

## 8.1 | **Energia települési hulladékból: üzemelési tapasztalatok**

*Tárgyszavak: települési hulladék hasznosítása; problémák égetéskor; kazánkialakítás; gőzturbina; hő és energia együttes termelése; hatásfok; rendelkezésre állás.*

Egyre több gondot okoz a fosszilis fűtőanyagok elégetésével járó környezetkárosítás. Nagyon drága a települési szilárd hulladék (TSZH) lerakása is, ezért előtérbe került energiatermelésre való hasznosítása.

Az Egyesült Királyságban (EK-ban) évente keletkező 34 M t TSZH-ből elméletileg 200 GJ hőenergiát lehet nyerni. Az országban az utóbbi tíz évben az így hasznosított hulladék aránya 6-ról 12%-ra nőtt. A villamosenergia-termelő teljesítmény az 1991-es 42 MW-nak kétszeresére nőtt, az 1991-ben meglévő négy erőmű után épült további négy révén. Ugyanilyen fejlődési irány jellemezte Németországot és Franciaországot is, a skandináv államokban viszont már az összes alkalmas TSZH-ből energiát termelnek.

Európában további irányzat a korábbi legfeljebb 250 E t/év teljesítményű telepek helyett kb. feleakkorák építése 100–200 E lakosú városok mellé, hogy a hulladékot ne kelljen messzire szállítani, mert a szállítás nagyobb szennyezéssel járhat, mint az elégetés. Ezzel teljesül az ún. „közelség elve”, amely szerint a hulladékot a keletkezése közelében kell kezelni.

### **Egyedi nehézségek**

A TSZH égetéséből keletkező füstgáz hűtésére és a gőzfejlesztésre a hagyományos kazán nem felel meg, mert:

- a füst nagy portartalma lerakódást és eróziót okoz;
- a gázban sok korrozív anyag van;
- meg kell akadályozni, hogy a gáz hűtése közben dioxinok keletkezzenek;
- a hőterhelés váltakozik, hisz a fűtőanyag (hulladék) és a fűtési adag szintén változékony.

Mindezek ellenére van lehetőség magas színvonalú energiatermelő égetőmű tervezésére, kivitelezésére és üzemeltetésére.

## **A kazán kialakítása**

A füstöt sem levegőbefúvatással, sem vizes gyorsítással nem kell hűteni, a kazán hatásfoka jó (általában 85%), és a TSZH égetőmű üzemelési költsége sem sok. A kazánt azonban a legnagyobb megbízhatóságra, nem a legnagyobb hővisszanyerésre kell tervezni.

A nagy hő okozta korróziót elkerülendő fontos a gőzkörfolyamat, ill. a gázjellemzők helyes kialakítása, ill. kiválasztása. E tekintetben a legjobbnak a legfeljebb 45 bar nyomású és 420 °C hőmérsékletű friss gőz bizonyult. A vastag falú kazáncsövek a nagyjavítás nélküli élettartamot hosszabbítják, például a würzburgi TSZH-égető gőztúlhevítőjén a korrózió 250 E üzemóraig nem mutatkozott, így teljes elemcsere csak 35 E üzemóra után vált szükségessé, míg az agresszívebb gőzzel dolgozó hasonló és más gőzfejlesztőkben az erős korrózió már 3–5000 üzemóra után bekövetkezett.

## **Gőzturbina-kialakítás**

A TSZH-égetők főként villamos energiát termelnek, de az égetésből kapott hőenergiát lehetne teljes mértékben gőz formájában hasznosítani, pl. valamilyen üzem gőzellátására vagy település központi fűtésére.

Ilyen megoldáshoz nem kellene az égetőhöz sem turbina, sem generátor. Viszont nehéz lenne olyan felhasználót találni, aki teljes hőellátását egy szemétegetőre bízna, ezért a telepek villamos energiát is termelnek. A gőzturbina-generátor beruházásra kiadott pénz viszont megtérül a villamos energia árának többletéből.

Ha csak a villamosenergia-termelés a cél, a gőz a kondenzátorturbinán áthaladva tágul ki a lehető legkisebb nyomására, hogy a benne lévő lehető legtöbb energiát lehessen villamos energiává alakítani. Például egy 3,8 MWe teljesítményű HE (hulladékból energia) telep zárószelepére 48 bar nyomással, 380 °C-on érkezik a gőz, a vízhűtésű kondenzátorba pedig 0,11 bar nyomású fáradt gőz jön. A kétfokozatú turbina 7000 ford/min sebességgel dolgozik, s 1800 ford/min sebességre van lassítva. Az ilyen turbináknak kondenzátoregységük és tápvízmelegcsapolásuk van. A kondenzvíz a fáradt gőz telítettségi hőmérsékletének megfelelő hőfokon hagyja el a kondenzátort, és a tápvízmelegítő vagy a tápvíz-légtelenítő melegíti fel a kellő tápvíz-hőmérsékletre.

