

Jeotermal Enerjiden Endüstriyel Uygulamalarda Yararlanma

Ahmet DAĞDAŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü

GİRİŞ

Jeotermal enerjiden endüstriyel anlamda yararlanmada bilinen en eski uygulamalar İtalya'da gerçekleşmiştir. MÖ 1500'lerde Etrüskler, Tuscany bölgesinde jeotermal enerjiyi sadece sağlık amaçlı değil, krater gölü kenarlarında biriken tuz ürünlerinden yararlanarak da kullanıyorlardı. Etrüsklere ait tabak, çanak ve çömleklerin sırlarında bor tuzlarına ait izlerin bulunması, milattan birkaç yüzyıl önce bu insanların jeotermal enerjiden nasıl yararlandıklarını göstermektedir. Borun kimyasal etkileri ve öğütülmesindeki sanat ve teknolojileri çoktan gelişmişti ve çömleklerin son işlemi olarak da sirlama yapıyorlardı [1].

Jeotermal enerjiden endüstride yararlanma konusunda iki alternatif yöntem söz konusudur. Bunlardan en yaygın kullanılan yöntem, endüstriyi mevcut akışkana uyarlamaktır. Daha az kullanılan alternatif yöntem ise mevcut akışkanı endüstriye uyarlamaktır. Bu alternatif, mevcut jeotermal akışkanın kalitesini yükseltmek için ilave sistemleri gerektirir (kazan vb.) ya da birincil enerji sistemlerinden yararlanılır (fosil yakıtlı santraller vb.) [1].

Halen dünyanın çeşitli bölgelerinde jeotermal enerjiyi endüstriyel amaçlı olarak kullanan birçok tesis bulunmaktadır. Jeotermal enerjiden endüstriyel anlamda genellikle ağaç ve tahta endüstrisi, madencilik, kimyasal madde üretimi, tarım ürünlerinin kurutulması gibi sektörlerde yararlanılmaktadır.

Ülkemizde özellikle tarım ürünlerinin güneş ısısından yararlanarak açık havada kurutulması çok sık kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem hem sağlık hem de kalite açısından istenen standartların yakalanmasını önlemektedir. Kurutma sırasında ürünlerin tozlanması, sinek ve çeşitli böcekler tarafından zarar verilmesi, rüzgarla uçuşma, kuşlar tarafında tüketilmesi, çeşitli olumsuzluklar meydana getirmektedir. Bu nedenle modern kurutma tesislerinin kurulması ve buralarda jeotermal enerjiden yararlanılması önemli bir potansiyel meydana getirecektir. Ayrıca jeotermal enerji ve diğer yenilenebilir enerji sistemlerinin (güneş, rüzgar vb.) birleştirilmesi ile hazırlanan çeşitli sistemler, tarım ürünlerinin kurutulmasında başarıyla kullanılabilir [2].

Bu çalışmada jeotermal enerjinin, çeşitli endüstriyel sektörlerde ne amaçla ve nasıl kullanıldığı açıklanmaktadır.

A) Ağaç ve Kağıt Endüstrisinde Yararlanma

1) Selüloz ve Kağıt Üretimi:

Yeni Zelanda-Kawerau'da bulunan Tasman Pulp and Paper (TPPC) şirketi, gazete kağıdı, selüloz ve kereste üretim tesislerini kapsamaktadır. Bu tesis, jeotermal enerjiyi endüstriyel amaçlı olarak kullanan dünyanın en büyük şirketidir. Kawerau'da selüloz ve kağıt üretiminde jeotermal enerjiden yararlanma uygulaması 1952'de başlamıştır. 1985'de TPPC, 4 kuyudan iki farklı basınçta buhar üretmek için 1.15 milyon kg/h debide akışkan kullanıyordu. Üretilen buhar basınçları 1620 kPa ve 790 kPa'dır [1].

