékét

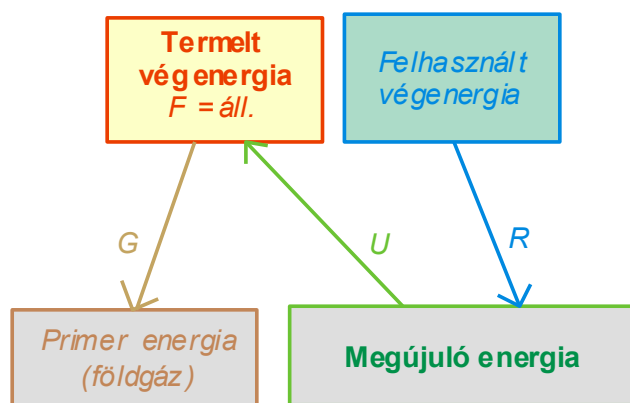


Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010–2020 (NCsT) fogalmazza meg, amelyet a kormány 2010 végén fogadott el (2.4. ábra). Az NCsT a megújulók egészében nagyszabású, egyes területeken nagyon ambiciózus mértéket fogalmaz meg, amely számos területen (pl. vidék, hőellátás, munkahely) arányánál nagyobb mértékben változtatja meg a hazai energiaellátást.



2.4. ábra. A megújulók Nemzeti Cselekvési Terve

**b) A földgáz-kiváltás.** A megújuló energiák hasznosításának energiamérlegét a 2.5. ábra szemlélteti. Az ábrából kitűnik, hogy a megújuló energiákból különböző utakon többféle végenergiát (tüzelőanyag, villamos energia, távhő, üzemanyag) állíthatunk elő. Az ábra azt is feltünteti, hogy a megújuló energiák hasznosítása gyakran végenergia-felhasználással (leginkább üzemanyag, villamos energia) jár.



2.5. ábra. A megújuló energiák hasznosításának energiamérlege

A megújuló energiák szerepét az energiaellátás rendszerében két célfüggvénnyel fogalmazhatjuk meg:

- *A megújuló energiák részaránya a primerenergia-felhasználásban minél nagyobb legyen!* Ez népszerű és általánosan elterjedt elv, s ennek felelnek meg az európai uniós irányelvek is.

- *A megújuló energiákkal minél több nem megújuló primerenergiát, hazai viszonyok közt minél több földgázt takarítsunk meg!* A megújulókkal kiváltható fosszilis primerenergiát (földgáz) vázlatosan a 2.5. ábrán szemléltetjük, ahol  $U$  esetenként az felhasznált megújuló energia,  $F$  a termelt végenergia,  $G$  a kiváltott hagyományos primerenergia (pl. földgáz),  $R$  pedig a megújuló energia hasznosításakor felhasznált végenergia (üzemanyag, villamos energia).

A két célfüggvény akkor jelentené ugyanazt, ha – azonos végenergia-felhasználás esetén ( $F = \text{áll.}$ ) *a hasznosított megújulók energiaértéke ( $U$ ) megegyezne a kiváltott primerenergia energiaértékével ( $G$ , illetve  $G - R$ ).* A két érték azonban általában nem egyezik meg, sőt esetenként számottevően eltér! Az utóbbi célfüggvény tehát az, amelyik fontosabb célt fejez ki.

Ha a megújuló energia hasznosításakor nincs energiafelhasználás ( $R = 0$ ), akkor a konkrét végenergia ( $F = \text{áll.}$ ) előállítása esetén az energiamérleg

$$U\eta_U = F = \text{áll.} = G\eta_G,$$

a megújuló energiákkal kiváltható primerenergia (földgáz)

$$G = \frac{F}{\eta_G} = \frac{U\eta_U}{\eta_G}$$

és a *fajlagos primerenergia-kiváltás*

$$\gamma = \frac{G}{U} = \frac{\eta_U}{\eta_G}.$$

Az összefüggésekben  $\eta_U = F/U$  az adott végenergia (hő, villamos energia stb.) előállításának hatásfoka az adott megújuló energia esetén,  $\eta_G = F/G$  a hatásfok a kiváltott primer energia esetén. A hatásfokok esetenként számottevő különbsége miatt *a felhasznált megújuló energiát nem a primer energiák százalékos arányával, hanem a kiváltott primer energiák (hazai viszonyok között elsősorban földgáz) mennyiségével kell mérnünk!*

Ha viszont a megújuló energia előállításakor van végenergia-felhasználás ( $R = \varepsilon U$ , ahol  $\varepsilon$  az (ön)fogyasztási tényező), akkor a végenergia-felhasználásban kifejezett energiamérleg a következő lesz:

$$U\eta_U(-R\eta_G) = G\eta_G,$$

feltételezve, hogy a felhasznált  $R$  végenergiát is  $\eta_G$  hatásfokkal állítjuk elő. Ebben az esetben a megújuló energiákkal kiváltható primerenergia (földgáz)

$$G = \frac{U\eta_U}{\eta_G} - R = \left( \frac{\eta_U}{\eta_G} - \varepsilon \right) U$$

és a fajlagos primerenergia-kiváltás

$$\gamma_\varepsilon = \frac{G}{U} = \frac{\eta_U}{\eta_G} - \varepsilon.$$

Az önfogyasztás nem mindig jelentős, néha el is hanyagolható. De többségben a technológiák önfogyasztása nagy, sőt esetenként akkora, hogy a megújulóenergia-hasznosítás energiamérlege negatívvá válhat. Az energiamérleg helyett költségmérleget kell vizsgálnunk, ha a mérlegben szereplő energiák (megújuló, gázolaj, villamos energia) ára nagyon eltérő.

## 2.2. Környezeti hatások, szén-dioxid-kibocsátás

Az energiaellátást a környezetvédelem követelményeinek betartásával kell megvalósítani. Elsősorban azt kell hangsúlyoznunk, hogy a *helyes energetikai célkitűzések a környezetvédelemnek is maradéktalanul megfelelnek*: a fogyasztói energiatakarékosság, az energiaellátás hatékonyság-növelése és a kedvezőbb energiasztruktúra a környezet- és klímavédelmet is szolgálja. Ez érvényes a megújuló energiák hasznosítására is.

A klímavédelem szempontjából kiemelt szerepet kap a szén-dioxid-kibocsátás (üvegház hatást okozó gázkibocsátás).. Az energetikai célok nagy része a szén-dioxid-kibocsátást is csökkenti, de néhány vonatkozásban (pl. szénérőművek) a szén-dioxid-csökkentés önálló feladatot jelent. A modern üzleti világ szén-dioxid-kereskedelemmel, kvótákkal igyekszik a kibocsátást csökkenteni.

Az energiaforrások egyre fontosabb jellemzője eltüzelésük során a *szén-dioxid-keletkezés*. A fajlagos szén-dioxid-keletkezés különböző primerenergiák esetén:

karbon	110 kg/GJ
kőszén	93-94 kg/GJ
barnaszén	94-96 kg/GJ
lignit	100-102 kg/GJ
fűtőolaj, könnyű	77 kg/GJ
– nehéz	79 kg/GJ
– tüzelőolaj	74 kg/GJ
földgáz	56 kg/GJ
nukleáris	~0
megújuló energiák	~0

A megújuló energiák felhasználásakor a szén-dioxid-keletkezéstől eltekinthetünk akkor, ha azok előállításakor nem használunk fel fosszilis tüzelőanyagot. De pl. biomasszák termelése és hasznosítása esetén a fosszilis primerenergia-felhasználásból származó szén-dioxid-kibocsátást is vizsgálnunk kell.

Az energiaellátás során többfajta primerenergiát ( $G = \sum G_i$ ) használunk fel, ezek közvetlen szén-dioxid-kibocsátása

$$S_{Gk} = \sum G_i s_i$$

ahol  $s_i$  a  $G_i$  primerenergia-felhasználás esetén a fajlagos szén-dioxid-keletkezés, amelynek értéke a különböző primerenergiák esetén a táblázatban látható.

