

Makale

ÜLKEMİZDE KULLANILAN BAZI DIŞ DUVAR SİSTEMLERİNİN ENERJİ TASARRUFUNA VE ÇEVREYE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Şükran DİLMAÇ - Mustafa TIRIS

Doç. Dr. Şükran DİLMAÇ

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimini 1975-1980 ve 1982-82 yılları arasında İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi'nde tamamladı. 1990 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi'nden Doktor unvanını aldı. 1982-91 yılları arasında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Yapı Malzemesi Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalıştı. 1993 yılında Doçent olan Şükran Dilmaç, halen TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri Bölümü'nde uzman araştırmacı olarak görev yapmaktadır.

Dr. Mustafa TIRIS

1965 yılında İzmir'de doğdu. 1987 yılında İ.T.Ü. Petrol Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Y. Lisans ve Doktora eğitimini 1990 ve 1992 yıllarında E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde tamamladı. 1992 yılında Leeds Üniversitesi, Yakıt ve Enerji Bölümü'nde Doktora üstü araştırmalarda bulundu. Halen TÜBİTAK - Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri Bölümü'nde uzman araştırmacı olarak görev yapmaktadır.

Özet

Bu çalışmada, duvar sistemlerinin "toplam ısı transfer katsayıları (U değerleri)" ölçülmüştür. Her malzeme için ISO 9164'e göre karşılaştırmalı enerji tüketimi analizleri yapılmıştır. Uygulama alanı olarak Gebze seçilmiş ve farklı malzeme için yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Farklı yalıtım seçenekleri için hesaplanan tasarruf miktarları ve Gebze'de hava kirliliğine katkı payları çizelgeler sekinde gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tasarrufu, Çevre Etkileri, Dış Duvar Sistemleri

Abstract- Overall heat transfer coefficients (U- values) of existing wall systems in Turkey have been measured. Comparative energy consumption analyses for each material have been performed according to ISO 9164. As an application, the city of Gebze has been chosen and annual energy Türkiye'deki mevcut consumptions for varios materials are defined. Effect of different insulation systems on the energy conservation and the environment for the Gebze case are presented in graphical summaries.

Keywords: Energy Conservation, Environmental Effects. Exterior Wall Systems

1. GİRİŞ

Konut sektöründeki enerji tüketimi, ülkemizin toplam enerji tüketimi içinde en büyük paya sahiptir (yaklaşık %40). Bu tüketimin çok büyük bir bölümü ısınma amaçlı tüketimdir. Okul, hastane, sosyal ve kültürel tesis ve ticari binalardaki ısınma amaçlı enerji tüketimi de dikkate alındığında, yukarıda belirtilen oranın daha da büyüyeceği açıktır. Isınma amacıyla kullanılan yakıtların kalitesi de göz önünde tutulduğunda, bu sektörün hava kirliliğine katkı payının çok büyük olacağı kolaylıkla tahmin edilebilir.

Son yıllarda bir çok şehirde ve özellikle kış aylarında hava kirliliği sınır değerlerinin sürekli bu gerçeği yansıtmaktadır. Kalorifer kazanlarının ve sobaların belli saatlerde yakılma zorunluluğu, diğer bir deyişle enerji kısıtlaması gerçek bir çözüm değildir. Konfor düzeyi düşürülmeksizin hava kirliliğinin kontrolü için başlıca üç yöntem seçilebilir. Bunlar; (I) yakıt değiştirme, (II) yanma sistemlerini iyileştirilmesi ve (III) ısı yalıtımının iyileştirilmesidir (1). Farklı ısı yalıtım seçeneklerinin enerji tüketimi ve hava kirliliği üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi için aşağıdaki bilgilerin derlenmesi gerekmektedir; (I) binaların ve yapı elemanlarının ısı özelliklerinin ölçüm sonuçları ile belirlenmesi, (II) binaların yalıtım düzeylerinin enerji tüketimine ve yakıt kullanımına etkilerinin belirlenmesi, (III) mevcut durumdaki hava kirliliği seviyelerinin belirlenmesi, (IV) binaların yalıtım düzeyine bağlı olarak yakıt tüketimindeki azalmanın hava kirliliği kontrolündeki etkisinin sayısal olarak ortaya konması.

