

HUHA 2 HULLADÉKÉGETŐ MŰ LÉTESÍTÉSÉNEK ÉRTÉKELÉSE BUDAPEST TÁVHŐELLÁTÁSÁBAN

EVALUATION OF THE ESTABLISHMENT OF HUHA 2 WASTE INCINERATION PLANT IN THE DISTRICT HEATING SUPPLY OF BUDAPEST

KOCSIS Kende

Megújuló Energiaforrások Szakirány
Energetikai Mérnöki Mesterképzési Szak
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Budapest, Magyarország
kende.kocsis@gmail.com

Abstract

Globally, 1.3 trillion tonnes of municipal solid waste are generated each year, equivalent to 180 kg per person per year. This is expected to rise to 2.2 trillion tonnes by 2025. In developed countries such as the European Union and the USA, this figure is significantly higher. According to the EU regulatory framework, the most efficient waste management methods are prevention, recycling and energy recovery. The worst option is landfilling of municipal solid waste due to space requirements, aesthetic and environmental impacts, and the release of unused methane from decomposition into the atmosphere. The GWP of methane is twenty-five times that of CO₂, making it a significantly bigger problem for global warming. In addition to environmental impacts, reducing energy dependency has recently become a major concern for European countries due to the Russian-Ukrainian war, which has led to severe gas price increases and security of supply problems. In the framework of this study, I have carried out an economic analysis of the establishment of a second incineration plant in Budapest, taking into account the evolution of international gas prices.

Keywords: Waste recovery, energy recovery, sustainability, payback calculation, gas prices

Kivonat

Világszerte éves szinten 1,3 trillió tonna települési szilárd hulladék termelődik, amely fejenként 180 kg/évet jelent. Feltételezhetően 2025-ig ez 2,2 trillió tonnára fog emelkedni. A fejlett országokban, mint az Európai Unió országaiban és az USA-ban ez az érték jelentősen magasabb. Az EU szabályozási rendszerének megfelelően a leghatékonyabb hulladékkezelési módszerek a megelőzés, az újrahasznosítás és az energetikai hasznosítás. Ebből adódóan egy második hulladékhasznosító mű telepítése Budapest városgazdálkodásában kiemelt jelentőségű lehet. A Budapesten termelődő 270 000 tonna/év települési szilárd hulladék jelenleg nagyrészt a pusztázásmori hulladéklerakóba kerül. A válogatás nélküli lerakás a legnagyobb környezetterhelést jelenti mind az elfoglalt terület, mind pedig a talajszennyezés szempontjából, ezért ellentétes az EU hulladékkezelési stratégiájával.

A tanulmány során ezen erőműhöz történő TSZH szállítás optimalizálását fogjuk elvégezni a minimalizált közlekedési, környezetszennyezési és gazdasági kiadási szempontok szerint.

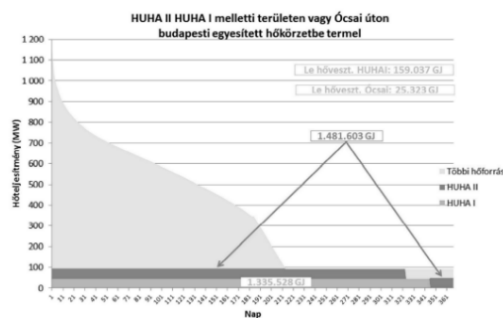
Kulcsszavak: Hulladékhasznosítás, energetikai hasznosítás, fenntarthatóság, megtérülési számítás, gázárak

1. HULLADÉKHASZNOSÍTÓ TELEPÍTÉSÉNEK FONTOSSÁGA

A tanulmány során a második budapesti hulladékhasznosító erőmű, azaz a HUHA 2 telepítését vizsgáltam. A HUHA 2 helyszínének a Főtáv korábban készített telepítési tanulmánya alapján Dél-Pesten az Ócsai út melletti területet választottam. [1] A telepítendő erőművet a telepítési területet jelenleg is ellátó Kelenföldi-, Kispesti- és Csepeli erőművekkel hasonlítottam össze gazdaságossági és megtérülési

szempontból. Ezen erőművek mind gázerőművek, emiatt az összehasonlítás alapja is gázerőmű volt. Magyarországon jelenleg a keletkező TSZH mennyiség nagy része hulladéklerakóba kerül, amely környezetvédelmi kérdéseket vet fel és ellene megy az Európai Unió szabályozásnak, így az energetikai alkalmazás mindenképpen kifizetődő tevékenység.