Kağıt üretiminde doğrudan jeotermal buhar kullanılmamaktadır. Jeotermal buhardaki yoğuşmayan gazlar, sıcaklık dalgalanmalarına yol açarak, kağıt üretim ekipmanlarına zarar vermektedir. Yani kurutma işleminde temiz buhar gereklidir. Bu nedenle ayrı bir flaş santralinden üretilen jeotermal buhar, gövde borulu ısı değiştiricisinde temiz buhar üretmek için kullanılır.

Selüloz ve kağıt üretiminde Kraft prosesi adı verilen yöntem kullanılmaktadır. Kraft prosesinde, kullanılan proses ısısının çoğu 121-177 °C'ler arasında olmaktadır. Bu ısı, gövde borulu ısı değiştiricilerinden geçirilen buhar vasıtasıyla sağlanır. Bu tesiste konvansiyonel sistemlerdeki enerji ihtiyacı, atık ısı kazanı veya fosil yakıtlı kazanlar tarafından üretilen 3100 kPa ve 371 °C'deki buhar tarafından karşılanır. Üretilen buharın çoğu karşı basınçlı/ara buhar almalı türbinden geçirilerek tesis için gereken elektrik üretilir. Türbinden 170 kPa basınçla çıkan buhar, proses buharı olarak kullanılır [1].

Belirtilen kağıt ve selüloz tesisi, enerji ihtiyacının yaklaşık %30'unu, 121°C'deki jeotermal akışkandan sağlamaktadır. Eğer bu tip tesislere yakın konumda, 200°C'de jeoakışkan üreten kaynak olsa, tesis için gerekli elektrik ihtiyacı da jeotermal enerjiden üretilebileceğinden, kağıt ve selüloz üretimindeki ısı ve elektrik ihtiyacının tamamının jeotermal enerjiden karşılanması mümkün olabilecektir [1].

2) Kereste Kurutma:

Kereste üretiminde, hazırlanan kerestelerin kurutulmasının iki temel amacı vardır. Bunlar; ahşabın öz suyunun ayarlanması ve kerestenin eğilmesinin önlenmesidir. ABD'de keresteler piyasaya kurutulmuş olarak sürülür [1].

Özsuyun ayarlanması 57-60 °C'ler arasında yapılan bir işlemdir. Kerestenin eğilmesi ise ahşabın kesiti boyunca homojen nem miktarının sağlanması ile

Tablo 1: Bazı Ağaçların Kurutulması İçin Gereken Minimum Jeotermal Akışkan Sıcaklıkları [1]

Ağaç Türü	Fırın girişindeki minimum jeoakışkan sıcaklıkları (°C)	
	Boyut (4/4)	Boyut (8/4)
Çam	79	91
Ladin	79	---
Kök nar	91	91
Sedir	85	---

önlenebilir. Çevre sıcaklığında kurutulmuş kerestenin dış yüzeylerindeki nem, içeridekine göre hızlı kurur. Bu farklı kuruma süreleri, eğilmeye sebep olan gerilmeleri meydana getirir [1].

Kereste kurutma işlemi, bir kurutma odasında kerestelerin gruplar halinde dizilerek kurutulması ile yapılır. Kurutma için gereken ısı, genellikle fosil yakıtların yakılması sonucu sağlanan ısı ile havanın ısıtılması ve bu havanın keresteler üzerinde dolaştırılmasıyla gerçekleştirilir.

Kurutma süreci, proses başına 20-24 saat ile birkaç haftaya kadar sürebilir. Yeşil ağaçlar yüksek miktarda nem içerirler. Örneğin çam, yaklaşık %60 oranında nem içerir. Ahşaptan nemin buharlaşması için gereken enerji, saf suyun buharlaşması için gereken enerjiden 1-1.5 ile 3 kat kadar fazla olur. Fırındaki enerji tüketimi, kurutulmuş ağaçların cinsine göre değişir. Tablo 1, bazı ağaç türleri ve boyutları için minimum jeotermal akışkan sıcaklıklarını vermektedir [1].

Kereste kurutma işleminde jeotermal enerjiden yararlanılan çeşitli uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamada, içinden jeotermal sıcak su geçen ısı değiştiricisi borularının

üzerinden, hava geçirilerek fırında kurutma prosesi yapılmaktadır. Isı değiştiricisi fırının içine, sirkülasyon havasının ısı değiştiricisi üzerinden geçebileceği şekilde yerleştirilir.

