

# **SZAKDOLGOZAT**

**Simon Vilmos László**

**Gödöllő, 2023.**

**SIMON VILMOS LÁSZLÓ Energiagazdálkodási szakmérnök**

**Gödöllő  
2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
Energiagazdálkodási szakmérnök**

**A TISZAPÜSPÖKI GABONAFELDOLGOZÓ  
KAZÁNHÁZA, ENERGIAVESZTESÉGEK  
FELTÁRÁSA**

**Belső konzulens:** Dr. Schremppf Norbert Attila  
**Beosztás:** Intézményvezető  
**Külső konzulens:** Dr. Nagy Gábor  
**Beosztás:** Termelési igazgató  
**Készítette:** Simon Vilmos László  
**Neptun kód:** DC67S6  
**Tagozat:** Levelező  
**Tanszék:** Műszaki

# Tartalomjegyzék

<b>Bevezetés .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Technológia bemutatása.....</b>	<b>5</b>
1.1. KALL Ingredients Kft. bemutatása .....	5
1.2. Energia üzem .....	6
1.3. Gyári gőzrendszer .....	7
1.4. Gőztermelő kazán .....	8
<b>2. Gőztermelő kazánok, tüzelési módok ismertetése.....</b>	<b>16</b>
2.1. Biomassza.....	16
2.2. Földgáztüzelés .....	21
2.3. Biogáz; 960 szennyvízüzem.....	22
2.4. Technikai alkohol, kozmaolajok.....	24
<b>3. Gőzelőállítás energetikai viszonyai.....</b>	<b>26</b>
3.1. Első hőlépcső .....	30
3.2. Második hőlépcső .....	31
3.3. Harmadik hőlépcső .....	32
3.4. Negyedik hőlépcső.....	34
3.5. Leiszapolás .....	36
3.6. Összesített kazánüzemi hőmérleg.....	37
<b>Összefoglalás.....</b>	<b>40</b>
<b>Javaslatok .....</b>	<b>41</b>
<b>Köszönetnyilvánítás.....</b>	<b>43</b>
<b>4. Irodalmijegyzék .....</b>	<b>44</b>
4.1. Ábrák.....	45
4.2. Táblázatok .....	45
4.3. Diagram.....	45
4.4. Mellékletek.....	46
4.5. Függelékek.....	48

## BEVEZETÉS

Szakdolgozatomban a Kall Ingredients Kft, élelmiszeripari létesítményét, azon belül is részletesen az energiaüzemhez tartozó gőztermelő kazánházat és annak segédberendezéseit mutatom be. Ezzel párhuzamosan a kazánház részletes energetikai mérlegét meghatározom valós mérési és termelési adatok felhasználásával, amely eredmények felhasználásával ajánlásokat fogalmazok meg a kazánház energiahatékonyságának növelésére.

Témaválasztásomat két alapvető tényező indokolja. Egyrészt az elmúlt évtizedben egyre nagyobb jelentőséget kapott a termelőüzemek környezeti lábnyomának meghatározása és annak csökkentése. Ez elsősorban megújuló- és megújítható energiahordozók egyre növekvő felhasználásával és/vagy a meglévő technológia energiahatékonyságának növelésével valósítható meg.

Szakdolgozatomban a másodiknak felsorolt lehetőséget mutatom be a kazánüzem példáján keresztül. A számítást 2023 februári valós termelési és energetikai alapadatok felvétele alapján végeztem el.

# 1. TECHNOLÓGIA BEMUTATÁSA

## 1.1. KALL Ingredients Kft. bemutatása

Az alábbiakban röviden ismertetem a Kall Ingredients Kft. (továbbiakban Társaság) tevékenységét. Igazodva a szakdolgozat témaválasztásához, a tevékenység részletes bemutatását csak a kazánüzem szempontjából közvetlenül releváns részterületeknél teszem meg.

A Kall Ingredients Kft, Európa egyik legnagyobb kukoricafeldolgozó üzeme. Évente 530.000 tonna GMO mentes alapanyagból állít elő takarmány-, cukor- és alkohol termékeket az alábbiak szerint:

- takarmány termékek: kukorica csíra, kukorica glutén, rostos takarmány (nedves CGF, CGF por, CGF pellet),
- keményítő por,
- cukor termékek: folyékony dextróz, glükóz-fruktóz elegyek (F42, F55, F95), maltóz és részlegesen konvertált keményítősörpök,
- alkohol termékek: élelmiszeripari és gyógyszerkönyvi minőségű alkoholok, technikai alkohol, valamint ezek denaturált termékei.

A végtermékek előállítása minden esetben a keményítőtej köztes terméken keresztül történik. Az üzem melléktermékei a takarmányok (csíra, glutén, rostos takarmány), amelyek a felhasznált kukoricával arányos mennyiségben keletkeznek.

Por alapú keményítő előállítását a Társaság az idei évtől kezdi meg. Glutén takarmányt, annak magas fehérjetartalma miatt alkalmazzák takarmányozásra és tápkeverékek készítésére. A kukorica csíra jellemzően olajpréselő üzemekben kerül értékesítésre a magas olajtartalma miatt. Az ún CGF takarmány, a kukorica rost és az alkoholgyártás maradékaként keletkező ún. szeszmoslék összekeverésével keletkező termék, amelyet nedves, szárított és porított, valamint szárított és pelletált formában is előállítanak és állati takarmányozásban használják fel keverőkomponensként (Egységes környezethasználati engedély, 2017, old.: 3)

A cukortermékeket nagyon széles körben alkalmazzák az üdítőiparon keresztül az édesipar szinte minden szegletében, illetőleg a péksüteményekben.

Az alkoholtermékek felhasználási területe szintén széles, felöleli a gyógyszeripart, az élelmiszeripart, de alkalmazzák ezen termékeket a kozmetikai szegmensben és a fertőtlenítés során is.

A Társaság alapvetően energiahatékony, azaz alacsony környezeti lábnyommal rendelkező technológiát üzemeltet. Rendelkezik a takarmányszárító hulladékhő felhasználását végző úgynevezett belső melegvíz rendszerrel, alkalmaz megújuló energiaforrásokat is a gőzelőállítás során (a technikai alkohol részaránya a teljes tüzelőanyagbázisban és fűtőérték alapon számolva 2-3%, biogáz esetében ugyanezen érték további 1-2%), mechanikus párareciklációs (MVR: mechanical vapour recompression) bepárlókat alkalmaz, sok helyen használ energiaintegrációt megvalósító hőcserét (azaz olyan anyag-anyag hőcserélőket, amelyek egy adott termelési vonal hulladékhőjét hasznosítják bizonyos pontokon történő előmelegítésre), stb. Mindezek mellett a Társaság jelenleg is végzi a biomassza kazánok telepítését, amellyel tovább növeli a megújuló és megújítható energiaforrások felhasználását, illetőleg megkezdte a hagyományos gőzredukálási pontra tervezett gőzturbina telepítését is.

## **1.2. Energia üzem**

A KALL Ingredients Kft. a kukoricafeldolgozási tevékenységéhez rendelkezik a teljes energiaüzemi portfólióval, úgymint nyersvíz kiemelés és tisztítás/vízelőállítás, szennyvíztisztítás, gőztermelés, vegyszertároló tartálypark, hidegenergia előállítás, komprimált- és műszerlevegő hálózat, földgáz fogadás és redukálás, villamosenergia csatlakozás. A termék előállítás mellett ún. primer- és szekunder energiaelőállítási tevékenységet is végez, amelyeket a saját technológiai folyamataiban használnak fel. Ezen energetikai termékek a következők:

- 0,4 és 0,69kV-ra transzformált villamos energia,
- redukált földgáz,
- biogáz,
- technikai alkohol és kozmaolaj keveréke,

- különböző minőségű vizek:
  - o ivóvíz és tűzvíz,
  - o gyantaágyon mélyen ioncserélt technológiai víz,
  - o fordított ozmózis elvén működő berendezéssel mélyen sótelenített kazántápvíz,
- hidegenergia,
- komprimált műszerlevegő,
- szennyvízfeldolgozás.

Ahogy fentebb már említettem, az energiaüzemek közül részletesen csak az energetikai számítás szempontjából releváns üzemszerveket mutatom be az alábbi fejezetekben.

### **1.3. Gyári gőzrendszer**

A KALL Ingredients Kft. a kukoricafeldolgozás számos pontján alkalmaz gőzt a technológiai folyamatok fűtésére. Alapvetően két nyomásfokozatú gőzrendszer üzemel a gyárban a következők szerint: 13 bar(g) és 5 bar(g). Az alábbi felsorolás tartalmazza az egyes üzemekben alkalmazott gőz nyomásfokozat szerinti bontásban.

#### **Keményítő üzem**

Csírászárító fűtése (5barg)

Gluténszárító oltógőz (5barg)

Melegvíz rendszer fűtése (5barg)

Áztatóvíz és szeszmoslék bepárló (5barg)

#### **Alkohol üzem**

Fermentáló üzem (5barg)

Desztilláló üzem (5barg)

#### **Cukor üzem (5barg)**

Konvertálás

Sterilizálás

HW2 ún. szupermeleg vízrendszer

Inaktiválás

Kondenzartály fűtés

D95 előbepárló

Glükóz bepárló

F55 bepárló

F42 bepárló

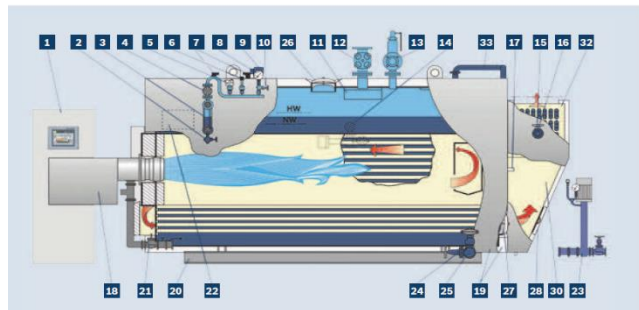
HMLD bepárló

A gyári gőzigény jellemzően 35 és 45t/h közötti, 13 barg nyomásfokozatú gőztermelést jelent. Az ehhez szükséges fölgázmennyiség mellett biogázt és technikai alkoholt is felhasználnak a gőz előállítására, a dolgozatom elején jelzett részarányokban.

1.sz. kazán: elsősorban földgázt használ fel gőz előállításra, de módunkban áll biogáz égetésére is. 2.sz kazán: a földgáz mellett technikai alkohol vagy kozma égetésére alkalmas. Mindkét nagy vízterű kazán égő vezérlése kevert égetésre van beállítva.

## 1.4. Gőztermelő kazán

A KALL Ingredients Kft. technológiai rendszerében üzemelő 2 db., egyenként 25 t/h 13 bar(g) nyomású gőz előállítására alkalmas vegyes tüzelésű kazán üzemel. A gőzkazán részegységeit és főbb berendezéseit az alábbi ábra szemlélteti. (1. ábra)



1. ábra

*Gőzkazán berendezései és egységei*

1 Kazánvezérlő szekrény – BCO 2. Lefúvató szelep 3. Reflexiós vízszint kijelző 4. Manosztátcső elzáró szelep 5. Nyomás határoló 6. Nyomás távadó (4-20 mA) 7. Vízszint határoló 8. Manométer 9. Vízszint jeladó (4-20 mA) 10. Manométer elzáró szelep 11. Gőzszáritó. 12. Gőzszelep 13. Teljes emelkedésű biztonsági szelep 14. Teljesen automata vezetőképesség mérés és sótalánítás 15. Tápvíz visszacsapó szelep 16. Tápvíz elzáró szelep 17. Lángkémlő ablak 18. Égő 19. Szigetelés védőburkolattal 20. Alapkeret 21. Gázszabályzó modul 22. Villamos kötődoboz 23. Szivattyúmodul 24. Üritőszelep 25.



Iszaptalanító gyorszár 26. Gőzoldali karbantartó nyílás 27. Víz oldali karbantartó nyílás 28. Füstgázoldali karbantartó nyílás 29. Füstgáz kamra 32. Füstgáz hőcserélő economizer ECO 33. ECO/kazán összekötő csővezeték (Dávid, 970 Kazánház Technológiai utasítás, 2018, old.: 12)

A kazántápvíz előállítása a vízüzemben történik. A gyár elsődleges vízbázisa a Tisza folyó, amelyből három lépésben állítanak elő kazántápvizet. Elsőként a nyers víz fertőtlenítése, ülepítése és előszűrése történik. Az előszűrt víz egy granulált aktív szenes és zeolit töltetes adszorpciós kolonnán halad keresztül, ahol lejátszódik a vas- és mangáneltávolítás, valamint az esetlegesen jelenlévő arzén kiszűrése. Az ilyen módon előállított ún tüzivíz/ivóvíz az előzőekben bemutatott lépéseket követően a nagynyomású, fordított ozmózis elvén működő membránszűrő egységekre kerül, ahol megtörténik a mélységi sóatlanítás. Az ún sóatlanított RO vizet a gyárban kazántápvízként, illetőleg a cukorüzemben vízpótlásra használják fel. A szakdolgozatom szempontjából a kazántápvíz vonal releváns, így annak további útját mutatom be.

Az előállított RO víz még a vízüzemben az alkoholüzemből származó szeszmoslék maradék hőtartalmával hőt cserél és így kerül át a kazánházi pótvíztartályba. Innen a pótvíz szivattyúk segítségével a kazánok alacsony nyomású economizereire kerül, ahol a füstgáz maradék hőtartalmát felhasználva tovább melegszik. Az ilyen módon előmelegített pótvíz innen már a gáztalanító táptartály kigázosító dómjába áramlik. Itt összekeveredik a kondenzátummal.

A kondenzátum a gyár azon pontjain keletkezik, ahol közvetett melegítést alkalmaznak, majd ezekről a pozíciókról összegyűjtve visszaáramlik a kazánházban lévő kondenz gyűjtőtartályba.

A termikus kigázosítás során a friss kazántápvíz és a kondenzátum összekeveredve melegszik fel gőz hozzávezetésével 105°C-ra. A termikus kigázosítás lényege, hogy a hőmérséklet 105°C-ra való emelésével a kevert tápvízből az oldott állapotban lévő gázok (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) eltávoznak. A termikus kigázosítás során felhasznált gőz jelenti a kazánüzem önfogyasztását.

