

İYTE KAMPÜS YERLEŞKESİNDE BİNALARIN ENERJİ PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRMESİ: ENERJİ DENETİMİ İLE İLGİLİ ÖNERİLER

Başak GÜÇYETER

ÖZET

Günümüzde mevcut binaların enerji performanslarının saptanabilmesi ve gereken kısıtlayıcı önlemlerin alınması ile ilgili çalışmalar giderek ivme kazanmaktadır. Bu genel çerçeve kapsamında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü kampüs yerleşkesinde bulunan altı bina enerji performansları açısından değerlendirilmiştir. Bir ön çalışma niteliğinde olan bu değerlendirmede binaların yapısal özellikleri ve geçmiş 12-48 aylık dönemlerdeki enerji (elektrik ve yakıt) tüketim verileri üzerinden bu altı binanın enerji performanslarının incelenmesi amaçlanmaktadır. Diğer yandan enerji denetimi kavramının tanımlanması ve bu denetimlerin gerçekleştirilebilmesi için ne tür verilerin elde edilmesi gerektiğinin özetlendiği çalışmada yapıların enerji tüketim davranışlarını izleyebilmek için yapılacak çalışmalarda uygulanacak yöntemlerin, yapıların fiziksel şartları ile ilişkisi ve bu ilişkilerin mevcut binalarda ve yeni tasarımlarda hangi kriterler üzerine kurgulanması gerektiğini saptamaya yönelik öneriler içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji denetimi, binalarda enerji performansı, bina fiziksel özellikleri.

ABSTRACT

Today, there is an important acceleration in the research area on determination of energy performance of existing buildings and implementation of necessary consumption decreasing measures. In this framework, six buildings in IYTE campus area were subjected to an energy audit/performance evaluation. As a prior study, this research aims to investigate the physical properties and consumption patterns (electricity and fuel) of the last 12 to 48 months period of these six buildings. On the other hand, the article focuses on defining the energy audit concept and the set of data that has to be examined to conduct an audit, where the methods that will be applied throughout the audit is in direct relationship with the physical characteristics of the building. The research suggests to determine the set of criteria on which the energy audit is in direct relationship with the physical characteristics of both existing buildings and the new designs.

Key Words: Energy audit, energy performance of buildings, physical properties of buildings.

1. GİRİŞ

Günümüzde binaların enerji performanslarının çalışmaları, enerji verimliliği konsepti ile doğrudan ilişki içinde bulunan bir çalışma alanıdır. Dünyada tüketilen toplam enerjinin yaklaşık yüzde 40'lık bir oranı binalarda ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve teçhizat için kullanılmaktadır. Özellikle fosil yakıtlar üzerine kurgulanmış olan bu enerji tüketim davranışı, mevcut enerji kaynaklarının giderek azalmasına, azalan kaynaklar dolayısıyla enerji fiyatlarının sürekli artışına ve diğer üretim alanlarında

kullanılabilecek enerji rezervinin geri dönüşü olmaksızın tüketilmesine sebep olmaktadır. Bu bilinçsiz tüketimin önüne geçilmesi gerekliliği ilk olarak 1973 yılında yaşanan enerji krizi ile dünya gündeminde yer bulmuştur. Daha sonraki yıllarda enerji tüketimi vurgusu doğanın dengesinin korunması söylemi ile de birleşerek daha etkili bir hal almaya başlamıştır. Dolayısıyla yapılarda %40 civarında olan enerji tüketiminin indirgenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının bina sistemlerine entegre edilmesi, yapı kabuklarında izolasyonun yeterli seviyelerde uygulanması ile ısıtma yükü üzerinden enerji tüketiminin indirgenmesi, gün ışığından faydalanmanın optimum düzeye taşınması, doğal havalandırmanın yapı bünyesinde kurgulanması gibi müdahalelerle yapıların tükettiği enerji miktarının azaltılması günümüz mühendislik ve mimarlık disiplinlerinde detaylı incelenen çalışma alanları olmaya başlamıştır [1].

Yapıların enerji performanslarının izlenebilmesi, iyileştirilmesi gibi konular tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de güncellenen bir çalışma alanı halini almaktadır. Son dönemde yapı stoğu tarafından tüketilen enerjinin kontrol edilebilmesi ve indirgenebilmesine artan ilgi, yeni tasarımlarda iklim bilinçli yapı tasarımını gündeme getirdiği kadar, mevcut yapılar için de iyileştirme, verimlilik artırma çalışmalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede bir değerlendirme yapıldığında ülkemizde özellikle 2000 yılı öncesi inşa edilmiş yapılarda gözlenen ortak özellik, büyük çoğunluğunun kabuk kurgusunda ısı ve nem izolasyonu bulunmadığına işaret eder. Dolayısıyla bu dönemden önceki yapılar ısı izolasyonu kullanılan yapılara göre daha fazla enerji tüketmektedir ve gereken iyileştirmelerin yapılması da sistematik bir metoda göre kurgulanmalıdır.

Özellikle bu noktada mevcut yapıların enerji tüketiminin izlenebilmesi, herhangi bir iyileştirme çalışmasının gerekliliği ya da seviyesi konusunda önemli rol oynamaktadır. Mevcut durumda binanın enerji tüketim davranış modelini kurgulayabilmek önem taşımaktadır. Bu çalışmada, mevcut binaların enerji denetimlerinin nasıl ve hangi durumlarda hangi detay seviyesinde yapılması gerekliliği özetlenmektedir. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü kampüs yerleşkesinde bulunan 6 adet yapıda gerçekleştirilen genel enerji denetimi çalışmasının sonuçları karşılaştırmalı olarak anlatılmaktadır. Enerji verimliliği çalışmalarının ilk adımı olan mevcut binaların enerji denetiminin (genel ya da detaylı) yapılabilmesi için binaların mekânsal, bina kabuğu ve tesisat sistemleri ile ilgili ne gibi özellikler taşıması gerektiğinin yorumu bu karşılaştırmalı inceleme sonucunda ortaya çıkmıştır.

2. BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSININ DENETLENMESİ

Türkiye’de 2 Mayıs 2007’de Resmi Gazete’de yayınlanan Enerji Verimliliği Kanunu ve Aralık 2005’te yayınlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile bina enerji performans değerlendirmeleri, verimliliğin artırılmasını amaçlayan iyileştirme çalışmaları ivme kazanmaya başlamıştır. Bu konuda uygulamaları desteklemek amacı ile yöntemler geliştirilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Bir yapıda başlatılacak enerji etkin iyileştirme çalışmasının ilk etabı mutlaka mevcut durumun enerji performans denetiminin yapılması olmalıdır [2, 3].

Enerji denetimi kavramı genellikle bir yapıda enerji tüketimi ile ilgili tüm mevcut durum verilerinin değerlendirilmesi olarak özetlenebilir. Daha geniş çerçevede tanımlamak gerekirse, enerji denetimi bir sistemin, yapının ya da yerleşkenin enerji tüketim davranışının belirlenebilmesi için gerekli verilerin toplanması ve analiz edilmesidir.

Enerji denetim çalışmaları enerji tasarrufuna yönelik iyileştirme çalışmalarının başlatılabilmesi için mevcut durumun tespitini ortaya koyabilmek amacıyla yapılır. İyileştirmenin gerekliliği ya da seviyesinin saptanabilmesine olanak sağlayan bu çalışmanın bütüncül bir bakış açısıyla yapılması gerekmektedir [4].

Enerji denetimi çalışmaları her tür bina için farklı detay seviyelerinde gerçekleştirilebilir. Bu detay seviyesi genellikle hedeflenen sonuç verimlilik seviyesine göre kurgulanabilir. Enerji performans denetim çalışmaları aşağıdaki detay seviyelerinde olabilir:

1. Genel Enerji Denetimi: Genellikle yapısal özelliklerin tespiti ve geçmiş yıllara ait enerji tüketim verilerinin toplanması ile hızlı bir bakış açısı oluşturmaya yarayan basit enerji denetimidir. Genel problem alanlarının saptanmasından öte, hızlı bir durum tespiti yapmaya yarayan bu tip enerji

denetiminin sonuçlarına göre daha detaylı bir enerji denetiminin gerekliliği ortaya çıkabilir, ya da basit önlemler alınarak maliyet ve enerji tüketimini azaltan basit çözümler geliştirilebilir.