Számos primer (megújuló) energia (pl. pellet) előállítása, szállítása és átalakítása során jelentős primerenergiát (üzemanyag, hő és villamos energia révén) használunk fel. Ezek közvetett szén-dioxid-kibocsátása

$$S_{G\ddot{o}} = G \sum \ddot{o}_i s_{\ddot{o}i} ,$$

ahol  $\ddot{o}_i = G_{\ddot{o}i} / G$  az érintett primer (megújuló) energia előállításakor, szállításakor felhasznált energia, és  $s_{\ddot{o}i}$  a felhasznált energia esetén a fajlagos szén-dioxid-keletkezés.

### 2.3. Az energiaellátás gazdaságossága, támogatása

Az energetikai és környezeti célok mellett fontos az energiaellátás gazdaságossága, sőt fontosabb, mert a gazdaságosság magába foglalja az energetikai hatékonyságot és esetenként a környezeti hatások költségeit is. Ám a hatékony energiaellátások gazdaságossága gyakran nem biztosított, a hatékony energiaellátásokat támogatásokkal kell segíteni.

#### *Az energiaellátás gazdaságossága*

Az energiatakarékosság gazdaságosságát többféle gazdasági mutatóval tudjuk érzékeltetni. A gazdaság gyorsan növekvő időszakában széles körben a megtérülési időket, a belső megtérülési rátát, a költségek jelenértékét és az egységköltségeket használjuk. A stagnáló, válságokkal terhelt gazdaságokban a gazdaságosság, támogatás kérdését újra kell gondolni.

**a) A megtérülési idő** azt fejezi ki, hogy az energiakorszerűsítés miatt szükséges beruházási költség az energiaköltség-csökkenés révén mennyi idő alatt térül meg. A megtérülés függ attól, hogy a költségek után kamatokat figyelembe veszünk vagy nem.

Az évi  $Q_{\text{meg}}$  (GJ/év) primerenergia-megtakarítás által eredményezett évi energiaköltség-megtakarítás

$$C_{\text{meg}} = Q_{\text{meg}} p_G, \text{ Ft/év},$$

ahol  $p_G$  (Ft/GJ) a felhasznált primerenergia hőára (ha az energiatakarékosság során a primerenergia változik, ezt értelemszerűen számításba kell venni). Az energiatakarékosság megvalósítása egyszeri

$$\Delta B, \text{ Ft,}$$

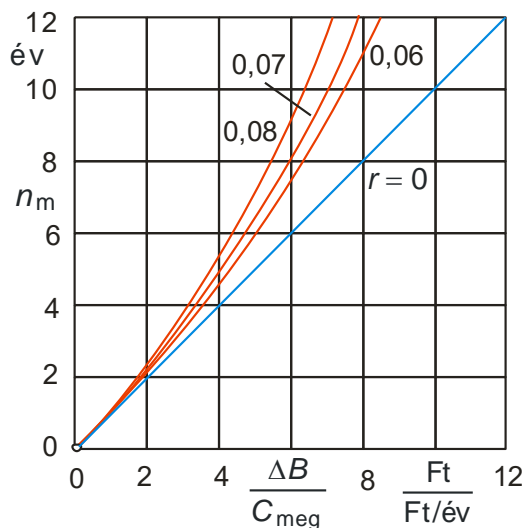
beruházási költséget igényel. Kamatok nélkül az energiatakarékosság statikus megtérülési ideje

$$n_m = \frac{\Delta B}{C_{\text{meg}}} = \frac{\Delta B}{Q_{\text{meg}} p_G}, \text{ év.}$$

Ha  $r$  kamatlábbal figyelembe vesszük a kamatokat is, akkor az energiatakarékosság dinamikus megtérülési ideje

$$n_{mr} = \frac{\lg \left( 1 - \frac{\Delta B}{C_{\text{meg}}} r \right)}{\lg \frac{1}{1+r}} > n_m, \text{ év.}$$

A statikus és dinamikus megtérülési idők változását a 2.6. ábra szemlélteti. A kamatok figyelembevétele a megtérülési időt érzékenyen megnöveli.



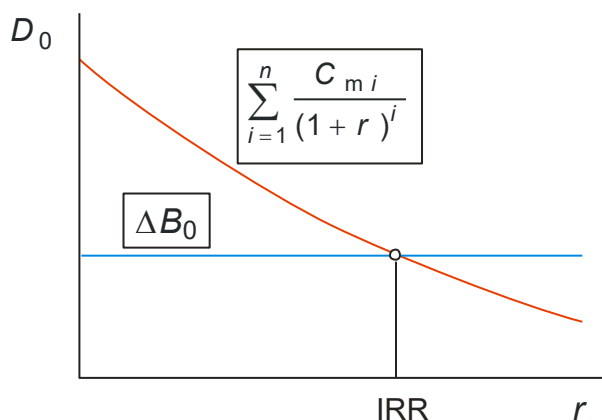
2.6. ábra. Statikus és dinamikus megtérülési idő

**b)** A *belső megtérülési ráta* (IRR – Internal Rate of Return) az a kamatláb, amely esetén  $n$  élettartam vagy futamidő esetén a beruházási többletköltség és az évi tüzelőköltség-megtakarítás nettó jelenértéke nulla, azaz

$$-\Delta B_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C_{\text{meg } i}}{(1 + \text{IRR})^i} = 0,$$

amelynek meghatározását a 2.7. ábra szemlélteti.

A vizsgált kapcsolt energiatermelés akkor gazdaságos, ha a belső megtérülési ráta nagyobb, mint a betét után járó, illetve a hitel után fizetendő évi kamatláb ( $r$ ), azaz  $IRR > r$ .



2.7. ábra. Belső megtérülési ráta

c) Az energiaellátás költségeinek jelenértéke (Present Value – PV). A beruházási költségek jelenértéke a létesítés/korszerűsítés első évére számítva

$$B_0 = \sum B_i ,$$

ahol  $B_i$  az energiaellátással összefüggő elemek beruházási költségét jelenti. Kamatterhek nem szerepelnek benne, ha létesítésük az üzemeltetés első évére esik.

Az élettartam alatti energiaköltségek jelenértéke ugyancsak az első évre

$$C_0 = \sum_{i=0}^{n_t} \frac{G_i p_{Gi}}{(1+r)^i} ,$$

ahol  $r$  az évi kamatláb.

Az optimális energiaellátás célfüggvényét az eredő költségek jelenértékének a minimuma jelenti

$$D_0 = B_0 + C_0 = B_0 + \sum_{i=0}^{n_t} \frac{G_i p_{Gi}}{(1+r)^i} \Rightarrow \min!$$

## Támogatás, ösztönzés

A támogatások fontosak, sőt elkerülhetetlenek az energetikai korszerűsítésekhez. Érdemes áttekinteni és értékelni az eddigi támogatásokat, és meg kell fogalmaznunk a támogatásokkal kapcsolatos követelményeket

a) A megújuló energiák hasznosításának eddigi támogatását a sokszínűség jellemzi. A megújuló energiaforrások hasznosítását ösztönözték önállóan vagy más energiatakarékossági és környezetvédelmi lehetőségekkel együtt. A támogatók sorában találjuk az államot a saját és az uniós források felhasználásával, az önkormányzatokat és az egyes energiaszolgáltatókat. A megújuló energiaforrások hasznosítását segítették a létesítési költségekhez történő hozzájárulással, vagy a termeléshez felhasznált végenergia díjának támogatásával, vagy a termelt energia kötelező és kedvezményezett átvételével, illetve más módon is. A támogatás formáját képezte pénzügyi ösztönzés vagy jogszabályi, engedélyezési előírás. Az alkalmazott sokszínű támogatási rendszert nem tekintjük át, csak a megújuló energiák néhány jellemző támogatási módját mutatjuk be.

KEOP pályázati rendszer. Hazánk 2007 és 2013 között 22,4 Mrd eurónyi uniós támogatásban részesül, hogy felzárkózhasson a fejlett országokhoz. Ez az uniós adófizetők pénze, amely a vidékfejlesztési támogatásokkal együtt közel 8000 Mrd Ft. Az uniós támogatás az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében kerül felhasználásra. Legfontosabb célja a foglalkoztatás bővítése és a tartós növekedés feltételeinek megteremtése hat kiemelt területen, köztük a környezet és az energetika területén (KEOP – Környezet és Energia Operatív Program).

