



Adatelőkészítés, elemzés húskonzerv-gyártás gázfogyasztásának modellezéséhez

Fabulya Z., ¹Bánkuti Gy.

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Ökonómiai és Vidékfejlesztési Intézet, 6725 Szeged, Mars tér 7.

¹Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba Sándor út 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

Húskonzervek hőkezelése során a nagy költségű gázfelhasználás számítógépes modellezhetőségére kerestük a választ. Hosszabbtávú kutatómunkánk célja modell felállítás, mely segítségével költségminimalizálást hajthatunk majd végre párhuzamosan zajló hőkezelési folyamatok szinkronizálásával, illetve a konzervek elkészülési idejét meghatározó gyártásprogramozással. Adataink sokrétűsége (papír alapú, szöveges fájl, kép fájl, Excel fájl) miatt először egy közös felhasználói felület alá rendeztük őket, a több forrásban is megjelenő, adataink közül a legjobbat, legmegbízhatóbbat használva. Legbonyolultabban a hőkezelések pontos kezdési időpontját tudtuk meghatározni, ahol szükségünk volt a képfájlok nevében lévő adatokra, a kép tartalmának kiértékelésére és a hőkezelési előírások adataira is. A pontos adatok alapján korreláció és regresszió analízist végeztünk a gázfogyasztást befolyásoló adatok meghatározására, illetve jelenlegi adataink elegendőségére a modell kialakításához. A hőkezelő berendezések gőzellátásán túl ez a kazán biztosítja az épületek fűtését is. Meghatároztuk a kazán gázfelhasználásának környezeti hőmérséklettől függését is. Ennek segítségével tudjuk majd elkülöníteni a hőkezelésre fordított gáz mennyiséget a teljes gázfelhasználástól. Vizsgálataink szerint nem célszerű a lekötött gázmennyiség minimális szinten tartásával költséget csökkenteni, mert e határ feletti felhasználás esetén a minimalizálással nyert költségkülönbözöt többszörösét veszíthetjük el. Viszont a gyártásprogramozásra és a hőkezelések ütemezésére szükségünk van, hogy elkerülhessük a lekötött gázfelhasználási határ átlépésének büntető jellegű költségeit.

(Kulcsszavak: autokláv, hőkezelés, modellezés)

ABSTRACT

Data preparation and analysis for modelling of gas consumption of production of canned meat

Z. Fabulya, Gy. ¹Bánkuti

University of Szeged, Faculty of Engineering, Szeged, H-6725 Mars tér 7.

¹University of Kaposvár, H-7400 Kaposvár, Guba Sándor út 40.

We have been looking for the possibility to build a computer model of costly gas utilization in the course of heat treatment of canned meat. The aim of our long-term research is to set up a model to be able to accomplish minimized costs by synchronizing heat treatment processes running side by side and by production programming to define completion time of the cans. First, because of our multiple data (paper based, text file, image file, Excel file), we have arranged them under a common user interface, while

defining the best one from the data with different precision appearing in several sources. We could define the set-out time most difficultly where the data from the image file name, the evaluation of the image content and the data of the heat treatment specifications were also needed. Based on the accurate data we did correlation and regression analysis to define the data influencing the gas consumption and to see whether our present data was enough to develop a model. Since the furnace has to ensure the steam supply of the heat treatment equipment and the heating of the buildings too, we defined the gas consumption of the furnace which is dependent on the environmental temperature. According to our examinations it is not practical to reduce the costs by keeping the quantity of tied-up gas on a minimum level because by the use over this limit we can lose the multiple cost margin won by the minimizing. However we need the product programming and the heat treatment synchronization to avoid the penalty kind costs of stepping over the tied-up level of gas consumption.
(Keywords: autoclave, heat treatment, modelling.)

