



A TÜZELŐANYAG ÖSSZETÉTELÉNEK HATÁSA A GŐZKAZÁN MŰKÖDÉSI JELLEMZŐIRE

THE INFLUENCE OF FUEL COMPOSITION ON THE OPERATING CHARACTERISTICS OF THE STEAM BOILER

Dósa János,¹ Kovács József,² András József³

¹ Petrozsényi Egyetem, Gép- és Villamosmérnöki Kar, Gépészeti, Ipari és Közlekedésmérnöki Tanszék, iondosa@upet.ro

² Petrozsényi Egyetem, Gép- és Villamosmérnöki Kar, Gépészeti, Ipari és Közlekedésmérnöki Tanszék, iosif.andras@gmail.com

³ Petrozsényi Egyetem, Gép- és Villamosmérnöki Kar, Gépészeti, Ipari és Közlekedésmérnöki Tanszék, IosifKovacs@upet.ro

Abstract

The paper presents the impact of using high ash content and poor heating value hard coal as fuel for a steam boiler. As expected, the poor quality of the fuel has an important impact on the efficiency of the steam boiler, reducing it by almost 4%. From that also results an increase in specific fuel consumption of the boiler. The mechanism by which these negative results are reached are mainly the increase in losses through combustion gases by nearly 2% and the heat of the evacuated slag which almost doubles.

Keywords: *fuel, heating value, steam boiler, efficiency, specific fuel consumption.*

Összefoglalás

A cikk bemutatja a magas hamutartalmú és rossz fűtőértékű kőszén gőzkazán-tüzelőanyagként való felhasználásának hatását. Amint az várható volt, a tüzelőanyag rossz minősége jelentős hatással van a gőzkazán hatásfokára, mivel azt közel 4%-kal csökkenti. Ebből is adódik a kazán fajlagos tüzelőanyag-fogyasztásának növekedése. A negatív eredmények elérésének mechanizmusa elsősorban az égési gázok veszteségeinek közel 2%-os növekedése és a kiürített salak hője, amely csaknem megkétszereződött.

Kulcsszavak: *tüzelőanyag, fűtőérték, a gőzkazán, hatásfok, fajlagosüzemanyag-fogyasztás.*

1. Bevezetés

Az energiaválság egy kevésbé említett összetevője az energiaforrások hozzáférhetősége, ami most, a térségben fennálló háborús körülmények miatt előtérbe került. A termelés visszaesése egyes régiókban, a kereskedelmi útvonalak bizonytalansága miatt, valamint egyre több logisztikai probléma nehezíti az energiaforrások beszerzését. Például a hőerőművek működtetéséhez szükséges szén esetében az egyes forrásokból történő ellátás megszakadása miatt más beszállítók felkutatására lesz szükség. Mivel megtörténhet, hogy a kőszén minden alkalommal más telepek-

ről származik, az összetétele és fűtőértéke is változni fog.

Mint ismeretes, az alacsony fűtőértékű szén kicsi teljesítményt nyújt, és ebből kifolyólag több fogy belőle. A fekete kőszén vagy a nem megfelelően kiválasztott fiatal kőszén nem ég ki teljesen, égetlenül hullik le a rostélyról, és a magas fűtőérték ellenére szintén kicsi teljesítményt nyújt, magas fogyasztás mellett.

A kőszén fűtőértéke, de összetétele is befolyásolja a gőzkazán hatékonyságát. Tehát ahhoz, hogy helyes képet kapjunk arról, miképpen hat az üzemanyag minősége a gőzkazán hatékonyságára, energiamérleget kell készíteni.

A dolgozat célja, hogy rávilágítson a gőzkazán hatékonyságának energetikai elemzésére, különböző fűtőértékű kőszén használatára függvényében. Ezzel a szakemberek a lehetséges veszteségek mértékét értékelni tudják, még mielőtt az üzemanyag felhasználásra kerül, és intézkedéseket tehetnek azok csökkentése érdekében.

