



**ESKİŞEHİR İKLİM KOŞULLARINDA OFİS
BİNALARI İÇİN ISITMA SOĞUTMA ENERJİ
PERFORMANSININ YAPI KABUĞUNDAKİ
YÖNLENME, SAYDAMLIK ORANI VE CAM
TÜRÜ AÇISINDAN İRDELENMESİ**

Doktora Tezi

Hakan ÜNALAN

Eskişehir, 2016

**ESKİŞEHİR İKLİM KOŞULLARINDA OFİS BİNALARI İÇİN ISITMA
SOĞUTMA ENERJİ PERFORMANSININ YAPI KABUĞUNDAKİ
YÖNLENME, SAYDAMLİK ORANI VE CAM TÜRÜ AÇISINDAN
İRDELENMESİ**

Hakan ÜNALAN

DOKTORA TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Emrah GÖKALTUN

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Temmuz, 2016

Bu tez çalışması BAP Komisyonunca kabul edilen 1210F158 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Hakan ÜNALAN'ın "Eskişehir İklim Koşullarında Ofis Binaları İçin Isıtma Soğutma Enerji Performansının Yapı Kabuğundaki Yönlenme, Saydamlık Oranı ve Cam Türü Açısından İrdelenmesi" başlıklı tezi 28/07/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Mimarlık Anabilim dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Unvanı-Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Doç Dr. Emrah GÖKALTUN

Üye : Prof. Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA

Üye : Doç Dr. Cüneyt KURTAY

Üye : Doç Dr. Osman TUTAL

Üye : Doç Dr. Aslı ÖZÇEVİK

Prof. Dr. Nedim DEĞİRMENCİ
Enstitü Müdürü

ÖZET

ESKİŞEHİR İKLİM KOŞULLARINDA OFİS BİNALARI İÇİN ISITMA SOĞUTMA ENERJİ PERFORMANSININ YAPI KABUĞUNDAKİ YÖNLENME, SAYDAMLIK ORANI VE CAM TÜRÜ AÇISINDAN İRDELENMESİ

Hakan ÜNALAN

Mimarlık Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temmuz, 2016

Danışman: Doç. Dr. Emrah GÖKALTUN

Dünya toplam enerjisinin %21.5'i konutlarda ve %18.6'sı ticari yapılarda tüketildiği için sürdürülebilir çevre ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının korunumu çerçevesinde, binalarda enerji performansı ve yapı kabuğunu doğrudan etkileyen pasif tasarım kriterleri oldukça önemlidir.

Yapılan bu çalışmada ticari bina stoğu içinde yer alan ve enerjisinin %50'si ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinde tüketilen ofis binaları için; yönlenme, opaklık saydamlık oranları ve cam türleri gibi pasif tasarım parametrelerinin enerji verimliliğine etkisi araştırılmıştır. Seçilen örnek binanın (Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu), bir yıllık iç ortam ve ısıtma enerjilerine ait ölçüm-hesaplama verileri eşitlenerek, enerji simülasyon programında “gerçekçi/kalibre model” elde edilmiştir. Gerçekçi modelde alternatif yönler ve opaklık saydamlık oranları tanımlanarak “referans enerji tüketimleri” hesaplanmıştır. Sonrasında da bu ‘gerçekçi modellere’ alternatif cam türleri tanımlanarak, “alternatif cam türlerine ait ısıtma ve soğutma enerji tüketimleri” hesaplanmış ve elde edilen bu tüketimler “referans enerji tüketimleriyle” karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak Eskişehir ilindeki yeni yapılacak ofis binaları için; yönlere ve opaklık saydamlık oranlarına dayalı optimum “toplam ısıtma-soğutma enerji tasarrufunu” sağlayan; “dış ve iç camın her ikisinde de ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam” ve “dış camında güneş kontrolü sağlayan gün ışığı geçirgenlik katsayısı düşük ve iç camında ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam” alternatiflerinin kullanılması önerilmiş ve bu cam türlerinin geri ödeme süreleri ortaya konularak “mimari tasarım karar destek mekanizması” oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ofis Binaları Yapı Kabuğu, Enerji Simülasyon Modeli, Yönlenme, Opaklık Saydamlık Oranı, Cam türü

ABSTRACT

ANALYSYS OF THE HEATING AND COOLING ENERGY PERFORMANCE AT BUILDING ENVELOPE IN TERMS OF ORIENTATION, WINDOW WALL RATIO AND GLASS TYPE FOR OFFICE BUILDING IN ESKISEHIR CLIMATE CONDIDATION

Hakan ÜNALAN

Architectural Program

Anadolu University, Graduate School of Science, July, 2016

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Emrah GÖKALTUN

Due to World's total energy consumed in 21.5% residential and 18.6% commercial building, in the framework of sustainable environment and non-renewable energy resource conservation, 'building energy performance' and 'passive design criteria', directly affecting building envelope, is important.

In this study the effect of passive design criteria, such as orientation, window wall ratio and glass type, on energy efficiency investigated for office buildings, located in commercial building stock and consumed 50% energy in HVAC and lighting systems. Calibrated model obtained with an annual measured and calculated data of indoor temperature and heating energy verified for selected sample building, Department of Industrial Engineering Academic and Administrative Staff Building block in Anadolu University. 'Reference energy consumption' calculated by defined alternative orientations and window wall ratios on calibrated model. After calculated 'heating and cooling energy consumption of alternative glass types' by defined alternative glass types on these models and these calculations compared with 'reference energy consumption'.

As a result of proposed 'in both the inner and outer panes that provide temperature control in high thermal conductivity resistance with low-e coated triple glass' and 'providing solar control in high solar heat gain coefficient with low-e coated on outer pane and temperature control in high thermal conductivity resistance with low-e coated on inner pane triple glass' to ensure optimum total heating-cooling energy consumption related with orientations and window wall ratios for new office building will be built in Eskişehir and "Architectural design decision support mechanism" created to put forward these glasses payback periods.

Keywords: Office Building's Envelope, Energy Simulation Modeling, Orientation, WWR, Glass types

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde her türlü desteği veren Danışman hocam Doç. Dr. Emrah GÖKALTUN'a, tez çalışmamı derinleştiren ve zenginleştiren Prof. Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA'ya, her defasında tez sınırlarımı dikkatle kontrol eden, tecrübe ve farklı bakış açılarıyla tezime yön veren Doç. Dr. Cüneyt KURTAY'a, tezimle ilgili her türlü problemime yorulmadan ve sıkılmadan cevap veren ve bilgilerini içtenlikle paylaşan Doç. Dr. Aslı ÖZÇEVİK'e, olumlu katkılarından dolayı Doç. Dr. Osman TUTAL'a içtenlikle ve minnettarlıkla sonsuz teşekkür ederim.

Enerji etkinliğiyle ilgili ilk konuşmamızda doğru yolda olduğumu hissettiren, çalışmalarını saygıyla ve titizlikle izlediğim Yard. Doç. Dr. Başak GÜÇYETER'e, tezimde zorlandığım bir noktayı sihirli bir dokunuşla düzelten ve manevi desteğini esirgemeyen Yard. Doç. Dr. Yusuf YILDIZ'a, ısı enerjisi ölçüm-kayıt sistemini kuran ve her türlü probleme net ve pratik çözüm üreten Fizik Müh. Erdem Aydın YILMAZ'a, Design Builder ile ilgili her türlü soruma cevap veren ve simülasyon programında uzmanlaşmama katkıda bulunan Mak. Müh. Serkan EMİN'e, EKB ile ilgili yardımlarından dolayı İnş Müh. Fırat ÜMMETOĞLU'na, Meteonorm programında takıldığım bir noktayı çözmemde yardımcı olan Mak. Müh. Eren ÜSTÜNBAŞ'a, kalibre modeli elde ederken istatistik konularında ve formüllerinde yardımcı olan Doç. Dr. Fatih ÇEMREK'e ve Yard. Doç. Dr. Özer ÖZAYDIN'a, geri ödeme süresi konusunda destek veren Doç. Dr. Vedat EKERGİL'e çok teşekkür ederim.

Doktora tez sürecimde beni canı gönülden destekleyen mesai arkadaşlarım Yard. Doç. Dr. Meltem ÖZTEN ANAY'a, Öğr. Gör. Çiğdem İSTEL'e, Öğr. Gör. Hesna TOPÇU'ya ve Mimar Sevinç DURDU'ya çok teşekkür ederim.

Hayatımın her sürecinde maddi, manevi, fiziksel ve duygusal olarak desteklemekten yorulmayan ve dualarıyla her zaman arkamda olduklarını hissettiren çok değerli annem Aynur ÜNALAN'a ve babam Özdemir ÜNALAN'a, herşeyimi paylaştığım, sevgisi kadar mesleki bilgilerini de paylaşan, canım kadar çok sevdiğim biricik sevgili eşim Y. Mak. Müh. Azize ÜNALAN'a, her yorulduğumda saf sevgileriyle beni manevi ve moral olarak yenileyen evlatlarım Nafi Berk ÜNALAN ve Mert ÜNALAN'a, dualarıyla destek olan tüm akrabalarım ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Temmuz 2016
Hakan ÜNALAN

....../....../20....

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xx
KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1. Sorun / problemin tanımı	3
1.2. Amaç	5
1.3. Önem	5
1.4. Sınırlılıklar	6
1.5. Tanımlar	8
2. ALANYAZIN (LİTERATÜR TARAMASI)	12
2.1. Mevcut Binalarda İyileştirme Alanyazınları	12
2.2. Yapı Kabuğuyla İlgili Alanyazınları	16
2.2.1. Duvarlar ilgili alanyazınlar	16
2.2.2. Cam türleriyle ilgili alanyazınlar	19
2.3. Opaklık Saydamlık Oranıyla İlgili Alanyazınlar	26
2.4. Yönlenme ile İlgili Alanyazınlar	36
2.5. Günışığı ve Aydınlatmayla İlgili Alanyazınlar	41
2.6. Farklı Coğrafi Konum ve İklim Değişiklikleriyle İlgili Alanyazınlar	44
2.7. Enerji Tüketimi İle İlgili Diğer Alanyazınlar.....	53
2.8. Alanyazın Değerlendirmesi.....	57
3. YÖNTEM	60
3.1. Çalışmanın Kavramsal Modeli	61

3.1.1. IPMVP ve M&V çerçevesinde enerji tüketim doğrulaması ve gerçekçi model elde edilmesi	62
3.1.1.1. Örnek binanın değerlendirilmesi.....	62
3.1.1.2. Örnek binanın modele tanımlanacak ölçümlerinin Yapılması	63
3.1.1.3. İç ortam sıcaklık ve enerji tüketimlerinin eşitlenmesi	63
3.1.2. Eskişehir'deki tasarım aşamasında ofis binaları için mimari tasarım destek mekanizmasının oluşturulması	65
3.1.2.1. Alternatif yön ve alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre referans ısıtma-soğutma enerji tüketim değerlerinin hesaplanması	65
3.1.2.2. Alternatif cam türlerine göre alternatif ısıtma-soğutma enerji tüketim değerlerinin hesaplanması ..	65
3.1.2.3. Alternatif yönlere ve alternatif opaklık saydamlık oranlarına dayalı optimum enerji tüketimini sağlayan alternatif cam türlerinin ve bu cam türlerinin geri ödeme sürelerinin belirlenmesi	66
3.2. Çalışmanın Uygulama Yöntemi	66
3.2.1. Örnek binanın mevcut durumu	66
3.2.1.1. Örnek binanın özellikleri	66
3.2.1.2. Örnek binanın yapı kabuğu elemanları ve katmanları	69
3.2.1.2.1. Yapı kabuğu dış duvarları	70
3.2.1.2.2. Yapı kabuğu döşemeleri	72
3.2.1.2.3. Yapı kabuğu pencereleri	74
3.2.1.3. Örnek binanın ısıtma sistemi	75
3.2.2. Örnek binadan veri toplanması	77
3.2.2.1. Hava sıcaklığı ve bağıl nem kaydedilmesi	78
3.2.2.2. Isıtma enerjisinin ölçülmesi ve kaydedilmesi	80
3.2.2.3. İklim verilerinin temin edilmesi	82
3.2.3. Örnek binanın enerji tüketim doğrulaması yapılarak gerçekçi modelinin elde edilmesi	82

3.2.3.1. Binalarda enerji simülasyon programının özellikleri	83
3.2.3.2. Örnek binanın enerji simülasyon programında aslına uygun modellenmesi	83
3.2.3.3. İklim verilerinin oluşturulması ve enerji simülasyon modeline tanımlanması.....	86
3.2.3.4. Ölçülen ve hesaplanan verilerin eşitlenmesi	88
3.2.3.4.1. Ölçülen ve hesaplanan iç ortam sıcaklık verilerinin eşitlenmesi	89
3.2.3.4.2. Ölçülen ve hesaplanan ısıtma enerjisi tüketim verilerinin eşitlenmesi	97
3.3. Optimum Enerji Tüketimini Sağlayan Alternatiflerin Belirlenmesi İçin Alternatif Senaryoların Uygulanması	97
3.3.1. Gerçekçi modele uygulanan alternatif yön ve opaklık saydamlık oranlarına göre ısıtma-soğutma enerji tüketimlerinin hesaplanması	98
3.3.2. Alternatif yön ve opaklık saydamlık oranlarına uygulanan alternatif cam türlerinin ısıtma-soğutma enerji tüketim değerlerinin hesaplanması	104
4. BULGULAR VE YORUMLAR	107
4.1. Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel Bloğunda Ölçülen İç Ortam Sıcaklıklarının Değerlendirmesi	107
4.2. Örnek Binanın BEP-TR ve TS 825 Yönetmeliklerine Göre Enerji Tüketim Hesaplamaları ve Ölçülen Verilerle Karşılaştırılmaları.....	118
4.3. Gerçekçi Modele Uygulanan Alternatif Yön ve Opaklık Saydamlık Oranlarına Göre Hesaplanan Referans Isıtma-Soğutma Enerji Tüketimlerinin Analiz Edilmesi	119
4.4. Alternatif Yönlere ve Opaklık Saydamlık Oranlarına Uygulanan Alternatif Cam Türlerinin Hesaplanan Isıtma-Soğutma Enerji Tüketimlerinin Analiz Edilmesi.....	128
4.5. Alternatif Yönlere ve Opaklık Saydamlık Oranlarına Dayalı Cam Türlerinin Enerji Tasarruf Oranları	152

4.6. Alternatif Yönlere, Opaklık Saydamlık Oranlara ve Cam Türlerine Göre Geri Ödeme Sürelerinin Belirlenmesi	177
5. SONUÇ	184
KAYNAKÇA	190
EK-1 Ölçülen ve Hesaplanan iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	200
EK-2 Örnek binanın Enerji Kimlik Belgesi ve BEP-TR Raporları	236
EK-3 TS 825 Binalarda ısı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği'ne göre yıllık ısıtma enerji tüketimi değerleri	258
EK-4 Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Akademik ve İdari Personel Bloğunun Alternatif Yönlere ve Opaklık Saydamlık Oranlarına Göre Hesaplanan Yıllık Isıtma Ve Soğutma Enerji Tüketimleri.....	263
EK-5 Örnek Bina Gerçekçi Modelindeki Alternatif Yön ve Opaklık Saydamlık Oranlarına Göre Alternatif Cam Türlerinin Isıtma-Soğutma Enerji Tasarruf Miktarları ve Maliyetleri	265
ÖZGEÇMİŞ	273

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.	Optimum yapı kabuğu şartlarını sağlayan; yön, opaklık saydamlık oranı, duvar ve doğrama alternatifleri (İstanbul iklimi için)	17
Çizelge 3.1.	Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu özellikleri	69
Çizelge 3.2.	Zemin kat duvarlarının malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı	70
Çizelge 3.3.	Birinci kat dış duvarlarının malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı	71
Çizelge 3.4.	Betonarme duvarları oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı	72
Çizelge 3.5.	Zemine oturan döşemeyi oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı	72
Çizelge 3.6.	Kat arası döşemeyi oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı	73
Çizelge 3.7.	Konsol döşemeyi oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı	74
Çizelge 3.8.	Çatı döşemesini oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı	74
Çizelge 3.9.	Pencereleri oluşturan yapı malzemeleri ve kalınlıkları	75
Çizelge 3.10.	Isı merkezindeki kazanların karakteristik özellikleri.....	76
Çizelge 3.11.	Örnek binanın 2013 -2014 yılı ısıtma dönemine ait aylık kayıpsız toplam ısıtma enerjileri (kW)	82
Çizelge 3.12.	Eskişehir ili için TUMAS'dan temin edilen iklim verileri	86
Çizelge 3.13.	Uluslararası Ölçüm, Doğrulama ve Enerji İhtiyacı Standartları ve Protokollerinin 'enerji tüketim doğrulaması sınır' değerleri	89
Çizelge 3.14.	Örnek binayı temsil ettiği kabul edilen ofislerin; ölçülen ve hesaplanan iç ortam sıcaklık sınır değerleri (8760 saatlik).....	90
Çizelge 3.15.	Modelde kullanılan cam türlerinin özellikleri	106
Çizelge 5.1.	Eskişehir ilindeki ofis binaları için alternatif yönler ve saydamlık oranlarında düz cama göre alternatif cam türlerinin enerji tasarruf oranları ve geri ödeme süreleri.....	188, 189

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1.	Dünya yıllık enerji tüketim artışı (mtoe/milyon ton eşdeğer petrol)	1
Şekil 1.2.	Dünya enerji tüketim oranlarının sektörel bazda dağılımı	2
Şekil 1.3.	Ofis binalarında enerji tüketim alanları ve oranları	3
Şekil 1.4.	Eksen doğrultusunda bina boyutları değişimlerine göre bina en/boy oranının değişimi.....	11
Şekil 2.1.	Duvar kuruluş alternatifleri	16
Şekil 2.2.	Cam türü, gölgeleme elemanları ve opaklık saydamlık oran alternatifleri	21
Şekil 2.3.	Güney yönünde opaklık saydamlık ve enerji tasarruf oranlarına göre cam türleri	25
Şekil 2.4.	Pencerelerin alternatif yükseklik ve genişlikleri	27
Şekil 2.5.	Milan şehri için yönlere ve cam türlerine dayalı ısıtma dönemindeki ısıtma-soğutma enerji tüketimleri	29
Şekil 2.6.	Yönlere ve enerji tüketimlerine göre 20cm-30cm ısı yalıtım alternatiflerinin enerji tüketimleri (kWh/m ²)	35
Şekil 2.7.	Alternatif opaklık saydamlık oranı ve bina en-boy oranlarına göre dört farklı iklim bölgesindeki enerji tüketimleri	48
Şekil 2.8.	Alternatif cam türlerine göre farklı bina en-boy oranlarının dört farklı iklim bölgesindeki enerji tüketimleri	48
Şekil 2.9.	Simülasyon modeli en boy alternatifleri	51
Şekil 2.10.	Şehirlere göre ısıtma enerjisi tüketim hesaplamaları	51
Şekil 2.11.	Şehirlere göre soğutma enerjisi tüketim hesaplamaları.....	52
Şekil 2.12.	Şehirlere göre toplam enerji tüketim hesaplamaları	52
Şekil 3.1.	Gerçekçi modelde enerji tüketim doğrulama süreci	64
Şekil 3.2.	Gerçekçi modelde kullanılan alternatif opaklık saydamlık oranları ve yönler	65
Şekil 3.3.	Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu (örnek bina)	67
Şekil 3.4.	Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu zemin kat planı	68

Şekil 3.5. Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu birinci kat planı	68
Şekil 3.6. Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu kesit ve görünüşü	69
Şekil 3.7. Zemin kat duvarlarını oluşturan yapı malzemeleri	70
Şekil 3.8. Birinci kat dış duvarlarını oluşturan yapı malzemeleri	71
Şekil 3.9. Betonarme duvarları oluşturan yapı malzemeleri	71
Şekil 3.10. Zemine oturan döşemeleri oluşturan yapı malzemeleri	72
Şekil 3.11. Kat arası döşemeleri oluşturan yapı malzemeleri	73
Şekil 3.12. Konsol döşemeleri oluşturan yapı malzemeleri.....	73
Şekil 3.13. Çatı döşemesini oluşturan yapı malzemeleri ve kalınlıkları.....	74
Şekil 3.14. Mühendislik Fakültesi bloklarına ait ısı merkezi.....	75
Şekil 3.15. Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü’nde yer alan ısı merkezindeki kazanlar.....	76
Şekil 3.16. Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü’nde yer alan ısı merkezindeki sirkülasyon pompaları	77
Şekil 3.17. Örnek binanın zemin katında sensörlerin yerleştirildiği ofisler	79
Şekil 3.18. Örnek binanın I. katında sensörlerin yerleştirildiği ofisler.....	79
Şekil 3.19. Örnek bina ofislerine yerleştirilen sensörler.....	80
Şekil 3.20. Örnek bina ısıtma sistemine uygulanan ısıtma enerjisi ölçüm ve veri kayıt sistemi	81
Şekil 3.21. Örnek binanın kayıpsız (ısı akışkandan ölçülen) ısıtma enerjisi grafiği ..	82
Şekil 3.22. Örnek binanın Design Builder simülasyon modeli	84
Şekil 3.23. Örnek binanın zemin katının Design Builder simülasyon modeli.....	85
Şekil 3.24. Örnek binanın I. katının Design Builder simülasyon modeli	85
Şekil 3.25. Meteororm programında Eskişehir ili için otomatik olarak hesaplanan günlük global güneş ışıınım şiddeti grafiği (kWh/m ²).....	87
Şekil 3.26. Meteororm programında Eskişehir ili otomatik olarak hesaplanan aylık yayılı ve global güneş ışıınım şiddeti grafiği (kWh/m ²)	88
Şekil 3.27. Z01 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	91
Şekil 3.28. Z04 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	91

Şekil 3.29. Z10 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	92
Şekil 3.30. I01 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	92
Şekil 3.31. I05 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	93
Şekil 3.32. I09 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	93
Şekil 3.33. Z01 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	94
Şekil 3.34. Z04 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	94
Şekil 3.35. Z10 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	95
Şekil 3.36. I01 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	95
Şekil 3.37. I05 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	96
Şekil 3.38. I09 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	96
Şekil 3.39. Örnek binanın hesaplanan ve ölçülen aylık ısıtma enerjileri (kW/yıl)	97
Şekil 3.40. Örnek binanın alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif yönlerin yıllık ısıtma enerji tüketimi (kW/yıl).....	99
Şekil 3.41. Örnek binanın alternatif yönlere göre alternatif opaklık saydamlık oranlarının yıllık ısıtma enerji tüketimi (kW/yıl).....	100
Şekil 3.42. Örnek binanın alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif yönlerin yıllık soğutma enerji tüketimi (kW/yıl)	101
Şekil 3.43. Örnek binanın alternatif yönlere göre alternatif opaklık saydamlık oranlarının yıllık soğutma enerji tüketimi (kW/yıl)	102
Şekil 3.44. Örnek binanın alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif yönlerin yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi (kW/yıl).....	103
Şekil 3.45. Örnek binanın alternatif yönlere göre alternatif opaklık saydamlık oranlarının yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi (kW/yıl).....	104

Şekil 4.1.	Z01 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	108
Şekil 4.2.	Z04 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	108
Şekil 4.3.	Z10 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	109
Şekil 4.4.	I01 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	109
Şekil 4.5.	I05 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	110
Şekil 4.6.	I09 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	110
Şekil 4.7.	Z01 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	112
Şekil 4.8.	Z04 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	112
Şekil 4.9.	Z10 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	113
Şekil 4.10.	I01 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	113
Şekil 4.11.	I05 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	114
Şekil 4.12.	I09 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri	114
Şekil 4.13.	Z01 ve I01 ofislerinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	115
Şekil 4.14.	Z04 ve I05 ofislerinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	116
Şekil 4.15.	Z10 ve I09 ofislerinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	116
Şekil 4.16.	Z01 ve I01 ofislerinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	117

Şekil 4.17. Z04 ve I05 ofislerinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	117
Şekil 4.18. Z10 ve I09 ofislerinin soğutma dönemindeki (28 Kasım) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri	118
Şekil 4.19. Örnek binanın kuzey, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerine göre yıllık ısıtma enerjisi (kWh/yıl) tüketimi	120
Şekil 4.20. Örnek binanın güney, güneybatı, batı ve kuzeybatı yönlerine göre yıllık ısıtma enerjisi (kWh/yıl) tüketimi	121
Şekil 4.21. Örnek binanın kuzey, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerine göre yıllık soğutma enerji tüketimi	123
Şekil 4.22. Örnek binanın güney, güneybatı, batı ve kuzeybatı yönlerine göre yıllık soğutma enerji tüketimi	124
Şekil 4.23. Örnek binanın kuzey, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerine göre yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi	126
Şekil 4.24. Örnek binanın güney, güneybatı, batı ve kuzeybatı yönlerine göre yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi	127
Şekil 4.25. Örnek binanın kuzey yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri	129
Şekil 4.26. Örnek binanın kuzey yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri	130
Şekil 4.27. Örnek binanın kuzeydoğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri.	132
Şekil 4.28. Örnek binanın kuzeydoğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri.	133
Şekil 4.29. Örnek binanın doğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri	135
Şekil 4.30. Örnek binanın doğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri	136
Şekil 4.31. Örnek binanın güneydoğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri.	138
Şekil 4.32. Örnek binanın güneydoğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri.	139

Şekil 4.33. Örnek binanın güney yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri	141
Şekil 4.34. Örnek binanın güney yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri	142
Şekil 4.35. Örnek binanın güneybatı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri.	144
Şekil 4.36. Örnek binanın güneybatı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri.	145
Şekil 4.37. Örnek binanın batı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri	147
Şekil 4.38. Örnek binanın batı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri	148
Şekil 4.39. Örnek binanın kuzeybatı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri.	150
Şekil 4.40. Örnek binanın kuzeybatı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri.	151
Şekil 4.41. Örnek binanın kuzey yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	153
Şekil 4.42. Örnek binanın kuzey yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	154
Şekil 4.43. Örnek binanın kuzeydoğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	156
Şekil 4.44. Örnek binanın kuzeydoğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	157
Şekil 4.45. Örnek binanın doğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	159

Şekil 4.46. Örnek binanın doğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	160
Şekil 4.47. Örnek binanın güneydoğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	162
Şekil 4.48. Örnek binanın güneydoğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	163
Şekil 4.49. Örnek binanın güney yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	165
Şekil 4.50. Örnek binanın güney yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	166
Şekil 4.51. Örnek binanın güneybatı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	168
Şekil 4.52. Örnek binanın güneybatı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	169
Şekil 4.53. Örnek binanın batı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	171
Şekil 4.54. Örnek binanın batı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	172
Şekil 4.55. Örnek binanın kuzeybatı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	174
Şekil 4.56. Örnek binanın kuzeybatı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları	175

Şekil 4.57. Kuzey yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve cam türlerinin geri ödeme süreleri.....	179
Şekil 4.58. Kuzeydoğu yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve cam türlerinin geri ödeme süreleri.....	180
Şekil 4.59. Doğu yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve cam türlerinin geri ödeme süreleri.....	180
Şekil 4.60. Güneydoğu yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve cam türlerinin geri ödeme süreleri.....	181
Şekil 4.61. Güney yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve cam türlerinin geri ödeme süreleri.....	181
Şekil 4.62. Güneybatı yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve cam türlerinin geri ödeme süreleri.....	182
Şekil 4.63. Batı yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve cam türlerinin geri ödeme süreleri.....	182
Şekil 4.64. Kuzeybatı yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve cam türlerinin geri ödeme süreleri.....	183

SİMGELER DİZİNİ

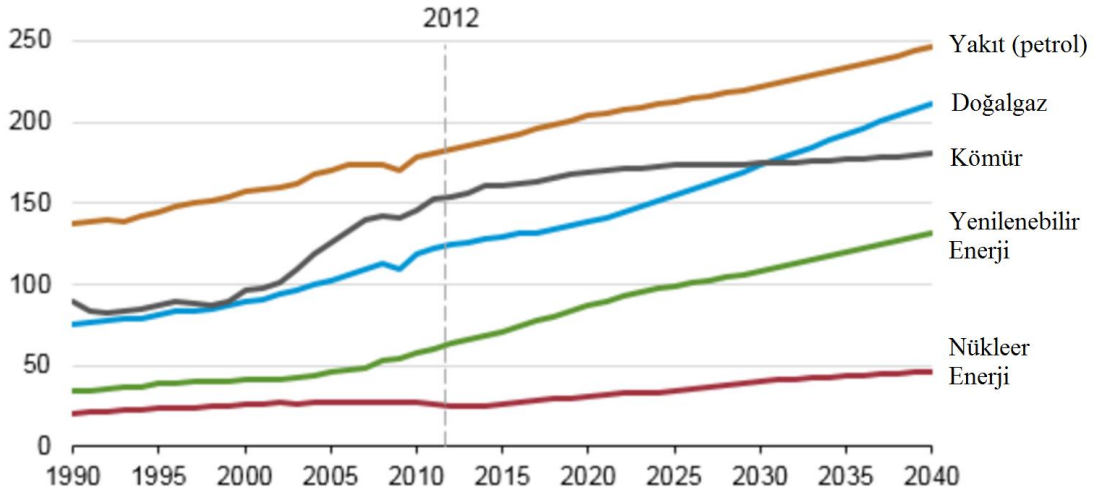
$Q_{ısıtma}$	: İklimlendirme sisteminde 1 dakikada tüketilen ısı enerjisi
M	: İklimlendirme sisteminde 1 dakikada debimetreden geçen ısı akışkan miktarı
C	: Öz ısı
Δt	: Isıtma sistemindeki ısı akışkanının gidiş-dönüş borularındaki sıcaklık farkı
m	: Ölçüm yapılan ay
dm	: Ölçüm yapılan ayın günü
h	: Ölçüm yapılan ayın gününün saati
T_a	: Sıcaklık ($^{\circ}C$)
T_d	: Çiğ Sıcaklığı ($^{\circ}C$)
$\%$	: Bağlı nem (RH)
p	: Atmosfer basıncı (bar)
ff	: Rüzgar hızı (m/s)
DD	: Rüzgar yönü ($^{\circ}$)
R	: Belirtme katsayısı
CV	: Belirsizlik katsayısı (Coefficient of Variation)
$RMSE$	: Belirsizlik katsayısı (Root Mean Square Error)
$y_{pred,i}$	: Hesaplanan verinin ölçülen veriye karşılık geldiği değer
$y_{data,i}$	: Ölçülen verinin hesaplanan veriye karşılık geldiği değer
y_{data}	: Ölçülen verilerin ortalama değeri
n	: Değerlendirmeye alınan veri sayısı
p	: Model içinde kullanılan regresyon sayısı
NBD	: Net Bugünkü Değer
R	: Toplam yıllık tasarruf (TL)
f	: Faiz oranı (%)
YM	: Yatırım Maliyetidir (TL)

KISALTMALAR DİZİNİ

EIA	: Enerji Bilgi Dairesi
EPBD	: Avrupa Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği
TS 825	: Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı
HVAC	: Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Sistemi
BEP-TR	: Türkiye Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği
ASHREA	: Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendislik Derneği
IPMVP	: Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü ve Standartları
CRES	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Merkezi
M&V	: Ölçme ve Doğrulama Yönetmeliği
EPS	: Genleştirilmiş Polistren Sert Köpük
MBE	: Ortalama Hata Oranı
RMSE	: Ortalama Karekök Hata Oranı
SHGC	: Güneş Işınımı Kazanç Katsayısı, Güneş Enerjisi Geçirgenliği
ST	: Gün Işığı Geçirgenliği
TUMAS	: Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi
EKB	: Enerji Kimlik Belgesi
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
ANN	: Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network)
CAV	: Sabit debili iklimlendirme sistemi (Constant Air Volume)
VAV	: Değişken debili iklimlendirme sistemi (Variable Air Volume)
AHU	: Klima santrali (Air Handling Unit)
ECM	: Enerji tüketim önlemleri (Energy Conservation Measures)

1. GİRİŞ

Geçtiğimiz yarım yüzyılda gerçekleşen enerji krizlerinden ve yıldan yıla giderek artan enerji tüketiminden dolayı [1] (Şekil 1.1) doğal dengenin bozulması ve çevre kirliliğinin önüne geçmek için sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin temelleri atılmıştır. Bu dönemde, 1972 Uluslararası Stockholm Konferansı ve Raporu, 1987 Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Brundtland Raporu ve 1992 Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı Rio Zirvesi yapılmıştır. Yapılan konferanslar ve hazırlanan raporlar sonucunda fosil yakıtların tükenebilirliği anlaşılmış ve çevresel kirliliğin önüne geçilmek istenmiştir. Bu amaçla ‘sürdürülebilirlik’, ‘ekoloji’ ve ‘enerjinin etkinliği’ gibi kavramlar oluşturularak; ‘sürdürülebilir kalkınma’ kavramına yön veren ilkelerin evrensel boyutta olmasına karşın, bunların uygulanmasını sağlayacak politikaların farklı ölçeklerde gerçekleşmesi sağlanmaya çalışılmıştır [2]. Bu politikaların öncelikli başlıkları içinde enerji konusunun mimari kavramla da bütünleşik olarak ele alınması yer almıştır.

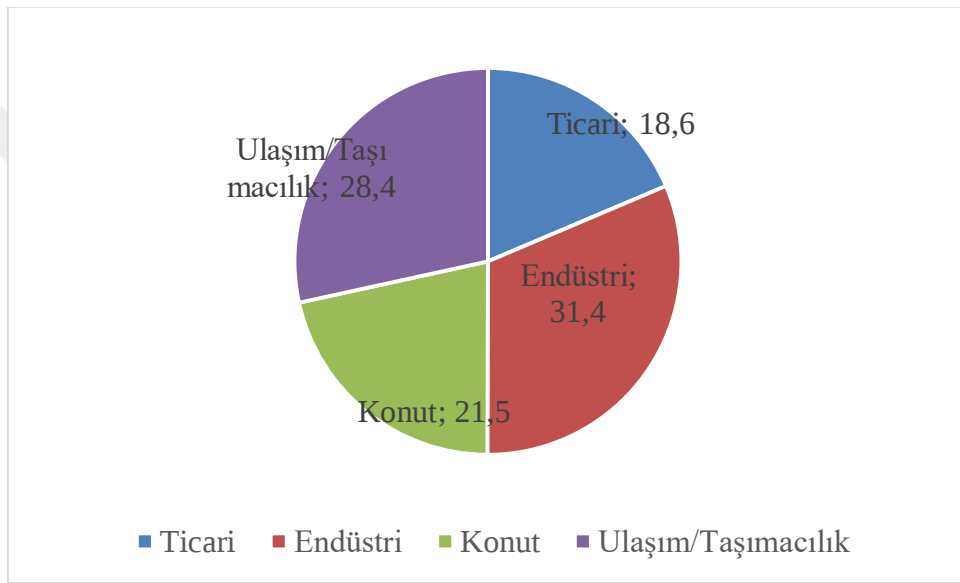


Şekil 1.1. Dünya yıllık enerji tüketim artışı (mtoe/milyon ton eşdeğer petrol)

Kaynak: [1]

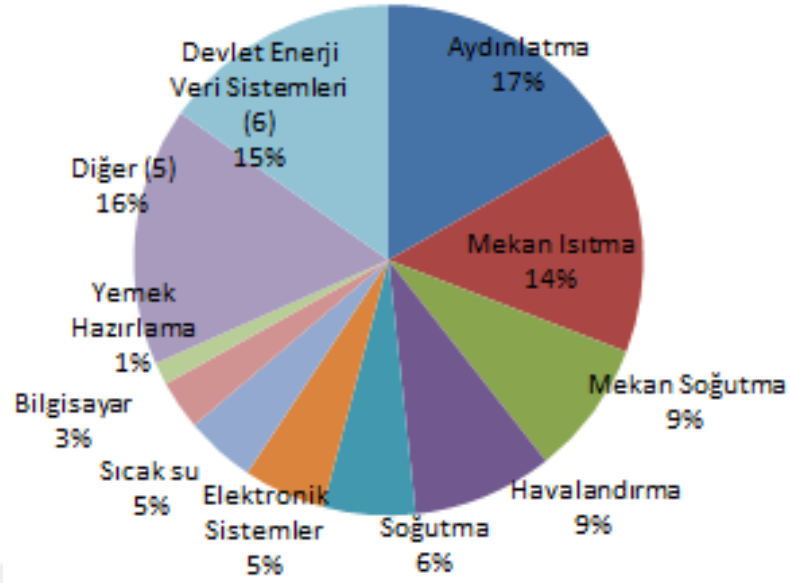
Oluşturulan politikalar sayesinde ‘binalarda enerji performans yönetmelikleri’ geliştirilerek enerji etkinliğiyle ilgili standartlar oluşturulmuştur. Söz konusu yönetmelikler ‘binalarda enerji performans sertifikalandırma’ için sınır/referans değerler ve ölçütler belirlemiştir (Avrupa Birliğinde EPBD 2010/31/EU ve ülkemizde TS 825 ile BEP-TR).

Uluslararası kapsamda değerlendirme yapıldığında sektörel bazda binalarda tüketilen enerji; konut için % 21.5 ve ticari binalar için %18.6 olduğu (Şekil 1.2) [3] ve ofislerdeki enerji tüketim dağılımına bakıldığında ısıtma-soğutma ve aydınlatma enerji tüketiminin %50.7'lik paya sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 1.3) [4]. ‘CO₂ salımı’ ve ‘sürdürülebilir doğal çevre kirliliği’ sorunlarının azaltılması için yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artmasına karşın fosil yakıtların kullanımı %87 gibi yüksek bir orana sahiptir [5]. Ağırlıklı olarak fosil yakıtlara dayalı gerçekleşen enerji tüketiminde konut ve ticari binaların payı %30 oranındadır [6].



Şekil 1.2. Dünya enerji tüketim oranlarının sektörel bazda dağılımı

Kaynak: [3]



Şekil 1.3. Ofis binalarında enerji tüketim alanları ve oranları

Kaynak: [4]

Enerji konjonktüründeki gelişmeler doğrultusunda yapı sektöründe; imalat, işletme ve geri dönüşüm enerjileri ve bunların maliyetleri oldukça önemlidir. Bu bağlamda, yapılarda enerji giderlerinin azaltılması ve alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik olarak ‘sürdürülebilir mimarlık’ ve ‘sürdürülebilir mimari tasarım’ kavramları ortaya çıkmıştır.

Tönük (2001) ‘sürdürülebilir mimari tasarım ilkeleri’ni;

- Yapı içi,
- Yapı kabuğu ve
- Yapı dışı (fiziksel çevre)

olarak üç farklı ana başlık altında toplamıştır [7]. Sürdürülebilir mimari tasarımda yapı kabuğu, iç ve dış ortamları birbirinden ayırdığından dolayı kullanıcı konforu için; hava, ısı, nem ve ışık gibi fiziksel çevre kontrolünü desteklerken [8] enerji tüketimini ve enerji etkinliğini doğrudan etkilemektedir.

1.1. Sorun / problemin tanımı

Ülkemiz enerji kaynakları açısından dışa bağımlı olduğundan ‘enerji ekonomisi’ ve dolayısıyla enerji etkinliği ile enerji verimliliği ön plana çıkmaktadır. Enerji ekonomisi ve enerji etkinliği için alınan önlemler;

- Mevcut binalar için ‘iyileştirme projeleri’ (renovasyon) ve
- Yeni yapılacak binalar için sürdürülebilir ve enerji etkin mimari tasarım kriterleri olarak gruplanır. Her iki unsurda da yapım, işletme, bakım-onarım dolayısıyla da ilk yatırım maliyetlerini göz önünde bulundurur.

İyileştirme projeleri yapı kabuğunda ısı yalıtımı uygulanması, doğrama değişimi ve/veya bina mekanik sistemleri (ısıtma-soğutma ve havalandırma [HVAC] ile aydınlatma ekipmanları) değişimi olarak değerlendirilir. Sürdürülebilir ve enerji etkin mimari tasarım kriterleri ise “aktif” ve “pasif” tasarım kriterleri olarak ayrılmaktadır [9].

Aktif ve pasif tasarım kriterleri de doğrudan yapı kabuğuyla ilgili uygulamalar olduğu için yapı bloğunun tamamına “bütünsel yaklaşım” sağlarlar [10]. Böylelikle yapı kabuğunu oluşturan yapı elemanları detaylı bir şekilde değerlendirilir. Pasif tasarım kriterleri Lee K. H. ve diğerleri tarafından;

- Binanın yeri,
- Yapının komşu yapılara mesafesi,
- Yapı yönü,
- Yapı formu,
- Yapı kabuğu elemanlarının termofiziksel özellikleri ve
- Güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri

olarak detaylandırılmıştır [11, 12]. Burada bina formu ve yön seçimi tasarım esnasında düşünülmesi gereken en önemli iki ögedir [13]. Bununla birlikte yapı kabuğu (ve binanın zemin düzlemindeki en-boy oranı) dış çevreyle ısı transferi yapan yüzey alanını belirlediği için enerji tüketimini etkilemektedir [14]. Günümüzde mimari cephenin estetik kaygılarından dolayı opaklık saydamlık oranı artmaktadır [15]. Dolayısıyla ısıl iletkenlikleri yüksek olan pencerelerde yönlenme ve opaklık saydamlık oranı da önem kazanmaktadır.

Aktif tasarım kriterleri yapı çevresindeki yenilenebilir enerjiyi dönüştürerek enerji üreten sistemlerdir [7]. Bu sistemler ise;

- Güneş enerjisi sistemleri [16, 17],
- Rüzgar enerjisi sistemleri [18],
- Aydınlatma enerjisi sistemleri [19] ve
- Havalandırma sistemleri [19]

olarak sınıflandırılabilir. Sürdürülebilirlik, enerji etkinliği ve enerji ekonomisi açısından bakıldığında enerji tüketiminde büyük paya sahip olan pasif tasarım kriterleri (genellikle enerji üretimi yapan aktif tasarım kriterleri tarafından desteklendiği için) daha önemlidir.

Türkiye yapı stoğunda ofis ve ticari bina blokları %3.5-5 orana sahip olmalarına karşın enerji tüketimleri yüksektir [20]. Özellikle ihaleyle oluşturulan imalat sürecinde, üstlenici firmanın ticari kaygılarından dolayı yapılan sözleşmeye uymaması; kamu binalarını, işletme ve bakım-onarım maliyetleri açısından olumsuz etkilenmektedir [21]. Söz konusu olumsuzluklar enerji verimliliğini, enerji ekonomisini ve bina kullanıcısının ısı ve ışık konforunu, dolayısıyla da kullanıcının çalışma performansını etkilemektedir. Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak ve optimum enerji tüketimi sağlamak için binalarda enerji performansı yönetmeliğinde (BEP-TR);

- Yönlenme,
- Opaklık saydamlık oranı ve
- Cam türü

ile ilgili “mimari tasarım karar destek mekanizması”nın bulunmaması bir sorundur.

1.2. Amaç

Yeni yapılacak ofis-büro binalarının enerji etkin mimari tasarımlarına yönelik ısıtma-soğutma enerji tüketimi ve yapı kabuğu odaklı;

- Yönlenme,
- Opaklık-saydamlık oranı ve
- Cam türü

parametrelerinin enerji tüketimine etkileri analiz edilecektir. Enerji tüketim analizleri için enerji simülasyon programları kullanılarak uluslararası standart ve yönetmeliklerin belirlediği çerçevede ‘*enerji tüketim doğrulaması*’ adımları izlenmesi ve gerçekçi model elde edilmesiyle, gerçek enerji verilerine yakın değerler hesaplanarak optimum enerji performansını sağlayan alternatiflerin belirlenmesi hedeflenmektedir. Söz konusu alternatifler doğrultusunda da Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’nde (BEP-TR) yer alabilecek “mimari karar destek mekanizması” oluşturulması amaçlanmaktadır.

1.3. Önem

Aktif ve pasif tasarım kriterleri binaların enerji tüketimini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Mevcut ve yeni yapılacak her bina aktif ve pasif kriterlerden dolayı birbirinden ayrılmakta ve dolayısıyla farklı bir çalışma alanı haline gelmektedir. Bu yaklaşımla gerçekleştirilen bu çalışmada; yeni yapılacak ofis-büro binalarının enerji etkin

mimari tasarımında kullanılmak üzere; yönlenme, opaklık saydamlık oranı ve cam türleriyle ilgili tablolar ve çizelgeler oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmada Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Akademik ve İdari Personel Bloğu;

- İklim özellikleri Türkiye’yi %32.2 oranla temsil eden Eskişehir ilinde [22] olması,
- Mimari tipoloji ve işletme yönetimi olarak kamu binalarını temsil etmesi,
- Yönlenmenin enerji tüketimine etkisinin analiz edilebilmesi için ofislerin aynı yöne bakması,
- İncelenecek ofislerin ısıtma sistemine tek bir hat ile bağlanması (ısıtma enerjisi açısından yapı bütünlüğünün sağlanması)
- İç mekana ait komşu yüzeylerin ısı geçirimsiz olduğu (adiabatic) kabul edildiğinde diğer iç mekanlardan ayrı değerlendirilerek bloktan ayrı tutulabilmesi,
- Kullanıcıların ısı konfor memnuniyetsizliklerinin olması,
- Ölçüm ekipmanlarına müdahale edilmediği için ölçüm güvenilirliğinin olması,
- Ölçüm ekipmanları hafızasındaki verilerin kaydedilerek ekipmanların tekrar ölçüme hazır hale getirilme sıklığının esnek olması ve
- Fiziksel erişilebilirliğin kolay olması,

özelliklerini taşıdığı için örnek bina olarak seçilmiştir.

Yönlenme, opaklıksaydamlık oranı ve cam türü parametrelerinin **tek yöne pencere açılımı olan mevcut bir binada** gerçekçi model elde edilerek; enerji tüketimine etkisi ile optimum ısıtma-soğutma enerji tüketimlerini sağlayan alternatiflerin belirlendiği bir çalışmaya alanyazında (literatür taramasında) rastlanmamıştır. Söz konusu parametrelerin;

- Optimum ısıtma-soğutma enerji tüketimini sağlayan alternatiflerinin ve
- Bu alternatiflerin geri ödeme sürelerinin belirlenmesinin

bilim dünyası, akademik çalışma ve uygulama alanlarına katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

1.4. Sınırlılıklar

Seçilen örnek binanın Uluslararası Ölçüm, Doğrulama ve Enerji İhtiyacı Standartları ve Protokolleri ışığında (ASHRAE 2002-2005, CRES 2000, IPMVP 2001 ve M&V 2008) ofis binaları için gerekli olan enerji tüketim alanları belirlenmiş ve bu değerler ölçülmüştür [23, 24, 25, 26, 27]. Eskişehir (karasal) iklimsel koşullarında ısıtma

yükünün yüksek olması nedeni ile özellikle ısıtma-soğutma enerjileri üzerinde odaklanılmıştır.

Uluslararası Performans Ölçüm ve Onaylama Protokolü'nün (IPMVP) Temel Kavram ve Yöntemi içeriğinin 3.4.4. D maddesine ile Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı Ölçme ve Doğrulama Yönetmeliği'nin D maddesine (Measurement and Verification / M&V) bağlı kalınarak [21, 26, 27];

- Örnek binada kullanılan;
 - Aydınlatma sistemleri,
 - Bilgisayar sistemleri,
 - Enerji tüketen tüm ekipmanları ve
 - Isıtma, soğutma ve Havalandırma (HVAC) ekipmanlarınıngerçek performans bilgileri en az bir yıllık süreçte (8760 saat, saatlik ortalama ile) toplanmış,
- Hesaplama metodolojisi üzerine uluslararası güvenilirliği ispatlanan bir binalarda enerji simülasyon programı seçilmiş,
- Meteorolojik verilerin saatlik, aylık ve yıllık değerleri temin edilmiş,
- Söz konusu standartlar kapsamında belirlenen sınır değerler içinde kalacak şekilde, hem iç sıcaklık hem de tüketilen ısıtma-soğutma enerjilerinin hesaplanan ve ölçülen değerlerinin eşitlenmesiyle '**enerji tüketim doğrulaması süreci**'nden geçilerek '**gerçekçi model**' (kalibre model/) elde edilmiş [21, 26, 27],
- Gerçekçi modelde 8 alternatif opaklık saydamlık oranına göre yapı kabuğu yeniden düzenlenmiş ve 8 alternatif yöne çevrilmiş,
- Elde edilen 64 alternatif modelin ısıtma, soğutma ve toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri hesaplanarak yönlere ve opaklık saydamlık oranlarının '**referans enerji tüketimleri**' kabul edilmiş,
- 64 referans modele 5 alternatif cam türünün güneş enerjisi geçirgenlik (SHGC), gün ışığı geçirgenlik (ST) ve ısı geçirgenlik (U) katsayıları tanımlanarak '**alternatif ısıtma, soğutma ve toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri**' hesaplanmış,
- Elde edilen alternatif enerji tüketimleri referans enerji tüketimleriyle karşılaştırılarak analiz edildiğinde yönlere ve saydamlık oranlarına göre optimum enerji tüketimini sağlayan cam türleri belirlenmiş,

- Bu bağlamda da BEP-TR’de yer alabilecek şekilde enerji etkin odaklı ‘**mimari tasarım karar destek mekanizması**’ oluşturulmuş,
- Belirlenen cam türlerinin yatırım ve enerji tasarruf maliyetleri ortaya konularak geri ödeme süreleri belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan; enerji simülasyon ve iklim verisi dönüştürme programları, dataloggerlar, ısı ölçüm ve veri kayıt sistemi Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi desteğiyle alınmıştır (Proje No: 1210F158). Bütçe, fiziksel imkansızlıklar ve tesisat sorunlarından dolayı elektrik enerji ölçüm ekipmanları (analizör) alınamamış ve çalışma dışında tutulmuştur.

Fiziksel çevrenin iklimsel verileri örnek binadan 500m uzaklıkta bulunan Eskişehir Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ne bağlı Metar Meteoroloji istasyonundan, Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi (TUMAS) aracılığıyla temin edilmiştir [28]. İç mekanla ilgili olarak ısıtma sistemindeki ölçümlerde mekanik sorunlardan dolayı bazı zaman aralıklarında gerçek veriler ölçülememiştir. Söz konusu zaman aralıkları çalışma dışında tutulmuştur.

1.5. Tanımlar

Çalışmada kullanılan temel kavramlar bu bölümde derlenmiş ve açıklanmıştır.

Bina bağıl yoğunluğu (bina kompaktlık oranı); şekil faktörü olarak da adlandırılan bu tanım bina dış yüzey alanının bina hacmine oranıdır [29, 30].

Bina tesisatları

HVAC (ısıtma-soğutma ve havalandırma), aydınlatma, elektrik ve sıhhi tesisatı olarak kullanıcıya hizmet veren sistemlerdir.

Binalarda enerji performansı

Bir binanın; sıcak su, aydınlatma, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin ihtiyacı olan enerji miktarını hesaplamak veya ölçmektir [31]. Bu bağlamda (Ulusal ve Uluslararası) Binalarda Enerji Yönetmelikleri enerji tüketim değerlerine göre **enerji sınıfları** oluşturur. Avrupa Enerji komisyonunca yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (Energy Performance of Buildings Directive/EPBD) ve ülkemizdeki Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’ne (BEP-TR) göre; binaya uygulanan yalıtım, içinde bulunulan coğrafi şartlar, güneş etkisi, komşu binaların etkisi ve kullanıcı etkileri gibi faktörlerde bina enerji performansını da etkilemektedir [31, 32].

Binalarda enerji simülasyon programı

“Enerji modeli” olarak da bilinen binanın enerji tüketimini tahmin edebilen ve bina yaşam döngüsü içinde binanın enerji performansı ve ısı konforu için gerekli hesaplamaları yapan çok yönlü ve kullanışlı bir yazılımdır. Programda oluşturulan ve belirli verilerin tanımlandığı sayısal veri bütünlüğüne de **Enerji Simülasyon Modeli** denilmektedir [33, 34].

Enerji etkinliği

Enerji tüketimini azaltmayı hedefleyen enerji yönetimi ve sınırlamalardır. Aynı veya daha az enerji miktarı ile daha fazla cihaz çalıştırma veya daha fazla hizmet alma/sunma eylemidir [35]. Bu bağlamda enerji tasarruf önlemleri ve tasarımları kavramları ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda da “binalarda enerji etkinliği” ise;

- **Mevcut binalarda enerji etkinliği;** enerji tüketimini azaltmak için ısı yalıtımı ve tesisat değişiklikleriyle yapılan iyileştirme projeleri ve
- **Yeni yapılacak binalarda enerji etkinliği;** aktif ve pasif kriterleri dikkate alan enerji etkin ve/veya sürdürülebilir mimari tasarımı

olmak üzere sınıflandırılabilir.

Enerji tüketim doğrulaması (kalibrasyon)

Bir enerji simülasyon modelinde ilgili modele ait **enerji izlemesi (energy audit)** sonucu ölçülen çeşitli verilerin (elektrik, iklimlendirme, aydınlatma enerjileri ile ve sıcaklık, nem, havalandırma vb ...) hesaplanan verilere (belirli sınırlar dahilinde sayısal sonuç olarak) yaklaşmasıdır. Bu şartları sağlayan enerji simülasyon modeline de **Gerçekçi model (Kalibre model)** adı verilir [26, 27].

Geri ödeme süresi

Yapılan bir yatırımın nakit getirilerinin yatırım tutarını karşılama süresidir [36].

Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC)

Güneş ışınımının camdan, kapıdan veya çatı penceresinden direkt olarak iletilen veya emilen ve binanın içine doğru yeniden verilen güneş enerjisinin yüzdesi olarak tanımlanır. 0-1 arasında bir sayı ile ifade edilir [37].

Isı geçirgenlik direnci (R)

1m kalınlıkta olan bir malzemenin paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark $1K=1^{\circ}C$ olduğunda 1 saatte $1 m^2$ yüzeyden dik olarak geçen ısı miktarının aritmetik tersidir. Birimi m^2K/W olarak tanımlanır [38, 39, 40].

Isı ölçüm ve veri kayıt sistemi (kalorimetre)

Isıtma sistemine yerleştirilerek (belirlenen zaman periyodunda) ısıyı ölçen ve kaydeden sistemdir.

Low-E kaplamalı cam; kullanıcının ısı/ışık konforunu ve çalışma performansını arttırmak amacıyla, cam yüzeylerine; güneş ışıınımı emisyonu, ısı taşınımı ve iletiminde iyileştirme sağlamak amacıyla uygulanan kaplamalı camdır [41]. Farklı low-e kaplamaları ile farklı **cam türleri** elde edilmektedir.

Sensör (data logger)

İçinde bulunduğu ortama ait belirli verileri istenilen zaman aralıklarında kayıt yapmaya ayarlanabilen elektronik cihazdır [42].

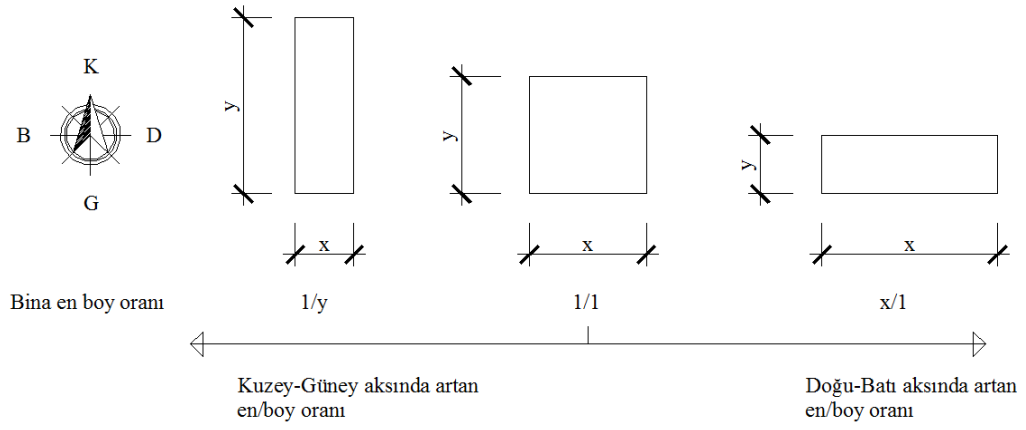
Sürdürülebilirlik

Bir toplumun, bir ekosistem veya benzer diğer etkileşimli sistemlerin temel kaynaklarını tüketmeden ve çevreyi olumsuz etkilemeden devamlı işleme yeteneğidir [43]. Sürdürülebilirlik; gelecek nesillerin refahını ve sağlığını tehlikeye atmadan mevcut çevresel, ekonomik ve sosyal ihtiyaçları bütünleştirecek ve karşılayacak şekilde yaşamak ve çalışmakla ilgilidir [44].

Opaklık saydamlık oranı; yapı kabuğunda bulunan pencere alanının duvar alanına olan oranıdır [29, 45].

Yapı kabuğu; iç mekanı dış mekandan ayırırken; ısı performans, Nem korunumu, Yangın, Akustik, Güneş ışığı ve görsel çevre ilişkisi, Sistem bakım kolaylığı, Malzeme dayanıklılığı ve deprem konularında da kullanıcı konforunu ve güvenliğini sağlayan, duvar, çatı, döşeme, kapı ve pencere gibi yapı elemanları bütünü olarak tanımlanmıştır [29, 46, 47, 48, 49].

Plan düzlemi göz önünde bulundurulduğunda, bir binanın x eksenindeki uzunluğunun, y eksenindeki uzunluğuna oranı **bina en/boy oranı** olarak tanımlanır [30, 50, 51, 52] (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Eksen doğrultusunda bina boyutları değişimlerine göre bina en/boy oranının değişimi

Kaynak: [52], s. 338

2. ALANYAZIN (LİTERATÜR TARAMASI)

Son yıllarda tüketicilerin neden olduğu artan enerji ihtiyacı, yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılandığından dolayı çevre kirliliğine neden olmaktadır. Çevre kirliliği ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenme problemlerini çözmek için tanımlanan enerji etkinliği kavramı, her alanda ekolojik ve finansal açıdan daha da önem kazanmıştır. Bu nedenle toplam enerjinin %40'ının binalarda tüketildiği düşünüldüğünde binalarda enerji performansını doğrudan etkileyen yapı kabuğu ve yapı kabuğunu oluşturan yapı elemanları daha da önem kazanmaktadır.

Alanyazın derlemesi yapılırken; ofis binası, yapı kabuğu, binalarda enerji simülasyonu, binalarda enerji simülasyon modeli, iklim değişiklikleri, coğrafi konum, enerji tüketim doğrulaması, gün ışığı ve aydınlatma, datalogger, enerji tüketim doğrulaması, yönlenme, opaklık saydamlık oranı ve cam türü anahtar kelimeleri çerçevesinde kalınarak binalarda enerji performansı ile ilgili pasif tasarım kriterleri filtre olarak kullanılmış ve alanyazın taramasının sınırlarını belirlemiştir.

Yapılan bu çalışmada enerji etkinliği ve enerji etkinliğini doğrudan etkileyen pasif tasarım kriterleriyle ilgili;

- Mevcut binalarda iyileştirme,
- Yapı kabuğu;
 - Duvar,
 - Cam türleri,
- Opaklık saydamlık oranı,
- Yönlenme,
- Günışığı ve aydınlatma,
- Farklı coğrafi konum ve iklim değişiklikleri,
- Enerji etkinliği ile ilgili diğer araştırmalar

başlıklarında alanyazın (literatür taraması) yapılmıştır. Seçilen çalışmalar özellikle; yöntem, sonuçlar ve çalışma alanları değerlendirilerek özetlenmiştir.

2.1. Mevcut Binalarda İyileştirmeye İlgili Alanyazınlar

Enerji etkinliği ile ilgili önlem alınmayan mevcut yapı stoğu, binalarda enerji tüketim oranında yüksek bir paya sahip olduğu için enerji tasarrufu sağlayacak iyileştirme projeleri (renovasyon) oldukça önemlidir. Bu nedenle 19 Mayıs 2010'da yayımlanan 2010/31/EU Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (EPBD, 4 Ocak 2003'te

yayımlanan 2002/91/EC'nin tekrar gözden geçirilmiş hali) AB bünyesindeki yapıların enerji performansında yapılacak olan iyileştirmelerin teşvik edilmesi, optimum maliyet ve enerji etkinliği ölçülerinin ele alınması konularını da gündeme getirmiştir.

Ülkemizde de 8 Mayıs 2000 tarihinde yayımlanan "Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği'nin revize edilmesi ve Avrupa Birliği mevzuat uyumu çalışmaları çerçevesinde EPBD yönetmeliğine uyumlu hale getirilmeye çalışılmıştır. Bu çerçevede, enerjinin etkin kullanılmasının sağlanması ve etkin bir enerji verimliliği programının uygulanması, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi, enerji etkinliği konusunda bir bilinç oluşturulması ile uluslararası yükümlülüklerin yerine getirilmesi için gerekli yasal düzenlemelerin yapılması zorunluluk arz etmektedir. Bunun sonucunda "Enerji Verimliliği Kanun Tasarısı" hazırlanmıştır [53]. Ülkemizdeki Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP-TR) çerçevesinde de Mayıs 2017'ye kadar Enerji Kimlik Belgesi (EKB) ve dolayısıyla da ısı yalıtım zorunlu hale getirilmiştir [31]. Binalarda enerji etkinliği ve enerji performansına odaklanan iyileştirme projeleriyle ilgili olarak yapılan çalışmalar aşağıda yer almaktadır.

Güçyeter B. (İYTE doktora tezi) İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü kampüsündeki Mediko binası için EDSL-Tas programı kullanarak (binalarda enerji simülasyon programı) uluslararası yönetmelikler ve protokoller çerçevesinde ölçülen ve hesaplanan enerji ve sıcaklık verilerin eşitlenmesi ve doğrulanması yöntemiyle 'gerçekçi model' elde ederek yapı kabuğunda iyileştirme alternatifleri sunmuştur. Söz konusu alternatifler; duvarlar ve zeminde yalıtım, pencere ve camlarda değişim önerileriyle, küçük, orta ve ileri derecede müdahale olarak sınıflandırılmış ve enerji tüketim hesaplamaları yeniden yapılmıştır. Yapılacak iyileştirme alternatiflerinin ısıtma ve toplam enerji tüketimindeki tasarruf oranları sırasıyla;

- Küçük derece müdahalede; %15-%11,
- Orta derece müdahalede; %16-%11,
- İleri derece müdahalede; %28-%22,

Soğutma ve toplam enerji tüketimindeki tasarruf oranlarıysa sırasıyla;

- Küçük ve orta derece müdahalelerde; %24-%20,
- İleri derece müdahalede; %22-%19

olarak hesaplanmıştır. Yapı kabuğundaki iyileştirme alternatiflerinin geri ödeme süreleriysa;

- Beton duvarlarda yalıtım uygulaması 7.75 yıl,

- Beton duvarlarda yalıtım, hava boşluğu ve ahşap kaplama uygulaması 9.81 yıl,
- Tuğla duvarda yalıtım uygulaması 9.05 yıl,
- Tuğla duvarda yalıtım, hava boşluğu ve ahşap kaplama uygulaması 9.34 yıl,
- Pencere doğrama değişimi 13.04 yıl,
- Zemin yalıtım uygulaması 12.25 yıl

olarak belirlenirken **kaplamasız camların low-e kaplamalı camlarla değişiminde geri ödeme yapılamadığı** belirlenmiştir [21].

Penga, C. ve diğerleri iyileştirme projesi olarak duvar ve camlarda yapılan alternatif değişikliklerin DeST programı kullanarak enerji etkinliğine etkisini araştırmıştır. Southeast Üniversitesinde (Nanjing/Çin) 16.873m² alana sahip, 3 katı bodrum olan 15 katlı RRSAB binası örnek bina seçilerek enerji modellemesi yapılmıştır. Modellemede iklim verileri (yazları sıcak kışları soğuk) ile duvar ve pencere ısı geçirgenlik katsayıları sırasıyla; 1.081 W/m²K ve 5.7 W/m²K olarak tanımlanmıştır (gerçekçi model elde edildiği belirtilmemiştir). Tüm binanın sıcaklık dağılımını temsil ettiği kabul edilen 1. katta kuzeye bakan bir orta oda ve 15. katta güneybatıya bakan bir köşe odada, ısıtma ve soğutma iç sıcaklık sınır değerleri 26⁰C-20⁰C tanımlanarak 8760 saatlik enerji tüketimleri hesaplanmıştır. ‘Çin Kamu Binalarının Enerji Etkin Tasarım Standartları’ndaki sınır değerlere bağlı alınarak, yapı kabuğundaki duvar ve pencere için ısı geçirgenlik katsayıları sırasıyla 0,713 W/m²K ve 2.1 W/m²K’e (gölgeleme faktörü 0.49) getirildiğinde; ısıtma ve soğutma enerjisinde sırasıyla %4 ve %5.5 tasarruf edildiği hesaplanmıştır [54].

Huang J. ve diğerleri mevcut bir binanın farklı yönlere göre opaklık saydamlık oranlarının, ekonomik ısı yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme sürelerini araştırmışlardır. Çalışmada bina şekil faktörünü ve yaşam döngü tasarrufunu da kapsayan formüllere dayalı statik hesaplama modeli ile P₁-P₂ ekonomik değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon, güneş ısı kazancı ve soğutma enerjisi hesabı yapıldığı belirtilmemiştir. Shenyang/Çin’de şiddetli soğuk iklim bölgesinde bulunan 3.235 m², 0.24 şekil faktörüne sahip örnek binada batı, güney, kuzey ve doğu yönlerine opaklık saydamlık oranları sırasıyla %33, %30, %29 ve % 19 dur. Alternatif pencere kuruluşları;

- I. 5mm+10mm Argon+5mm 90 serisi (U=2.6 W/m²K),
- II. 5mm+10mm Argon+5mm 60 serisi (U=2.3 W/m²K),
- III. 5mm+12mm Argon+5mm+12mm Argon + 5mm 65 serisi (U=2 W/m²K)

IV. 5mm+12mm Argon+5mm+12mm Argon + 5mm 65 serisi low-e kaplamalı
($U=1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$)

olarak tanımlanmıştır. Ekonomik ısı yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süreleri sırasıyla;

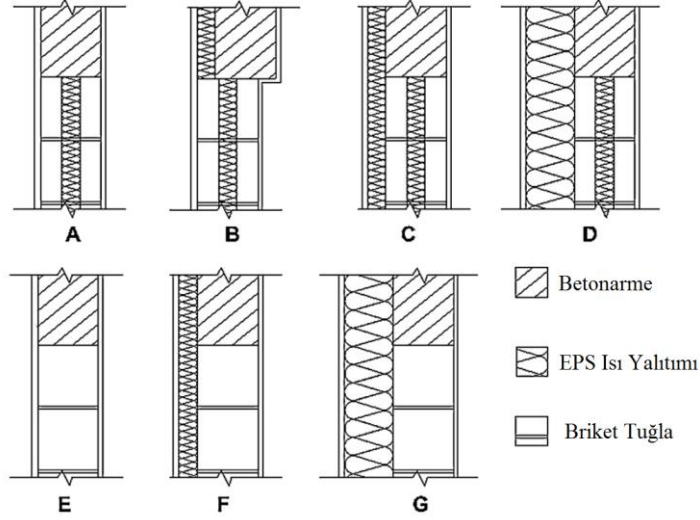
- Doğu yönünde;
 - I. Pencere alternatifi için 23.6mm ve 4.27 yıl,
 - II. Pencere alternatifi için 15.5mm ve 4.47 yıl,
 - III. Pencere alternatifi için 9.9mm ve 4.93 yıl,
 - IV. Pencere alternatifi için 3.5mm ve 6.07 yıl,
- Batı yönünde;
 - I. Pencere alternatifi için 30.4mm ve 4.44 yıl,
 - II. Pencere alternatifi için 21.2mm ve 4.63 yıl,
 - III. Pencere alternatifi için 14.7mm ve 5.11 yıl,
 - IV. Pencere alternatifi için 7.3mm ve 6.28 yıl,
- Güney yönünde;
 - I. Pencere alternatifi için 28.1mm ve 5.03 yıl,
 - II. Pencere alternatifi için 22mm ve 5.38 yıl,
 - III. Pencere alternatifi için 14.1mm ve 6.09 yıl,
 - IV. Pencere alternatifi için 7.2mm ve 7.75 yıl,
- Kuzey yönünde;
 - I. Pencere alternatifi için 26.8mm ve 5.68 yıl,
 - II. Pencere alternatifi için 22mm ve 6.07 yıl,
 - III. Pencere alternatifi için 18mm ve 6.82 yıl,
 - IV. Pencere alternatifi için 12.8mm ve 8.53 yıl,

olarak hesaplanmıştır [55].

Friess W. A. ve diğerleri Dubai'deki dubleks konutlar için duvar kuruluş alternatiflerinin enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kat yüksekliği 3.5m, opaklık saydırlık oranı 0.21 ve 231m²'lik betonarme bir dubleks konutun aylık faturalarını kullanarak (RMSE ve MBE değerleri verilmeden) gerçekçi model elde etmişlerdir. Gerçekçi modelde 6 farklı duvar kuruluşu alternatifi (Şekil 2.1) tanımlanarak tekrar yapılan hesaplamalara göre mevcut duvarla (A) karşılaştırıldığında yıllık enerji tüketimlerinde;

- B, C, D, F ve G alternatiflerinde sırasıyla; %23.3, %24.5, %29.8, %22.9 ve %29.4 oranında enerji tasarrufu ve

- E alternatifinde % 10.6 enerji artışı olduğu belirlenmiştir [56].



Şekil 2.1. Duvar kuruluş alternatifleri

Kaynak: [56], s.29

2.2. Yapı Kabuğuyla İlgili Alanyazınlar

Farklı yapı elemanları ve yapı malzemelerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulan yapı kabuğu; çatı, duvarlar, pencereler ve zemine temas eden duvar ve döşemelerden oluşmaktadır. Çalışma sınırlarıyla ilgili olarak duvar ve pencere dolasıyla cam türleriyle ilgili yapılan çalışmalar da araştırılmıştır.

2.2.1. Duvarlarla ilgili alanyazınlar

Ünver R. ve diğerleri bina genelini göz ardı ederek, derinliği sabit üç farklı ofis odası için ($R_1=3 \times 5$ m, $R_2=5 \times 5$ m ve $R_3=10 \times 5$ m); görsel, ısı ve akustik konfor ile enerji tüketimini dikkate alan optimum yapı kabuğu kuruluşu tablosu oluşturmuşlardır. Yapı kabuğunda;

- Pencereler;
 - Tek doğramada üçlü cam (W_1),
 - İki ayrı doğramada tekli cam (W_2) ve
 - Tek doğramada çift cam (W_3)
- Duvarlar;

- 5cm dıştan ısı yalıtımlı hafif beton blok (O₁),
- 4cm ısı dıştan yalıtımlı tuğla (O₂),
- 5cm dıştan ısı yalıtımlı prefabrik beton blok (O₃) ve
- 4cm içten ısı yalıtımlı beton sandviç duvar (O₄),

- Opaklık saydamlık oranlarıysa %20 ve %50

olarak tanımlanmıştır. Ayrıca İstanbul iklimi için, iç sıcaklık değeri 20⁰C, bağıl nem %50RH, iç ortam sıcaklığıyla iç duvar yüzey sıcaklık farkı $\pm 3^0\text{C}$ kabul edilmiştir. Doğu ve güney yönleri için statik hesaplama modeliyle aylık olarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar sonuçlarına göre ısı, ısı-akustik, ısı-akustik-aydınlatma sonuçları ayrı ayrı verilmiştir. Sadece ısı değerlendirmenin yapıldığı optimum yapı kabuğu şartlarını sağlayan Çizelge 2.1'e bakıldığında;

- Güney yönündeki tüm alternatiflerin uygun olduğu,
- Doğu yönünde;
 - %20 opaklık saydamlık oranında W₃ pencere tipiyle O₄ duvar tipinin aynı anda uygulanması alternatifinin dışında diğer alternatiflerin uygun olduğu,
 - %50 opaklık saydamlık oranındaysa;
 - W₁ pencere türünün O₁, O₂ ve O₃ duvar tiplerinde ve
 - W₂ pencere türünün O₁ ve O₂ duvar tiplerinde aynı anda uygulanması alternatiflerinin dışında diğer alternatiflerin uygun olduğu
 - W₃ pencere türünün tüm duvar tiplerinde uygun olmadığı

belirlenmiştir [57].

Çizelge 2.1. Optimum yapı kabuğu şartlarını sağlayan; yön, opaklık saydamlık oranı, duvar ve doğrama alternatifleri (İstanbul iklimi için)

			Doğu				Güney			
RT	TR	W	O1	O2	O3	O4	O1	O2	O3	O4
R1, R2, R3	0.20	W1								
		W2								
		W3								
	0.50	W1								
		W2								
		W3								

Kaynak: [57], s. 150 (R oda tiplerini, O duvar türlerini ve W pencere tiplerini temsil etmektedir)

El-Deeb binalarda enerji simülasyon programında (Design Builder) 4x4m boyutlarındaki bir oda için 23°C-21°C ısıtma ve soğutma sınır değerleri tanımlayarak dört farklı iklim bölgesi için (Almanya’da Berlin ve Mısır’da İskenderiye, Kahire ve Kharga şehirleri) yapı kabuğunda 10cm’lik iki panel arasına 1-10cm’lik ısı yalıtım levhası ve %0-%100 opaklık saydamlık oranı (cephenin tamamı cam) alternatifleri için ısıtma-soğutma ve aydınlatma enerji hesaplamaları yapmıştır. Çalışmada ölçüm yapılmamış ve gerçekçi model elde edilmemiştir. Yalıtımsız duvar ve opaklık saydamlık oranı %0 olan alternatifin enerji tüketimi referans alınarak elde edilen simülasyon sonuçlarına göre;

- Enerji tüketiminin en az olduğu opaklık saydamlık oranları;
 - İskenderiye ve Kharga’da %8,
 - Kahire ve Berlin’de %10 olduğu,
- İskenderiye, Kahire, Kharga ve Berlin şehirleri için enerji tasarrufu sırasıyla;
 - Opaklık saydamlık oranı %10 olduğunda; %19, %15, %12 ve %12,
 - Opaklık saydamlık oranı %100 olduğunda; %129, %120, %112 ve %59 olduğu,
- Tüm şehirlerde Doğu ve batı yönlerine ait enerji tüketimlerinin birbirinden %8-%10 aralığında değiştiği,
- Kuzey yönünde opaklık saydamlık oranı %20 olduğunda enerji tasarrufu sırasıyla; %27, %24, %19 ve %13 olduğu,
- İskenderiye’de opaklık saydamlık oranı %100 olduğunda enerji tüketimi; kuzey, doğu, güney ve batı yönlerinde sırasıyla %22, %90, %129 ve %99 oranında arttığı,

hesaplanmıştır. Ayrıca;

- İskenderiye ılıman iklime sahip olduğu için ısı yalıtımı uygulamasının enerji tüketimini arttırdığı,
- Kahire’de opaklık saydamlık oranı %0-%10 aralığındayken 10cm’lik ısı yalıtımı yapılması durumunda enerji tasarrufunun %7’yi aşmadığı/geçmediği,
- Kharga’da;
 - %30’a kadar olan opaklık saydamlık oranlarında 4cm ve üzerindeki ısı yalıtım kalınlığı alternatiflerinde enerji tasarruf oranının %10’un üzerinde çıktığı,

- %40 ve üzerindeki opaklık saydamlık oranlarında ısı yalıtımının ve yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisinin (% değer ve birim belirtilmeden) azaldığı
- Berlin’de;
 - Enerji tasarrufunun %30’a kadar çıktığı ve
 - Opaklık saydamlık oranının; Kuzeyde %80, doğu ve güneyde %60 ve batıda %70’in üzerine çıktığı durumlarda ısı yalıtımının enerji tasarrufuna etkisi olmadığı

belirlenmiştir [58].

2.2.2. Cam türleriyle ilgili alanyazınlar

Yaşar Y. ve Kalfa S. M. Trabzon’daki TOKİ konutları F ve C bloklarındaki iki ayrı bağımsız birimde 1996-2006 yıllarındaki Trabzon iklim verileri ortalamalarını kullanarak, gerçekçi model elde edilmeden Design Builder programıyla sekiz ayrı cam türünün ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerini hesaplama modeliyle karşılaştırmışlardır. Yapılan analizlerde;

- Low-e kaplamalı çift camın kaplamasız çift cama göre F ve C bloklarında sırasıyla %40.29 ve %41.85 enerji tasarrufu sağladığı,
- Pyrolytic kaplamalı çift camın;
 - Isıtma döneminde F ve C bloklarında sırasıyla 599kWh ve 948kWh enerji tasarrufu sağladığını,
 - Kaplamasız çift cama göre (%oran veya değer verilmeden) soğutma enerji performansının düşük olduğu,
- Akıllı cam olarak tanımlanan emici, yansıtıcı mavi ve yeşil low-e kaplamalı çift camın low-e kaplamalı çift cama göre sırasıyla;
 - Soğutma enerjisinde %18.68 ve %18.85 tasarruf sağladığı,
 - Isıtma enerjisinde %14.49 ve %15.12 daha fazla enerji tükettiği
 - Toplam maliyette (ilk yatırım ve işletme maliyeti) %3.99 ve %3.44 daha ucuz olduğu,
- Yansıtıcı mavi camın F ve C bloklarında toplam maliyette kaplamasız cama göre sırasıyla %43.87 ve %44.19 daha ucuz olduğu

hesaplanarak belirlenmiştir [59].

Nilsson A. M. ve Roos A. üç farklı iklim bölgesinde (Stockholm, Brüksel ve Roma) on iki farklı çift cam alternatifinin (aydınlatma enerjisini göz ardı ederek) ısıtma-soğutma enerji tüketimine etkisini incelenmişlerdir. Alternatif camların ısı geçirgenliği, güneşışığı ve güneş ışıınımı geçirgenlik katsayıları Windows 5 simülasyon programıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerde pencere enerji simülasyon programına (WinSel) tanımlanarak kuzey ve güney yönleri için ısıtma-soğutma enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Son hesaplamalara göre;

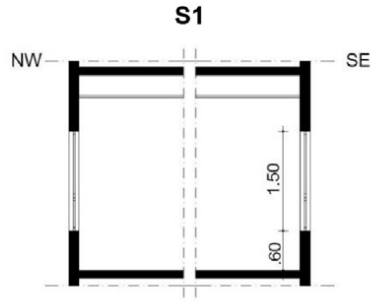
- Stockholm’de kuzey yönde yüksek yoğunluklu low-e kaplamalı cam kullanıldığında güneye göre %44 daha düşük soğutma enerjisi gerektiğı ve
- Güney cephelerinde farklı pencere alternatiflerinin ısıtma enerjisi farkının 225kWh/m²yıl kadar olabildiğı

belirlenmiştir [60].

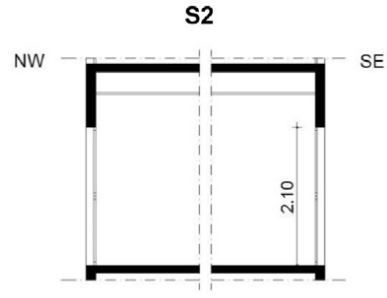
Fontenelle M. R., Bastos L. E. G. CELECTRE programında ELECTRE III yöntemiyle cam türü, opaklık saydamlık oranı ve gölgeleme elemanlarından oluşan altı farklı alternatifin (Şekil 2.2); yatay görünüm (landscape view), çalışma yüzeyindeki güneşışığı seviyesi ve enerji etkinliğı üzerine farklı kstasların birbirini etkilemesiyle en iyi alternatifi ortaya koyan “karar verme yaklaşımı”nı (multicriteria approach) ortaya koymuşlardır. Yatay görünüm ve güneşışığıyla ilgili ölçümler yapılarak ve programın veri tabanındaki iklim verisi ‘test referans yılı/TRY’ kullanılarak DAYSIM programında gerçekçi model elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda da 1., 7. ve 13. katlarda optimum alternatifler sıralanmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre enerji etkin alternatifler (birinciden altıncıya doğru);

- 1. katta: S6, S4, S3, S5, S1 ve S2,
- 7. katta: S6-S4, S5, S3, S2 ve S1 (S6-S4 aynı anda 1. sırada) ve
- 13. katta: S6-S4, S3, S5, S2 ve S1 (S6-S4 aynı anda 1. sırada)

sıralanmıştır [61].

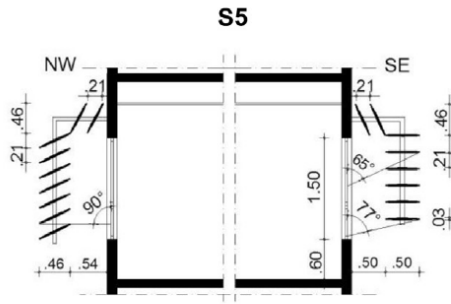
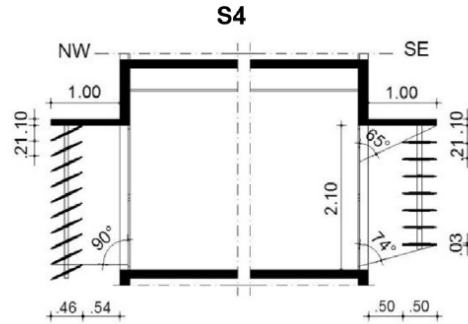
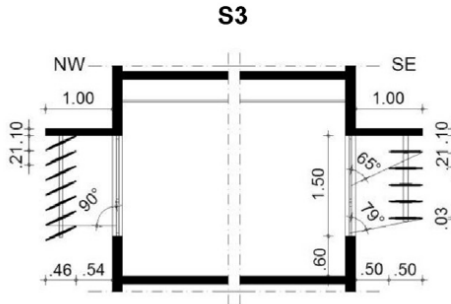


Opaklık saydamlık oranı = 0.37

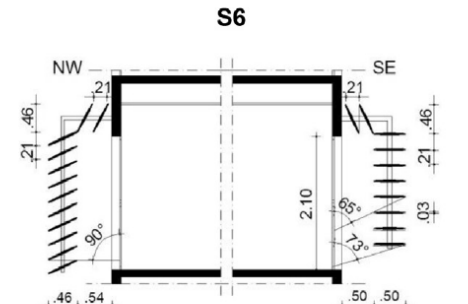


Opaklık saydamlık oranı = 0.52

A cam türü (Güneş ışığı geçirgenliği %46 / Güneş faktörü = 0.37)



Opaklık saydamlık oranı = 0.37



Opaklık saydamlık oranı = 0.52

A cam türü (Güneş ışığı geçirgenliği %78 / Güneş faktörü = 0.70)

Şekil 2.2. Cam türü, gölgeleme elemanları ve opaklık saydamlık oran alternatifleri

Kaynak: [61], s. 99

Mahdy M. M. ve Nikolopoulou M. Mısır Konut Enerji Yönetmeliği (EREC) çerçevesinde; saydamlık oranı, cam türü, camın ısı özellikleri ve gölgeleme elemanları parametreleri arasında uzun vadeli maliyet etkinliğini arttırmaya (ilk yatırım ve işletme maliyetlerini azaltmaya) yönelik optimum kombinasyonu ortaya koymuşlardır. Mısır'daki sekiz iklim bölgesini temsil edebilen üç farklı şehir (Kahire, İskenderiye ve

Aswan) analiz edilmiştir. Design Builder programında 6 katlı bir apartman modelinde aşağıdaki veriler kullanılmıştır.

- Isıtma-soğutma iç sıcaklık sınır değerleri 20⁰C-29⁰C,
- Duvarlarda;
 - 29cm kalınlığında çift cidarlı duvar,
 - 29cm kalınlığında içten 5cm EPS ısı yalıtımı uygulanmış duvar,
- Pencereelerde;
 - Kaplamasız tek cam (SHGC=0.71, LT=0.65)
 - Kaplamalı tek cam (SHGC=0.18, LT=0.06)
 - Kaplamasız çift cam (SHGC=0.66, LT=0.59)
 - Kaplamalı çift cam (SHGC=0.13, LT=0.05) tanımlandı,
- EREC yönetmeliğinde konutlar için önerilen kullanım süreleri ve iklimlendirme sistemi (split klima / HVAC) tanımlanmıştır.
- İklim verisi dosyasında (Weather data files/WDF formatıyla);
 - Hem 2002 yılı verileri,
 - Hem de Amerika Enerji Biriminden (Department of Energy / DOE) gelecek yıllara ait iklim verisi oluşturmak için CCWorldWeatherGen programı (Climate Change World Weather File Generator) vasıtasıyla 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait iklim verileri oluşturulmuştur.
- Finansal veriler;
 - Doğrama, cam ve gölgeleme elemanları maliyetleri ile
 - Elektrik enerjisi birim maliyetleri olarak tanımlanmıştır.
- Opaklık saydamlık oranı olarak dört ana yönde;
 - %0-%10,
 - %10-%20,
 - %20-%30,
 - %30'dan büyük olarak tanımlanmıştır.
- Gölgeleme parametreleri ve hesaplama yaklaşımı olarak;
 - Alternatif opaklık saydamlık oranlarında EREC yönetmeliğinin belirlediği sınırları aşmayan güneş ısısı kazanım katsayıları (Solar Heat Gain Coefficient / SHGC),
 - Pencereelerin gölgede kalan alanları belirlenmiştir.

- Gölgeleyen cam oranı (Shaded Glass Ratio / SGR) ve Önem faktörünün (Prominence Factor / PF) belirlenmesi: bunlara bağlı olarak “gölgeleme elemanı derinliği” (W) tanımlanması yapılmıştır.

Design Builder programına söz konusu veriler tanımlandıktan sonra aylık olarak hesaplamalar yapılmıştır (gerçekçi model elde edilmemiştir). Simülasyon sonuçlarına göre;

- Kaplamasız tek camın ve kaplamalı çift camın tüm iklim bölgelerinde ve tüm opaklık saydamlık oranlarında gölgeleme elemanlarına gerek duymadığı,
- Kaplamasız tek ve çift camın tüm iklim bölgelerinde ve tüm opaklık saydamlık oranlarında aynı gölgeleme genişliğine gereksinim duyduğu,
- Enerji etkinliği açısından opaklık saydamlık oranının;
 - Kahire ve Aswan’da;
 - Hiçbir yönde %30’un üzerine çıkmamasının gerektiği,
 - Sadece doğu ve batı yönlerinde %20-%30 aralığının uygun olduğu,
 - İskenderiye’deyse sadece güney yönlerinde %30’un üzerine çıkılabileceği
- Enerji ve ısı konfor olarak;
 - Cam türlerine dayalı opaklık saydamlık oranlarında;
 - Tüm cam türlerinde %10 opaklık saydamlık oranının optimum enerji tasarrufu, ilk yatırım ve işletme maliyeti sağladığı,
 - Enerji tasarrufu açısından kaplamalı tek camın %10-%20 saydamlık oranı %10’dan küçük saydamlık oranına göre %0.7 oranında fazla olduğu,
 - Cam türlerinde enerji tasarrufu, işletme ve ilk yatırım maliyetleri değerlendirildiğinde;
 - %10’dan küçük opaklık saydamlık oranlarında (% değer ve birim belirtilmeden) performansı sıralamasının; kaplamalı çift cam, kaplamalı tek cam, kaplamasız çift cam ve kaplamasız tek cam olduğu,
 - %10-%20 ile %20-%30 opaklık saydamlık oranlarında (% değer ve birim belirtilmeden) performansı sıralamasının; kaplamalı çift cam, kaplamalı tek cam olduğu,

- %30'dan büyük opaklık saydamlık oranlarında (% değer ve birim belirtilmeden) EREC standartlarının dışına çıktığı için sonuçların değerlendirilmediği,
- Kaplamalı tek ve çift camın kaplamasız tek ve çift cama göre (% değer ve birim belirtilmeden) daha iyi sonuçlar verdiği,
- Finansal olarak değerlendirildiğindeyse tüm iklim bölgelerinde ve saydamlık oranlarında;
 - Gölgeleme elemanlarına gereksinim duyulduğu,
 - Kaplamalı (%8 stainless steel cover) tek ve çift camın kaplamasız tek ve çift cama göre uzun vadede (% değer ve birim belirtilmeden)daha iyi sonuçlar verdiği

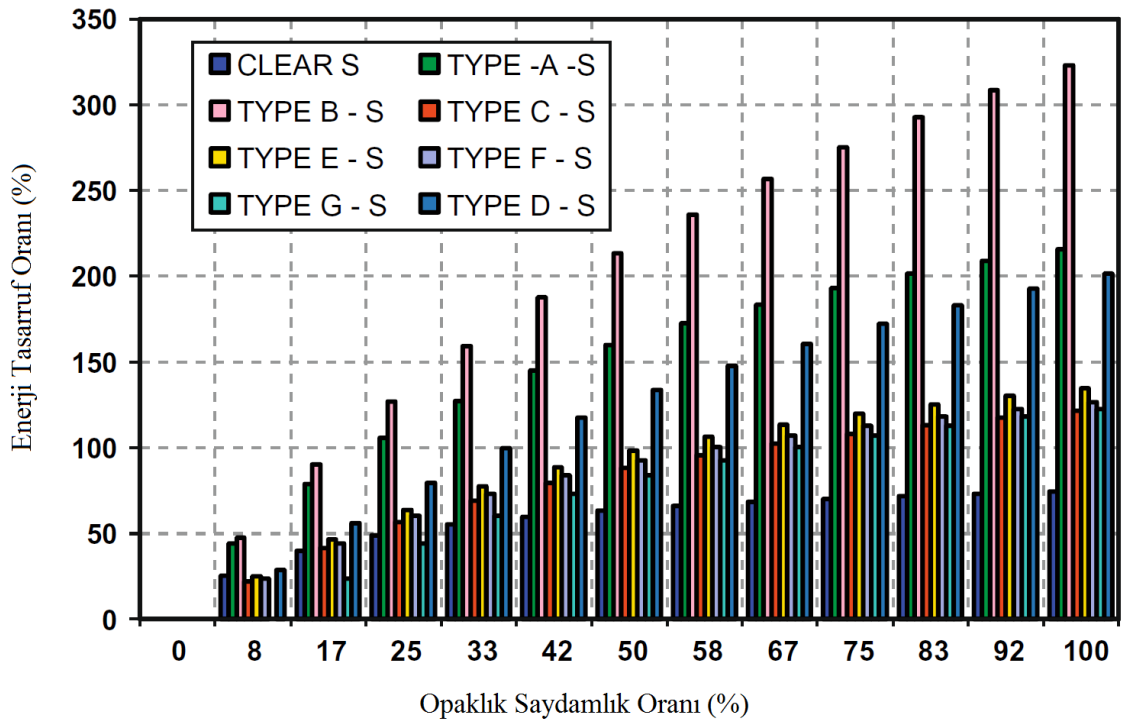
belirlenmiştir [62].

Hassouneh K. ve diğerleri Amman/Ürdün şehrindeki apartmanlarda enerji etkinliği için yedi cam türü, on iki opaklık saydamlık oranı ile dört ana yön alternatiflerini ve bu alternatiflerin geri ödeme sürelerini incelemişlerdir. SDS (Self Developed Simulation) programını kullanarak kat yüksekliği 3m, zemin alanı 525m², toplam alanı 3.163 m² olan bir binanın 4x4m boyutlarındaki bir odası için çalışma yapılmıştır. Tek camlı doğramalar için ısı geçirgenlik katsayısı $U=6.7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, dış sıcaklık sıcaklık 12⁰C, rüzgar hızı (yön belirtilmeksizin) 2.7km/s olarak tanımlanırken, ısıtma dönemi Kasım-Nisan ayları arasında 6 ay olarak kabul edilmiştir. Çalışmadaki cam türleri (U ve SHGC katsayıları belirtilmeden);

- A tipi cam; kaplamasız çift cam,
- B tipi cam; iç camında low-e kaplamalı (Pilkington) çift cam,
- C tipi cam; dış camında güneş kontrolü sağlayan (Glastroesch) çift cam,
- D tipi cam; dış camında güneş kontrolü sağlayan (Pilkington) çift cam,
- E, F ve G tipi camlar ise sırasıyla; mavi, bronz ve gri renk kaplamalı camlar olarak tanımlanmıştır. 12m²'lik yapı kabuğu için enerji doğrulaması yapılmadan elde edilen hesaplamalara göre;
- Güney yönünde A tipi camın %100 opaklık saydamlık oranında (tüm cephe cam olduğunda) %250 enerji tasarrufu yaptığı (kaplamasız tek cama göre 3 sefer daha fazla enerji tasarrufu yaptığı)
- B türü camın güney yönünde kaplamasız tek cama göre 5 sefer daha fazla enerji tasarruf yaptığı,

- Sadece B türü camın (% değer ve birim belirtilmeden) kuzey yönünde enerji tasarruf yaptığı,
- C türü camın kuzey yönünde %100 opaklık saydamlık oranında (cephenin tamamı cam olduğunda) enerji kaybının %20 olduğu,
- C türü camın güney yönünde kullanılması durumunda opaklık saydamlık oranı arttıkça (% değer ve birim belirtilmeden) enerji tasarruf oranının arttığı,
- D türü camın tüm yönlerde kaplamasız tek cama göre (% değer ve birim belirtilmeden) enerji tasarrufunun daha iyi olduğu,
- Kuzey yönünde D türü camın B türü camdan sonra ikinci en iyi alternatif olduğu,
- E, F ve G cam türlerinin;
 - Tüm yönlerde (% değer ve birim belirtilmeden) birbirine yakın değerlerde olduğu,
 - Güney yönünde enerji tasarrufunun %160 olduğu,
 - Kuzey yönünde enerji kaybının %20 olduğu

belirlenmiştir [63].