BEVEZETÉS

Húskonzervet előállító vállalatok számára jelentős költséggel jár a hőkezelés folyamata. E költségek közül csak a fűtőgázra fordítandót vizsgáljuk, mely két részből tevődik össze. Az egyik, jelentősebb rész a felhasznált mennyiség költsége, a másik a felhasználásra lekötött gázmennyisége. Ez utóbbi nagyfogyasztók esetén kötelező, meg kell adniuk fél évvel korábban a következő egy évre vonatkoztatva az óránként felhasználandó gázmennyiségük felső határát. Ha viszont ezt egy hónap folyamán akár csak egy óra alkalmával túllépik, akkor a túllépés mértékével arányos további igen magas, büntető jellegű költséget kell fizetniük (www.egaz-degaz.hu/hu). Tehát változatlan gázfelhasználás mellett a költség lehet kissé alacsonyabb, amennyiben kisebb lekötött mennyiséget kérnek, de ezzel kockáztatva az esetleges túllépés miatti sokkal magasabb fizetendő összeget. A túllépés nem csak amiatt következhet be, mert a heti gyártási tervben túl nagy termékmennyiséget szerepeltetnek, hanem sokkal inkább a jellemzően 10-20 párhuzamosan működő berendezésben lezajló hőkezelési folyamatok összehangolatlanságából, ütemezetlenségéből. Vagyis a kiegyensúlyozatlan gázfelhasználás elsődleges oka a hőkezelések intenzívebb gőzigényű fázisainak egyidejűsége, melyet csak úgy tudunk előre jelezni vagy ütemezéssel elkerülni, ha ismerjük a folyamatok tervezett kezdési időpontját és gőzigényük időbeli alakulását. E probléma miatt indokolt a vállalat gázfogyasztásának modellezése, az optimális lekötött gázmennyiség meghatározása, melynek alapja egyetlen hőkezelési folyamat gőzigényének modellezése az előírások (felfűtés időtartama, hőtartás időtartama, lehűtés időtartama, elérendő hőmérséklet) függvényében.

A modell meghatározásához adatgyűjtés és adatelőkészítés után az adatok elemzésével eldönthetjük, hogy adataink alkalmasak-e a gázfogyasztás modellezésére, s melyek a gőzfogyasztást befolyásolók. E munkánkban bemutatjuk ezirányú kutatómunkánkat, eredményeinket.

A modell ismeretében gyártásprogramozással a hőkezelendő termékek beérkezési ideje, további várakoztatással a hőkezelési folyamat megkezdése ütemezhetővé válik. Így elkerülhető a párhuzamosan zajló folyamatok intenzív gőzigényű fázisainak találkozásából származó csúcok kialakulása, és az ebből származó esetleges lekötött gázmennyiség feletti felhasználás, vagyis meghatározható és alacsonyabb szinten tartható a lekötött gázmennyiség értéke. Távlati célunk e gyártásprogramozás és ütemezés megvalósítása, melynek alapját az elkészült modell biztosítaná.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A hőkezelést zárt, nyomástartó berendezésekben (autoklávokban) végzik, melyekből jellemzően 10-20 tudja biztosítani (Eszes *et al.*, 2003) a több gyártósorról eltérő ütemben érkező, különböző méretű, geometriájú, tartalmú konzervek hőkezelését. Egy berendezésben akkor indul el a hőkezelési folyamat, amikor az azonos hőkezelési előírású termékekből összegyűlt mennyiség tele töltet eredményez. Így biztosítható a minimális fajlagos költség. Az előírások termékenként tartalmazzák az elérendő hőmérsékletet, a felfűtési időt, a hőntartási időt és a hűtési időt. Automatika szabályozza az előírások betartását a megfelelő gőzmennyiség adagolásával a felfűtési és hőntartási fázisban, míg a hűtés során hűtővíz bevezetésével. Az 1. ábra felső részén az idő függvényében látható az előírt hőmérséklet (ismert adatok), alatta az ehhez szükséges gőz tömegáram időbeli alakulása (ismeretlen, meghatározandó).

1. ábra

Az előírt hőmérséklet és a gőz tömegáram időbeli alakulása

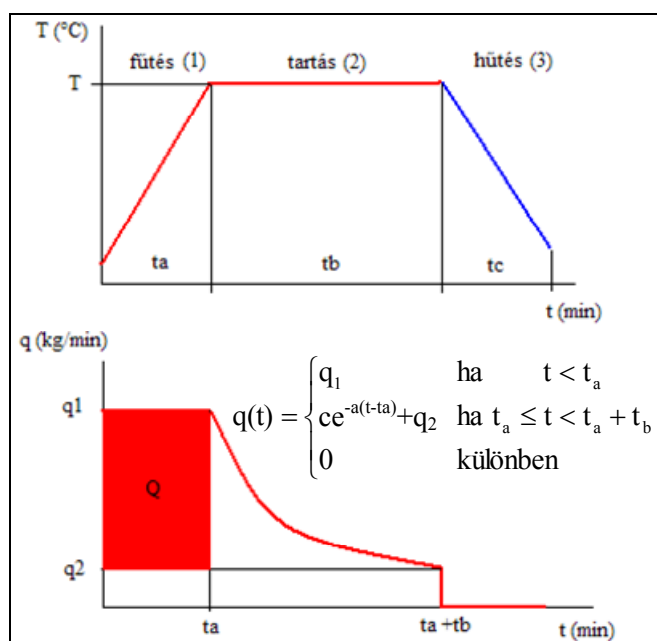


Figure 1: Development of temperature and steam mass flow in function of time

Heating(1), Holding(2), Chilling(3)