A KEOP pályázati rendszert jogszabályok alapján a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség (NFÜ) felügyeli. A rendszer működtetéséhez létrehozták az Irányító Hatóságot (IH) és a Közreműködő Szervezetet (KSz), az utóbbi feladatait az Energia Központ Nonprofit Kft. látja el. A 2008 óta működő rendszer működésének külső bírálatára még nem lehet vállalkozni, de az új kormányzat már jelezte az eddigi működés és támogatások felülvizsgálatát. Külső szemlélőként csak néhány megállapítást tehetünk:

- Kedvező, hogy a KEOP rendszer a beruházási költségekkel a létesítést, és nem az üzemeltetést támogatja.

- A KEOP pályázati rendszer olyan nagyságrendű pénzügyi forrással rendelkezik, amely lehetővé teszi (kell tennie) az energetika érdemi fejlesztését, beleértve a megújuló energiaforrások nagyarányú ösztönzését.

- A nagyszabású fejlesztésnek nemcsak a munkahely-teremtést, hanem tömeges alkalmazás esetén a hazai innovációt és gyártást is segítenie kellene.

- A KEOP rendszer hatékony működését segítené, ha rendelkeznenénk olyan nemzeti energiafejlesztési stratégiával, amely meghatározná a támogatási rendszer feladatát. A javaslat úgy is fogalmazható, hogy a KEOP pályázatban rendelkezésre álló pénzforrások igénylik nemzeti energiastratégia kidolgozását és olyan szervezet létrehozását, amely alkalmas nemzeti energiastratégia kidolgozására.

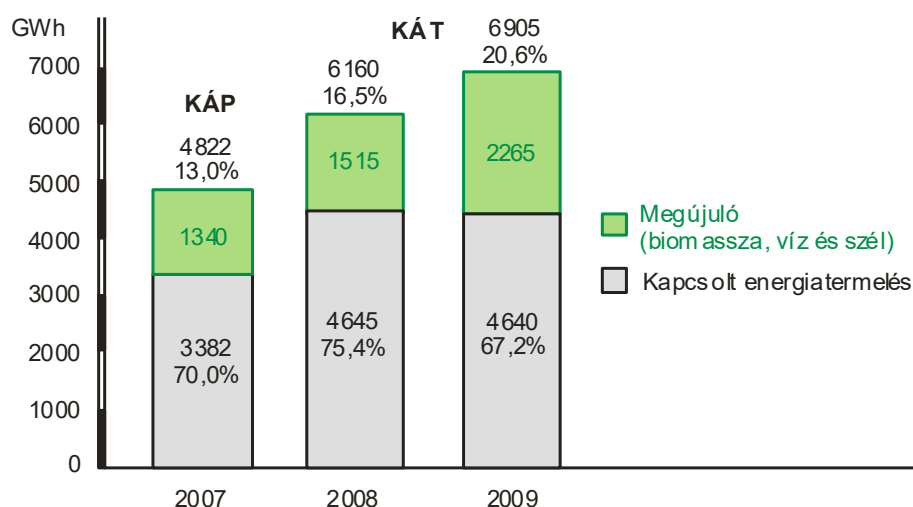
- A pályázati rendszert működtető jogszabályok és ügyrendek túl bonyolultak. A mechanikus és bürokratikus rendszert számos meggondolás indokolja, de számos érv szól ellene is. A pályázatírás külön szakmává vált (némi túlzással: nem a szakmához, hanem a pályázatíráshoz kell érteni), ugyanakkor a pályázat értékelése is inkább mechanikus (pontozás és szavazás), kevésbé szakmai felelősség vállalása.

- A célkitűzés nem mindig a legújabb technikai lehetőségeket támogatja, noha a KEOP-nak csak a legújabb technikájú/technológiájú beruházásokat szabadna ösztönöznie.

NEP – Nemzeti Energiatakarékosági Program keretében a lakosság több alkalommal részesült jelentős vissza nem térítendő támogatásban épületek energiaigényének csökkentésére (nyílászárók cseréje, utólagos hőszigetelés).

KÁT (KÁP) támogatási rendszer. A kötelező átvételhez kapcsolódó kompenzációs célú pénzeszközt (az ún. KÁP-ot, 2008-tól KÁT-ot, Kötelező Átvételi Tarifa) az 56/2002. (XII. 29.) GKM rendelet vezette be. Támogatásban a megújuló forrásokból és a kapcsoltan termelt villamos energia részesült, és a támogatás alapját is a villamosenergia-termelés teremtette meg. A támogatás alapjai mindenképpen vitathatók, mert egyrészt támogatni az elért energiamegtakarítást, illetve annak előidézőjét kellett volna, másrészt a támogatás alapját is az energiamegtakarítás eredményéhez (szennyezés-csökkenés, fosszilis energia kiváltása) kellett volna kötni, tehát egyiket sem a villamosenergia-termeléshez. Pl. a rossz hatásfokú biomassa alapú (fatüzelésű) közvetlen villamosenergia-termelést indokolatlan támogatni, mert ez elvonja a forrásokat a hatékony biomassa bázisú hőtermeléstől.

Az elmúlt időszak felszínre hozta a nem megfelelően megalapozott támogatási rendszer hiányosságait. A KÁP, majd a KÁT támogatásban részesülő villamos energia aránya 2009-ben már elérte a 20,6%-ot (2.8. ábra). A megújulók hasznosítását csak kisebb mértékben támogatta, a támogatás nagyobb része a kapcsoltan termelt villamos energiára esett (a legnagyobb részarány elérte a 75,4%). A támogatás összege 2009-ben elérte a 70 Mrd Ft-ot, ez az összes megtermelt villamos energiát mintegy 2 Ft/kWh költséggel terheli, maga az ösztönzött villamos energia pedig 10 Ft/kWh támogatásban részesül.



2.8. ábra. A KÁT támogatás megoszlása és változása

A torz KÁT támogatási rendszert megszüntették, és a jövőben egy új, helyes elvekre épülő rendszerrel kell ösztönözni a megújuló energiaforrások elvárt fejlesztését.

**b)** A támogatás rendszerének fejlesztéséhez néhány alapkérdésre kell a jó választ megtalálnunk. Ezek az alapkérdések:

- mi a támogatás célja, mit támogassunk, és mi legyen a támogatás alapja?
- mi legyen a támogatás formája, a létesítést vagy az üzemeltetést kell-e támogatni?



- ki legyen a támogatás kedvezményezettje, a fogyasztó, a termelő vagy a szolgáltató?
- mi képezze a támogatás forrását?

A támogatás célja és alapja. A központi támogatás csak közösségi célt szolgálhat. A közösségi cél esetenként összetett lehet, de *a támogatásnak mindenképp az energiafejlesztés három fő célját: a fogyasztói energiatakarékosságot, az energiahatékonyság növelését és az energiasztruktúra javítását kell szolgálnia.* Ez az energetikai cél egyben a környezetvédelmet is szinte maradéktalanul kielégíti.

A fogyasztói energiatakarékosság és az energiahatékonyság-növelés egyaránt primerenergia-megtakarítást eredményez. Az elérhető, a támogatás alapját képező  $G_m$  primerenergia-megtakarítást meghatározhatjuk fogyasztói energiatakarékosság (pl. épület), hatásfokjavítás, kapcsolt energiatermelés és hőszivattyús hőtermelés esetén. A hazai energiaellátásban a primerenergia-megtakarítás általában földgázban jelentkezik. A primerenergia-megtakarítással szorosan összefügg a szén-dioxid-kibocsátás csökkenése

$$\Delta m_{CO_2} = G_m s_{CO_2} ,$$

ahol  $s_{CO_2}$  a tüzelőanyagra jellemző fajlagos szén-dioxid-keletkezés.

