

KANALDA TERMAL ENERJİ DEPOLAMA İLE TEMİZ SOĞUTMA

Derya DİKİCİ¹, Halime PAKSOY²

Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Kimya Bölümü
01330 ADANA

ddikici@mail.cu.edu.tr ; hopaksoy@mail.cu.edu.tr

Özet

Günümüzde yeraltında Termal Enerji Depolama (TED) tekniklerinden biri olan kanalda TED sistemi dünyada pek çok ülkede soğutma amaçlı uygulanmaktadır. Türkiye’de şimdiye dek soğutma amaçlı yeraltında kanalda TED uygulaması yapılmamıştır. Bu çalışmada kanalda TED ‘in soğutma amaçlı nasıl yapılabileceği İsveç’de yapılan uygulamayla anlatılacak ve sonuçları verilecektir. Kanalda TED’in aslında ılıman bir iklimi olan Adana içinde mümkün olabileceği sıcaklık verileri analizi ile anlatılacaktır. Bunun için Derece Gün Metodu (DD) kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kanalda TED, Derece-Gün (DD), Temiz Soğutma Sistemleri

Abstract

Borehole Thermal Energy Storage (BTES) system which is one of the Underground Thermal Energy Storage (UTES) techniques has been applied for cooling purposes in many countries in the world. There are no applications of BTES so far in Turkey for cooling. This paper aims to explain how BTES is applied in cooling based on the results of project which was realized in Sweden. BTES application potential in Turkey will be explained by analysing temperature data. Degree Days Method (DD) will be used for that purpose.

Key Words: BTES, Degree Days (DD), Clean Cooling Systems

1. GİRİŞ

Giderek artan enerji sorununa alternatif bir çözüm getiren yeraltında TED teknikleri uzun (mevsimlik), kısa süreli (gece/gündüz) ve ısıtma, soğutma amaçlı kullanılabilirler. Yeraltında TED tekniklerinden biri olan kanalda TED tekniği pek çok ülkedeki uygulamalarıyla ekonomik ticari olarak kanıtlanmıştır [1;2]. Konut, sanayi, tarım sektöründe uygulanabilen kanalda TED tekniği elektrik enerjisi ve kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtlardan tasarruf sağlayarak enerji verimliliğini artırmaktadır. Soğutma ihtiyacını daha

temiz ve verimli karşılayabildiklerinden, yeraltında TED uygulamaları dünyada hızla önem kazanmaktadır.

Ülkemizde floroklorokarbon gazlarını kullanan, elektrik enerjisiyle çalışan soğutma grupları yaygın olarak hala kullanılmaktadır. Montreal protokolüne göre bu sistemlerin değiştirilmesi gerekmektedir. 2000'li yıllarda daha temiz, ucuz ve kendi öz kaynaklarımızdan güvenilir TED ile soğutma sistemlerinin ülkemizde de kullanılmaya başlanabilir. İsveç'te kanallarda depolama sistemleri farklı sektörlerde başarıyla uygulanmaktadır [3;4]. Telekomünikasyon istasyonları için ilave bir soğutma ünitesi olmadan, soğuk havayı kaynak olarak kullanan kanalda TED uygulanmaktadır. İsveç'te bu uygulama 30 ayrı noktada yapılmaktadır [5]. TED'in sağladığı enerji tasarrufu çevre kirletici emisyonları da azaltmaktadır. Dünya'daki en büyük kanal depolama sistemlerinden biri olan 5,6 MW toplam soğutma kapasitesi ile ABD'de Richard Stockton College'da yapılmıştır [6]. Burada sağlanan enerji tasarrufunun karşılığı olarak emisyonlardaki yıllık azalmanın CO₂ için 459 , NO_x için 186 ve SO₂ için 3395 otomobilin yarattığı emisyonu eşdeğer olduğu hesaplanmıştır [7].