Şekil 2.3. Güney yönünde opaklık saydamlık ve enerji tasarruf oranlarına göre cam türleri

Kaynak: [63], s. 1588

2.3. Opaklık Saydamlık Oranıyla İlgili Alanyazınlar

Yang Q. ve diğerleri yazları sıcak kışları soğuk iklim bölgesindeki 3 farklı şehirde (Chongqin, Şanghay ve Wuhan), 3 farklı HVAC, 2 farklı cam türü (low-e kaplamalı ve kaplamasız çift cam), 4 ana yön ve 9 opaklık saydamlık oranının ısıtma-soğutma ve toplam enerji tüketimine etkilerini incelenmişlerdir. Çalışmada özellikle yatak odalarının enerji tüketimleri değerlendirilmiştir. Kullanım alanı 2.648 m², bina şekil faktörü 0.27, kat yüksekliği 3m, katta 4 bağımsız birimi olan 6 katlı bir apartman projesi DeST programında modellenmiştir. Enerji tüketim eşitlemesi yapılmayan söz konusu ilk modelin opaklık saydamlık oranları; güneyde %50, kuzeyde %45, doğu-batıda %30 olarak tanımlanmıştır. Camların güneş ışıınım ısı geçirgenlik katsayısı formüllerle hesaplanmış ve birden fazla yılın ortalaması alınarak günlük meteorolojik veriler oluşturulmuştur. Simülasyon sonuçlarına göre;

- Opaklık saydamlık oranı büyüdükçe (%değer ve birim belirtilmeden);
 - Chongqing şehrinde ısıtma-soğutma ve toplam enerji ihtiyacının doğrusal olarak arttığı,
 - Şanghay ve Wuhan şehirlerinde ısıtma enerji ihtiyacı stabil kaldığı ve soğutma ve toplam enerji ihtiyacının doğrusal olarak arttığı,
- Yatak odalarında low-e kaplamalı cam kullanıldığında optimum enerji tasarrufunun;
 - Chongqing şehrinde doğuya yöneldiğinde opaklık saydamlık oranının %10-%40 aralığında olduğu,
 - Şanghay ve Wuhan şehirlerindeyse; Kuzeye ve güneye yönelme durumunda %10-%50, Doğu ve batıya yönelme durumunda %10-%30 aralığında olduğu,
- Yatak odalarının doğu ve batıya yönelmesi durumunda (%değer ve birim belirtilmeden) enerji tüketiminin arttığı ve pencerelerde gölgeleme elemanları kullanılması gerektiği

belirlenmiştir [64].

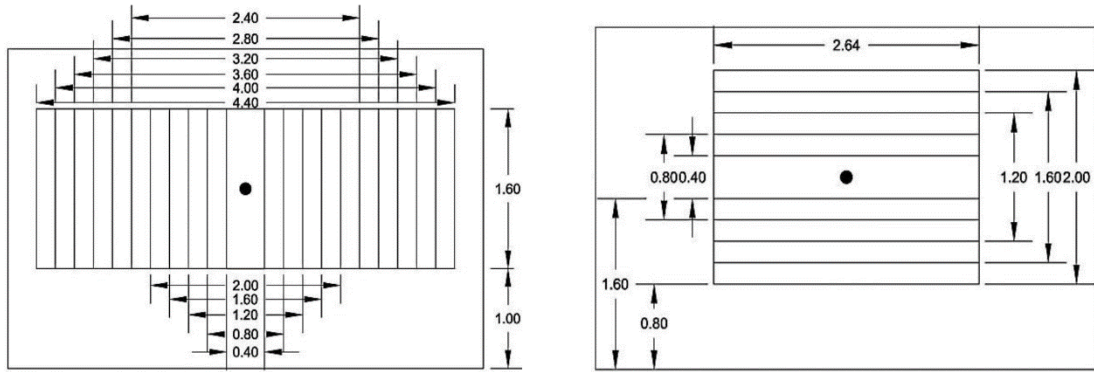
Koohsari A. M. ve diğerleri kat yüksekliği 3.2m, ölçüleri 5x6m olan bir oturma odasında, pencerenin farklı yükseklik ve farklı genişlik alternatiflerinin (Şekil 2.4) ısıtma-soğutma ve aydınlatma enerjisine etkilerini araştırmışlardır. Parametrik yaklaşım ve parametrik metodoloji kullanılarak, ılıman iklime sahip Rasht/Giulan/İran konumu için; ısı hesaplamalarda EnergyPlus 8.1.0, aydınlatma hesaplamalarında Radiance 2.01 ve

Daysim 1.08v. programları kullanılmıştır. Simülasyon modellerinde; oda ısıtma-soğutma sıcaklık sınır değerleri 25°C-20°C, pencere ısı geçirgenlik katsayısı $U=2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve aydınlatma gereksinimi olarak 135 lux tanımlanmıştır [62].

Gerçekçi model elde edilmeden yapılan hesaplamalara göre;

- Pencere ölçülerinin 0.40m den 4.40m ye 0.40m'lik artışlarla genişletilmesi durumunda (11 farklı genişlik);
 - Aydınlatma enerjisinin %20 azaldığı,
 - Soğutma enerjisinin %20 arttığı,
 - Isıtma enerjisinin %7 arttığı,
- Pencere ölçülerinin 0.40m den 2m'ye 0.40m'lik artışlarla genişletilmesi durumunda (5 farklı yükseklik);
 - Aydınlatma enerjisinin %40 azaldığı,
 - Soğutma enerjisinin %10 arttığı ve
 - Isıtma enerjisinin %7 arttığı,

belirlenmiştir [65].



Şekil 2.4. Pencere alternatif yükseklik ve genişlikleri
Kaynak: [65], s.191

Didwania S. ve diğerleri Yeni Delhi/Hindistan iklim bölgesi için, zemin alanları 900, 1.600 ve 2.500 m² olan farklı en boy oranlarına sahip iki katlı ofis binalarında, dört farklı yön ve üç farklı cam türü alternatiflerinin optimum opaklık saydamlık oranlarına etkisini incelemiştir. EnergyPlus programında gerçekçi model elde edilmeden yapılan çalışmada;

- Alternatif opaklık saydamlık oranları %5-%100 aralığında,
- Çalışma saatleri 9:00-21:00 aralığında ve
- Oda ısıtma-soğutma sıcaklık sınır değerleri 20°C-24°C

olarak tanımlanmıştır. Simülasyon hesaplamaları optimizasyon programı olan GenOpt'de değerlendirilerek, optimum enerji tüketimini sağlayan opaklık saydamlık oranlarının; kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde sırasıyla;

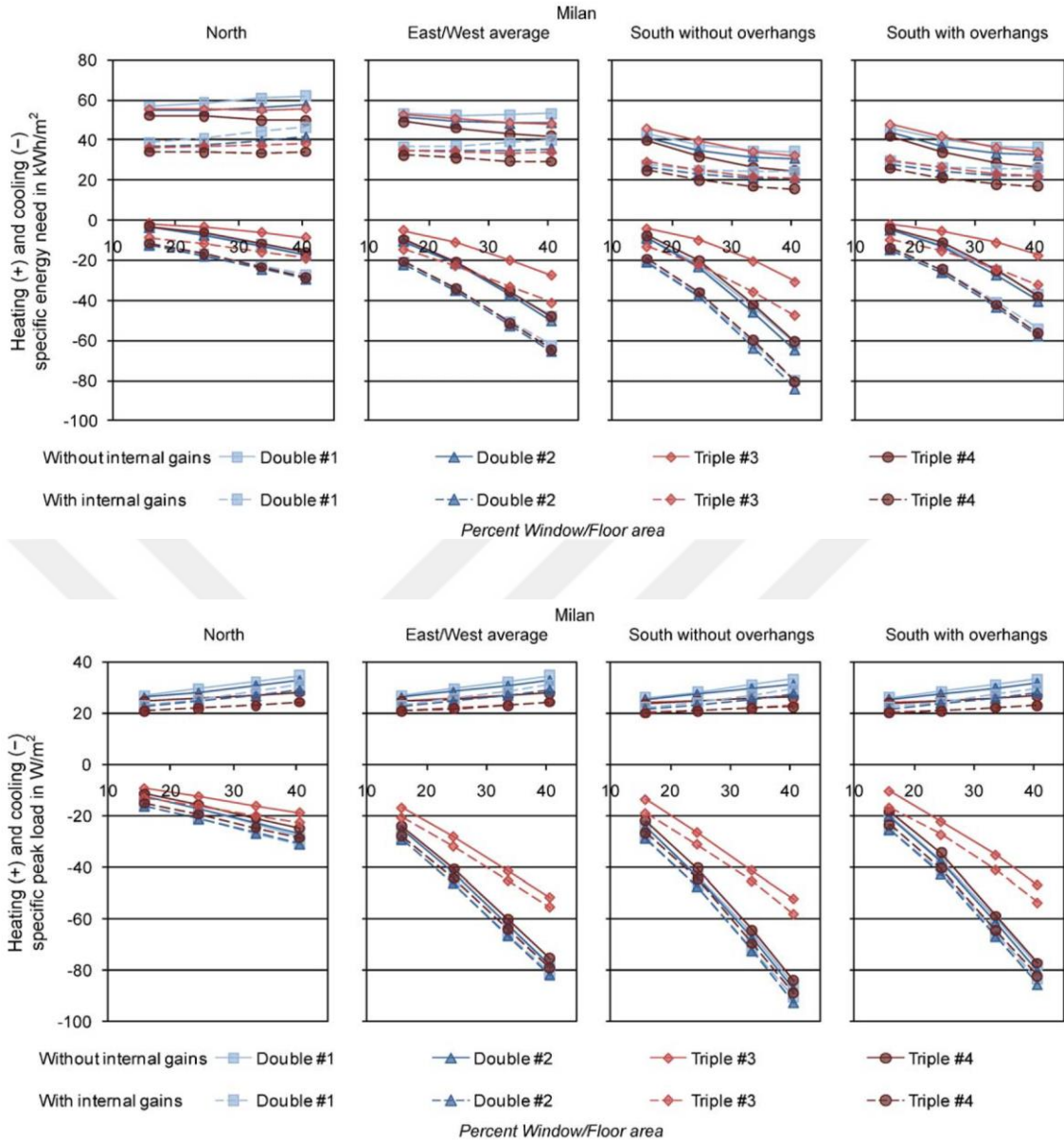
- Low-e kaplamalı çift camda (SHGC=0.25, [Visible Light Transmittance] VLT=0.39 ve U=3.3W/m²K); %45-%55, %15-%20, %25-%30 ve %20,
- Tek camda (SHGC=0.81, VLT=0.88 ve U=6.1 W/m²K); %20-%30, %5, %10 ve %10,
- Kaplamalı tek camda (SHGC=0.47, VLT=0.55 ve U=5.6W/m²K); %30-%40, %10, %15 ve %10

olduğu belirlenmiştir [66].

Gasparella A. ve diğerleri dört farklı iklim bölgesi (Paris, Nice, Milan ve Roma) için dört farklı pencere zemin alan oranları (%16, %25, %34 ve %41) ve cam türlerinde;

- İkili cam #1 (U=1.4 W/m²K ve ST [Solar Transmittance]=0.61),
- İkili cam #2 (U=1.1 W/m²K ve ST=0.61),
- Üçlü cam #3 (U=0.6 W/m²K ve ST=0.40),
- Üçlü cam #4 (U=0.7 W/m²K ve ST=0.59),

alternatiflerinin ısıtma-soğutma enerji tüketime etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada 10.2x6.1m ölçülerindeki tek yöne pencereli iki katlı konutun TRNSYS programında hazırlanan enerji modelinde, iç mekan ısıtma-soğutma sıcaklık sınır değerleri 26°C-20°C ve iklim verileri aylık ortalamalar olarak tanımlanmıştır. Enerji doğrulaması yapılmayan simülasyon modeli hesaplamalarına göre Milan şehrine ait ısıtma-soğutma enerji tüketim grafikleri verilerek (Şekil 2.5);



Şekil 2.5. *Milan şehri için yönler ve cam türlerine dayalı ısıtma dönemindeki ısıtma-soğutma enerji tüketimleri*

Kaynak: [67], s. 1034

- Paris, Nice ve Roma şehirleri ısıtma-soğutma enerji tüketim hesaplamalarının (% değer ve birim verilmeden) Milan şehrine yakın olduğu,
- Doğu-batı enerji ihtiyacı farkının $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den az olduğu,
- Isıtma dönemindeki enerji ihtiyacı için (% değer ve birim verilmeden);
 - Güney yönündeki opaklık saydamlık oranı arttığında ısıtma enerjisi tüketiminin düştüğü,

- Üçlü cam #4 alternatifinin ikili cam #1 ve #2 alternatiflerine yakın olduğunu ve en iyi performansı Üçlü cam #3 alternatifinin gösterdiği,
- En yüksek soğutma enerjisi ihtiyacı; Paris-Milan şehirleri için 20-30 W/m²K ve Nice-Roma şehirleri için 15-25 W/m²K olduğu,
- Soğutma dönemindeki enerji ihtiyacı için (% değer ve birim verilmeden);
 - Güney yönündeki gölgeme elemanları kullanılması durumunda soğutma enerji tüketiminin doğu ve batı yönündekiyle aynı seviyelerde kaldığı,
 - Üçlü cam #4 alternatifinin güney yönünde gölgeleme elemanı kullanılmadığı alternatiflerde 80-100 W/m² olduğu,
 - Enerji performans sıralamasının; Üçlü cam #3, Üçlü cam #4, ikili cam #2 ve ikili cam #1 olduğu,
- Genel değerlendirmedeyse (% değer ve birim verilmeden);
 - Geniş pencere açıklığı kullanımının azami enerji tüketimini çok az arttırdığı,
 - En iyi enerji performansının güney yönlenmesinde olduğu,
 - Isıtma enerji performansı için ısı geçirgenliği düşük, ışık geçirgenliği yüksek cam kullanılması gerektiği,
 - Soğutma enerji performansı için ışık geçirgenliği yüksek cam kullanılması gerektiği ve
 - Gölgeleme elemanı kullanımının ısıtma enerji performansını etkilemediği ve soğutma enerji performansını arttırdığı

belirlenmiştir. Toplam ısıtma-soğutma enerji performansı için yorum yapılmamıştır [67].

Yıldız ve ark. İzmir ilindeki (sıcak nemli iklim) bir eğitim binasında farklı cam türleri, farklı yönler ve farklı opaklık saydamlık oranları alternatiflerinin enerji tüketimine etkisini incelemişlerdir. Kat yüksekliği 4m, zeminde 1.150m² alana sahip olan 4 katlı bina EnergyPlus programında üç ana zon (ısı bölgesi) tanımlanarak BESTTEST senaryo 600 uygulanmıştır. Söz konusu dört ana yönde altı opaklık saydamlık oranı (%10, %20, %30, %40, %50 ve %60) ve çift cam ile low-e cam alternatiflerinin ısıtma ve soğutma enerjileri hesaplanmıştır. Opaklık saydamlık oranı %10'dan %60'a çıkması durumunda;

- Isıtma enerjisi açısından;
 - Çift cam kullanılması durumunda; güney, kuzey, batı ve doğu cephelerinde sırasıyla %30, %14, %11.9 ve %11.4 oranında azaldığı,

- Low-e cam kullanılması durumunda; güney, kuzey, batı ve doğu cephelerinde sırasıyla %29, %17, %12.47 ve %11.8 oranında azaldığı,
- Soğutma enerjisi açısından;
 - Çift cam kullanılması durumunda; güney, kuzey, doğu ve batı cephelerinde sırasıyla %28.4, %13.7, %17.5 ve %16.5 oranında arttığı,
 - Low-e cam kullanılması durumunda güney cephesinde; opaklık saydamlık oranı %10 olması durumunda %4, opaklık saydamlık oranı %60 olması durumunda %8.6 azaldığı,
- Isıtma ve soğutma enerjisi toplamı açısından;
 - Çift cam kullanılması durumunda; doğu, güney, kuzey ve batı cephelerinde sırasıyla %6.5, %3.2, %0.6 ve %4.9 oranında arttığı,
 - Low-e cam kullanılması durumunda; güney, batı ve doğu cephelerinde sırasıyla %4.5, %3.2 ve %0.2 oranında azaldığı ve
- Low-e kaplamalı camların özellikle soğutma enerjisini azalttığı belirlenmiştir [68].

Rathi P. yüksek lisans tezinde Ofis/Ticari Binalar Enerji Tüketim Araştırma Merkezince (CBECS/Commercial Buildings Energy Consumption Survey) tanımlanan küçük, orta ve büyük (1.115m²lik alana sahip sırasıyla bir, üç ve on iki katlı) ofislerde ABD'deki (Amerika Birleşik Devletlerinde) yedi farklı iklim bölgesinde, iki farklı bina en boy oranı (1:1 ve 1:3) ve dört farklı (kaplamasız, renkli kaplamalı, low-e kaplamalı ve yansıtıcı kaplamalı) cam alternatifleri için optimum opaklık saydamlık oranları önermiştir. Winsel ve IEVE programlarıyla gerçekçi model elde edilmeden yapılan simülasyon hesaplamalarına göre ASHRAE standardında önerilen ısıtma-soğutma enerji tüketimini sağlayan opaklık saydamlık oranları;

- 1:3 bina en boy oranında;
 - Çok sıcak ve nemli iklimde renkli ve low-e kaplamalı cam için %15-%45 ve kaplamasız cam için %15-%30,
 - Sıcak, kuru iklimde tüm cam alternatifleri için %15-%30,
 - Sıcak, kıyı iklim bölgesinde kaplamasız camlarda %15-%30, diğer camlarda %15-%45,
 - Karma, nemli iklimde kaplamasız camlarda %15-%30, renkli ve low-e kaplamalı camlarda %15-%45

- Serin ve nemli iklimde kaplamasız ve renkli kaplamalı camlar %15-%30 ve low-e kaplamalı camlarda %15-%45
- Serin ve kuru iklimde tüm cam alternatifleri için %15-%30,
- Çok soğuk iklimde tüm cam alternatifleri için %15-%30 olduğu ve
- 1:1 en boy oranında tüm iklim bölgelerinde ASHRAE standardını sağlayan bir opaklık saydamlık değeri olmadığı belirlenmiştir [69].

Pino A. ve diğerleri Santiago (Şili/Güney Amerika) için ofis binalarında; üç farklı gölgeleme alternatifi, dört farklı yön, beş farklı saydamlık oranı (%20, %40, %60, %80 ve %100) ve dört farklı cam türü (kaplamalı ve kaplamasız, tek ve çift cam) alternatiflerinin enerji tüketimine etkisini incelemiştir. EDSLTAS ve Ecotect programlarıyla, 10 katlı ve 16x16m boyutlarıyla hazırlanan modelde duvar 3cm EPS ısı yalıtımlı 15cm betonarme duvar, kullanım saatleri olarak 9.00-17.00, iç sıcaklık 22°C ve iklim verisi programların veri tabanında bulunan IWEC dosyası olarak tanımlanmıştır. Gerçekçi model elde edilmeden 288 farklı simülasyon modeli hesaplamalarına göre;

- Opaklık saydamlık oranlarına göre enerji tüketim aralıklarının;
 - Opaklık saydamlık oranı %20 olduğunda 40 kWh/m²yıl,
 - Opaklık saydamlık oranı %50 olduğunda 40-70kWh/m²yıl,
 - Opaklık saydamlık oranı %100 olduğunda 50-1550kWh/m²yıl olduğu
- Soğutma döneminde gece havalandırması ile soğutma enerjisi tüketiminden %37 tasarruf edildiği ve
- %20 opaklık saydamlık oranı olduğunda günışığının yılın %80'inde yeterli olduğu

belirlenmiştir [70].

Porazis H. ve diğerleri İsveç'te ofis binaları için opaklık saydamlık oranları (%30, %60 ve %100), yönlenme (kuzey-güney, doğu-batı ve kuzey-güney ile 45°lik açılış yönleri), yedi cam türü, gölgeleme elemanları, sıcaklık ayarları (21°C-26°C, 22°C-24.5°C ve 22°C-23°C) ve plan tipleri (açık ofis ve hücre ofis) alternatiflerinin enerji tüketimine etkisini incelemiştir. IDA ICE programında kat alanı 6.177m², kat yüksekliği 3.5m olan altı katlı binanın çalışma saatleri 8:00-17:00, aydınlatma sistemi floresan (12W/m²) olarak tanımlanmıştır. HVAC sisteminde ısıtma verimi %100 ve soğutma verimi %70 olarak belirlenirken kullanım fonksiyonu değişen odalara farklı bir HVAC sistemi tanımlanmış

(CAV (Constant Air Volume/sabit hava debili), VAV (Variable Air Volume/değişken hava debili) ve AHU (Air Handling Unit/klima santrali)).

İç mekanların ısı geçirimsiz (adiabatic) olduğu kabul edilen ve enerji doğrulaması yapılmayan %30 opaklık saydamlık oranına sahip ilk simülasyon modelinde; üç farklı yön, üç farklı ısıtma-soğutma iç sıcaklık değeri ve iki farklı plan tipi (açık ofis ve hücre ofis) olmak üzere on sekiz farklı alternatif oluşturulmuştur. Bu “referans” simülasyon modelinden yola çıkılarak;

1. Alternatifte opaklık saydamlık oranının enerji tüketimine etkisini değerlendirmek için referans modeldeki opaklık saydamlık oranı %30’dan %60’a çıkarılmış,
2. Alternatifte referans modeldeki çift cam üçlü cam yapılarak doğramaların ve camın ısı geçirgenlik katsayıları (U) %değer ve birim belirtilmeden düşürülmüş,
3. Alternatifte 2. Alternatiften türetilerek ısı geçirgenlik katsayısı (U) değiştirilmeden ve toplam güneş geçirgenliği (g) (solar transmittance) 0.58’den 0.35’ düşürülerek üçlü cam çift camla değiştirilmiş,
4. Alternatifte 3. Alternatiften türetilerek soğutma enerjisi etkisini değerlendirmek için sadece (g) 0.28’e düşürülmüş,
5. Alternatifte 4. Alternatiften türetilerek toplam güneş geçirgenliğinin ısıtma ve soğutma enerji tüketimine etkisini değerlendirmek için $g=0.58$ ’e çıkarılmış,
6. Alternatif 3. Alternatiften türetilerek sadece cama içten kaplama tanımlanmış,
7. Alternatif 3. Alternatiften türetilerek sadece cam dışından gölgeleme elemanı

alternatifleri tanımlanmıştır.

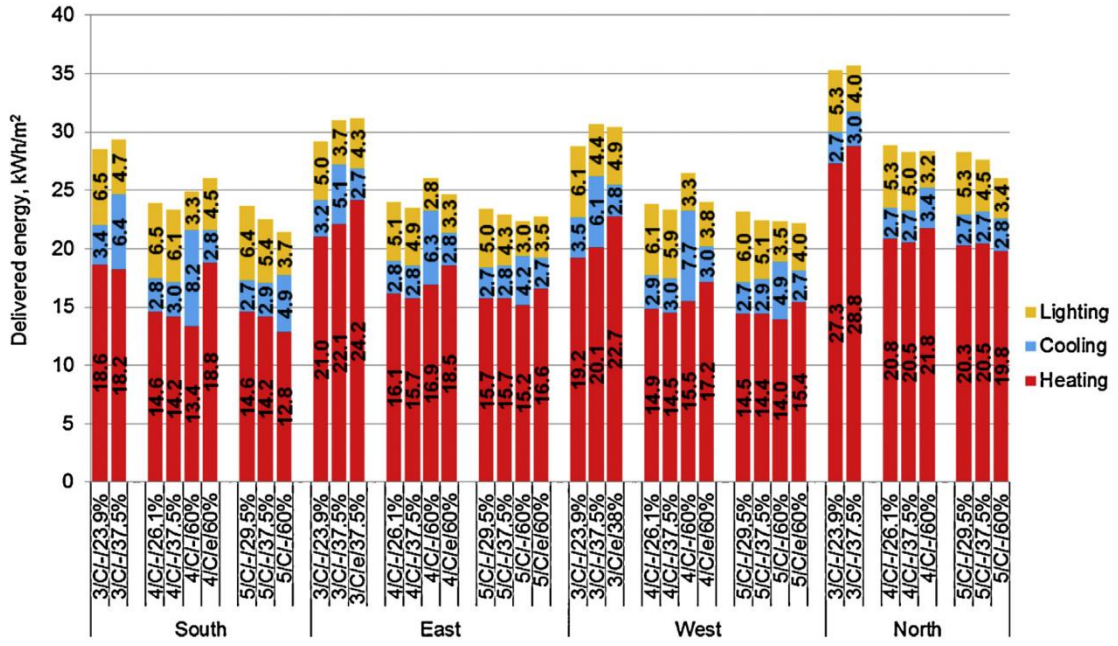
Söz konusu alternatiflerin simülasyon hesaplamaları değerlendirildiğinde;

- %60 opaklık saydamlık oranında kaplamasız üçlü cam yerine, çift low-e kaplamalı ve argon gazlı üçlü cam kullanıldığında yıllık toplam enerji tüketiminin $18.2 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$ düştüğü,
- %60 opaklık saydamlık oranına sahip 5. Alternatifin 3. Alternatifle karşılaştırıldığında yıllık toplam enerji tüketiminin $12,1 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$ arttığı,
- 3. Alternatifin %30 opaklık saydamlık oranında kuzey-güneye 45° lik açı yapan modellerinde; açık ofis alternatifi hücre ofis alternatifine göre;
 - Isıtma enerjisi tüketiminin $7 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$ düştüğü,
 - Soğutma enerjisi tüketiminin $3 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$ arttığı,
 - Toplam enerji tüketiminin $4 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$ arttığı,

- %60 ve %100 opaklık saydamlık oranlarında çift cam yerine kaplamasız üçlü cam tanımlandığında (2. Alternatif) toplam enerji tüketiminin sırasıyla 18 ve 25 kWh/m²yıl düştüğü,
- %60 ve %100 opaklık saydamlık oranlarında açık ofis hücre ofisle karşılaştırıldığında sırasıyla;
 - Isıtma enerji tüketiminin 8 ve 7 kWh/m²yıl azaldığı,
 - Soğutmada enerji tüketiminin 4 ve 2 kWh/m²yıl arttığı,
 - Toplam enerji tüketiminin 2 ve 4 kWh/m²yıl arttığı,
- %30 opaklık saydamlık oranında Yönlenmeye bağlı enerji tüketim farklarının 0,5-1 kWh/m²yıl aralığında kaldığı,
- Opaklık saydamlık oranının aydınlatma enerjisini etkilemediği,
- Aydınlatma enerjisinin toplam tüketiminin yaklaşık %10'u kadar olduğunu,
- İç sıcaklık ısıtma-soğutma sınır değerleri 22°C ve 24,5°C olduğunda %30, %60 ve %100 opaklık saydamlık oranlarına göre enerji tüketimleri sırasıyla;
 - Aydınlatma enerjisi 14,13 ve 13 kWh/m²yıl azalması, dolayısıyla toplam tüketim oranının %11, %8 ve %7 azaldığı,
 - Isıtma enerjisi 52, 72 ve 92 kWh/m²yıl artması ve dolayısıyla toplam tüketim oranının %42, %46 ve %51 arttığı,
 - Soğutma enerjisi 11, 20 ve 30 kWh/m²yıl artması ve dolayısıyla toplam tüketim oranının %9, %13 ve %17 arttığı

belirlenmiştir [71].

Thalfeldta M. ve diğerleri soğuk iklim bölgelerindeki ofis binaları için opaklık saydamlık oranı, güneşten korunumu, ısı yalıtımı ve günışığı parametreleri için optimum enerji tüketimini sağlayan alternatifleri belirlemiştir. IDA ICE programıyla 33.6x16.8m boyutlarında, beş odadan oluşan ofis binasının enerji modelinde; dört yönde opaklık saydamlık oranı %23.9-%60 aralığında, üçlü, dördü ve beşli camların ısı geçirgenlik katsayılarının $U=0.54-0.21$ kWh/m² aralığında ve dört ana yönde gölgeleme elemanları kullanılması ve kullanılmaması alternatifleri değerlendirilmiştir. Ayrıca 19cm ve 7cm'lik iki beton plak arasına 15cm, 20cm, 25cm, 30cm ve 39cm'lik ısı yalıtım uygulamaları, bunların maliyetleri ve geri ödeme süreleri de analiz edilmiştir. Gerçekçi model elde edilmeden yapılan hesaplamalara göre yönlere ve enerji tüketimlerine göre optimum opaklık saydamlık oranlarının (Şekil 2.6);



Şekil 2.6. Yönler ve enerji tüketimlerine göre 20cm-30cm ısı yalıtım alternatiflerinin enerji tüketimleri (kWh/m²)

Kaynak: [72], s. 315

- Üçlü camlar doğu, batı ve kuzeyde %23.9 iken güneyde %37.5,
- Dörtlü camlarda tüm yönlerde %37.5 ve
- Beşli camlarda tüm yönlerde %60

olduğu belirlenmiştir. Ayrıca optimum enerji etkinliğini sağlayan opaklık saydamlık oranlarının;

- Kuzey yönünde üçlü, dörtlü ve beşli camlarda sırasıyla; %23.9, %37.5 ve %60
- Üçlü cam alternatiflerinin tamamında %24.1

olduğu belirlenmiştir.

- Dörtlü cam alternatiflerinde;
 - Opaklık saydamlık oranının %26.1'den %37.5'e çıkması durumunda (%değer ve birim verilmeden) ısıtma ve aydınlatma enerjisinin düştüğü,
 - Soğutma enerjisinin (%değer ve birim verilmeden) güney, doğu ve batıda baskın olduğu,
 - En iyi enerji etkinliğinin
 - Güney yönünde gölgeleme elemanı olmadan %37.5 opaklık saydamlık oranında sağlandığı,

- Doğu ve batı yönlerinde gölgeleme elemanı ile birlikte %60 opaklık saydamlık oranında sağlandığı,
- Kuzey yönündeki %60 opaklık saydamlık oranında soğutma enerjisinde önemli bir artış olmadan aydınlatma enerjisindeki düşüşten dolayı en düşük birincil enerji kullanımı olduğu,
- Beşli cam alternatiflerindeyse;
 - %60 Opaklık saydamlık oranında (%değer ve birim verilmeden) ısıtma ve aydınlatma birincil enerjinin düştüğü, ve soğutma enerjisinin güney, doğu ve batı yönlerinde önemli derecede arttığı,
 - En iyi enerji etkinliğinin;
 - %60 opaklık saydamlık oranında gölgeleme elemanı olmadan güney yönünde sağlandığı,
 - %60 opaklık saydamlık oranında gölgeleme elemanı kullanılarak doğu ve batı yönünde sağlandığı

belirlenmiştir [72].

2.4. Yönlenme İle İlgili Alanyazınlar

Kheiri, F. farklı ülkelerdeki dört şehirde (Miami/Florida-ABD [tropikal], Las Vegas/Nevada-ABD [kurak iklim], Sheffield/İngiltere [ılıman iklim] ve Saint Petersburg/Rusya [karasal iklim]) HVAC ve aydınlatma enerjisiyle ilgili olarak dört ana yönde optimum opaklık saydamlık oranlarını incelemiştir. Ecotect programıyla 6x6x2.8m ölçülerindeki bir ofis mekanı için pencere ve camlar için ısı geçirgenlik katsayısını $U=2.41 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve ışık geçirgenlik katsayısını $VLT=0.61$, duvarlar için ısı geçirgenlik katsayısını $U=2.63 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak belirleyerek 16.8 m², 8.96 m², 4.48 m² ve 3.2 m² cam alan alternatifleriyle simülasyon modelini oluşturmuşlardır. Enerji tüketim doğrulaması yapılmadan elde edilen simülasyon hesaplamalarına göre;

- Miami’de toplam ısıtma ve soğutma enerji tüketiminin (%değer ve birim belirtilmeden) arttığı ve tüm yönlerde optimum opaklık saydamlık oranının %21.2 olduğu
- Las Vegas’da toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi doğu ve güneyde tüm opaklık saydamlık oranlarında (%değer ve birim belirtilmeden) düzenli artış gösterdiği, ayrıca batı ve kuzeydeyse %42’nin altında kalan opaklık saydamlık oranlarında düzenli artış gösterdiği,

- Sheffield’da saydamlık oranı arttıkça (kuzey hariç) toplam ısıtma-soğutma enerjisinde (%değer ve birim belirtilmeden) az da olsa düştüğü,
- Saint Petersburg’da tüm yönlerde optimum opaklık saydamlık oranının %21.1 olduğu

belirlenmiştir [73].

Ayyad T. M. sıcak ve nemli iklim bölgesindeki Dubai’de farklı oda tipolojileri, üç farklı opaklık saydamlık oranı (%36, %68 ve %10), üç ana yön (güney, kuzey ve doğu) ve üç farklı ısı geçirgenlik katsayısına sahip pencere ($U=0.34 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U=5.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $U=3.4 \text{ W/m}^2\text{K}$) alternatiflerinin enerji tüketim hesaplamalarına etkisini araştırmıştır. Araştırma projesi kapsamında hazırlanan yüksek lisans tezinde oda tipolojisi olarak; 3.5m yüksekliğindeki orta ve köşe odalar için üç farklı büyüklük ($9.2 \times 16.37\text{m}$ [1:1.8], $12.27 \times 12.27\text{m}$ [1:1] ve $16.37 \times 9.2\text{m}$ [1.8:1]) alternatifleri incelenmiştir. Simülasyon modelleri IES-VE programında oluşturularak enerji tüketim doğrulaması yapılmadan elde edilen simülasyon hesaplamalarına göre;

- Güneye yönelen ofislerin doğu ile kuzeye yönelen ofislere göre enerji tüketimlerinin sırasıyla (tablo haline getirmemiz daha mı iyi olur?);
 - En-boy oranı 1:1.8 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olduğunda %4.5 ve %40.1,
 - %68 olduğunda %3.8 ve %36.5,
 - %36 olduğunda %3 ve %29,
 - En-boy oranı 1:1 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olduğunda %4.5 ve %38,
 - %68 olduğunda %3.8 ve %33.8,
 - %36 olduğunda %2.9 ve %25.9,
 - En-boy oranı 1.8:1 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olduğunda %4 ve %35.4,
 - %68 olduğunda %3.7 ve %30.7,
 - %36 olduğunda %2.9 ve %23.6 oranlarında azaldığı,
- Opaklık saydamlık oranları %100 olan ofislerin %68 ve %36 olan ofislere göre enerji tüketimlerinin sırasıyla (tablo haline getirmemiz daha mı iyi olur?);
 - Güneye yönelen ofislerde en-boy oranı;
 - 1.8:1 olan ofislerde; %22.5 ve %46.4,
 - 1:1 olan ofislerde; %21.2 ve %43.9,

- 1:1.8 olan ofislerde; %20.8 ve %38.9
- Doğuya yönelen ofislerde en-boy oranı ;
 - 1.8:1 olan ofislerde; %22 ve %45.5,
 - 1:1 olan ofislerde; %20.7 ve %42.9,
 - 1:1.8 olan ofislerde; %20.5 ve %38.2
- Kuzeye yönelen ofislerde en-boy oranı;
 - 1.8:1 olan ofislerde; %17.8 ve %36.5,
 - 1:1 olan ofislerde; %15.9 ve %33,
 - 1:1.8 olan ofislerde; %15.1 ve %27.8 oranında azaldığı,
- Pencere ısı geçirgenlik katsayısı $U=0.34 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan ofislerin $U=5.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $U=3.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan ofislere göre enerji tüketimleri sırasıyla;
 - Güney yönünde;
 - En-boy oranı 1.8:1 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olan ofislerde; %9.7 ve %23,
 - %68 olan ofislerde; %11 ve %23.7,
 - %36 olan ofislerde; %11.1 ve %22.5
 - En-boy oranı 1:1 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olan ofislerde; %10.5 ve %23.5,
 - %68 olan ofislerde; %11.2 ve %23.6,
 - %36 olan ofislerde; %10.7 ve %21
 - En-boy oranı 1:1.8 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olan ofislerde; %11.2 ve %23.8,
 - %68 olan ofislerde; %11.3 ve %23,
 - %36 olan ofislerde; %10.2 ve %20 oranında azaldığı
 - Doğu yönünde
 - En-boy oranı 1.8:1 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olan ofislerde; %9.5 ve %22.6,
 - %68 olan ofislerde; %10.7 ve %23.3,
 - %36 olan ofislerde; %10.8 ve %22
 - En-boy oranı 1:1 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olan ofislerde; %10.3 ve %23.2,
 - %68 olan ofislerde; %10.9 ve %23.1,

- %36 olan ofislerde; %10.4 ve %20.1
- En-boy oranı 1:1.8 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olan ofislerde; %10.9 ve %23,
 - %68 olan ofislerde; %11 ve %22.5,
 - %36 olan ofislerde; %9.9 ve %19.4 oranında azaldığı
- Kuzey yönünde
 - En-boy oranı 1.8:1 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olan ofislerde; %13.3 ve %25.1,
 - %68 olan ofislerde; %13.3 ve %24.3,
 - %36 olan ofislerde; %11.8 ve %20.8
 - En-boy oranı 1:1 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olan ofislerde; %13.3 ve %24.6,
 - %68 olan ofislerde; %12.9 ve %23.1,
 - %36 olan ofislerde; %10.7 ve %18.6
 - En-boy oranı 1:1.8 olan ofislerde opaklık saydamlık oranı;
 - %100 olan ofislerde; %10.9 ve %23,
 - %68 olan ofislerde; %11 ve %22.5,
 - %36 olan ofislerde; %9.9 ve %17 oranında azaldığı

belirlenmiştir [74].

Kim H. ve diğerleri LEED sertifikası alan 808m²'lik tek katlı CESS acil servisi için; 12 HVAC, 127 çatı strüktürü, 88 duvar malzemesi ve 12 yönlenme alternatiflerinin enerji tüketimine etkisini incelemişlerdir. eQuest programında oluşturulan ve enerji doğrulaması yapılmadan oluşturulan model hesaplamalarına göre enerji tüketimini;

- En çok etkileyen faktörün 1507\$/yıl ile HVAC ve
- En az etkileyen faktörün 11-17\$/yıl ile yönlenme

olduğunu belirlemişlerdir [75].

Ochoa C. E. ve diğerleri Amsterdam/Hollanda'da ofis binaları için belirlenen görsel konfor ve iklimlendirme şartlarının optimum enerji tüketimini sağlayan opaklık saydamlık oranlarını belirlemişlerdir. EnergyPlus programında kat yüksekliği 2.7m, oda büyüklüğü 3.5x5.3m olan bir ofis odası modellenerek;

- İki farklı noktada bulunan 0.8m yüksekliğindeki çalışma yüzeyi için aydınlatma değeri 500lux ve

- Kaplamasız çift camlı doğramanın ısı geçirgenlik katsayısı $U=1.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gölgeleme elemanı yok)

olarak tanımlanmıştır. Söz konusu modelde (%0-%100 aralığında opaklık saydamlık oranları tanımlanarak) enerji doğrulaması yapılmadan elde edilen hesaplamalarda, optimum enerji tüketimini sağlayan opaklık saydamlık oranlarının;

- Kuzeyde %50-70,
- Güneyde %60,
- Doğu ve batıda %50-60 olduğu ve
- Panjur, gölgeleme elemanları ve gelişmiş cam teknolojileri kullanılarak güneş ışıını ile parlama sorunlarının önüne geçilebileceği

belirlenmiştir [76].

Ghisi E. ve Tinker J. Brezilya (Florianópolis, Belém, Curitiba, Natal, Rio de Janeiro, Brasília ve Salvador) ve İngiltere (Leeds) şehirleri için dört ana yön için optimum enerji tüketimini sağlayan opaklık saydamlık oranı ve oda en boy oranları belirlemişlerdir. VisualDOE programında; kat yüksekliği 2.8m, 10 katlı bina için beş farklı (2:1, 1.5:1, 1:1, 1:1.5 ve 1:2) oda en boy oranı oluşturulmuştur. Çalışma yüzeyi yerden 0.75m ve 500lux aydınlanma şiddetiyle tanımlanırken Leeds (İngiltere) şehrinde 3 farklı binada 3 günlük ölçümlerle enerji doğrulaması yapılmıştır (-4.9, -4.7 e -4 hata payı [RMSE ve MBE değerleri verilmemiştir]). Oluşturulan alternatif modellerde (alternatif şehirlerde ölçülen 1 yıllık iklim verileri kullanılarak) dört ana yön için enerji tüketim hesaplamaları yapılmış ve yönler ve oda en boy oranları bağlamında optimum enerji tüketimini sağlayan opaklık saydamlık oranları her şehir için detaylı bir şekilde belirlenmiştir. Yapılan hesaplamaların analizlerine göre (%değer ve birim belirtilmeden);

- Yapı kabuğunda az alana sahip olan derin odaların;
 - Aydınlatma enerjilerinin fazla olmasına rağmen enerji tüketimlerinin de az olduğu,
 - Optimum enerji tüketimini sağlayan pencere alanının daha yüksek olduğu,
- Oda indeksinin (oda hacmine yapı kabuğu alanı oranı) farklı oda ölçülerinde enerji tüketim tahmininde kullanılabileceği ve
- Taban alanı büyük olan odalarda optimum enerji tüketimini sağlayan opaklık saydamlık oranının yüksek olduğu

belirlenmiştir [77].

2.5. Güneşli ve Aydınlatmayla İlgili Alanyazınlar

Fasi M. A. ve Budaiwi I. M. Tahran/Suudi Arabistan'daki ofis binalarında 3 farklı cam alternatifinin enerji ve görsel performansa etkisini araştırmışlardır. Design Builder programında 36x22m boyutlarındaki 3.7m yüksekliğinde 11 katlı modele %50 opaklık saydamlık oranı uygulanmıştır. Simülasyon hesaplamaları aynı iklim bölgesinde bulunan mevcut ofislerin güncel aylık enerji tüketimleriyle eşitlenerek gerçekçi model elde edilmiştir. Gerçekçi modeldeki çift cam ($U=2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $SHGC= 0,70$) yerine;

- Bronz renk kaplamalı çift cam ($U=2.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $SHGC= 0,50$) ve
- Low-e kaplamalı çift cam ($U=1.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $SHGC= 0,40$)

alternatifleri ayrı modellerde tanımlanmış ve yeniden hesaplamalar yapılarak renkli ve low-e kaplamalı camlarda sırasıyla;

- Güneşli hesaplamalarda gözardı edildiğinde %9 ve %14,
- Güneşli hesaplamalarda dikkate alındığında;
 - Aydınlatma enerjisi açısından %14.8 ve %16.5
 - Soğutma enerjisi açısından %9.1 ve %14.5

oranlarında enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir [78].

Moretti E. ve Belloni E. Perugia/İtalya'da bir ofisin güneybatıya yönelen aynı termofiziksel özelliklere sahip iki komşu odada, low-e kaplama uygulanan camın ısıtma-soğutma ve aydınlatma enerjilerine etkisini analiz etmek için ölçüm ve hesaplamalar yapmışlardır. Mayıs-Haziran 2013 döneminde yapılan ölçümler EnergyPlus programına tanımlanarak enerji tüketim doğrulaması yapılmadan yıllık ısıtma-soğutma ve aydınlatma enerjileri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre low-e kaplamalı ofisin;

- İç sıcaklığının 2°C - 3°C daha düşük olduğu ve cam yüzey sıcaklıkları farkının 10°C olduğu,
- Güneşli aydınlanma seviyesinin %59 daha düşük olduğu,
- Isıtma enerji tüketiminin %12.5 arttığı,
- Soğutma enerji tüketiminin %10.3 azaldığı ve
- Toplam ısıtma-soğutma enerji tüketiminin %15 oranında azaldığı

belirlenmiştir [79].

Franzetti C. ve diğerleri Carpentras ve Trappes'daki (Fransa) ofis binalarında güneşli ve aydınlatmanın ısı enerjisi tüketimi üzerine etkisini incelemişlerdir. 2.800m^2 lik 5 katlı bir ofis TRNSYS programında (CA-SIS ve LIGHT bölümleri kullanılarak)

modellenmiştir. Söz konusu modele çalışma saatleri 8:00-19:00 ve çalışma yüzeyi aydınlatma şiddeti olarak 425lux tanımlanmıştır. Yapılan simülasyon analizlerine göre (%değer ve birim verilmeden);

- Aydınlatma elemanları enerjisi 16 W/m²'den 9 W/m²'ye düşürüldüğünde ısıtma enerjisinin arttığı,
- Işık yayınının (Pencere alanının azalması olarak da değerlendirilerek) azalması ısıtma ve toplam enerji tüketiminin %50 enerji tasarrufu sağlarken aydınlatma enerjisinin %25 arttığı,
- doğal aydınlatma değerlendirilmediğinde soğutmanın ısıtmadan daha önemli olduğu

belirlenmiştir [80].

Barbhuiya S. ve Barbhuiya S. öğrencilerin ve çalışanların ısı konforunun sağlanması, üretkenliği ve performansı için Loughborough Üniversitesindeki (İngiltere) bir eğitim binasında iç mekan sıcaklıkları ve aydınlatma seviyesiyle ilgili ölçümler, hesaplamalar ve analizler yapmışlardır. Radyatörlerinde termostatik vana bulunan, iç mekanları 7:30-19:00 saatlerinde 19°C ye ısıtılan 3 katlı Loughbrough Üniversitesi İnşaat Mühendisliği binasında; HOBO dataloggerlarla yılın en soğuk günlerinde (7 Kasım 2011-15 Mart 2012) iç ısı ölçümleri yapılmıştır. İklim verileri bina dışında bulunan meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir. Ofis ekipmanları olarak dizüstü bilgisayar, masa lambası ve yazıcı tanımlanmıştır. Söz konusu ölçümler ve tanımlamalar IES programında oluşturulan simülasyon modeline tanımlanarak, hesaplanan - ölçülen değerler birbirine yaklaştırılmış fakat gerçekçi model elde edilememiştir. Yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda;

- Bina ana giriş kapısı zemin katta olduğundan zemin kattaki ofislerin 19°C ile diğer ofislerden daha soğuk olduğu,
- Çalışma yüzeyi aydınlatma seviyesinin 300lux ile CIBSE standartlarının belirlediği seviyenin altında kaldığı,
- Güneybatıya bakan odalarda çalışma yüzeyi aydınlatma seviyesi 100lux altında kaldığı için aydınlatma enerjisi arttığı
- Simülasyon sonuçları ısı konforu; Zemin katta 17.3°C ikinci katta da 21°C ile yetersiz kaldığı

belirlenmiştir [81].

Motuziene S. ve Juodis E. S. Litvanya'daki ofis binaları için opaklık saydamlık oranlarının enerji etkinliğini araştırmışlardır. Statik hesaplama modeliyle minimum opaklık saydamlık oranının %10-%20 olduğu hesaplandıktan sonra kat yüksekliği 3m ve

zemin alanı 3x5m olan tipik hücre ofislerine ait dikdörtgen bir bina Design Builder programında modellenmiştir. Oluşturulan modele duvar ısı geçirgenlik katsayısı $U=0.243 \text{ W/m}^2\text{K}$, kullanım saatleri 8:00-17:00, iç mekan ısıtma-soğutma sıcaklık sınır değerleri olarak 21°C - 24°C ve çalışma yüzeyi aydınlanma seviyesi olarak 500Lux tanımlanmıştır. (Ofis ekipmanları ve sıcak su kullanımının pencere ve camlardan kazanılan/kaybedilen enerjiyi etkilemediği düşünülerek hesaplamalara dahil edilmemiştir). Enerji tüketim doğrulaması yapılmadan ve elde edilen hesaplamalara göre;

- Pencerelerden kazanılan enerjinin güney yönünde kuzeye göre %50-%100 oranında fazla olduğu,
- Opaklık saydamlık oranı %100 olduğunda ısıtma enerjisinin toplam enerji tüketiminde (% değer ve birim belirtilmeden) kuzeyde en çok ve güneyde en az orana sahip olduğu,
- Soğutma enerjisinin toplam enerjinin %9-%47 sini oluşturduğu ve (% değer ve birim belirtilmeden) soğutma enerjisinde kuzeyde en az, güneyde en çok tüketim olduğu,
- Aydınlatma enerjisinin toplam enerjinin %5-%49 unu oluşturduğu ve aydınlatma enerji tüketiminin kuzeydeki %20 opaklık saydamlık oranında en çok, güneydeki %100 opaklık saydamlık olduğunda en az olduğu,
- İklimlendirme destek sistemlerin (pompa ve fanlar) toplam enerjinin %22-%44 ünü oluşturduğu,
- Güney, kuzey ve doğu yönlerinde opaklık saydamlık oranı %20'den %100'e çıkarıldığında;
 - Kaplamasız camda ($U=1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$, gün ışığı geçirgenliği %75 ve SHGC %73) enerji tüketiminin %300-%350,
 - Çok fonksiyonlu camda ($U=1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$, gün ışığı geçirgenliği %60 ve SHGC %34) enerji tüketiminin %220-%250 arttığı,
- Kuzey yönlerinde opaklık saydamlık oranı %20'den %40'e çıkarıldığında (cam türleri ve % değer belirtilmemiştir) bazı camlar aydınlatma enerji tüketiminin azaldığı

belirlenmiştir [82].

Kim S. H. ve diğerleri (Güney Kore Hükümetinin 'Binalarda Enerji Tasarrufu İçin Pencere Tasarım Kılavuzu' yönergesini inceleyerek) Seul şehri için iki gölgeleme elemanı, dört cam türü ve dört opaklık saydamlık oranı (%20, %40, %60 ve %80)

alternatifleriyle üç farklı senaryo oluşturmuş ve bu senaryoların dört ana yönelme için enerji tüketimine etkisini incelemişlerdir. Yüksekliği 2.7m olan 6x4.5m boyutlarındaki bir odanın COMFEN programında hazırlanan simülasyon modeli sonuçlarına göre enerji tüketimi için;

- Doğu yönünde yüksek opaklık saydamlık oranlarında; (% değer ve birim belirtilmeden) düşük ısı geçirgenlik ve düşük SHGC katsayılarının elverişli olduğu,
- Güney yönünde SHGC değerlerinin enerji tüketimini etkilemediğini ve
- Gölgeleme elemanlarının kullanılması ve aydınlatma kontrolünün uygulanması durumunda SHGC katsayısının opaklık saydamlık oranından daha önemli olduğu

belirlenmiştir [83].

Leskovar V. Z. Ve Premrov M., 6 farklı duvar kuruluşu, %0 ile %80 aralığındaki 11 farklı opaklık saydamlık oranının 4 ana yön için enerji tüketimine etkisini incelemişlerdir. “Düşük enerjili ahşap konutlar” isimli atölye çalışmasında tasarlanan; bina şekil faktörü 0.38 olan, zemin katta 11.7x8.5m ve I. Katta 11.7x9.8m boyutlara sahip 168.4m²'lik bir dubleks konutun statik hesaplama yapan PHPP programıyla modellenmiştir. Ahşap çerçeveli konstrüksiyon sistemi yapılan hesaplamalara göre enerji tüketimi için;

- Güney yönünde %80 opaklık saydamlık oranında en az ısıtma tüketimi olduğunu ve ısıtma ihtiyacının %52'sinin güneş ışınlarından kazanıldığı,
- Kuzeye yönünde opaklık saydamlık oranı %80'e çıkarıldığında ısıtma enerjisinin %37 arttığı,
- Doğu ve batı yönlerinin enerji tüketim davranışlarının (%değer ve birim belirtmeden) birbirine benzerlik gösterdiği ve
- 4 ana yönde opaklık saydamlık oranı arttıkça (%değer ve birim belirtmeden) soğutma enerji tüketiminin arttığı

belirlenmiştir [84].

2.6. Farklı Coğrafi Konum ve İklim Değişiklikleriyle İlgili Alanyazınlar

Karimpoura M. ve diğerleri gelecekteki tahmini iklim değişikliklerinde tek ve çift camın enerji tüketimine etkisini incelemişlerdir. Adeliade/Avusturalya için CSIRO (Common-wealth Science and Industrial Research Organisation) organizasyonun 2070 yılı iklim tahminleri kullanılarak TMY (typical meteorological year) formatında iklim veri dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan iklim dosyası AccuRate programına

tanımlanarak tek katlı 205m²'lik bir bina modellenmiştir. Yapılan hesaplamalar “yıldız” sembolü derecelendirilmiştir. Derecelendirmede 3-9 yıldız aralığı kullanılmıştır. 10 yıldız; ısıtma ve soğutma enerjisi gereksinimi olmayan olarak kabul edilmiştir. Bu bağlamda yapılan derecelendirmelerin;

- Tahmini olarak dış sıcaklık artışından dolayı soğutma enerjisinin de yükseleceği,
- Tek camlı alternatiflerin en fazla 7 yıldız kadar çıktığı ve
- Çift camlı alternatiflerin en az 7,5 yıldız düştüğü

belirlenmiştir [85].

Zhou S. ve Zhao J. Shenzhen/Çin (yazları sıcak kışları ılık iklim bölgesi) için farklı duvar, çatı, cam ve iklim bölgeleri alternatiflerinin enerji tüketimine etkisini incelemişlerdir. TRNSYS programında kat yüksekliği 4m, 11 katlı, kullanım alanı 26.400m², en-boy oranı 2.67, tek camlı (SHGC=0.855) alüminyum doğramalı, kuzeyde %25, güneyde %50, doğu ve batı yönlerinde %20lik opaklık saydamlık oranlarına sahip bir ofis binasının enerji simülasyon modeli oluşturulmuştur. 2010 yılına ait ölçülen iç ve dış ortam verilerine göre RMSE değerleri yerine ısıtma-soğutma tüketim endeksleri değerlendirilerek %3.9'luk bir hata payıyla enerji tüketim doğrulaması yapılmıştır. Gerçekçi model elde edildikten sonra;

- Duvarlardaki mevcut 1cm'lik ısı yalıtımı 2.5cm, 4cm, 6cm, 8cm, 10cm ve 12cm'lik ısı yalıtımı,
- Çatıda 2.5cm'lik ısı yalıtımı 4cm, 6cm, 8cm, 10cm, 12cm ve 14cm'lik ısı yalıtımı,
- Doğramalarda tek cam yerine ısı kontrollü (SHGC=0.755, U=2.83W/m²K), gölgelemeli-güneş kontrollü (SHGC=0.442, U=2.79W/m²K), ve low-e kaplamalı (SHGC=0.599, U=2.57W/m²K) camlar,
- Shenzhen yerine de Şanghay (yazları sıcak kışları soğuk), Beijing (soğuk), Shenyang (şiddetli soğuk) ve Harbin (çok şiddetli soğuk) iklim verileri

alternatif olarak değiştirilerek tekrar simülasyon hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara yapılan hassasiyet analizi doğrultusunda;

- Yazları sıcak kışları ılık geçen iklim bölgelerinde; gölgelemeli çift camın enerji tasarruf oranı %2.4 ve EPS ısı yalıtımının enerji tüketimini çok etkilemediği,
- Yazları sıcak kışları soğuk geçen iklim bölgelerinde; dış duvarda 4cm, çatıda 6cm ve gölgelemeli çift camın enerji tasarruf oranı %14.8 enerji tasarrufu sağladığı,
- Soğuk iklim bölgelerinde; dış duvarda 6cm, çatıda 8cm ve low-e kaplamalı çift camın %29.4 enerji tasarrufu sağladığı,

- Çok Soğuk iklim bölgelerinde; dış duvarda 8cm, çatıda 10cm ve low-e kaplamalı çift camın %36.3 enerji tasarrufu sağladığı,
- Çok şiddetli Soğuk iklim bölgelerinde; dış duvarda 10cm, çatıda 12cm ve low-e kaplamalı çift camın %43.4 enerji tasarrufu sağladığı

belirlenmiştir [86].

Berger. T.ve diğerleri Viyana/Avusturya için I. dünya savaşı öncesi, II. Dünya savaşı sonrası ve 2000 yılı sonrası dönemlerini temsilen üçer farklı binanın (toplamda dokuz binanın) gelecekteki iklim değişikliklerine göre göstereceği enerji performanslarını ortaya koymuşlardır. Uzun periyotta yapılan saatlik: sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve güneş ışınımına ait verilerin ortalamalarıyla “mevcut iklim verisini” oluşturmuş ve bu verilerle IPCC’nin (Intergovernmental Panel on Climate Change) SRES senaryolarından (Special Report on Emissions Scenarios) A1B seçilerek REMO/UBA aracılığıyla RCM (Regional Climate Models) bölgesel iklim modeli 2050 ve 2060 yılları için tanımlanmıştır. Yapım dönemi, yapı kabuğu ve konstrüksiyon farklılıklarından dolayı değişen enerji performanslarını karşılaştırabilmek için örnek binalarda aşırı ısınan güney ve batıya yönelen iki ayrı ofiste W/m^2 üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. EDSL_Tas programında oluşturulan simülasyon modellerinde farklı ofislere aynı; HVAC, ofis-aydınlatma elemanları, kullanıcı sayıları, ısıtma-soğutma değerleri tanımlanarak yıllık ısıtma-soğutma enerji tüketimleri hesaplanmıştır. 2050 ile ‘1961-1980’ yılı iklim verileri ile elde edilen enerji tüketimleri karşılaştırıldığında;

- I. Dünya savaşı öncesi yapılan örnek binalarda;
 - Isıtma enerjisinin toplam enerji talebinde baskın olduğu,
 - Isıtma enerjisi talebinin %30 azaldığı, soğutma enerjisi talebinin %92 arttığı,
- II. Dünya savaşı sonrası yapılan örnek binalarda;
 - Isıtma enerjisinin toplam enerji talebinde baskın olduğu,
 - Isıtma enerjisi talebinin %26 azaldığı, soğutma enerjisi talebinin %30 arttığı
- 2000 yılında yapılan örnek binalarda;
 - Isıtma enerjisinin toplam enerji talebinde baskın olduğu,
 - Isıtma enerjisi talebinin %11 azaldığı, soğutma enerjisi talebinin %28 arttığı

belirlenmiştir [87].

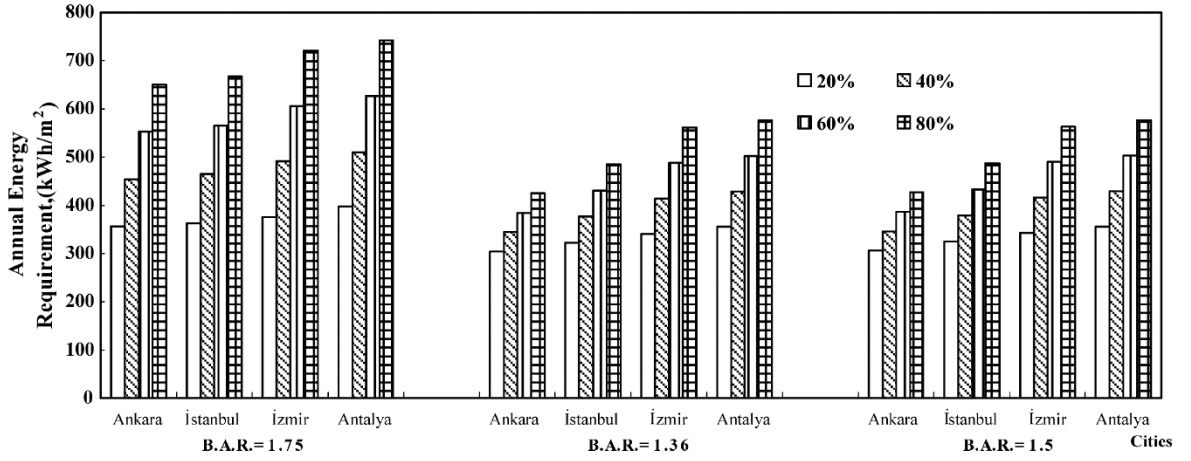
Eskin N. ve Türkmen H. Türkiye’deki dört iklim bölgesinde (İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya) için ofis binalarının farklı en-boy oranları, opaklık saydamlık oranları, ısı yalıtım kalınlıkları ve cam türleri gibi alternatiflerin yıllık ısıtma-soğutma ve toplam enerji tüketimlerine etkilerini incelemişlerdir. İstanbul’da bulunan 12 katlı, kullanım alanı 17.670m², bina en-boy oranı 1.36, olan bir ofis binası örnek bina olarak seçilmiştir. EnergyPlus programında modellenen bu bina için VAV sistemi iç sıcaklık ısıtma-soğutma sınır değerleri 22⁰C-24⁰C, alüminyum çerçeveli ve tek camlı (U=5.82W/m²K, SHGC=0.83 ve VT=0.9) ve opaklık saydamlık oranı %40 olarak tanımlanmıştır. Ayrıca havalandırma ve pencereler kapalı ve ortam hava değişim hızı ise 0.2 olarak tanımlanmıştır. Isıtma ve soğutma dönemlerinde yapılan 3 haftalık ölçümlerle iç sıcaklıkların ve enerji tüketim doğrulaması yapılmıştır. Isıtma enerji tüketiminde %3.8 ve soğutma enerji tüketimindeyse %6.6’lık hata payıyla ölçülen değerlere yaklaşılarak (RMSE doğrulaması yapılmamıştır) tahmini enerji tüketimlerinin İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya için sırasıyla; 376W/m²K, 344W/m²K, 414W/m²K ve 428W/m²K olduğu hesaplanmıştır. Daha sonrasında bu modellere;

- Duvarlar içten ve dıştan (2.5cm, 5cm ve 7.5cm) ısı yalıtımı,
- Bina en-boy oranları (1.4, 1.5, 1.75, 1.8, 2 ve 2.5),
- Cam türleri (low-e kaplamalı çift ve üçlü cam ile kaplamasız çift cam),
- Opaklık saydamlık oranları (%20, %40, %60 ve %80) ve
- Dış duvar yüzey renkleri (açık ve koyu)

alternatifleri tanımlanmıştır. Elde edilen alternatif modellerin hesaplama sonuçlarına göre;

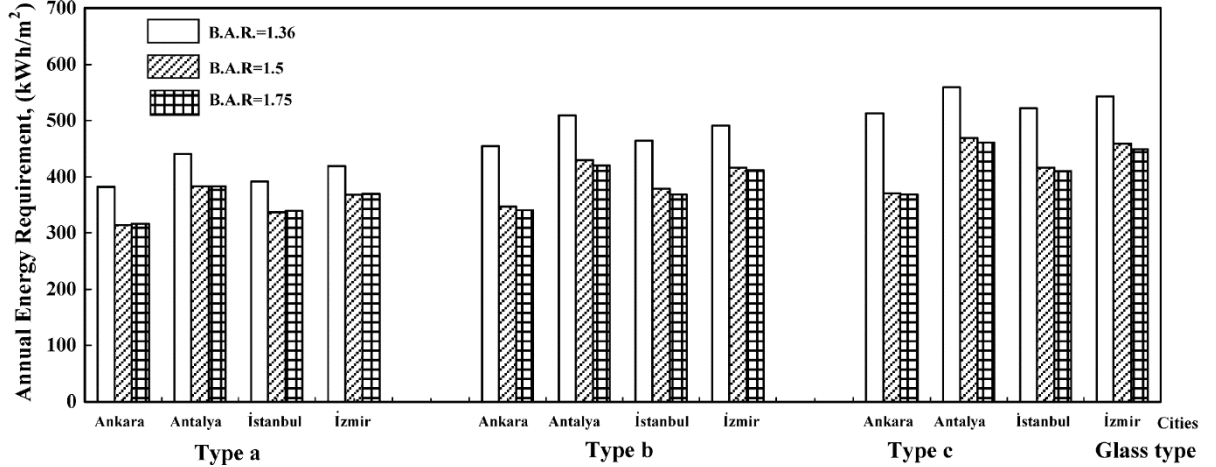
- Bina en-boy 1.75 olduğunda optimum enerji tüketiminin sağlandığı,
- Duvarlara 7.5cm lik içten ısı yalıtımı uygulandığında; İstanbul, İzmir, Antalya ve Ankara’da sırasıyla;
 - Yıllık ısıtma enerji tüketimi tasarrufu %34.4, %26.82, %27.19, % 35.93,
 - Yıllık soğutma enerji tüketimi ise; %19.67, %21.06, %21.35, %19.87 ve
 - Yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji tasarrufu; %27, %22.97, %23.28, %29.81 oranında enerji tasarruf yapılacağı,
- Opaklık saydamlık oranı arttıkça (%değer ve birim verilmeden artacağı) yıllık toplam enerji tüketiminin artacağı (Şekil 2.7),
- Low-e kaplamalı ve kaplamasız çift cam kullanımı arasında maksimum enerji gereksinimi; İstanbul, İzmir, Antalya ve Ankara’da sırasıyla; %14.21, %15.94,

%13.5, %15.1 oranında azaldığı (Şekil 2.8) (a=low-e kaplamalı üçlü cam, b=low-e kaplamalı çift cam, c=kaplamasız çift cam), belirlenmiştir [51].



Şekil 2.7. Alternatif Opaklık saydamlık oranı ve bina en-boy oranlarına göre dört farklı iklim bölgesindeki enerji tüketimleri

Kaynak: [51], s. 769



Şekil 2.8. Alternatif cam türlerine göre farklı bina en-boy oranlarının dört farklı iklim bölgesindeki enerji tüketimleri

Kaynak: [51], s. 770

Boyano A. ve diğerleri Estonya (soğuk iklim), Madrid (sıcak iklim) ve Londra (ılıman iklim) için ofis binalarında aydınlatma, opaklık saydamlık oranı, cam türü, yön ve duvar alternatiflerinin enerji tüketimine etkisini incelemiştir. EnergyPlus programıyla 4.620m²lik zemin alanına sahip, ahşap doğramalı ve 3 katlı dikdörtgen

tabanlı bir binanın modelinde, iç sıcaklık ısıtma ve soğutma sınır değerleri 21°C-25°C alınarak elektrik ve yakıt faturaları kullanılarak enerji tüketim doğrulaması yapılmıştır.

Oluşturulan bu modellerde toplam enerji dağılımı;

- Estonya için (soğuk iklim bölgesi) toplam enerji dağılımı; %60 HVAC (%12 soğutma ve %88 ısıtma), %33 aydınlatma ve %6 diğer tüketim dilimi ile 105 kWh/m²yıl
- Londra için toplam enerji dağılımı; %40 HVAC (%36 soğutma ve %64 ısıtma), %50 aydınlatma ve %10 diğer tüketim dilimi ile 70 kWh/m²yıl,
- Madrid için (sıcak iklim bölgesi) toplam enerji dağılımı; %45 HVAC, %45 aydınlatma ve %9 diğer tüketim dilimi ile 74 kWh/m²yıl

olarak hesaplanmıştır. Bu modellere yeni aydınlatma, opaklık saydamlık oranı, cam türü ve yön alternatiflerinin uygulanarak tekrar hesaplama yapıldığında;

- Opaklık saydamlık oranı %30 dan %50 ye çıktığında tüm şehirlerde aydınlatma enerjisinin %0.5-%4.2 arasında
- Çift cam yerine üçlü cam kullanıldığında, Estonya, Londra ve Madrid için sırasıyla;
 - HVAC enerji tüketiminde %12, %13 ve %23 ve
 - Toplam enerji tüketiminde %10, %7 ve %16 tasarruf yapıldığı
- Dikdörtgen binanın uzun cephesi doğu-batı aksından kuzey-güney aksına çevrildiğinde;
 - Aydınlatma enerjisinin değişme olmadığı,
 - HVAC enerjisinin (%değer ve birim belirtilmeden) düştüğü,
 - Londra'da ısıtma enerjisinin %2.13 ve soğutmada %0.5 ve
 - Toplam enerji tüketiminde %3-%6 oranında enerji tasarrufu yapıldığı,
- Duvar alternatifleri olarak ısı geçirgenlik katsayıları;
 - İngiltere'de U=0.30 W/m²K'den 0.18 ve 0.12 W/m²K'e düşürüldüğünde sırasıyla %0.5 ve %1.8 (HVAC enerji tüketiminde %20),
 - Madrid'te U=0.66 W/m²K'den 0.29 W/m²K ve 0.15 W/m²K'e düşürüldüğünde sırasıyla %8 ve %12 ve
 - Estonya'da U=0.20 W/m²K'den 0.14 ve 0.10 W/m²K'e düşürüldüğünde sırasıyla %4.3 ve %10.7

enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir [88].

Inanici M. N. ve Demirbilek F. N. optimum enerji tüketimi için Türkiye’deki beş farklı iklim bölgesinde (Ankara, Antalya, Diyarbakır, Erzurum ve İzmir); bina en-boy oranı ve güney yönündeki opaklık saydamlık oranlarını incelemişlerdir. Bina alternatif en boy oranları 1:1, 1:1.2, 1:1.4, 1:1.6, 1:1.8 ve 1:2 olacak şekilde SUNCODE-PC programında oluşturulan modellerde; zemin ve çatı katı tek mekan kabul edilerek 3 katlı bir binanın ara katında 100m² lik 4 adet bağımsız birim oluşturulmuştur. İç mekan ısıtma-soğutma sınır sıcaklıkları 18⁰C-26⁰C, çift cam ısı geçirgenlik değeri U=2.9W/m²K, opaklık saydamlık oranları olarak; zemin katta her yönde %15, orta katta güney yönü %25 ve diğer yönler %15 tanımlanan söz konusu alternatif modellerde optimum enerji tüketimini sağlayan;

- Bina en boy oranlarının;
 - Ankara ve Erzurum için 1:1.2,
 - Antalya, Diyarbakır ve İzmir için 1:2
- Güneye yönündeki opaklık saydamlık oranlarının ise
 - Ankara ve Erzurum için %90 ve
 - Antalya, Diyarbakır ve İzmir için %25

olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Ankara ve Erzurum için ısı yalıtım kalınlıklarına göre optimum enerji tüketimini sağlayan opaklık saydamlık oranları sırasıyla;

- 0.6cm’de %25,
- 0.7cm’de %30,
- 1.1cm’de %40,
- 1.5cm’de %50,
- 2.1cm’de %50 ve %60,
- 2.9cm’de %50 ve %70,
- 4.1 cm’de %40 ve %70,
- 6 cm’de %30 ve %60

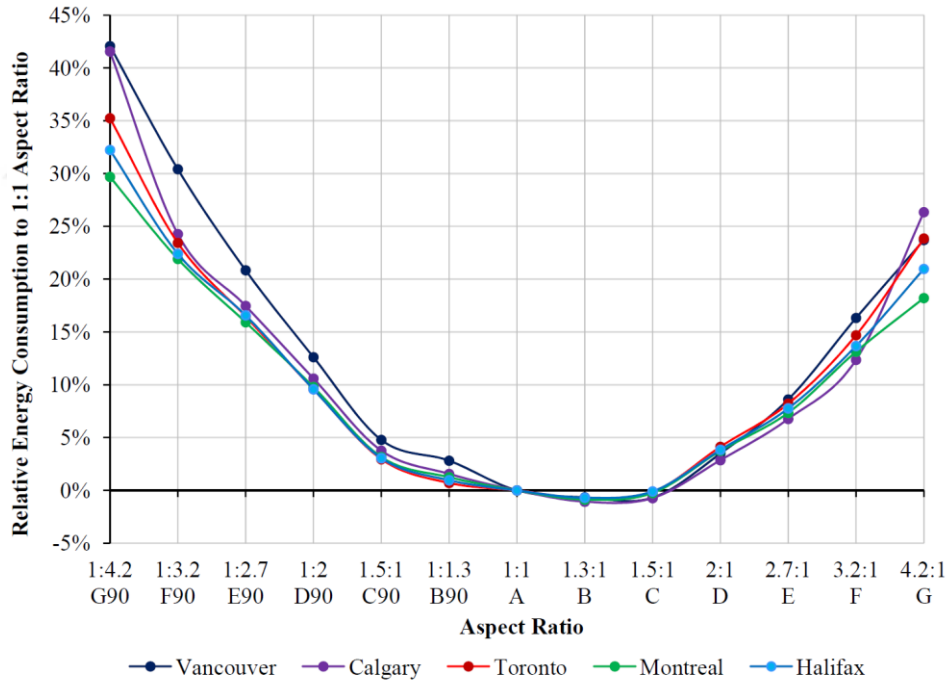
olduğu belirlenmiştir [50].

Mckeen P. ve Fung A. S. binanın en boy oran alternatiflerinin (Şekil 2.9) ısıtma-soğutma ve toplam enerji tüketimine etkisini incelemişlerdir. eQuest programında 13 farklı en boy oranına sahip toplam kullanım alanı 6.000m², kat yüksekliği 3m ve 10 katlı modeller oluşturulmuştur. Bu modellere farklı Kanada şehirleri (Montreal, Vancouver, Halifax, Calgary ve Toronto) tanımlanarak yapılan yıllık ısıtma-soğutma enerji tüketim hesaplamalarında;

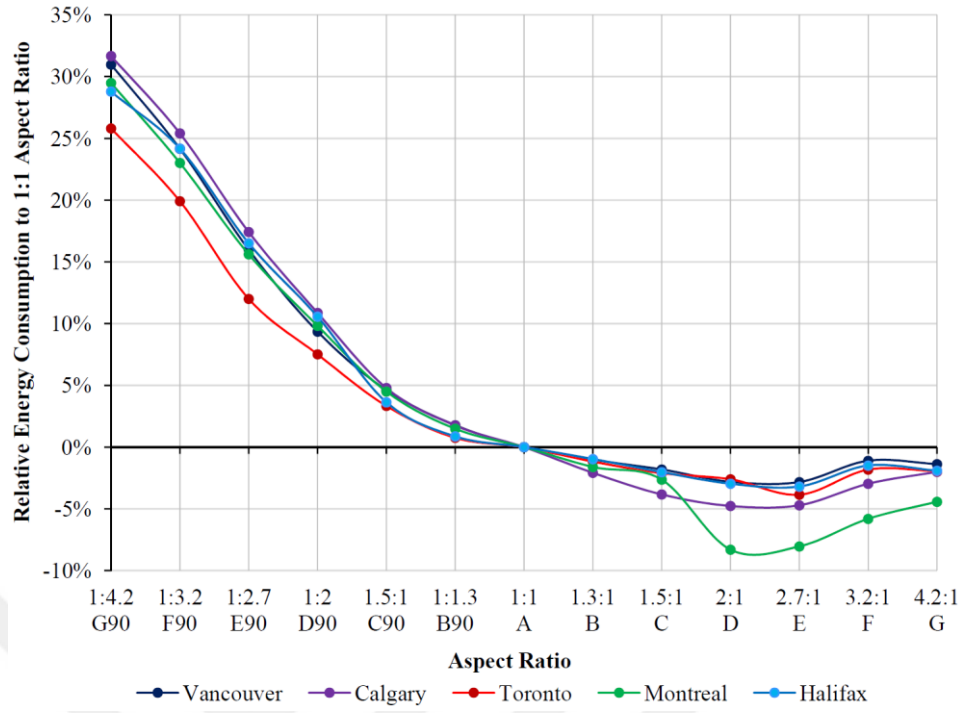
- En boy oranı 1:4.2 olan alternatifin 4.2:1 alternatife göre (tüm şehirlerde) (Şekil 2.9-2.12);
 - Isıtma enerjisinde %29-%42 aralığında azaldığı
 - Soğutma enerjisinde %25 oranında arttığı ve
- 1.3:1 en boy oranının optimum toplam enerji tüketimi sağladığı belirlenmiştir [52].

Building Profile:	A	B	B90°0	C	C90°0	D	D90°0	E	E90°0	F	F90°0	G	G90°0
Aspect Ratio (X:Y)	1:1	1.3:1	1:1.3	1.5:1	1.5:1	2:1	1:2	2.7:1	1:2.7	3.2:1	1:3.2	4.2:1	1:4.2

Şekil 2.9. Simülasyon modeli en boy alternatifleri
Kaynak: [52], s. 342

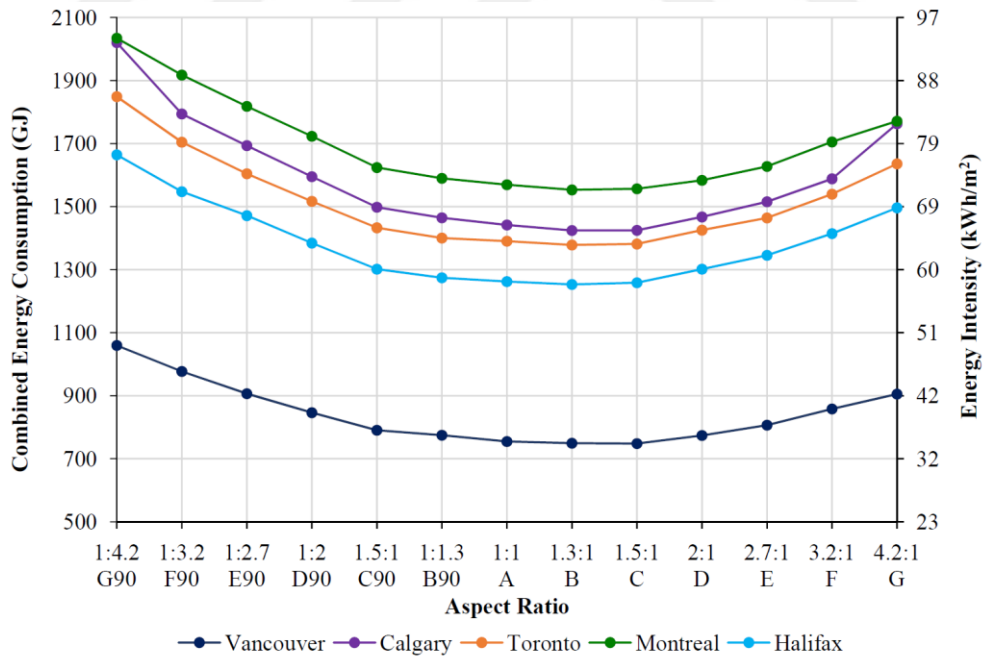


Şekil 2.10. Şehirlere göre ısıtma enerjisi tüketim hesaplamaları
Kaynak: [52], s. 349



Şekil 2.11. Şehirlere göre soğutma enerjisi tüketim hesaplamaları

Kaynak: [52], s. 350



Şekil 2.12. Şehirlere göre toplam enerji tüketim hesaplamaları

Kaynak: [52], s. 351

2.7. Enerji Tüketimi İle İlgili Diğer Alanyazınlar

Lam J. C. ve diğerleri Hong Kong/Çin’de bulunan bulunan dört farklı ofis binasında temmuz ve ağustos aylarında yapılan ölçümlerin karşılaştırmışlardır. A, B, C ve D olarak isimlendirilen Blokların yapı kabuğu ve cam türlerine ait özellikleri sırasıyla;

- Kullanım alanı; 22.000 m², 10.000 m², 29.000 m² ve 9.000 m²,
- Kat adedi; 18, - (belirtilmemiş), 22 ve 18
- Opaklık saydamlık oranı; %50, %60, %20 ve %50,
- Gölgeleme katsayısı; 0.7, 0.3, 0.9 ve 0.6,
- Cam türleri ise; renkli tek cam, yansıtıcı kaplamalı tek cam, kaplamasız tek cam ve renkli tek cam

olarak belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda tüm binalar değerlendirildiğinde kullanılan toplam enerji oranlarının;

- %30-%60 HVAC,
- %20-%35 aydınlatma ve
- %15-%25 küçük cihazlar,
- % 1-%2 asansör

olduğu hesaplanmıştır. Böylelikle aydınlatma enerjisinin toplam enerji tüketiminde HVAC’den sonra 2. sırada yer aldığı tespit edilmiştir [89].

Neto A. H. ve Fiorelli F. A. S. Brezilya’daki Sao Paulo Üniversitesinde bir yönetim binasının EnergyPlus enerji ve Yapay Sinir Ağları (ANN) modellerinin simülasyon sonuçlarını karşılaştırmışlardır. 1 Ocak-31 Mart periyodunda binadan ve kampüsteki meteoroloji istasyonundan alınan; iç-dış sıcaklık, güneş ışıınımı, rüzgar hızı ve rüzgar yönü verileriyle;

- EnergyPlus programında belirtilen tarih aralığının %80’inde %13 kararsızlık (uncertainty) ve
- ANN ile belirtilen tarih aralığının %85’inde %13.5 kararsızlık

sağlandığı belirtilmiştir. Ölçüm verileri enerji tüketim oranları açısından analiz edildiğinde;

- HVAC %45,
- Aydınlatma %30 ve
- Ofis elemanlarının %21

oranında olduğu belirlenmiştir. Oluşturulan her iki modelde de camların sürekli kapalı tutulması ve iç konforun HVAC tarafından sağlanması tanımlanmıştır. Kullanıcıların;

- Sıcak günlerde serinlemek için vantilatör ve mobil klima kullanmasından dolayı enerji tüketimini arttırması ve
- Soğuk günlerde güneş ışınlamından dolayı iç mekan sıcaklık artışı önlemek için pencere açmasından dolayı soğutma enerjisi azaltması

sebeplerinden dolayı gerçekçi model elde edilememiştir. Dolayısıyla bu modellerin simülasyon hesaplama güvenilirliğini yitirdiğini ve bu bağlamda da gerçekçi model elde edilmesinin reel/gerçek enerji tüketim tahmini açısından önemine değinmişlerdir [90].

Susorova I. ve diğerleri bina en-boy oranı, opaklık saydamlık oranı ve yönlenme alternatiflerinin enerji tüketimine etkisini ortaya koymuşlardır. Design Builder simülasyonda hazırlanan simülasyon modelinde bütün binayı temsil ettiği kabul edilen orta kat orta oda verileri değerlendirilmiştir. Kat yüksekliği 2.75m ve cephe uzunluğu 6m olan ofis odasında çift camlı alüminyum doğrama ve sadece dış duvar yüzeyinden ısı kaybı (iç duvar ve döşemeler ısı geçirimsiz) olduğu tanımlanmıştır. Söz konusu ofis odasına alternatif olarak;

- Dört farklı oda derinliği (6 [1:1], 9 [1:1.5], 12 [1:2] ve 15m [1:2.5]),
- Altı farklı iklim bölgesi (Houston/sıcak, Los Angeles/ılık, Seattle/ılık-serin, Chiacago/serin, Minniapolis/soğuk ve Duluth/çok soğuk),
- Sekiz farklı yön ve
- Yedi farklı opaklık saydamlık oranı (%20-%80 aralığı),

olacak şekilde tanımlanmıştır. Alternatif simülasyon modellerinde ısıtma, soğutma, destek sistemler (pompa ve fan), sıcak su kullanımına ait yıllık toplam enerji tüketimleri hesaplanarak;

- Sıcak ve ılık iklim bölgelerinde oda boyutlarında oranın;
 - 1:1 olduğunda opaklık saydamlık oranına göre;
 - %20-%40 olduğunda enerji tüketim değerinin 145 kWh/m²/yıl'dan 134 kWh/m²/yıl'a azaldığı
 - %40-%80 olduğunda enerji tüketim değerinin 134 kWh/m²/yıl'dan 141 kWh/m²/yıl'a arttığı,
 - 1:1.5 - 1:2 - 1:2.5 olduğunda ve opaklık saydamlık oranı %20-%80 olduğunda enerji tüketim değerinin 171 kWh/m²/yıl'dan 148 kWh/m²/yıl'a azaldığı

- Soğuk ve çok soğuk iklim bölgelerinde; Tüm oda genişlik derinlik oranlarında; Opaklık saydamlık oranı arttıkça enerji tüketim oranının 229 kWh/m²/yıl dan 270 kWh/m²/yıl'a doğrusal olarak arttığı,
- Sadece güney yönünde 214 kWh/m²/yıl dan 210 kWh/m²/yıl'a azaldığı,
- Enerji tüketim artışları;
 - Oda oranı 1:1 olduğunda 17-31 kWh/m²/yıl ve
 - Oda oranı 1:1.5 - 1:2 - 1:2.5 olduğunda 4-6 kWh/m²/yıl olduğu,
- Sıcak, ılık, soğuk ve çok soğuk iklim bölgelerinde güneşe yönelmelerde oda derinliği 6m den 15m ye çıktıkça en düşük enerji tüketiminin 138-150 kWh/m²/yıl aralığında olduğu,
- Ilık-serin ve serin iklim bölgelerinde opaklık saydamlık oranı, oda derinliği ve yönün enerji tüketimine etkisi (%değer ve birim bildirilmeden) yok denecek kadar olduğu,
- Optimum toplam enerji tüketiminde;
 - Optimum opaklık saydamlık oranları açısından;
 - Sıcak iklim bölgesinde %30,
 - Ilık ve yarı ılık yarı serin iklim bölgesinde %40 ve
 - Serin, soğuk ve çok soğuk iklim bölgelerinde %80 olduğu,
 - Oda derinlikleri açısından;
 - 6m derinlikteki odaların sıcak, ılık ve yarı ılık yarı serin ve
 - 15m derinlikteki odaların serin, soğuk ve çok soğuk iklim bölgelerinde

sağlandığı belirlenmiştir [91].

Raftery P. ve diğerleri Intel Kampüsündeki/İrlanda 30.000m²'lik dört katlı bir ofis binasında dört farklı noktada 15 dakikalık periyotlarla yapılan HVAC enerji tüketimi ve iç sıcaklık ölçümlerini kullanarak (2007 verileri) TORTOISE simülasyon programında gerçekçi model elde etmişlerdir (MBE %-4.16 ve RMSE 7.8). Gerçekçi modelde iç tüketim verileri aynı olan odalar tek bir mekan gibi, farklı iç tüketimlere sahip odalar ayrı ayrı odalar (zonlar) gibi modellenmiştir. Odaların detaylı bir şekilde tanımlanması sonucunda saatlik enerji tüketimi verileri kullanımıyla elde edilen gerçekçi modelin oluşturulacak yeni alternatiflerde gerçeğe daha yakın olumlu ve güvenilir sonuçlar vereceğini belirtmişlerdir [92].

Silva A. S. ve Ghisi E. 35m²'lik bir konut binası için olasılık yaklaşımı ve bina performans simülasyonu yardımıyla ısıl performans ve enerji tüketimi üzerinde (kullanıcı davranışı ve enerji tüketimini etkileyen fiziki parametrelerin) belirsizlik analiziyle ilgili yaptıkları çalışmada; simülasyon modellerine ait belirsizliğin ve güvenilirliğin niceliksel (sayısal) değerinin, simülasyon modeli sonuçlarına göre ısıl ve enerji performanslarına yönelik önerilen kararlardan daha önemli olduğuna değinmişlerdir. Bu bağlamda da söz konusu bu belirsizliğin nicel (sayısal) değerlendirmesinin hassasiyet analizi ile yapılabileceğine ve simülasyon modellerinde enerji doğrulaması yapılarak elde edilen gerçekçi modellemede; mümkün olduğunca çok veri çeşidinin (ısıtma, soğutma, elektrik enerjisi ve modellemeye tanımlanacak diğer verilerin) ölçülmesi gerektiğine değinmişlerdir [93].

Raftery P. ve diğerleri enerji etkinliği için simülasyon programlarının kullanımının önemine dikkat çekerek, binalarda enerji simülasyon programlarında gerçekçi model elde ederken zonlama (benzer odaları tek bir mekan gibi kabul etme) sürecini açıklamış ve gerçek bina verilerine yakın sonuçların alınabileceğine dikkat çekmişlerdir. 121 adet binada yapılan ölçüm ve simülasyon hesaplamalarında enerji tüketimine yaklaşım oranı %0.25-%2.5 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu bağlamda oluşturulacak enerji simülasyon modellerinin ölçülen ve hesaplanan verilerin eşitlenerek kalibre edilmesinin;

- Enerji kazanımlarının tahmini ve sınıflandırılmasında kullanılabileceğini,
- Araştırma bağlamında;
 - Kalibrasyon sürecinde elde edilen bilgilerle simülasyon çalışmalarındaki ilerideki/gelecekteki başka çalışmalarda da kullanılabileceğini,
 - Gelecek tasarım aşamalarındaki oluşturulacak modellerde hata yapılmasını engelleyerek “en iyi uygulama modeli” prosedürlerini geliştireceğini

belirlemişlerdir [94].

Ke M. Y. ve diğerleri Tayvan’da 3 bodrum katına sahip 20 katlı bir ofis binasında kullanıcı ve aydınlatma oranı, cam ve duvar alternatiflerinin enerji tüketimi üzerine etkisini incelemişlerdir. 66.946 m²'lik kullanım alanıyla %54.7’si HVAC ile iklimlendirilen örnek binanın aylık elektrik faturalarını kullanarak IPMVP’nin D maddesine ve M&V protokollerine uyularak gerçekçi modeli elde edilmiştir (MBE %0.37

ve RMSE 34.97). Söz konusu alternatifler gerçekçi modele uygulanarak hesaplamalar tekrar yapıldığında ölçülen toplam elektrik enerjisine göre;

- Kullanıcı oranı %50 oranında arttığında ve azaldığında enerji tüketiminin %0.78 azaldığı veya %1.67 arttığı,
- Aydınlatma oranı %50 oranında arttığında ve azaldığında enerji tüketiminin %30.28 azaldığı veya %31.19 arttığı,
- Bina genel enerji tüketiminde; tek camlı, çift camlı ve üç camlı low-e kaplama kullanımında sırasıyla; %0.14, %0.44 ve %0.74 oranında azaldığı,
- Duvar tipi olarak
 - Betonarme perde duvar seçildiğinde % 1.66 oranında arttığı,
 - Çift duvar yapıldığında %0.68 oranında azaldığı

belirlenmiştir [95].

2.8. Alanyazın Değerlendirmesi

Binalarda enerji etkinliği ve enerji performansını belirlemede enerji simülasyon programlarının kullanımı oldukça önemlidir. Simülasyon programlarında gerçek/reel değerlere yakın enerji tüketim hesaplamalarına ulaşabilmek için; yeni yapılacak ve mevcut binalar için farklı prosedürler geliştirilmiştir [94]. Bu prosedürlerde;

- Yeni yapılacak binalar için belirli senaryolar kullanılması (çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır) ve
- Mevcut binalarda ölçülen ve hesaplanan verilerin eşitlenerek gerçekçi model (kalibre model) elde edilmesi

gerekmektedir. Enerji etkinliğine yönelik yeni bina tasarımlarında standartlaşma sağlamak için gerçekçi modellere uygulanan farklı alternatiflerin enerji tüketim hesaplamaları analiz edilerek optimum enerji tüketimini sağlayan alternatifler ve bu alternatiflerin enerji tüketimine etkisi belirlenir.

Enerji simülasyon programlarında ‘ısı ve kütle transferi yasaları’ çerçevesinde oluşturulan formüllerle ısıtma-soğutma enerji hesaplama metodolojileri oluşturulur. Binalarda enerji performansı; “Mekan Isıtma ve Soğutma İçin Enerji Kullanımının Hesaplanması Standardı”na göre (EN ISO 13790) binalarda ısıtma-soğutma enerji hesaplama metodolojileri; basit saatlik, aylık/sezonluk ve detaylı dinamik yöntemlerdir.

- **Basit saatlik yöntemde** ısıtma ve soğutma sıcaklığında sabit değerler kullanılarak yarı dinamik hesaplama yapılır.

- **Aylık/sezonluk yöntemde** yılın belli bir periyoduna ait hesaplama yapılır. Yıllık olarak bakıldığında doğruya yakın sonuçlar verdiği, fakat belli bir zaman aralığı ayrıntılı incelendiğinde ‘ortalama hata ve belirsizlik katsayısı’ (MBE/RMSE) değerlerinin uluslararası standartlardaki (IPMVP, M&V ve ASHREA gibi) sınır şartları sağlamadığı/eşitlenmediği görülür.
- **Detaylı dinamik yöntemde** bina bütününün elde edilebilen verileri dikkate alınarak hesaplama yapılır. Belirli bir zaman aralığı veya tüm yıl saatlik olarak incelendiğinde MBE ve RMSE değerlerinin uluslararası standartlardaki sınır şartları sağlayabildiği/eşitlenebildiği görülür [96].