Megújuló energiák hasznosítása esetén a támogatás alapját a fosszilisenergia-, többnyire a földgáz kiváltás, és az elérhető szén-dioxid-csökkenés adja. Adott végegység-felhasználás ( $Q = \text{adott}$ ) mellett az elérhető szén-dioxid-csökkenés

$$\Delta m_{CO_2} = G_{mfg} s_{fg} - G_{mU} s_U = Q \left( \frac{s_{fg}}{\eta_{fg}} - \frac{s_U}{\eta_U} \right) .$$

Az összefüggésben  $G_{mfg}$  a kiváltott földgáz mennyisége,  $s_{fg}$  fajlagos szén-dioxid-keletkezése és  $\eta_{fg}$  hasznosításának hatásfoka,  $G_{mU}$  pedig a felhasznált megújuló energia mennyisége,  $s_U$  fajlagos szén-dioxid-keletkezése és  $\eta_U$  hasznosításának hatásfoka. (Az összefüggések a kapcsolt energiatermelés és a hőszivattyús hőtermelés esetén értelemszerűen módosulnak.)

A közvetlen energetikai és környezeti célokon túlmenően további közcélok is indokolják a megújuló energiák támogatását. Ilyen közcélok:

- az energiafüggőség és a külkereskedelmi költségek csökkentése, tekintettel nagy arányú energiaimportunkra,
- a munkahelyteremtés és a hazai gyártás, amely a legtöbb megújuló energiaforrás esetén lehetséges,
- az energiamegtakarítás megvalósítása sok esetben állagóvást vagy értéknövelést eredményez, pl. épületek energetikai felújításakor,
- a nehezen megfogható, de számon tartott külső költségek csökkenése,
- rossz hatásfokú, vagy környezetszennyező energiaforrások (pl. pakura) kiváltása.

A támogatások formája. A támogatás érintheti a beruházási költségeket és/vagy a folyó költségeket. Ha a támogatás ösztönző szerepét helyezzük előtérbe, és ezt helyes tennünk, akkor a megújuló energiaforrások hatékony megoldásainak létesítését a beruházási költségekhez történő hozzájárulással indokolt segíteni. A folyó kiadások szubvencionálásával fogyasztásra ösztönöznénk.

A támogatás eddig széles körben használt formája a termelt energia kötelező átvétele. Ennek fenntartását mindenképpen indokolt felülvizsgálni, mert megszüntetését több szempont is indokolja:

- a kötelező átvétel többnyire a termelt villamos energiára vonatkozott, amelynek további támogatását indokolt felülvizsgálni,
- hőtermelés esetén a kötelező átvétel értelmetlen, mert a hőtermelést nem indokolt ösztönözni, helyben a helyi hőigényt kell megtermelni és azt felhasználni, ennél több hőt nem szabad sem termelni, sem átvenni.

A folyó költségek támogatását környezetvédelmi szempontokkal indokolhatják, de ezt támogatjuk a beruházási költségekkel is.

A támogatás kedvezményezettje. A 2011. június 30-ig érvényben volt KÁT támogatási rendszer alapvető hibájának azt tartjuk, hogy az a villamos energiát támogatja. Azt a villamos energiát, amely vagy nem előidézője az elért energiamegtakarításnak (kapcsolt energiatermelés), vagy egy rossz hatásfokú folyamat terméke (pl. fatüzelésű erőmű). Ha a fogyasztót támogatjuk, akkor *csak a hőfogyasztói oldal támogatása indokolható, mert minden esetben a hőigény teszi lehetővé az energetikailag hatékony energiatermelést.* Ez egyaránt érvényes a közvetlen hőellátás, a kapcsolt energiatermelés és a hőszivattyús hőtermelés megoldásaira.

Ha támogatást nem közvetlenül a hőfogyasztó kapja, hanem pl. a szolgáltató, a támogatást akkor is úgy kell folyósítani, hogy végső kedvezményezettje a hőfogyasztó legyen. Ebben az esetben a hőfogyasztónak a hő árában kell érzékelnie a kapott támogatást.

A támogatás forrása. Az állami támogatások forrása képződhet adókból, európai uniós támogatásból és jelenleg a szén-dioxid-kereskedelemből. Ezek közösségi források, és csak közösségi célokra fordíthatók.

A támogatás forrása emellett származhat az energetikán belüli átcsoportosításokból is, ez egyfajta keresztfinanszírozást jelent. A KÁT keretében ez történt, amidőn a villamos fogyasztók összessége támogatta a kapcsolt és a megújuló energiából származó villamosenergia-termelést. Keresztfinanszírozás valamilyen mértékben mindig volt, mindig is ellenzést váltott ki mint ártorzító, nem piackomform megoldás. Ezért törekedni kell a kiküszöbölésére.

### 3. Az energiarendszerek auditálása

Az országos energiaellátás hatékonyságát összetevői határozzák meg. Az energiaellátás vizsgálandó és minősítendő összetevőit az egyes energiafogyasztók (pl. háztartási berendezések, lakások) és bizonyos nagyságú energiarendszerek képezik. Mind a berendezések, mind a rendszerek között kitüntetett szerepe van az épületeknek, mert ezek energiafelhasználása teszi ki az országos felhasználás jelentős részét, mintegy 40%-át.

Az energiarendszer energetikai hatékonyságának minősítése egy-egy intézmény vagy település komplex energiaellátását jelenti. Az intézmények hosszú sora tartalmazza az egészségügyi, oktatási, kulturális stb. intézményeket és a különböző termelő, szolgáltató üzemeket. A településeket a városok, a városrészek és a falvak képezik. A komplexséget pedig azt jelenti, hogy egyrészt minden energiaellátásra kiterjed: villamos energiára, meleg- és hideghő-ellátásra, tüzelő- és üzemanyag-ellátásra, vezetékes és egyedi energiaellátásra, másrészt az intézmény és a település minden energiatermelőjére és -fogyasztójára.

Az energetikai minősítéssel összefüggésben terjed a tanúsító és az auditor, a tanúsítás és az auditálás fogalmak használata, különösen az épületek energetikai minősítése kapcsán. Az energiaellátás fejlesztéséhez egyre fontosabbá válik az energetikai minősítés, és ennek során szükséges a fogalmak egyértelmű és körültekintő használata.

#### 3.1. Az energiafogyasztók energetikai tanúsítása

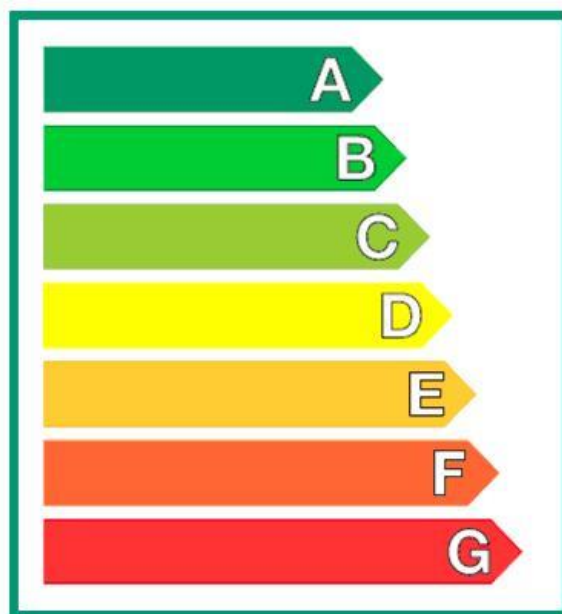
A fogyasztói energiatakarékosság követelménye először az energiafogyasztók energetikai minősítését helyezte előtérbe. Szinte általánossá vált a háztartási berendezések, és egyre kiterjedtebbé válik az épületek energetikai tanúsítása.

##### *A háztartási berendezések energetikai tanúsítása*

A háztartási berendezések (tűzhelyek, hűtőgépek, mosógépek stb.) jelentős energiaigénnyel rendelkeznek. Többnyire villamos energiát fogyasztanak, de esetenként, elsősorban a tűzhelyek, más energiát (földgázt) is használnak.