İklim ve jeolojiye bağlı olmaması ise bu sistemin farklı bölgelerde uygulanmasını sağlar. Geliştirilmeleri ve daha verimli kullanılmalarıyla ilgili araştırmalar halen sürmektedir. İsveç'te değişik bir çalışma olan kanalda düşük sıcaklıkta (< 0 °C) TED uygulanmıştır [8].

Bu çalışmada ise İsveç'te Lulea Teknik Üniversitesi'nde uygulanan düşük sıcaklıkta (< 0 °C) kanalda TED çalışması ve sonuçlarından bahsedilecektir. Ayrıca teorik olarak soğuk depolama potansiyeli sıcaklık verileri analizleriyle hem Adana hem İsveç'teki Lulea şehri için verilecektir. Böylece iki farklı iklimdeki bölgeler için de soğuk depolama potansiyeli karşılaştırılacaktır.

2. LULEA 'daki KANALDA SOĞUTMA AMAÇLI UYGULAMA

2.1. SİSTEM TASARIMI

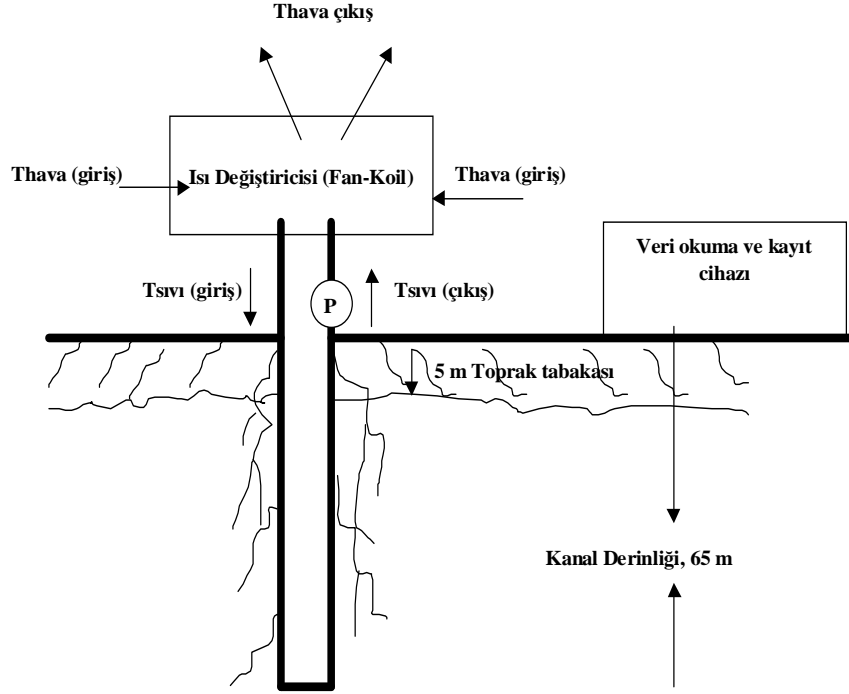
Şekil 1'de şematik olarak gösterilen TED sistemi Lulea Teknik Üniversitesi'nin (LTU) park yerinin altındaki hacmi depo olarak kullanmaktadır. 0.152 m çapında ve 65 m derinliğinde yeraltında açılan kanala plastik bir U boru (PN32 DN6) yerleştirilmiştir. U boru 32 mm çapında ve 2 mm duvar kalınlığındadır. Kayaç yapısı metamorfik olup; termal iletkenliği 3.42 W/m.K ve termal kapasitesi 2.28 MJ/m³.K 'dir. Kayaç yapısı 5 m derinliğinde alüvyon toprak ile örtülüdür. Yeraltı suyu seviyesi yüzeyden 1-4 m sonra başlamaktadır. Genelde kanalda TED

