

Saygın Kaynaklardan **Britannica Eklmeleriyle** YZ Destekli Bir Araştırma

Taş, Toprak ve Kumda Isı Depolamanın Tarihsel Gelişimi

Antik Uygulamalardan, Bugünkü Kum Bataryasına

Hazırlayan: Yüksel Atakan ybatakan4@gmail.com 12.10.2026

1. Giriş

“Kum bataryası” adı yeni olsa da taş, toprak ve kum’da ısıyı tutma özelliğinden yararlanmak insanlık tarihi kadar eskidir. Günümüzde bu ad, yaz aylarındaki aşırı Güneş elektriğinin dirençlerle/rezistanslarla ısıya çevrilip kum veya benzeri bir katı ortamda depolanmasını betimler. Bu yazımız, söz konusu tekniğin kökenlerini farklı toplumların ve buluş yapanların katkıları üzerinden izlemekte, antik ısıtma sistemlerinden 20. yüzyıl Güneş mimarisine ve Finlandiyalı Polar Night Energy’nin ticari uygulamalarına uzanan çizgiyi kaynaklarıyla ortaya koymaktadır. Yazımızda “kum bataryası” teriminin doğrudan öncülü olan tek bir buluş değil, aynı fizik ilkesini kullanan birbirinden bağımsız gelenekler bulunduğu anlatılmaktadır.



Isıtma, Encyclopaedia Britannica’da kapalı bir mekânın sıcaklığını esas olarak kullanıcıların konforu için yükseltme süreci ve sistemi olarak tanımlanır; aynı madde, iç mekânı ısıtmanın bilinen en eski yönteminin açık ateş olduğunu belirtir (Encyclopaedia Britannica, t.y.-b). Bu yazımızda ele alınan taş, toprak ve kum gibi katı maddeler ise ateşin veya güneşin ürettiği ısıyı doğrudan kullanmak yerine önce maddenin içinde tutan / biriktiren ve sonradan geri veren ortamlardır.

2. Kavramsal Çerçeve: Duyulur/Hissedilir Isı Depolama

Isı depolama yöntemleri genel olarak duyulur (hissedilir), gizli (faz değişimi) ve termokimyasal olmak üzere üçe ayrılıyor (Hasnain, 1998; Sharma vd., 2009). Kum, taş ve çakıl gibi malzemeler duyulur ısı depolamaya girer: malzeme ısıtıldıkça sıcaklığı yükselir ve enerji bu sıcaklık farkı olarak saklanır. Bu yöntemin üstünlüğü malzemenin ucuz, bol ve zararsız olması,

yüksek sıcaklıklara dayanabilmesidir. Zayıf yönü ise birim kütle başına depolanan enerjinin faz değiştiren malzemelere göre düşük olması ve ısının zamanla yalıtım kayıplarıyla azalmasıdır (Dinçer ve Rosen, 2011; Gil vd., 2010).

Duyulur ısı depolamanın temelindeki nicelik özgül ısıdır. Encyclopaedia Britannica'ya göre özgül ısı, bir maddenin bir gramının sıcaklığını bir Celsius derece artırmak için gereken ısı miktarıdır; suyun özgül ısısı gram ve derece başına 1 kalori (4,186 joule) kadardır. Kavram, 18. yüzyılda İskoç bilim insanı Joseph Black'in eşit kütleli farklı maddelerin aynı sıcaklık aralığına çıkmak için farklı miktarlarda ısıya gereksinim duyduğunu fark etmesiyle ortaya konmuştur (Encyclopaedia Britannica, t.y.-g). Dolayısıyla bir depolama ortamının kütlesi kadar özgül ısısı da, sıcaklık yükselirken ne kadar enerji biriktirebileceğini belirler.

3. Antik ve Geleneksel Toplamlar

3.1. Roma: Hypocaust sistemleri

Roma dünyasında zemin altından sıcak havanın dolaştırıldığı hypocaust sistemi, ısı kütlesi mantığının en bilinen antik örneğidir. Plinius, yerden ısıtmalı “asma hamamların” (*balneae pensiles*) M.Ö. 1. yüzyılda Sergius Orata ile ilişkilendirildiğini aktarır (Plinius, *Naturalis Historia*, IX.168). Vitruvius ise hamam yapımında ısıtılan zemin ve odaların nasıl düzenlenmesi gerektiğini anlatır (Vitruvius, *De Architectura*, V.10). Bu sistemlerde sıcak gaz, tuğla ayaklar üzerindeki boşlukta dolaşır; ısınan taş ve kil kütle ısıyı uzun süre geri verirdi. Roma hamamlarının mimarisi ve işleyişi Anadolu'daki örneklerle (Sardes, Efes) birlikte Yegül (1992) tarafından ayrıntılı biçimde incelenmiştir. **Burada depolayıcı ortam kum değil, tuğla ve harçtır; ancak “ısıyı bir küttelede biriktirip yavaş bırakma” ilkesi aynıdır.**

