

Süt Fabrikalarında Enerji Gereksinimi ve Verimli Kullanımı

Dr. Atilla YETİŞMEYEN

A.U. Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Anabilim Dalı — ANKARA

1. Giriş

Enerji doğa ve evrenin ayrılmaz bir öğesidir. Teknik anlamda enerji iş yapabilme yeteneğini göstermektedir. Bir diğer deyişle enerji bir sistemin iş ve ısı verme yeteneğidir.

Dünyamız güneş sistemine bağlı bir gezegendir. Diğer tüm gezegen ve uydularda olduğu gibi dünyada da çeşitli enerjilerin kaynağı güneştir. Güneşten dünyaya gelen enerjinin değeri yaklaşık 1.30×10^{21} kcal'dir (YAVUZCAN, 1978).

Türkiye'de genel enerji gereksinmesini karşılamak üzere 6 birincil enerji kaynağı (taşkömürü, linyit, petrol ürünleri, hidrolik enerji, odun ve tezek) kullanılmaktadır. Bu kaynaklardan elde edilen enerji ya doğrudan doğruya tüketilmekte veya ikincil enerjiye çevrildikten sonra kullanılmaktadır. İkincil enerji kaynakları sanayi ve teknoloji alanında elde edildiğinden tümü bilinebilmektedir. Buna karşın birincil enerji kaynakları arasında kırsal yörelerde tezek ve odun da ilave edildiğinden bu kaynakların kullanılan miktarı tam olarak bilinmemektedir. Enerji kaynaklarının birimini «eşdeğer taş kömürü» olarak alırsak ülkemizde kullanılan birincil enerji kaynaklarının toplam değeri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Türkiye'de kullanılan birincil enerji kaynaklarının toplam değeri (eşdeğer kaynaklarının toplam değeri (eşdeğer taş kömürü*) (YAVUZCAN, 1978)

1965 yılında	24.9 milyon ton
1970 »	29.6 » »
1975 »	41.5 » »

Enerji ekonomisi son yılların güncel konularından biri olmuştur. Artık enerji tüketimi yanında mevcut kaynaklarda görülen azalma, enerji fiyatlarının yükselmesine neden olmaktadır ve bu sonuç da enerji ekonomisine duyulan ilgiyi artırmaktadır.

*) 1 kg. taş kömürünün ısı değeri 7000 kcal'dir.

Bu alanda karşılaşılan sorunların giderek arttığı bir ortamda, kullanılan kaynaklardan optimum oranda yararlanma yolları aranmakta ayrıca, enerji savurganlığını önleyecek ve enerji kullanımındaki etkinlik derecesini artıracak önlemler de getirilmektedir.

Enerji, ulusal ekonomi içinde hem ürün, hem de üretim aracı olarak yer alır. Çeşitli yakıtlar ve enerji tesisleri ithal ve ihrac edilebilirler. Endüstri, tarım, hizmet vb. sektörlerin faaliyeti enerjiye bağlıdır. Bir diğer deyişle ulusal girdi çıktı matrisinde enerjinin tüm sektörlerle girdi oluşturduğu açıktır. Bu yönde alınacak önlemlerin ulusal ve bireysel ekonomide büyük önem taşıyacağı gözden uzak tutulmamalıdır.

Bugün ülkemizde varolan enerji kaynaklarının % 58'i kullanılmamaktadır. Tüketilen % 42'lik enerjinin ise 1/3'ü petrol ve elektrik enerjisi olarak ithal edilmektedir. (YAVUZCAN ve AYIK 1977).

Ülkemizdeki bu büyük enerji gereksinmesi konut, küçük sanayici, ulaştırma, endüstri vb. alanlarda olduğu gibi bir endüstriyel sektör olan sütçülük işletmelerinde de kendini göstermektedir. Böyle bir sorunun çözümüne yaklaşırken, sütçülük tesislerinde enerji kullanımında artırımın (tasarrufun) en fazla ölçüde zorlanması ve ana enerjinin kullanımı sırasında ortaya çıkan kayıpları teknik çalışmalarla yeniden kazanma yollarının aranması gerekmektedir.

Süt endüstrisinde enerji ile ilgili sorunun başında, enerjinin sağlanması gelmektedir. Yeterli olabilecek enerjinin temini sırasında her sekiyona ilişkin alet ve makinelerin enerji gereksinimleri, çalışma sırasında kaybolan enerjilerin değerleri bilinmelidir.

2. Süt Fabrikalarının Enerji Gereksinimi

Süt endüstrisinde enerji gereksinmesi ve enerjinin bu endüstri içindeki dağılımı konusunda bugüne kadar dünyada bazı araştırmalar yapılmıştır.

Bu araştırmalar genellikle tek tek ünite-lerde yapılmasına karşın, genel anlamda de-taylı bir çalışma olmamıştır.

Sütçülık işletmelerinde enerji gereksini-mi deyince elektrik, buhar, soğukluk gereksin-melerini ele alabiliriz.

İngilterede «Midlands» pastörize ve ste-rilize süt kuruluşunda bu konuda bir araştırma yapılmıştır (ANONYMOUS, 1976). Bu fabrika-da pastörizasyon ve sterilizasyon üniteleri ay-rı binalarda kurulmuştur. Fakat her iki seksi-yonun da ısı gereksinimleri ortak bir kazan dairesinde elde edilen buhar ile karşılanmak-tadır. Haziran 1976'da yapılan bir hafta süreli araştırma sonunda enerji kullanımı konusunda aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir.