Geoakışkan sıcaklığı fırındaki çalışma ortamından en az 11-22 °C daha yüksek olmalıdır. Yani bu durumda jeoakışkan sıcaklığının yetersiz olduğu yerlerde (82 °C den daha az) gereken enerji, jeotermal enerjinin klasik ısıtma sistemleri tarafından desteklenmesi ile sağlanabilir.

B) Tarım Ürünlerinin Kurutulmasında Yararlanma:

Çeşitli tarım ürünlerinin kurutulması için 90-150 °C'ler arasındaki ısı gereklidir. Günümüzde 50 °C ye kadar düşük sıcaklıklarda kurutma teknolojileri de bulunmaktadır [3].

1) Tahıl Kurutma:

Tahıl ürünlerinin çoğu, kurutulmuş olarak piyasaya sürülür. Ayrıca ürünlerin saklanması için nem oranlarının %12-13 civarında olması gerekir. Tahıl kurutma işlemleri için her yıl önemli miktarda enerji tüketilmektedir. Bu işlemler, 38-82 °C'lik jeotermal akışkan ile kolayca yapılabilir [1].

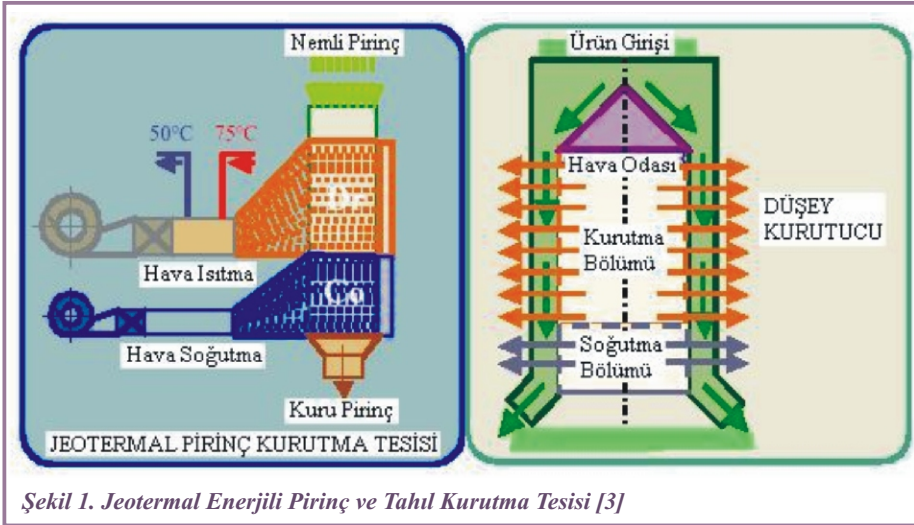
Küflenme ve bozulma; depolama

süresinin bitmesi, sıcaklık ve kritik değerin üzerindeki nemin fonksiyonlarıdır. Tahıl kurutucusu, Şekil 1'de görüldüğü gibi derin yataklı bir kurutucudur. İklim faktörlerinin uygun olduğu yerlerde kurutma için ısıtılmamış hava kullanılır ve ısıtıcılar iptal edilir.

minimize edilerek taneciklerin kırılması önlenir. Tanecik sıcaklığı normalde, %21'lik nem içeriğinde 38 °C'de tutulur ve %17 gibi daha düşük nemlerde sıcaklık 35 °C ile sınırlandırılır. 38 °C sabit sıcaklıktaki tahıl için hava, kış şartlarında 82-93 °C'ye, ılık mevsimlerde ise 60-82 °C'ye ısıtılır.

barındırmasıdır. Xantofil tavuklarda ve yumurtanın renklenmesinde önemlidir. Yoncadaki xantofil yüksek ısı ve hızlı kuruma ile korunabilmektedir.