2. Detaylı Enerji Denetimi: Binanın her farklı servis özelliği (ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve teçhizat kullanımı) için ayrı ayrı enerji tüketimini belirlemeye yarayan, mevsimsel periyotlarda enerji tüketim davranış biçimlerini inceleyen, iklim verileri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirme yapmaya olanak sağlayan enerji denetimi biçimidir. Genellikle en az bir yıl boyunca sürdürülen bu tip enerji denetimi ölçüm tabanlıdır. İç mekan sıcaklık, bağıl nem değerleri, haftalık yakıt tüketimi, günlük/haftalık elektrik enerjisi tüketimi, baca gazı ölçümleri, yüzey sıcaklık ölçümleri gibi nicel değerlerin toplanması ve analitik hesaplamalar yöntemi ile yorumlanması sonucu yapının enerji tüketim profili ortaya koyulabilir. Bu tip enerji denetiminin sonucunda problemler tespit edilebilir ve gereken iyileştirme ve bu iyileştirmenin seviyesi belirlenebilir [4, 5].

Türkiye şartları göz önüne alındığında binaların tasarım ve inşaa aşamalarında ortaya çıkan orta/düşük kalite uygulamaların kullanım sürecinde ciddi miktarda enerji tüketimi/kaybına yol açtığını söylemek mümkündür. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları TS 825 ancak 2000 yılının Haziran ayında yürürlüğe girerek bağlayıcı hale gelmiştir, bu tarihten önceki birçok binada ısı yalıtımı bulunmamaktadır. Düşük kalite işçilik ile birleşen bu durum, kullanıcıların iç mekan ısı konfor algısını normal seviyelerde tutabilmek için daha fazla enerji tüketmeye eğilim göstermelerini kaçınılmaz hale getirmektedir. Isı kayıp ve kazançlarının büyük kısmı, tasarım aşamasında binaların yanlış yönlendirilmesinden ve uygulama aşamasında yanlış detaylandırılan yapı kabuğundan kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla Türkiye’de kullanımda olan yapı stoğunun büyük bir bölümü tasarım anında öngörülenden çok daha fazla enerji tüketmektedir ve bu durumun önlenmesi ancak mevcut yapılarda gerekli iyileştirmelerin yapılması ile sağlanabilir [6].

Gerekli iyileştirmelerin saptanabilmesi için binanın mevcut durumda enerji denetiminin yapılması önem kazanmaktadır. Basit enerji denetimi yöntemi ile, metrekaşe başına harcanan enerji miktarı üzerinden, binanın iyileştirmeye ihtiyacı olup olmadığı saptanabilir. Detaylı enerji denetiminin yapılmasından önce basit enerji denetimi yapılarak genel durum tespiti yapılabilir. Detaylı denetim için yapının fiziksel yeterliliği bu süreçte en önemli kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Detaylı enerji denetiminin temeli sürekli ve doğruluğu yüksek ölçüm yapılabilmesidir. Mevcut binalarda bu özelliklerin araştırılması ve iyileştirilmesi de önem taşımaktadır.

3. ALTI İYTE KAMPÜS BİNASINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN GENEL ENERJİ DENETİMİ

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kampüs yapılarından altı tanesinde yürütülen genel enerji denetimi çalışmasında ana amaç belirli döneme ait yapıların genel durumunu ortaya koymaktır. Bu yapıların seçilmesinde en önemli kriter ağırlıklı olarak ofis işlevlerine sahip olmalarıdır. Böylelikle derslik, laboratuvar gibi geniş hacimlerin enerji tüketimindeki rolü kapsam dışı bırakılmıştır. Bu binalar sırasıyla:

- Mimarlık Fakültesi C Blok Binası
- Çevre ArGe Binası
- Fen Fakültesi A Blok Binası
- Rektörlük Binası
- Rektörlük İdari Bina
- Sağlık Kültür Spor Daire Başkanlığı Binası’dır.

3.1. Binaların Yapısal Özelliklerinin ve Enerji Tüketim Davranışlarının İncelenmesi

3.1.1. Mimarlık Fakültesi C Blok Binası

İYTE Kampüs sınırları içinde üst kısımlarda konumlanmış olan bina (Şekil 1) ile ilgili genel bilgiler Tablo 1’de verilmiştir. Bina ana aksı doğu-batı aksında olup kuzey ile saat yönünde 11° açı yapmaktadır. Bu yönlenme özelliğine göre ana ofis işlevleri daha geniş olan doğu ve batı cephelerinde bulunmaktadır.

Özellikle yaz aylarında doğu yönlenmeli ofisler sabahtan öğlene kadar, batı yönlenmeli ofisler de öğleden sonra ışınımsal ısınma etkisinde kalmaktadır. Dolayısıyla yapının soğutma yüklerinin yüksek olacağını söylemek mümkündür.

Yapı betonarme olup taşıyıcı olmayan dış duvar kurgusu tek katmandan oluşmaktadır ve malzemesi pres tuğladır. Dış duvarların iç ve dış yüzeylerinde sıva uygulaması bulunmamaktadır. Yapı kabuğunda ısı izolasyonu bulunmamaktadır.

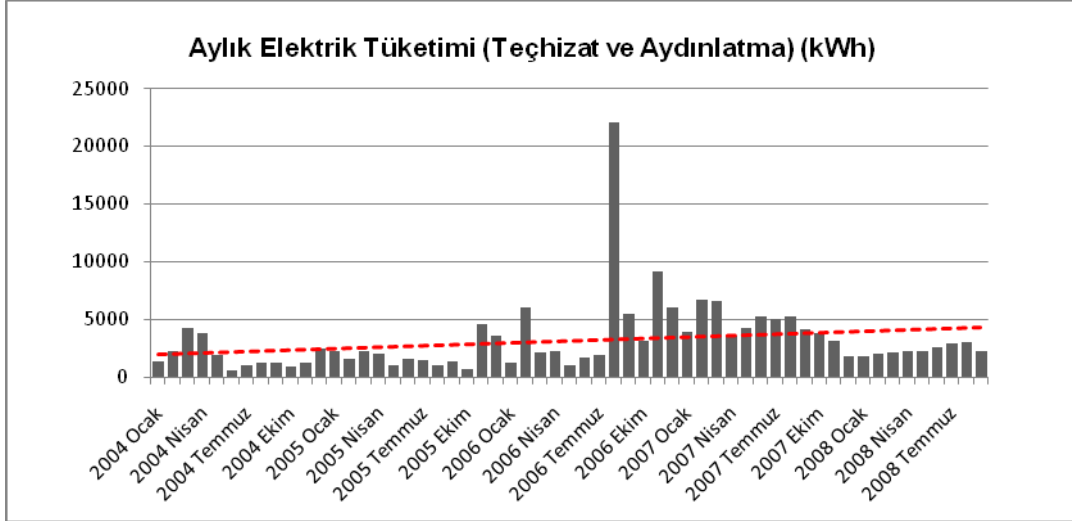
Yapı iki katlı olup tüm ofisler akademik personel tarafından ofis olarak kullanılmaktadır. Ancak bina, 2005 Kasım depreminde Mimarlık Fakültesinin bazı binalarının hasar görmesi sebebiyle bu tarihten Ocak 2007'ye kadar ofis başına 2 ila 4 kişi tarafından kullanılmıştır.



Şekil 1. Mimarlık Fakültesi C Blok Binası'nın Hava Fotoğrafı ve Görünüşü.