Özellikle detaylı dinamik yöntemi kullanan binalarda enerji simülasyonu programlarında oluşturulan modellerde, sistematik ve kapsamlı olarak enerji tüketimini etkileyen faktörleri incelemek mümkündür [97]. Bu incelemeler sonucunda da optimize edilmiş tasarımlardan/alternatiflerden enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji için temel stratejiler belirlenebilir [98]. Bu temel stratejiler hem yeni tasarımlarda hem de mevcut binalar için kullanılabilir. Tasarım aşamasındaki binaların enerji simülasyon modellerinde enerji/ısı performansının değerlendirilmesi için bazı belirsizliklerin göz önüne alınması gerekir [99, 100]. Ancak mevcut bir bina üzerinde çalışma yapılıyorsa hem ölçülen hem de hesaplanan verilerin (enerji tüketimi, aydınlatma, iç sıcaklık ve nem değerleri vb.) MBE-RMSE değerlerinin sınır şartları sağlayarak eşitlenmesi gerekir. Böylelikle “gerçekçi model” (kalibre model) elde edilir [26, 27] ve simülasyon modelinde çalışılan örnek bina kendi ‘**referans bina**’sını oluşturur.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’nde (BEP-TR’de) kullanılabilecek “**Mimari Tasarım Karar Destek Mekanizması**”nı oluşturabilmek amacıyla;

- Yapı kabuğu kuruluşu, yönlenme, cam türü, opaklık saydamlık oranları ve iklim verilerinin enerji tüketimini etkileyen en önemli parametreler olduğu,
- Söz konusu parametreler birbirlerini etkilediği için; her mevcut binada ve/veya her tasarımda ısıtma-soğutma ve aydınlatma enerji gereksinimlerinin farklılaştığı,
- Binalarda enerji etkinliğini ve enerji tüketimini belirleme araçları olarak binalarda enerji simülasyon programlarının hesaplamaları kolaylaştırdığı ve zaman kazandırdığı,
- Söz konusu parametrelerinin detaylandırılarak simülasyon modeline tanımlanmasının ve enerji tüketiminin doğrulanmasının gerçekçi verilere yaklaşmak için önemli olduğu ve

- Enerji tüketim doğrulaması yapılan gerçekçi modele alternatif parametrelerin (yapının en-boy uzunlukları ve hacmini değiştirmeden) tanımlanması ve enerji tüketim hesaplamalarının yeniden yapılmasının yeni alternatiflerin gerçeğe yakın enerji tüketimi için önemli olduğu

görülmektedir. Bu bağlamda alanyazında incelenen çalışmaların özellikle yöntemleri ve çalışma alanlarının değerlendirilmesi sonucu, **tek yöne pencere açılımı olan mevcut bir binada** çalışma yapılmadığı fark edilerek;

- Ülkemizi %32.2 oranda temsil eden iklim kuşağında (Eskişehir) mevcut bir kamu ofis binasının örnek bina olarak seçilmesi,
- Uluslararası Ölçüm, Doğrulama ve Enerji İhtiyacı Standartları ve Protokolleri çerçevesinde iç ve dış ortam ölçümlerinin yapılması,
- Güvenirliliği ispatlanmış Binalarda enerji simülasyon programında modellenen örnek binanın ölçülen ve hesaplanan;
 - Isıtma-soğutma enerji tüketimleri ve
 - İç ortam sıcaklıkdeğerlerinin eşitlenerek gerçekçi (kalibre) modelin elde edilmesi,
- Alternatif yönlerin, opaklık saydamlık oranlarının ve cam türlerinin enerji tüketimine etkisinin analiz edilmesi ve
- Optimum enerji tüketimini sağlayan alternatiflerin geri ödeme sürelerinin belirlenmesi

konularına odaklanılmıştır.

3. YÖNTEM

Eskişehir ili iklim koşullarında mimari tasarım aşamasındaki ofis binaları için, özellikle ısıtma-soğutma enerji tüketimi ve yapı kabuğu odaklı;

- Yönlenme,
- Opaklık saydamlık oranı ve
- Cam türü

parametrelerini kapsayan ‘Mimari Tasarım Karar Destek Mekanizması’nın oluşturulması amacıyla, alanyazın değerlendirmesinde elde edilen senteze bağlı olarak, tek yöne pencere açılımı olan; Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Akademik ve İdari Personel Bloğunun kuzeydoğuya bakan ofislerinde gerçekleştirilen;

- Çalışmanın **kavramsal modeli** ve **uygulama yöntemi**;
 - Örnek binanın Uluslararası Ölçüm, Doğrulama ve Enerji İhtiyacı Standartları ve Protokolleri (ASHRAE 2002-2005, CRES 2000, IPMVP 2001 ve M&V 2008) çerçevesinde ofis binaları için gerekli olan enerji tüketim alanlarına odaklanılarak ve Özellikle Uluslararası Performans Ölçüm ve Onaylama Protokolü’nün (IPMVP) Temel Kavram ve Yöntemi içeriğinin 3.4.4. D maddesine ile Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı Ölçme ve Doğrulama Yönetmeliği’nin D maddesine (Measurement and Verification/M&V) bağlı kalınarak;
 - Örnek binada en az bir yıllık süreçte (8760 saat, saatlik ortalama);
 - Binayı temsil eden ofislere ait;
 - Aydınlatma sistemleri,
 - Bilgisayar sistemleri,
 - Enerji tüketen tüm ekipmanları ve
 - İç sıcaklık ve nem verilerinin ölçülmesi,
 - Binanın çalışma alanındaki ısıtma-soğutma ve havalandırma (HVAC) enerji tüketiminin ölçülmesi ve
 - Meteorolojik veri ölçülmesi,
 - Hesaplama metodolojisi üzerine uluslararası güvenilirliği ispatlanan binalarda enerji simülasyonu programında;
 - Örnek binanın aslına uygun modellenmesi,

- Söz konusu standartlar kapsamında belirlenen sınır değerler içinde kalacak şekilde, hesaplanan ve ölçülen;
 - İç sıcaklık ve
 - Isıtma-soğutma enerji tüketimi
 verilerinin eşitlenmesi (gerçekçi/kalibre model elde edilmesi) [21, 23, 24, 25, 26, 27, 97].
- Alternatif senaryoların uygulanması ve optimum enerji tüketimini sağlayan alternatiflerin belirlenmesi;
 - Gerçekçi modelde 8 alternatif opaklık saydamlık oranına göre yapı kabuğunun yeniden düzenlenmesi ve 8 alternatif yöne çevrilmesiyle elde edilen 64 alternatif modelin; ısıtma, soğutma ve toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri hesaplanarak yönlere ve opaklık saydamlık oranlarının ‘referans enerji tüketimleri’ kabul edilmesi,
 - Söz konusu modellere 5 alternatif cam türü özelliklerinin tanımlanması ve elde edilen 320 modelin ‘alternatif ısıtma, soğutma ve toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri’ nin hesaplanması,
 - ‘Referans enerji tüketimleri’ ve cam türlerine dayalı ‘alternatif ısıtma-soğutma enerji tüketimleri’ hesaplarının karşılaştırılarak; yönlere ve opaklık saydamlık oranlarına göre optimum enerji tüketimini sağlayan cam türlerinin ve bu cam türlerine ait geri ödeme sürelerinin belirlenmesi,
 - Yön ve opaklık saydamlık oranlarına göre optimum toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimlerini sağlayan cam türlerinin (belirlenmesi ve) geri ödeme sürelerinin belirlenmesi
 - Bu bağlamda da BEP-TR’de yer alabilecek şekilde enerji etkin odaklı ‘mimari tasarım karar destek mekanizması’ oluşturulması

olarak geliştirilmiştir.

3.1. Çalışmanın Kavramsal Modeli

Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu için gerçekleştirilen bu çalışmanın kavramsal modeli aşağıda yer almaktadır.

3.1.1. IPMVP ve M&V çerçevesinde enerji tüketim doğrulaması ve gerçekçi model elde edilmesi

IPMVP protokolünün 3.4.4. D maddesinde ve M&V Yönetmeliği'nin D. maddesinde '*Enerji Tüketim Önlemleri*' (Energy Conservation Measures/ECM) ve/veya enerji etkinliği çerçevesinde yeni tasarımlar için binalarda enerji simülasyon programlarının kullanılmasıyla ilgili izlenecek süreç detaylı olarak incelenmiştir. Söz konusu enerji tüketim doğrulaması ve gerçekçi model elde edilmesi süreçleri aşağıda yer almaktadır.

3.1.1.1. Örnek binanın değerlendirilmesi

Enerji simülasyon programında oluşturulan üç boyutlu modele enerji tüketimini doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen fiziksel çevre ve yapma çevreye dayalı veriler tanımlanır. Bunlar;

- Yapı kabuğu katmanları;
 - a. Kalınlık ve malzeme,
 - b. Termofiziksel özellikler,
 - c. Saydam yapı kabuğu elemanları,
- Binanın coğrafi konumu;
 - a. Bölge, konum, yön ve iklim verisi,
 - b. Fiziksel çevre (komşu bina, ağaç...)
- Yapının;
 - a. Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri,
 - b. Aydınlatma sistemleri,
 - c. Kullanılan ofis ekipmanları,
- Kullanıcı tanımları;
 - a. Kullanım amacı,
 - b. Kullanım saatleri,
 - c. Haftalık kullanım sıklığı

olarak tanımlanmıştır [26, 27].

3.1.1.2. Örnek binanın modele tanımlanacak ölçümlerinin yapılması

Enerji simülasyon programlarında enerji tüketim hesaplamaları yapılırken gerçeğe daha yakın sonuçlar alabilmek için “Dinamik Hesaplama Modeli” kullanılmaktadır. Dinamik hesaplama modelinde eş zamanlı toplanan veriler kullanılarak özellikle yapı kabuğunun gösterdiği performans ortaya konulur [26, 27, 96].

Örnek binanın enerji tüketimini doğrudan etkileyen iç ve dış ortam verileri ile ısıtma sisteminde tüketilen enerji miktarı ölçülür. İç ve dış ortamdaki ölçülen veriler;

- Dış ortam (İklim) verileri
 - a. Dış sıcaklık,
 - b. Bağıl nem,
 - c. Rüzgar yönü ve hızı,
 - d. Basınç
- İç ortam verileri;
 - a. İç sıcaklık ve
 - b. Bağıl nem

olarak belirlenmiştir [26, 27].

3.1.1.3. İç ortam sıcaklık ve enerji tüketimlerinin eşitlenmesi

Binalarda Enerji performansının değerlendirilmesi için Design Builder Enerji Simülasyon Programı kullanılmıştır. Enerji simülasyon programında örnek bina bire bir aynı olacak şekilde modellenmiş, gözlemlenen ve ölçülen değerler tanımlanmıştır. Ayrıca dinamik hesaplama modeline uygun olması amacıyla TUMAS’dan alınan Eskişehir iklim verileri (2013 Mayıs - 2014 Mayıs tarih aralığı/periody) İklim Verisi Dönüştürme Programında (Meteonorm) dönüştürülerek iklim veri dosyası da oluşturulmuştur. Enerji simülasyonu programında;

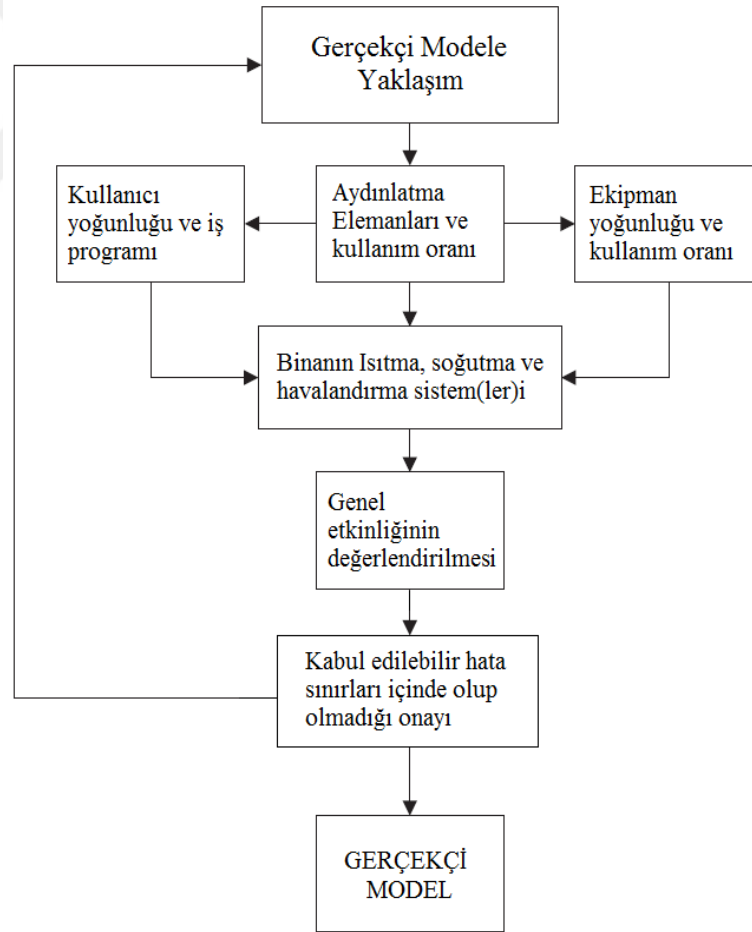
- Ofis kullanıcılarının,
- Ofis ekipmanlarının,
- Aydınlatma elemanlarının,
- Enfiltrasyonun (hava sızmasının),
- İç hava değişim miktarının,
- Isıtma sisteminin,
- Yapı kabuğu elemanlarının,

- Güneş ışınlarının (çıkma ve gölgeleme elemanları da dikkate alınarak) enerji kayıpları/kazançları hesaplanabilmektedir. Bu sınırlar çerçevesinde enerji tüketim eşitlemesi yapılmıştır.

Enerji simülasyon modelinde tanımlanan yukarıdaki veriler doğrultusunda öncelikle iç ortam sıcaklık değerlerinin IPMVP ve M&V çerçevesinde belirlenen sınır değerlerde olması sağlanmıştır. İç sıcaklık sınır şartları 8760 saatlik ölçüm verilerine göre istatistiksel olarak;

- Kararlılık katsayısı (MBE; hassasiyet yüzdesi) ve
- Karekök ortalama hata payı (RMSE)

ile değerlendirilir. ‘**Enerji Tüketim Doğrulama Süreci**’ olarak adlandırılan bu işlemler, hem ölçülen hem de hesaplanan; ‘iç sıcaklıklar’ ve ‘ısıtma enerji tüketim’leri için sağlanarak “**Gerçekçi Model**” elde edilir (Şekil 3.1) [26, 27, 95].



Şekil 3.1. Gerçekçi modelde enerji tüketim doğrulama süreci

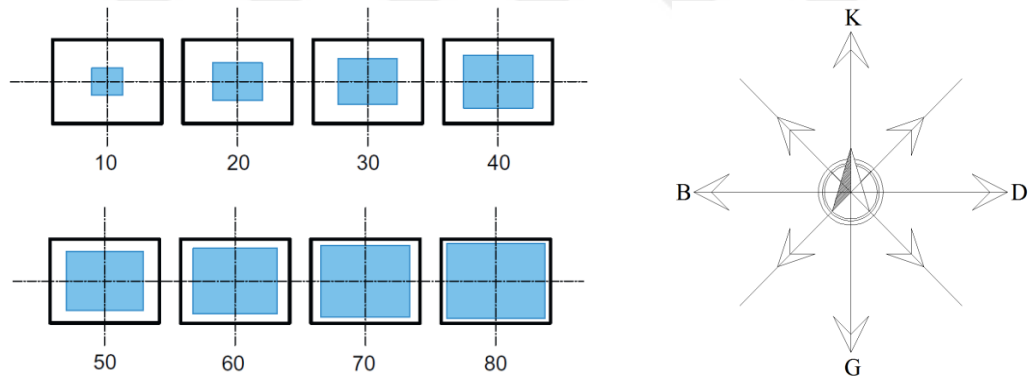
Kaynak: [95], s. 104

3.1.2. Eskişehir’deki tasarım aşamasında ofis binaları için mimari tasarım destek mekanizmasının oluşturulması

Gerçekçi modelin elde edilmesiyle çalışmada kullanılan örnek bina kendi ‘referans binasını’ oluşturur. Böylece (hacim ve kat alanları değiştirilmeden) uygulanacak alternatiflerin enerji tüketim hesaplamaları ‘referans enerji tüketimleri’ olarak kabul edilir [21, 26, 27, 94]. Söz konusu bu alternatiflere uygulanacak farklı/yeni alternatiflerin enerji tüketim değişimleri referans enerji tüketimleriyle karşılaştırılarak elde edilir.

3.1.2.1. Alternatif yön ve alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre referans ısıtma-soğutma enerji tüketim değerlerinin hesaplanması

Gerçekçi modelde 8 alternatif opaklık saydamlık oranına göre (%10-%80 aralığında) yapı kabuğu yeniden düzenlenerek ve 8 alternatif yöne çevrilerek (Şekil 3.2) 64 gerçekçi modelin; ısıtma, soğutma ve toplam ısıtma-soğutma enerji tüketim hesaplamaları yapılarak ‘referans enerji tüketimleri’ olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.2. Gerçekçi modelde kullanılan alternatif opaklık saydamlık oranları ve yönler

3.1.2.2. Alternatif cam türlerine göre alternatif ısıtma-soğutma enerji tüketim değerlerinin hesaplanması

Söz konusu 64 alternatif gerçekçi modele, çalışmanın uygulanabilir olması amacıyla, ülkemizde üretilen ve uygulanan güneş ve/veya ısı kontrolü sağlayan low-e kaplamalı 5 alternatif cam türü tanımlanarak; cam türlerine dayalı alternatif ısıtma-soğutma enerji tüketim değerleri hesaplanmıştır.

3.1.2.3. Alternatif yönlelere ve alternatif opaklık saydamlık oranlarına dayalı optimum enerji tüketimini sağlayan alternatif cam türlerinin ve bu cam türlerinin geri ödeme sürelerinin belirlenmesi

Alternatif cam türlerinin tanımlandığı modellerin enerji tüketim oranları referans enerji tüketimleriyle karşılaştırılarak optimum enerji tüketimini sağlayan cam türleri belirlenmiş ve BEP-TR’de yer alabilecek şekilde enerji etkin odaklı ‘**mimari tasarım karar destek mekanizması**’ oluşturulmuştur. Son olarak da yönlelere ve opaklık saydamlık oranlarına göre optimum enerji tüketimini sağlayan cam türlerinin yatırım ve enerji tasarruf maliyetleri ortaya konularak geri ödeme süreleri belirlenmiştir.

3.2. Çalışmanın Uygulama Yöntemi

Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu için gerçekleştirilen bu çalışmanın yapısı//kurgusu aşağıda yer almaktadır.

3.2.1. Örnek binanın mevcut durumu

Özellikle Uluslararası Performans Ölçüm ve Onaylama Protokolü’nün (IPMVP) Temel Kavram ve Yöntemi içeriğinin 3.4.4. D maddesine ile Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı Ölçme ve Doğrulama Yönetmeliği’nin D maddesine (Measurement and Verification/M&V) bağlı alınarak çalışma yapılan binaların genel durumu aşağıda detaylı olarak sunulmuştur [21, 26, 27, 94].

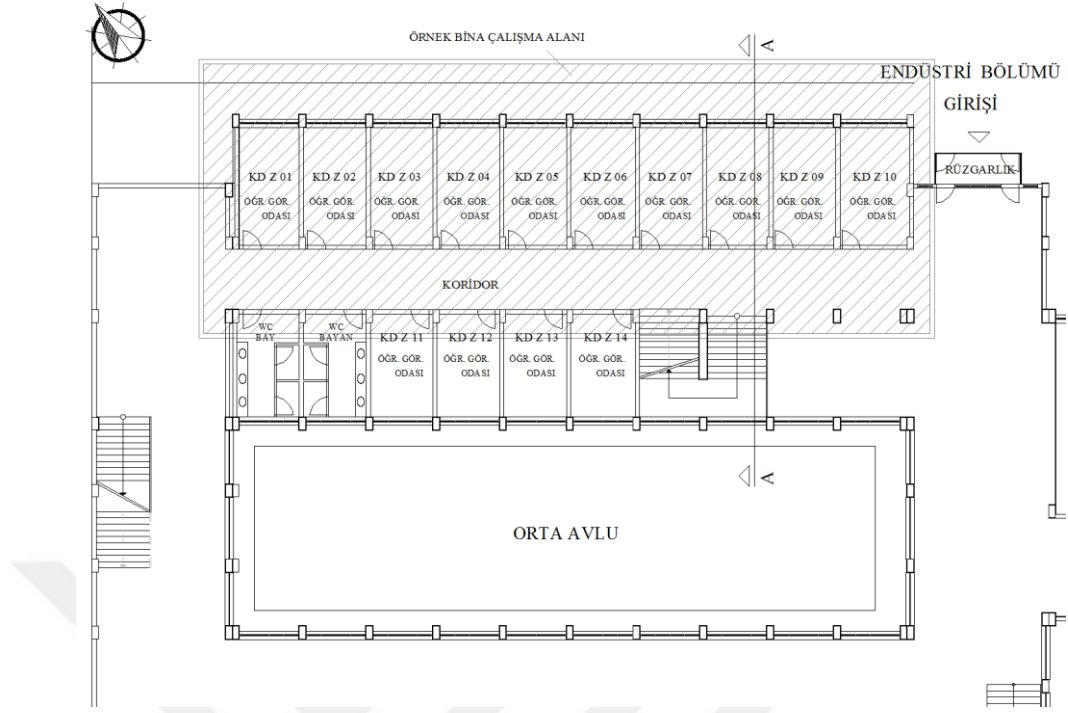
3.2.1.1. Örnek binanın özellikleri

Örnek bina ve çalışma alanı olarak Anadolu Üniversitesi’nin İki Eylül Kampüsü’nde yer alan Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel Bloğu seçilmiştir (Şekil 3.3). 39 K 46 39.81 enlem ve 30 D 32 30.53 boylamında doğu-batı eksenine 38.69°’lik açıyla konumlandırılan iki katlı betonarme karkas binanın inşaatı 2000 yılında tamamlanmıştır.

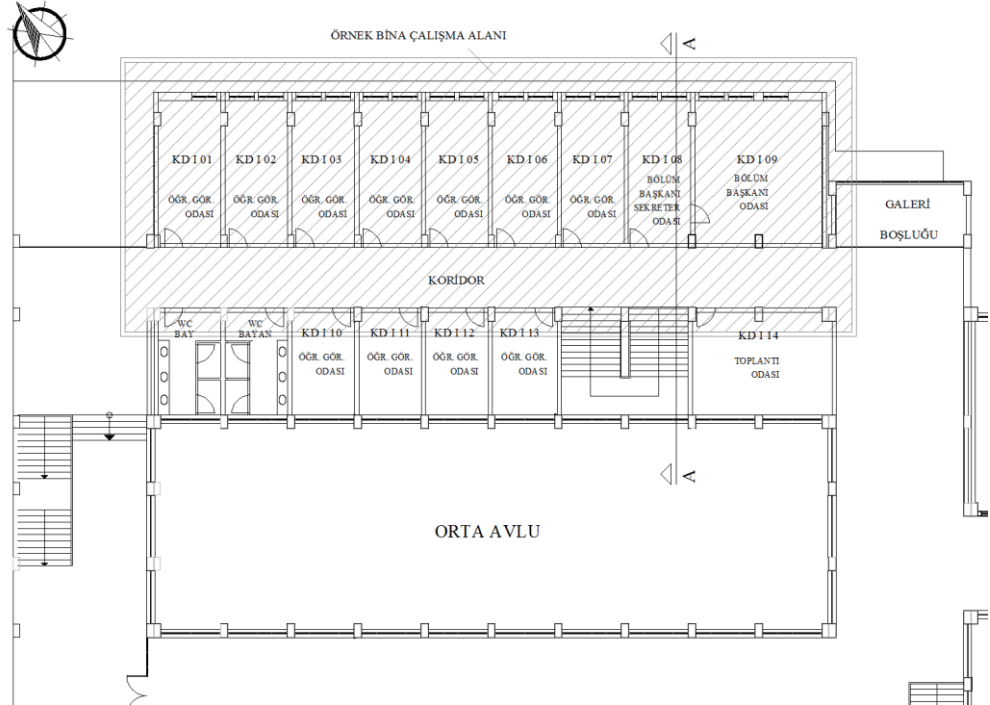


Şekil 3.3. *Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu (örnek bina)*

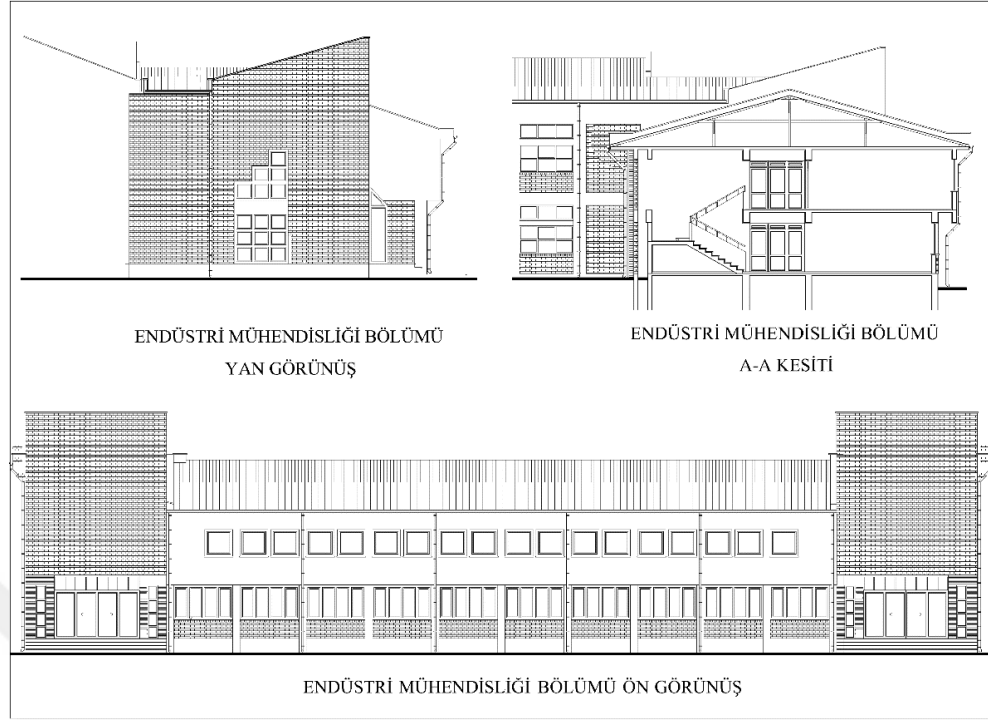
Akademik personel sayısının artmasıyla örnek bina içinde onarım yapılarak sergi ve giriş holünün bulunduğu alana dört adet öğretim elemanı ofisi eklenmiştir (Şekil 3.4). Birinci kattaki ofislerde konsol çıkma olduğu için zemin kattaki ofislere göre ofis derinliği 90 cm daha uzundur (Şekil 3.4-3.6). Çalışma kapsamında örnek binanın sadece zemin ve birinci kattaki dış yüzeye bakan ofisleri incelenmiş, iç avluya bakan ofisler, gölgeleme ve buna bağlı olarak sürekli güneş ışığı alamadığı için çalışmaya alınmamıştır. Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğunun özellikleri Çizelge 3.1 de yer almaktadır.



Şekil 3.4. Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu zemin kat planı



Şekil 3.5. Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu birinci kat planı



Şekil 3.6. Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu kesit ve görünüşü

Çizelge 3.1. Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğu özellikleri

	Zemin Kat	I. kat	Toplam Bina
Genişlik (m)	32,3	32,3	32,3
Yükseklik (m)	3,05	3,05	6,1
Derinlik (m)	12,2	13,1	13,1
Zemin Alanı (m ²)	394,06	423,13	817,19
Yapı Kabuğu Toplam Alanı (m ²)	117,425	151,985	269,41
Pencere Alanı (m ²)	44,95	30,42	75,37
Duvar Alanı (m ²)	53,57	97,17	150,74
Toplam Hacim (m ³)	1.201,88	1.290,55	2.492,43
Pencere Oranı ($A_{\text{pencere}}/A_{\text{duvar}}$)	38,28	20,02	27,98
Kompaktlık Oranı ($A_{\text{toplam}}/V_{\text{toplam}}$)	0,328	0,328	0,328

3.2.1.2. Örnek binanın yapı kabuğu elemanları ve katmanları

Yapı kabuğu, bir binada; dış duvarlar, pencereler, kapılar, çatılar, toprağa temas eden duvar ve döşemeler gibi iç ve dış arasındaki ayrımı yapan bina elemanı olarak tanımlanır [29, 46, 47, 48, 49]. ‘Dr. Eric Burnett’ ve ‘Dr. John Straube’ın dediği gibi yapı kabuğu fiziksel çevre kontrolünü de desteklediği için [8] yapı kabuğunu oluşturan elemanlar ve bu elemanların termofiziksel özellikleri enerji tüketimini doğrudan etkiler.

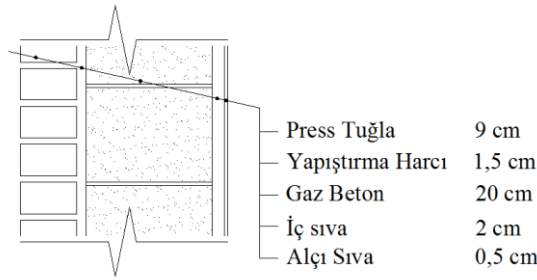
Yapı kabuğunun göstereceği enerji performansını ortaya koymak için yapı kabuğunu oluşturan elemanların ısıl direnci veya diğer adıyla ısı geçirgenlik katsayıları hesaplanır. Her yapı bileşeninin ısıl direnci, yapı kabuğundaki alanı ve geçen süre ile iç-dış sıcaklık farkı yapı bileşeninin ısıl performansını ve enerji tüketim miktarını belirler (formüller ve açıklamalar için TS 825’e bakınız).

3.2.1.2.1. Yapı kabuğu dış duvarları

Çalışma yapılan binanın yapı kabuğunda; betonarme konstrüksiyon, pres tuğla kaplamalı gaz beton duvar ve gaz beton duvar olmak üzere üç farklı tipte duvar kuruluşu vardır.

- Zemin kat duvarları

Zemin kat duvarlarını oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı geçirgenlik dirençleri Şekil 3.7 ve Çizelge 3.2 da yer almaktadır.



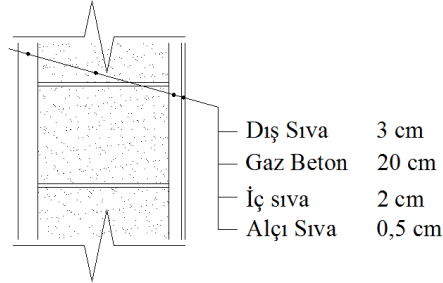
Şekil 3.7. Zemin kat duvarlarını oluşturan yapı malzemeleri

Çizelge 3.2. Zemin kat duvarlarının malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı

Zemin Kat Duvarı	d (m)	λ (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
$1/\alpha_{iç}$			0,13	1,143	0,875
Saten Alçı	0,005	0,7	0,007		
İç sıva	0,02	1,6	0,013		
Gaz Beton	0,2	0,24	0,833		
Yapıştırma Harcı	0,015	1,6	0,009		
Pres Tuğla	0,09	0,81	0,111		
$1/\alpha_{dış}$			0,04		

- Birinci Kat Duvarları

Birinci kat duvarlarını oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı geçirgenlik dirençleri Şekil 3.8 ve Çizelge 3.3 de yer almaktadır.



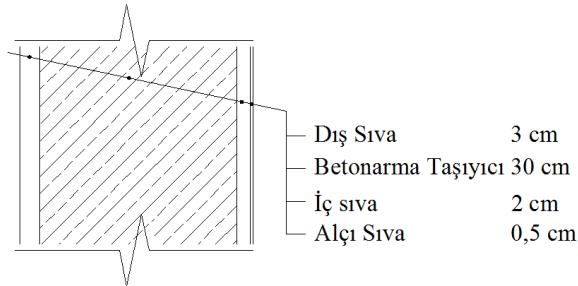
Şekil 3.8. Birinci kat dış duvarlarını oluşturan yapı malzemeleri

Çizelge 3.3. Birinci kat dış duvarlarının malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı

I. Kat Duvarı	d (m)	λ (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
$1/\alpha_{iç}$			0,13	1,042	0,960
Saten Alçı	0,005	0,7	0,007		
İç sıva	0,02	1,6	0,013		
Gaz Beton	0,2	0,24	0,833		
Dış sıva	0,03	1,6	0,019		
$1/\alpha_{dış}$			0,04		

- Betonarme Konstrüksiyon

Yapı kabuğundaki duvarlarda yer alan betonarme konstrüksiyonu oluşturan duvarın yapı malzemeleri, kalınlıkları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı geçirgenlik dirençleri Şekil 3.9 ve Çizelge 3.4 de yer almaktadır.



Şekil 3.9. Betonarme duvarları oluşturan yapı malzemeleri

Çizelge 3.4. Betonarme duvarları oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı

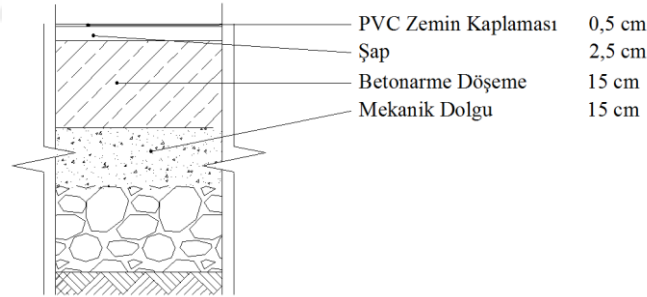
Betonarme Duvar	d (m)	λ (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
$1/\alpha_{iç}$			0,13	0,328	3,045
Saten Alçı	0,005	0,7	0,007		
İç sıva	0,02	1,6	0,013		
Betonarme Kolon	0,3	2,5	0,120		
Dış sıva	0,03	1,6	0,019		
$1/\alpha_{dış}$			0,04		

3.2.1.2.2. Yapı kabuğu döşemeleri

Çalışma yapılan binanın yapı kabuğunda; zemine oturan döşeme, kat arası döşeme, çıkma altındaki döşeme ve çatı döşemesi olacak şekilde dört tip döşeme bulunmaktadır.

- Zemine Oturan Döşeme

Zemin oturan döşemeyi oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı geçirgenlik dirençleri Şekil 3.10 ve Çizelge 3.5 de yer almaktadır.



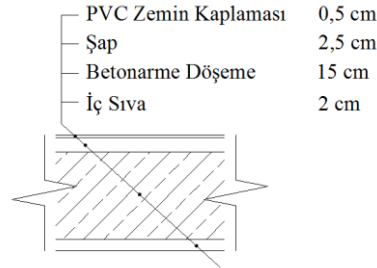
Şekil 3.10. Zemine oturan döşemeleri oluşturan yapı malzemeleri

Çizelge 3.5. Zemine oturan döşemeyi oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı

Zemin Oturan Döşeme	d (m)	λ (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
$1/\alpha_{iç}$			0,17	0,427	2,340
PVC kaplama	0,005	0,19	0,026		
Şap	0,025	0,72	0,035		
Betonarme Döşeme (Hasır çelikli)	0,15	2,5	0,060		
Mekanik Dolgu	0,15	1,1	0,136		
$1/\alpha_{dış}$			0		

- Kat arası Döşeme

Kat arası döşemeyi oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı geçirgenlik dirençleri Şekil 3.11 ve Çizelge 3.6 da yer almaktadır.



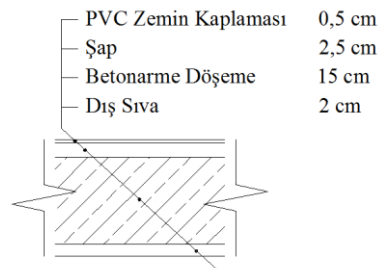
Şekil 3.11. Kat arası döşemeleri oluşturan yapı malzemeleri

Çizelge 3.6. Kat arası döşemeyi oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı

I. Kat döşemesi	d (m)	λ (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
$1/\alpha_{iç}$			0,13	0,304	3,294
PVC kaplama	0,005	0,19	0,026		
Şap	0,025	0,72	0,035		
Betonarme Döşeme (Hasır çelikli)	0,15	2,5	0,060		
İç Sıva	0,02	1,6	0,013		
$1/\alpha_{dış}$			0,04		

- Konsol döşeme

Konsol döşemeyi oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı geçirgenlik dirençleri Şekil 3.12 ve Çizelge 3.7 de yer almaktadır.



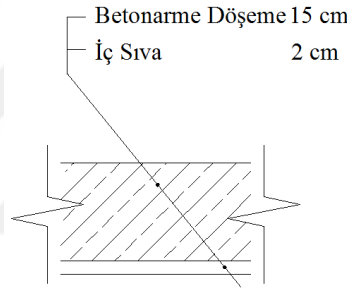
Şekil 3.12. Konsol döşemeleri oluşturan yapı malzemeleri

Çizelge 3.7. Konsol döşemeyi oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı

I. Kat konsol döşeme	d (m)	λ (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
$1/\alpha_{iç}$			0,13	0,310	3,228
PVC kaplama	0,005	0,19	0,026		
Şap	0,025	0,72	0,035		
Betonarme Döşeme (Hasır çelikli)	0,15	2,5	0,060		
İç Sıva	0,03	1,6	0,019		
$1/\alpha_{dış}$			0,04		

- Çatı döşemesi

Çatı döşemesini oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı geçirgenlik dirençleri Şekil 3.13 ve Çizelge 3.8 de yer almaktadır.



Şekil 3.13. Çatı döşemesini oluşturan yapı malzemeleri ve kalınlıkları

Çizelge 3.8. Çatı döşemesini oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı

Çatı Döşemesi	d (m)	λ (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
$1/\alpha_{iç}$			0,13	0,283	3,540
Ahşap Çatı			0		
Ahşap Çatı arası hava boşluğu			0		
Betonarme Döşeme (Hasır çelikli)	0,15	2,5	0,060		
İç sıva	0,02	1,6	0,013		
$1/\alpha_{dış}$			0,08		

3.2.1.2.3. Yapı kabuğu pencereleri

Yapı kabuğunda yer alan pencerelerin malzemeleri, kalınlıkları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı geçirgenlik dirençleri Çizelge 3.9 da yer almaktadır.

Çizelge 3.9. Pencereleeri oluşturan yapı malzemeleri, kalınlıkları ve ısı geçirgenlik katsayısı

Pencere ve Doğrama	d (m)	λ (W/mK)	d/λ , $1/\alpha$ (m ² K/W)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
$1/\alpha_{iç}$			-	0,049	2,800
Kaplamasız Cam	0,004	1	0,004		
Hava Boşluğu	0,012	0,294	0,041		
Kaplamasız Cam	0,004	1	0,004		
$1/\alpha_{dış}$			-		

3.2.1.3. Örnek binanın ısıtma sistemi

Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü’ndeki Mühendislik Fakültesi bloklarının ısıtılması kampüste bulunan ısı merkezi tarafından sağlanmaktadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Mühendislik Fakültesi bloklarına ait ısı merkezi

Isı merkezinde dört adet kazan bulunmaktadır (kazanların özellikleri Çizelge 3.10 da verilmiştir) (Şekil 3.15). Su sirkülasyonu sekiz adet sirkülasyon pompası ile sağlanmaktadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.15. Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü 'nde yer alan ısı merkezindeki kazanlar

Çizelge 3.10. Isı merkezindeki kazanların özellikleri

Yakıt tipi	Sıvı-Gaz
Kazan Tipi	Çelik Gövdeli Sıcak su kazanı
Model	BÇK-2150
Isı Gücü	2500 kW (2.150.000kcal/h)
Maksimum Isı Yüğü	2737kW (2.353.820 kcal/h)
Maksimum İşletme Basıncı	6 bar
Maksimum İşletme Sıcaklığı	100 °C
Verim Sınıfı	** (%91,8)



Şekil 3.16. *Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü'nde yer alan ısı merkezindeki sirkülasyon pompaları*

Isı merkezi Mühendislik Fakültesi bloklarının kuzeybatısında, servis yolunun yanında yer almakta ve bu ısı merkezinden de her bloğa giden farklı bir tesisat hattı bulunmaktadır. Her bloğun ısıtma hattı toprak altından ilerlemekte ve blokların önünde bulunan tesisat galerilerinden binalara dağılmaktadır. Isıtma tesisatı zemin kata doğrusal bir hat şeklinde uzatılmış ve birinci kat ofislerine kolon boruları uzatılarak radyatörlerde sonlandırılmıştır.

3.2.2. Örnek binadan veri toplanması

IPMVP ve M&V protokollerinin ölçüm standartları çerçevesinde, Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğunda sadece kuzeydoğuya bakan ofislerde tek yöne pencere açılımı olduğu dikkate alınarak;

- Komşu iç mekanların ısı geçirimsiz olduğu,
- Zemin ve I. Katta bulunan en uçtaki ofisler ile ortadaki bir ofisin;
 - Dış yüzey alanı ve taban alanı (KD I 09 ofisi diğer ofislerin iki katı büyüklüğündedir)
 - Güneş ışınlamı ve

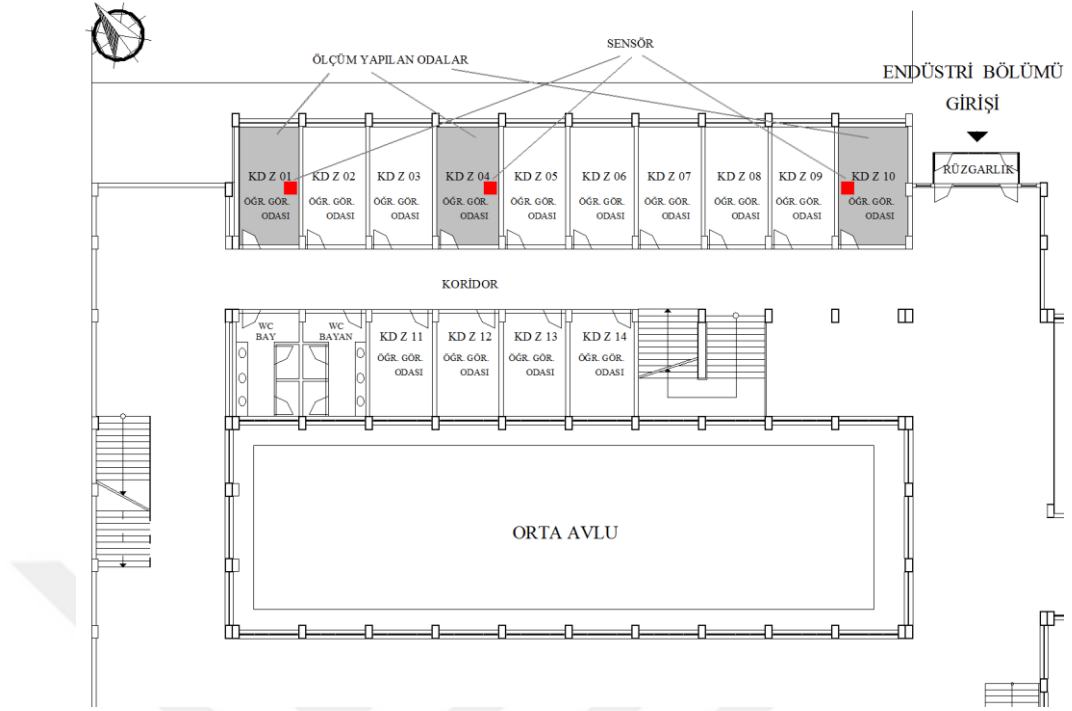
- Gölgeleme faktörü
- farklılıklarından ve
- Ara ofis tipolojilerinin aynı olmasından
- dolayı tüm bloğu temsil ettiği kabul edilerek, katta üçer ofis ve toplamdaysa altı ofiste;
- İç mekan hava sıcaklığı ve bağıl nem ile
 - Isıtma sistemindeki ısı akışkanının ısı enerjisi
- ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1. Hava sıcaklığı ve bağıl nem kaydedilmesi

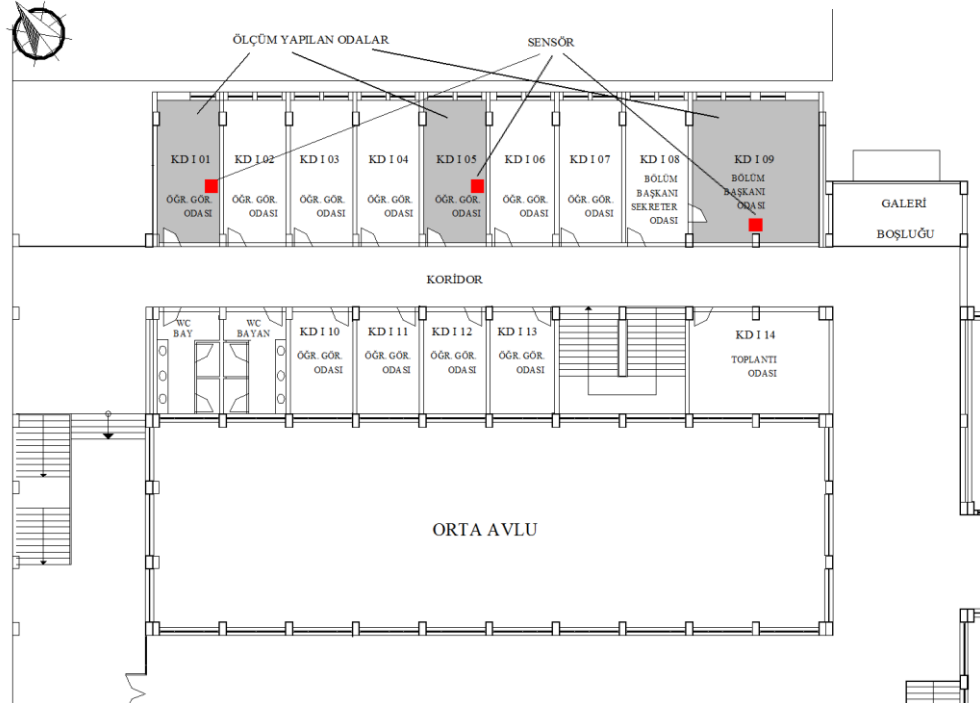
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğunda sensörlerin yerleştirildiği ofisler ve ofisteki konumları Şekil 3.17-18'deki kat planlarında gösterilmektedir. İç mekanda yapılan hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçümleri zeminden 1.1m-1.7m yükseklik aralığında gerçekleştirildiği için [101-108] sensörler güneş ışınlamına maruz kalmayan iç duvarda 1.5m yüksekliğe konumlandırılmıştır. Ofislerde 20.5.2013-20.5.2014 tarihleri aralığında, (IPMVP'de belirtildiği gibi) 10 dakikalık periyotlarda yapılan ve kaydedilen ölçümler;

- Hava sıcaklığında $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ve
- Bağıl nemde ± 3 RH

hassasiyetinde olan TESTO 174H cihazlarıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.17. Örnek binanın zemin katında sensörlerin yerleştirildiği ofisler



Şekil 3.18. Örnek binanın I. katında sensörlerin yerleştirildiği ofisler



Z01 ofisi ve datalogger konumu



Z04 ofisi ve datalogger konumu



Z10 ofisi ve datalogger konumu



I01 ofisi ve datalogger konumu



I05 ofisi ve datalogger konumu



I09 ofisi ve datalogger konumu

Şekil 3.19. Örnek bina ofislerine yerleştirilen sensörler

3.2.2.2. Isıtma enerjisinin ölçülmesi ve kaydedilmesi

Örnek binada belirlenen ofislere, ısı enerjisi ölçüm ve veri kayıt sistemine ilişkin olarak;

- Bir adet debimetre (ısıtma tesisatı dönüş borusuna),
- İki adet sıcaklık sensörü (prob) (ısıtma tesisatının gidiş-dönüş borularına),

ısıtma tesisatına monte edilmiştir (Şekil 3.20). Söz konusu kalorimetre sistemi gidiş-dönüş sıcaklık farkı ile borudan geçen ısı akışkan miktarını ölçerek (dakikalık ve kümülatif [üst üste ekleyerek]) kayıt yapmıştır. Tüketilen ısıtma enerjisini hesaplayabilmek için;

$$Q_{ısıtma} = M \times C \times \Delta t \quad (2-1)$$

Formula kullanılmıştır. Burada;

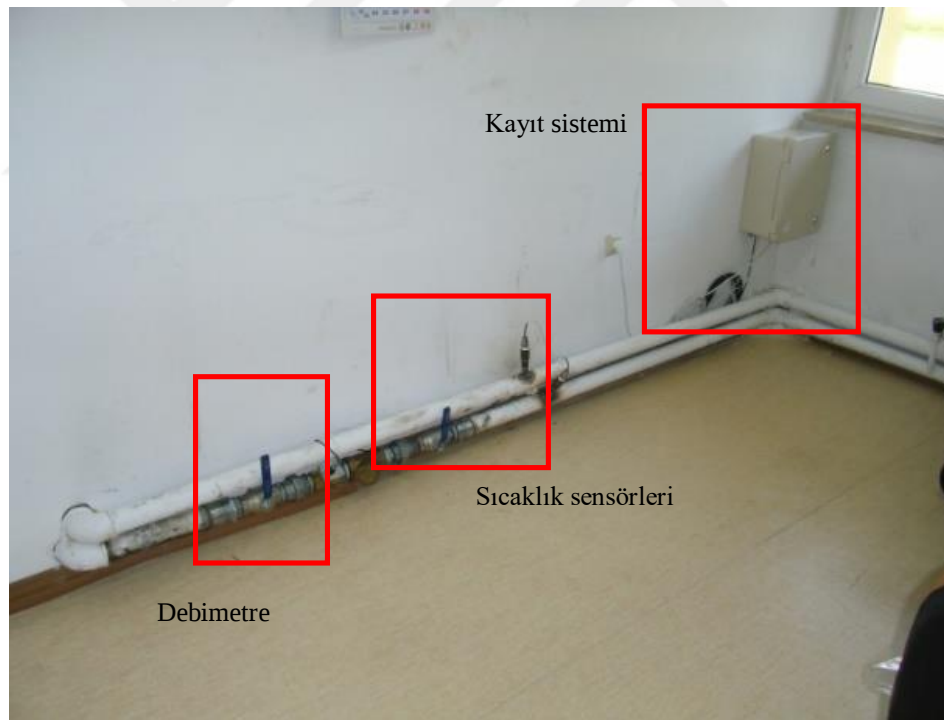
$Q_{ısıtma}$: İklimlendirme sisteminde 1 dakikada tüketilen ısı enerjisi (kW/dk),

M : İklimlendirme sisteminde 1 dakikada debimetreden geçen ısı akışkan miktarı (L/dk),

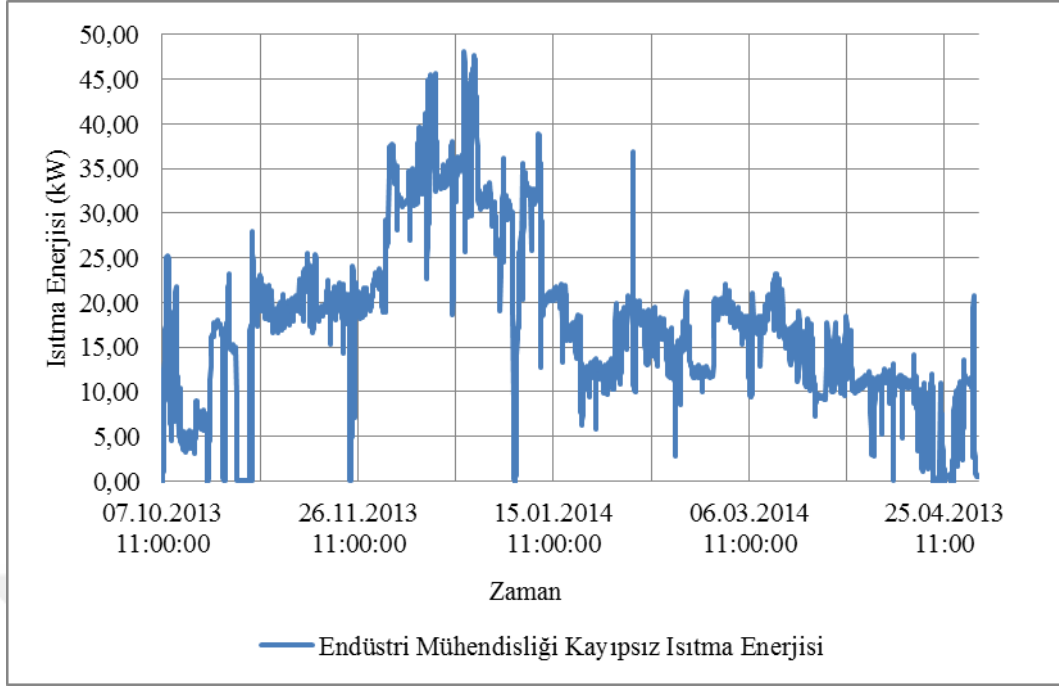
C : Öz ısı (cal/L⁰C) [$1kcal=0,0011629995kWh$] ve

Δt : Isıtma sistemindeki ısı akışkanının gidiş-dönüş borularındaki sıcaklık farkıdır (⁰C).

Örnek binadaki mevcut ısıtma enerjisi değerleri ise Şekil 3.21 ve Çizelge 3.11’de görülmektedir.



Şekil 3.20. Örnek bina ısıtma sistemine uygulanan ısıtma enerjisi ölçüm ve veri kayıt sistemi



Şekil 3.21. Örnek binanın kayıpsız (ısı akışkandan ölçülen) ısıtma enerjisi grafiği

Çizelge 3.11. Örnek binanın 2013 -2014 yılı ısıtma dönemine ait aylık kayıpsız toplam ısıtma enerjileri (kW)

EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS
5655	11235	20349	11302	10539	11586	5995	582

3.2.2.3. İklim verilerinin temin edilmesi

İklim verileri Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü içindeki Eskişehir Meteoroloji 3. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Metar Tipi Meteoroloji İstasyonundan TUMAS sistemi aracılığıyla saatlik veriler olarak (20.5.2013-20.5.2014 tarih aralığı için) temin edilmiştir [28]. Meteoroloji istasyonunda saatlik güneşlenme/gölgeleme ölçümü yapılmadığı için çalışmaya dahil edilmemiştir.

3.2.3. Örnek binanın enerji tüketim doğrulaması yapılarak gerçekçi modelinin elde edilmesi

Örnek binanın IPMVP ve M&V protokolleri doğrultusunda gerçekçi modelinin elde edilmesi için izlenen süreç aşağıda açıklanmıştır.

3.2.3.1. Binalarda enerji simülasyon programının özellikleri

Örnek bina ofislerinde enerji performansını hesaplamak için, Design Builder (DB) isimli bina enerji simülasyonu programı kullanılmıştır. DesignBuilder;

- SBEM Manuel DesignBuilder, grafik ara yüzü ve Enerji Kimlik Belgesi (EPC) ve BRUKL Bina Yönetmelikleri Bölüm L2 ile uyum gösteren raporları üretebilme,
- ASHRAE 140-1 (2004) gereğince ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin performans testlerini yapabilme,
- Northumbria Üniversitesi tarafından hazırlanan Pheonics CFD yazılımı ile karşılaştırılan DesignBuilder, CFD Hesaplamalı akışkanlar dinamiği hesaplamalarını yapabilme,

özelliklerine sahiptir [109]. Bu raporlar çerçevesinde dinamik hesaplama modeli prensiplerini kabul eden DesignBuilder, tüketilen anlık enerjiyi hesaplama güvenilirliği ispatlanmış bir enerji simülasyon programıdır.

3.2.3.2. Örnek binanın enerji simülasyon programında aslına uygun modellenmesi

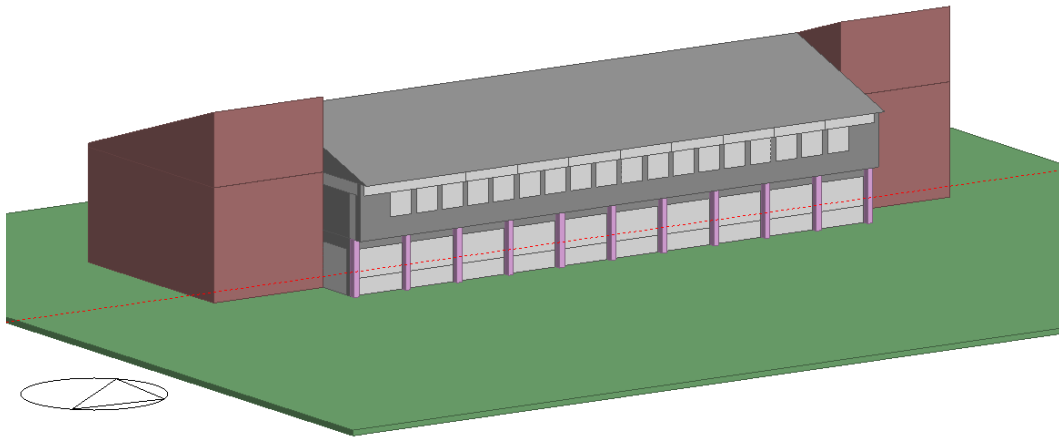
Gerçekçi modeli elde etmek ve enerji tüketim doğrulaması yapabilmek için örnek binanın aslına uygun modellenmesi gerekir [26, 27]. Bu bağlamda örnek binanın ve ofislerinin Design Builder’da hazırlanan enerji simülasyon modeline;

- Coğrafi olarak;
 - Bölgesi,
 - Konumu
 - Yönü ve
 - İklim verileri
- Yapı kabuğu elemanları ve malzemeleri;
 - Duvarlar,
 - Kolonlar,
 - Döşemeler,
 - Pencere ve kapılar,
 - Zemine oturan döşeme,
 - Çatı ve

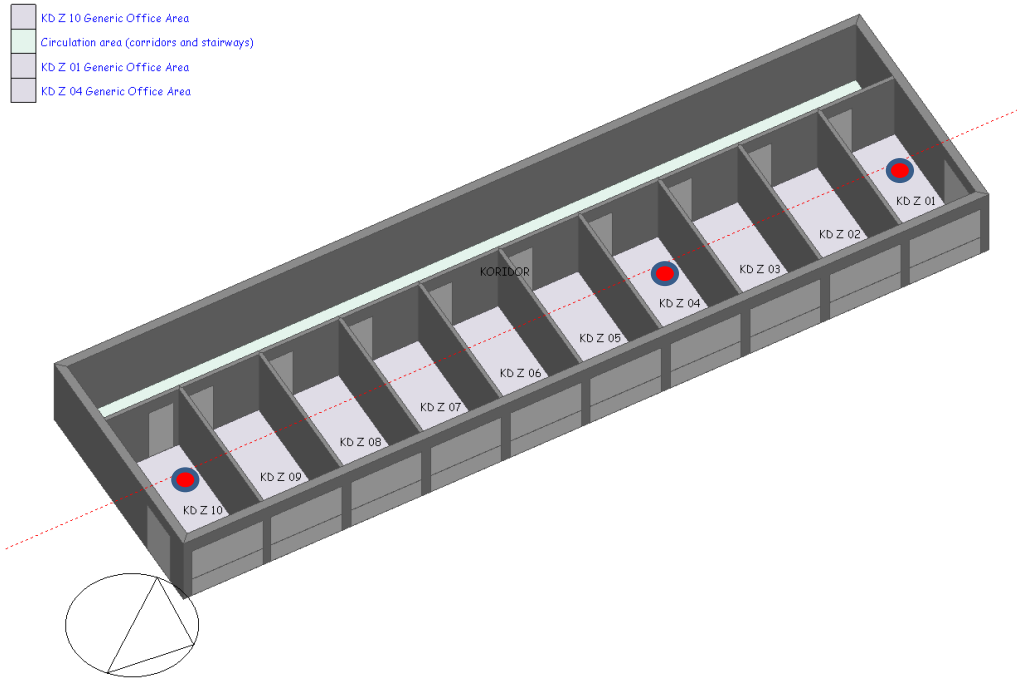
- Isı geçirimsiz alanlar,
- Kullanıma yönelik;
 - Kullanım amacı,
 - Kullanıcı sayısı,
 - Kullanım saatleri,
 - Haftalık kullanım sıklığı (iş günleri),
- Yapı mekanlarına yönelik;
 - Mevcut ofisler ve sirkülasyon alanları,
 - Ofis iç sıcaklıkları ve bağıl nem değerleri,
 - Ofis ekipmanları ve
 - Aydınlatma elemanları,
- Isıtma sistemine yönelik;
 - Kazan tipi,
 - Kazan verimi,
 - Isıtma dönemi ve
 - Isıtma rejimi (aralığı)

değerleri tanımlanmıştır. Söz konusu veriler bölüm “3.2.1.2” deki mevcut yapı kabuğu kuruluşlarına ve Çizelge 3.1 deki mimari özelliklere göre modellenmiştir.

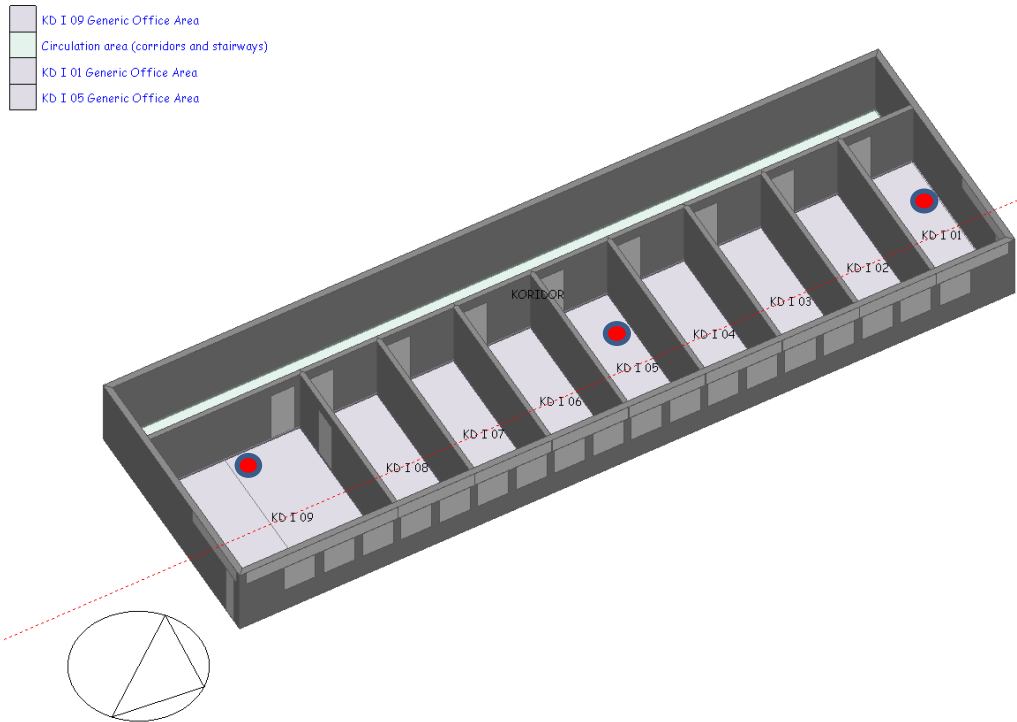
Design Builder’da hazırlanan modelin görüntüleri Şekil 3.22-3.24 de yer almaktadır.



Şekil 3.22. Örnek binanın Design Builder simülasyon modeli



Şekil 3.23. Örnek bina zemin katının Design Builder simülasyon modeli



Şekil 3.24. Örnek bina I. katının Design Builder simülasyon modeli

3.2.3.3. İklim verilerinin oluşturulması ve enerji simülasyon modeline tanımlanması

TUMAS'dan elde edilen (ısıtma enerjisi ile iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ölçüldüğü zaman aralığına ait) iklim verileri Çizelge 3.12'de yer almaktadır.

Çizelge 3.12. Eskişehir ili için TUMAS'dan temin edilen iklim verileri

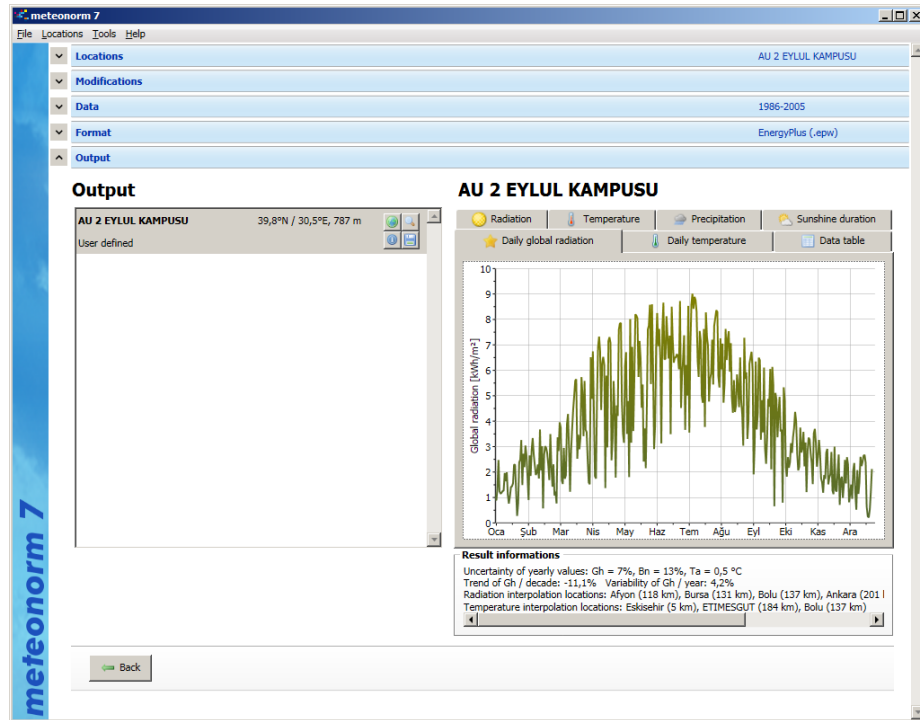
mn7 import file								
m	dm	h	Ta	Td	%	p	ff	DD
1	1	1	-2	-2,1	99	930.1	2	120
1	1	2	-1	-1,1	99	930.1	2	120
1	1	3	-1	-1,1	99	930.1	2	100
1	1	4	-1	-1,1	99	930.1	2	70
1	1	5	-2	-2,1	99	930.1	2	90
1	1	6	-2	-2,1	99	930.1	2,5	100
1	1	7	-2	-2,3	98	931.3	3,6	80
1	1	8	-1,6	-1,9	98	931.5	3,6	70
1	1	9	-1,6	-1,9	98	931.3	3	80
1	1	10	-1,2	-1,3	99	930.9	2	110
1	1	11	-0,8	-0,9	99	930.4	3	100
1	1	12	-0,5	-0,6	99	930.1	3,6	80
1	1	13	-0,3	-0,4	99	930.3	3,6	90
1	1	14	-0,2	-0,3	99	930.4	4,1	90
1	1	15	-0,6	-0,7	99	930.7	4,1	70
1	1	16	-1	-1,1	99	931.0	3	70
1	1	17	-0,8	-0,9	99	931.3	3,6	70
1	1	18	-0,8	-0,9	99	931.3	3,6	70
1	1	19	-0,8	-0,9	99	931.6	3,6	100
1	1	20	-0,6	-0,9	98	931.5	2,5	80
1	1	21	-0,5	-0,6	99	931.5	2,5	100
1	1	22	-0,4	-0,5	99	931.3	3,6	100
1	1	23	-0,4	-0,5	99	931.3	3,6	110
1	1	24	-0,5	-0,6	99	931.3	3	110
1	2	1	-0,6	-0,7	99	931.2	3,6	110
1	2	2	-0,4	-0,5	99	930.6	3,6	120
1	2	3	-0,2	-0,3	99	930.4	3,6	100
1	2	4	0	-0,1	99	930.4	4,1	100
1	2	5	-0,1	-0,2	99	930.6	4,6	90
...	...	...	...	...	...	...	...	...
12	31	21	0,3	0,2	99	930,9	2	90
12	31	22	-0,1	-0,2	99	930,8	2	80
12	31	23	-0,2	-0,3	99	930,1	3	100
12	31	24	-0,8	-0,9	99	930,1	2,5	90

Kaynak: [28]

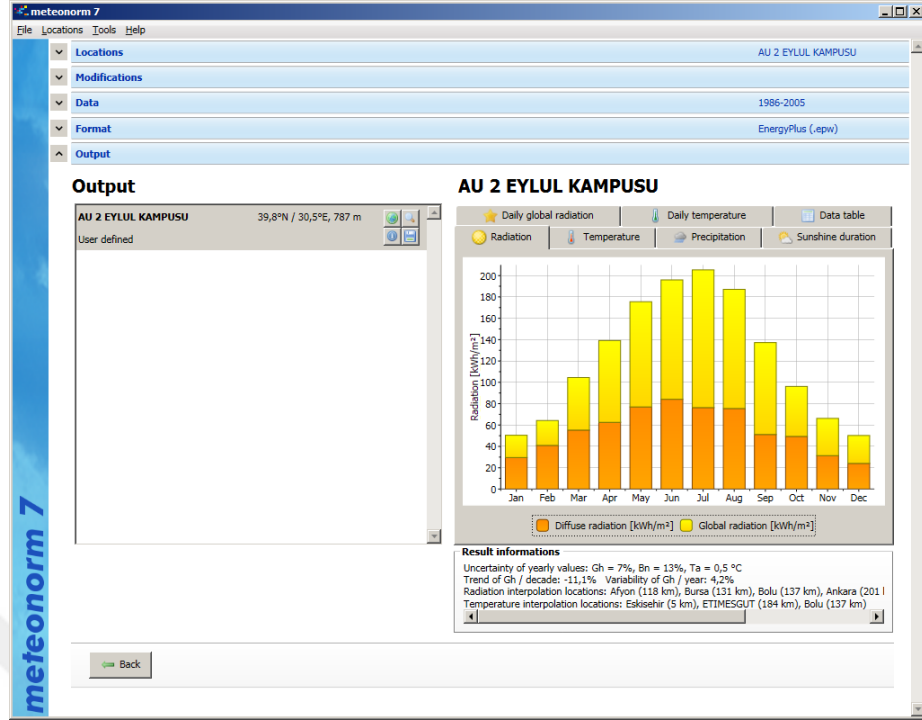
İklim dosyasında yer alan verilerde;

m : Ölçüm yapılan ay
dm : Ölçüm yapılan ayın günü
h : Ölçüm yapılan ayın gününün saati
Ta : Sıcaklık (°C)
Td : Çiğ Sıcaklığı (°C)
% : Bağıl Nem (RH)
p : Atmosfer basıncı (bar)
ff : Rüzgar hızı (m/s)
DD : Rüzgar yönüdür (°) [110].

Isıtma ve soğutma enerji tüketiminde yönlenmeyle ilgili olarak güneş ışıını önemli faktörlerden olduğu için güneş ışıını şiddeti verilerinin de iklim verisi dosyasında yer alması gerekmektedir. TUMAS'dan da bu veriler temin edilemediği için Meteororm (iklim verisi dönüştürme) programında örnek binanın bulunduğu enlem ve boylam için otomatik olarak hesaplatılmıştır (Şekil 3.25-3.26). Elde edilen tüm İklim verileri Meteororm programına Eskişehir ili için tanımlanarak 'ESKISEHIR.epw' (EnergyPlus weather file) iklim dosyası oluşturulmuştur.



Şekil 3.25. Meteororm programında Eskişehir ili için otomatik olarak hesaplanan günlük global güneş ışıını şiddeti grafiği (kWh/m²)



Şekil 3.26. Meteonorm programında Eskişehir ili için otomatik olarak hesaplanan aylık yayılı ve global güneş ışınım şiddeti grafiği (kWh/m²)

3.2.3.4. Ölçülen ve hesaplanan verilerin eşitlenmesi

Uluslararası Ölçüm, Doğrulama ve Enerji İhtiyacı Standartları ve Protokolleri kapsamında (ASHRAE 2002-2005, CRES 2000, IPMVP 2001 ve M&V 2008) gerçekçi modelin doğruluğu; 8760 saatlik ölçüm yapılan iç sıcaklık ve enerji tüketimlerinin saatlik ve/veya aylık karşılaştırılmasıyla sağlanır. Bu karşılaştırmada belirtme katsayısı (Coefficient of Determination), belirsizlik katsayısı (Coefficient of Variation / RMSE) ve ortalama hata (MBE) kullanılır [26, 27].

Belirtme katsayısı (R) [%];

$$R^2 = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_{pred,i} - y_{data,i})^2}{\sum_{i=1}^n (y_{data,i} - \bar{y}_{data})^2}\right) \times 100 \quad (4-1)$$

Belirsizlik katsayısı ise (CV / RMSE) [%];

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{pred,i} - y_{data,i})^2}{n-p}}}{\bar{y}_{data}} \quad (4-2)$$

Ortalama hata ise (MBE) [%];

$$MBE = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{pred,i} - y_{data,i})}{n-p}}{\bar{y}_{data,i}} \times 100 \quad (4-3)$$

Burada;

$y_{pred,i}, \dots$; Hesaplanan verinin ölçülen veriye karşılık geldiği değer,

$y_{data,i}, \dots$; Ölçülen verinin hesaplanan veriye karşılık geldiği değer,

$y_{data}, \dots$; Ölçülen verilerin ortalama değeri,

$n, \dots$; Değerlendirmeye alınan veri sayısı,

$p, \dots$; Model içinde kullanılan regresyon sayısıdır [26, 27].

Gerçekçi model elde edilmesinde, simülasyon veri sonuçlarının kabul edilebilir sınır değerleri Çizelge 3.13’de yer almaktadır.

Çizelge 3.13. *Uluslararası Ölçüm, Doğrulama ve Enerji İhtiyacı Standartları ve Protokollerinin ‘enerji tüketim doğrulaması’ sınır değerleri*

	ASHRAE (2002)		IPMVP (2001)		M&V (2008)	
	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE
Saatlik	±10%	30%	-	10-20%	±10%	30%
Aylık	±5%	15%	±20%	-	±5%	15%

Kaynak: [23, 26, 27]

3.2.3.4.1. Ölçülen ve hesaplanan iç ortam sıcaklık verilerinin eşitlenmesi

Enerji tüketim doğrulaması için bağlı kalınan protokollerde ve alanyazında incelenen çalışmalarda, bağıl nem verileri eşitlenmediği için bu çalışmada bağıl nem verileri eşitlenmemiştir.

IPMVP ve M&V protokolleri kapsamında, tüm binayı temsil ettiği kabul edilen 6 ofisin, ölçülen ve hesaplanan iç sıcaklık verilerinin eşitlenmesine ait; belirtme katsayısı, belirsizlik katsayısı ve ortalama hata değerleri Çizelge 3.14’de yer almaktadır.

Ara ofisler aynı tipolojide olduğu için ortada yer alan (zemin kattaki Z04 ve I. kattaki I05) ofislerin ölçüm yapılmayan diğer ara ofisleri temsil ettiği kabul edilmiştir. Ölçüm yapılan zemin ve I. kattaki uç (Z01, Z10, I01 ve I10) ve orta (Z04 ve I05) ofislerin (bir yıllık ölçümlerinde) aylara ait saatlik; ölçülen ve hesaplanan, iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri EK-1’de yer almaktadır.

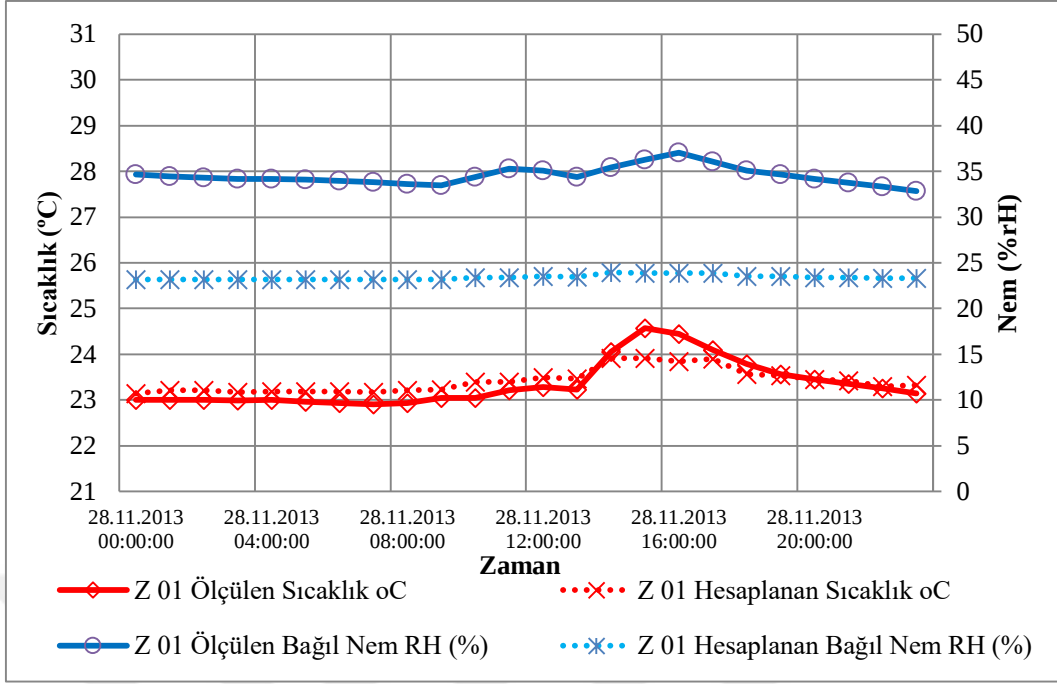
Çizelge 3.14. Örnek binayı temsil ettiği kabul edilen ofislerin; ölçülen ve hesaplanan iç ortam sıcaklık sınır değerleri (8760 saatlik)

Ofis ismi	Belirtme Katsayısı (R) (%)	Belirsizlik Katsayısı (RMSE (CV)) (%)	Ortalama Hata (MBE) (%)
KD Z 01	0.89	16.78	0.62
KD Z 04	0.91	16.60	0.53
KD Z 10	0.94	15.43	0.21
KD I 01	0.96	16.19	1.09
KD I 05	0.95	15.20	0.37
KD I 09	0.94	15.48	0.33

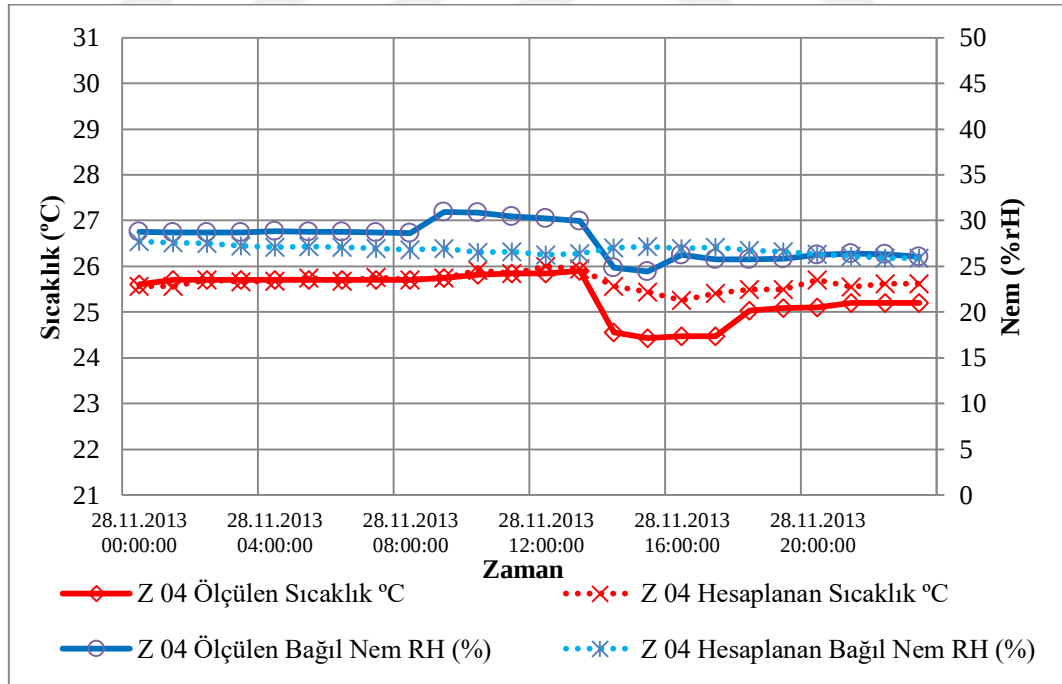
Ölçüm yapılan ofislerin (ısıtma ve soğutma dönemlerindeki günlük ortalama sıcaklık verilerini temsil eden) 28 Kasım ve 22 Ağustos günlerine ait 24 saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri Şekil 3.27-3.38’de gösterilmektedir. Buna göre;

- 28 Kasımda iç sıcaklık grafikleri 24 saatlik değerlendirmede;
 - Z01 ofisinde 0.1-0.6 °C,
 - Z04 ofisinde 0-1 °C,
 - Z10 ofisinde 0-0.4 °C,
 - I01 ofisinde 0-0.8 °C,
 - I05 ofisinde 0-0.5 °C,
 - I09 ofisinde 0-0.2 °C (Şekil 3.27-32),
- 22 Ağustosta iç sıcaklık grafikleri 24 saatlik değerlendirmede;
 - Z01 ofisinde 0-1.4 °C,
 - Z04 ofisinde 0-1.1 °C,
 - Z10 ofisinde 0.4-1.4 °C,
 - I01 ofisinde 0.2-1 °C,
 - I05 ofisinde 0-0.9 °C,
 - I09 ofisinde 0-1.3 °C (Şekil 3.33-38),

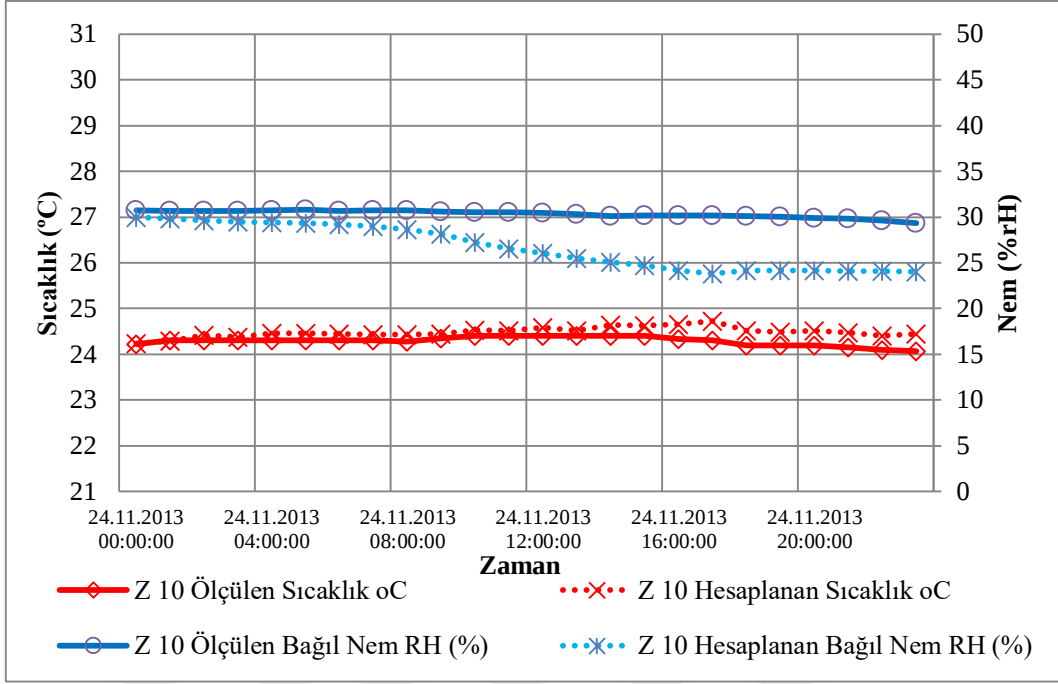
sapma görülmüştür. Söz konusu sapmalar IPMVP ve M&V’de; RMSE ve MBE için belirlenen sınırlar içinde kalmaktadır.