Encyclopaedia Britannica, hypocaustu, altındaki bir ocak veya fırının gazlarıyla ısıtılan ve sıcak havanın üstteki odayı ısıtmasına olanak veren zemin altı boşluğu olarak tanımlar. Bu ısıtma biçimi Romalılar tarafından geliştirilmiştir; yalnızca hamamların sıcak odalarında değil, kuzey eyaletlerindeki özel konutlarda da neredeyse her yerde kullanılmıştır. Almanya ve İngiltere'deki Roma yerleşimlerinde villa ve ev temellerinde çok sayıda örneği bulunur. Maddede aktarılan tipik yapıda alt yüzey, beton yatağa sürekli döşenmiş bir kiremit tabakasıdır; boşluğu taşıyan ayaklar yaklaşık 20 cm (8 inç) kare kesitlidir ve yaklaşık 2 ft aralıklarla dizilir. Üstteki döşeme beton ya da beton yatağı taşıyan büyük kare kiremitlerden yapılır, nihai yüzeyi ise mermer veya mozaik *tessera* oluşturur. Sıcak hava ve duman çoğunlukla odanın duvarındaki tek bir dikey bacadan dışarı çıkar; daha fazla ısı istenen yerlerde yan duvarlarda birden çok baca yer alır ve bunlar kimi zaman odanın çevresini saran, bitişik dizilmiş içi boş dikdörtgen kiremitlerden oluşur (Encyclopaedia Britannica, t.y.-c).

Roma hamamlarının bütününde de aynı mantık görülür. Encyclopaedia Britannica'ya göre *thermae*, halka açık yıkanma, dinlenme ve toplumsal etkinlik için tasarlanmış, Romalılarca yüksek bir olgunluğa ulaştırılmış oda kompleksleridir; standartlaşmış mimari tip ise Titus (MS 81), Domitianus (95), Traianus (yaklaşık 100), Caracalla (217) ve Diocletianus hamamları gibi imparatorluk dönemi yapılarıyla oluşmuştur. Ana blokta *frigidarium*, *caldarium* ve *tepidarium* adlı üç büyük yıkanma odası bulunur; banyo yapan kişi sıcak odadan ılık odaya, oradan da çoğunlukla havuzlu olan soğuk odaya geçer. Bütün hamam türlerinin ortak özelliği, sıcak bölümlerin ve bazen *tepidariumun*, zemin altındaki bir ateşten gelen duman ve ısıtılmış havanın içi boş duvarlardan dolaştırılmasıyla ısıtılmasıdır (Encyclopaedia Britannica, t.y.-h). Britannica'nın ısıtma maddesi ise merkezi ısıtmanın antik Yunan'da icat edilmiş görüldüğünü, ancak Romalıların hypocaust sistemiyle antik dünyanın en usta ısıtma mühendisleri hâline geldiğini belirtir; sistem Roma

İmparatorluğu'nun gerilemesiyle ortadan kalkmış, merkezi ısıtma yaklaşık 1500 yıl sonra yeniden kullanılmaya başlanmıştır (Encyclopaedia Britannica, t.y.-b).

3.2. Kuzey Çin, Kore ve Rus Uzak Doğusu: Kang ve ondol

İnsanlık tarihinin en eski yerden ısıtma geleneklerinden biri Kuzeydoğu Asya'da gelişmiştir. Çin'de *kang*, Kore'de *ondol* (*gudeul*) olarak anılan sistemde küçük bir ocağın dumanı, yatay bir kanaldan geçerek kalın taş veya kil bir zemini altından ısıtır. Bu sistemler, ısıtılmış kil zeminin ateş söndükten sonra da ısı verdiği daha eski “pişmiş toprak” uygulamalarından geliştiği ve yaklaşık 3000–4000 yıllık bir geçmişe sahip olduğu belirtilir (Kim ve Olesen, 2010). Kore'de ilk yazılı kayıtlar, Goguryeo ile Çin sınırındaki bir tapınağın ondolunu anlatan Çin coğrafya yapıtı *Shuijing zhu* ile ilişkilendirilmektedir (International Journal of Ondol, 2009). Goguryeo döneminde (M.Ö. 37–M.S. 668) “L” biçimli, kısmi ısıtmalı ondol yaygındı; sistem Choson dönemine kadar tüm yarımadaya yayıldı (International Journal of Ondol, 2009; Kim ve Olesen, 2010). Ondol, mühendislik açısından bir “ısı bataryası” sayılabilir: kısa süreli yakılan odunun enerjisi kütlede saklanır ve saatlerce yaşam alanına aktarılır.