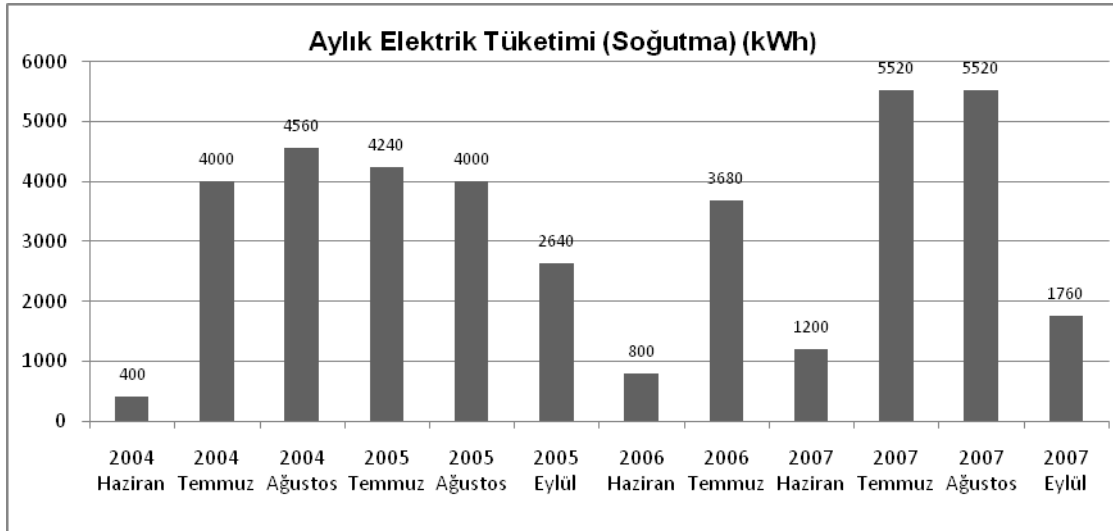
Tablo 1. Mimarlık Fakültesi C Blok Binası İle İlgili Genel Bilgiler.

Bina Adı	Mimarlık Fakültesi C Blok
Bina Kullanım Amacı	Ofis
Kat Adedi	2
Toplam kullanım alanı (m²)	705,21
Toplam hacim (m³)	2999,33
Enlem	38°19'30.84"
Boylam	26°37'48.87"
Yönlenme	ana aks doğu-batı doğrultusunda kuzey ile saat yönünde 11° açı yapmaktadır

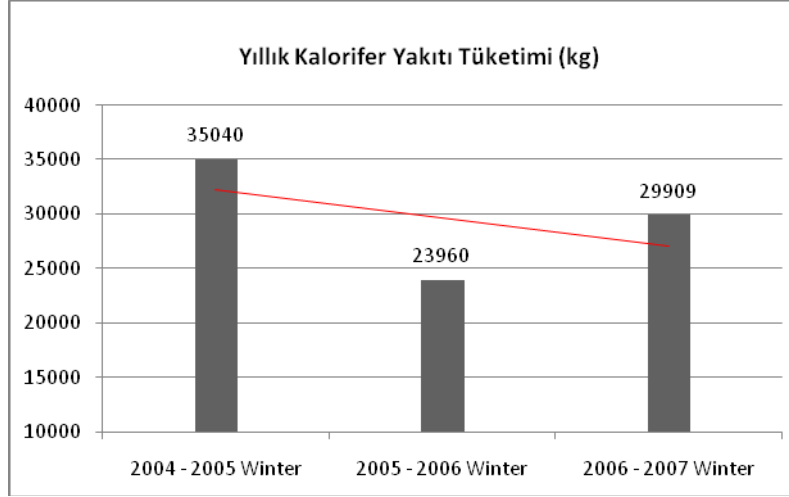


Şekil 2. Mimarlık Fakültesi C Blok Binası Aylık Elektrik Tüketimi (Teçhizat ve Aydınlatma).

Şekil 2’de görüldüğü gibi binada teçhizat ve aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisi oldukça istikrarlı bir eğilime sahiptir. Buna rağmen daha önce de belirtildiği gibi, yapının kapasitesinden fazla kullanıldığı döneme ait elektrik tüketimlerinin bir önceki döneme göre artış eğiliminde olduğu görülmektedir. 2006 yılının Ağustos ayında soğutma sisteminin elektrik tüketiminin gözlenmediği durumda iç mekan ısı konforunu sağlayabilmek amacı ile kullanıcıların diğer soğutma yöntemlerine başvurduğu gözlenebilmektedir (Şekil 3). Binanın normal kapasiteye geçişinin ardından elektrik tüketimi tekrar normal seviyelere dönmüştür.



Şekil 3. Mimarlık Fakültesi C Blok Binası Aylık Elektrik Tüketimi (Soğutma).



Şekil 4. Mimarlık Fakültesi Binalarının Tümü İçin Satın Alınan Yıllık Yakıt Miktarı.

Şekil 4'te Mimarlık Fakültesi binalarının tümü için satın alınan yakıt miktarını görmek mümkündür. Bu veri, sadece C Blok binasına ait ısıtma yükünü hesaplamakta yardımcı olmamaktadır. Mimarlık Fakültesini oluşturan dört binadan A ve B Bloklar A Bloktaki ısıtma/soğutma sisteminden, C ve D Bloklar D Bloktaki sistemden ısıtılıp soğutulmaktadır. Şekil 4'ten görülebileceği üzere Mimarlık Fakültesi binalarının azalan bir yakıt tüketim profili bulunmaktadır.

3.1.2. Çevre ArGe Binası

Çevre ArGe binası, ofis işlevlerine ek olarak sınırlı sayıda laboratuvar alanı da içeren kampüs ofis binalarından biridir (Şekil 5). Bina ana aksı Mimarlık Fakültesi C Blok Binası ile aynı yönlenme özelliklerine sahiptir. Yine bu binada da ofis işlevlerinin doğu ve batı cephelerinde yoğunlaşması sebebiyle, bina soğutma yükünün yüksek olması beklenmektedir.



Şekil 5. Çevre ArGe Binası'nın Hava Fotoğrafı ve Görünüşü.

Ağustos 2004'te hizmete başlayan bina, üç katlı olup zemin ve birinci katta ağırlıklı ofis işlevleri barındırmakta, bodrum katında ise laboratuvar alanları ve tesisat odaları bulunmaktadır. Yapıdaki ofislerin

tümü bir ya da iki akademik kadro elemanı tarafından standart mesai saatleri süresince aktif kullanılmaktadır.

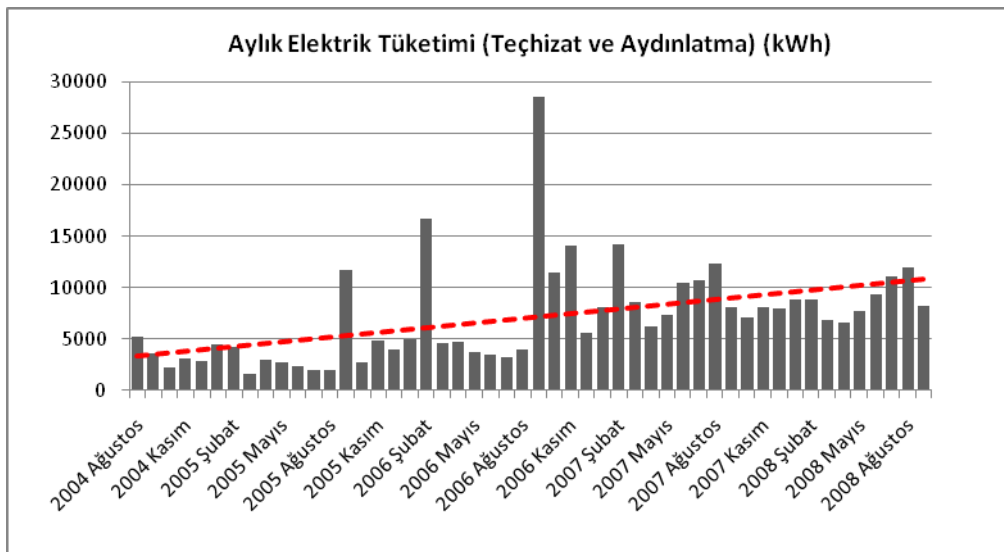
Yapı betonarme olup dış duvarları pres tuğladır. Yapı kabuğunda yalıtım bulunmamaktadır. Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 2'de görülebilir.

Tablo 2. Çevre ArGe Binası İle İlgili Genel Bilgiler.

Bina Adı	Çevre ArGe Binası
Bina Kullanım Amacı	Ofis
Kat Adedi	3
Toplam kullanım alanı (m²)	1364,64
Toplam hacim (m³)	5222,33
Enlem	38°19'15.61"
Boylam	26°38'22.84"
Yönlenme	ana aks doğu-batı doğrultusunda kuzey ile saat yönünde 11° açı yapmaktadır

Şekil 6'da görülen veriler binanın elektrik tüketim davranışının yükselen bir eğilim içerisinde olduğunu ifade etmektedir. Bir yıl süresince en soğuk ve en sıcak dönemler elektrik tüketimindeki artış, elektrikli ısıtma ve soğutma cihazlarının kullanım oranı ile paralellik göstermektedir. Bina merkezi soğutma sistemine sahip değildir. İç mekan konfor koşullarını sağlayabilmek amacıyla binanın belirli mekanlarında öncelikle yazın soğutma gereksinimini karşılamak amacıyla çalıştırılmış klimalar bulunmaktadır. Yaz ya da kış döneminde ısı konfor algısı belirli bir seviyenin altına indiğinde bu seviyeyi istenen düzeye çekmek için kullanıcılar klimalarını çalıştırmaktadır. Elektrik tüketiminin teçhizat, aydınlatma ve iklimlendirme için ayrı ayrı izlenebilmesi olanaksızdır. Bu sebeple iklimsel duruma bağlı olarak değişen elektrik tüketim değerlerini toplamak bu bina için mümkün değildir.

