



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **KAPALI YÜZME HAVUZLARINDA ENERJİ YÖNETİMİ**

**MEHMET ZİYA SÖĞÜT**  
ORHANGAZİ ÜNİVERSİTESİ

**MEHMET ÖZCAN**  
TSK SPOR OKUL KOMUTANLIĞI

**T. HİKMET KARAKOÇ**  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ





# KAPALI YÜZME HAVUZLARINDA ENERJİ YÖNETİMİ

**M. Ziya SÖĞÜT**  
**Mehmet ÖZCAN**  
**T. Hikmet KARAKOÇ**

## ÖZET

Yüzme havuzları bina uygulamaları arasında yüksek enerji tüketen binalardır. Bölgesel koşullara ve kullanım yüklerine rağmen bu tür yapılarda sürdürülebilir enerji yönetimi çok önemlidir. Bu çalışmada Ankara ve Bursa olmak üzere aktif kullanılan iki kapalı yüzme havuzunun sürdürülebilir enerji yönetimi enerji tasarruf potansiyelinin tanımlanması için öncelikle yapılması gereken bir ön etüt çalışması yapılmıştır. Çalışmada havuzlar için bir ön etüt algoritma modeli oluşturulmuştur. Daha sonra her bir bölge için hedef tüketimlere bağlı tasarruf potansiyelleri hesaplanmış ve buna bağlı kümülatif toplam değerler grafiğiyle tasarruf potansiyelinin kümülatif toplamı bulunmuştur. Yapılan etüt çalışmasına göre; toplam tasarruf potansiyeli her iki havuz m<sup>2</sup> kullanımında %55,02 ile %64,44 olarak bulunmuştur. Çalışmanın sonunda havuzlarda bu potansiyele ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yüzme havuzları, enerji yönetimi, enerji taraması, verimlilik, sürdürülebilirlik

## ABSTRACT

Swimming pools are the buildings consuming high energy among building applications. Despite the use of local conditions and load, sustainable energy management in such structures is very important. In this study, for the sustainable energy management of two closed swimming pool used the active in Ankara and Bursa, firstly a preliminary energy audit to identify the energy saving potential was made. In this study, A preliminary audit algorithmic model was developed for the swimming pool. Then, saving potentials depending on the target consumption for each region were calculated and cumulative totals of savings potentials with the graph of cumulative total values were found. Then, saving potentials depending on the target consumption for each region were calculated and cumulative totals of savings potentials with the graph of cumulative total values were found. According to audit, total saving potential of both pools considering usage of m<sup>2</sup> was found as 55.02% and 64.44%. At the end of the study, some evaluation about these potentials in pools were made.

**Key Words:** Swimming pools, energy management, energy audit, efficiency, sustainability

## 1. GİRİŞ

Günümüzde toplu yaşam ortamları içinde artan bir etkiye sahip spor sağlık merkezleri bünyesinde yoğun kullanıma sahip yüzme havuzları; işletmelerin enerji yüklerinin önemli bir bölümünü tüketmektedir. Maalesef bu sistemlerin enerji ihtiyaçları çoğunlukla fosil yakıtlara bağlı olarak karşılanmaktadır. Yoğun enerji tüketen bu gibi hacimler, işletme maliyetleri üzerinde enerji maliyetleri yönüyle oldukça etkilidir. Bu gibi işletmelerde yasal olarak bir enerji yönetim sistemi öngörülmesi de

enerji maliyet etkilerinin azaltılması, sürdürülebilir çevre için enerjinin verimli kullanımı ve özellikle fosil kaynaklı enerji tüketiminin azaltılması öncelikli çalışma alanları olarak değerlendirilmelidir.

Yüzme havuzları kapalı ve açık tip olmak üzere iki grupta ele alınır. Yüksek su kütlesine sahip bu yapılarda suyun hijyen koşullarının sağlanması ve su sıcaklığının kullanım amaçlarına bağlı olarak 15°C-32°C aralığında tutulması öncelikli konulardır. Bu amaçla havuz sularının hijyen koşullarına göre filtrasyonu ve bu yapıların istenilen işletme sıcaklıklarında korunmasını temel alan pek çok çalışma geliştirilmiştir. Ancak bina enerji tüketiminde önemli bir potansiyeli olan havuzlarda enerjinin verimli kullanımı ve enerjinin bütüncül yönetimine ilişkin değerlendirmeler oldukça sınırlıdır. Oysa enerji tüketimleri dikkate alındığında enerji yöneticisi çalıştırması gereken bu yapılarda enerjinin tüketiminin değerlendirildiği çalışmalar yapılmamaktadır.

Bu çalışmada öncelikle enerjinin etkin ve verimli kullanımını temel alan ve konfor parametreleri dikkate alınarak iki farklı derece gün bölgelerinde iki farklı havuzun ön enerji taraması ve tasarruf potansiyeli incelenmiştir. Çalışmada her iki havuzun spesifik tüketimleri bulunmuş ve bunların hedef tüketimleri bağlı tasarruf potansiyelleri ve maliyetleri hesaplanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2. KAPALI YÜZME HAVUZLARI

Kapalı yüzme havuzları, pek çok amaç için binalarda veya kapalı bir ortamda planlanmış hacimlerdir. Bilimsel yönüyle kapalı yüzme havuzları insanların yoğun kullanıldığı, iç hava kalitesinin ve etkilerinin önemli olduğu, nem alma ve havalandırma yanında suyun kalitesinin ve sıcaklığının kontrol edildiği yüksek enerji tüketen yapılardır. Bu havuzlar uzun süreli kullanım süreçlerinde yapısal korozyon yanında insan sağlığı yönüyle tehdit ve riskler oluşturur. Mimari tasarımlarda kullanım amaçlarına bağlı pek çok yapıda veya tipte kapalı havuzlar yapılır. Her birinin tanımlandığı yapı koşullarına bağlı olarak olumsuz etkileri farklılık gösterir. Örneğin dikkat edilmese de bina iç ortamlarında kullanılan süs havuzları içinde yaşatılan balık türleri ve bitkileri yönüyle önemlidir. Ayrıca bu havuzlar uzun süreli uygulamalarda sağlıklı işletilmemesi bakteri üretimine, kötü koku ve çevresel kirlilik oluşumuna yol açar. Bu tür havuzların işletme koşulları dikkate alınmadığında yüzey buharlaşmaları binada korozif etkilere neden olur. Bu nedenle havuzların kimlikleri ve işletme özellikleri her yönüyle önemlidir.

Kapalı havuzlar; kullanım özelliklerine bağlı olarak, genel kullanıma açık, spor amaçlı, halka açık havuzlar, özel havuzlar veya yarı özel havuzlar olarak sınıflandırılabilir[1,2].