Kurutma işlemi, yoncanın %70'lik nemde iken sahada kesilip doğranması ile başlar. Doğranan yoncalar 24 ile 48 saatlik bir sürede güneşte bırakılarak neminin %15-25 arasına inmesi sağlanır. Sahada kurutulan malzeme, kamyonlarla tesise taşınır. Doğranan malzeme, kayışla tahrik edilen üç geçişli döner kurutucuya konulur. Bu kurutucu, yakıt olarak doğalgaz veya fuel oil kullanabilir. Yonca, 121 °C'nin altındaki bir sıcaklıkta kurutulur. 199 °C'nin üstündeki herhangi bir sıcaklık ürünün aşırı kurummasını sağlar. Gerçek kurutma sıcaklığı çevre şartlarına ve yoncanın nem içeriğine bağlı olarak değişebilir. Kurutucu sıcaklığı 80 °C'ye kadar inebilir. Yoncanın kurutucuda tutulma zamanı ise 15-20 dk'dır [1].



Şekil 1. Jeotermal Enerjili Pirinç ve Tahıl Kurutma Tesisi [3]

Kurutma genellikle ısıtılmamış hava veya çevre sıcaklığının 5-11 °C üzerinde ısıtılmış hava ile yapılır. Tahılın derinliği; fan ve motor güçleri tarafından sınırlandırılır. Maksimum pratik derinlik mısır ve kuru fasulye için 6 m., buğday ve pirinç için 4 m'dir.

Pirinç, depolardan kurutucuların üst kısmına taşıyıcı bantlarla nakledilir. Pirinç kurutucuya yaklaşık %21-22 nem içeriğinde yüklenir ve kurutma çevrimi normalde 3-4 geçiş sonrasında tamamlanır. Son nem içeriği, ambarda güvenli biçimde depolanmadan önce %15'in altında olmalıdır. Her bir geçişten sonra, kısmen kurutulan pirinç diğer geçiş yapılmadan önce en az 12 saat tavlama kaplarında depolanır. Pirinç, iç nem içeriği eşitlenerek kıvama getirilir ve böylece termal gerilmeler

Sütun tipi kurutucuların jeotermal enerjiye dönüşümü, kurutma odası içinde homojen sıcaklığı sağlamak için bir sıcak su sargısı ve üfleyici fan kurulması ile gerçekleştirilir.

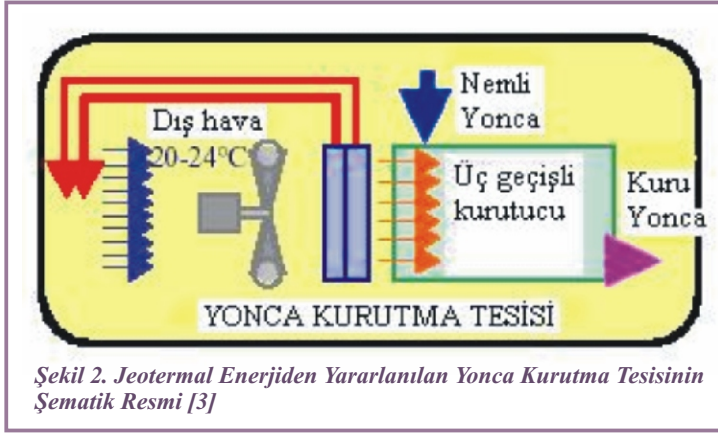
2) Yonca İşleme:

Yonca, çiftlik hayvanlarının beslenmesi için kullanılan, besin değeri yüksek bir bitkidir. Yonca üretimi konusunda iki yaklaşım vardır. Bunlar; küçük küre şeklinde (pellet) ve küp şeklinde üretimlerdir. Küp şeklindeki üretim genellikle yaklaşık %17-19 nem ile yalnız güneşte kurutmayı gerektirir. Küre şeklindeki üretim için yoncanın tesiste kurutulması gerekir, bu durumda da önemli miktarda ısı gereklidir. Tesiste kurutmanın, güneşte kurutmaya göre temel avantajı, ürünün içerisinde daha fazla A vitamini ve xantofil (xanthophyll)

Kurutulan yonca, dövülme tesisinde dövüldükten sonra, küresel forma getirildiği bir kaba gönderilir. Burada malzeme, buhar ile temas ettirilir. Buhar homojen ürün elde etmeye yardım eder ve küresel yoncaların dairesel çelik plakalardaki deliklerden çıkmasını kolaylaştırır. Elde edilen ürün daha sonra soğutulur. Son olarak ürün terazilerde gruplar halinde tartılarak paketlenir ve depolanır.