Ismert, termékfüggő adatok:

- T - elérendő hőmérséklet (°C)
- ta - felfűtési idő (perc)
- tb - hőntartási idő (perc)
- tc - hűtési idő (perc)

Meghatározandó:

- $q(t)$ - gőz tömegáram (kg/perc):
 - Q - felfűtés gőzigénye (kg)
 - q_2 - gőz tömegáram vesztesége (kg/perc)
 - c, a - $q(t)$ függvény paraméterei

A „c” és „a” paraméterek egyikét elegendő meghatározni, míg a másik adódik abból a feltételből, hogy a fűtés és a tartás fázisát leíró függvényrészeknek szakadás mentesen kell illeszkednie. A modell ismeretében megkaphatjuk az egyes berendezések gőzigényének időbeli alakulását, mely függ a kezelendő termékektől (így a hőkezelési előírástól) és a kezdési időpontoktól. A 2. ábrán három párhuzamosan működő berendezés modellezéssel kapott gőzfelhasználása látható egy nap folyamán (három műszak). Az ábrán azért csak három berendezés adata szerepel, mert ennél több megjelenítése már átláthatatlanná tenné az értelmezését.

2. ábra

Gőzfogyasztás három párhuzamosan működő berendezésben

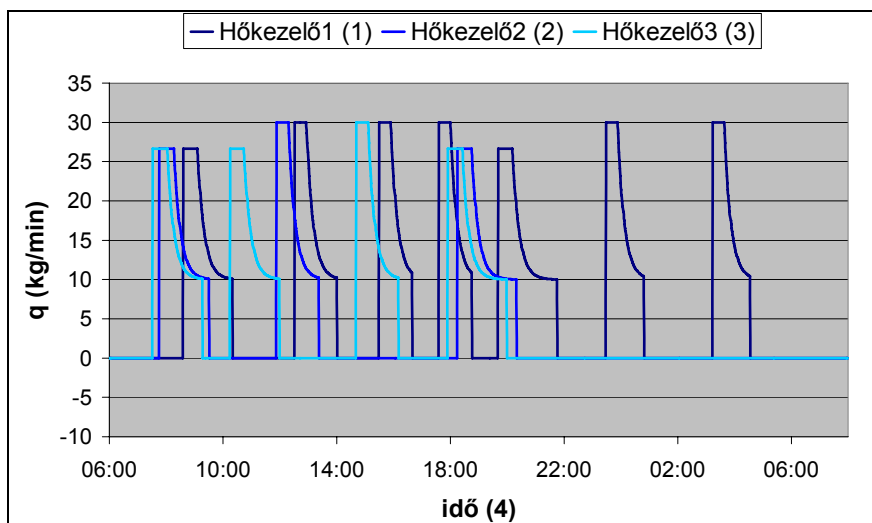


Figure 2: Steam consumption in three autoclaves operating simultaneously

Autoclave1(1), Autoclave2(2), Autoclave3(3), Time(4).

Az egyes berendezésekre kapott értékek összegeként kapjuk a hőkezelések együttes gőzigényét az idő függvényében (3. ábra), melyet egy gázfűtésű kazánnak kell biztosítania.

A 2. és 3. ábra modellünk kezdeti paraméterértékei mellett adódtak az adatokat biztosító vállalatnál egy nap alkalmával ténylegesen lejátszódó hőkezelések alapján. A paraméterértékek finomítása legegyszerűbben úgy történhetne, ha mérések alapján ismert lenne a hőkezelő berendezések egyenkénti, vagy rosszabb esetben együttes gőzfelhasználása az idő függvényében. De ilyen adatok nem voltak, s a vállalat nem is tervezi csak a modell egyszerűbb meghatározásához szükséges igen költséges műszer beszerzését. Ezért a modell paramétereinek pontosítása a gőzt előállító kazánnál mért