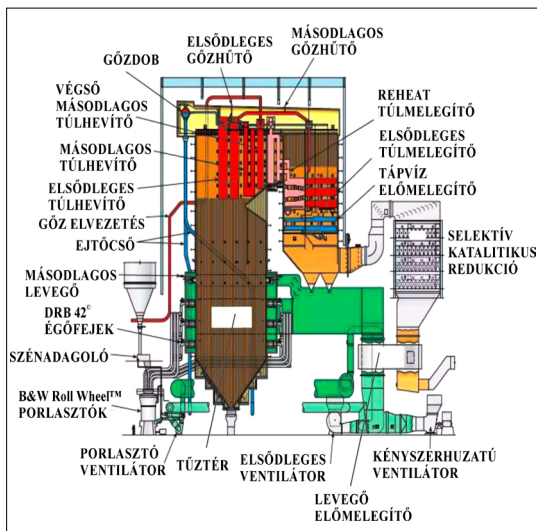
2. A gőzkazán felépítése és műszaki adatai

A modern, nagy teljesítményű erőművi kazánok mind túlhevített gőzt állítanak elő, és erre a célra vízcsöves kazánokat használnak. Az erőművekben található gőzkazánok rendeltetése a betáplált tápvízből túlhevített vízgőz előállítására.

Egy jellegzetes vízcsöves kazán felépítése az **1. ábrán** található. Itt láthatóak a gőzkazán fő szerkezeti elemei: gőzdob vagy kazándob – feladata a víz és a gőz szétválasztása, a kazándobból száraz, telített gőz távozik; források és ejtőcsövek – feladatuk a tápszivattyúval együtt a vízcirkuláció biztosítása; gőztúlhevítő – a dobba érkező gőz túlhevítése adott hőmérsékletre; tápvíz-előmelegítő – a betáplált hideg tápvizet a forráspontot megközelítő hőmérsékletre melegíti; léghevítő – az égési levegő előmelegítésére.

Az erőművekben található gőzkazánok névleges teljesítménye pár száz tonna gőz óránként, és ennek megfelelően az üzemanyag fogyasztása is magas, meghaladja a száz tonnát óránként.

Egy ilyen fajta gőzkazán esetében a törvénynek megfelelően bizonyos időközönként energiaauditálást kell végezni.



1. ábra. A vízcsöves kazán felépítése [8]

Az auditálást normáknak megfelelően kell elvégezni, és nagyszámú szakkiadvány áll az auditálók rendelkezésére [1–7].

A közeli hőerőmű korszerűsítése alkalmából, 2000 és 2007 között, új kazán került a régi, Ramzin-típusú helyére, és azóta több alkalommal átment az energetikai auditálási eljárás, illetve a teljesítménymutatók értékelésén.

A gőzkazán névleges jellemzői az **1. táblázat**ban találhatók.

1. táblázat. A gőzkazán névleges jellemzői

Cím	Érték
Névleges teljesítmény (gőztömegáram), $t \cdot h^{-1}$	540,0
Gőz hőmérséklete (75–100% tömegáram esetén), °C	541,0
Gőz nyomása (relatív), MPa	13,85
Újrahevített (reheat) gőztömegáram, $t \cdot h^{-1}$	471,4
Újrahevítőbe belépő gőz hőmérséklete, °C	350,7
Újrahevítőbe belépő gőz nyomása, MPa	3,12
Újrahevítőbe kilépő gőz hőmérséklete, °C	541,0
Újrahevítőbe kilépő gőz nyomása, MPa	2,96
Tápvíz-előmelegítőbe belépő tápvíz hőmérséklet, °C	235,4
Levegő-előmelegítőből kilépő füstgáz hőmérséklete, °C	143,0
Légfelesleg a tápvíz-előmelegítő után mérve	1,20
Légfelesleg a levegő-előmelegítő után mérve	1,30
Kazánhatásfok, %	90,70

A fent említett gőzkazán kőszénrel működik, és ennek a névleges összetétele, illetve fűtőértéke a **2. táblázat**ban található, és ennek megfelelően garantálja a gyártó a 90,70%-os hatásfok elérését.

Ahhoz, hogy az energiaauditálást el lehessen végezni, az érvényben lévő előírások szerint a méréseket három különböző üzemmódban kell elvégezni: technológiai minimum, névleges és maximális teljesítmény. Ha nem lehetséges, akkor a lehető legkisebb, a lehető legnagyobb, illetve közbenső üzemmódban is el lehet végezni.

