

**A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN REJLŐ ENERGIATERMELÉSI
LEHETŐSÉGEK**

MAVÍZ SZENNYVÍZ SZAKMAI TESTÜLET
2008.

A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN REJLŐ ENERGIATERMELÉSI LEHETŐSÉGEK

MAVÍZ SZENNYVÍZ SZAKMAI TESTÜLET
2008.

Témafelelős: Garai György

Team-tagok: : Pap Gábor, Sulák Vince

Bevezető

Összeállításunkban megkíséreltük felsorolni a szennyvíztisztítással összefüggő energianyerési lehetőségeket. Ezek a lehetőségek nem függetlenek egymástól, egy szennyvíztisztító telep – különösen akkor, ha biogázfejlesztés és gázmotor-generátor is üzemel - egy bonyolult energetikai rendszert alkot, amelynek elemei hatással vannak egymásra és a rendszer működési költségeire. Vizsgáltuk azokat a lehetőségeket is, amelyek a szennyvíztisztító teleppel, mint területtel függenek össze, így a szél, a napenergia, és a talajhő kiaknázásáról is szólnunk. Az energiatermelési lehetőségek mellett az energia és energiaköltség megtakarítási lehetőségekkel is foglalkoztunk.

Helyzeti energia

A nagy vízszint-ingadozású befogadókba kibocsátó szennyvíztisztító telepeket általában úgy tervezik, hogy a telep elején olyan magasra emelik a tisztítandó vizet, hogy azután a telepen gravitációsan végigfolyva a mértékadó árvízszint feletti magasságban ér a tisztított víz a végaknába. Ez viszont azzal jár, hogy az év túlnyomó részében feleslegesen magasra emeljük a vizet. $1\text{m}^3/\text{s}$ mennyiség 1m-rel történő esése esetén az energiataralom 10kW. Megfelelően méretezett turbina és kapcsolódó generátor beépítésével ez az energia részben visszanyerhető lenne. Kis eséshez tervezett turbina-generátor egységek beszerezhetők, bár alkalmazásuk hazai szennyvíztisztító telepeken nem terjedt el. Alkalmazásuk nagy vízhozamot tisztító, nagy vízszint-ingadozású befogadó esetén jöhet szóba.

Hőenergia – hőszivattyú

A szennyvíz hőtartalma energiaforrás lehet, amely hőszivattyúval kihasználható. Hőszivattyú segítségével hőenergiát nyerhetünk. Ennek felhasználási lehetősége korlátozottabb, mint a villamos áramé. Egy köbméter szennyvíz 1°C -os hőmérsékletváltozása $1,16\text{ kWh}$ energiataralom változással jár. Energiamennyiséget tekintve ez a legtöbb energia kinyerésére alkalmas lehetőség, de ez az energia csak fűtésre használható, áramtermelésre nem.

Gazdaságossága a gáz és az elektromos energia beszerzési árának arányától függ. A hőszivattyú működéséhez ugyanis a kinyerendő hőenergia harmad-negyed-ötöd részét be kell táplálni, általában elektromos energia formájában a hőszivattyú rendszer kompresszorának hajtására. A hőszivattyú minőségét a betáplált és átvitt energia aránya jellemzi. Ez az arány a COP (Coefficient Of Performance). Előnyös, ha ez a szám minél nagyobb. Az átvitt (hasznosított) hőenergia és az átvitelhez felhasznált (általában elektromos) energia arányát mutatja. A szennyvízre telepített hőszivattyús fűtés üzemköltége akkor kisebb a földgázzal történő fűtés üzemköltégénél, ha a COP arányszám nagyobb, mint az elektromos áram és a földgáz kilowattóra számított fajlagos árának hányadosa. A földgáz és az elektromos energia fajlagos ára, a közüzemben és szabadpiaci beszerzés esetén egyaránt, egy vállalaton belül is fogyasztási helyenként változó. Az FCSM Zrt. esetében például 2007.-ben az áram-gáz fajlagos árának aránya 2,75 volt az összes fogyasztás figyelembe vételével, a lekötési díjakat is beszámítva.

Az alábbi táblázat egy példa egy gazdaságossági számításra.

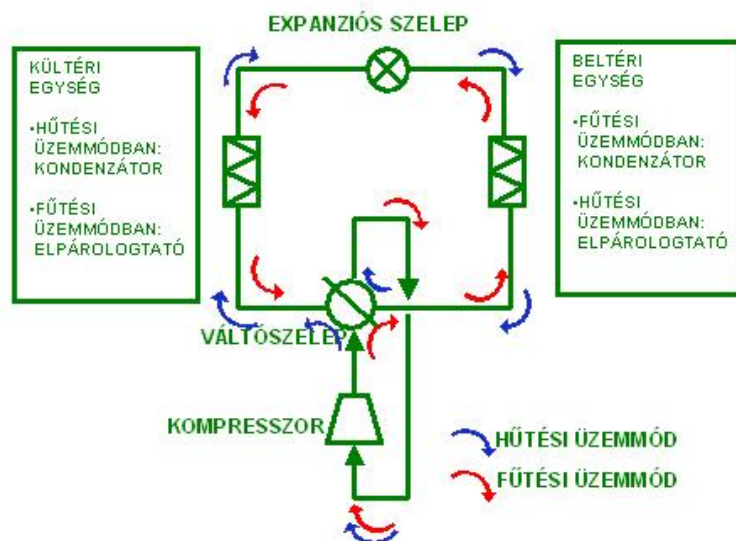
áram ára	gáz ára	arány	COP	áramköltés 1kWh hőnyeréshez	gázköltés 1 kWh hőnyeréshez	különbőség	értékelés
Ft/kWh	Ft/kWh			Ft	Ft	Ft/kWh	
27,00	10,00	2,70	3,00	9,00	10,00	1,00	a hőszivattyús fűtés olcsóbb
30,00	10,00	3,00	3,00	10,00	10,00	0,00	a hőszivattyús fűtés NEM olcsóbb
27,50	10,00	2,75	2,70	10,19	10,00	-0,19	a hőszivattyús fűtés NEM olcsóbb

Ez természetesen csak üzemköltésre vonatkozik, a beruházási költséget és megtérülési időt is figyelembe kell venni a döntés során. Arra is gondolni kell, hogy ha a hőszivattyút nem tudjuk közvetlenül a szennyvízes medence mellé telepíteni, a szennyvíz eljuttatása a hőszivattyú hőcserélőjéhez is energiát igényel, ami rontja (csökkenti) a rendszer COP tényezőjét.

A hőszivattyú gazdaságosságát más megvilágításba helyezi, ha a hőszivattyút nem hálózati árammal, hanem földgázzal vagy biogázzal, akár közvetlenül gázmotorral, vagy gázmotorral termelt árammal hajtjuk meg. Az üzemköltés tekintetében a hőszivattyú biztosan gazdaságosnak fog mutatkozni. Gondolni kell továbbá arra, hogy egy gázmotor beépítése, üzemeltetése jóval bonyolultabb, mint egy villanymotoré. Kérdés, hogy a kinyert hőt hogyan lehet hasznosítani, van-e elég nagy hőigénye a telepnek, figyelembe véve az egyébként meglévő hőforrásokat (biogáz, gázmotor). Külön kell vizsgálni a téli és nyári üzemállapotokat.

Az 1.ábra mutatja a hőszivattyú működési elvét. A kompresszor által befektetett munka által hőenergiát tudunk átvinni egy helyről (közezből) egy másik helyre (közegbe). A hőszivattyús rendszerek- megfelelő kialakítás esetén – hűtésre is alkalmasak. Az átállás hűtésről fűtésre a váltószelep átállításával, vagyis a keringési irány megfordításával lehetséges.

1. ábra. A hőszivattyú működési elve fűtés és hűtés esetén



A COP tényezőt (jósági tényezőt eltérő módon számítják fűtés és hűtés esetén. Hűtés esetén azt vizsgáljuk, mennyi hőt vontunk el egy rendszerből. Fűtés esetén a felhasznált energia nagy része is hasznosul fűtésre

$$COP_{\text{HŰTÉS}} = \frac{\text{ELVONT HŐENERGIA [kWh]}}{\text{FELHASZNÁLT ENERGIA [kWh]}}$$

$$COP_{\text{FŰTÉS}} = \frac{\text{ELVONT HŐENERGIA [kWh]} + \text{FELHASZNÁLT ENERGIA [kWh]}}{\text{FELHASZNÁLT ENERGIA [kWh]}}$$

A hőszivattyú nyerhet energiát levegőből, talajból és vízből (szennyvízből). A COP tényező általában annál jobb lehet, minél kisebb a hőlépcső, vagyis a hőmérséklet különbség a forrás és cél között.

Néhány példa a szennyvíz hőtartalmát kiaknázó hőszivattyú rendszerre.

Oslóban működik a világ legnagyobb szennyvízhő-hasznosító hőszivattyú rendszere. A főgyűjtőbe, nyers szennyvízre telepített berendezés fő adatai:

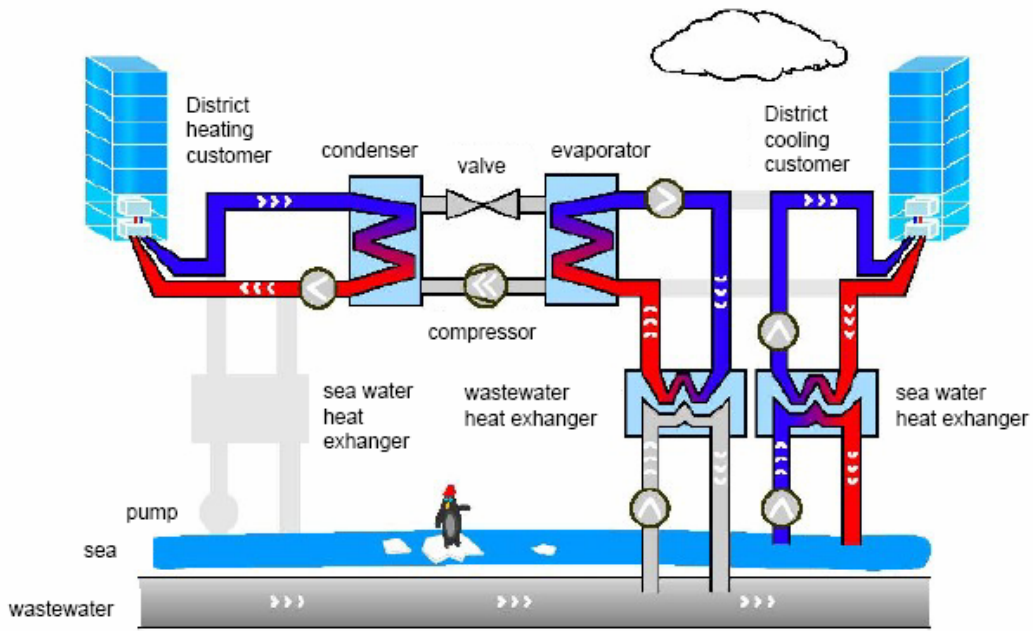
- Fűtőteljesítménye 18 400kW
- Hűtőteljesítménye: 12 134kW
- Betáplált teljesítmény: 6620kW
- COP Jóság tényező: 2,83
- Fűtővíz hőlépcső: 67,2/90°C
- Hűtővíz hőlépcső: 10/5,8°C
- Üzembehelyezés: 2005

Helsinkiben 1180 km hosszúságú távfűtő rendszer üzemel, több mint 20 km-t most is építenek évente. Az összes teljesítmény 700MW, az éves eladott energiamennyiség 6000 GWh. Ennek 1%-át hőszivattyúval biztosítják. A Katri Vala hőszivattyú telep sziklából kivájt termekbe épült. A beruházási költség 35 millió EUR volt. 90MW fűtőteljesítményt és 60 MW hűtőteljesítményt építettek be. Egyidejűleg végez a város épületei és üzemei számára igény szerint fűtést vagy hűtést. Az elektromos teljesítmény igény 30MW. A rendszer egészét tekintve kiemelkedő a jóság tényező, COP=5. Hűtéshez tengervizet, fűtésre tisztított szennyvizet használnak fel. A hőszivattyúk száma 5db.