Binanın yakıt tüketimi kayıtları da sadece 2007-2008 kışına ait olup 8145 kg kalorifer yakıtı alındığını göstermektedir.



Şekil 6. Çevre Ar Ge Binası, Teçhizat ve Aydınlatma İçin Tüketilen Elektrik Miktarı.

3.1.3. Fen Fakültesi A Blok Binası

Fen Fakültesi A Blok binası ana olarak ofis fonksiyonlarından oluşmuştur (Şekil 7). İlk iki binadan farklı olarak bu binanın ana aksı doğu-batı doğrultusuna paraleldir. Kuzeye bakan cephe normale saat yönünde 8.24° açı yapmaktadır. Tüm ofis işlevleri kuzey ya da güney kanadında konumlanmıştır ve alandaki hakim rüzgarların kuzeyden estiği düşünülürse, özellikle kış aylarında kuzey yönlü mekanların ısı konforunun etkilendiği kanısına varılabilir.



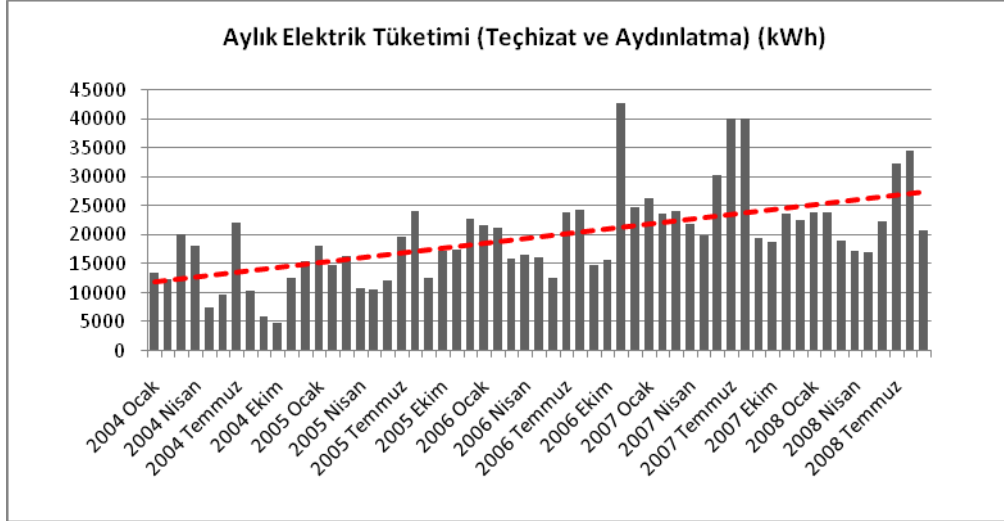
Şekil 7. Fen Fakültesi A Blok binası Hava Fotoğrafı ve Görünüşü.

Fen Fakültesi A Blok Binası kampüs yerleşkesinde 1998'den önce inşa edilen binalar sınıfındadır. Dört katlı olan bina (bodrum kat dahil) betonarmedir. Duvar kurgusu dış sıva, 18,5 cm tuğla ve iç sıvadan oluşmaktadır. Bina bütününde ısı izolasyonu bulunmamaktadır. Tablo 3 bina ile ilgili diğer verileri içermektedir.

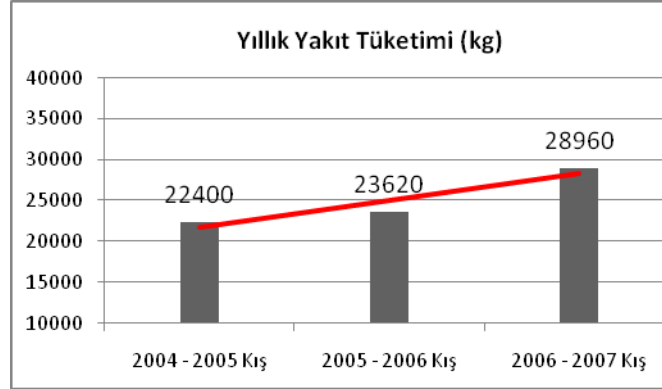
Daha önceki örneklere benzer olarak Fen Fakültesi A Blok binasının da en soğuk ve en sıcak aylarda elektrik tüketiminde artış gözlenmektedir (Şekil 8). Son dört yıllık kayıtlar incelendiğinde binanın elektrik tüketiminin artan bir eğilim gösterdiği ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3. Fen Fakültesi A Blok Binası İle İlgili Genel Bilgiler.

Bina Adı	Fen Fakültesi A Blok
Bina Kullanım Amacı	Ofis
Kat Adedi	4
Toplam kullanım alanı (m²)	3682,01
Toplam hacim (m³)	12123,95
Enlem	38°19'22.82"
Boylam	26°38'8.70"
Yönlenme	ana aks doğu-batı doğrultusunda kuzey ile saat yönünde 8.24° açı yapmaktadır



Şekil 8. Fen Fakültesi A Blok, Teçhizat ve Aydınlatma İçin Tüketilen Elektrik Enerjisi.



Şekil 9. Fen Fakültesi A Blok Binası Yıllık Yakıt Tüketim Miktarları.

Şekil 9, 2004 – 2007 yılları arasında Fen Fakültesi A Blok Binasının yakıt tüketimini göstermektedir. Bu binada bulunan ısıtma sistemi aynı zamanda Fen Fakültesi B ve C Bloklarını da iklimlendirmekte kullanılmaktadır. Şekildeki veriler binaların metrekare oranlarına göre tahmini olarak toplam yakıt alımından çıkarılmıştır. Genel olarak bu üç binanın yükselen bir yakıt tüketim eğilimi gözlenmektedir.

3.1.4. Rektörlük Binası

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Rektörlük Binası ofis fonksiyonları içermektedir (Şekil 10). Binaların ana aksı kuzey-güney doğrultusunda yönelmektedir, dolayısıyla ana cepheler doğu ve batı yönlenmesine sahiptir. Her iki cephe de (doğu ve batı) yüksek oranda pencereye sahiptir.



Şekil 10. Rektörlük Binası Hava Fotoğrafı ve Görünüşü.

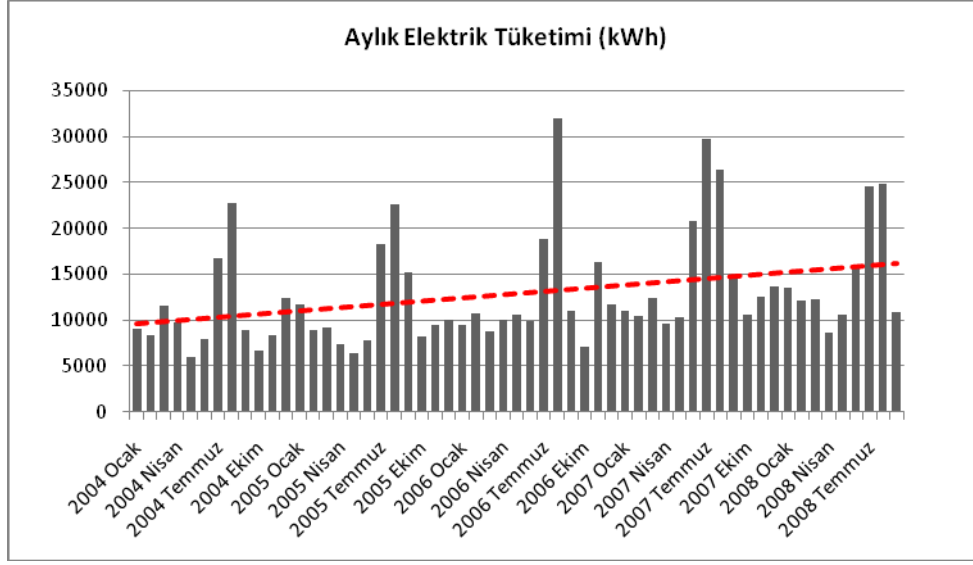
Bodrum katı ile birlikte dört katlı olan bina betonarme sistemle inşa edilmiştir. Dış duvar kurgusu dış yüzeyden içe doğru sırasıyla alucobond kaplama, hava boşluğu, 18,5 cm tuğla ve iç sıva'dan oluşmaktadır. Ek olarak giydirme cephe olan bölümler bulunmaktadır. Özellikle giydirme cephe olan bölümler doğu ve batı yönlenmesinde olduğu için, bina yaz döneminde çok fazla ışınimsal ısı kazanç ile karşı karşıya kalmakta, dolayısıyla soğutma yükünün fazla olması beklenmektedir. Tablo 4 bina ile ilgili diğer genel verileri içermektedir.