Yonca kurutma tesisinin kurutucusunda jeotermal enerjiden yararlanılabilir. Jeotermal akışkanın sıcaklığı, üç geçişli kurutucuda 93 °C'lik hava kurutma sıcaklığı sağlayabilmek için en az 104 °C sıcaklıkta olmalıdır.

Yılda 25000-30000 ton küresel yonca üreten (%8-15 nem oranında) bir tesiste, gerekli jeotermal akışkan, tek bir kuyudan sağlanabilmektedir. Şekil 2'de jeotermal enerjili yonca kurutma tesisinin şematik resmi görülmektedir [3].



Şekil 2. Jeotermal Enerjiden Yararlanılan Yonca Kurutma Tesisinin Şematik Resmi [3]

Yeni Zelanda-Broadlands'daki bir kooperatif, yonca kurutma işlemini jeotermal enerjiden yararlanarak yapmaktadır. Tesis, 184 °C'lik buharı bir ısı değiştiricisinden geçirerek havayı ısıtmak için kullanır. Kurutucu sabit yataklı ve çift geçişlidir. Tesis, 5 ton taze yoncadan saatte 1 ton sıkıştırılmış balya üretmektedir.

3) Soğan kurutma:

ABD-Nevada'da jeotermal enerjiden yararlanılan iki adet soğan ve sarımsak kurutma tesisi bulunmaktadır. Bu iki tesis, saatte 12 ton yaş soğan işlemektedir [4].

Soğan kurutma prosesinin temel işlem basamakları şunlardır;

- Hasat
- Tesise taşıma
- Yıkama
- Dilimleme
- Kurutma
- Paketleme

Soğan kurutma işleminde bant tipi kurutucular kullanılır. Kurutma için 38-104 °C arasındaki sıcak havadan

yararlanılır. Kurutma için gereken ısı normalde buhar bobinlerinden elde edilir. Fakat güncel uygulamalarda daha çok doğalgazdan yararlanılmaktadır. Tipik bir soğan kurutma tesisi saatte 4500 kg yaş ürünü işleyebilir.

Soğanların nemi %83'den %4'e düşerken soğanın kütlesi de 680-820 kg'a iner. Bu tip bir tesis, yılda 2.25 milyon kg kuru soğan üretir ve 1 kg kuru soğan için 35-46 MJ enerji kullanılır [5].

Soğan kurutma prosesinde kullanılan kurutucu 64.5 m x 3.8 m boyutlarında, tek hatlı bir ünedir. Bu ünite dakikada 2450 m³ hava gerektirir ve saatte 42 milyon kJ enerji tüketir. Bu tip bir tesisteki yıllık yakıt tüketiminin parasal değeri 200 000 \$'dır. Buna göre 1 kg kuru soğanın kurutma maliyeti 11 cent olarak hesaplanmaktadır [5].

Bu tesisteki kurutucuda, jeotermal enerjiden yararlanmak için gerekli dönüşümler yapılmıştır. Dış hava sıcaklığı 4 °C olan bir yerde, jeoakışkan ile proses havası arasında 11 °C'lik bir yaklaşım sıcaklığı için 110 °C'de jeoakışkan üreten bir adet kuyu gerekmektedir. Bu jeotermal akışkandan yararlanılarak yaklaşık 100

°C'de sıcak hava üretmek mümkün olabilmektedir [5].