uygulamalarında ısı taşıyıcı akışkan olarak su kullanılmasına rağmen bu uygulamada 0 °C 'nin altına inileceğinden donma noktası – 15 °C olan %30 'luk etilen-glikol, 0.71 l/s akış hızında kullanılmıştır. Soğutma kaynağı olarak kış mevsimi ortam havası kullanılmıştır. Isı değiştiricisi olarak ve bu uygulama için tasarlanan bir fan-koil kullanılmıştır. Bu uygulama için tasarlanan bir fan-koil ısı değiştiricisi olarak kullanılmıştır. Kış ortam havası ve etilen-glikol karışımı arasındaki ısı transferi fan-koil ile gerçekleştirilmiştir. Isı değiştiricisinde kullanılan fan 1.3.m³ /s hava akış hızıyla ve yaklaşık 10kW'lik güçle çalışır. Sıvı akış hızı için akış ölçer (Valmet:No:76734, 4K10) kullanılmıştır. Isı taşıyıcı sıvıyı yeraltındaki U boruda dolaştırmak için kullanılan pompa 1050 W güçle, en fazla 50 l/dak akış hızı gerçekleştirir.

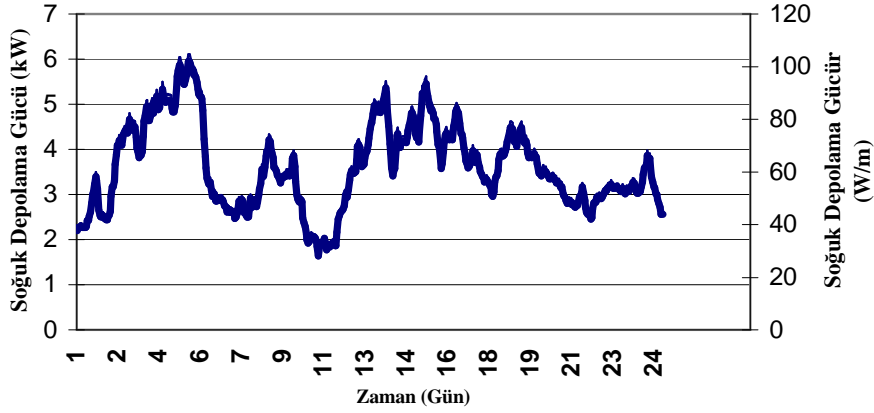
2.2. Uygulama

Sistem kapalı bir döngü şeklinde 16 Ocak – 31 Mart arasında çalıştırılmıştır. Yeraltından pompa ile çekilen sıvı, ısı değiştiricisinde kışın soğuk havası ile karşılaştırılır. Böylelikle soğuyan sıvı tekrar U boruda dolaştırılmak üzere yeraltına pompalanır. Sistem kontrolü dış ortam havası ile U boruda dolaşan sıvının yeraltından çıkış sıcaklığı karşılaştırılarak yapılmıştır. Bunun için termostat kullanılmıştır. Bu kontrol yeraltını ısıtmaya engel olmak için yapılır. Çünkü ancak dış ortam havasının sıcaklığı depo sıcaklığından düşük olduğunda yeraltına soğuk depolanabilir. Dış ortam sıcaklığı yer altı depo sıcaklığından yüksek olduğunda, fan otomatik olarak durdurulmuştur. Dış ortam havasından soğukluğun çekilerek yeraltına yollanması; sıvının depoya giriş ve çıkış sıcaklıkları ve dış ortam hava sıcaklığının sürekli ölçümüyle gözlemlenmiştir. Bunun için bir data-logger yardımıyla sıcaklıklar 10 s'de bir ölçülüp saatlik ortalamaları bilgisayara kaydedilmiştir.

Ölçümler süresince en düşük hava sıcaklığı -27 °C , ortalama sıcaklık ise -14 °C olmuştur. Depo sıcaklığı ise yaklaşık olarak bu periyodun yarı süresince sıfırın altında olup, sıvı sıcaklığıysa sıfır dolaylarında olmuştur. Soğuk depolama kapasitesi 2-6 kW (35-100 W/m) olarak değişmiştir. 16 Ocak- 31 Mart arasındaki toplam depolanan soğuk ya da yeraltından çekilen eşdeğer enerji 5325.58 kWh 'dir. Şekil 2. 'de soğuk depolama kapasitesi kW ve W/m birimleriyle verilmiştir.