Bu çalışmada dış duvarların ısı özellikleri ölçüm sonuçları ile belirlenmiş, yalıtım düzeylerinin enerji tüketimine etkileri ISO 9164 standardına (2) uygun olarak hesaplanmış, ısınma amaçlı enerji tüketimi Gebze'de gerçekleştirilen anket sonuçları (3) karşılaştırılmıştır. Ayrıca yalıtım düzeylerine bağlı olarak yakıt tüketimindeki azalmanın hava kalitesine etkisi Gebze şartlarında modellenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Dış duvarların toplam ısı geçiş katsayıları (U- değeri) AHLBORN marka 2287-8 model ölçüm sistemi ile belirlenmiştir. Sistemde ısı plakası ile duvarın iç yüzünden geçen ısı akısı ve CrNi- Cr termokupl ile ortam sıcaklıkları ölçülerek U- değeri hesaplanmaktadır. Sistem dokuz gün süreyle aynı duvar üzerinde takılı kalmakta, daha sonra datalar bilgisayara aktarılıp, istatistiksel analize tabi tutulmakta ve U- değeri belirlenmektedir. Çizelge 1'de ölçüm alınan duvarlara ait karakteristikler belirtilmiştir.

Çizelge 1. Ölçüm Alınan Duvarların Özellikleri

DIŞ DUVAR	Kalınlık (m)	U-Değeri (W/m ² K)
İki tarafı sıvalı tuğla	0.134	1.55
İki tarafı sıvalı ve tutkalla örülmüş gazbeton	0.190	0.75
İki tarafı sıvalı ve harçla örülmüş gazbeton	0.245	0.77
Yalıtımlı beton (perlitli harç ile)	0.110	0.98
Hazır eleman (5 cm yalıtım+kaplama)	0.062	0.54
Beton (düşük mukavemetli)	0.248	1.70
Beton (yüksek mukavemetli)	0.180	3.70

3. HESAP YÖNTEMİ

Binaların yakıt tüketimi ISO 9164 standardına uygun olarak hesaplanmıştır (2). Bu standartta binanın aylık ısınma amaçlı enerji ihtiyacı kayıp ve kazançların farklı olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

$$Q_{ay} = \sum [H(\theta_i - \theta_d)_{(1)} \cdot \eta_{ay}(\phi_i + \phi_{g,ay})] \text{pos}^t$$

Burada

Q_{ay} = Aylık ısınma amaçlı enerji ihtiyacı (J),

H = Özgül ısı kaybı (W/K),

θ_i = Günlük ortalama iç hava sıcaklığı (C),

θ_d = Günlük ortalama dış hava sıcaklığı (C),

ϕ_i = Aylık ortalama iç kazanç (W),

$\phi_{g,ay}$ = Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W),

pos = Toplamının sadece pozitif değerler için olacağını belirten indis,

t = Gün içindeki saniye sayısı (86400)

olmaktadır. Formülde kullanılan θ_i ve $\phi_{g,ay}$ değerleri TÜBİTAK-M.A.M. Enerji Sistemleri Bölümü'nde yapılan bir başka çalışmadan (4) alınmıştır.

Gebze'deki mevcut binalarda -karakteristik olarak- tavan ve döşemede yalıtım yoktur. Genellikle tek camlı ve ahşap kanallı pencereler kullanılmıştır, dış duvar malzemesi tuğladır.

