

# SZENERG 2017

## SZEGEDI ENERGIAGAZDÁLKODÁSI KONFERENCIA tanulmánykötete



Szerkesztette:  
Nagy Valéria  
Péter Szabó István

**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM, MÉRNÖKI KAR  
ENERGIAGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET, CSONGRÁD MEGYEI CSOPORT**

**Szeged, 2017**



## SZENERG 2017

A rendezvény szervezői:

Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Energiahatékonysági Szakosztálya (Budapest) és Csongrád megyei Csoportja (Szeged)

A rendezvény helyszíne:

6725 Szeged, Moszkvai krt. 9.

A rendezvény fő támogatója:



**A tanulmánykötet a SZEGEDI ENERGIAGAZDÁLKODÁSI KONFERENCIÁN elhangzott előadások tartalmi kivonatát tartalmazza.**

A tanulmánykötet elérhetősége:

<http://www.mk.u-szeged.hu/etecsmcs>

Technikai szerkesztő, olvasószerkesztő:

Nagy Valéria

© SZTE MK, ETE CSMCS

“Minden jog fenntartva.”

Kiadta:

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar – Szeged  
Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület, Csongrád megyei Csoport – Szeged

2017

ISBN 978-963-306-560-0

# TARTALOM

<b>ELŐSZÓ</b>	.....	3
<b>ZSEBIK ALBIN</b>	.....	4
Energetikai Szakreferenci feladatok értelmezése és végzése		
<b>ERDÉLYI LAJOS – ÁBRAHÁM NORBERT</b>	.....	11
Földalatti gáztárolók kitérő rendszereinek korszerűsítése az új gázminőségi szabályozás függvényében		
<b>HÖRÖMPÓ ZOLTÁN</b>	.....	14
Elektromobilitás a Dél-Alföldi régióban		
<b>MOLNÁR TAMÁS GÉZA</b>	.....	16
Depóniagáz kinyerése és energetikai hasznosítása a dél-alföldi régióban		
<b>VEZÉR ZSÓFIA – NAGY VALÉRIA</b>	.....	27
Napelemek a „Marson” – avagy megújuló energiaforrások alkalmazása az SZTE Mérnöki Karán		
<b>VECSERI ANDRÁS</b>	.....	36
Összetett tengelyhiba hatása a tengely-kapcsolóra és a teljesítményfelvételre		

# ELŐSZÓ

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Csongrád Megyei Csoportja első alkalommal 2009-ben rendezte meg a Szegedi Energiagazdálkodási Konferenciát (SZENERG). A nagy sikerű rendezvény története egy év múlva folytatódott, majd hosszú szünet következett. A 2017-es, harmadik SZENERG konferencia megszervezésével a fő célunk a rendezvény „újraindítása” volt. Biztunk benne, hogy a mozgalmas évet záró ETE Csongrád Megyei Csoport konferenciája ismét kiváló előadókat köszönthet az energetika és a kapcsolódó területek jeles képviselői – kutatói és ipari szakemberei – közül.

A Csongrád Megyei Csoport tevékenysége 2005-ös újjáalakulása óta kötődik a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karához. Ez a kapcsolat 2017-től még szorosabbnak mondható, így a Mérnöki Kar adott otthont az ETE CsMCs idei konferenciájának. Külön öröm számunkra az, hogy az eseményen a Kar több hallgatója is előadóként szerepelt, színvonalas kutatómunkájukat prezentálva.

A konferencia a várakozásainkat meghaladóan nagy létszámú szakmai közönségének egybehangzó véleménye alapján sikeres volt, számos területről hallhattunk érdekes és értékes előadásokat. Szándékunk szerint 2018-ban ismét megrendezzük a SZENERG-et. A 2017-es konferencia sikerességét mi sem jelzi jobban, mint az, hogy több előadó már most jelezte részvételi szándékát a jövő évi eseménnyel kapcsolatban.

Figyelmükbe ajánljuk a konferencia honlapján elérhető prezentációkat, illetve a konferencia lektorált tanulmánykötetének publikációit és várjuk Önöket 2018-ban is Szegeden!

S z e g e d, 2017. november

A SZENERG 2017 konferencia szervezői nevében:

Péter Szabó István, ETE CSMCS elnöke



**Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017**

## **ENERGETIKAI SZAKREFERENSI FELADATOK ÉRTELMEZÉSE ÉS VÉGZÉSE**

**ZSEBIK ALBIN**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,  
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék

1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 4-6.

[zsebik@energia.bme.hu](mailto:zsebik@energia.bme.hu)

### **BEVEZETÉS**

A jogértelmezés a jogalkalmazó mindenkori feladata és felelőssége. Emiatt kell különös figyelmet fordítani az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény és a hozzákapcsolódó rendeletek, köztük az általuk meghatározott energetikai szakreferensi feladatok értelmezésére is.

A konferencián ismertettem a szakreferensi feladatok szűkebb és tágabb értelmezéséhez kapcsolódó gondolataimat, valamint mintaként bemutattam néhány a szakreferensi feladatok tágabb értelmezése szerint végzett munka szemléltető ábráját.

### **IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

Az előadás témájához elsősorban a bizonyos vállalatok számára az energiavesztés-feltárást és az energetikai szakreferensek igénybevételét kötelezővé tevő, valamint az energiahatékonysági célokat szolgáló beruházás adókedvezményére vonatkozó [1] jogszabályok, az energiavesztés-feltárást és az energiagazdálkodási rendszer szabályait meghatározó [2] szabványok, valamint az energia-gazdálkodással, veszteségfeltárással foglalkozó [3], [4] szakirodalmak tartoznak.

A törvény és végrehajtásához kapcsolódó rendeletek jogszabályi keretet adnak a korábban gazdasági érdekből végzett energiagazdálkodási törekvéseknek, s feladatokat határoznak meg az érintetteknek. A szabványok és szakirodalmak az energiavesztés-feltáráshoz és energiagazdálkodás hatékonyságának növeléséhez kapcsolódó módszereket ismertetik.



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

### AZ ENERGETIKAI SZAKREFERENSI FELADATOK

Az energiahatékonysági törvény [1] célja többek között

1. a nemzeti energiahatékonysági célkitűzés teljesítéséhez szükséges egyes feladatok meghatározása és e feladatok végrehajtási feltételeinek biztosítása,
2. a végrehajtási időszakban országos szinten évi 1,5% mértékű új megtakarítást elérése – e kötelezettség teljesítéséről a Kormány szakpolitikai intézkedések által gondoskodik.

**Szakpolitikai intézkedés** pl. az energetikai szakreferens kötelező igénybevétele.

Szakreferensi feladatok **a törvény szerint:**

Az energiahatékonysági szemléletmód, a hatékony magatartásminták meghonosításának elősegítése. Ennek keretében a szakreferens

- a) **figyelemmel kíséri** a vállalkozás energiafelhasználásának változásait, az energiahatékonysági intézkedések megvalósítását, - ha auditori jogosultsággal rendelkezik, **az energiahatékonysági célokat szolgáló beruházási minőség igazolása** a Tao kedvezmény igénybeviteléhez,
- b) **jelentést ad** a vállalkozás számára,
- c) **közreműködik** az adatszolgáltatás elkészítésében, benyújtásában,
- d) **részt vesz** a vállalkozás alkalmazottai energiahatékonysági szemléletének kialakításában.

Szakreferensi feladatok **a Kormányrendelet szerint:**

- 1) Megfigyelőként és tanácsadóként **részt vesz**
  - a) a rendszeres energetikai auditálás lefolytatásában,
  - b) az EN ISO 50001 szabvány szerinti energiagazdálkodási rendszer kialakításában és működésének figyelemmel kísérésében.
- 2) **Javaslatokat fogalmaz meg** energiahatékony üzemeltetési és fejlesztési lehetőségekkel kapcsolatban.
- 3) **Gondoskodik** a végrehajtott energiahatékonysági fejlesztések, alkalmazott üzemeltetési megoldások által elért energiamegtakarítási eredmények kimutatásáról.

### A SZAKREFERENSI FELADATOK ÉRTELMEZÉSE

Tekintettel arra, hogy a jogértelmezés a jogalkalmazó mindenkori feladata és felelőssége, a szakreferensi feladatok értelmezése egyrészt a vállalat, mint megbízó vezetőjének, másrészt a szakreferensnek a feladata (és felelőssége).



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

A tapasztalat azt mutatja, hogy a gyakorlatban a feladatokat szűkebben és tágabban értelmezik.

Sok vállalat főlegesen kötelezettségnek tekinti a szakreferens igénybevételét, ezért minimális költség és időráfordítás érdekében úgy értelmezi és fogalmazza meg a szakreferensi feladatot, hogy munkatársainak az adatszolgáltatásra lehetőleg minél kisebb időráfordítása mellett készítse el a havi jelentéseit. Ilyen esetben előnyben vannak a szakreferensi tevékenységet is vállaló energiaszolgáltatók, mert számukra rendelkezésre állnak a fogyasztási adatok, amelyekből egyszerűen össze tudja állítani a havi fogyasztási adatokat, viszonylag könnyen tud belőle fajlagos értékeket képezni. A fogyasztási adatok kumulált értékei alapul szolgálnak a vállalatok éves adatszolgáltatásához is.

Az e fajta **szűkebb feladatértelmezés** esetén felmerül a kérdés, hogy vajon kellő mértékben fogja-e segíteni az országos célkitűzés megvalósítását, az energiahatékonyság növelése érdekében kifejtett jogalkotói szándékot.

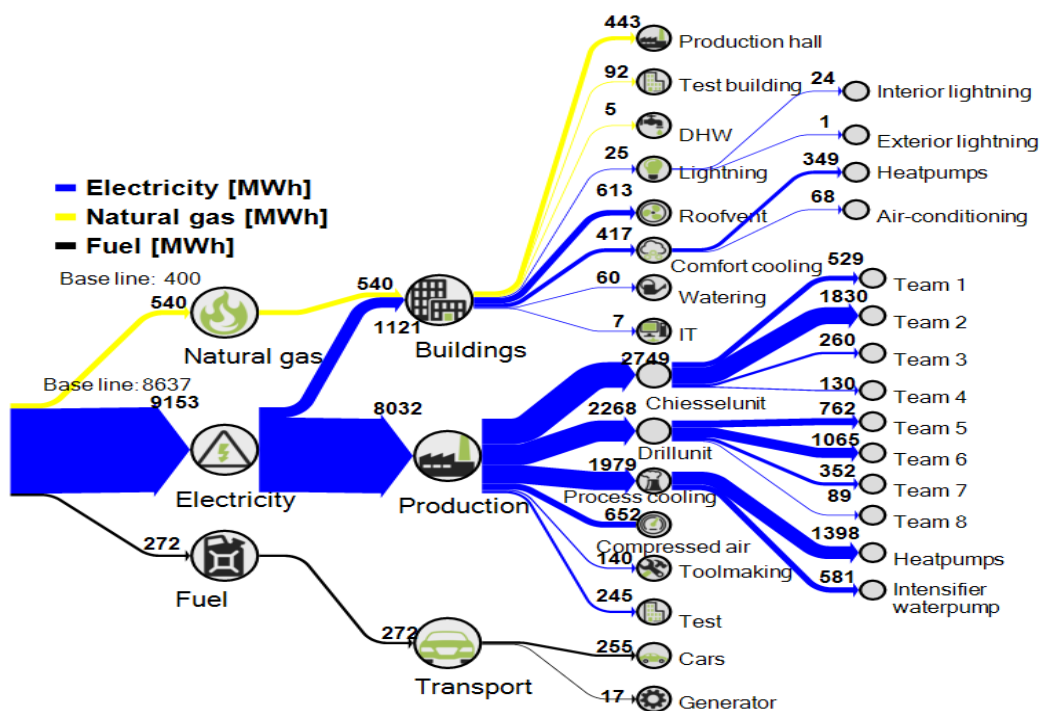
A vállalatok egy része a szakreferensi feladatokat **tágabban értelmezi**. Nem kötelezettségnek, hanem lehetőségnek tekinti a szakreferens igénybevételét. Ez esetben a vállalat szakemberei a szakreferenssel szorosan együttműködve elemzik az energiafelhasználást, keresik, kedvező esetben megvalósítják, majd értékelik az energiafelhasználás hatékonyságát növelő intézkedések eredményeit.

Az alábbiakban példaként a szakreferensi feladatok tágabb értelmezése szerint végzett tevékenységünk keretében készített néhány ábrát mutatok be.

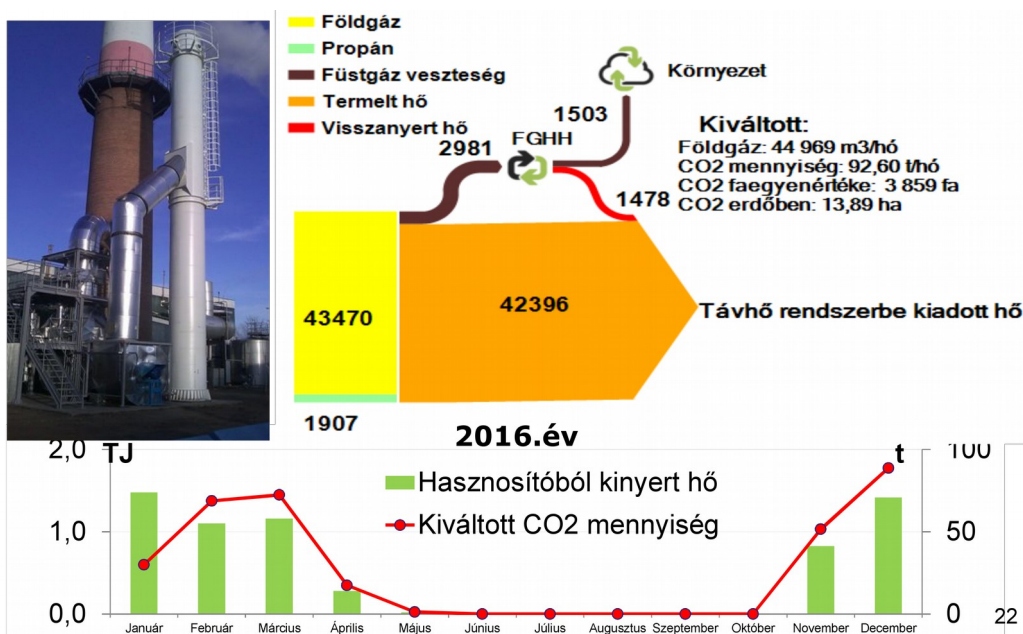
A kötelező adatszolgáltatás részterületeire (Épület – Building, Tevékenység – Production és Szállítás – Transport) bontott energiamérlegre mutat példát egy külföldi tulajdonú vállalat éves energiafelhasználásának energiaszámla ábrája (**1. ábra**). Az ábra megmutatja, mik a jelentős energiaszámlák, amelyekre a veszteségfeltárás során célszerű különös figyelmet fordítani.