gázfelhasználás alapján történhet a hőkezelések okozta modellezéssel kapott és a mért érték közötti eltérések négyzetösszegének minimalizálásával. Vagyis a hőkezelő üzemet (4. ábra), mint fekete dobozt kell tekintenünk, melynek belsejében lejátszódó gőzfelhasználások időbeli alakulása ismeretlen. Viszont itt újabb problémába ütköztünk. A gáztüzelésű kazánnak a hőkezelő berendezések gőzellátásán túl feladata az épületek, irodák fűtése is téli időszakban. Emiatt kérdéses a modellezés adatellátottságának elegendősége, valamint szükséges a rendelkezésre álló adatok, anyag- és erőforrás-áramlások (4. ábra) részletesebb vizsgálata. Ehhez először felmérjük, hogy a modellezés megvalósításához milyen adatokra lenne szükségünk, majd az igen változatos formában rendelkezésünkre állók közül a lehető legpontosabb módon előállítjuk őket.

A gázfogyasztás modellezéséhez szükséges kinyerhető adatok:

- A hőkezelendő termékek esetén a sajnos nem mérhető gőzfogyasztás helyett a gőzfogyasztást okozó hőkezelési folyamatok adatai:
 - A hőkezelés megkezdésének időpontja
 - Tömeg
 - Hőkezelési folyamat lefolyása:
 - Elért hőmérséklet
 - Felfűtési idő
 - Hőntartási idő
- Fűtési időszakban a fűtésre fordított gőzfogyasztás helyett ennek mértékét befolyásoló:
 - hőmérséklet
- A felhasznált gázra vonatkozó rendelkezésre álló adatok:
 - A fogyasztott mennyiség időbeli alakulása, mely alapján tesztelhető modellünk jósága

3. ábra

Több párhuzamosan működő berendezés összegzett gőzfogyasztása

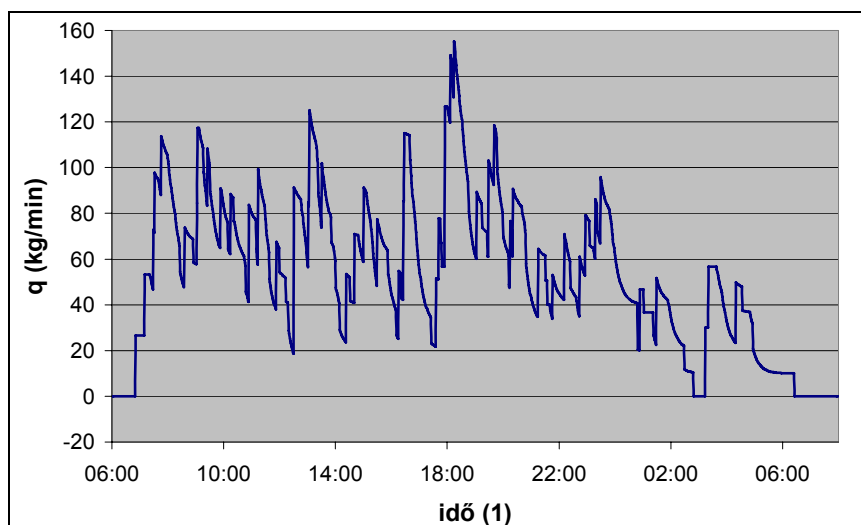


Figure 3: Summarized steam consumption of more autoclave operating simultaneously
Time (1).