Encyclopaedia Britannica'da kang veya ondol için ayrı bir madde bulunamamıştır; bu nedenle bu alt bölümde Britannica yalnızca karşılaştırma ve bağlam için kullanılmıştır. Britannica'nın ısıtma maddesi, Yunan ve Romalılar dışındaki kültürlerin çoğunun doğrudan ısıtma yöntemlerine dayandığını belirtir (Encyclopaedia Britannica, t.y.-b); yukarıda anlatılan Kuzeydoğu Asya gelenekleri ise ısıyı önce kütlede biriktiren dolaylı sistemler olduğundan bu genellemenin dışında kalan örnekler olarak okunmalıdır. Aynı ansiklopedi, günümüzün ışınlı (radyant) ısıtmasını, ısıtma ısıtılmış bir yüzeyden ışınlı iletildiği sistemler olarak tanımlar; bu sistemlerde sıcak su boruları, sıcak hava kanalları veya elektrik dirençleri zemine, tavana ya da duvara gömülür. Panel ısıtmada tüm bir zemin veya tavan orta derecede ılık bir ısıyıcı yüzey olarak kullanılır ve odada görünür bir ısıtıcı bulunmaz (Encyclopaedia Britannica, t.y.-b, t.y.-e). Kang ve ondolun ısıyı geniş bir zemin yüzeyinden vermesi bu yaklaşımla ilke bakımından benzerlik taşır; ancak bu karşılaştırma Britannica'nın değil, bu yazımızın yorumudur.

3.3. Orta Doğu ve Anadolu: Kerpiç kütle ve geleneksel kum kullanımı

İran'ın sıcak ve kuru bölgelerinde kalın kerpiç duvarlar, gündüz depoladıkları ısıyı geceye aktaran ve rüzgâr kuleleriyle birlikte çalışan pasif sistemlerin parçasıdır (Bahadori, 1978). Anadolu ve Orta Doğu'da kalın kerpiç ve taş duvarlar da aynı biçimde gündüz–gece sıcaklık farkını dengeler. Sıcak kumda kahve pişirme ve kızgın kumda yiyecek kavurma gibi yaygın gündelik uygulamalar kumun ısıyı homojen ve uzun süre taşıdığını gösteren halk bilgisi örnekleridir; dökümhane ve cam ustalığında kumun ısıya dayanıklı malzeme olarak kullanılması da aynı özelliğe dayanır. Bu geleneksel uygulamalar için tarihlenebilir akademik kaynak bulunamamış, yalnızca yöresel pratik olarak ele alınmıştır.

Encyclopaedia Britannica, adobeyi güneşte kurutulmuş tuğla yapımında kullanılan ağır bir kil toprağı olarak tanımlar. Kurak ve yarı kurak iklimlerde toprakla yapı yapma geleneği binlerce yıl geriye gider; bunun nedenleri arasında odunun az bulunması, yapım kolaylığı ve malzemenin hem sığa hem soğuğa karşı yalıtım değeri sayılır. Güneşte kurutulmuş tuğlalar Eski Dünya'da Akdeniz'in doğusundaki kurak bölgelerde, Kuzey Afrika'da ve güney İspanya'da görülür. Tuğlalar, kil toprağın su ve az miktarda saman ya da başka lifli malzemeyle karıştırılıp basit kalıplarda biçimlendirilmesiyle yapılır; uygun yapım ve bakımla bir adobe duvar yüzyıllarca ayakta kalabilir (Encyclopaedia Britannica, t.y.-a).