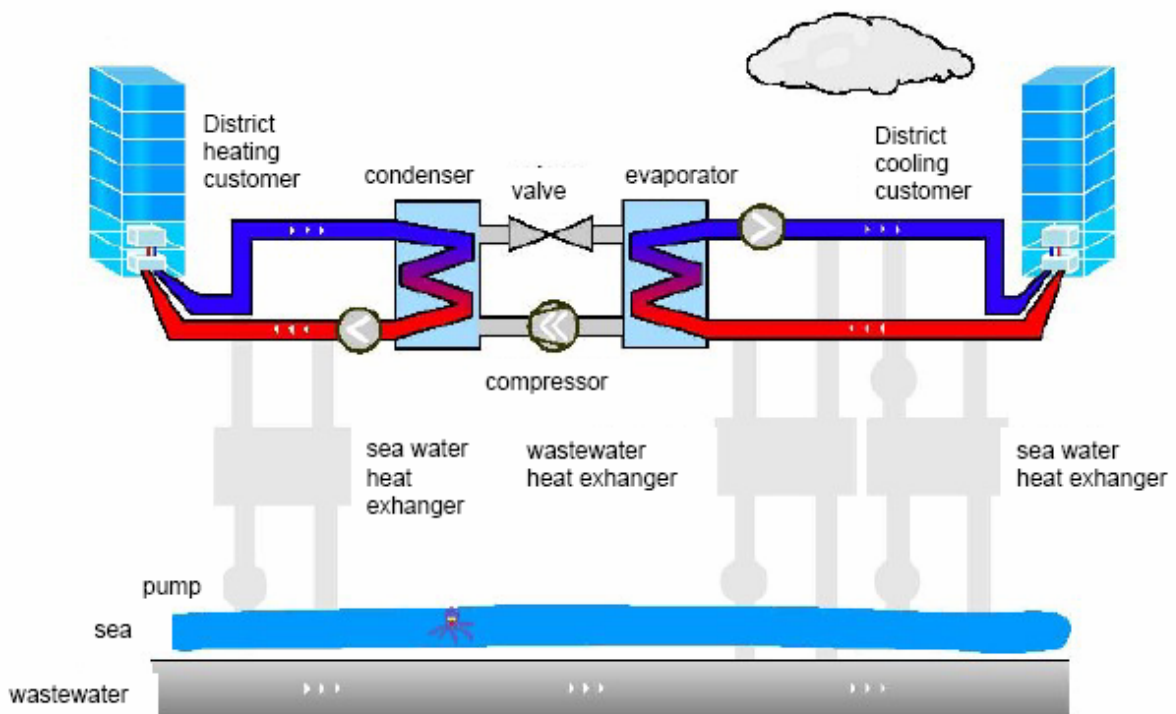
	Nyáron	Télen
• Fűtőteljesítménye	90 565kW	83 850kW
• Hűtőteljesítménye:	60 000kW	60 000kW
• Betáplált teljesítmény:	30 565kW	23 850kW
• COP Jóság tényező:	2,96	3,51
• Fűtővíz hőlépcső:	45/88°C	50/62°C
• Hűtővíz hőlépcső:	20/4°C	10/4°C
• Üzembehelyezés:	2006	

A rendszer üzemmódja évszakonként változik (2.,3,és 4. ábrák). A szennyvízhőt a téli üzemmódban hasznosítják.

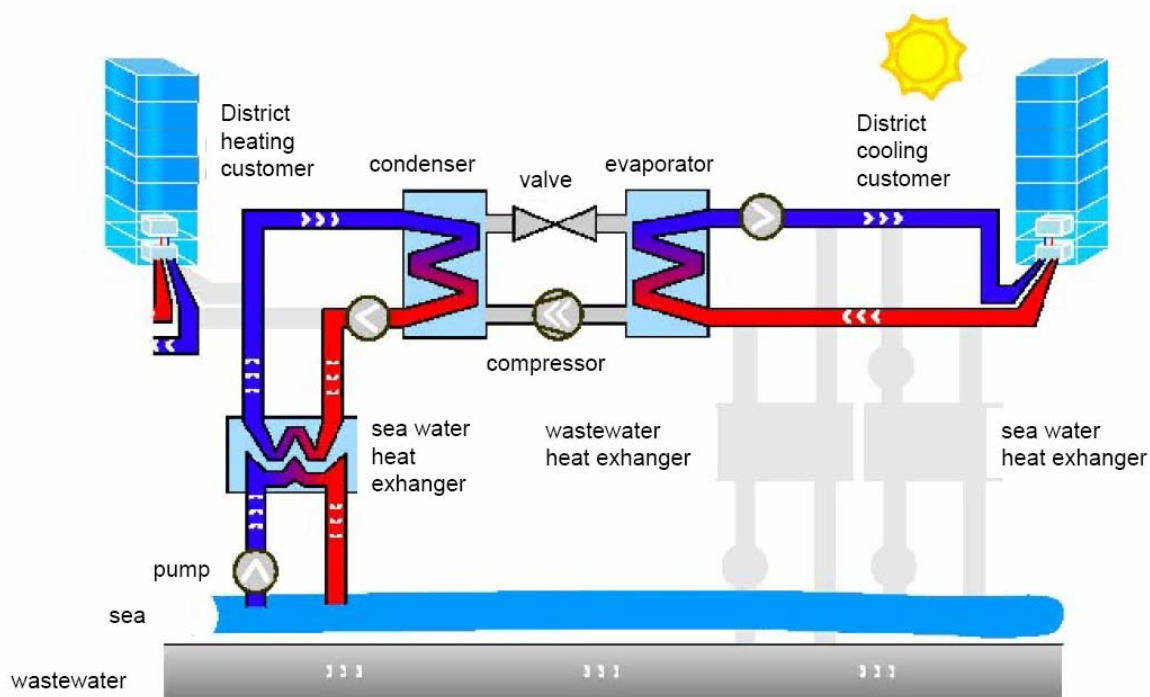
2. ábra: Téli üzemmód



3. ábra Tavaszi és őszi üzemmód



4. ábra: Nyári üzemmód



Az Észak-Budapesti Szennyvíztisztító Teleppel kapcsolatban készült a következő számítás

A napi szennyvíz forgalom eléri a 150 000 m³/d, vagyis 6000-8000 m³/h mennyiséget. Hőfoka 14-24 °C közt van. 15 °C-ról 5 °C-ra hűtve kinyerhető 80 000 kW teljesítmény, ami kb. 20 000 távfűtéses lakás ellátására elegendő. Az Északpesti Szennyvíztisztító Telep energiagazdálkodását figyelembe véve: A Telep egy-egy Thermopress 1400 (1628 kW) és 700 (814 kW) típusú gázkazánal végzi a fűtést és a használati melegvíz előállítását. A telep saját hőigénye igen változó. A nyári hónapokban 100 kW körüli, a téli csúcs pedig 1300 kW feletti. A kis kihasználtságnál erősen romlik a tüzelési hatásfok. A 2006-ös gázzal a fűtési költség elérte az évi 23 MFT-ot. Nem jelentéktelen az ebből eredő emisszió, CO₂ kibocsátása, a füstgázok környezetet romboló hatása sem.

Számítást végeztek a telep hőigényének hőszivattyúval lehetséges ellátására. Két db 500 kW kimenő hőteljesítményű hőszivattyú a fűtési idény 90%-ában fedezni tudja a telep hőigényét. A legnagyobb hidegek alatti csúcsidőszakban a meghagyott gázkazánok rásegíthetnek a hőszivattyúk teljesítményére. Az ilyen, ún. bivalens rendszer esetén a hőszivattyú beruházási költsége kisebb. A gázhasználat 85%-kal csökkenne.

Gázmotor használata esetén: Az 500 kW hőszivattyú meghajtásához 4-es jóságú fok mellett 125 kW teljesítményű gázmotor szükséges. Ennek a kinyerhető hőteljesítménye 196 kW. A gázmotor egész évben járhat, hogy minél nagyobb legyen az árameladásból a bevétel. Ha a fűtési idényen kívül kisebb a hőigény, mint amit a gázmotor lead, a felesleg elnyelhető a szennyvízzel. A fűtési idényben fokozatosan nő a hőszivattyú áramigénye és csökken a másképp hasznosítható áram.

Bonyolítja a szennyvízre telepített hőszivattyú gazdaságosságának értékelését, ha a vizsgált telepen rothasztás és biogáz hasznosítás is van. Az ilyen telepek hőenergia rendszere

rendkívül összetett. Ha csak hőenergiaként (kazánban) hasznosítják a biogázt, a telep hőigényét, beleértve a rothasztók hőigényét is, a biogáz fedezi. A gázmotorok alkalmazása esetén elektromos áram mellett nagy mennyiségű hő is termelődik. A termelt hőenergia több mint a villamos energia (jellemző arány: 40% elektromos energia, 45% hőenergia, 15% veszteség). Ebben az esetben is a telep saját hőigénye nagyrészt fedezhető, és csak korlátozott szerep jut a hőszivattyúból származó hőenergiának, ami a beruházás megtérülési idejét rontja.

A telepi létesítmények és rothasztó fűtése mellett szóba jöhet hőszolgáltatás a környékbeli épületekhez, ehhez azonban jelentős infrastruktúrát kell kiépíteni.

Rothasztás

A rothasztás, (anaerob iszapkezelés) fő előnyei:

- Biogáz termelése
- Stabilizálás
- Az iszap mennyiségének csökkenése
- Szaghatás csökkenése
- Fertőző hatás csökkenése
- Vízteleníthetőség javulása
- Hasznosítási lehetőségek körének növekedése

A hideg rothasztók (kétszintes üleptők) esetében a biogáz keletkezés lassú ütemű, általában nem hasznosítják. Napjainkban ilyen berendezések már nem épülnek.

Bármilyen típusú rothasztást is választunk, ügyelni kell arra, hogy biogáz (metán) ne jusson a légkörbe, mert a metán üvegház hatása a széndioxidénak 21-szerese. A szennyvíztisztítással összefüggő széndioxid kibocsátást nem tudjuk megakadályozni, hiszen az aerob lebontási technológiák során, vagy biogáz elégetése révén széndioxid (is) keletkezik. Az anaerob technológiákban keletkező biogázt össze kell gyűjteni, és el kell égetni, lehetőleg az energiatartalom hasznosításával, de ha ez nem lehetséges legalább el kell fáklyázni.

A rothasztás két fő hőmérséklet-tartománya a mezofil (33-35°C) és a termofil (53-55°C), de több példát ismerünk arra, hogy közbenső tartományokban is, megfelelő alkalmazkodási idő alkalmazásával, sikeresen üzemeltettek rothasztókat.