A tüzelőanyag fűtőértékét megközelítőleg meg lehet határozni különböző egyenletekből kiindulva. Az egyenleteket elemezve, következtetni lehet arra, hogy miként befolyásolja az üzemanyag összetétele ennek fűtőértékét.

2. táblázat. A kőszén névleges összetétele

Névleges részarány	%
Elemi szén C^i	36,6
Hidrogén H^i	2,8
Kén S^i	1,5
Nitrogén N^i	0,7
Oxigén O^i	7,6
Víztartalom W^i	12,8
Hamutartalom A^i	29,6
Fűtőérték $13.816,4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ($3.300,0 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$)	

A kiindulópont a következő egyenlet [1]:

$$H_i = \frac{4,187}{100} \left[8097 \cdot C^i + 28690 \left(H^i - \frac{O^i}{8} \right) + 2210 \cdot S^i - 600 \cdot W^i \right] \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (1)$$

X_i -vel jelöljük az elemi összetevők részarányát, ahogy az a **2. táblázat**ban látható.

Jól látható, hogy a fűtőérték magasabb, ha több elemi szén (C), hidrogén (H), illetve kén (S) van a tüzelőanyagban, míg magas oxigéntartalom, illetve víztartalom negatívan befolyásolja az üzemanyag fűtőértékét.

Következtetesképpen a kőszén összetétele befolyásolja a fűtőértékét, nem csak az égethető összetevők által, tehát érdemes elemezni minden olyan típusú energiaveszteséget, amely a tüzelőanyag összetételéhez köthető. Ezek után pedig, ezek függvényében elemezni a gőzkazán működési jellemzőit.

A legnagyobb fajsúlyú veszteségekkel kezdjük: távozó füstgázokkal elvitt hő Q_{gacos} [1] [9]:

$$Q_{gacos} = B_i \cdot (1 - n) \cdot V_{ga} \cdot i_{ga} \quad (2)$$

B_i -vel jelöljük az üzemanyag tömegáramát, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$; V_{ga} – az üzemanyagból keletkezett füstgáz térfogata $\text{m}^3_{\text{N}} \cdot \text{kg}^{-1}$; i_{ga} – a füstgáz entalpiája $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}_{\text{N}}$, míg n – együttartó, amely figyelembe veszi a salakban és pernyében található égetlen üzemanyag részarányát, %.

Tovább elemezve a (2) képletet, a füstgáz térfogatáramát a következőképpen lehet meghatározni [1, 9]:

$$V_{ga} = V_{gus} + V_{H2O} \frac{\text{m}^3_{\text{N}}}{\text{kg}} \quad (3)$$

V_{gus} -sal jelöljük az üzemanyagból keletkezett száraz füstgáz térfogatát, $\text{m}^3_{\text{N}} \cdot \text{kg}^{-1}$; V_{H2O} pedig a füstgázban található vízgőz térfogata, $\text{m}^3_{\text{N}} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Ezeket a szilárd, illetve a folyékony üzemanyag esetében a következő képletekkel lehet kiszámítani [1]:

$$V_{gus} = \frac{1}{100} (1,867 \cdot C^i + 0,7 \cdot S^i + 0,8 \cdot N^i) + (\lambda - 0,21) \cdot L_0 \frac{\text{m}^3_{\text{N}}}{\text{kg}} \quad (4)$$

$$V_{H2O} = \frac{1,244}{100} (9 \cdot H^i + W^i + 0,1 \cdot \lambda \cdot L_0 d_a) + 1,244 \cdot g_{inj} \frac{\text{m}^3_{\text{N}}}{\text{kg}} \quad (5)$$

X_i -vel jelöljük az elemi összetevők részarányát, ahogy az a **2. táblázat**ban látható, és ezenkívül, L_0 – az égéshez szükséges levegő mennyiség, $\text{m}^3_{\text{N}} \cdot \text{kg}^{-1}$, λ – légfesleg-tényező, d_a – a környezeti levegő nedvességtartalma (%).