4. Modern Öncesi ve Erken Modern Dönem: Güneş Mimarisinde Isı Kütlesi

19. yüzyılın sonunda Amerikalı Edward S. Morse, güneş ışığıyla ısınan koyu renkli, delikli bir duvar için patent aldı (ABD Patenti 246.626, 1881). Bu fikir, 1960’larda Fransız araştırmacılar Félix Trombe ve Jacques Michel’in geliştirdiği ve Odeillo’da uyguladığı “Trombe duvarı”nın öncüsü kabul edilir. Güneş mimarisinin 2500 yıllık gelişimini inceleyen Butti ve Perlin (1980), Yunan ve Roma uygulamalarından 20. yüzyıl deneysel evlerine kadar uzanan çizgide kütle ile ısı depolamanın sürekli bir tema olduğunu gösterir.

Encyclopaedia Britannica güneşle ısıtmayı pasif ve aktif olmak üzere ikiye ayırır. Pasif ısıtma mimari tasarıma dayanır: yapının konumu, taşıyıcı sistemi ve malzemeleri, üzerine düşen güneş ışığının ısıtma etkisini artıracak biçimde kullanılır ve böylece yakıt gereksinimi azaltılır, hatta ortadan kaldırılabilir. İyi yalıtılmış, güneşe bakan geniş bir cam yüzeyi güneşli günlerde ısıyı hapseder; içeri giren ışık havayı ve odalardaki katı yüzeyleri ısıtır, bu sıcaklık doğal konveksiyonla binanın diğer odalarına taşınır. Tuğla veya karo gibi iç kaplamalar, güneş ışığını emip ısıyı geceleyin yeniden yaydıkları için bu amaçla sıkça kullanılır. Aktif ısıtmada ise güneş enerjisini toplamak, depolamak ve dağıtmak için mekanik araçlar devreye girer: toplayıcıdaki ısı bir taşıyıcı akışkana (çoğunlukla bir sıvıya) aktarılır ve yalıtımlı bir depo tankına pompalanır. Tank, güneşli dönemde ısıtılan suyun geceleyin veya bulutlu günlerde kullanılmasına olanak verir; düz plaka toplayıcı konut sistemleri taşıyıcı akışkanı genellikle 66–93 °C (150–200 °F) arasına ısıtır (Encyclopaedia Britannica, t.y.-f). Morse’un delikli duvarı ile sonraki Trombe duvarı, ısıyı kütlenin kendisinde depoladıkları için bu sınıflandırmada pasif sistemler arasında düşünülebilir; bu eşleştirme yazımızın yorumudur.

5. 20. Yüzyıl: Bilimsel Temel ve Deneysel Sistemler

Enerji krizleri ve güneş enerjisine ilginin artması, katı malzemelerle depolamayı ölçülebilir bir mühendislik konusu haline getirdi. Hottel ve Woertz (1942), düz plaka güneş toplayıcılarının başarımını inceleyerek güneş ısıtmasının temelini attı; MIT’deki Hottel’in deneysel evleri depolama için ağırlıklı olarak su kullanıyordu. Macar kökenli Mária Telkes’in 1948 tarihli Dover Sun House projesi ise Glauber tuzu gibi faz değiştiren malzemelere dayanıyordu (Butti ve Perlin, 1980); yani aynı dönemde duyulur ve gizli ısı depolama yolları paralel olarak denendi. Katı yataklar bakımından önemli bir dönüm noktası, George Löf ve Hawley’in (1948) hava ile gevşek katı parçacıklar arasındaki ısı transferini inceleyen çalışmasıdır. Bu çalışma, çakıl ve taş yatakları içinden hava geçirerek ısı depolayan sistemlerin tasarım temelini oluşturdu; paket yatak depolama sonraki dönemde güneş enerjisi ders kitaplarında standart bir yöntem olarak yer aldı (Duffie ve Beckman, 2013).

Yazımızda anılan Mária Telkes, Encyclopaedia Britannica’da konutlar için tasarlanmış ilk güneş enerjili ısıtma sisteminin ve güneş damıtıcısının mucidi olarak tanıtılan, Macar doğumlu Amerikalı bir fizikokimyacı ve biyofizikçidir; Telkes ayrıca güneş ışığından yakalanan enerjiyi depolayabilen başka aygıtlar da geliştirmiştir (Encyclopaedia Britannica, t.y.-d).