A mezofil és a termofil anaerob folyamat lebontási mechanizmusa teljesen azonos

- A termofil baktériumok lebontási sebessége 2 – 2,5 x nagyobb, mint a mezofil baktériumoké
- Teljes kirothadást feltételezve a termofil és a mezofil rothasztással azonos gáz-kihozatalt lehet elérni (termofil tartózkodási idő fele a mezofilnak)
- A mezofil esetben a biogáz metántartalma jellemzően 65%. Egyes források szerint termofil esetben 80% felett lehet a metántartalom.
- A nagy generációs idő miatt az anaerob rendszerek a hőmérséklet változásra és a toxikus anyagokra érzékenyek.
- A termofil folyamat érzékenysége nagyobb, mint mezofilé
- A termofil rothasztás hőmérséklet-változásra, terhelésváltozásra, toxikus anyagokra érzékenyebb.

A biogáz fűtőértéke 23-24MJ/Nm³. Összehasonlításként a gázhálózatba táplált földgáz fűtőértéke 34MJ/m³ körül van.

A rothasztóba vezetett iszap szárazanyag harmada szerves, kétharmada szerves. A szerves anyag mintegy fele bomlik le. Egy tonna lebontott szennyvíziszap szerves anyagból kedvező esetben 1000m^3 biogáz keletkezhet. Külső szerves anyag fogadása esetén ez jelentősen eltérhet a betáplált idegen szerves anyag minőségétől függően.

1 m^3 biogázból gázmotor-generátor segítségével 2,0-2,3 kWh elektromos energia nyerhető. A gázmotorok jelentős mennyiségű hőt is termelnek. Az elektromos energiánál nagyobb mennyiségű hőenergia keletkezik, 2,5 – 3,0 kWh egy köbméter biogáz felhasználásakor. Téli időszakban a hő felhasználható, nyári időszakban gyakran kell vészűtőt alkalmazni, vagyis a gázmotor hűtővizét külön hűtőrendszeren kell átvezetni, és a szennyvízes medencéket (pl.: klórozó) felhasználni hűtésre. Villanymotorok esetében gyakorlatilag egész éves üzemmel lehet számolni. Gázmotor esetében igen jónak számít, ha az év 8760 (8784) üzemórájából 8000 óra feletti üzemórát érünk el, de még a 7000 óra feletti üzemóra-szám is megfelelőnek számít. Gázmotorok esetében megfelelő üzembiztonságot csak karbantartó szakcég rendszeres felügyeletével lehet elérni.

Egyes telepeken (Prága, Pilsen) a mezofil rothasztók hőmérsékletét kezdték el emelni a szokásos 33-35 fok fölé. Kedvező tapasztalatokat szereztek, a mezofil és termofil tartományok közötti hőmérsékleteken is megfelelően működtek a rothasztók.

1 m^3 átlagos kommunális szennyvíz eleveniszapos biológiai tisztítása során körülbelül 0,3 kWh elektromos energia nyerhető ki az iszap rothasztása és gázmotorban történő felhasználása során. Általában egy szennyvíztisztító telep csak saját szervesanyag felhasználásával nem lehet elektromos áram tekintetében önellátó. Ezt akkor lehet elérni, ha külső szervesanyagot is fogad és feldolgoz a telep.

A fajlagos biogázhozamot bizonyos eljárásokkal javítani lehet. Ismertek a sejteket roncsoló technológiák (ultrahang, roncsoló sűrítő centrifuga, stb.), amelyek nagyobb szervesanyag-mennyiséget tesznek hozzáférhetővé a baktériumok számára.

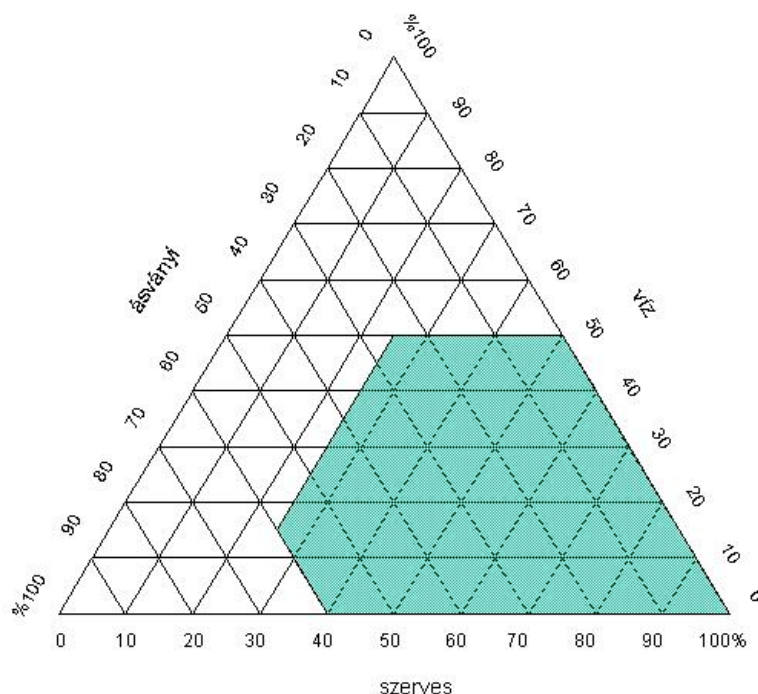
Növelhető a biogáz termelés külső szervesanyag-forrás segítségével. Megfelelő előkészítés után sokfajta szervesanyag táplálható a rothasztóba. Elsősorban élelmiszeripari hulladékok, lejárt szavatosságú termékek, állati hulladék feldolgozásból származó szerves hulladék jöhet szóba. A fogadott hulladék minőségét gondosan ellenőrizni kell. Az ellenőrizetlen idegen anyagok mérgezést okozhatnak és csökkenthetik a biogáz termelést, vagy rossz esetben le is állíthatják. Megfelelő fogadóállomást kell létesíteni. A darabos anyagot le kell választani vagy olyan méretűvé kell aprítani, amit a rothasztó keverőrendszere lebegésben tud tartani. A kiüledés rothasztó térfogatot vesz el, és előbb-utóbb szükségessé teszi a rothasztó leürítését és kitakarítását.

Az iszap energia tartalma

Az eleveniszapos telepek kevert iszapjának szárazanyaga mintegy harmad részben tartalmaz szerves, és kétharmad részben szerves anyagot. Egy kilogramm iszap-szárazanyag égetéssel kinyerhető energiataralma (kiszámú fűtőérték mérés alapján) 16MJ (4,4kWh). Rothasztás esetén a biogáz révén ebből 8MJ (2,2kWh) nyerhető ki. A maradék 8MJ (2,2kWh) égetéssel hasznosítható. Ezek az adatok száraz iszapra vonatkoznak. Égetés esetén a víztartalmat természetesen el kell vonni, sűrítéssel, víztelenítéssel, majd a maradék víz elpárologtatásával. 1kg víz (20°C-os) elpárologtatásához mintegy 2,6MJ hőenergia szükséges. 1kg 25%-os szárazanyag-tartalmú iszap víztartalmának elpárologtatásához mintegy 2MJ (0,55kWh) hőenergia szükséges (ugyancsak 20°C-os iszapot feltételezve).

Az önfenntartó égésre alkalmas tartományt ásványi anyag tartalom, víztartalom és szervesanyag-tartalom függvényében háromszögdiagramban szokás ábrázolni (5.ábra).

5. ábra: A szennyvíziszap önfenntartó égési tartománya



Biogáz hasznosítás szennyvíztisztító telepen kívül

A biogáz felhasználható a szennyvíztisztító telepen kívül is. Két fő lehetőség a palackos gázként való forgalmazás, elsősorban gépjármű üzemanyagként, vagy a gázhálózatba történő betáplálás. Minkét felhasználás feltétele az, hogy a biogázból egyenletes minőségű, biztonságos, a felhasználás során károsodást nem okozó terméket készítsenek. A biogáz szennyeződéseit el kell távolítani. Ki kell vonni belőle a vízgőzt, a kénhidrogént, a szilárd részecskéket. A biztonságos alkalmazás érdekében szagosítani, földgáz 34MJ/m^3 körüli fűtőértékének elérése érdekében pedig széndioxid-mentesíteni kell.

Módszerek:

- Abszorpció vízben
- Nyomáslengéses adszorpció
- abszorpció Selexollal
- kémiai abszorpció aminokkal
- membrán eljárások

Üzemanyagcellák

Az üzemanyagcellák szerves anyagból vegyi reakciókkal közvetlenül elektromosságot állítanak elő .

A szerkezet alapegysége két elektródából, és elektrolitból áll. Alapesetben az üzemanyagcella működtetéséhez hidrogén és oxigén szükséges. A működési elv a következő (6.ábra):

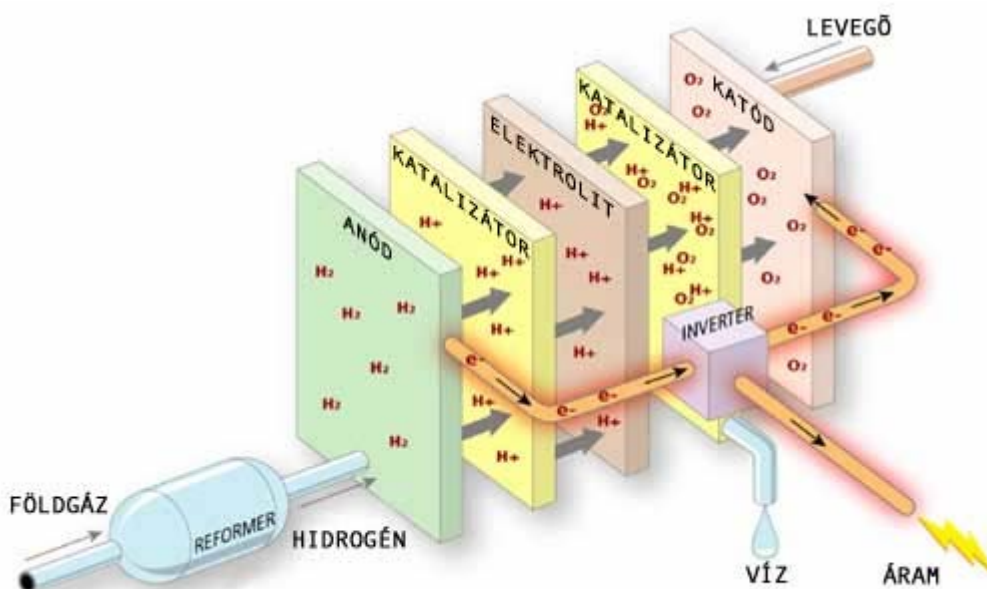
1. Az anódon hidrogén, míg a katódon oxigén halad át.
2. Katalizátor segítségével a hidrogénmolekulák protonokra és elektronokra bomlanak.
3. A protonok keresztüláramlanak az elektroliton.
4. Az elektronok elektromos fogyasztókon átáramolva érik el a katódot,
5. A katódra érkező elektronok a katalizátor segítségével egyesülnek a protonokkal és az oxigénmolekulákkal, vizet hozva létre.

A folyamat során hő is termelődik. Üzemanyag-átalakítót (reformert) tartalmazó rendszerek képesek felhasználni bármely szénhidrogén tüzelőanyagot, így biogázt is. A berendezés egyenáramot termel, de inverter közbeiktatásával ez váltóárammá alakítható. Mivel az üzemanyagcella nem égésen alapul, hanem elektrokémiai reakción, az emissziója mindig jóval kisebb lesz, mint a legtisztább égési folyamatoknak.

A különböző üzemanyagcella típusok a felhasználás különböző területein hódítanak teret, a folyamatos fejlesztés által egyre inkább specializálódnak.

A táblázat az üzemanyagcella technológiájának fejlődését vetíti előre, ahogy csökken az egységre jutó gyártási költség, vele együtt növekszik a hatásfok, és terjed el egyre szélesebb körben ez a hasznos berendezés.