Az új háztartási berendezésekre meg kell adni az energiafogyasztási adatokat, sőt az energiafelhasználásukat egységesen minősítik is. A 92/75/EEC számú EU direktíva kötelezi a háztartási berendezések gyártóit, hogy termékeiken egységes embléma szerint tüntessék fel azok energiafelhasználási minőségét. A kezdeti minősítő emblémát a 3.1. ábra szemlélteti. Ez a háztartási berendezések energiafelhasználását hét kategóriába sorolta. A legkisebb energiafogyasztású termékeket az A kategória (zöld szín), a legnagyobb fogyasztásúakat a G kategória

(piros szín) jelöli. A legrosszabb G kategóriás berendezések energiafogyasztása 2,5–5-szöröse a legjobb A kategóriásénak.



3.1. ábra. Háztartási gépek energiaminősítő emblémája

A fogyasztói energiatakarékosság fejlődését jelzi, hogy az Európai Unióban az „A” energiasztályú készülékek piaci részesedése gyorsan nőtt. Ezért az „A” osztályon belül megjelent az „A+”, az „A++” és az „A+++” megjelölés, melyek között az „A+++” az elérhető leghatékonyabb energiafelhasználású termékeket jelöli. Ezek átmeneti jelölések arra az időszakra, amíg nem történik meg az energiafogyasztás címkézési rendszerének teljes felülvizsgálata.

*A háztartási gépek bevezetett energiacímkézése nyilvánvalóan hasznos volt. A fokozott fogyasztói elvárások gyorsították az energiatakarékosabb háztartási gépek fejlesztését, és jelentős villamosenergia-megtakarítást eredményeztek. Ugyanilyen fogyasztói energiatakarékosságot lehetett elérni a világítás területén is, ahol az energetikailag rossz izzók forgalmazását EU előírások szabályozzák, illetve tiltják.*

### **Az épületek energetikai tanúsítása**

A háztartási berendezések terén elért kedvező energiatakarékosság is nyilván hatott arra, hogy az EU szorgalmazta az épületek energiahatékonyságának fokozását és tanúsítását. Az épületek energiahatékonyságának szabályozását először 2002-ben a 2002/91/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv irányozta elő. Az elmúlt évtizedben elért eredmények és fokozott követelmények miatt az EU 2010-ben a 2010/31/EU új irányelvében újra fogalmazta az épületek energiahatékonyságát. Az újraszabályozás egyik célkitűzése az épület energiaigényeinek további csökkentése (közel nulla energiaigényű épület). A másik cél a hatékonyabb primerenergia-ellátás, amelynek érdekében az irányelv előírja, hogy „megfontolásra és figyelembe vételre kerüljön:

- a) megújuló forrásból származó energián alapuló, decentralizált energiaellátási rendszerek;
- b) kapcsolt energiatermelés;
- c) táv- vagy tömbfűtés és -hűtés, különösen, ha az részben vagy egészben megújuló forrásból származó energián alapul;
- d) hőszivattyúk.”

A hazai szabályozásban az EU előírásoknak először a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról kívánt megfelelni. Ez a rendelet az épületek végenergia-igényét (hő- és villamosenergia-igényét) korszerűen határozza meg, és előírásai is megfeleltek a kor követelményeinek és lehetőségeinek. Ugyanakkor az épületek primerenergia-igényének meghatározását elnagyolta, és néhány (kapcsolt hőtermelésre, megújuló energiákra vonatkozó) energetikai mutatót a hazai energetikai gyakorlattól eltérően és hibás értékekkel adott meg. A primerenergia-felhasználást érintő kritikákat az MTA Energiahasznosítás és Fosszilis Energiahordozók albizottságai a megjelenés után azonnal megfogalmazták 2007-ben, amelyek megjelentek az Energiagazdálkodás 2007/6. számában.

Az EU új, 2010. évi irányelveit a 7/2006. (V.24.) TNM rendelet átdolgozása során az előkészítők igyekeznek figyelembe venni. Az épület energiaigényének fokozatos szigorodása a magyar szabályozás átdolgozásában érvényesülni látszik. Az átdolgozáshoz a primerenergia-felhasználás metodikai és adatrendszeri korszerűsítését az MMK Energetikai Tagozatának szakértői kidolgozták, azt az MMK megbízott bizottsága elfogadta, ám végül mégis úgy tűnik, hogy ez a korszerűsítés kimarad a rendelet átdolgozásából. Ezt fejezte ki Fritz Péter, az MMK bizottság tagja előadásának egyértelmű fogalmazása: „Kísérletet tettünk a primer energia felhasználás realisabb, életszerűbb, és változatosabb megfogalmazására, de azt a korábban ismertetett törekvések csorbulása nélkül nem lehetett megoldani, ezért annak a megreformálására a 2015-ben esedékes jogszabály változtatás során kell sort keríteni.”

Az épületek energetikai jellemzőinek tanúsítását a 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet szabályozza. Az energetikai tanúsítvány igazoló okirat, amely az épületnek (önálló rendeltetési egységnek, lakásnak) a külön jogszabály szerinti számítási módszerrel meghatározott energetikai teljesítőképességét tartalmazza. A tanúsítás épít a 7/2006. (V.24.) TNM rendeletre.

Az épület energetikai jellemzőit – a rendeletben rögzített feltételek mellett – tanúsítani kell új épület építéskor, meglévő épület (önálló rendeltetési egység, lakás) eladásakor vagy egy évet meghaladó bérbeadásakor, és 1000 m<sup>2</sup>-nél nagyobb hatósági rendeltetésű, állami tulajdonú közhasználatú épület esetén. A tanúsítványt az épület egészére kell kiállítani, de bizonyos esetekben lehetséges az épület egy önálló rendeltetésű egységére (lakására) is.

Új épületre, a 7/2006. (V.24.) TNM rendelet hatálybalépését követően, az energetikai tanúsítványt legkésőbb a használatbavétel engedélyezésig kell elkészíteni, elkészítetéről az építtető gondoskodik. Eladás vagy bérbeadás esetén a tanúsítvány elkészítéséről a tulajdonos gondoskodik, legkésőbb a szerződéskötésig a vevőnek átadja, a bérelőnek bemutatja.

Egyszerűsített tanúsítás végezhető akkor, ha az épületben meglévő hőtermelő berendezésre, légkondicionáló rendszerre – külön jogszabály szerint – energetikai felülvizsgálati igazolás készült.

*Ki tanúsíthat?* A tanúsítási tevékenységet a településtervezési és az építészeti-műszaki tervezési, valamint az építésügyi műszaki szakértői jogosultság szabályairól szóló 104/2006. (IV. 24.) Korm. rendelet, illetve az építési műszaki ellenőri, valamint a felelős műszaki vezetői szakmagyakorlási jogosultság részletes szabályairól szóló 244/2006. (XII. 5.) Korm. rendelet előírásainak megfelelő felsőfokú szakirányú végzettséggel rendelkező szakmagyakorló végezheti, ha a vonatkozó előírások szerint teljesítette az energetikai ismereteket tartalmazó jogosultsági vizsgakövetelményeket. Tanúsítási szolgáltatást folytathat települési önkormányzat, energiaszolgáltató szervezet, illetve néhány gazdálkodó szervezet, ha a tevékenység ellátásához megfelelő tanúsítót foglalkoztat, vagy megbíz. A tanúsítás díjazással jár.

*Mi a tanúsítás lényege?* A tanúsítónak egyrészt a rendelkezésre bocsátott adatok felhasználásával meg kell határozni a vizsgált épület (önálló rendeltetési egység) *tényleges*, felületre vetített fajlagos összesített energiaigényét (primerenergia-fogyasztását), kWh/m<sup>2</sup>a egységben. Másrészt a vizsgált épület geometriai méreteivel és rendeltetésével azonos épületre, illetve épületegységre a 7/2006. (V.24.) TNM rendelet alapján viszonyítási alapként meg kell állapítani a fajlagos összesített energiaigény követelményértékét, szintén kWh/m<sup>2</sup>a egységben.