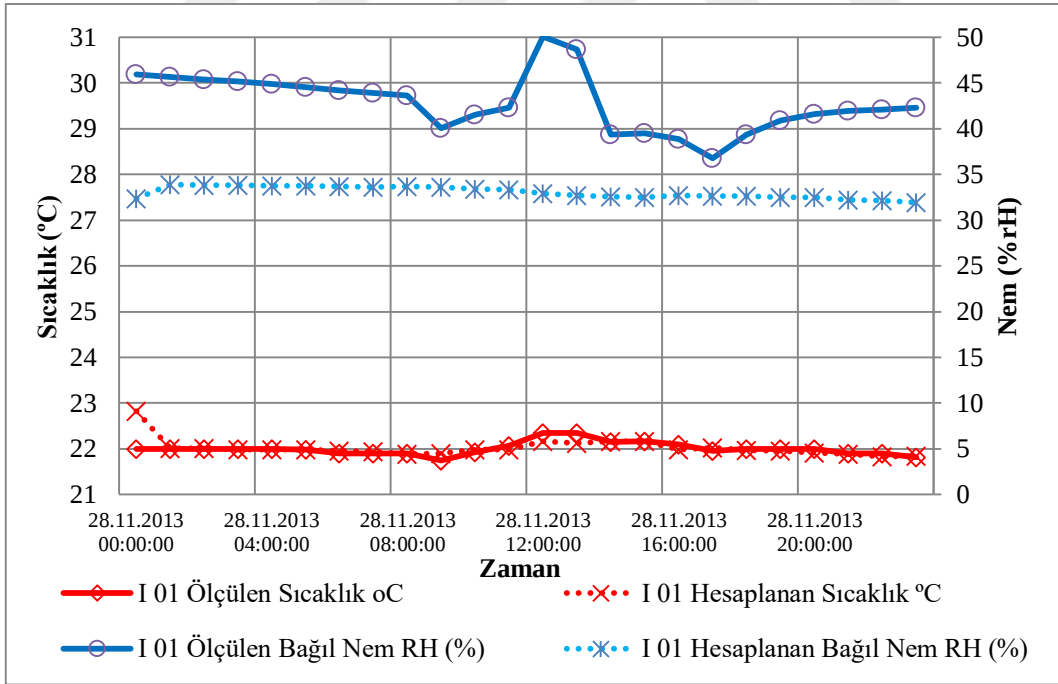
Şekil 3.27. Z01 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



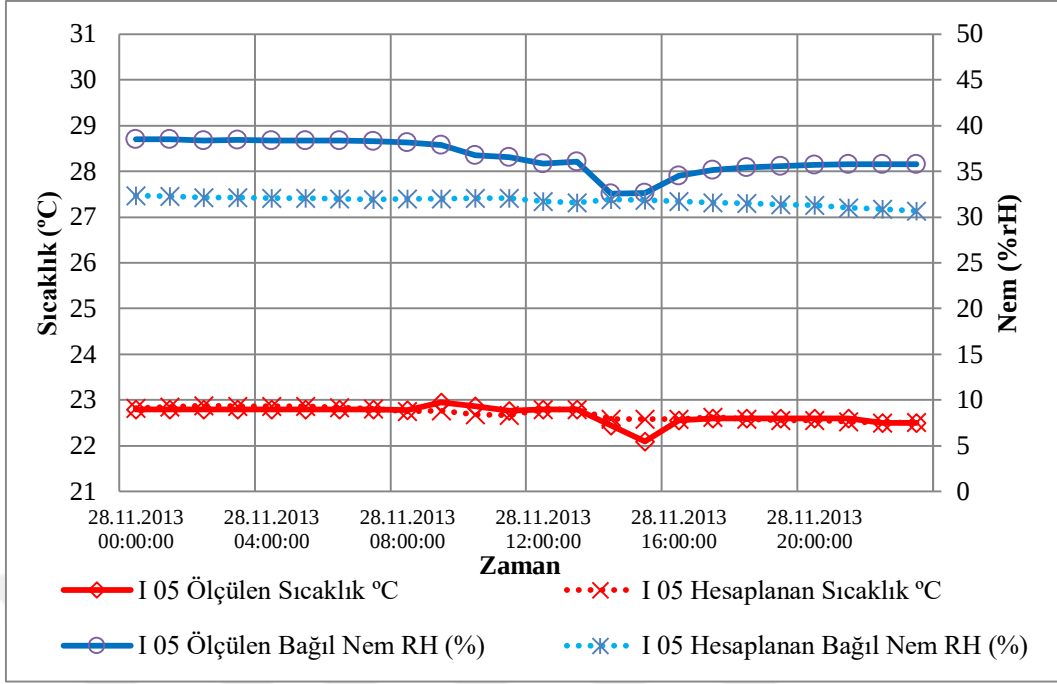
Şekil 3.28. Z04 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



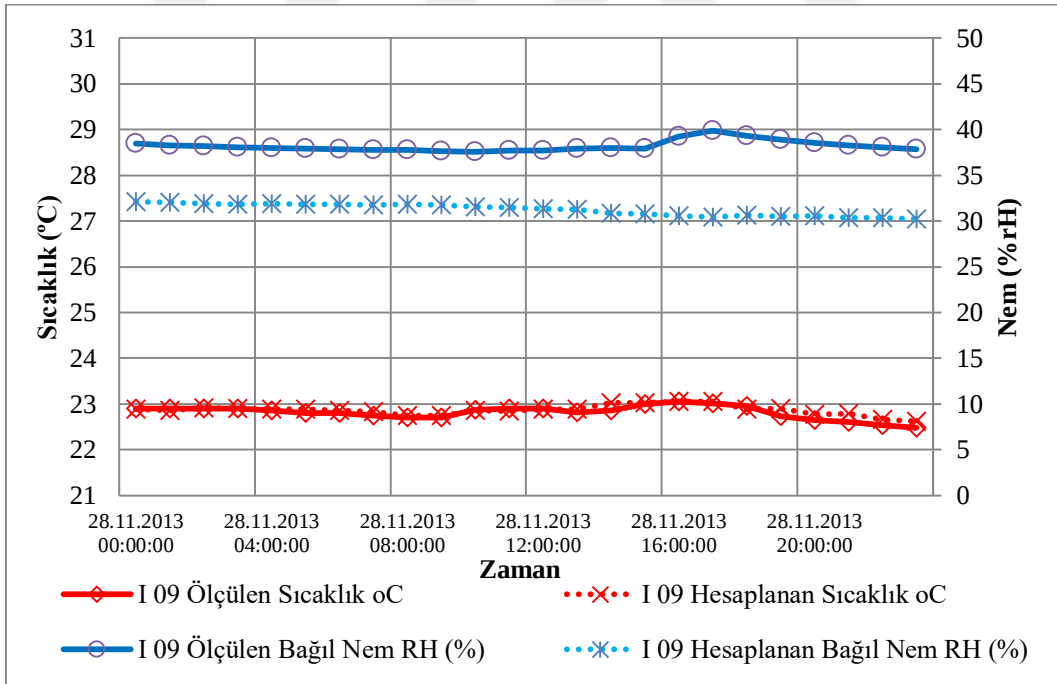
Şekil 3.29. Z10 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



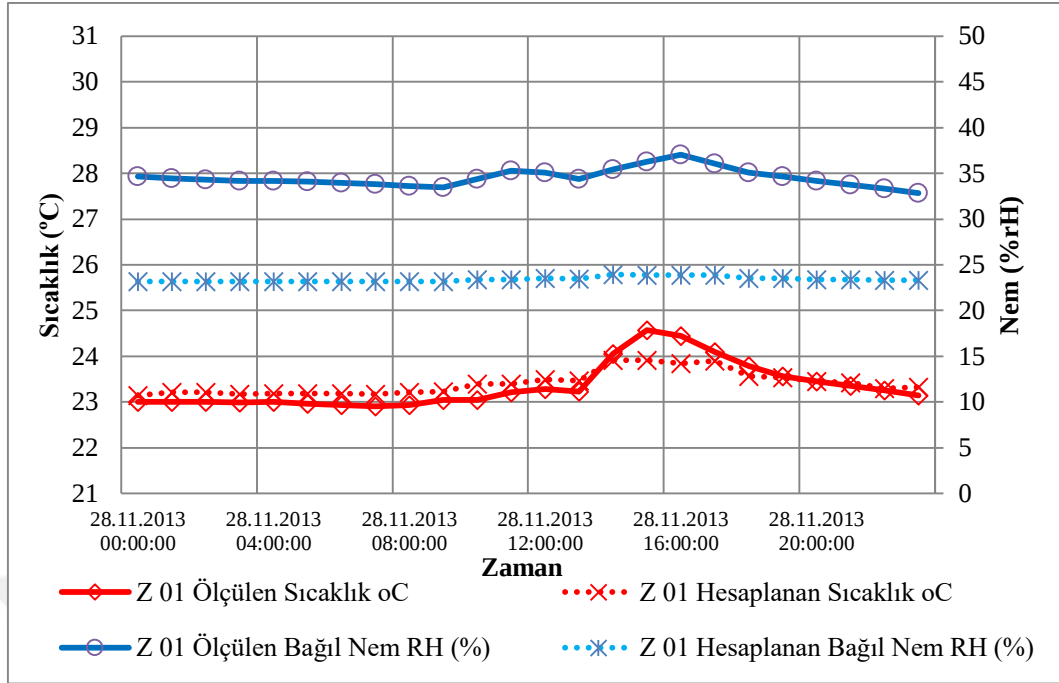
Şekil 3.30. I01 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



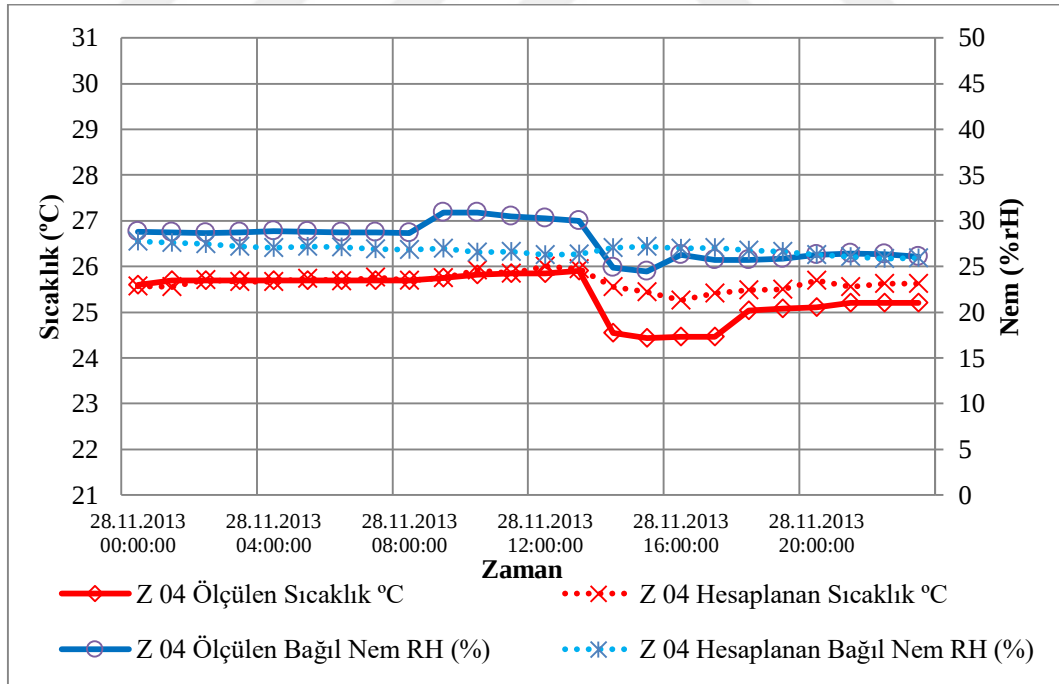
Şekil 3.31. I 05 ofisinin ısıtma döneminde (28 Kasım) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



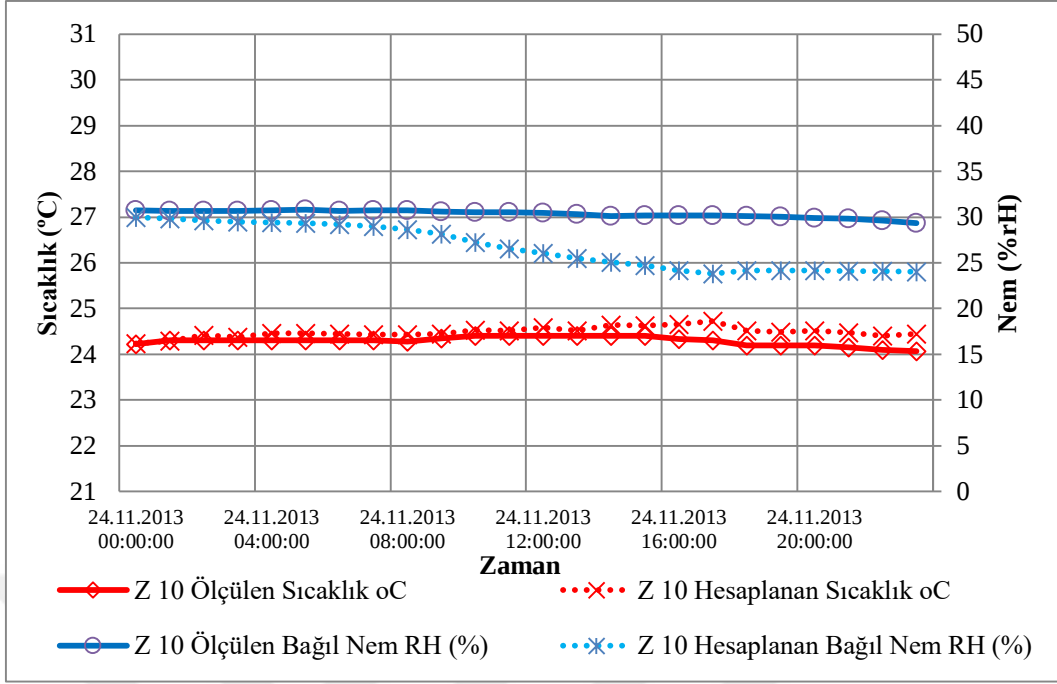
Şekil 3.32. I 09 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



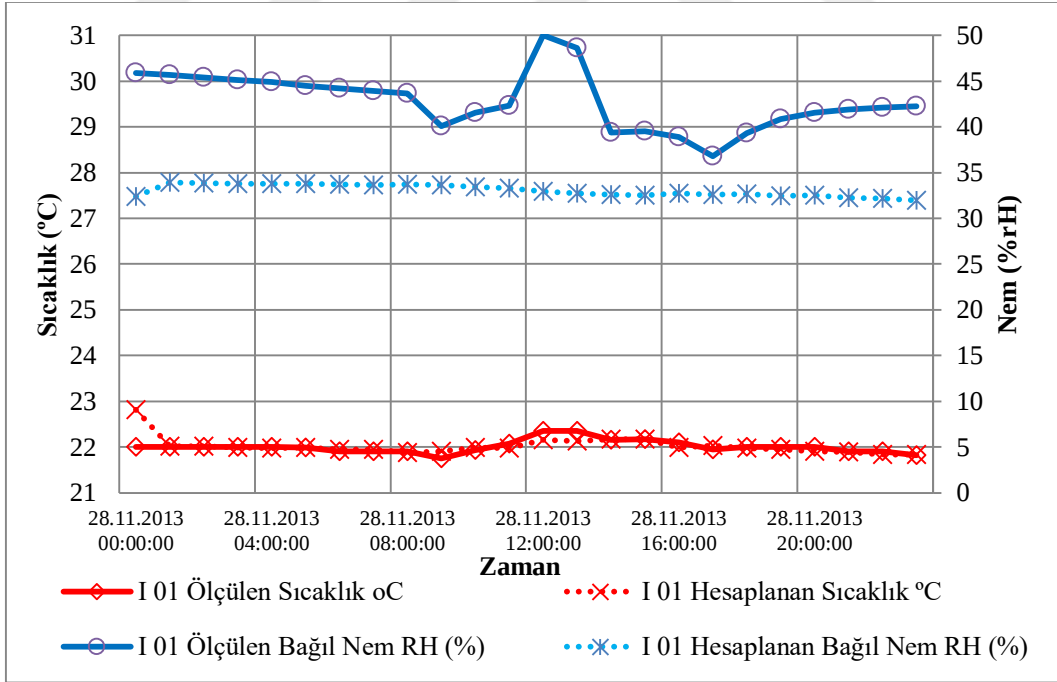
Şekil 3.33. Z01 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



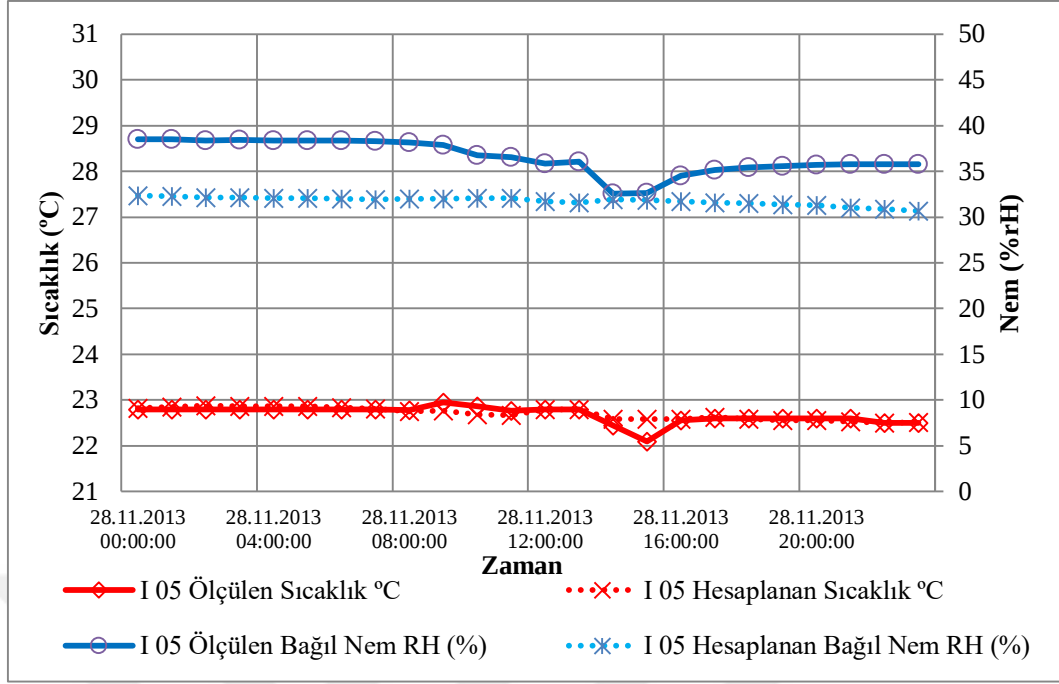
Şekil 3.34. Z04 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



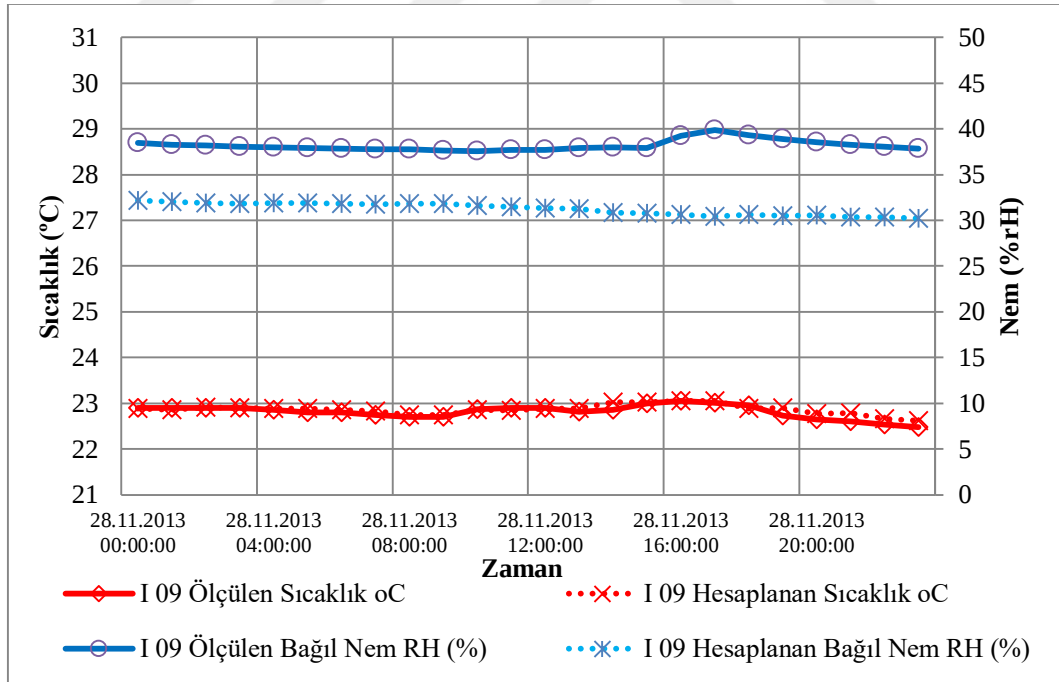
Şekil 3.35. Z10 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 3.36. I01 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 3.37. I05 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 3.38. I09 ofisinin soğutma döneminde (22 Ağustos) saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri

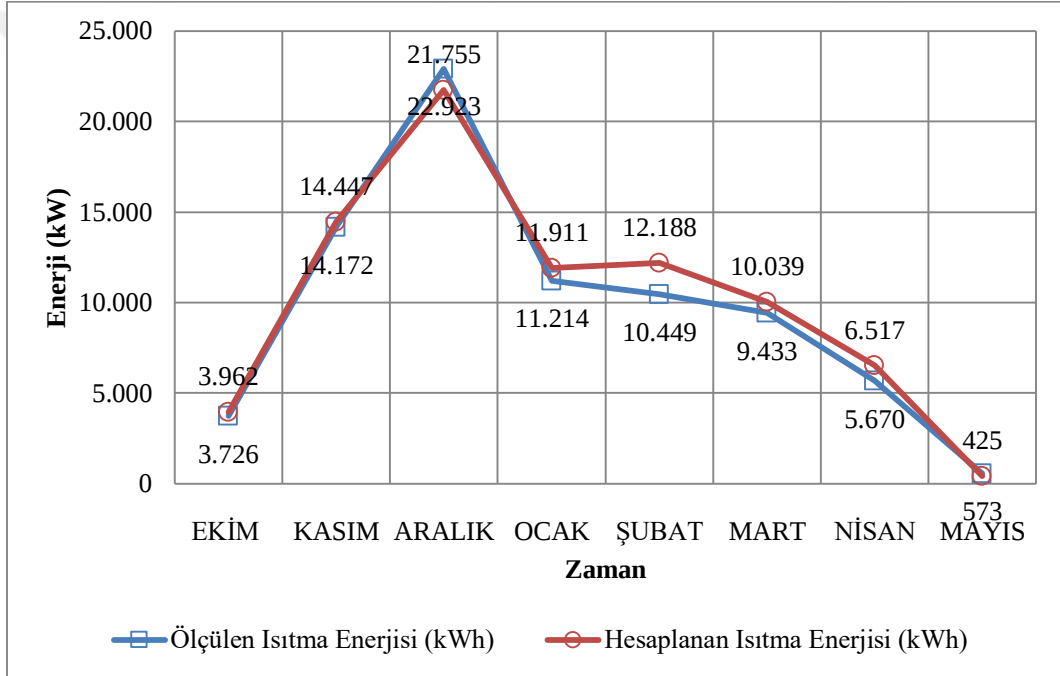
3.2.3.4.2. Ölçülen ve hesaplanan ısıtma enerjisi tüketim verilerinin eşitlenmesi

Örnek bina ofislerine ait bloğun ısıtma enerji tüketim verilerinin ısıtma dönemindeki aylık değerleri 148-1.739 kW/ay sapma ile Şekil 3.39’da görülmektedir.

Örnek binanın toplam ısıtma enerjisine ait;

- Belirtme katsayısı (aylık R) (%) 0.854 ve
- Belirsizlik katsayısı (saatlik RMSE) (%) 19.60

olarak hesaplanmıştır. IPMVP ve M&V’de; RMSE ve MBE için sınır şartları sağlayan bu değerler ile örnek binanın iç ortam sıcaklıkları ve ısıtma enerji tüketimi doğrulaması da sağlanarak “gerçekçi model” elde edilmiştir.



Şekil 3.39. Örnek binanın hesaplanan ve ölçülen aylık ısıtma enerjileri (kW/yıl)

3.3. Optimum Enerji Tüketimini Sağlayan Alternatiflerin Belirlenmesi İçin Alternatif Senaryoların Uygulanması

Sadece yön, opaklık saydamlık oranları ve cam türleri alternatiflerinin ısıtma-soğutma enerji tüketimine etkisini belirleyebilmek için gerçekçi modelde;

- Bina kütlesiyle ilgili olarak
 - Hacim,
 - Taban alanı ve
- Yapı kabuğu ile ilgili olarak taşıyıcı sistem

ile ilgili değişiklik **yapılmamıştır**. Gerçekçi modelde; alternatif yön, opaklık saydamlık oranı ve cam türlerinin enerji tüketimine etkisini değerlendirmek amacıyla sırasıyla;

- Alternatif senaryoların soğutma enerji tüketimine etkisini belirleyebilmek amacıyla; örnek binanın tamamı için bir adet “chiller” soğutma sistemi ile her ofise birer adet fan-coil ünitesi tanımlanmış ve
- Bu modelde pencere alanları düzenlenerek opaklık saydamlık oranları; %10-%80 aralığında olacak şekilde ‘**8 farklı baz/temel model**’ elde edilmiştir.

Elde edilen 8 baz/temel modele;

A. Bundan sonraki alternatif tanımlamaların enerji performansına etkisini karşılaştırmada kullanılacak olan ‘referans ısıtma-soğutma enerji tüketimleri’ni hesaplamak için dört ana ve dört ara (toplamda 8) farklı yön tanımlamasıyla 64 adet alternatif model elde edilmiş ve

B. 5 adet alternatif cam türüne ait;

- Güneş enerjisi geçirgenlik (SHGC),
- Gün ışığı geçirgenlik (LT) ve
- Isı geçirgenlik (U) katsayılarının

tanımlamaları yapılarak 8 farklı yöne çevrilmesiyle elde edilen 320 farklı modelin ‘alternatif ısıtma, soğutma ve toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri’ hesaplanmıştır.

Elde edilen ‘referans enerji tüketimleri’ ve her cam türüne ait ‘alternatif ısıtma-soğutma enerji tüketimleri’ hesapları karşılaştırılarak; yönlere ve opaklık saydamlık oranlarına göre optimum enerji tüketimini sağlayan cam türleri ve bu cam türlerine ait geri ödeme süreleri belirlenmiştir.

3.3.1. Gerçekçi modele uygulanan alternatif yön ve opaklık saydamlık oranlarına göre ısıtma-soğutma enerji tüketimlerinin hesaplanması

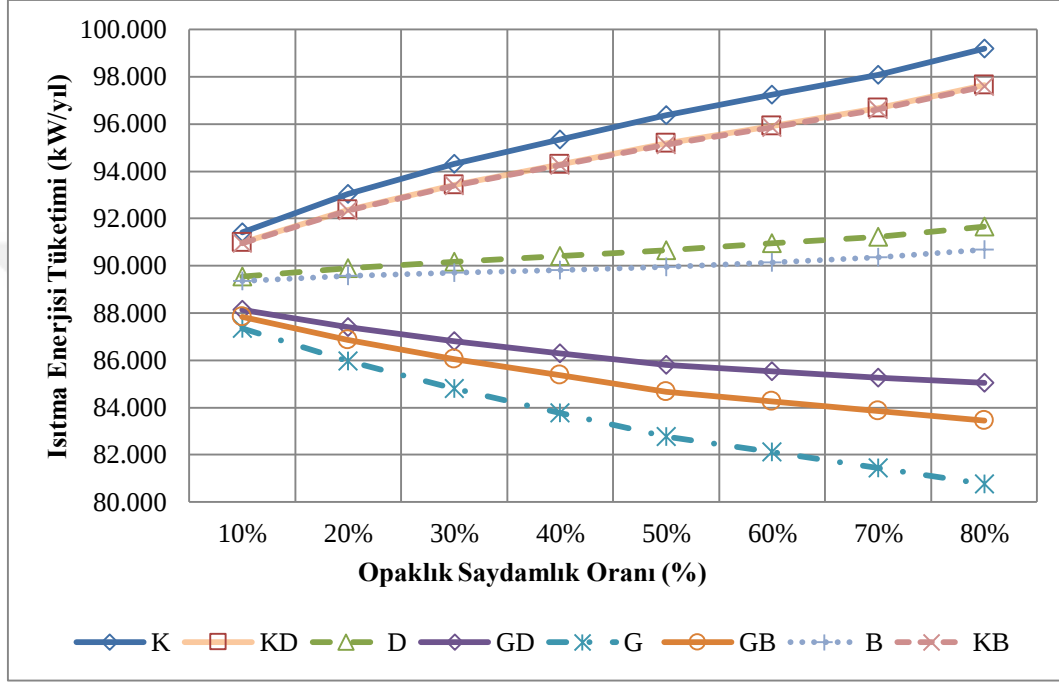
Gerçekçi modele sırasıyla uygulanan A senaryosuyla elde edilen referans ısıtma-soğutma enerji tüketimleri aşağıda yer almaktadır.

Referans ısıtma enerjisi hesaplamalarının (yıllık);

- Yönlere göre opaklık saydamlık oranları;
 - %10 olduğunda 87.348-91.409 kWh/yıl,
 - %20 olduğunda 85.962-93.045 kWh/yıl,
 - %30 olduğunda 84.798-94.308 kWh/yıl,
 - %40 olduğunda 83.784-95.340 kWh/yıl,

- %50 olduğunda 82.771-96.373 kWh/yıl,
- %60 olduğunda 82.107-97.233 kWh/yıl,
- %70 olduğunda 81.443-98.093 kWh/yıl ve
- %80 olduğunda 80.755-99.202 kWh/yıl

hesaplandığı Şekil 3.40'da görülmektedir.

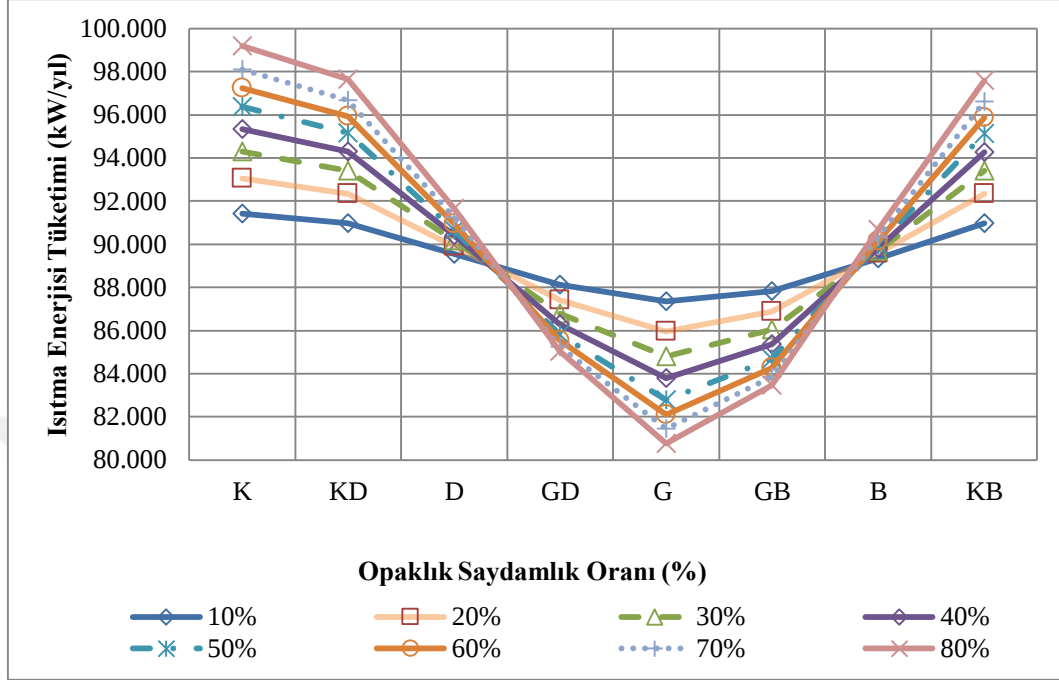


Şekil 3.40. Örnek binanın alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif yönlerin yıllık ısıtma enerji tüketimi (kW/yıl)

- Opaklık saydamlık oranlarına göre yön;
 - Kuzey olduğunda 91.409-99.202 kWh/yıl,
 - Kuzeydoğu olduğunda 90.978-97.650 kWh/yıl,
 - Kuzeybatı olduğunda 90.961-97.593 kWh/yıl,
 - Doğu olduğunda 89.536-91.662 kWh/yıl,
 - Batı olduğunda 89.354-90.692 kWh/yıl,
 - Güney olduğunda 80.755-87.348 kWh/yıl,
 - Güneydoğu olduğunda 85.045-88.139 kWh/yıl ve
 - Güneybatı olduğunda 83.453-87.827 kWh/yıl

hesaplandığı Şekil 3.41'de görülmektedir. Yıllık ısıtma enerjisi hesaplamalarına göre Kuzeydoğu-kuzeybatı (90.978-97.650 kWh/yıl ile 90.961-97.593 kWh/yıl), ve doğu-batı

(89.536-91.662 kWh/yıl ile 89.354-90.692 kWh/yıl) yönlerine ait ısıtma enerji tüketimlerinin birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

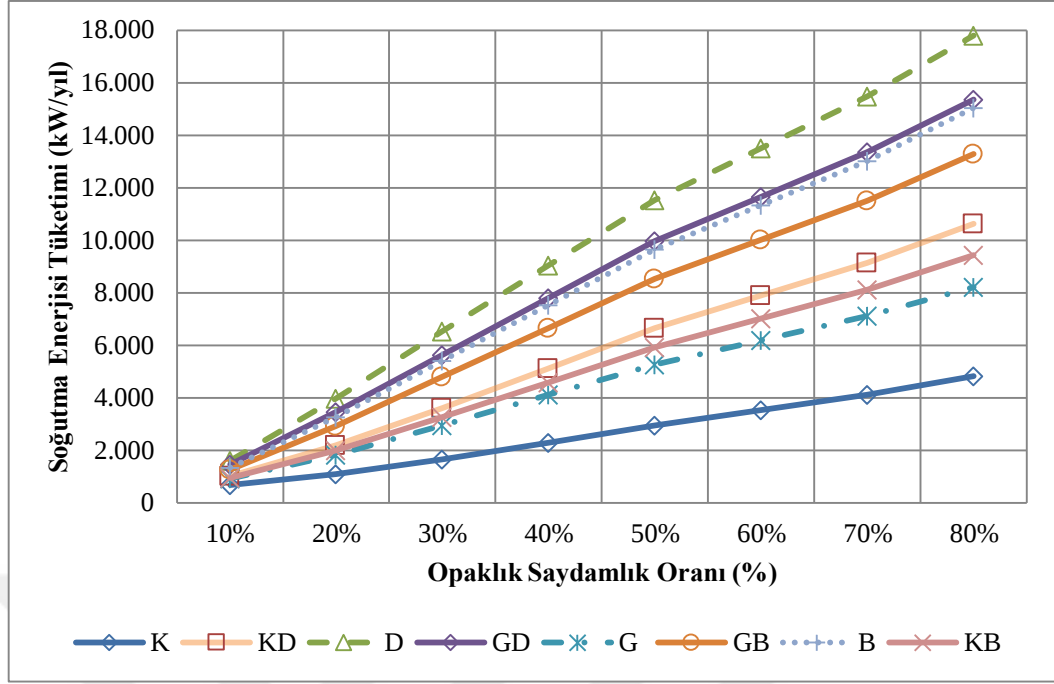


Şekil 3.41. Örnek binanın alternatif yönlere göre alternatif opaklık saydamlık oranlarının göre yıllık ısıtma enerji tüketimi (kW/yıl)

Referans soğutma enerjisi hesaplamalarının (yıllık);

- Yönler göre opaklık saydamlık oranları;
 - %10 olduğunda 667-1.596 kWh/yıl,
 - %20 olduğunda 1.092-3.958 kWh/yıl,
 - %30 olduğunda 1.642-6.534 kWh/yıl,
 - %40 olduğunda 2.298-9.037 kWh/yıl,
 - %50 olduğunda 2.954-11.540 kWh/yıl,
 - %60 olduğunda 3.532-13.505 kWh/yıl,
 - %70 olduğunda 4.110-15.470 kWh/yıl ve
 - %80 olduğunda 4.816-17.805 kWh/yıl

hesaplandığı Şekil 3.42’de görülmektedir.



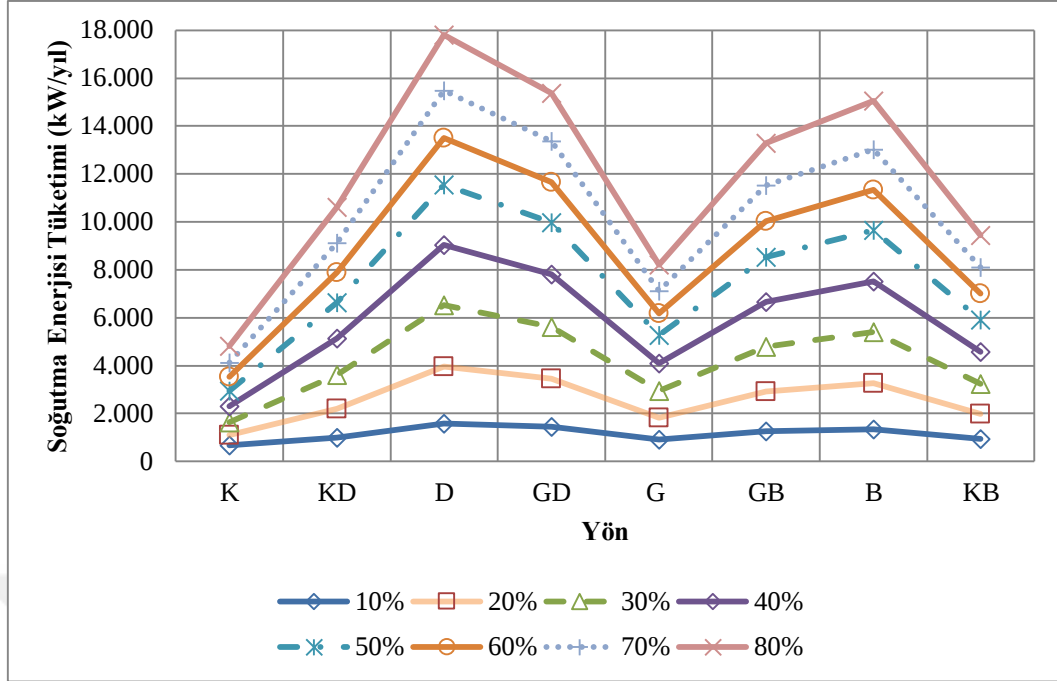
Şekil 3.42. Örnek binanın alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif yönlerin yıllık soğutma enerji tüketimi (kW/yıl)

- Opaklık saydamlık oranlarına göre yönleri;
 - Kuzey olduğunda 667-4.816 kWh/yıl,
 - Kuzeydoğu olduğunda 1.007-10.620 kWh/yıl,
 - Kuzeybatı olduğunda 942-9.432 kWh/yıl,
 - Doğu olduğunda 1.596-17.805 kWh/yıl,
 - Batı olduğunda 1.344-15.041 kWh/yıl,
 - Güney olduğunda 920-8.217 kWh/yıl,
 - Güneydoğu olduğunda 1.449-15.361 kWh/yıl ve
 - Güneybatı olduğunda 1.266-13.278 kWh/yıl

hesaplandığı Şekil 3.43’de görülmektedir. Yıllık soğutma enerjisi hesaplamalarına göre;

- Güneydoğu-batı (1.449-15.361 kWh/yıl ile 1.344-15.041 kWh/yıl) yönlerine ait ısıtma enerji tüketimlerinin birbirine yakın değerlerde ve
- Her alternatif yönde opaklık saydamlık oranı %10 dan % 80’e arttıkça doğru orantılı olarak soğutma enerji tüketiminde artış

olduğu görülmektedir.



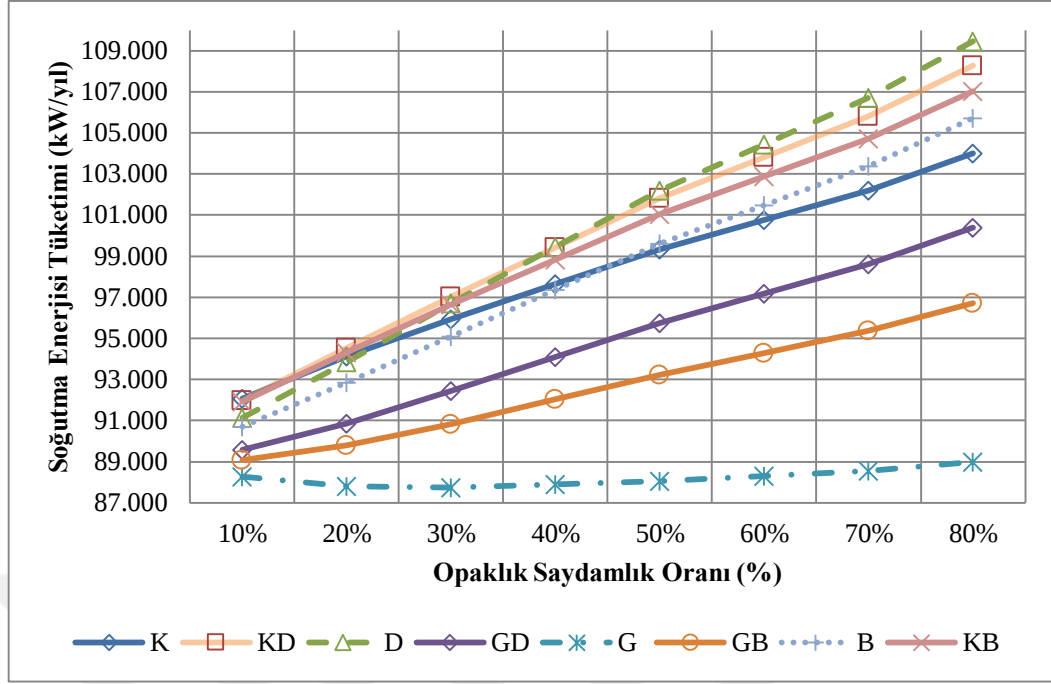
Şekil 3.43. Örnek binanın alternatif yönlere göre alternatif opaklık saydamlık oranlarının yıllık soğutma enerji tüketimi (kW/yıl)

Referans toplam ısıtma-soğutma enerjisi hesaplamalarının (yıllık);

○ Yönlere göre opaklık saydamlık oranları;

- %10 olduğunda 88.267-92.076 kWh/yıl,
- %20 olduğunda 87.786-94.537 kWh/yıl,
- %30 olduğunda 87.747-97.013 kWh/yıl,
- %40 olduğunda 87.892-99.455 kWh/yıl,
- %50 olduğunda 88.036-102.203 kWh/yıl,
- %60 olduğunda 88.298-104.455 kWh/yıl,
- %70 olduğunda 88.561-106.707 kWh/yıl ve
- %80 olduğunda 88.972-109.466 kWh/yıl

hesaplandığı Şekil 3.44’de görülmektedir.

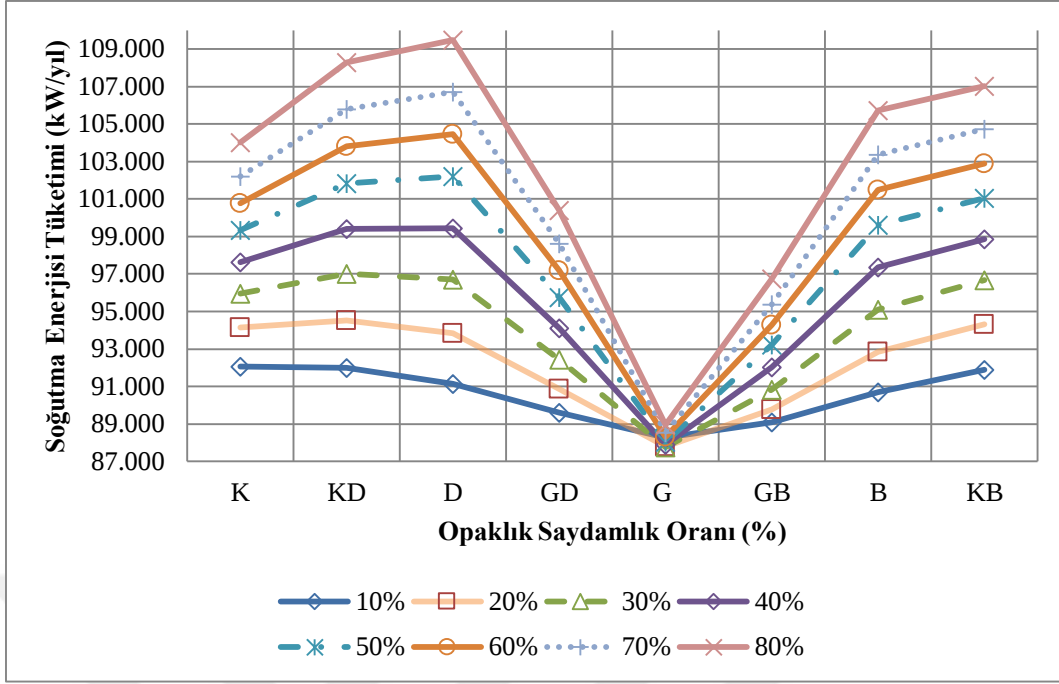


Şekil 3.44. Örnek binanın alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif yönlerin yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi (kW/yıl)

- Opaklık saydamlık oranlarına göre yönleri;
 - Kuzey olduğunda 92.076-104.018 kWh/yıl,
 - Kuzeydoğu olduğunda 91.985-108.270 kWh/yıl,
 - Kuzeybatı olduğunda 91.904-107.026 kWh/yıl,
 - Doğu olduğunda 91.132-109.466 kWh/yıl,
 - Batı olduğunda 90.698-105.733 kWh/yıl,
 - Güney olduğunda 87.747-88.972 kWh/yıl,
 - Güneydoğu olduğunda 89.589-100.407 kWh/yıl ve
 - Güneybatı olduğunda 89.094-96.730 kWh/yıl

hesaplandığı Şekil 3.45’de görülmektedir. Yıllık toplam ısıtma-soğutma enerjisi hesaplamalarına göre opaklık saydamlık oranı %10 dan %80’e yükseldikçe toplam enerji tüketimi;

- Kuzey yönünde diğer yönlere göre azalarak arttığı,
 - Doğu yönünde 109.466 kW/yıl ile en yüksek değere çıktığı ve
 - Güney yönünde 1.225 kW/yıl artışla çok az yükseldiği
- belirlenmiştir.



Şekil 3.45. Örnek binanın alternatif yönlere göre alternatif opaklık saydamlık oranlarının yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi (kW/yıl)

3.3.2. Alternatif yön ve opaklık saydamlık oranlarına uygulanan alternatif cam türlerinin ısıtma-soğutma enerji tüketim değerlerinin hesaplanması

Alternatif cam türlerinin ısıtma-soğutma enerji tüketimine etkisini belirleyebilmek için 8 farklı baz/temel modele;

- Güneş enerjisi geçirgenliği veya güneş ışıınımı kazanç katsayısı (SHGC) ve gün ışığı geçirgenliği (ST) EN 410 standartlarına ve
- Isı geçirgenlik katsayısı değerleri ise EN 673 ve EN 12898 standartlarına,

uygun olarak üretici firma laboratuvar ortamlarında ölçülmüş spektral veriler [43] tanımlanmıştır (Çizelge 3.15). Oluşturulan 320 yeni alternatif modelin (5 farklı cam türünün 64 modele tanımlanması) ısıtma, soğutma ve toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri hesaplanmıştır.

Alternatif yön ve opaklık saydamlık oranlarına uygulanan alternatif cam türlerinin; güneş enerjisi geçirgenlik katsayısı (%), gün ışığı geçirgenlik katsayısı (%) ve ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K) çizelge 3.15’de gösterilmektedir [111].

Alternatif cam türlerinde;

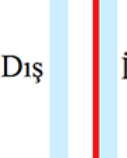
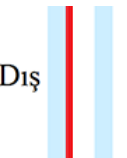
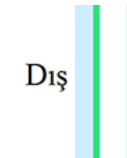
- A tipi cam; iç camında ısı kontrolü sağlayan low-e kaplamalı çift cam,
- B tipi cam; dış camında güneş kontrolü sağlayan low-e kaplamalı çift cam,

- C türü cam; dış camında güneş kontrolü, iç camında ısı kontrolü sağlayan low-e kaplamalı üçlü cam,
- D türü cam ise; hem dış hem de iç camında ısı kontrolü sağlayan low-e kaplamalı üçlü cam,
- E türü cam ise; dış camında hem güneş hem de ısı kontrolü sağlayan low-e kaplamalı çift cam ve
- Mevcut cam kaplamasız çift cam

olarak tanımlanmıştır. Yapılan bu tanımlamalardan sonra her cam türüne ait ‘alternatif ısıtma-soğutma enerji tüketimleri’ hesaplanmıştır.



Çizelge 3.15. Modelde kullanılan cam türlerinin özellikleri

Cam Tipi	Kalınlık	Malzeme	Cam Özelliği	Güneş Enerjisi Geçirgenlik Katsayısı (%)	Gün Işığı Geçirgenlik Katsayısı (%)	Isı Geçirgenlik Katsayısı (W/m ² K)	
A	4mm	Dış Cam	Düz cam	60	78	1,3	
	12mm	Ara Boşluk	Argon				
	4mm	İç cam	Low-e kaplama (ısı kontrollü)				
B	4mm	Dış Cam	Low-e kaplama (güneş kontrollü)	43	71	1,3	
	12mm	Ara Boşluk	Argon				
	4mm	İç cam	Düz Cam				
C	4mm	Dış Cam	Low-e kaplama (güneş kontrollü)	32	63	0,7	
	12mm	Ara Boşluk	Argon				
	4mm	İç cam	Düz cam				
	12mm	Ara Boşluk	Argon				
	4mm	İç cam	Low-e kaplama (ısı kontrollü)				
D	4mm	Dış Cam	Low-e kaplama (ısı kontrollü)	48	69	0,7	
	12mm	Ara Boşluk	Argon				
	4mm	İç cam	Düz cam				
	12mm	Ara Boşluk	Argon				
	4mm	İç cam	Low-e (ısı kontrollü)				
E	4mm	Dış Cam	Low-e kaplama (güneş ve ısı kontrollü)	33	49	1,1	
	12mm	Ara Boşluk	Argon				
	4mm	İç cam	Düz Cam				
M (Mevcut Cam)	4mm	Dış Cam	Düz cam	68	80	2,9	
	12mm	Ara Boşluk	Argon				
	4mm	İç cam	Düz cam				

Kaynak: [111], (— Isı kontrolü sağlayan low-e kaplama, — Güneş ışıını kontrolü sağlayan low-e kaplama, — Güneş ışıını ve ısı kontrolü sağlayan low-e kaplama, — Cam)

4. BULGULAR VE YORUMLAR

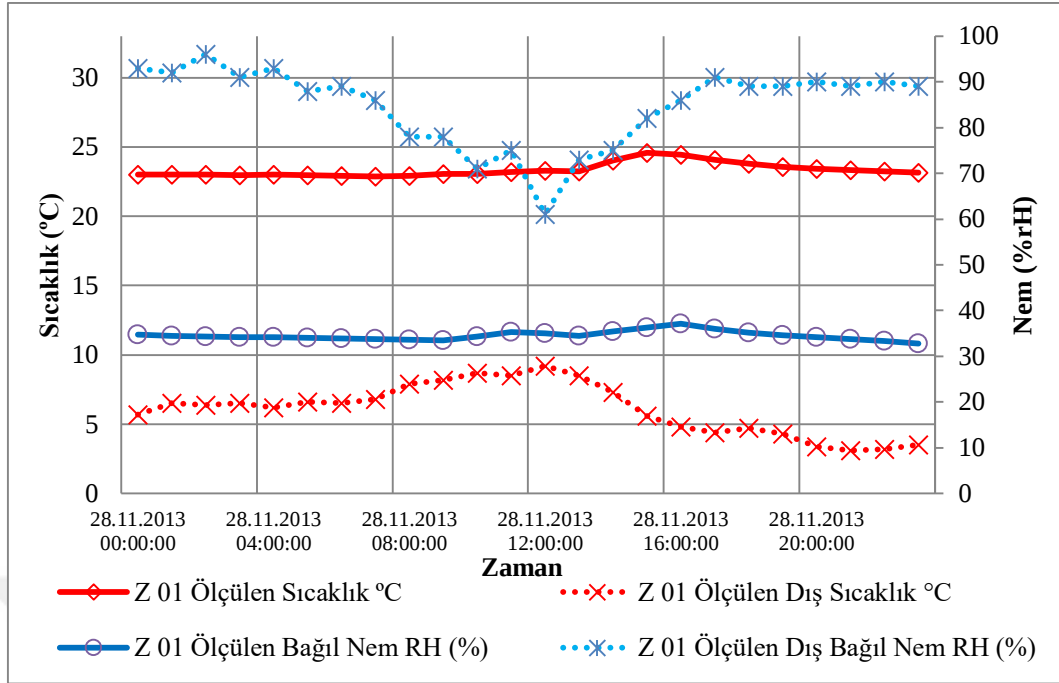
Enerji tüketim eşitlemesi esnasında **ölçülen veri** ve gerçekçi model elde edildikten sonra enerji tüketimini etkileyen; yön, opaklık saydamlık oranı ve cam türlerine ait **hesaplanan veri** değerlendirmeleri aşağıda yer almaktadır.

4.1. Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel Bloğunda Ölçülen İç Ortam Sıcaklıklarının Değerlendirmesi

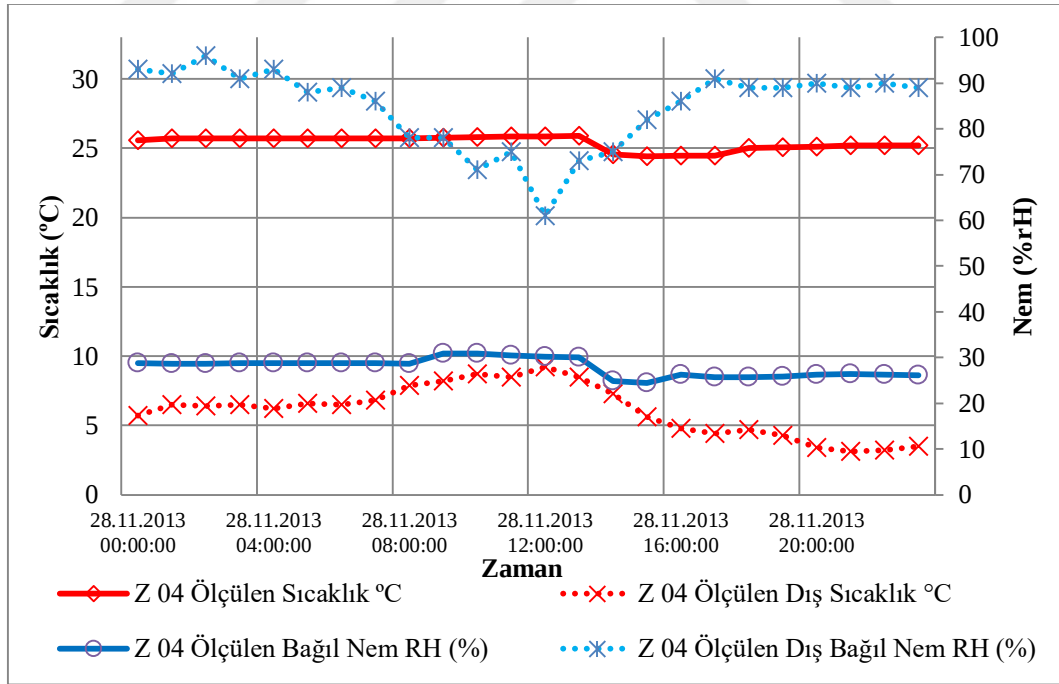
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel Bloğunun ısıtma ve soğutma dönemlerindeki ölçüm yapılan ofislerin iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri aşağıda yer almaktadır.

- Isıtma döneminde;
 - Dış ortamın;
 - Sıcaklığının 3.1-9.2 °C,
 - Bağıl nemin 61-96 RH, aralığında değiştiği,
 - Z01 ofisinin;
 - Sıcaklığının 22.9-24.6 °C,
 - Bağıl nemin 32.9-37.1 RH,
 - Z04 ofisinin;
 - Sıcaklığının 24.4-25.9 °C,
 - Bağıl nemin 24.4-30.9 RH,
 - Z10 ofisinin;
 - Sıcaklığının 24.1-24.4 °C,
 - Bağıl nemin 29.4-30.8 RH,
 - I01 ofisinin;
 - Sıcaklığının 21.8-22.4 °C,
 - Bağıl nemin 36.8-50.1 RH,
 - I05 ofisinin;
 - Sıcaklığının 22.1-23 °C,
 - Bağıl nemin 32.3-38.5 RH,
 - I09 ofisinin;
 - Sıcaklığının 22.5-23.1 °C,
 - Bağıl nemin 37.6-39.9 RH

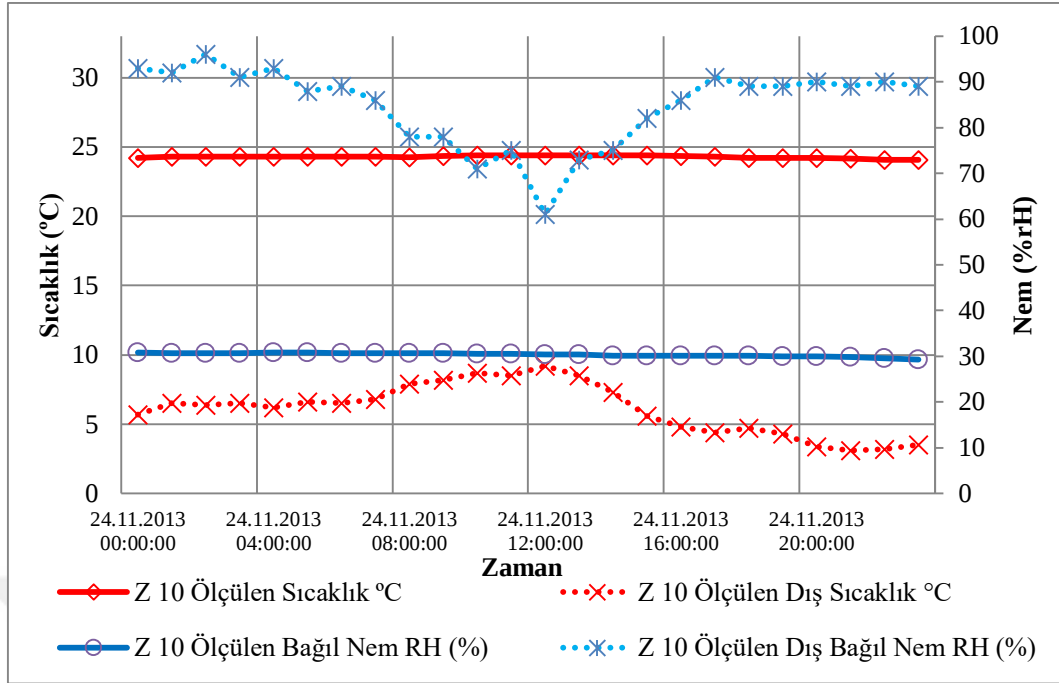
aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.1-6).



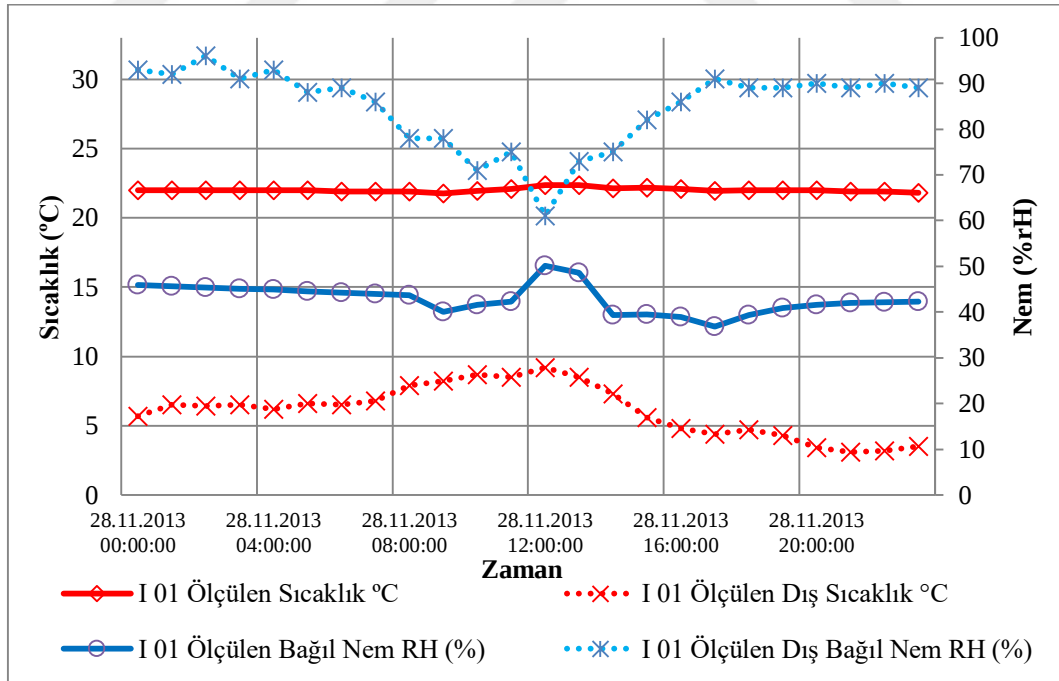
Şekil 4.1. Z01 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri



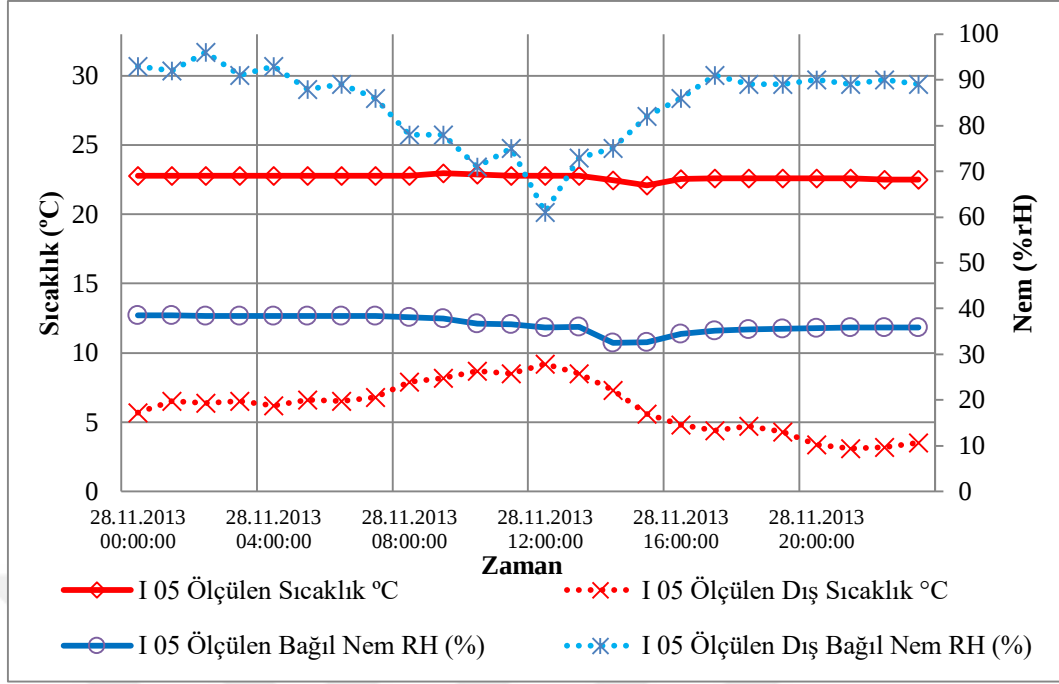
Şekil 4.2. Z04 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri



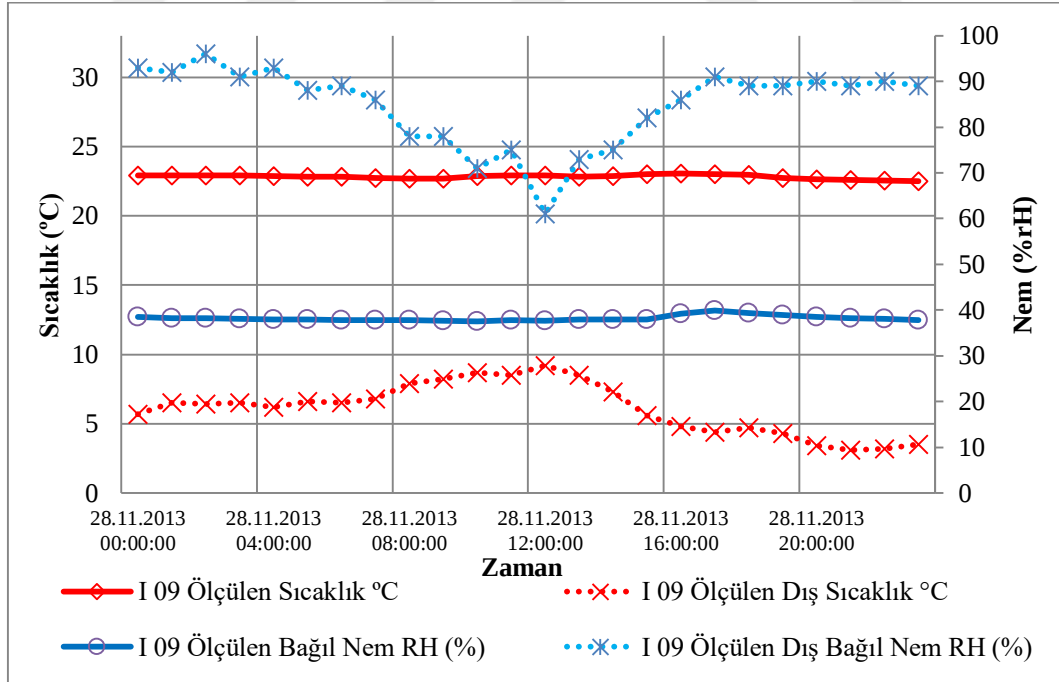
Şekil 4.3. Z10 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.4. I01 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri



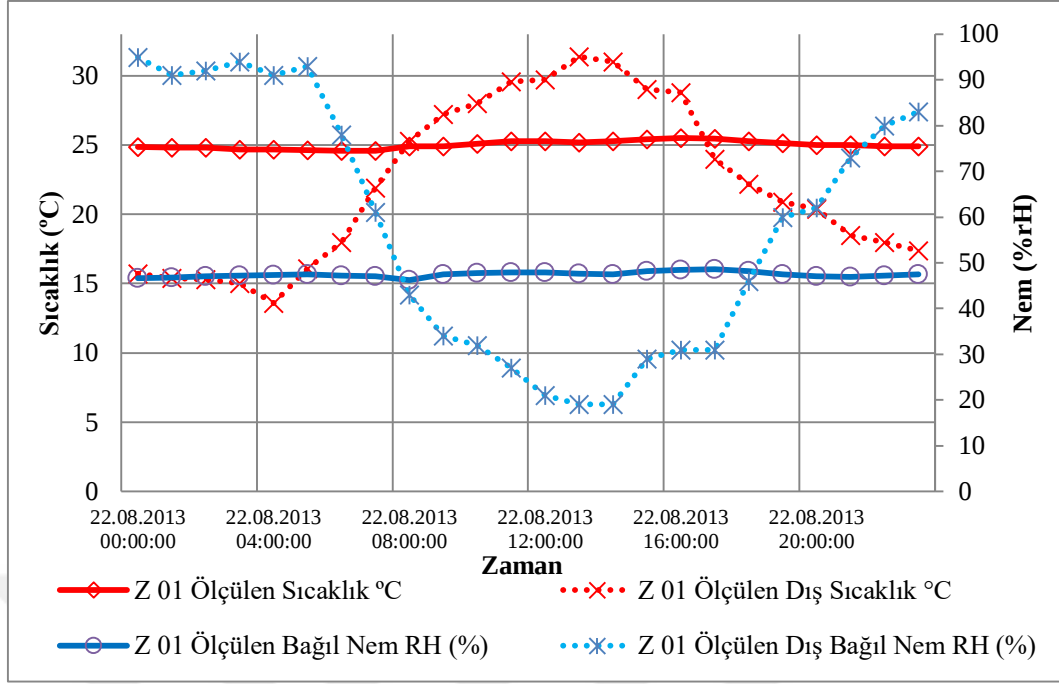
Şekil 4.5. I05 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri



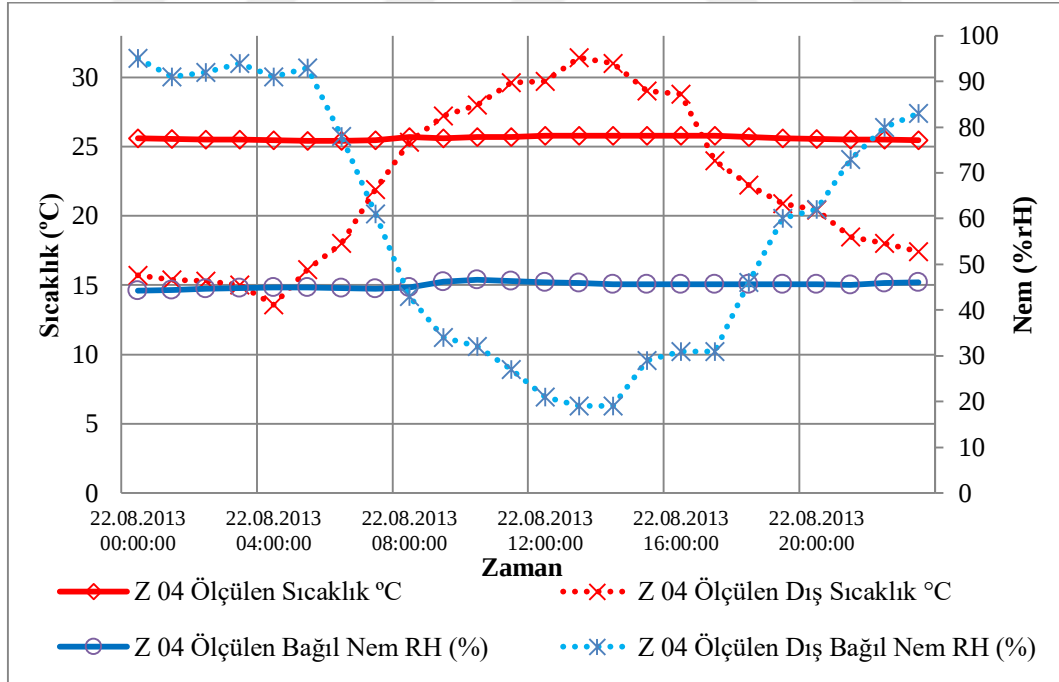
Şekil 4.6. I09 ofisinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri

- Soğutma döneminde;
 - Dış ortamın;
 - Sıcaklığının 13.6-31.4 °C,
 - Bağıl nemin 19-95 RH,
 - Z01 ofisinin;
 - Sıcaklığının 24.6-25.5 °C,
 - Bağıl nemin 46.3-48.6 RH,
 - Z04 ofisinin;
 - Sıcaklığının 25.4-25.8 °C,
 - Bağıl nemin 24.4-30.9 RH,
 - Z10 ofisinin;
 - Sıcaklığının 25.5-26.1 °C,
 - Bağıl nemin 42.6-43.6 RH,
 - I01 ofisinin;
 - Sıcaklığının 25.5-26 °C,
 - Bağıl nemin 41.3-42.2 RH,
 - I05 ofisinin;
 - Sıcaklığının 26.3-27 °C,
 - Bağıl nemin 37.5-45.3 RH,
 - I09 ofisinin;
 - Sıcaklığının 26.5-27.2 °C,
 - Bağıl nemin 31.8-40.8 RH

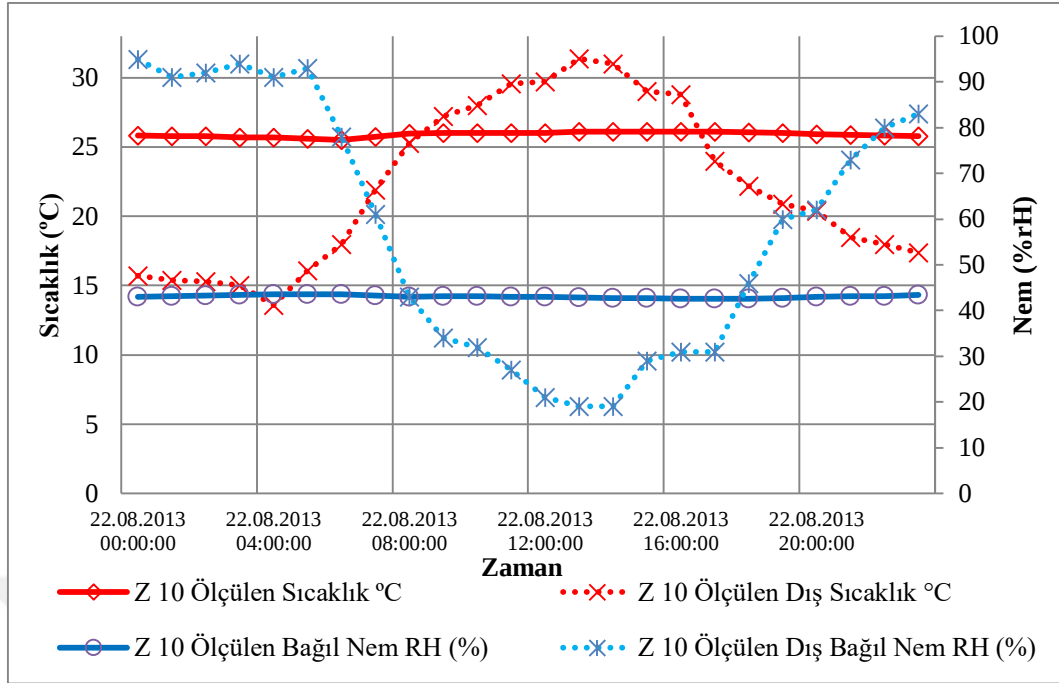
aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.7-12).



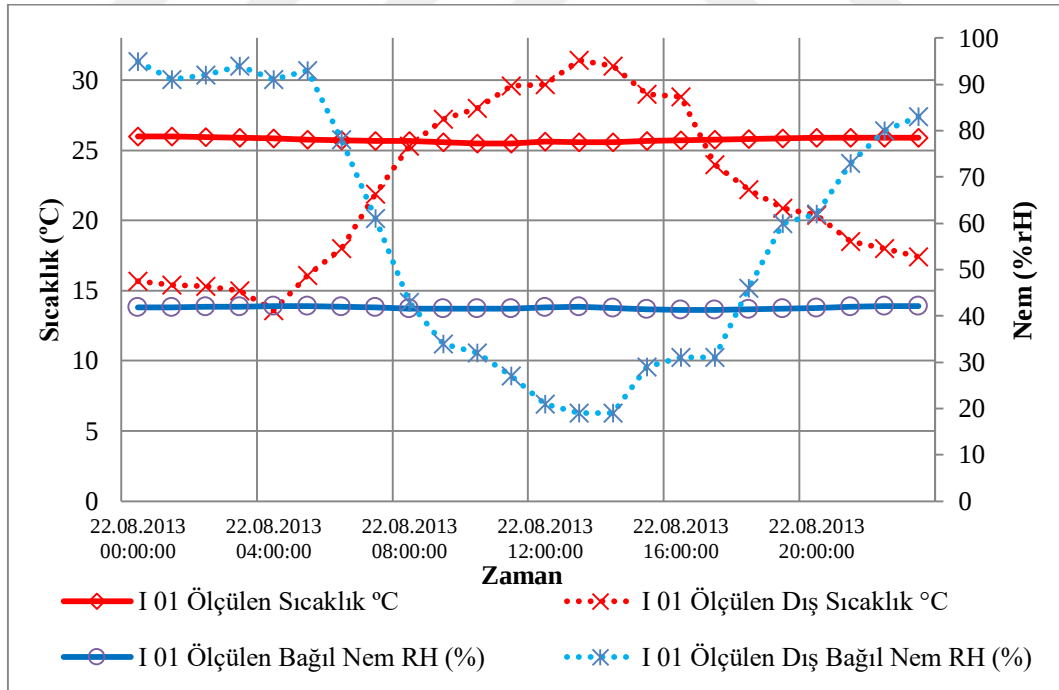
Şekil 4.7. Z01 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri



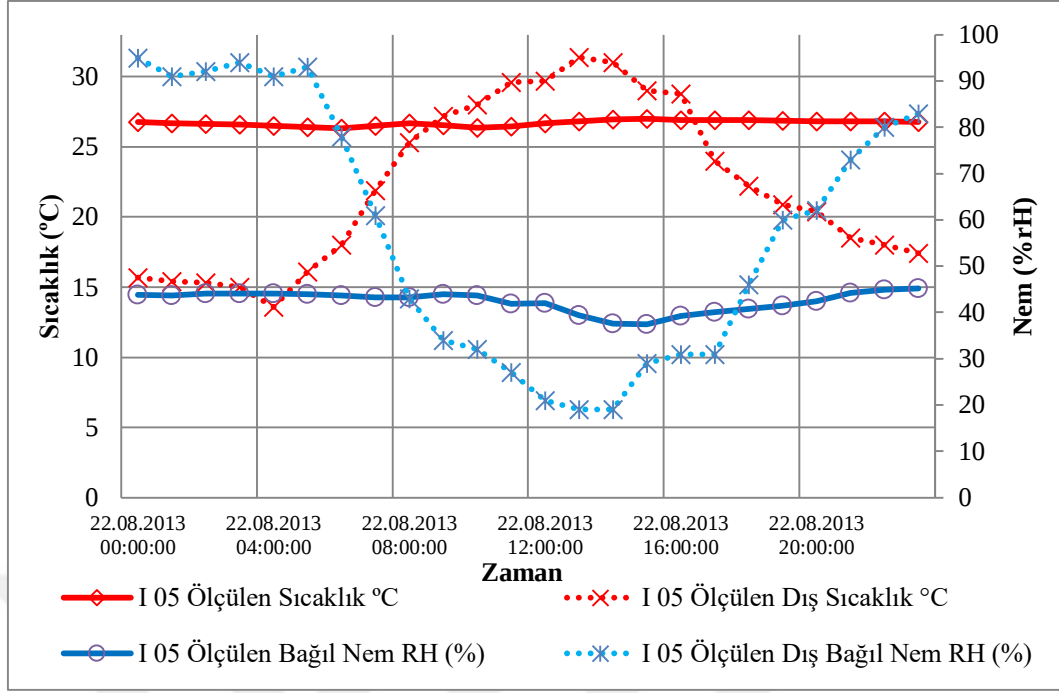
Şekil 4.8. Z04 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri



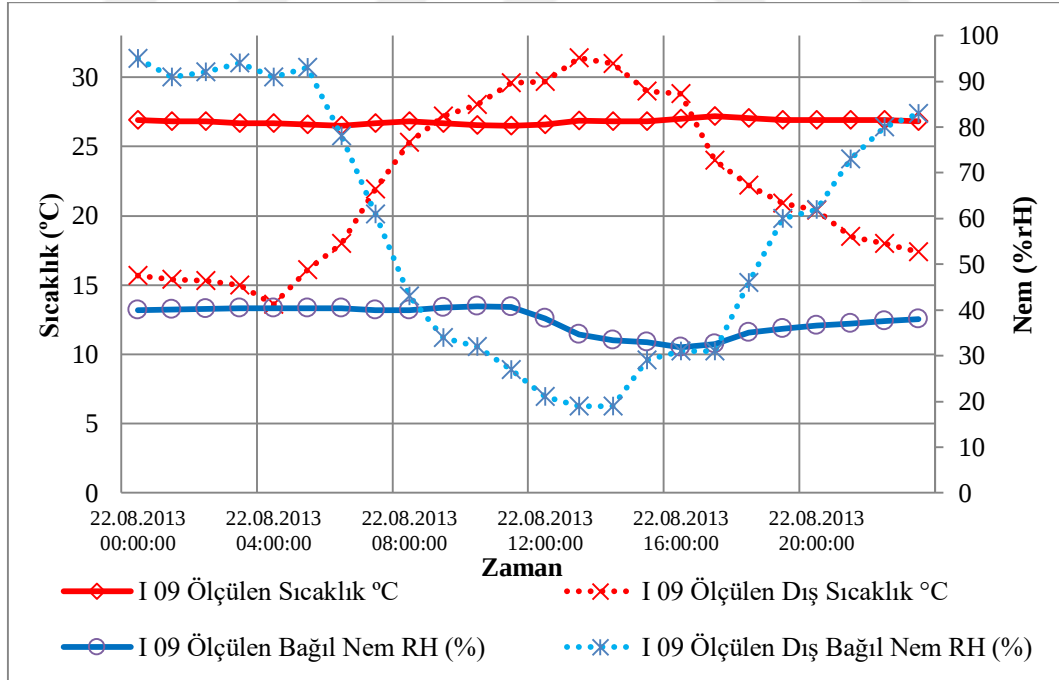
Şekil 4.9. Z10 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.10. I01 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.11. I05 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri

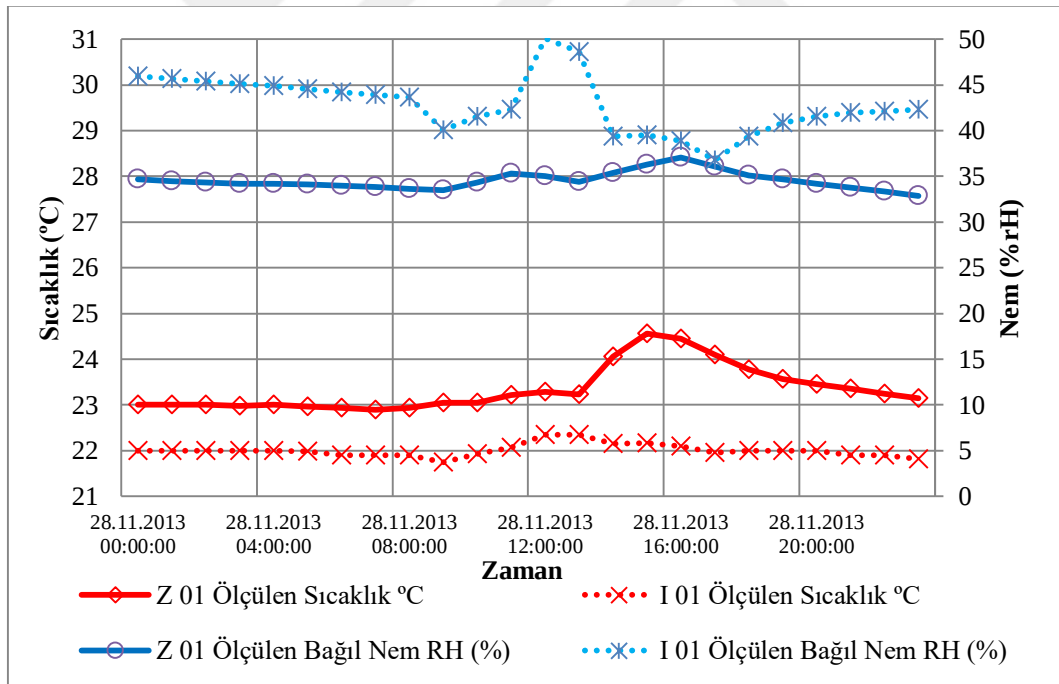


Şekil 4.12. I05 ofisinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik ofis iç-dış sıcaklık ve bağıl nem değerleri

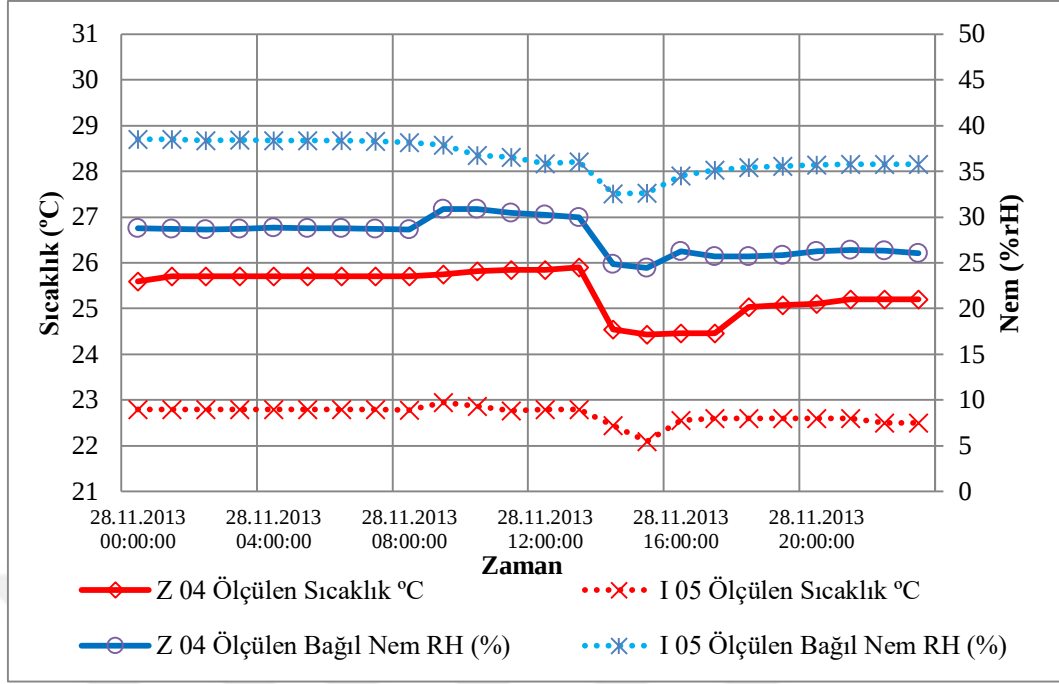
Örnek binanın çatı arasında ısı yalıtımı bulunmadığı için günlük sıcaklık ortalamaları karşılaştırıldığında;

- I01 ofisinin sıcaklık ortalaması Z01 ofisine göre;
 - Soğutma döneminde % 2.9 artış
 - Isıtma döneminde ise % 6.1 azalış
- I05 ofisinin sıcaklık ortalaması Z04 ofisine göre;
 - Soğutma döneminde % 4.1 artış
 - Isıtma döneminde ise % 11.9 azalış
- I09 ofisinin sıcaklık ortalaması Z10 ofisine göre;
 - Soğutma döneminde % 3.1 artış
 - Isıtma döneminde ise % 6.5 azalış

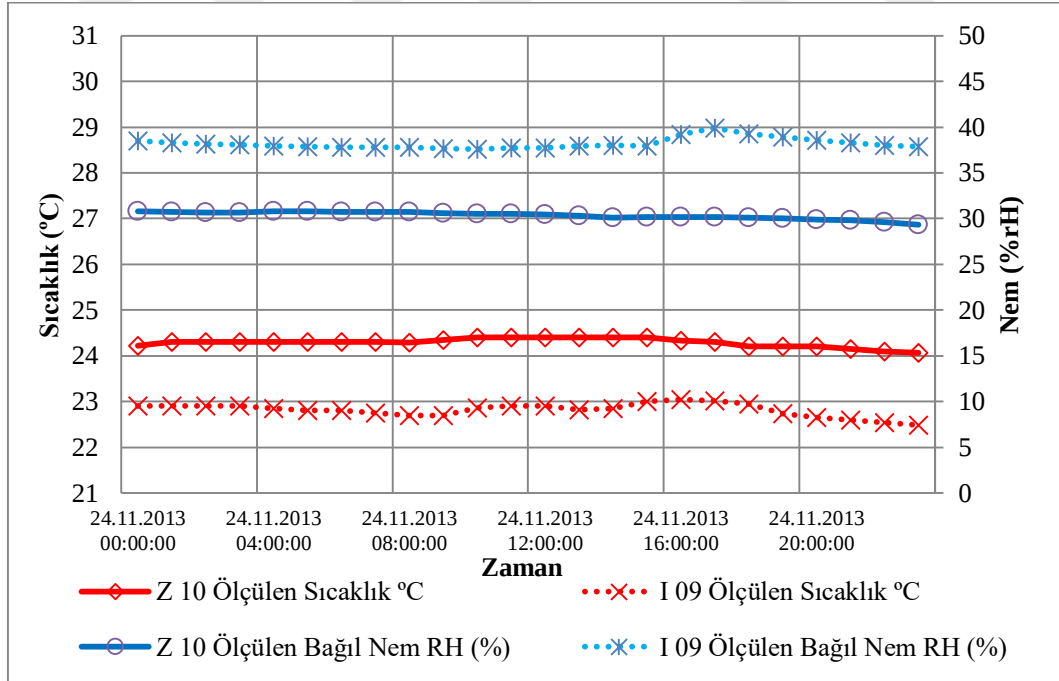
göstermiştir (Şekil 4.13-18).



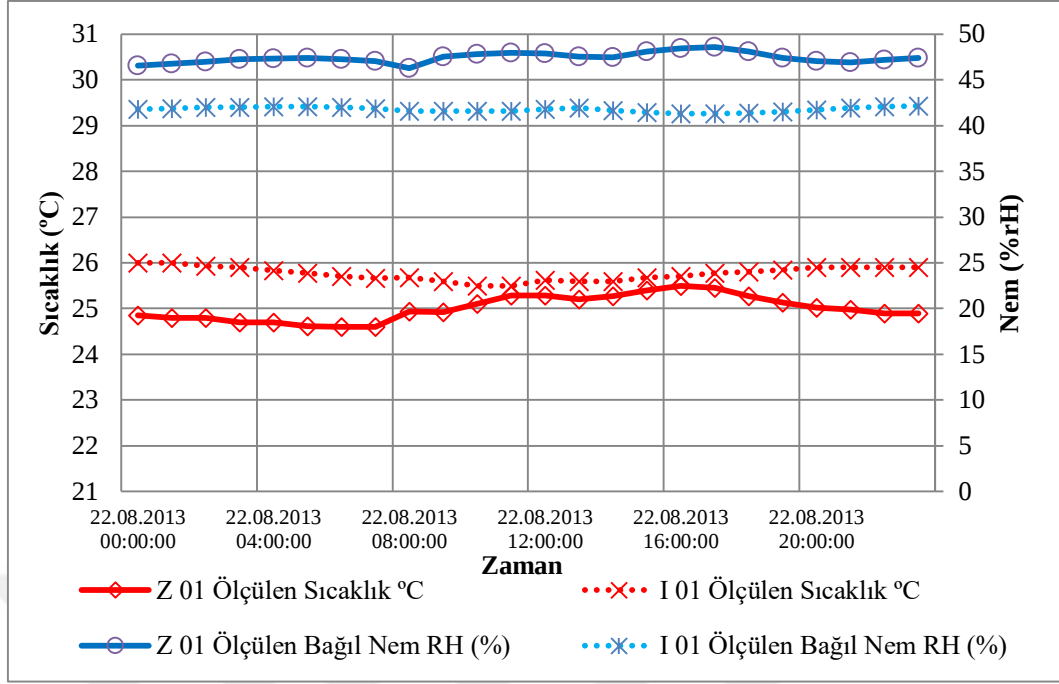
Şekil 4.13. Z01 ve I01 ofislerinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



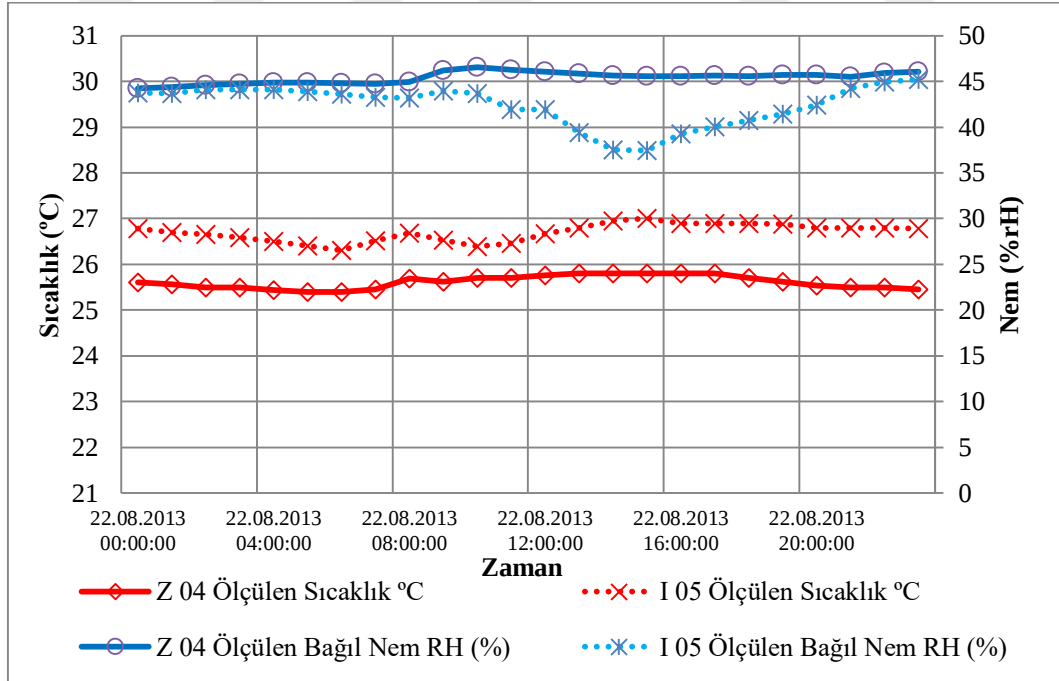
Şekil 4.14. Z04 ve I05 ofislerinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



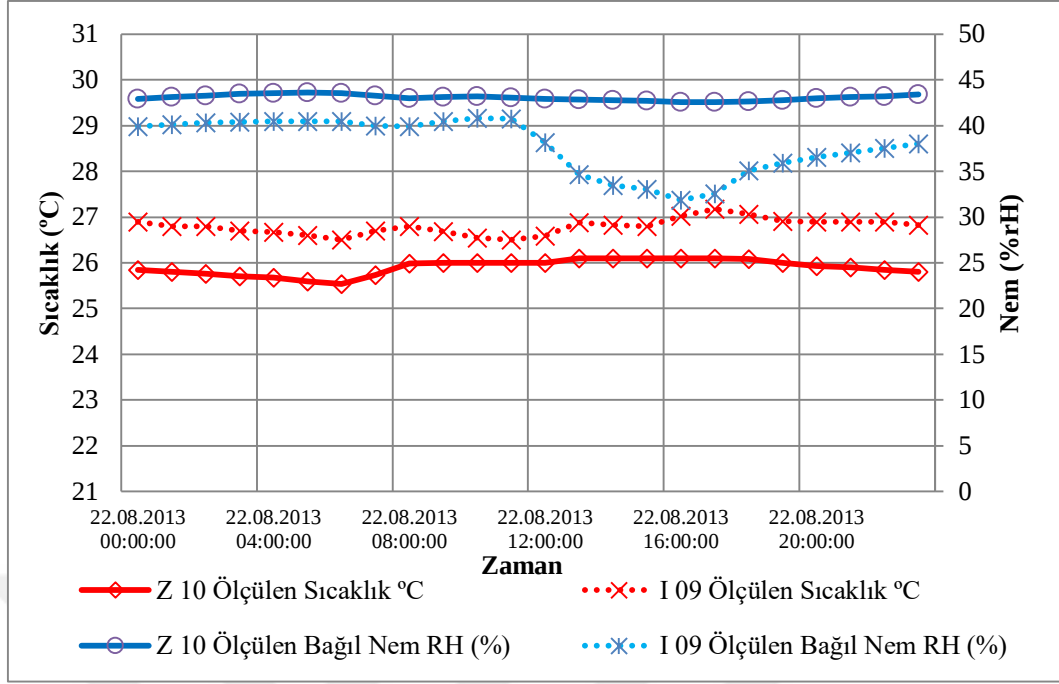
Şekil 4.15. Z10 ve I09 ofislerinin ısıtma dönemindeki (28 Kasım) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.16. Z01 ve I01 ofislerinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.17. Z04 ve I05 ofislerinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.18. Z10 ve I09 ofislerinin soğutma dönemindeki (22 Ağustos) saatlik iç sıcaklık ve bağıl nem değerleri

4.2. Örnek Binanın BEP-TR ve TS 825 Yönetmeliklerine Göre Enerji Tüketim Hesaplamaları ve Ölçülen Verilerle Karşılaştırılmaları

Çalışma sürecinde 7.10.2013-25.4.2014 tarih aralığında ısıtma enerjisi 108,11kWh/yıl olarak ölçülmüştür. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne (BEP-TR) göre Enerji Kimlik Belgesi (EKB) ve TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği'ne göre hesaplanan yıllık ısıtma enerji tüketimi değerleri [28, 112] sırasıyla; 311.40 kWh/yıl ve 155.52kWh/yıl olarak hesaplanmıştır (EK-2 ve EK-3). Bu bağlamda BEP-TR ve TS 825 hesaplamalarının %188 ve %44 fazla olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte örnek binanın Binalarda Enerji Performansına (BEP-TR) göre alınan Enerji Kimlik Belgesinde (EKB) ısıtma enerji sınıfı "E" çıkmasına rağmen 2000 yılından önce inşa edildiği için bina toplam enerji sınıfı "C" çıkmıştır (EK-2).

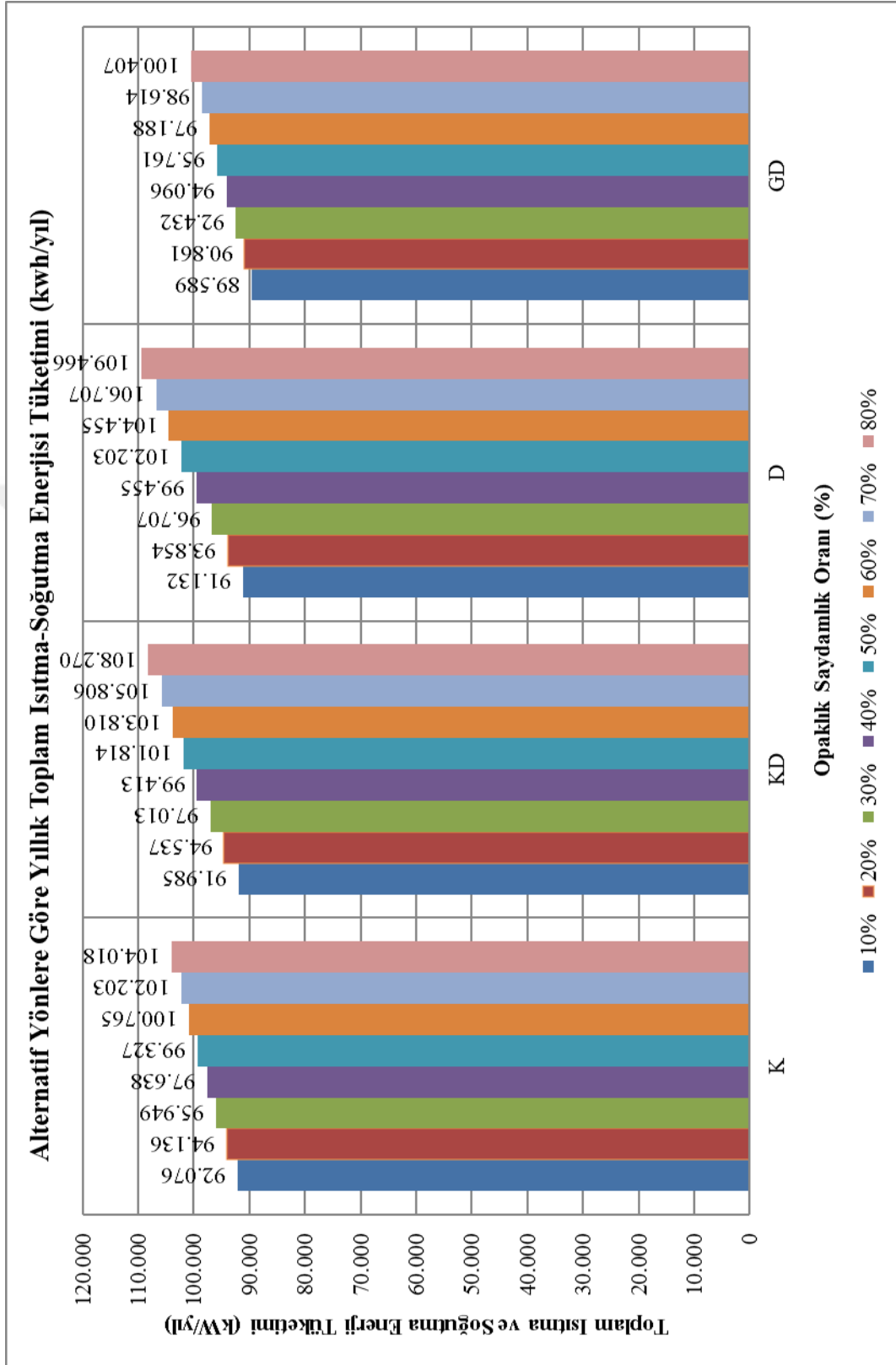
4.3. Gerçekçi Modele Uygulanan Alternatif Yön ve Opaklık Saydamlık Oranlarına Göre Hesaplanan Referans Isıtma-Soğutma Enerji Tüketimlerinin Analiz Edilmesi

Gerçekçi modelde yeni alternatif opaklık saydamlık oran tanımlamalarına göre oluşturulan modellerin alternatif yönlerdeki enerji tüketimleri aşağıda yer almaktadır. Elde edilen bu enerji tüketimleri ‘referans enerji tüketimleri’ olarak adlandırılmıştır. Referans enerji tüketimleri EK-4’de detaylı olarak yer almaktadır.