4. ábra

Anyagok és erőforrások áramlása

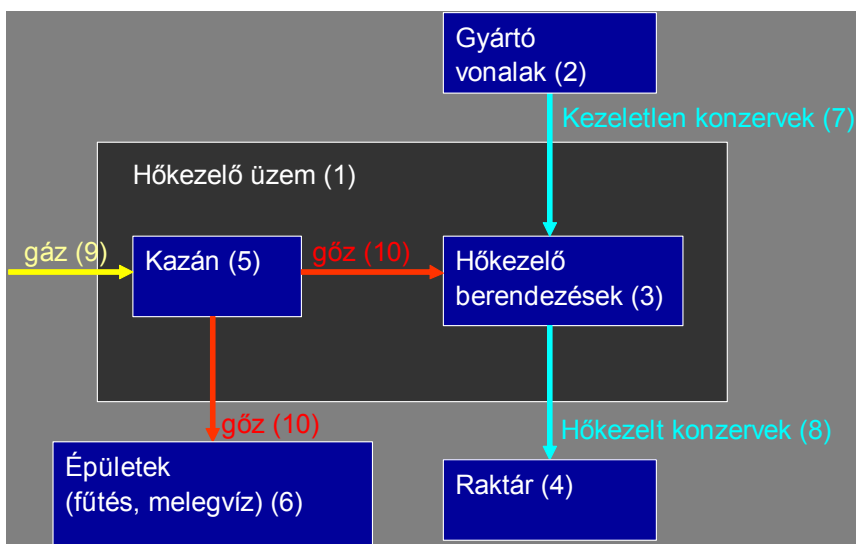


Figure 4: Matter and resources flow

Autoclaving shop floor(1), Assembly lines(2), Autoclaves(3), Stores(4), Boiler(5), Buildings(6), Cans without autoclaving(7), Autoclaved cans (8), Gas(9), Steam(10).

Hipotézisünk szerint összefüggésnek kell mutatkoznia a hőkezelt termékmennyiség és a felhasznált gáz mennyisége között. Amennyiben az így kapott korreláció nem mutat elegendően szoros kapcsolatot, akkor az épületek fűtésére fordított gőzmennyiség adatának hiányában a korrelációs vizsgálatokba be kell vonnunk az ismert környezeti hőmérséklet adatokat is, mely ezt helyettesítheti. Ha ekkor sem kapnánk megfelelő korrelációt, más alapokra kellene helyoznünk a modell kialakítását. Ellenkező esetben lineáris regressziós vizsgálattal kaphatjuk meg a gyártóvonalakról érkező ismert termékmennyiség (és esetleg a hőmérséklet) függvényében a felhasználandó gázmennyiséget.

Az elérhető adatok a következő változatos formában állnak rendelkezésre:

1. Hőkezelési napló fájl (xls fájl, kézzel begépelte adatokkal):
 - Berendezés sorszáma (melyben történt a kezelés)
 - Termék neve
 - Tömeg
 - Hőkezelés kezdési és befejezési időpontja
2. Egy berendezésben egy hőkezelési folyamat befejezésekor automatikusan generálódó fájlok (jpg képfájl)
 - Az idő függvényében látható a hőkezelés hőmérsékletének alakulása (5. ábra)
 - A fájl nevében (pl. 071016_2231_02_1105.jpg) lévő adatok:
 - Befejezés időpontja
 - Berendezés sorszáma
 - Hőkezelési előírás kódszáma

5. ábra

Egy berendezés egy hőkezelési folyamatát megjelenítő képfájl

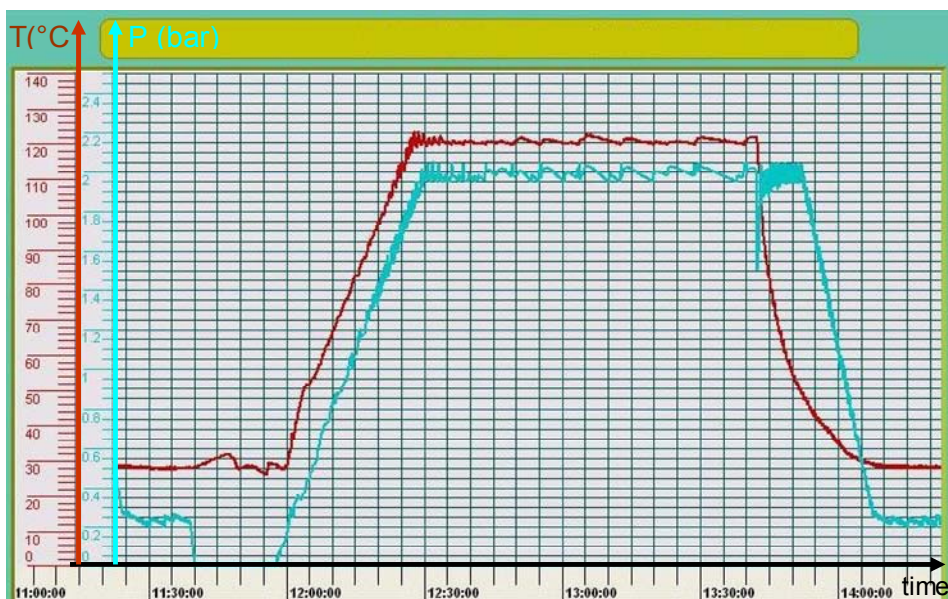


Figure 5: Picture file about a sterilizing process in an autoclave

3. Termékekre vonatkozó hőkezelési előírások (Papír):

- Hőkezelési előírás kódszáma
- Elérendő hőmérséklet
- Felfűtési idő
- Hőntartási idő
- Hűtési idő