Sezonluk depolamada ise toprak ve kaya kütlesi kullanıldı. Kanada’daki Drake Landing Güneş Topluluğu’nda (2007) yazın toplanan güneş ısısı, sondaj kuyularıyla toprağa depolanıp kışın bölgesel ısıtmada kullanılmış, beş yıllık işletme sonunda yüksek güneş payı elde edilmiştir (Sibbitt vd., 2012). Sezonluk depolama teknolojilerine ilişkin derlemeler (Hesarakı vd., 2015) bu yaklaşımın

ısı pompalarıyla birlikte etkili olduğunu vurgular. Yöntem sade ve ucuz olmasına rağmen, fosil yakıtlar ve elektrik şebekesi yaygın olduğu için uzun süre ikinci planda kalmıştır.

6. Günümüz: Polar Night Energy ve Ticari Kum Bataryası

Yenilenebilir enerjinin dalgalı üretimi, depolamayı yeniden gündeme getirmiştir. **Finlandiyalı Polar Night Energy, fazla rüzgâr ve güneş elektriğini dirençlerle ısıya çevirip ısıtılan havayı kum veya benzeri bir katı ortamdan geçiren sistemi ticarileştirmiştir.** Şirketin kurucu ortaklarından Tommi Eronen genel müdür olarak görev yapmaktadır. Burada önemli bir ayrım vardır: **Fin girişimciler kumun ısı depolama özelliğini keşfetmemiş, bu özelliği yüksek sıcaklıkta, yenilenebilir elektrikle şarj edilen ve bölgesel ısıtma şebekesine bağlanan özgün bir sistem biçiminde geliştirmiş ve şirketleri aracılığıyla bu tasarımı ticari bir ürün haline getirmişlerdir.**

Dünyanın ilk ticari kum bazlı yüksek sıcaklıklı ısı depolama sistemi 2022’de Kankaanpää’da devreye girdi ve yaklaşık 0,1 MW güç ile 8 MWh kapasiteye sahipti (Polar Night Energy, 2025; OilPrice, 2025). Haziran 2025’te Loviisan Lämpö için Pornainen’de devreye alınan sistem 1 MW ısı güç ve 100 MWh kapasiteye sahiptir; Kankaanpää’dakinin on katıdır (pv magazine, 2025; Polar Night Energy, 2025). Pornainen’de depolama ortamı kum değil, Tulikivi’nin ısı tutan şömine üretiminin yan ürünü olan kırılmış sabun taşıdır; yaklaşık 2000 ton malzeme kullanılmaktadır (Polar Night Energy, 2025). Pornainen sisteminin bölgesel ısıtmada ana üretim tesisi olarak çalıştığı, sera gazı emisyonlarını yaklaşık yüzde 70 azalttığı ve yaklaşık yüzde 60 odun yongası tasarrufu sağladığı bildirilmektedir (OilPrice, 2025). Şirketin açıklamalarına göre tam şarj yaklaşık 100 saat sürmekte, gidiş-dönüş verimi yüzde 80–90 aralığında bildirilmektedir; bu değerler üretici kaynaklıdır ve bağımsız doğrulama gerektirir (bne IntelliNews, 2026). Lahti Energia ile Vääksy’de 2 MW / 250 MWh’lık daha büyük bir tesisin yapımı sürmekte, tamamlanması 2027 yazı için planlanmaktadır (bne IntelliNews, 2026).

Bu sistemin sağladığı depolama süresi haftalar mertebesinde: Pornainen’de 100 MWh, yazın yaklaşık bir aylık, kışın ise yaklaşık bir haftalık ısı talebini karşılamaktadır (pv magazine, 2025). Dolayısıyla “aylarca” depolama iddiası kaynaklarca desteklenmemektedir. Kum bataryası lityum iyon bataryalara kıyasla elektriği geri üretmez; asıl uygulama alanı ısı talebidir. Üretici ayrıca ısıdan yeniden elektrik üretimi için pilot tesis planladığını duyurmuştur (pv magazine, 2025). Bu konuda önceki ayrıntılı yazımıza bkz. <https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/kum-bataryalari-nedir-dunyada-durum-turkiye-ne-yapabilir-y-atakan-11-10-2026>

7. Değerlendirme

Kum bataryasının tarihsel kökenleri tek bir mucide değil, farklı toplumların aynı fiziksel ilkeyi bağımsız olarak keşfetmesine dayanır: Roma’nın hypocaust sistemi, Kuzeydoğu Asya’nın kang ve ondolu, Orta Doğu’nun kerpiç kütlesi, 19.–20. yüzyılın güneş mimarisi ve paket yatak araştırmaları. Her birinde ısı bir kütlede biriktirilip gecikmeli olarak geri verilir. **Polar Night Energy’nin özgünlüğü, bu ilkeyi şebeke ölçeğine, yüksek sıcaklığa ve elektrikle şarja taşımasıdır.** Gelecekteki araştırmalar için ölçülebilir verilerin (verim, kayıplar, maliyet) bağımsız kurumlarca yayımlanması önemlidir.