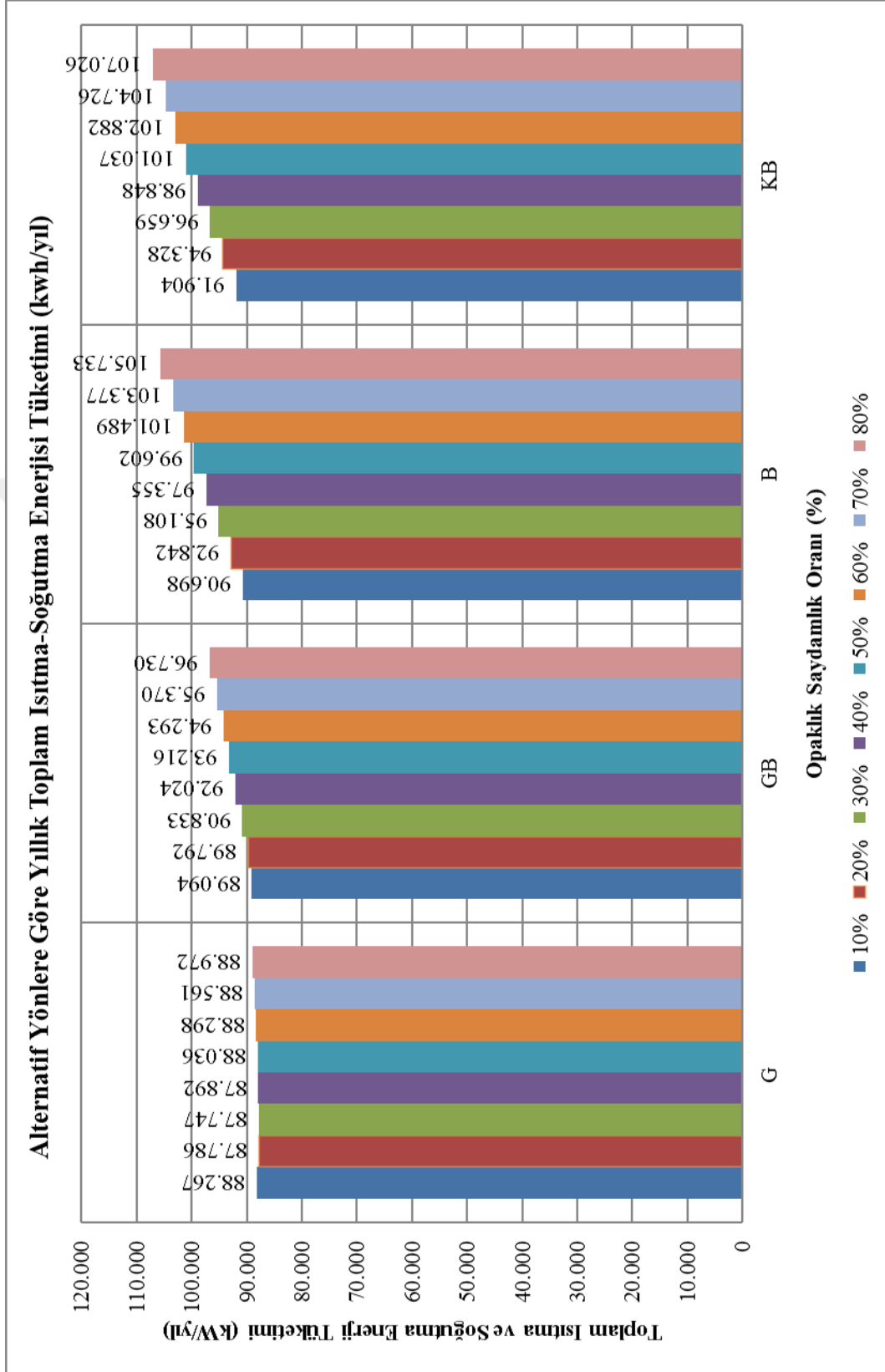
Şekil 4.19-20’de alternatif yön ve opaklık saydamlık oranlarına göre referans ısıtma enerjisi tüketimleri gösterilmiştir.

- Yönlenmeye bağlı olarak saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça **ısıtma enerjisi** açısından;
 - Kuzey yönünde 91.409-99.202 kW/yıl aralığında hesaplanarak %8.5 arttığı,
 - Kuzeydoğu yönünde 90.978-97.650 kW/yıl aralığında hesaplanarak %7.3 arttığı,
 - Kuzeybatı yönünde 90.961-97.593 kW/yıl aralığında hesaplanarak %7.3 arttığı,
 - Doğu yönünde 89.536-91.662 kW/yıl aralığında hesaplanarak %2.4 arttığı,
 - Batı yönünde 89.354-90.692 kW/yıl aralığında hesaplanarak %1.5 arttığı,
 - Güney yönünde 87.348-80.755 kW/yıl aralığında hesaplanarak %7.5 azaldığı,
 - Güneydoğu yönünde 88.139-85.045 kW/yıl aralığında hesaplanarak %3.5 azaldığı,
 - Güneybatı yönünde 87.827-83.452 kW/yıl aralığında hesaplanarak %5 azaldığı,
 - Kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerinin enerji tüketim değerlerinin %7.33 ve %7.29 artışla birbirine çok yakın olduğu,
 - Yıllık ısıtma enerjisi tüketim değerleri açısından; kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı, doğu ve batı, güney, güneybatı ve güneydoğu olarak sıralandığı

belirlenmiştir.



Şekil 4.19. Örnek binanın kuzey, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerine göre yıllık ısıtma enerjisi (kWh/yıl) tüketimi

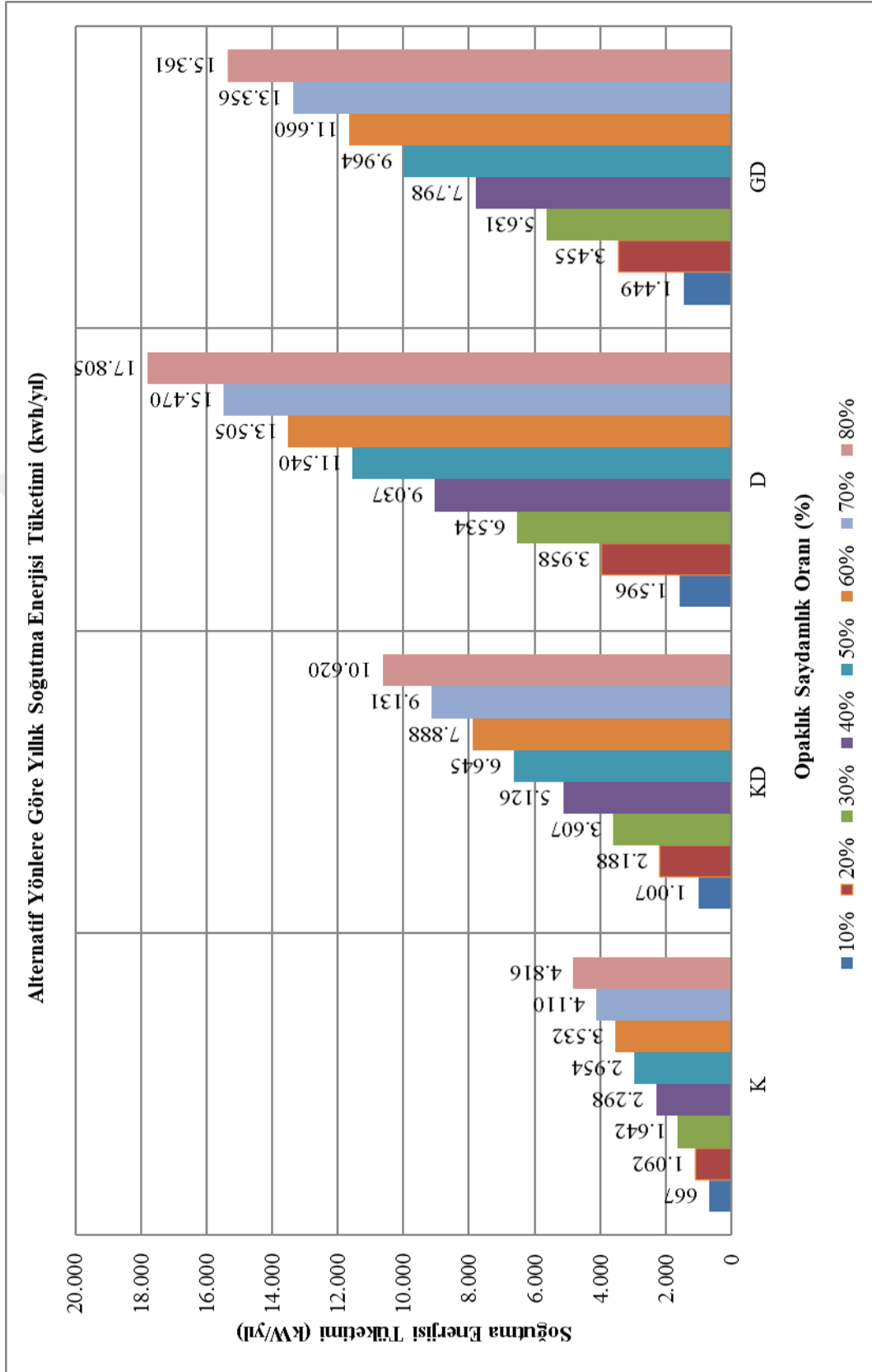


Şekil 4.20. Örnek binanın güney, güneybatı, batı ve kuzeybatı yönlerine göre yıllık ısıtma enerjisi (kWh/yıl) tüketimi

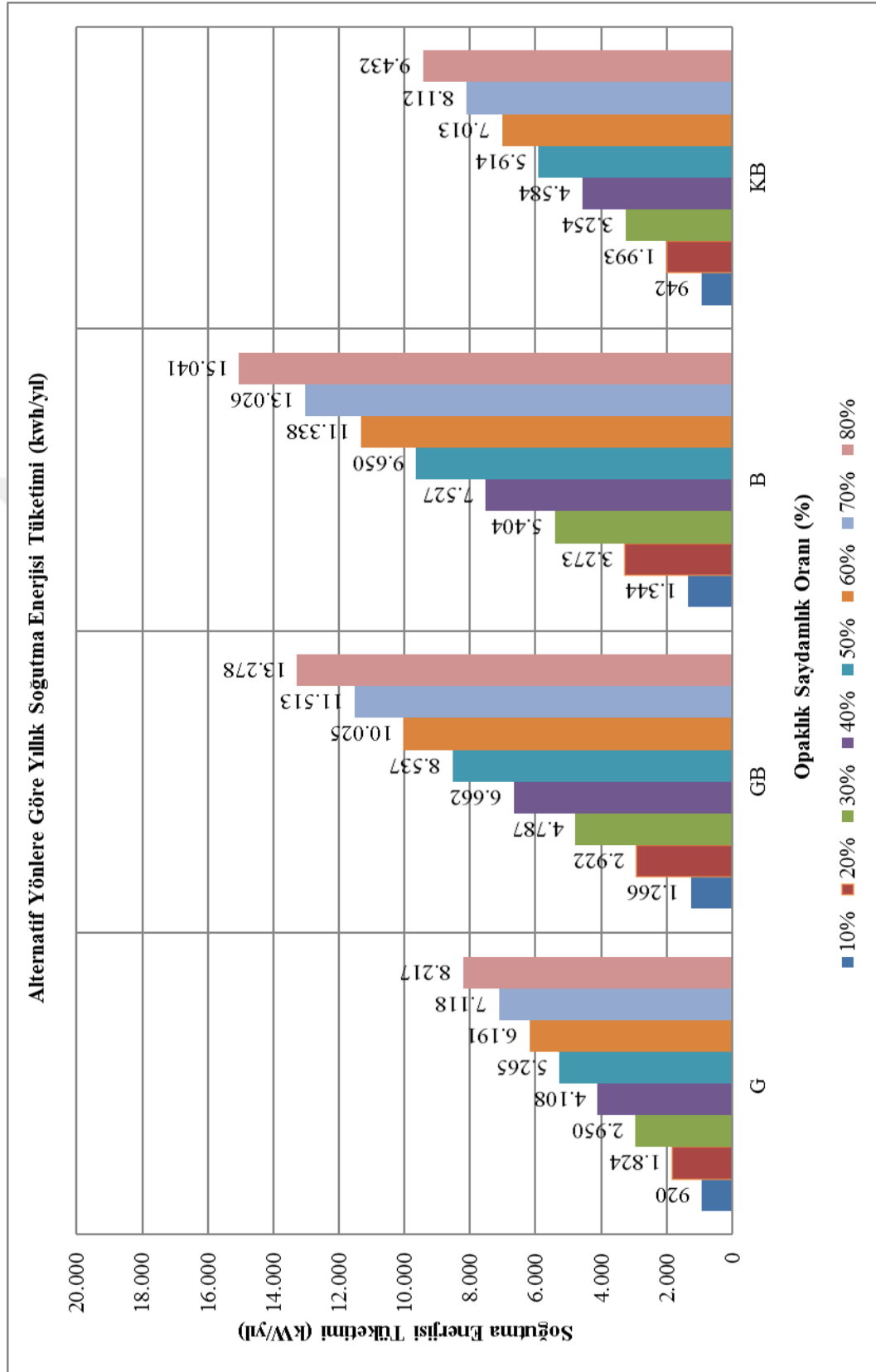
Şekil 4.21-22’de alternatif yön ve opaklık saydamlık oranlarına göre referans soğutma enerjisi tüketimleri gösterilmiştir.

- Yönlenmeye bağlı olarak saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça **soğutma enerjisi** açısından;
 - Kuzey yönünde 667-4.816 kW/yıl aralığında hesaplanarak %7.2 arttığı,
 - Kuzeydoğu yönünde 1.007-10.620 kW/yıl aralığında hesaplanarak %10.5 arttığı,
 - Kuzeybatı yönünde 942-9.432 kW/yıl aralığında hesaplanarak %10 arttığı,
 - Doğu yönünde 1.596-17.805 kW/yıl aralığında hesaplanarak %11.2 arttığı,
 - Batı yönünde 1.344-15.041 kW/yıl aralığında hesaplanarak %11.2 arttığı,
 - Güney yönünde 920-8.217 kW/yıl aralığında hesaplanarak %8.9 arttığı,
 - Güneydoğu yönünde 1.449-15.361 kW/yıl aralığında hesaplanarak %10.6 arttığı,
 - Güneybatı yönünde 1.266-13.278 kW/yıl aralığında hesaplanarak %10.5 arttığı,
 - Batı ve güneydoğu yönlerinin ısıtma enerji tüketim değerlerinin (1.334-15.014 ile 1.440-15.361 kW/yıl aralığında) birbirine yakın olduğu ve
 - Yıllık soğutma enerjisi tüketim değerleri açısından; doğu, güneydoğu, batı, güneybatı, kuzeydoğu, kuzeybatı, güney ve kuzey olarak sıralandığı

belirlenmiştir.



Şekil 4.21. Örnek binanın kuzey, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerine göre yıllık soğutma enerji tüketimi



Şekil 4.22. Örnek binanın güney, güneybatı, batı ve kuzeybatı yönlerine göre yıllık soğutma enerji tüketimi

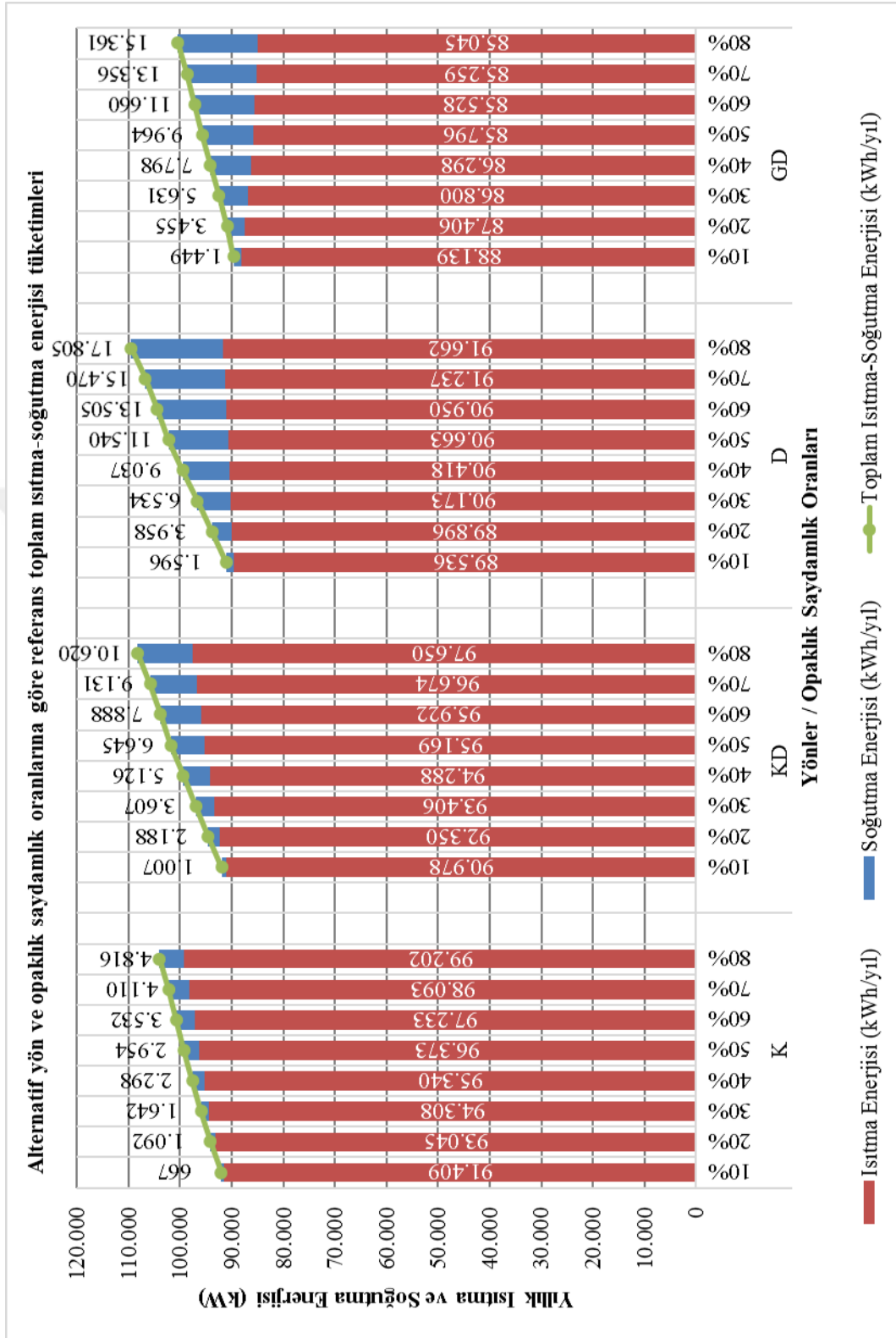
Şekil 4.23-24’de alternatif yön ve opaklık saydamlık oranlarına göre referans toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketimleri gösterilmiştir.

- Yönlenmeye bağlı olarak saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça **toplam ısıtma ve soğutma enerjisi** tüketimi açısından;
 - Kuzey yönünde 92.076-104.018kW/yıl aralığında hesaplanarak %13 arttığı,
 - Kuzeydoğu yönünde 91.985-108.270kW/yıl aralığında hesaplanarak %17.7 arttığı,
 - Kuzeybatı yönünde 91.904-107.026kW/yıl aralığında hesaplanarak %16.5 arttığı,
 - Doğu yönünde 91.132-109.466kW/yıl aralığında hesaplanarak %20.1 arttığı,
 - Batı yönünde 90.698-105.733 kW/yıl aralığında hesaplanarak %16.6 arttığı,
 - Güney yönünde 87.747-88.972kW/yıl aralığında hesaplanarak %0.8 arttığı,
 - Güneydoğu yönünde 89.589-100.407 kW/yıl aralığında hesaplanarak %12.1 arttığı,
 - Güneybatı yönünde 89.094-96.730kW/yıl aralığında hesaplanarak %8.6 arttığı,
 - Tüm yönlerde enerji tüketiminin arttığı,
 - Enerji tüketim açısından; doğu, kuzeydoğu, kuzeybatı, batı, kuzey, güneydoğu, güneybatı ve güney olarak azalarak sıralandığı ve
 - Toplam enerji tüketiminin %83,73-%99,32’sini ısıtma enerjisinin oluşturduğu

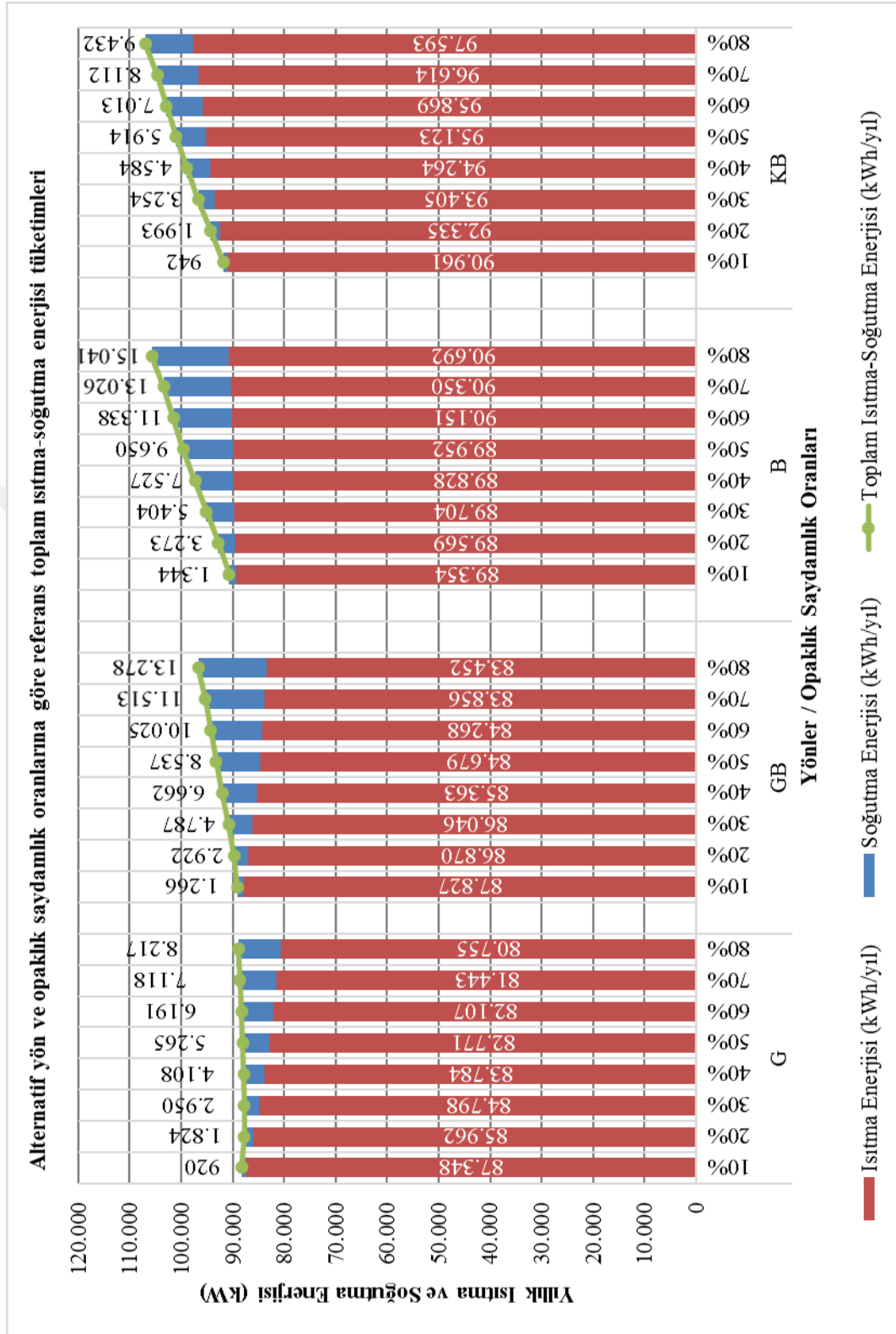
görülmüştür. Ayrıca gerçekçi modelin yönlere ve opaklık saydamlık oranlarına bağlı olarak; Eskişehir’de örnek bina mimari özelliklerinde; tek kullanıcı, aynı yöne bakan, komşu ofislerden oluşan ve birinci kat tavanında 60 cm çatı saçağı ve 90 cm konsol döşemesi olan iki katlı ofis binalarında: toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi için optimum opaklık saydamlık oranının;

- Güney yönü için % 30 oranında,
- Diğer tüm yönlerde ise, %10 oranında

olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.23. Örnek binanın kuzey, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerine göre yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi



Şekil 4.24. Örnek binanın güney, güneybatı, batı ve kuzeybatı yönlerine göre yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi

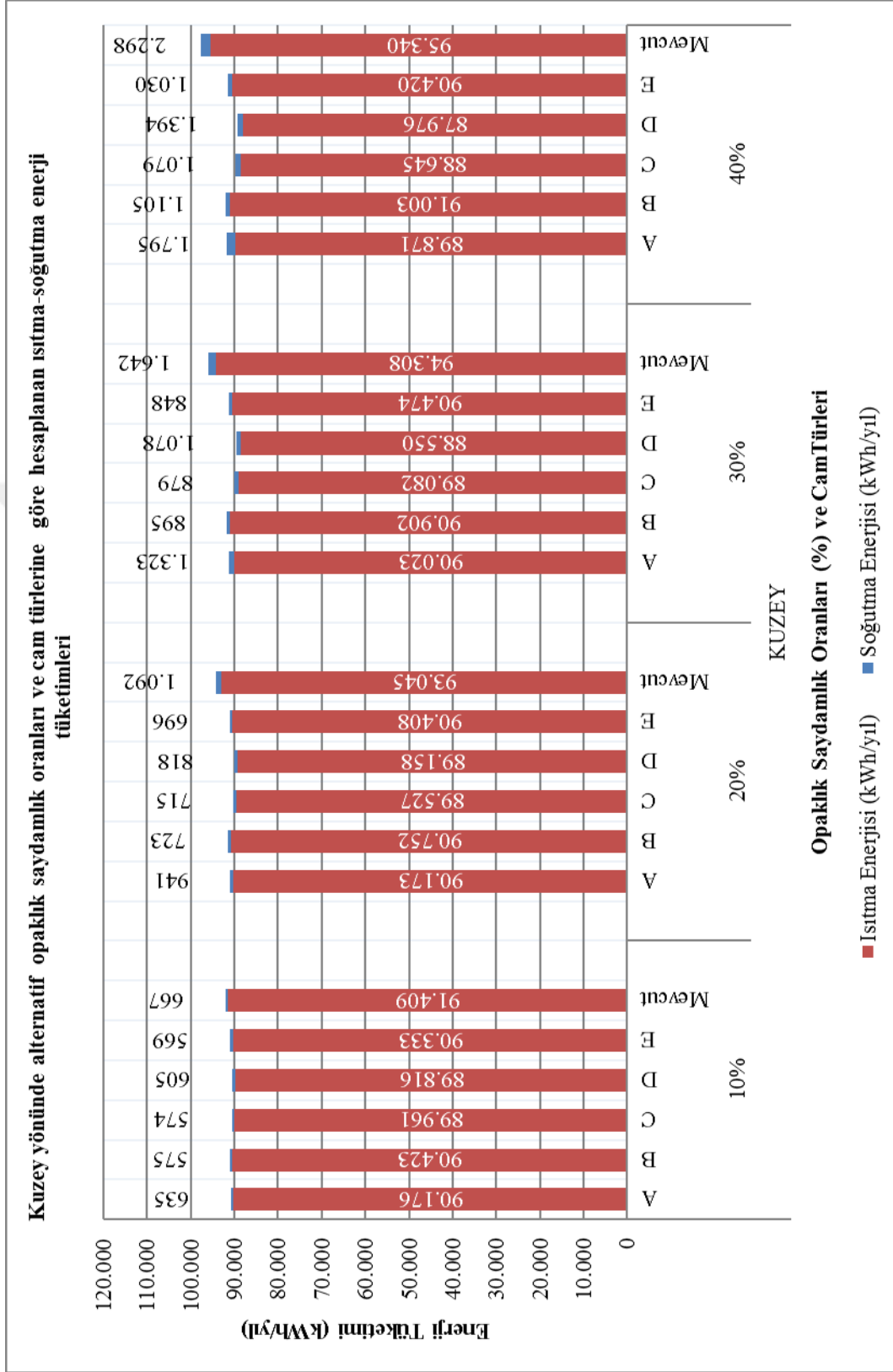
4.4. Alternatif Yönlere ve Opaklık Saydamlık Oranlarına Uygulanan Alternatif Cam Türlerinin Hesaplanan Isıtma-Soğutma Enerji Tüketimlerinin Analiz Edilmesi

Alternatif opaklık saydamlık oranlarına tanımlanan alternatif cam türlerinin alternatif yönlere çevrilmesiyle hesaplanan enerji tüketimleri aşağıda yer almaktadır. Bu enerji tüketimleri detaylı olarak EK-4’de yer almaktadır.

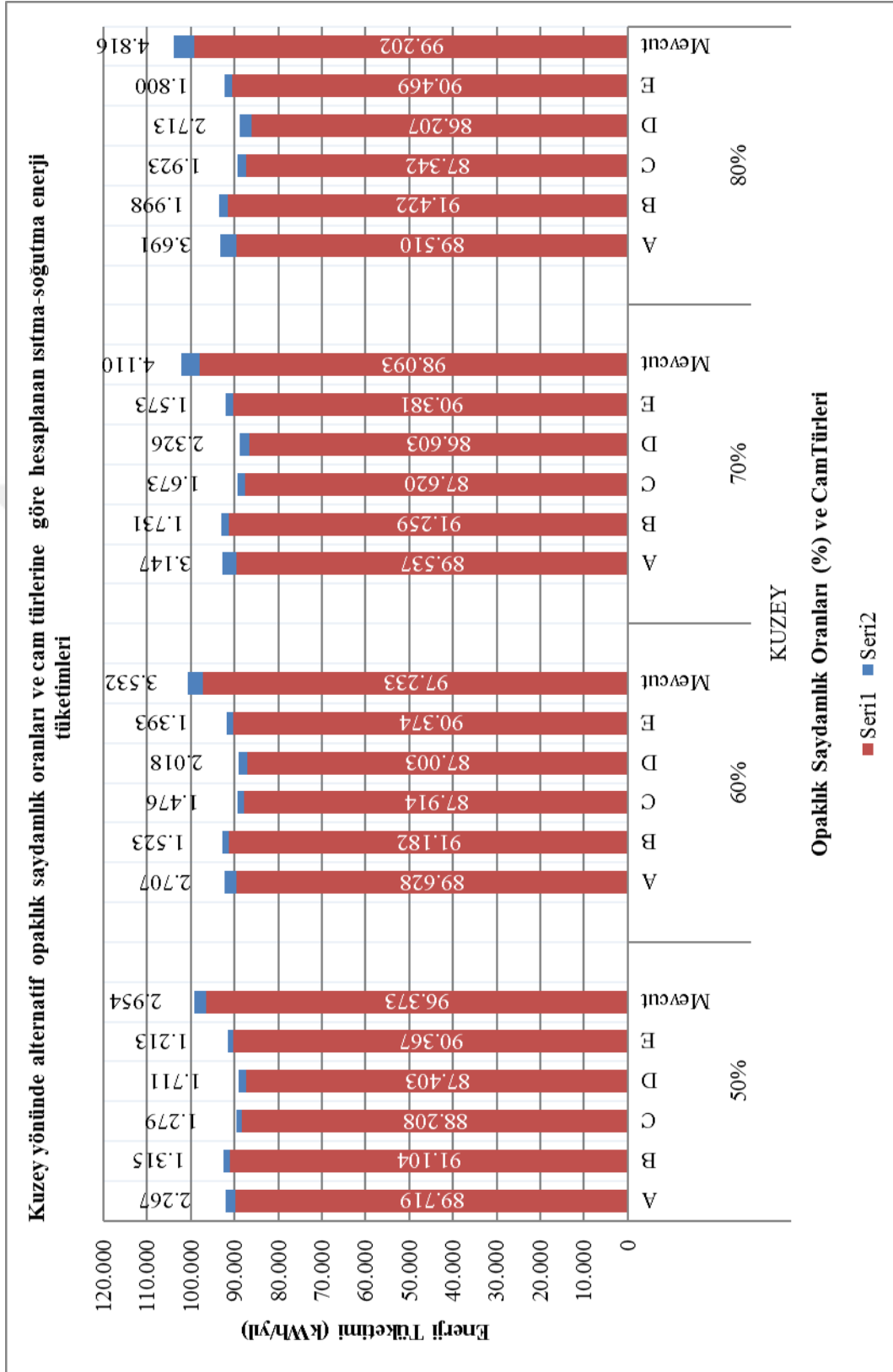
Şekil 4.25-26’da Kuzey yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri yer almaktadır.

- Kuzey yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;
 - a. A tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisinde 89.510-90.176 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisinde 635-3.691 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde 90.811-93.202 kW/yıl,
 - b. B tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisinde 90.423-91.422 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisinde 575-1.998 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde 90.998-93.419 kW/yıl,
 - c. C tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisinde 87.342-89.961 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisinde 574-1.923 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde 89.265-90.535 kW/yıl,
 - d. D tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisinde 86.207-89.816 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisinde 605-2.713 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde 88.920-90.420 kW/yıl,
 - e. E tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisinde 90.33-90.474 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisinde 569-1.800 kW/yıl ve
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde 90.901-92.269 kW/yıl

aralıklarında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.25. Örnek binanın kuzey yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

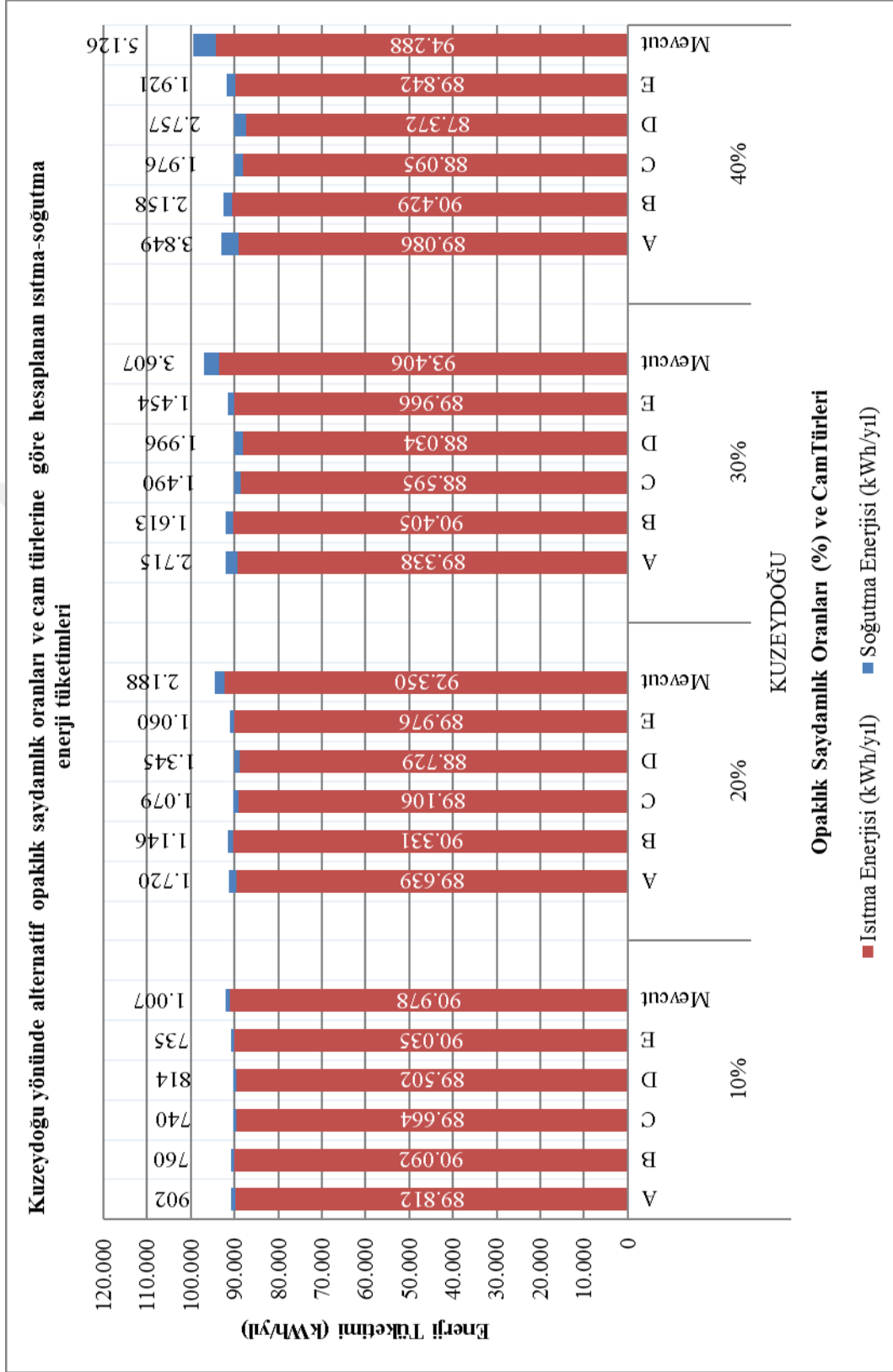


Şekil 4.26. Örnek binanın kuzey yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

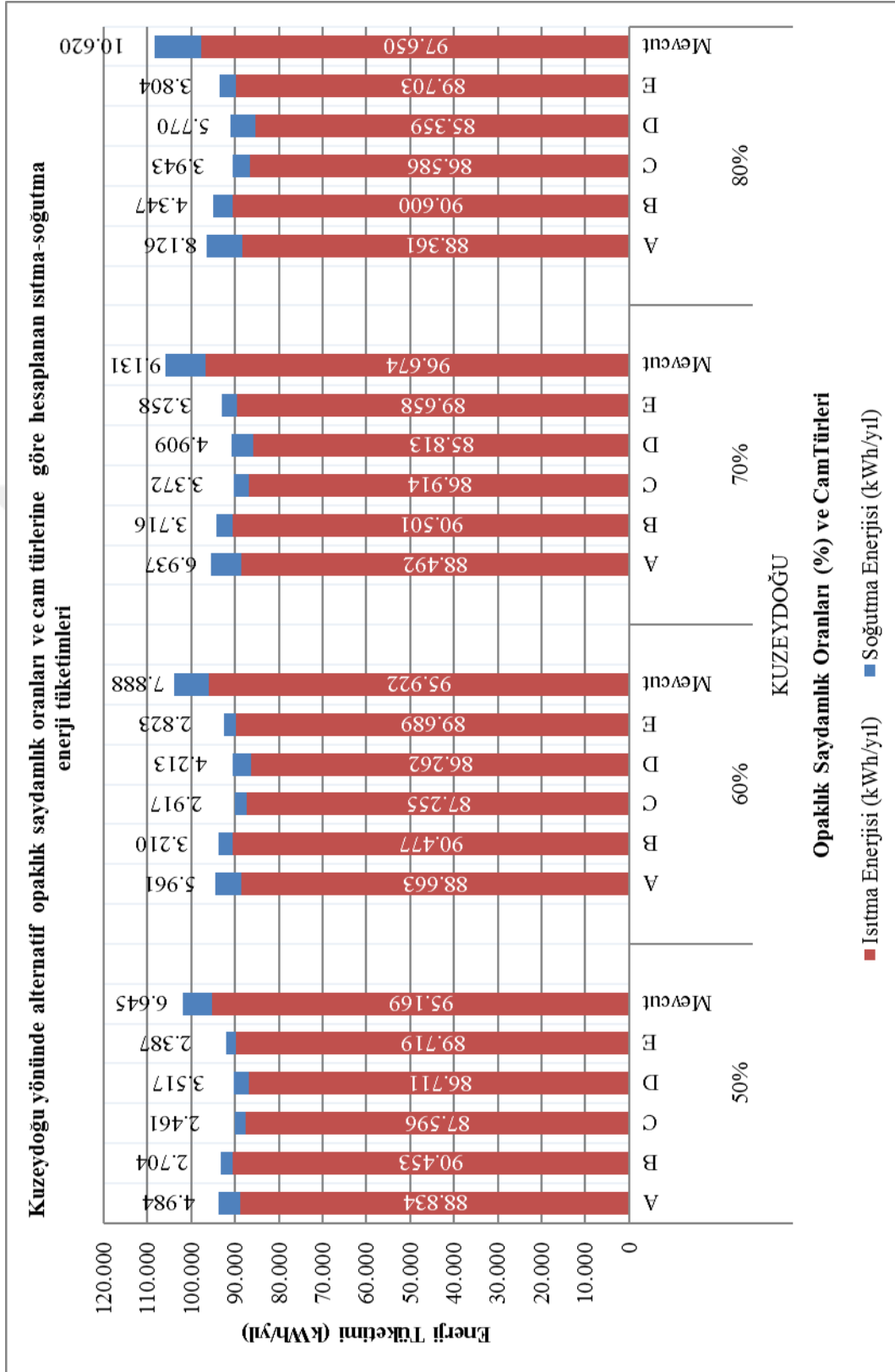
Şekil 4.27-28’de Kuzeydoğu yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri yer almaktadır.

- Kuzeydoğu yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;
 - a. A tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 88.361-89.812 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 902-8.126 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 90.714-96.487 kW/yıl,
 - b. B tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 90.092-90.600 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 760-4.347 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 90.853-94.947 kW/yıl,
 - c. C tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 86.586-89.664 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 740-3.943 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 90.057-90.529kW/yıl,
 - d. D tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 85.359-89.502 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 814-5.770 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 90.030-91.129 kW/yıl,
 - e. E tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 89.658-90.035 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 735-3.804 kW/yıl ve
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 90.770-93.506 kW/yıl

aralıklarında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.27. Örnek binanın kuzeydoğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

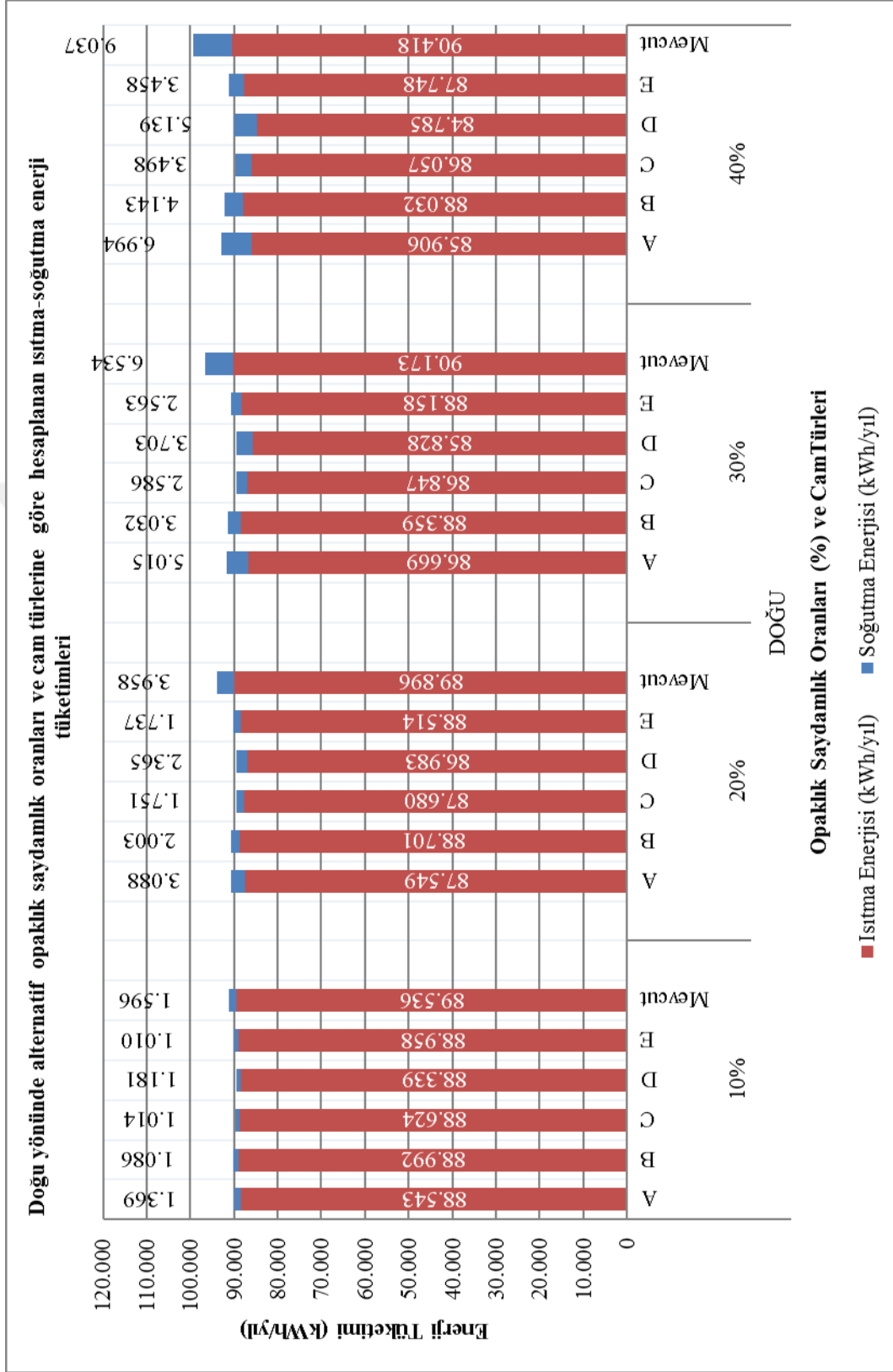


Şekil 4.28. Örnek binanın kuzeydoğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

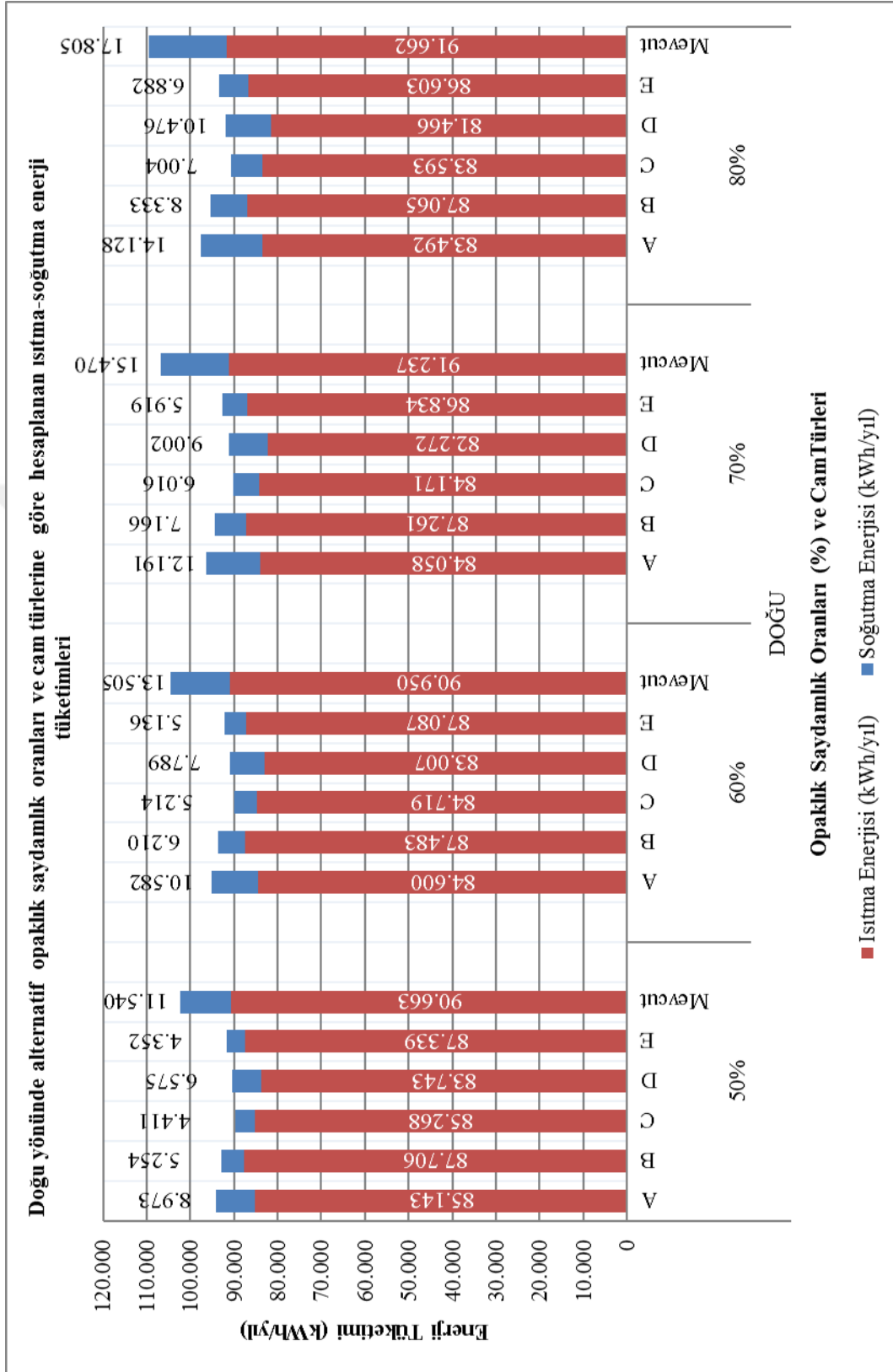
Şekil 4.29-30’da doğu yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri yer almaktadır.

- Doğü yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;
 - a. A tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 83.492-88.543 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.369-14.128 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 89.912-97.620 kW/yıl,
 - b. B tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 87.065-88.992 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.086-8.333 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 90.078-95.398 kW/yıl,
 - c. C tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 83.593-88.624 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.014-7.004 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 89.431-90.597 kW/yıl,
 - d. D tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 81.466-88.339 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.181-10.476 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 89.348-91.942 kW/yıl,
 - e. E tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 86.603-88.958 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.010-6.882 kW/yıl ve
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 89.968-93.485 kW/yıl

aralıklarında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.29. Örnek binanın doğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

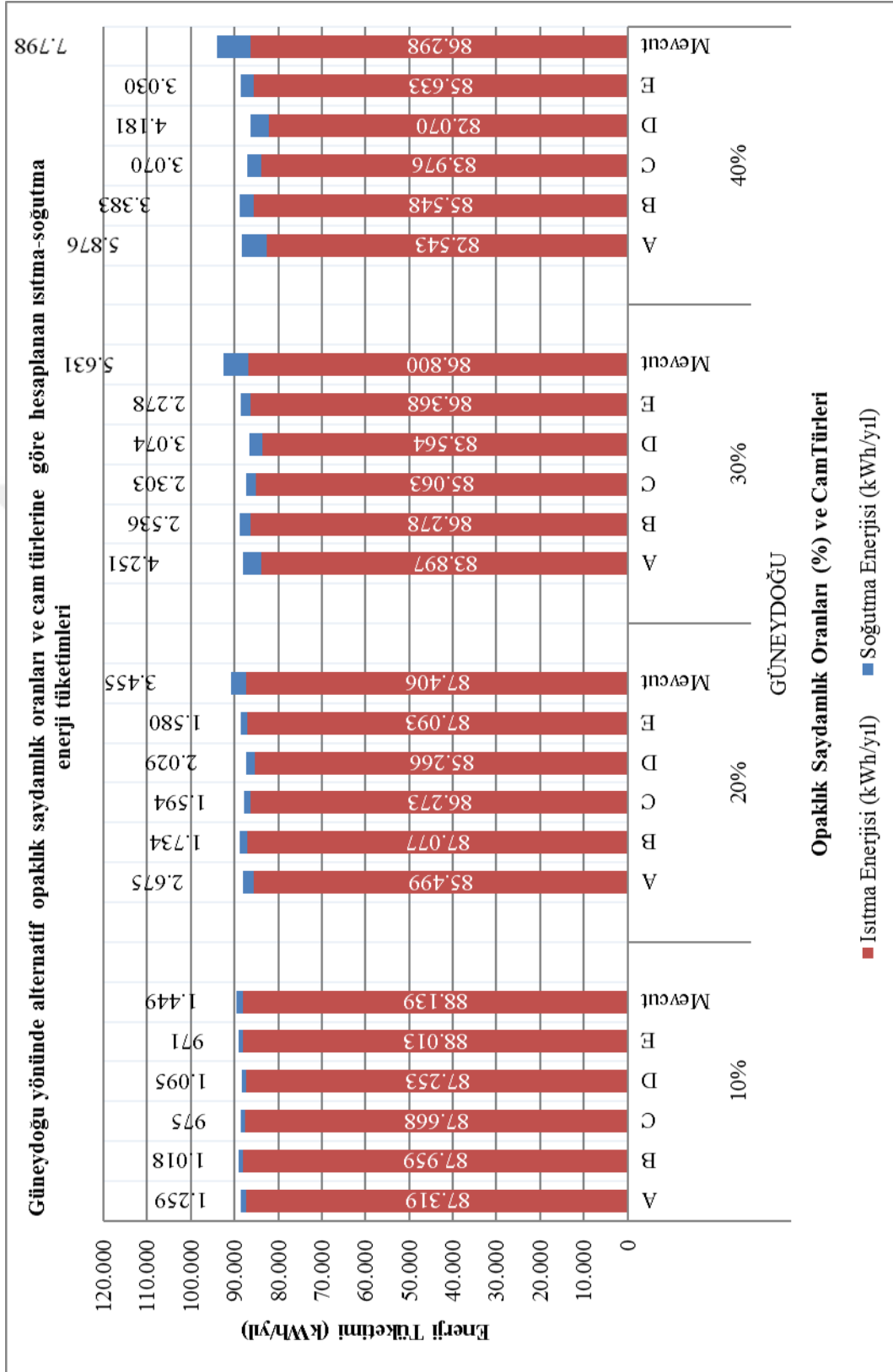


Şekil 4.30. Örnek binanın doğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

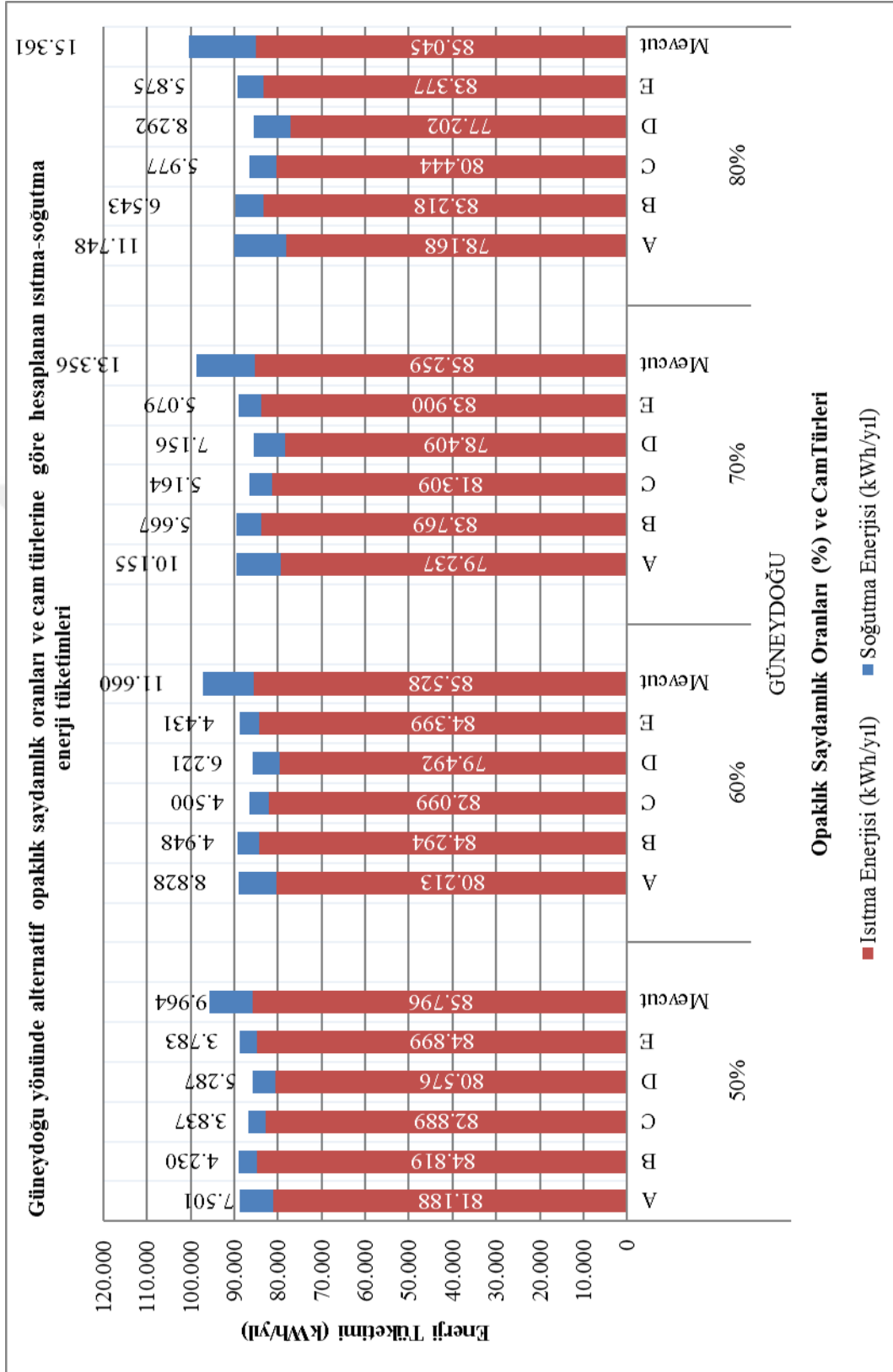
Şekil 4.31-32’de güneydoğu yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri yer almaktadır.

- Güneydoğu yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;
 - a. A tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 78.168-87.319 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.259-11.748 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 88.148-89.916 kW/yıl,
 - b. B tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 83.218-87.959 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.018-6.543 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 88.812-89.762 kW/yıl,
 - c. C tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 80.444-87.668 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 975-5.977 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 86.421-88.643 kW/yıl,
 - d. D tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 77.202-87.253 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.095-8.292 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 85.494-88.349 kW/yıl,
 - e. E tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 83.377-88.013 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 971-5.875 kW/yıl ve
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 88.646-89.252 kW/yıl

aralıklarında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.31. Örnek binanın güneydoğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

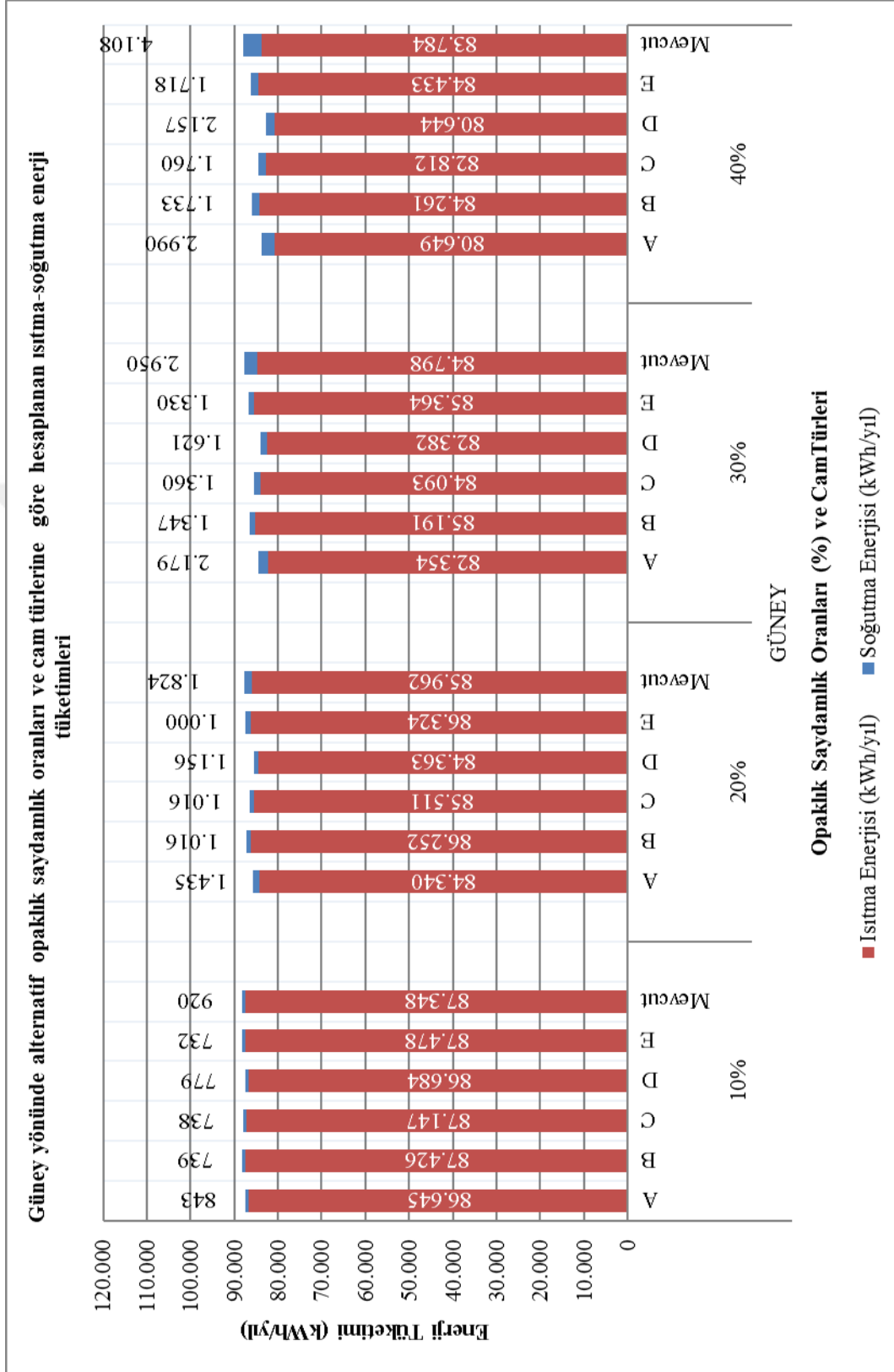


Şekil 4.32. Örnek binanın güneydoğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

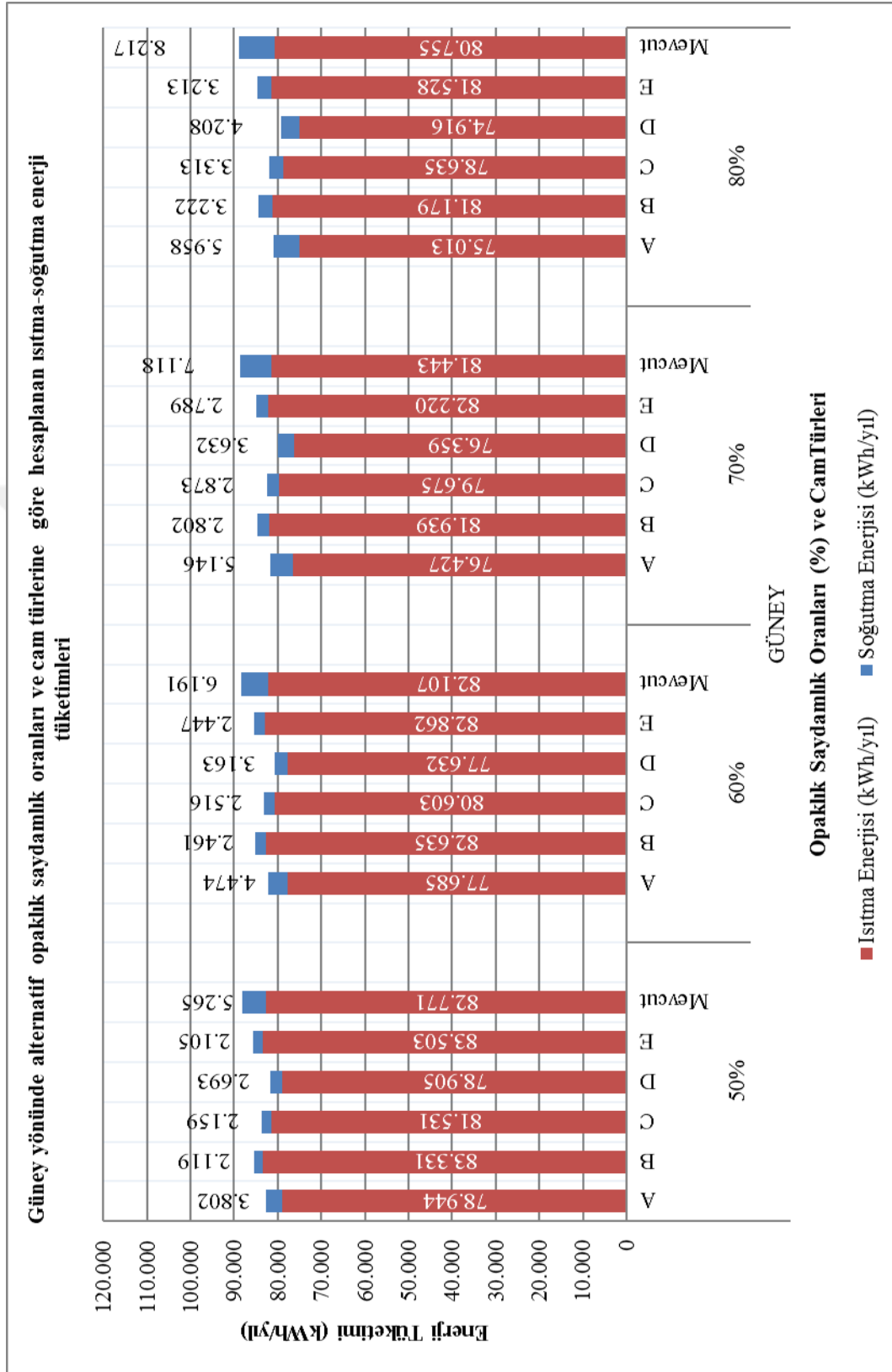
Şekil 4.33-34’de güney yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri yer almaktadır.

- Güney yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;
 - a. A tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 75.013-86.645 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 843-5.958 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 80.971-87.488 kW/yıl,
 - b. B tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 81.179-87.426 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 739-3.222 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 84.401-88.165 kW/yıl,
 - c. C tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 78.635-87.147 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 738-3.313 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 81.948-87.885 kW/yıl,
 - d. D tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 74.916-86.684 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 779-4.208 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 79.124-87.464 kW/yıl,
 - e. E tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 81.528-87.478 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 732-3.213 kW/yıl ve
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 84.740-88.210 kW/yıl

aralıklarında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.33. Örnek binanın güney yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

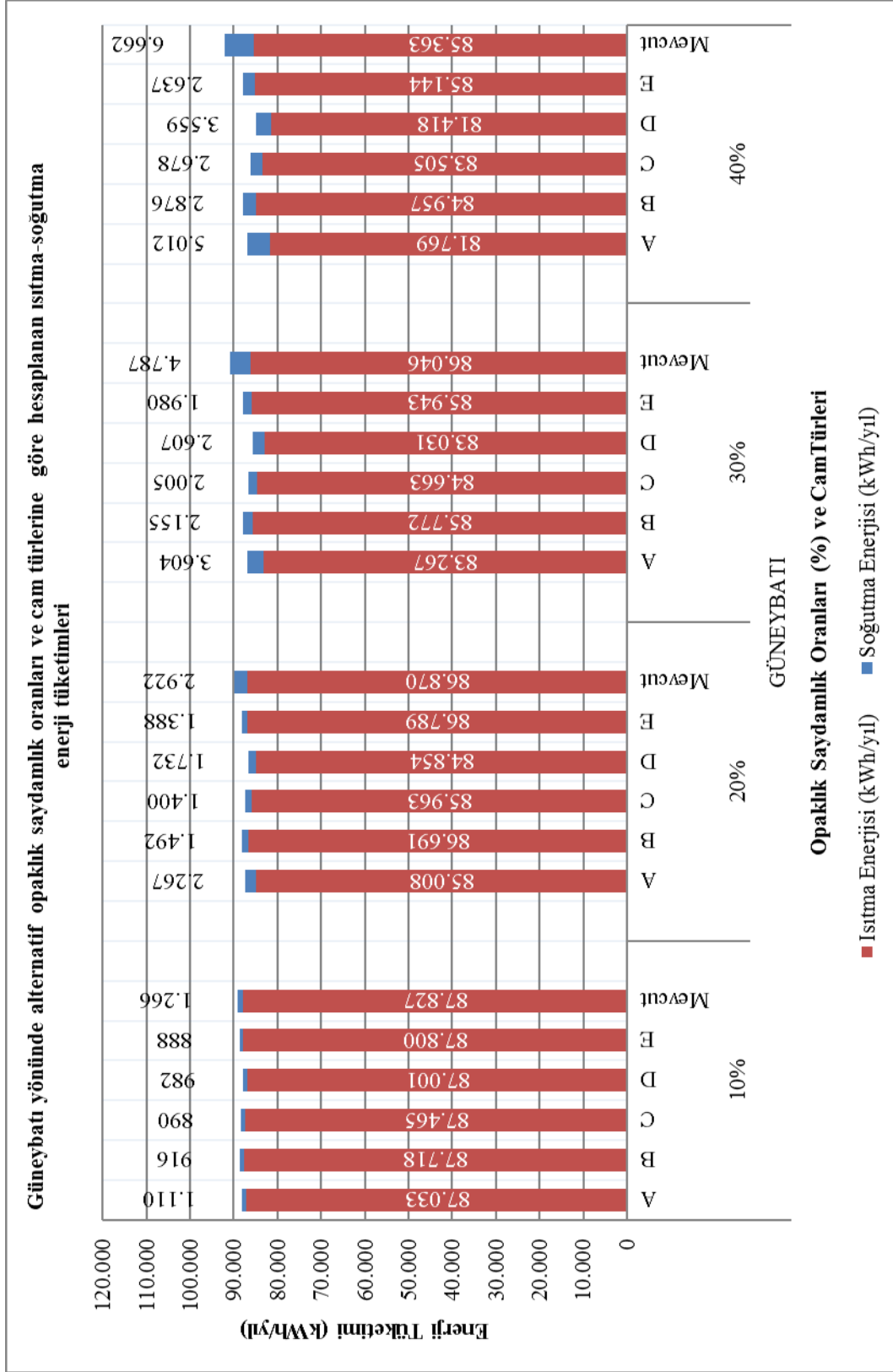


Şekil 4.34. Örnek binanın güney yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

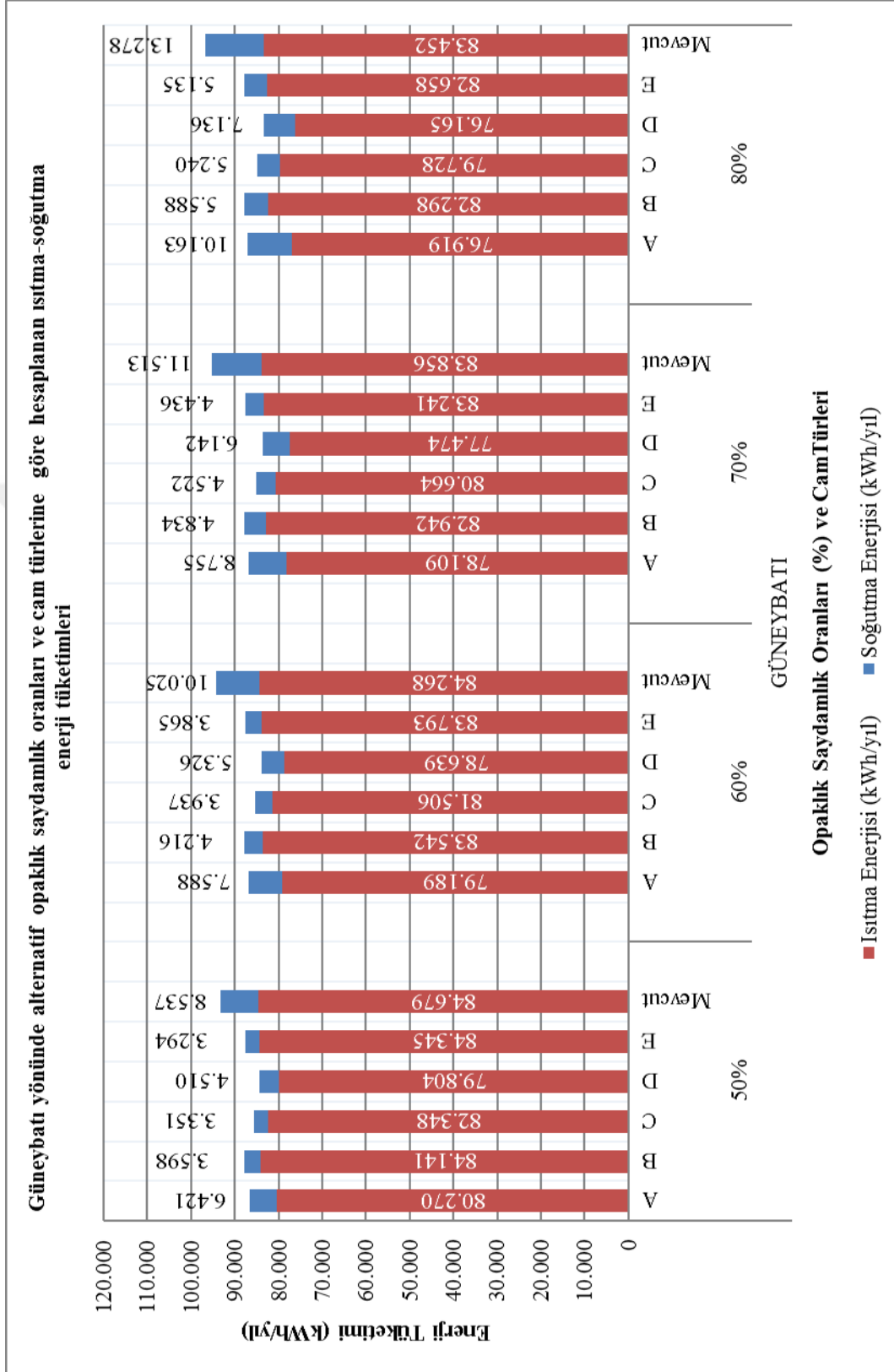
Şekil 4.35-36'da güneybatı yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri yer almaktadır.

- Güneybatı yönünde opaklık saydamlık oranı %10'dan %80'e arttıkça;
 - a. A tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 76.919-87.033 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.110-10.163 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 86.690-88.143 kW/yıl,
 - b. B tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 82.298-87.718 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 916-5.588 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 87.739-88.634 kW/yıl,
 - c. C tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 79.728-87.465 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 890-5.240 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 84.969-88.355 kW/yıl,
 - d. D tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 76.165-87.001 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 982-7.136 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 83.302-87.983 kW/yıl,
 - e. E tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 82.658-87.800 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 888-5.135 kW/yıl ve
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 87.639-88.688 kW/yıl

belirlenmiştir.



Şekil 4.35. Örnek binanın güneybatı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

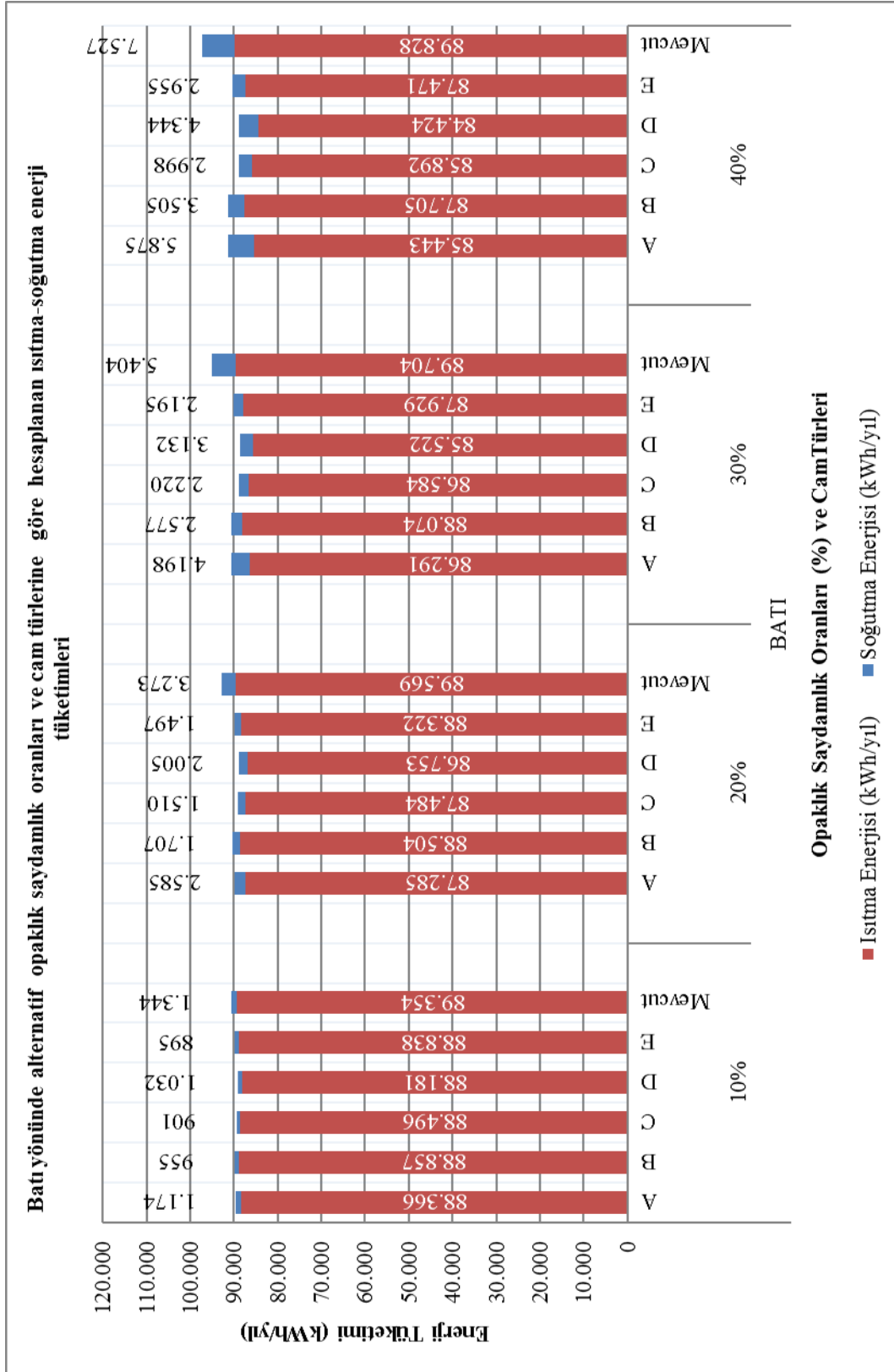


Şekil 4.36. Örnek binanın güneybatı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

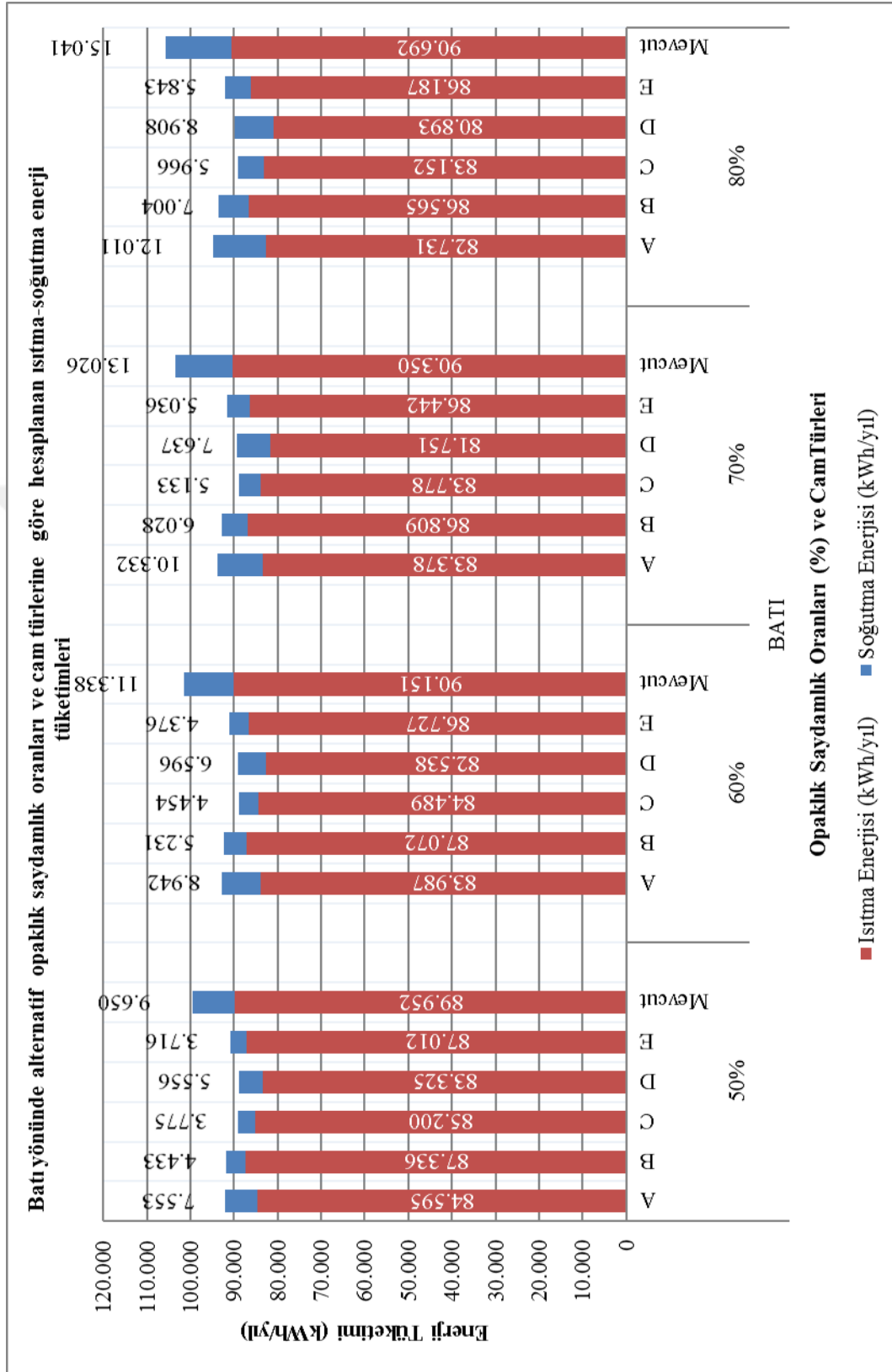
Şekil 4.37-38’de batı yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri yer almaktadır.

- Batı yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;
 - a. A tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 82.731-88.366 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.174-12.011 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 89.540-94.742 kW/yıl,
 - b. B tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 86.565-88.857 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 955-7.004 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 89.812-93.569 kW/yıl,
 - c. C tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 83.152-88.496 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 901-5.966 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 88.804-89.397 kW/yıl,
 - d. D tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 83.152-88.496 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 1.032-8.908 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 88.654-89.802 kW/yıl,
 - e. E tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 86.187-88.838 kW/yıl
 - ii. Soğutma enerjisi 895-5.843 kW/yıl ve
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 89.733-92.031 kW/yıl

aralıklarında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.37. Örnek binanın batı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

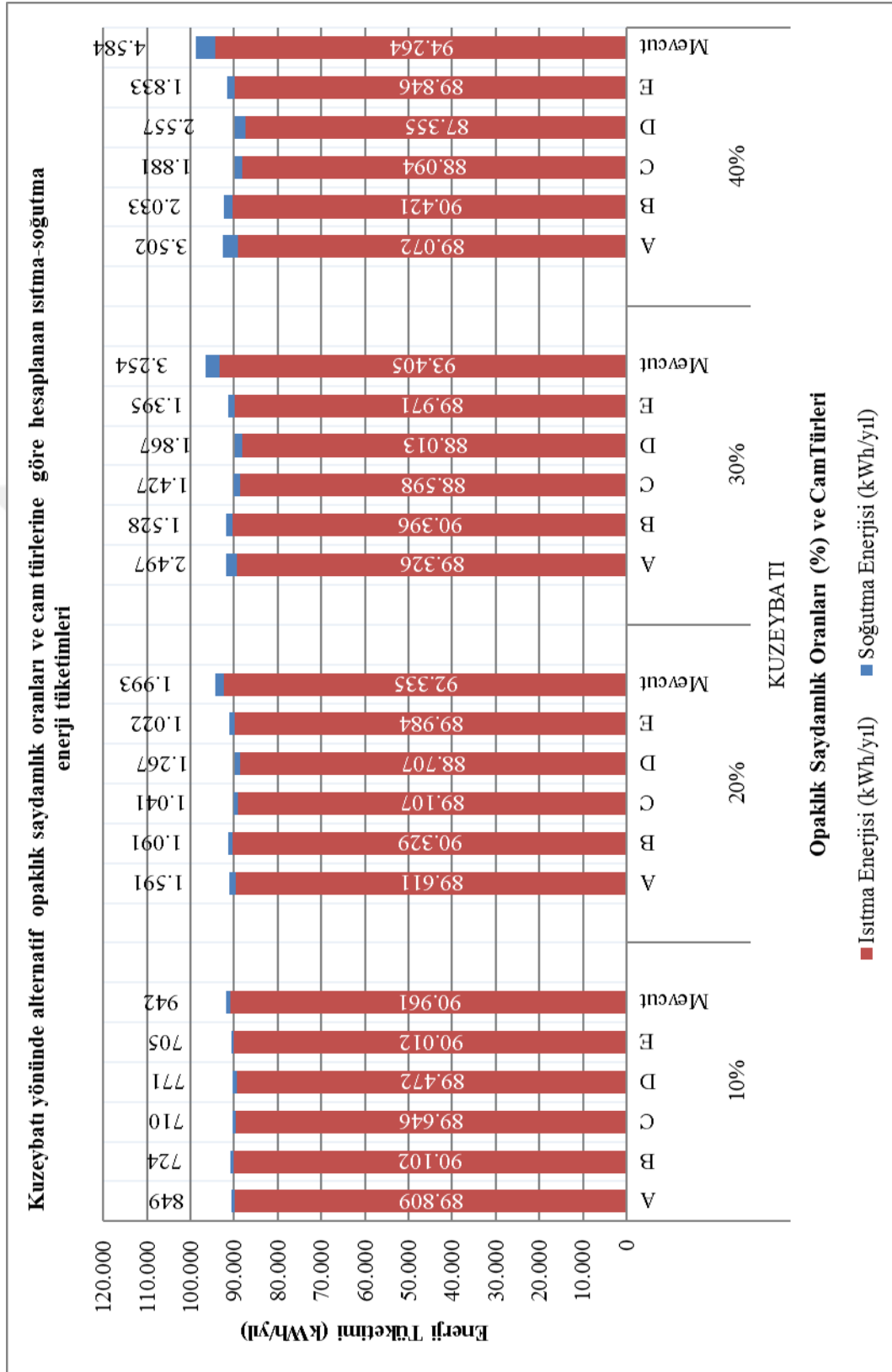


Şekil 4.38. Örnek binanın batı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

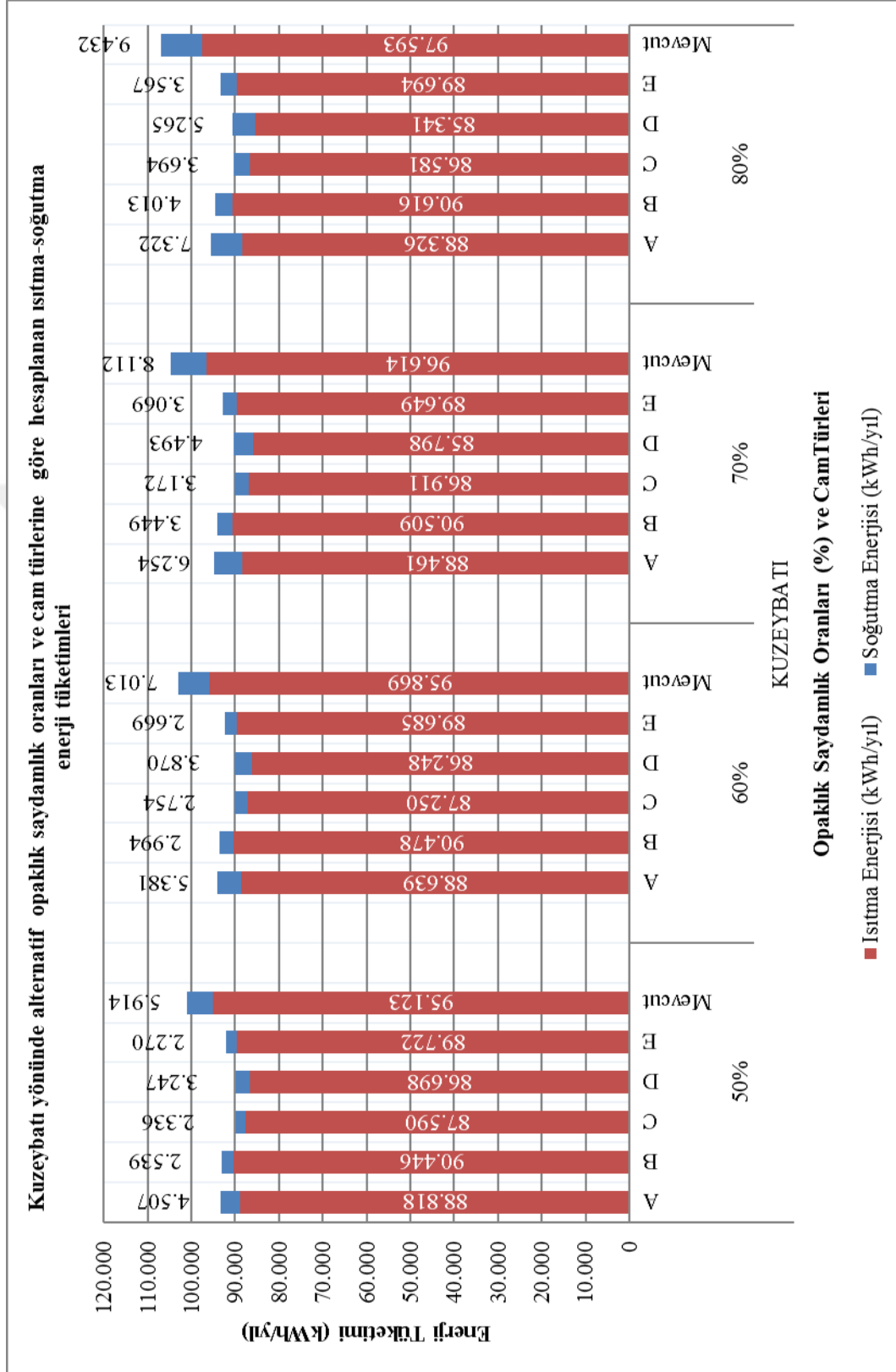
Şekil 4.39-40'da Kuzeybatı yönünde alternatif opaklık saydamlık oranları ve alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri yer almaktadır.

- Kuzeybatı yönünde opaklık saydamlık oranı %10'dan %80'e arttıkça;
 - a. A tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 88.326-89.809 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 849-7.322 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 90.658-95.648 kW/yıl,
 - b. B tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 90.102-90.616 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 724-4.013 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 90.825-94.629 kW/yıl,
 - c. C tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 89.926-90.356 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 710-3.694 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 89.926-90.356 kW/yıl,
 - d. D tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 85.341-89.472 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 771-5.265 kW/yıl,
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 89.880-90.606 kW/yıl,
 - e. E tipi camda;
 - i. Isıtma enerjisi 89.649-90.012 kW/yıl,
 - ii. Soğutma enerjisi 705-3.567 kW/yıl ve
 - iii. Toplam ısıtma-soğutma enerjisi 90.716-93.261 kW/yıl

aralıklarında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.39. Örnek binanın kuzeybatı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri



Şekil 4.40. Örnek binanın kuzeybatı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimleri

4.5. İternatif Yönlere ve Opaklık Saydamlık Oranlarına Dayalı Cam Türlerinin Enerji Tasarruf Oranları

4.4. bölümünde hesaplanan enerji tüketimlerinin referans enerji tüketimleriyle karşılaştırıldığında elde edilen enerji tasarruf oranları aşağıda yer almaktadır.