6. ábra: Az üzemanyagcellák működési vázlatja



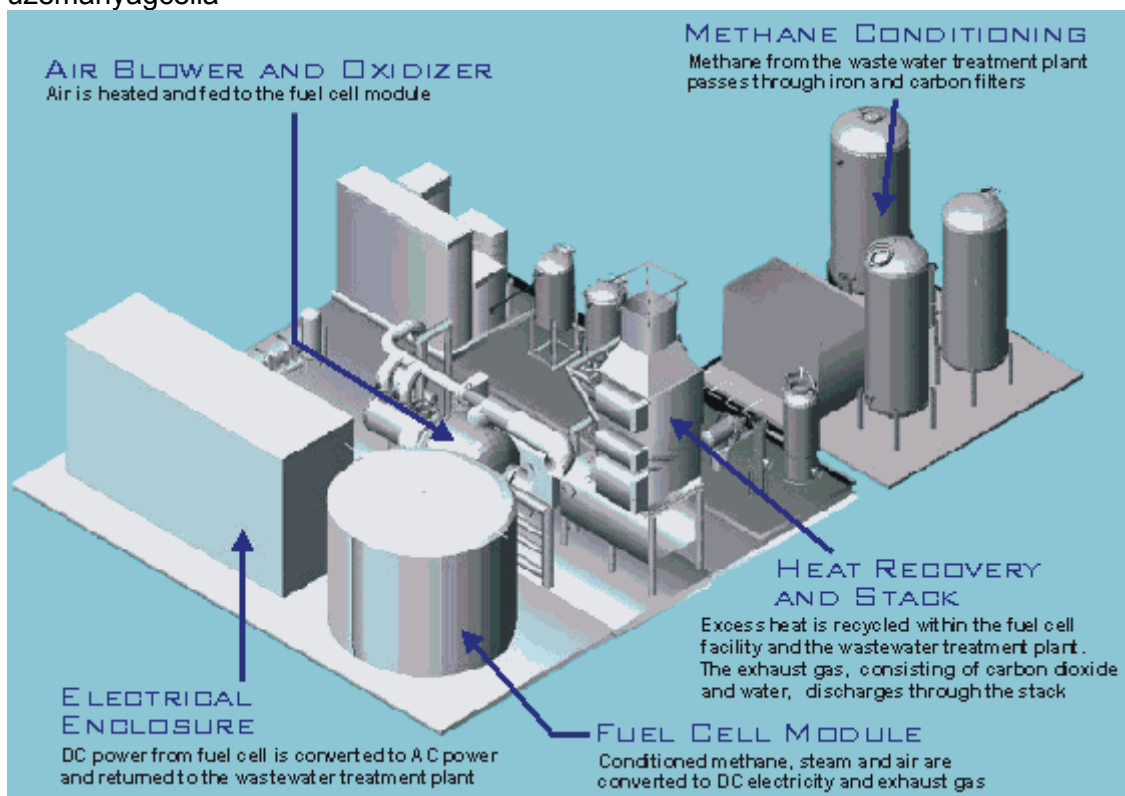
Üzemanyagcella típusa	Elektrolit	Működési hőmérséklet	Elektromos hatásfok	Üzemanyag	Felhasználási terület
AFC alkáli elektrolitos cella	30% kálium-hidroxid oldat, gél	80 °C	elméleti: 70% gyakorlati: 62%	- tiszta H ₂ - O ₂	- járműipar - hadiipar
PEMFC membránú cella	protonáteresztő membrán	80 °C	elméleti: 68% gyakorlati: 50%	- tiszta H ₂ - O ₂ - levegő	- blokkfűtő erőmű - járműipar - hadiipar
DMFC direkt metanol membrán	protonáteresztő membrán	80 °C-130 °C	elméleti: 30% gyakorlati: 26%	- metanol, - O ₂ - levegő	- mobiltelefon - laptop, stb. áramforrása
PAFC foszforsavas cella	tömény foszforsav	200 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 60%	- tiszta H ₂ - O ₂ - levegő	- blokkfűtő erőmű - áramforrás
MCFC alkáli-karbonátsó cella	lítium-karbonát, kálium-karbonát	650 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ - földgáz - széngáz - biogáz - levegő - O ₂	- gőzturbinás, kétlépcsős blokkfűtő erőmű - áramforrás
SOFC oxidkerámia cella	yttrium-cirkon oxidkerámia	800 °C- 1000 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ - földgáz - széngáz - biogáz - levegő - O ₂	gőzturbinás, kétlépcsős blokkfűtő erőmű - áramforrás

Az üzemanyagcellák hatásfoka akár 60% felett is lehet. Ilyen magas értéket hidrogén gáz felhasználása esetén lehet elérni. Földgáz, biogáz hasznosítása esetén az elérhető hatásfok kisebb, mert bemenő gázt hidrogéntartalmát ki kell nyerni és ez vezethető az üzemanyagcellára.

Egy példa az üzemanyagcella szennyvíztisztító telepi alkalmazására az USA Oregon államában, Portland város 300 000 m³/d kapacitású szennyvíztisztító telepén létesített foszforsavas üzemanyag cella (7.ábra). A biogázt előkezelik, eltávolítják a nedvességtartalmat, kénhidrogént, szilárd részeket, halogéneket. Ezután vezetik a reformer egységbe, amely kivonja a biogáz metánjából hidrogént amely, az üzemanyagcellába kerül. A keletkezett egyenáramot váltóárammá konvertálják. Az áramot a külső elektromos hálózatba táplálják. A berendezés elektromos kapacitása 200kW. A beruházási költség 1,3 millió USD volt (6500USD/kW)

Másik példa: USA Washington állam King megye Déli szennyvíztisztító telepén 2004-ben üzembe állítottak egy 1 MW elektromos teljesítményű MCFC típusú üzemanyagcellát (8.ábra).

7. ábra. Az USA Oregon államában lévő Portland város szennyvíztisztító telepén lévő üzemanyagcella

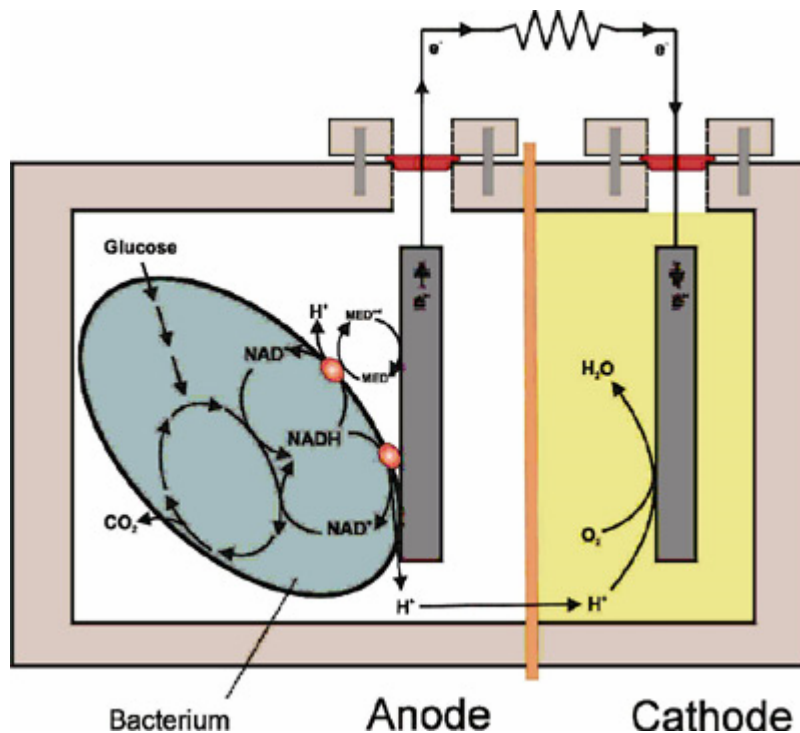


8. ábra: USA Washington állam King megye Déli szennyvíztisztító telepén lévő üzemanyagcella



Mikrobiális üzemanyagcella

Eddig laboratóriumi berendezések készültek. Az általános működési elv a következő. A vízben lévő, biológiailag lebontható szerves anyag kémiai energiáját közvetlenül alakítja át elektromos energiává. A mikrobiális üzemanyagcella anódból, katódból és protonáteresztő membránból áll.



Az anódon élő baktériumok a szubsztrátot - ami lehet glukóz, acetát vagy akár előülepített szennyvíz –széndioxidra, protonokra és elektronokra bontják le. Aerob körülmények között a baktériumok oxigént használnak fel elektron akceptorként. A mikrobiális üzemanyag cellában, oxigénhiányos környezetben, a baktériumok az anódot használják elektron akceptorként, amely összegyűjti a lebontás során a baktériumok által termelt elektronokat. Az elektronok az elektromos fogyasztón keresztül a katódhoz áramlanak. A protonok a membránon átvándorolnak a katód felé. A katódon egy elektron akceptor kémiai redukálása történik. Ideális esetben oxigént redukálnak vízzé. A kielégítő redukációs hatásfok elérése érdekében platina katalizátort alkalmaztak. Kutatások folynak nem-nemesfém katalizátor megtalálása érdekében. Az eddig elért elektromos teljesítmény alacsony érték, de demonstrációs célú forgó eszközt már sikerült meghajtani vele. Az energiatermelés arányos a KOI koncentrációval és a tartózkodási idővel. A gyakorlati alkalmazhatóságig valószínűleg még hosszú út vezet. A áramtermelés mellett további előny, hogy KOI lebontás is történik.

A mikrobiális üzemanyagcellák egy másik – ugyancsak kísérleti - változatában hidrogént tudnak termelni a baktériumok segítségével, amennyiben feszültséget táplálnak az elektródokra.

Égetés

A száraz szennyvíziszap-szervesanyag fűtőértéke 24MJ/kg. A telepeken keletkező iszap azonban ásványi anyagot és vizet is tartalmaz. A teljes szárazanyag fűtőértéke – az inert ásványi anyag miatt – 16MJ/kg. Természetesen, az égetés előtt vagy azzal egyidejűleg a vizet el kell párologtatni, ami energiát igényel. Az égetésre elvileg a következő lehetőségek vannak:

- Égetés a szennyvíztisztító saját iszapégetőjében
- Égetés veszélyes hulladék égetőben
- Égetés szénfűtésű erőműben
- Égetés cementműben