Şekil 1. Lulea Teknik Üniversitesi'ndeki kanalda TED uygulaması.



Şekil 2. Soğuk depolama kapasitesi.

3. DD METODUYLA SOĞUK DEPOLAMA POTANSİYELİ

3.1. DERECE GÜN YÖNTEMİ (DD)

Bu yöntem ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanmasında genel olarak kullanılır. Belli bir zaman dilimindeki sıcaklık değişiminin etkisini gösterir [9;10;11]. Burada DDM yöntemi soğuk depolama potansiyelini belirlemek için uyarlanacaktır. Aşağıdaki genel eşitlik bu

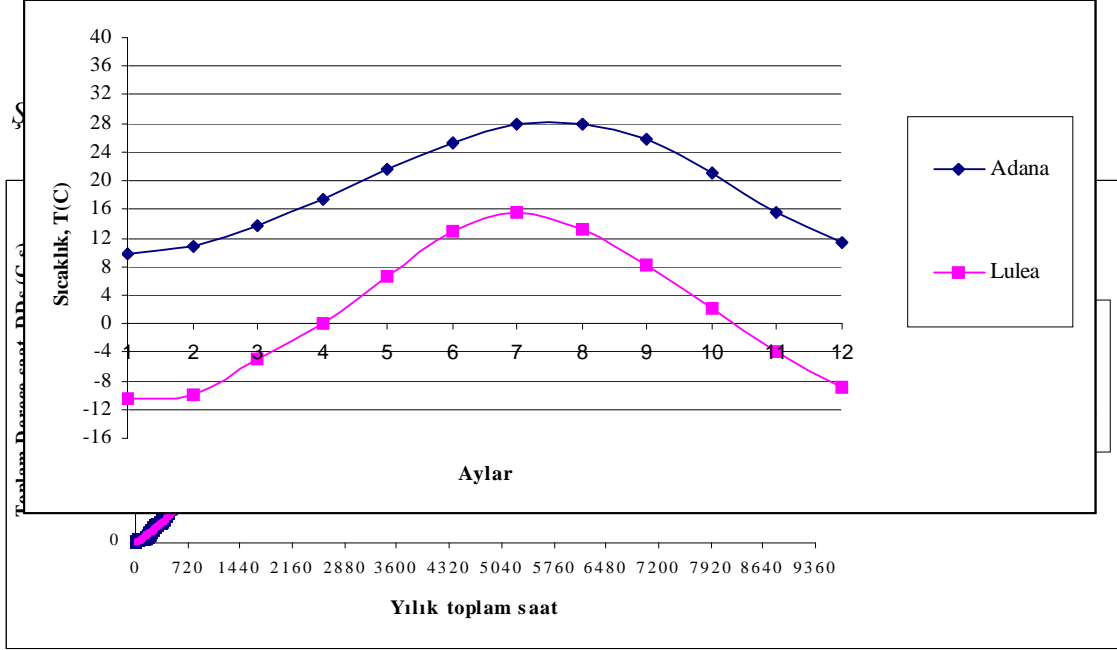
yöntemde hesaplamalarda kullanılmaktadır. Yöntemin kullanılması sırasında amaca yönelik referans bir sıcaklık belirlenir. Bu sıcaklığın altında ya da üstündeki sıcaklık farklarının toplamı belli bir zaman dilimi için potansiyel göstergesidir. Isıtma derece gün (HDD) ya da soğutma derece gün (CDD) olarak çoğunlukla kullanılır. Isıtma derece gün , kışın ısıtma ihtiyacı olduğunda hesaplanır. Buna göre ısınmak için konfor sıcaklığı referans sıcaklık olarak alınır. Bu sıcaklığın altındaki dış ortam sıcaklığındaki her bir gün; bir derece gün olarak hesaplanır. Aynı şekilde soğutma yükü hesabı sırasında konfor sıcaklığının üstündeki sıcaklıktaki her bir gün; bir soğutma derece gün olarak kabul edilir (DD). Her iki durumda da DD=0 alınabilir. Metodun orijinal kullanımında günlük ortalama sıcaklık kullanıldığı halde soğuk depolama potansiyeli hesabında saatlik sıcaklık verilerinin kullanılması daha uygundur [13]. Çünkü; günlük ortalama sıcaklıklar bazen referans sıcaklığının üstünde olduğu halde saatlik sıcaklıklar referans sıcaklığının altında olabilir. Bu da saatlik soğuk depolama potansiyeli demektir.