*Az épület energetikai minősítését a ténylegesen megállapított fajlagos összesített energiaigény és a követelményérték arányának százalékban kifejezett értéke fejezi ki.*

Az ennek alapján kialakított 10 energetikai minősítési osztály betűjelét és szöveges jellemzését a 3.2. ábra szemlélteti.

<b>A+</b>	<55	Fokozottan energiatakarékos
<b>A</b>	56 - 75	Energiatakarékos
<b>B</b>	76 - 95	Követelménynél jobb
<b>C</b>	96 - 100	Követelménynek megfelelő
<b>D</b>	101 - 120	Követelményt megközelítő
<b>E</b>	121 - 150	Átlagosnál jobb
<b>F</b>	151 - 190	Átlagos
<b>G</b>	191 - 250	Átlagost megközelítő
<b>H</b>	251 - 340	Gyenge
<b>I</b>	> 341	Rossz

3.2. ábra. Az épületek energetikai minősítésének osztályai

*Mi a minősítés energetikai célja?* Ha az épületenergetikai minőségi osztálya nem éri el a 3.2. ábra szerinti C (követelménynek megfelelő) kategóriát, akkor a tanúsítást megrendelő döntése szerint a tanúsítvány azonnal megvalósítható, energia-

megtakarításra irányuló üzemviteli intézkedéseket, illetve hosszabb távon megvalósítható energiahatékonyságot növelő, felújítási, korszerűsítési munkákhoz kapcsolódó javaslatot is tartalmaz. *A javaslat célja a tulajdonos tájékoztatása az energiahatékonyság növelésének lehetőségeiről.* A javaslat kitérhet arra, hogy a javasolt megoldások egyenkénti vagy együttes megvalósítása esetén hogyan változik az adott épület fajlagos primerenergia-igénye, illetve ez alapján az épület milyen energetikai minőségi osztályba kerülhet. A javaslatnak az épület rendeltetését, műszaki állapotát figyelembe vevő költséghatékony megoldásra kell irányulnia, és figyelemmel kell lennie a reális megvalósíthatóságra is.

Az épület energiatanúsítványa 10 évig érvényes. Ha az érvényességi idő alatt a vonatkozó jogszabályban meghatározott követelményérték megváltozik, akkor az épület energetikai minőségi osztályba sorolását ismételten el kell végezni.

A 7/2006. (V.24.) TNM rendeletre épülő 176/2008. Korm. rendelet szerinti épület energetikai tanúsítás szerepét *a fogyasztói takarékosság és az országos energiaellátás szempontjából a következők szerint értékelhetjük:*

- A tanúsítás kötelezi, illetve ösztönzi az érintett épület tulajdonosát az épület energiaigényének csökkentésére. *A tanúsítás elsősorban az új és meglévő épületek végenergia-igényének csökkentését segíti a külső falak hőszigetelésével, jobb nyílászárók és hatásosabb épületgépészeti berendezések alkalmazásával.* A rendeleti tanúsítás kiegészíti és fokozza az energiatudatos fogyasztói magatartást az érintett épületek energiaigényének csökkentésében.
- A tanúsítás jelenlegi formájában az épületek primerenergia-felhasználását, ezen belül a megújuló energiaforrások hasznosítását, a kapcsolt és hőszivattyús hőtermelés alkalmazását nem megfelelően értékeli, és így nem ösztönzi, hanem kifejezetten sújtja. Ebben szerepet játszik, hogy a rendeletben a primerenergia-felhasználás elnagyolt, a kapcsolt energiatermelésre és a megújuló energiákra vonatkozó adatok nem helyesek, a hűtés és légkondicionálás adatai pedig lényegében hiányzanak.
- A tanúsítás egy-egy épületre vonatkozik, *a tanúsított épületek révén hat az országos energiaellátás hatékonyságának változására.* Az országos energiaellátás hatékonyságát elsősorban a nagyobb energiarendszerek, intézmények és települések energiaellátásának javításával lehet fokozni. Az energiaellátásban fontos a tömegesség, nem egy-egy épület, hanem az épületek tömegének primerenergia-felhasználását kell csökkentenünk. Például egy kapcsolt hőtermelés bázisán működő távhőrendszerben egy épület energiaigényének radikális csökkentése és kiválása a rendszerből eredően nem energetikai-gazdasági előnyt, hanem hátrányt okozhat.
- *Az új energetikai létesítmények és korszerűsítések gyakran nagyobb épületrendszerekre és azok energiaellátására vonatkoznak, s általában primerenergia-váltással, megújuló energiák alkalmazásával járnak* (pl. KEOP pályázatok, EU és norvég támogatások). Ezek energetikai, gazdasági és környezeti vizsgálatát és értékelését az egy-egy épületre szabott tanúsítás keretei nem teszik lehetővé.

Következtetés: az egyes épületek energetikai minősítésére kialakított energiatanúsítás és az erre a célra kiképzett tanúsító egyedül nem alkalmas a nagyobb energiaellátó rendszerek energetikai minősítésére és fejlesztésére.

### 3.2. Az energiarendszerek energetikai auditálása

A nagyobb energiarendszerek energetikai vizsgálata és minősítése érdeke az érintett rendszernek, és nemzeti érdek! Ez a felülvizsgálat és minősítés az energetikai auditálás!

#### *Mi az auditálás?*

Az auditálást a gazdaság számos területén és számos vonatkozásban alkalmazzák, megfelelő jelzővel: pl. számviteli, ügyviteli, információs, könyvviteli auditálás. Indokolt az auditálás fogalmának alap és általános értelmezése, amihez igen sok forrás, megközelítés áll rendelkezésre. Megfelelő eligazítást a Magyar Értelmező Kéziszótár nyújthat. Eszerint az auditálás: *„a vállalkozók éves beszámolójának, ill. vagyoni, pénzügyi helyzetének felülvizsgálata és hitelesítése. Valamely vállalat, vállalkozás működésének, számviteli, ügyviteli, információs stb. szakszerűségének vizsgálata, ellenőrzése.”*

Figyelembe ajánlható az ISO alábbi, a minőségi auditálásra vonatkozó formális meghatározása is: *"Egy szisztematikus és független vizsgálat annak megállapítására, hogy a minőségügyi tevékenységek és a kapcsolódó eredmények megfelelnek-e előre megadott rendelkezéseknek, valamint hogy ezek a rendelkezések eredményesen lettek-e megvalósítva és alkalmasak-e a célkitűzések elérésére."* (ISO 8402-1986, 3.10).

Ezekből a hivatkozásból az auditálásra, ezen belül az energetikai auditálásra a következő megállapításokat tehetjük:

- Az auditálás *csapattevékenység*. Olyan létszámú és összetételű csapatra van szükség, amely képes az adott mennyiségű, összetételű és színvonalú munkát elvégezni. Bizonyos auditálási feladatokat csak neves nemzetközi auditáló cégek képesek elvégezni.

- Az auditáló csapat megfelelő *kiképzést igényel*. Az auditálás végzéséhez nem elegendő megfelelő képzettségű szakemberek kiválasztása, azokat fel is kell készíteni az adott auditálási feladat elvégzéséhez.

- Az auditálást végző csapatnak, cégnek, társaságnak vagy valamilyen mértékű *referenciával* kell rendelkeznie, vagy megfelelő szinten *akkreditálni* kell.



## ***Javaslat az energiarendszerek energetikai auditálására***

A hazai gyakorlatban megfelelő energetikai auditálásra alkalmas társaság eddig nem alakult ki. Ugyanakkor a hazai energetikai célok megvalósítása, pl. a megújuló energiák Nemzeti Cselekvési Tervének, a 2030-ig szóló Nemzeti Energiastratégiának a megvalósítása nagyon is indokolná energetikai auditáló társaság létrehozását. Ezért *javasoljuk a szervezett energetikai auditálás hazai rendszerének kialakítását és bevezetését!*

A szervezett energetikai auditálás hazai rendszerének felépítéséhez a következő javaslatokat tesszük:

**1.** Az energetikai auditálás rendszerének kialakításához meg kell határozni azokat a *szakterületeket*, amelyeken auditáló csapat létrehozása indokolt. Induláskor a következő szakterületek energetikai auditálása látszik indokoltnak:

- intézményi energiaellátás,
- települési, önkormányzati energiaellátás,
- termelő és szolgáltató üzemek energiaellátása,
- új és korszerűsítésre, primerenergia-váltásra váró energiarendszerek,
- új és meglévő távhőrendszerek.

