

## BEA Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Isıtma, havalandırma ve hava koşullandırma mühendisleri, en basitinden en ayrıntılına çok çeşitli Bina Enerji Analizi yöntemlerini kullanabilir. En basit yöntemler, çok sayıda veriyi basite indirgediklerinden kesinlikten en uzak yöntemlerdir. En incelikli yöntemler kesin verilere dayandığından en kesin sonuçları verir. BEA yöntemleri genel olarak üçe ayrılır:

- Tek Ölçümlü Yöntemler (Örnek: Eşdeğer Tam Yük Saatleri)*
- Basitleştirilmiş Çok Ölçümlü Yöntemler (Örnek: Sıcaklık Aralığı Belirleme -Bidon Yöntemi)*
- Ayrıntılı Çok Ölçümlü Yöntemler (Örnek: Her Saat Başı)*

İlk iki kategorideki yöntemler, hızlı ve temel bir enerji tahmini sağlamak gibi yararlı bir işleve sahiptir ama basitleştirme yüzünden kesinlikten uzaktır. Aşağıda her yöntem ayrı ayrı ele alınacak, ama esas olarak saat başı analiz yöntemi üzerinde durulacaktır.

### Tek Ölçümlü Yöntemler

Bu yöntemde yıllık ya da mevsimsel enerji kullanımı gibi tek bir enerji kullanımı değeri hesaplanır. Sözelimi Hava Sıcaklığı-Gün Yönteminde, yıllık ya da mevsimsel enerji kullanımını belirlemek için, bir gün-sıcaklık derecesi değeriyle yük ve verim değerini birleştirir. Bir başkası, Eşdeğer Tam Yük Saati Yöntemi, yıllık enerji kullanımını hesaplamak için tam yük kapasitesi, tam yük verimi ve eşdeğer tam yük saatlerini birleştirir. Her iki durumda da son derece genel varsayımlardan yola çıktığı için bu yöntemler yeterince kesin ve güvenilir değildir.

### Basitleştirilmiş Çok Ölçümlü Yöntemler

Bu yöntemler kapsamında, enerji kullanımı hesaplamaları birkaç farklı koşul dikkate alınarak yapılır. Sıcaklık Aralığı Belirleme'de (Bidon Yöntemi) enerji kullanımı, bir dizi dış hava kuru termometre sıcaklığına göre hesaplanır. Daha sonra her kuru termometre sıcaklığının yılda kaç saat için geçerli olacağı hesaplanarak yıllık enerji kullanımı tahmin edilir.

Sözelimi, 45°F ile 50°F (7,22-10°C) arasındaki sıcaklıkları göstermek için 47°F (8,3°C) değeri kullanılır ve buna "bidon" denir. Bina yükleri ve cihazların enerji kullanımı önce 47°F bidonu için hesaplanır. Sonra bu bidon için yıllık enerji kullanımı belirlemek için 45°F ile 50°F arasında olması beklenen sıcaklıkların bir yılda kaç saat olacağı bulunur ve bu sayı enerji sonuçları ile çarpılır. Aynı işlem tüm sıcaklık bidonları için yapılır ve toplam yıllık enerji kullanımını bulmak için hepsi toplanır.

Sıcaklık Aralığı Belirleme (Bidon Yöntemi), basit tek ölçümle yöntemine göre bir ilerleme sayılabilir ama onun da önemli bir eksiği vardır. Bu da, hava koşulları, yükler ve sistem çalışmasını zamandan ayrı olarak düşünmesinden kaynaklanır. Örnek vermek gerekirse, dış hava kuru termometre sıcaklığının 45°F ile 50°F arasında değiştiği 47°F bidonundaki saatlerin toplam sayısı, gün ve gecenin çeşitli saatlerinde, haftanın çeşitli günlerinde ve yılın çeşitli aylarında oluşuna bakılmaksızın toplanır. Çok çeşitli zamanlardaki bu enerji kullanımı için tek bir hesaplama yöntemine başvurulması ile, aşağıdaki noktalar dikkate alınmamış olur:

- Güneş ışını ve nem koşullarının bidon sıcaklığıyla bağlantısı.*
- İç yüklerin her saat ve her gün gösterdiği değişim.*
- Binanın her saat ve her gün gösterdiği geçici ısı davranış.*
- Günün her saatindeki enerji kullanımı ve pik kullanım koşullarının gerekleri.*