Tablo 4. Rektörlük Binası İle İlgili Genel Bilgiler.

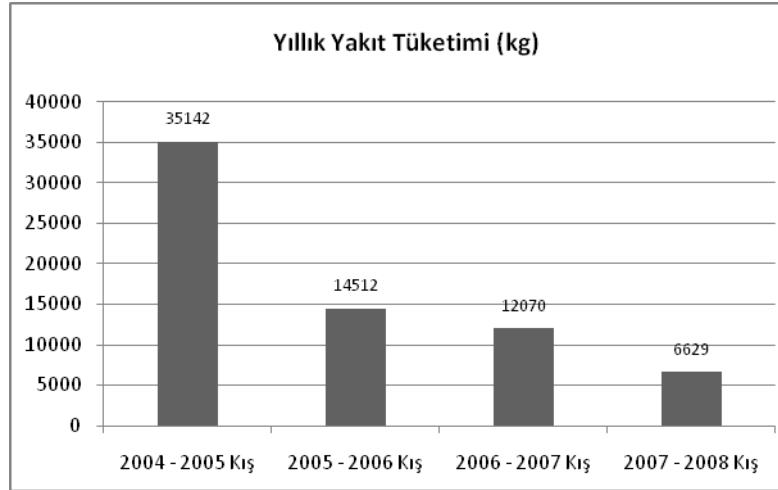
Bina Adı	Rektörlük Binası
Bina Kullanım Amacı	Ofis
Kat Adedi:	4
Toplam kullanım alanı (m²)	2986,84
Toplam hacim (m³)	9158,80
Enlem	38°19'8.88"
Boylam	26°38'35.66"
Yönlenme	ana aks kuzey-güney doğrultusundadır

Şekil 11, binanın aylık elektrik tüketim verilerini göstermektedir. Bu verilere bakıldığında yukarıda soğutma yükleri ile yapılan varsayımın doğruluğu vurgulanabilir. Yapının yönlenme ve giydirme cephe kurgusu, soğutmaya bağlı olarak elektrik enerjisi yükünün yaz aylarında fark edilir derecede artmasına sebep olmaktadır.

Şekil 12'de binanın yıllık yakıt tüketim verilerini görmek mümkündür. Binanın yakıt tüketimi azalan bir eğilim içerisindedir. Bu davranışın sebebi genel enerji denetimi verileriyle açıklanamamaktadır. Bu tip bir durumda detaylı enerji denetimi yapılarak yapının ısı dengelerinin kurgulanması ve bu azalan eğilimin sebeplerinin araştırılması gerekmektedir. Diğer yandan, Şekil 11'e tekrar bakıldığında binanın kış aylarındaki elektrik tüketiminde az da olsa bir artış eğilimi gözlenmektedir. Bu durum şebekeden beslenen elektrikli ısıtıcıların ısı konfora ulaşmada kullanılması ile ilişkilendirilebilir.



Şekil 11. Rektörlük Binasına Ait Aylık Elektrik Tüketimi.



Şekil 12. Rektörlük Binası Yıllık Yakıt Tüketimi.

3.1.5. Rektörlük İdari Bina

Rektörlük İdari Bina, kampüsün erken dönem binalarından olup çoğunlukla ofis fonksiyonlarından oluşmuştur (Şekil 13). Plansal olarak L formunda olan bina her yöne cephe vermektedir. Uzun kanadın ana aksı doğu-batı doğrultusunda, kısa kanadın ana aksı kuzey-güney doğrultusundadır. Uzun kanadın geniş cepheleri kuzey ve güneye yönelirken, kısa kanadın cepheleri doğu ve batıya yönelmektedir. Binanın bu tasarımsal ve yönelme kararları sebebi ile farklı mevsimler sürecinde iç mekanların ısı konfor koşullarının sağlanması her yöne göre farklılıklar doğurmaktadır.

Bina dört katlı olup betonarme sistem ile inşa edilmiştir. Duvar kurgusu dış sıva, tuğla duvar ve iç sıvadır. Yapıda ısı izolasyonu kullanılmamıştır. Tablo 5'te yapı ile ilgili diğer genel veriler özetlenmiştir.

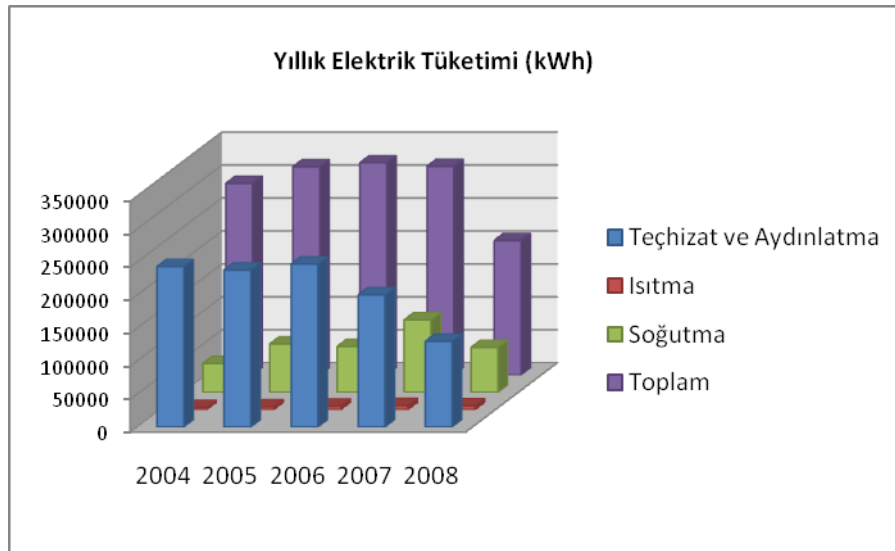


Şekil 13. Rektörlük İdari Bina Hava Fotoğrafı ve Görünüşü.

Tablo 5. Rektörlük İdari Bina İle İlgili Genel Bilgiler.

Bina Adı	Rektörlük İdari Bina
Bina Kullanım Amacı	Ofis
Kat Adedi	4
Toplam kullanım alanı (m²)	4581,13
Toplam hacim (m³)	15346,79
Enlem	38°19'7.09"
Boylam	26°38'33.96"

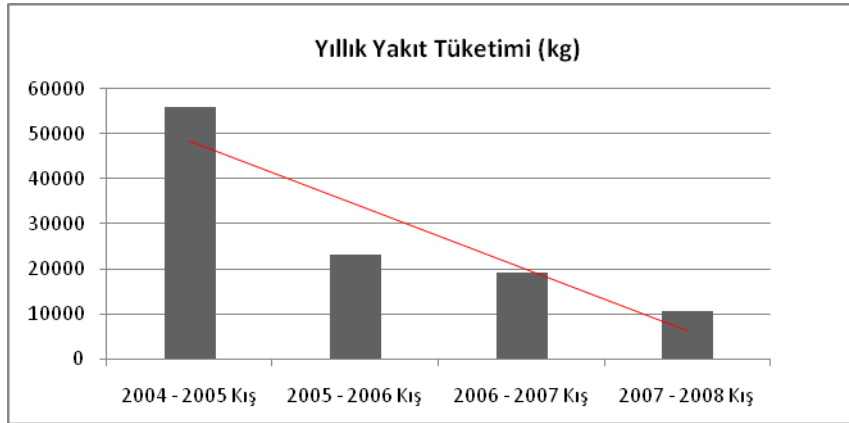
Şekil 14 binanın elektrik tüketim oranlarını göstermektedir. Şu ana kadar incelenen diğer binalardan farklı olarak bu binada daha önce başlatılmış detaylı enerji denetiminin sonucu olarak elektrik tüketimindeki tüm son kullanımlar ayrı ayrı izlenebilmektedir. Dolayısıyla binanın enerji tüketim profili ile ilgili daha kesin yargılarda bulunma şansı doğmaktadır.