**a) Spor Amaçlı havuzlar:** Yüzme sporları ve eğitimleri için kullanılan bu havuzlar çoğunluğu kamuya ait olmak üzere işletilen yapılardır. Çoğunlukla, spor kulüpleri, okul takımları, ulusal ve uluslararası yarışmalar, yüzme eğitimleri, eğitim programları olmak üzere yoğun bir işletme programına sahiptir. Bu havuzlar genellikle olimpik (25X50 veya 10 Kulvarlı,16X25 m veya 6 Kulvarlı,12.5x25 m veya 5 Kulvarlı) ve yarı olimpik (675 m<sup>2</sup>) olarak iki ayrı kulvar uzunluğunda yapılırlar. Ayrıca kısa kulvar yarışları için 400 m<sup>2</sup> ve 312,5 m<sup>2</sup> havuzlar da (16X25 m, 400 m<sup>2</sup>,12.5X25. ise 312.5 m<sup>2</sup>) kullanılır. Kulvar sayılan ise genellikle 6, 8, 10 ve nadiren 12 adet olur. Olimpik ölçüdeki havuzlara çoğu defa bir seyirci tribünü de eklenmektedir. Bazı havuzlarda ayrıca atlama kulesi de bulunur. Havuzların mimari özellikleri birden fazla havuz alanının kapsayacak şekilde olabilir. Bu da enerji yönetimi yönüyle yüksek enerji kapasitesine sahip olduğunu gösterir

**b) Halka Açık Havuzlar:** Son yıllarda spor komplekslerinin artması ile birlikte geniş kitlelerce yoğun olarak kullanılan yapılardır. Yapısal büyüklükleri ise kulvar uzunlukları 25 m'den 50 m'ye kadar olabilir. Tüm yıl boyunca kullanıma açık olan bu havuzlar, derinliklerine göre aynı hacim içinde birden fazla yapılabilirler. Bu havuzların bir bölümü veya ayrık bir havuz çocuklar için programlanır ve çocuk havuzlarınınin filtrasyon ve dezenfeksiyon tesisatları büyükler havuzundan yapıldığı gibi ancak diğer sistemlerden farklı olmalıdır.

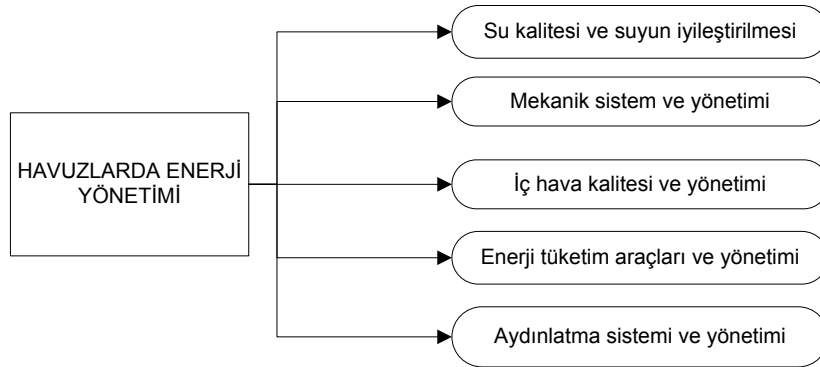
**c) Genel Kullanıma Açık Havuzlar:** Günlük kullanım yoğunluğu sınırlı olan havuzlardır. Çoğunlukla otellerde, konaklama tesislerinde, termal konaklama yerlerinde bulunan havuzlardır. mimari boyutları tesis özelliğine bağlı veya kullanım amaçlarına bağlı özel yapılardır. Bu tür yapılarda kullanım amaçları, su kaynakları, işletme koşulları tamamen özgündür. Ancak özellikle sağlık bakanlığı kontrolünde termal veya sağlık amaçlı havuzlarda su kimyası, iç hava kalitesi tamamen havuzun kullanım özelliklerine bağlıdır.

**d) Özel Havuzlar:** Genellikle konutlarda veya özel işletmelerde bulunan havuzlardır. Mimari boyutları ve kullanım koşulları sınırlı havuzlardır.

**e) Yarı Özel Havuzlar:** Genel kullanıma açık havuzlar gibi ancak özel yapılar içinde gelir amaçlı yapılan havuzlardır. Mimari boyutları çoğunlukla özgündür. Filitrasyon ve alt yapı özellikleri kullanım amaçlarıyla birlikte diğer havuzlarla aynıdır.

### 3. HAVUZLARDA ENERJİ YÖNETİMİ

Havuzlar kullanım amaçları ve konfor parametrelerine bağlı olarak yüksek enerji tüketen yapılar olarak değerlendirilebilir. Özellikle spor merkezleri ve sportif amaçlı kullanılan yüzme havuzları işletme yoğunlukları nedeniyle yüksek enerji tüketimleri nedeniyle enerji yönetim sistemi içinde değerlendirilmelidir. Bu kapsamda yüzme havuzlarında enerji yönetimi Şekil 1'de verildiği gibi çok kapsamlı ele alınmalıdır.



**Şekil 1.** Havuzlarda enerji yönetimi ve kısımları

Sportif veya spor merkezleri ile halka açık çok maksatlı yapılarda kullanılan havuzlarda sağlık tehdidi nedeniyle yukarıda ifade edilen her bir alt bileşen için bir yönetim organizasyonuna ihtiyaç duyulur. Örneğin suyun kalitesi değerlendirildiğinde, suda berraklık, dezenfektan ve suyun pH değeri ile dezenfektan artıklar sürekli kontrol edilmelidir. Yüksek su kütlesinde suyun sürekli temizliği, sirkülasyonu, drenajı, havuzların doldurulması, ısıtılması, sıcaklık kontrolü mekanik sistemin kalitesi ve işletilebilme yeteneği ile ilgilidir.

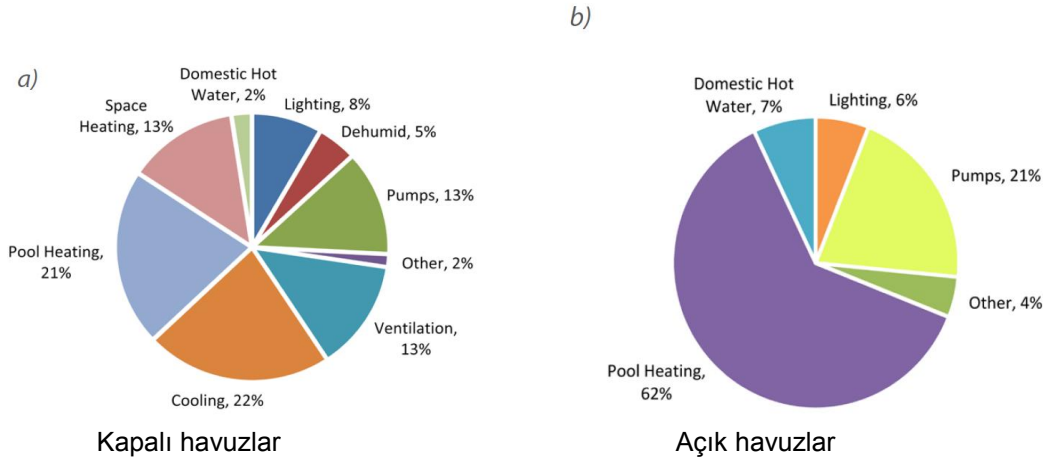
Yüzme havuzlarında iç hava kalitesi ve yönetimi havuzların hijyen özelliği yanında sağlık ve korozif etkiler yönüyle yönetim sisteminin en önemli unsurudur. 27 °C ile 34 °C sıcaklık aralığında su sıcaklığına sahip havuzlarda buharlaşma engellenemez bir özelliktir. İç ortam havasında nemin artışına neden olan bu etki, havuz kimyasalları nedeniyle istenmeyen kimyasal gazlarında iç ortama dağılmasına neden olur. Çoğunlukla göz ardı edilen bu özellik, havalandırma sisteminde %100 taze havalı işletmelerle çözüldüğü öngörülmüştür. Havalandırma sistemlerinin etkisi süreç yönetimindeki olumsuzluklarla veya işletme hataları nedeniyle ön görüldüğü gibi bir süreklilik göstermez. Örneğin enerji tasarrufu amaçlı olarak özellikle kış aylarında iç ortamın, havuz suyunun buharlaşma sıcaklığına bağlı olarak ısıtılması sayılabilir. Bu gibi tasarruf amaçlı yanlış uygulamalarla iç hava kalitesinde