A gáz-halmazállapotú üzemanyag esetében [1, 9]:

$$V_{gus} = \frac{1}{100} ((CO_2)_c^i + (CO)_c^i + \sum m(C_m H_m)_c^i + (H_2 S)_c^i + (N_2)_c^i) + (\lambda - 0,21) \cdot L_0 \frac{\text{m}^3_{\text{N}}}{\text{m}^3_{\text{N}}} \quad (6)$$

$$V_{H2O} = \frac{1}{100} ((H_2)_c^i + \sum \frac{n}{2} (C_m H_n)_c^i + (H_2 S)_c^i) + 1,244 \cdot (d_c + L_0 \cdot d_a) \frac{\text{m}^3_{\text{N}}}{\text{m}^3_{\text{N}}} \quad (7)$$

A fenti jelölésekkel összevetve ráadásul d_c -vel jelöljük az üzemanyag nedvességtartalmát, $\text{m}^3_{\text{N}} \cdot \text{m}^{-3}_{\text{N}}$.

Ugyanakkor az üzemanyag teljes égéséhez szükséges levegőmennyiséget a következő képletekkel számítjuk ki [1, 9]:

– szilárd vagy cseppfolyós üzemanyag esetében:

$$L_0 = \frac{1}{100} \left[8,89 \cdot C^i + 26,7 \cdot \left(H^i - \frac{O^i}{8} \right) + 3,33 \cdot S^i \right] \frac{\text{m}^3_{\text{N}}}{\text{kg}} \quad (8)$$

– gáz-halmazállapotú üzemanyag esetében:

$$L_0 = \frac{1}{21} (0,5 \cdot (CO)_c^i + 0,5 \cdot (H_2)_c^i + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) (C_m H_n)_c^i + 1,5 \cdot (H_2 S)_c^i - (O_2)_c^i) \frac{\text{m}^3_{\text{N}}}{\text{m}^3_{\text{N}}} \quad (9)$$

Amint a fenti képletek mutatják, a keletkezett füstgáz mennyiségét nagyon befolyásolja az üzemanyag összetétele, ami minden képletben benne van, és ezáltal a távozó füstgázokkal elvitt hőveszteséget is befolyásolja.

Mivel a távozó füstgázokkal elvitt hő, Q_{gacos} jelenti egy gőzkazán esetében a legnagyobb veszteséget, arra lehet következtetni, hogy ezáltal a gőzkazán hatásfokát is döntő módon befolyásolja.

Cím	Min. terhelés	Közepes terhelés	Max. terhelés
Füstgáz összetétele:			
CO ₂ , %	11,70	11,83	17,67
O ₂ , %	6,49	6,39	5,88
SO ₂ , ppm	1.164	1.164	1.164
CO, mg·m ⁻³ _N	18,55	18,55	18,55
NO _x , mg·m ⁻³ _N	143,3	143,3	143,3
Légfelesleg-tényező a levegő-előmelegítő előtt	1,41	1,40	1,39
Levegő-előmelegítőbe belépő levegő hőmérséklete, °C	26,71	26,53	27,63
Levegő-előmelegítőből kilépő levegő hőmérséklete, °C	283,6	308,2	321,7
Levegő előmelegítőbe belépő füstgáz hőmérséklete, °C	319,9	349,5	366,6
Levegő-előmelegítőből kilépő füstgáz átlaghőmérséklete, °C	153,3	164,6	173,7
Kazánból kilépő túlhevített gőz nyomása, bar	126,7	127,3	127,8
Kazánból kilépő túlhevített gőz hőmérséklete, °C	526,9	532,7	535,0
Újrahevítőbe belépő gőz nyomása, bar	13,08	20,93	24,00
Újrahevítőbe belépő gőz hőmérséklete, °C	315,8	340,5	350,6
Újrahevítőből kilépő gőz nyomása, bar	13,33	21,38	24,55
Újrahevítőből kilépő gőz hőmérséklete, °C	512,2	531,2	533,6
Tápvíz hőmérséklet, °C	192,8	212,4	218,1
Tápvíznyomás, bar	130,0	133,7	135,6

A 4. táblázat és az 5. táblázat magában foglalja a kőszén összetételét, ahogy az meg lett határozva a teljesítménymutató-értékelés, illetve a második elvégzett auditálás folyamat alkalmával.

A 6. táblázat bemutat egy jellegzetes veszteségfeltáró táblázatot, ahol a gőzkazán különböző típusú veszteségei vannak feltüntetve.