Tesiste kullanılan diğer bir kurutucu olan bryair kurutucusu ise 150 °C'lik hava sıcaklığı gerektirir. Bu durumda 1.106 kJ/h'lik enerji ihtiyacının ancak yarısı jeotermal enerjiden karşılanabilmektedir. Jeotermal enerji, hava sıcaklığını 80 °C'ye getirebilmek için kullanılır. 150 °C sıcaklığına ulaşmak için propan veya doğal gaz gibi fosil yakıtlardan yararlanılır. Bryair ön ısıtıcısından çıkan atık jeotermal akışkanın sıcaklığı 90 °C'dir. Bu akışkan, mekan veya sera ısıtması gibi uygulamalarda kullanılabilir [5].

4) Kırmızı Biber ve Sarımsak Kurutma:

Tayland'ın kuzeyinde kurulu olan ve 300 kW. güç üreten binary jeotermal güç santralinin atık akışkan sıcaklığı 80 °C dir. Bu akışkan kırmızı biber ve sarımsak kurutulmasında kullanılmaktadır. Kurutma işlemi, 2.1 m genişliğinde, 2.4 m uzunluğunda ve 2.1 m yüksekliğinde bir kurutucuda yapılmaktadır. 2 HP gücündeki bir motor ile çalışmakta olan bir fan 1 kg/s debideki havayı üflemeaktadır [6].

C) Kimya Endüstrisinde Yararlanma:

1) Çinko Üretimi:

ABD'de jeotermal enerjiden yararlanılan en önemli endüstriyel uygulamalardan birisi, CalEnergy tarafından Kaliforniya-Salton Denizi kıyılarında kurulan 200 milyon \$ yatırımlı çinko üretim tesisidir. CalEnergy, Salton denizinde halen 10

adet jeotermal güç santrali işletmekte ve 347 MW_e güç üretmektedir [4].

Son kurulan ünite olan Unit 5, 49 MW_e güç üretmektedir. Bu santral, mevcut 4 jeotermal güç santralinin atık jeotermal akışkanlarını kullanmaktadır. Burada elektrik üretiminin yanında bir mineral üretme tesisi de kurulmuştur. Bu tesis, yılda 30000 ton çinkoyu %99,99 saflıkta üretmektedir. Tesis 1999'da kurulmuş 2002 yılında işletmeye açılmıştır. Bu tesis dünyada en ucuz maliyetle çinko üreten ve ABD'de yüksek sıcaklıklı atık jeoakışkandan mineral üreten ilk tesistir. Çinko üretim tesisi kurulmadan önce 8 jeotermal santralden gelen atık jeotermal akışkanlar 182 °C'de reinjeksiyon yapılmaktaydı. Bu amaçla 49 MW_e güç üreten bir jeotermal santral ile bir çinko üretim tesisi kurularak daha fazla enerji üretimi gerçekleştirildi. Böylece çinko üretimi için gereken elektrik ihtiyacı da Unit 5'den karşılanmaktadır [4].

Tesiste, 24 saatlik proses sonucunda yaklaşık 1 ton külçe çinko üretilmektedir. Tesiste kullanılan jeotermal akışkan 550-600 mg/L çinko içermektedir. Buna göre yılda 30000 ton çinko üretimi gerçekleştirilmektedir. CalEnergy şirketi çinko üretiminin yanında silisyum ve manganez üretebilmek için de araştırmalar yapmaktadır [4].

2) Kolemanit (Colemanite) Kurutulması:

İtalya-Tuscany'de 1967 yılından beri, Türkiye'den ithal edilmekte olan kolemanitin ön ısıtılması ve kurutulması,

15 ton/h'lik düşük sıcaklıklı jeotermal buhar ile yapılmaktadır. Kolemanit ile yılda 50000 ton borik asit ve 12000 ton boraks üretilmektedir.

Buharın giriş sıcaklığı 200 °C ve çıkış sıcaklığı ise 80 °C dir. Kullanılan enerji miktarı ise 7500 TOE/yıl olmaktadır [7].