istenilen standartlar sağlanmayacağı gibi ortam havasındaki kimyasal etkilerin olumsuzlukları da iç hava kalitesini etkiler. Gerçekte iç hava kalitesi mekanik sistem ile iklimlendirme ve havalandırma sisteminin etkisine de bağlıdır. Bu tür yapılarda havuz kimyasallarının ortama verdiği yük, iklimlendirme ve havalandırma kaynaklı enerji tüketimini artırır[3].

Yüzme havuzlarında kullanım sıcak su ihtiyaçları, sauna, buhar banyoları vb. tesis işletilmesi, sportif amaçlı alet ve donanım ile işletme ve ihtiyaçlar için farklı elektrikli araç ve gereçler de enerji tüketen diğer bölümlerdir. Ayrıca bu havuzlar modern bina uygulamaları olarak yüksek yoğunluklu aydınlatma sistemlerinin kullanıldığı yapılardır. Bu nedenle yüksek aydınlatma ihtiyaçlarına sahiptir. Tüm bunlar havuz işletmesi açısından etkin bir enerji yönetiminin gerekliliğini tanımlamaktadır. Sportif veya spor merkezleri ile halka açık çok maksatlı yapılarda kullanılan havuzlarda enerji tüketim dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Havuzlarda enerji ihtiyaçları tamamıyla iç konfor ve insan sağlığı yönüyle ele alınmalıdır. Bu nedenle havuzlarda önce suyun kalitesi ve temizliği, sonra buna bağlı iç hava kalitesi için iklimlendirme sistemleri ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Enerji yönetimi olarak havuz suları için;

- Suda berraklığın ve sağlık tehdit eden faktörlerin azaltılması,
- Suda partiküllerin, kirleticilerin veya mikroorganizmaların standartların altına düşürülmesi (arıtma),
- Sudaki mikro-organizmaların arıtılması veya yok edilmesi (dezenfeksiyon)
- Havuz hidrolik sistemiyle dezenfeksiyonun tüm havuz boyunca yapılması,
- Suyun sürekli taze suyla takviye edilerek seyreltilmesi yapılmalıdır.



Şekil 2. Havuzlarda enerji tüketim dağılımları [4]

Tüm bu işlemler yüzme havuzlarında suyun kalitesi ve temizliği için önemli aşamalardır ve suyun berraklığı, bulanıklığı, pH'ı, dezenfeksiyonu ve buna bağlı dezenfeksiyon artıklarının atılması işlemlerinin önemini ifade etmektedir. Yüksek kirletici potansiyeline sahip havuzlarda tüm bu süreçler; çeşitli kimyasalların kullanılmasıyla sağlanır. Suyun kaynak ve çevrim süreçleri enerji tüketim yükleri yönüyle en önemli bölümdür.

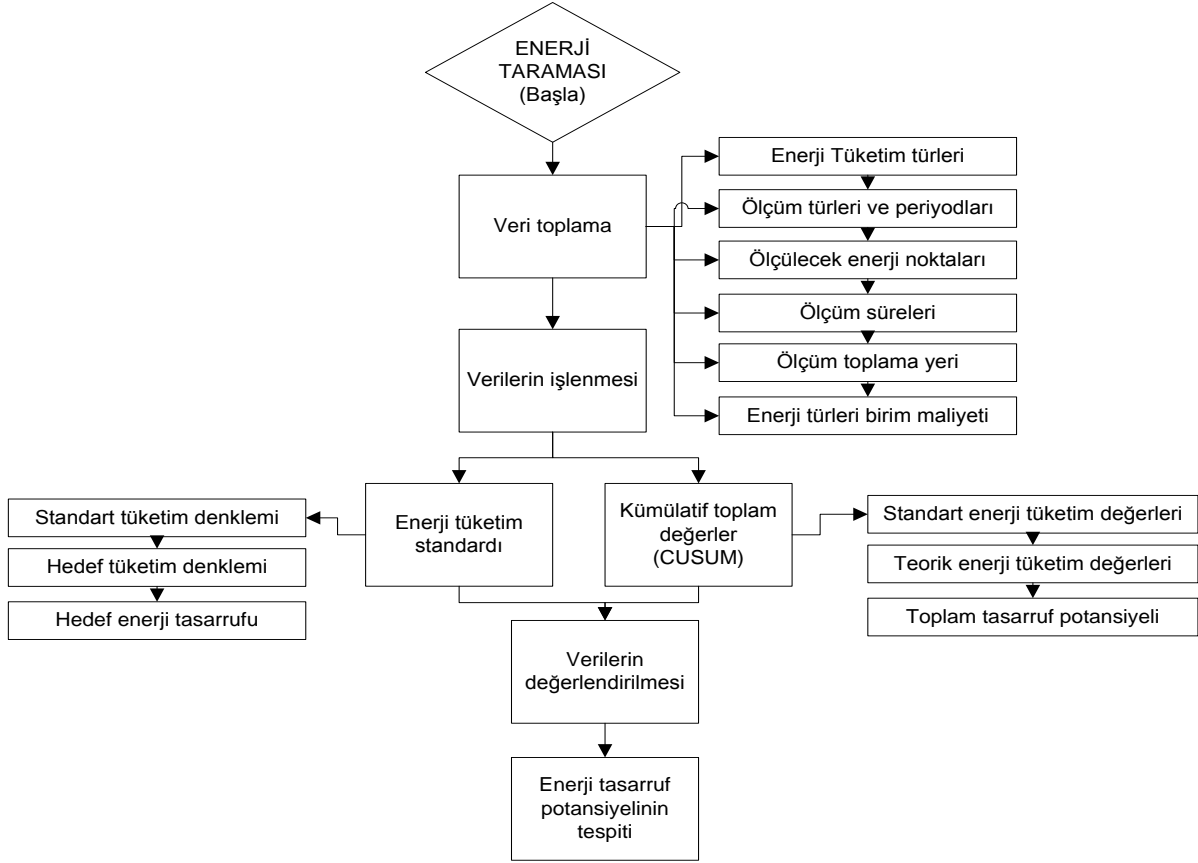
Enerji yönetimi ve havuzlarda enerjinin verimli kullanımının sağlanması öncelikle bütüncül bir yaklaşım gerektirir. Bu yönüyle enerji tasarruf projeksiyonlarının öncelikli aşaması ön etüt çalışmalarının yapılmasıdır. Aşağıda ön enerji etüt süreçleri anlatılmıştır.