Tüm bu noktaları bidon analizinin çerçevesine yerleştirebilmek için kaçınılmaz olarak ortalama değerlere dayanmak gerekir. Bu ortalama değerlerse hesaplamayı kesinlikten uzaklaştırır. Sıcaklık Aralığı Belirleme (Bidon Yöntemi); basit, başlangıç niteliğindeki enerji kullanım ve çalıştırma maliyetlerinin belirlenmesinde yararlı olabilir ama ayrıntılı ve çok ölçümlü yöntemlerin kesinlik ve inceliğine ulaşamaz.

### d) Ayrıntılı Çok Ölçümlü Yöntemler (Örnek: Her Saat Başı)

Bu yöntemde enerji hesaplamaları, her bir saat için ayrı ayrı hesaplanır. Bu nedenle yüksek kalitede enerji analizinin gerektirdiği tüm koşulları yerine getirir. Yine de farklı ayrıntılı çok ölçümlü yöntemler, biraz farklı sonuçlar verebilir ve kimi yöntem kesinliğe daha fazla yaklaşır. Bu kategori içinde iki ayrı kategoriden söz edilebilir:

- Azaltılmış Saat Başı Yöntemi*
- 8760 Saat Başı Yöntemi*

### Azaltılmış Saat Başı Yöntemi

#### Nasıl ve Neden?

Bu yöntemde genel olarak bir ayın ortalama hava koşullarının 24 saatlik bir profili çıkartılır. Enerji simülasyonları bu ortalama profile göre yapılır ve sonuçlar ayın günleriyle çarpılarak aylık toplam enerji kullanımı bulunur. Bu temelden hareket eden farklı azaltılmış saat başı yöntemleri, sonuçların kesinliğini artırmak için ölçümleri zenginleştirilebilir.

- Bina kullanım profili günlere göre değiştiğinden, kimi yöntemde bina çalışması Çarşamba, Cumartesi ve Pazar günlerine göre aylık olarak çıkartılır. Ayrıca her ayın bu üç tipik günü için ortalama bir aylık hava profili kullanılır.*
- Kimi yöntemde, binanın her gün değişen dinamiğini bulmak için her ayın yedi günü için bina profilinin simülasyonu yapılır. Burada da yedi gün için bir ortalama aylık hava profili kullanılır.*

Bu yöntemin temel ilkesi, her ayın normalden daha sıcak ve soğuk günleri için bulunacak bina ve cihaz değerlerinin, normalin üzerinde olacağı varsayımına dayanır. Bu nedenle, ortalama hava değerlerini kullanarak yapılacak birkaç günlük simülasyonlarla aylık enerji kullanımı kesin olarak bulunabilir. Bu yöntemle hesaplama süresi azaltılmış ve bilgisayar belleği ve donanımın depolama alanı zorlanmamış olur.

### 8760 Saat Başı Yöntemi

#### Nasıl ve Neden?

Bu yöntemde bina ve cihazların çalışması, birbirini izleyen günlere ve gerçek hava verilerine göre yılın 8670 saati için hesaplanır.

Buradaki temel ilke şudur: En kesin enerji ve çalışma maliyeti belirlemelerini yapabilmek için, binanın yıl içindeki gerçek çalışma deneyiminin simülasyonunun yapılması gerekir. Bu yöntemle, daha önce yüksek kalitede enerji çözümlemesi sonuçları başlığı altında belirtilen tüm zorunluluklar yerine getirilebilir. Kesin hava verileri, hava koşullarının hangi aralıkta ve hangi saatlerde değiştiğini ayrıntılarıyla dikkate alınır. Ayrıca binanın her saat ve her gün için kaç kişi tarafından kullanıldığı, aydınlatma ve cihaz kullanımı da hesaba katılır. Dahası, binanın günlük ve saat başı değişimleri ve ısıtma, havalandırma ve hava koşullandırma cihazlarının bu değişime tepkileri tüm yıl için bir simülasyon olarak elde edilir. Sonuçta enerji kullanımı miktarı ve saatine ilişkin kesin ve ayrıntılı veriler bulmak için yüksek kalitede veriler kullanılmış olur. Bütün bunlar da kesin bir çalıştırma maliyeti hesabı için gereklidir.