Şekil 14. Rektörlük İdari Bina Elektrik Tüketimi.

Detaylı olarak incelendiğinde binanın teçhizat ve aydınlatma için harcadığı elektrik miktarı azalma eğilimindeyken, soğutma elektrik yükünde 2007 yılında ciddi bir artış gözlenmektedir. Bu artışın sebebi, Mimarlık Fakültesi örneğinde de bahsedildiği gibi, deprem sonrası dönemde bina kullanım yoğunluklarının farklılaşması olarak saptanabilir. Bu yıldan sonra soğutma için kullanılan elektrik enerjisi yükü tekrar normal düzeye inmiştir. Isıtma sistemlerinin kullandığı elektrik enerjisi miktarı yıllara bağlı olarak oldukça düşük ve tutarlı bir eğilim göstermektedir. Binanın toplam elektrik enerjisi tüketiminde azalan bir trend gözlenebilmektedir.

Şekil 15'te görülebileceği gibi Rektörlük İdari Bina yakıt tüketim profili geçen yıllar içinde ciddi bir azalma eğilimi göstermektedir. Yine Rektörlük Binasına benzer biçimde, bu binanın da yakıt tüketim profilinin azalan eğilim göstermesinin sebepleri ancak detaylı bir enerji denetimi sayesinde saptanabilir.



Şekil 15. Rektörlük İdari Bina Yıllık Yakıt Tüketimi.

3.1.6. Sağlık Kültür Spor Daire Başkanlığı Binası

Sağlık Kültür Spor Daire Başkanlığı (SKS) Binası bir ofis binası olarak tasarlanmış ve 2007 yılında kullanıma açılmıştır (Şekil 16). Kare plan şemasına sahip yapının orta kısmında bir iç bahçe bulunmaktadır. Binanın dört ayrı yöne bakan dış kanatlarında ofis işlevleri dış çevreye ve iç bahçeye bakacak şekilde konumlandırılmıştır. Binanın kuzey cephesinin normali kuzey ile saat yönünde 8.09° açı yapmaktadır. Bina ile ilgili diğer bilgiler Tablo 6'da görülmektedir.



Şekil 16. SKS Binası Hava Fotoğrafı ve Görünüşü.

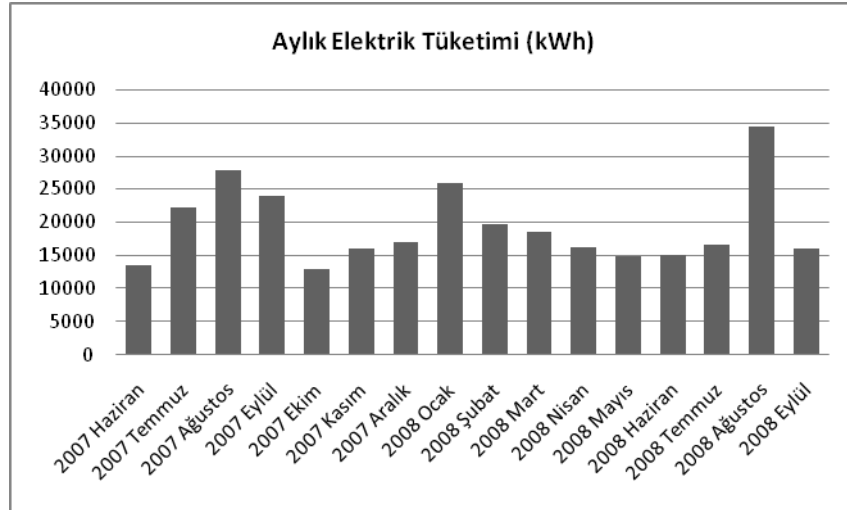
İki katlı olan binanın taşıyıcı sistemi betonarmedir. Dış duvarlar şu ana kadar incelenen diğer yapılarda farklı olarak boşluklu duvardır. Duvar kurgusu dıştan içe sırasıyla 10 cm kalınlığında pres tuğla, 5 cm

hava boşluğu, 13,5 cm tuğla duvar, 2 cm iç sıvadır. Bu tip bir duvar kurgusunun U değerinin diğer örneklerden düşük olduğu göz önünde bulundurulduğunda binanın duvarlardan kaynaklanan ısı kayıp ve kazançlarının daha düşük olduğunu söylemek mümkündür. Ancak bina taşıyıcı sisteminin bir parçası olan perde duvarlar herhangi bir yalıtıma sahip değildir ve geniş ısı köprüleri şeklinde davranmaktadırlar.

Tablo 6. SKS Binası İle İlgili Genel Bilgiler.

Bina Adı	Sağlık Kültür Spor Daire Başkanlığı Binası (SKS)
Bina Kullanım Amacı	Ofis
Kat ADEDİ	2
Toplam kullanım alanı (m²)	5603,05
Toplam hacim (m³)	19004,54
Enlem	38°19'15.47"
Boylam	26°38'25.99"

Şekil 17'de görülen elektrik tüketimi verileri binanın elektrik panolarında bulunan güç analizörlerinden alınan verilerin toplamıdır. Binada soğutma ve genel tüketim farklı elektrik panolarına bağlıdır. Şekilde de görülebileceği gibi soğutma döneminde binanın elektrik tüketimi oldukça fazladır. Bu durumun yanı sıra 2008 Ocak ayında da yüksek bir elektrik kullanımı dikkati çekmektedir. Kış aylarında da bina kullanıcılarının şebeke hattı üzerinden elektrikli aletler ile ısı konforu sağladıkları sonucuna ulaşılabilir. SKS Binası ile ilgili tek bir yıla ait yakıt tüketim kaydı bulunmaktadır. Bu bina için 2007-2008 kışında 20645 kg yakıt alınmıştır. Binanın yakıt tüketim davranışı ile ilgili genel bir yorum yapılması olanaklı değildir.



Şekil 17. SKS Binası Aylık Elektrik Tüketim Verileri.

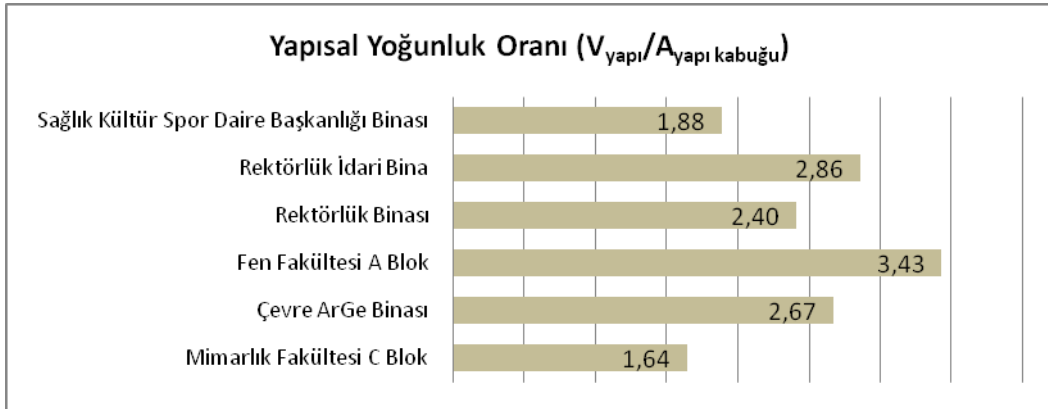
3.2. Binaların Enerji Denetiminin Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi

Genel enerji denetimi kapsamında bu altı yapının enerji tüketim karakteri şu kriterlere göre değerlendirilmiştir:

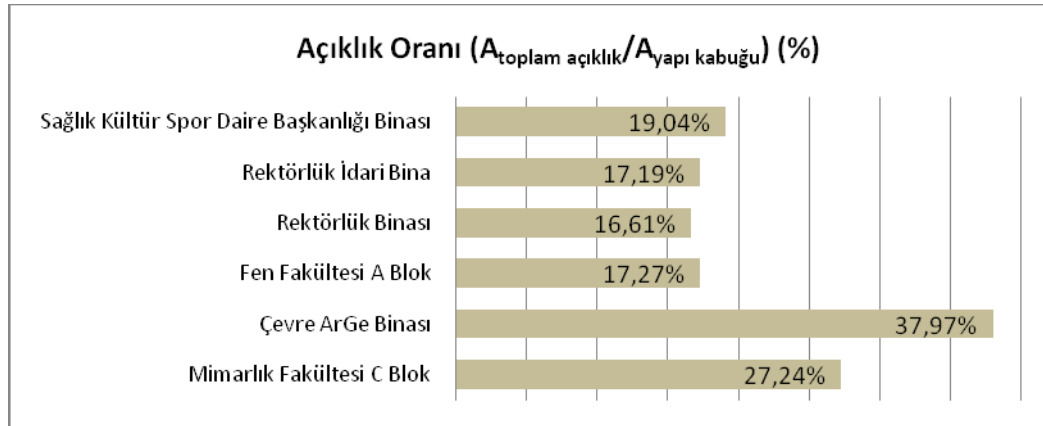
- Yapısal yoğunluk oranı ($V_{yapı}/A_{yapı}$ kabuğu). Burada $A_{yapı}$ kabuğu olarak tanımlanan değer dış çevre ile etkileşim altında bulunan toplam yapı yüzey alanını temsil etmektedir (cepheler, çatı örtüsü, ve

zemine oturan döşeme yüzölçümü alanları). Yapısal yoğunluk değerinin 1'e yakın olması, söz konusu yapının ısı kaybı gerçekleşecek yüzölçümü alanının bina hacmi ile yakın bir oranda olması, dolayısıyla enerji tüketiminin daha az olması anlamına gelir [7, 8].

- Yapının açıklık oranı ($A_{\text{toplam açıklık}}/A_{\text{yapı kabuğu}}$). Bu oranın %12'den yüksek olması daha fazla ısı kaybı ya da kazancı anlamına gelmektedir [6].
- Geçmiş yıllarda tüketilen elektrik miktarını belgeleyen kayıtlar. Bu kayıtlar yapının elektrik enerjisi tüketim karakterini anlamaya yardımcı olacaktır. Diğer yandan elektrikli ısıtıcı ya da soğutma ünitelerinin merkezi sistemlerin yetersiz kaldığı noktalarda kullanımının getirdiği elektrik enerjisi yükünü belirlemek için kullanılabilir.
- Geçmiş yıllara ait yakıt tüketim belgeleri. Bu belgeler ile binanın ısınma için harcadığı enerji miktarının belirlenmesi söz konusudur [9].
- Yapının tesisat özellikleri
- Yapının fiziksel özellikleri



Şekil 18. Yapısal Yoğunluk Oranlarının Karşılaştırılması.



Şekil 19. Yapıların Açıklık Oranlarının Karşılaştırılması.

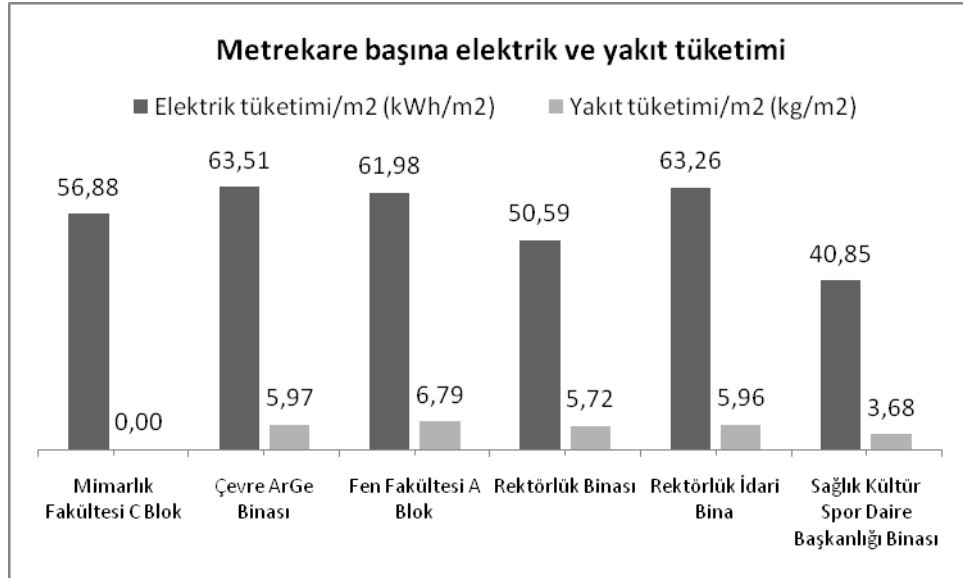
Şekil 18 ve 19'da tüm incelenen binaların yoğunluk ve açıklık özellikleri karşılaştırılmaktadır. Bu grafiklere göre:

1. Yapısal yoğunluğu en düşük bina Mimarlık Fakültesi C Blok Binasıdır. Bu özelliğiyle ısı kayıp alanı en az olan binadır. Diğer yandan, %27'lik açıklık oranı sebebiyle, binanın açıklıklardan kaynaklı muhtemel ısı kaybı ve kazançlarının yüksek olması beklenmektedir.
2. Çevre ArGe Binası 2,67'lik yapısal yoğunluk oranına ve % 37'lik açıklık oranına sahip olma özelliği ile yapı kabuğundan ısı kayıp ve kazançlarına açık bir bina özelliğindedir.

3. Fen Fakültesi A Blok Binası yapı yoğunluk oranı en yüksek, dolayısıyla ısı kayıp alanı en fazla olan binadır. Bunun yanı sıra yaklaşık %17'lik açıklık oranı ortalama bir değer teşkil etmektedir.
4. Rektörlük Binası, giydirme cephelere sahip olmasına rağmen en düşük açıklık oranına sahiptir. Yapısal yoğunluk değeri bu altı bina arasında ortalama bir değere sahiptir.
5. Rektörlük İdari Bina 2,86'lık oran ile en yüksek ikinci yapı yoğunluk değerine sahiptir. Açıklık oranı da %17 ile en düşük açıklık oranlarından biridir.
6. SKS Binası en düşük ikinci yapısal yoğunluk değerine sahiptir (1,88). %19'luk açıklık oranı da bu yapının 6 yapı arasında ortalama bir değere sahip olduğunu işaret eder.

Bu değerlendirmelerin ışığında, genel enerji denetimi kapsamında, yapı morfolojisi yoğunluk ve açıklık kriterleri üzerinden çözümlendiğinde genel olarak ısı kayıp/kazanç alanları ile ilgili bilgi edinmemizi sağlayabilir. Özellikle bir kaç yapının birbiri ile karşılaştırılması gereken durumlarda, bu iki kriter enerji tüketim verileri ile birlikte ele alındığında genel bir tespit bulunmayı kolaylaştırabilir.

Diğer yandan önceki bölümde yapıların her birinin elektrik ve yakıt tüketimleri detaylı olarak sunulmuş, ancak karşılaştırmaları durumunda bu verilerin yapı bazında değerlendirilmesinin bir sonuç vermeyeceği düşünülerek, elektrik ve yakıt tüketiminin metrekare başına ağırlığının karşılaştırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Şekil 20 bu karşılaştırmayı göstermektedir.



Şekil 20. Metrekare Başına Elektrik ve Yakıt Tüketimi.

Şekil 20'den okunan verilere göre metrekare başına en yüksek elektrik tüketimlerinin Çevre ArGe ve rektörlük İdari Bina'da gerçekleştiğini söylemek mümkündür. Bu iki bina ölçek olarak farklı ancak yapısal olarak yakın yoğunluk oranlarına sahip iken, Çevre ArGe binası merkezi soğutma sistemine yerine klima sistemi ile soğutulduğu için daha fazla elektrik tüketim davranışı göstermektedir. Böylelikle elektrik tüketiminde neredeyse kullanım alanı 3 kat fazla olan Rektörlük İdari Bina'ya çok yakın elektrik tüketim değerlerine sahiptir.