A szakreferensnek havi jelentéseit úgy kell elkészíteni, hogy azok éves jelentésként véglegesítve feltölthetők legyenek a vállalat honlapjára. Nem egyszerű megtalálni, milyen adatok lehetnek egy honlapon a nagy nyilvánosság számára is elérhető adatok. Ilyen lehet például egy energiahatékonyság növelő intézkedésként utólag beépített füstgáz hőhasznosító és az általa elért megtakarítás bemutatása (**2. ábra**).

## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017



1. ábra Vállalat éves energiafelhasználásának energiafolyam ábrája



Forrás: Orbán T. és szerzőtársai: Füstgáz hőhasznosító létesítése a Rákoskeresztúri fűtőműben. Energiagazdálkodás, 2014. 3.sz.

2. ábra Utólag beépített füstgáz hőhasznosító eredménye





## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

Amint az feljebb ismertetésre került, a Kormányrendelet a szakreferens feladataként határozza meg, hogy vegyen részt az EN ISO 50 001 szabvány szerinti energiagazdálkodási rendszer kialakításában és működésének figyelemmel kísérésében. Az energiagazdálkodási rendszer fontos eleme az energiagazdálkodás tervezése. Ehhez vagy kiinduló adatként rendelkezésre áll, vagy éves, havi, heti, napi bontásban meg kell határozni a termelési tervet. A **3. ábra** egy vállalat 2016 évi termelés tervezését, a tervezésnél felvetődő kérdéseket szemlélteti. A különböző megfontolások (piaci viszonyok, várható megrendelések, rendelkezésre álló erőforrások) alapján a gyár termelési célértéke 5,82 millió darabban lett meghatározva. Ehhez kellett következő lépésként meghatározni a várható villamosenergiafelhasználást. Ezt a korábbi évek fajlagos energiafelhasználása és az országos 1,5%-os éves megtakarítási célérték figyelembevételével 8635 MWh/év értékben határoztuk meg.

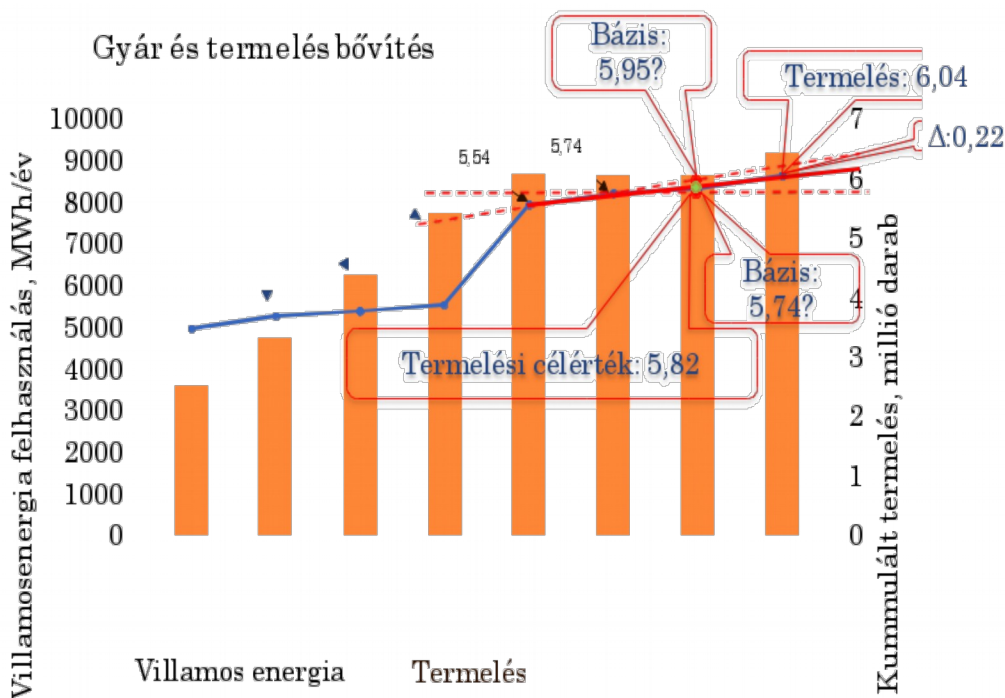
A **4. ábra** az energiafelhasználás értékelését szemlélteti. Az értékeléshez tartozik, hogy a termelés meghaladta a tervezett értéket. 5,82 millió darab helyett a termelés 6,04 millió darab/év volt. Tehát 0,22 millió darab/év-vel több mint a tervezett. A nagyobb volumenű termelést tükrözi az energiafelhasználás is. Kérdésként vetődik azonban fel, hogy a valós energiafelhasználás mennyire van összhangban a tervezettel, ill. mennyinek kellett volna lennie, a nagyobb terhelésre tekintettel. Ezt mutatja az ábra utolsó oszlopa. Ha az energiafelhasználás a kitűzött fajlagos célértékkel lett volna összhangban, az értéke 8951 MWh/év lett volna. Az értékelés eredményeként megállapítható, hogy az 1,5% éves energia megtakarítást a gyár nem tudta elérni. Az éves energiafelhasználás 316 MWh-val meghaladta a tervezett értéket. Tovább kell keresni az energiafelhasználás csökkentési lehetőségeket.

A jogszabályok nem nevesítik, de **fontos a szakreferens részvétele a karbantartási stratégiák kialakításában**, megvalósításának követésében.

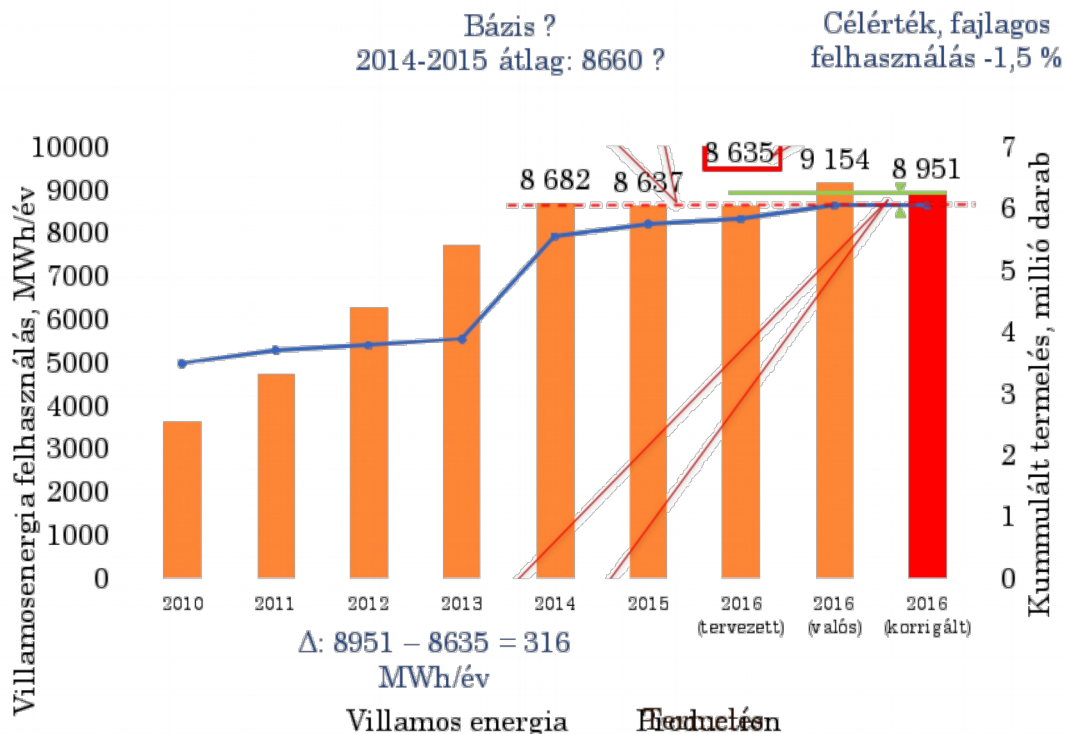
Nem mindegy ugyanis, hogy a vállalat az alábbiak közül melyik karbantartási stratégiát valósítja meg:

- Üzemelés meghibásodásig,
- Tervszerű megelőző (preventív) karbantartás,
- Állapotfüggő (prediktív) karbantartás (tudás alapú karbantartás),
- Megbízhatóság központú karbantartás (RCM),
- Kockázat alapú karbantartás (RBI&RBM).

### Szegei Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017



3. ábra Egy vállalat 2016 évi termelés tervezésének szemléltetése



4. ábra Egy gyár 2016 évi villamosenergia felhasználásának értékelése



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

Az előadás során példaként bemutattam egy projektlapot, amelyet az energiaveszteség-feltárást záró jelentéseinkhez mellékletként szoktunk csatolni. A Megbízóval egyeztetetten rangsorolt energiahatékonyság növelő intézkedések projektlapjai a javaslatok megvalósítására vonatkozó döntéseket is segítik. A projektlap e helyen történő bemutatásától terjedelmi okok miatt eltekintek, megtekinthető az „Energiagazdálkodásban” [5].

### ÖSSZEGZÉS

Az energiaveszteség-feltárássra szakosodott mérnökök jobbitó javaslataikkal az „Energiahatékonysági törvény” kidolgozása előtt is sok millió forintot takarítottak meg megbízóiknak. A veszteségfeltárás kötelezővé tétele mérnökök százait ösztönzi a szakosodásra, nyújt számukra munkalehetőséget, s az energia-megtakarításra tett és megvalósított javaslataikkal bizonyára sok sikerélményt.

A kötelezettség felértékeli a vállalati energetikusok és energetikai szakreferensek szerepét. A vállalatok külső szakértővel, vagy annak közreműködésével elvégez(tet)hetik cégük veszteségfeltárását, az ISO 50 001 minősítésre való felkészítést. Ez segítheti, eredményesebbé teheti munkájukat az energiagazdálkodás és a környezetvédelmi elvárások tekintetében.

Az energetikai auditálási kötelezettség felelősséggel is jár. A felelősség mind a vállalatvezetőket, mind a veszteségfeltárást, az energetikai szakreferensi feladatokat végző mérnököket terheli. Figyelni kell arra, hogy e tevékenység ne csak a törvény által előírt kötelezettségnek tegyen eleget. A javasolt intézkedések megvalósításával a kapcsolódó jogszabályok célkitűzésével összhangban járuljon hozzá a nemzeti energiahatékonysági célkitűzés teljesítéséhez, a vállalatok energiafogyasztásának és költségeinek csökkentéséhez.

### Irodalomjegyzék

1. 2015. évi LVII. törvény az energiahatékonyságról és a kapcsolódó rendeletek
2. EN ISO 16 247 szabványok és magyar nyelvű változatai
3. Magyar Energiagazdaság és Energiagazdálkodás szakfolyóiratok
4. Zsebik A.: Energiaveszteség-feltárás. Oktatási segédanyag, kézirat. Budapest, 2004. szeptember
5. Zsebik A.: Az energiagazdálkodás tervezése és értékelése, szakreferenci jelentések. Energiagazdálkodás, ISSN 0021-0757, 58. évf. 2017/1-2. pp. 3-8



Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

## FÖLDALATTI GÁZTÁROLÓK KITÁROLÓ RENDSZEREINEK KORSZERŰSÍTÉSE AZ ÚJ GÁZMINŐSÉGI SZABÁLYOZÁS FÜGGVÉNYÉBEN

<sup>1</sup>ERDÉLYI LAJOS – <sup>2</sup>ÁBRAHÁM NORBERT

<sup>1</sup>Magyar Földgáztároló Zrt.

1138 Budapest, Váci út 144 - 150.

<sup>2</sup>PETROLTERV Kft.

6722 Szeged, Tisza Lajos krt. 47.

<sup>1</sup>erdelyil@mfgt.hu; <sup>2</sup>abrahamn@petrolterv.hu

### BEVEZETÉS

2018-ban Magyarországon is érvénybe lép a 2015-ben Európai Unió szinten elfogadott EN 16726:2015-os szabvány, amely meghatározza a szállítórendszeren szállított, többek között a földalatti gáztárolókba betárolt és onnan kitermelt, az elosztórendszeren szállított és a felhasználók által felhasznált, H gázcsoportba tartozó gázok minőségi jellemzőit, paramétereit és azok határértékeit. Az MFGT által üzemeltetett hazai tárolók esetében (Hajdúszoboszlói FGT, Kardoskúti FGT, Pusztaedericsi FGT, Zsanai FGT) a szénhidrogén és vízhatárérték szigorítása indokolja a kitároló rendszerek korszerűsítését. Az eltérő tárolói technológiai rendszerekből és üzemi paramétereiből adódóan az új szabványelőírásokat más-más előkészítő technológiával lehet biztosítani.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Az MSZ EN 16726:2016 Szabvány (lásd későbbiekben Szabvány) a gázminőségre vonatkozó követelményeket fogalmaz meg, abból a célból, hogy lehetővé tegye a CEN (Európai Szabványügyi Bizottság) tagállamok között az egységes minőségű földgáz szabad áramlását, növelve ezzel az ellátás biztonságát, figyelembe véve a teljes értékesítési láncra gyakorolt hatását a gáz kitermelésétől a végfelhasználásig.