3) Sıvı Karbondioksit ve Kuru Buz Üretimi:

Jeotermal akışkan içerisinde, çeşitli yoğuşmayan gazlar bulunmaktadır. Bu gazların en önemlisi CO₂'dir. Özellikle güç santrallerinin kondenserlerinde yoğuşmayan bu gazlar, kompresörler aracılığıyla çekilir ve başka bir tesise gönderilerek orada işlenir. İşlem sonucunda sıvı karbondioksit ya da kuru buz üretimi yapılır. Bu tip tesislerden birisi ülkemizde Kızıldere jeotermal güç santralinin yanında kurulu olan KARBOGAZ firmasına ait tesistir. Bu tesiste yılda 120000 ton sıvı CO₂ ve kurubuz üretimi yapılmaktadır [8].

Ülkemizde bulunan diğer bir tesis ise Ağrı-Diyadin'de kurulmuştur. Bu tesiste (AĞ-KAR) günde 100 ton sıvı CO₂ ve kurubuz üretimi yapılmaktadır. Ayrıca tesise entegre olarak preabite kalsiyum üretim tesisi (AĞ-KİM)'de kurulmuştur [9].

İtalya-Torre Alfina'da 1993 yılından beri çalışmakta olan bir tesiste, 140 °C sıcaklıkta sıvı ağırlıklı jeotermal akışkan kullanılarak yılda 32000 ton sıvı CO₂ üretilmektedir [7].

4) Heap Leaching (HL):

Altın üretiminde HL prosesi basit bir

prosestir ve klasik üretime göre birçok uygulamayı ortadan kaldırmaktadır. Proses, öğütülmüş maden cevherinin geçirimsiz bir yatağa konularak üzerine sulandırılmış sodyum siyanür solüsyonunun damlatılması ile uygulanır. Bu solüsyon ile, altın kayalardan süzülür. Altın yüklü solüsyon büyük bir plastik havuzda toplanır. Solüsyon daha sonra içindeki altının emilmesi için, içerisinde aktive edilmiş kömür bulunan tanka pompalanır. Bu prosesin sonunda bazı kimyasal işlemlerle saf altın üretilir. Benzer bir prosesle gümüş üretimi de gerçekleştirilir [4].

Siyanürlü solüsyonun jeotermal enerji ile ısıtılması kimyasal reaksiyonları hızlandırdığından altın üretimini artırır ve ısı, yıl boyunca üretimi mümkün kılar. Kimyasal reaksiyonların hızlanması ile altın ve gümüş üretimi %5-17 arasında artırılabilir. Bu yöntemle altın üretimi ABD-Nevada'da yapılmaktadır. Yıl boyunca üretim Nevada için önemlidir. Çünkü mevcut kış şartları, üretim için gerekli minimum dış sıcaklık olan 4 °C'yi sadece mart ayı ortalarından, ekim sonlarına kadar sağlayabilmektedir. Bu durum ekonomik kayıplara sebep olmaktadır [4].

Nevada'da iki maden, altın ve gümüş üretimindeki HL işlemi için jeotermal enerjiden yararlanmaktadır. Bu madenler eyaletin kuzeyinde bulunan Round Mountain Gold ve Florida Canyon madenleridir.

Round Mountain madenleri günde 95 tonluk cevher işlemektedir ve 2001

yılında 21000 kg' ın üzerinde altın üretilmiştir. Maden iki adet sığ kuyudan çıkan 82 °C de 69 L/sn deki jeoakışkanı kullanmaktadır. Jeotermal akışkan bir plakalı ısı değiştiriciden geçirilerek ısını siyanür solüsyonuna aktarır [4].

Florida Canyon madeninde günlük yaklaşık 13000 ton cevher işlenmektedir. Ortalama altın içeriği ton başına 0,7 g'dır ve günde yaklaşık 10 kg altın üretilir. 99 °C ve 23 L/s de üretilen jeoakışkan bir gövde borulu ısı değiştiricisinden geçirilerek siyanür solüsyonunu ısıtır.

Bu iki maden şu anda altın ve gümüşün düşük fiyatlarından ve yüksek işletme maliyetleri ile hükümet vergilerinden dolayı üretim yapmamaktadır [4].