Mevcut durum ve farklı yalıtım seçeneklerinin enerji tüketimine etkisi hesaplanırken, sadece dış duvar yalıtımı ile binanın tümünün yalıtılması durumları ayrı ayrı incelenmiştir. Binanın sadece dış duvarının yalıtıldığı durumda Çizelge 2'deki U_1 değeri, binanın tüm elemanlarının yalıtıldığı durumda U_2 değeri kullanılmıştır.

Çizelge 2. Hesaplamalarda kullanılan U-değerleri ($W/m^2/K$)

Yapı Elemanı	U_1	U_2
Çatı	2.5	0.7
Döşeme	3.0	1.2
Pencere	4.5	2.8

Ayrıca Gebze'deki mevcut bina tipleri arasında tek katlı müstakil evler, çok katlı müstakil apartman blokları ve çok katlı bitişik nizamda apartman blokları yer almaktadır. Bu nedenle ısınma amaçlı enerji talepleri yukarıda belirtilen üç farklı tip bina için ayrı ayrı hesaplanmış ve Gebze'yi tanımlayan değer olarak, ortalama değer kullanılmıştır. Hesaplamalardaki binaya ait kabuller şu şekildedir; (I) döşeme alanı 100 m² dir, (II) her katta kuzey ve güneyde 15'er m² ve batıda 6 m² pencere alanı bulunmaktadır, bitişik nizamdaki binalarda batı penceresi yoktur, (III) saydam alanın opak alana oranı 0.30'dur., (IV) her binada 5 kişi yaşamaktadır.

Çizelge 3'te hesap sonuçları görülmektedir.

Çizelge 3. Yalıtım Düzeyi Farklı Binalarda Isınma Amaçlı Enerji Talebi

Duvar Tipi	Bina Tipi	Enerji Talebi (kWh/m ²)
Tuğla	Mevcut durum (yalıtımsız)	195
Yalıtımlı beton	Yalnız dış duvarları yalıtılmış	180
Gaz beton	Yalnız dış duvarları yalıtılmış	174
Beton	Tüm elemanları yalıtılmış	122
Tuğla	Tüm elemanları yalıtılmış	106
Yalıtımlı beton	Tüm elemanları yalıtılmış	92
Gaz beton	Tüm elemanları yalıtılmış	87
Hazır eleman	Tüm elemanları yalıtılmış	82

4. ANKET SONUÇLARI

Gebze'de 1993 yılına ait yakıt tüketimi ve hava kirliliğine yönelik anket sonuçları Çizelge 4'de verilmektedir. Bu çizelgede verilen gerçek değerlerle, hesaplanan değerlerin (Çizelge 3) birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

[bakınız: 46](#)

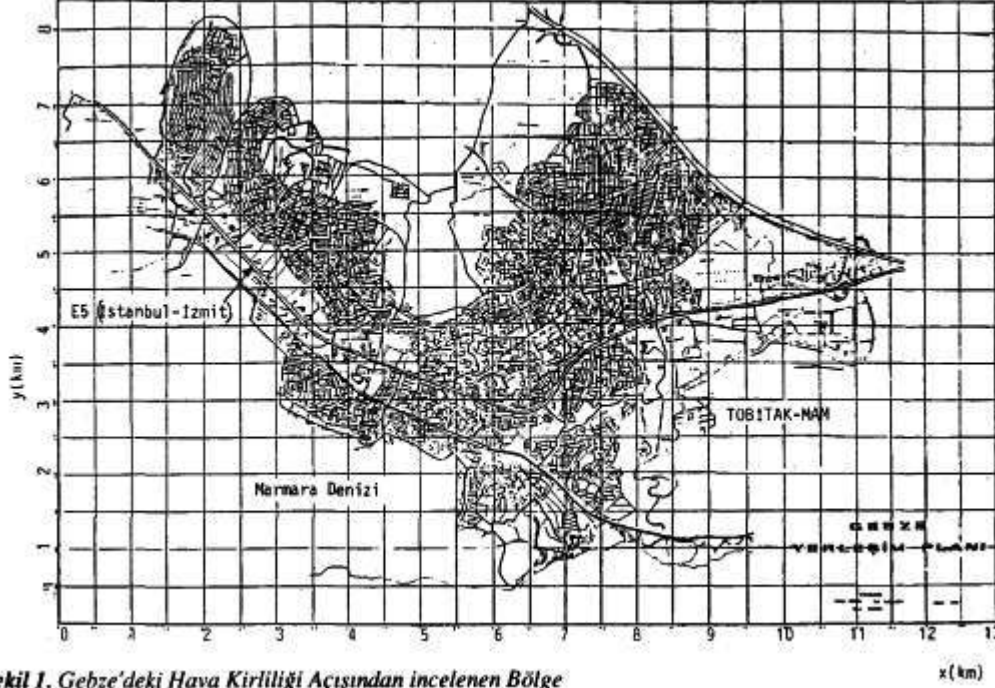
Çizelge 4. Gebze'de Yakıt Tüketimi ve Hava Kirliliği'ne Yönelik Anketin Bazı Sonuçları