## Azaltılmış Saat Başı ve 8760 Saat Başı Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Azaltılmış saat başı yöntemi genellikle kesin sonuçlar vermekle birlikte, 8760 saat başı yöntemi tutarlı bir biçimde kesinlik ve güvenilirlik sağlar. Bunun beş önemli nedenini şöyle sıralayabiliriz:

### 1. Aylık Enerji Kullanımının Daha İyi Tahmin Edilmesi

Azaltılmış saat başı yönteminin temel ilkesinde, bina ve ısıtma, havalandırma ve hava koşullandırma sistemi davranışlarının ay içinde "sürekli" ve "doğrusal" olduğu varsayımına dayanmak gibi bir eksiklik vardır. Bu nedenle de kesinlikten uzaklaşılır.

Matematik anlamında "sürekli" terimi, bu bağlamda değişmez bir çalışma modunu dile getirmek için kullanılmıştır ve cihazın 24 saat sürekli çalıştığını ifade etmez. Sözelimi yaz mevsimindeki bir ayda ısıtma, havalandırma ve hava koşullandırma sistemi, hava sıcak, soğuk ya da ortalama olsa bile sürekli bir soğutma yapacak biçimde çalışıyorsa, bu çalışmanın sürekli olduğundan söz ederiz. Bu durumda sistem çalışmasının 24 saatlik ortalama hava profiline göre simule edilmesi, aylık toplam enerji kullanımının en iyi biçimde bulunmasını sağlar.

Oysa sistem, özellikle ara mevsimlerde bir yıl içinde genellikle "sürekli" aynı modda çalışmaz. Sonbaharda, sıcaklık ortalamasının üzerindeyse soğutma yapılabilir, ortalama sıcaklıklarda sistem ekonomi modunda çalışır ve sıcaklık ortalamasının altına düştüğünde ısıtma yapılabilir. Böyle bir aydaki ortalama bir gün simule edildiğinde, ya çok az bir soğutma ya da ısıtma olduğu varsayılacak ya da ortalama dışı günler dikkate alınmadığından hiçbiri söz konusu olmayacaktır.

İlmlı iklim koşullarında, yalnızca ortalamasının üzerinde bir soğuk söz konusunda olduğunda, ısıtma yapılıyorsa, bu sorun daha büyük bir önem taşıyabilir. Çünkü simülasyonda yalnızca ortalama gün kullanılmış ve böylece yıl içindeki ısıtma işlevi gözden kaçırılmış olur.

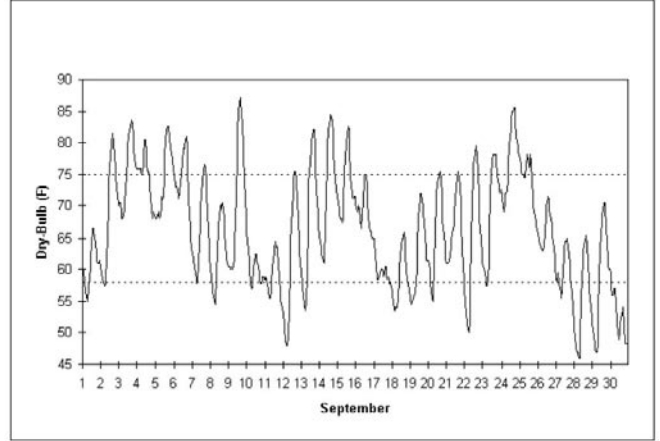
Son olarak, ortalamasının kesin sonuç vermesi için sistemin "doğrusal" bir davranış göstermesi gerekir. Sözelimi, sıcaklık ortalamasının 15°F (-9,4°C) üzerindeyken soğutma yükünde %20'lik bir artış oluyorsa ve sıcaklık ortalamasının 15°F (-9,4°C) altındayken %20'lik bir düşme oluyorsa, soğutma yüküyle dış hava sıcaklığı arasında doğru orantı var deriz. Sıcak ve soğuk günlerin ortalamasını almak, yalnızca ortalama bir günü esas almakla aynı sonucu verir. Oysa yükler, yalnızca dış hava sıcaklığına göre değişmez. Güneş ışınımı, iç yükler ve binanın saatlere ve günlere gösterdiği dinamik değişim de yükleri etkiler ve doğrusal olmayan davranışlara yol açar.