#### 4. ÖN ENERJİ ETÜDÜ

Enerji taraması enerji tasarruf potansiyelinin belirlenmesi ve verimliliğin geliştirilmesi için en önemli aşamadır. Sanayi sektöründe enerji yönetimlerinde enerji tasarruf potansiyelinin belirlenmesi çalışmaları ve bunun için oluşturulmuş yöntemler proseslerin özelliklerine bağlı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bina sektöründe enerji yönetim faaliyetleri istenilen kurumsal kimliğe kavuşamamıştır. Bu nedenle enerji yönetimlerinde geliştirilmiş standart bir yöntem bulunmamaktadır. Bina sektöründe enerji türleri elektrik, ısıtma, soğutma, enerjileri olarak görülür. Özellikle konut türü yapılarda enerji kimliği bu enerjilerin tüketimiyle tanımlanır. Ancak havuz gibi hizmet binalarında elektrik, ısıtma, soğutma, enerjilerinin günlük ihtiyaçlarda kullanımı yanında işletmenin türüne bağlı olarak hizmet kısımlarının kullandığı ek enerji türleri de dikkate alınmalıdır. Çalışmada ön enerji etüdü bu değerlendirmelere bağlı olarak algoritması oluşturulmuş ve akış şeması Şekil 3'de verilmiştir.

Havuz uygulamalarında da yapılacak enerji taramasının ilk ve önemli aşaması enerji tüketim türlerine bağlı olarak veri toplama sürecidir. Veri toplama süreci enerji yönetimlerinde bir stratejik yaklaşım gerektirir. Çünkü veri toplama türü ve yapısı, verinin toplandığı her kurum için farklı bir yapı gerektirir. Buna göre havuzlar için veri toplama stratejisi, enerji tüketim türleri, ölçüm türleri ve periyotları, ölçüm noktaları, ölçüm süreleri, veri toplama yerleri ve enerji türlerine ilişkin maliyet verilerinin saptanması süreçlerine bağlı olarak tanımlanır. Enerji taramasında veri toplamasının sağlıklı olmasında, ölçülen veya veri alınan enerji ölçüm cihazlarının düzgün çalışması, kalibrasyonların yapılmış olması ve veri kayıtlarının düzgün yapılması zorunludur. Taramada enerji taramasına bağlı tasarruf potansiyelinin belirlenmesinde önemli bir detay olan ölçüm periyotlarının yapının özelliklerine ve enerji türüne göre yapılması, elde edilecek sonuçların gerçekçi olmasını sağlayacaktır. Enerji taramasında seçilecek periyotlarda en az 10 -20 set veri alınmalıdır. Veri toplama sürecinde en önemli süreçlerden biri de veri toplama şekli ile ölçüm sürelerinin belirlenmesidir. Toplama süresi olarak haftalık ölçümlerde en az 10 hafta, aylık ölçümlerde en az bir yıl aralıkta yapılması uygun olacaktır[5].

Enerji taramasında toplanan verilerin düzenli işlenmesi için enerji yönetimlerinde bir yaklaşım oluşturulmalıdır. Bu amaçla toplanan verilerin öncelikle standart bir yapıya dönüştürülmeli ve birim analizleri yapılarak birim dönüşümleri sağlanmalıdır. Verilerin işlenmesi için bu çalışmada enerji tüketim standardı ile kümülatif toplam değerler yaklaşımı olmak üzere iki yöntemle enerji tasarrufu potansiyeli tespiti gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntem sanayi sektöründe enerji tasarruf potansiyelinin tespitinde aktif kullanılmaktadır. Bu çalışmada bu yöntemlerin havuzlarda uygulanabilirliği incelenmiştir.



**Şekil 3.** Enerji taraması akış şeması

Enerji tüketim standardı temelde enerji tüketimleri, hedef enerji tüketimleri ve enerji tasarruf potansiyellerinin belirlenmesi aşamalarından oluşur. Binalarda enerji tüketimi, birçok faktöre bağlı olarak günden güne, haftadan haftaya veya aydan aya değişebilir. Bu faktörler, spesifik değişkenler, kontrol edilebilir değişkenler olmak üzere ikiye ayrılır [6]. Spesifik değişkenler; yapının talep ettiği ihtiyaca göre enerji talebini belirleyen değişkendir. Enerji ihtiyacını hesaplamak için kullanılan standart denklemlerde bu değişkenler kullanılır. Kontrol edilebilir değişkenler ise; enerji sistemleri işletme uygulamaları, sistem kontrolü, bakım standardı gibi enerji tüketimini en aza indirebilmek için yönetim tarafından planlanan değişkenlerdir. Genelde standart denklem, enerji gereksiniminin spesifik değişkenlere bağlı olduğunu gösteren bir doğru denklemdir. Bu denklem;

$$E = a + b(P) \quad (1)$$

Burada a ve b sabitler, P ise spesifik değişkendir. Uygulamalarda genelde üç ayrı doğru denklemi kullanılsa da bu uygulamada enerji gereksiniminin spesifik değişkenlere bağlı olduğunu gösteren yukarıdaki doğru denklemi tercih edilmiştir [7].

Enerji tüketim verilerine bağlı oluşturulan standart denklemden sonra tüketim süreçleri dikkate alınarak hedefler belirlenir. Yapının özelliğine göre bu işlem kısmi veya yapının bütünü için de ayrı ayrı hesaplanabilir. Enerji tüketim süreçlerine bağlı hesaplanan hedef denklemi de, standartla aynı formda bir doğru denklemdir. Hedef denklemi için oluşturulan veriler, standart doğrunun altında kalan veriler olarak sınıflandırılır ve tekrar bir hedef doğru oluşturulur. Bu doğrunun denklemi hedef tüketimi tanımlayan hedef denklemdir. Yapıda hedef belirlendikten sonra performansın değerlendirilmesi için, beklenen enerji kullanımı ile gerçek enerji tüketim değerlerinin düzenli olarak karşılaştırılması yapılmalıdır. Bunu yapabilmek için spesifik enerji tüketim (SET) değerleri kullanılabilir. Spesifik enerji tüketimi, birim ihtiyaç değerine bağlı kullanılan enerjinin birim zamandaki değeri olarak tanımlamak



mümkündür. Örneğin; bir binanın spesifik değişken, birim zamanda ihtiyaç duyulan enerji ile tarif edilir. SET;

$$SET = E_{tüük} / saat \quad (2)$$

olarak ifade edilir. Burada  $E_{tüük}$  enerji tüketimidir. SET değeri, özellikle kurumun işletme koşullarının enerji tüketim performansına etkisini izleme açısından önemlidir. SET değerinin büyümesi, kötü performansı ve enerji tüketiminin gereksiz yere artmasını işaret eder.