Pastörizasyon ünitesinde :

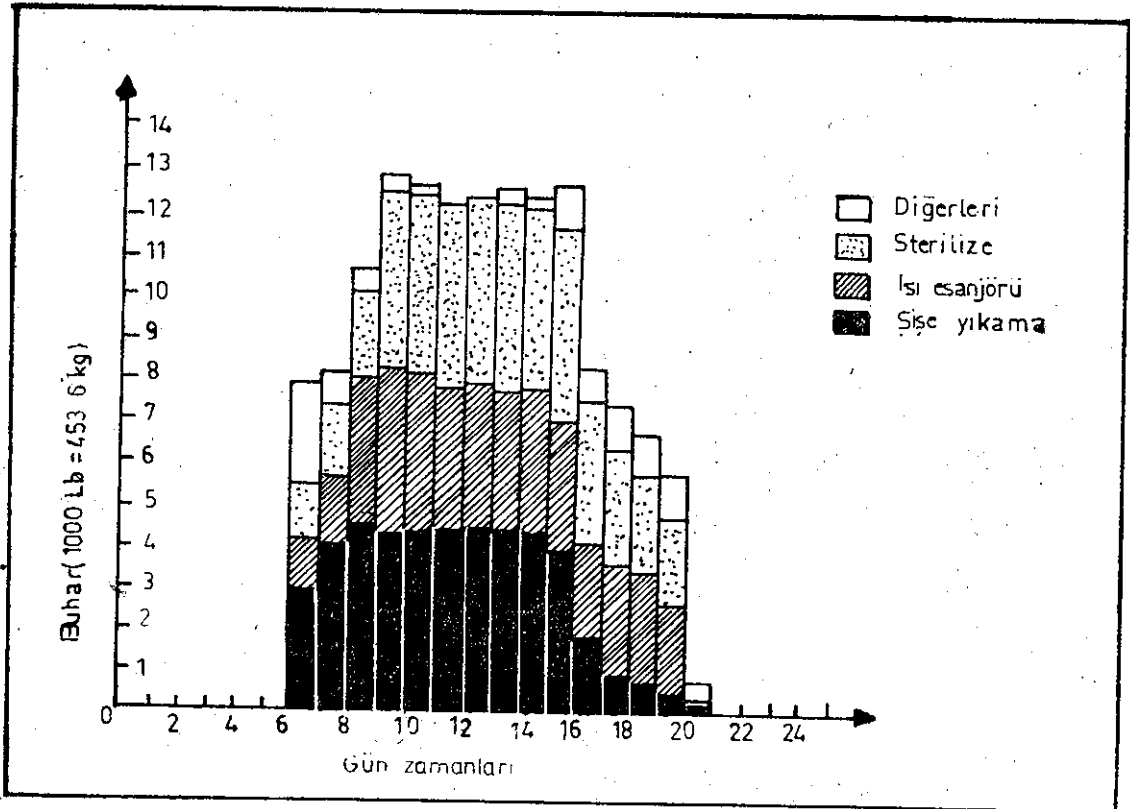
Pastörize süt üretimi	189.250 l/gün
Kullanılan buhar	105 g/l - Süt
Kullanılan elektrik	0.0137 kwh/l - Süt

Sterilizasyon ünitesinde :

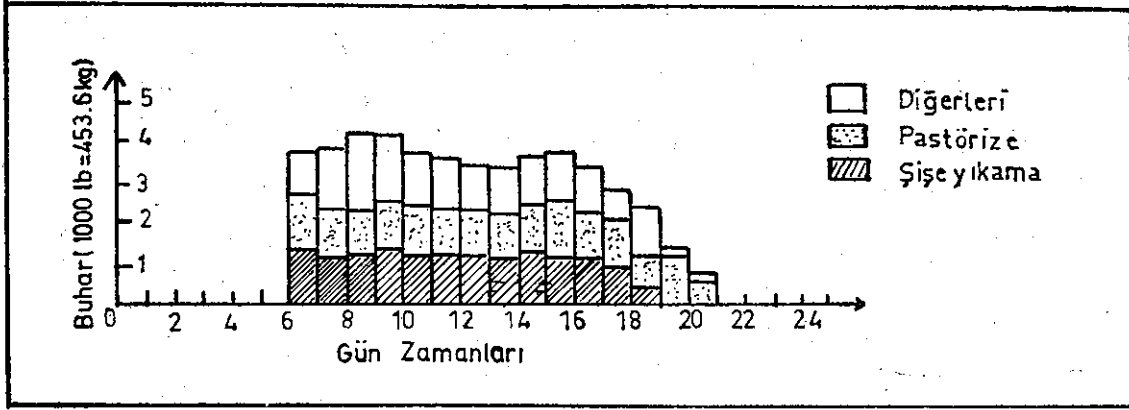
Sterilize süt üretimi	75.700 l/gün
Kullanılan buhar	816 g/l - Süt
Kullanılan elektrik	0.0464 kwh/l - Süt

Kazan dairesinde 453.6 kg. buhar için : 2.9712 l yakıt (35000 Redwood viskoziteli) ve 9.6 kwh elektrik kullanılmaktadır.

Adı geçen fabrikanın sterilize ve pastöri-ze ünitelerinde sabah 6.00'dan, gece 9.00'a ka-dar olan çalışma periyodu içinde bir günlük buhar tüketimi şekil 1 ve 2'de görölmektedir.