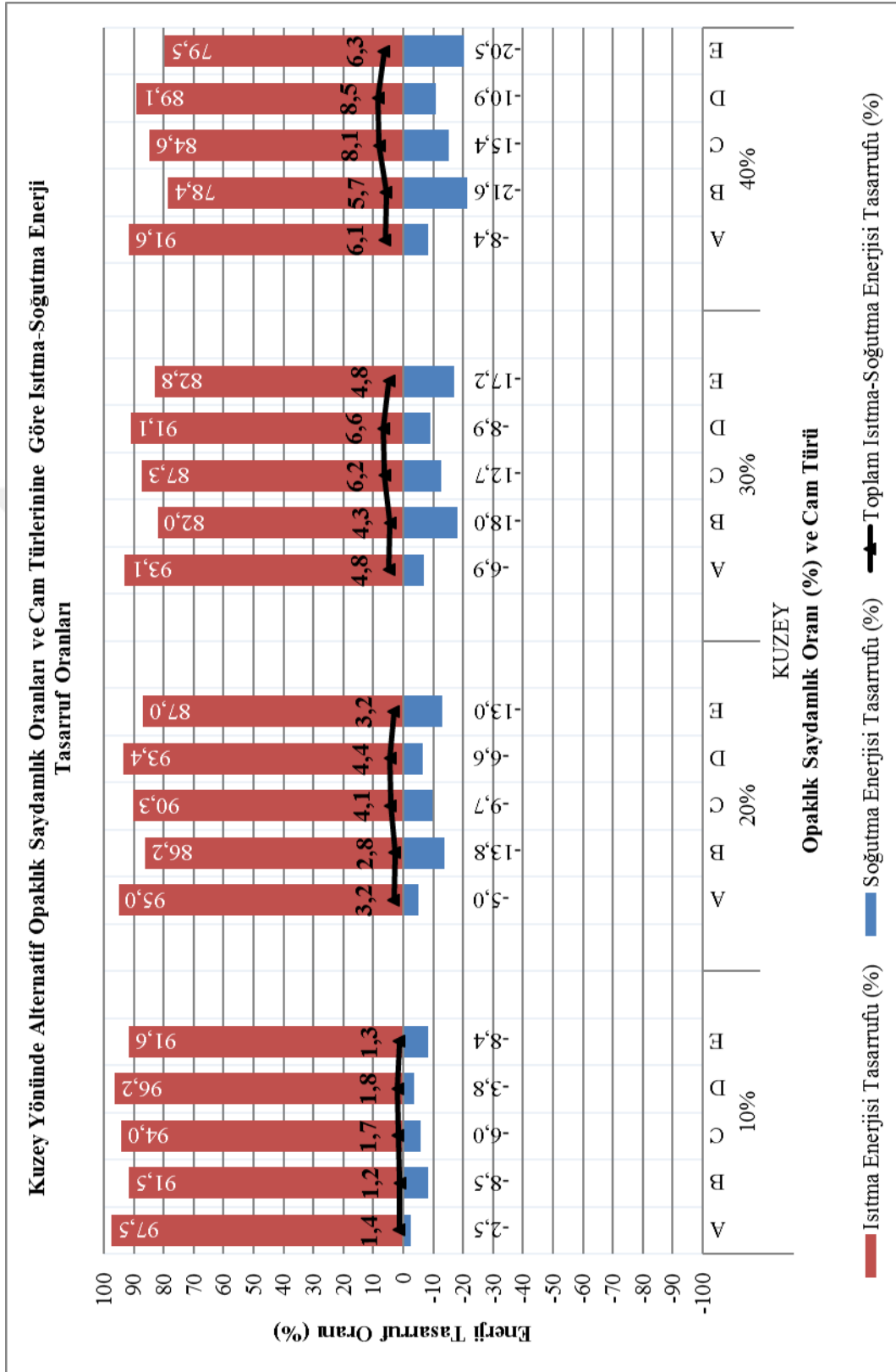
Kuzey yönü için hesaplanan enerji tüketimlerinin referans enerji tüketimleriyle karşılaştırıldığında elde edilen enerji tasarruf oranları ile bu tasarruf oranını oluşturan ısıtma ve soğutma tasarruf oranları Şekil 4.41-42'de görülmektedir. Buna göre kuzey yönünde opaklık saydamlık oranı %10'dan %80'e arttıkça;

- A tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %89.6-%97.5,
 - b. Soğutma enerjisinde %2.5-%10.4,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.4-%10.4,
- B tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %73.4-%91.5,
 - b. Soğutma enerjisinde %8.5-%26.6,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma en enerjisinde %1.2-%10.2,
- C tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %80.4-%94,
 - b. Soğutma enerjisinde %6-%19.6
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.7-%14.2,
- D tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %86.1-%96.2,
 - b. Soğutma enerjisinde %3.8-%13.9,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.8-%14.5,
- E tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %74.3-%91.6,
 - b. Soğutma enerjisinde %8.4-%25.7 ve
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.3-%11.3

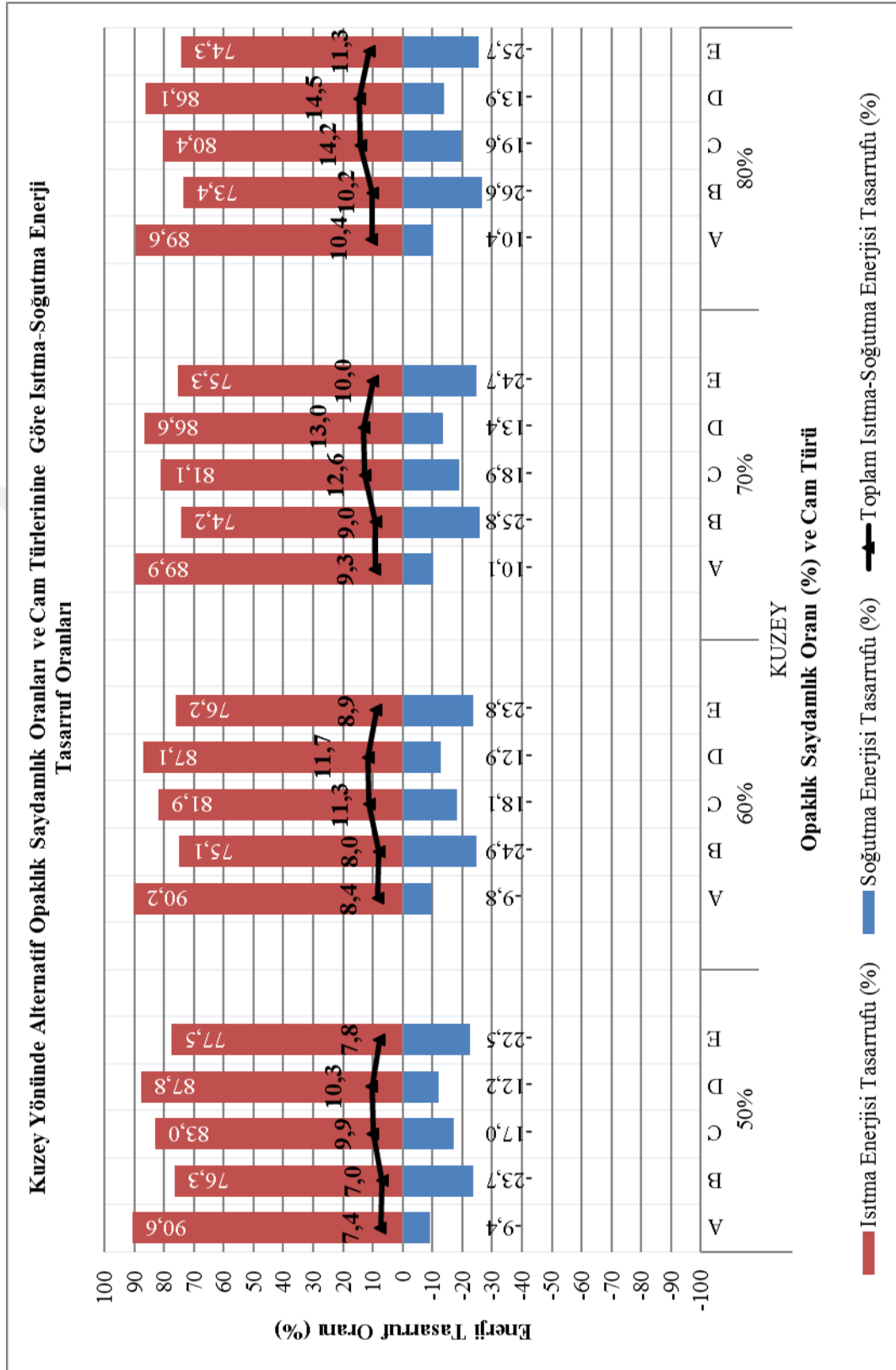
enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda kuzey yönünde optimum enerji tüketimi için tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında;

- Isıtma enerjisi tüketiminde D tipi camın,
- Soğutma enerjisi tüketiminde E tipi camın ve
- Toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketiminde D tipi camın

uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.41. Örnek binanın kuzey yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları



Şekil 4.42. Örnek binanın kuzey yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları

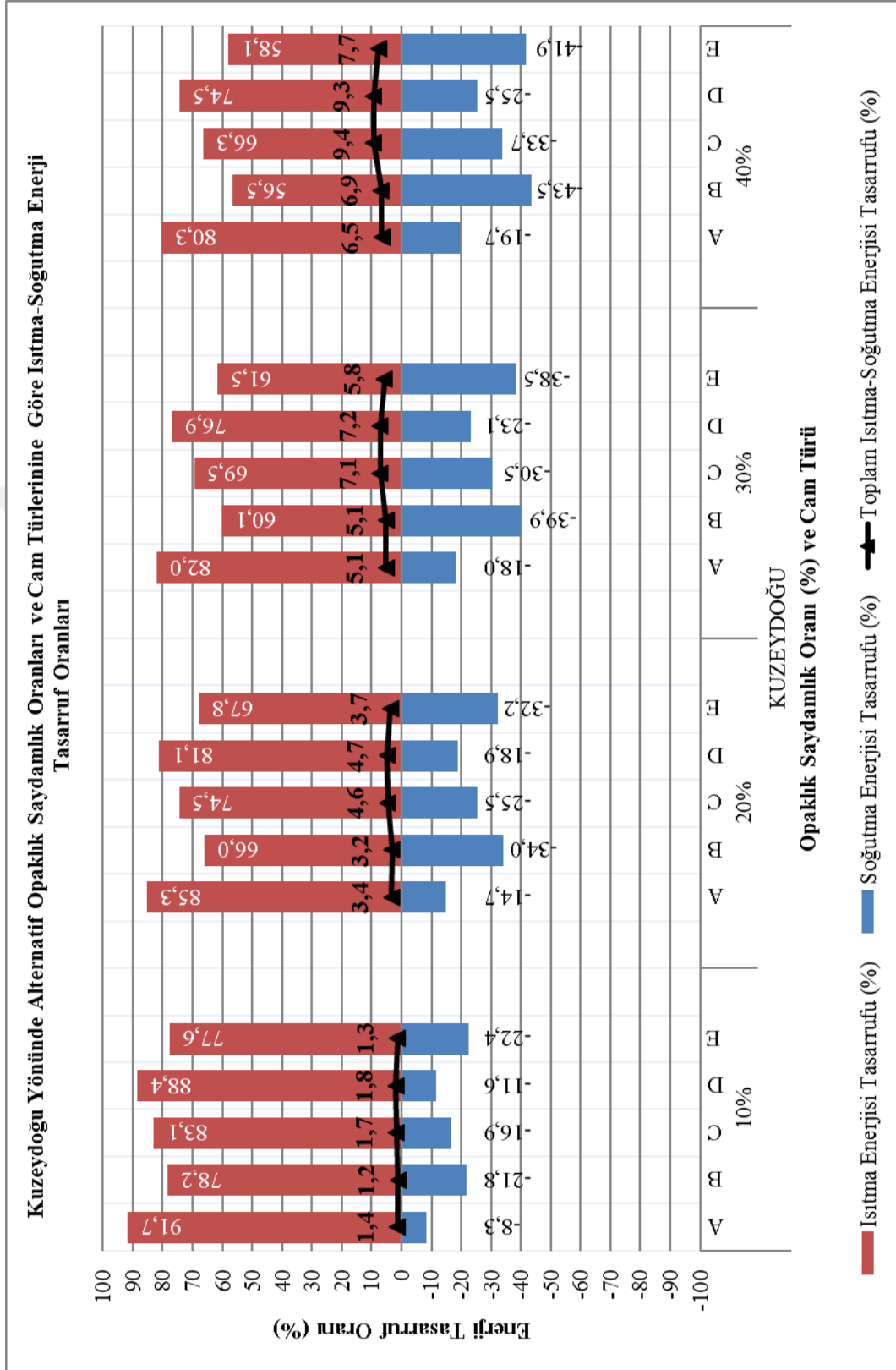
Kuzeydoğu yönü için hesaplanan enerji tüketimlerinin referans enerji tüketimleriyle karşılaştırıldığında elde edilen enerji tasarruf oranları ile bu tasarruf oranını oluşturan ısıtma ve soğutma tasarruf oranları Şekil 4.43-44’de görülmektedir. Buna göre kuzeydoğu yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;

- A tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %78.8-%91.7,
 - b. Soğutma enerjisinde %8.3-%21.2,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.4-%10.9,
- B tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %52.9-%78.2,
 - b. Soğutma enerjisinde %21.8-%47.1,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma en enerjisinde %1.2-%12.3,
- C tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %62.4-%83.1,
 - b. Soğutma enerjisinde %16.9-%37.6,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.7-%16.4,
- D tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %71.7-%88.4,
 - b. Soğutma enerjisinde %11.6-%28.3,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.8-%15.8,
- E tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %53.8-%77.6,
 - b. Soğutma enerjisinde %22.4-%46.2 ve
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.3-%13.6

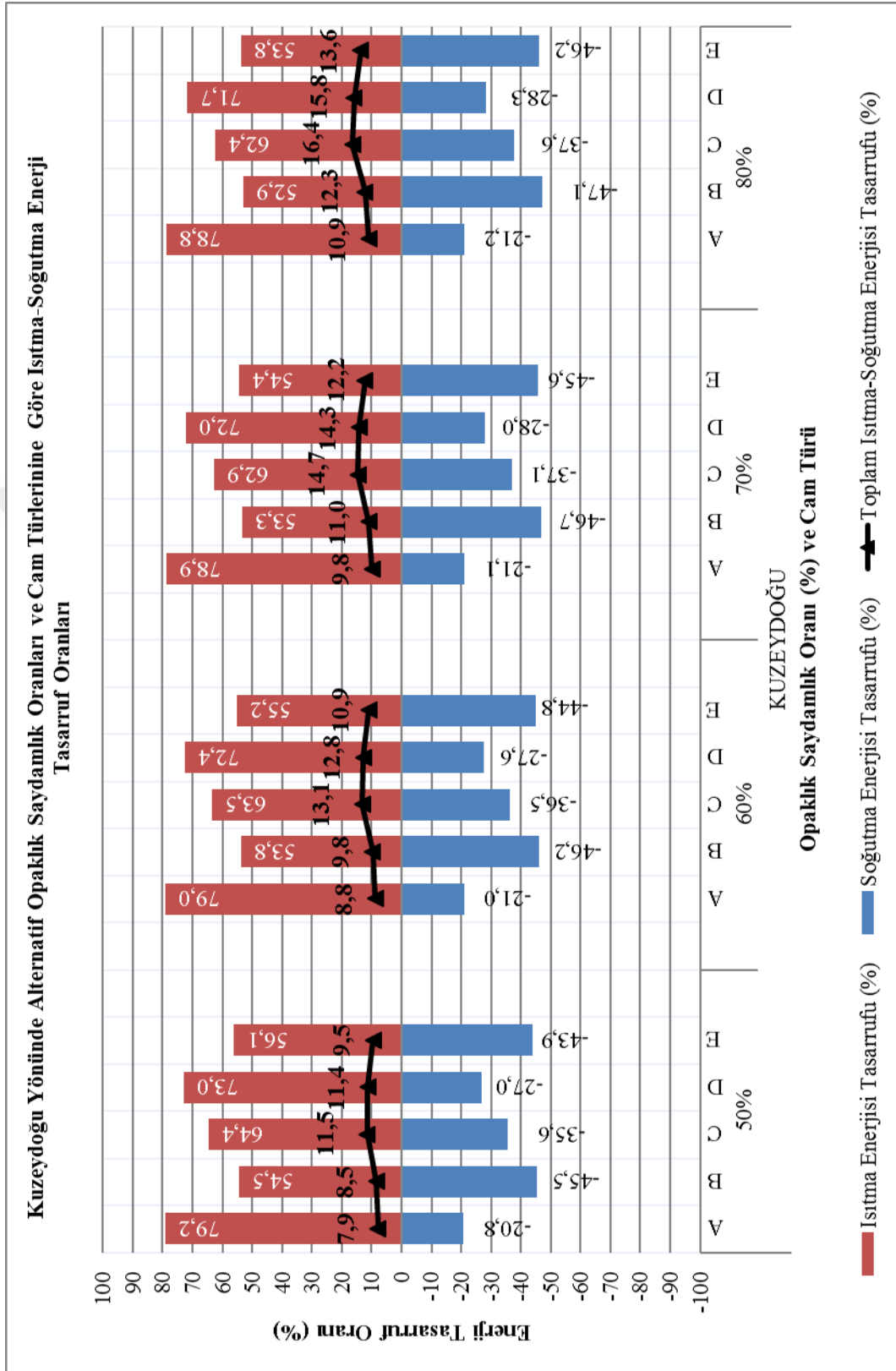
enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda kuzeydoğu yönünde optimum enerji tüketimi için;

- Isıtma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın,
- Soğutma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında E tipi camın,
- Toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketiminde
 - %10-%30 opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın ve
 - %40-%80 opaklık saydamlık oranlarında C tipi camın

uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.43. Örnek binanın kuzeydoğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları



Şekil 4.44. Örnek binanın kuzeydoğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları

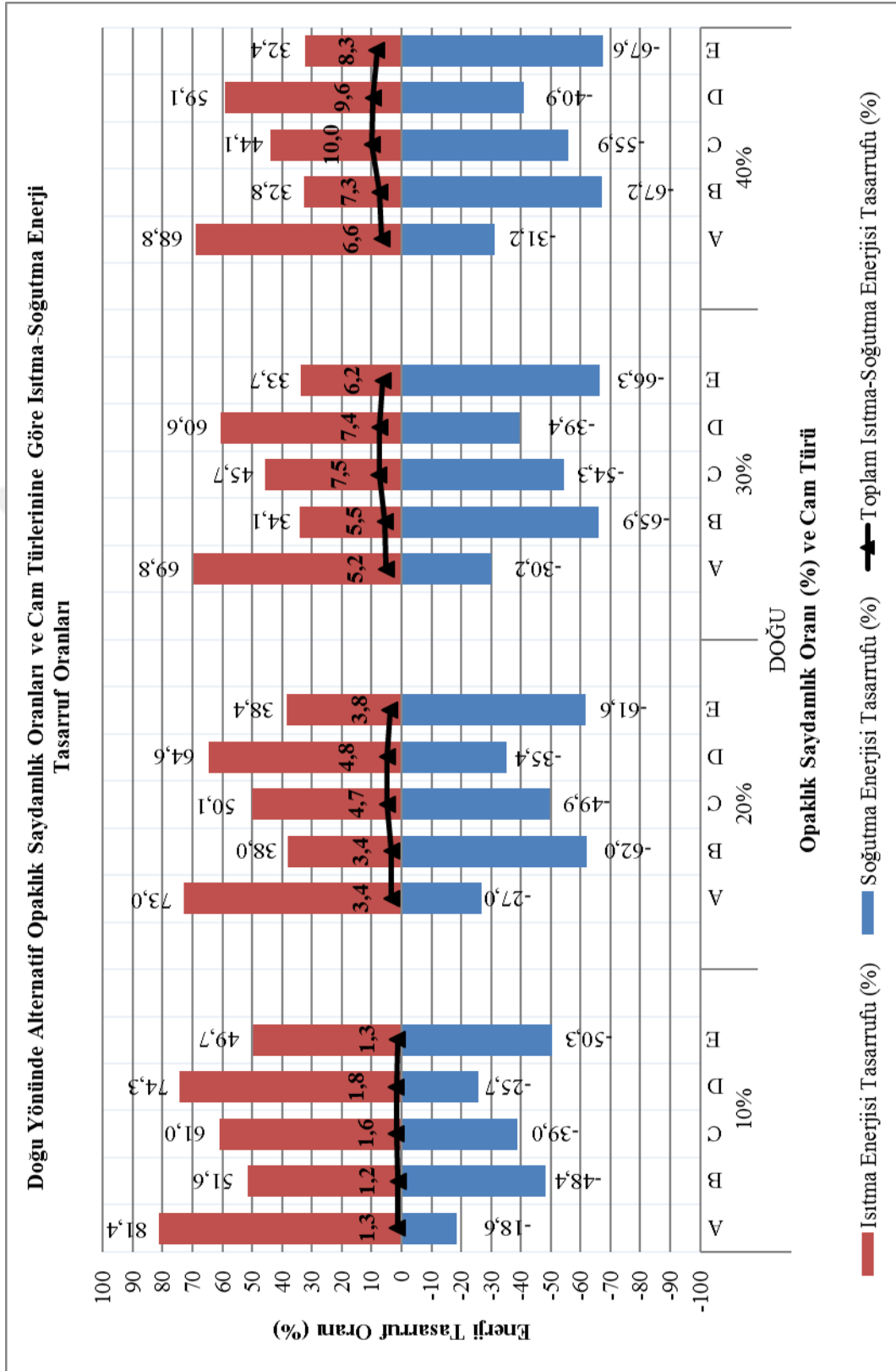
Doğu yönü için hesaplanan enerji tüketimlerinin referans enerji tüketimleriyle karşılaştırıldığında elde edilen enerji tasarruf oranları ile bu tasarruf oranını oluşturan ısıtma ve soğutma tasarruf oranları Şekil 4.45-46'da görülmektedir. Buna göre doğu yönünde opaklık saydamlık oranı %10'dan %80'e arttıkça;

- A tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %68.3-%81.4
 - b. Soğutma enerjisinde %18.6-%31.7,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.3-%10.8,
- B tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %32-%51.6,
 - b. Soğutma enerjisinde %48.4-%68,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma en enerjisinde %1.2-%12.9,
- C tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %42.8-%61
 - b. Soğutma enerjisinde %39-%57.2,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.6-%17.2,
- D tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %58.1-%74.3,
 - b. Soğutma enerjisinde %25.7-%41.9,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.8-%16,
- E tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %31.6-%49.7,
 - b. Soğutma enerjisinde %50.3-%68.4 ve
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.3-%14.6

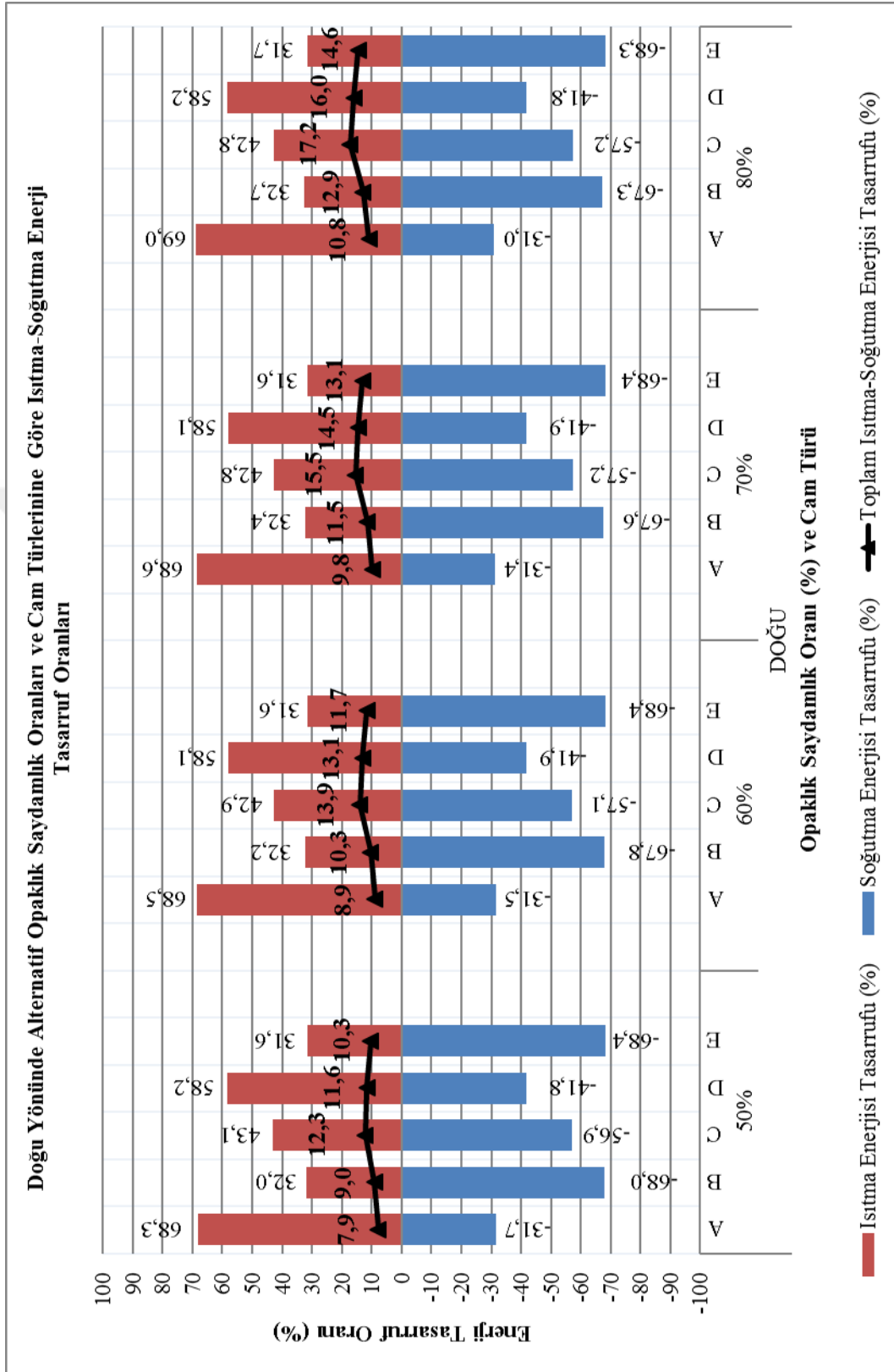
enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda doğu yönünde optimum enerji tüketimi için;

- Isıtma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın,
- Soğutma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında E tipi camın,
- Toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketiminde
 - %10-%20 opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın ve
 - %30-%80 opaklık saydamlık oranlarında C tipi camın

uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.45. Örnek binanın doğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları



Şekil 4.46. Örnek binanın doğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları

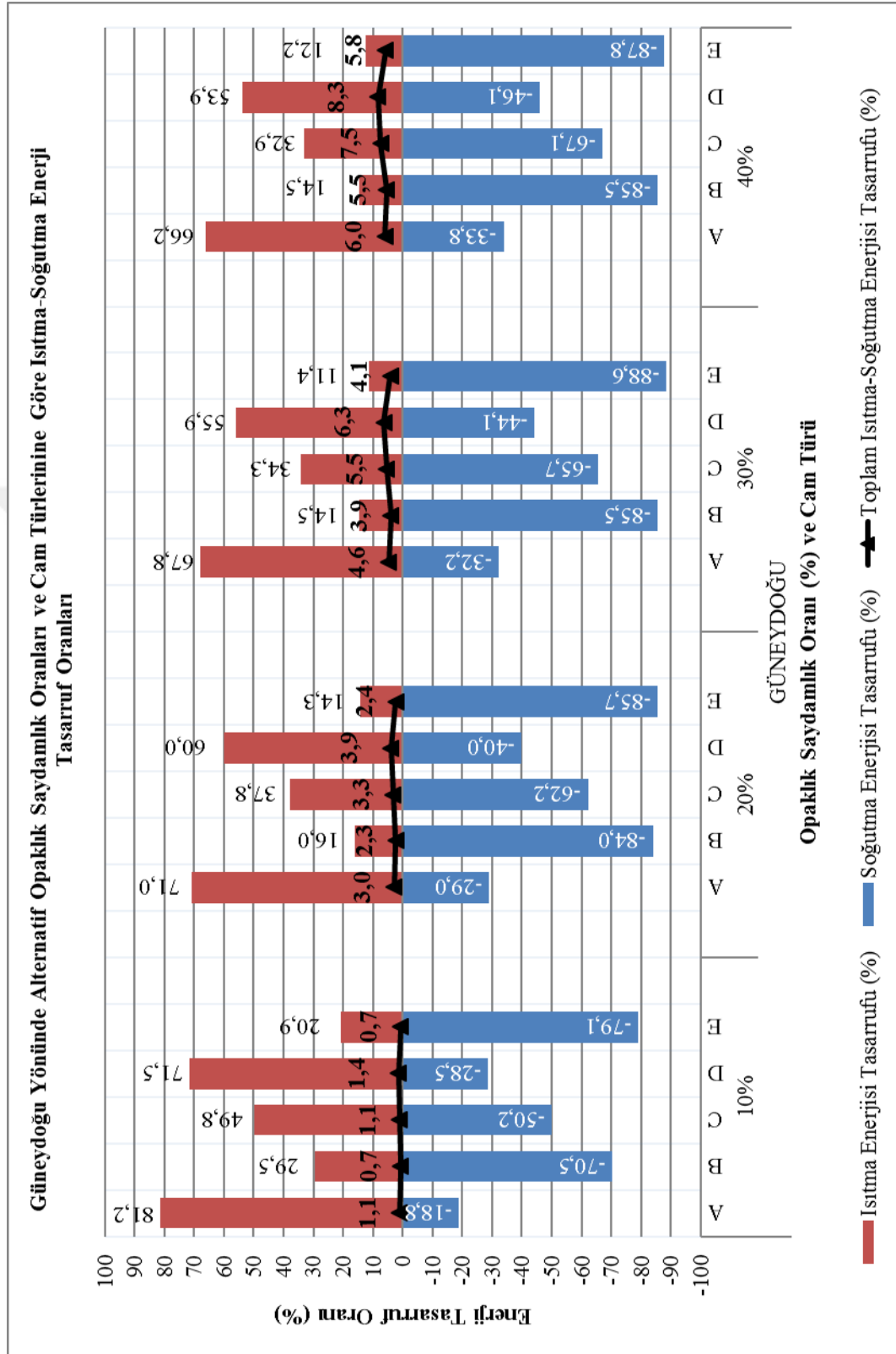
Güneydoğu yönü için hesaplanan enerji tüketimlerinin referans enerji tüketimleriyle karşılaştırıldığında elde edilen enerji tasarruf oranları ile bu tasarruf oranını oluşturan ısıtma ve soğutma tasarruf oranları Şekil 4.47-48’de görülmektedir. Buna göre güneydoğu yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;

- A tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %65.2-%81.2,
 - b. Soğutma enerjisinde %18.8-%34.8,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.1-%10.4,
- B tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %14.5-%29.5,
 - b. Soğutma enerjisinde %70.5 -%85.5,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma en enerjisinde %0.7-%10.6,
- C tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %32.2-%49.8,
 - b. Soğutma enerjisinde %50.2-%67.8,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.1-%13.9,
- D tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %52.5-%71.5,
 - b. Soğutma enerjisinde %28.5-%47.5,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.4-%14.9,
- E tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %11.4-%20.9,
 - b. Soğutma enerjisinde %79.1-%88.6 ve
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %0.7-%11.1

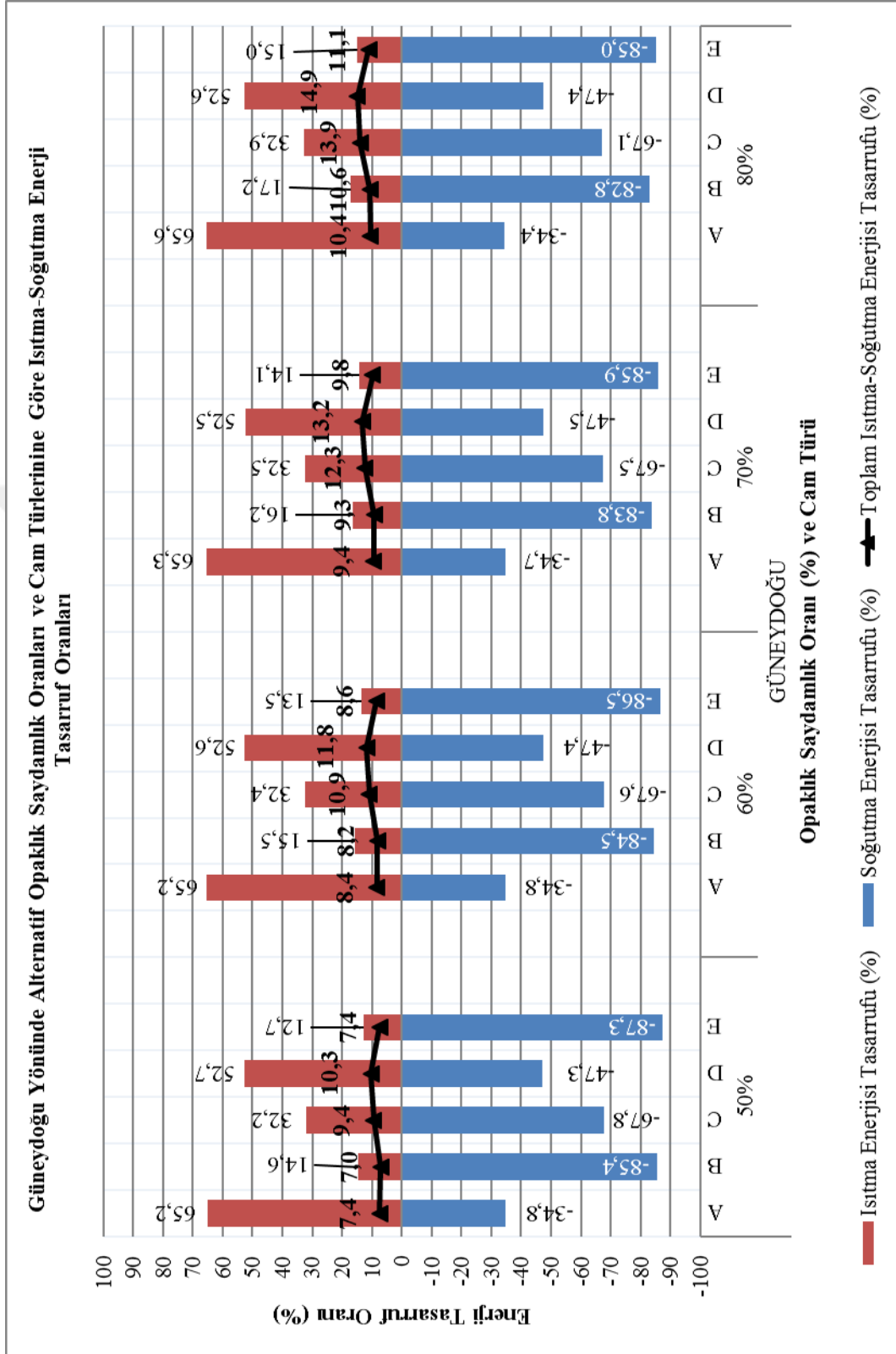
enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda güneydoğu yönünde optimum enerji tüketimi için tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında;

- Isıtma enerjisi tüketiminde D tipi camın,
- Soğutma enerjisi tüketiminde E tipi camın ve
- Toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketiminde D tipi camın

uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.47. Örnek binanın güneydoğu yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları



Şekil 4.48. Örnek binanın güneydoğu yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları

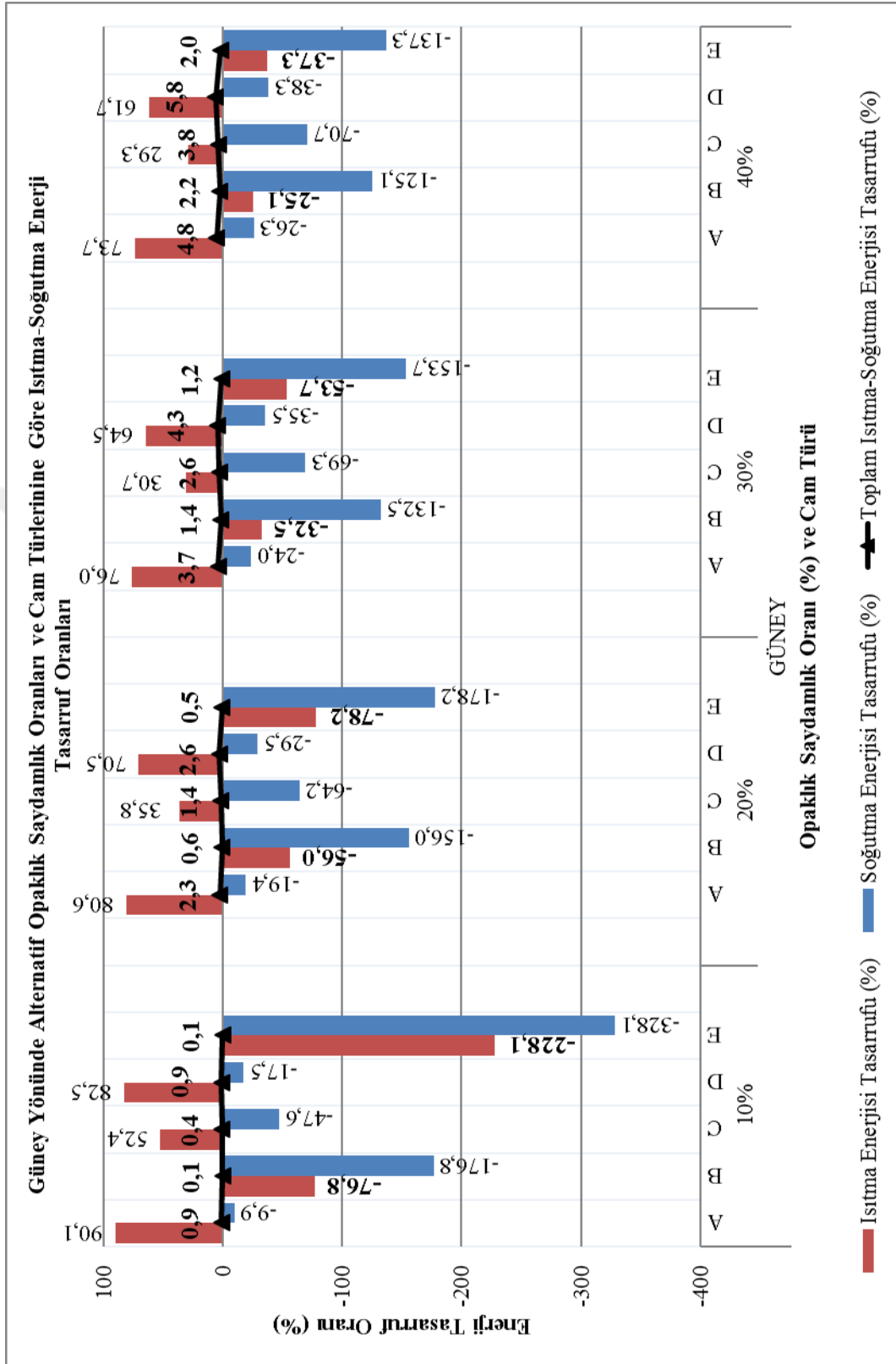
Güney yönü için hesaplanan enerji tüketimlerinin referans enerji tüketimleriyle karşılaştırıldığında elde edilen enerji tasarruf oranları ile bu tasarruf oranını oluşturan ısıtma ve soğutma tasarruf oranları Şekil 4.49-50’de görülmektedir. Buna göre güney yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;

- A tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %71.8-%90.1,
 - b. Soğutma enerjisinde %9.9-%28.2,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %0.9-%9,
- B tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %9.3-%76.8 **enerji artışı olduğu**,
 - b. Soğutma enerjisinde %109.3-%176.8,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %0.1-%5.1,
- C tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %28.5-%52.4,
 - b. Soğutma enerjisinde %47.6-%71.5,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %0.4-%7.9,
- D tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %59.3-%82.5,
 - b. Soğutma enerjisinde %17.5-%40.7,
 - i. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %0.9-%11.1,
- E tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %18.3-%228.1 **enerji artışı olduğu**,
 - b. Soğutma enerjisinde %118.3-%328.1,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %0.1-%4.8

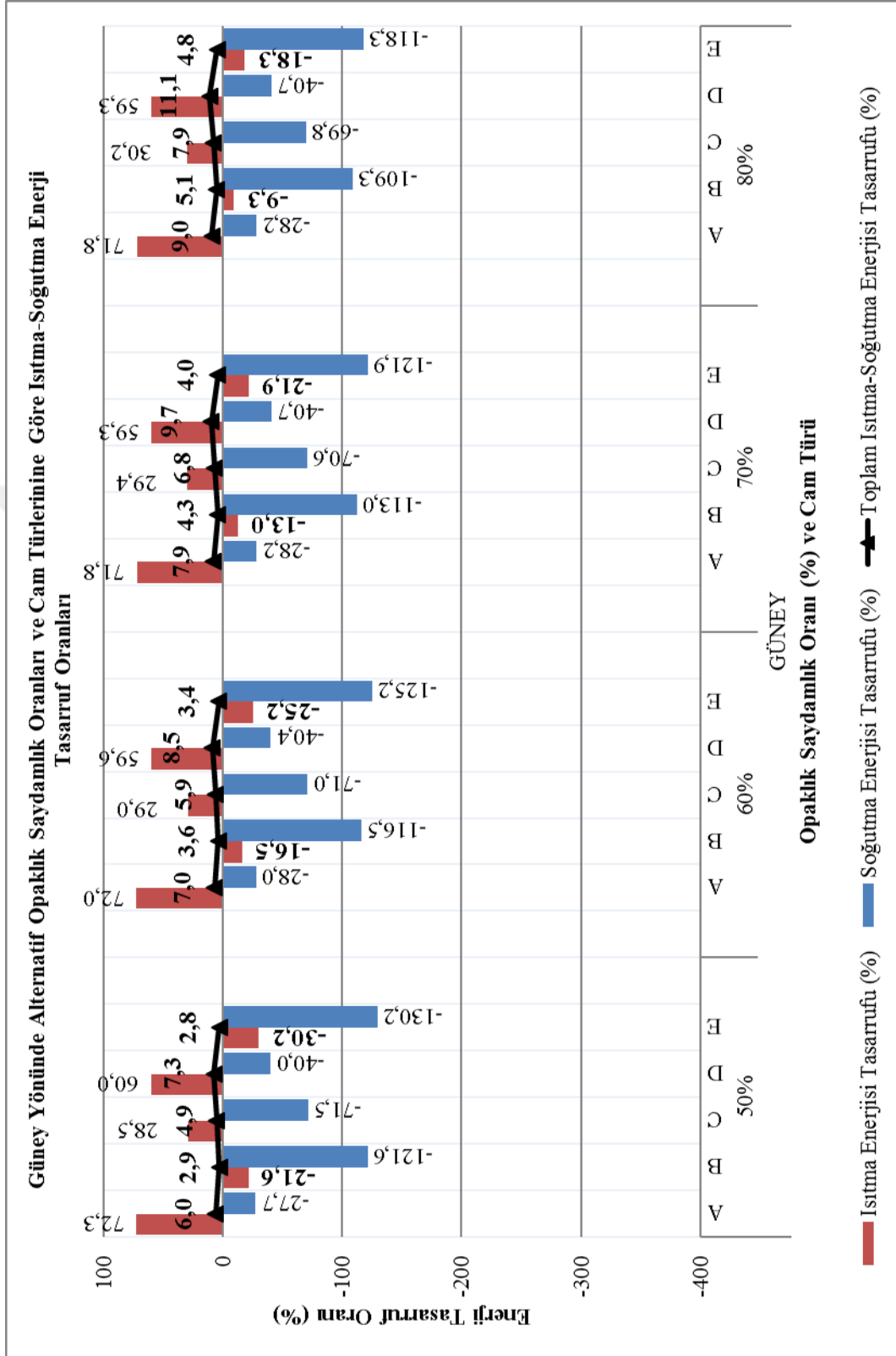
enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda batı yönünde optimum enerji tüketimi için;

- Isıtma enerjisi tüketiminde
 - %10-%30 opaklık saydamlık oranlarında A tipi camın,
 - %50-%80 opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın
- Soğutma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında E tipi camın ve
- Toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın

uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.49. Örnek binanın güney yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları



Şekil 4.50. Örnek binanın güney yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları

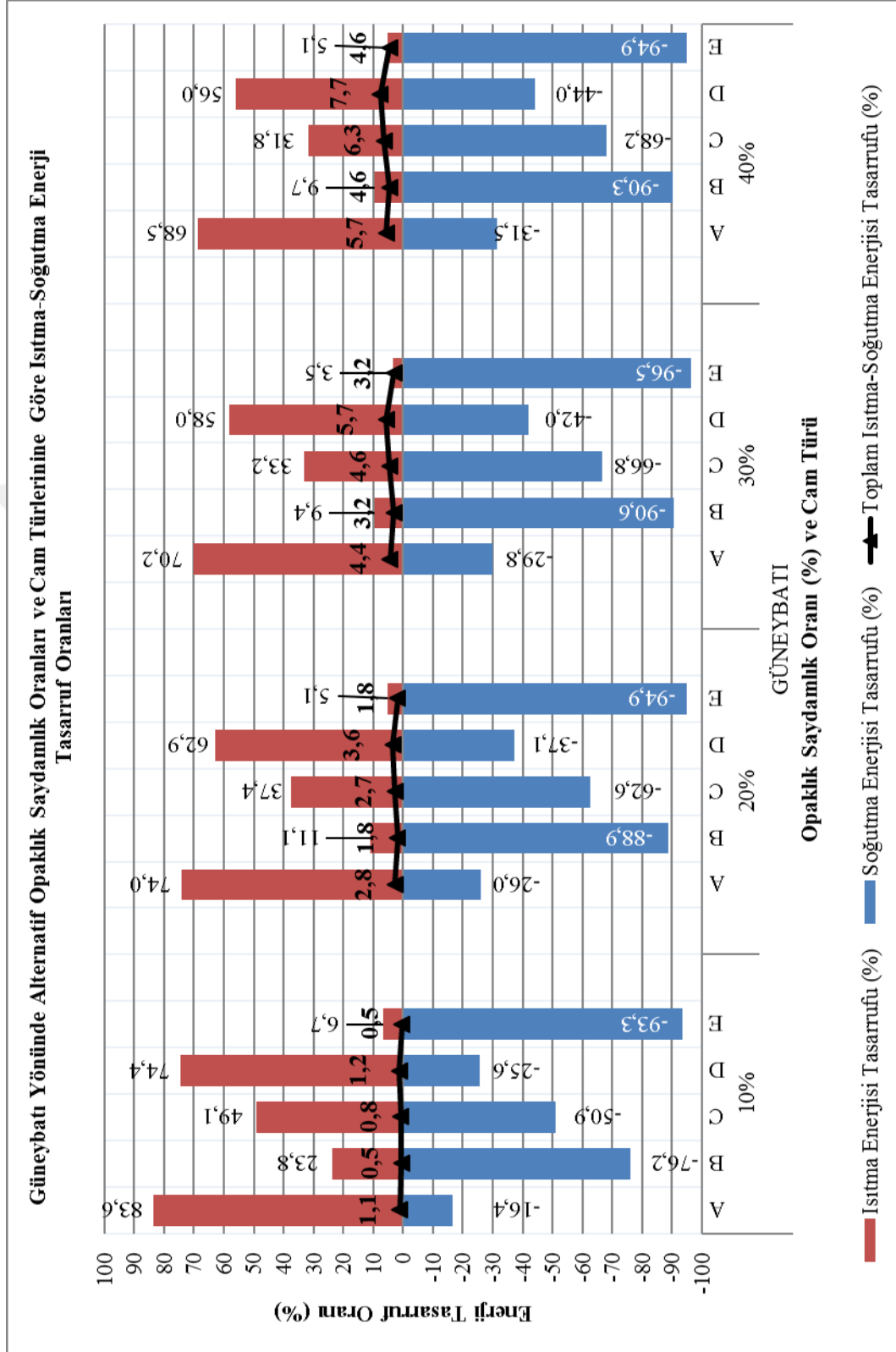
Güneybatı yönü için hesaplanan enerji tüketimlerinin referans enerji tüketimleriyle karşılaştırıldığında elde edilen enerji tasarruf oranları ile bu tasarruf oranını oluşturan ısıtma ve soğutma tasarruf oranları Şekil 4.51-52’de görülmektedir. Buna göre güneybatı yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;

- A tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %67.6-%83.6,
 - b. Soğutma enerjisinde %16.4-%32.4
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.1-%10,
- B tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %9.4-%23.8,
 - b. Soğutma enerjisinde %76.2-%90.6,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma en enerjisinde %0.5-%9.1,
- C tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %31-%49.1,
 - b. Soğutma enerjisinde %50.9-%69,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %0.8-%12.2,
- D tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %54.3-%74.4,
 - b. Soğutma enerjisinde %25.6-%45.7,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.2-%13.9,
- E tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %3.5-%8.9,
 - b. Soğutma enerjisinde %91.1-%96.5 ve
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %0.5-%9.2

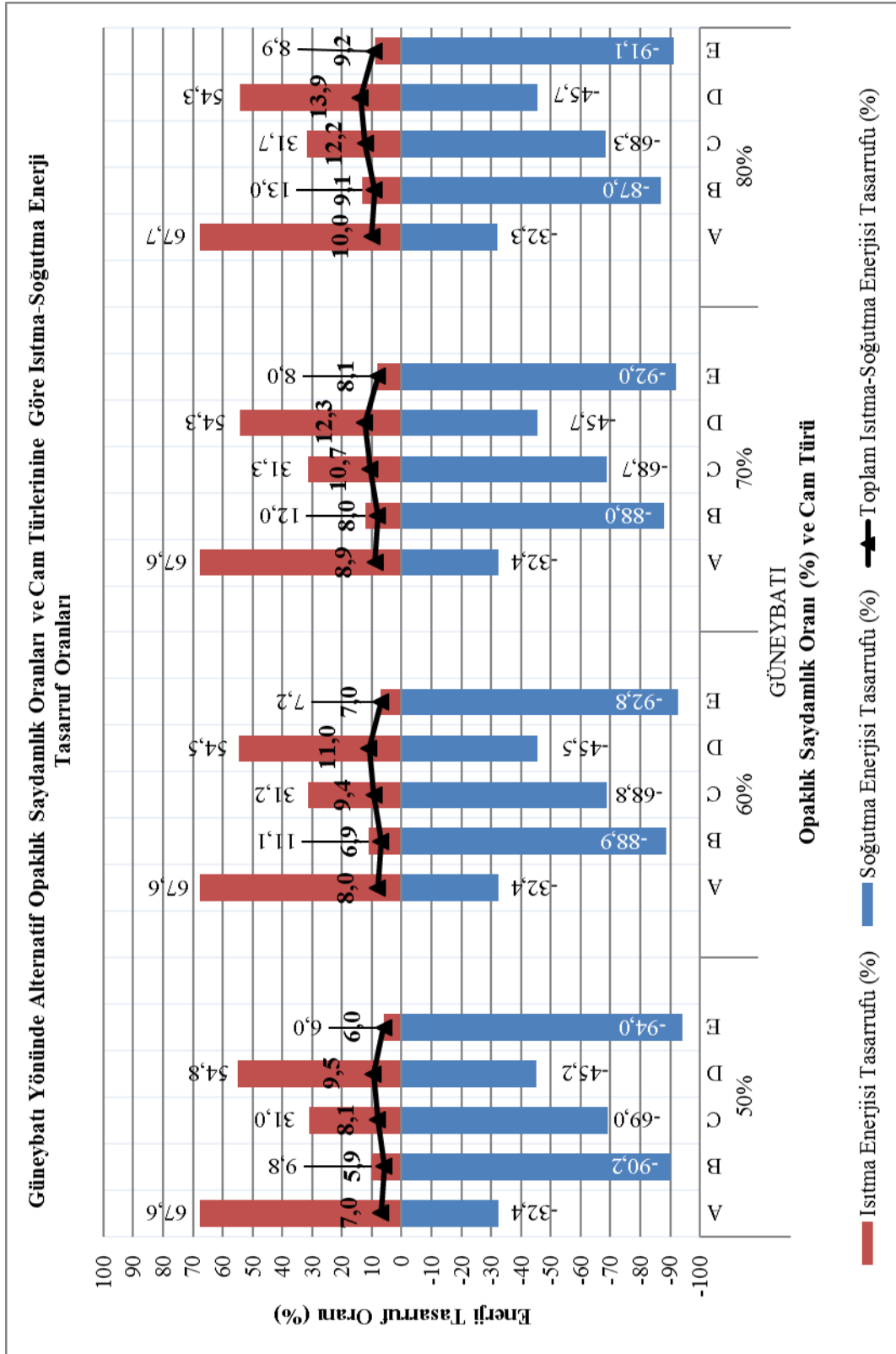
enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda güneybatı yönünde optimum enerji tüketimi için tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında;

- Isıtma enerjisi tüketiminde D tipi camın,
- Soğutma enerjisi tüketiminde E tipi camın ve
- Toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketiminde D tipi camın

uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.51. Örnek binanın güneybatı yönünde %10-%40 opaklık saydımlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları



Şekil 4.52. Örnek binanın güneybatı yönünde %50-%80 opaklık saydımlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları

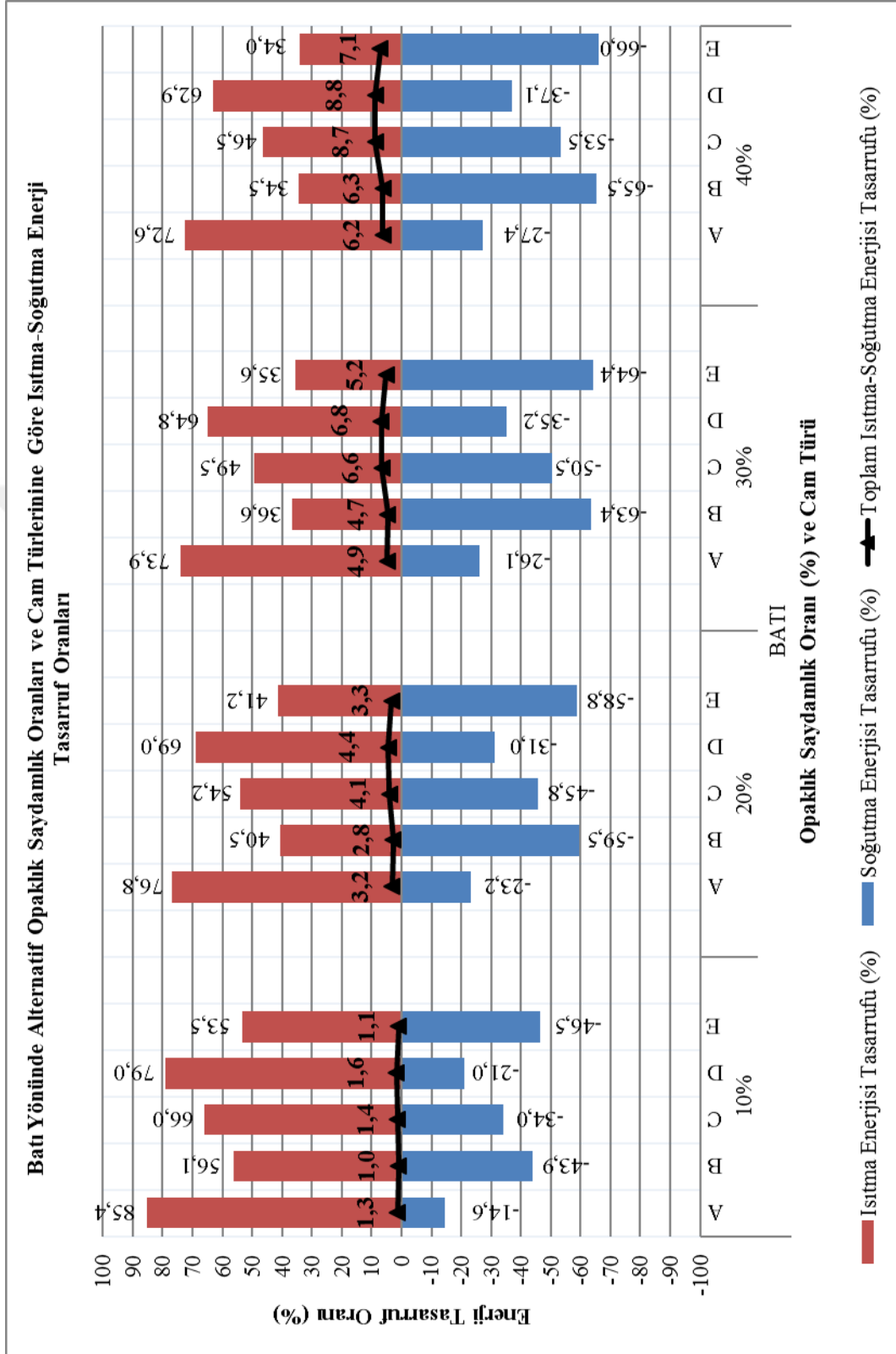
Batı yönü için hesaplanan enerji tüketimlerinin referans enerji tüketimleriyle karşılaştırıldığında elde edilen enerji tasarruf oranları ile bu tasarruf oranını oluşturan ısıtma ve soğutma tasarruf oranları Şekil 4.53-54’de görülmektedir. Buna göre batı yönünde opaklık saydamlık oranı %10’dan %80’e arttıkça;

- A tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %71.9-%85.4,
 - b. Soğutma enerjisinde %14.6-%28.1,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.3-%10.4,
- B tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %33.4-%56.1,
 - b. Soğutma enerjisinde %43.9-%66.6,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma en enerjisinde %1-%13,
- C tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %44.7-%66,
 - b. Soğutma enerjisinde %34-%55.3,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.4-%15.7,
- D tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %61.5-%79,
 - b. Soğutma enerjisinde %21-%38.5,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.6-%15.1,
- E tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %32.8-%53.5
 - b. Soğutma enerjisinde %46.5-%67.2 ve
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.1-%13

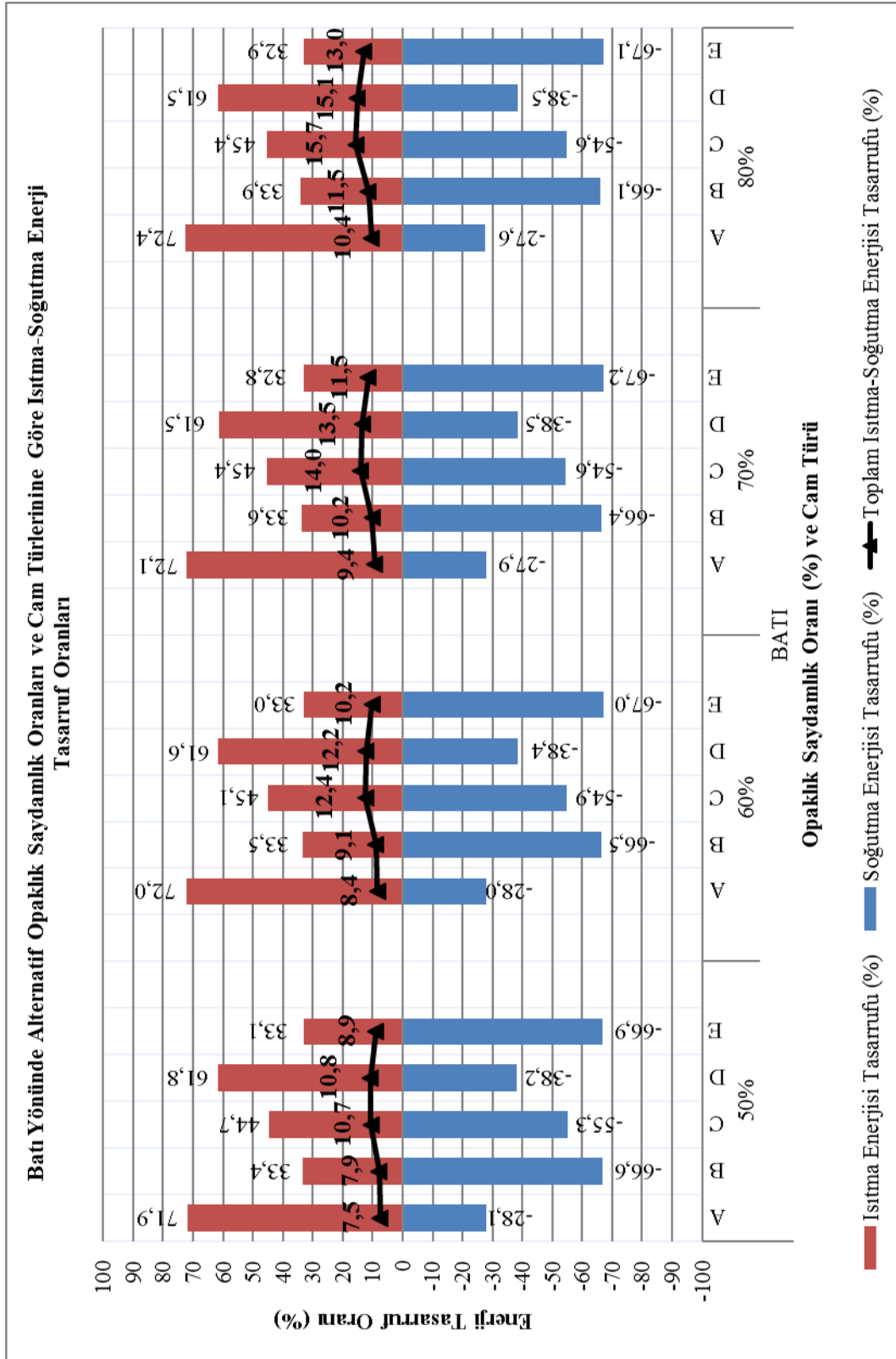
enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda batı yönünde optimum enerji tüketimi için;

- Isıtma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın,
- Soğutma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında E tipi camın,
- Toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketiminde
 - %10-%50 opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın ve
 - %60-%80 opaklık saydamlık oranlarında C tipi camın

uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.53. Örnek binanın batı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları



Şekil 4.54. Örnek binanın batı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları

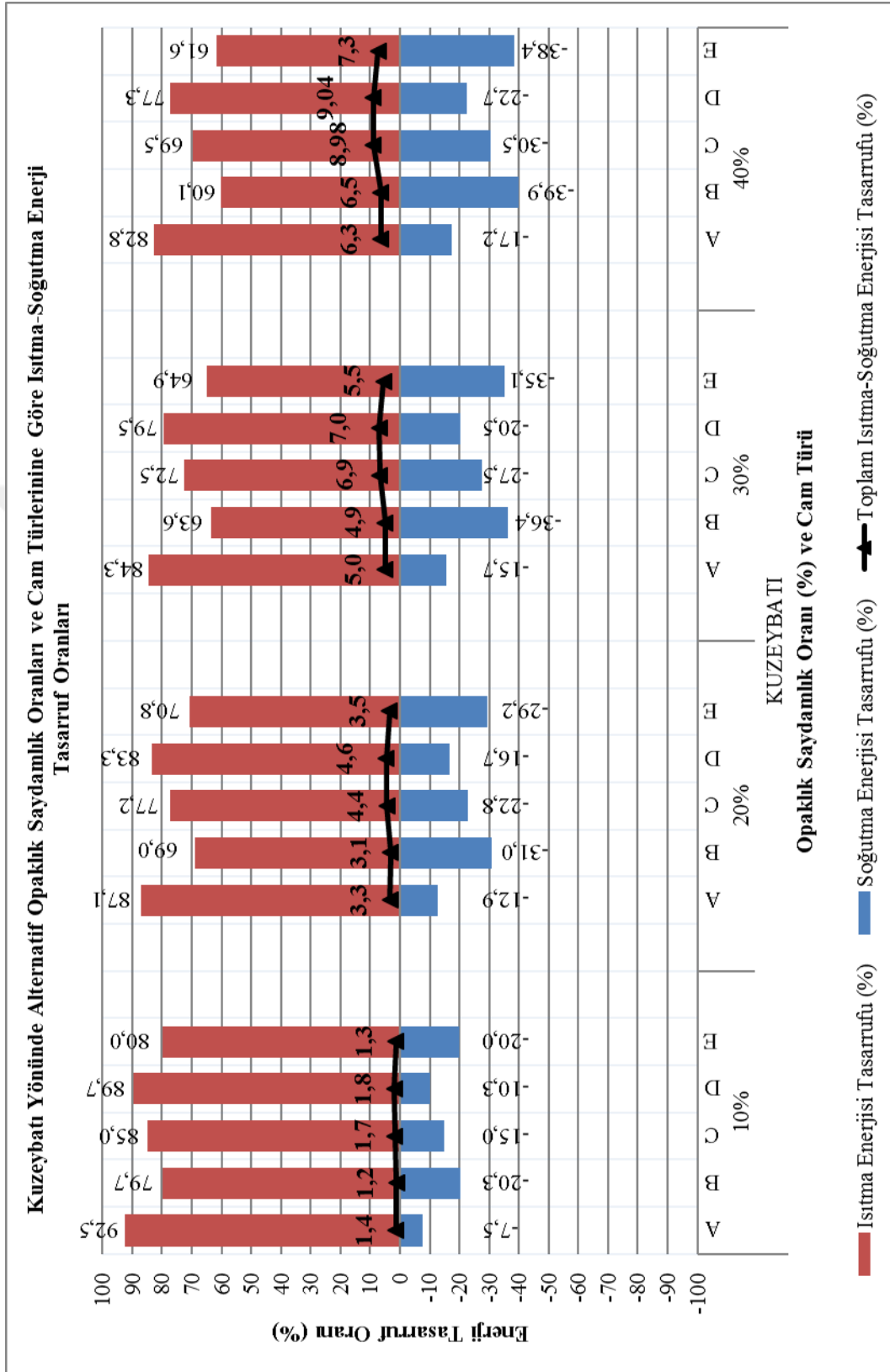
Kuzeybatı yönü için hesaplanan enerji tüketimlerinin referans enerji tüketimleriyle karşılaştırıldığında elde edilen enerji tasarruf oranları ile bu tasarruf oranını oluşturan ısıtma ve soğutma tasarruf oranları Şekil 4.55-56'da görülmektedir. Buna göre kuzeybatı yönünde opaklık saydamlık oranı %10'dan %80'e arttıkça;

- A tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %81.4-%92.5,
 - b. Soğutma enerjisinde %7.5-%18.6,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.4-%10.6,
- B tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %56.3-%79.7
 - b. Soğutma enerjisinde %20.3-%43.7,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma en enerjisinde %1.2-%11.6,
- C tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %65.7-%85,
 - b. Soğutma enerjisinde %15-%34.3,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.7-%15.7,
- D tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %74.6-%89.7,
 - b. Soğutma enerjisinde %10.3-%25.4,
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.8-%15.3,
- E tipi camda;
 - a. Isıtma enerjisinde %57.4-%80,
 - b. Soğutma enerjisinde %20-%42.6 ve
 - c. Toplam ısıtma-soğutma enerjisinde %1.3-%12.9

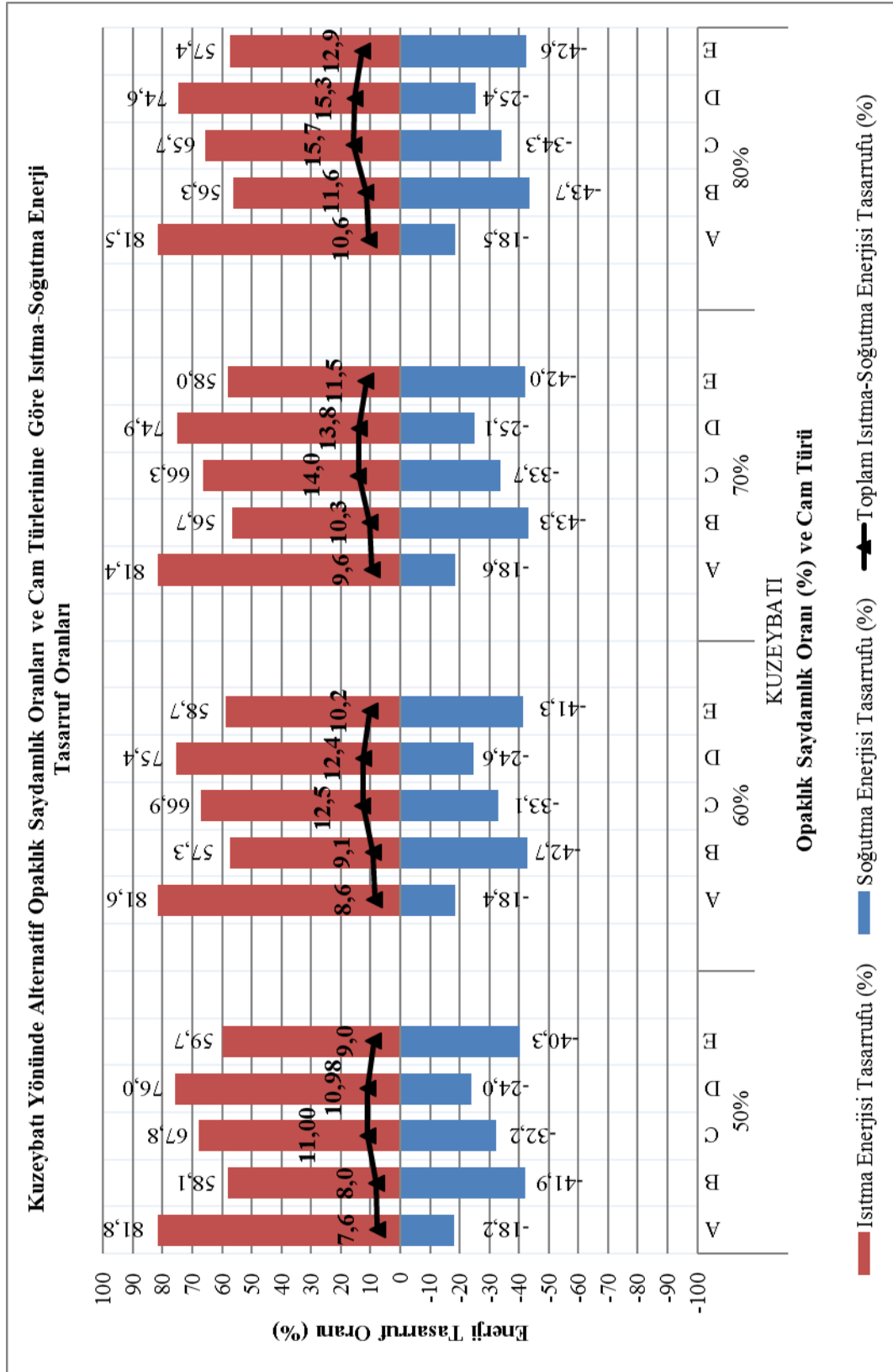
enerji tasarrufu yapıldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda kuzeybatı yönünde optimum enerji tüketimi için;

- Isıtma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın,
- Soğutma enerjisi tüketiminde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında E tipi camın ve
- Toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketiminde
 - %10-%40 opaklık saydamlık oranlarında D tipi camın
 - %50-%80 opaklık saydamlık oranlarında C tipi camın

uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.55. Örnek binanın kuzeybatı yönünde %10-%40 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları



Şekil 4.56. Örnek binanın kuzeybatı yönünde %50-%80 opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruf oranları

Isıtma ve soğutma enerji tasarrufları analiz edildiğinde;

- Güney yönünde, dış camında “güneş kontrolü” ile “aynı anda ısı ve güneş kontrolü” sağlayan low-e kaplamalı (B ve E türü) camların;
 - Tüm opaklık saydamlık oranlarında **ısıtma enerjisinde artış olduğu** (sırasıyla %9.3-%76.8 ve %18.3-%228.1),
 - Isıtma enerjisi tasarrufu yapamamasına rağmen toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketim oranlarının azaldığı (sırasıyla %0.1-%5.1 ile %0.1-%4.8),
- “Dış camında ısı kontrolü sağlayan çift cam”, “dış camında güneş kontrolü ve iç camında ısı kontrolü sağlayan üçlü cam” ve “dış ve iç camın her ikisinde de ısı kontrolü sağlayan üçlü cam” (A, C ve D cam türleri) alternatiflerinin;
 - %0.9-%10.9, %0.4-%17.2, %0.9-%16.1 oranlarıyla toplam ısıtma-soğutma enerjisi tasarrufu yaptığı,
 - Toplam enerji tasarrufunda;
 - Isıtma enerjisi tasarruf oranlarının; %65.2-%97.5, %28.5-%94, %96.2-%52.5 aralıklarında olduğu,
 - Soğutma enerjisi tasarruf oranlarının %2.5-%34.8, %6-%71.5, %3.8-%47.5 aralıklarında olduğu

belirlenmiştir.

- Isıtma enerjisi tasarrufunda tüm alternatif yönlerde ve opaklık saydamlık oranlarında %65.3-%97.5 aralığındaki tasarruf oranlarıyla A türü cam,
- Soğutma enerjisi tasarrufunda;
 - Kuzey ve kuzeybatı yönlerinde tüm alternatif opaklık saydamlık oranlarında, kuzeydoğu yönünde %20-%80 opaklık saydamlık oranları aralığında, doğuda ve batıda yönlerinde %20 opaklık saydamlık oranında, %8.5-%62 aralığındaki tasarruf oranlarıyla B türü cam,
 - Diğer tüm alternatif yönlerde ve opaklık saydamlık oranlarında %22.4-%328.11 aralığındaki tasarruf oranlarıyla E türü cam,
- Toplam ısıtma-soğutma enerji tasarrufunda;
 - Kuzeydoğu yönünde;
 - %10-%30 opaklık saydamlık oranlarında; %1.8-%7.2 tasarruf oranlarıyla D türü cam,
 - %40-%80 opaklık saydamlık oranlarında; %9.4-%16.4 tasarruf oranlarıyla C türü cam,

- Doğu yönünde;
 - %10-%20 opaklık saydamlık oranlarında; %1.8-%4.8 tasarruf oranlarıyla D türü cam,
 - %30-%80 opaklık saydamlık oranlarında; %7.5-%17.2 tasarruf oranlarıyla C türü cam,
- Batı yönünde;
 - %10-%50 opaklık saydamlık oranlarında; %1.6-%10.8 tasarruf oranlarıyla D türü cam,
 - %60-%80 opaklık saydamlık oranlarında; %12.4-%15.7 tasarruf oranlarıyla C türü cam,
- Kuzeybatı yönünde;
 - %10-%40 opaklık saydamlık oranlarında; %1.8-%9.04 tasarruf oranlarıyla D türü cam,
 - %50-%80 opaklık saydamlık oranlarında; %11-%15.7 tasarruf oranlarıyla C türü cam,
- Kuzey, güney, güneydoğu ve güneybatı yönlerinde tüm (%10-%80) opaklık saydamlık oranlarında %0.9-%11 tasarruf oranlarıyla D türü cam kullanılmasının uygun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.41-56).

4.6. Alternatif Yönlere, Opaklık Saydamlık Oranlara ve Cam Türlerine Göre Geri Ödeme Sürelerinin Belirlenmesi

Geri ödeme süresi, yapılan bir yatırımın nakit getirilerinin yatırım tutarını karşılama süresidir. Geri ödeme süresini bulabilmek için paranın zaman değerini dikkate alan dinamik bir model olan “net bugünkü değer” kullanılır [36].

Net bugünkü değer hesaplanırken;

$$NBD = \frac{R_1}{(1+f)^1} + \frac{R_2}{(1+f)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+f)^n} - YM \quad (4-1)$$

formülü kullanılır [36, 113]. Burada;

R: Toplam Yıllık Tasarruf (TL) [Isıtma ve soğutma enerjisi tasarrufu],

f: Faiz Oranı (%),

YM: Yatırım Maliyetidir (TL) [36].

Buradaki ısıtma ve soğutma enerjisi tasarrufu referans enerji tüketimi hesaplaması ve alternatif cam türleri tanımlandıktan sonraki enerji tüketim hesaplarının arasındaki farktır.

Enerji tasarrufu = Referans enerji tüketim hesabı – Alternatif cam tanımlandığında enerji tüketim hesabı (4-2)

Yapılan bu çalışma yeni inşa edilecek binalarda kullanılacağı için sadece cam türünün fiyat farkı yatırım maliyetini belirleyecek, doğrama ve duvar maliyetleri yatırım maliyetini etkilemeyecektir. Bu bağlamda;

Yatırım Maliyeti = Alternatif Cam Maliyeti - Mevcut Cam Maliyeti (4-3)

olarak hesaplanmıştır.

Cam üreticisi olan firmanın 2015 yılı perakende satış fiyatları ise (KDV hariç);

- A tipi camda 56 TL/m²,
- B tipi cam 61 TL/m²,
- C tipi cam 90 TL/m²,
- D tipi cam 85 TL/m²,
- E tipi cam 78 TL/m² ve
- Mevcut (kaplamasız) cam 49 TL/m²

olarak kabul edilmiştir.

Isıtma ve soğutma enerjisi maliyetleri ise ESGAZ (Eskişehir Doğal Gaz Dağıtım Tic. ve Tah. A.Ş.) ve OEDAŞ (Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş., Eskişehir) kurumlarının mevcut faturalandırma değerlerine göre;

- Isıtma için **doğalgaz enerjisi maliyeti** (1 m³ için) 0.100515 TL/kWh (Enerji miktarı 10.64 kWh/m³ ve Birim maliyetinin 0.906339 TL/ m³ +%18 KDV)
- Soğutma için **elektrik enerjisi maliyeti** 0.4092 TL/kWh (birim maliyet 0.3092 kr/kWh ve Fon, dağıtım bedeli, personel giderleri +KDV 0.1 kr/kWh)

olduğu kabulleriyle hesaba dahil edilmiştir [114, 115].

Isıtma-soğutma enerjisi fiyat artışlarında (%8) ve banka faizlerinde (%15) TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından belirlenen veriler kullanılmıştır. Söz konusu formüller ve veriler doğrultusunda alternatif yön ve opaklık saydamlık oranlarına göre alternatif cam türlerinin geri ödeme süreleri aşağıda yer almaktadır (ısıtma ve soğutma enerjilerinin; tasarruf miktarları ve maliyetleri de EK-5’de yer almaktadır).

Kuzey yönünde toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruflarına göre A, B, C, D ve E alternatif cam türlerinin geri ödeme süreleri sırasıyla; 0.85-1.31, 1.26-2.34, 3.55-7.13, 3.48-6.24 ve 3.08-6.10 yıl aralığındadır (Şekil 4.57).

Kuzeydoğu yönünde toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruflarına göre A, B, C, D ve E alternatif cam türlerinin geri ödeme süreleri sırasıyla; 0.61-1.15, 0.67-1.59, 2.20-5.14, 2.23-4.44 ve 1.56-4.14 yıl aralığındadır (Şekil 4.58).

Doğu yönünde toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruflarına göre A, B, C, D ve E alternatif cam türlerinin geri ödeme süreleri sırasıyla; 0.50-0.87, 0.49-1.21, 1.47-3.42, 1.61-3.41 ve 1.15-2.56 yıl aralığındadır (Şekil 4.59).

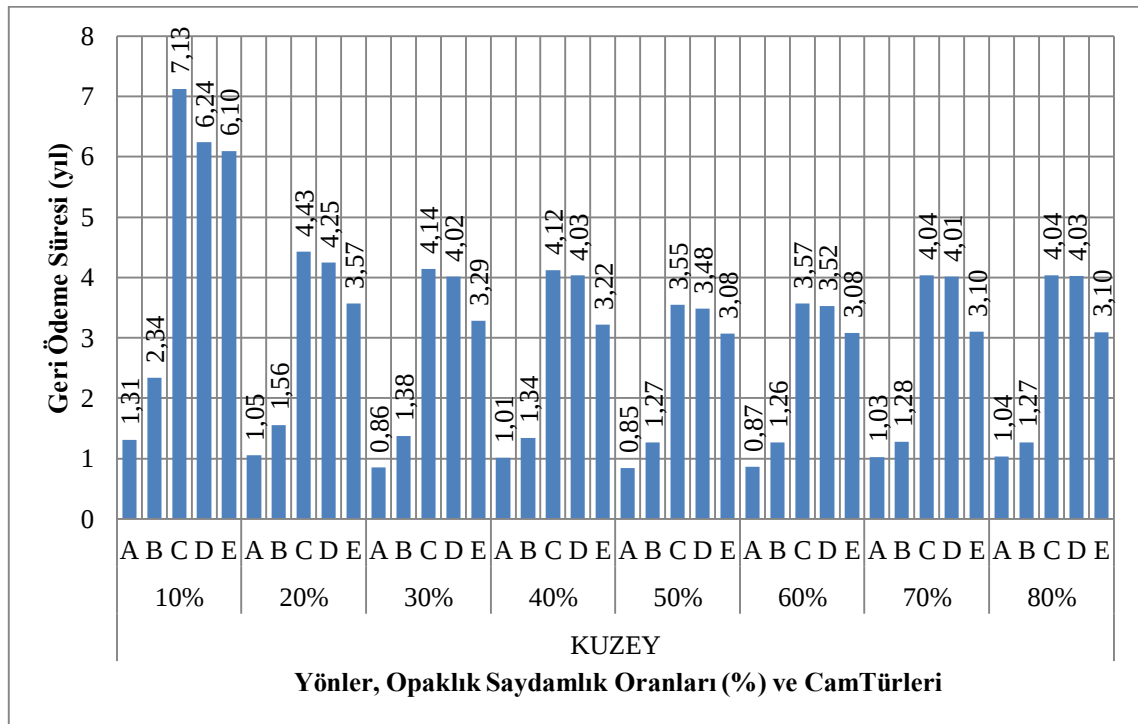
Güneydoğu yönünde toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruflarına göre A, B, C, D ve E alternatif cam türlerinin geri ödeme süreleri sırasıyla; 0.55-1.16, 0.57-1.57, 2.02-4.00, 2.03-4.37 ve 1.39-4.13 yıl aralığındadır (Şekil 4.60).

Güney yönünde toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruflarına göre A, B, C, D ve E alternatif cam türlerinin geri ödeme süreleri sırasıyla; 0.82-1.70, 1.24-5.37, 4.19-20.04, 2.23-5.32 ve 2.93-9.90 yıl aralığındadır (Şekil 4.61).

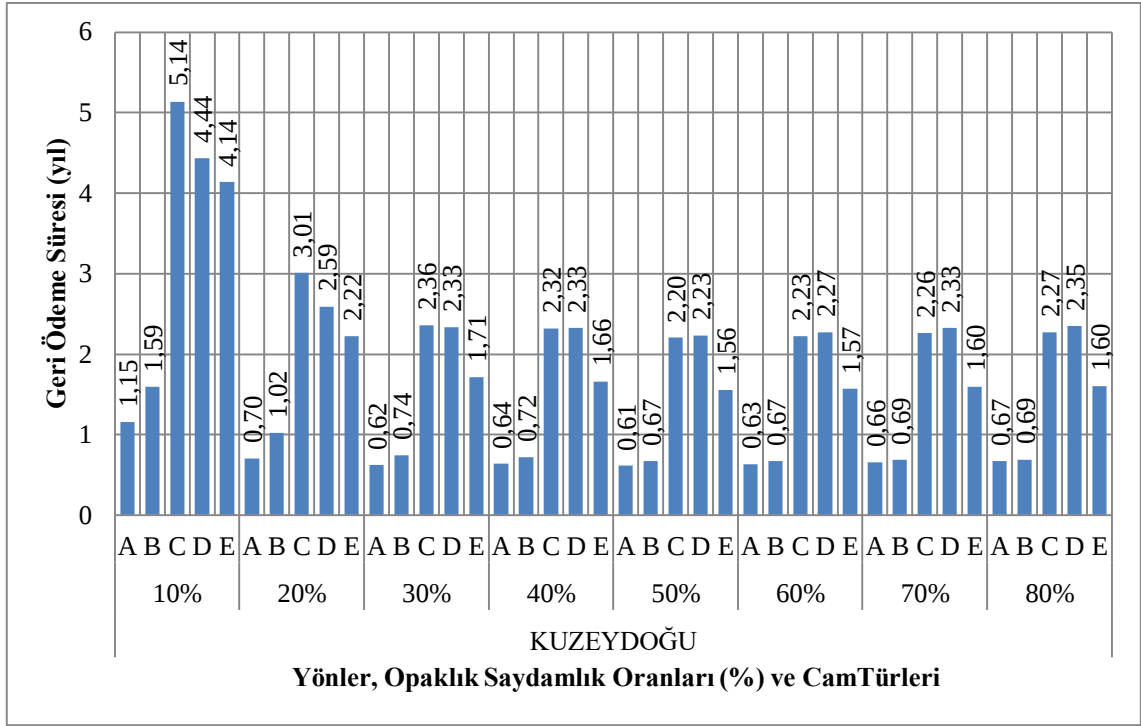
Güneybatı yönünde toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruflarına göre A, B, C, D ve E alternatif cam türlerinin geri ödeme süreleri sırasıyla; 0.62-1.27, 0.68-2.16, 2.29-7.06, 3.36-10.12 ve 1.63-5.40 yıl aralığındadır (Şekil 4.62).

Batı yönünde toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruflarına göre A, B, C, D ve E alternatif cam türlerinin geri ödeme süreleri sırasıyla; 0.58-1.11, 0.58-1.47, 1.73-4.37, 2.08-4.24 ve 1.34-3.40 yıl aralığındadır (Şekil 4.63).

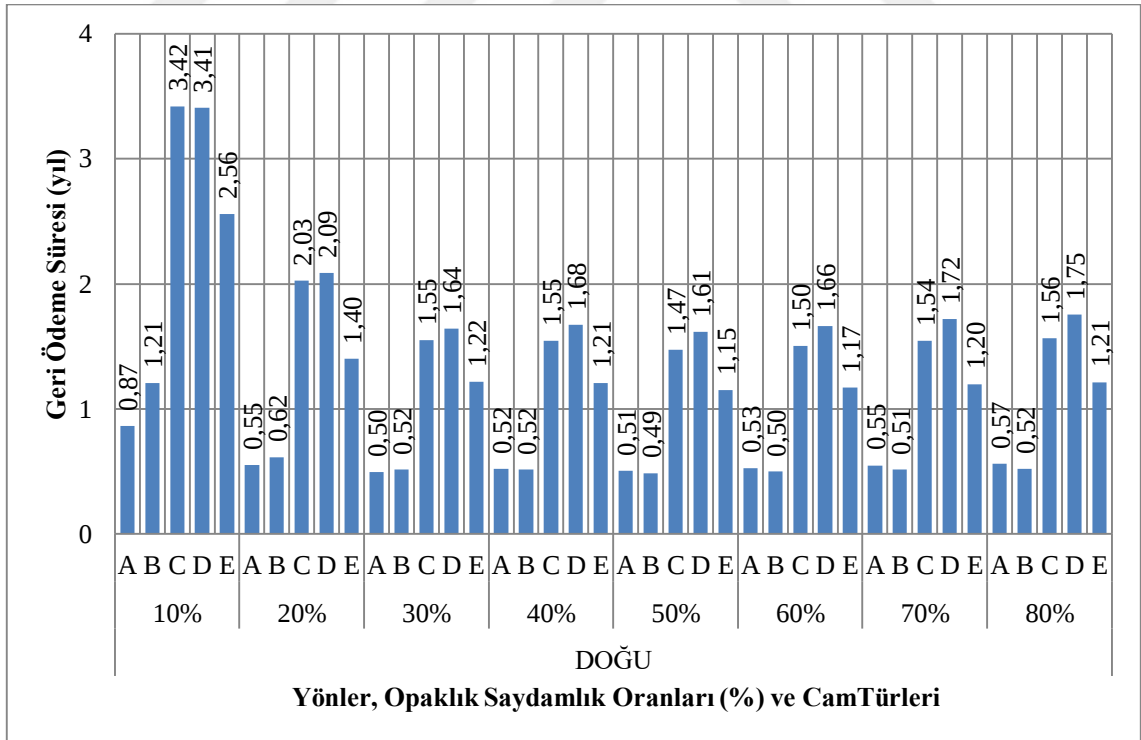
Kuzeybatı yönünde toplam ısıtma-soğutma enerji tasarruflarına göre A, B, C, D ve E alternatif cam türlerinin geri ödeme süreleri sırasıyla; 0,67-1,19, 0,75-1,70, 2,39-5,31, 2,40-5,03 ve 1,73-4,31 yıl aralığındadır (Şekil 4.64).