4. Óránkénti gázfogyasztás (txt szövegfájl):

- Egy óras időintervallumban fogyasztott mennyiség (m3)
- Az intervallum kezdő időpontja
- A gáz hőmérséklete (mely fűtési időszakban a légköri, „időjárás” hőmérsékletnek tekinthető)

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Adatainkat először egy közös felhasználói felületen kezelhetővé hoztuk. Erre a célra az Excel környezetet találtuk a legalkalmasabbnak. Itt elvégezhető a modellezés, valamint a korreláció és regresszió analízis is. A papír alapú adatokat begépeztük, a szöveg (Txt) fájlokat importáltuk, míg a kép (jpg) fájlok nevéből megfelelő DOS (dir) parancs kimenetének átirányításával text fájlt készítettünk, melyet már tudunk importálni.

Egyedül a képfájlok tartalmában látható adatok kinyerése nem volt automatizálható. Ezekre azért lett volna szükség, mert a ténylegesen bekövetkezett, pontos, automatizált mérésen alapuló értékeket tartalmazta, szemben a naplófájl kézi

begépelésű adataival. A hőkezelés pontos kezdeti időpontjának meghatározása okozta a legnagyobb problémát. A jpg fájl neve a pontos befejezési időpontot tartalmazza, valamint a hőkezelési előírás kódszámát, mely alapján megkapható a hőkezelés előírás szerinti időtartama. Ebből számítható a kezdés időpontja, amit néha még korrigálni kell a képfájl alapján csak szemmel látható előírásokhoz képesti felfűtési idő megnövekedése miatt, melyet az elégtelen gőzellátás okoz. Egy ilyen esetet mutat a 6. ábra, melyen az előírásoknak megfelelő lineáris felfűtési fázist nem sikerült betartani. A pontos adat tehát három forrásra támaszkodott: a képfájl nevére, tartalmára és a hőkezelési előírások adataira.

A pontos adatok birtokában először arra kerestük a választ, hogy a napi hőkezelt termékmennyiség és a napi gázfogyasztás között kellően szoros-e a kapcsolat. Ekkor még nem vettük figyelembe, hogy az épületek fűtésére is fordítódik fűtési időszakban valamekkora rész a kazán által termelt gőzből. A vizsgálathoz szükséges napi gázfogyasztást az óránkénti adatok 6:00-6:00-ig adódó összegeként, míg a hőkezelt termékmennyiséget a naplófájl adatainak naponkénti összesítésével kaptuk a 09.12-11.16 időszak munkanapjainak esetében. A korreláció 64%-ra adódott, mely alacsony érték nem mutatott kellően szoros kapcsolatot, modellezésünk valamilyen hibájára utalt. Emiatt részletesebben megvizsgáltuk eredményeinket, elemeztük a lineáris regresszió egyenesétől való eltéréseket (7. ábra), melyek pár kivételtől eltekintve október 15 előtti is utáni napok esetében ellentétes előjelűek voltak. Október 15 volt a fűtési időszak kezdete, tehát a gázfogyasztás modellezésében szerepet kellett kapnia a fűtésnek, mely a hőmérséklettel mutathat összefüggést.