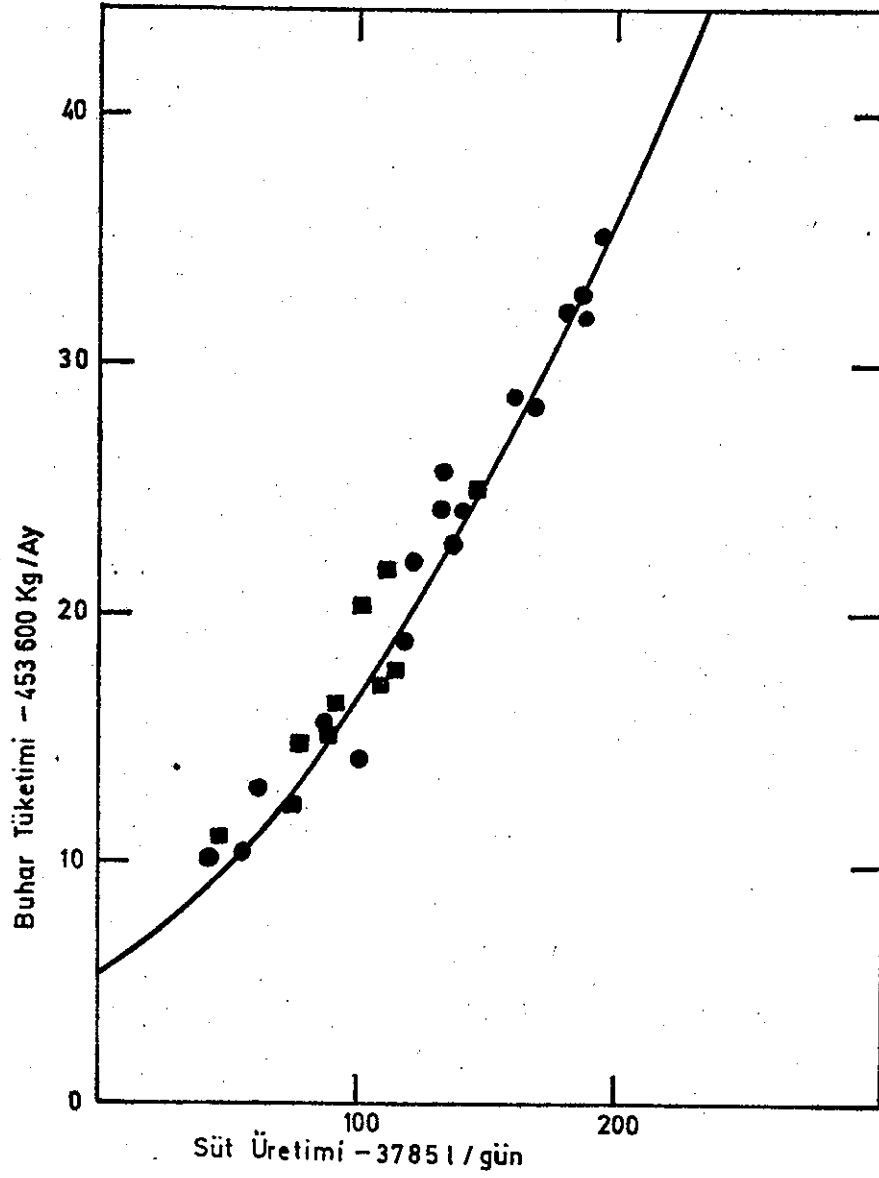
Şekil 1. Sterilizasyon ünitesinde günlük buhar tüketimi



Şekil 2. Sterilizasyon ünitesinde günlük buhar tüketimi

Yine bu fabrikayla ilgili olarak süt üretimi ve buhar tüketimi ilişkisi Şekil 3'deki grafikte açıklanmıştır. Görüldüğü gibi fabrikanın süt üretimi ile buhar tüketimi arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bütün bir yıl boyunca ya-

pılan araştırmada yaz ve kış devrelerinde buhar tüketiminin değiştiği açıktır. Örneğin; aynı miktarda sütün geldiği devrede, yazın kışa göre daha az buhar tüketilmektedir.



Şekil 3. Süt işletmesinde üretim miktarının bir fonksiyonu olarak buhar tüketimi

● Yaz ayları ■ Kış ayları

Fabrikada ünitelere göre elektrik kullanım değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Midlands fabrikasında elektrik kullanımı (ANONYMOUS, 1976)

Pastörizasyon ünitesi (kwh/gün)	Sterilize ünitesi (kwh/gün)	Merkezi servisler (kwh/gün)			
Pastörizatör ve homojenizatör	884	Pompalar	2230	Hava kompresörü	1700
Şişe yıkama	720	Şişe yıkama	721	Soğutma düzeni	1292
Doldurma makinesi	287	Sterilizasyon düzeni	245	Buhar kazanı	552
Mekanize sistemler	245	Konveyör	158	Garaj ve atölyeler	460
Pompalar ve diğerleri	218			Diğer hizmetler	156
Karton makinesi	68				
Kasalara dolum	68				
T o p l a m	2490		3354		4160

Günde yaklaşık 275 ton süt işleyen bu fabrikada; sütün işlenmesi için günde yaklaşık 80 ton buhar, 55.000 kw elektrik ve 50 ton da yakıt kullanılmaktadır.

URAZ (1976)'ın yazmakta olduğu ders

notlarından alınan, sütçülük tesislerinin değişik ünitelerinde buhar gereksinmesi ve soğutma için enerji miktarı konusundaki bilgiler (Çizelge 3), yukardaki çalışmada olduğu gibi bir ölçüde de olsa süt fabrikalarında enerji gereksinimine ışık tutmaktadır.