A kigázosító táptartályból a kazántápvíz a tápvíz szelepen keresztül jut el a nagynyomású economizeren keresztül a nagyteljesítményű kazánokba. A nagynyomású economizer feladata a kazánokból közvetlenül kilépő füstgáz hőtartalmának első lépésben való

felhasználására a tápvíz előmelegítésére. Csak megjegyzésként, az előzőekben említett alacsony nyomású economizer jelenti füstgáz oldalról a második lépésben történő hőcserét. A gázkazánokban 13bar, 210°C-os, enyhén túlhevített gőzt állítanak elő. Mivel a gyárban szükség van alacsony (5 barg) gőz felhasználására is, így gőzgerinc vezetéken egy ún. osztómű üzemel, amelynek két oldala között a szükséges mennyiségű 5 barg nyomásfokozatú gőzt redukálással állítják elő. Két különböző gőznyomás miatt két különálló gőzgerinc fut végig a gyáron. 13 és az 5 barg-os gőzosztón kialakítottak egy plusz csatlakozási lehetőséget is, amelyhez jelenleg egy gőzturbina telepítése van folyamatban a két nyomásfokozat közötti térfogati munka kihasználása, ezáltal az energetikai hatékonyság növelése érdekében.

A gáztalanító táptartály fűtése a 13barg-os gőzosztóról történik a kívánt legalább 105°C hőmérséklet és 0,25 bar túlnyomás tartásához. A kazánokban keletkező füstgáz egy közös köpennyel, de különálló füstjáratokkal rendelkező kéménybe kerül.

A kazánban leiszapolás és lelúgozás is történik, amelynek során keletkező sótartalmú, de KOI mentes szennyvízáramot a szennyvíztisztítóba vezetik. A visszatérő kondenzvizek mennyiségét teljes mértékben felhasználják. A gyárban a visszatérő kondenzátum aránya a kiadott gőzmennyiség kb. 75-85%-a. Ennek oka az, hogy a kukoricafeldolgozó technológiában vannak olyan gőzfelhasználási pozíciók, ahol közvetlen fűtés (azaz a gőz az áramló közegbe kondenzál be) történik. Ezeknél nem keletkezik kondenzátum.



2. ábra  
Bosch kazánok

A létesítmény működtetéséhez a Tisza vizét használjuk és esetleges pótlásként vagy vérszéntartálékként a mélyfúrású kutak vizét. A vízkivétel maximális kapacitása 230 m<sup>3</sup>/h, azaz ~5520 m<sup>3</sup>/nap is lehet. A vízkivétel a telephelytől kb. 5 km-re a Tisza M4 főút hídjának közelében helyezkedik el. A vízkivételt az ártér oldalán, a meder élhez közel épített nagyátmérőjű átemelő műtárgy segítségével gravitációs úton történik a bevezetés. Az átemelőben 2db függőleges tengelyű búvárszivattyú került elhelyezésre, mely DN350

nyomóvezetéken keresztül juttatja a nyers vizet a telephelyre. Mélyfúrású kutakból tartalék vízforrásként szolgál, vagy kevert vízként is alkalmazzuk az esetleges magas tiszai zavarosság miatt. A létesítmény működtetéséhez a rétegvíz kivétel 6 db termelő kútpáron keresztül történik, maximális kapacitása 230 m<sup>3</sup>/h. A vízellátását elsődlegesen a felszíni vízkivételből biztosítjuk, de az ellátás biztonsága érdekében felszíni vízkimaradás és korlátozás, továbbá a Tiszán fellépő vízminőség romlás és szennyezés esetére, felszín alatti vízkivétellel is számolunk, mint tartalék vízforrással. A kazánvíz a 950j frissvíz üzemből érkezik csőhídon keresztül, amit a desztillációból érkező luttervízzel előmelegítjük. A kazánvíz előállítása zeolit és gac szűrés után fordított ozmózissal történik. A következő fejezetben mutatom be a kazánvíz előállítását.

### **Fordított ozmózis**

A kazánvíz előállítására nélkülözhetetlen a sótalanítás. RO berendezést használunk. A fordított ozmózisos szűrő berendezések a kis résméretű membrános szűrésen alapszanak. Az előkezelt, vas, mangán és arzénmentesített víz érkezik az RO berendezéshez. Az RO-hoz tartozó finomszűrőn keresztül megy a víz a nyomásfokozó szivattyúhoz mely egy 12-13 bar nyomást képezve, átsajtolja a membránházakban lévő membránokon a vizet.

A folyamatban több lépcsőben megy végbe, mely ultra tiszta 10 µS vezetőképesség alatti vízminőség. Az RO rendszer része a teljes körű PLC vezérlés, valamint vezetőképesség és pH mérő műszer, mely a megfelelő vízminőséget ellenőrzi. Az RO membránok előkezeléseként, szükség van egy Biocid-es fertőtlenítésre és egy lerakódás gátló Anti Scalant vegyszeradagolásra, mely megakadályozza a víz keménységének kirakódását, valamint szintén véd a vízben lévő szilikátokkal szemben.

### **Kazántápvíz minőségi paraméterek a következők**

Megnevezés, mértékegység	Érték
Vezetőképesség legfeljebb, µS/cm	10
Összes keménység (Ca+Mg) legfeljebb, mmol/l	0,01
Teljes vízkeménység legfeljebb, °d	0,05
Összes vastartalom legfeljebb, mg/l	0,03
Összes réztartalom legfeljebb, mg/l	0,005
Olaj- és zsírtartalom legfeljebb, mg/l	

KMnO<sub>4</sub> fogyás legfeljebb, mg/l 10

A kazánvíz előállítása után rátérünk a nagyteljesítményű kazánok berendezéseire.

### **Berendezéslista**

Kondenzttartály, pótvízttartály, gáztalanító táptartály paramétereit szeretném szemléltetni.

#### ***97B001 Kondenzttartály:***

jel: 97B001

típus: CT20

max térfogat: 14 m<sup>3</sup>

üzemi térfogat: 9,8 m<sup>3</sup>

#### ***97B002 Pótvízttartály***

jel: 97B002

gyártó: BOSCH

típus: CT14

max térfogat: 20 m<sup>3</sup>

üzemi térfogat: 14 m<sup>3</sup>

#### ***97B003 Gáztalanító és táptartály***

jel: 97C003

típus DM120

kialakítás: kaszkád tálcás

gáztalanítási teljesítmény 102889 kg/h

fűtőgőz max mennyisége: 10455 kg/h

pótvíz minimum hőmérséklete: 20°C

jel:97B00

### **Pótvíz tartály**

Rozsdamentes acél kivitelű tartály a pótvíz savas kémhatása miatt. A gáztalanító táptartályból távozó gázokat és gőzöket felhasználva előmelegítjük a pótvíz tartalmát.

További előmelegítés céljából a pótvizet előmelegítjük a gázkazánok füstgázait lehűtve az alacsony nyomású economizerrel.

### **Kondenzttartály**

14m<sup>3</sup> tartamú kondenzttartályba 20 t/h kondenzvíz érkezik vissza az üzemektől. Egymás meleg tartalékként használatos kondenz szivattyúkat felhasználva a kondenzvizet a gáztalanító táptartályba juttatjuk.

### **Gáztalanító táptartály**

A kigázosító dóm egy kaszkád tálcás középnyomású berendezés. Rendeltetése, hogy az oxigént és egyéb gázokat eltávolítsa. Két irányból érkezik a víz a berendezésbe. Első és fő vízáram a kazánvíz, ami a friss víz üzemből érkezik előmelegítéssel. A másik vízáram pedig az összegyűjtött kondenzvizek. A kigázosítás lényege, hogy a vízben oldott állapotban jelen lévő oxigént kijuttassuk a rendszerből. A dómba bekerülő víz ellenáramba bevezetett gőzzel érintkezve 105 C°-ra hevítjük fel és közben megtörténik a kigázosítás. A kilépő gőzöket és gázokat további hőcserére használjuk fel. A táptartály alján összegyűlt tápvizet, tápszivattyúkkal juttatjuk el a nagyvízterű kazántestbe a nagynyomású economizeren keresztül.

### **Expander tartály**

A tartály szerepe a gőzkazánok hulladékvizeinek kigőzöltetése, feszültségmentesítése és hűtése. A hulladékvíz a kazánházi pótvízzel történő lehűtés után kerül a hűtő aknába. Az expander tartályban több vízáram is egyesül. Ide tartoznak a kazán leiszapolások, sótalánítás és az egyes tartályok pótvíz, kondenzvíz és gáztalanító táptartály vizei is, a leürítések alkalmával ide vannak vezetve. Jelenleg 20 C°-ra van beállítva az expander tartály. Innen kilépő vizek tekintetében a szennyvíz üzemnél hígításként hasznosul. A szennyvíz üzem folyamatosan küzd a magas KOI tartamú szennyvizekkel. Elmondható, hogy a kazánházi leiszapolások vegyszer és sótartalommal terheltek, de KOI tartalom nincs bennük. A kazánokat iszap mentesíteni kell az iszaplerakódások elkerülése végett, mivel megkötött vagy túl nagy mennyiségben adagolt vegyszerekből származó maradványok, korróziós maradványok vagy egyéb idegen anyagok keletkeznek, vagy a hozzávezetett vízzel kerülnek a kazánba. A kazánházi leiszapolások kazánonként külön vezetéken jutnak

a közös leiszapolt-víz tartályba, ahol expanziót követően keletkező sarjűgőzt szintén a gáztalanító táptartályba vezetik. A leiszapolt víz a 960 jelű Szennyvíztisztító üzembe kerül.

### **Economizer**

Technológiában kazánonként 2db economizerrel találkozunk. A nagynyomású economizerek a tápvíz előmelegítők, melyek a kazán hátsó füstgázjáratában elhelyezett, kétfokozatú hőcserélők. „A hőcserélőkben két különböző hőmérsékletű közeg egymástól fallal elválasztva áramlik, miközben a melegebb közeg – a falon keresztül – hőt ad át a hidegebb közegnek. „Ha a fal két oldalán a két közeg közötti hőmérséklet különbség megszűnik, a hőátvitel is megszűnik.” (Sándor, 2004, old.: 30) Kapcsolásuk ellenkeresztáramú, füstgáz-víz lemezes hőcserélők. A kazántápvíz a tápvíz-tartályból érkezik és a bordás csöves előmelegítő alsó kamrájába lép be, felmelegedve a kilépő (felső) kamrájából, egy összekötőcsövön át jut el a tápvíz-elosztókamrába, majd az elosztócsöveken a kazánodba. A kisnyomású ECO-k a kazánpótvíz előmelegítésére szolgáló lemezes hőcserélők, mely után a pótvíz a gáztalanító táptartály kigázosító dómjába kerül. A kisnyomású eco füstgáz és kazántápvíz oldalról is megkerülési lehetőséggel lett beépítve.



*3. ábra  
Economizerek*

Az 1-es kazánál lévő képek láthatók, ahol a biogáz nem megfelelő kénhidrogénmentesítése során bekövetkező szerkezeti károsodás látható. A későbbiekben további említést teszek az economizerekről.

### **Üzemzavarok**

A kazán üzemzavarainak megelőzése érdekében a teljesítményszabályozóban gyárilag korlátozták a közepes üzemi túlnyomás alsó és felső határértékeit. A gázkazán folyadékszint csökkenésének kivédésére kettős vízszinthatárolással van ellátva.

Nyomásesés esetén is kettős nyomáshatároló áll rendelkezésünkre. A kazánvíz lúgozás vezetőképesség alapján történik, nem megengedett változás esetén automatikus beavatkozás van. Üzemzavarok tekintetében az egyik leggyakrabban előforduló probléma az áramingadozások és az áramszünetek. A desztillálásra érzékenyen hat, mivel a hőfok és nyomásprofilok hamar eltérnek az üzemi paraméterektől.

### **Mérőműszerek**

A kazántest hengeres, elülső és hátsó aljzatból áll, amelyek egymáshoz kapcsolódnak. Központi fekvésű lángcsőből, a belső fekvésű víz által hűtött fordítókamrából, a 2. és a 3. huzamok füstcsöveiből, a gőzszártó berendezésből áll. Továbbá túlnyomásbiztosítóból, előre menő és visszatérő vízcsonkból, nyomásmérőből és leeresztőből, védőcsőben az elektródák, a vízállásszabályzó- és határoló található.

A kazán szabályozza automatikusan a kazánvíz besűrítése általi változó kazánvíz-vezetőképességet. A vezetőképesség megnövelésénél egy, a vezetőképességszabályzó eszközben előre beállított érték nyitja meg a sótanító-szabályzó szelepet. További növekedés esetén egy maximális megengedett határértékről egy jeladás történik, ill. a 72 órás BosB szerint a tüzelőberendezés kikapcsol egy órás határérték túllépés esetén.

### **Segédlelésítmények**

6,5 bar nyomású műszerlevegő a pneumatikus szelepek működtetésére szolgál a kazánok leiszapolása során.

A vegyi-fizikai folyamatok következtében csaknem mindig szükség van a kazántápvíz vegyi előkészítésére. A gáztalanítás után a maradék oxigéntartalom a tápvízben kb. 0,02 mg/l lehet. Az oxigénmegkötő vegyszerek megkötik a maradék oxigéntartalmat. Ezenkívül a tápvizet 9-es pH-értékre kell állítani, ezáltal korrózióvédelem érhető el, és egyidejűleg megköti a szilárd maradékokat is.

## **2. GŐZTERMELŐ KAZÁNOK, TÜZELÉSI MÓDOK**

### **ISMERTETÉSE.**

A Társaság gőztermelő kazánjainak, tüzelési módjait és lehetőségeit mutatom be. Földgáz, biogáz és technikai alkohol égetésére képesek a jelenleg üzemelő gőztermelő egységek. Fontosnak tartom, hogy a szakdolgozatomban szerepeljen a jelenleg kivitelezési fázisban lévő biomassza kazán projekt. Első fejezetben a biomassza kazánok telepítésének előzményeit, majd a technológiáját írom le.