$$DD = \sum_{1}^N (T_m - T_b) \quad (1)$$

T_m (C) : saatlik dış ortam sıcaklığı ; T_b (C) : amaca yönelik referans sıcaklık; N: gün sayısı
 T_b ısıtma ve soğutma uygulamalarında iç ortam konfor sıcaklığı olarak alınır. Termal enerji depolamayla soğutma potansiyelinin belirlenmesinde ise yer altı sıcaklığı eşik sıcaklık olarak alınabilir. Isıtma ve soğutma derece günleri için kabuller şöyledir; HDD= $T_b - T_m$ $T_m < T_b$; HDD=0 $T_m > T_b$; CDD= $T_m - T_b$ $T_m > T_b$ ve CDD=0 $T_m < T_b$.

3.2. LULEA /ADANA İÇİN HESAPLAMALAR

Lulea ve Adana için aylık ortalama sıcaklık eğrileri Şekil 3'de verilmiştir. Yıl içindeki saatlik sıcaklık verileri düzenli bir şekilde bulmak oldukça zordur. METEONORM 4.0 isminde bir sıcaklık veri tabanı programıyla dünyadaki 2409 istasyon için çeşitli iklim verileri elde etmek mümkündür [13]. Bu programa göre Adana ve Lulea için yıllık sıcaklık ortalamaları 19 °C ve 1.7°C 'dir. Soğuk depolama için her iki şehir içinde toprak-altı eşik sıcaklığı DD hesaplarındaki referans sıcaklık, T_b olarak alınacaktır. Kış ortam havası kullanılarak yeraltına soğuk depolama yapabilmek için hava sıcaklığının toprak-altı eşik sıcaklığının altında olduğu saatler önemlidir. Ancak bu saatlerde yeraltına soğuk depolama yapılabilir. Toprak-altı eşik sıcaklığı normalde, yıllık ortalama sıcaklık $\pm 1^\circ\text{C}$ olarak hesaplanır. Bu hesaplamalarda ise referans sıcaklığı olarak METEONORM programından her iki şehir için hesaplanan yıllık ortalama sıcaklıklar Lulea için 1.7 °C, Adana için 19 °C kullanılacaktır.



Şekil 4. Adana ve Lulea için yıllık toplam soğutma derece saatler.

Buna göre bir yılda referans sıcaklıkların altındaki toplam saat sayısı Lulea için 4148 Adana için 4477 saattir. Yine başka bir hesaplama da her iki şehir için toplam derece saatleri DDs ($^{\circ}\text{C}, \text{s}$) belirlemektedir (Şekil 4). Bu değerler ise Adana için 28958 $^{\circ}\text{C}, \text{s}$ Lulea içinse 40062 $^{\circ}\text{C}, \text{s}$ 'dir. Şekil 4'deki her bir 720 saat bir aya karşılık gelmektedir.

4. SONUÇLAR

LTU'daki kanalda TED uygulamasında büyük bir teknik sorunla karşılaşılmamıştır. Yaklaşık 2.5 aylık (16 Ocak-31 Mart) depolama süresince 5325.58 kWh 'lık soğuk depolama gerçekleştirilmiştir. Bu sayede düşük sıcaklıkta kanalda TED'in mümkün olduğu gösterilmiştir.