Çizelge 3. 10 ton/gün kapasiteli bir fabrikada buhar ve soğukluk gereksinmesi (URAZ, 1976)

Buhar gereksinmesi (kg/saat)	Soğukluk gereksinmesi (kcal/saat)		
Süttozu ünitesi (yazın)	1207	Sütün ön soğutulması	220.000
Pastörizasyon	680	Pastörize için soğutma	52.000
Şişe yıkama	530	Yoğurt " "	31.500
Isıtma (kışın)	350	Pastörize miks soğutma	15.000
Güçüm yıkama	211	Yoğurdun soğutulması	12.500
Yoğurt kaplarının temizliği	205	Pastörize krema soğutma	5.000
Yoğurt sütü pastörizasyonu	135		
Yoğurt inkübasyonu	130		
Miks pastörizasyonu	62		
Krema pastörizasyonu	20		

3. Enerjinin Verimli Kullanımı

Sütçülük tesislerinde enerjinin verimli kullanımı, inşaat sırasındaki yapısal değişikliklerle başlar. Aşağıda dört madde halinde toplanan bu değişikliklerle bir ölçüde de olsa ısı artırımını sağlanabilmektedir (YAVUZCAN ve AYIK 1977).

1 — Bina ve tesislerin yapısal özellikleri iyileştirilmelidir,

2 — Tavan, taban ve duvarların ısı iletim katsayıları düşürülmeli, duvardaki izolasyonlar yeter kalınlıkta döşenmelidir,

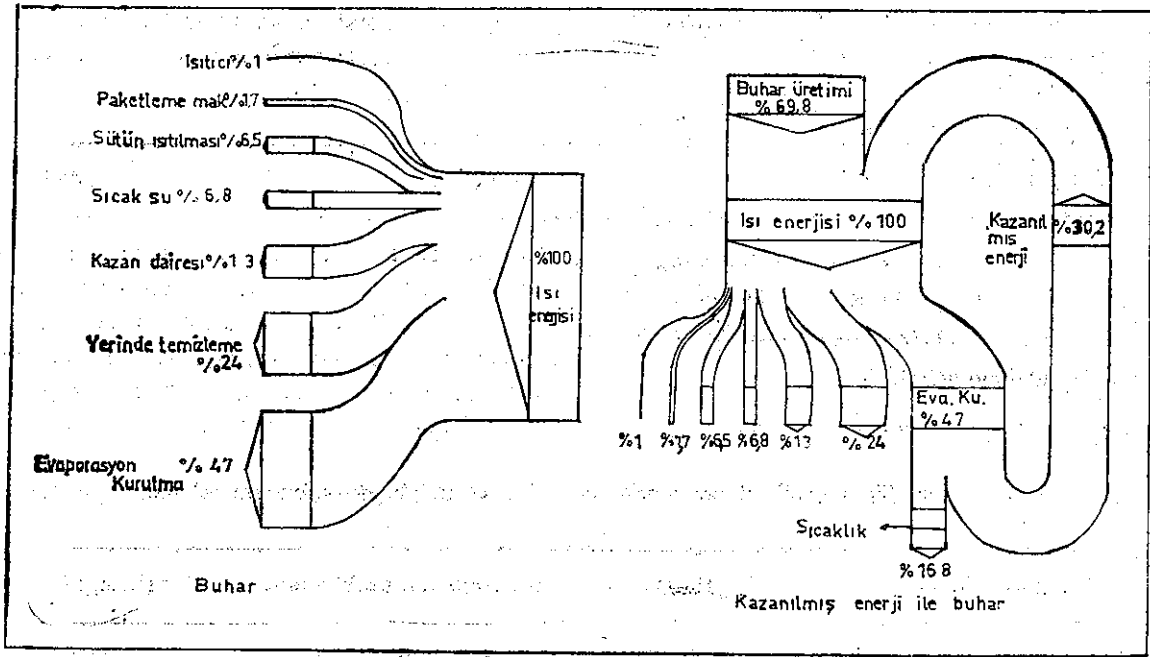
3 — Yalıtkan camlar kullanılarak pencerelerin ısı iletim katsayıları düşürülmelidir,

4 — Tavan ve duvarlar hava sızdırmaması, binanın havalandırılması vantilyasyon

sistemiyle yapılmalıdır. Isı kaybını azaltmak amacıyla giren ve çıkan hava arasında bir ısı değiştiricinin yerleştirilmesi daha uygun olmaktadır.

İşletme içinde ise enerjinin verimli kullanılabilmesi için bazı ön bilgilere gereksinim vardır. Örneğin tüm imalat seksiyonları ısı ve su ile beslenmektedir. Bazı seksiyonlar vardır ki, ısı ve su tüketim değerleri sınırlıdır.

-Bu nedenle yaklaşık da olsa başlangıçta her seksiyonun ısı ve su tüketimi hesaplanmalı ve buna göre bir diyagram düzenlenmelidir. Böyle bir diyagramla çalışmaya başlanıldığında tüketim değerleri düşünülenin % 90 - 95'i arasında gerçekleşmektedir. Bu tip bir örnek düzenleme Şekil 4'deki «Sankey Diyagramı»nda yapılmıştır (MORLOK und KOPP 1978).