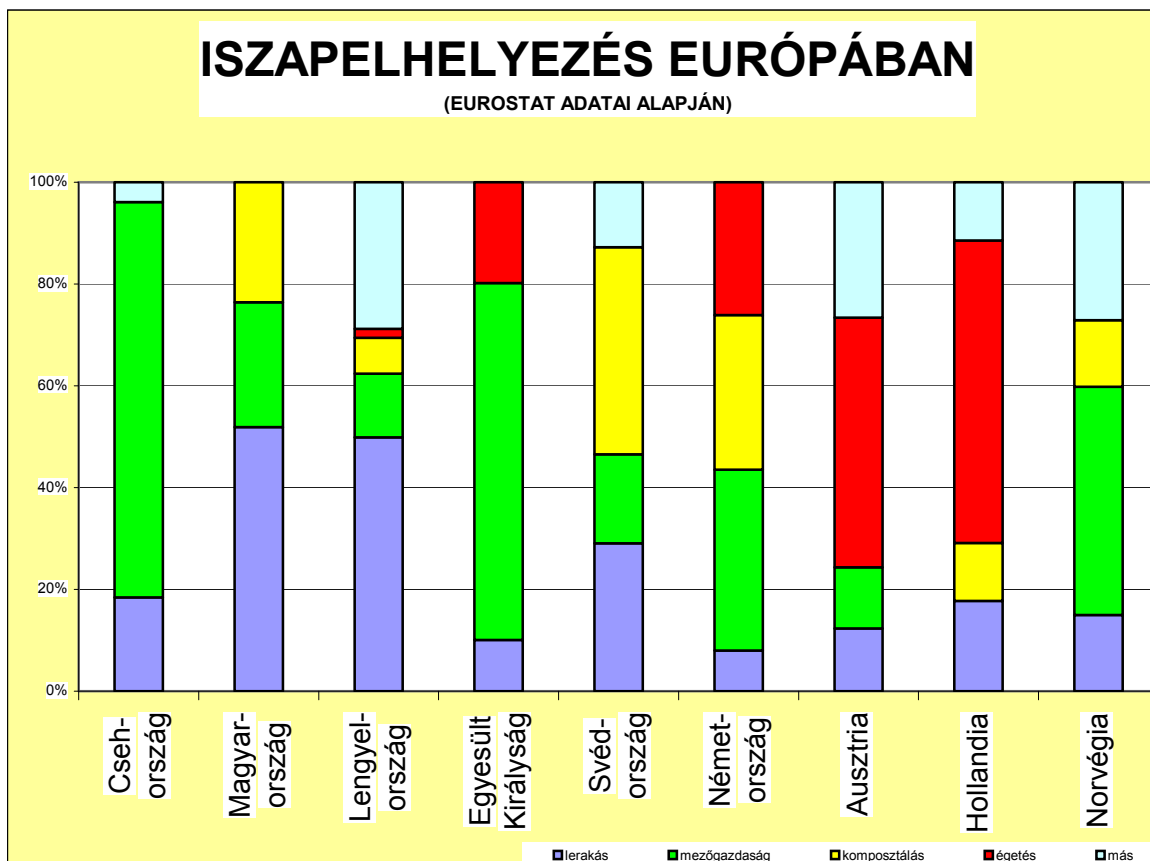
Magyarországon nem történik kommunális szennyvíziszap üzemszerű égetése, nincs üzemelő szennyvíztisztító telepi iszapégető. Nincs is sok esély arra, hogy a lakosság bárhol hozzájárulását adja egy ilyen létesítményhez.

A veszélyes hulladék égetőben történő égetés nem indokolt, igen költséges és jelentősebb mennyiség fogadására nincs is kapacitás.

Szénfűtési erőműben és cementműben kísérleti égetések történtek. Üzemszerű rendszeres égetésről nincs tudomásunk. A szénfűtésű erőművek az iszap bejuttatására speciális rendszert tartanak szükségesnek kiépíteni. A cementművek elvárják a víztartalom víztelenítés utáni további csökkentését.

Az Európai Unió országai az égetéssel kapcsolatban jelentősen eltérő stratégiákat követnek. Példaként egy összeállítást mutat a 9. ábra.

9. ábra. Néhány EU tagország iszapelhelyezési módszereinek megoszlása



Az égetés súlya egy országban nem áll összefüggésben az adott ország fejlettségével. Míg Németországban és Ausztriában jelentős részt képvisel az égetés, Svédországban és Norvégiában nincsen.

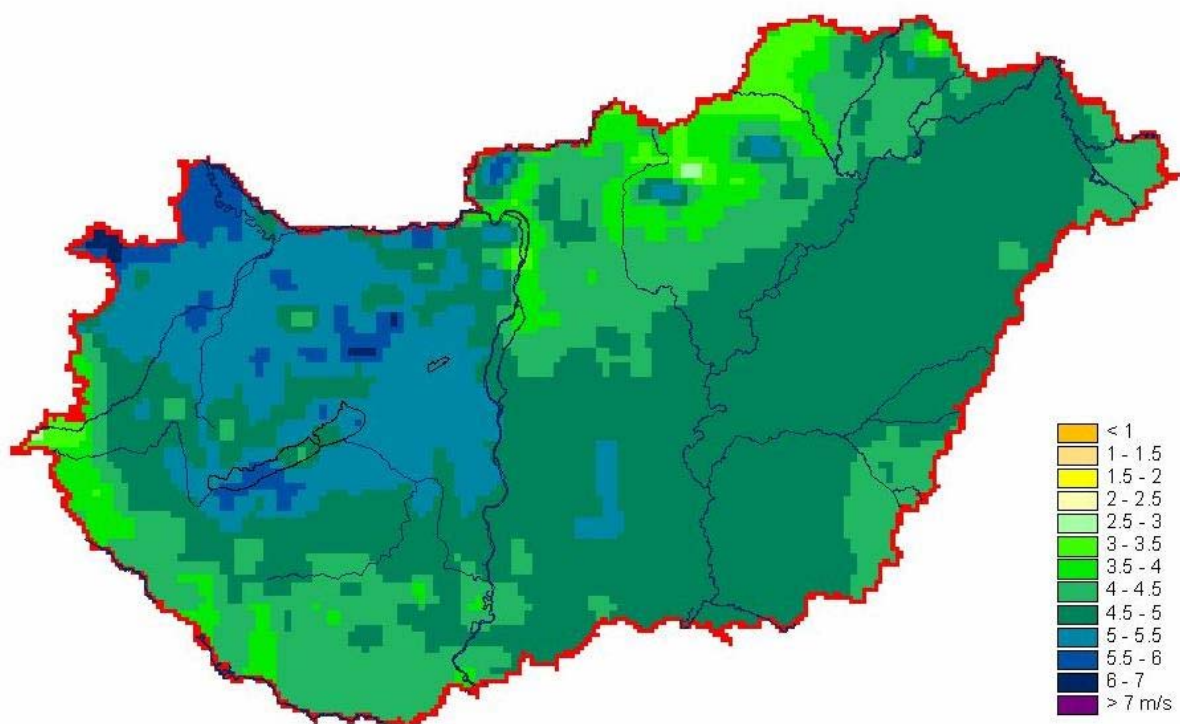
Magyarországon a lerakási lehetőségek csökkenésére kell számítani, mert az Európai Unió szabályozása előírja a lerakással történő ártalmatlanítás visszaszorítását. Nagy hangsúlyt kell fektetni a mezőgazdasági hasznosításra és a rekultiváció során történő felhasználásra, márcsak azért is, mert ezek a lehetőségek jóval kisebb költséggel járnak, mint az égetés. Arra azonban számítani kell, hogy a mezőgazdasági iszaphasznosítással kapcsolatos aggodalmak erősödni fognak, ami két irányba tereli a mezőgazdasági felhasználás módját. A táplálékláncba kerülő mezőgazdasági termékeknél történő felhasználás esetén igényesebb, költségesebb kezelésekre lesz igény. A másik út az energianövények termesztésénél történő alkalmazás lehet, ahol az iszappal kapcsolatos kockázatok jóval kisebbek, mert a termék nem kerül táplálékláncba és az érintett személyek száma is kisebb.

Általános, nem szennyvízhez kötődő energianyeresi lehetőségek:

Egy szennyvíztisztító telep, mint területtel rendelkező létesítmény a helyi körülményektől függő mértékben alkalmas geotermikus energia, napenergia és szélenergia hasznosítására.

Szélenergia

A szélenergia potenciál Magyarország területén változó, amint azt a 10. ábra mutatja.



10.ábra. Magyarország szélesebesség térképe 50m magasságban mérve

Szélérőművek Magyarországon

	db	kW/db	összes kW
INOTA	1	250	250
KULCS	1	600	600
MOSONSZOLNOK	2	600	1200
MOSONMAGYARÓVÁR	2	600	1200
MOSONMAGYARÓVÁR	10	2000	20000
BÜKKARANYOS	1	225	225
ERK	1	800	800
ÚJRÓNAFŐ	1	800	800
SZÁPÁR	1	1800	1800
VÉP	1	600	600
MEZŐTÚR	1	1500	1500
TÖRÖKSZENTMIKLÓS	1	1500	1500
FELSŐZSOLCA	1	1800	1800
JÁNOSSOMORJA	4	2000	8000
CSÉTÉNY	2	2000	4000
Összesen	30		44275

A szélenergia-hasznosítás előnye, hogy a beruházás befejezése után üzemeltetési költsége – a karbantartási költségén kívül – nincsen. Hátránya, hogy csak akkor termel energiát, ha van megfelelő sebességű szél. Egy létesítmény elektromos energiával való ellátását nem lehet csak szélenergiára alapozni. A szélérőműben termelt áramot célszerű a hálózatba táplálni. A jelenlegi szabályozás szerint az ilyen „zöld energia” átvételi ára igen kedvező.

Egy példa: 2008-ban adták át Jánossomorján (a 10. ábra szerint előnyös helyen) a 4x2000kW beépített teljesítményű szélérőművet. A beruházási költség 3 milliárd Ft volt, 1 500 000Ft/kWh. A beépített teljesítményt – a változó szélviszonyok miatt - éves átlagot tekintve 25%-osan lehet kihasználni.

Talajhő hasznosítás

A Föld belsejéből a felszínre jutó hőáram igen alacsony érték. Magyarországon 100mW/m^2 az értéke, ami mintegy kétszerese a kontinentális átlagnak, de töredéke a Naptól érkező hőenergiának, ami éves átlagot tekintve $0,14\text{kW/m}^2$. A felszínközeli talajból nyert hő elsősorban a napsugárzásból származik, amely a talajban tárolódik.

A kis mélységű talajhő hasznosító módszerek hőenergia nyerésére alkalmasak, áramtermelésre nem. Áramtermeléshez olyan nagy mélységbe kell lemenni, hogy a víz gőzzé alakuljon és a felszínre hozva gőzturbinát hajtson meg.

A talajszondákkal 30-110m mélységbe mennek le. A hőt hőszivattyú segítségével fűtésre lehet hasznosítani.

Talajkollektorokat kis, kb. 2 mélységbe építenek. Hőszivattyúval a talajhő fűtésre hasznosítható, és megfelelően kialakított berendezéssel nyáron hűteni is lehet az épületeket. A fűtésre kinyerhető energia a talaj fajtájától és víztartalmától függően $10\text{-}40\text{w/m}^2$. Itt érvényes a korábbi megállapítás, mely szerint a gazdaságosság a gáz és áram árarányától és a hőszivattyú COP tényezőjétől függ.

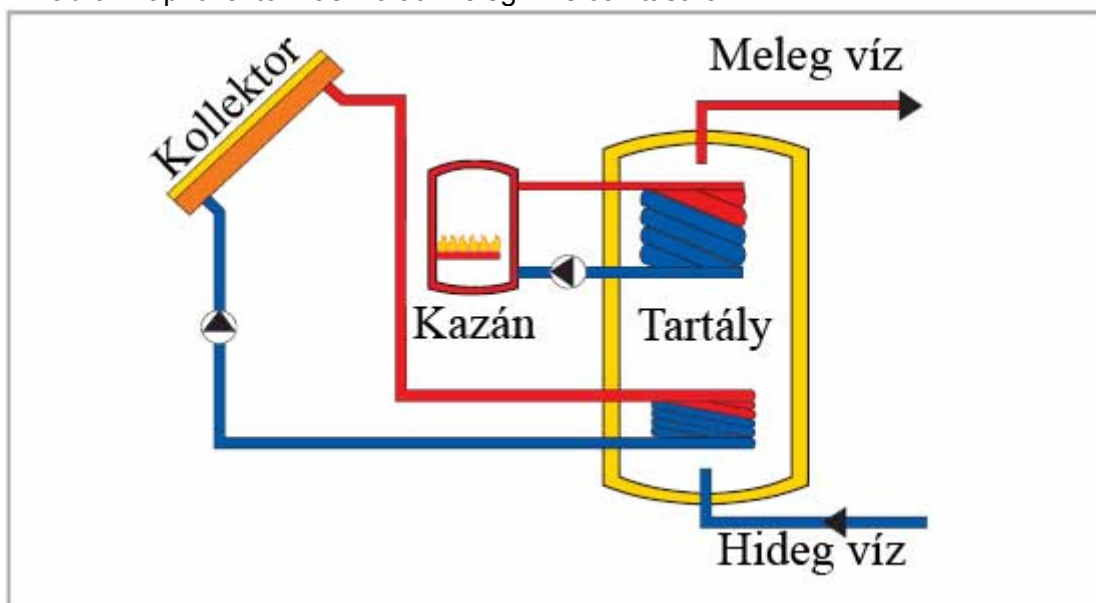
Napenergia

A napkollektorok fűtési és használati melegvíz előállítására alkalmasak, áramtermelésre nem. A napelemekkel (fotoelektromos elemekkel) a fény energiáját közvetlenül villamos energiává lehet alakítani.