Toplam Isıtma Alanı (m ²)	Birincil Enerji Tipi	Faydalı Enerji (kg/m ²)	Enerji Talebi (kWh/m ²)	
			(kWh/m ²)	(kJ/m ² -derece gün)
1890	Linyit	31.7	107	218
1980	Linyit	39.4	133	271
720	Linyit	58.3	197	401
630	Linyit	38.1	128	262
2700	Linyit	31.1	105	214
1620	Linyit	37.0	125	255
1080	Linyit	44.4	150	305
3780	Linyit	32.0	108	220
2700	Linyit	44.4	150	305
1800	Linyit	40.0	135	275
3780	Linyit	32.0	108	220
360	Linyit	50.0	169	344
720	Linyit	42.0	142	289
1440	Linyit	50.0	169	344
1800	Linyit	33.0	111	227
1260	Linyit	33.0	111	227
1260	İthal kömür	26.0	181	370
720	Taşkömürü	23.0	187	382
720	Kok	36.0	188	384
450	Fuel-oil	17.0	194	395
80	Linyit	34.0	115	234
95	Linyit	32.0	108	220
100	Linyit	36.0	121	248
150	Linyit	48.0	162	330
80	Linyit	45.0	152	310

5. ÇEVRE KİRLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME

Gebze'de evsel ısınma amaçlı yakıt tüketiminin hava kirliliğine etkisinin bulunabilmesi için Amerikan EPA onaylı ISCLT modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, Gebze'de yakıt tüketimi ile ilgili anket çalışmasının sonuçları kullanılmış, muhtarlıklardan mahalleler bazında nüfuslar tespit edilmiş, kullanılan yakıtların tip, miktar ve özellikleri belirlenmiştir (3). Mevcut durumdaki emisyon miktarları ile alternatif yalıtım seçeneklerine göre hesaplanan SO₂ emisyonu miktarları, Gebze haritasında oluşturulan (Şekil 1) 500x500 m²'lik gridler bazında modele yüklenmiştir. Ayrıca kış sezonu rüzgar hız ve yönü, ortalama dış ortam sıcaklığı gibi parametreler de (5) modele veri olarak girilmiş, topografik değerler bulunamadığından ve ayrıca incelenen bölge "flat" kabul edilebilecek kadar düz olduğundan (6) girilmemiştir. Seçilmiş üç ayrı dış duvar sistemi için modelleme sonuçları Şekil 2-5'de gösterilmektedir.