Enerji tasarruf potansiyelinin belirlenmesinde bir başka yöntem Kümülatif Toplam Değerler (CUSUM) yöntemidir. Bu yöntem temelde enerji verilerinin en küçük kareler yöntemiyle potansiyellerin toplam kümülatif toplamıdır. Bu toplam değer bir grafik yardımıyla bir yapının durumunun görülmesini sağlar. CUSUM yönteminde grafiksel çalışma ile incelenen sistemde hedef tüketimlere bağlı tasarruf potansiyelleri belirlenir. CUSUM grafiğini çizebilmek için kurulu güce bağlı enerji verileri ve gerçek enerji verileri arasında değerlendirme yapılır [7]. Elde edilen verilere bağlı hedef tüketimleri hesaplanır ve kümülatif toplamda enerji tasarruf potansiyeli saptanır. Elde edilen verilere uygun CUSUM grafiği çizilir. Bu grafik incelendiğinde, eğimi negatif olan değerler ve negatif bölgede kalan alanlar tesisin iyi bir performansa sahip olduğu zamanları, pozitif olanlar ise kötüleşme olan zamanları göstermektedir [9]. Bina sektöründe CUSUM grafiğinin oluşturulması için öncelikle enerji tüketim maliyetleri ve hedef enerji tüketim maliyetleri arasındaki farkın kümülatif toplamıyla hesaplanır. Veri toplama yöntemine bağlı olarak toplam tasarruf potansiyeli;

$$\sum_{i=n}^i C_{top} = \sum_{i=n}^i C_{tüük} - \sum_{i=n}^i C_{hedef} \quad (3)'dir.$$

Burada  $\sum_{i=n}^i C_{top}$  kümülatif toplam tasarruf potansiyeli,  $\sum_{i=n}^i C_{tüük}$  toplam enerji tüketim maliyeti,  $\sum_{i=n}^i C_{hedef}$  hedef enerji tüketim maliyetidir. Kümülatif toplam tasarruf potansiyelini belirlemede hedef tüketimlerin ve maliyetlerin belirlenmesi çok önemlidir. Hedef enerji tüketimi potansiyeli;

$$\sum_{i=n}^i E_{hedef} = \sum_{i=n}^i E_{tüük} - (1 - \alpha_s) \quad (4)'dir.$$

Burada  $\sum_{i=n}^i E_{hedef}$  hedef enerji tüketimi,  $\sum_{i=n}^i E_{tüük}$  tüketilen enerji,  $\alpha_s$  enerji tasarruf oranıdır. Burada  $\alpha_s$  birim enerji tasarruf oranının birim enerji tüketimine oranıdır. Birim enerji tasarruf oranı birim enerji tüketimi ile birim hedef enerji tüketimi arasındaki farktır. Buna göre CUSUM için önemli olan hedef enerji maliyeti;

$$\sum_{i=n}^i C_{hedef} = \sum_{i=n}^i C_{tüük} - (1 - \alpha_s) \quad (5)'dir.$$

Burada  $\sum_{i=n}^i C_{hedef}$  hedef enerji tüketim maliyetidir. CUSUM grafiği toplanan her bir veri için hem hedef enerji tasarrufu hem de enerji tasarruf maliyetleri yönüyle irdelenmesini sağlayabilecek önemli bir grafikdir[8].

## 5. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bina yapıları içinde yer alan kapalı yüzme havuzları, bölgesel iklim koşullarından etkilenen ve yüksek enerji tüketim potansiyeline sahip yapılardır. Ayrıca çoğu kamunun elinde bulunan bu yapılar sportif amaçlı kullanılsalar da yüksek yoğunluklu işletmeler olarak değerlendirilmelidir. Bu nedenle çalışmada yapılan analizler alan ve kullanıcı bazlı kişi olmak üzere iki yönlü ele alınmıştır. Çalışmada Ankara ve Bursa bölgelerinde kullanılan iki havuz için ayrı ayrı çalışma yapılmıştır. Buna göre havuzun yapısal özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kapalı yüzme havuzlarının yapısal özellikleri

BURSA	ANKARA
Havuz bir adet 50x25x3 olimpik ve bir adet 10x5x1 m çocuk havuzundan oluşan tesisin, toplam yerleşim alanı 4592 m <sup>2</sup> , toplam kapalı alanı 12672 m <sup>3</sup> tür. Binanın ısı ihtiyacı 1170x3 kW kapasiteli 3 adet silindirik sıcak su kazanı ile sağlanmaktadır. Binanın havuz suyu çanağı 50x25x3 m, Çocuk havuzu 10x5x1 m olarak planlanmıştır. Binanın toplam alanları; bodrum kat 4133 m <sup>2</sup> , zemin kat 4592 m <sup>2</sup> , asma kat 717 m <sup>2</sup> , birinci kat 1566 m <sup>2</sup> , ikinci kat 1664 m <sup>2</sup> olmak üzere toplam 12672 m <sup>2</sup> dir.	Havuz yarı olimpik (1093 m <sup>3</sup> ), yeni öğrenenlerin havuzu (280 m <sup>3</sup> ) ve çocuk havuzu (22 m <sup>3</sup> ) olmak üzere bir hacimde toplam üç havuzdan meydana gelmiştir. Toplam havuz ve çevre olmak üzere aktif kullanım alanı 50x60x7 m olmak üzere toplam 21000 m <sup>3</sup> kapalı hacme ve toplam 3000 m <sup>2</sup> taban alanına sahiptir.

Enerji tüketim yapıları incelendiğinde, her iki havuz da doğal gaz ve elektrik tüketmektedir. Ön etüt çalışması için havuzun aylık ortalama değerleri referans alınmıştır Her iki havuz ait kullanıcı miktarları ile birlikte aylık enerji tüketimleri ve maliyetleri Tablo 2’de ayrı ayrı verilmiştir.

**Tablo 2.** Enerji tüketim değerleri

Havuz 1 (ANKARA)							
Aylar (2013)	Kullanım Kişi/ay	Doğal gaz		Elektrik		Toplam Enerji kWh/ay	Topl. En. Maliyeti TL/Ay
		kWh/ay	TL/Ay	kWh/ay	TL/Ay		
Ocak	4179	326151,9	33049,17	112347	32684	438498,947	65733,17
Şubat	6016	247835,6	25113,33	94269,9	27425	342105,4924	52538,33
Mart	5574	237801,8	24096,6	100797,5	29324	338599,2701	53420,6
Nisan	5202	164624,5	16681,5	72810,39	21182	237434,8946	37863,5
Mayıs	5728	91535,13	9275,31	74226,59	21594	165761,7215	30869,31
Haziran	5273	79791,59	8085,33	64870,07	18872	144661,6574	26957,33
Temmuz	4066	41327,1	4187,7	58201,57	16932	99528,66744	21119,7
Ağustos	4487	42118,47	4267,86	61645,81	17934	103764,2833	22201,86
Eylül	3980	69640,56	7056,72	82304,41	23944	151944,9736	31000,72
Ekim	2927	182943,3	18537,75	98786,61	28739	281729,858	47276,75
Kasım	3882	253609,7	25698,42	100886,8	29350	354496,5017	55048,42
Aralık	2774	388631,1	39380,22	110202,1	32060	498833,1774	71440,22
Toplam	54088	2126011	215429,9	1031349	300040	3157359,444	515469,91