A kondenzátor lehet víz- vagy léghűtésű. A vízhűtésű egészen 5,0 MWe teljesítményig a turbinával közös gépalapon van. A két egység együttes fajlagos beruházási költsége kisebb, mintha külön lennének.

Ha a turbinagenerátor valamilyen okból üzemen kívül van, az égető/kazán egységet akkor sem célszerű leállítani. Ehhez a kondenzátort a turbináról le kell tudni választani, és a gőzt nyomáscsökkentőn és túlhevítés-mentesítő egysé-

gen át légköri nyomáson a kondenzátorba kell ereszteni. A turbinával egybeépített kondenzátorhoz fáradtgőzelző nem építhető be, de 3 MW-ig érdemes a turbinához légköri nyomású leürítő kondenzátort hozzáépíteni.

A kondenzátorba, ha nincs leválasztva a turbinától, nem szabad a friss gőzt leereszteni, mert a turbina 45–60 °C-ra méretezett szívóoldalán a hosszadalmas 100 °C-os hőhatás miatt (ilyen a légköri nyomáson leeresztett gőz hőfoka) lapátdörzsölődés vagy akár turbinaház-vetemedés is előállhat.

A víz- vagy a léghűtés választása sok tényezőtől függ, például attól, hogy van-e víz. Az ivóvíz drága, talajvíz-kitermelésre vagy folyóvíz-kiemelésre nem könnyű engedélyt szerezni. Az üzem elhelyezésekor figyelembe kell venni azt is, hogy sok önkormányzat ellenzi a hűtőtornyokat, gőzcsóvakat.

A szívóoldali lehető legnagyobb vákuum – a legnagyobb entalpiacsökkenés – elérését két dolog korlátozza:

- a kondenzátorból kilépő hűtőközeg és a turbina szívóoldali nyomásának megfelelő gőztelítettségi hőmérséklet közötti különbség, amely ritkán kevesebb 3 °C-nál;
- a fáradt gőz nedvessége, amely elérheti a 15%-ot.

A szívóoldali vákuum fontosságát bizonyítja, hogy 40 bar 400 °C gőz entalpiacsökkenése 0,1 bar vákuum esetén 1070 J/kg, 0,05 bar esetén pedig 1150 KJ/kg, ami 8%-os teljesítménynövekményre adhat alapot.

A vákuum növelése láthatóan igen kívánatos, a Peter Brotherhood Ltd. a nagy vákuumhoz szükséges nagy áramlási mennyiséget jól viselő lapátokat és házat dolgozott ki. A nagyobb vákuumhoz viszont nagyobb kondenzátor és több hűtővíz kell, de a többletkiadás gyorsan megtérül a generátor nagyobb teljesítménye révén.

## **Hő és energia együttes termelése**

A tárgyalt kondenzátor turbinában a gőz energiájának kétharmada a hűtőközegre fordítódik. A telep hatásfokát számottevően javíthatja a fáradt gőz nyomásának kellő emelése, hogy városi fűtési melegvíz készítésére jó lehessen. Jó példa erre a dániai Thisted viszonylag kis telepe, amely a község összes hulladékát felveszi, a hálózatra villamos energiát ad, és az egész település központi fűtését ellátja melegvízzel. A fáradt gőz nyomása 0,46 bar (szemben a szokásos 0,05–0,15 barral) és forróbb is, így a visszatérő fűtővizet 45-ről 75 °C-ra fel tudja melegíteni. A rendszerre érkező 15,7 MW energiátartalmú fűtőanyagból 3,2 MW villamos energiaként vagy 10,1 MW fűtési energiaként hasznosulhat.

Az EK-beli Becton szennyvíztisztító telepén lévő érdekes központi fűtés változat a szennyvízből kiváló gáz elégetése gázturbinában, amelynek füstjéből továbbégetéssel 2,6 MWe teljesítményű kondenzátoros hőhasznosító gőzturbina termel gőzt. A turbinára a gőz 39 baron és 400 °C-on kerül. A fáradt gőzt 0,35 bar vákuumon szívják a központi fűtési melegvizet előállító kondenzátorba. A víz hője segíti a szennyvízben a szerves anyagok feltárását, a

gáztermelést a gázturbina részére. A gáz- és a gőzturbina generátorai a hálózatra termelik a villamos energiát.