Az erőmű éves hulladékbefogadó képessége 230 000 tonna települési szilárd hulladék (TSZH), amelyet tovább lehet növelni egy előválogató beépítésével. A Főtáv számára készített dokumentációban kitérnek különböző hőközetekre való csatlakozás üzemviteli paramétereire, amelyek közül az egész Budapest távhőellátó való betáplálást vizsgálom a továbbiakban. Ezen állapotban az erőmű alaperőműként működve az év során szinte végig 55 MW kiadott hőteljesítménnyel és a hozzá tartozó 14,6 MW villamos teljesítménnyel üzemel, a továbbiakban én is ezekkel az értékekkel fogok számolni.



1. ábra: A HUHA 2 tervezett menetrendjének tartamdiagramja [1]

2. GAZDASÁGI ELEMZÉS

2.1. Beruházási költségek

Első lépésként a beruházási költségeket határoztam meg. A 2017 óta keletkezett tanulmány értékfelmérése óta nem készült újabb hasonló témájú értékelés, az erőműbe beépítendő elemek költsége pedig személyes ajánlat útján kerül megállapításra, így meghatároztam az infláció mértékét a tanulmány elkészültének pillanatában 2017 óta, amelynek értéke 25,5% lett. [2] Ezek után a módosított 2017-es beruházási költség árakat az infláció értékével beszoroztam és megkaptam a potenciális beruházási költségeket napjainkban.

2.2. Annuitás

A beruházási költségek meghatározása után annuitást számoltam a beruházásra, amelynek segítségével meg tudom határozni az üzemidő minden egyes évre levetített költségeket. Az annuitásszámításhoz az infláció értékét 7%-nak határoztam meg. Ennek oka az volt, hogy bár a jelenlegi infláció értéke meghaladja a 9%-ot 2022 májusában, nem reális ezzel az értékkel számolni a 20 éves üzemidő egészében. A nominál kamatláb értékét 5%-nak vettem fel. A beruházást felosztottam egy önrészes és egy hitellel fedezett részre, amelyeket ezután az inflációval korrigáltam a 20 éves időtartam alatt. Az így megkapott éves visszatérülést az infláció mértékében korrigálva az üzemidő minden évre meghatároztam. Ugyanezeket a lépéseket elvégeztem a beruházás önrészevel is (természetesen a hitelkamat nélkül), majd a kapott értékeket minden évre összegeztem és ezáltal megkaptam minden egyes évre az összesített annuitást. A beruházáshoz 2,5 milliárd forint önrész van, amelyet a beruházó szolgáltatna. Ezen felül 50 milliárd forintot szolgáltatna a Főváros beruházási összegként, a maradék, fennmaradó összeget hitelfelvétellel kell fedezni, vagy önrészből.

2.3. Állandó és változó költségek

Az állandó költségek meghatározásánál hasonló logikát követtem, mint a beruházási költség meghatározásánál, az inflációt figyelembevételével módosítottam a legtöbb költséget, mint a karbantartás, munkaerő bér stb. A változó költségek esetében már egy lépéssel bonyolultabb volt a helyzet, mivel az energiaárakat nem lehetett ez alapján megadni.

A szállítási költség esetén az üzemanyagárak változása alapján számoltam ki a költségeket, az elektromos energia bevételeinél a HUPX adatai alapján a jelenlegi európai piaci árakkal számoltam, amelyek a tanulmány készítésének időpontjában 265 €, ami 380 Ft/€ -os valutaátváltási árfolyam mellett 100 700

Ft/MWh. A CEEGEX adatai alapján meghatároztam a nemzetközi gázarat, amely 96 €/MWh, ami 37 240 Ft/MWh-nak felel meg.