### **2.1. Biomassza**

A gyár üzemindulása és felfutása után, 2019-ben kezdtük meg előkészíteni a korábban beszerzett és területen tárolt biomassza kazánok telepítésének és a biomassza kazánüzem kivitelezésének előkészítését. Mindezen tevékenységeket az alábbi hatások indukálták: pályázati lehetőségek nyíltak meg, amely segítségével csak a támogatási intenzitáson felüli önerőt kell biztosítani (ilyen pl. a Nagyvállalati Beruházási Támogatás pályázati program). CO<sub>2</sub>-kvóta költsége a 2017-2018 évi 4-8 EUR/t értékről először 25 EUR/t-ra, majd 2020/2021-ben 40 EUR/t értékre emelkedett. Az erőteljes növekedő tendencia miatt a legutóbbi tőzsdei értéknapon 83,24 EUR/t értéket vett fel a CO<sub>2</sub> kvóta ára. A kronológiai adatok mellett azonban figyelembe kell venni az előrejelzéseket is, amelyre vonatkozóan rövid piackutatási tevékenységet végeztünk. Ezen közleményekben megjelölt várható árak nem egységesek, a CO<sub>2</sub> kvóta árát jellemzően 75-100 EUR között említik 2030-ra (<https://blog.rekk.hu/bejegyzes/31/soha-nem-latott-magassagokban-a-szen-dioxid-kvota-ara>) (<https://g7.hu/tamogatoi-tartalom/20210401/meddig-emelkedhet-az-eu-legfontosabb-klimavedelmi-eszkozenek-az-ara>), a kvótaköltség további növekedésében azonban azonos állaspontot képviselnek. Összefoglalva tehát a CO<sub>2</sub> kvóta ár emelkedő hatásával mindenképpen számolni kell a jövőben.





4. ábra.  
Európai Unió CO<sub>2</sub> kvóta tőzsdei ára (EUR/tCO<sub>2</sub> értékben)

A biomassza kazán üzemelése CO<sub>2</sub>-semlegesnek minősül, vagyis a földgázfelhasználásból származó CO<sub>2</sub>-kibocsátás kb. 50%-kal csökkenthető, így a CO<sub>2</sub> kvóta kb. 30-40%-a értékesíthetővé válik.

A termelés felfutásával 2019-ben láthatóvá vált, hogy a két földgáztüzelésű gőzkazán összesen 50 t/h gőztermelő kapacitása bizonyos termelési együtt álláskor éppen kiszolgálja a gyári igényeket, illetve rövid időre a gyári igények esetenként meg is haladják az 50t/h gőztermelést. Ilyen termelési együtt állások jellemzően akkor következnek be, amikor az alábbiak közül egyidőben három tényező jelentkezik.

Alacsony környezeti hőmérséklet miatt természetesen nagyobb a gyári hőveszteség, vagyis eleve magas a gyártóvonalak gőzigénye,  
magas az alkoholtermelés (1300 hpa/nap feletti),  
nedves CGF gyártás történik (azaz a CGF szárító a hulladékhővel nem fűti a gyári melegvízhálózatot; ezen melegenergia igényt földgáz alapú gőztermeléssel kell pótolni),  
sok a kamionmosások száma, amely melegenergia igényes.

G38-42 termelési vonalon enzim inaktiválás miatt 2-3 t/h értékkel hirtelen megnő a gőzigény kb. 0,5-1,0 h időtartamra.

Jelen helyzetben a kazánok bármintemű tervezett, vagy nem tervezett leállása a termelés visszafogásával, jellemzően az alkoholtermelés és konvertálás leállításával jár, amely szintén a jelenlegi gőztermelő kapacitás további növelésének igényét irányozza elő.

2022 második félévében induló keményítő szárító esetében a keményítő por önköltsége kb. 5 EUR/tcp értékkel csökkenthető, amennyiben földgáztüzelés helyett gőzfelhasználással biztosítjuk a szárítás hőigényét; ennek megvalósítása azonban a jelenlegi gőztermelő kapacitás mellett nem lehetséges. Természetesen a biomassza alapú gőztermeléssel minden termékvonalon önköltség tényezője csökken, hiszen csökken a gyár CO<sub>2</sub> kvótaköltsége. Jelen anyagban azért csak a keményítő szárítót említjük meg ilyen tekintetben, mert csak ott lesz lehetőség földgáz, vagy gőzfűtés között váltani, illetve ennek gőzigénye a jelenlegi gőztermelő kapacitáskorlátok miatt biomassza kazán hiányában rentábilisan már nem lesz kiszolgálható.

Összefoglalva tehát mind kiadáscsökkentési, mind pedig termelési szempontokat figyelembe véve szükséges a gyár gőztermelő kapacitásának növelése. Mivel a bemutatott előzményeknek megfelelően a biomassza kazánelemek közel 4 millió EUR értékben a területen már rendelkezésre állnak, célszerűnek tartjuk a gőztermelési kapacitás további növelését ezek rendszerbe állításával megvalósítani.

## **Biomassza kazán technológiája**

2023 évben a biomassza kazán project elstartolt. Jelen leírásban 2\*21 t/h gőztermelő kapacitású, elsősorban bálázott biomassza tüzelőanyagot, másodsorban ömlesztett tüzelőanyagot felhasználó biomassza kazánüzem telepítését foglalom össze. Biomassza: Valamely élettérben egy adott pillanatban jelen lévő szerves anyagok és élőhelyek összessége. „A biomassza mennyisége megadható az egyedek számában, tömegében, energiatartalmában.” (Dr. Barótfi , Fenyvesi László , Dr. Kocsis , & Dr. Marosvölgyi, 1998, old.: 5). Hazai és nemzetközi irodalmat figyelve a biomassza felhasználás növekedését és a kihasználás lehetőségeit említik. Néhány mondatban foglalom össze, irodalmi részre hivatkozva az Európai Unió és Magyarország energetikai politikáját, ahol jól látszik a biomassza jelentősége.

## **Európai Unió energetikája**

Európai Unió energia fogyasztása 1970-től 2025-ig a háromszorosára növekedett 189 tetawattórára. Primer energia igényében a szilárd tüzelőanyagok felhasználásában várhatóan 18 %-os csökkenés várható (2000-2030-ra). A kőolaj marad a legfontosabb energiaforrás 2030-ra, 8%-os növekedést jeleznek a szakemberek.

Földgáz esetében 67%-os növekedés várható. A megújuló energiaforrások felhasználása 2000 és 2030 között 75% növekedést érhet el. A megújuló energiaforrások felhasználása 2030-ra 169 Mtoe-re növekszik és várhatóan a biomassza képviseli a legnagyobb arányt.

(Dr. Lukács , 2010, old.: 203)

## **Hazai megújuló energiaforrás**

Magyarországon a megújuló energiahasznosításban legnagyobb szerepet a mezőgazdasági melléktermékek felhasználása jelenti. A legnagyobb arányban hasznosított megújuló energia a biomassza.

Energetikai stratégia hiánya miatt a megújuló energiaforrások kiaknázása messze alul teljesít. (Dr. Lukács , 2010, old.: 216)

A telephelyet alapvetően biomassza tüzelésű kazánok fogják majd ellátni gőzenergiával, a gőzrendszer szabályozását azonban gázkazánokkal fogjuk majd végezni.

Két biomassza és két gáztüzelésű kazán fog üzemelni, amelyek közül a biomassza kazánok folyamatosan, a gázkazánok azonban szakaszosan üzemelnek a technológiai gőzigény függvényében. Biomassza kazánok együttes tervezett kapacitása 42 t/h 13 bar, a gázkazánoké 50 t/h, 13 bar nyomású túlhevített gőz. A telephely maximális gőzigénye 45 t/h, így egy gázkazán meleg tartalékként fog üzemelni. A kazánok biomassza tüzelőanyag igénye kb. 210 tonna/nap. A felhasznált tüzelőanyag bálába rendezett lágyszárú biomassza, amely elsősorban energianád, másodsorban egyéb gabona szalma (szalma, napraforgószár, energiafű). A biomassza tüzelésű gőztermelő létesítmény fő elemei a bálátároló csarnok, előcsarnok, kazánház és kémény, valamint a hamukitároló rekesz. A bálátároló csarnok a felhasznált biomassza tüzelőanyag napi tárolására szolgál. A bálátároló csarnokhoz kapcsolódik az előcsarnok rész, amelyben a beérkező bálaszállítmányok minősítése (elsősorban víztartalom) történik, illetőleg itt kap helyet a biomassza kazánok tüzelőanyag-ellátó rendszere is. Innen kezdődik a kazánházi épület, amelyet a bálátároló csarnoktól egy tűzgátló fal választ el. A kazánházi épületben kap helyet a kazántechnológia teljes rendszere a kémény kivételével. A kazánház mögött kerülnek kialakításra a kazánsorok

független kéményei. A kazánház mellett kap helyet a hamukiadó rekesz is. Az energetikai célra felhasználható biomassza, jellemzően energianád- és szalmabála, közúti tehergépjárművekkel kerülnek beszállításra. A megfelelően minősített biomassza alapanyag tárolása fedett, bálátároló csarnokban történik. Az itt álló tehergépjárműről történik a bálák leemelése, és tárolótérbe vagy közvetlenül a kazánok beadagoló rendszerébe történő feladása. Azon időszakokban amikor nincs tüzelőanyag fogadás, a bálátároló csarnokban betárolt tüzelőanyaggal táplálják a kazánokat. A kazánsoroknak közös bálaaprító rendszere van, ahol megtörténik a bálák aprítása/foszlatása 200 mm szár hosszúságig. Ezt követően az aprított tüzelőanyag vagy a kazánok beadagoló rendszerébe kerül, vagy a puffer tárolóba, amely kb. 8 órányi üzemmenetnek megfelelő előkészített tüzelőanyagot képes tárolni. Az aprított tüzelőanyag vagy a puffer tárolóból, vagy közvetlenül az aprítóból szállítógépeken keresztül a tüzelőanyag feladó garatba kerül, ahol a hidraulikus működtetésű dugattyúk a kazán geometriájának megfelelő méretben újra összetömörítik és benyomják a tüztérbe a rostély első szekciójára. A lépcsős rostélyon a lépcsőfokok előre-hátra mozgásával halad előre az égő tüzelőanyag. Az égés következtében keletkező hamu kb. 95%-a rostély végén aláhullik a nedves hamukihordó rédlerbe. Az égéslevegő beadása a tökéletes kiegészítés biztosítása érdekében három helyen (primer, szekunder és terciér) történik két ventilátor segítségével. A primer égéslevegőt a rostély alatt juttatják be az égéstérbe öt különálló zónában. A kazán füstgáz részleges recirkulációval üzemel, azaz a keletkező füstgáz egy részét a rostély első két zónájába vezetik vissza. Ezzel a rostély első szekciójában nem égés, hanem a tüzelőanyag száradása zajlik le az elégtelen mennyiségű oxigénkoncentráció miatt. A hamu kb. 5%-a füstgázzal együtt távozik. A füstgáz a radiációs téren keresztül a boilerbe, majd az economizerbe kerül, ahol a maradék hőtartalmát is leadva előmelegíti a kazánba táplált tápvizet. A füstgázt a porszűrőkön keresztül a füstgázventilátor szívja meg és juttatja a kéménybe. A rostély alól származó ún. nedves hamut rédler gyűjti össze az egyes kazánsorokról és juttatja a betonfalakkal körülvett hamukitároló rekeszbe. Naponta kb. 20 t nedves hamu keletkezik a kazánüzemben. A biomassza kazánok gőze a földgáz/biogáz tüzelésű kazánok gőzével keveredik össze. A földgáz/biogáz kazánok elsődleges tüzelőanyaga biogáz, az ezen felül szükséges hőigényt földgáztüzeléssel fedezik. Ezen kazánok végzik a gyári gőzrendszer nyomásának szabályozását is. A földgáz/biogáz tüzelésű kazánok füstcsöves és nagy vízterű kazántestből állnak. Az égők alkalmasak mindkét említett tüzelőanyag felhasználására, de a szabályozási logika alapján elsődlegesen a biogáz tüzelése valósul

meg, az e feletti hőigény biztosítása földgáz támasztótüzeléssel történik. A kazánok szabályozó- és reteszrendszerei biztosítják a biztonságos üzemmenetet a területi műszaki biztonsági felügyelet által előírtak szerint. A megtermelt gőz szabályozott nyomással kerül a telephely gőzrendszerébe. A biomassza kazán fő terméke a 13 bar(g) nyomású, telített gőz, amely a kazánonkénti mennyiségmérést követően közvetlenül a gőzgerinc vezetékre kerül kiadásra. Normál üzemmenetet feltételezve, a biomassza kazánok 75%-os terhelése esetén, ennek mennyisége 31,5 t/h. Az ezen felüli gőzmennyiséget nyomásszabályozással a földgáz/biogáz tüzelésű kazánok biztosítják. Az előzőekben bemutatott kazánok mellett a kazánház részét képezik a kiszolgáló berendezések, úgymint friss kazántápvíz tartály, gáztalanító táptartály, kondenzvíz tartály, leiszapolt víztartály, illetőleg ezek szivattyúi.

A gázkazánok jellemző adatai (egy gázkazánra):

Névleges bemenő hőteljesítmény: 16,818 MW

előállított gőzmennyiség: 25 t/h 13 bar (A telephely maximális gőzigénye 45 t/h)

kapacitás szabályozhatósága: +/- 8 t/h gőz terhelésváltozás percenként

tüzelőanyag: biogáz/ földgáz

tüzelőanyag max. felhasználás: 1988 Nm<sup>3</sup>/h

hatásfok max. terhelésnél: 95%.

A keletkező füstgáz 1 köpenyben elhelyezett 2 db 30 m magas különálló kéménykürtőn keresztül távozik a légkörbe. A kürtők kibocsátási felületének átmérője 2 m. A két kéménykürtő külön pontforrásként kerül bejelentésre.

Kibocsátott szennyező anyagok és a várható kibocsátás kazánonként:

Szilárd anyag 0,044 kg/h 2 mg/Nm<sup>3</sup>

Kén-dioxid 0,44 kg/h 20 mg/Nm<sup>3</sup>

Nitrogén-oxidok 2,42 kg/h 110 mg/Nm<sup>3</sup>

Szén-monoxid 0,22 kg/h 10 mg/Nm<sup>3</sup>

## **2.2. Földgáztüzelés**

A Kall Ingredients Kft. területén, 2 db., egyenként 25 t/h 13 bar(g) nyomású gőz előállítására alkalmas vegyes tüzelésű kazán üzemel.

Jelenleg a Bosch kazánok fő tüzelőanyaga a földgáz. Az előző fejezetben részletesen leírtam a kazánok működését és a jövőbeni üzemelési lehetőséget (Biomassza).