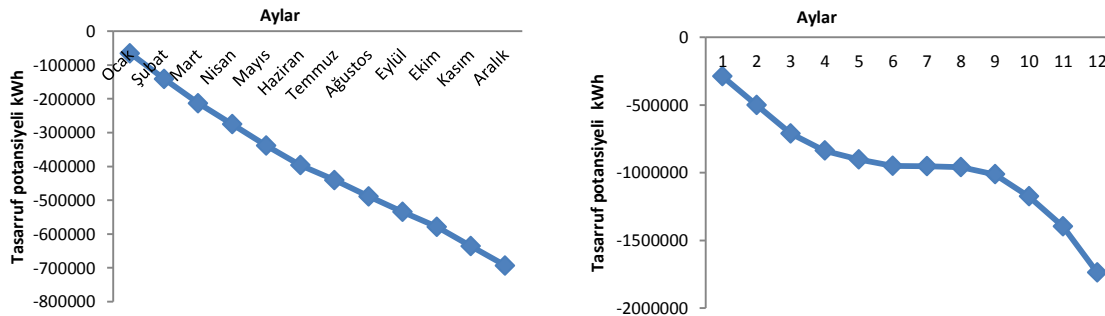
Havuz 2 (BURSA)							
Eylül	7068	116584,3	14202,64	41822,28	32684	158406,6	25038,64
Ekim	7768	190983,3	15503,32	45662,13	27425	236645,4	33219,32
Kasım	7800	236204,7	14105,32	41542,83	29324	277747,5	35969,82
Aralık	8100	438294,5	12442,06	36643,14	21182	474937,6	53574,56
Ocak	13408	333573,3	25079,03	74027,34	21594	407600,6	56133,03
Şubat	8663	265101	13545,8	40013,1	18872	305114,1	38187,3
Mart	7544	245351,8	15746,57	46517,04	16932	291868,8	38614,57
Nisan	8919	208074,7	13074,3	38468,88	17934	246543,6	32503,8
Mayıs	8369	171011	17765,19	52277,85	23944	223288,9	33732,69
Haziran	8473	121162,7	15977,02	47013,84	28739	168176,5	27282,52
Temmuz	8700	91383,7	16706	49185,27	29350	140569	25225,25
Ağustos	8800	92450,7	23216,26	68930,73	32060	161381,4	31776,26
Toplam	7068	2510175,7	14202,64	582104,4	300040	3092280	431257,76

### Havuz 1 Bulgular (ANKARA):

Havuz 1 için yapılan ön etüt analizlerine göre havuzunu 2013 yılı toplam enerji tüketimi 268,22 TEP/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer öncelikle havuzun normalde bir enerji yöneticisi çalıştırma zorunluluğunu ortaya çıkartmaktadır. Havuzun enerji tüketim değerlerine göre kış ve yaz koşulları için standart tüketimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu süreçte genel yaklaşımlar  $m^2$  tüketimler olarak değerlendirilir. Bu çalışmada farklı olarak kullanım oranları esas alınmıştır. Bu yönüyle kış şartları (Ekim-Nisan) dönemi için birim tüketim 98,36 kWh/kişi ve tüketim maliyeti 15,02 TL/kişi'dir. Yaz şartları için (Mayıs-Eylül) birim tüketimi 28,43 kWh/kişi ve tüketim maliyeti 5.69 TL/kişi'dir. Enerji verilerine bağlı hedef tüketimler belirlenmiş ve aylık ortalama 64,81 kWh/kişi.ay tüketim standardı için hedef 51,59 kWh/kişi.ay olarak bulunmuş ve hedef tüketimlere bağlı yıllık ortalama tasarruf potansiyeli 13,22 kWh/kişi,ay olarak bulunmuştur.

Yapılan enerji tüketim maliyet analizlerinde; havuzda yıllık ortalama birim kWh elektrik ve birim  $m^3$  doğal gaz tüketim maliyeti sırasıyla 0,339 TL/kWh, 0,904 TL/ $m^3$  bulunmuştur. Havuzun enerji ihtiyaçları yaz ve kış şartları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kış şartları için (Ekim-Mart Dönemi) birim tüketim 38,17 kWh/kişi, 26,22 kWh/ $m^2$ 'dir. Yaz şartları için bu değerler; (Nisan- Eylül Dönemi) 21,85 kWh/kişi, 14,45 kWh/ $m^2$ 'dir. Kişi başı analizler işletmeler için işletim maliyetlerinin değerlendirilmesi yönüyle önemlidir. Bu açıdan havuzda toplam kişi başı tasarruf miktarı ortalama %51,86 bulunmuştur. Tüketim yüklerine göre en yüksek tasarruf oranı %86,82 ile Aralık ayında, en düşük tasarruf ise %3,43 ile Temmuz ayında hesaplanmıştır. Havuzun  $m^2$  kullanım değerlerine bağlı enerji tüketim tasarruf potansiyeli %56,22'dir. Bu değerlendirmelere göre en düşük tasarruf %3,98 ile eylül ayı, en yüksek tasarruf ise %86,01 ile Aralık ayı tespit edilmiştir.

Havuzda toplam tasarruf potansiyeli yukarıda olduğu gibi  $m^2$  ve kullanıcı sayısı dikkate alınarak iki boyutta ele alınmıştır. Yapılan analizlere bağlı kümülatif toplam değerler grafiği oluşturmuş toplam tasarruf potansiyeli hesaplanmış ve sonuçlar **Şekil 4**'de ayrı ayrı verilmiştir.



a. Kişi kullanımı Kümülatif Toplam Değerler

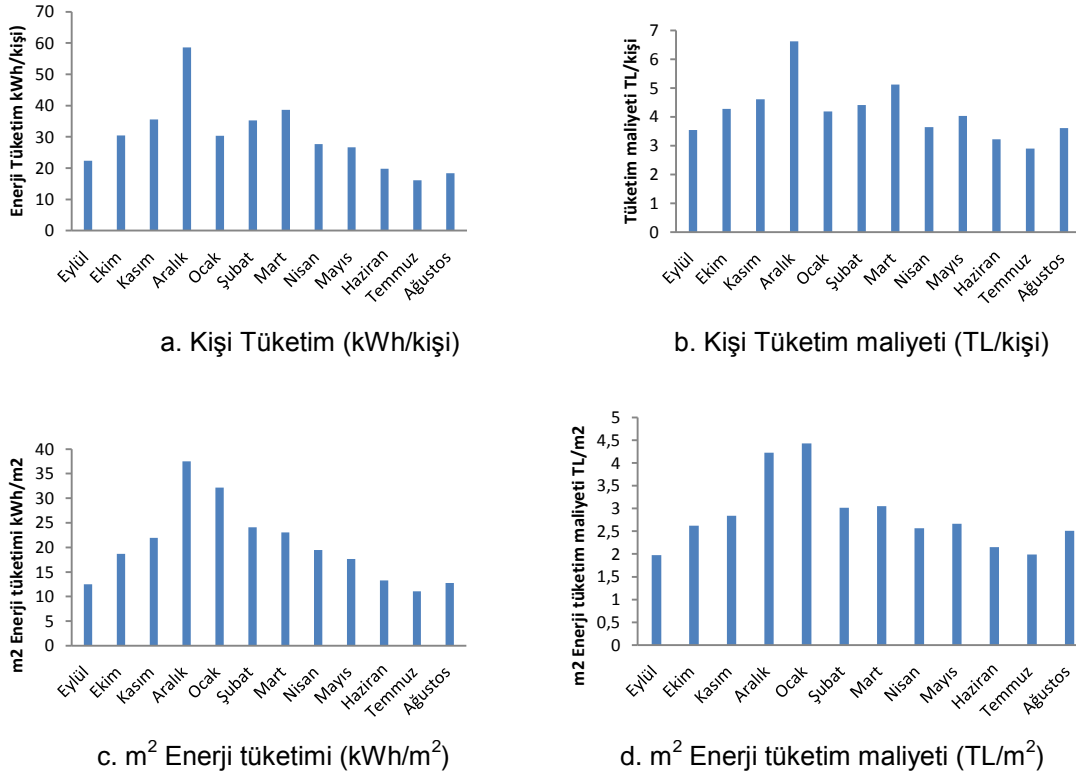
b.  $m^2$  kullanımı Kümülatif Toplam Değerler