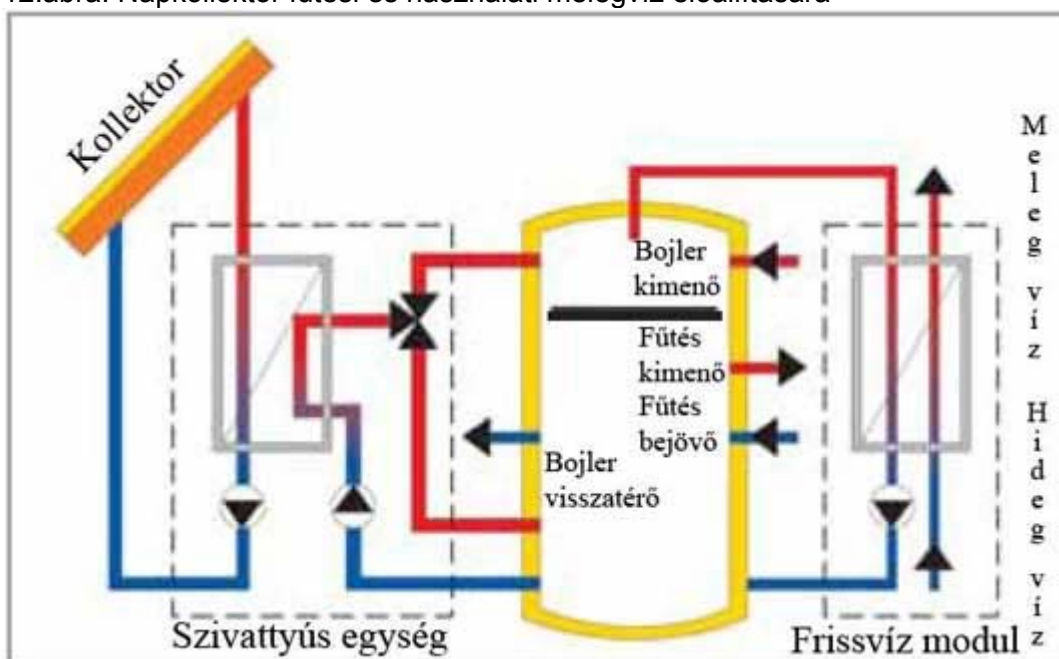
Napkollektor

A napenergia segítségével meleg vizet állít elő fűtés, használati melegvíz céljára. A 11. ábra egy használati melegvíz biztosító rendszer mutat, a 12. ábra egy fűtést és melegvízellátást egyaránt szolgáló berendezést mutat be.

11. ábra. Napkollektor használati melegvíz előállítására



12. ábra. Napkollektor fűtési és használati melegvíz előállítására



13. ábra. Ekv napkollektor képe



Egy fő melegvízigényének kielégítéséhez kb. 1-1,5m² kollektorfelület szükséges

Napelemek (fotoelektromos elemek)

A napfény energiája fényelemek (fotoelektromos elven működő elemek) segítségével közvetlenül elektromos árammá alakítható. A fényelemek állandó fejlődés alatt állnak, egyre jobb hatásfokú gyártmányok jelennek meg a piacon. Mivel a kutatások fő célja az űrhajózási alkalmazás volt, az ilyen célú, légkör felett működő fényelemek már 40%-os hatásfokot is elérnek. A földi körülmények között más a fény spektruma. Földi alkalmazásoknál legjobb esetben is csak 20-22% elektromos hatásfokot tudtak elérni. A fényelemek kis feszültségű egyenáramot termelnek, amit át kell alakítani megfelelő feszültségű váltóárammá. A napenergia besugárzás helyi értékétől függően 2-3 hektáron lehet 1 MW villamos energiát előállítani. 64MW teljesítményű fényelemes naperőmű is épült már (14.ábra). Spanyolországban, Olmedilla településnél van, 2008-ban fejeződött be az építés. Jelenleg ez a legnagyobb fotoelektromos erőmű a földön. (Összehasonlításként a kiskörei vízierőmű teljesítménye: kb. 29MW.). A beruházási költség 376 millió EUR volt (5875EUR/kW).

Szennyvíztisztító telepi alkalmazásra példa a kaliforniai Oroville szennyvíztisztító telep, ahol 520kW teljesítményű rendszert építettek egy 24000m³/nap kapacitású szennyvíztisztító számára (15.ábra). 1,2 hektáron helyeztek el állítható szögű napelemeket. Egy négyzetméterről 43W elektromos teljesítményt nyernek. A rendszer hatásfoka 18%. A megtérülési időt 9 évre számították. Kaliforniában az éves átlagos napfény besugárzás 5,5kWh/m².nap. Magyarországon ez az érték 3,2kWh/m².nap. A fel nem használt áramot a helye hálózatba táplálják. Természetesen, éjszaka a telep a hálózatról vételez áramot.

14. ábra. 64MW teljesítményű fotoelektromos erőmű Spanyolországban



15. ábra. Az Oroville szennyvíztisztító telep és fotoelektromos elven működő áramfejlesztő rendszere Kaliforniában



Naphő hasznosítás iszapszárításra

A gépi víztelenítés után a technológiától függően az iszap víztartalma még magas, 60 – 85%. További szárazanyag-tartalom növeléshez szárítani kell. A gépi szárítóberendezések energiaigénye nagy, a hagyományos szikkasztóágyak időjárásfüggőségük, helyigényük és a környezeti káros hatások miatt már nem alkalmazhatók.

A szolárszáritók a nap rövidhullámú sugárzasi energiáját használják fel a stabilizált iszapban a gépi víztelenítés után megmaradó víztartalom további jelentős csökkentésére. A napenergia a szárítócsarnokokban – egy üvegházban -, mint hőcsapdában gyűlik össze. A nap ultraibolya sugárzásának hatására az üvegházban az iszap és a levegő felmelegszik. A melegebb iszapnak nagyobb a párolgása és a melegebb levegő is több vízgőzt képes felvenni. A vízgőzzel már nagymértékben telített levegőt az üvegházból természetes és mesterséges szellőzéssel vezetik el. A ventilátorok működése programozható. A légcserre mellett fontos az iszap állandó levegőztetése, átkeverése, a felület frissítése miatt.

Egy példa a szolárszáritásra a veszprémi szennyvíztisztító telepen épült berendezés (16. ábra)



16. ábra. Szolárszáritó a veszprémi szennyvíztisztító telepen

A keverés tolókeverő segítségével történik. A tolókeverő egy forgó és egyenes vonalú mozgást végző henger, amely az üvegház teljes szélességében intenzíven keveri és egyben levegőzteti az iszapot, és tovább szállítja a terméket. Az iszap átkeverése a beállított program szerint automatikusan történik. A végtermék 1 – 20 mm szemcseméretű granulátum. A szárítás eredményeként a kezdeti iszap mennyiség 40 - 60 %-kal csökken. Téli időszakban 40-50 %, nyári időszakban 60-70 % szárazanyag tartalom érhető el. A szárítási idő télen 2 –

3 hónapig, nyáron 2- 3 hét. Egy négyzetméteren mintegy évi 2 tonna 25%-os iszap szárítását teszi lehetővé

Energiaköltség-megtakarítási lehetőségek

A villamos energia szabad kereskedelmének általánossá válásával a beszerzési feltételek változóban vannak. A régi rendszer rövid ideig még egyes kereskedőknél, vagy egyes szerződésben még megtalálható. E szerint kijelölt időszakok csúcsidőnek, az ezen kívüliek csúcsidők kívülinek számítanak. A csúcsidei elektromos áram ára a csúcson kívülinek – fogyasztói kategóriától függően – 1,4-1,6 szerese. A csúcsidei fogyasztások csúcson kívültre történő átütemezésével megtakarítás érhető el. Például, bizonyos iszapkezelési műveleteket el lehet végezni csúcsidőn kívül. Az átemelőtelepek csúcsidő előtt kissé leszívhatják a csatornahálózatot, és csúcsban a szennyvíz részben betározható a csatornarendszerben. Az ilyen műveletek természetesen nem okozhatnak minőségromlást a szennyvíztisztításban, vagy nehézséget a csatornaüzemeltetésben, de ésszerű kompromisszumokat el lehet fogadni. Csúcsban és azon kívül különböző nagyságú energia köthető le, igazodva a technológiához.

Az átemelőtelepek szokványos üzemmódja, hogy maximális szint esetén beindulnak a szivattyúk és leszívják a vízszintet a kikapcsolási szintig. Intelligens, számítógépes vezérléssel és esetleg frekvenciaváltó alkalmazásával magasabb átlagos szint tartható, ami természetesen energia megtakarítást eredményez. A kiülepedések megelőzésére időnként teljesen le kell szívi a szivóteret.

A csatornaművek átemelőtelepeinek és szennyvíztisztító telepeinek áramfogyasztását az előre nem látható időjárási és hidrológiai események erősen befolyásolják. A záporok megnövelik telepekre érkező vízhozamot. Egyesített csatornarendszerek esetében akár tízszeres növekedés is lehet, de az illegális és igen nehezen felderíthető csapadékrákötések miatt az elválasztó rendszerben is jelentős vízhozam-növekedés tapasztalható. A legnagyobb bekövetkezhető teljesítmény lekötése nagy költséggel jár. Telephelyenként célszerű értékelni azt, hogy mennyi legyen a lekötés.

A villamos energia rendszerhasználati díjakról szóló 119/2007 GKM rendelet 2. melléklet 2.3.8 pontja a következőket tartalmazza:

A környezetvédelmi és vízügyi igazgatóságok kezelésében, továbbá a vízitársulatok kezelésében álló és helyi vízrendezési, valamint vízkár-elhárítási feladatok ellátása érdekében működtetett ár- és belvízvédelmi szivattyútelepek esetén az adott hónapra vonatkozó teljesítménydíjat az adott hónapot követően kell elszámolni oly módon, hogy a fizetendő teljesítménydíj megegyezzen az adott hónapban mért legnagyobb teljesítmény-igénybevételnek megfelelő éves teljesítménydíj 1/12 részével.

Ez nem vonatkozik a csatornamű vállalatokra, pedig a csapadékvizek átemelésével közfeladatot látunk el. Célszerű lenne, ha szakmai szövetségünk javasolná a jogszabályalkotóknak a fenti szabály kiterjesztését a csatornaművekre vonatkozóan is. Ebben nem számíthatunk a villamosipar támogatására, tudomásunk szerint céljuk éppen ellenkező, nevezetesen az, hogy ez a bekezdés kikerüljön a szabályozásból.