A megcsapolásos turbinák lehetnek szabályozhatók vagy nem szabályozhatók. Az utóbbin az utolsó két lépcsőből veszik a máshol hasznosítandó gőzt. A tápvíz-légtelenítésre és előmelegítésre a gőzt általában szabályozatlan megcsapolásból veszik, mert nyomása az elmenő oldali gőzárám változásával együtt, azaz a terhelés ingadozásának függvényében, változik.

A szabályozott megcsapolású turbinák állandó nyomású gőzt adnak, megcsapolt gőzvezetékükben egy vagy több, a turbina kisnyomású (KNy) oldalának nyomását szabályzó szelep van. A szelepeket a vezérlőrendszer szabályozza. A vezérlés az áramló gőzmennyiség változásának függvényében a szelep(ek) nyitásával vagy zárásával tartja a KNy oldal nyomását állandó szinten.

A megcsapolásos turbina gőzével jó hatásfokkal előszárítható a kazánba kerülő hulladék.

### **Hatásfok és rendelkezésre állás**

A beruházás műszaki–gazdasági részleteit az energiatermelés hatásfokát és a teljes költséget együttesen mérlegelve kell vizsgálni. A HE telep tervezésének elején fel kell venni a kapcsolatot a égető/kazán és a turbina tervezőjével, mert a turbinával kapcsolatos bármelyik jellemző vagy kialakítás változása erősen hat a kazánra és fordítva.

Ha a villamosenergia-igény behatárolt, akkor időnként az energiatermeléshez nem szükséges hulladékot le kell rakni. A turbinák bizonyos teljesítménytartományban képesek dolgozni. Ha egy nagy turbina – a csekély energiaigénynek megfelelő kisebb gőztermelés miatt – az alsó teljesítménytartományban dolgozna, akkor hatásfoka gyengébb lenne a lehetségesnél, mert nem lenne megterhelve. Az ilyen telepre jobb kisebb teljesítményű, olcsóbb turbinát választani. Ez jól kiterhelhető, legjobb hatásfoka körül lesz a munkapontja, ezért gazdaságosan üzemel. Ha a villamos energia csak a telepnek, saját használatra kell, akkor jobb lehet 415 V-os energiát fejleszteni a szokványos 11 kV-os helyett.

A munka kezdetekor a megvalósíthatóság maximalizálása végett számításba kell venni a berendezés- és a telepüzemeltetés, valamint a jövedelemforrások minden egyes szempontját.

A gőzfejlesztő legfeljebb 45 bar nyomású, 420 °C-os friss gőzzel tud a legjobban működni. Nagyobb nyomás és hőfok ugyan javíthatná a rendszer hatásfokát, de az ebből várható előnyöket valószínűleg felemésztené a gyorsabb elhasználódás.

A gőz/víz körfolyamat minden kiválasztandó eleme, az egész rendszer kialakítása és minősége optimális, a HE telepnek megfelelő legyen. Ellenkező esetben az élettartam, a megbízhatóság vagy a rendelkezésre állás kiábrándítóan rossz lehet. Ha a terv megfelelő és optimalizált, akkor a telep rendelkez-

zésre állását nem rontja, ha a telep energia-visszanyeréssel is foglalkozik. Az égetőművel együttes erőműre a gazdasági megvalósíthatóság általános irányelvei kidolgozhatók. Például minden 1 MWe beépített villamos energiateljesítmény 0,06 GBP/kWh ár és 7500 h/év üzemidő esetén 1,8 M GBP beruházási költséget képes négy év alatt visszafizetni.

Még pontosabbak lehetnek a számok, ha számításba veszik az energia-visszanyerési lehetőségnek a kiépítésével járó tőkeköltséget, a karbantartási költséget, a munkabértöbbletet, és a telep rendelkezésre állására várható hatását. A telep teljes fajlagos építési költsége az EK-ban 3000 GBP/kWe, amitől más országokban (ha nem is sokkal) a költség különbözhet.

A döntést mindig megvalósíthatósági tanulmány alapozza meg. A tanulmányt általában szakági mérnökirodák és tanácsadó irodák készítik, ők birtokában vannak a részletes műszaki, üzemelési, tőkeköltségre vonatkozó ismereteknek és az összes figyelembe veendő tényezőnek.

**(Herczegh József)**

Darley, P.; Bowell, R.: CHP from municipal refuse. Learning from operating experience. = Modern Power Systems, 2001. márc. p. 37–39.

Wang, H.; Nie, Y.: Municipal solid waste characteristics and management in China. = Journal of the Air and Waste Management Association, 51. k. 2. sz. 2001. p. 250–263.