**Şekil 4.** Ankara ili yüzme havuzu (CUSUM) grafikleri

Kümülatif toplamda toplam tasarruf edilen enerji miktarı kullanıcı kişi dikkate alındığında, 693018,96 kWh/yıl ile toplam tasarruf miktarı %21,95 olarak hesaplanmıştır. Bu değer yıllık enerji tüketim maliyetinde yıllık kümülatif olarak 10641139,59 TL/yıl bir tasarruf potansiyelin ifade etmektedir. m<sup>2</sup> referans alınması durumunda tasarruf oranı %55,02 ve tasarruf maliyeti 113145,65 TL/Yıl olarak bulunmuştur.

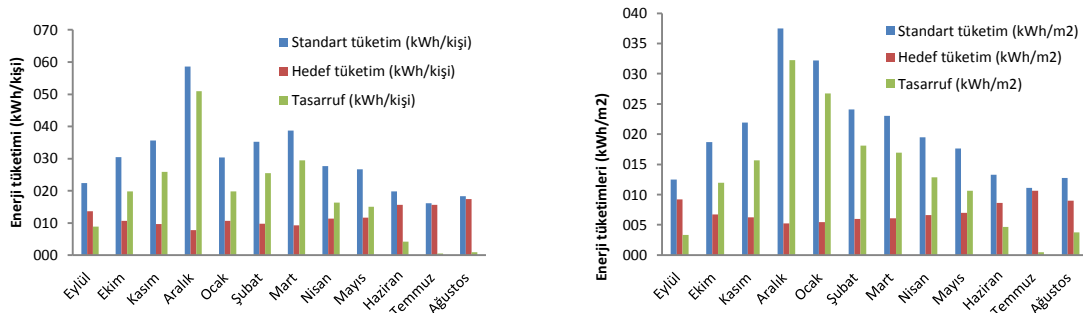
## Havuz 2 Bulgular (BURSA):

Havuzunu toplam enerji tüketimi referans alınan Eylül 2013 ile Ağustos 2014 ayları arasında 263,56 TEP/yıl olarak gerçekleşmiştir. Havuzun İşletme ve yapı özellikleri dikkate alınarak aylara göre m<sup>2</sup> ve kişi olarak enerji tüketim verileri Şekil-4'de verilmiştir.



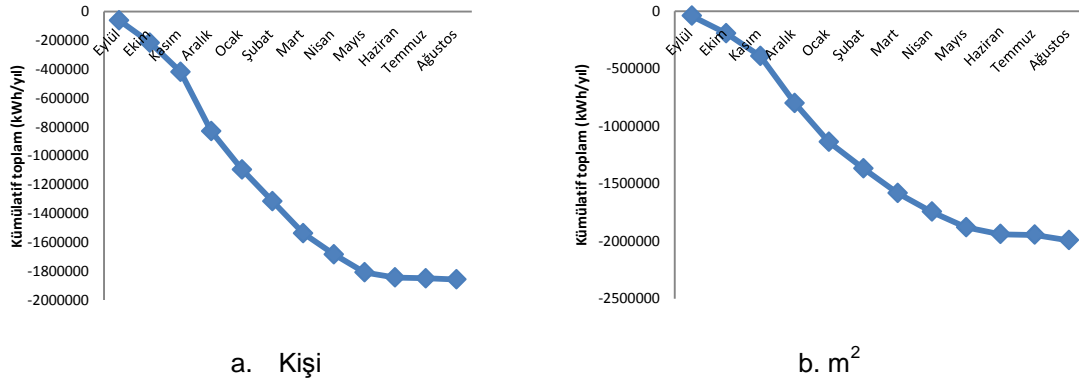
Şekil 5. Havuzun kişi ve m<sup>2</sup> enerji tüketim ve maliyet analizleri

Havuzun enerji ihtiyaçları yaz ve kış şartları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kış şartları için (Ekim-Mart Dönemi) birim tüketim 38,17 kWh/kişi, 26,22 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Yaz şartları için bu değerler; (Nisan- Eylül Dönemi) 21,85 kWh/kişi, 14,45 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Bu tüketim değerlendirmelerine bağlı olarak kişi ve m<sup>2</sup> standart, hedef tüketim ve tasarruflar Şekil-5'de verilmiştir.



Şekil 6. Havuzun kişi ve m<sup>2</sup> kullanımına bağlı standart ve hedef tüketimleri ile enerji tasarruf potansiyeli

Kişi başı analizler işletmeler için işletim maliyetlerinin değerlendirilmesi yönüyle önemlidir. Bu açıdan havuzda toplam kişi başı tasarruf miktarı ortalama %51,86 bulunmuştur. Tüketim yüklerine göre en yüksek tasarruf oranı %86,82 ile Aralık ayında, en düşük tasarruf ise %3,43 ile Temmuz ayında hesaplanmıştır. Havuzun m<sup>2</sup> kullanım değerlerine bağlı enerji tüketim tasarruf potansiyeli %56,22'dir. Bu değerlendirmelere göre en düşük tasarruf %3,98 ile eylül ayı, en yüksek tasarruf ise %86,01 ile Aralık ayı tespit edilmiştir. Havuzda toplam tasarruf potansiyeli yukarıda olduğu gibi iki boyutta ele alınmıştır. Buna göre m<sup>2</sup> tüketimler için toplam enerji tüketimlerine göre kümülatif toplam değerler grafiği oluşturmuş toplam tasarruf potansiyeli hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 7'da verilmiştir.



Şekil-7. Yüzme havuzunun m<sup>2</sup> ve kişi kullanımı Kümülatif Toplam Değerler (CUSUM) grafiği

Havuzun kişi kullanımı için kümülatif toplamda toplam tasarruf edilebilecek enerji miktarı 11858143,58 kWh/yıl ile toplam tasarruf miktarı %60,09 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 431257,76 TL/yıl yıllık enerji tüketim maliyetinde yıllık kümülatif olarak % 56,59 ile 244043,76 TL/yıl bir tasarruf potansiyelin ifade etmektedir. Havuzun m<sup>2</sup> kullanımı için kümülatif toplamda toplam tasarruf edilebilecek enerji miktarı 1992807,05 kWh/yıl ile toplam tasarruf miktarı %64,44 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 431257,76 TL/yıl yıllık enerji tüketim maliyetinde yıllık kümülatif olarak % 61,49 ile 265171,16 TL/yıl bir tasarruf potansiyelin ifade etmektedir. Tüm bu değerlendirmeler havuzun kümülatif toplamda %60'lar seviyesinde bir tasarruf potansiyelini göstermektedir.