A veszteségek arányai megegyeznek a szakirodalomban [1–6, 11] található adatokkal. Ami a veszteségek értékeit illeti, a távozó füstgázokkal elvitt hő Q_{gacos} és a forró salakkal eltávolított hő Q_{sg} nagyobb, mint amire lehetne számítani egy modern gőzkazán esetében.

4. táblázat. A kőszén meghatározott összetétele

Részarány	Teljesítménymutatók értékelése		
	113 MW	130 MW	150 MW
Elemi szén C ⁱ	38,13	38,13	38,13
Hidrogén H ⁱ	2,93	2,93	2,93
Kén S ⁱ	1,18	1,18	1,18
Nitrogén N ⁱ	7,44	7,44	7,44
Oxigén O ⁱ	0,61	0,61	0,61
Víztartalom W ⁱ	7,27	7,27	7,27
Hamutartalom A ⁱ	42,44	42,44	42,44
Fűtőérték, kJ·kg ⁻¹	15.638,6		

5. táblázat. A kőszén meghatározott összetétele

Részarány	Második auditálás		
	115 MW	130 MW	150 MW
Elemi szén C ⁱ	43,3	41,5	41,5
Hidrogén H ⁱ	2,8	2,8	2,8
Kén S ⁱ	1,65	7,6	7,6
Nitrogén N ⁱ	0,7	0,7	0,7
Oxigén O ⁱ	7,6	1,5	1,4
Víztartalom W ⁱ	10,5	10,5	10,5
Hamutartalom A ⁱ	33,45	35,4	35,5
Fűtőérték, kJ·kg ⁻¹	16.169,4	15.545,6	15.533,0

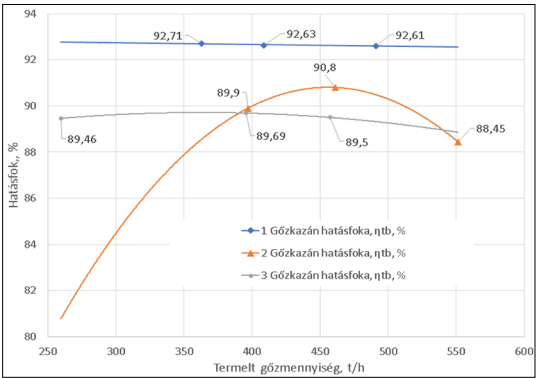
6. táblázat. Energiamérleg, 74 MW generátorteljesítmény mellett

BEFEKTETETT (BELÉPŐ ENERGIA)		
Megnevezés	MJ·h ⁻¹	%
Tüzelőanyaggal bevitt, kémiailag kötött hő, Q_{cbi}	856.309,18	78,88
Az üzemanyag fizikai hője, Q_B	7.582,56	0,70
A tápvíz fizikai hője, Q_a	214.330,63	19,74
A környezeti hőmérsékletű levegővel bevitt hő, Q_L	7.408,30	0,68
ÖSSZESEN (Q_i)	1.085.630,67	100,00
KILÉPŐ ENERGIA		
HASZNOS ENERGIA		
Elállított gőzmennyiség energiája, Q_D	885.942,00	81,61
Az újrahevítőben termelt hőmennyiség, Q_{sci}	94.429,93	8,70
Hasznos energia összege, Q_u	980.371,93	90,31

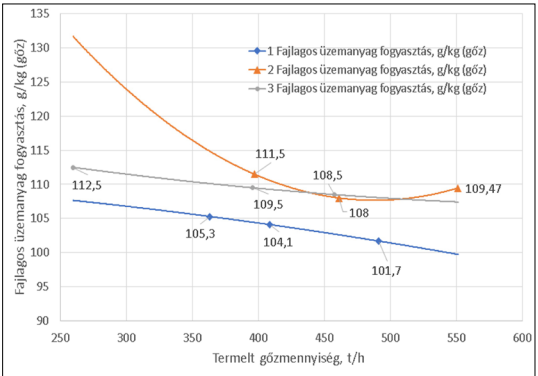
ENERGIAVESZTESÉGEK		
Salakban maradt égethető anyag és szállókoksz-veszteség, Q_{mec}	1.287,43	0,12
Tökéletlen égés okozta veszteség, Q_{cga}	56,45	0,01
Távozó füstgázokkal elvitt hő, Q_{gacos}	77.446,03	7,13
A forró salakkal eltávolított hő, Q_{sg}	20.581,59	1,89
Sugárzási veszteség, Q_{per}	8.126,64	0,75
Egyéb, ΔQ	-2.239,40	-0,21
Veszteségek összege, Q_p	105.258,74	9,69
ÖSSZESEN (Q_e)	1.085.630,67	100,00