[bakınız: 47](#)



Şekil 1. Gebze'deki Hava Kirliliği Açısından İncelenen Bölge

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

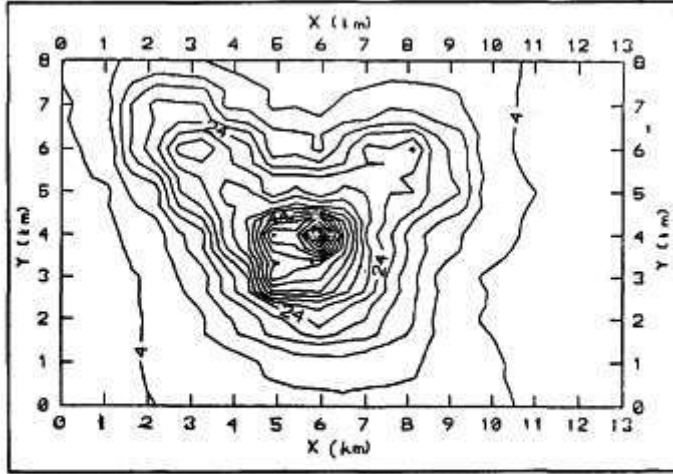
Bu çalışmada pilot bölge olarak seçilen Gebze'de, ısınma amaçlı evsel enerji tüketimi ISO 9164 standartına göre ve 1993 kışı baz alınarak yapılan anket sonuçlarına göre belirlenmiştir. Hesaplarla, gerçekleşen verilerin birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir ve farklı yalıtım seçeneklerine göre ısınma amaçlı evsel yakıt tüketiminde %58 oranında tasarruf sağlanabileceği belirlenmiştir.

1993 kışında kullanılan yakıt özellikleri baz alınarak yapılan uzun vadeli SO₂ dağılımı modellemesi ile üç ayrı yalıtım seçeneği için, alan kaynaklarının hava kirliliğine katkı payı araştırılmıştır. Bu amaçla seçilen alan 500x500 m²'lik gridlere bölünmüş, modele emisyon değerleri ile meteorolojik veriler girilmiştir. Alınan sonuçlara göre (Şekil 2-5), mevcut durumda evsel ısınmanın hava kirliliğine katkı payı (şehir merkezinde) uzun vadeli sınır değer olan 150 µg/m³ değerinin yarısını aşmıştır (88 µg/m³). Binalarda ısı izolasyonunun daha iyi yapıldığı seçeneklerde ise SO₂ kirliliği açısından %55'e varan oranlarda azalmanın sağlanabileceği hesaplanmıştır. Çizelge 1'de ölçüm alınan iki gaz beton duvardan daha kalın olanı, daha yüksek U-değerine sahip görülmektedir. Teorik olarak mümkün olmayan bu durum işçilikteki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Daha ince olan duvar özel tutkal ile ve kaliteli bir işçilikle örülmüş iken, kalın duvar harç ile ve kalitesiz bir işçilikle örülmüştür. Bu sonuçlar, şantiyedeki işçilik kalitesinde belli bir standardın sağlanamadığı ülkemizde laboratuvar şartlarında yapılan deneylerin her zaman gerçek şartları yansıtmadığını bir kere daha belirlemektedir. Gerçek şartlarda yapılan deney sonuçları ise, kontrolsüz ortamlarda yapıldığı için, elde edilen sonuçlar standart olarak kabul edilemezler. Avrupa Topluluğu ülkeleri bu iklimi büyük ölçüde bertaraf edebilmek için "JOULE" projesi kapsamında tüm Avrupa Topluluğu ülkelerinde geçerli olacak standart bir test hücresi geliştirmiştir. Yapı malzemeleri ile bu standard test hücresinin güney duvarı örülmekte ve ısı ve güneş enerjisi özellikleri atmosfer şartlarında test edilen ürüne kalite belgesi verilmektedir. Bu test hücreleri Yunanistan, Almanya, İngiltere, Hollanda, Belçika, İspanya, İtalya vb. bütün Avrupa ülkelerinde kurulmuş ve

ölçüm alınmaya başlanmıştır. Yakın bir gelecekte bu kalite belgesine sahip olmayan ürünlerin Avrupa Topluluğu piyasasına girmesine izin verilmeyeceği beklenmektedir. Bu test hücrenin TÜBİTAK-MAM'da inşa edilmesi için Avrupa Topluluğu'na proje müracaatında bulunulmuştur. Özel sektörün bu projeye göstereceği ilgi ve bunu belgelendirmesi bu prosedürün hızlanmasını sağlayacaktır.