A folyamatirányítással rendelkező nagyobb szennyvíztisztító telepek sokat tehetnek a teljesítmény-lekötés csökkentése, és a túllépések lekerülése érdekében. A villamos fogyasztásmérő negyedórás átlagteljesítményt rögzít. Ha a felvett teljesítményt folyamatosan figyeljük, megelőzhetjük a túllépéseket, vagy egy túllépés esetén van idő gyors beavatkozásra (fogyasztó kikapcsolásra) annak érdekében, hogy az adott negyedóra átlaga lekötés alatt maradjon. Célszerű a jelentősebb fogyasztókat kategóriákba sorolni, pl.:

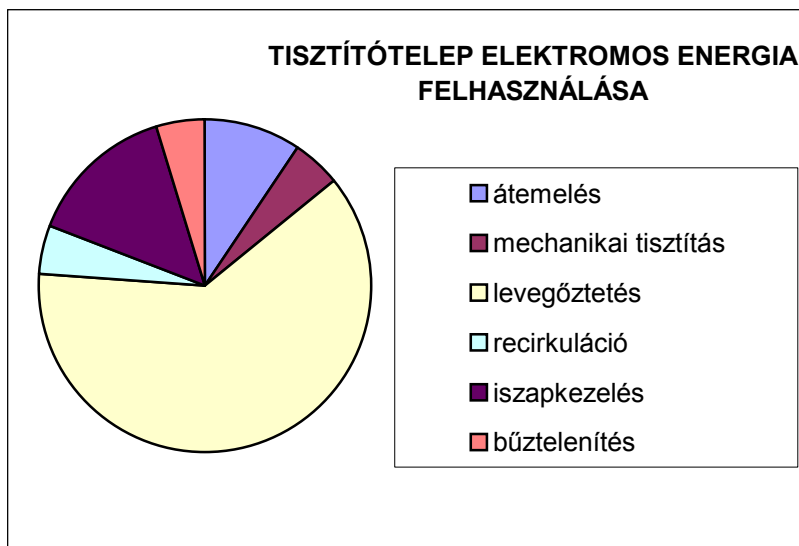
- Bekapcsolható áramtermelő egység (pl.: gázmotor)
- Szakaszos üzemű, halasztható műveletet végző gép (pl.: fölösizap elvétel, szűrő visszamosatás)
- Visszaszabályozható gép (pl.: fúvó)
- Rövid időre kikapcsolható gép (pl.: rothasztó keverés)
- Hosszabb időre kikapcsolható gép (pl.: villanybojler, légkondicionálás)
- Gyorsan nem kikapcsolható gép (pl.: centrifuga)

A folyamatirányítást úgy kell programozni, hogy túllépés veszélye esetén a legkisebb kárral járó leállítást vagy visszaszabályozást elvégezze, vagy jelzést adjon a személyzetnek. Ha beavatkozás nem automatikus, akkor az nagy fegyelmet és gyors reagálást igényel a kezelők részéről.

A gázmotoros energiatermelés alkalmazásakor előfordulhat véletlenszerű (pl.: fúvó leállásakor bekövetkező) áram kitáplálás a hálózatra. A villamos szolgáltatók ezt nemkívánatos jelenségnek tartják és elvárják, hogy az elektromos rendszer alkalmas legyen ennek megelőzésére. Más a helyzet a termelt villamos energia zöld energiaként való tervezett eladása, hálózatra táplálása esetén. Az ilyen rendszereket meg kell tervezetni, az elektromos hálózat üzemeltetőjével jóvá kell hagyni, és a kitáplálás módjáról megállapodást kell kötni.

A szennyvíztisztító telepek energiafogyasztása általában 3,0-1,5 kWh/kezelt m³ tartományba esik. Egy tisztítótelep elektromos energiafelhasználásának megoszlását mutatja a 16. ábra.

16. ábra. Egy szennyvíztisztító telep elektromos energiafelhasználása



Jelentős megtakarítás a legnagyobb fogyasztásoknál, levegőztetésnél, iszapkezelésnél, átemelésnél érhető el.

Az eleveniszapos technológiával működő szennyvíztisztító telepek elektromos energia fogyasztásának 60-80%-át a levegőztetés veszi igénybe, ezért az oxigénbevitel hatékonnyá tételével sok energiát lehet megtakarítani.

A felszíni levegőztető berendezések (vízszintes vagy függőleges tengelyű rotorok) hatásfoka és szabályozhatósága kevésbé felel meg a mai elvárásoknak. A tisztítótelepek túlnyomó többségében mélylégbefúvásos, finombuborékos levegőztetést alkalmaznak.

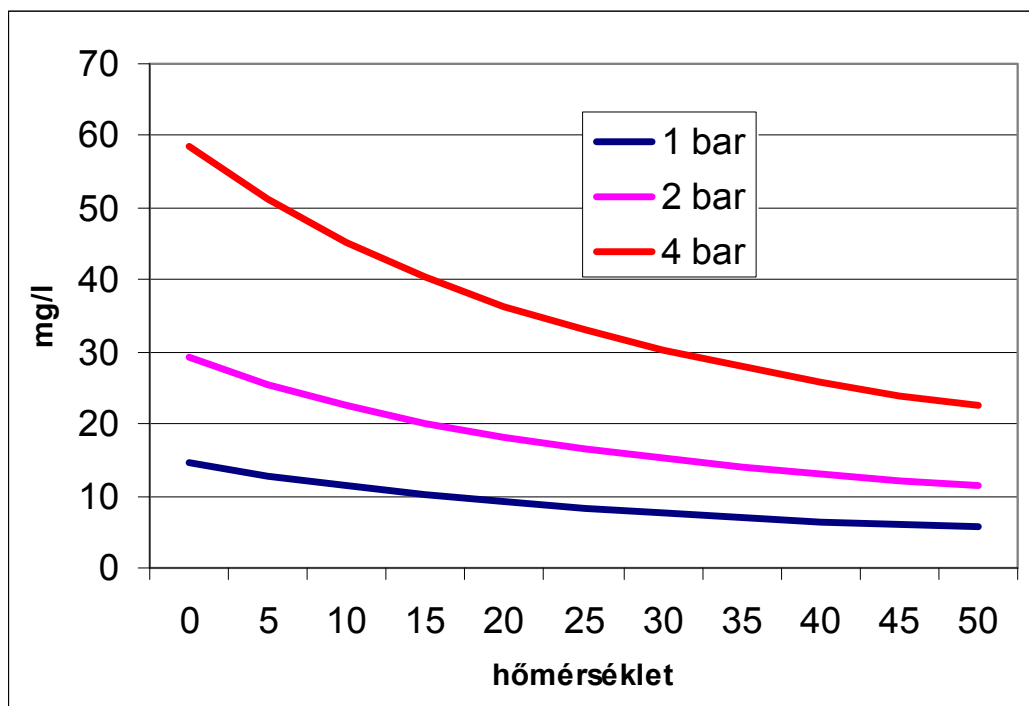
Mélylégbefúvás esetén fontos szempont a levegőztető elem hatásfoka, amely széles határok között változhat. A korszerű termékek 30% feletti hatásfokkal rendelkeznek. A légbefúvó berendezés légszállítása szabályozható az oldotoxigén-szint mérése alapján. A berendezések kapacitását és szabályozásának módját úgy kell megválasztani, hogy a szükséges tartományban fokozatmentesen lehessen a szükséges levegőmennyiséget biztosítani, ne legyenek kieső tartományok.

A dugattyús áramlású levegőztető medencék oxigénigénye az áramlás irányában változik, az elején magasabb, a végén, ahol már tisztul a szennyvíz, kisebb. Több oxigénmérő és szabályozó szelep beépítésével légbevitel jobban igazítható a tényleges igényhez. A szükségesnél több levegő befúvása nemcsak felesleges költséggel jár, de technológiai szempontból is hátrányos lehet, mert rosszul ülepedhető iszapszerkezet kialakulásához vezethet.

A levegőztető elemek membránjainak állapota befolyásolja a légbeviteli hatásfokot. A membránok pórusai peremén vízkőlerakódás keletkezik, ami rontja a légbeviteli hatásfokot. A lerakódás részben leválasztható a membrán lebegtetésével, vagyis a nyomás változtatásával, amit – a levegőztető elem típusától függően - napi-heti gyakorisággal célszerű végezni. Amikor ez már nem hoz kellő eredményt, hangyasavnak a levegőelosztó csőrendszerbe történő beporlasztásával lehet a lerakódást eltávolítani.

A levegőztető medence mélységének növelésével javítható a beoldás hatásfoka. A mai levegőztetők mélysége általában 5m, vagy annál nagyobb. Az oxigén oldhatósága a vízben a mélység (nyomás) növekedésével arányosan nő (17.ábra).

17. ábra. Az oxigén oldhatósága vízben, hőmérséklet és nyomás függvényében



Nagy mélységű megoldásokat, mint tornyos vagy mélyaknás megoldást is alkalmaznak, amikor különlegesen kis terület áll rendelkezésre. A nagy mélység igen jó hatásfokú

beoldódást tesz lehetővé. A mélyaknás technológiánál 150m mélységű medence is létesült már.

A szabad piaci energiakereskedelem hatásai.

A villamos energia és a földgáz szabad piaci beszerzése új feladat elé állítja a víz- és csatornaműveket. A villamos energia szabad piaci beszerzése 2009 elejétől, a földgázé (kis fogyasztókat kivéve) 2009. 2. félévétől gyakorlatilag kötelező a szennyvíztisztító telepek részére. A víziközmű vállalatok, de még az energiakereskedők is tanulás, tapasztalatszerzés időszakában vannak.

A szabadpiaci villamos energia kereskedelemben előny, ha a fogyasztó vállalni tudja a fogyasztás negyedóránkénti értékeinek, menetrendnek előre történő megadását. Erre a szennyvíztisztító telepek általában nem vállalkoznak, mert a változó mennyiség és minőség miatt a telepek felhasználása nem jelezhető előre.

A teljes ellátás alapú menetrendadás nélküli szerződéstípus fogadható el a tisztítótelepek és átemelőtelepek többsége számára. Érdekes azonban viszonylag kiegyenlítetté tenni a fogyasztás lefutását, mert az energia beszerzési pályázat során a villamos energia kereskedők vizsgálják a korábbi időszakok lefutását, és az egyenletes „zsinór” fogyasztást közelítő fogyasztó előnyösebb árat kaphat. A hálózatüzemeltető számára a lekötött teljesítmény után teljesítménydíjat kell fizetni. A túllépések után büntető tarifát számláznak.

Az energia árát jelentősen befolyásolja az, hogy fogyasztó és kereskedő között az energiakereskedelem kockázatai hogyan oszlanak meg. Az előrejelzett fogyasztástól való eltérés a kereskedő számára költséget jelent. Ha a fogyasztó vállalja, hogy előre jelzi a fogyasztást és eltérés esetén büntető tarifákat fizet, akkor alacsonyabb lesz az energia egységára. Ha a fogyasztó kevés információt ad fogyasztásának várható lefutásáról, kevés köztéttséget vállal, akkor a kereskedő az árban érvényesíteni fogja a kockázatait, magasabb lesz az ár.

Célszerűnek látszik, ha több vállalat az energiabeszerzését közösen versenyezteti, mert a nagyobb mennyiség alacsonyabb fajlagos áron szerezhető be, és a több fogyasztási hely kiszámíthatóbb, kiegyenlítettbb összesített fogyasztási görbét ad, a kereskedő pontosabban előre láthatja a fogyasztás lefutását.