Kaynakça

Bahadori, M. N. (1978). Passive cooling systems in Iranian architecture. *Scientific American*, 238(2), 144–154.
bne IntelliNews. (2026, 3 Mayıs). *World’s largest sand battery survives its worst winter, ready for roll out*. <https://www.intellinews.com/world-s-largest-sand-battery-survives-its-worst-winter-ready-for-roll-out-440627/>
Butti, K. ve Perlin, J. (1980). *A golden thread: 2500 years of solar architecture and technology*. Cheshire Books.

- Dinçer, İ. ve Rosen, M. A. (2011). *Thermal energy storage: Systems and applications* (2. bs.). Wiley.
- Duffie, J. A. ve Beckman, W. A. (2013). *Solar engineering of thermal processes* (4. bs.). Wiley.
- Encyclopaedia Britannica. (t.y.-a). *Adobe*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2026, <https://www.britannica.com/topic/adobe>
- Encyclopaedia Britannica. (t.y.-b). *Heating*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2026, <https://www.britannica.com/technology/heating-process-or-system>
- Encyclopaedia Britannica. (t.y.-c). *Hypocaust*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2026, <https://www.britannica.com/technology/hypocaust>
- Encyclopaedia Britannica. (t.y.-d). *Mária Telkes*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2026, <https://www.britannica.com/biography/Maria-Telkes>
- Encyclopaedia Britannica. (t.y.-e). *Radiant heating*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2026, <https://www.britannica.com/technology/radiant-heating>
- Encyclopaedia Britannica. (t.y.-f). *Solar heating*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2026, <https://www.britannica.com/technology/solar-heating>
- Encyclopaedia Britannica. (t.y.-g). *Specific heat*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2026, <https://www.britannica.com/print/article/558717>
- Encyclopaedia Britannica. (t.y.-h). *Thermae*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2026, <https://www.britannica.com/technology/thermae>
- Gil, A., Medrano, M., Martorell, I., Lázaro, A., Dolado, P., Zalba, B. ve Cabeza, L. F. (2010). State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 1. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 31–55.
- Hasnain, S. M. (1998). Review on sustainable thermal energy storage technologies, Part I. *Energy Conversion and Management*, 39(11), 1127–1138.
- Hesaraki, A., Holmberg, S. ve Haghighat, F. (2015). Seasonal thermal energy storage with heat pumps and low temperatures in building projects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 1199–1213.
- Hottel, H. C. ve Woertz, B. B. (1942). The performance of flat-plate solar-heat collectors. *Transactions of the ASME*, 64, 91–104.
- International Journal of Ondol. (2009). *The history and characteristics of Korean traditional ondol studied through document analysis*. <https://scholar.kyobobook.co.kr/article/detail/4010024999811>
- Kim, K. W. ve Olesen, B. W. (2010). History of radiant heating & cooling systems, Part 1. *ASHRAE Journal*, Ocak 2010.
- Löf, G. O. G. ve Hawley, R. W. (1948). Unsteady-state heat transfer between air and loose solids. *Industrial & Engineering Chemistry*, 40(6), 1061–1070.
- OilPrice. (2025). *The world's largest sand battery is now online*. <https://oilprice.com/Energy/Energy-General/The-Worlds-Largest-Sand-Battery-Is-Now-Online.amp.html>
- Plinius (Yaşlı). *Naturalis Historia*, IX.168.
- Polar Night Energy. (2025). *World's largest Sand Battery now in operation*. <https://polarnightenergy.com/news/worlds-largest-sand-battery-now-in-operation/>
- pv magazine. (2025, 11 Haziran). *World's largest 1 MW/100 MWh sand battery commissioned in Finland*. <https://www.pv-magazine.com/2025/06/11/worlds-largest-1-mw-100-mwh-sand-battery-commissioned-in-finland/>
- Sharma, A., Tyagi, V. V., Chen, C. R. ve Buddhi, D. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(2), 318–345.
- Sibbitt, B. vd. (2012). The performance of a high solar fraction seasonal storage district heating system – five years of operation. *Energy Procedia*, 30, 856–865.
- Vitruvius. *De Architectura*, V.10.
- Yegül, F. (1992). *Baths and bathing in classical antiquity*. MIT Press.