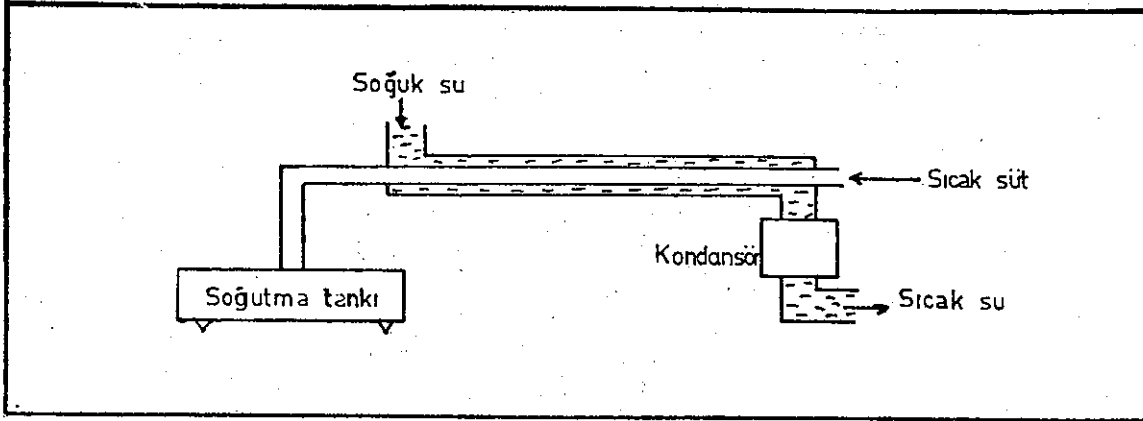
Şekil 4. Sankey Diyagramı

İşletme içinde enerjinin verimli kullanımı konusunda ortaya getirilen seçeneklerden optimal olanı seçilir. Tabii seçilen teknik alternatif bazı ilave düzenler (örneğin buzlu su dolaşımı veya ısı geri kazanma düzenleri gibi) gerektirebilir. Bütün bu işlemlerden sonra yapılan ön denemelerle de ortaya çıkabilecek aksaklıklar giderilir.

4. Enerjinin verimli kullanımı konusuna ilişkin örnekler

4.1 — Sütten alınan ısı enerjisinden yararlanma : Sütün soğutulması sırasında süttten alınan ısı enerjisi çoğu kez dışarı atılmaktadır. Oysa küçük bir düzenlemeyle bu enerjiden ya-

arlanmak olasıdır. Bizim ülkemizde sütler genellikle fabrikaya soğutulmadan gelmektedir. İşletmeye 15°C - 20°C dolayında süt geldiğinde, kantardan, sütü 4°C'ye soğutan soğutucuya kadar bu sıcaklıktadır. Soğutma sırasında 10°C - 15°C'lik ısı farkı dışarı atılarak enerji kaybı olur. Kantarla soğutucu arasında dış yüzeyi izolasyonlu içiçe geçmiş iki boru ile bu ısı kaybı önlenir. İçteki borudan süt, dıştaki borudan soğuk su geçirilerek, süttten alınan ısı enerjisi soğuk suya geçer. Ön ısıtması yapılan su, suyla soğuyan bri kondansatörden geçirildiğinde hiçbir ısı uygulaması yapmadan 40°C - 50°C'de sıcak su elde edilir. Şekil 5'de böyle bir sistem görülmektedir.



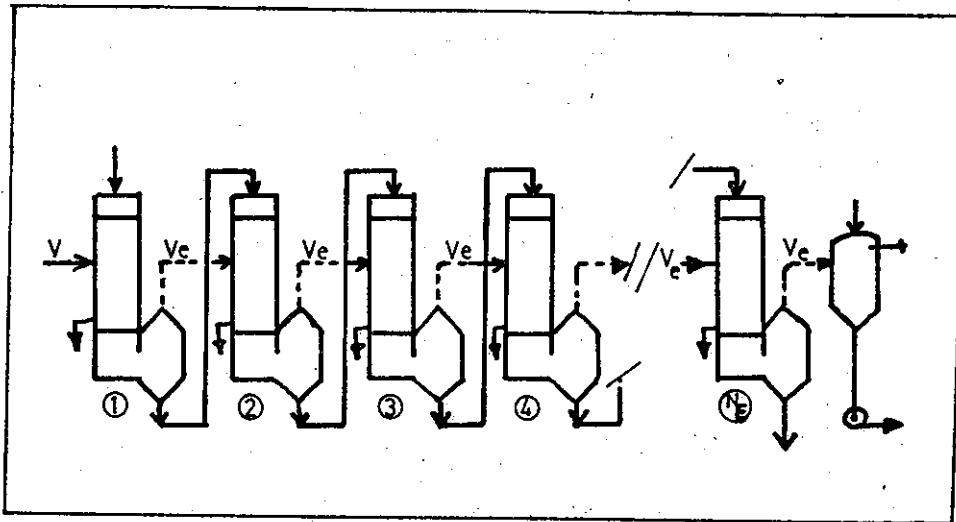
Şekil 5. Sütten alınan ısı enerjisinden yararlanma.

4.2 — Evaporatörlerde enerjinin verimli kullanımı : Evaporasyon işleminin uygulandığı evaporatörlerde bazen ısıtma amacıyla sıcak su gibi diğer ortamlarda kullanılabilir. Fakat su buharıyla ısıtma özellikle etkilidir ve tüm dünyada uygulanmaktadır. Bu nedenle evaporatörlerin tasarımı, yapımı ve verimli kullanımında su ve su buharının termodinamik özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekir.