2.4. CO₂ kvóta költségeinek meghatározása

A CO₂ kvótaárakat az összes termelt energia alapján számítottam ki.

$$C_{CO_2} = \frac{(E_{hő,elad.} + E_{villany,elad.}) * \frac{\dot{m}_{TSZH}}{10^6}}{\eta_{tszh,kapcsolt}} * p_{CO_2}$$

Ahol:

- C_{CO_2} = a CO₂ kvóta ára [Ft]
- $E_{hő,elad.}$ = évente eladott hőenergia [kWh/év]
- $E_{villany,elad.}$ = évente eladott villamos energia [kWh/év]
- $\dot{m}_{TSZH}$ = a TSZH tüzelés fajlagos CO₂ kibocsátása [g/kWh]
- $\eta_{tszh,kapcsolt}$ = a HUHA 2 kapcsolt energiatermelés hatásfoka [-]
- p_{CO_2} = CO₂ kvóta ára [Ft/t]

A kvóta költségének meghatározásához először is tudnunk kell, hogy mennyi a TSZH tüzelés fajlagos kibocsátása.

$$\dot{m}_{TSZH} = \frac{(1 - \alpha) * f_{TSZH,tömeg}}{F}$$

Ahol:

- α = klímasemlegességi arányszám [-]
- $f_{TSZH,tömeg}$ = TSZH fajlagos CO₂ kibocsátása tömegarány szerint [tonna(CO₂)/kg(TSZH)]
- F = a TSZH fűtőértéke [MJ/kg]

Az klímasemlegességi arányszám értéke a magyar szabályzások alapján $\alpha = 0,5$. Az alfa megadja, hogy az erőmű által termelt energia hányad része számít megújuló forrásból származó energiának, ami így mentesül a CO₂ kvóta árak és kibocsátás alól.

A fajlagos tömegarány szerinti CO₂ kibocsátás a CEWEP reportja alapján $f_{TSZH,tömeg} = 0,9$ tonna(CO₂)/kg(TSZH) [3] Ha a TSZH fűtőértékét 8 MJ/kg-nak feltételezzük, akkor a fajlagos CO₂ kibocsátás értéke $\dot{m}_{TSZH} = 202,5$ g/kWh lett.

Ezek után már meg tudjuk adni a korábban kiszámolni kívánt kvótaköltségeket. A kvóta ár jelenleg 19 760 Ft/tonna(CO₂). Ez az érték az 5 évvel ezelőtti adatokhoz képest jóval magasabb (2017-ben 5000 Ft), és jelenleg exponenciális tendenciát mutat a növekedése. A kvótaköltség a TSZH-ra 2 806,86 millió forint lett évente. A HUHA 2 kapcsolt hatásfoka az előre megadott villamos- és hőkiadási teljesítmények alapján 80,9 %, amelyben 63,9%-os a hőkihozatali és 16,9%-os a villamos kihozatali hatásfok. [4][5]

A földgáztüzelésű erőművek CO₂ kvóta költségét ugyanilyen logika mentén lehet megkapni, a gázturbinás erőművek kapcsolt hatásfokát 0,8-nak vettem.

A földgáz fajlagos CO₂ kibocsátását egy szöchiometriai egyenlettel és a fajhő segítségével számítottam ki. A számítások alapján a gáz fajlagos kibocsátása 198 g/kWh. A HUHA 2 CO₂ kibocsátása magasabb lenne, mint a gázturbinás erőművéké, a különbség mértéke meghaladja a 20 000 tonnát évente. A valóságban a TSZH égetésnek csökkenne a CO₂ kibocsátása, ha beleszámolnánk a lerakás során felszabaduló depóniagáz mértékét, ám ezzel nem foglalkozik jelen tanulmány.