A későbbiekben elsődlegesen a biomassza kazánok fognak üzemelni, így ebben a fejezetben nem részletezném. Szeretném bemutatni a kiinduló állomást.

A gázfogadó állomás alapvető feladata a technológiai kazánok folyamatos és üzembiztos ellátása megfelelő mennyiségű és minőségű földgázzal (5. ábra). Az állomás primer oldalán kb. ~ 47 bar nyomással érkezik az országos hálózatról a földgáz, amelyet a szekunder oldalon 4,5 bar nyomásra redukálnak le. A redukálóállomás két párhuzamos fő és mellékágából áll. Bármilyen meghibásodása esetén a tartalékág automatikusan átveszi a gázszolgáltatást.



5. ábra  
Gázfogadó állomás

Az állomás az alábbi funkciókat látja el:

- szűrés,
- gázmelegítés,
- nyomásszabályozás,
- nyomásbiztosítás.

A melegítést elsősorban a CGF szárító hulladékhőjével fűtött melegvíz rendszerrel biztosítják. Ennek hiányában egy önálló gázkazán végzi azt. A fűtőgáz rendszer a gázfogadó állomás szekunder oldaláról ágazik le.

A Bosch kazánok a földgáz mellé, keverten használják a biogázt.

### **2.3. Biogáz; 960 szennyvízüzem.**

Fontosnak tartom, hogy kitérjek a kazán biológiai eredetű megújuló energiaforrására, a biogázra.

A gyár működése során a gyár területéről különböző típusú vízkibocsátás történik. A keletkező technológiai szennyvizet az üzem szennyvíztisztítójába vezetik, amelynek hidraulikai kapacitása ~ 5 500 m<sup>3</sup>/nap. A szennyvíztisztító technológia zárt épület. A technológiai helyiségekből a bűzzel terhelt levegőt elszívják, majd biofilteren átvezetik. (Dávid, 1960. Szennyvíztelep technológiai utasítás, 2018, old.: 5) Az anaerob medencében a keletkező biogázt leválasztják, majd gázmosást követően egy fűvóval juttatják el a kazánházba, ahol a gőztermelő kazánokban használják fel tüzelőanyagként. Ez a biogáz elsődleges felhasználása, amelynek mennyisége ~200 Nm<sup>3</sup>/h. „A biogáz a szerves anyagok anaerob fermentációja.” (Gergely, 2004, old.: 365) A biogáz mosása NaOH felhasználásával automatikus, ellenáramú, robbanásbiztos, enyhén lúgos gázmosóban végzik. A biogáz másodlagos felhasználása fáklyán történik. A biogáz képződött mennyisége és összetétele kapcsán következtethetünk a reaktorban lejátszódó folyamatokra. Biogáz növekedésével vélhető, hogy megnőtt az átalakított KOI mennyisége. A biológiai hulladékok levegőtől elzárt, úgynevezett anaerob körülmények között, megfelelő hőmérsékleten mikroorganizmusokkal fermentálható. (Dr. Sembery & Tóth, 2004, old.: 274-276)

Biogáz csökkenésnél pedig a KOI lebontás hanyatlal. Ezek az értékek jelezhetnek magas KOI terhelést vagy biomassza aktiválásának csökkentését is. Biogáz összetételét a reaktor pH-ja, alapanyag összetétele és az elősavanyító KOI koncentráció határozhatja meg. Alacsony pH-nál a CO<sub>2</sub> aránya nő és a CH<sub>4</sub> aránya csökken. Magasabb pH tartományban a CO<sub>2</sub> tartalma csökken. Fontos minden paramétert figyelemmel kísérni. Megfelelő pH, KOI koncentráció és hőmérséklet hatására elértünk egy 76%-os biogáz kihozatalt üzeminduláskor. Legmagasabb metántartalma a szennyvíziszapból erjesztett biogáznak van, ahol 70%-ot is eléri (Dr. Bai, 2007). A mérőműszert alkalmazva 436 ppm H<sub>2</sub>S koncentrációt mutat, ami nem a legmagasabb, de a későbbiekben lúgos mosáson átesik. Oxigén tartalma 2,2%-os, CO<sub>2</sub> pedig 10,4 %-t mutatott. Sajnos víztartalma eléggé magas, de a hideg szárítás és a lúgos mosó után jó értékeket értünk el. Kondenzvíz elvezetésével por, hab és egyéb szennyező komponensek kerültek ki a rendszerből. (Zrt., 2018, old.: 65) A biogáz részaránya a teljes tüzelőanyagbázisban és fűtőérték alapon számolva 2%. A következő fejezetben bemutatom a desztillálás során keletkező technikai alkohol mellékterméket.

## 2.4. Technikai alkohol, kozmaolajok

A Desztilláló üzemrészéből érkező kozmaolajat (6. ábra) (amil-alkohol és magasabb rendű alkoholok) betároljuk egy 80 m<sup>3</sup>-es kozmaolaj tartályba. Alkoholoknak nevezzük „A szélesebb körben használt etanolt cukorból, vagy keményítőből élesztővel végzett fermentációval és folyamatos desztillációval nyerik” (István, 2000, old.: 54). A kozmaolaj tartályban elvégezzük a kozmaolajos és vizes fázisok szétülepítését.



6. ábra  
Desztilláló oszlopok

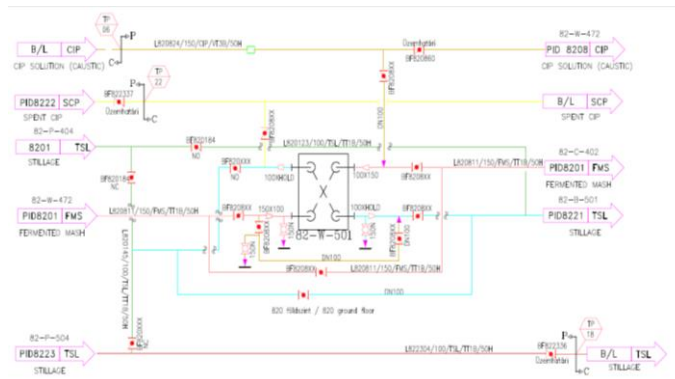
A kozmaolaj tartályból előbb a vizes fázist vesszük el, melyet a szloptartályba vezetünk be. Következő lépésként pedig a vízmentes kozmaolajat vesszük el a kozmaolaj szivattyú segítségével, és vezetjük be a technikai alkohol tartály betáp áramába. A technikai alkohol tartályban tároljuk a desztilláció során elvett technikai alkoholt. A technikai alkoholban koncentrálnak a fermentáció során keletkezett illékonyabb melléktermékek (acetaldehid, metanol, észterek). (Norbert, 2018, old.: 16)

A technikai alkohol és kozmaolaj keverékének feladását a 970 kazántelep felé a technikai alkohol feladó szivattyúval végezzük. A szivattyú by-pass ágába beépítettünk egy nyomás szabályzó szelepet, mivel a szivattyú közvetlenül a 97D502 gázkazán égőjére adja fel a tüzelőanyagot így a nyomását pontosan kell szabályozni.

A 2021-es évben létrehoztunk egy energiahatékonyságot javító intézkedést, amelyből származó energiamegtakarítást röviden bemutatom. (7. ábra)

Energiaintegrációt végző hőcserélőt telepítettünk az alkoholüzemi cefrekolonna betáplálási áramába. Feladata a kolonna alapanyagának melegítése a bepárlásra szánt moslék energiatartalmával.





7. ábra  
501 hőcserélő

A 2021 január – augusztus közötti időszakban a gőzelőállítás átlagos fajlagos földgázfelhasználása 685,2 kW/t gőz volt (15°C, 101,3kPa). Összességében tehát a 2021 tényadatai és előrejelzése alapján a fejlesztés révén megtakarított földgázmennyiség 2021-es évre vonatkozóan a következők szerinti (a végeredményt mind 0°C, mind pedig 15°C-os földgázegyenértékre megadjuk):

6.669,6 MWh/év (15°C, 101,3kPa földgáz), amely 24.010,56 GJ/év, vagy

7361,6 MWh/év (0°C, 101,3kPa földgáz), amely 26.501,72GJ/év.

A számítás menetét és nyomon követését nem taglalom, csupán az intézkedés révén létrejövő megtakarítást összegeztem. Jelenleg a technikai alkohol égetését nem minden esetben végezzük, mivel tovább tudjuk értékesíteni. A következő fejezetben a gőzelőállításának energetikai viszonyait és az energiamérlegét határozom meg.

### 3. Gőzelőállítás energetikai viszonyai

Szakdolgozatomban a KALL Ingredients Kft. (továbbiakban Társaság) gőzelőállításának energetikai viszonyait és energiamérlegét határoztam meg, amely alapján ajánlásokat fogalmaztam meg a Társaság gőzelőállításának intenzifikálására, illetőleg energiahatékonyságának növelésére. A gőzelőállítás energetikai viszonyainak meghatározásához első lépésben röviden összefoglalom az előzőekben részletesen említett technológiai vonatkozásokat, csak a számítás szempontjából releváns adatokra és információkra korlátozva.

A Társaság a kukoricafeldolgozó technológiájához 13 bar(g) nyomású, 210°C hőmérsékletű, enyhén túlhevített gőzt állít elő. A kismértékű túlhevítést a gyári gőzhálózat kondenzálás útján kialakuló veszteségeinek csökkentése indokolja. A gőzt két, egyenként 25 t/h, alapvetően földgáztüzelésű kazán biztosítja. Az első kazánban a földgáz mellett a Társaság telephelyén üzemelő ipari szennyvíztisztító technológiában keletkező biogázt is felhasználják, a második kazánban pedig az alkohol desztillációban keletkező magasabb rendű alkohol-elegy (ún. kozmaolaj) támasztótüzelése is megvalósul.

Az előállított 13 bar(g) nyomású és kb. 210°C átlaghőmérsékletű gőzt részben változatlanul takarmány szárítóban használják fűtésre, részben redukálják kb. 8 bar(g) nyomásra és további technológiai fűtésre használják. A keletkező kondenzátumot a közvetett hőbeviteli pontoktól visszavezetik kazántápvíz előállításra (ennek mennyisége az előállított gőz kb. 75-85%-a üzemmenettől függő mértékben). A közvetlen fűtési pontokon, azaz ott, ahol a gőz az anyagáramba kondenzál (ilyen pozíció pl. a keményítőtej konvertálása), nem történik visszavezetés.

Az előzőeknek megfelelően tehát a friss kazántápvíz előállítása részben a Társaság által üzemeltetett nyersvízvételi helyekből, saját víztisztító és sótalanító üzemen történik, részben pedig a visszatérő kondenzátum felhasználásával valósul meg.

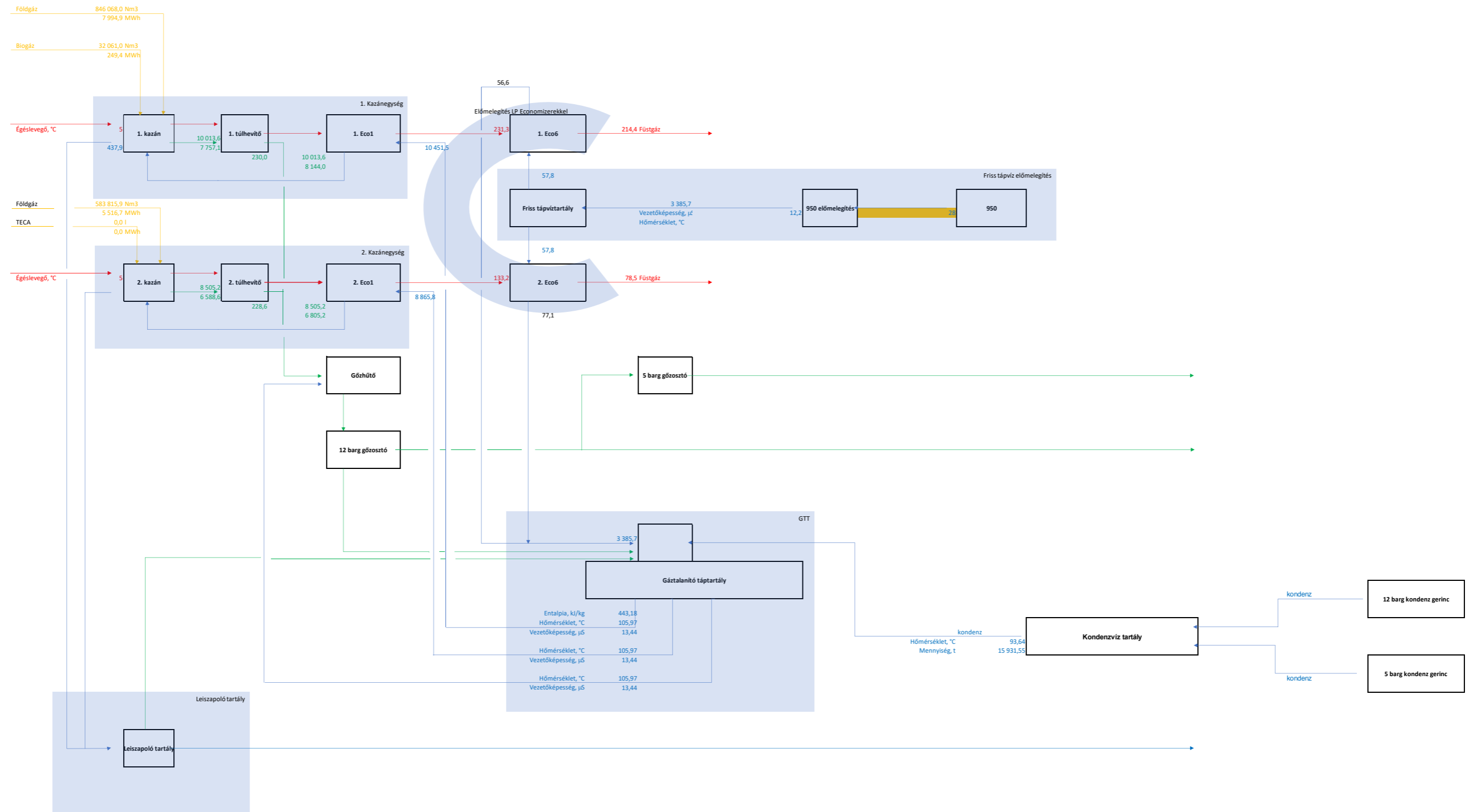
A jelen összeállítás a kazánüzem energetikai folyamatainak bemutatásával foglalkozik, így a friss kazántápvíz előállítását csak részben ismertetem. A friss kazántápvíz alapvetően előtisztítással, klórgázzal történő fertőtlenítéssel, zeolit és aktív szenes utószűréssel, valamint a végső sótalanító lépésben fordított ozmózis elvén üzemelő membránszeparátorban állítják elő. A keletkező kazántápvíz innen több hőlépcsőben és

folyamaton megy keresztül egészen a kazánokba történő felhasználásig. Ezen folyamatokat már részletesen tárgyalom az alábbi ábrán bemutatott elrendezésnek megfelelően.