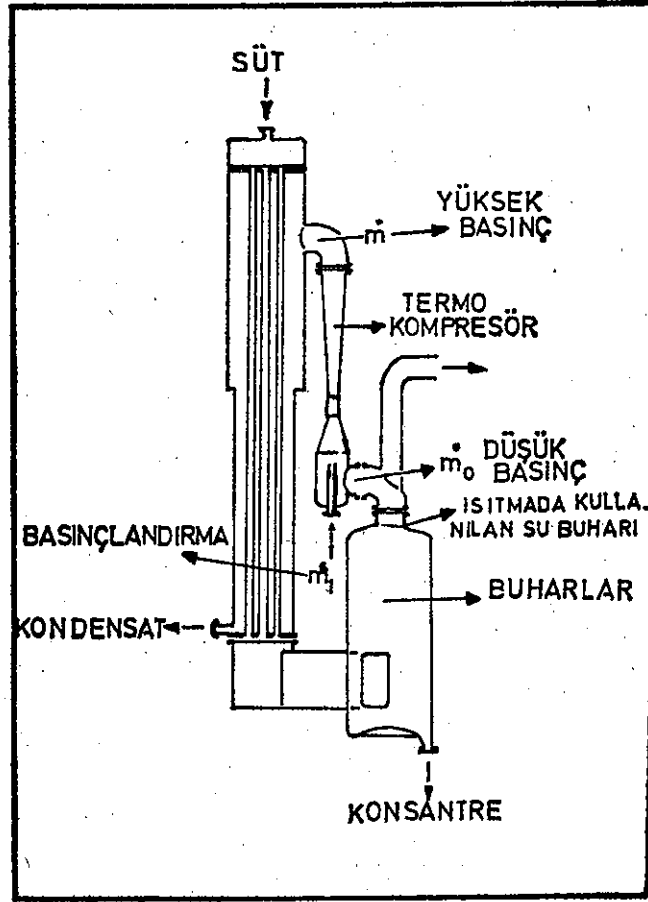
Suyun buhar basıncı atmosfer basıncına 100°C'de ulaşır. Fakat buharlaştırma işlemini, vakum ortamında 100°C'den daha düşük kaynama sıcaklıklarında (normal olarak 80°C ve 40°C'ler arasında) gerçekleştirmek daha ekonomiktir. Bunun yanında bu işlemin diğer bir yararı da; süt gibi tüm sıvı gıda maddelerinin,

sebze ve meyve özlerinin protein, şeker ve yağ gibi değerli kısımlarının bozulabileceği sıcaklık limitinin altında konsantre duruma getirilebilmesidir.

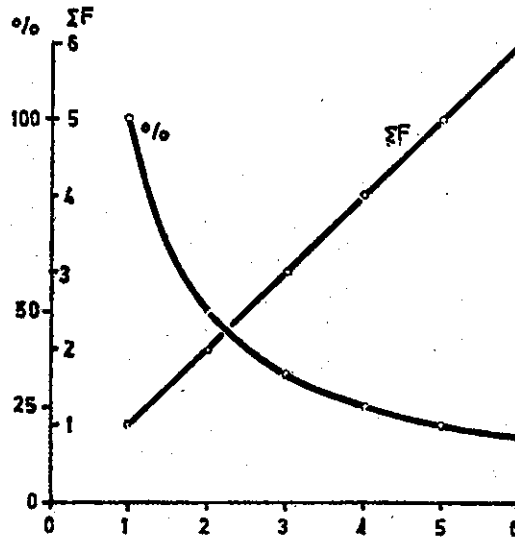
Enerjinin verimli kullanılması amacıyla, evaporasyon sırasında üründen alınan su buharı, daha sonraki ürünü ısıtmakta tüketilir. Bu nedenle evaporatörlerde uygulanan «çok etkili evaporasyon» ve «termo-kompresyon» enerji tüketiminin azaltılmasında en önemli yeri tutar (Şekil 6 ve 7) (BERTRAND, 1981 ve FERNBACHER, Tarihsiz). Bu tür uygulamalarla çok etkili evaporatörlerde nispi su buharı tüketimi 1. etkiden başlayarak, 1, 1/2, 1/3 şeklinde azalmaktadır (Şekil 8) (FERNBACHER, Tarihsiz.)



Şekil 6. Çok etkili evaporatör



Şekil 7. Termo - kompresörlü düşen - film evaporatör



Şekil 8. Su buhar tüketiminin teorik olarak azalması (%) ve safha sayısıyla ilişkili olarak toplam ısıtma yüzeyinin (ΣF) artışı.

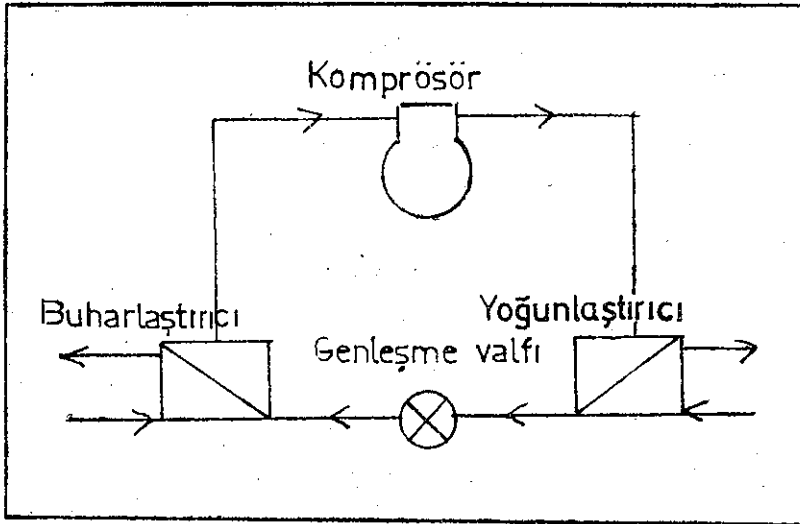
Termokompresörler, prensip olarak kompresyon soğutma düzenine benzemektedir. Her iki makine arasındaki fark sadece amaç yönündedir. Her ikisinde de ısı iletimi gerçekleştirilmektedir. Soğutma makinelerinde soğukluk üretmek amaç iken, termokompresörlerde ısı enerjisinden yararlanmak esastır.

Termokompresörlerin başlıca 3 özelliği vardır.