6. ábra

Elégtelen gőzellátás



Figure 6: Insufficient steam supply

7. ábra

Nyári és téli napokon mért gázfogyasztás a termékmennyiség függvényében

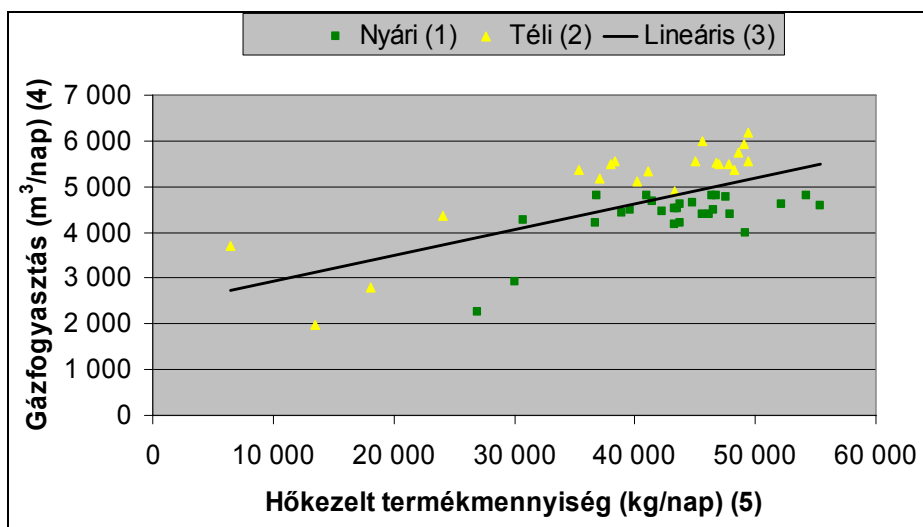


Figure 7: Measured steam consumption in function of product mass on summer and winter days

Summer(1), Winter(2), Linear trend(3), Gas consumption (m^3/day)(4), Autoclaved product mass (kg/day)(5).

Következő lineáris regresszió és korreláció vizsgálatunk már csak a fűtési időszakban, vagyis a gázfogyasztás modellezhetőségének kritikusabb esetében kereste a kapcsolatot a termékmennyiség és a hőmérséklet függvényében a gázfogyasztással. A modellezhetőségre csak akkor adható pozitív válasz és az épületek fűtésének gázigénye is csak akkor választható szét a hőkezelések gázigényétől, ha e gyengébb kapcsolatot mutató esetben is még elég magas korrelációs értéket kapunk. Ekkor már kellően szoros kapcsolatot kaptunk, s így értelmezhetjük a lineáris regresszióra kapott adatokat is:

- Korreláció: 91%.
- A koefficiensek a tengelymetszet kivételével 5% alatti hibát jeleznek.
- 1 °C hőmérséklet csökkenés 98 m^3 gázfogyasztás növekedéssel jár.
- 1 t termékmennyiség változás 75 m^3 gázfogyasztás változást okoz.

További vizsgálatunk a gázfelhasználással kapcsolatos költségekre, illetve ennek optimalizálására irányultak.

A fűtőgázra fordítandó költség jelentősebb része a felhasznált mennyiség költsége, a másik a felhasználásra lekötött mennyiségé. Ez utóbbi nagyfogyasztók esetén kötelező, meg kell adniuk fél évvel korábban a következő egy évre vonatkoztatva az óránként felhasználandó gázmennyiségük felső határát. Ha viszont ezt egy hónap folyamán akár csak egy óra alkalmával túllépik, akkor a havi legnagyobb túllépés mértékével arányos további igen magas, büntető jellegű költséget kell fizetniük:

$$\text{pótdíj} = \text{túllépés} * \text{fajlagos másféléves lekötésszám} \quad (1)$$

Először változatlan, esetleges korlát alatti felhasználás esetén vizsgáltuk a havi összköltség alakulását a lekötött mennyiség függvényében. A 8. ábrán látható, hogy jelentősebb (csaknem kétszeres) lekötött mennyiség növelése is csak csekély mértékű (10%-nál kevesebb) összköltség emelkedést okoz.

Ezután megvizsgáltuk a korlát túllépése esetén jelentkező büntetés összegének alakulását a túllépés mértékének függvényében. A 9. ábrán látható diagram azt mutatja, hogy akár összességében változatlan felhasználás mellett, de kiegyensúlyozatlan terhelés esetén, ha egy hónap folyamán csak egy óra alkalmával túllépünk a korlátot, ez mekkora havi büntetési összeget jelent.

KÖVETKEZTETÉSEK

Munkánk a cím tartalmának megfelelően nem befejezett modell, csak a majdani modell felállításához szükséges viszontagságos adat előkészítés és a mérési hiányokból adódó szükséges elemzések bemutatása. Fentiek ellenére az alábbi következtetésekre jutottunk:

- A keresendő modellhez szükséges információk nehezen hozzáférhetők, azonban munkánk eredményeként adatbevitel, adat transzormáció és adattisztítás után rendelkezésünkre állhatnak.
- Az épületek fűtésének gázigénye (mérés hiányában) matematikai módszerekkel elkülöníthető a hőkezelés igényétől.
- A gázfizetési algoritmus miatt nem célszerű kis óránkénti gázigényt lekötni, illetve ezt minimalizálni, viszont kívánatos a gázfogyasztás lekötött korlát alatt tartása.