A technológiai folyamat bemutatásával párhuzamosan, lépésről lépésre a teljes kazánüzem energetikai viszonyainak részletes számítását is ismertetem. (8. ábra). A számításhoz a Társaságtól kapott valós mennyiségi és minőségi adatokat alkalmaztam. Mivel a gyártási folyamat változó, azaz számos üzemi és kereskedelmi feltételtől függ, így a számítás során 2023. februári összesített mennyiségi és havi átlagadatokkal dolgoztam, kiküszöbölve a pufferhatásból, rendhagyó üzemállapotokból és egyéb külső tényezőkből eredő zavaró hatásokat. A felvett alap adatokat az 1. táblázatban foglaltam össze.

A friss kazántápvíz tehát a 950-nel jelölt vízüzemben keletkezik, hőmérséklete 17°C, vezetőképessége pedig 12,2  $\mu\text{S}$  volt a vizsgált időszakban. (1. táblázat)

A további számításokhoz számos ponton alkalmazom az adott hőmérsékleten és nyomáson lévő telített-, túltelített gőz, illetőleg víz entalpiáit, amely értékeket a következő hivatkozással elérhető online gőztáblázattal adtam meg: [https://www.peacesoftware.de/einigewerte/wasser\\_dampf\\_e.html](https://www.peacesoftware.de/einigewerte/wasser_dampf_e.html).



8. ábra  
Havi jelentés

1. táblázat

Kazánüzemi mérési eredmények havi átlagértéke

<b>Megnevezés</b>	<b>Vonal</b>	<b>Mértékegy.</b>	<b>Érték</b>
Friss kazántápvíz vezetőképesség		μS	12,2
Friss kazántápvíz hőmérséklet		°C	28
Nyomás 1	Kazán 1 97D501	barg	12,8
Túlhevített gőz hőmérséklet		°C	230,0
Nyomás 2	Kazán 2 97D502	barg	12,9
Túlhevített gőz hőmérséklet		°C	228,6
GTT hőmérséklet		°C	106,0
Pótvíz tartály hőmérséklet		°C	57,8
Kondenz tartály hőmérséklet		°C	93,6
Füstgáz hőmérséklet LP ECO előtt	1-es kazán	°C	231,3
Füstgáz hőmérséklet LP ECO után		°C	214,4
Pótvíz hőm. LP ECO után		°C	56,6
Füstgáz hőmérséklet LP ECO előtt	2-es kazán	°C	133,2
Füstgáz hőmérséklet LP ECO után		°C	78,5
Pótvíz hőm. LP ECO után		°C	77,1
Vezetőképesség	Kazán Pótvíz	μS/cm	12,2
Vezetőképesség	GTT	μS/cm	13,4
Vezetőképesség	Kondenzvíz	μS/cm	4,6
Vezetőképesség 1. kazán	Kazánvíz	μS/cm	320,9
Vezetőképesség 2. kazán		μS/cm	330,4

Friss kazántápvíz mennyisége 3385,7 tonna ( $M_{\text{tápvíz}}$ ), (2. táblázat) az előállított gőz mennyisége 18517,8 tonna ( $M_{\text{gőz}}$ ), a kazántápvíz leiszapolás mennyisége 798,6 tonna ( $M_{\text{leiszapolás}}$ , ennek meghatározását a számítás későbbi szakaszában mutatom be) volt a 18517,8 mennyisége szintén a vizsgált időszakban 15931,6 tonna értéknek adódott ( $M_{\text{kondenzátum}}$ ).

$$M_{\text{gőz}} + M_{\text{leiszapolás}} = M_{\text{tápvíz}} + M_{\text{kondenzátum}}$$

### 3.1. Első hőlépcső

**Első lépésben** kazántápvízként felhasznált RO víz hőmérsékletét az előállítási 17°C-ról a 57,8°C-ra emelik meg az alkoholüzemből származó párakondenzátum hulladékhőjének felhasználásával (1. táblázat). Ezen lépésben a tápvíznek átadott hőmennyiség meghatározásához felvettem az RO víz induló és véghőmérsékletéhez (17°C, illetőleg 57,8°C) tartozó entalpia adatokat és egyéb, a számításhoz szükséges mennyiségeket. Az induló és az első hőlépcsőt követő hőtartalmakat, illetőleg a hőlépcső során átadott hőtartalmat az alábbi egyenletek segítségével határoztam meg. (2. táblázat)

$$Q_{\text{tápvíz},1} = \frac{M_{\text{tápvíz}} * 1000 * H_{\text{tápvíz},1}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{\text{tápvíz},2} = \frac{M_{\text{tápvíz}} * 1000 * H_{\text{tápvíz},2}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{\text{előmelegítés}} = Q_{\text{tápvíz},2} - Q_{\text{tápvíz},1}$$

2. táblázat

Első hőlépcső energetikai viszonyai

Megnevezés	Mértékegység	Érték
Friss kazántápvíz mennyisége ( $M_{\text{tápvíz}}$ )	t	3 385,7
Friss kazántápvíz induló hőmérséklete ( $T_{\text{tápvíz},1}$ )	°C	17,0
Friss kazántápvíz entalpia ( $H_{\text{tápvíz},1}$ )	kJ/kg	71,3
Friss kazántápvíz hőtartalma előmelegítés előtt ( $Q_{\text{tápvíz},1}$ )	MWh	67,1
Előmelegített kazántápvíz hőmérséklete ( $T_{\text{tápvíz},2}$ )	°C	57,8
Előmelegített kazántápvíz entalpia ( $H_{\text{tápvíz},2}$ )	kJ/kg	242,0

Friss kazántápvíz hőtartalma előmelegítés után ( $Q_{\text{tápvíz}, 2}$ )	MWh	227,6
Előmelegítéssel bevitt hőmennyiség ( $Q_{\text{előmelegítés}}$ )	MWh	160,5

Ezek alapján tehát az első hőlépcső során a friss kazántápvíznek átadott összes hőmennyisége 160,5 MWh volt a vizsgált időszakban. (2. táblázat)

Ez előmelegített friss kazántápvíz ezt követően egy táptartályba kerül, amely a kazánok előtti puffertárolóként szolgál.

### 3.2. Második hőlépcső

Innen a **második előmelegítési lépcsőben** a friss kazántápvíz az ún. alacsony nyomású economizerekre kerül, amely a kazánok füstgázában még kihasználható hulladékhővel tovább melegíti a friss kazántápvizet. Mindkét kazán rendelkezik alacsony nyomású economizerrel, azonban a vizsgált időpontban csak a kettes kazán economizere volt használatban tápvíz oldalról. Az 1. kazán esetében a hőcserélő kerülőn üzemelt, amely látható is az előzőekben hivatkozott alapadatokat tartalmazó táblázatban feltüntetett füstgáz- és kazántápvíz hőmérsékleti adatokból. Az 1. kazán esetében gyakorlatilag nem változott a tápvíz és a füstgáz hőmérséklete (csak a mérési eltérések okozta különbség figyelhető meg), a 2. kazán esetében azonban jelentős a hőmérséklet emelkedés a tápvíz vonalon ( $57,8\text{C}^\circ$ -ról  $77,1\text{C}^\circ$ -ra), míg a füstgáz esetében jelentős csökkenés tapasztalható ( $133,2\text{C}^\circ$ -ról  $78,5\text{C}^\circ$ -ra). (1. táblázat). Az itt átadott hőmennyiséget tápvíz oldali hőmérsékletemelkedéssel határozzuk meg. A hőcserélőre bemenő tápvíz entalpiát az előző lépésben már meghatároztuk ( $H_{\text{tápvíz}, 2}$ ), így a bemenő hőmennyiségeket ezen értékkel számoljuk.

$$Q_{\text{bemenő tápvíz}, 1 \text{ kazán}} = \frac{M_{\text{tápvíz}, 1 \text{ kazán}} * 1000 * H_{\text{tápvíz}, 2}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{\text{bemenő tápvíz}, 2 \text{ kazán}} = \frac{M_{\text{tápvíz}, 2 \text{ kazán}} * 1000 * H_{\text{tápvíz}, 2}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{\text{kimenő tápvíz}, 1 \text{ kazán}} = \frac{M_{\text{tápvíz}, 1 \text{ kazán}} * 1000 * H_{\text{tápvíz}, 1 \text{ kazán eco után}}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{\text{kimenő tápvíz}, 2 \text{ kazán}} = \frac{M_{\text{tápvíz}, 2 \text{ kazán}} * 1000 * H_{\text{tápvíz}, 2 \text{ kazán eco után}}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{\text{bevitt tápvíz}, 1 \text{ kazán}} = Q_{\text{kimenő tápvíz}, 1 \text{ kazán}} - Q_{\text{bemenő tápvíz}, 1 \text{ kazán}}$$

$$Q_{\text{bevitt tápvíz,2 kazán}} = Q_{\text{kimenő tápvíz,2 kazán}} - Q_{\text{bemenő tápvíz,2 kazán}}$$

$$Q_{\text{bevitt tápvíz 1+2 kazán}} = Q_{\text{bevitt tápvíz,2 kazán}} + Q_{\text{bevitt tápvíz,1 kazán}}$$

### 3. táblázat

#### Második hőlépcső energetikai viszonyai

Megnevezés	Mértékegység	Érték
1 Eco6 átáramlott vízmennyiség ( $M_{\text{tápvíz, 1kazán}}$ )	t	1 830,8
2 Eco6 átáramlott vízmennyiség ( $M_{\text{tápvíz, 2kazán}}$ )	t	1 555,0
1 Eco6 átáramlott vízmennyiség entalpia ( $H_{\text{tápvíz, 1 kazán eco után}}$ )	kJ/kg	237,00
2 Eco6 átáramlott vízmennyiség entalpia ( $H_{\text{tápvíz, 2 kazán eco után}}$ )	kJ/kg	322,82
1 Eco6 belépő hőtartalom ( $Q_{\text{bemenő tápvíz, 1 kazán}}$ )	MWh	123,0
2 Eco6 belépő hőtartalom ( $Q_{\text{bemenő tápvíz, 2 kazán}}$ )	MWh	104,5
1 Eco6 kilépő hőtartalom ( $Q_{\text{kimenő tápvíz, 1 kazán}}$ )	MWh	120,5
2 Eco6 kilépő hőtartalom ( $Q_{\text{kimenő tápvíz, 2 kazán}}$ )	MWh	139,4
1 Eco6-1 bevitt hőmennyiség ( $Q_{\text{bevitt tápvíz, 1 kazán}}$ )	MWh	-2,5
2 Eco6-1 bevitt hőmennyiség ( $Q_{\text{bevitt tápvíz, 2 kazán}}$ )	MWh	34,9
1+2 Eco6-1 bevitt összes hőmennyiség ( $Q_{\text{bevitt tápvíz, 1+2 kazán}}$ )	MWh	32,4

Ezek alapján az economizerekben átadott hőmennyiség a vizsgált időszakban összesen 32,4 MWh volt. (3. táblázat)

### 3.3. Harmadik hőlépcső

Az **előmelegítés harmadik lépése** a gáztalanító táptartályban valósul meg, ahol összekeveredik az előző két lépésben előmelegített friss kazántápvíz a visszatérő kondenzátummal. A termikus kigázosítás megvalósítása érdekében a gáztalanító táptartályban gőzt is felhasználnak a 106°C eléréséhez. Itt tehát nem hulladékhővel történik a további hőlépcső megvalósítása az összekeverés után, hanem gőz hozzávezetésével (önfogyasztás). A harmadik lépés során figyelembe vett hőáramokat az alábbi táblázatban foglaljuk össze. A táblázatban szereplő entalpiákat az egyes anyagáramokra vonatkozó hőmérséklet és nyomásviszonyok alapján vettük fel. (4. táblázat)



$$\begin{aligned}
Q_{bevit} &= \frac{M_{\text{tápvíz,1 kazán}} * 1000 * H_{\text{tápvíz,1 kazán eco után}}}{3600 * 1000} \\
&+ \frac{M_{\text{tápvíz,2 kazán}} * 1000 * H_{\text{tápvíz,2 kazán eco után}}}{3600 * 1000} \\
&+ \frac{M_{\text{kondenzátum}} * 1000 * H_{\text{kondenzátum}}}{3600 * 1000} \\
&= Q_{\text{kimenő tápvíz,1 kazán}} + Q_{\text{kimenő tápvíz,2 kazán}} \\
&+ \frac{M_{\text{kondenzátum}} * 1000 * H_{\text{kondenzátum}}}{3600 * 1000} \\
Q_{\text{kimenő}} &= \frac{(M_{\text{tápvíz,1 kazán}} + M_{\text{tápvíz,2 kazán}} + M_{\text{kondenzátum}}) * 1000 * H_{\text{gáztalanított tápvíz}}}{3600 * 1000} \\
Q_{\text{önfogyasztás}} &= Q_{\text{kimenő}} - Q_{\text{bemenő}}
\end{aligned}$$

#### 4. táblázat

##### Harmadik hőlépcső energetikai viszonyai

Megnevezés	Mértékegység	Érték
1 Eco6 átáramlott vízmennyiség ( $M_{\text{tápvíz, 1kazán}}$ )	t	1 830,8
2 Eco6 átáramlott vízmennyiség ( $M_{\text{tápvíz, 2kazán}}$ )	t	1 555,0
Kondenzátum mennyiség ( $M_{\text{kondenzátum}}$ )	t	15 931,6
1 Eco6 átáramlott vízmennyiség entalpia ( $H_{\text{tápvíz, 1 kazán eco után}}$ )	kJ/kg	237,00
2 Eco6 átáramlott vízmennyiség entalpia ( $H_{\text{tápvíz, 2 kazán eco után}}$ )	kJ/kg	322,82
Kondenzátum mennyiség entalpia ( $H_{\text{kondenzátum}}$ )	kJ/kg	392,13
Gáztalanított tápvíz entalpia ( $H_{\text{gáztalanított tápvíz}}$ )	kJ/kg	444,44
Összes érkező hőmennyiség ( $Q_{\text{bevitt}}$ )	MWh	1 995,3
Gáztalanított hőmennyiség ( $Q_{\text{kimenő}}$ )	MWh	2 384,8
Önfogyasztás ( $Q_{\text{önfogyasztás}}$ )	MWh	389,5
Önfogyasztás gőzgyenértéke	t gőz (13 barg)	487,1
Önfogyasztási részarány a termelt gőz %-ban	%	2,6%

Az önfogyasztás során a gáztalanító táptartályban közölt hőmennyiség a vizsgált időszakban 389,5 MWh volt, amely szintén a vizsgált időszakban összesen 487,1 tonna 13 bar(g) nyomású gőzgyenértéknek felelt meg. Amennyiben figyelembe vesszük az összes termelt gőzmennyiséget is, akkor az önfogyasztás mértéke 2,6%-nak felelt meg.