Farklı iklimleri temsil eden Adana/Türkiye ve Lulea/İsveç illeri için soğuk depolama potansiyelleri DD yöntemi kullanılarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Özellikle sıcak bir şehir olan Adana için böyle bir potansiyel olduğu gösterilmiştir. Soğuk depolama için referans sıcaklığı her iki şehir için ortalama yıllık sıcaklık olarak alınmıştır. Fakat yeraltında kanalda TED uygulanırken depo sıcaklığı yeraltından ısı çekildikçe düşer. Yani sabit kalmayacaktır. Dolayısıyla bu hesapların daha sağlıklı yapılabilmesi için; referans sıcaklığını zamanla değişen depo sıcaklığına bağlayan bir fonksiyon geliştirilerek durum analitik olarak

çözümlemelidir. Depolama sonunda Soğuk Depolama Potansiyeli ve DD hesabı sonuçları arasında bir korelasyon oluşturulmalıdır. Kanalda TED uygulaması Adana için de yapılarak DD metoduyla elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlarla desteklenmelidir. Bu amaçla Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'ndeki bir lâboratuvarın kanalda TED sistemi kullanılarak soğutulması tasarlanmaktadır. Sistemin tasarlanması uygun jeolojik verileri toplayıp simulasyon programları kullanılarak yapılacaktır. Soğuk kaynağı olarak Lulea'daki çalışmada olduğu gibi kış ortam havası kullanılacaktır. Ayrıca Laboratuvarın hemen arkasında olan Seyhan Gölü'ndende soğuk kaynağı olarak yararlanılması tasarlanmaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. Bakema, G., Snijders, A.L. and Nordell, B., (1995). "Underground Thermal Energy Storage-State of the Art Report 1994, Arnhen, The Netherlands, 83 p.
2. Dirven, P. And Bakema,G., (1997). Rapid Introduction of ATEs into Flanders (Belgium) through Exchange of Experience and Expertise with the Netherlands, Proc. Of MEGASTOCK'97 7TH International Conference on Thermal Energy Storage, Vol.2, pp.907-912.
3. Nordell, B., (1990). "A borehole Heat Store in Rock at the University of Lulea" SCBR D12: 1990 , Stockholm.
4. Hellström, G., Gehlin, S., (1997). "Direct Cooling of Telephone Switching Stations Using A Borehole Heat Exchangers", " TERRASTOCK 2000, 8th International Conference on Thermal Energy Storage, Vol.1., pp. 183-187.
5. Paksoy H.Ö., Hellström , G., Enlund, S., (2000) " Direct Cooling of Telephone Switching Exchanges Using Borehole Heat Exchangers in Different Climates". TERRASTOCK 2000, 8th International Conference on Thermal Energy Storage, Vol. 1., pp. 509-514
6. Stiles,L.F.,(1996). "BTESS: Projects in the United States. Proc.of Underground Thermal Energy Storage Seminar". Dartmouth, Nova Scotia, Canada, June 17, 74-84.
7. Sanner, B., Stiles, L., (1997) . "Status of Seasonal Cold Storage in Ground Source Heat Pump". Proc. of MEGASTOCK'97 7TH International Conference on Thermal Energy Storage, Vol.1. pp.13-19.

8. Nordell,B., Dikici, D., (1998). “Winter Air as a Source for Cold Storage Injection Underground Thermal Storage and Utilization”. A Peer Review International Journal on Energy Conservation . Vol.1Stockton College,N.J.,USA.
9. Erbs., D.G., Klein , S.A., and Beckman,W.A., (1984) Solar Air Heating and Cooling Degree Days, Solar Enrgy Vol.33.No.6 pp.605-612.
10. Shaarawi, E., Masri, N.A., (1990). “Weather Data and Heating Degree Days for Saudi Arabia”. M.A.I. Energy Vol.21, No.1. pp.39-44, 1996
11. Gültekin.M.L.,(1997). “Isıtma derece Günler ve Türkiye Genelinde Dağılımı., II.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu., ITU Meteoroloji Müh. Bölümü, İstanbul, TURKEY”.
12. Dikici, D., Nordell,B., Paksoy, H., “Cold Extraction from Winter Air in Different Climates for Seasonal Storage” TERRASTOCK 2000, 8th International Conference on Thermal Energy Storage, Vol.2., pp. 515-520.
13. www.meteotest.ch/products/meteonorm