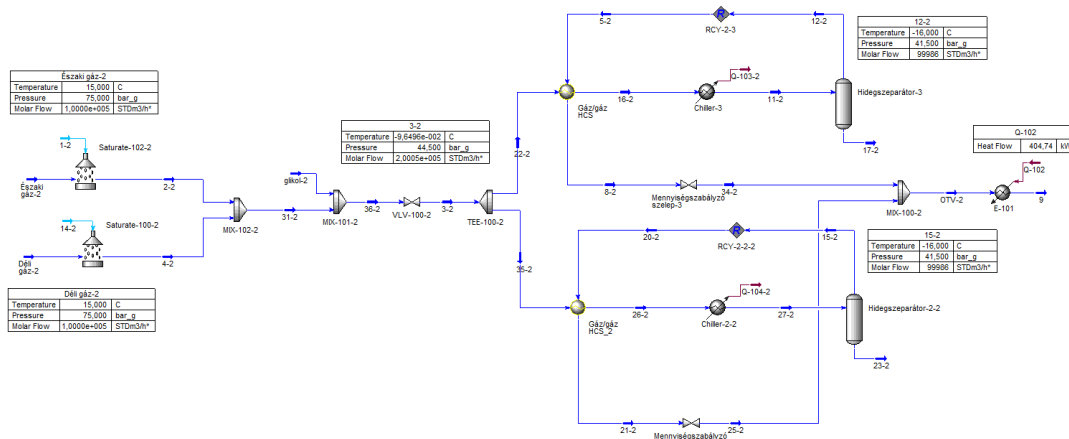
## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

Az MFGT által üzemeltetett hazai gáztárolók esetében (Hajdúszoboszlói FGT, Kardoskúti FGT, Pusztaedericsi FGT, Zsanai FGT) a kitaroló technológia elemeinek módosítása szükséges a Szabványban előírt szénhidrogén és vízharmatpont határértékek betartásához.

A tervezési feladat végrehajtása során első lépésben elemzés tárgyát képezte az üzemek jelenlegi paraméterek melletti működése. Ezt követően ún. rögzített üzemállapotok felhasználásával – amelyek lefedik a tároló működésének teljes tartományát – került felülvizsgálatra a tárolók teljesítőképessége.

A vizsgálatok elsődleges célparamétere minden esetben a gáz szénhidrogén és vízharmatpontja volt. A kitaroló rendszer teljesítőképességének értékelése azon az alapon történt, hogy a kiadott gáz minősége megfelel-e illetve milyen intézkedésekkel felel meg a Szabvány által támasztott követelményeknek.

A vizsgálat módszere elsősorban az. ún. folyamatszimulációs eljárás volt.



1. ábra Folyamatszimulációs szoftver felépítése

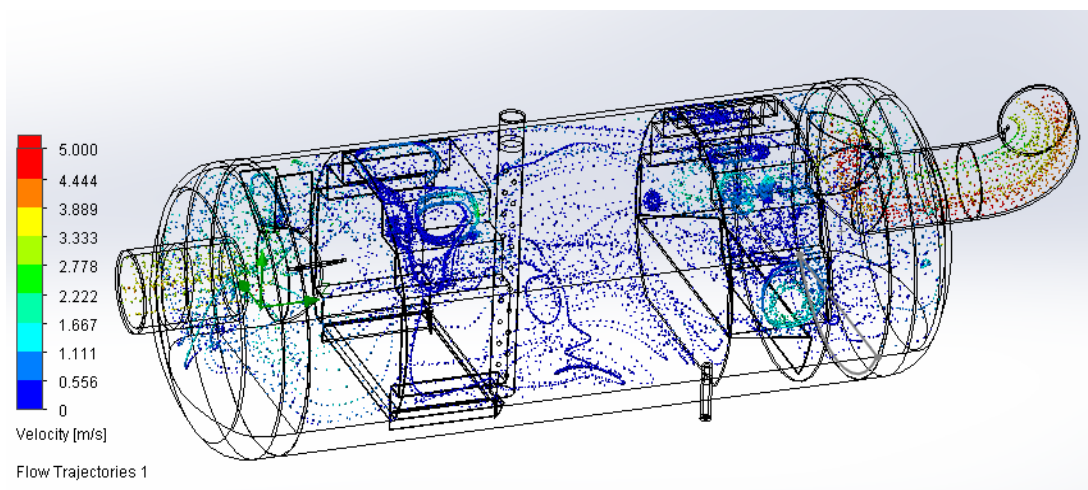
### EREDMÉNYEK

A vizsgálatok eredményeképpen lehetővé vált azoknak a paramétereknek és műszaki intézkedéseknek a meghatározása, amelyeknek a megvalósítása esetén a földgáztárolók az új gázminőségi követelményeknek meg tudnak felelni. A Hajdúszoboszlói és Kardoskúti FGT-n egy hidegszeparációs technológia kiépítése jelentene hosszú távú megoldást. A Pusztaedericsi

## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

FGT-n megállapítást nyert, hogy egy megfelelő hatékonyságú koaleszcer szeparátor beépítésével és a besajtoló kompresszorok léghűtőinek igénybevételével az előkészítés minősége javulni fog és az új EU szabványos követelmények teljesíthetőek. A Zsanai FGT-n a szükséges fejlesztés a következő elemekből áll: propános gépi hűtőkörök kapacitás növelése, a hidegszeparációs technológia központi elemének számító Cold Box egységek cseréje, az új hőcserélők megóvására a szűrőszeparátorok beépítése.

A SZENERG 2017 c. rendezvény bemutatásra került a tervek által elindított és folyamatban lévő projektek jelenlegi állapota, várható megvalósítása.



**2. ábra** Hidegszeparátorok áramlástanai vizsgálata

### ÖSSZEGRZÉS

Az MFGT által üzemeltetett hazai gáztárolók esetében a kitaroló technológia elemeinek módosítására több lehetőség is rendelkezésre áll, melyek elvégzésével hosszútávon biztosíthatók az új Szabványban előírt szénhidrogén és vízhatmátpont határértékek.



**Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017**

## **ELEKTROMIBILITÁS A DÉL-ALFÖLDI RÉGIÓBAN**

### **HÖRÖMPŐ ZOLTÁN**

Nemzeti Közművek Áramhálózati Kft.

6724 Szeged, Kossuth L. sgt. 64-66.

Horompo.Zoltan@nkm.energy

### **BEVEZETÉS**

A klímavédelem, illetve a fenntartható fejlődés követelményeinek való megfelelés, rendkívüli mértékben meggyorsította az elektromos energiával hajtott közlekedési eszközök fejlesztését, gyártását és elterjesztését. A Magyar Kormány felismerte hazánk elmaradottságát az elektromobilitás terén, és nagy ívű fejlesztési programot dolgozott ki, és indított el a Nyugat-Európai régióhoz való felzárkózás érdekében. Az elektromos gépjármű töltők telepítése és üzemeltetése terén számos jogi és technikai feladatot kell még a jogalkotóknak, üzemeltetőknek és a szolgáltatóknak megoldani.

### **IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

VET módosítási tervezet már tárgyalja a telepítendő töltők, üzemeltetői, szolgáltató szerepkörét és a töltőkön a villamos energia értékesítés lehetőségét.

### **ANYAG ÉS MÓDSZER**

Magyarország autó útjain ma kb. 3000 zöld rendszámmal rendelkező és 800 db tisztán elektromos gépkocsi közlekedik. Az országban telepített töltőberendezések száma kb. 80 db. A Magyar Kormány a Jedlik Ányos tervben fogalmazta meg a teendőket, az elektromobilitás elterjesztése érdekében. 2020-ig 1500 db töltőpont fog kiépülni, mely képes lesz kiszolgálni energiával, az előirányzott 20-25 ezer db elektromos hajtású gépkocsi parkot. Napjainkban már elindult és egyre gyorsuló ütemben halad, a töltőhálózat kiépítése és a tervezett elektromos gépjármű db szám elérése. A Nyugat-Európai intézkedésekhez hasonlóan a Kormány ösztönző rendszerrel segíti elő, az elektromos gépkocsik hazai elterjedését.



## **Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017**

A töltők telepítése kapcsán számos megoldandó kérdés került napvilágra pl.:

- Az elszámolói mérés elhelyezése.
- A csatlakozó belek méretezése.
- Felkészülés a folyamatosan fejlődő töltési megoldások kiszolgálására.
- Az otthoni, munkahelyi töltési lehetőség kialakítása.
- A töltők elosztói villamos hálózatra gyakorolt hatása.

### **EREDMÉNYEK**

A Dél-Alföldi régióban a tervek szerint 2017-2018 években megközelítően 100 db publikus töltési pont épül ki. Figyelembe véve a teljes Magyarországi töltőállomás programot az ország 2018 év végére elektromos gépkocsival átjárhatóvá válik.

### **ÖSSZEZGÉS**

Mindem bizonnyal, a közeljövőben az elektromos gépjárművek robbanásszerű elterjedésének leszünk a tanúi. Az elektromos gépjárműhajtással egy időben elterjednek az okos, önvezető gépkocsik, így várható a közlekedés teljes átalakulása. Az elektromos energia alapú közlekedés fejlődése, maga után vonja az elosztói elektromos energiahálózat átalakítását fejlesztését.

### **Irodalomjegyzék**

2007 évi LXXXVI törvény a villamos energiáról és annak módosítási tervezete





**Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017**

## **DEPÓNIAGÁZ KINYERÉSE ÉS ENERGETIKAI HASZNOSÍTÁSA A DÉL-ALFÖLDI RÉGIÓBAN**

**MOLNÁR TAMÁS GÉZA**

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Műszaki Intézet

6724 Szeged, Mars tér 7.

molnart@mk.u-szeged.hu

### **BEVEZETÉS**

Magyarországon az elmúlt években egyre nagyobb feladatot jelent a települési szilárd hulladék mennyiségének folyamatos növekedése, ami a lakossági fogyasztás következtében alakult ki. A nyugat-európai fogyasztói szokásokhoz való közeledés megváltoztatta a hazai vásárlási szokásokat, egyre több "egyszer használatos" áru kerül a háztartásokba. Magyarországon jelenleg mintegy 23 millió m<sup>3</sup> (4,5 millió tonna) települési szilárd hulladék keletkezik évente. Ennek 62%-a lakossági eredetű, a többi intézményeknél, szolgáltató egységeknél keletkező háztartási hulladékokkal együtt kezelhető hulladék. A mennyisége a gazdaság fejlődésével évente 2-3%-kal nő. A közszolgáltatás keretében begyűjtött települési szilárd hulladéknak 3%-át hasznosítják, az ártalmatlanítás jellemző formája a lerakás. 2012-re ez a hulladékmennyiség 5,4 millió tonnára növekedett. A lerakás mértéke 50%-ra csökkent, az újrahasznosítás viszont 24%-ra emelkedett. A hulladékgazdálkodásnak kulcs szerepe van a környezet minőségének, a természeti erőforrás védelmében, a környezeti biztonságérzet kialakításában egyaránt. A hulladékok rendezett lerakása során két alapvető káros tényező lép fel. Az egyik a csurgalékvíz, ami a hulladékokból szivároghatva szennyezi a talajvizet, a másik a szerves anyag bomlásából származó depóniagáz. Kiáramlása a környezetre káros hatással van, előidézi az üvegházhatást, kellemetlen szagot áraszt és robbanóképes gázelegyet is képezhet. A keletkező depóniagáz megfelelő és ellenőrzött kinyerésével, összegyűjtésével, hasznosításával környezetbarát állapotot lehet létrehozni. A hasznosítás garantálja a hulladéklerakó telep biztonságát és az aktív környezetvédelmi előírások betartását, mindemellett ésszerű energiatermelést valósíthatunk meg [3].



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

### IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A téma aktualitásának és jelentőségének szempontjai közül az egyik, hogy a képződött hulladék korszerű és az Európai Unió előírásainak megfelelő technológia rendszerek alkalmazásával energetikailag hasznosítható és a fosszilis energiát kiváltó alternatív energiaforrást tudunk használni villamos és hőenergia termelés céljára, ami gazdasági és környezetvédelmi előnyökkel jár. A hulladéklerakó telepen képződött depóniagáz energetikai hasznosítása több lépcsőben valósulhat meg. A kezdeti időszakban, ártalmatlanításról beszélhetünk, amikor gázfáklyában égetjük el a depóniagázt, ezzel megakadályozva a légkörbe kerülését. Amennyiben a depóniagáz mennyiségi és minőségi paraméterei lehetővé teszik akkor a hulladéklerakó telepen található szociális épületek fűtését és meleg vízzel való ellátását egy depóniagáz elégetésére alkalmas gázkazán segítségével tudjuk biztosítani. Az energetikai hasznosítás következő lehetősége a hulladéklerakó-telepre jellemző depóniagáz hozamra méretezett kogenerációs erőműben való alkalmazása, ahol villamos és hőenergia-energiatermelés is megvalósul. A másik szempont a környezetünk védelme céljából olyan intézkedéseket és technológiákat kell alkalmazni, ami szem előtt tartja a környezeti problémák minimalizálását [2].

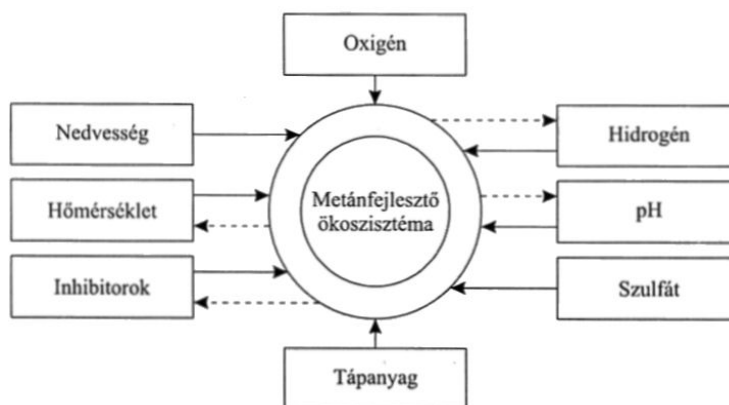
A hulladéklerakókba lerakott hulladék mennyiségétől, minőségétől (szerves anyag tartalmától), a lerakás módjától, technológiájától illetve a lebomláshoz szükséges környezeti viszonyok megléte mellett depóniagáz képződik. A 20/2006. (IV.5.) KvVM rendelet 1. sz. mellékletének 5.2. pontja szerint a képződött depóniagáznak az elvezetéséről és a hasznosításáról kell gondoskodni, amíg a mennyiségek lehetővé teszik [3]

A depóniagáz mozgása hulladékban és a talajban rendkívül összetett. A depóniatestben uralkodó nyomás a lebomlási folyamatok miatt magasabb, mint a légköri nyomás, az így kialakult nyomáskülönbségekből adódóan kidiffundál a hulladéktestből. A depóniagáz összetételét tekintve metán - ami energetikailag hasznosítható - és a szén-dioxid (inert gáz) keletkezik legnagyobb térfogatszázalékban.

A depóniagáz termelődését és a metánképződést befolyásolják a lebomlási folyamatokban részt vevő mikroorganizmusok élettani feltételei és fő abiotikus tényezői (1. ábra). Melyek [1] szerint a következők: tápanyagtartalom, hőmérséklet, nedvességtartalom, kémhatás, oxigén. Ezek alapján kijelenthető, hogy az anaerob biodegradációhoz kedvező feltételeket kell biztosítani.

## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

A mikroszervezetek számára az életfunkciók fenntartáshoz tápanyagra van szükségük, ami a sejt tevékenységükhöz szükséges energiátartalmat tudja biztosítani [14]. A tápanyag biztosítására a hulladékok szerves anyag tartalma gondoskodik, ilyenek lehetnek: növényi anyag vagy állati eredetű trágyafélék, élelmiszeripari melléktermékek és kommunális hulladékok, kommunális szennyvizek [1].



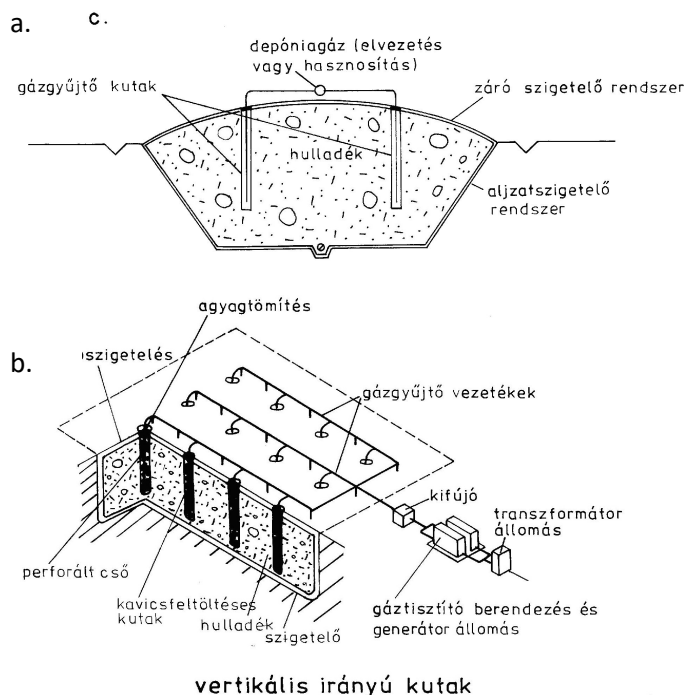
1. ábra A metán képződésére ható fő abiotikus tényezők [4]

A hulladék lerakása után elszaporodnak az anaerob baktériumok, a hőmérséklet 60-65°C-ra emelkedik, ami ártalmatlanítja a patogén, kórokozó baktériumokat. A hőmérsékleti maximum elérése után a hőmérséklet fokozatosan csökken, a környezeti hőmérsékletnél magasabb szinten [5]. A kommunális hulladéklerakókban képződő depóniagáz mennyiségének meghatározása a legproblematisabb, mivel a depóniagáz nem egyenletes ütemben termelődik, hanem hosszú évek, évtizedek alatt a lerakó életciklusának megfelelő intenzitással. A működő telepekre újabb és újabb rétegek kerülnek feltöltésre, a számítás így nem oldható meg egzakt módon. Egyedül csak a lezárt, ismert korú és összetételű térfogatú hulladéklerakóban lehet meghatározni a várható keletkező depóniagáz mennyiségeket [12]. A hulladéklerakóban lejároló bomlási folyamatok időben változnak, nagyobb részében anaerob körülmények uralkodnak, a hulladék reakcióidejét nehezen lehet meghatározni azt viszont, tudjuk, hogy a hulladékok bomlási folyamatai évtizedekig is eltarthatnak [11]. A bomlási folyamatok végét jelezheti a hulladéktest belsejében hőmérséklet és reakcióképesség csökkenése [10]. A hulladéklerakókban lerakott hulladék tömörödik, ami további problémákat okozhat a termelés meghatározásában, egy újonnan lerakott telepnél a hulladék tömörsége 0,2

## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

t/m<sup>3</sup>-re tehető, míg egy több évtizede működő lerakóban akár 1,5 t/m<sup>3</sup> is lehet, ebből adódik, hogy az egységnyi térfogatból kinyerhető biogáz mennyisége sem határozható meg pontosan [2]. A jelenleg lerakott hulladékból és következő években lerakott hulladékból is keletkezik depóniagáz, ezek alapján kijelenthető, hogy megközelítőleg annyi depóniagáz keletkezik évente, mint amennyi felhalmozódik. A depóniagáz elméleti potenciálja jó közelítéssel becsülhető egy adott ország esetében, ha ismert a lakosainak száma, szemétszállítás aránya, az egy lakosra jutó éves hulladék mennyiség, és a hulladék szerves anyag tartalma [3].

A hulladéklerakó telepi depóniagáz kinyerési eljárások lehetnek passzív és aktív gázellenőrző és mentesítő rendszerek. Az aktív gázgyűjtő (2.b ábra) egy hálózatosan elhelyezett csővezeték rendszerből épül fel, melyek lehetnek vízszintesek és függőlegesek és ezek kombinációja [13]. A passzív rendszer (2.a ábra) legnagyobb hátrányaként említhető, hogy a depóniagáz a gáznyomás hajtóerejével nyerhető ki a gázkutakból, ennek a termelékenységére elég alacsony. Olyan hulladéklerakóknál lehet alkalmazni, ahol a metán és szén-dioxid is nagy mennyiségben keletkezik.



**2. ábra** A passzív és aktív gázellenőrző-mentesítő rendszer vázlatja [13],  
a. gázgyűjtő kutak , c. Aktív gázgyűjtő rendszer függőleges kutakkal

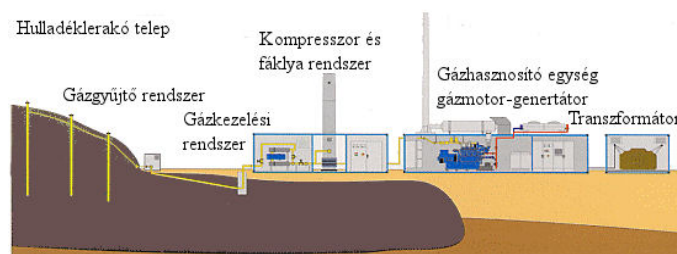
## ANYAG ÉS MÓDSZER

A hódmezővásárhelyi hulladékdepó és kiszolgáló létesítményei (3. ábra) az 1994-ben készített hatástanulmány adatait alapul véve mintegy 20 ha területen kerülnek kialakításra, a depóniák végső magassága 30 m, kapacitása 3,9 millió m<sup>3</sup> tömör hulladék, amely közel 50 évig biztosítja a térség kommunális hulladékának ártalmatlanítását, összesen 2.500.000 tonna hulladék (kommunális és olajos) helyezhető el az üzemelés során.



**3. ábra** Hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telep környezete és depóniagáz kinyerés technológiája, konténerház tartozékai [7]

A depóniagáz hasznosításának lehetősége megegyezik a földgázfelhasználásával, korlátja, hogy a felhasználás alkalmazkodni tudjon a depóniagáz termelés ritmusához. A depóniagáz energetikai hasznosítását a depóniagáz metántartalma határozza meg, ezek alapján a semlegesítés és hasznosítás lehetőségei a következők: gázmotoros hasznosítás  $CH_4 > 45\%$ , gázfáklyás égetés  $CH_4 > 25\%$ , biofilter  $CH_4 < 4\%$ , nem katalitikus oxidáció  $1,5\% < CH_4 < 30\%$  közötti tartományban, oxidáció 1,5 % alatt támasztó gáz hozzákeverése mellett [6]. A hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telep esetében a gázmotoros hasznosítás lehetséges, a depóniagáz képes kielégíteni a motorikus égés feltételeit, a minimum feltétel a depóniagáz metántartalma ( $CH_4 > 45\%$ ) [9].



**4. ábra** Depóniagáz kogenerációs erőműben történő hasznosítása Hódmezővásárhelyen [8]

## EREDMÉNYEK

A hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepen keletkező depóniagáz mennyisége és minősége lehetőséget ad energetikai hasznosításra. Az energetikai hasznosítás egyik lehetősége a telephelyen megtalálható szociális épület fűtési rendszerének energetikai hasznosításában rejlik, amíg a depóniagáz metántartalma és mennyisége nem teszi lehetővé a villamos energiatermelést. Amennyiben a mennyiségi és minőségi paraméterek rendelkezésre állnak, akkor a depóniagáz gázmotorban történő elégetésével villamos és hőenergia állítható elő (5. ábra). A szigetüzem előnye, hogy függetlenek vagyunk az országos villamosenergia-rendszerrel. Párhuzamos üzem esetén annyi elektromos energiát fejlesztettünk, amennyit a rendelkezésre álló biomassa lehetővé tesz, és a felesleget, eladjuk energiaszolgáltatóknak, a hazai energiapolitikai jogi szabályozás értelmében.



5. ábra Depóniagáz hasznosítás villamos energiatermelésre  
Hódmezővásárhelyen [8]

A kiserőműben 3 db gázmotor-generátor blokk kerül két ütemben telepítésre. Az első ütem 2005.12.31-én, illetve a második ütem 2007.12.31-én került kivitelezésre. A kiserőmű egész évben állandó teljesítményre szabályozott üzemre van tervezve ( $\cos\varphi \sim 0,98-1,00$ ) [8].

### Depóniagáz mennyiségének és minőségének változása a villamos energia termelésre

Vizsgálataim során a hulladéklerakóban keletkezett depóniagáz mennyiségének és minőségének változását és a megtermelt villamos energia mennyiségének eloszlás vizsgálatát végeztem el. A vizsgálati időszak minden hónapjában a képződött depóniagáz metántartalmának átlagát feltüntettem és a kitermelt depóniagáz mennyiségi értékeit havi illetve óránkénti eloszlásban mutatom meg a 3. táblázatban látszik, hogy az eltérések



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

jelentős különbséget mutatnak. A vizsgálati időszakban a depóniagáz átlag metántartalma 49,67%, ami a gázmotor üzemeltetéshez szükséges minimum feltételeket teljesíti, a kitermelt depóniagáz teljes mennyisége pedig 2.699.991 m<sup>3</sup>. A gázkinyerő rendszer havi illetve a teljes vizsgálati időszakra megvizsgáltam ennek az eredményei a következők, az összes csúcskihasználási óraszám 3913,83 h, ami ha a termelődött összes depóniagázzal összefüggésbe hozva átlag 69,32 m<sup>3</sup>/h depóniagáz kinyerés jelent. Ennek az értéknek a változás a hulladéklerakó környezeti viszonyai és a hulladéklerakón elhelyezett szerves anyag potenciállal változhat. A depóniagáz energiatartalmának meghatározása során a fűtőérték meghatározására nagy hangsúlyt kell helyezni [2. táblázat].

**2. táblázat** Depóniagáz minőségi paraméterei

<b>Alsó fűtőérték</b>	16 MJ/Nm <sup>3</sup>	Metán szórás V%	35-65%
	4,4 kWh/Nm <sup>3</sup>	Egyéb szénhidrogén V%	0%
	12,3 MJ/kg	Hidrogén V%	0-3%
<b>Sűrűség</b>	1,3 kg/Nm <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> V%	40%
<b>Felső Wobbe szám</b>	18 MJ/Nm <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> szórás V%	15-50%
	4,98 kWh/Nm <sup>3</sup>	N <sub>2</sub> V%	15
	13,84 MJ/kg	H <sub>2</sub> S ppm	< 100
<b>Metán szám</b>	> 130	H <sub>2</sub> S szórás ppm	0-100
<b>Metán V%</b>	45%	NH <sub>3</sub> ppm	5

A eredmények feldolgozása során az átlag depóniagáz metánkoncentrációjából adódik, hogy a depóniagáz fűtőértéke 17 MJ/Nm<sup>3</sup>, majd ennek a segítségével meghatároztam a depóniagáz energiatartalmát havi és teljes évre összesen 458,857 GJ az energia tartalma.

A kogenerációs rendszer éves energetikai hatásfoka 35,12%, aminek a segítségével meghatároztam havi illetve az éves összes villamos energia mennyiséget, 447,75 MWh felel meg.

A vizsgálataim és méréseim során a kogenerációs egység üzemóra adatait és a gázmotoros egység fogyasztás adatait a következő képen alakultak. A gázmotor átlagfogyasztása a teljes vizsgálati időszakban 41,93 m<sup>3</sup>/h, összes üzemóra míg működött a kogenerációs egység 6371,39 h volt.

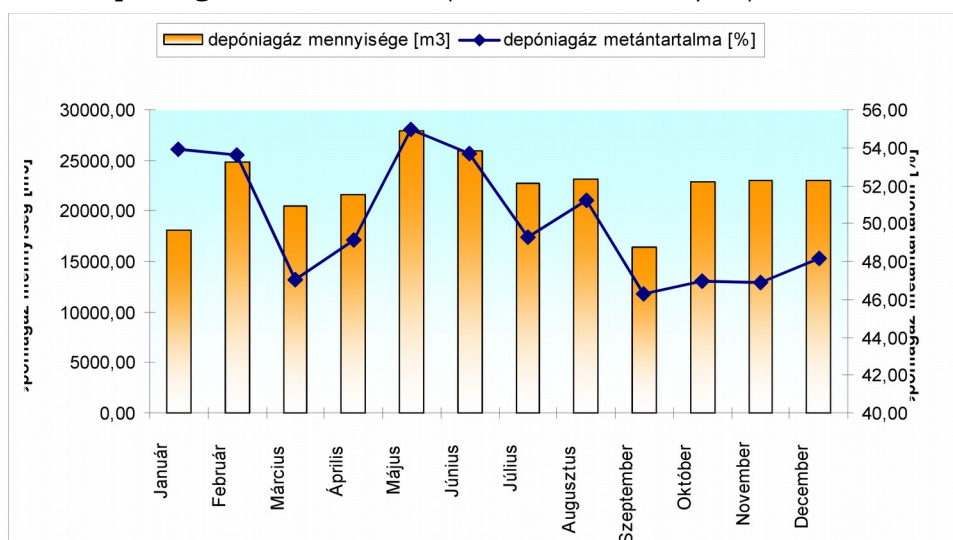
## Szegei Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

### 3. táblázat Hulladéklerakó telepen kinyert depónia-gáz mennyisége és minősége 2012-ben

Hónap	Depónia-gáz energiatar. [MJ]*	Villamos energia [MWh]	Gázmotor fogyasztás [m <sup>3</sup> /h]	Depónia-gáz CH <sub>4</sub> [%]	Depónia-gáz mennyisége [m <sup>3</sup> /hó]	Átlag hőm. [C°]	Depónia-gáz [m <sup>3</sup> /h]
Január	308557,00	30,16	41,04	53,91	18150,41	5,65	62,05
Február	420995,00	41,15	48,72	53,60	24764,41	5,83	73,75
Március	347083,00	33,93	47,95	47,05	20416,65	9,46	62,67
Április	366558,00	35,66	46,04	49,12	21562,23	13,41	66,91
Május	473607,25	46,07	49,29	54,92	27859,25	18,35	77,76
Június	441972,12	42,99	49,46	53,65	25998,36	22,17	76,63
Július	387113,00	37,84	36,78	49,24	22771,35	23,58	57,38
Aug.	393978,00	38,51	36,78	51,19	23175,18	23,09	79,76
Szept.	278931,00	27,27	36,78	46,30	16407,71	15,14	70,16
Október	388382,00	37,97	36,78	46,98	22846,56	11,38	69,90
Nov.	390970,25	38,03	36,77	46,89	22998,25	5,11	65,04
Dec.	390428,00	38,17	36,80	48,14	22966,35	0,82	69,81
Összesen	458857,62	447,75	41,93	49,67	2699916,7		69,32

\*Depónia-gáz fűtőértéke 17 MJ/Nm<sup>3</sup>=4,675 kWh/Nm<sup>3</sup>=13,06 MJ/kg

Május-Június a depónia-gáz kinyerés szempontjából a legkedvezőbb üzemeltetési szakasz [1. diagram], mivel ebben az időszakban az átlaghőmérsékleti értékek (18,35-22,17 C°) növekednek és kihatással vannak a depónia-gáz termelődésre (25998-27859 m<sup>3</sup>/hó).