Bir başka örnek, soğutma cihazları olabilir. Kısmi yük oranında %10'luk bir düşme olduğunda cihaza giren enerji kW cinsinden %8 azalıyor, enerji girişiyle yükün doğru orantılı olduğunu söyleyebiliriz. Bu ilişki doğrusa, cihaz veriminin her ay için ortalama bir güne göre simule edilmesi, ay içindeki sıcak, soğuk ve ortalama günlerin toplamındaki cihaz verimini tam olarak belirlemede en iyi yol olduğunu söyleyebiliriz. Ama ne yazık ki cihaz davranışı da doğrusal bir yol izlemek yerine kısmi yüke, giren yoğunlaştırıcı sıcaklığına ve öteki etkenlere bağlı olarak değişir. Sonuç olarak, cihaz davranışı doğrusal değilse, ortalama bir güne dayanan yaklaşımın kesinliği azalır.

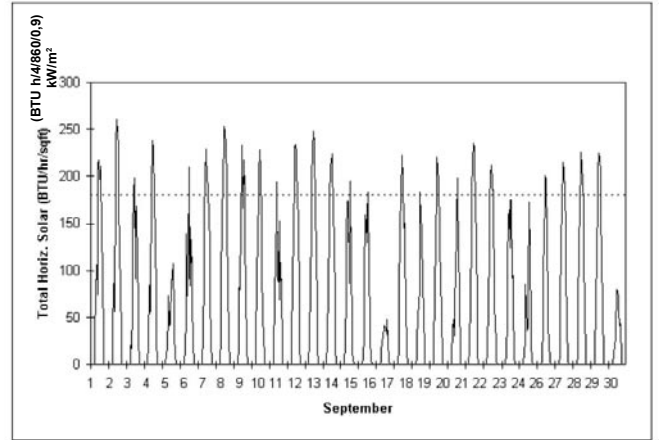
8760 saate dayanan yöntem, tüm ay için bina ve cihaz çalışmasını dikkate aldığından, bu sorunlarla karşılaşmaz. Simülasyonda gerçek hava verileri kullanılır ve bunlar tümü sıcaklık, nem ve gün ışığı açısından değişen günlerin toplamıdır.

Şekil 1 ve 2'de Chicago'da Eylül ayı için kullanılan veriler gösterilmiştir. Şekil 1'de ay içinde kuru termometre sıcaklığının nasıl değiştiği görülür. Noktalı çizgiler, azaltılmış saat başı yönteminde kullanılacak ortalama sıcaklığın en yüksek ve en düşük değerleridir. Ortalamayla gerçek hava değerlerine bakıldığında, ortalamayı temel alan simülasyon yönteminde dikkate alınan koşulların çok dışında kalan önemli sayıda saat bulunduğu anlaşılır.

Şekil 1. Chicago'da Hava/Eylül, kuru termometre



Şekil 2. Chicago'da Hava/Eylül, güneş ışığı



Aynı biçimde Şekil 2'de ay içinde güneş ışığının değişen profili çizilidir. Noktalı çizgi, azaltılmış saat başı yönteminde kullanılan ortalama gündeki maksimum güneş ışığını gösterir. Burada da, ortalama bir güne göre güneşin daha güçlü olduğu ya da daha az olduğu koşullar söz konusudur. Daha da önemlisi, Şekil 1 ve 2'deki iniş ve çıkışların karşılaştırılmasıyla, sıcak günlerin her zaman güneşli olmadığı, soğuk günlerin de her zaman kapalı olmadığı anlaşılır. Bu şekillerde görülen farklı sıcak, soğuk, güneşli, bulutlu günler ve aradaki durumlar derlemesi, gerçek hava verilerinin ne kadar karmaşık olduğunu ve bina yüklerinin yalnızca dış hava koşullarıyla doğru orantılı olmadığını ortaya koyar.