4. Következtetések

Az adatok jobb elemzése érdekében, ábrák formájában, a termelt gőzmennyiség függvényében, a következő mutatók, illetve veszteségek lettek bemutatva: a gőzkazán hatásfoka, η_{tb} [%], 3. ábra; a fajlagosüzemanyag-fogyasztás pedig b_c



3. ábra. A gőzkazán hatásfoka



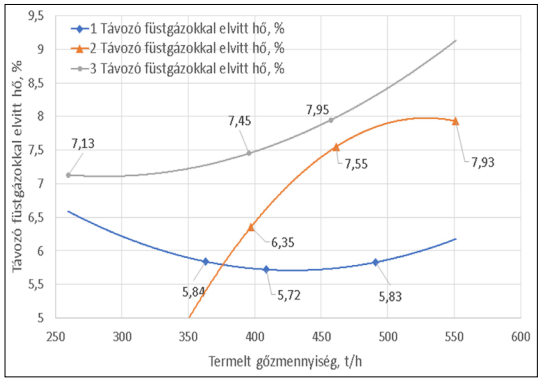
4. ábra. A fajlagosüzemanyag-fogyasztás

$g \cdot kg^{-1}$ (gőz), 4. ábra; veszteség a távozó füstgázokkal elvitt hővel [%], 5. ábra; veszteség a forró salakkal eltávolított hővel [%], 6. ábra.

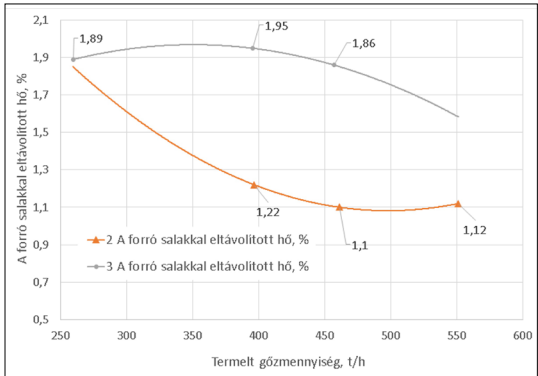
Meg kell említeni, hogy az 1. azonosító a teljesítménymutató-értékelést, míg 2-es, illetve 3-as a két különböző alkalommal készített veszteségfeltárásokat jelöli. A 3., illetve 4. táblázatban jól látható, hogy a teljesítménymutató-értékelés alkalmával az üzemanyag átlagos fűtőértéke volt a legnagyobb (kivéve a második auditálás esetében, 115 MW terhelésen), utána az első auditálás alkalmával már alacsonyabb volt, elérve a legalacsonyabb értéket a második auditálás alkalmával. Mivel minden alkalommal Zsil-völgyi szenet használtak, ez jól szemlélteti a helyi bányászat helyzetét.

Figyelembe véve a fent említetteket, az ábrákon jól látható, hogy a mutatók egyenesen arányosak az üzemanyag átlagos fűtőértékével, minél jobb a fűtőérték, annál jobb a mutatók is (a gőzkazán hatásfoka η_{tb} %, 3. ábra, illetve a fajlagosüzemanyag-fogyasztás b_c $g \cdot kg^{-1}$ (gőz), 4. ábra).

A veszteségek esetében is látszik a fűtőérték befolyása, ugyanis a veszteségek fordított arányban



5. ábra. Veszteség a távozó füstgázokkal elvitt hővel



6. ábra. Veszteség a forró salakkal eltávolított hővel

vannak az üzemanyag átlagos fűtőértékével, minél jobb az üzemanyag, annál kisebb a veszteség a távozó füstgázokkal elvitt hővel [%], **5. ábra**; illetve a forró salakkal eltávolított hővel, [%], **6. ábra**.

Az ábrákon bemutatott adatok alapján több következtetés vonható le, és ezek az alábbiakban részletezve vannak.