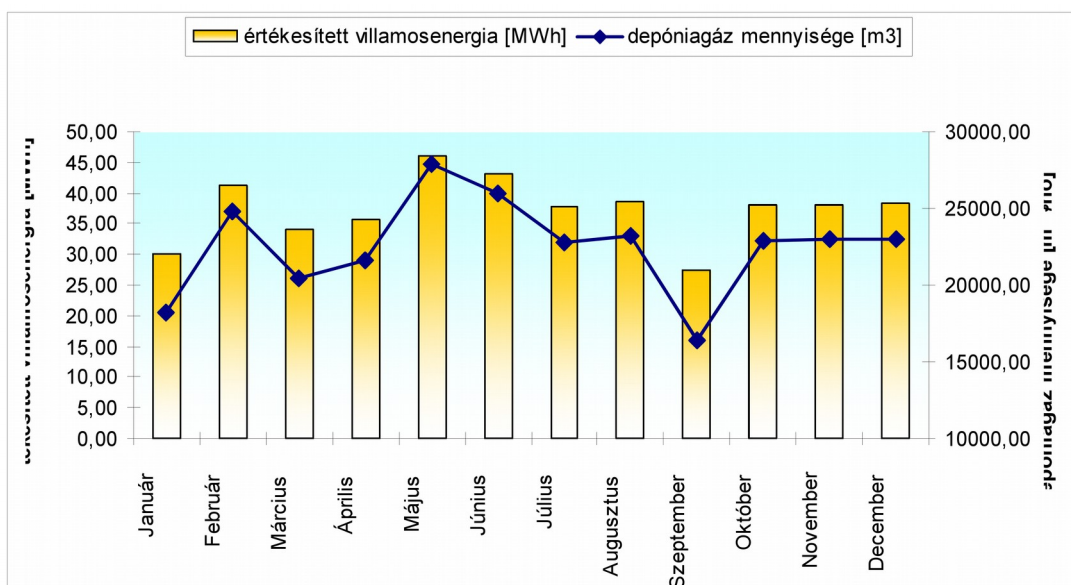
1. diagram Depónia-gáz mennyisége és metántartalma közötti összefüggések eredményei a hulladéklerakó telepen



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

A csúcskihasználási tényezők és a kedvező feltételek miatt az óránkénti depóniagáz kinyerés mennyisége eléri a 76,63-77,76 m<sup>3</sup>/h-t. Az átlaghőmérséklet hatása a hulladékban keletkezett depóniagázra egy lassú folyamat, mivel nagy a térfogat és idő kell annak felmelegedéshez.

A depóniagáz mennyiségének alakulása és a kogenerációs erőmű által megtermelt villamos energia eloszlását ábrázolom a 2. diagramban. A legkedvezőbb villamos energiatermelési időszak a május és június, amikor az értékesített villamos energia mennyisége 42,99-46,67 MWh. A legkedvezőtlenebb időszak villamos energiatermelés szempontjából január és szeptember, ekkor 30,16-27,27 MWh az értékesített villamos energia mennyisége. A diagram adataiból is jól látszik, hogy szorosan követi a villamos energiatermelés a depóniagáz mennyiségi paramétereit. Az október-november-december időszakban egy viszonylag stabil depóniagáz termelés mellett, közel állandó villamos energiatermelésről beszélhetünk, ezekben a hónapokban az értékesített villamos energia mennyisége 37,97-38,03-38,17MWh volt.



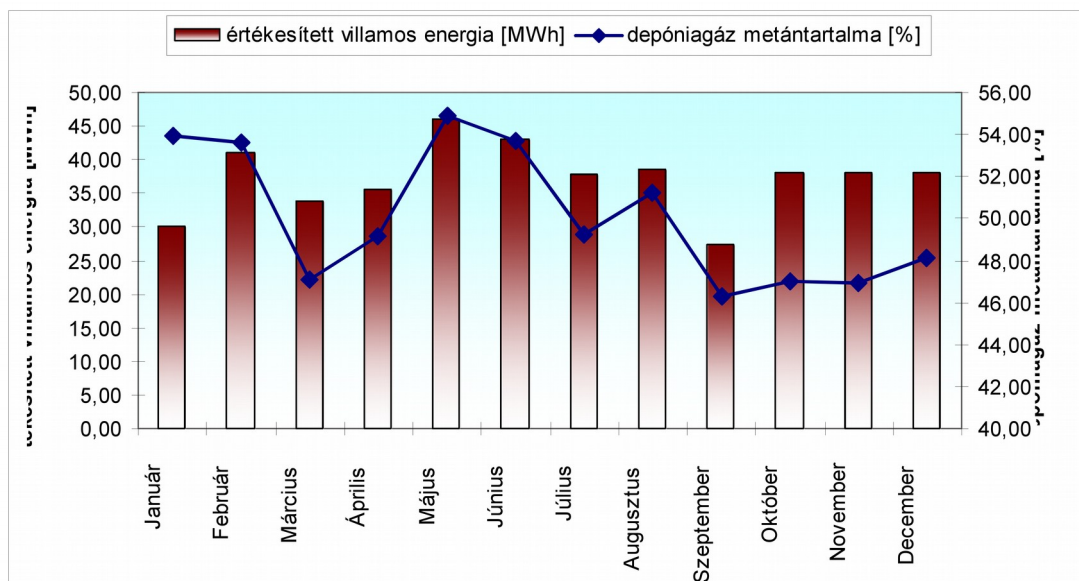
**2. diagram** Értékesített villamosenergia és a depóniagáz mennyisége közötti összefüggések eredményei

A depóniagáz metántartalmának alakulását és a kogenerációs erőmű által megtermelt villamos energia eloszlását ábrázolom a 3. diagramban. A legkedvezőbb villamos energiatermelési időszak a május és június ekkor a

## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

depóniagáz metántartalma szintén a legkedvezőbb üzemeltetési paraméterek mutatja 54,92-53,65% értéken változott.

Július és augusztus hónapokban a kedvező környezeti és mikrobiológiai feltételek miatt a depóniagáz metántartalma 49,24-51,19% között mozgott a megtermelt villamos energia mennyisége 37,84-38,51 MWh volt. A legkedvezőtlenebb időszak a villamos energiatermelés és a depóniagáz metántartalma között szintén januárban és szeptemberben mutatkozott meg, januárban az átlag metántartalom 53,91%, a villamos energiatermelés 30,16 MWh-ra csökkent, szeptemberben az átlag metántartalom értéke 46,30%-a megtermelt villamos energia csökkent 27,27 MWh-ra. Az október-november-december időszakban egy viszonylag stabil depóniagáz metántartalom 46,98-46,89-48,14% mellett, stabil villamos energiatermelésről beszélhetünk, ezekben az időpontokban értékesített villamos energia mennyisége 37,97-38,03-38,17 MWh volt. A diagram adataiból is jól látszik, hogy szorosan követi a villamos energiatermelés a depóniagáz metántartalmának változását.



**3. diagram** Az értékesített villamos energia mennyisége és a depóniagáz metántartalma közötti összefüggések eredményei

### ÖSSZEFOGLALÁS

A depóniagáz telepek jövőjét meghatározza a hulladéklerakó telepekre beérkezett szerves hulladék mennyisége és ennek a biológiailag lebontható



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

részaránya, amit törvényi előírások is szabályoznak. Jelen időszakban a törvényi kötelezettség miatt, a hulladéklerakó telepektől el kell irányítani a biológiailag lebomló hulladékokat, ez jelentősen ronthatja a kitermelési paramétereket, de a légkörbe való bejutását azonban meg kell akadályoznunk. A depóniagáz termelődés folyamatainak szabályozása nehéz feladat, mivel széles tartományban mozog a lerakott hulladék szerves anyag tartalma. Így nehezen határozható meg egy adott hulladéklerakóban a keletkezett depóniagáz mennyisége és minősége és ennek időbeli eloszlása. Így a hasznosítási lehetőségeket is nagymértékben befolyásolja egy adott régióknak a szerves anyag potenciálja, illetve a jellemző időjárási paraméterek, illetve a megválasztott depóniagáz kitermelési rendszer.

### Irodalomjegyzék

1. Bánhegyi I. (1993): Biológiai hulladékkezelés. Hulladékgazdálkodás (szerk.: Árvai J.), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 39-423
2. Bai A. (2005): A biogáz előállítása - Jelen és jövő, Szaktudás Kiadó Ház, Bp.
3. Barótfi I. (2000): Környezettechnika kézikönyv. Mezőgazda Kiadó, Budapest
4. Christensen, TH.H – Kjeldsen, P. (1989): Basic biochemical process in landfills Sanitary Landfilling (eds.: Christensen, TH.H. – Cossu, R. – Stegmann, R.) Academic Press, pp. 29-48.
5. Fenyes L. – Mátyás L. (1997): Új megoldások kutatása a megújuló energiaforrások hasznosítása területén. Biogáztermelés és hasznosítás. Jelentés, FMMI, Gödöllő
6. Hódi J. (2008): Depóniagáz, mint hasznosítható energia XVIII. Nemzetközi Köztisztasági Szakmai Fórum Szombathely, 2008. április 22-24.
7. Molnár T. (2002): Biogáz kinyerés és hasznosítás a hódmezővásárhelyi hulladéklerakó telepen, SZIE Gépészmérnöki Kar, Környezettechnika Tanszék Diplomamunka, Gödöllő
8. Molnár T. (2012): Környezeti hatások a depóniagáz mennyiségi, illetve minőségi jellemzőire SZIE- Gépészmérnöki Kar, Doktori Ph.D értekezés, Gödöllő
9. Meggyes, A. – Nagy, V. (2009): Requirements of the gas engines considering the use of biogases. In: Periodica Polytechnica ME, 53/1 pp. 27-31
10. Oweis, I.S. – Khera, R.P. (1990): Geotechnology of Waste Management Butterworths, p. 273
11. Raschke, C., 1987. Bodenverunreinigung durch Gasmigration. Stuttgarter Berichte zur Bfallwirtschaft, eitgemäße Deponietechnik, II, pp. 97-105
12. Szunyog I. (2008): Elméleti biogáz potenciál – Egy európai uniós kutatási projekt részeredményei, Miskolci Egyetem Kőolaj és Földgáz Intézet Gázmérnöki Intézeti Tanszék
13. Tchobanoglous, G. – Theisen, H. – Vigil, S. (1993): Integrated solid waste management Mc Graw-Hill Inc., p. 913.
14. Zehnder, ABJ. (1998): Biology of Anaerobic Microorganisms. John Wiley and Sons, New York



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

### **NAPELEMEK A „MARSON”**

**– avagy megújuló energiaforrások alkalmazása az SZTE Mérnöki Karán**

#### **VEZÉR ZSÓFIA – NAGY VALÉRIA**

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Műszaki Intézet

6725 Szeged, Moszkvai krt. 9.

vezer.zsofia@gmail.com; valinagy78@mk.u-szeged.hu

#### **BEVEZETÉS**

Magyarországon a napsütéses órák száma évente 2000 óra körüli, Szeged az évi 2412 [1] órájával büszkén nevezheti magát a Napfény városának. Ilyen módon a napenergia hasznosítása kézenfekvő a szegedi intézmények – közöttük az SZTE – számára. A Szegedi Tudományegyetem, mint „Zöld Egyetem” elkötelezett a megújuló energiaforrások iránt: a napenergia aktív hasznosítása (villamos energia előállítása napelemes rendszerekkel) valósul meg több épületegyüttesen is. Egy KEOP (Környezet és Energia Operatív Program) pályázat keretében az egyetem Mérnöki Karának is lehetősége nyílt 120 darab napelem táblából álló fotovoltaiikus rendszert kialakítani, ezáltal csökkentve az épület technológiájának fokozott energiaigényét. Közleményünkben ezt a működő napelemes rendszert mutatjuk be különös tekintettel a termelési adatokra és a jövőbeni fejlesztési, bővítési lehetőségekre.