2.5. Nettó jelenérték és megtérülési idő

A nettó jelenérték számítás során két esetet vizsgáltam: az első esetben a beruházás önerőből valósulna meg, a második esetben pedig 50 milliárd forint támogatással, illetve felvett hitellel a 2,5 milliárd forint önrészen kívül. A számítási módszer a következőképpen néz ki:

$$NPV = \sum_n \frac{I_{nettó}}{(1+r)^n} - C_{beruházás}$$

Ahol:

- NPV = nettó jelenérték [Ft]
- $I_{\text{nettó}}$ = éves nettó bevétel [Ft]
- r = infláció [-]
- $C_{\text{beruházás}}$ = beruházási költség [Ft]

Az NPV érték nullával egyenlítése esetén ($NPV=0$) ki tudjuk számítani a megtérülési időt. A hitelfelvétel esetén az éves törlesztőrészek nettó jelenértékeire vetített értékét ki kell vonni a profitokból, ennek kiszámítása a következő módon történt:

$$NPV_{\text{hitel}} = \sum_n \frac{\frac{C_{\text{hitel}} * (1 + THM)^n}{m}}{(1 + r)^n}$$

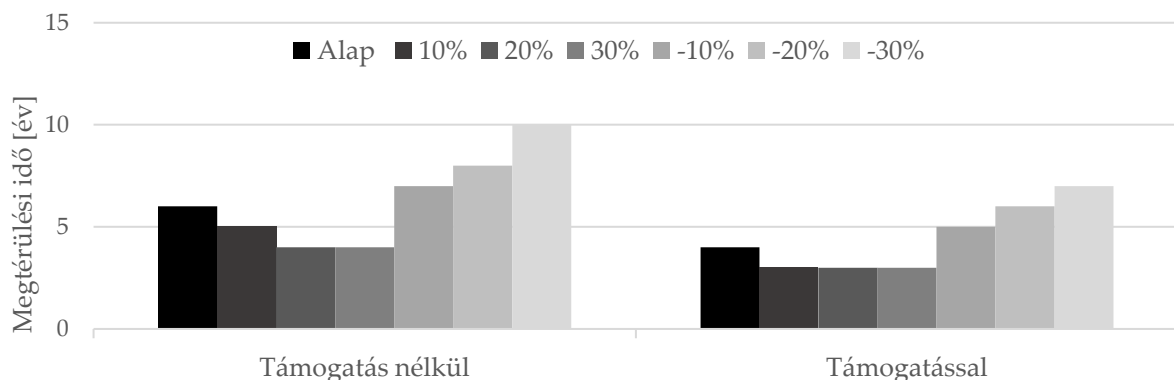
Ahol:

- NPV_{hitel} = a hitel törlesztőrészek jelenértéke [Ft]
- C_{hitel} = hitel összege [Ft]
- THM = a hitel banki kamatja [-]
- m = a hitel futamideje években [-]

A hitellel korrigált, támogatott NPV értékből ki kell vonni a hitel törlesztőrészek jelenértékét is a hitel időtartamára.

$$NPV = \sum_n \frac{I_{\text{nettó}}}{(1 + r)^n} - C_{\text{beruházás}} - NPV_{\text{hitel}}$$

A hitel futamidejét 15 évnél vettem, a THM értékét 0,053-nak a tanulmány írásának időpontjában alkalmazott értékek alapján. Mivel az általam alkalmazott beruházási költség csak egy becslés, ami nem tartalmazza az utóbbi időszakban megnőtt nyersanyag és munkaerőköltségeket, emiatt az általam kiszámolt beruházási költség változásait is kiszámoltam $\pm 30\%$ mértékben, majd ezekkel is elvégeztem a megtérülési számításokat. A kapott eredményeket a **2. ábra** ábrázolja:



2. ábra: A megtérülési idők alakulása a beruházási költség változásával

A diagramon látható adatoknál több eset is megegyező megtérülési idővel rendelkezik az ábrázolás szerint. Ennek az oka a számítás sűrűsége, amely éves szintű sűrűségben mérte az adatokat, természetesen hónapokban mérve a gázárak növekedésével hamarabb térülne meg minden projekt.