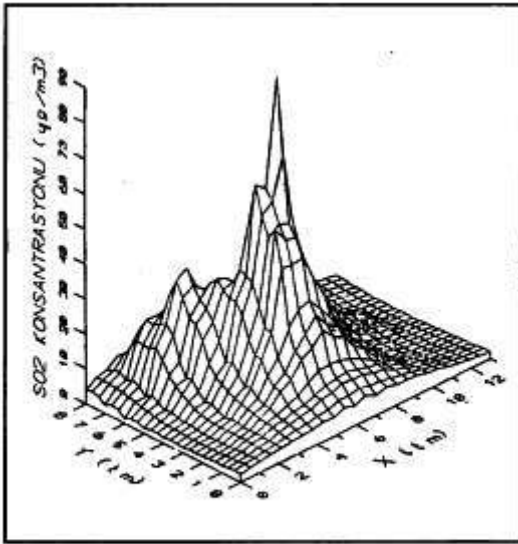
Diğer taraftan, mevcut tüm yapı malzemelerimizin ısı iletkenlik katsayılarının, birim ağırlıklarının ve özgül ısılarının ölçülüp, standartlarımızda ölçüm değerlerinin verilmesi esas olmalıdır. Bu yapılmadığı takdirde, malzeme üreten firmalarımız arasında tartışmalar sürüp gidecek ancak bir sonuç elde edilemeyecektir. Ancak çok kapsamlı olan böyle bir çalışmayı herhangi bir kuruluşun tek başına yapması beklenemez. Özel sektörün ve Devlet Kuruluşlarının birlikte finanse ettiği, TSE, TÜBİTAK veya Üniversitelerin kontrolünde kapsamlı bir çalışmanın yapılması gereklidir ve hatta geç bile kalınmıştır.

[bakınız: 48](#)



Şekil 2. Gebze'de Evsel Isınma Amaçlı Yakıt Kullanımının Hava Kirliliği'ne Katkı Payı (Mevcut Durum; Yalıtımsız, Tuğla duvar, 2 Boyutlu Gösterim).

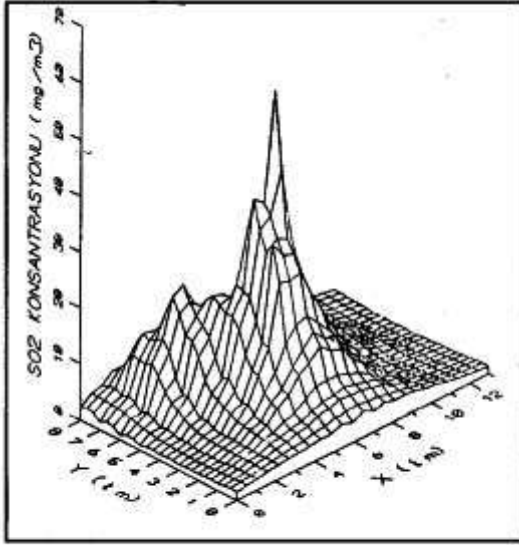
[bakınız: 49](#)



Şekil 3. Gebze'de Evsel Isınma Amaçlı Yakıt Kullanımının Hava Kirliliği'ne Katkı Payı (Mevcut Durum; Yalıtımsız, Tuğla Duvar, 3 Boyutlu Gösterim)