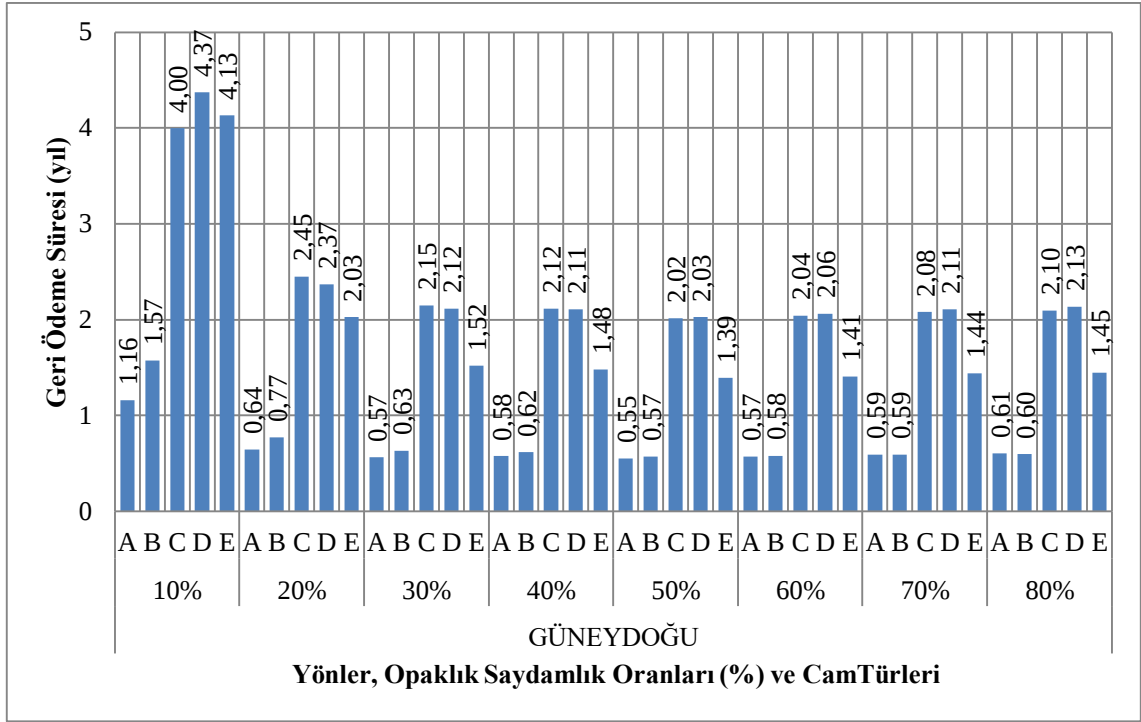
Şekil 4.57. Kuzey yönünde alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin geri ödeme süreleri



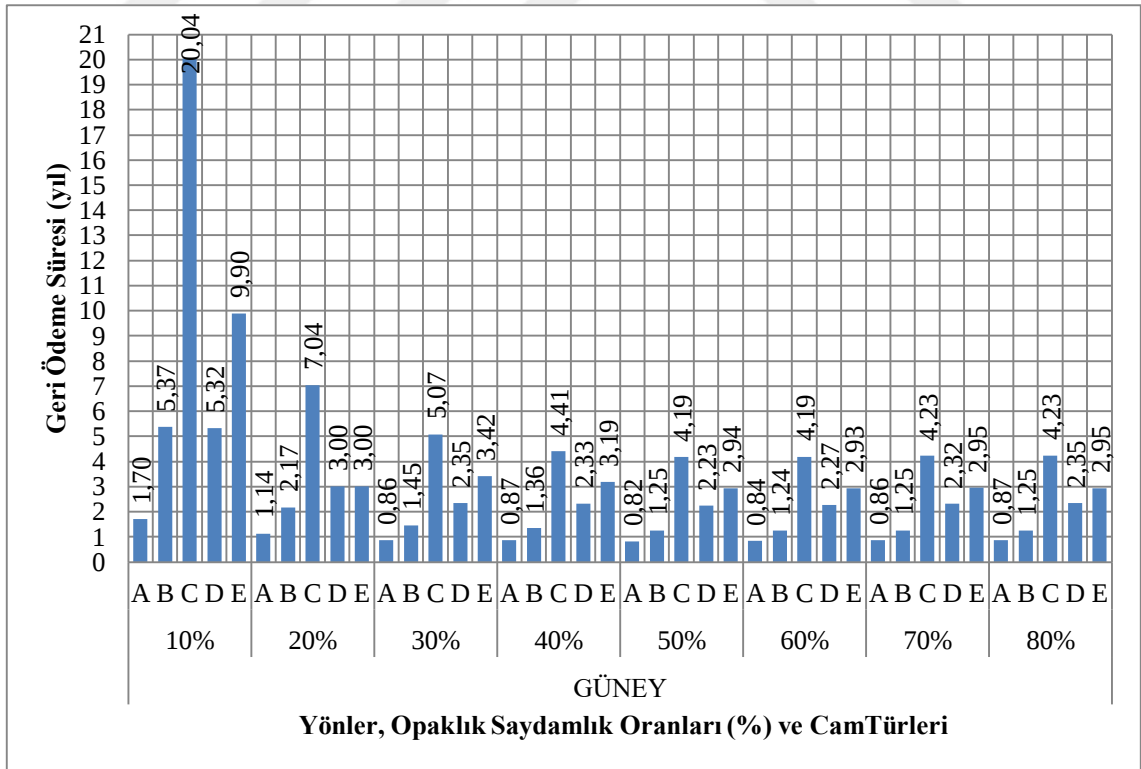
Şekil 4.58. Kuzeydoğu yönünde alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin geri ödeme süreleri



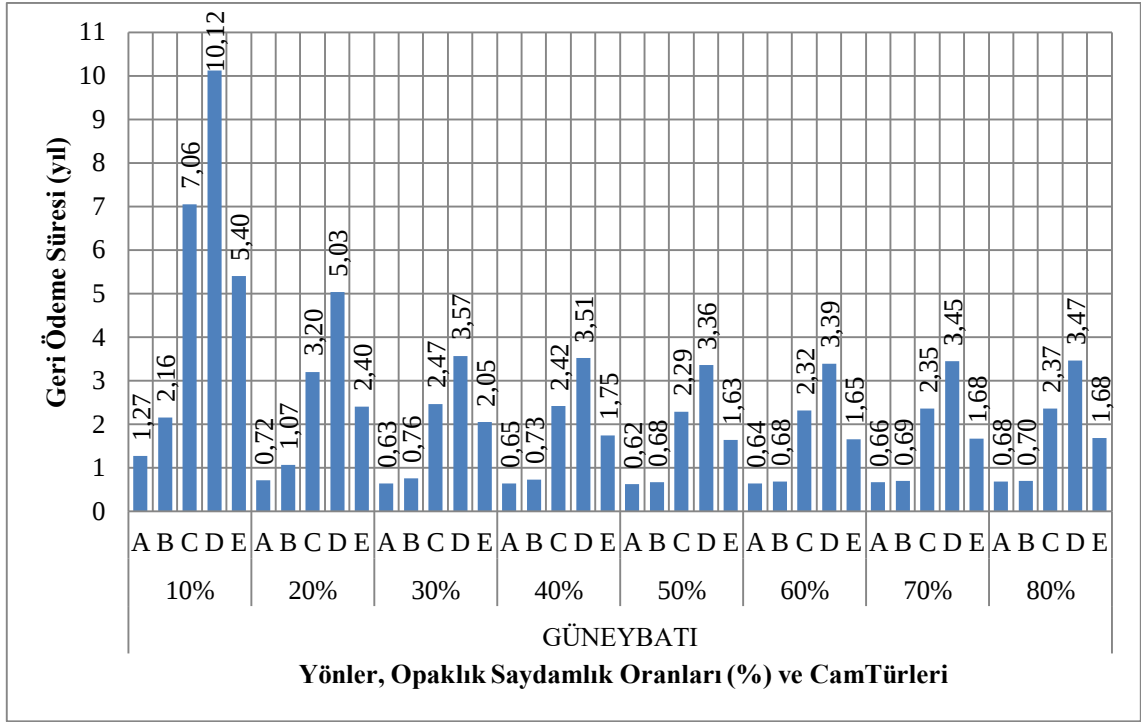
Şekil 4.59. Doğu yönünde alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin geri ödeme süreleri



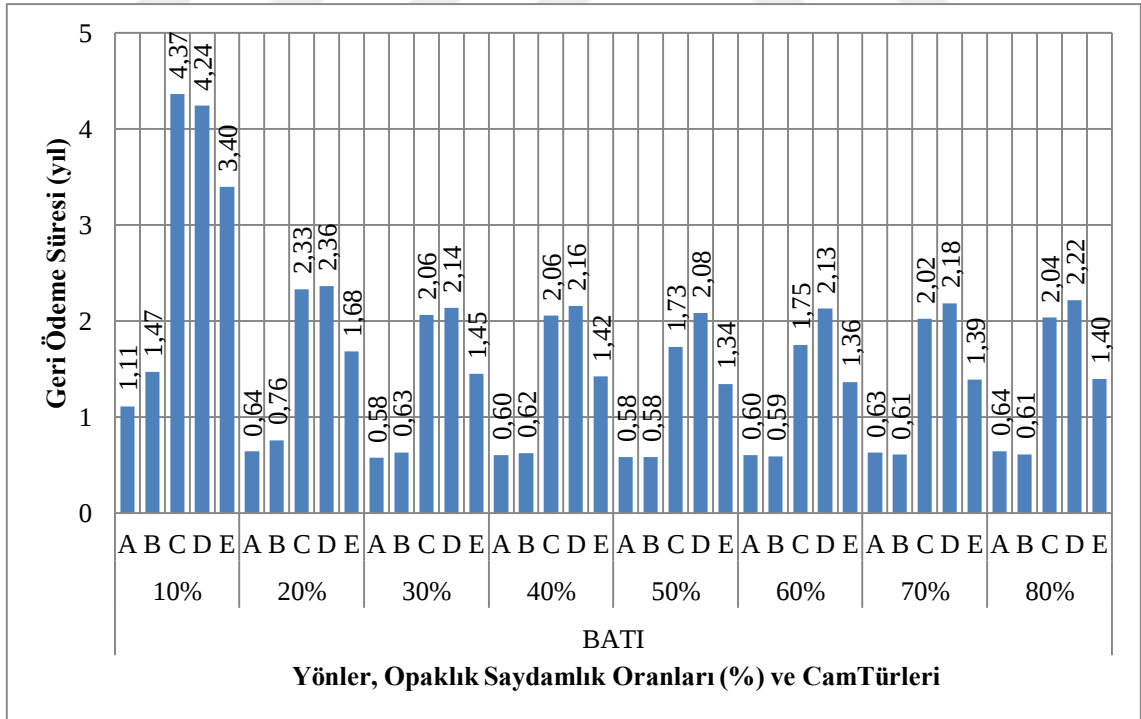
Şekil 4.60. Güneydoğu yönünde alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin geri ödeme süreleri



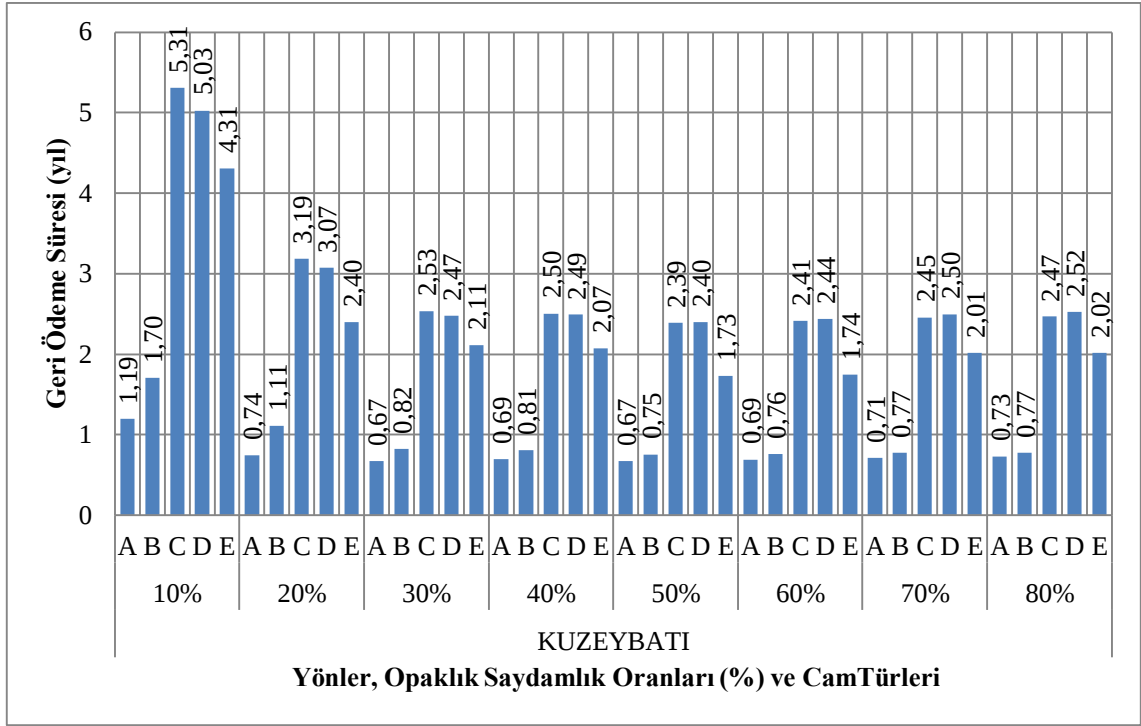
Şekil 4.61. Güney yönünde alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin geri ödeme süreleri



Şekil 4.62. Güneybatı yönünde alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin geri ödeme süreleri



Şekil 4.63. Batı yönünde alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin geri ödeme süreleri



Şekil 4.64. Kuzeybatı yönünde alternatif opaklık saydamlık oranlarına göre cam türlerinin geri ödeme süreleri

5. SONUÇ

Pasif tasarım kriterlerine göre yapı kabuğunun yönlenmesi, termofiziksel özellikleri ve opaklık saydamlık oranı enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Yeni yapılacak ofis binalarının enerji etkin mimari tasarımı çerçevesinde, özellikle ısıtma-soğutma enerji tüketimi ve yapı kabuğu odaklı; yönlenme, opaklık saydamlık oranı ve cam türü parametrelerinin enerji tüketimine etkilerini analiz etmek amacıyla yapılan bu çalışmada;

- Binalarda enerji performansı ile ilgili; ofis binaları yapı kabuğu, enerji simülasyon modeli, enerji tüketim doğrulaması, yönlenme, opaklık saydamlık oranı ve cam türü anahtar kelimelerinin incelendiği alanyazın çalışmaları incelenmiştir.
 - Çalışmanın yapılmasında;
 - Kavramsal yapısı ve uygulama yöntemi için; uluslararası ölçüm, doğrulama ve enerji ihtiyacı standartları ve protokolleri ışığında (ASHRAE 2002-2005, CRES 2000, IPMVP 2001 ve M&V 2008), seçilen örnek ofis binanın (Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü İdari ve Akademik Personel Bloğunun) enerji simülasyonu programında modelinin hazırlanması,
 - Çalışmanın uygulanması için;
 - Enerji tüketim doğrulaması (ölçülen-hesaplanan veri eşitlemesi) yapılarak gerçekçi/kalibre model elde edilmesi ve
 - Gerçekçi modele;
 - Yönlenme (4 ana ve 4 ara yön),
 - Opaklık saydamlık oranları (%10-%80) ve
 - Cam türü (low-e kaplamalı çift ve üçlü cam)
- parametrelerine ait alternatif senaryo tanımlamalarıyla enerji tüketimleri hesaplanması

adımları izlenmiştir.

Yapılan ölçümler ve hesaplamalar değerlendirildiğinde;

- Eskişehir (karasal) iklim bölgesinde;
 - Isıtma döneminin (7 ay) soğutma dönemine (2 ay) göre daha uzun ve
 - Ölçülen-hesaplanan enerji tüketimleri değerlendirildiğinde %85.9-%99.3'lük oranla ısıtma enerjisinin toplam ısıtma-soğutma enerji tüketiminde “ana etken” olduğu görülmüştür.

- Opaklık saydamlık oranının artmasıyla toplam ısıtma-soğutma enerjisinin doğrusal olarak arttığı gözlenmiştir.
- Eskişehir’de örnek bina mimari karakteristik özelliklerine benzer yeni bina tasarımlarında: optimum toplam ısıtma-soğutma enerji tüketimi için opaklık saydamlık oranlarının;
 - Güney yönünde % 30 ve
 - Diğer tüm yönlerde ise %10
 olmasının uygun olduğu belirlenmiştir.
- Alternatif cam türlerine bağlı olarak **optimum toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketimi** için;
 - Kuzey, güney, güneydoğu ve güneybatı yönlerinde %10-%80 opaklık saydamlık oranları aralığında dış ve iç camın ikisinde ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam (D türü cam),
 - Kuzeydoğu yönünde opaklık saydamlık oranı;
 - %10-%30 aralığında; dış ve iç camın her ikisinde de ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam (D türü cam),
 - %40-%80 aralığında; dış camında güneş kontrolü sağlayan gün ışığı geçirgenlik katsayısı düşük ve iç camında ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam (C türü cam),
 - Kuzeybatı yönünde opaklık saydamlık oranı;
 - %10-%40 aralığında; dış ve iç camın her ikisinde de ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam (D türü cam),
 - %50-%80 aralığında; dış camında güneş kontrolü sağlayan gün ışığı geçirgenlik katsayısı düşük ve iç camında ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam (C türü cam)
 - Doğu yönünde opaklık saydamlık oranı;
 - %10-%20 aralığında; dış ve iç camın her ikisinde de ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam (D türü cam),
 - %30-%80 aralığında; dış camında güneş kontrolü sağlayan gün ışığı geçirgenlik katsayısı düşük ve iç camında ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam (C türü cam),
 - Batı yönünde opaklık saydamlık oranı;

- %10-%50 aralığında; dış ve iç camın her ikisinde de ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam (D türü cam),
 - %60-%80 aralığında; dış camında güneş kontrolü sağlayan gün ışığı geçirgenlik katsayısı düşük ve iç camında ısı kontrolü sağlayan ısı geçirgenlik direnci yüksek low-e kaplamalı üçlü cam (C türü cam),
- kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir.
- Optimum toplam ısıtma-soğutma enerjisi tüketimi sağlayan **cam türlerinin geri ödeme sürelerinin;**
 - Kuzey, güney, güneydoğu ve güneybatı yönlerinde, %10-%80 opaklık saydamlık oranları aralığında sırasıyla (D türü cam için); 3.5-6.2 yıl, 2.2-5.3 yıl, 2-4.4 yıl, 3.4-10.1 yıl,
 - Kuzeydoğu yönünde opaklık saydamlık oranları;
 - %10-%30 aralığında (D türü cam için); 2.3-4.4 yıl,
 - %40-%80 aralığında (C türü cam için); 2.2-2.3 yıl,
 - Kuzeybatı yönünde opaklık saydamlık oranları;
 - %10-%40 aralığında (D türü cam için); 2.5-5 yıl,
 - %50-%80 aralığında (C türü cam için) 2.4-2.5 yıl,
 - Doğu yönünde opaklık saydamlık oranları;
 - %10-%20 aralığında (D türü cam için); 2.1-3.4 yıl,
 - %30-%80 aralığında (C türü cam için); 1.47-1.56 yıl,
 - Batı yönünde opaklık saydamlık oranları;
 - %10-%50 aralığında (D türü cam için); 2.1-4.2 yıl ve
 - %60-%80 aralığında (C türü cam için); 1.75-2.04 yıl
- olduğu belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasındaki tespitler doğrultusunda, Eskişehir’de yapılacak olan ofis binalarının mimari tasarımları ve inşaatlarında, optimum “toplam ısıtma-soğutma enerji tasarrufunu sağlamak için cephenin;

- Yönlerine ve
- Opaklık saydamlık oranlarına

göre kullanılması önerilen cam türleri belirlenerek mimari tasarım karar destek mekanizması oluşturulmuştur (BEP-TR’de de yer alabilecek mimari tasarım karar destek mekanizmasının tanımlandığı Çizelge 5.1’de; cephenin baktığı yön [sütun] ve o yöndeki opaklık saydamlık oranının [satır] kesiştiği kutularda çalışmada değerlendirmeye alınan

alternatif cam türlerinin enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri ile optimum enerji tasarrufu sağlayan cam türleri [renklendirilerek] belirlenmiştir).

Bu bağlamda tez çalışmasının, yapılacak olan ofis binalarının “enerji etkin mimari tasarımları” için;

- “Mimari tasarım karar destek mekanizmasının oluşturulması”nda ve
- “Mevcut yasal düzenlemelerin ve standartların geliştirilmesi”nde

yol gösterici nitelik taşıdığı düşünülmektedir.

Her bina;

- Mimari karakteristik özellikler, bina formu/oranları, komşu bina mesafeleri, kullanım fonksiyonları (pasif tasarım parametreleri) ve
- HVAC (ısıtma-soğutma ve havalandırma) ve aydınlatma gibi ekipmanlar (aktif tasarım parametreleri)

konularında birbirinden farklılaşır. Bu farklılaşma ile birlikte de her binanın farklı enerji türü ve gereksinimi oluşur.

Gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda; bu tezin “**Yöntem**” bölümündeki süreç (enerji tüketim doğrulaması) tekrar edilerek, enerji simülasyon programlarıyla gerçekçi modeller elde edilebilir. Bu modellere;

- %90-%100 (tamamı cam olan) alternatif opaklık saydıamlık oranları,
- Farklı güneş enerjisi, gün ışığı ve ısı geçirgenlik katsayılarına sahip alternatif cam türleri

tanımlanarak, optimum enerji tüketimini sağlayan seçenekleri tespit etmek ve bu senaryolara ait geri ödeme sürelerini belirlemek mümkündür.

Çizelge 5.1. Eskişehir ilindeki ofis binaları için alternatif yönler ve saydırlık oranlarında kaplamasız cama göre alternatif cam türlerinin enerji tasarruf oranları ve geri ödeme süreleri (Optimum enerji tüketimi sağlayan cam türleri; D türü cam, C türü cam)

Opaklık Saydırlık Oranı	Cam Türü	KUZEY		KUZEYDOĞU		DOĞU			GÜNEYDOĞU	
		Toplam Isıtma-Soğutma Enerjisi Tasarrufu (kWh/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)	Toplam Isıtma-Soğutma Enerjisi Tasarrufu (kWh/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)	Toplam Isıtma-Soğutma Enerjisi Tasarrufu (kWh/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)		Toplam Isıtma-Soğutma Enerjisi Tasarrufu (kWh/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	1.266	1,3	1.271	1,2	1.220	0,9		1.010	1,2
	B	1.078	2,3	1.132	1,6	1.054	1,2		612	1,6
	C	1.541	7,1	1.581	5,1	1.494	3,4		946	4,0
	D	1.656	6,2	1.668	4,4	1.612	3,4		1.240	4,4
	E	1.175	6,1	1.215	4,1	1.164	2,6		604	4,1
20%	A	3.022	1,1	3.178	0,7	3.217	0,6		2.687	0,6
	B	2.661	1,6	3.060	1,0	3.151	0,6		2.050	0,8
	C	3.895	4,4	4.352	3,0	4.423	2,0		2.995	2,4
	D	4.161	4,2	4.463	2,6	4.506	2,1		3.566	2,4
	E	3.032	3,6	3.501	2,2	3.603	1,4		2.189	2,0
30%	A	4.604	0,9	4.960	0,6	5.023	0,5		4.283	0,6
	B	4.153	1,4	4.995	0,7	5.316	0,5		3.618	0,6
	C	5.988	4,1	6.928	2,4	7.275	1,5		5.066	2,1
	D	6.322	4,0	6.983	2,3	7.176	1,6		5.793	2,1
	E	4.628	3,3	5.593	1,7	5.986	1,2		3.785	1,5
40%	A	5.972	1,0	6.478	0,6	6.555	0,5		5.677	0,6
	B	5.530	1,3	6.826	0,7	7.279	0,5		5.165	0,6
	C	7.914	4,1	9.342	2,3	9.899	1,5		7.050	2,1
	D	8.267	4,0	9.285	2,3	9.530	1,7		7.845	2,1
	E	6.187	3,2	7.650	1,7	8.249	1,2		5.432	1,5
50%	A	7.341	0,8	7.996	0,6	8.087	0,5		7.071	0,6
	B	6.907	1,3	8.657	0,7	9.243	0,5		6.712	0,6
	C	9.840	3,5	11.756	2,2	12.524	1,5		9.034	2,0
	D	10.213	3,5	11.586	2,2	11.885	1,6		9.898	2,0
	E	7.747	3,1	9.707	1,6	10.511	1,2		7.079	1,4
60%	A	8.430	0,9	9.186	0,6	9.273	0,5		8.147	0,6
	B	8.060	1,3	10.123	0,7	10.761	0,5		7.945	0,6
	C	11.375	3,6	13.638	2,2	14.522	1,5		10.588	2,0
	D	11.744	3,5	13.334	2,3	13.659	1,7		11.474	2,1
	E	8.998	3,1	11.298	1,6	12.232	1,2		8.358	1,4
70%	A	9.519	1,0	10.376	0,7	10.458	0,5		9.222	0,6
	B	9.213	1,3	11.589	0,7	12.280	0,5		9.178	0,6
	C	12.910	4,0	15.519	2,3	16.520	1,5		12.141	2,1
	D	13.274	4,0	15.083	2,3	15.432	1,7		13.050	2,1
	E	10.249	3,1	12.890	1,6	13.953	1,2		9.636	1,4
80%	A	10.816	1,0	11.783	0,7	11.846	0,6		10.491	0,6
	B	10.599	1,3	13.323	0,7	14.068	0,5		10.645	0,6
	C	14.753	4,0	17.741	2,3	18.869	1,6		13.985	2,1
	D	15.098	4,0	17.142	2,4	17.524	1,8		14.913	2,1
	E	11.748	3,1	14.764	1,6	15.981	1,2		11.155	1,4

Çizelge 5.1. (devam) Eskişehir’deki ofis binaları için alternatif yönler ve saydımlık oranlarında kaplımasız cama göre alternatif cam türlerinin enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri (Optimum enerji tüketimi sağlayan cam türleri; D türü cam, C türü cam)

Opaklık Saydımlık Oranı	Cam Türü	GÜNEY		GÜNEYBATI		BATI		KUZEYBATI	
		Toplam Istima-Soğutma Enerjisi Tasarrufu (kWh/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)	Toplam Istima-Soğutma Enerjisi Tasarrufu (kWh/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)	Toplam Istima-Soğutma Enerjisi Tasarrufu (kWh/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)	Toplam Istima-Soğutma Enerjisi Tasarrufu (kWh/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	780	1,7	950	1,3	1.158	1,1	1.246	1,2
	B	102	5,4	460	2,2	886	1,5	1.078	1,7
	C	382	20,0	739	7,1	1.301	4,4	1.548	5,3
	D	804	5,3	1.111	10,1	1.484	4,2	1.662	5,0
	E	57	9,9	406	5,4	964	3,4	1.188	4,3
20%	A	2.011	1,1	2.518	0,7	2.973	0,6	3.127	0,7
	B	518	2,2	1.609	1,1	2.631	0,8	2.908	1,1
	C	1.259	7,0	2.428	3,2	3.848	2,3	4.180	3,2
	D	2.267	3,0	3.206	5,0	4.084	2,4	4.354	3,1
	E	463	3,0	1.616	2,4	3.024	1,7	3.322	2,4
30%	A	3.214	0,9	3.961	0,6	4.619	0,6	4.837	0,7
	B	1.210	1,5	2.905	0,8	4.457	0,6	4.735	0,8
	C	2.294	5,1	4.165	2,5	6.304	2,1	6.634	2,5
	D	3.743	2,3	5.194	3,6	6.454	2,1	6.779	2,5
	E	1.054	3,4	2.909	2,1	4.984	1,4	5.292	2,1
40%	A	4.252	0,9	5.243	0,6	6.036	0,6	6.275	0,7
	B	1.898	1,4	4.191	0,7	6.145	0,6	6.394	0,8
	C	3.320	4,4	5.841	2,4	8.465	2,1	8.873	2,5
	D	5.091	2,3	7.048	3,5	8.587	2,2	8.936	2,5
	E	1.741	3,2	4.243	1,7	6.929	1,4	7.169	2,1
50%	A	5.291	0,8	6.526	0,6	7.453	0,6	7.713	0,7
	B	2.587	1,3	5.477	0,7	7.832	0,6	8.053	0,8
	C	4.346	4,2	7.518	2,3	10.626	1,7	11.112	2,4
	D	6.438	2,2	8.901	3,4	10.721	2,1	11.093	2,4
	E	2.428	2,9	5.577	1,6	8.874	1,3	9.046	1,7
60%	A	6.139	0,8	7.516	0,6	8.560	0,6	8.862	0,7
	B	3.203	1,2	6.535	0,7	9.186	0,6	9.410	0,8
	C	5.179	4,2	8.850	2,3	12.546	1,7	12.878	2,4
	D	7.504	2,3	10.328	3,4	12.355	2,1	12.764	2,4
	E	2.990	2,9	6.635	1,6	10.386	1,4	10.527	1,7
70%	A	6.988	0,9	8.505	0,7	9.667	0,6	10.011	0,7
	B	3.820	1,3	7.594	0,7	10.539	0,6	10.767	0,8
	C	6.013	4,2	10.183	2,4	14.466	2,0	14.644	2,5
	D	8.569	2,3	11.754	3,4	13.989	2,2	14.436	2,5
	E	3.552	3,0	7.693	1,7	11.899	1,4	12.008	2,0
80%	A	8.000	0,9	9.648	0,7	10.991	0,6	11.378	0,7
	B	4.571	1,2	8.843	0,7	12.164	0,6	12.397	0,8
	C	7.024	4,2	11.761	2,4	16.615	2,0	16.751	2,5
	D	9.848	2,3	13.428	3,5	15.931	2,2	16.420	2,5
	E	4.231	2,9	8.937	1,7	13.702	1,4	13.765	2,0

KAYNAKÇA

- [1] <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=26212>
- [2] Gontier, P., Constitution du Tissu Urbain et Developpement Durable, Ecole d'Architecture de Toulouse, Master Europeen en Architecture et Developpement, Durable, Toulouse, 1999
- [3] <http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/TableView.aspx?table=1.1.3> (erişim şubat 2016)
- [4] <http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/TableView.aspx?table=3.1.4> (erişim şubat 2016)
- [5] Anonim, Kşresel Enerji Trendi, <http://euanmearns.com/global-energy-trends-bp-statistical-review-2014/>, erişim Aralık 2015,
- [6] Anonim, Amerika Birleşik devletleri Enerji bilgi dairesi, <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=447&t=1>, erişim Aralık 2015
- [7] Tşnşk S., Bina Tasarımında Ekoloji, Yıldız teknik şniversitesi Basım-yayın Merkezi, İstanbul, 2001
- [8] Anonim, Amerika Ulusal Yapı Fiziği Enstitşsş, http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php, erişim Aralık 2015
- [9] Yılmaz Z., Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, VII. Ulusal Tesisat Mşhendisliği Kongresi, 387-398, 2005
- [10] Hesnest A. G., Building Integration of Solar Energy Systems, Solar Energy 67, 181-187, 1999
- [11] Lee K. H., Han D. W. ve Lim H. J., Passive Design Principles and Techniques for Folk Houses in Cheju Island and Ullung Island of Korea, Energy and Buildings 23, 207-216, 1996
- [12] Anonim, Uluslararası Pasif Konut Ortaklığı (Almanya), http://www.passivehouse-international.org/index.php?page_id=80, erişim Aralık 2015
- [13] Chiras D. The Solar House: Passive Heating and Cooling; Chelsea Green Publishing: White River Junction, VT, USA, 19–24, 2002
- [14] Danielski I., Frşling, M. ve Joelsson, A., The Impact of the Shape Factor on Final Energy Demand in Residential Buildings in Nordic Climate, Mid Sweden University: şstersund, Sweden, 2012, https://ases.conference-services.net/resources/252/2859/pdf/SOLAR2012_0428_full%20paper.pdf, erişim Aralık 2015

- [15] Yu H. J., Lee B. H., Cho Y. H., Kim S. S. ve Kim K. W., A comparison of Energy Consumption on Facade Design Factors in Office Building, in: Korean Institute of Architectural Sustainable Environmental and Building Systems Spring Conference, 2012,
- [16] Voss K., Solar Energy In Building Renovation Results and Experience of International Demonstration Buildings, *Energy and Buildings* 32, 291-302, 2000
- [17] Krauter S., Araujo R. G., Schroer S., Hanitsch R., Salhi M. J., Triebel C. ve Lemoine R., Combined Photovoltaic and Solar Thermal Systems for Facade Integration and Building Insulation, *Solar Energy* 67, 239-248, 1999
- [18] Antvorskov S., Introduction to Integration of Renewable Energy in Demand Controlled Hybrid Ventilation Systems for Residential Buildings, *Building and Environment* 43, 1350-1353, 2008
- [19] West S., Improving The Sustainable Development of Building Stock by The Implementation of Energy Efficient, Climate Control Technologies, *Building and Environment* 36, 281-289, 2001
- [20] Bina Sayımı, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, 2000
- [21] Güçyeter B., İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mevcut Yapı Kabukları İçin Enerji Etkin İyileştirme Yöntemi, Doktora Tezi, 2010
- [22] Atalay İ., Türkiye Coğrafyası, Ege Üniversitesi Yayınları, 1997
- [23] Amerika Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisliği Bölümü ve Standardı (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers 2002; ASHRAE 2002), Enerji Ölçümü ve Tasarruf Gereksinimi (Measurement of Energy and Demand Savings), 2002
- [24] Amerika Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisliği Bölümü ve Standardı, (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers 2005; ASHRAE 2005), Temel Esaslar (Fundamentals), 2005
- [25] Yenilenebilir Enerji Kaynakları Merkezi, En İyi Uygulama Örnekleri (Energy Audit Guide, Best Practice - Case Studies, CRES C), 2000
- [26] Uluslararası Performans Ölçüm ve Onaylama Protokolü (International Performance Measurement & Verification Protocol, IPMVP), 2001
- [27] Ölçüm ve Doğrulama Standardı (Measurement and Verification, M&V), 2008
- [28] Anonim, Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi (TUMAS), <http://tumas.mgm.gov.tr/wps/portal/>, erişim Aralık 2015
- [29] Deru M. ve Torcellini P., Standard Definitions of Building Geometry for Energy Evaluation, National Renewable Energy Laboratory, Technical Report, NREL/TP-550-38600, 2005

- [30] Geletka V. ve Sedlakova A., Shape of Building and Energy Consumption, Technical Transactions, 2012, http://suw.biblos.pk.edu.pl/resources/i1/i4/i4/i8/i8/r14488/GeletkaV_ShapeBuildings.pdf, erişim Aralık 2015
- [31] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP-TR), 2008
- [32] Anonim, Avrupa Birliği Binalarda Enerji Prformansı Yönetmeliği, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>, erişim Aralık 2015
- [33] Maile T., Fischer M. ve Bazjanac V, Building Energy Performance Simulation Tools - a Life-Cycle and Interoperable Perspective, Tobias Maile, Martin Fischer & Vladimir Bazjanac, Stanford University, 2007
- [34] Anonim, https://en.wikipedia.org/wiki/Building_energy_simulation, erişim Ekim 2015
- [35] Anonim, <http://www.iea.org/topics/energyefficiency/>, erişim Aralık 2015
- [36] Anonim, N. Aydın, M. Coşkun, H. Bakır ve diğerleri, Finansal Yönetim, 177, 2004, <https://books.google.com.tr/books?id=0MGKO88fqIkC&pg=PA177&lpg=PA177&dq=geri+%C3%B6deme+s%C3%BCresi+nedir&source=bl&ots=LrieKvZ-x5&sig=3gEDsVOTbU72j8yCnj8e5k0oEWk&hl=en&sa=X&ved=0CDkQ6AEwBGoVChMIit6DjPjEyAIVRXk-Ch2-ZQIo#v=onepage&q&f=false>, erişim Aralık 2015
- [37] Anonim, <http://energy.gov/energysaver/energy-performance-ratings-windows-doors-and-skylights>, erişim Aralık 2015
- [38] Anonim, ODE Yalıtım Sözlüğü, <http://www.ode.com.tr/yalitim-sozlugu/>, erişim Aralık 2015
- [39] F. P. Incropera ve D. P. DeWitt. Fundamentals of Heat And Mass Transfer, ISBN 0-471-38650-2, 2002
- [40] R. Vepa, Dynamic Modeling, Simulation and Control of Energy Generation, ISBN 978-1-4471-5400-6, Lecture Notes in Energy, Volume 20, s. 42, 2013
- [41] Anonim, Window Technologies: Low-E Coatings, <http://www.efficientwindows.org/lowe.php>, erişim Aralık 2015
- [42] Anonim, https://en.wikipedia.org/wiki/Data_logger, erişim Aralık 2015
- [43] National Round Table on the Environment and The Economy, Canada, https://en.wikipedia.org/wiki/National_Round_Table_on_the_Environment_and_the_Economy

- [44] Peterson, K. L., Dorsey, J. A., March 2000, "Roadmap for integrating Sustainable Design into Site-Level Operations", Prepared for the U.S. Department of Energy, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington 99352, The Brendle Group, inc., Ft. Collins, Colorado, 2000
- [45] Anonim, http://apps1.eere.energy.gov/buildings/commercial/179d/building_parameters.cfm, erişim Aralık 2015
- [46] Anonim, http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php, erişim Aralık 2015
- [47] Sadineni S. B., Madala S. ve Boehm R. B., Passive Building Energy Savings: A Review of Building Envelope Components, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 2011, s. 3617–3631,
- [48] Okba E. M., Building Envelope Design as a Passive Cooling Technique, Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment Uluslararası Konferansı, Yunanistan, Mayıs 2005,
- [49] Laustsen J., Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies for New Buildings, s. 20, 2008
- [50] Inanici M. N. ve Demirbilek F. N., Thermal Performance Optimization of Building Aspect Ratio and South Window Size in Five Cities Having Diferent Climatic Characteristics of Turkey, Building and Environment 35, s. 41-52, 2000
- [51] Eskin N, Türkmen H., Analysis of Annual Heating and Cooling Energy Requirements for Office Buildings in Different Climates in Turkey, Energy and Buildings 40, 763-773, 2008
- [52] McKeen P. ve Fung A. S., The Effect of Building Aspect Ratio on Energy Efficiency: A Case Study for Multi-Unit Residential Buildings in Canada, Buildings 4, 336-354, 2014
- [53] Koçlar Oral G, Binalarda Isı Yalıtımı Ve Enerji Verimliliği, İTÜ Araştırma Fonu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2000,
- [54] Penga,C., Wangd L., Zhangda X. Dest-Based Dynamic Simulation and Energy Efficiency Retrofit Analysis of Commercial Buildings in the Hot Summer/Cold Winter Zone of China: a Case in Nanjing, Energy and Buildings 78, s. 121-131, 2014
- [55] Huang J., Lv H., Gao T., Feng W., Chen Y., Zhou T., Thermal Properties Optimization of Envelope in Energy-Saving Renovation of Existing Public Buildings, Energy and Buildings 75, s. 504-510, 2014

- [56] Friess W. A., Rakhsan K., Hendawi T. A. ve Tajerzadeh S, Wall Insulation Measures for Residential Villas in Dubai: A Case Study in Energy Efficiency, *Energy and Buildings* 44, 26-32, 2012
- [57] Ünver R., Akdag N. Y., Gedik G. Z., Öztürk L. D., Karabiber Z., Prediction of Building Envelope Performance in The Design Stage: an Application for Office Buildings, *Building and Environment* 39, s. 143 – 152, 2004
- [58] El-Deeb K., Combined Effect Of Window-To-Wall Ratio And Wall Composition On Energy Consumption: Where Is The Turning Point?, *Sustainable Architecture for a Renewable Future*, 29. PLEA2013 Konferansı, Kasım 2013
- [59] Yaşar Y. ve Kalfa S. M., The Effects of Window Alternatives on Energy Efficiency and Building Economy in High-Rise Residential Buildings in Moderate to Humid Climates, *Energy Conversion and Management* 64, s. 170–181, 2012
- [60] Nilsson A. M. ve Roos A., Evaluation of Optical and Thermal Properties of Coatings for Energy Efficient Windows, *Thin Solid Films* 517, s. 3173–3177, 2009
- [61] Fontenelle M. R., Bastos L. E. G., The Multicriteria Approach in The Architecture Conception: Defining Windows for an Office Building in Rio de Janeiro, *Building and Environment* 74, S. 96-105, 2014
- [62] Mahdya M. M. ve Nikolopoulou M., Evaluation of Fenestration Specifications in Egypt in Terms of Energy Consumption and Long Term Cost-Effectiveness, *Energy and Buildings* 69, s. 329–343, 2014
- [63] Hassouneh K., Alshboul A. ve Al-Salaymeh A., Influence of Windows on The Energy Balance of Apartment Buildings in Amman, *Energy Conversion and Management* 51, s. 1583-1591, 2010,
- [64] Yang Q., Liu M., Shu C., Mmereki D., Hossain M. U. ve Zhan6 X., Impact Analysis of Window-Wall Ratio on Heating and Cooling Energy Consumption of Residential Buildings in Hot Summer and Cold Winter Zone in China, *Hindawi Publishing Corporation Journal of Engineering Volume* 2015, 2015
- [65] Koohsari A. M., Fayaz R. ve Kari B. M., The Influence of Window Dimensions and Location on Residential Building Energy Consumption by Integrating Thermal and Lighting Analysis in a Mild and Humid Climate, *MAGNT Research Report* (ISSN. 1444-8939), s 187-194, 2015

- [66] Didwania S., Garg V. ve Mathur J., Optimization of Window Wall Ratio for Different Building Types, <https://www.researchgate.net/publication/259921312>, 2011,
- [67] Gasparellaa A., Pernigottob G., Cappellettio F. Romagnonic P. ve Baggiod P., Analysis and Modelling of Window and Glazing Systems Energy Performance for a Well Insulated Residential Building, *Energy and Buildings* 43, s 1030–1037, 2011
- [68] Yıldız Y, Göksal Özbaltı T., Durmuş Arsan Z., Farklı Cam Türleri ve Yönler Göre Pencere/Duvar Alanı Oranının Bina Enerji Performansına Etkisi: Eğitim Binası, *İzmir, Megaron Dergisi*, Cilt 6, Sayı 1, s. 30-38, 2011
- [69] Rathi P., Optimization of Energy Efficient Windows in Office Buildings for Different Climate Zones of The United States, Yüksek Lisans Tezi, Kent State Üniversitesi, Mayıs 2012,
- [70] Pino A., Bustamante W., Escobara R. ve Pino F. E., Thermal and Lighting Behavior of Office Buildings in Santiago of Chile, *Energy and Buildings* 47, s. 441–449, 2012
- [71] Poirazis H., Blomsterberg A. ve Wall M., Energy Simulations for Glazed Office Buildings in Sweden, *Energy and Buildings* 40, s. 1161–1170, 2008
- [72] Thalfeldta M., Pikas E., Kurnitskia J. ve Voll H., Facade Design Principles for Nearly Zero Energy Buildings in a Cold Climate, *Energy and Building* 67, s. 309-321, 2013
- [73] Kheiri, F. The Relation of Orientation and Dimensional Specifications of Window with Building Energy Consumption in Four Different Climates of Köppen Classification, *Researcher* 5(12), s 107-115, ISSN: 1553-9865, 2013
- [74] Ayyad T. M., The Impact of Building Orientation, Opening to Wall Ratio, Aspect Ratio and Envelope Materials on Buildings Energy Consumption in the Tropics, *Fiziksel Çevre Sürdürülebilir Tasarım Bölümü*, The British Üniversitesi (Dubai), Yüksek Lisans Tezi, 2011
- [75] Kim H., Stumpf A. ve Kim W., Analysis of an Energy Efficient Building Design Through Data Mining Approach, *Automation in Construction* 20, 37-43, 2011
- [76] Ochoa C. E., Aries M. B. C., Leonen J. V. ve Hensen J. L. M., Considerations on Design Optimization Criteria for Windows Providing Low Energy Consumption and High Visual Comfort, *Applied Energy* 95, 238–245, 2012,

- [77] Ghisi E. ve Tinker J., Optimising Energy Consumption in Offices as a Function of Window Area and Room Size, Seventh International IBPSA Conference Rio de Janeiro/Brazil, 2001
- [78] Fasi M. A. ve Budaiwi I. M., Energy performance of windows in office buildings considering daylight integration and visual comfort in hot climates, *Energy and Buildings* 108, s. 307–316, 2015
- [79] Moretti E. Ve Belloni E., Evaluation of Energy, Thermal, and Daylighting Performance of Solar Control Films for a Case Study in Moderate Climate, *Building and Environment* 94, s. 183-195, 2015
- [80] Franzetti C., Fraisse G. ve Achard G., Influence of The Coupling Between Daylight and Artificial Lighting on Thermal Loads in Office Buildings, *Energy and Buildings* 36, s. 117–126, 2004
- [81] Barbhuiya S. ve Barbhuiya S., Thermal Comfort and Energy Consumption in a UK Educational Building, *Building and Environment* 68, s. 1-11, 2013
- [82] Motuziene S. ve Juodis E. S., Simulation Based Complex Energy Assessment of Office Building Fenestration, *Journal of Civil Engineering and Management* 16/3: 345–351, 2010
- [83] Kim S. H., Kim S. S., Kim K. W. ve Cho Y. H., A Study on The Proposes of Energy Analysis Indicator by The Window Elements of Office Buildings in Korea, *Energy and Buildings* 73, s. 153-165, 2014
- [84] Leskovar V. Z. ve Premrov M., An Approach in Architectural Design of Energy-Efficient Timber Buildings With a Focus on The Optimal Glazing Size in The South-Oriented Facade, *Energy and Buildings* 43, s. 3410-3418, 2011
- [85] Karimpoura M., Belusko M., Xing Kç., Boland J. ve Bruno F., Impact of Climate Change on The Design of Energy Efficient Residential Building Envelopes, *Energy and Buildings* 87 s. 142–154, 2015
- [86] Zhou S. ve Zhao J., Optimum Combinations of Building Envelope Energy-Saving Technologies for Office Buildings in Different Climatic Regions of China, *Energy and Building* 57, s. 103-109, 2013
- [87] Berger. T., Amann C., Formayer H., Korjenic A., Pospischal B., Neururer C. ve Smutny R., Impacts of Climate Change Upon Cooling and Heating Energy Demand of Office Buildings in Vienna, Austria, *Energy and Buildings* 80, s. 517–530, 2014

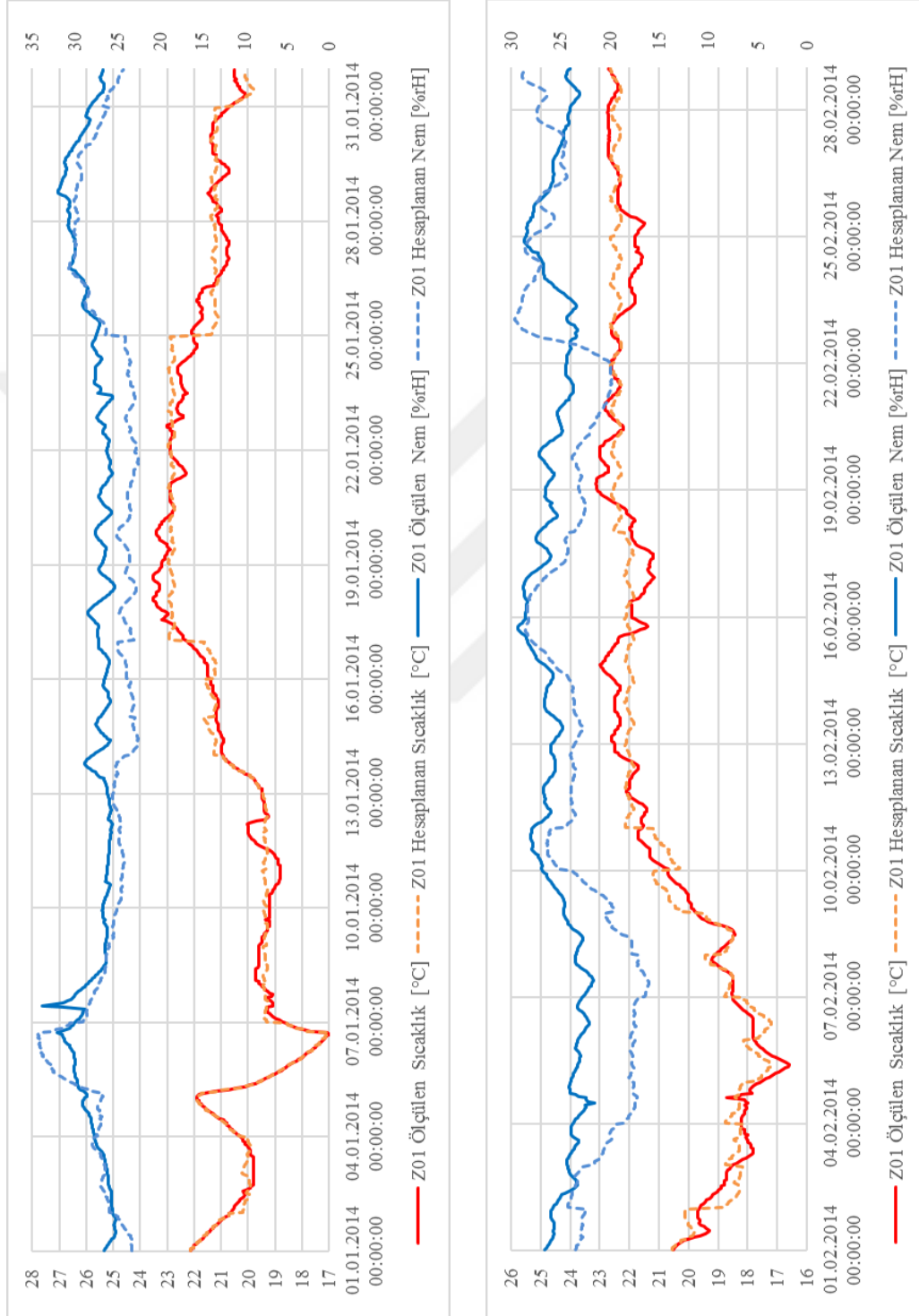
- [88] Boyano A., Hernandez P. ve Wolf O., Energy Demands and Potential Savings in European Office Buildings: Case Studies Based on EnergyPlus simulations, *Energy and Buildings* 65, s. 19–28, 2013
- [89] Lam J. C., Li D. H. W. ve Cheung S. O., An Analysis of Electricity End-Use in Air-Conditioned Office Buildings in Hong Kong, *Building and Environment* 38, s. 493-498, 2003
- [90] Neto A. H. ve Fiorelli F. A. S., Comparison Between Detailed Model Simulation and Artificial Neural Network for Forecasting Building Energy Consumption, *Energy and Buildings* 40, s. 2169-2176, 2008
- [91] Susorova I., Tabibzadeh M., Rahman A., Clack H. L. ve Elnimeiri M., The Effect of Geometry Factors on Fenestration Energy Performance and Energy Savings in Office Buildings, *Energy and Buildings* 57, s. 6-13, 2013
- [92] Raftery P., Keane M. ve Costa A., Calibrating Whole Building Energy Models: Detailed Case Study Using Hourly Measured data, *Energy and Buildings* 43, s. 3666–3679, 2011
- [93] Silva A. S., Ghisi E., Uncertainty Analysis of User Behaviour and Physical Parameters in Residential Building Performance Simulation, *Energy and Buildings* 76, s. 381-391, 2014
- [94] Raftery P., Keane M. ve O'Donnell, Calibrating Whole Building Energy Models: An Evidence-Based Methodology, *Energy and Buildings* 43, s. 2356–2364, 2011
- [95] Ke M. Y., Yeh C. H. ve Jian J. T., Analysis of Building Energy Consumption Parameters and Energy Savings Measurement and Verification by Applying eQUEST software, *Energy and Buildings* 61, 100-107, 2013
- [96] EN ISO 13790, Binalarda Enerji Performansı; Mekan Isıtma ve Soğutma için Enerji Kullanımının Hesaplanması Standardı (Energy performance of buildings -- Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling), 2008
- [97] Clarke J. A., *Energy Simulation in Building Design*, 2nd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 2001.
- [98] Godfried Augenbroe, Trends in Building Simulation, *Building and Environment*, Volume 37, Issues 8–9, 891–902, 2002
- [99] S. De Wit, Augenbroe G., Analysis of Uncertainty in Building Design Evaluations and its Implications, *Energy and Buildings* 34, 951-958, 2002

- [100] Fürbringer J. M.ve Roulet C. A., Confidence of Simulation Results: Put a Sensitivity Analysis Module in Your Model: The IEA-ECBCS Annex 23 Experience of Model Evaluation, Energy and Buildings, Volume 30, Issue 1, 61-71, 1999
- [101] J. P. Zhao ve P. P. Niu, Study of Natural Ventilation Numerical Simulation on The Effect of Energy Conservation in Typical Building, Frontiers of Energy and Environmental Engineering, s 538-542, Aralık 2012,
- [102] A. Alajmi, Energy Audit of an Educational Building in a Hot Summer Climate, Energy and Buildings 47, s 122-130, 2012
- [103] H. S. L. C. Hens, Thermal Comfort in Office Buildings: Two Case Studies Commented, Building and Environment 44, s 1399-1408, 2009
- [104] E. Z. E. Conceição, M. M. J. R. Lúcio, A.E.B. Ruano, E.M. Crispim, Development of a Temperature Control Model Used in HVAC Systems in School Spaces in Mediterranean Climate, Building and Environment 44, S 871-877, 2009
- [105] G. Grigoletti, M. A. Sattler ve A. Morello, Analysis of the thermal behaviour of a low cost, single-family, more sustainable house in Porto Alegre, Brazil, Energy and Buildings 40, s 1961-1971, 2008
- [106] E. Ghisi ve R. F. Massignani, Thermal Performance of Bedrooms in a Multi-Storey Residential Building in Southern Brazil, Building and Environment 42, s 730-742, 2007
- [107] Sensor Installation Handbook, <https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10366334>, Erişim Mayıs 2016,
- [108] Room Sensor and Thermostat, http://www.kmcccontrols.com/images/agiods_files/downloads/AG_Sensor_Mounting_AG150119A.pdf, Erişim Mayıs 2016,
- [109] Anonim, Design Builder Binalarda Enerji Simülasyonu Programı, <http://www.designbuilder.co.uk/>, erişim Aralık 2015
- [110] Meteonorm Global Meteorological Database, Handbook Part I: Software, V 7.1, Temmuz 2015
- [111] Anonim, <http://www.sisecamduzcam.com/C/182/0/Performans%20Tablolar%C4%B1>, Erişim Aralık 2015
- [112] Binalarda Isı Yalıtım Kuralları ve Standardı (TS 825), 2009

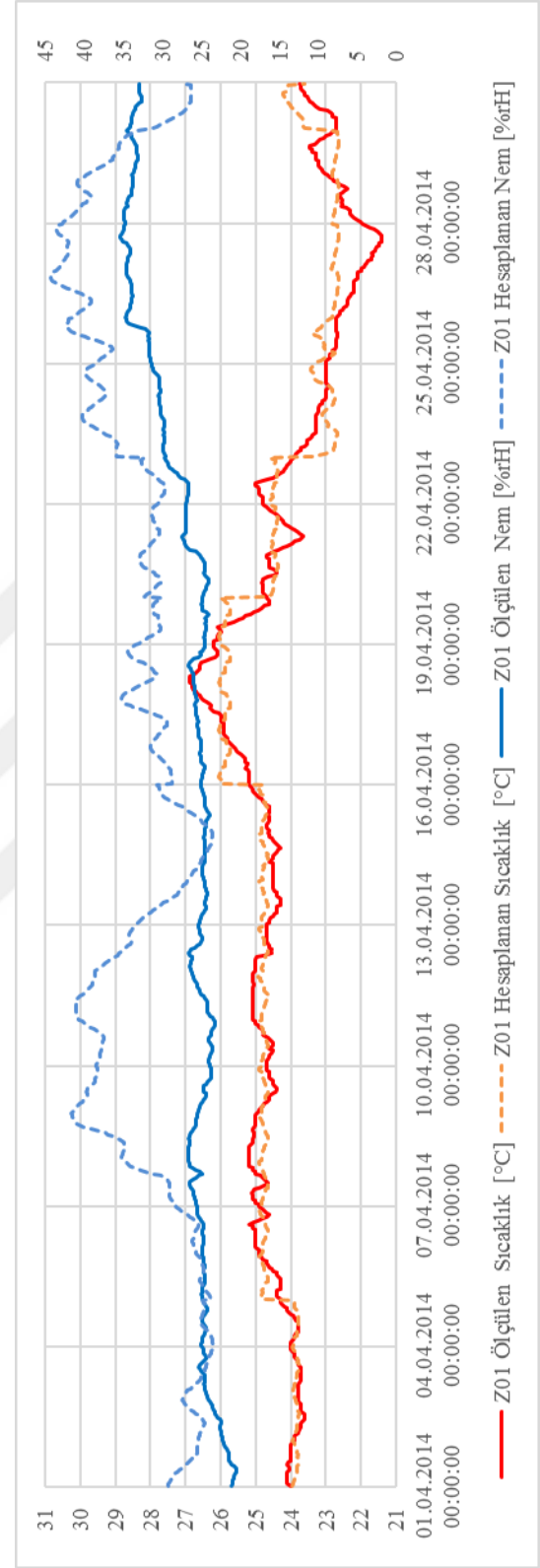
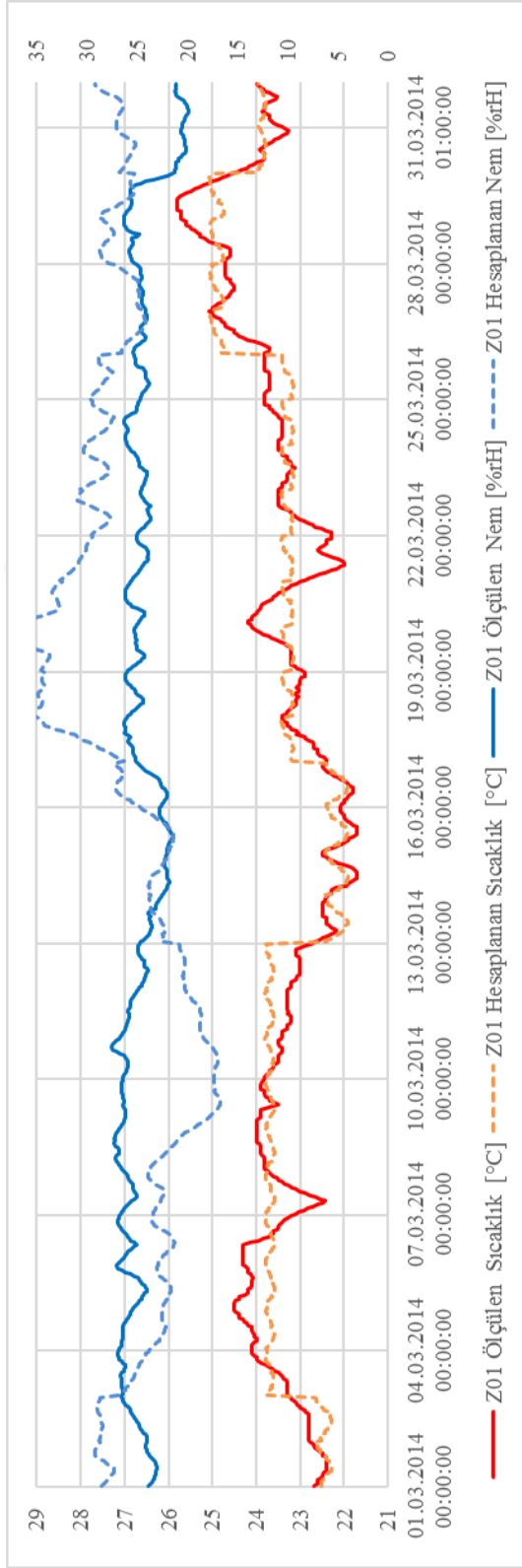
- [113] Anonim, Acar O., Dr. Okan Acar'ın İnternet Sitesi, <http://www.okanacar.com/2013/06/net-bugunku-deger-ve-ic-karllk-oran.html>, Net bugünkü Değer ve İç karlılık Oranı Hesaplaması ile Uygun proje seçimi, erişim Aralık 2015
- [114] Anonim, www.esgaz.com.tr, Eskişehir Şehiriçi Doğal Gaz Dağıtım Tic. ve Tah. A.Ş., erişim Aralık 2015
- [115] Anonim, <http://www.osmangaziedas.com.tr/Eskisehir>, Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş., erişim Aralık 2015



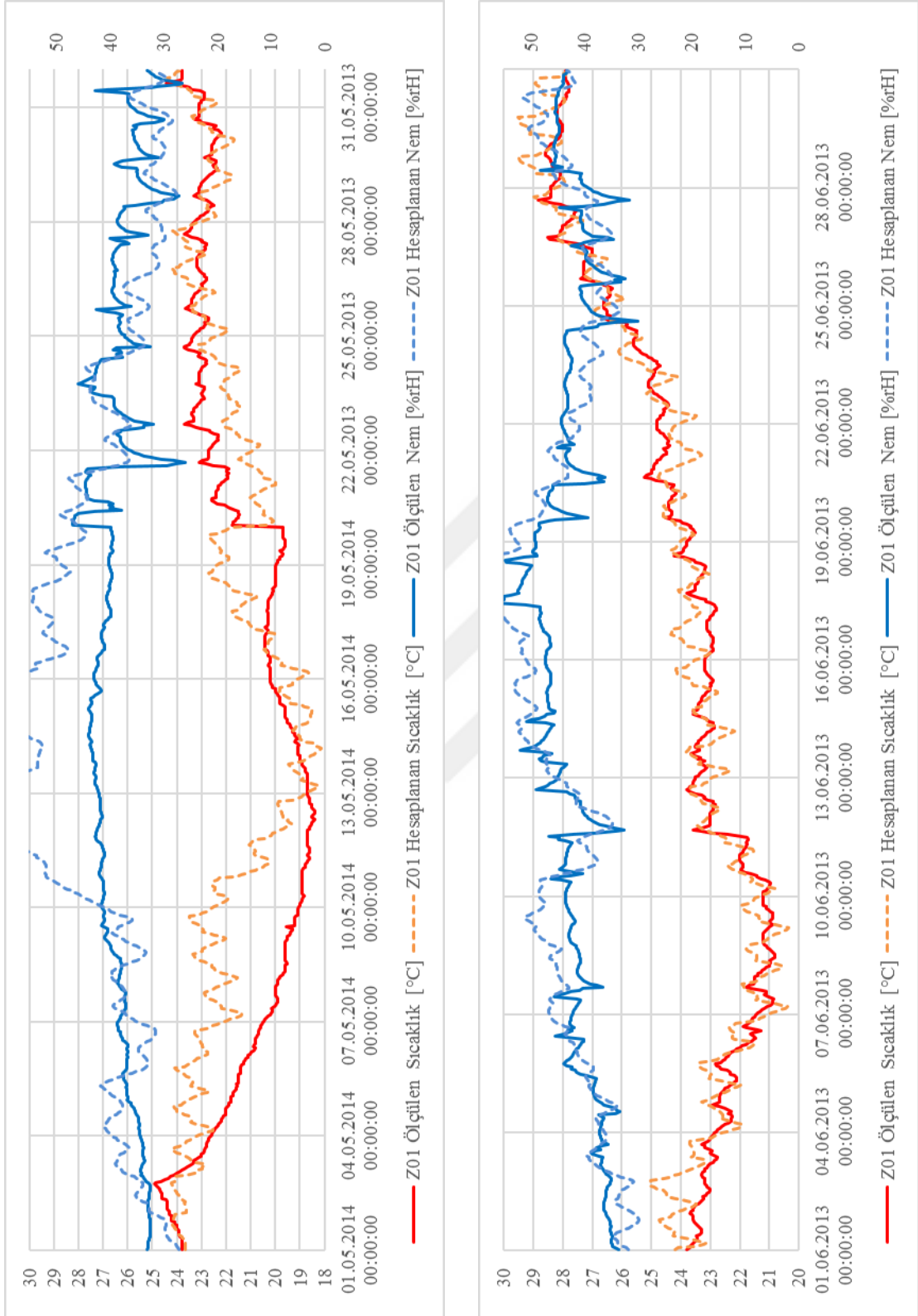
EK-1 ÖLÇÜLEN VE HESAPLANAN İÇ SICAKLIK VE BAĞIL NEM DEĞERLERİ



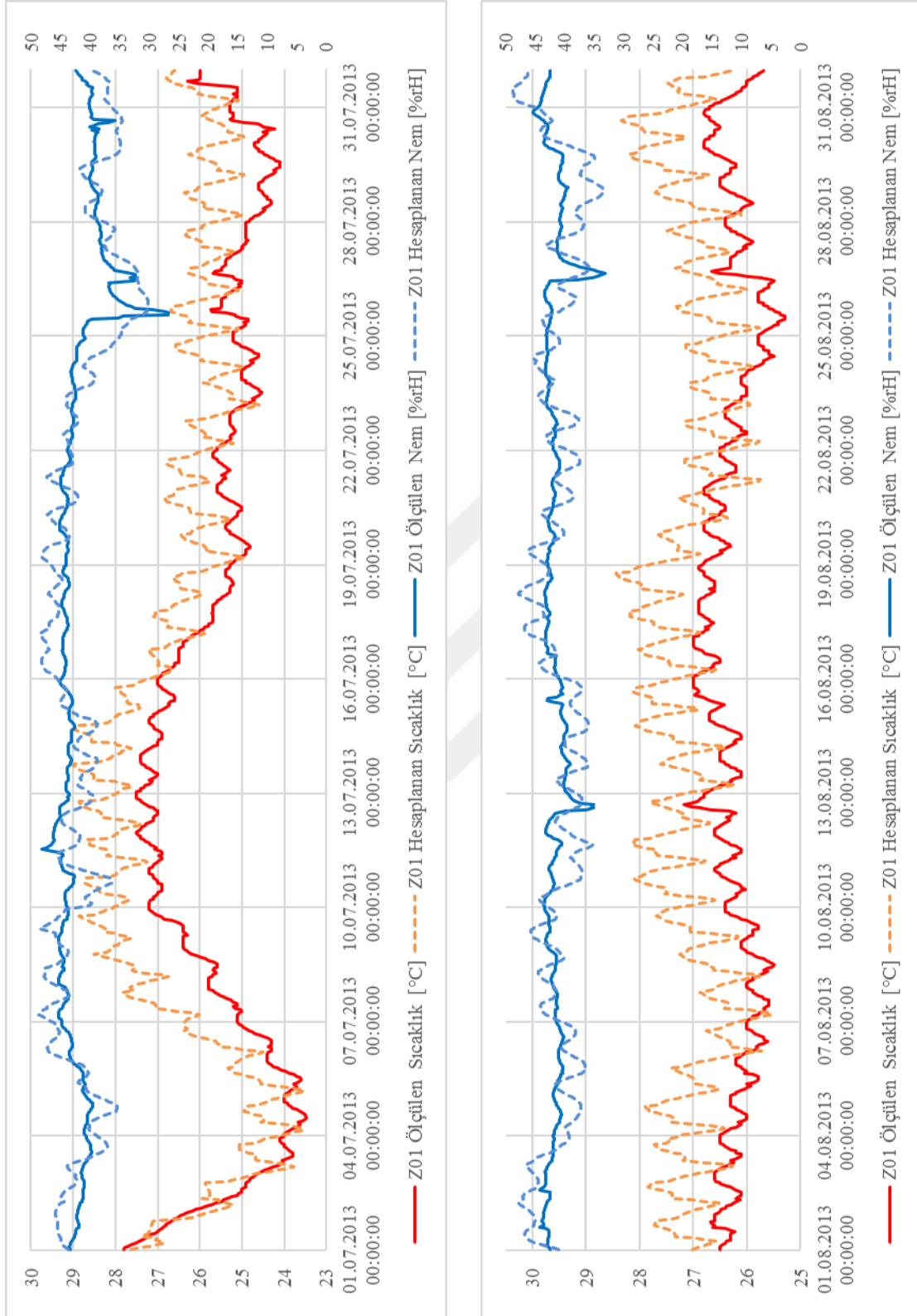
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel blogundaki Z01 ofisinin Ocak ve Şubat ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



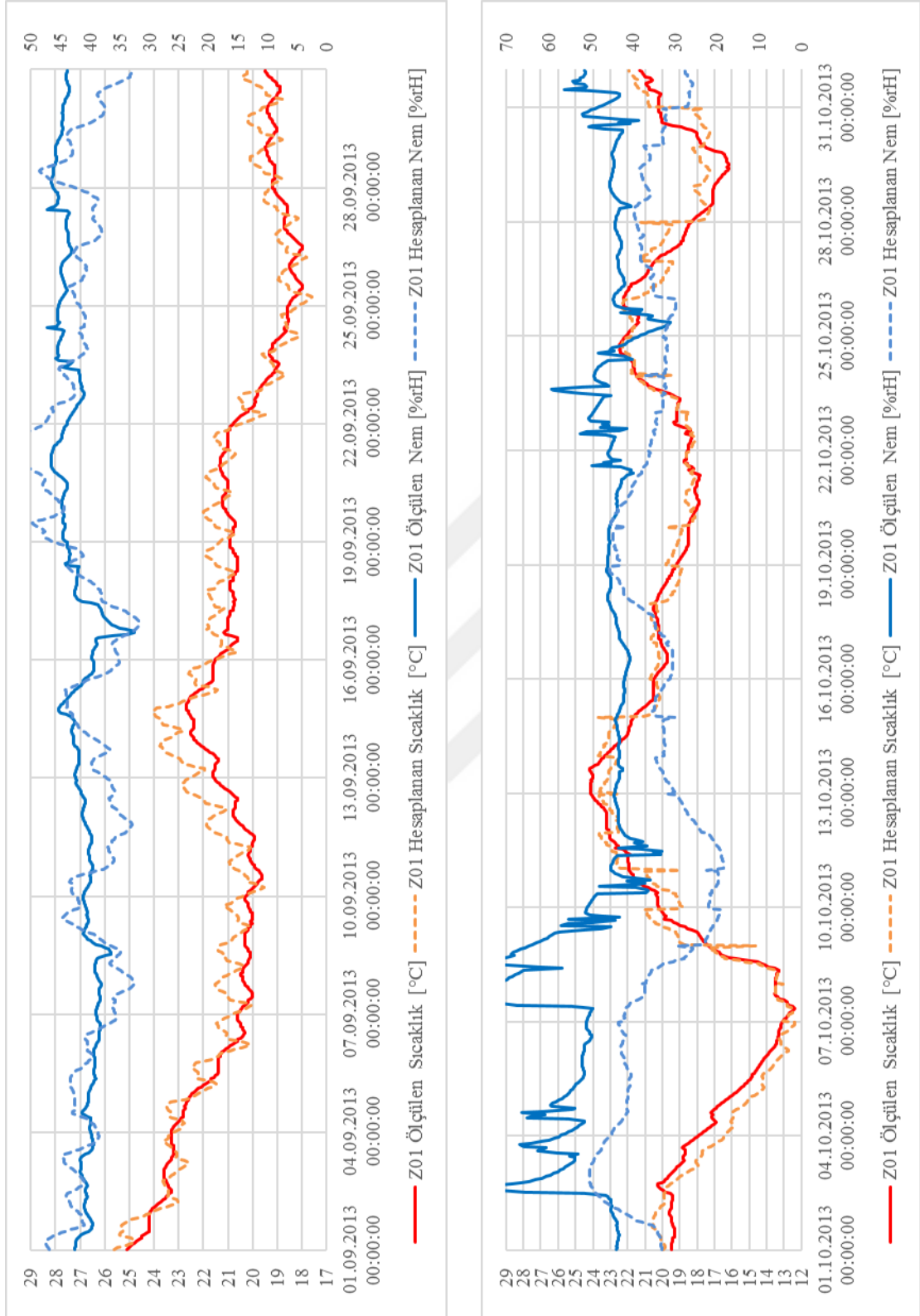
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel
bloğundaki Z01 ofisinin Mart ve Nisan ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık
(°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



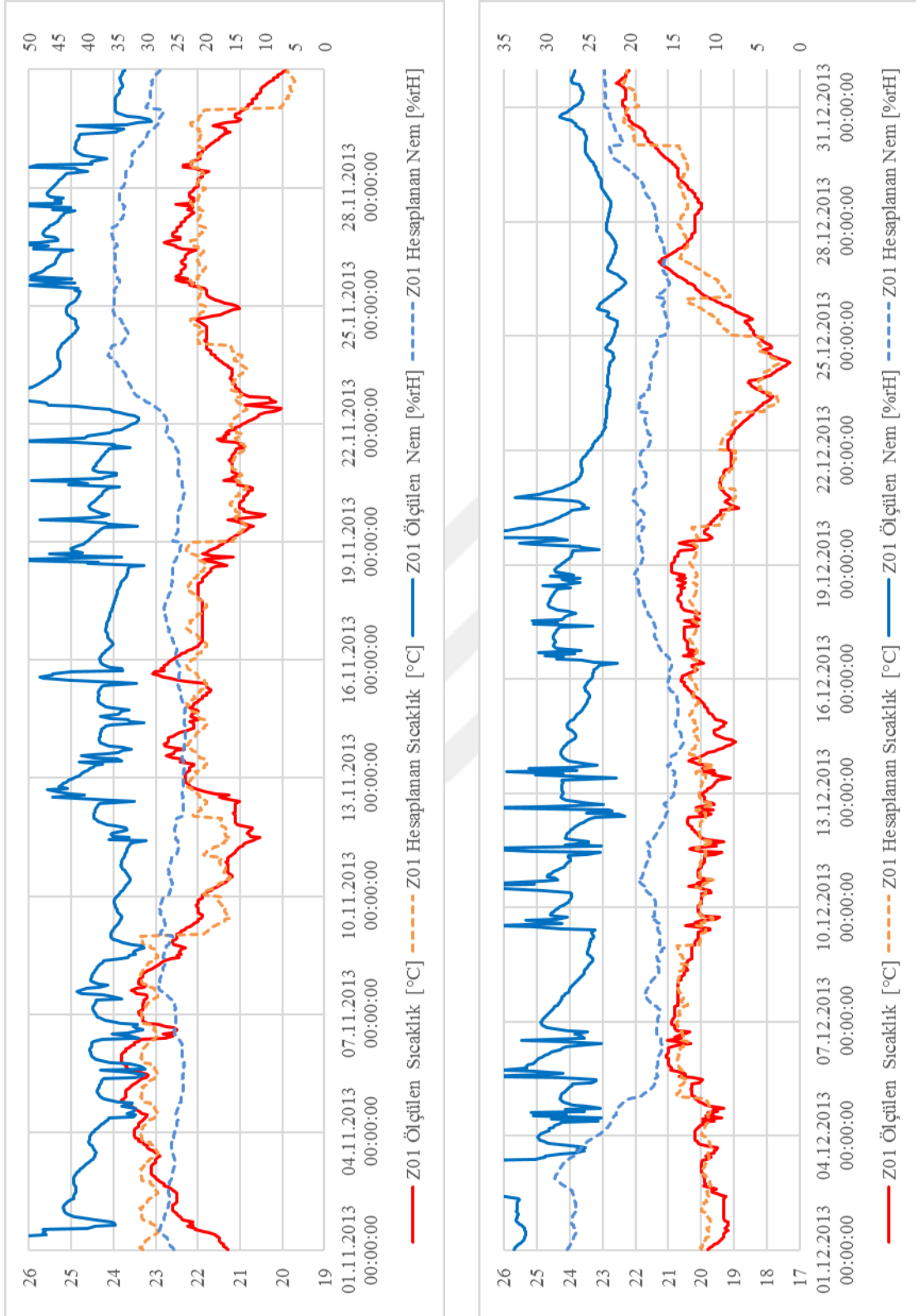
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z01 ofisinin Mayıs ve Haziran ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



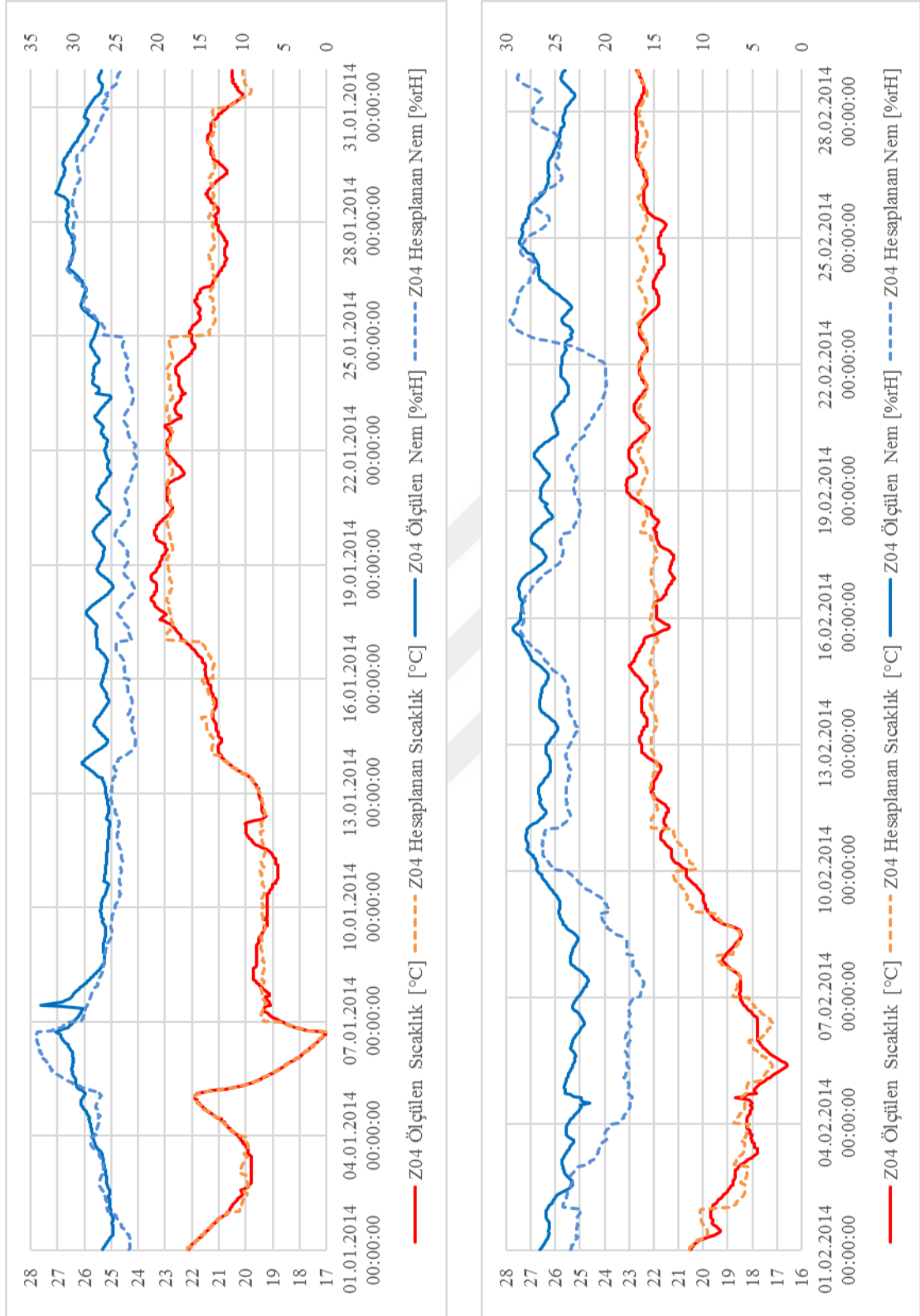
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z01 ofisinin Temmuz ve Ağustos ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



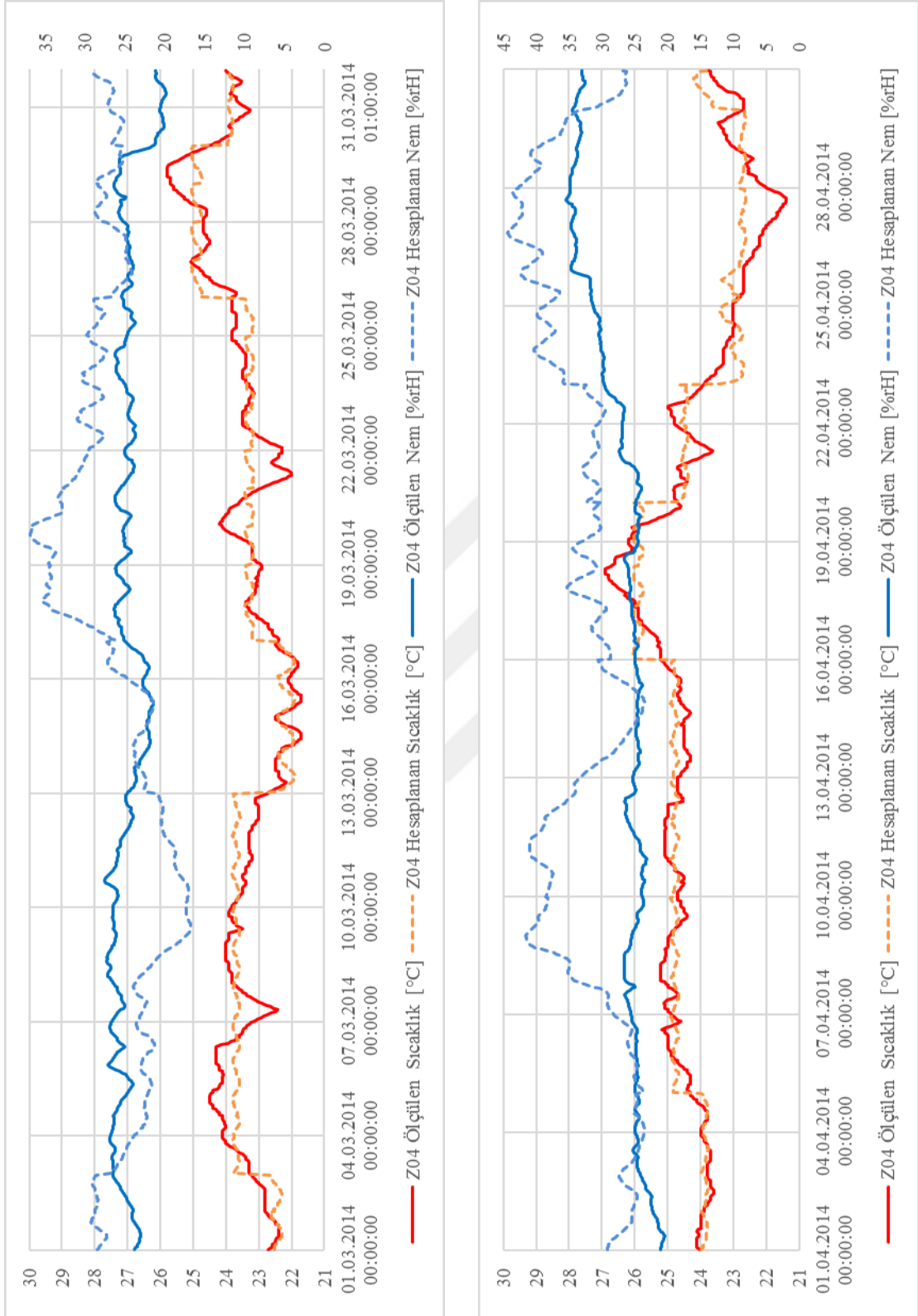
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z01 ofisinin Eylül ve Ekim ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



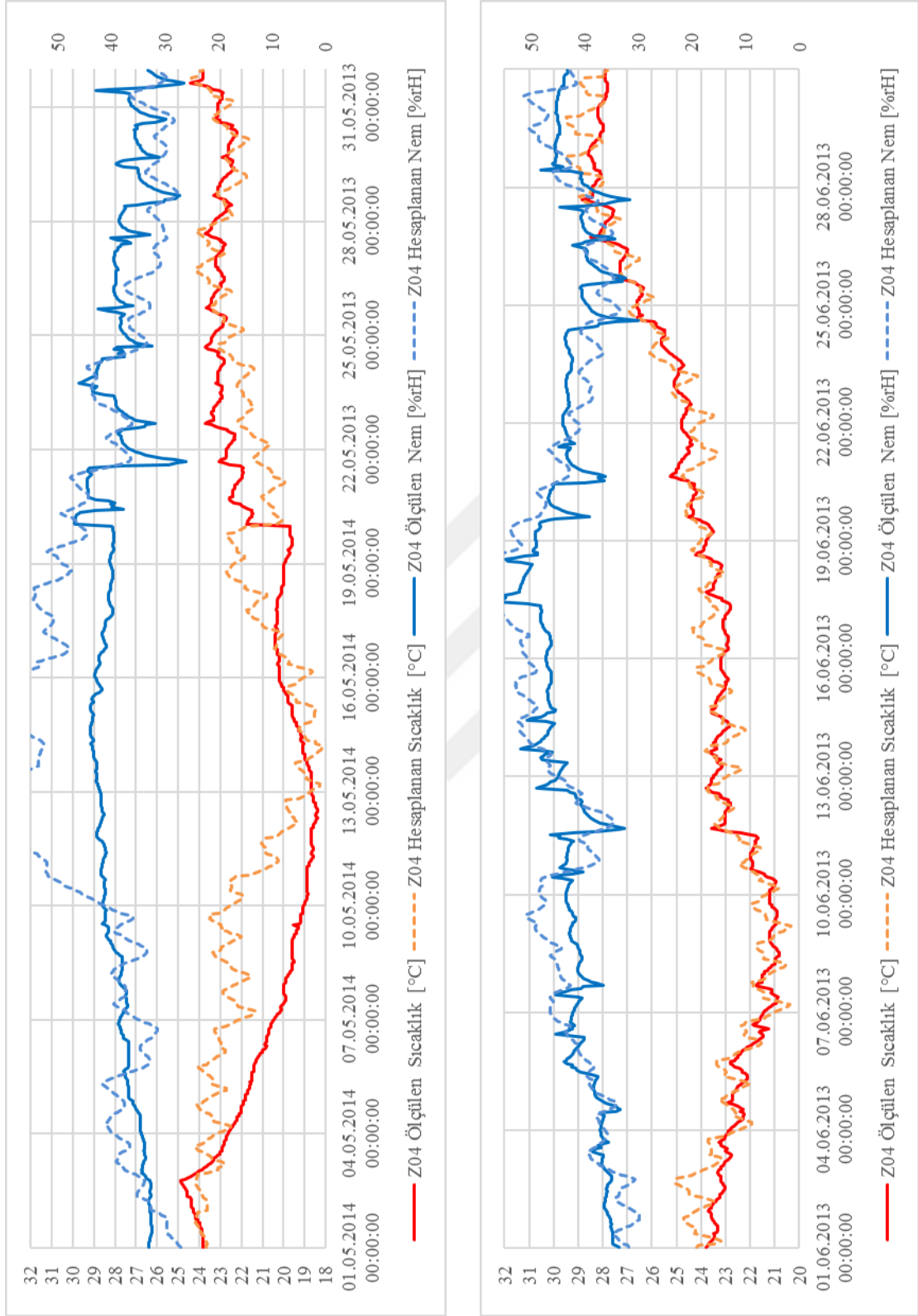
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z01 ofisinin Kasım ve Aralık ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



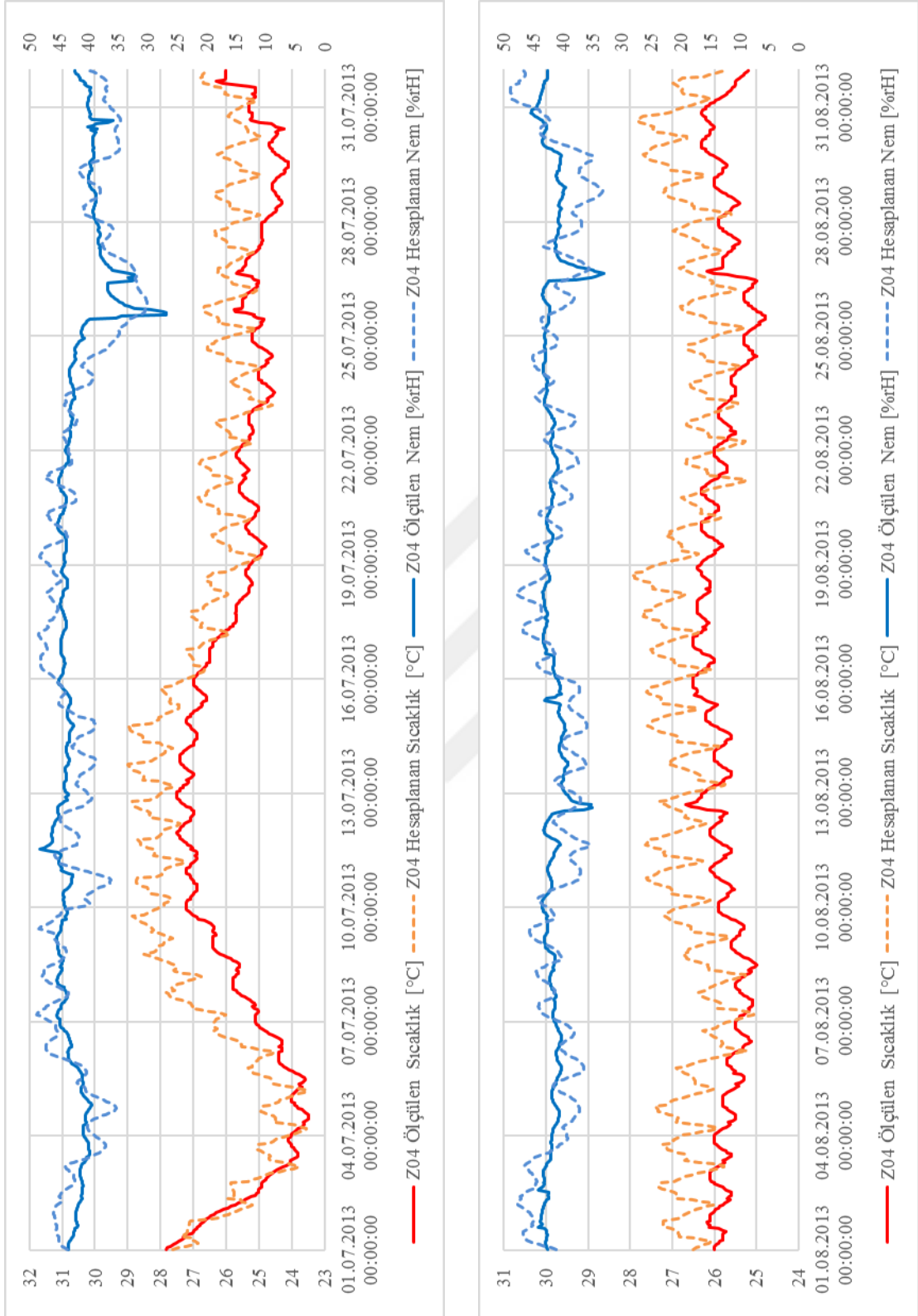
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z04 ofisinin Ocak ve Şubat ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



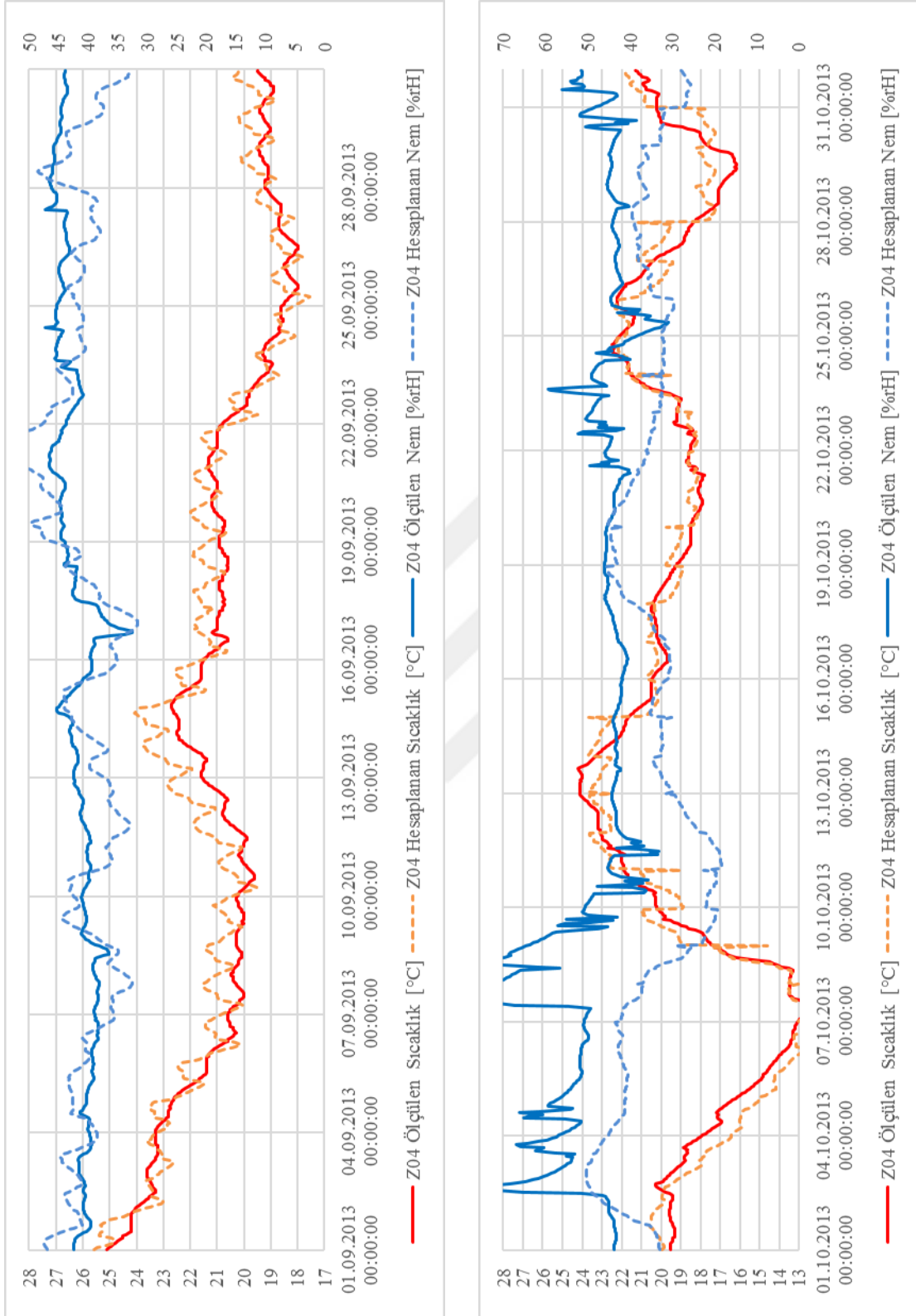
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z04 ofisinin Mart ve Nisan ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



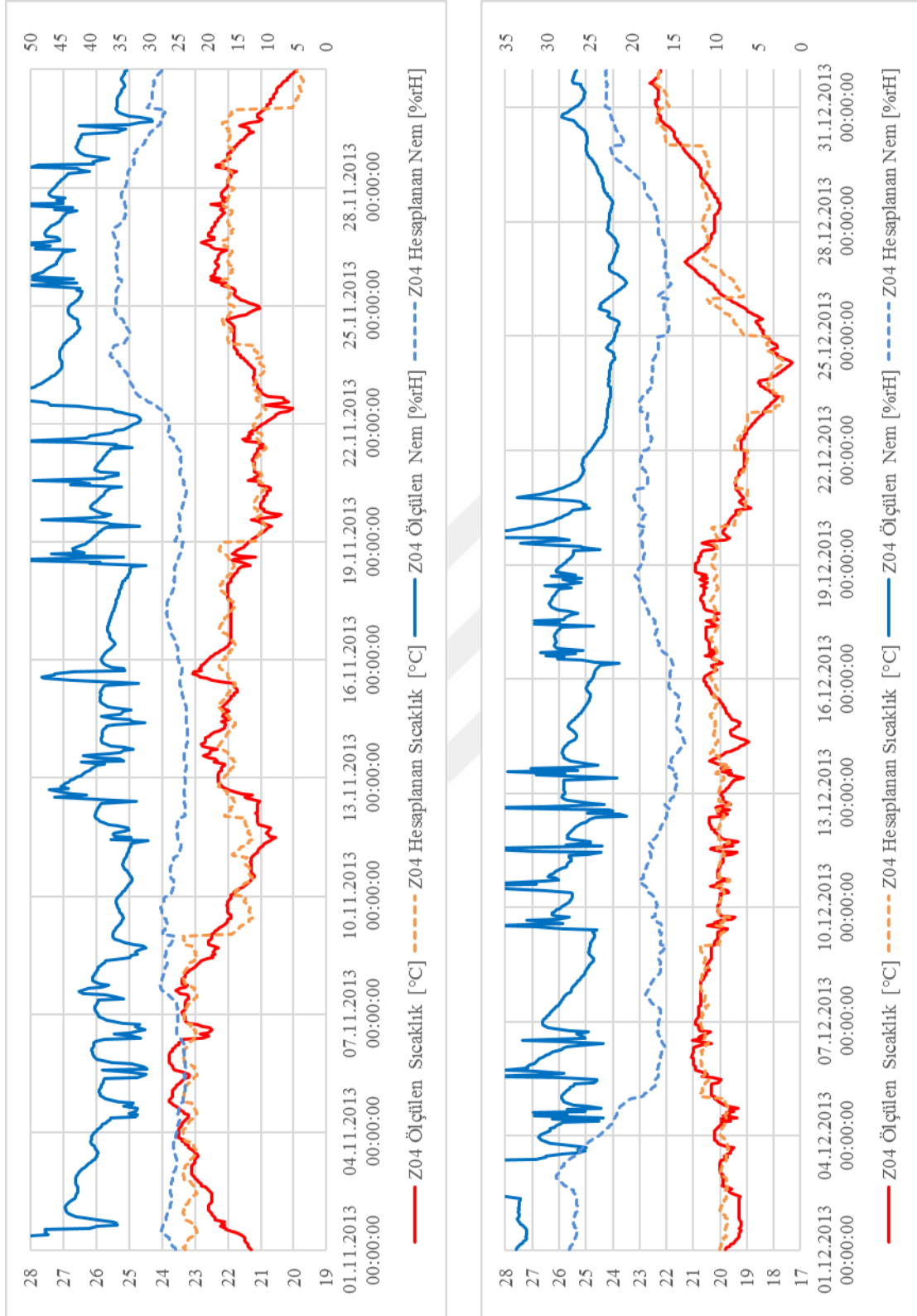
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z04 ofisinin Mayıs ve Haziran ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