## SONUÇ

Bu çalışma enerji yoğun kullanan yüzme havuzlarında enerjinin verimli kullanımı ve enerji yönetimi çalışmalarına katkı verecek rehber bir çalışma olarak planlanmıştır. Çalışma bu yönüyle Türkiye'de etkinlikleri hızla artan yüzme havuzların da bir enerji yönetim sistemi ihtiyacını göstermektedir. Farklı derece gün bölgelerine karşın iki havuzda elde edilen spesifik sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Ankara ve Bursa illeri için havuzların yıllık toplam tüketimleri sırasıyla 268,22 TEP/yıl ve 263,56 TEP/yıl olarak gerçekleşmiştir.
- Her iki havuz için hedef tüketimlere bağlı kümülatif tasarruf miktarları ;
  - Havuz 1 ve 2 için m<sup>2</sup> tasarruf potansiyelleri sırasıyla %55,02 ile %64,44
  - Kişi tasarruf potansiyelleri ise sırasıyla %21,95 ve %60,09 bulunmuştur. Enerji maliyetleri değerlendirildiğinde hedef tüketimlere göre tasarruflar;
  - m<sup>2</sup> birinci havuzda %21,95 iken ikinci havuzda %61,46,
  - Kişi referans alındığında birinci havuz için %20,64 ile %56,59'luk bir tasarruf öne çıkmıştır.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde havuz 1'çini enerji tasarruf ve maliyet analizlerinde doğal gaz tüketimine bağlı tüketim kayıplarının fazlalığı, Havuz 2 için ise elektrik tüketim kayıplarının fazlalığı dikkat çekmektedir. Bu özellikle saha çalışmalarında ve detay etütlerinde çalışma alanları yönüyle önemlidir.



c. Havuzlarda özellikle enerji tüketimi yönüyle su sıcaklığı ve suyun kalite yönetimi önem kazanmaktadır. Örneğin Havuz 2'de havuz derinliğinin 3 m olması enerji tüketimin ve kayıplarını olumsuz etkilemektedir. Benzer değerlendirme Havuz 1'de yoğun kimyasal kullanımı ve deşarj benzer etkiyle enerji tüketimini olumsuz arttırmaktadır.

Tüm Bu değerlendirmeler sonuçlar bina sektörü yönüyle önemli bir potansiyel olmaya başlayan havuz uygulamalarında enerji yönetim ihtiyacını vurgulamaktadır. Yapılan bu ön etüt çalışmaları da havuzlarda sürdürülebilir enerji yönetimi için ön koşuldur. Bu çalışmalar ileri etütler ve smart grid uygulamalarla desteklenmelidir. Bu çalışma da gösterdiği gibi, havuzlarda etkin enerji yönetimi için bir aksiyon planının gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] ÇOBAN M., KÜÇÜK H. ve GÜNDÜZ M. “Kapalı Yüzme Havuzlarında Ortam Neminin Azaltılması ve Isı Geri Kazanımının İncelenmesi”, Tesisat Mühendisliği - Sayı 127 - Ocak/Şubat 2012, Sayfa 52-60
- [2] İŞBİLİN İ., “Kapalı Yüzme Havuzları Klima ve Nem Alma Tesisatları”, II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sergisi Teskon-95,1995 İzmir, Bildiriler kitabı sayfa 919-949
- [3] ARICI M., SEÇİLMİŞ M. “Kapalı Yüzme Havuzlarının Nem Kontrolü ve Ekonomik Olarak İklimlendirilmesi, VII Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Teskon-2005, İzmir, Bildiriler kitabı sayfa 477-485
- [4] SEDAC “Energy Smart Tıps For Swimming Pools” Smart Energy Design Assistance Center(Ağustos 2014)
- [5] <http://smartenergy.illinois.edu/pdf/Pool%20Niche%20Market%20Report%20FINAL%20-%202005.02.2011.pdf>
- [6] KEDİCİ Ö., Enerji Yönetimi, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Kaynakları Etüd Dairesi Başkanlığı, 1993
- [7] SÖĞÜT Z, Binalarda Enerji Taraması ve Örnek Uygulama, Savunma Bilimleri Dergisi, No.8, S.1, Sf.127, 2009
- [8] SÖĞÜT Z., Sanayi Sektöründe Enerji Taramasının Etkisi ve Örnek Uygulama, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, No. 10, Sf. 151-162, 2006
- [9] SÖĞÜT Z., Çimento Fabrikasında Enerji Taraması ve Üretim Hattı Isı Proseslerinde Enerji ve Ekserji Analizi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sf 69-70, 2005.

## ÖZGEÇMİŞ

### M. Ziya SÖĞÜT

2005 yılında Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden Makine Mühendisliği yüksek lisans programını, 2009 yılında aynı enstitünün Makine Mühendisliği doktora programını tamamlayıp doktor unvanını almış, 2009 yılında yardımcı doçentlik kadrosuna atanmış ve 2013 yılında Makine Mühendisliği Enerji Teknolojileri dalında doçentlik unvanını almıştır. Halen Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde, Piri Reis Üniversitesi Denizcilik Fakültesinde Misafir Öğretim elemanı olarak Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora dersleri vermektedir. Ayrıca Sertifikalı Bina enerji yöneticisi, Enerji Verimliliği Derneği Bursa Şubesi Yönetim Kurulu Üyeliği, Ulusal ve uluslararası bilimsel dergilerde hakemlik görevlerine devam etmektedir. Enerji, Ekserji, Eksergoekonomik Analizler ve Optimizasyon, Isı Geri Kazanımı, Yenilenebilir Enerjiler ve Uygulamaları, Enerji Yönetimi, Soğutma Teknolojileri ve Uygulamaları, Çevre Teknolojileri ve Analizleri konularında proje ve çalışmaları vardır.

**Mehmet ÖZCAN**

1985 yılında Gazi Üniversitesinden Teknik Öğretmen olarak Mezun olmuştur. 1986 yılında Türk Silahlı kuvvetlerde Öğretmen Subay olarak çalışmaya başlamıştır. Balıkesir Astsb. MYO, Ankara TSK Spor Okulu ve Eğitim Merkezi Komutanlığında TSK FYDT Mrk. Amiri olarak görev yapmıştır. Halen TSK Spor Okulu ve Eğitim Merkezi Komutanlığı'nda Öğretim Başkanı olarak görev yapmaktadır. Ayrıca Sertifikalı Enerji Yöneticisi ve İş Güvenliği Uzmanıdır. Tesisat Teknolojileri, Enerji ve Uygulamaları, Enerji Yönetimi, Soğutma Teknolojileri ve Uygulamaları akademik ilgi alanlarıdır.

**T. Hikmet KARAKOÇ**

T. Hikmet Karakoç, Anadolu Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi'nde profesör olarak görev yapmaktadır. Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç, yüksek lisans ve doktora derecelerini sırasıyla 1983 ve 1987 yıllarında almıştır. Prof. Dr. Karakoç; ulusal ve uluslararası pek çok dergide yayınlanmış makale kaleme almış olmasının yanı sıra çok sayıda kitap da yazmıştır. Yazarın çalışma alanları arasında; Havacılık, Yakıtlar ve Yanma, Gaz Türbinli Motorlar, Enerji ve Enerji Ekonomisi, Yalıtım ve Tesisat konuları bulunmaktadır. .