### 3.4. Negyedik hőlépcső

A gáztalanító táptartályt követően a kevert és gáztalanított kazántápvíz a **kazánokba** jut. Itt első lépésként a magas nyomású economizeren a füstgáz hőjét felhasználva tovább melegszik, majd a kazántestbe jut. A kazánokban a felhasznált tüzelőanyagok hatására gőzzé alakul és a 13 bar(g) nyomású gőzosztóra kerül, ahonnan részben tovább halad a 13 bar(g) nyomásfokozatú gyári gőzhálózatra, részben pedig redukálják kb. 5 bar(g) nyomásra és tovább halad a kisnyomású gyári gőzhálózatra. A kazánban történő energetikai folyamatokat csak az 1. kazánegység esetében mutatom be részletesen, a 2. kazánhoz tartozóan a részletes bemutatástól elvazonosság miatt eltekintek és csak a számítás végeredményét adom meg.

Az 1. kazán esetében földgáz és biogáz együttes tüzelése történik, így a tüzelőanyaggal bevitt hőmennyiség meghatározásakor mindkét tüzelőanyagot figyelembe vettem. (5. táblázat)

$$Q_{be\ összes} = \frac{M_{\text{összes tápvíz}} * 1000 * H_{\text{összes tápvíz}}}{3600 * 1000} + \frac{M_{\text{földgáz be}} * LHV_{\text{földgáz}}}{3600 * 1000} + \frac{M_{\text{biogáz be}} * LHV_{\text{biogáz}}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{\text{telített gőz}} = \frac{M_{\text{gőz}} * 1000 * H_{\text{telített gőz}}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{\text{tútelített gőz}} = \frac{M_{\text{gőz}} * 1000 * H_{\text{tútelített gőz}}}{3600 * 1000}$$

$$M_{\text{leiszapolás}} = \frac{M_{\text{összes tápvíz}} * \mu_{\text{tápvíz}} - M_{\text{gőz}}}{\mu_{\text{kazánvíz}}}$$

$$Q_{\text{leiszapolás}} = \frac{M_{\text{leiszapolás}} * 1000 * H_{\text{leiszapolás}}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{\text{veszteség 1}} = Q_{\text{be összes}} - Q_{\text{tútelített gőz}}$$

$$Q_{\text{veszteség 2}} = Q_{\text{be összes}} - Q_{\text{tútelített gőz}} - Q_{\text{leiszapolás}}$$

A leiszapolás mennyiségét nem mérjük, azonban mérlegegyenlettel számítható a kazánban felhasznált összes tápvíz, a friss kazántápvíz vezetőképessége, valamint a kazánvíz vezetőképessége alapján. Itt a számítás egyszerűsítésének érdekében a keletkező gőz és a visszatérő kondenzátum vezetőképességét egyaránt 0-nak feltételeztem.

5. táblázat

Negyedik hőlépcső energetikai viszonyai

Megnevezés	Mértékegység	Érték
Belépő földgáz 1 kazán ( $M_{\text{földgáz be}}$ )	Nm <sup>3</sup>	846 068,0
Belépő földgáz 1 kazán ( $Q_{\text{földgáz be}}$ )	MWh	7 994,9
Belépő biogáz 1 kazán ( $M_{\text{biogáz be}}$ )	Nm <sup>3</sup>	32 061,0
Belépő biogáz 1 kazán ( $Q_{\text{biogáz be}}$ )	MWh	249,4
Belépő kazántápvíz ( $M_{\text{összes tápvíz}}$ )	t	10 451,5
Belépő kazántápvíz entalpia ( $H_{\text{összes tápvíz}}$ )	kJ/kg	445,36
Belépő kazántápvíz ( $Q_{\text{összes tápvíz}}$ )	MWh	1 293,0
Belépő összes energiamennyiség ( $Q_{\text{be összes}}$ )	MWh	9 537,2
Gőztermelés 1 kazán ( $M_{\text{gőz}}$ )	t	10 013,6
Kazán nyomás	bara	13,8
Gőzentalpia ( $H_{\text{telített gőz}}$ )	kJ/kg	2788,43
Telített gőzzel elvitt hőmennyiség ( $Q_{\text{telített gőz}}$ )	MWh	7 756,2
Túlhevítési hőmérséklet	°C	230,0
Gőzentalpia ( $H_{\text{túltelített gőz}}$ )	kJ/kg	2881,14
Túlhevített gőzzel elvitt hőmennyiség ( $Q_{\text{túltelített gőz}}$ )	MWh	8 014,0
Távozó leiszapolás 1 kazán ( $M_{\text{leiszapolás}}$ )	t	437,9
Leiszapolási veszteség 1 kazán (mennyiségre vonatkoztatva)	%	4,2%
Leiszapolat víz entalpia ( $H_{\text{leiszapolás}}$ )	kJ/kg	827,12
Leiszapolással elvitt hőmennyiség ( $Q_{\text{leiszapolás}}$ )	MWh	100,6
1 Kazánegység hővesztesége leiszapolással ( $Q_{\text{veszteség 1}}$ )	MWh	1 422,6
1 Kazánegység hővesztesége leiszapolással	%	14,9%
1 Kazánegység hővesztesége leiszapolás nélkül ( $Q_{\text{veszteség 2}}$ )	MWh	1 523,2
1 Kazánegység hővesztesége leiszapolás nélkül	%	16,0%

Látható, hogy az 1. kazán vizsgált időszakban számolt összes hővesztesége leiszapolással együtt 14,6% a bevitt összes energiára vonatkoztatva.

A kazánok hővesztesége a következő tényezőkből tevődik össze:

- égéslevegő előmelegítésének hőigénye a tüztér hőmérsékletére,
- füstgázzal távozó hőmennyiség a magas nyomású economizer után,
- leiszapolással távozó hőmennyiség (Q veszteség 2 esetében),
- kazánfalán keresztül történő hőveszteség.

### 3.5. Leiszapolás

A kazánüzem vízdoldali anyagvezetésének utolsó lépése a leiszapolt víztartály, amelyben mindkét kazán leiszapolása összegyűjtésre kerül, majd hűtést követően a gyár szennyvíztisztítójába továbbítják. A leiszapoló tartályban a kazán nyomásán és telítési hőmérsékletén érkező kazánvíz flash-el a leiszapolótartály nyomására (1,2 bara) és annak telítési hőmérsékletére. A leiszapoló tartályban megvalósuló energetikai folyamatokat az alábbi táblázat szemlélteti, illetőleg ezek kiszámításához a lentiekben bemutatott egyenleteket használtam fel. (5. táblázat)

$$M_{leiszapolás\ összes} = M_{leiszapolás\ 1\ kazán} + M_{leiszapolás\ 2\ kazán}$$

$$Q_{leiszapolás\ összes} = Q_{leiszapolás\ 1\ kazán} + Q_{leiszapolás\ 2\ kazán}$$

$$Q_{leiszapolás\ összes}$$

$$= \frac{M_{leiszapolás\ víz} * 1000 * H_{leiszapolás\ víz}}{3600 * 1000}$$

$$+ \frac{(M_{leiszapolás\ összes} - M_{leiszapolás\ víz}) * 1000 * H_{flash}}{3600 * 1000}$$

$$M_{leiszapolás\ összes} = M_{leiszapolás\ víz} + M_{flash}$$

$$Q_{leiszapolás\ víz} = \frac{M_{leiszapolás\ víz} * 1000 * H_{leiszapolás\ víz}}{3600 * 1000}$$

$$Q_{flash} = \frac{M_{flash} * 1000 * H_{flash}}{3600 * 1000}$$

6. táblázat

Leiszapoló tartály energetikai viszonyai

Megnevezés	Mértékegység	Érték
Leiszapolt vízmennyiség (M <sub>leiszapolás összes</sub> )	t	798,6
Leiszapolt hőmennyiség (Q <sub>leiszapolás összes</sub> )	MWh	183,6

Flash-elés utáni nyomás	bara	1,2
Flash utáni víz entalpia ( $H_{\text{leiszapolás víz}}$ )	kJ/kg	439,3
Flash utáni gőz entalpia ( $H_{\text{flash}}$ )		2 683,1
Flashelés után maradt vízmennyiség	t	660,3
Flashelés után keletkező sarjűgőz	t	138,3
Flash utáni víz hőmennyiség	MWh	80,6
Sarjűgőz hőmennyiség	MWh	103,1
Sarjűgőz hőmennyiség részaránya gőzhőtartalomra vonatkoztatva	%	0,7%

Össességében a leiszapolás során történő hőveszteség 183,6 MWh. Ebből 80,6MWh a leiszapoló tartályban történő flash-elés után visszamaradt víz hőmennyisége, és 103,1 MWh a flash gőz hőmennyisége. Fontos, hogy ebben a lépésben mindkét fázis által képviselt hőmennyiséget külön-külön figyelembe vegyem, mert a dolgozatomban többek között ezen lépcsőben fogalmazok meg energiahatékonysági javító intézkedést.

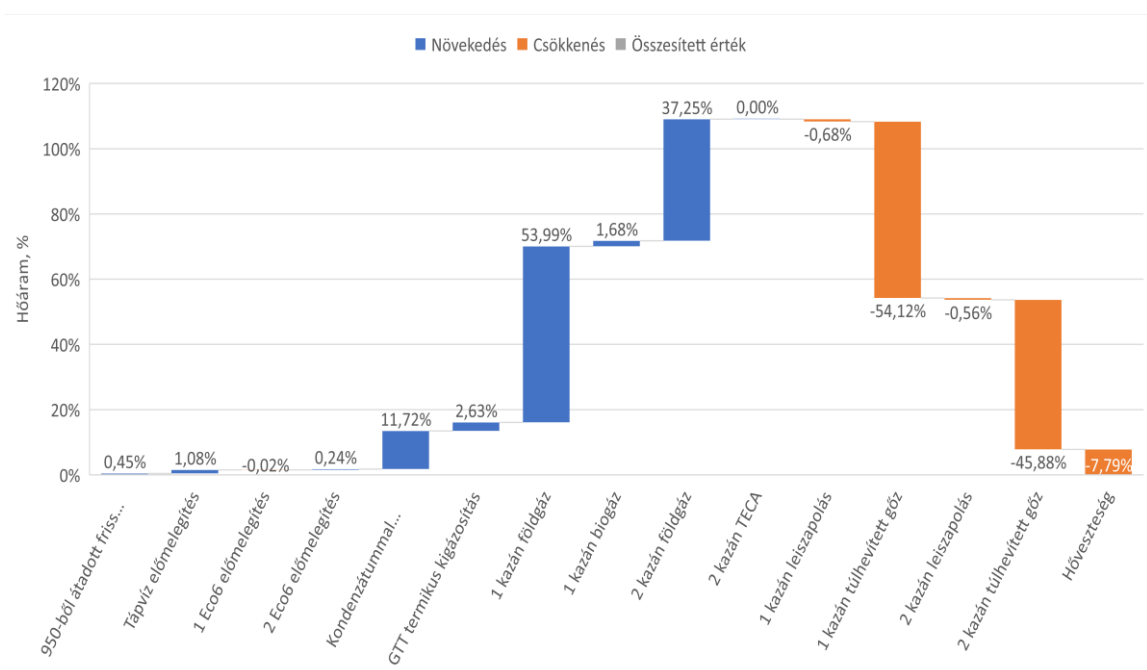
### 3.6. Összesített kazánüzemi hőmérleg

A teljes kazánüzem összesített hőáramát vizesés diagrammon az alábbiakban mutatom be. Ebben %-os értékekkel szemléltetem a teljes kazánház belépő és távozó hőmennyiségeit. Az adatokat külön táblázatban is feltüntettem MWh és a bemenő teljes hőmennyiséget %-ban is.

7. táblázat  
Kazánüzem összesített energiamérlege

Megnevezés	Érték, %	Érték, MWh
950-ből átadott friss kazántápvíz	0,45%	67,1
Tápvíz előmelegítés	1,08%	160,5
1 Eco6 előmelegítés	-0,02%	-2,5
2 Eco6 előmelegítés	0,24%	34,9
Kondenzátummal visszaérkező	11,72%	1 735,3
GTT termikus kigázosítás	2,63%	389,5
1 kazán földgáz	53,99%	7 994,9

1 kazán biogáz	1,68%	249,4
2 kazán földgáz	37,25%	5 516,7
2 kazán TECA	0,00%	0,0
1 kazán leiszapolás	-0,68%	-100,6
1 kazán túlhevített gőz	-54,12%	-8 014,0
2 kazán leiszapolás	-0,56%	-83,0
2 kazán túlhevített gőz	-45,88%	-6 794,2
Hővesztesség	-7,79%	-1 153,9



*1. Diagram  
Kazánüzem összesített energiamérlege*

Ezek alapján a vizsgált 2023 februári hónapban a teljes kazánüzemi hőforgalom a következőképpen alakult. A teljes bemenő hőmennyiség 0,45%-a származott a friss kazántápvízből a vízüzemben. Ehhez 1,08%-nyi hőmennyiség társult az előmelegítés első lépésében. További 0,24% az alacsony nyomású economizerekben (a vizsgált időszakban csak a 2. kazán economizere üzemelt) realizálódott (második hőlépcső). A teljes bemenő hőmennyiség 11,72%-a származott a visszatérő kondenzátummal, illetőleg 2,63% a termikus kigázosításnál felhasznált önfogyasztás formájában. A felhasznált tüzelőanyagokat tekintve a

kazánokat már külön kezeltem. Az 1. és 2. kazánban a bevitt hőmennyiség rendre 53,99% illetve 37,25% származott földgázból; e mellett az 1. kazánban 1,68% biogáz és a 2. kazánban 0% technikai alkohol égetése történt.