Her ay içinde görülebilecek çeşitli hava koşullarını dikkate alan 8760 saat yöntemi, o ay için çeşitli ve gerçekçi bir soğutma ve ısıtma yükü belirlemeyi sağlar. Ayrıca ayın tüm günleri simule edildiğinden, cihaz çalışmasını etkileyen uygun etkenler dikkate alınmış olur. "Sürekli" ya da "doğrusal" davranış gibi bir varsayım söz konusu olmadığından, aylık enerji kullanımı oldukça kesin bir biçimde belirlenebilir.

## 2. Yüksek Kalitede Sistem Karşılaştırması

1.maddede tartışılanlar, yalnızca aylık enerji tahminlerinin kesinliğini etkilemekle kalmaz, kaliteli sistem karşılaştırmaları yapılabilmesini de sağlar. Çünkü çeşitli sistem tasarım seçeneklerinin birçoğu sürekli olmayan ve doğrusallıktan uzak bir davranış sergiler.

“Sürekli olmayış”, çalışmanın tutarlılık göstermemesi demektir. Bir başka deyişle, bir ay boyunca sürekli çalışan bir cihazı değil, arada bir duran ve yeniden başlayan bir çalışmayı anlatır. “Doğrusal olmayış” ise, yükte ya da dış hava sıcaklığıyla cihaz çalışması arasında, 1. maddede belirtildiği gibi doğru orantı olmadığı gerçeğini anlatmak için kullanılır.

Bu sorunu açıklamak için, dış hava sıcaklığı ekonomizer bulunan ve bulunmayan sistemleri karşılaştırabiliriz. Bu tür bir ekonomizer kontrolü bulunan sistemde, dış hava sıcaklığı besleme havası sıcaklığının altına düştüğünde ekonomizer damperi açılır. O zaman sistem hemen dış havayı kullanarak soğutma yapabilir ve böylece mekanik soğutma kapanır. Bu örnekte besleme hava sıcaklığının 57°F (13,9°C) olduğunu ve Şekil 1’deki hava verileri için sistemin nasıl çalışacağını simule ettiğimizi varsayalım. Bu şekildeki noktali çizgiler, o ayın ortalama hava sıcaklığının alt ve üst sınırlarını gösterir. Bu ortalama hava profili 58°F (14,4°C) ile 75°F (23,9°C) arasında değiştiği için, azaltılmış saat başı yöntemiyle yapılacak bir simülasyon, Eylül ayı içinde ekonomizer damperinin açıldığı bir durumu dikkate alamayacak ve enerji harcamadan soğutma yapma olasılığını hesaba katmamış olacaktır. Oysa 8760 saat yöntemi kullanıldığında, o ay için kullanılacak sıcaklık profilleri, sıcaklık 57°F’in altına düştüğü 13 gün içindeki 119 saati hesaba katacaktır. Bu sırada soğutma yükü varsa, ekonomizer devreye girerek enerji kullanılmadan soğutma sağlayacaktır. Burada ekonomizer sürekli bir çalışma içinde olmadığından, belli koşullara göre devreye girip çıktığından, azaltılmış saat başı yöntemi bu çalışmayı dikkate almamış olacaktır. Sonuç olarak bu örnekte azaltılmış saat başı yöntemi, ekonomizerin sağlayacağı enerji tasarrufunu hesaba katamamıştır.

Aynı durum, sürekli olmayan, duruma göre açılıp kapanan öteki sistem parçaları ve kontrol düzenekleri için de geçerlidir. Örnek olarak havalandırma ısı geri kazanımı, besleme havası yeniden ayarı, nem kontrolü, soğutma kulesi fan çevrimi ve soğutucu ağlarının yüklenmesi ve yükten arınması gösterilebilir.

## 3. Daha Kesin Yük Saptaması

8760 saat başı yönteminin tüm yıl için binanın ısıl etkinliğini günlük olarak simule edebilmesi, günlük dinamik yük davranışını doğru olarak hesaba katabilmesini sağlar. Böylece yük profili daha büyük bir kesinlikle belirlenir ve enerji kullanımı hesabı daha büyük bir kesinlikle yapılır.

Örnek olarak, yaz ayında bir Pazartesi sabahını düşünelim. Hafta sonunda binada biriken ısı nedeniyle, soğutma yükü öteki günlerden daha fazla olacak ve elektrik harcaması da buna göre değişecektir.