Mimarlık Fakültesi C Blok Binası kullanım alanı, hacim ve yapı yoğunluğu oldukça düşük olmasına rağmen metrekare başına elektrik tüketimi oldukça fazladır. Bu durum ofislerin yönlenme probleminden ve geçmiş yıllarda yapının kapasitesinin 2-3 kat üzerinde kullanılmasından ileri gelmektedir. Bina içinde yaz aylarında ışınımına bağlı fazla ısınma gözlenmektedir ve ısı konfor düzeyinin belirli bir derecede çalışabilmesi için soğutma sistemi fazla tüketim sergilemektedir. Diğer yandan bu bina için yakıt tüketimi ile ilgili gerçeğe yakın veriler oluşturulamamıştır.

En düşük elektrik ve yakıt tüketimi SKS binasında gözlenmektedir. Ancak gerçekte, binanın kullanım sürecinin ve dolayısıyla kayıtlı tüketim davranışının daha kısa bir aralıkta olması bu durumu oluşturan sebeplerden biri olarak görülebilir. Yapının tam kapasite kullanılmaya başlaması ile birlikte elektrik ve yakıt tüketim karakterinde artış gözlenmesi olasıdır.

Sonuç olarak bu altı bina her biri kendi özel tüketim ve yapısal özellikleri dahilinde değerlendirildiğinde:

1. Mimarlık Fakültesi C Blok Binasının yaz dönemi soğutma koşullarının iyileştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekliliği,
2. Çevre ArGe binası için merkezi soğutma sistemi önerilerek soğutma yükünün indirgenmesi gerekliliği,
3. Fen Fakültesi A Blok binası için detaylı enerji verimliliği çalışması başlatılması ve yüksek olan metrekare başına ısıtma/soğutma yüklerinin indirgenmesi gerekliliği,
4. Rektörlük Binası ve Rektörlük İdari Bina'da detaylı enerji denetimi çalışmalarının yapılarak binaların mevcut durumuna tanı koyulabilmesi gerekliliği,
5. SKS Binasının enerji profilinin uzun vadede izlenmesi ve tüketim davranışına göre enerji performans değerlendirmesinin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

SONUÇ

Önceki bölümde genel enerji denetimi adı altında yapılan incelemede binalarla ilgili ulaşılmaması çok kolay bilgilere başvurulmasına rağmen hemen hemen her bina ile ilgili farklı alanlarda yetersizlikle karşılaşılmış ve bu durumun doğruluk oranı yüksek bir tesbit yapmanın önüne geçtiği ortaya çıkmıştır.

Genel enerji denetimlerinin sonuçlarına göre detaylı enerji denetimine karar verilmesi gerektiğinde bina ile ilgili tüm verilerin ölçülebilirliği esası önem kazanmaktadır. Ölçülebilirlik tanımlarını şu şekilde yapılabilir:

1. Bina içindeki mekanların iç mekan konfor parametrelerinin belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu parametreler iç mekan sıcaklık değerleri, iç mekan bağıl nem değerleri, iç mekan aydınlık değerleri, ve iç mekan yüzey sıcaklıklarıdır. Parametrelerin belirlenmesinde ölçüm yöntemi kullanılarak gerçek durum şartları elde edilmelidir. Bu sebeple verilerin toplanacağı mekanlar tutarlılık ve sürekliliğin sağlanabilmesi için ulaşılabilir ve güvenli olmalıdır.
2. Yapının fiziksel özellikleri ile ilgili veriler tam olmalıdır. Bu veriler yapının mimari ve tesisat çizimleri dahil olmak üzere duvar, çatı, zemine oturan döşeme gibi ısı transferinin gerçekleştiği yapı elemanlarının kurguları olarak özetlenebilir. Uygulama ile bu verilerin örtüşmesi için genel bir kontrol yapılması gerekmektedir.
3. Yapıdaki elektrik enerjisi kullanım davranışları kullanım alanına göre ayrı ayrı ölçülebilir olmalıdır. İdeal durumda teçhizat, aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerinin her biri ayrı panolardan kontrol edilmelidir ve veri kaydeden güç analizörleri ile izlenebilmelidir. Ancak çoğunlukla mevcut binalarda bu olanak bulunmamaktadır. Tasarım aşamasında göz ardı edilmiş olan elektrik tesisat planlama detayları, binaların enerji denetiminde sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.
4. Isıtma sistemlerinde yakıt olarak kullanılan akışkanların (fuel oil, doğal gaz vb.) saatlik/günlük/aylık olarak ölçülebilmesi önemlidir. Yapılan genel enerji denetiminde ortaya çıkan en önemli sonuçlardan biri yakıt tüketiminin izlenmesinin problemlili oluşudur. Bazı binalarda bulunan ısıtma sistemi ile iki ya da üç farklı bina ısıtılmaktadır. Hacim ve metrekare kullanımı üzerinden bir oranlamaya gitmek gerçekçi sonuçlar vermemektedir. Her bina için tüketilen yakıt miktarının saptanması ancak ölçüm yolu ile en doğru sonucu verebilir. Dolayısıyla yakıt tankından brülöre giden boru hattı üzerine veri kaydeden bir debimetre takılması gerekmektedir. Ancak bu şekilde dış mekan sıcaklık değişimlerine bağlı olarak ne kadar yakıt tüketildiğini belirlemek mümkündür.

Fakat bu noktada yine karşılaşılan bir başka sorun, ısıtma sistemlerinin tasarım ve imalat aşamasında dikkat edilmesi gereken bazı hususların atlanmış olmasıdır. İncelenen binalarda debimetre takılmasını ve ölçümün doğruluğunu sağlayacak boru mesafeleri bulunmamakta, bazı durumlarda bu borular döşeme altında kalmaktadır. Dolayısıyla yakıt tüketiminin en güvenilir yöntem olan debimetre ölçümleri ile

izlenmesi yerine, ultrasonografik ya da manuel okumalarla hata payı daha yüksek şekilde yapılması mümkün olabilmektedir.

Özet olarak, detaylı enerji denetimlerinin doğruluk oranının artırılabilmesi için gerekli sıklıkta gerekli ölçümler yapılmalı ve hata paylarının en az olduğu sistemler seçilmelidir. Diğer yandan yeni yapılacak yapılarda enerji performansının izlenebilmesini kolaylaştıracak tasarımsal detayların proje aşamasında değerlendirilmesi ve uygulamada da kontrollü biçimde bu detayların hayata geçirilmesi gerekmektedir. Enerji tasarrufunun ve binaların enerji performansının izlenmesinin bina ömrü boyunca sürdürülebilecek bir çalışma alanı olduğunun bilincine varılarak, yapı tasarım sürecinde tesisat detayları ölçüme olanak sağlayacak şekilde kurgulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] D'HAESELEER, W.D., "The overall energy issue." Research in Building Physics (ed.Carmeliet, J., Hens H., Vermeir, G.). Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, Netherlands, 2003.
- [2] ENERJİ VERİMLİLİĞİ KANUNU, Kanun No. 5627, Resmi Gazete, Mayıs 2007.
- [3] BİNALARDA ENERJİ PERFORMANSI YÖNETMELİĞİ, Sayı: 27075, Resmi Gazete, Aralık 2008.
- [4] CRES, Centre for Renewable Energy Sources, "Energy Audit Guide. Part A: Methodology and Technics". Athens, 2000.
- [5] AHUJA, P.E., "Energy" Consulting-Specifying Engineer, 2004.
- [6] TS 825, Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, 1999.
- [7] PESSENLEHNER W., MAHDAVI, A., "Building Morphology, Transparency, and Energy Performance". Eighth International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands, August 11-14, 2003.
- [8] OURGHI, R., AL-ANZI, A., KRARTI, M., "A Simplified Analysis Method to Predict the Impact of Shape on Annual Energy Use for Office Buildings", Energy Conservation and Management, vol 48, pp 300-305, 2007.
- [9] İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, 2008.

ÖZGEÇMİŞ

Başak GÜÇYETER

1977 yılı İzmir doğumludur. 2000 yılında DEÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünden mezun olmuştur. Aynı üniversiteden 2004 yılında Yüksek Mimar ünvanını almıştır. 2005 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık fakültesinde doktora programına başlamıştır. 2000-2005 yılları arasında özel mimarlık ofislerinde çalışmıştır. 2005 yılından beri İYTE Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde Ar. Gör. olarak görev yapmaktadır. Binalarda enerji performansı, ısı konfor ve iç mekan çevre kalitesi konularında çalışmaktadır.