#### **IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

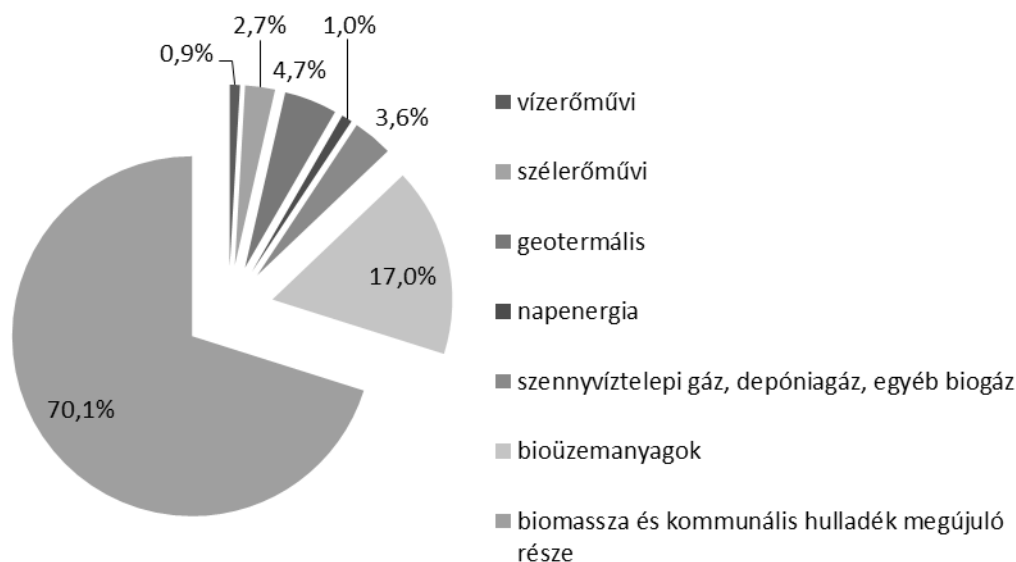
Napjainkban a világ villamos energia felhasználásának mértéke rohamosan növekszik és ennek következtében a levegőbe kibocsátott káros anyagok mennyisége is növekvő tendenciát mutat. A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) adatai szerint 2015-ben (tekintettel arra, hogy a 2016-os adatok majd csak 2017. november közepe után lesznek hozzáférhetőek) a világ energiafogyasztása több mint 9 milliárd toe volt, amiből a lakossági célú energiafelhasználás több mint 2 milliárd toe-t tett ki [2]. (Itt megjegyzendő, hogy 1 toe 41 868 MJ.) Hazánk összes primer energia felhasználása 1063 PJ [3], összes bruttó villamos energia felhasználása pedig a MAVIR ZRt. adatközlése szerint 43 749 GWh volt [4], ezzel párhuzamosan a szén-dioxid kibocsátás mértéke pedig 4 758 kg/fő volt 2015-ben [5]. Az évről évre



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

bevezetett, egyre szigorodó szabályozásoknak köszönhetően a káros anyag kibocsátás mérséklődik, és az Európai Unió forrásból támogatott beruházásokkal az energiafelhasználás is mérséklődik, a környezet védelme és az energiaellátás biztonsága érdekében egyre inkább előtérbe kerülnek a megújuló energiaforrások.

Az Európai Unió előírásainak megfelelően Magyarországnak a teljes energiafelhasználása legalább 13%-át kell megújuló energiákból fedeznie 2020-ig. A „Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési terve 2010-2020” c. dokumentumban [6] a vállalt cél 14,65%. Hazánk megújuló energia részesedése 2009-ben 7,3% volt [7], ami magában foglalta a nap-, szél- és vízenergiát, valamint a biomasszából előállított energiát is. Ez az arány 2015-re 9,1%-ra növekedett [8]. A Központi Statisztikai Hivatal 2015-ös adatai alapján készített 1. ábrán az látható, hogy Magyarországon a megújuló energiaforrások közül a többnyire hőenergia előállításra használt biomassza részaránya meghatározó, azonban a közvetlen villamos energia előállítás szempontjából a napenergiának van vezető szerepe. Ezt bizonyítandó, hogy az intézmények és a lakosság körében is egyre népszerűbb a napenergiát hasznosító, háztartási méretű kiserőművek (HMKE) népszerűsége.



**1. ábra** Megújuló energiaforrásokból és hulladékokból termelt primer energia megoszlása energiaforrások szerint 2015-ben [8]



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény értelmező rendelkezései szerint a „Háztartási méretű kiserőmű olyan – a kisfeszültségű hálózatra csatlakozó – erőmű, melynek csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton nem haladja meg az 50 kVA-t.” 2015-ben a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karának lehetősége nyílt a KEOP-2014-4.10.0/K pályázat keretében egy ilyen típusú fotovoltaikus rendszer kialakítására a Kar főépületének (Szeged, Mars tér 7., „A” épület) tetőszerkezetén.

A pályázat központi költségvetési szervek részére biztosított forrást energetikai célú beruházásra, miszerint: „Az Új Széchenyi Terv pályázatának általános célja a környezetünket kevésbé terhelő, megújuló energia alapú energiatermelés elterjesztése, a megújuló energiaforrásokon alapuló villamos energia szerepének növelése, és ezen keresztül a széndioxid-kibocsátás csökkentése.” A pályázat vissza nem térítendő támogatás formájában tette lehetővé sziget üzemű napelemes rendszerek, valamint a hálózatra csatlakozó napelemes rendszerek kiépítését. A pályázati felhívás szerint olyan 50 kVA csatlakozási teljesítmény alatti vagy az 50-500 kVA csatlakozási teljesítményű, hálózatra csatlakozó napelemes rendszer(ek) kialakítása támogatható, melyek célja a saját villamosenergia-igény részbeni vagy teljes közvetlen kielégítése.

Esetünkben a pályázat a megvalósított fotovoltaikus rendszer elemeit (napelemek, tartó eszközök, állványok, inverter, mérő- és szabályozó berendezések stb.) felszerelését, illetve kiépítését finanszírozta [9].

### **NAPELEMEK A „MARSON”**

A Szeged Mars tér 7. szám alatt álló épület adottságaihoz illeszkedően 120 darab napelem tábla lett telepítve a tetősíkbán. A 2. ábrán az épület látható, tetőszerkezetén a napelem panelekkel.

A rendszer fix rögzítésű napelemeket tartalmaz, melyek összteljesítménye 30 kW, ez háztartási méretű kiserőműnek (HMKE) felel meg. A telepített napelemek típusa Amerisolar AS-6p 30, mely 60 db 156x156 mm-es polikristályos cellából áll. Előlapja 3,2 mm vastag, alacsony vastartalmú edzett üveg, kerete eloxált alumíniumból készült, mely 2400 Pa szélterhelésnek vagy 5400 Pa hőterhelésnek is ellenáll.

## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017



**2. ábra** Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karának főépülete („A” épület)

A napelemek működési hőmérséklettartománya  $-40\text{ °C} - +85\text{ °C}$ , a maximális rendszerfeszültség  $1000\text{ V (DC)}$  [10]. Az 1. táblázatban az adott napelem típusra vonatkozó villamos adatok láthatók standard mérési feltételek (STC), vagyis  $1000\text{ W/m}^2$  besugárzás,  $25\text{ °C}$  környezeti hőmérséklet mellett.

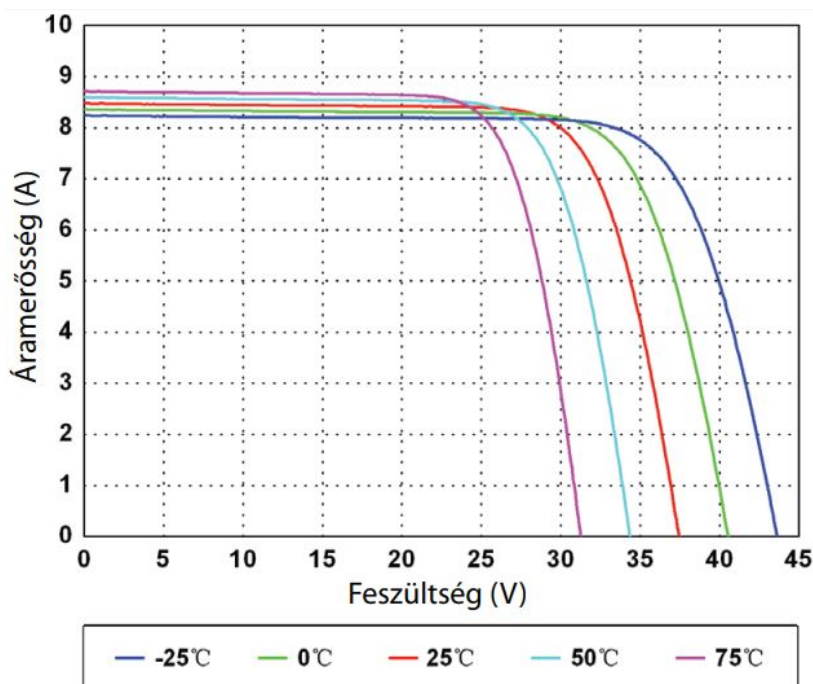
**1. táblázat** Villamos adatok standard mérési körülmények esetén

<b>Villamos adatok STC szerint:</b>	
Névleges teljesítmény ( $P_{\max}$ )	250 W
Üresjáratú feszültség ( $V_{oc}$ )	37,9 V
Rövidzárlati áramerősség ( $I_{sc}$ )	8,64 A
Feszültség max. teljesítmény esetén ( $V_{mp}$ )	30,1 V
Áramerősség max. teljesítmény esetén ( $I_{mp}$ )	8,31 A

A napelemes rendszer teljesítményét és élettartamát negatívan befolyásolhatja a nem megfelelően megválasztott telepítés helye és módja, a napelemek környezetében előforduló nagy mennyiségű por, illetve egyéb fizikai szennyeződéssel járó tevékenység, továbbá a tartós árnyék (felhős

## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

idő, hórétg), a besugárzás mértéke, a környezet hőmérséklete és a szélsőséges időjárási viszonyok. Ez utóbbi hatása látható a 3. ábrán, amely az áramerősség – feszültség görbék hőmérséklettől való függését mutatja.



**3. ábra** Áramerősség és feszültség a hőmérséklet függvényében

A napelem panelek 20 fokos vagy annál nagyobb dőlésszögű elhelyezése esetén esővíz által öntisztulók, különleges karbantartást nem igényelnek. Ha szükséges, erős vízszugárral és puha szivaccsal, vegyszerek nélkül tisztíthatók. Szemrevételezéssel évente meg kell vizsgálni, hogy a kötőelemek, kábelek és csatlakozók sérülés és korróziómentesek-e. Optimális körülmények között üzemeltetett napelemekre a gyártó 12 év termékgaranciát és 30 év teljesítmény-garanciát vállal, aminek keretén belül a napelemek teljesítménye 12 év múlva minimum 91,2%-a, 30 év múlva pedig minimum 80,6%-a lesz a névleges teljesítménynek.

A Szegedi Tudományegyetem rendelkezik olyan speciális monitoring rendszerrel, mellyel nyomon követhetők az egyetemi épületekre telepített napelemes rendszerek. Ennek segítségével az egyetemi energetikai

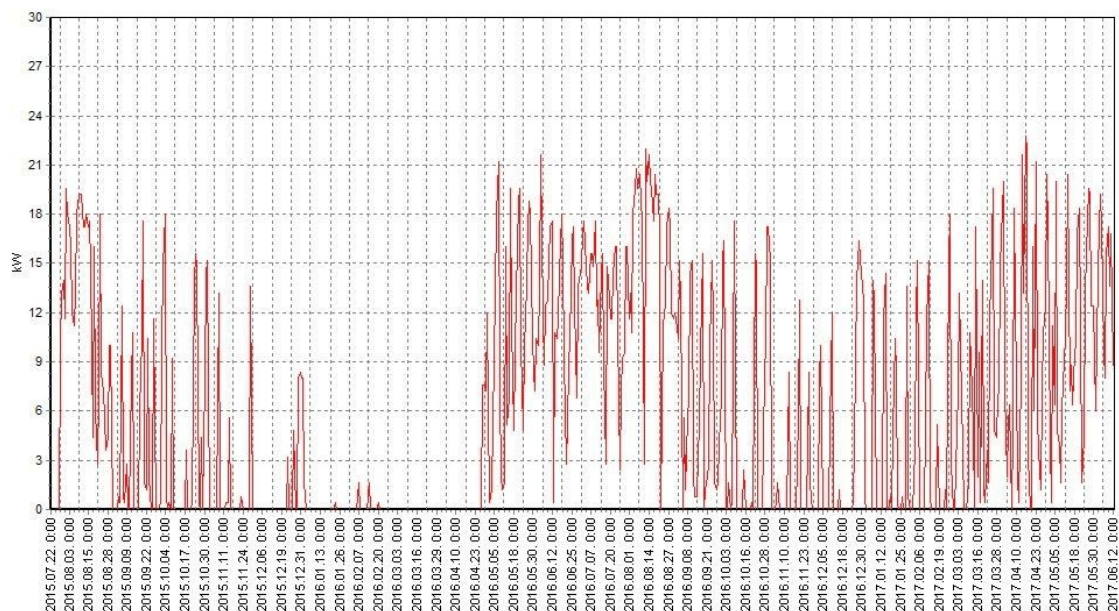




## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

szakreferens felügyeli és ellenőrzi a rendszerek működését, különös tekintettel az esetleges meghibásodásokra.

A 4. ábrán a Mérnöki Kar Mars téri épülete fotovoltaikus rendszerének teljesítményadatai láthatók 2015. július 22. (üzembe helyezés) és 2017. június 12. között. A legmagasabb értékek többnyire nyári időszakban voltak, de megfigyelhető, hogy a maximális érték 2017. áprilisában volt (22,8 kW). Az energiatermelés szempontjából elhanyagolható teljesítményeket pedig téli időszakban, illetve borús őszi/kora tavaszi napokon figyelhetünk meg. Az ábrán szintén megfigyelhetjük, hogy 2016 tavaszán a rendszer hibaelhárítási és karbantartási munkálatok miatt nem üzemelt.



**4. ábra** Teljesítmény adatok 2015. július - 2017. június időszakban

A 2. táblázatban a Mérnöki Kar Mars téri épületének villamos energia fogyasztása (a rendszer üzembe helyezésének időpontjától számítottan a termelt energia figyelembevételével) látható 2012 és 2016 között. Az éves összesítő adatok arról tanúskodnak, hogy a villamos energia fogyasztás csökkenő tendenciát mutatott már a fotovoltaikus rendszer beüzemelése előtt a Kar energiatakarékosságra irányuló törekvéseinek és intézkedéseinek köszönhetően. E tevékenységet erősítette a rendszer üzembe helyezése.