Távlati cél a jelenleg kézi vezérlésű – a gyártósorral kezdődő – ütemezési problémának a fenti korlát betartását biztosító számítógépesítése, mely ezen adatelőkészítésen alapuló további munkánk tárgya.

8. ábra

Havi gázzsámla a lekötött gáz függvényében változatlan felhasználás mellett

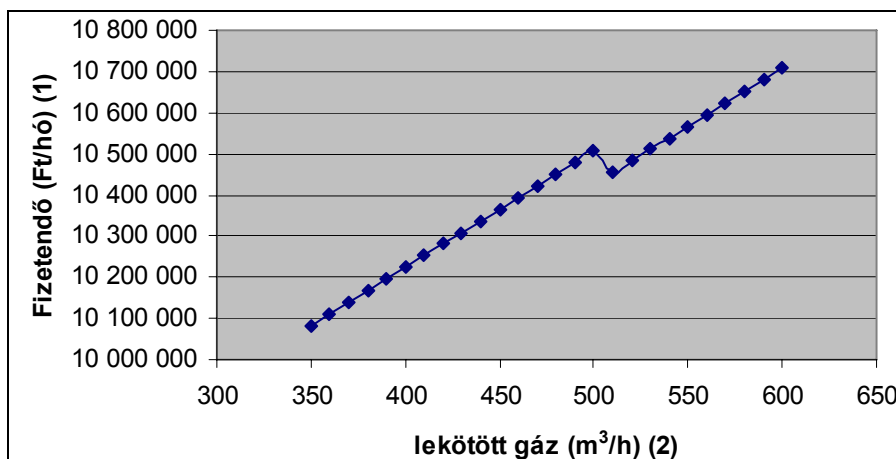


Figure 8: Monthly gas cost in function of fixed gas mass in case of constant consumption

Cost (Ft/month)(1), fixed gas mass (m³/h)(2).

9. ábra

A büntetés összege a túllépés mértékének függvényében

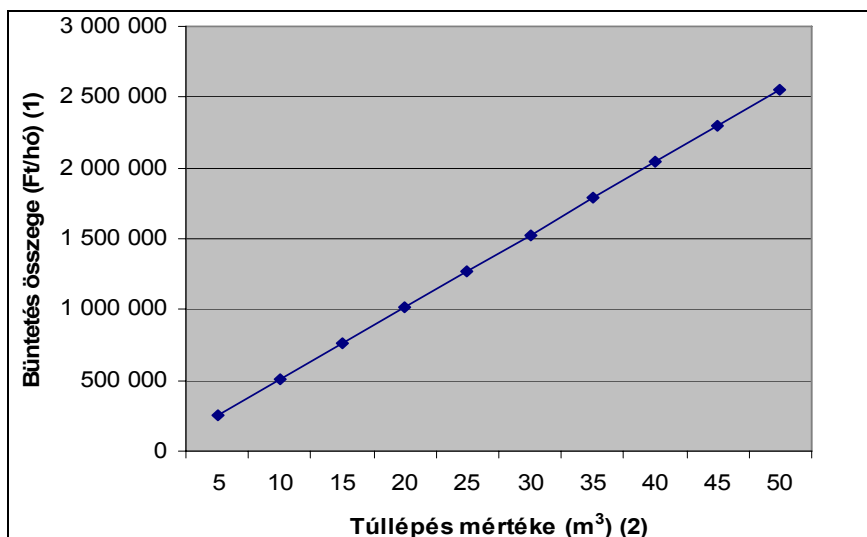


Figure 9: Extra cost, penalty in function of over consumption

Extra cost (Ft/month)(1), Over consumption (m³)(2).

IRODALOM

Eszes, F., Rajkó, R., Szabó, G. (2003): Energia és vízfelhasználás csökkentés lehetőségeinek feltárása a húsparban. 10 Symposium on Analytical and Environmental Problems, MTA Szegedi Akadémiai Bizottság Kémiai Szakbizottság Környezetvédelmi és Analitikai Munkabizottsága, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 2003. szeptember 29. Proceedings, 169-174. p. www.egaz-degaz.hu/hu [2008.05.19.]

Levelezési cím (Corresponding author):

Fabulya Zoltán

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Ökonómiai és Vidékfejlesztési Intézet
6725 Szeged, Mars tér 7.

University of Szeged, Faculty of Engineering

H-6725 Szeged, Mars tér 7.

Tel.: 36-62-546-000, Fax: 36-62-546-027

e-mail: fabulya@mk.u-szeged.hu