Különösen bonyolulttá teszi egy telep energiaköltségeinek tervezését, ha gázmotor-generátor is működik a telepen. A gázmotor (gázmotorok) leállásai idején az áramfogyasztás megnő. Mivel nemcsak tervezett leállások, hanem váratlan meghibásodások is előfordulhatnak, nehéz feladat eldönteni, hogy a telep mekkora elektromos teljesítményt kössön le. A teljesítmény túllépést az elektromos hálózatüzemeltető büntető tarifával sújtja. Nem feltétlenül cél a büntetés teljes biztonsággal való elkerülése. Jelenleg évi 2-3 túllépés és büntetés fizetés még kisebb költséggel jár, mint a valószínűsíthető legnagyobb teljesítmény egész évre történő lekötése.

Eltérő a helyzet földgáz beszerzés esetén. A kereskedő mindenképpen elvárja a fogyasztás óránkénti értékeinek előre történő megadását (24 adat/nap, minden napra). Eltérés esetén kötbért vagy kártérítést kell fizetni a fogyasztónak a kereskedő számára. Negyedéves és éves összes gázmennyiségeket is előre kell jelezni és bizonyos tűréshatárok között tartani. A teljesítmény túllépést igen szigorúan büntetik. Egyetlen órában bekövetkezett túllépés esetén egész évre ki kell fizetni a túllépés másfélszeresének megfelelő teljesítmény-lekötési díjat. Ez azt jelenti, hogy egyetlen túllépés sem engedhető meg. Ha biogáz helyett valamilyen okból kifolyólag földgázzal kell megtáplálni a gázmotorokat, az komoly változást jelent a telep energetikai rendszerében, és nagy költségekkel járhat.

ÖSSZEFOGLALÁS

Igyekeztünk felsorolni azokat a lehetőségeket, amelyek egy szennyvíztisztító telep rendelkezésére állnak energia nyerésére. Felmerül a kérdés, hogy hogyan lehet megtalálni az optimális megoldást. Mindenképpen hosszú távra kell a vizsgálatot végezni, mert bizonyos jelentős költségek nem jelentkeznek minden évben. Például, a gázmotorok nagyjavítását 3-4 évente, el kell végezni és 2-3 nagyjavítás után a gázmotort le kell cserélni. Ugyanakkor a hosszútávú vizsgálatot igencsak nehezíti, hogy a vezetékes energia költségeket, a villamos áram és a földgáz árát és a kettő arányát (ami a hőszivattyús rendszerek gazdaságossági vizsgálatához elengedhetetlen) még rövid távon sem látjuk előre. Figyelembe kell venni azt is, hogy egy tisztítótelep nyári és téli energiamérlege jelentősen eltérő.

Célszerű a rendszert egészében tekinteni, az összes forrás és az összes kimenet költségeit és bevételét számítva, több változatot vizsgálva keresni az optimumot.

Bemenetek
villamos energia
Földgáz
Távhő
Szennyvízhő
biogáz direkt égetés
gázmotor/üzemanyagcella áram
gázmotor/üzemanyagcella hő
víz mechanikai energia
Napenergia
Talajhő
Szélenergia

kimenetek
villamos energia hálózatra
biogáz hálózatba(tisztított, szagosított)
biogáz palackozva tisztított, szagosított)
Távhő

költség/bevétel
beruházási költség
vásárolt energia költség
egyéb üzemköltség
karbantartási költség
bevételek

Számolni lehet a termelt energia eladásának lehetőségével, különös tekintettel arra, hogy a zöld energiának a jelenlegi szabályozás mellett kedvező átvételi ára van. A biogázból termelt áram átvételi ára csúcs-, völgy- és mélyvölgy időszakban jelentősen eltérő, míg a szél és napenergiával termelt áram átvételi ára minden időszakban azonos

A szennyvízhőre vagy talajhőre alapozott hőszivattyúk gazdaságossága függ az áram és gáz árának arányától és az egész rendszerre vonatkozó jósági tényezőtől (COP tényező). A hőszivattyúk, napkollektorok hőenergiát szolgáltatnak, ennek felhasználási lehetősége közel sem olyan széles körű és nem olyan rugalmas, mint a villamos áram felhasználási lehetősége. Ugyanakkor mennyiségét tekintve a szennyvízhő igen jelentős energiaforrás, nagy telepek esetében mindenképpen több energia nyerhető, mint amennyi a telep hőigénye, különösen akkor, ha biogázhasznosítás is történik a telepen

A szennyvízzel összefüggő energiatermelési lehetőségek egy része szoros összefüggésben van a szennyvízkezelési technológiával. A rothasztás előnye a biogáztermelés mellett az is, hogy stabilizálja az iszapot és megkönnyíti vagy lehetővé teszi az iszap elhelyezését. Ezzel szemben például a szennyvízből hőszivattyúval történő hőnyerés nem szükséges része a tisztítástechnológiának, de fontos része a telep hőmérlegének.

A 18. ábra táblázatában összefoglaltuk az energianyerési lehetőségek fő paramétereit. Egy szennyvíztisztító telep lehetséges energetikai megoldásainak száma végtelen. A

technológiák gyors fejlődésben vannak, a jogi-gazdasági háttér ugyanakkor folyamatosan változik. Nehéz az optimális megoldás kiválasztása. Minden telep egyedi, a maga technológiai létesítményeivel, befogadójával, környezetével. Ezek figyelembe vételével kell meghozni a döntéseket a telepek fejlesztéséről.

18. ábra. Az energiatermelési lehetőségek fő paramétereit

	vízhez kötődő lehetőségek		szervesanyaghoz kötődő lehetőségek				területhez kötődő lehetőségek			
	esés	hő	biogáz hőtermelési céllal	biogáz áram-termelési céllal	égetés	mikrobiológiai energia	szél	nap	geotermikus felszínközeli	geotermikus mélységi
rendelkezésre állás	vízállásfüggő	állandó, kissé évszakfüggő	állandó	állandó	állandó	állandó	időjárásfüggő	nappal, évszakfüggő	állandó	
kinyerhető energiaforma	áram	hő	hő	hő+áram	hő+áram	áram	áram	hő vagy áram	hő	hő+áram
mértéke	10 kW/m ³ *(m ³ /s)	1,16 kWh/m ³ *°C	befolyó vízre: 0,3kWh/m ³ +0,4kWh/m ³ biogázra : 24MJ/m ³ (6,66kWh)	áram: 2-2,5kWh/m ³ hő: 2,5-3 kWh/m ³ maradék iszapra: 12MJ/kg	égéshő rothasztás előtti iszap: 16MJ/kg rothasztás utáni iszap 12MJ/kg		kb. 0,6kW/m ² a rotor által végigjárt felület 1 négyzetméterére vonatkoztatva	0,14kW/m ² 3,2 kWh/m ² *nap	hőáram: 100mW/m ² talajkollektor esetében a betárol, naptól érkező hő hasznosul	
hátrány/kockázat	magas vízállás esetén nem működik	csak hő nyerhető, villamos áram nem	mérgezés esetén leállhat (főleg, ha külső szervesanyagot fogad)	mérgezés esetén leállhat (főleg, ha külső szervesanyagot fogad)	mérgezés esetén leállhat (főleg, ha külső szervesanyagot fogad)	nincs ipari léptékű alkalmazás	nem állandó	éjjel nincs, télen kisebb	közeli hasonló létesítmény csökkenti a hatásfokot	

Irodalomjegyzék

- District heating and district cooling with large centrifugal chiller-heat pumps. *P. Bailer, U. Pietrucha Friotherm AG. Winterthur, Switzerland*
 - Production of Electricity during Wastewater Treatment Using a Single Chamber Microbial Fuel Cell *Hong Liu, Ramanathan Ramnarayanan, and Bruce E. Logan*, Department of Civil and Environmental Engineering, Department of Chemistry, and The Penn State Hydrogen Energy (H2E) Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania*
 - A termofil és a mezofil anaerob iszapkezelő rendszerek összehasonlítása üzemi tapasztalatok alapján* *Oláh József, Palkó György, Dr. Szilágyi Mihály*
 - Prof. Tamás János: Vízkészítés és szennyvíztisztítás előadás
 - Continuous Electricity Generation from Domestic Wastewater and Organic Substrates in a Flat Plate Microbial Fuel Cell *BOOK IMIN† AND BRUCE E. LOGAN, Department of Civil and Environmental Engineering, and The Penn State Hydrogen Energy (H2E) Center, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania 16802*
 - Anaerobic Oxidation Pathways: A Critical Frontier in the Biogeosciences *Timothy W. Lyons Department of Earth Sciences University of California–Riverside*
 - THE USAGE OF BIOGAS IN FUEL CELL SYSTEMS *Dr. Paloma Ferreira CIEMAT-CSIC Centre for Energetic, Environmental and Technological Research Institute for Catalysis and Petrochemistry-Spanish Council for Scientific Research Madrid, Spain*
 - A biogáz energetikai célú hasznosításának lehetőségei hazánkban. *Szilágyi Károly Szabolcs, IV. évf., ELTE TTK Témavezető: Munkácsy Béla egyetemi adjunktus ELTE Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék*
 - CHP Case Studies in the Pacific Northwest Columbia Boulevard Wastewater Treatment Plant *US Department of Energy*
 - Környezeti és természeti szempontokkal összehangolt, 2020., illetve 2030. Időtávig becsülhető hazai szélenergia potenciál *Dr. Csoknyai Istvánné vezető főtanácsos*
 - Large-scale heat transfer from wastewater to city heating and cooling systems *IWA WWC 2008 Vienna Water and Energy Workshop 09.09.2008 Tommi Fred Helsinki Water*
 - MASZESZ Hírcsatorna És akkor mit csináljunk az élelmiszerhulladékokkal? *Hódi János, Boda János:*
 - Investigation of Microbial Fuel Cell Performance and Microbial Community Dynamics During Acclimation and Carbon Source Pulse Tests *Victor Laine Beaumont*
 - Design of a single chamber Microbial Fuel Cell *Eric A. Zielke December 15, 2005*
 - Removal of carbon dioxide from biogas *Mirsada Nozic Department of Chemical Engineering, Lund University, P. O. Box 124, SE-221 00 Lund, Sweden*
 - A termofil és a mezofil anaerob iszapkezelő rendszerek összehasonlítása üzemi tapasztalatok alapján. *Dr. Oláh József, Palkó György, Dr. Szilágyi Mihály*
 - Opportunities for and Benefits of Combined Heat and Power at Wastewater Treatment Facilities *U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership April 2007*
- Biogáz termelés – hasznosítás *Hódi János Mélyépterv Komplex Mérnöki Rt. Megújuló energiák forrásai a szennyvíztisztítás területén Garai György Fővárosi Csatornázási Művek Zrt.*
- Szennyvíziszap egyéb elhelyezési lehetőségei Magyarországon *Garai György Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. Megújuló energiaforrások Napenergia hasznosítása Bohoczky Ferenc vezető főtanácsos Gazdasági és Közlekedési Minisztérium*
 - Megújuló energia, geotermikus energia, termálvizek hőhasznosítása (szakmai tájékoztató) *Rakics Róbert környezetvédelmi helyettes államtitkár KvVM*

- Vízkezelés és szennyvíztisztítás előadás Debreceni Egyem Mezőgazdaságtudományi kar.
- Szennyvíziszap rothasztás és Komposztálás Ismeretgyűjtemény No. 6 *Dr. Kárpáti Árpád*
- Szennyvíziszap szárítás napenergia felhasználásával *Radács attila – Sulák Vince – Buzsáki Katalin – Nagy Erika Bakonykarszt Víz- és Csatornamű Rt., Veszprém*
- <http://www.microbialfuelcell.org/>
- www.newmango.com
- www.omsz.hu
- www.foek.hu/korkep/enhat/uzemanyagcella/uzemanyagcella.html
- www.energyagency.at/publ/pdf/amonco_ferreira.pdf