3. FAJLAGOS KÖLTSÉGEK MEGHATÁROZÁSA

Az erőművek üzemének és gazdaságosságának egyik fő mutatója a fajlagos költség, ami megadja, hogy mekkora pénzbefektetéssel tudunk 1 kWh energiát megtermelni. Ezeket a mutatókat meg tudjuk határozni a hőenergia és a villamos energia szolgáltatás esetén egyaránt. A korábban kiszámolt annuitás értékek itt újra előkerülnek, mert ezek a részösszegek fogják megadni, hogy évente mennyibe kerül számunkra az erőmű

megépíttetése a hitelekkel együtt. Az állandó és a változó költségek különválasztása után már tudunk egy összesített fajlagos költséget számolni, ami nem veszi még figyelembe a hő- és az elektromos energia között.

$$f = \frac{(A + C_{\text{állandó}} + C_{\text{változó}})}{E_{\text{hő, elad.}} + E_{\text{villany, elad.}}}$$

Ahol:

- f = fajlagos költség [Ft/kWh]

A változó hőköltégeket a hatásokok és a teljesítménykiadások figyelembevételével határoztam meg az alábbi módon:

$$p_{\text{hő}} = p_{\text{változó}} * \left(1 - \frac{P_{\text{villamos}}}{P_{\text{hő}}}\right) * \left(1 - \frac{\eta_{\text{villamos}}}{\eta_{\text{hő}}}\right)$$

Ahol:

- $p_{\text{hő}}$ = változó hőköltég [Ft]
- P_{villamos} = kiadott villamos teljesítmény [MW]
- $P_{\text{hő}}$ = kiadott hőteljesítmény [MW]
- η_{villamos} = villamos részhatásfok [-]
- $\eta_{\text{hő}}$ = hőkihozatali részhatásfok [-]

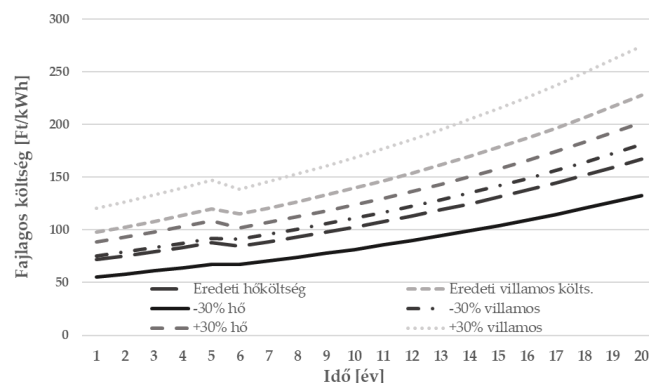
A változó villamos költség kiszámításához különbséget kell képezni a változó költség és a korábban kiszámolt változó hőköltég között. A fajlagos hőköltégek kiszámításához figyelembe vettem az annuitási költségeket, az állandó költségeket és a feljebb kiszámolt változó költségeket is. A számítás pontossága miatt a beruházási költségeket a megtermelt energia arányában felosztottam, így jobban látszik a termelés tényleges költsége.

$$f_{\text{hő}} = \frac{(A + C_{\text{állandó}}) * \left(1 - \frac{P_{\text{villamos}}}{P_{\text{hő}} + P_{\text{villamos}}}\right) + p_{\text{hő}}}{E_{\text{hő, elad.}}}$$

Ahol:

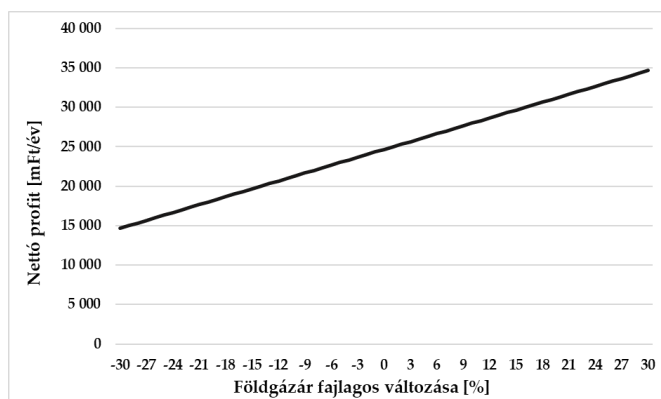
- $f_{\text{hő}}$ = fajlagos hőköltég [Ft/kWh]

A fajlagos villamos költségek meghatározása ugyanilyen metódus mentén történik. A gázpiac instabilitása miatt itt is kiszámoltam a gázárakat a jelenlegi esethez képest $\pm 30\%$ mértékig. A 3. ábra illusztrálja számunkra a fajlagos hő és villamos költség gázár függését az élettartam évének függvényében. A diagram túlsúlyolásának elkerülése végett csak a szélső, $\pm 30\%$ -os gázárváltozásokhoz tartozó értékeket ábrázoltam a jelenlegi, „eredeti” költségek mellett. A diagramon az 5. évnél egy törés látható a függvényeken, ennek oka az, hogy a három gázermű átlagolt telepítési idejének és feltételezett 20 éves időtartammal leírt beruházási költségeinek figyelembevételével a HUHA 2 megépülése után 5 évvel járna le ezen leírási időszak, amely után már a beruházási költség nem fogja megemlíni a fajlagos költségeket.



3. ábra: A fajlagos hő- és a villamos költségek alakulása a gázár változásával

A HUHA 2 nettó profitja az állam szempontjából össze van kötve a gázár alakulásával pozitív kapcsolatban, az alábbi diagram szemlélteti, hogy mekkora profitot is tudna realizálni az erőmű a gázár függvényében.



4. ábra: A HUHA 2 által realizált nettó profit a gázárak függvényében

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A prezentált eredmények fényében megállapítható, hogy habár a TSZH tüzelésnek megvannak a negatív aspektusai, amik legfőképpen a bonyolult követelmények teljesítésében, a rossz minőségű tüzelőanyag hasznosításában és az általa okozott korróziós problémákban mutatkoznak, ám ezek ellenére hatalmas gazdasági előnyben van a gáztüzelésű erőművekhez képest, továbbá környezetvédelmi szempontból sok előnnyel jár, amely kézzel fogható az Európai Unió szabályozásokban is. Összességében kijelenthető, hogy A HUHA 2 egy gazdaságilag rendkívül gyorsan megtérülő, a nemzetközi árakhoz dinamikusan igazodó energiatermelő egység lenne, ami a tanulmány időpontjában fennálló gázárak mellett évi 25 milliárd forint nettó bevételt tudna realizálni az állami közigazgatás szemszögéből.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-2-I-BME-66 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] HUHA II. Új Iszapégető és Hulladék-hasznosító Erőmű Műszaki Döntés Előkészítő Tanulmány Rev.1. (S-6 Mérnök Kft, koordinátor: Orbán Tibor, 2017. augusztus)
- [2] Infláció alakulása: <https://www.mnb.hu/letoltes/hun-ir-digitalis-13.pdf> és https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qsf001.html (Utolsó letöltés: 2022. 05. 25.)
- [3] dr. Dieter O. Reimann: CWEWP Energy Report III. (status 2007-2010)
- [4] Földgáz fajlagos kibocsátása : http://energia.bme.hu/~kaszas/Energetika%20II/1_Energiahordozok-1.pdf (Utolsó letöltés: 2022. 05. 25.)
- [5] CO2 kvóta ára: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20210511/sohasem-volt-meg-ilyen-magas-a-szen-dioxid-kvotak-ara-es-ez-meg-csak-a-kezdet> (Utolsó letöltés: 2022. 05. 25.)
- [6] Gergely László Zsolt: Hulladékok energetikai hasznosítása- Új hulladékhasznosító mű létesítése (Budapest, 2018)