Azaltılmış saat başı yönteminde haftanın birbirini izleyen tüm günleri için çalışma koşulları çıkarmak yerine, her gün tek başına ele alınır. O zaman da binanın günlük dinamiği hesaba katılmaz ve bina yükü saptaması basite indirgenmiş olur. Her ay peşpeşe yedi günü dikkate alan azaltılmış saat başı yöntemi uygulamaları, her gün için aynı ortalama hava sıcaklığını kullandığı için gerçekçi sonuçlara ulaşamaz.

## 4. Enerji Kullanım Saatlerinin Daha Kaliteli Bir Biçimde Belirlenmesi

Hava koşulları ve cihazların çalışma koşulları değiştiği ve binanın ısı iletimi dinamik bir nitelik taşıdığı için, 8760 saat yöntemi enerji kullanımı verilerini hem daha kesin olarak saptar, hem de günün ve haftanın hangi saat ve günlerinde ne kadar enerji kullanıldığını belirler. Enerji fiyatları günün saatlerine göre değiştiğinden, bu bilgi kesin çalışma maliyetlerinin belirlenmesinde önem taşır.

## 5. Enerji Talebinin En Yüksek Olduğu Sürelerin Daha Büyük Bir Kesinlikle Belirlenmesi

Son olarak, bir ay içinde binanın hava ve cihaz çalışma koşullarının tam olarak dikkate alınmasını sağlayan 8760 saat yöntemi, enerji talebinin en yüksek olduğu sürelerin de daha büyük bir kesinlikle belirlenmesine izin verir. Kullanılan enerji miktarından çok, enerjinin en çok tüketilen saatlerde kullanılması, maliyeti artıran bir etki yaratabilir. Oysa azaltılmış saat başı yönteminde çoğunlukla bu talebin ortalama bir güne dayanarak belirlenmesi gerekir ve böylece talebe bağlı olarak artabilecek maliyet dikkate alınmamış olur. Bu şemaya sıcak ve soğuk günlerin sıcaklık profiline eklenmesi, hesapları biraz daha kesinlik getirebilir. Yine de talebin yalnızca dış hava sıcaklığına bağlı olmadığını anlamak önemlidir. Güneş ışıması, iç yükler, bina kullanım profilleri ve günlük bina dinamikleri de önemli bir rol oynar. 8760 saat yöntemi, tüm bu etkenleri dikkate alan tek uygulamadır.

Azaltılmış saat başı yöntemi, yüksek kalitede enerji tahminleri yapılmasında gerekli olan birçok etkeni dikkate almakla birlikte, çeşitli eksiklikleri nedeniyle kesinliğe ulaşamaz. 8760 yöntemi daha ayrıntılı ve kapsamlı bir bina simülasyonu yapabildiği için, kesin ve güvenilir enerji tahminleri yapılabilmesini sağlar.

## Sonuç

Bu yazıda 8760 saat yönteminin bina enerji analizinde sağladığı yararları ele aldık. Bu yöntem yeni değildir. Bu yöntemi kullanan bilgisayar programları otuz yıldır piyasadadır. Ama bu programların çoğu daha çok araştırma amaçlı merkezi işlem birimlerinde geliştirildiği için, 8760 yönteminin karmaşık, güç ve uygulamaya elverişsiz olduğu gibi bir kanı uyanmıştır. Bu sorunların, 8760 yönteminin kendisinden değil, uygulamasından kaynaklandığını bilmek gerekir. 8760 yönteminin iyi tasarlanmış ve iyi belgelenmiş bir mikrobilgisayar programıyla uygulandığında, kolaylıkla öğrenilebildiği ve azaltılmış saat başı programı kadar kolaylıkla kullanılabilirliği görülecektir.

Carrier, Saat Başı Analiz Programı’nı geliştirirken, ısıtma, havalandırma ve hava koşullandırma yazılımı alanındaki yirmi yıllık deneyimine dayanarak kaliteli ve kolay kullanılabilir 8760 saatlik bir enerji analizi aracı üretmeye çalıştı. Program 8760 saat yönteminin yararlarını en yüksek noktaya ulaştırırken, bu yöntemden kaynaklandığı düşünülen maliyetleri en aza indiriyor, dahası ortadan kaldırıyor.