Az egyes szakterületek súlyát, újak megjelenését folyamatosan vizsgálni kell.

**2.** Az energetikai auditáló csapatot létre lehet hozni valamely meglévő *intézmény* (pl. tervező iroda, egyesület) bázisán vagy a *Magyar Mérnöki Kamara tagsága* keretében. Mindenképpen kerülni kell, hogy az energetikai auditáló csapat valamely érdekcsoport kizárólagos befolyása alá kerüljön.

**3.** Az energetikai auditáló csapat *vezetésével* olyan személy bízható meg, akinek végzettsége és képesítése, valamint eddigi szakmai tevékenysége biztosítja, hogy az országos energiaellátás energetikai, gazdasági és környezeti kérdéseit képes áttekinteni, és a fejlesztés lehetőségeit a nemzeti energiastratégia szempontjából értékelni.

**4.** Az energetikai auditáló csapat *létszámát és összetételét* úgy kell megállapítani, hogy a vizsgálandó kérdések mindegyikéhez megfelelő szakértő álljon rendelkezésre. Minden energetikai auditáló csapatban kell lennie kamarai jogosultsággal rendelkező energetikai, épületgépész és gazdasági szakértőnek. Villamos szakértő részvétele is általában elkerülhetetlen. A további szakképzettségek képviselőjét az érintett auditáló csapat szakterülete határozza meg. A létszámnak és az összetételnek nem kell egységesnek lennie, az a szakterület sajátosságaitól függ.

Az energetikai auditálásban való részvétel esetenként személyes megbízást jelent, és nem biztosít munkahelyet.

**5.** Az energetikai auditálás *állami feladat*. Ez azt jelenti, hogy az energetikai auditálást kidolgozandó kormányrendeletben kell szabályozni. Az energetikai auditálás rendszerét kormány szervnek kell felügyelnie, ez értelemszerűen a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium Klíma- és Energiaügyért Felelős Államtitkársága.

Kormányrendeletben kell szabályozni az energetikai auditálás költségeit és költségviselését is. A kormány szerv nevezi ki az energetikai auditáló csapatok vezetőit.

**6.** Az energetikai auditáló csapatokat működésük megkezdése előtt *ki kell képezni*. A képzéssel a Magyar Mérnöki Kamarát indokolt megbízni. A kiképzés programját az Energetikai Tagozat – a többi érintett szakmai tagozat bevonásával – dolgozza ki, amit a felügyelő kormány szerv hagy jóvá. A kiképzést az MMK céltanfolyamok keretében végzi.

## Javaslatok

Az elvégzett vizsgálatok és a bemutatott tanulmány alapján az MMK Energetikai Tagozata a következő javaslatokat teszi:

1. *Az MMK Energetikai Tagozata a tanulmányban összeállította az **energiaellátás fogalomrendszerét és energetikai mutatóit**. Indokoltnak tartja, hogy az MMK szakmai tevékenységében ezt használja és támogassa, közreadásával segítse annak a szakmai gyakorlatban történő széleskörű meghonosítását.*
2. *Szükségesnek tartja, hogy a bemutatott energetikai fogalom- és mutatórendszer – az MMK közreműködésével készülő – **energetikai kormányrendeletekben érvényesüljön**.*
3. *Az MMK Energetikai Tagozata javasolja, hogy a tanulmányban kidolgozott, **az energiarendszerek auditálásra** vonatkozó javaslatát a Magyar Mérnöki Kamara elnöksége vitassa meg. A javaslat elfogadása esetén*
  - egyrészt az energetikai auditálás ismertetésére szervezzen szakmai továbbképzést,*
  - másrészt megvalósítására tegyen megfelelő előterjesztést az energetikai kormányzatnak.*

## LEKTORI VÉLEMÉNY

**„Az energiaellátás fogalom- és mutatórendszere, az energiarendszerek hatékonyságának auditálása” című, a Magyar Mérnöki Kamara 2011. évi feladat alapú pályázati rendszere keretében és támogatási megállapodása alapján készült tanulmányról**

**Mottó:** Az energiatakarékosság kétségtelenül a leggyorsabb, leghatékonyabb és leginkább költséghatékony módja az üvegházhatást okozó gázok kibocsátása csökkentésének (EU Zöld Könyv az Energiahatékonyságról)

A világ, benne az Európai Unió és Magyarország válaszüthoz ért az energetika jövőjét illetően. A globális éghajlatváltozás, a kőolajtól és más fosszilis tüzelőanyagoktól való egyre nagyobb függés, az import növekedése, továbbá a folyamatosan és jelentősen emelkedő energiaköltségek sérülékennyé teszik a társadalmakat és a gazdaságokat.

Nem véletlen, hogy a magyar gazdaság teljesítőképessége és a hazai társadalom jóléte is egyre inkább a biztonságosan hozzáférhető és megfizethető energiától függ. A jövő nemzedékek energia, víz, élelmiszer és nyersanyag szükségleteinek biztosítása, és az élhető környezet megőrzése ma a legfontosabb globális és hazai kihívásnak tekinthető.

Az energetika kérdésköre, fejlesztése, a megfizethető energia Magyarországon annál is inkább fontos, mert a lakosság szignifikáns hányada „energiaszegénységben” él. Ez sajnos nem véletlen, és nemcsak a lakosság fizetőképességén múlik, hiszen például a hazai épületállomány – különösen az 1990. előtt épült családi házak – fajlagos fűtési hőfelhasználása több, mint 60%-kal múlja felül az EU-15-ök átlagos épületének hasonló mutatóját, de igen sok múlik a fogyasztói magatartáson, az energiatudatosságon is, ahol talán még több a teendő. Hogy csak két példát említsek, itthon még ma is eretnekségnek számít a fogyasztói energiagazdálkodás egyéni érdekeltségét megteremtő költségosztás kötelezővé tétele, és a lakások átlagos belső hőmérséklete is legalább 3-4 °C-kal magasabb, mint Európa nálunk lényegesen gazdagabb részein megszokott, sok esetben még azokban a lakásokban is, ahol a korrekt szabályozást már megoldották.

*„Az energiaellátás fogalom- és mutatórendszere, az energiarendszerek hatékonyságának auditálása” című tanulmány (Tanulmány) az energetika és az energetikai hatékonyság fejlesztésének egyik szükséges feltételét a megfelelő hazai szakmakultúrában látja, amelynek alapjául javaslatot tesz egy egységes és élő (használandó) „energetikai fogalom- és mutatórendszer”-re.*

Ezzel a megközelítéssel messzemenően egyet lehet érteni, nemcsak azért, mert az energetikában folyamatosan jelennek meg az újabbnál újabb technológiák, amelyeknek az átvétele, fejlesztése is ezt igényli, de azért is, mert megfelelő szakmakultúra, és az ennek alapjául szolgáló egységes, általánosan elfogadott és alkalmazott energetikai mutatórendszer híján a ránk zúduló EU-s irányelvek hazai megfeleltetése ugyanolyan sikertelen lesz vagy lehet, mint például a 7/2006. (V.24.) TNM rendeleté volt, amely – legalábbis elvileg – a 2002. december 16-i 2002/91/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv 2-6. cikkeinek és mellékletének való megfelelést szolgálná. Sajnálatos módon azonban a hazai rendelet a gyakorlatban nemhogy nem preferálja – mint egyébként az eredeti uniós szándék volt – a nemzetgazdaság és az EU számára energiahatékonysági és környezeti fenntarthatósági okokból egyaránt igen fontos nagyhatékonyságú kapcsolt energiatermelésre alapozott távhőszolgáltatást, hanem kifejezetten sújtja azt, aminek az oka egyértelműen a „primer energia átalakítási tényező”-k értékeinek téves, az energetikai szemléletet teljesen nélkülöző

meghatározásából származik, ami ékes bizonyítéka az egységes és élő „energetikai fogalom- és mutatórendszer” szükségességének, amelyre a Tanulmány 1. fejezete a Dr. Büki Gergely professzor úrtól megszokott precizitással és magas szakmai színvonalon ad releváns választ<sup>6</sup>. Az 1. fejezet nagyon helyesen az energiaellátás termékeire, a villamos energiára és a hasznos hőre koncentrált, elszakadva ezzel a korábban általános hazai megközelítéstől, amely a villamos energia mellett rendszerint a földgázellátás kérdéseire irányult, összekeverve a terméket a primer energiával. Ugyancsak szükségesnek és hasznosnak ítéelhetők a hazánkban is egyre szélesebb körben terjedő hidegenergia-ellátásra vonatkozóan kidolgozott egységes fogalmak és mutatók, lehetővé téve, hogy a ma általánosan alkalmazott „COP” és „SPF” elnevezések *mellett (és nem helyett!)* meghonosodjanak a „fűtési teljesítmény tényező” és az „évi átlagos fűtési tényező” kifejezések is.