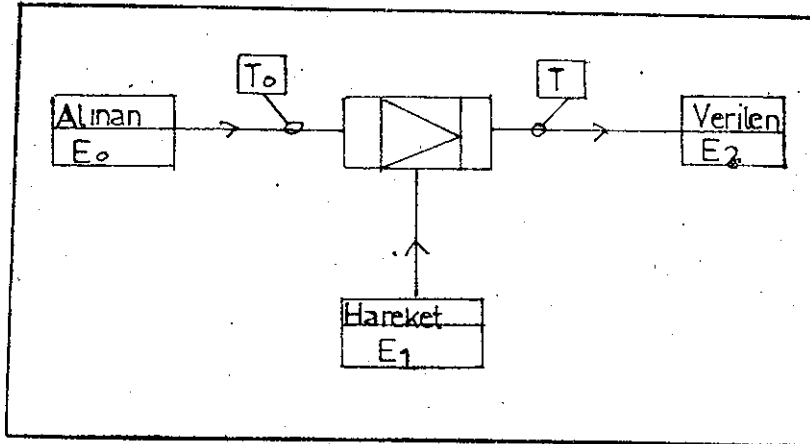
- 1 — Sistem, daha düşük sıcaklıkta bulunan bir soğuk kaynaktan ısı enerjisi alır.
- 2 — Sistem, daha yüksek sıcaklıkta bulunan bir sıcak kaynağa ısı enerjisi verir. Bir diğer deyişle alınan ısı yukarı düzeye basınçlandırılır.

3 — Termokompresörün çalışmasında gerekli güç dışardan verilir.

Bu düzenler çalışma süresince, buharlaştırıcıdan (evaporatörden) düşük sıcaklıkta enerji almakta ve bu enerjiyi yüksek sıcaklıkta kullanılacak yere vermektedir. Böylece bir emme-basma pompa gibi çalışmaktadır. Aynı tesiste, bir anahtar yardımıyla yoğunlaştırıcı ve buharlaştırıcının fonksiyonları değiştirilecek olursa ilk önce ısı oluşturulan yerde bu kez soğukluk üretilebilir. Fabrikalarda sütün soğutulması sırasında süttten alınan ısı enerjisinin suyu ısıtmasına yardımcı olan termokompresörlerin prensip ve enerji dönüşüm şemaları Şekil 9 ve 10'da görülmektedir (MORLOK und KOPP 1978, YAVUZCAN ve AYIK 1977).



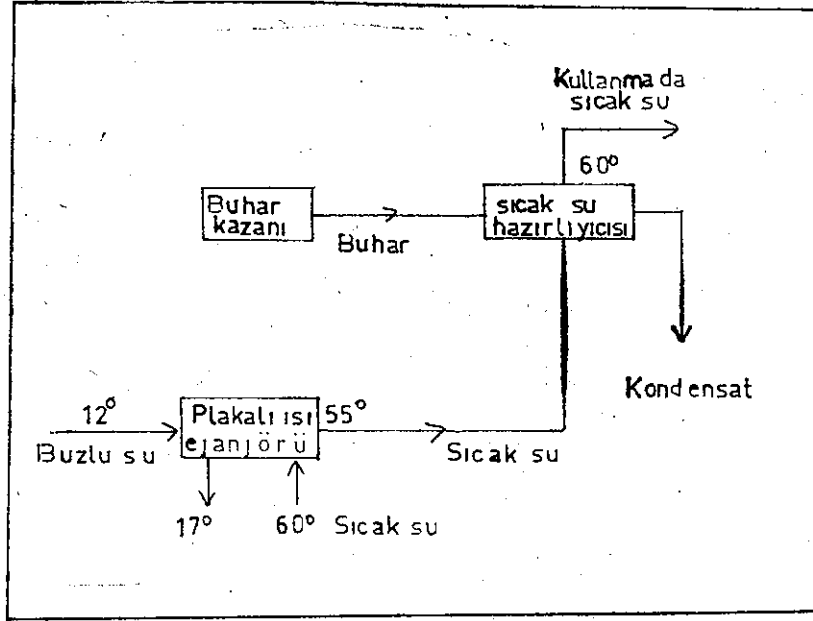
Şekil 9. Isı pompası devresinin prensip şeması



Şekil 10. Isı pompalarında enerji dönüşüm şeması.

4.3 — Plakalı ısı eşanjörlerinde enerji artırımı : Almanya'da bir özel firmanın 1978 yılında yaptığı çalışmada enerji artırımının ekonomik katkısı hesap edilmiştir. Şekil 11'de görüldüğü gibi sıcak su aracılığıyla buhar kazanlarının yükünü % 10 kadar azaltmak olası-