5) Süt Pastörizasyonu:

Oregon-Klamath Falls'daki Mode-Bel mandrası süt pastörizasyonu için yaklaşık 50 yıldır jeotermal enerjiden yararlanmaktadır. 233 m'lik bir kuyu 6.3 L/s ve 87 °C'de jeotermal akışkan üretmekte ve akışkan üç bölmeli plakalı ısı değiştiricisine gelmektedir. Tesiste ayda 225 000 kg süt işlenmektedir. Tesisteki bazı ekipmanları çalıştırmak için bir miktar buhar gerekmektedir. Bunun için jeotermal su doğalgaz ile ısıtılarak gerekli sıcaklık elde edilir. Jeotermal sıcak su, dondurmanın pastörizasyonu ve diğer temizlik işlemleri için de kullanılmaktadır. Isı, dondurma karışımını 30 dk süreyle 63 °C de pastörize etmektedir. Sistemin yıllık işletme maliyeti ihmal edilebilecek seviyededir. Sadece 5 kW'lık pompa için

ayda 120 \$ harcanmaktadır. 800 mg/L sülfat sodyumlu sudan kaynaklanan boru korozyonu tek bakım problemidir. Bununla birlikte, konvansiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında ayda yaklaşık 1000 \$'lık tasarruf sağlamaktadır. Jeotermal sıcak su 2800 m³'lük binaların ısıtmasında da kullanılmaktadır. Yaklaşık olarak kullanılan enerji 1.0 GJ/h (0.3 MWt) ve yıllık kullanım 1.0 TJ dur [4].

SONUÇLAR

Düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklardan endüstriyel uygulamalarda yararlanma konusunda büyük bir potansiyel bulunmaktadır. Dünyada halen bu tip onlarca uygulama başarıyla yürütülmektedir. Ülkemiz zengin jeotermal kaynaklara sahip olmasına rağmen, jeotermal enerjiden endüstriyel amaçlı yararlanma konusunda çok az uygulama bulunmaktadır. Oysa bu potansiyelden yararlanılarak hem yeni iş sahaları açmak hem de mevcut enerji kaynaklarımızdan daha verimli yararlanmak olasıdır. Böylece fosil yakıt tüketimi azaltılarak döviz tasarrufu sağlanacak ve temiz enerji üretimi payımız artacaktır.

Özellikle Doğu ve Güney-Doğu Anadolu bölgelerinde bulunan düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklardan, endüstriyel amaçlı olarak yararlanmak hem bölge insanına hem de ülkemize büyük katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Lienau, P., (1995), "Industrial Applications", Geothermal Energy,

Editörler: Dickson, M., Fanelli, M., John Wiley and Sons, England, pp.169-205.

2. Ivanova, D., Andonov, K., (2001) "Analytical and experimental study of combined fruit and vegetable dryer", Energy Conversion and Management, Vol:42 pp.975-983.

3. Popovska, S., (?), "Application of Geothermal Energy in Food Industry", International Summer School on Direct Application of Geothermal Energy, pp.163-170.

4. Lund, J., (2003), "Examples of Industrial Uses of Geothermal Energy in The United States", Geo-Heat Center Bulletin, September 2003, pp.1-6.

5. Lund., J., Lienau, P., "Onion Dehydration" www.geoheat.oit.edu

6. Hirunlabh, J., Thiebrat, S., Khedari, J., (2004), "Chili and Garlic Drying by Using Waste Heat Recovery From A Geothermal Power Plant" , GHC Bulletin, September 2004, pp.25-27.

7. Carella, R., Sommaruga, C., "Spa and Industrial Uses of Geothermal Energy in Italia", Proceedings World Geothermal Congress 2000, May 28-June 10, 2000, Kyushu, Tohoku, Japan, pp.3391-3393.

8. Dağdaş, A., "Jeotermal Enerji Kaynaklarının Optimal Kullanım Modelinin Geliştirilmesi ve Yöresel Uygulaması", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, 2004.

9. Diyardin Belediyesi İnternet Sitesi (2005),<http://diyardinbelediyesi.sitemynet.com/jeotermal.html>