A távozó hőáramokat figyelembe véve 0,68% és 0,56% hőmennyiség távozott a leiszapolással, 54,12% és 45,88% a termelt gőzzel. Ezek különbségéből pedig adódik a teljes kazánüzemi hőveszteség, amelynek mértéke a leiszapolás mellett további 7,79%-ot tett ki. (1. Diagram)

## ÖSSZEFOGLALÁS

Szakdolgozatom célja a KALL Ingredients Kft.-nél működő kazánház energiamérlegének meghatározása és ez alapján intenzifikálási lehetőségek feltárása volt. Ennek első lépése az előzőekben levezetésre került kazánüzemi energiamérleg. Ebből meghatároztam a kazánüzem veszteségeit, amely alapja az energetikai hatékonyságnövelésre adható javaslatoknak.

Az adatokból megállapítottam, hogy a kazánházi veszteségek két alapvető részre bonthatók fel a következők szerint:

- leiszapolással távozó hőmennyiség, amely két részből tevődik össze:
  - leiszapoló tartályban történő flash-elést követően visszamaradt leiszapoló víz képezte hőtartalom, mint elfolyó veszteség,
  - leiszapoló tartályban történő flash-elést követően keletkező gőz, mint párolgó veszteség,
- egyéb hővesztések, amelyek a következő folyamatokból adódnak:
  - füstgázzal távozó hőmennyiség az alacsony nyomású economizer utáni maradó füstgázhőmérséklet miatt,
  - égéslevegő égési hőmérsékletre történő felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség,
  - a kazánfalon keresztül veszteségként távozó hőmennyiség.



## JAVASLATOK

A hőveszteségek csökkentésére a következő javaslatokat fogalmazom meg. A leiszapolással távozó veszteség csökkentésére két lehetőség vehető figyelembe:

- Elsőként a leiszapolással távozó összes hőmennyiség csökkentését lehet elérni a kazánvíz vezetőképességének magasabb értéken tartásával. Látható, hogy a kazánvíz vezetőképessége a vizsgált időszak átlagában kb. 320  $\mu\text{S}$  körül alakult. Ez felemelhető kb. 500  $\mu\text{S}$  értékig megfelelő vegyszeradagolással. A friss kazántápvíz vezetőképessége érdemben tovább már nem csökkenthető (a vizsgált időszak átlagában 12,2  $\mu\text{S}$ ), így a kazánvíz vezetőképességének magasabb értéken tartásával természetesen csökkenthető a leiszapolás mértéke, ezáltal arányosan csökkenthető a leiszapolással távozó teljes hőmennyiség is.
- Maradva a leiszapolásnál, lehetőséget látok a leiszapolás során keletkező sarjűgőz hőmennyiségének felhasználására a termikus kigázosító tartályban. Az a gőzmennyiség a tartály dóm aljába bevezethető, így hőtartalma teljes egészében felhasználható a kigázosításhoz szükséges önfogyasztás csökkentésére. Ennek mértéke megegyezik a sarjűgőz hőmennyiségével, amely az előzőekben bemutatott számítással 103,1 MWh értékben határoztam meg, amely a teljes bemenő hőmennyiség 0,7%-a.

A leiszapolás mellett további energiahatékonyság javító intézkedések lehetnek az alábbiak:

- A füstgázzal történő hőveszteség két tényezőtől adódik. Egyrészt az első összefoglaló táblázatban bemutatott adatokból is jól látható, hogy az alacsony nyomású economizer a vizsgált időszakban nem üzemelt az 1. kazán esetében. Ennek oka a biogáz nem megfelelő mosása volt, műszaki hiba miatt. A biogáz elégtelen mosása nagyon alacsony pH értékű és agresszív kondenzátumot eredményez, amely roncsolja az alacsony nyomású economizer szerkezeti elemeit. Természetesen tehát energetikai szempontból fontos az economizer nyújtotta hőforgalom kihasználása. Mivel ennek konkrét műszaki oka volt a vizsgált időszakban, így ezen energetikai hatékonyságnövelő intézkedést csak a teljesség kedvéért említem meg, de nem fogalmazom meg ajánlasként.
- Fontos azonban megjegyezni, hogy még üzemelő alacsony nyomású economizer mellett a füstgáz maradó hőtartalma kb. 87°C (lásd a 2. kazán esetében), azaz a füstgázzal távozó hőmennyiség csökkentésének lehetősége abban áll, ha a füstgáz maradó hőtartalmát tovább csökkentjük.

Erre vonatkozó lehetőség a füstgázzal történő égéslevegő előmelegítése. Előnye, hogy ezáltal az égéslevegő felmelegítéséhez szükséges hőveszteség is csökken. Hátránya, hogy az ilyen típusú levegő/levegő hőcserélők hőátzármatató tényezője jellemzően alacsony, vagyis, nagy felületre van szükség, amely jelentős költségtényezőként jelentkezik. További hátránya, hogy az égéslevegő ventilátornak a nevezett hőcserélő okozta nyomáscsökkenést is biztosítani kell, amely okozhatja az égéslevegő ventilátor cseréjét további költségnövekedést eredményezve. Mindazonáltal ezen energiahatékonyság növelése lehetőséget adott, de további vizsgálatot igényel a megtérülése.

- A kazánfalán keresztül történő hőveszteség csökkentésének lehetősége az esetlegesen szigetetlen felületek megfelelő szigetelésével lenne biztosítható. A KALL Ingredients Kft. gyárában üzemelő kazánok esetében azonban a hőszigetelés nem tartalmaz nyilvánvaló hiányosságokat, azaz az itt megtakarítható hőmennyiség valószínűleg csekély mértékű.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

*Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek Dr. Schrempf Norbert Attilának, a dolgozat segítésének elkészítésében és a szakmai tanácsaiért.*

*Köszönet Dr. Nagy Gábor, Termelési igazgatónak az elméleti és gyakorlati munkák segítésében, továbbá, hogy biztosított számomra anyagi forrást a tanulásomra.*

*Köszönet családomnak a lelki és anyagi támogatásért és mindazoknak, akik segítettek munkámat.*

## 4. IRODALMIJEGYZÉK

(2015). *Boiler Contlor Kazánvezérlés*. Bosch Industriekessel GmbH: Bosch .

Dávid, J. (2018). *960. Szennyvíztelep technológiai utasítás*. Tiszapüspöki: Kall Ingredients Kft.

Dávid, J. (2018). *970 Kazánház Technológiai utasítás*. Tiszapüspöki: Kall Ingredients Kft.

Dr. Barótfi , I., Fenyvesi László , Dr. Kocsis , K., & Dr. Marosvölgyi, B. (1998). *A Biomassza Energetikai Hasznosítása*. Budapest: Gazdasági Minisztérium.

Dr. Lukács , G. S. (2010). *Megújuló energiák könyve*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház.

Dr. Sembery , P., & Tóth , L. (2004). *Hagyományos és megújuló energiák*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház.

(2017). *Egységes környezethasználati engedély*. Szolnok.

Gergely, D. B. (2004). *Energetika*. Budapest: Műegyetemi kiadó.

István, D. B. (2000). *Környezettechnika*. Budapest: Mezőgazdasági könyvkiadó.

Norbert, M. (2018). *820. Desztilláló technológiai utasítás*. Tiszapüspöki: Kall Ingredients Kft.

Sándor, d. B. (2004). *Hőtechnikai alapok*. Budapest: dr. Balikó Sándor.

Zrt., U. E. (2018). *Tisza-TK Projekt Kft gabona feldolgozó üzemének szennyvíztisztító telepe*. Tiszapüspöki: Kall Ingredients Kft.

### Internetes forrás

<https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>

<https://blog.rekk.hu/bejegyzes/31/soha-nem-latott-magassagokban-a-szen-dioxid-kvota-ara>

Entalpia adatokat a következő hivatkozáson elérhető online gőztáblázattal adtam meg:

[https://www.peacesoftware.de/einigewerte/wasser\\_dampf\\_e.html](https://www.peacesoftware.de/einigewerte/wasser_dampf_e.html). (felhasználás 2023. április)

## 4.1. Ábrák

1. ÁBRA GŐZKAZÁN BERENDEZÉSEI ÉS EGYSÉGEI	8
2. ÁBRA BOSCH KAZÁNOK	10
3. ÁBRA ECONOMIZEREK	14
4. ÁBRA. EURÓPAI UNIÓ CO2 KVÓTA TŐZSDEI ÁRA (EUR/TCO2 ÉRTÉKBEN)	17
5. ÁBRA GÁZFOGADÓ ÁLLOMÁS	22
6. ÁBRA DESZTILLÁLÓ OSZLOPOK	24
7. ÁBRA 501 HŐCSERÉLŐ	25
8. ÁBRA HAVI JELENTÉS	28

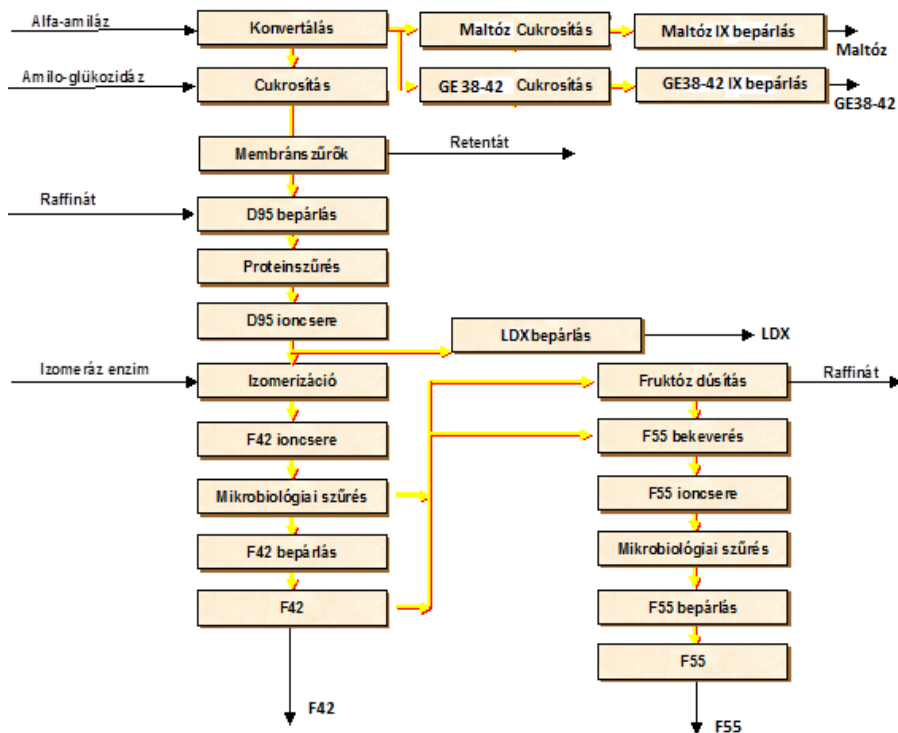
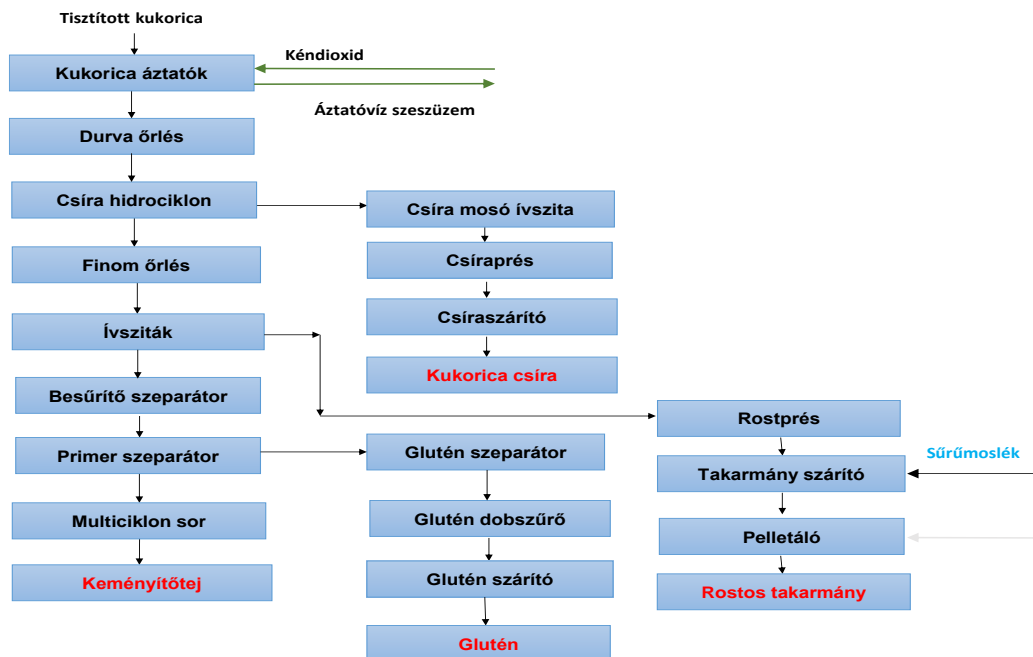
## 4.2. Táblázatok