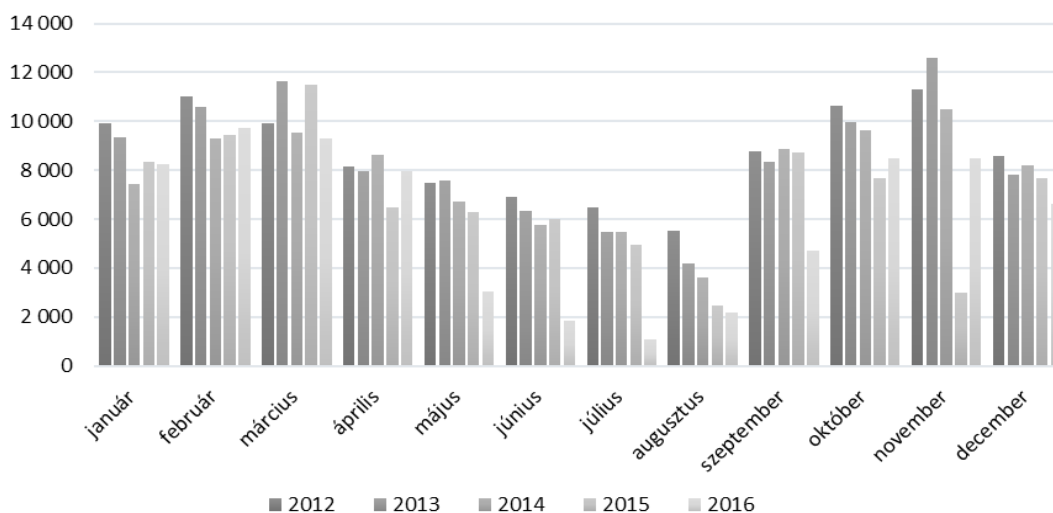
## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

**2. táblázat** Villamos energia fogyasztás 2012-2016

Villamos energia fogyasztás [kWh]					
év/hónap	2012	2013	2014	2015	2016
<b>január</b>	9 925	9 329	7 420	8 319	8 250
<b>február</b>	11 038	10 586	9 304	9 463	9 725
<b>március</b>	9 933,7	11 630	9 519	11 495	9 282
<b>április</b>	8 148	7 959	8 644	6 476	7 943
<b>május</b>	7 464	7 574	6 728	6 277	3 022
<b>június</b>	6 889	6 328	5 770	5 991	1 863
<b>július</b>	6 502	5 455	5 459	4 942	1 067
<b>augusztus</b>	5 521	4 198	3 608	2460	2 175
<b>szeptemb</b>	8 781	8 342	8 876	8 729	4 700
<b>október</b>	10 648	9 944	9 649	7 665	8 482
<b>november</b>	11 304	12 602	10 515	2 974	8 480
<b>december</b>	8 566	7 838	8 210	7 683	6 634
	<b>104 719,7</b>	<b>101 785</b>	<b>93 702</b>	<b>80 260</b>	<b>71 623</b>

Az 5. ábrán a fenti táblázat adatai hónapok szerint rendezve láthatók, ilyen módon jobban érzékeltetve a nyári és téli hónapok közötti különbségeket, illetve az évek során csökkenő fogyasztást.

Fogyasztás [kWh]



**5. ábra** Villamos energia fogyasztás 2012-2016



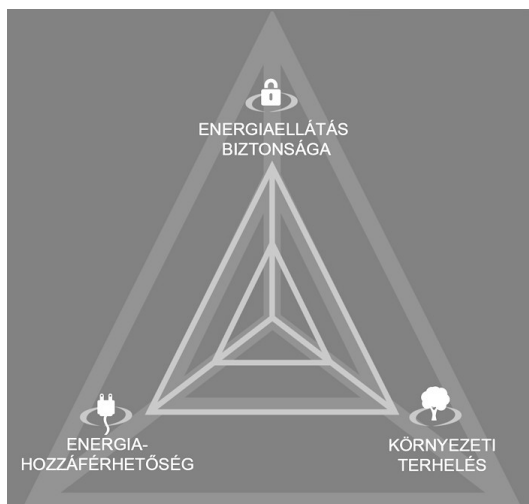
## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

### KITEKINTÉS

A jövőre nézve megfontolandó (az épület statikai teherbírásának, illetve a tájkarakter megváltozásának figyelembe vételével) a kiépített rendszer bővítése további napelem panelekkel, valamint WebBox eszköz csatlakoztatása a rendszerhez, mely kompakt és költséghatékony megoldás az adatok fogadására, rögzítésére, illetve igény szerinti továbbítására. A Mérnöki Kar ennek az eszköznek a segítségével naprakész adatokat kaphatna a rendszer állapotáról, ezáltal gyorsan kiszűrhetőek lennének az üzemi hibák és nem utolsósorban oktatási céllal a Kar hallgatói számára is elérhető lenne.

Az energetikai rendszerek (berendezések és folyamatok) fejlesztése napjaink egyik legfontosabb feladata, hiszen a hosszútávon is fenntartható, gazdaságos, megbízható és hatékony rendszerek kiépítéséhez már kiforrott technológiákra van szükség. Jelenleg kereskedelmi akadályokkal („zöld termékek” magas árai) és nehezen finanszírozható nagyléptékű projektekkel nézünk szembe, melyek megoldásához többek között szükség lenne innovatív szabályozásra és regionális kapcsolatokra is, valamint társadalmi szemléletformálásra és holisztikus szemléletre, ilyen módon új irányt vehetne az energiához – és ezáltal az energetikához – való közvetlen viszonyunk is.

A 6. ábrán látható „Energy Trilemma” jól szemlélteti azt a három pillért, melyek között szoros összefüggés van és egy adott ország energiaellátási politikájának fenntarthatóságát hivatott értékelni [11].



6. ábra „Energy Trilemma”



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

Az energiaellátás biztonsága, az energiához való hozzáférhetőség és környezeti terhelés alkotta hármas minden tagjának azonos mértékű kielégítése napjaink egyik legnagyobb kihívása, mellyel a társadalom szembenéz. Energiaipari innovációkkal, modern technológiai fejlesztésekkel és megfelelő szemléletváltással azonban az optimális megoldás felé haladunk.

### Irodalomjegyzék

1. [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_evkozi/e\\_met008.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_met008.html) (letöltés: 2017. 08. 23.)
2. <http://www.ng.hu/Fold/2016/03/04/Energiahatekonysagi-vilagnap> (letöltés: 2017.08.23.)
3. [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_qc001.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qc001.html) (letöltés: 2017.08.29.)
4. <http://www.mavir.hu/web/mavir/reszletes-havi-brutto-energi-adatok> (letöltés: 2017.08.31.)
5. [https://www.ksh.hu/thm/3/indi3\\_1\\_1.html](https://www.ksh.hu/thm/3/indi3_1_1.html) (letöltés: 2017.08.29.)
6. Magyarország Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terve 2020-ig, Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Budapest 2015.
7. <http://www.mekh.hu/eves-adatok> (letöltés: 2017.08.31.)
8. [http://www.ksh.hu/thm/3/indi3\\_1\\_2.html](http://www.ksh.hu/thm/3/indi3_1_2.html) (2017.08.31.)
9. <https://www.palyazat.gov.hu/doc/4371> (letöltés: 2017.08.31.)
10. <http://www.napelemkereskedes.hu/napelem/amerisolar/doc/AS-6P30-adatlap.pdf> (letöltés: 2017.09.05.)
11. World Energy Issues Monitor, World Energy Council, London, 2015



**Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017**

## **ÖSSZETETT TENGELYHIBA HATÁSA A TENGELYKAPCSOLÓRA ÉS A TELJESÍTMÉNYFELVÉTELRE**

**VECSERI ANDRÁS**

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Műszaki Intézet

6725 Szeged, Moszkvai krt. 9.

vecseri@mk.u-szeged.hu

### **BEVEZETÉS**

Egy vállalat egyik legfontosabb célja, hogy minimális költség ráfordítása mellett a kitűzött termelési feladatokat maradéktalanul teljesítse. A műszaki életben is egyre inkább előtérbe kerül a termelékenység, amelyet csak a kifogástalan állapotú gépek tudnak garantálni. A karbantartási rendszer folyamata csak diagnosztikai vizsgálatok segítségével biztosítható. Ezen vizsgálatok célja a megbízható üzemelési feltételek ellenőrzése.

A jelenkori ipari elvárások megkövetelik a hatékonyság növelését, a gépek műszaki állapota pedig jelentősen befolyásolhatja egy vállalat helyzetét a piaci versenyben.

A Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karán található speciálisan rezgéstani vizsgálatokra tervezett berendezés volt segítségemre méréseim során. Kísérleteim során különböző összetett tengelybeállítási hibákat matematikai, statisztikai elemzésnek vettem alá, valamint vizsgáltam az alkalmazott módszerek gazdasági hatásait.

### **IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

Egy üzem alapvető érdeke, hogy mind mennyiségben, mind minőségben kielégítse a vevők igényeit, a lehető legkisebb ráfordítás mellett. Az üzemfenntartás célja, a megbízhatóság, környezetvédelem, személyvédelem, gazdaságosság biztosítása. A karbantartási munkák segítségével az elhasználódási folyamat eltolható az időben. A modern diagnosztikai eszközök segítségével a berendezések szétszerelése nélkül tudunk következtetni az egyes alkatrészek állapotára.

A forgógépek beállítási problémái közé sorolható a tengelyhiba illetve a kiegyensúlyozatlanság. Ha az egyes gépeket tengelykapcsolóval kötik össze,

## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

akkor előfordulhat, hogy a tengelyek geometriai középvonalai nem esnek egybe, ezt nevezzük egytengelyűtlenségnek. Az ilyen tengelyhibák a csapágyakban nagyobb erőt, feszültséget hoznak létre, amelyek idő előtti kopást és nagyobb energiafelhasználást eredményeznek. A rezgésdiagnosztika párhuzamos, szög illetve összetett tengelyhibákat különböztet meg. A felsorolt hibáknak a rezgésspektrumokban sajátos tulajdonságai vannak, ezért azok diagnosztizálása viszonylag egyszerű.

A tengelyhibák kimérése minden esetben egytengelyűtlenség beállító készülékkel történik. Mindkét gép tengelyére egy-egy lézerradó-detektort szerelnek fel, melyek a lézersugár becsapódási helyét érzékelve határozzák meg a tengelyhiba mértékét.

A csapágyrezgések mérésénél az ütésimpulzus módszert alkalmaztam. Az eljárás során azok az ütközések kerülnek rögzítésre, amelyeket a gördülőelemek okoznak, miközben a csapágyak belső gyűrűinek hibáin áthaladnak. A csapágyak állapotfelmérését az SPM módszerrel végeztem el. A szakirodalom szerint a tengelybeállítási hiba nem befolyásolja a csapágyak állapotát, a kutatásaimban ezt a megállapítást is elemzem.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

#### Kísérleti berendezés

Az 1. ábrán látható gépegység egy háromfázisú aszinkronmotorból, egy bakcsapágyas szivattyúból és egy négyelemes gumidugós tengelykapcsolóból épül fel. A villanymotor csavarok segítségével mozgatható, így előre meghatározott módszeresen beállított tengelyhibákat tudtam generálni.



1. ábra Kísérleti gépcsoport

## Lézeres egytengelyűség beállítás

Mivel a gépegység kialakítása miatt nem tudtam lehetővé tenni a mérőegységek tengelyekre való felhelyezését, ezért a detektorokat a tengelykapcsoló egy-egy felére rögzítettem (2. ábra).



2. ábra Lézeres egytengelyűség beállítás

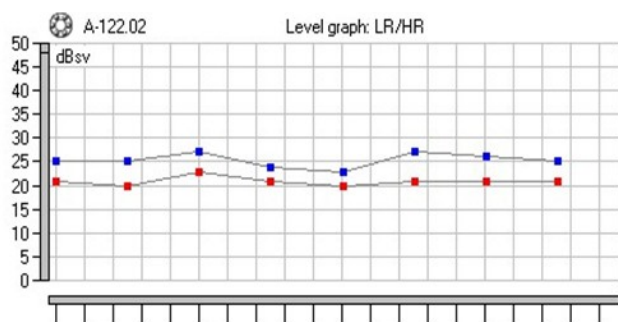
A készülék szoftverének meg kellett adni az egyes géprészek egymáshoz viszonyított távolságát, ezután a mérőfejeket 9 majd 3 órába forgattam. A forgatás során a készülék dőlésmérő órája meghatározta a tengelyek vízszintes illetve függőleges eltolódását. A függőleges állítást hézagoló alátétlemezekkel, a vízszintes korrigálást pedig a villanymotor talapzatán kialakított csavarok forgatásával oldottam meg.

## Rezgéstani vizsgálatok

Az SPM cég Leonova Infinity nevű mérőműszerével vizsgáltam tengelybeállítási hibák okozta csapágyrezgéseket. A gépegységen mérési pontok kerültek kialakításra, ezekre a helyekre menetes furatok készültek. A furatokba ütésimpulzus átalakítót illetve rezgésmérő-átalakítót helyeztem el. A mérések a Condmaster Nova szoftverrel kerültek kiértékelésre, amelyben a csapágyak különböző paramétereit is rögzíteni kellett.

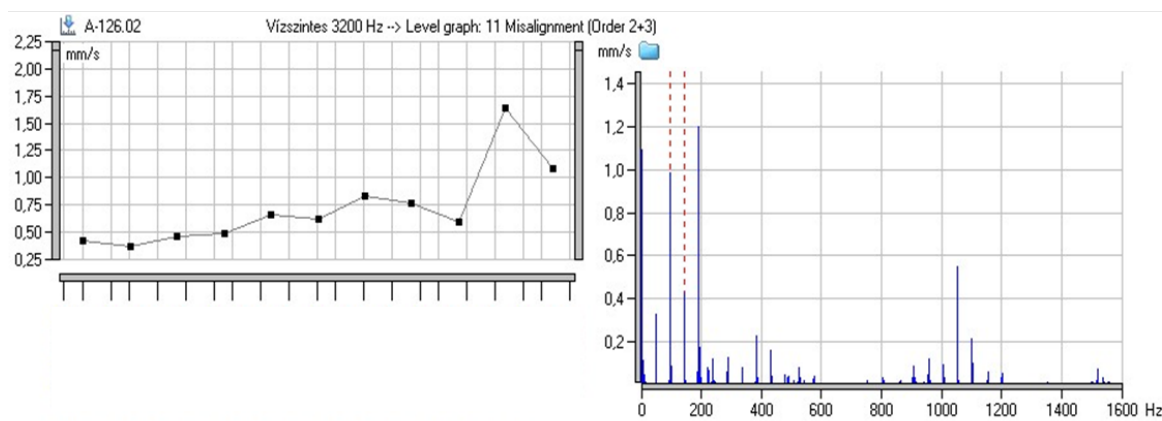
A 3. ábra a szivattyú egyik csapágyának állapotát szemlélteti. A szakirodalom szerint a tengelybeállítási hiba növekedésével a csapágyállapot nem változik, ezt a megállapítást megerősítem, mivel a dBsv abszolút skálaérték közel konstans értéket vesz fel [1].