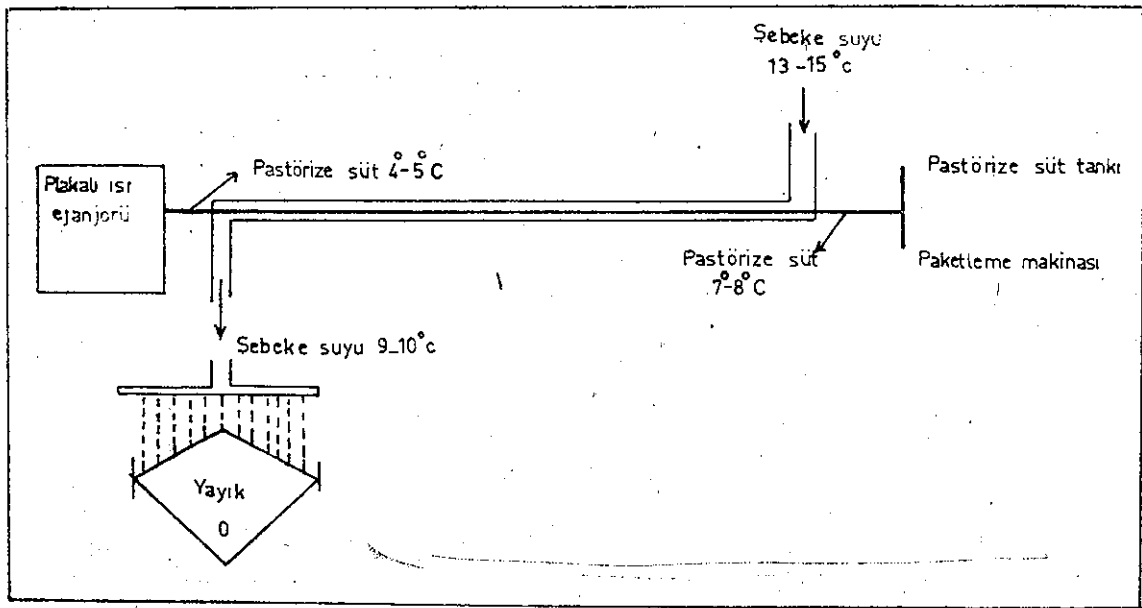
dır. Burada plakalı ısı eşanjöründe $8 \text{ m}^3/\text{saat}$ 12°C 'deki soğuk su 55°C 'ye ısınmakta, 60°C 'deki sıcak su 17°C 'ye soğumaktadır. Böylece saatte 660 kg , günde 8 saatlik çalışma ile 250 iş günü hesap edilirse 1320 t/yıl buhar artırımını yapılmaktadır.



Şekil 11. Sıcaklık yardımıyla enerji artırımı

Bir önceki yıl (1977), 1 ton buharın maliyeti 27 DM (Alman Markı) olduğuna göre yıl da 35.640 DM artmaktadır (ALFA-LAVAL 1978).

Yine, plakalı ısı eşanjöründen alınan $4^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}$ 'deki pastörize sütün ısısından yararlanarak elde edilen soğuk su Şekil 12'de görüldüğü gibi krema yayıklamada kullanılabilir.



Şekil 12. Pastörize sütün ısısından yararlanma.

5. Sonuç

Sütçülük işletmelerinde enerji kullanımının en yoğun olduğu yerler; süttozu tesisi, soğutucu - ısıtıcı üniteler, UHT düzeni ve paketleme makineleridir. Yine bunlara temizlemede kullanılan ısı enerjisi de dahil edilebilir.

İşletmede kullanılan toplam enerjiye karşın özellikle pompalar, tanklar ve borular başta olmak üzere değişik düzenlerde bir enerji kaybı da kaçınılmazdır. Belirli makineler yardımıyla elde edilen ısı enerjisi birinci aşamada kullanıldıktan sonra yeniden yararlı enerji olarak değerlendirilmelidir.

Üretimini yeni başladığı fabrikalarda ilk kayıpların olması doğaldır. Fabrikaya giren ve fabrika içinde elde edilen tüm enerjinin % 90 - 95'ini tutmak gerekir. Eğer % 90'dan azı tutuluyorsa hemen gerekli denemelerle enerji bilançosu ayarlanmalıdır.

Sütçülük işletmelerinde enerjinin artırımı konusunda bazı devletler soruna ciddi bir şekilde eğilmişlerdir. Örneğin; Almanya'da devlet enerji artırımına girecek sanayii kesimine bazı parasal olanaklar sağlarken, Japonya'da ücret ve primler ödenmektedir. Ülkemizde ise devletin bu konuda herhangi bir çalışması yoktur.

KAYNAKLAR

- ALFA - LAVAL 1978 «Energie - Rückgewinnung durch ALFA - LAVAL Platten - Wärmeaustauscher». Milchwissenschaft 33 (11) 1978. S: 687.
- ANONYMOUS 1976. «How energy is used in dairies». Dairy Industries International 44 (2) 1979, S: 24 - 28.
- BERTRAND, F. 1981. «Concentration Et Séchage Du Lait. Principes Techniques Et Evolution Des Equipements. Qualité Des Produits Et Economies D'énergie». Le Technicien Du Lait No 2 - Jan - Fev. 1981. S: 3 - 19.
- FERNBACHER, U.B. Tarihsiz. «Principles Of Evaporation». Wiegand Karlsruhe GmbH, Ettlingen, West Germany. (Alınmıştır)
- ANONYMOUS 1975. «Winter School on Spray Drying». Australian Society of Dairy Technology. S: 8 - 16).
- MORLOK, J.M. und KOPP, R. 1978. «Kriterien und Wege zur Verbesserung des Energieeinsatzes in Molkereibetrieben». Milchwissenschaft 33 (10) 1978. S: 623 - 625.
- MORLOK, J. und KOPP, R. 1978. «Kriterien und Wege zur Energierückgewinnung in Molkereibetrieben». Milchwissenschaft 33 (11) 1978. S: 686 - 689.
- URAZ, T. 1976. «Süt Fabrikalarının Kuruluş ve Organizasyonu» ders notları. A.Ü. Ziraat Fakültesi, Ankara.
- YAVUZCAN, G. ve AYIK, M. 1977. «Tarım Kesiminde Enerji Ekonomisi ve Kaybolan Isı Enerjisinin Yeniden Kazanılması» A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 673. Ankara 1977. 16 S.
- YAVUZCAN, G. 1978. «Tarımsal Elektrifikasyon». A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 677. Ankara 1978 - 208 S.