Létezik egy nyilvánvaló összefüggés az üzemanyag fűtőértéke és a gőzkazán hatásfoka között, mint az a **3. ábrán** látható. A jó minőségű üzemanyag kb. 4%-kal javíthatja a gőzkazán hatásfokát, ami nem elhanyagolható.

A fajlagosüzemanyag-fogyasztás, **4. ábra**, megerősíti a fentebb levont következtetéseket, ugyanis, mint várható volt, a jó minőségű üzemanyag kisebb üzemanyag-fogyasztást eredményez, tehát ezzel arányosan az üzemanyaggal járó költségek is kisebbek.

Az **5. és 6. ábra** egyértelműen mutatja be, miként befolyásolja az üzemanyag minősége a veszteségeket és ezáltal a gőzkazán mutatóit. Mint látható, a távozó füstgázokkal elvitt hő mennyisége fordítottan arányos az üzemanyag minőségével.

A maximális és minimális értékek közötti különbség eléri a 2%-ot, ami nem tűnik soknak, de a **6. táblázat**ban látható adatok alapján ki lehet számolni ennek a hozzávetőleges értékét, amely a bemutatott gőzkazán esetében $21.724 \text{ MJ} \cdot \text{h}^{-1}$.

Ami a forró salakkal eltávolított hővel való veszteséget illeti, a teljesítménymutató-értékelés alkalmával nem volt kiszámolva, de a következő két alkalommal viszont igen.

Jól látszik, hogy ennek a veszteségnek az értéke majdnem megduplázódott, mivel az üzemanyag hamutartalma jóval nagyobb. Ez a veszteség nem függ egyenesen az üzemanyag fűtőértékétől, hanem inkább a hamutartalmával egyenesen arányos. Persze, a magas hamutartalmú üzemanyagnak általában kisebb az elemiszen-tartalma és ennek a függvényében a fűtőértéke is.

Összegezve a jó minőségű, magas fűtőértékű üzemanyag használata jó hatással van a gőzka-

zán mutatóira, csökkenti a veszteségeket és az üzemanyaggal járó költségeket.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Berinde T. ş.a.: *Calculul componentelor uzuale ale bilanşurilor energetice*. In: *Întocmirea şi analiza bilanşurilor energetice în industrie*. Vol. I. Editura Tehnică, Bucureşti, 1976, 50–103.
- [2] Carabulea A., Carabogdan I. Gh.: *Modele de bilanşuri energetice reale şi optime*. Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 1982, 123–176.
- [3] Muşatescu V., Postolache P.: *Balanşe şi optimizări energetice*. I.P.B., Bucureşti, 1981, 53–92.
- [4] Carabogdan I. Gh., Brătianu C.: *Bilanşul energetic. Aplicabilitate şi limite*. ENERG, nr. 1, Editura Tehnică, Bucureşti, 1986, 5–16.
- [5] Carabogdan I. Gh., ş.a.: *Instalaţii termice industriale*. Vol. 1. Editura Tehnică, Bucureşti, 1978, 81–126.
- [6] *Normativ E(2-7)-70 privind metodică de întocmire şi analiză a bilanşurilor energetice în întreprinderile industriale şi similare*. MEE, Inspekţia generală energetică, 1970.
- [7] *Îndrumător E-6-60 pentru întocmirea şi analiza bilanşurilor termice ale cazanelor de abur*. Direcţia generală pentru energie, metrologie, standarde şi invenţii, Inspectoratul de stat pentru energie, 1960.
- [8] Mohammad Shoeb Siddiqui: *Steam Generator Boiler. Boiler. Water Tube Boiler*. (letöltve: 2023. szeptember 15.)
<http://www.slideshare.net/MohammadShoebSiddiqui/steam-generator-part-2>
- [9] Vakkilainen E. K.: *Boiler Processes*. In: (Eds.: Esa Kari Vakkilainen) *Steam Generation from Biomass*. Butterworth-Heinemann, 2017, 57–86.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804389-9.00003-4>.
- [10] BEE India, Energy assessment of industrial boilers, (accessed: 15 September 2023)
<https://www.beeindia.gov.in/sites/default/files/4Ch1.pdf>
- [11] IEA-ETSAP, Industrial combustion boilers, (accessed: 20 September 2023)
https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I01-ind_boilers-GS-AD-gct.pdf