Ahogy arra a mottóval is utaltam, az energiaellátás egyik legfontosabb feladata a hatékonyság növelése úgy az energetikai hatékonyság, mint a gazdaságosság és a környezeti fenntarthatóság terén. A Tanulmány 2. fejezete ezeket a kérdéseket boncolgatja, kiemelten kezelve a fogyasztói energiatakarékosság és energiatudatosság kérdéskörét, amelyben Magyarországon – amint arra a bevezetőben említett példákkal is utaltam – még igen jelentős tartalékok rejlenek. A 2. fejezet rámutat arra, hogy az energiamix optimum irányába való befolyásolásának egyik eszköze lehet a megújuló energiaforrások részarányának a növelése, azonban nem mindenáron, hanem szigorúan rendszerszintű (nemzetgazdasági szintű) megközelítésben, valamennyi hatás figyelembe vételére alapozva. Nem hallgatja el a Tanulmány azt a tényt sem, hogy *„a hatékony energiaellátások gazdaságossága gyakran nem biztosított, a hatékony energiaellátásokat támogatásokkal kell segíteni”*. Egyetértve ezzel a gondolattal, annyi kiegészítést feltétlenül szükségesnek tartok megemlíteni, csatlakozva a rendszerszintű megközelítés szükségességéhez, hogy bármiféle támogatás alapja csakis és kizárólagosan a társadalmi haszon lehet. Hogy egy konkrét példát is említsek, a társadalmi haszon szempontjából napkollektoros használati melegvíztermeléssel kétségtelenül indokolt kiváltani földgáztüzelésű forróvízkazánokra alapozott távhőtermelést, de nem racionális kiváltani a 2004/8 EK direktíva szerint nagy energetikai hatékonyságú kapcsolt energiatermelést. Ha ez a szemlélet – amelyet a Tanulmány 1. fejezetének energetikai mutatói teljes mértékben alátámasztanak – nem honosodik meg Magyarországon, a Nemzeti Energiastratégiában és a Megújuló Energiahasznosítási Cselekvési Tervben megfogalmazott, alapvetően helyes célkitűzések nem lesznek teljesíthetőek, a projektek finanszírozására fordított támogatás pedig kidobott pénz lesz.

A Tanulmány 3. fejezete az energiaellátás hatékonyságának növeléséhez kapcsolódó fontos és aktuális kérdésként az energetikai tanúsítást és auditálást vizsgálja.

Az energetikai tanúsítást két területen, a háztartási gépek és az épületek esetében érinti. Úgy érzem, hogy a hazai állapotokra tekintettel egyiket sem kell különösebben magyarázni, elég, ha csak a korábban már említett 7/2006. (V.24.) TNM rendeletre utalok vissza, amely a korrekt épületgépészeti megközelítés mellett energetikai szemléletbeli hiányosságai miatt nemcsak a távhőt sújtja, de a megújuló energiaforrások hasznosítását és hőszivattyús hőtermelés alkalmazását is hátrányosan befolyásolja.

Végül, de nem utolsósorban a Tanulmány kijelenti, hogy a *„nagyobb energiarendszerek energetikai vizsgálata és minősítése érdeke az érintett rendszernek, és nemzeti érdek”*, amely feltétlenül szükséges a Nemzeti Energiastratégia és a Megújuló Energiahasznosítási Cselekvési Terv végrehajtásához.

---

<sup>6</sup> A Tanulmány konkrét szövegéhez korrektúra formájában néhány módosítási javaslatot, kisebb pontosításokat fűztem, amelyeknek az anyagba való átvezetését megfontolásra javasolom.

Ezt a gondolatot annál inkább is fontosnak ítélem, mert egy szakszerűen elvégzett energetikai állapotfelmérés és veszteségfeltárás rámutat az energiatakarékossági lehetőségekre, amelyek egyaránt magukban foglalják a költségmentesen végrehajtható beavatkozásokat, a kis költséggel végrehajtható felújításokat és a beruházást igénylő intézkedéseket. Ezen lehetőségek megismerésével pedig az energiagazdálkodásért felelős személyek döntési helyzetbe kerülnek.

Korábban már számos nemzetközi és hazai program nyújtott támogatást a magyarországi energiafogyasztóknál végzendő veszteségfeltáró vizsgálatokhoz, amelyeket egyes esetekben konkrét beavatkozások (megvalósított projektek) követték, de sok esetben az auditjelentések ma is a döntéshozók fiókjaiban várják további sorsukat. Ennek több oka is lehet, amelyek sok esetben kétségtől a beruházási források hiányára vezethető vissza, de nem hallgatható el a döntéshozók érdektelensége, a beavatkozások megvalósításához szükséges kapacitáshiány, és az auditok sok esetben elégtelen minősége sem. Az energiagazdálkodás területén ugyanis különösen sok múlik a személyi feltételeken, vagyis azon, hogy az auditjelentések készítéséért és az energiagazdálkodásért felelős személyek rendelkeznek-e megfelelő felkészültséggel.

Magyarországon korábban létezett energetikusi rendszer, amely szakmai szempontból is jól működött. A nagyobb iparvállalatok és közintézmények energetikusai olyan energiagazdálkodási szakmakultúrát képviseltek, amely hasznára volt mind az adott energiafogyasztóknak, mind pedig a nemzetgazdaságnak. Az energetikusok kötelező alkalmazására vonatkozó rendelkezést azonban már réges-régen visszavonták, kötelező előírás hiányában pedig a legtöbb energiafogyasztó szervezet – a rövidtávú bérmegetakarítás realizálása érdekében – megszüntette az energetikusi státuszt is.

Teljesen indokolt és aktuális tehát a Tanulmánynak a szervezett energetikai auditálás hazai rendszerének kialakítására és bevezetésére vonatkozó javaslata, amelynek alapjául kézenfekvően a Tanulmányban kidolgozott *energetikai fogalom- és mutatórendszer* szolgálhat. Az auditálás szakember bázisát független szervezetre, a Magyar Mérnöki Kamarára célszerű alapozni, egyidejűleg természetesen szükséges a szakirányú továbbképzések szisztematikus megindítása. A téma súlyára és jelentőségére tekintettel az energiarendszerek auditálásának kereteit indokolt kormányrendeletben szabályozni.

Fentiek alapján összefoglaló megállapításként kijelenthető, hogy „Az *energiaellátás fogalom- és mutatórendszere, az energiarendszerek hatékonyságának auditálása*” című tanulmány hiánypótló mű az egységes hazai, magyar nyelvű szakmakultúra felélesztésére, ezért a Tanulmányt elfogadásra, javaslatait pedig megvalósításra ajánlom.

Budapest, 2011. november 27.

Orbán Tibor

okl. gépészmérnök, okl. energetikai szakmérnök  
a FŐTÁV Zrt. műszaki vezérigazgató-helyettese  
a MATÁSZSZ általános alelnöke