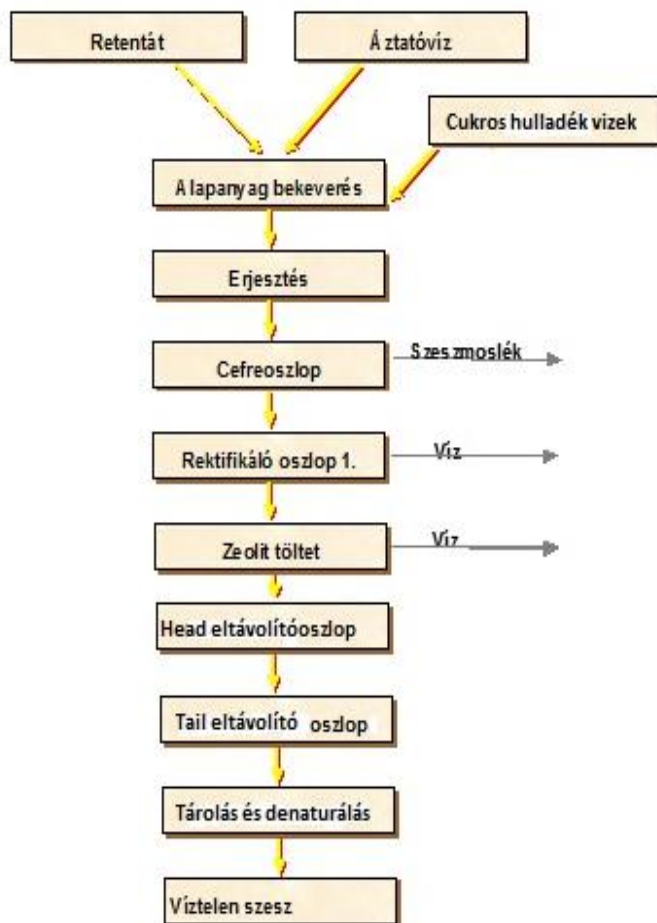
1. TÁBLÁZAT KAZÁNÜZEMI MÉRÉSI EREDMÉNYEK HAVI ÁTLAGÉRTÉKE.....	29
2. TÁBLÁZAT ELSŐ HŐLÉPCSŐ ENERGETIKAI VISZONYAI.....	30
3. TÁBLÁZAT MÁSODIK HŐLÉPCSŐ ENERGETIKAI VISZONYAI .....	32
4. TÁBLÁZAT HARMADIK HŐLÉPCSŐ ENERGETIKAI VISZONYAI .....	33
5. TÁBLÁZAT NEGYEDIK HŐLÉPCSŐ ENERGETIKAI VISZONYAI .....	35
6. TÁBLÁZAT LEISZAPOLÓ TARTÁLY ENERGETIKAI VISZONYAI.....	36
7. TÁBLÁZAT KAZÁNÜZEM ÖSSZESÍTETT ENERGIAMÉRLEGE .....	37

## 4.3. Diagram

1. DIAGRAM KAZÁNÜZEM ÖSSZESÍTETT ENERGIAMÉRLEGE .....	38
---	----

## 4.4. Mellékletek





## 4.5. Függelék

### TITKOSÍTÁSI KÉRELEM

Alulírott, Simon Vilmos László (Neptun-kód: DC67S6) Energiagazdálkodási szakmérnök hallgatója kérelmezem, hogy a TISZAPÜSPÖKI GABONAFELDOLGOZÓ KAZÁNHÁZA, ENERGIAVESZTESEGEK FELTÁRÁSA című szakdolgozatom, konzulens neve: Dr. Schrempf Norbert Attila a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Tanulmányi és Vizsgaszabályzat (a továbbiakban: TVSZ) 95. S (5) bek. c) pontja alkalmazásával titkosításra kerüljön. Tudomásul veszem, hogy kérelmem jóváhagyása esetén a dolgozat titkosítása a TVSZ 95. S (5) bek. c) pontja alapján a sikeres védést követő 5 évre szól.

Kelt: Szolnok, 2023.05.04.



hallgató aláírása

Alulírott<sup>2</sup>, Dr. Nagy Gábor; Termelési Igazgató, mint a Kall Ingredients. Kft. (Tiszapüspöki; Fehértó part I.) képviselője kérem a Kall Ingredients által nyújtott adatok felhasználásával Simon Vilmos László (Neptun-kód: DC67S6) által készített, A TISZAPÜSPÖKI GABONAFELDOLGOZÓ KAZÁNHÁZA, ENERGIAVESZTESEGEK FELTÁRÁSA című szakdolgozat/diplomadolgozat<sup>a</sup> titkosítását.

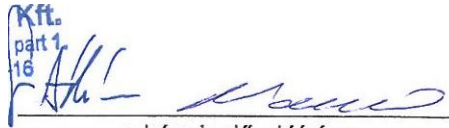
Kelt: Tiszapüspöki, 2023.05.04

KALL Ingredient

5211 Tiszapüspöki, Zhért p tt

Adószám: 24937984-2 1

15. HR a



ft,

képviselő aláírása

A titkosítási kérelmet ENGEDÉLYEZEM / NEM ENGEDÉLYEZEM.

Elutasítás esetén indokolás:

---

Kelt:

---

---

szakfelelős aláírása



**1. sz. függelék – Témaválasztási lap**

**ZÁRÓDOLGOZAT / SZAKDOLGOZAT / DIPLOMADOLGOZAT\* TÉMAVÁLASZTÁSI  
LAP**

**Hallgató tölti ki!**

Hallgató neve: Simon Vilmos László Neptun kódja: DC67S6

Szak: Energiagazdálkodási szakmérnök

Képzési szint: FOSZK/BA/BSc / MA/MSc/SZTK Évfolyam: Szakmérnök

Tagozat: Nappali / Levelező / Távoktatás\*

Szakirány(ok) / Specializáció(k)\*: Energiagazdálkodási szakmérnök

Hallgató e-mail címe: vilmosSimon09@gmail.com

**A témát kiadó Intézet / Tanszék neve:**

SZIE MATE. Gödöllő

Belső konzulens neve és beosztása: DR. Schrempf Norbert Attila; Intézményvezető

Külső konzulens neve, beosztása és munkahelye: DR. Nagy Gábor; Termelési Igazgató; Kall Ingredients Kft.

Diploma- , Szak- vagy Záródolgozat témája:

A TISZAPÜSPÖKI GABONAFELDOLGOZÓ KAZÁNHÁZA; ENERGIAVESZTESÉGEK FELTÁRÁSA

Kelt: MARTFŰ, 2023.02.25.

Belső konzulens

KFT.  
2023.02.25.  
Attila

Külső konzulens

Simon Vilmos László

Hallgató

**Intézetigazgató / Tanszékvezető/ Szakfelelős tölti ki!** – aláírást követően a témaválasztási lap elektronikusan megküldendő a tanulmányi ügyintézőnek és a befogadó intézet adminisztrációjának.

***Témaválasztással egyetértek/nem értek egyet\****

Kelt: \_\_\_\_\_ év \_\_\_\_\_ hó \_\_\_\_\_ nap

\_\_\_\_\_  
Szakfelelős/Szakkoordinátor

***A dolgozat témát befogadom/nem fogadom be\****

Kelt: \_\_\_\_\_ év \_\_\_\_\_ hó \_\_\_\_\_ nap

\_\_\_\_\_  
Intézetigazgató/Tanszékvezető\*\*

**\*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!**

**\*\*Amennyiben az érintett szak és a témát kiadó intézet vezetője nem a hallgató képzési helye szerint illetékes campuson dolgozik, akkor az intézet adott campuson illetékes tanszékének vezetője – (ennek hiányában az intézetigazgató), ill. a szak campus koordinátora (ennek hiányában a szakfelelős) írja alá.**

2023.



Szent István Campus, Gödöllő  
Cím : 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.  
Tel.: +36 -28/522-000  
Honlap: <https://godollo.unimate.hu>

---

4. sz. függelék – Hallgatói és konzulensi nyilatkozat minta

NYILATKOZAT

Alulírott Simon Vilmos László, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Energiagazdálkodási szakmérnök levelező tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: Martfű; 2023.05.06.

Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védelemre javaslok / nem javaslok\*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: \_\_\_\_\_ év \_\_\_\_\_ hó \_\_\_\_\_ nap

---

Belső konzulens

## A ZÁRÓDOLGOZAT/SZAKDOLGOZAT/DIPLOMADOLGOZAT TARTALMI KIVONATA

**Dolgozat címe: TISZAPÜSPÖKI GABONAFELDOLGOZÓ KAZÁNHÁZA, ENERGIAVESZTESEGEK FELTÁRÁSA**

**A dolgozatot készítő hallgató neve: Simon Vilmos László**

Szak, képzési szint és tagozat megnevezése: Energiagazdálkodási szakmérnök

Tanszék/Intézet (ahol a dolgozat készült) megnevezése

SZIE MATE GÖDÖLLŐ

*Belső témavezető:* Dr. Schrempf Norbert Attila; Intézményvezető

*Külső témavezető:* Dr. Nagy Gábor; Termelési Igazgató; Kall Ingredients. Kft.

### Összefoglalás

Szakedolgozatom célja a KALL Ingredients Kft.-nél működő kazánház energiamérlegének meghatározása és ez alapján intenzifikálási lehetőségek feltárása volt. Ennek első lépése az előzőekben levezetésre került kazánüzemi energiamérleg. Ebből meghatároztam a kazánüzem veszteségeit, amely alapja az energetikai hatékonyságnövelésre adható javaslatoknak.

Az adatokból megállapítottam, hogy a kazánházi veszteségek két alapvető részre bonthatók fel a következők szerint:

- leiszapolással távozó hőmennyiség, amely két részből tevődik össze:
  - leiszapoló tartályban történő flash-elést követően visszamaradt leiszapolt víz képezte hőtartalom, mint elfolyó veszteség,
  - leiszapoló tartályban történő flash-elést követően keletkező gőz, mint párolgó veszteség,
- egyéb hőveszteségek, amelyek a következő folyamatokból adódnak:
  - füstgázzal távozó hőmennyiség az alacsony nyomású economizer utáni maradó füstgázhőmérséklet miatt,

- égéslevegő égési hőmérsékletre történő felmelegítéséhez szükséges hőmennyiség,
- kazánfalon keresztül veszteségként távozó hőmennyiség.

## Javaslatok

A leiszapolással távozó veszteség csökkentésére két lehetőség vehető figyelembe:

- Elsőként a leiszapolással távozó összes hőmennyiség csökkentését lehet elérni a kazánvíz vezetőképességének magasabb értéken tartásával
- Maradva a leiszapolásnál, lehetőséget látok a leiszapolás során keletkező sarjűgőz hőmennyiségének felhasználására a termikus kigázosító tartályban. Ennek 103,1 MWh értékben határoztam meg, amely a teljes bemenő hőmennyiség 0,7%-a.

A leiszapolás mellett további energiahatékonyság javító intézkedések lehetnek az alábbiak:

- A füstgázzal történő hőveszteség  
Erre vonatkozó lehetőség a füstgázzal történő égéslevegő előmelegítése.
- A kazánfalon keresztül történő hőveszteség csökkentésének lehetősége az esetlegesen szigetetlen felületek megfelelő szigetelésével lenne biztosítható.

ZÁRÓDOLGOZAT / DIPLOMADOLGOZAT / SZAKDOLGOZAT BÍRÁLATI LAP

**A dolgozat készítőjének neve, Neptun kód / Candidate's name, neptun code:**

Simon Vilmos László; DC67S6

**A dolgozat készítőjének szakja, tagozata, képzési helye / Candidate's department, training place:**

Energiagazdálkodási szakmérnök Hallgató; Gödöllő

**A dolgozat címe / Title of the thesis:**

**A TISZAPÜSPÖKI GABONAFELDOLGOZÓ KAZÁNHÁZA; ENERGIAVESZTESÉGEK FELTÁRÁSA**

**A bíráló neve, beosztása, szervezeti egység / Thesis evaluator's name, title, department:**

---

**A dolgozat nem fogadható el/ The thesis cannot be evaluated if:**

- súlyos szakmai tévedéseket tartalmaz / it contains major technical errors,
- szegényes a felhasznált forrásmunkák köre, / the amount of sources used is not efficient,
- súlyosan megsérti a tartalmi formai követelményeket / or it severely violates the formal requirements.

**Plágium, hivatkozás nélküli jelentős szöveghasználat esetén a dolgozat összpontszáma: 0! / In case of plagerism, when the sources of quotations are not indicated, the total score of the thesis is 0. Kérjük jelölje az értékelésének megfelelő pontszámokat az 1-től 5-ig terjedő pontskálán.**

4.5.1.1 I. Témaválasztás / Choice of topic

**1. Célkitűzések, logikai ív, koherens gondolatmenet / Objectives, logical and coherent train of thoughts:**

1      2      3      4      5

4.5.1.2 II. Szakirodalmi feldolgozás / Use of literature

**2. Az elméletek, fogalmak, modellek ismerete, alkalmazása / The knowledge and application of theories, concepts and models:**

1      2      3      4      5

**3. Elemző, értékelő, összehasonlító, kritikai észrevételek / Analytic, evaluative, comparative and critical observations:**

1      2      3      4      5

**4. Szakirodalmi hivatkozások / Literature references:**

1      2      3      4      5

**III. Egyéni vizsgálat (amennyiben a dolgozat szakirodalmi áttekintés témájú, az itt szereplő kérdéseket a szakirodalom feldolgozásának színvonala alapján szükséges értékelni) / Personal research (if the thesis is a literature review, these questions should be evaluated according to the quality of reviewing)**

**5. A kutatási kérdések/hipotézisek / Stating research questions/hypotheses:**

1      2      3      4      5

**6. Az adatgyűjtés és adatfeldolgozás módszertana/ The method of data collection and processing:**

1      2      3      4      5

**7. Elemzőképesség / Analytical skills:**

1      2      3      4      5

**8. Következtetések és javaslatok / Conclusions and suggestions:**

1      2      3      4      5

4.5.1.3

IV. Formai követelmények / Formal requirements

**9. A dolgozat stílusa / The style of the thesis:**

1      2      3      4      5

**10. A dolgozat struktúrája / The structure of the thesis:**

1      2      3      4      5

**A DOLGOZAT ÖSSZPONTSZÁMA / TOTAL SCORE OF THESIS:** \_\_\_\_\_

**Plágium / Plagiarism:** Elfogadható színvonalú forráskezelés / Acceptable use of literature\*

Érdemjegy /Final grade:

0-25 pont: elégtelen/insufficient (1)

26-31 pont: elégséges/sufficient (2)

32-38 pont: közepes/satisfactory (3)

39-44 pont: jó/good (4)

45-50 pont: jeles/excellent (5)

**Védésre javaslom / I recommend it for final examination\*:**  **igen**  **nem**

**ÉRDEMJEGY / GRADE:** \_\_\_\_\_

**Általános összefoglaló vélemény a dolgozatról / General, summarizing opinion about the thesis:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**A bíráló szakmai kérdései / Questions of the thesis evaluator:**

---

---

---

---

---

---

Kelt: \_\_\_\_\_ év \_\_\_\_\_ hó \_\_\_\_\_ nap

\_\_\_\_\_  
Bíráló neve és beosztása

Bíráló munkahelye