**Szegei Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017**



**3. ábra** Szivattyú csapágynak állapota

A 4. ábrán a rezgéssebesség került ábrázolásra a tengelybeállítási hiba függvényében. Az ábra remekül szemlélteti, hogy a rezgéssebesség értéke kb. 0,2 mm-es párhuzamossági hiba felett erőteljesen növekszik [5].

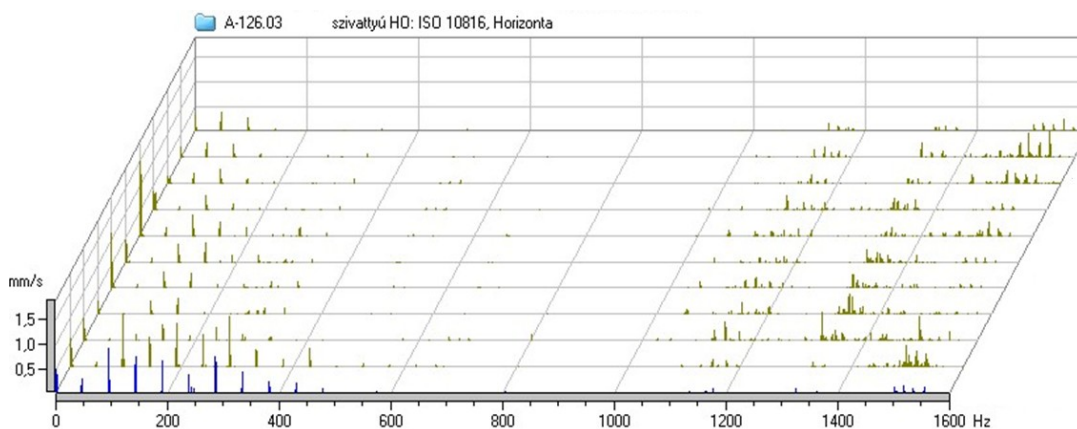


**4. ábra** Rezgéssebesség a tengelyhiba függvényében, illetve a hiba felismerése a rezgésspektrumban

A 5. ábrán egy ún. vizesés diagram található, amelyben egymás után kerültek ábrázolásra az egyes tengelyhibák. Az alacsony frekvencia értékeken megjelenő nagy amplitúdójú jelek a párhuzamos és szöghibákat jelölik [2], míg a magasabb frekvencia tartományban lévő jelek a villanymotor kalickarúdjait valamint a csapágynak gördülőelemeit ábrázolják [3], [6].



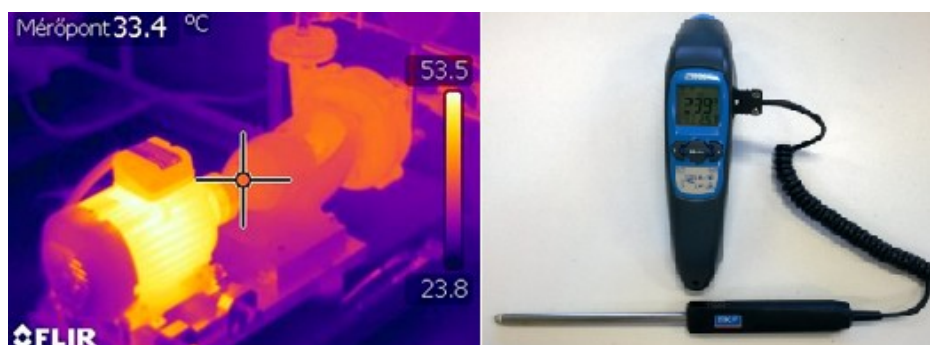
## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017



5. ábra Vizesés diagram az ISO 10816 szabvány alapján

### Hőmérsékletmérés

A 6. ábrán látható infra hőkamerával és tapintós hőmérsékletmérővel vizsgáltam minden egyes mérés elején és végén a csapágyházak hőmérsékletét. Mivel egy-egy rezgésmérés igen rövid ideig zajlott, ezért az eredmények hektikusak lettek, nagy lengések jöttek létre. Egyelőre nem sikerült egyértelmű következtetések levonni a tengelybeállítási hiba és a hőmérséklet között, ezért további mérések szükségesek.



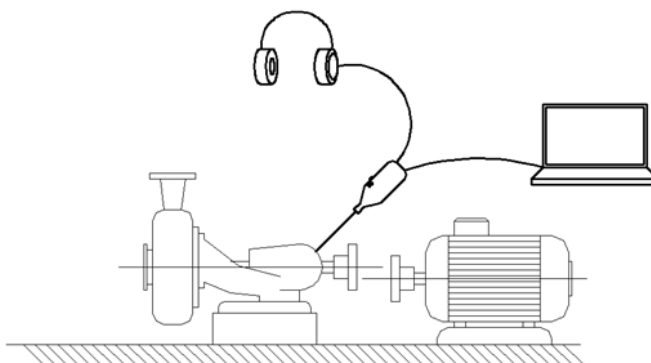
6. ábra FLIR T365 infra hőkamera és hőmérsékletmérő

### Zajvizsgálat

Minden mérésnél az SKF TMST2 elektronikus sztetoszkóp mérőműszer segítségével érzékelttem és rögzítettem a csapágyhangokat. Az egyes

## Szegei Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

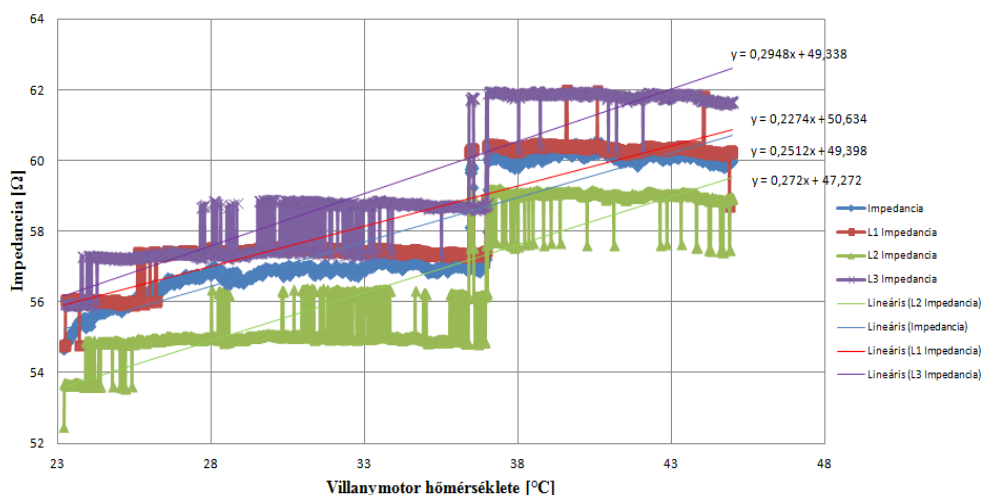
tengelyhibákhoz tartozó csapágyhangok összevágásra kerültek, így jól érzékelhető a csapágyakat érő terhelés növekedése (7. ábra).



7. ábra Hangfelvételi eljárás szemléltetése

### Teljesítményfelvétel

Minden egyes tengelyhibához tartozó mérésnél háromfázisú hálózat- és teljesítmény analízátorral mértem a hálózatról felvett teljesítményt. A tapasztalatok alapján a villanymotor üzemi hőmérséklete 45 °C körül van, ezért a későbbiekben ezt az értéket veszem figyelembe. A villanymotor hőmérséklete a mérések során folyamatosan emelkedett, ez befolyásolta az impedanciát [4].



8. ábra Impedanciák változása a villanymotor hőmérsékletének függvényében

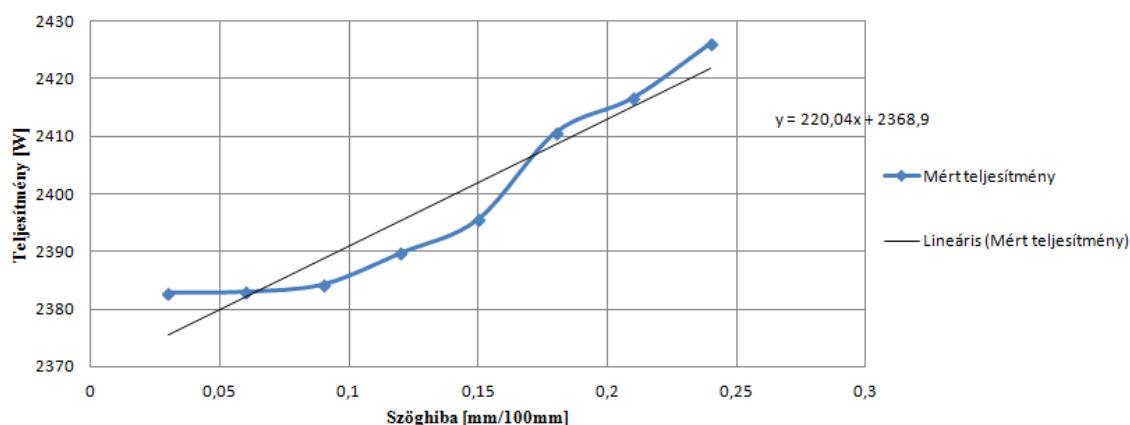


## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

A kísérleteim során nem azt szerettem volna érzékeltetni, hogy a hőmérséklet növekedésével hogyan változik a teljesítményfelvétel, hanem miként változik a hálózathoz felvett teljesítmény a tengelybeállítási hiba hatására. Ennek érdekében korrekcióra volt szükségem, mivel a villanymotor üzemi hőmérsékletre való felmelegítése sok időt vett volna igénybe. A 8. ábrának megfelelően a 45°C-os hőmérsékletre tartozó impedancia értéket alkalmaztam a teljesítmény kiszámításában.

### EREDMÉNYEK

A mérési eredmények alapján a tengelybeállítás és az általam alkalmazott diagnosztikai módszer gazdasági előnyei kialakításra kerültek. Esetemben összetett, másképpen kitérő tengelyhibákat vizsgáltam. Adott párhuzamossági hibák mellett folyamatosan változtattam az egyes tengelyek szögét is, így generálva összetett hibát (1. táblázat).



**9. ábra** A műszer által mért teljesítmény változása kitérő tengelybeállítási hibák során

A 9. ábrán kimért diagramon csak a szöghiba lett feltüntetve, mivel mindem mérésnél azonos párhuzamossági hiba lett generálva. Ha az állandó párhuzamossági hibán felül 0,03/100 mm szöghibát állítok be, akkor az további 0,27%-al növeli a hálózathoz felvett teljesítményt.



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

### 1. táblázat Kitérő tengelyhiba növelésekor számított teljesítményfelvétel változás trendvonal alapján

Kitérő hiba szög/párh. [mm]	L1 telj. [W]	L2 telj. [W]	L3 telj. [W]	Össz. telj. [W]	Trend telj. [W]	Telj. %	Telj. % változás
0,03/0,24	767,2	828,7	786,8	2382,8	2375,5	-1,8	0,27
0,06/0,24	773,3	878,3	731,3	2383,0	2382,1	-1,5	0,27
0,09/0,24	772,5	831,5	780,2	2384,2	2388,7	-1,3	0,27
0,12/0,24	766,3	837,1	786,1	2389,7	2395,3	-1,0	0,27
0,15/0,24	768,4	827,2	799,8	2395,5	2401,9	-0,7	0,27
0,18/0,24	809,1	830,5	770,8	2410,5	2408,5	-0,5	0,27
0,21/0,24	786,6	834,5	795,3	2416,5	2415,1	-0,2	0,27
0,24/0,24	799,6	834,8	791,3	2425,9	2421,7	0,0	0,27

Például egy 0,1 mm-es párhuzamossági hiba és egy 0,06 mm/100 mm-es szöghiba melletti tengelyállás összesen 3,2%-al több teljesítményfelvételt jelent a tökéletes egytengelyűséghez képest.

Ha ezt a többletenergiát átvetítjük egy 150 kW-os névleges teljesítményű ipari villanymotorra, akkor 4,8 kW-tal több teljesítményt vesz fel a hálózatról. Ha ezt a gépet évi 250 munkanapon keresztül, napi 3 műszakban, 40 Ft/kWh villamosenergia ár mellett üzemeltetjük, több mint egymillió forint többletköltséggel számolhatunk (1. képlet):

$$4,8[kW] \cdot 250[nap] \cdot 24[h] \cdot 40 \left[ \frac{Ft}{kWh} \right] = 1.115.200 Ft \quad (1)$$

### ÖSSZEGRZÉS

Kutatási célokként az egyetem diagnosztikai laboratóriumában található villanymotor és szivattyúból álló gépegység részletes rezgésdiagnosztikai vizsgálatát határoztam meg. Módszeresen beállított tengelyhibák mellett



## Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia – SZENERG 2017

elvégeztem a csapágyak rezgéstani vizsgálatát valamint elemeztem a tengelybeállítás gazdasági hatásait.

Az előre meghatározott diagnosztikai vizsgálatok segítségével az alkatrészek élettartama meghosszabbítható, az üzem energiafelhasználása hosszútávon csökkenthető. Ha a tengelyhibát nem korrigáljuk folyamatosan, akkor a fent említett plusz költség is többszörösére növekedhet, különösképpen, ha az üzemben több ilyen teljesítményű motor is működik.

A kísérletek során az energiamegtakarítás nagyobb jelentőségűnek adódott, mint a csapágyak élettartam növelése. A mérések azt is alátámasztják, hogy a berendezés szivattyújának csapágái cserére szorulnak. Véleményem szerint érdemes a rezgésdiagnosztikai ezen területével foglalkozni, mivel a gép beállításába fektetett többletmunka a gép élete folyamán többszörösen megtérülhet.

### Irodalomjegyzék

1. Dömötör F. et al.: Rezgésdiagnosztika I. kötet, Dunaújvárosi Főiskola Kiadói Hivatal, Dunaújváros, 2008, pp. 1-139; pp. 277-361
2. Dömötör F. et al.: Rezgésdiagnosztika II. kötet, Dunaújvárosi Főiskola Kiadói Hivatal, Dunaújváros, 2010, pp. 2-26; pp. 137-148
3. Nagy. I.: Műszaki Diagnosztika I., Delta-3N Kft., Paks, 2006, pp. 156-200
4. Tímár Peregrin L.: Villamos gépek zaja és rezgése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986, pp. 253-256
5. MSZ ISO 2372 Általános előírások forgógépek rezgéseiről és értékeléséről
6. MSZ ISO 10816 Mechanikai rezgések – a gép állórész rezgéseinek értékelése