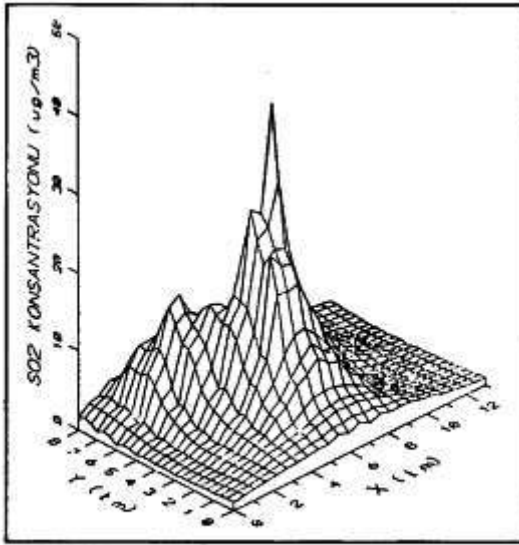
[bakınız: 50](#)

İTİFAK ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHÜRÜ, ÇEVRE MÜHÜRÜ, T. 015.



Şekil 4. Gebze'de Eysel Isınma Amaçlı Yakıt Kullanımının Hava Kirliliği'ne Katkı Payı (Tüm Elemanlar Yalıtımlı, Yalıtımlı Beton Duvar, 3 Boyutlu Gösterim).

[bakınız: 51](#)



Şekil 5. Gebze'de Eysel Isınma Amaçlı Yakıt Kullanımının Hava Kirliliği'ne Katkı Payı (Tüm Elemanlar Yalıtımlı, Gaz Beton Duvar, 3 Boyutlu Gösterim).

Gelişmiş bilgisayar programları ile de binaların enerji analizleri yapılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde büyük ölçüde kullanılan bu programlarla, çok sayıda parametrenin binanın enerji gereksinimine etkisi kolaylıkla ve kısa bir zamanda değerlendirilebilmektedir. Ancak elde edilen sonuçların doğruluğu, diğer değişkenlerin yanında malzeme özelliklerinin de doğru olarak girilmesine bağlıdır. Dolayısıyla bu programların kullanılabilmesi için de söz konusu kapsamlı ölçüm sonuçlarına ihtiyaç vardır. Diğer yandan, bu programlardan elde edilen sonuçlar, kullanılan kabullere ve hesap metodlarına bağlı olarak belirli bir hata gösterirler.

Türkiye'de sistemli bir şekilde yapılacak deneylere ve ölçüm sonuçlarına ihtiyaç vardır. Kişisel bazda veya küçük çapta projeler şeklinde alınan ölçümler değerli olmakla beraber probleme kökünden çözüm getirecek yeterlilikte değildirler. Direkt olarak özel sektörü ve malzeme üreticilerini de ilgilendiren bu probleme kalıcı bir çözüm getirecek kapsamda büyük bir proje için özel sektörün de bir bütün olarak gereken parasal kaynağı ayırması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. ANONİM, (1988), Emission Controls in Electricity Generation and Industry, OECD/IEA, Paris.
2. ISO 9164, (1989), Thermal Insulation - Calculation of Space Heating Requirements for Residential Buildings.
3. TIRIS, M.,(1993, Basılmamış), Gebze'de Yakıt Tüketimi ve Hava Kirliliği Anketi, Kocaeli.
4. TIRIS, M., TIRIS, Ç., VURAL, H.S., TÜRE, I.E., Gebze'de Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi: Uzun Dönemli (1984-92) Ölçümler ve Teorik Analizler, (1994), Proje Raporu (51 Sayfa), TÜBİTAK-M.A.M., Enerji Sistemleri Bölümü, Proje No: 16.2.001, Kocaeli.
5. AYDIN, A. vd., (1993), PROMED İlaç Sanayi ÇED Raporu, M.Ü. Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, İstanbul.
6. ANONİM, (1993), Gebze'nin Dünü - Yarını, Gebze Ticaret Odası Yayını, Kocaeli.

Not: Bu çalışmanın büyük bir bölümü, 5. Türk-Alman Enerji Sempozyumunda (19- 21 Nisan 1995, İzmir) sunulmuştur.