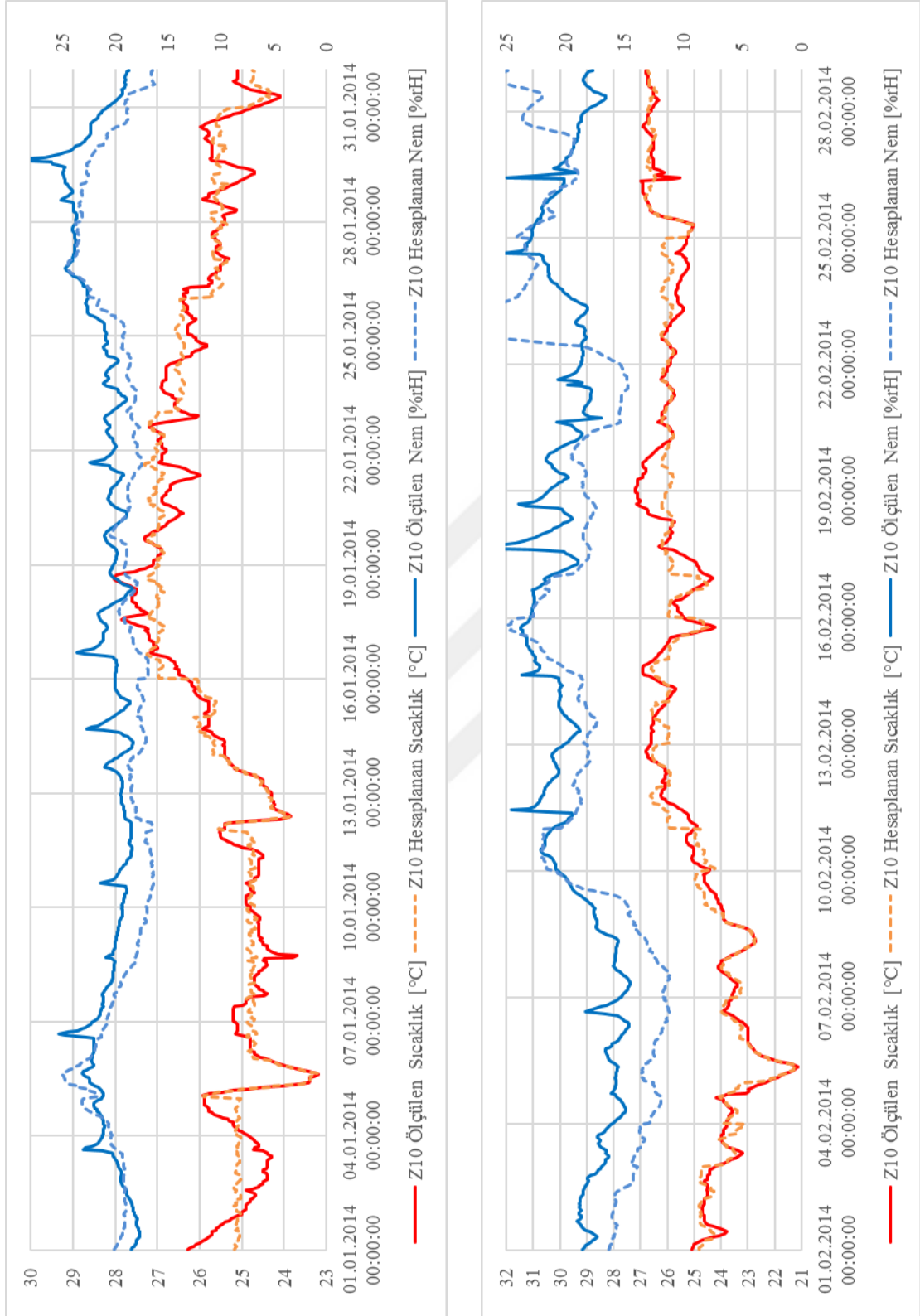
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z04 ofisinin Temmuz ve Ağustos ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



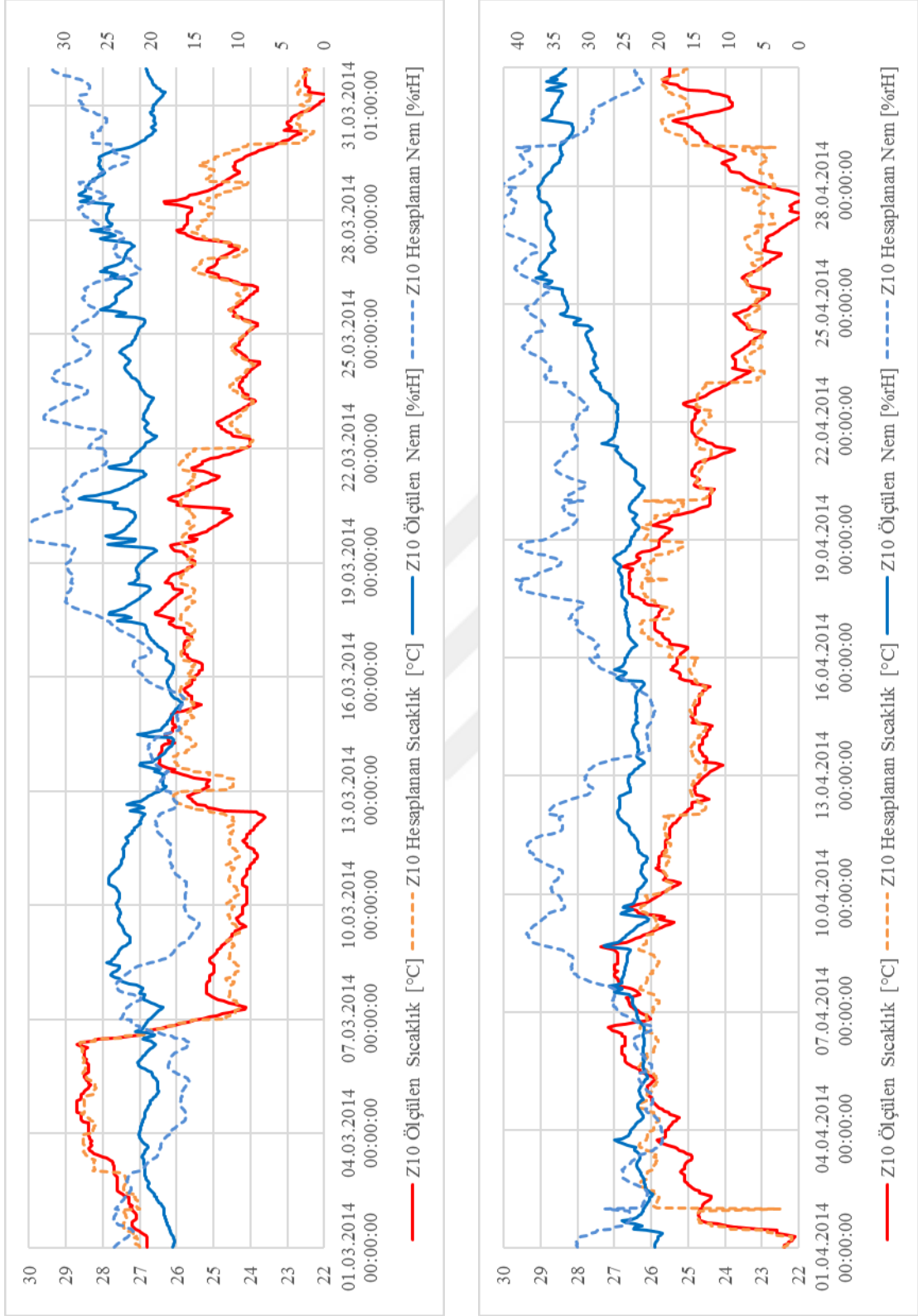
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z04 ofisinin Eylül ve Ekim ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



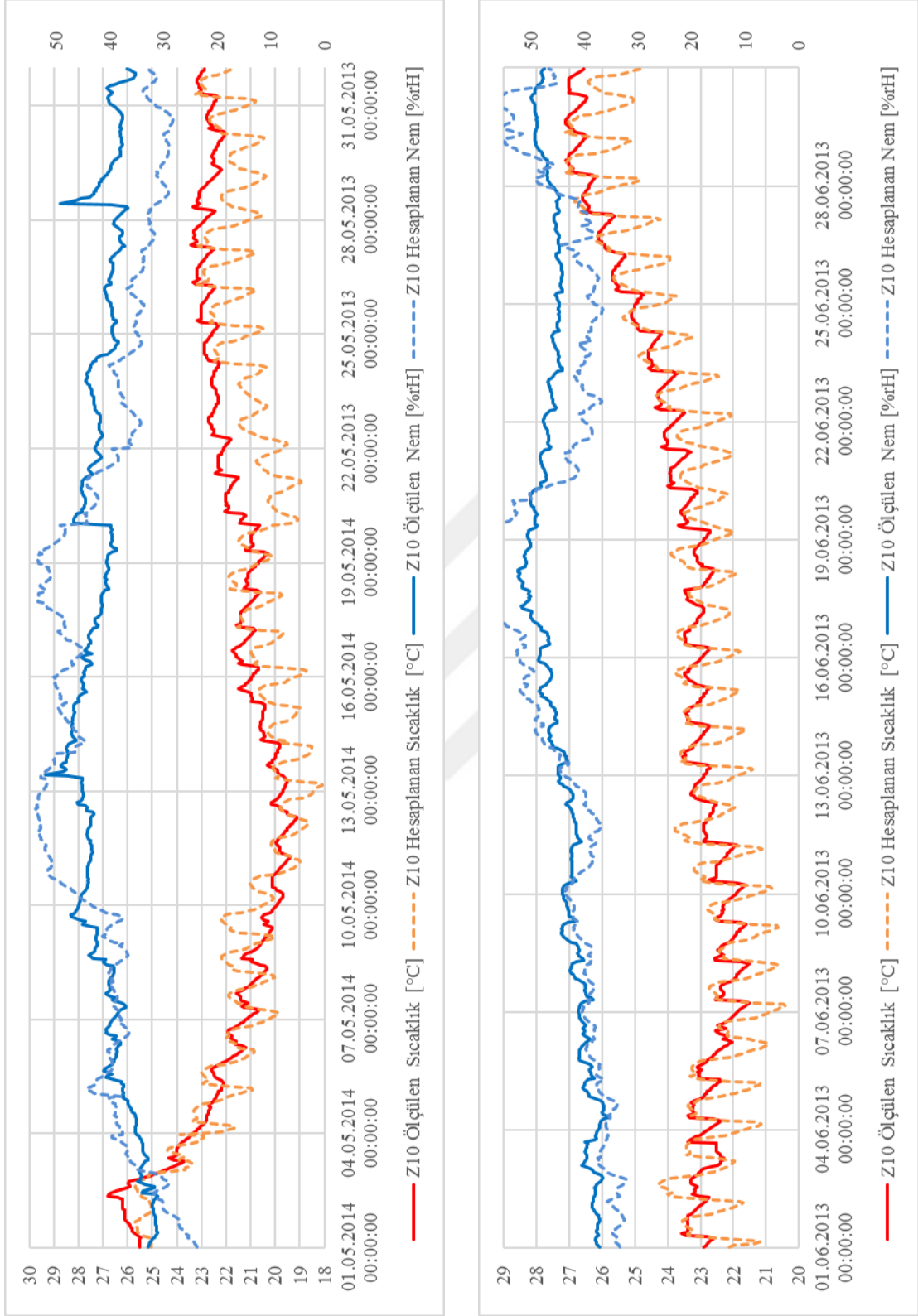
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z04 ofisinin Kasım ve Aralık ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



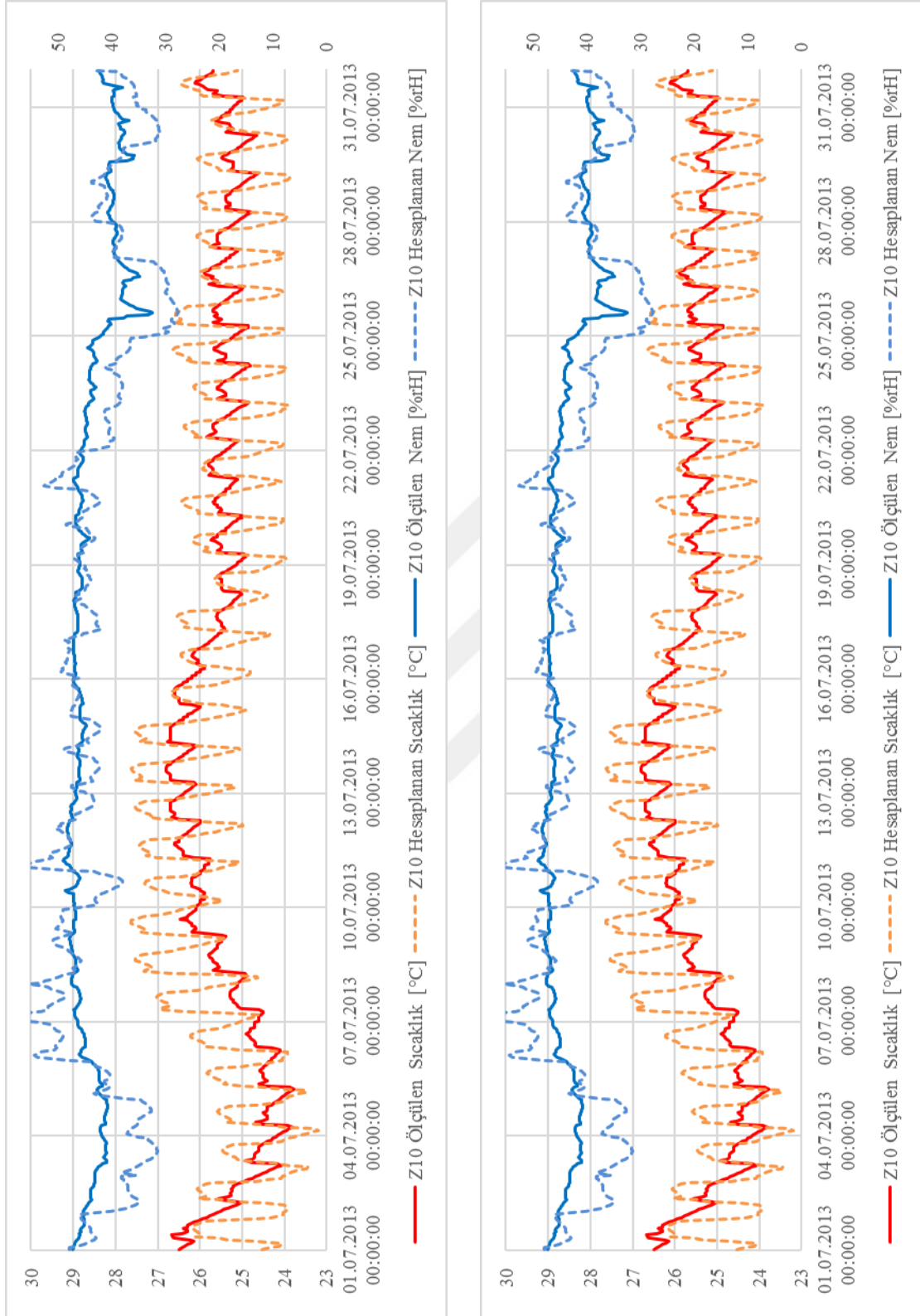
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z10 ofisinin Ocak ve Şubat ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



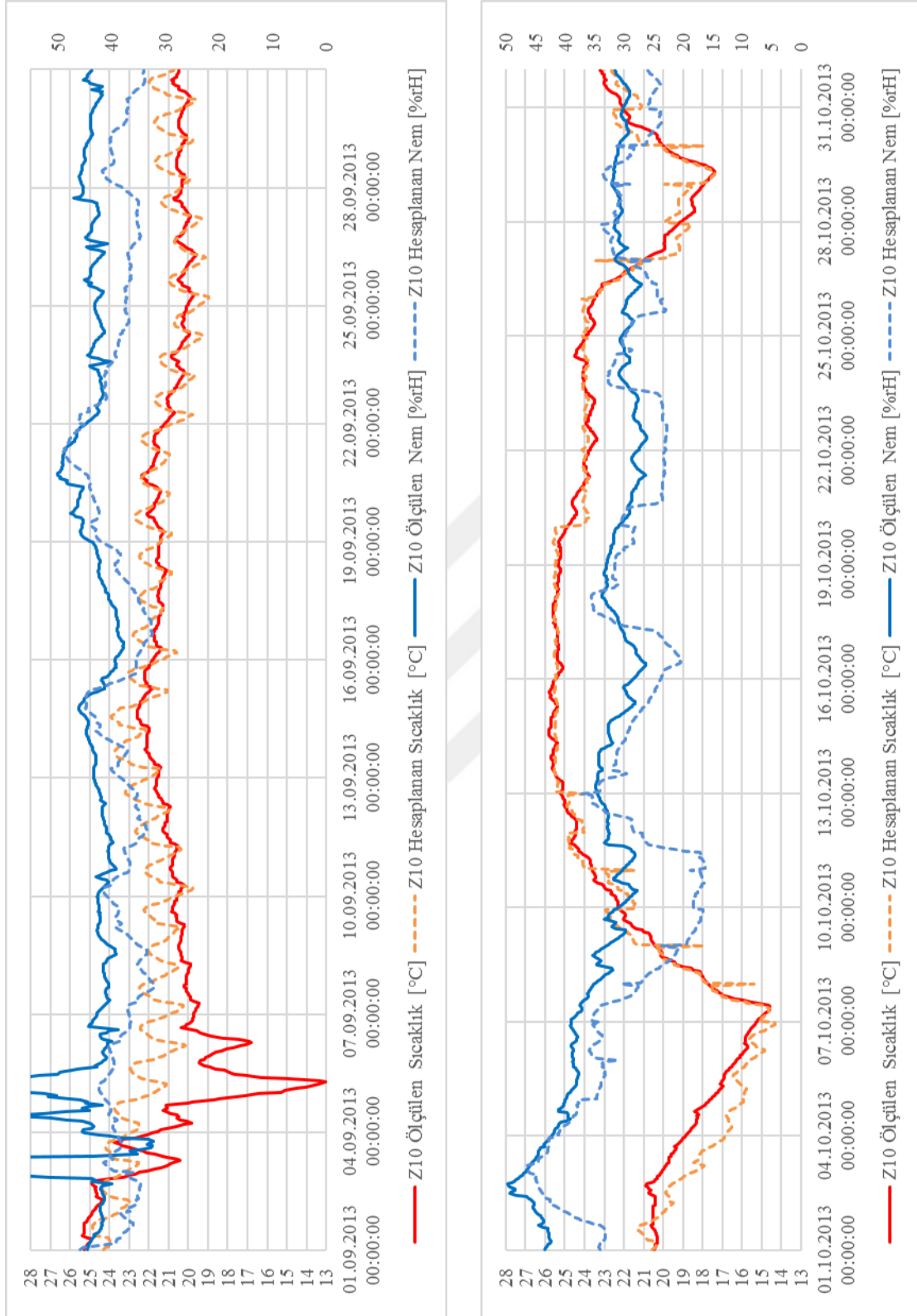
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z10 ofisinin Mart ve Nisan ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



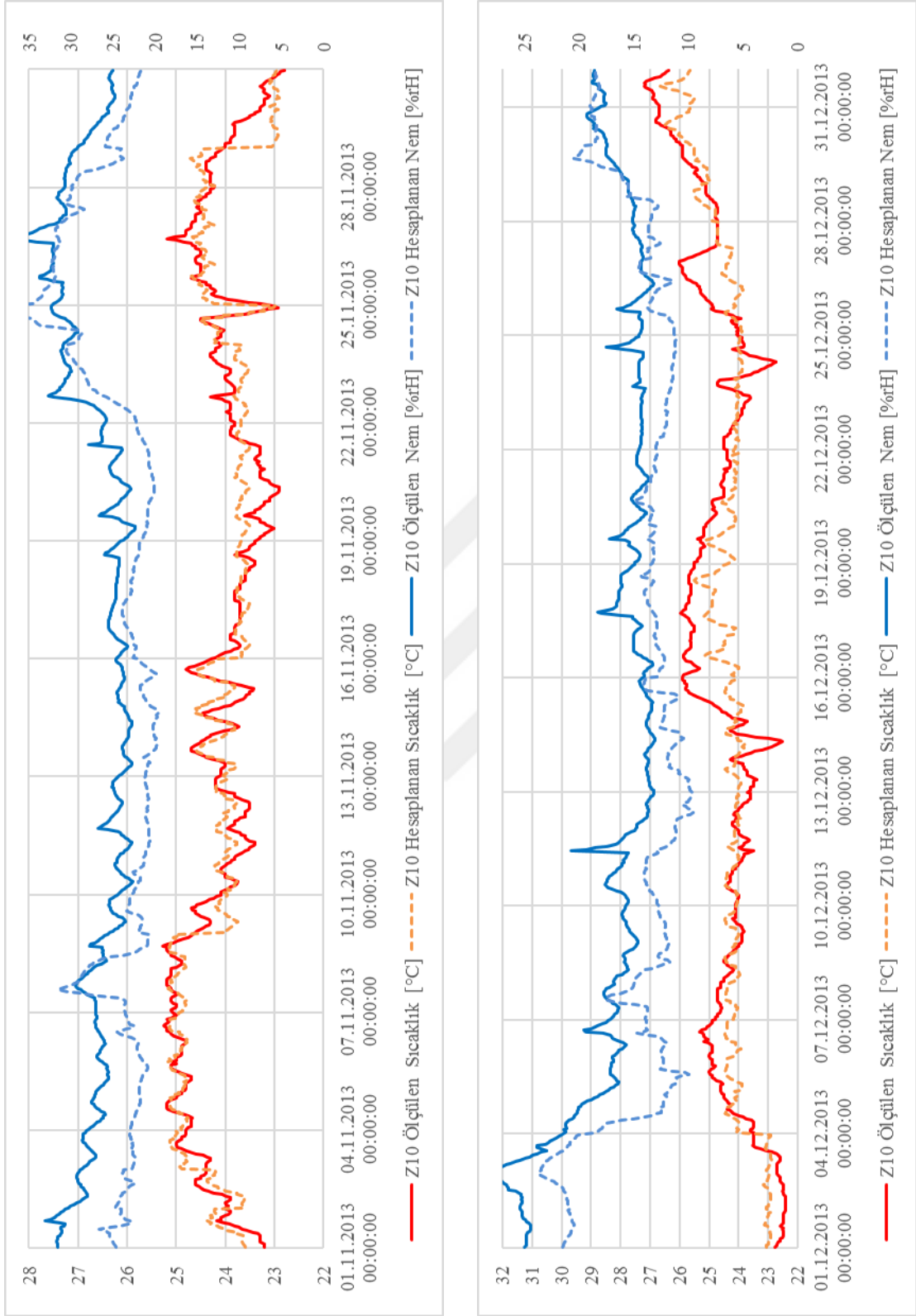
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z10 ofisinin Mayıs ve Haziran ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



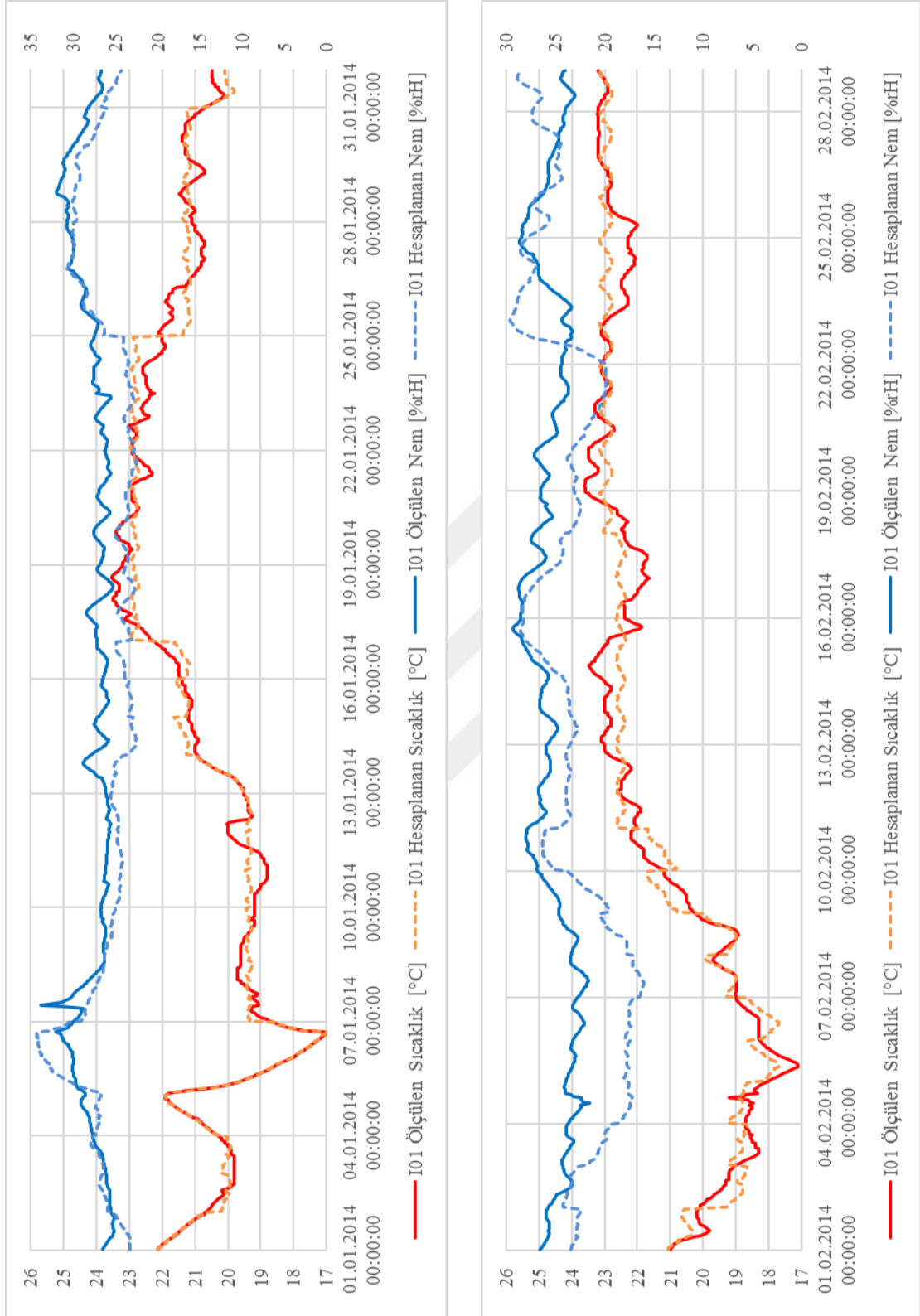
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z10 ofisinin Temmuz ve Ağustos ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



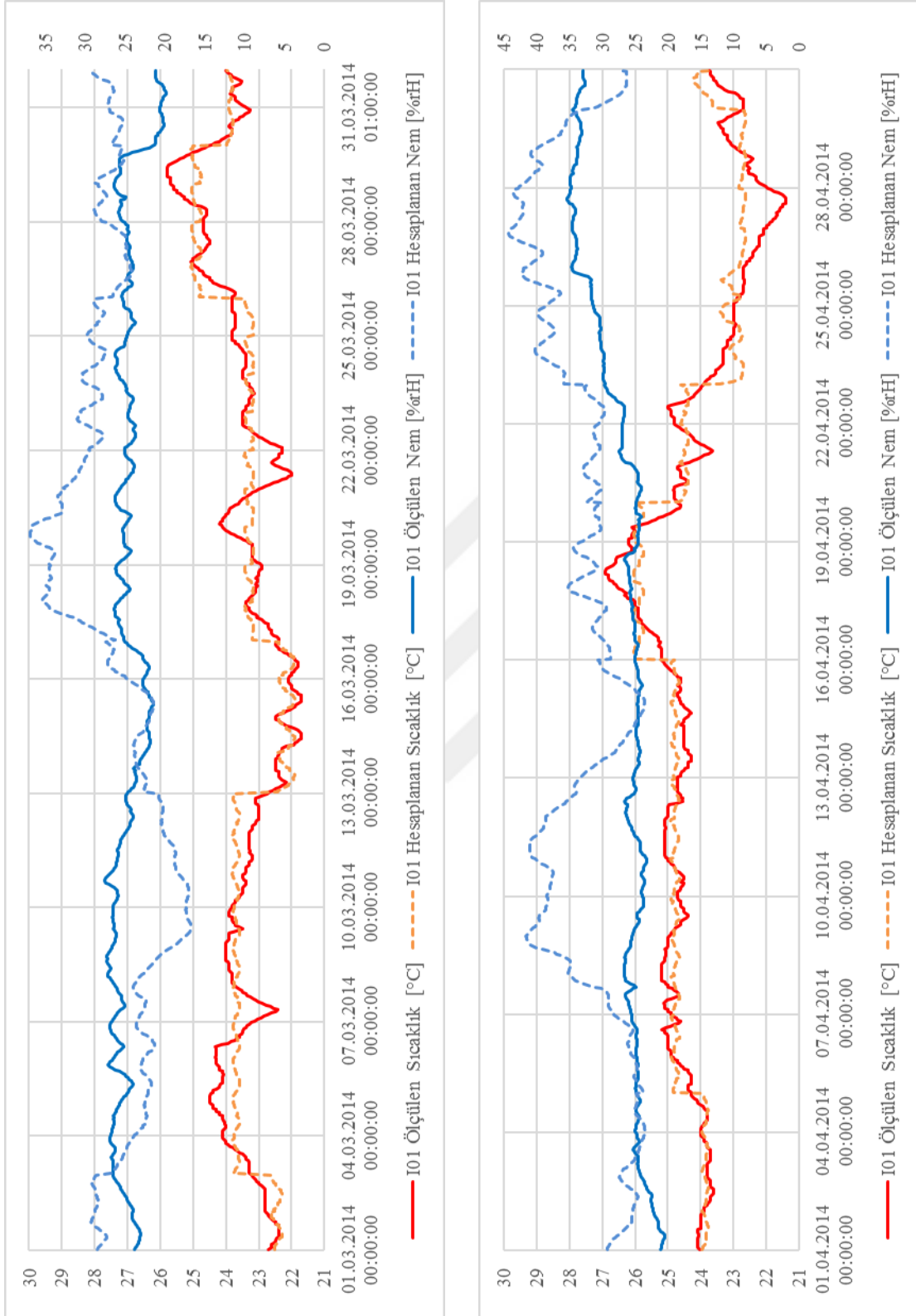
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z10 ofisinin Eylül ve Ekim ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



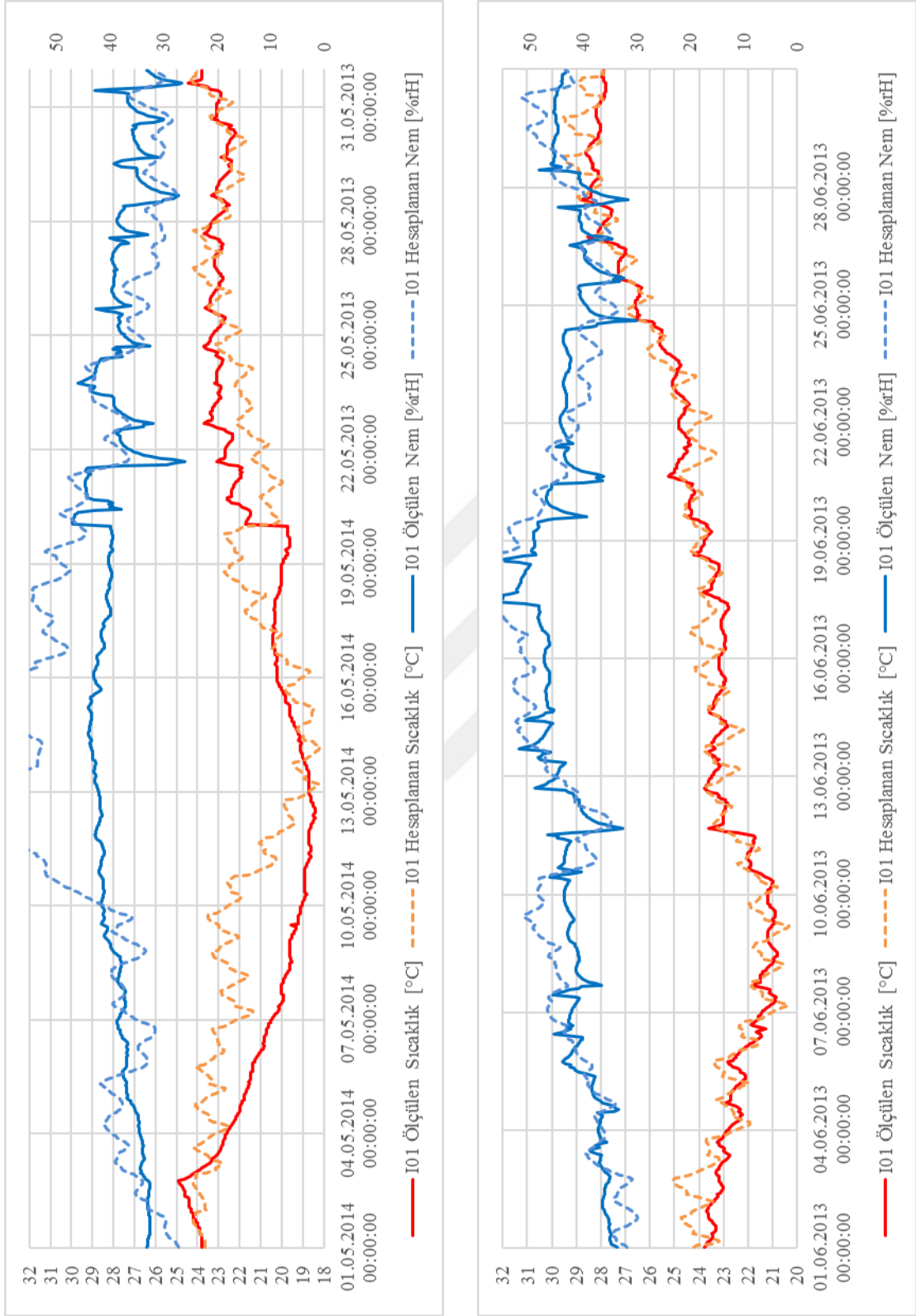
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki Z10 ofisinin Kasım ve Aralık ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



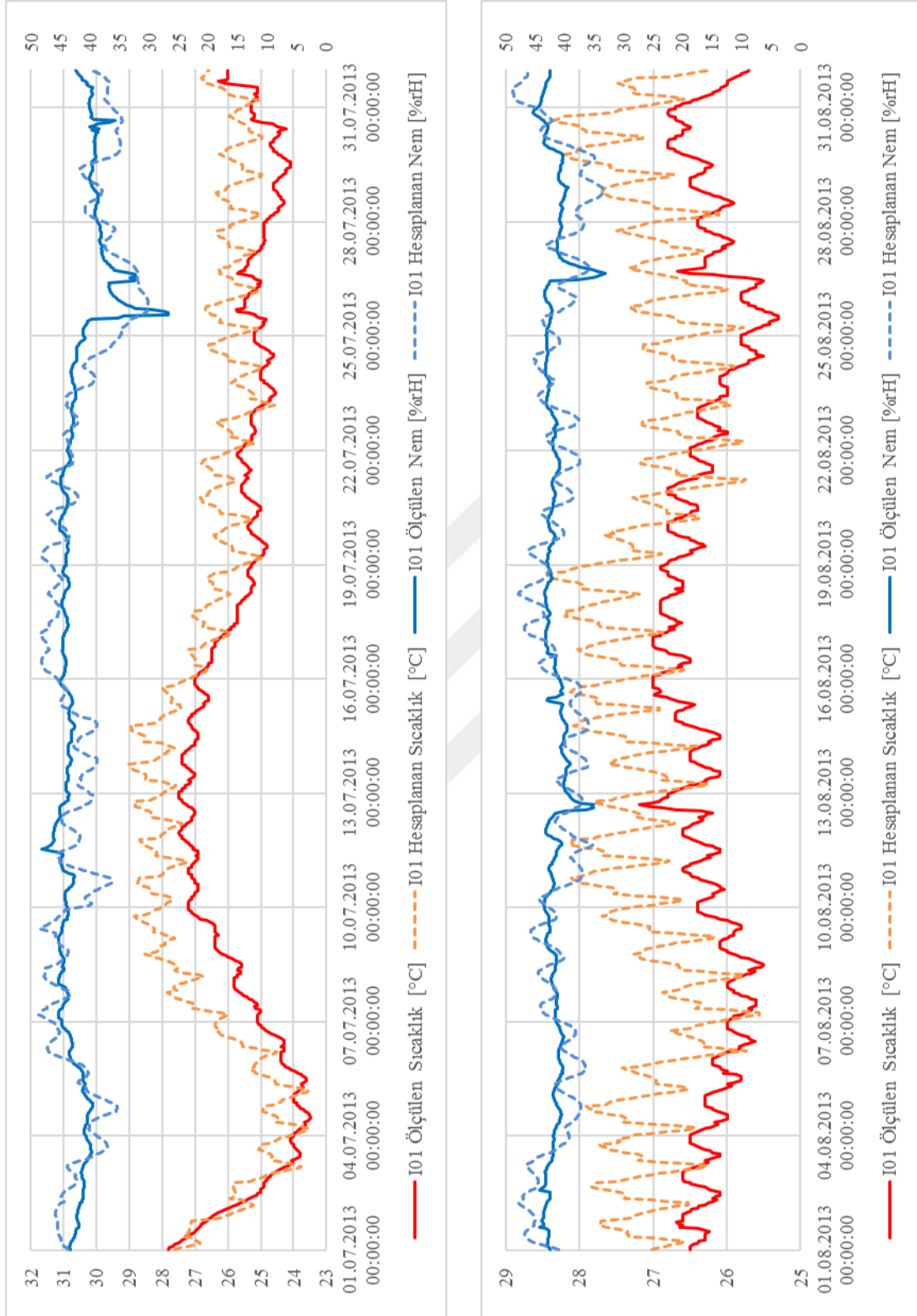
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I01 ofisinin Ocak ve Şubat ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



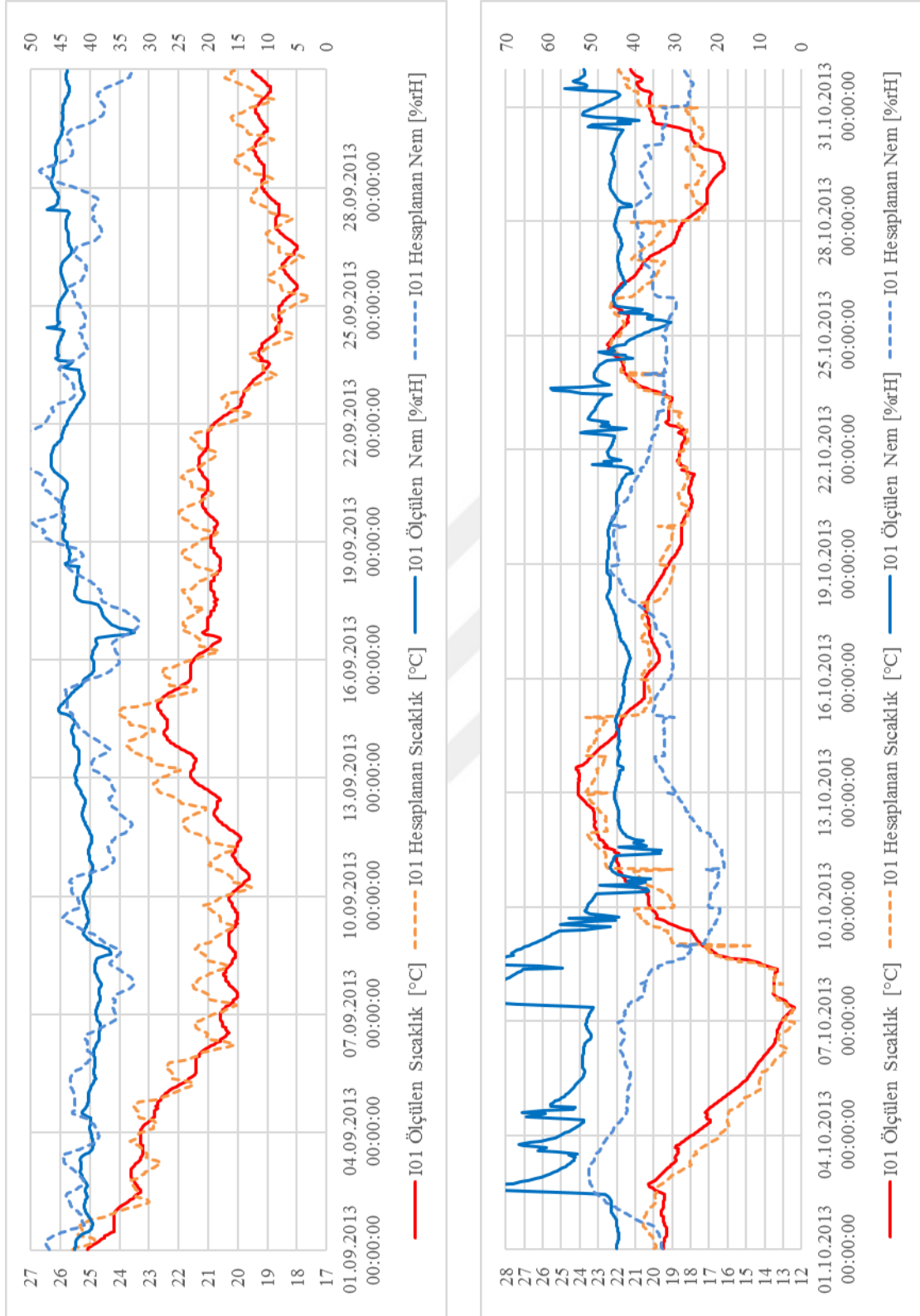
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I01 ofisinin Mart ve Nisan ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



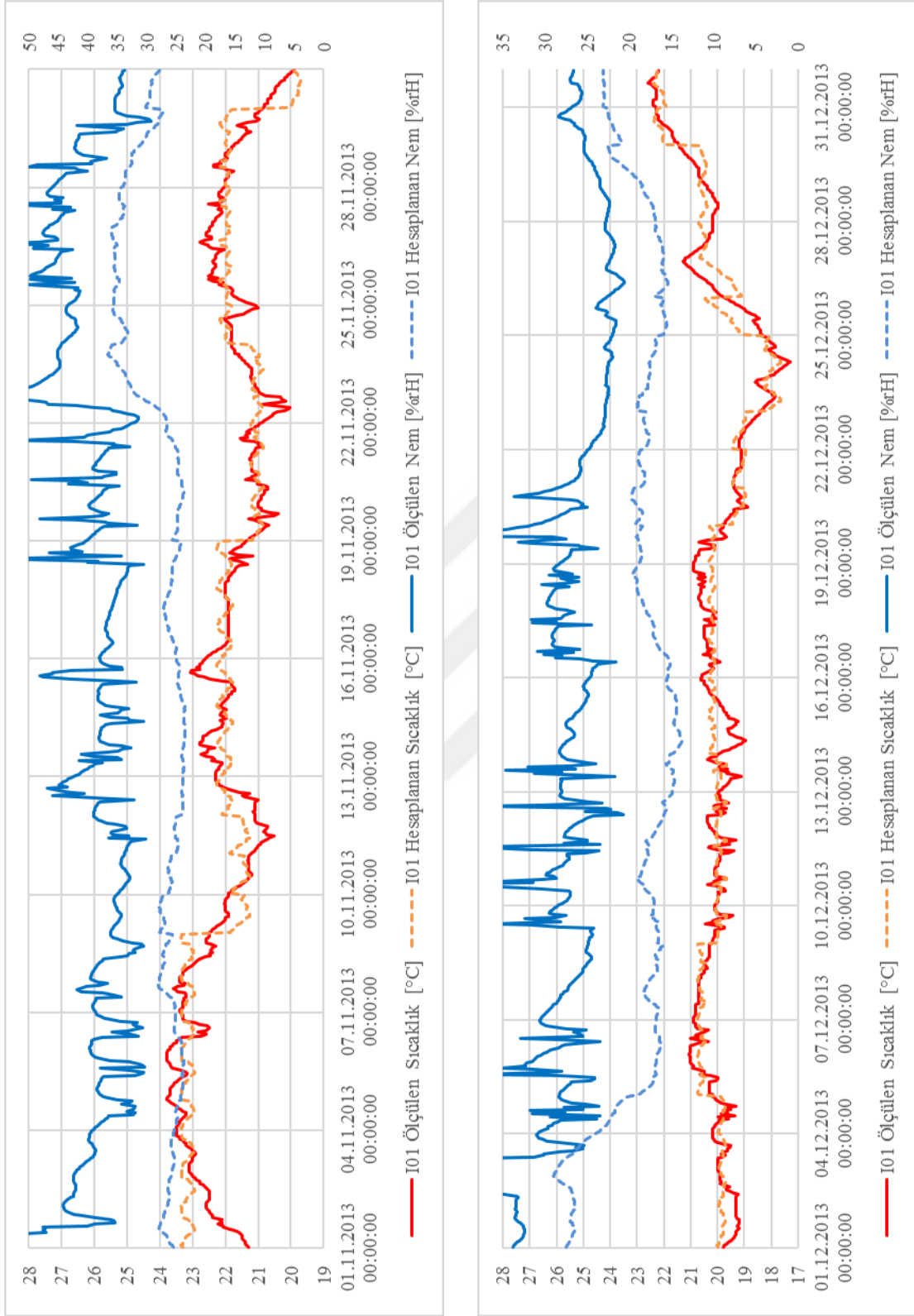
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I01 ofisinin Mayıs ve Haziran ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



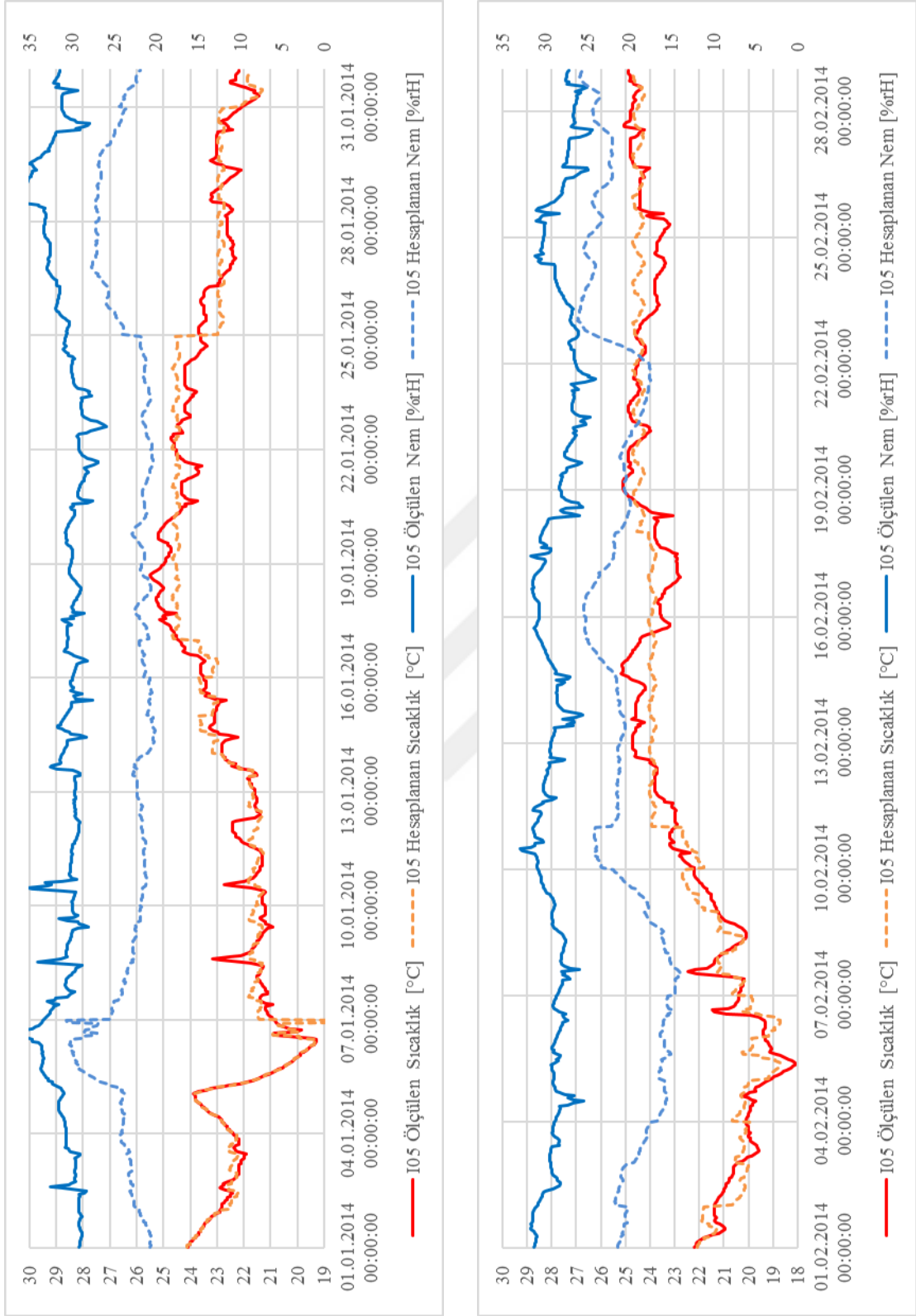
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I01 ofisinin Temmuz ve Ağustos ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



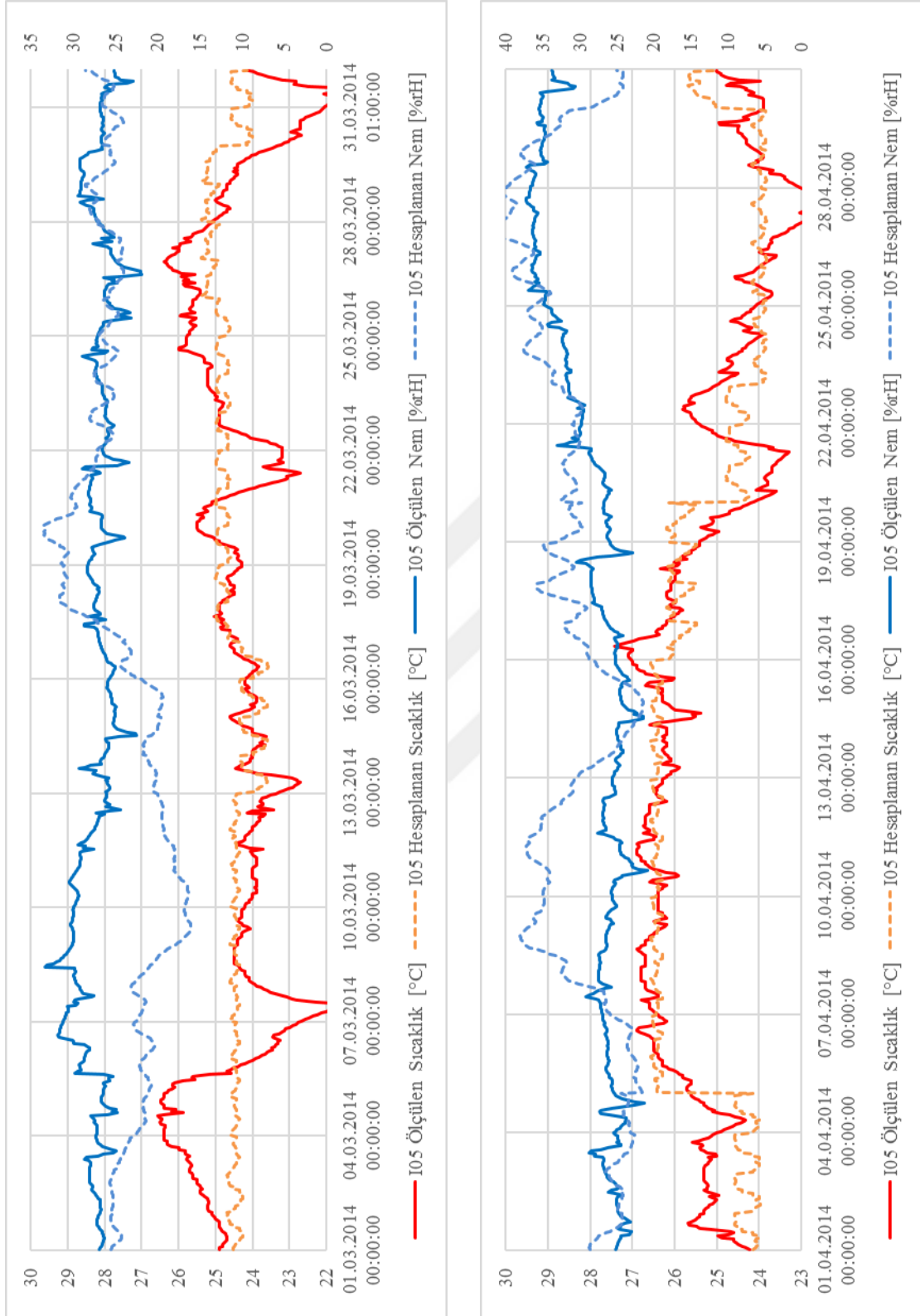
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I01 ofisinin Eylül ve Ekim ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



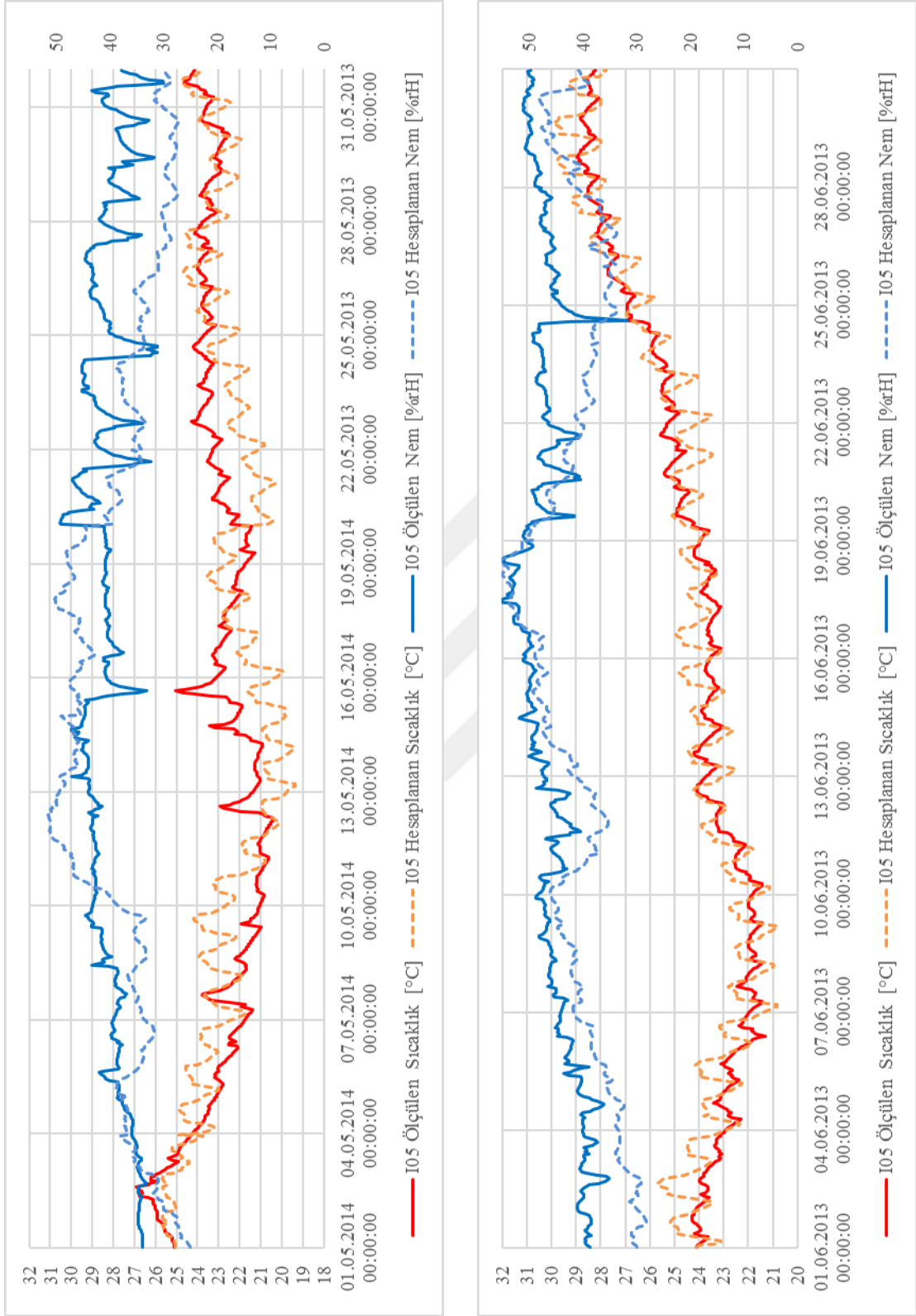
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I01 ofisinin Kasım ve Aralık ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



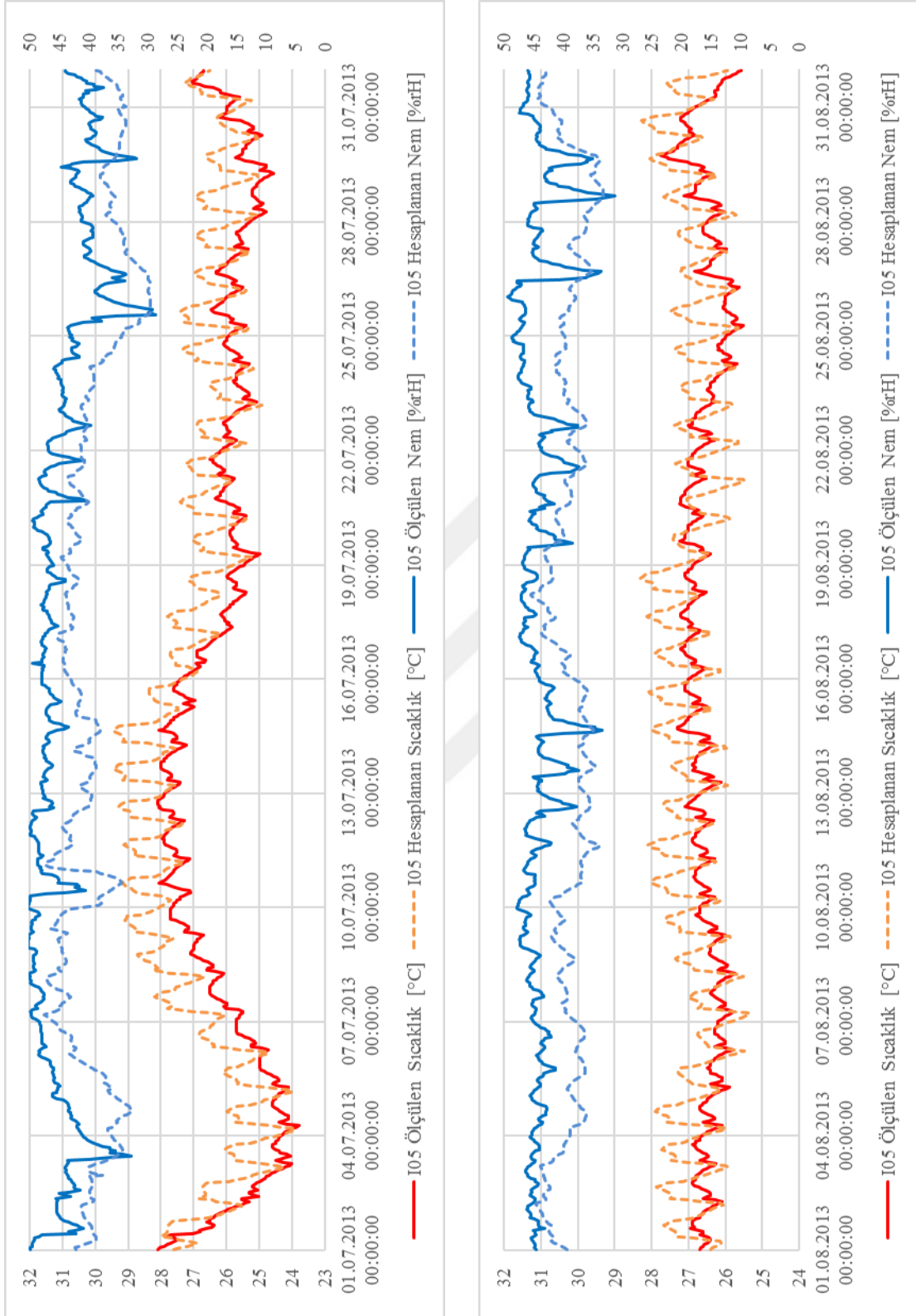
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I05 ofisinin Ocak ve Şubat ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



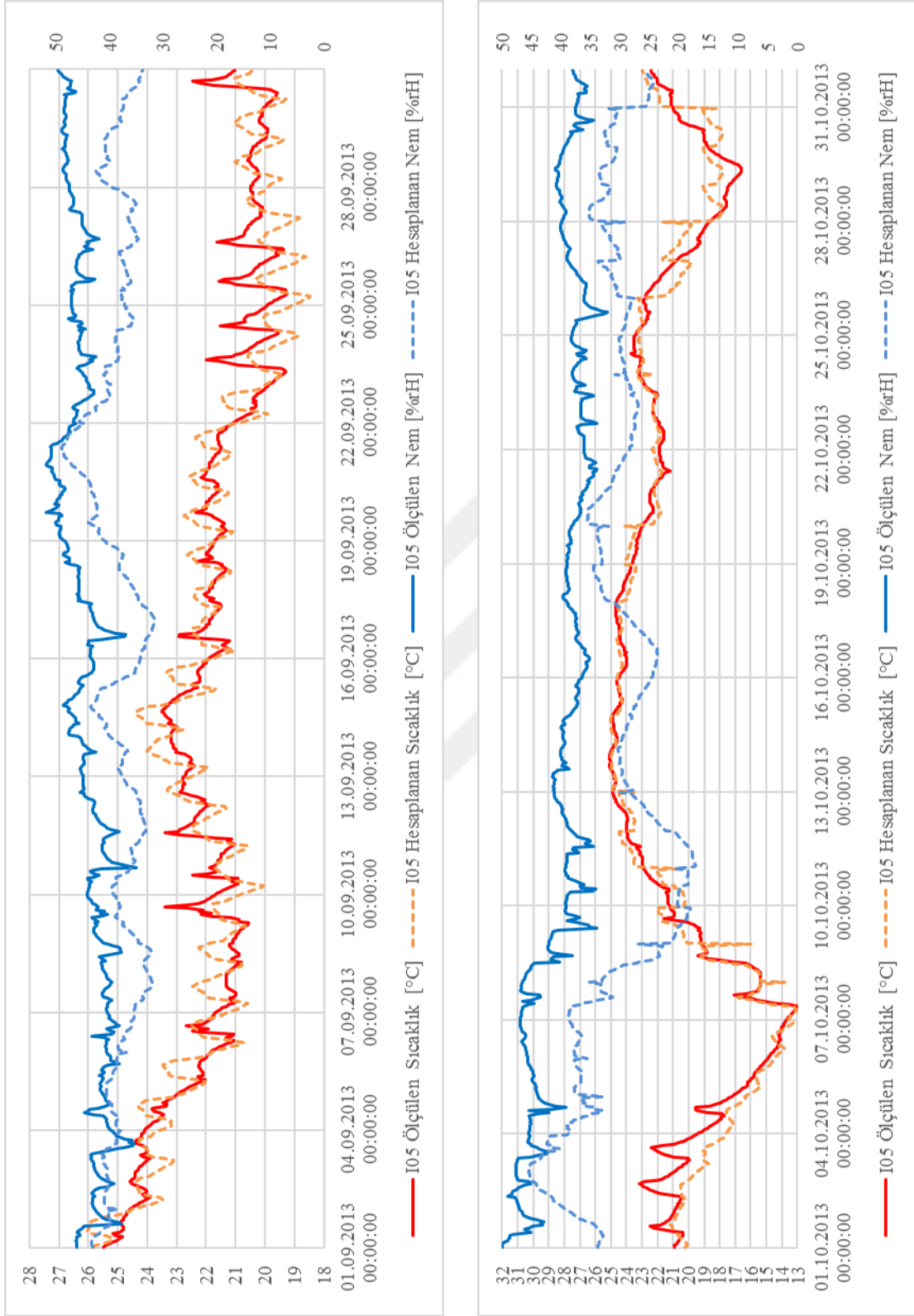
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I05 ofisinin Mart ve Nisan ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



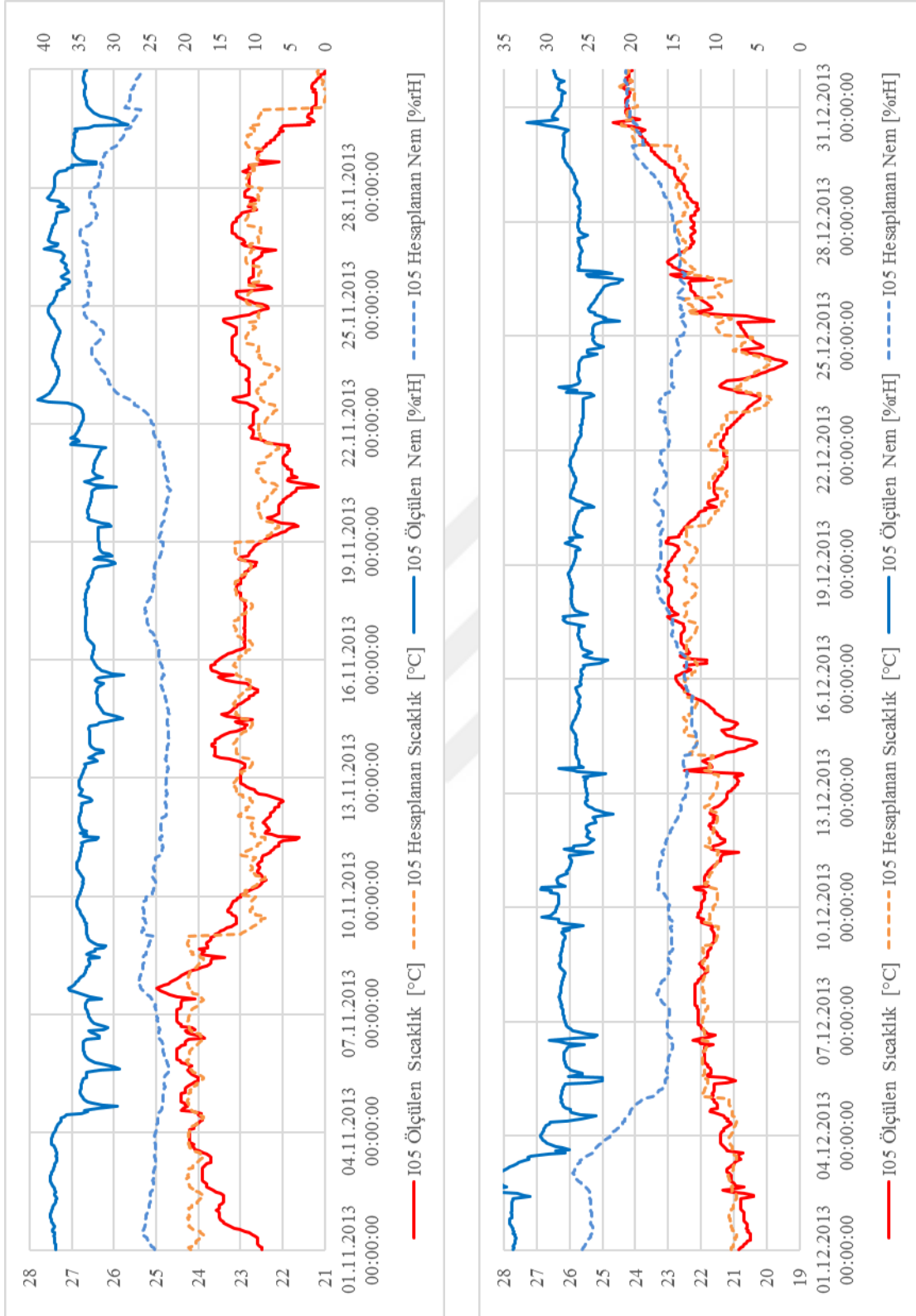
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I05 ofisinin Mayıs ve Haziran ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



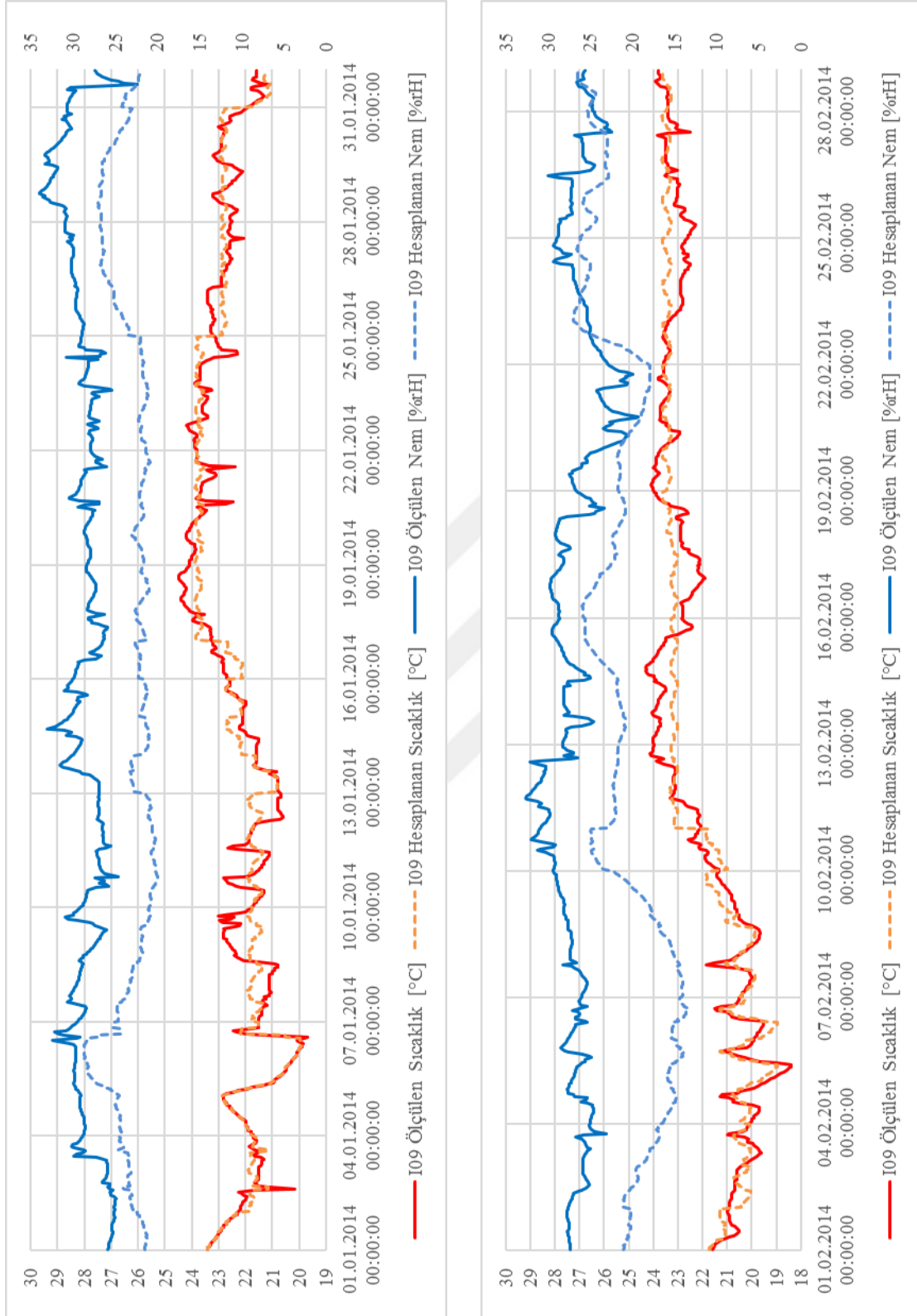
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I05 ofisinin Temmuz ve Ağustos ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



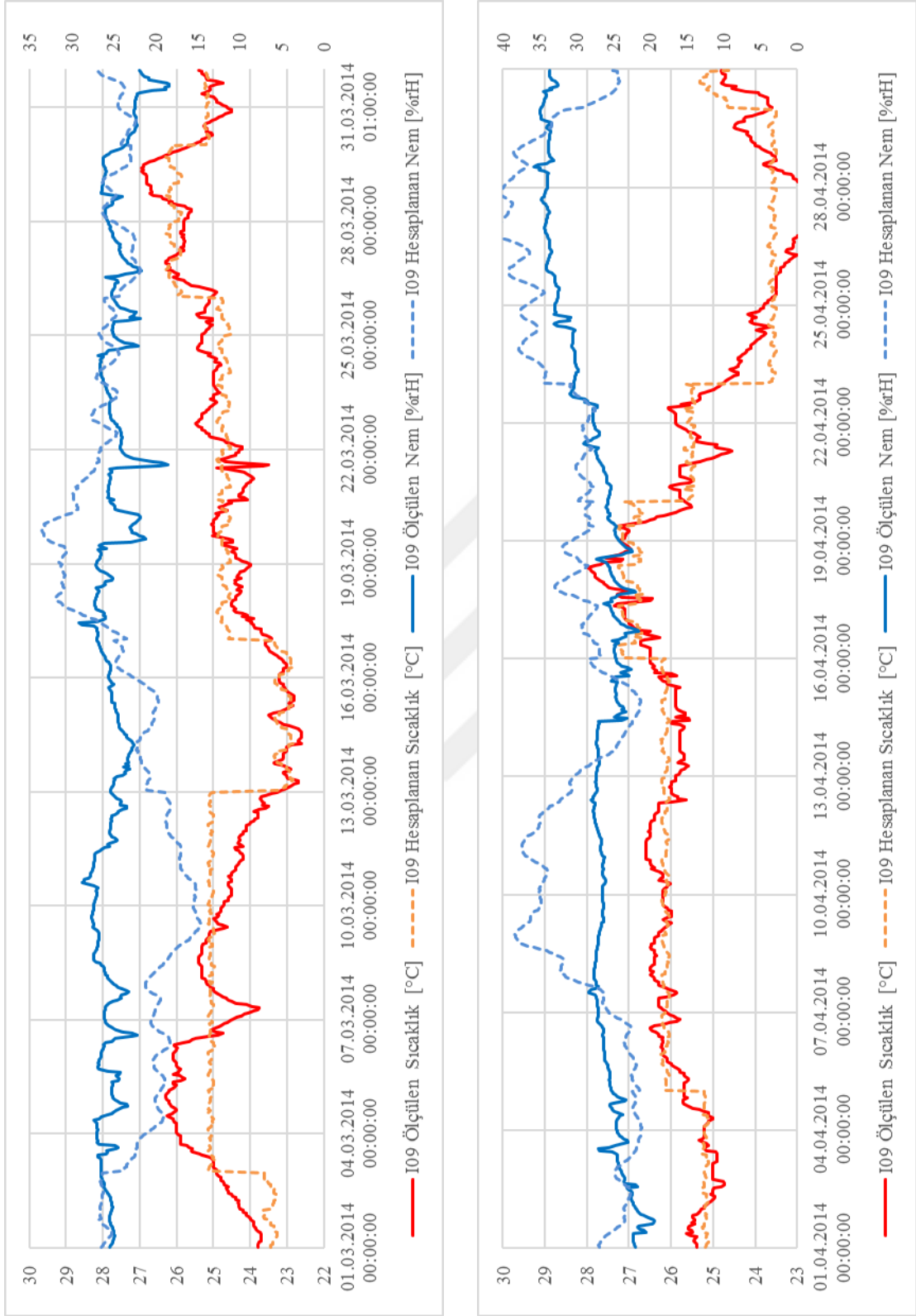
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I05 ofisinin Eylül ve Ekim ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



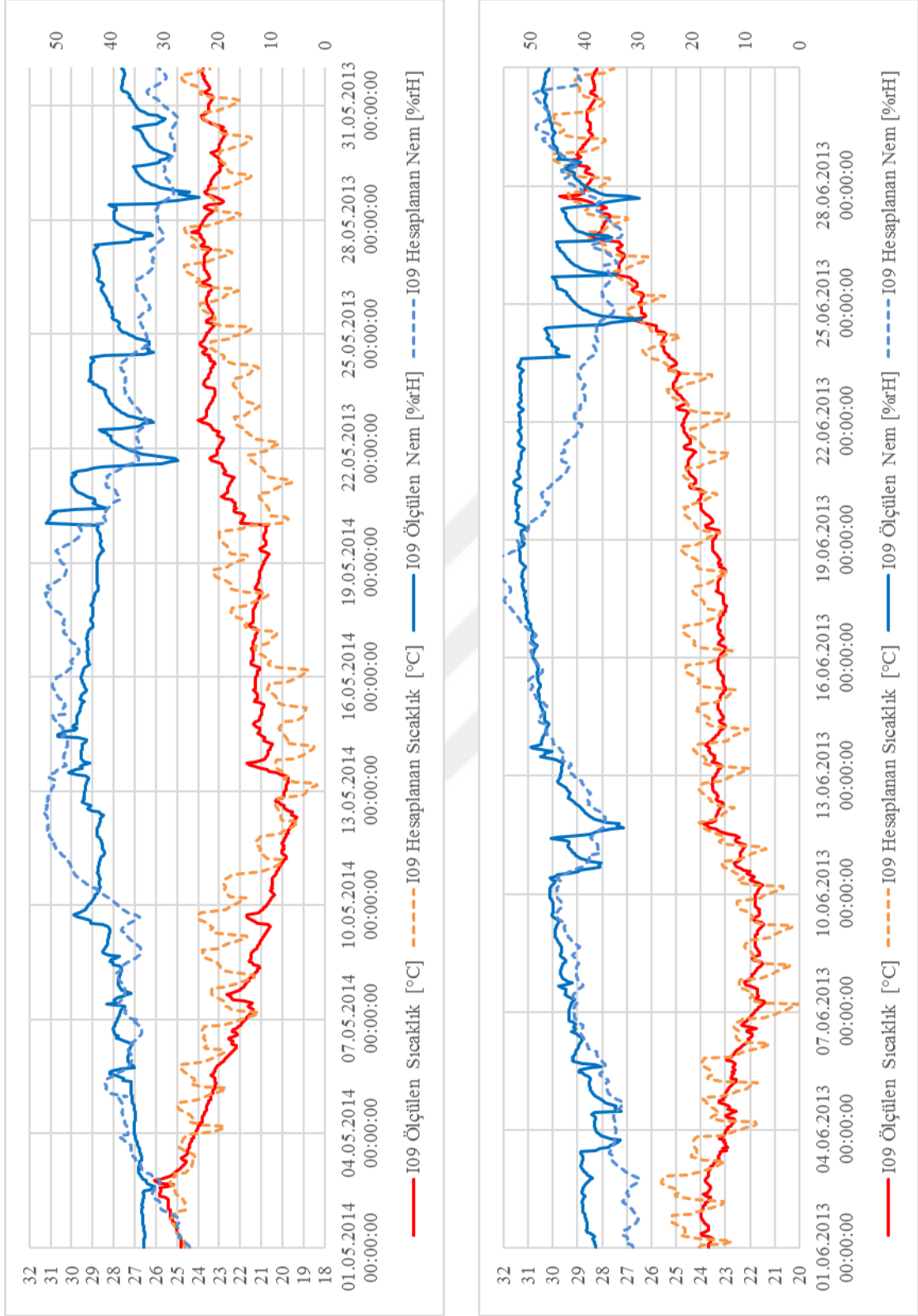
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I05 ofisinin Kasım ve Aralık ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



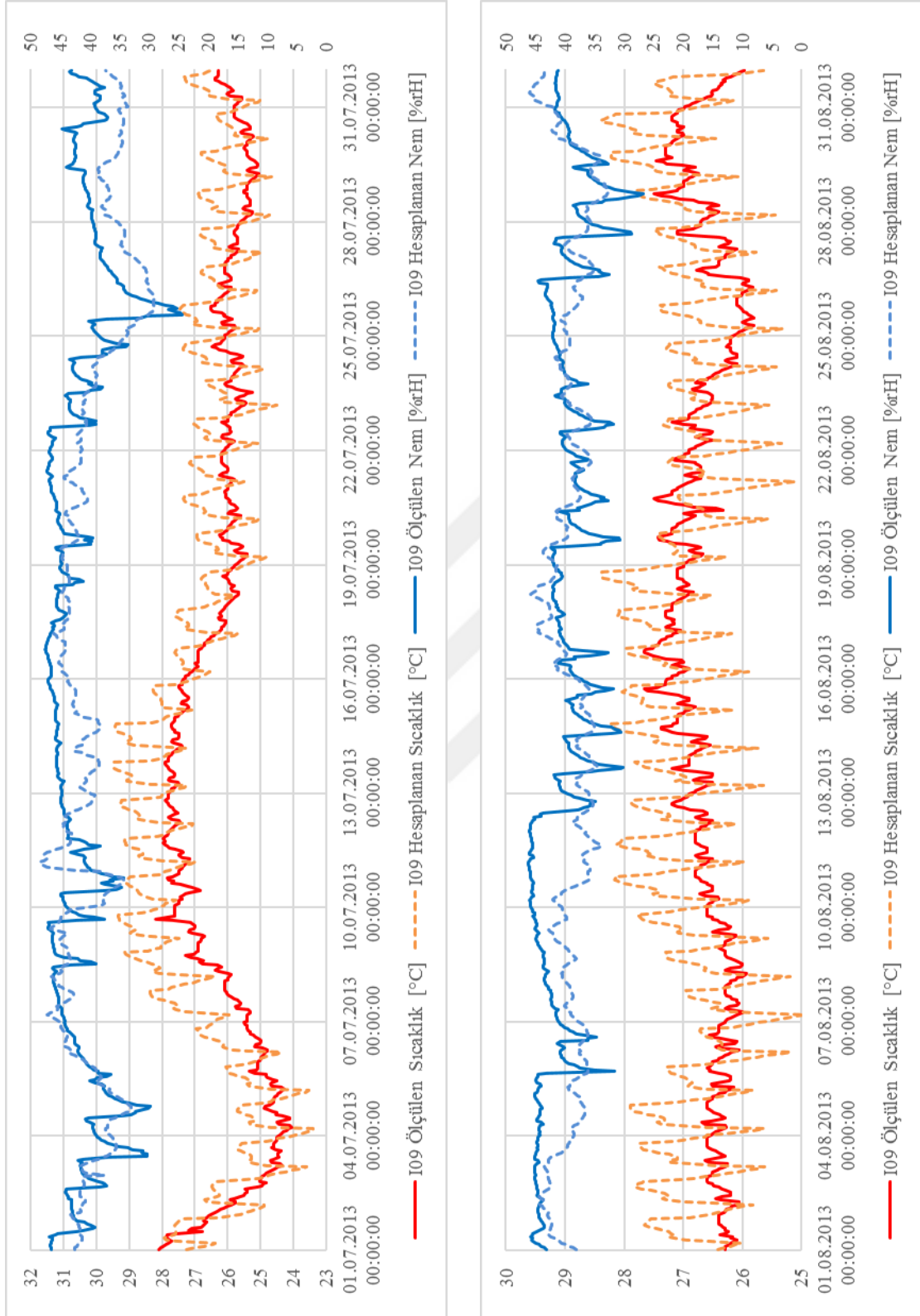
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I09 ofisinin Ocak ve Şubat ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık (°C) ve bağıl nem (rH) değerleri



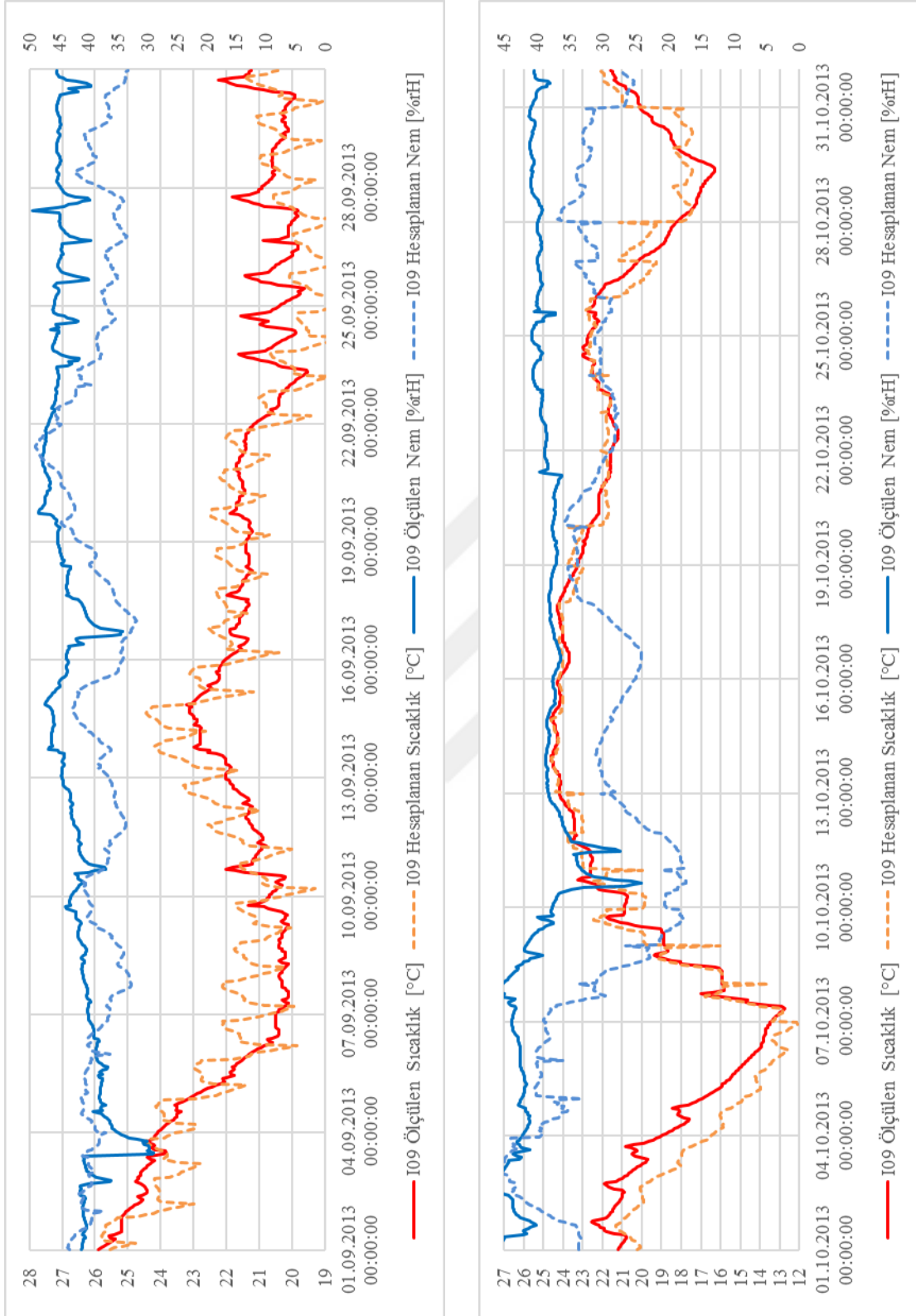
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I09 ofisinin Mart ve Nisan ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



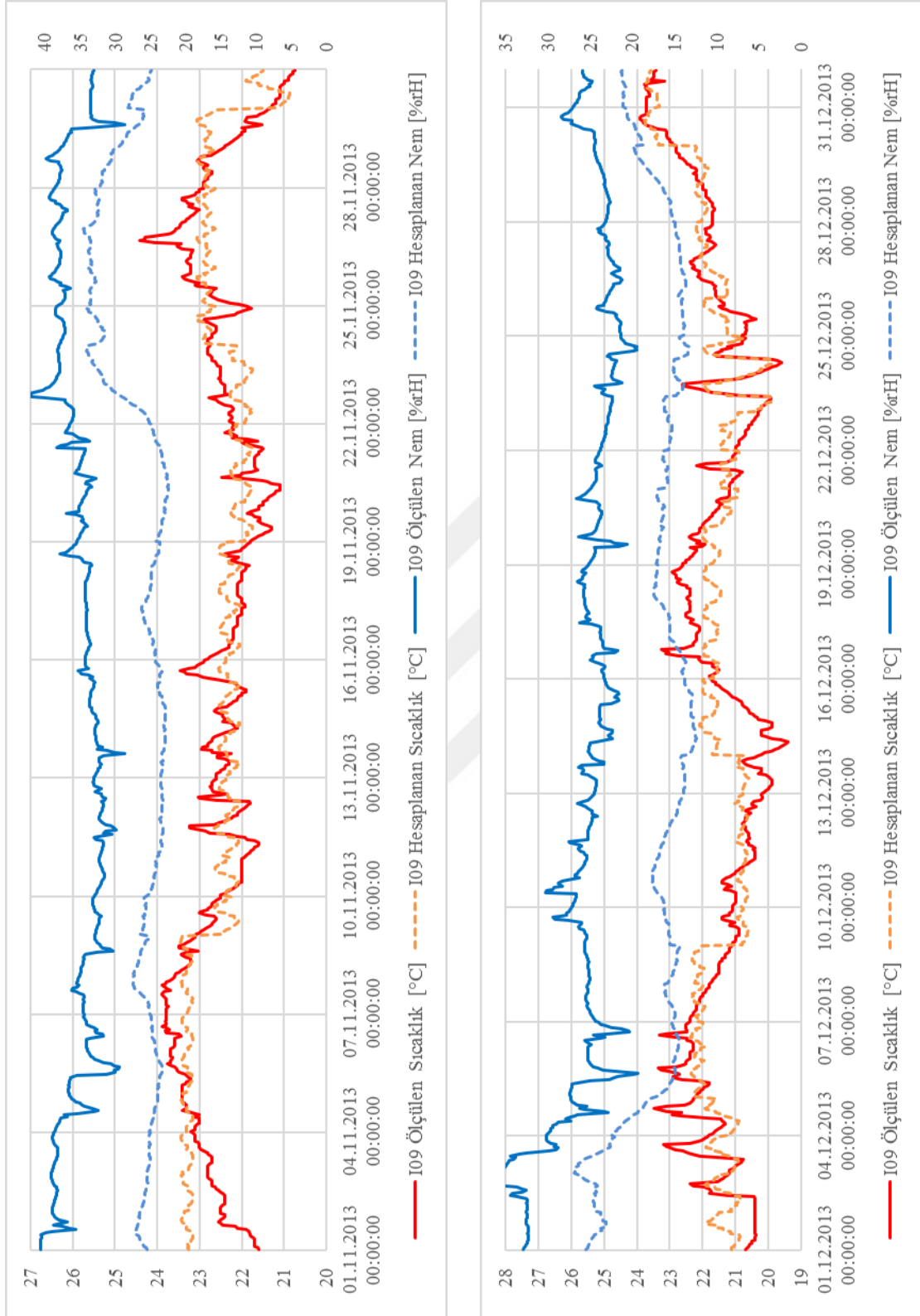
Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I09 ofisinin Mayıs ve Haziran ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I09 ofisinin Temmuz ve Ağustos ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I09 ofisinin Eylül ve Ekim ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri



Anadolu Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel bloğundaki I09 ofisinin Kasım ve Aralık ayları-saatlik ölçülen ve hesaplanan; iç sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (rH) değerleri

EK-2 ÖRNEK BİNANIN ENERJİ KİMLİK BELGESİ VE BEP RAPORLARI



ENERJİ KİMLİK BELGESİ HESAPLAMA SONUÇ FORMU

Proje Kodu : 380032

Proje Adı : Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari
Kapalı Kullanım Alanı : 943,16
Ada/Pafta/Parsel : - / - / -
Adres : Gazipasa Mah. Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampusu
İl : ESKİŞEHİR
İlçe : Tepebaşı
Belediye : Tepebaşı
Bina Yapılış Tarihi : 01.01.2000
Bina Yenileme Tarihi :
Bina Tipi : Eğitim
Bina Sahibinin Adı : Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari
Bina Sahibinin Adresi : Anadolu Üniversitesi ESKİŞEHİR

SORUMLU FİRMANIN

Firma Kodu : F06P1372
Ünvanı : DI VEGA Enerji Dan.Muh.Ins.Taah.San.ve Tic.Ltd.Sti.
Adresi : AsikPasa Mah. ruya Sok. No:14/4 Gaziosmanpasa (2014/7452)
Şehir : ANKARA
Telefon / Faks : 03124958196 03124958197
Vergi dairesi : CUMHURİYET
Vergi numarası : 0680851466

SORUMLU EKB UZMANININ

Adı Soyadı : Firat UMMETOGLU
Uzman sertifika no'su : EGT-0214
Sertifika verilmiş tarihi : 04.08.2015
Adresi : ESENYALI MAH. INONU CAD. NO: 577 İÇ KAPI NO: 8 KARABAGLAR / İZMİR
Telefonu : 5555644814 2324626101

ENERJİ KİMLİK BELGESİ DEĞERLERİ

Enerji kullanım alanı	Kullanılan sistem	Nihai tüketim (kWh/yıl)	Birincil tüketim (kWh/yıl)	m ² başına tüketim	SINIFI
TOPLAM		467.733,13	534.253,55	495,92	C
Isıtma	Isıtma Sistemi	293.704,29	293.704,29	311,40	E
Sıhhi Sıcak Su	Sıcak Su Sistemi	125.116,77	125.116,77	132,66	B
Soğutma	Soğutma Sistemi	17.642,13	41.635,43	18,71	A
Havalandırma		0,00	0,00	0,00	
Aydınlatma		31.269,94	73.797,06	33,15	B
Sera Gazı Emisyonu				92,84	C

Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı	%0,00
--	-------

Tarih: 20.04.2015

**ANADOLU ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
AKADEMİK VE İDARİ PERSONEL BLOĞU
BİNA ENERJİ PERFORMANS-BEP RAPORU**

1. Binanın Derece Gün Bölgesinin Bulunması

Eskişehir İli TS 825 standardına göre III. bölgede bulunmaktadır. (Örneğin İzmir I. Bölge, İstanbul II. Bölge, Ankara III. Bölge ve Erzurum IV. bölgede bulunmaktadır. Bölge numaraları sıcaktan soğuğa doğru sıralanmıştır. Türkiye derece gün bölge haritası sayfanın devamındadır.) Aşağıda TS 825 standardındaki ilgili tablo mevcuttur.

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

TS 825/Mayıs 2008

Ek D
İllere göre derece gün bölgeleri

3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KİRŞEHİR	TUNCELİ
BİNGÖL	İGDIR	KONYA	UŞAK
BOLU	İSPARTA	KÜTAHYA	

İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

POZANTI (Adana) KORKUTELİ (Antalya)

İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

MERZİFON (Amasya) DURSUNBEY (Balıkesir) ULUS (Bartın)

İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

TOSYA (Kastamonu)

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy –İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: fiat.ummetoglu@ekbdanismani.com

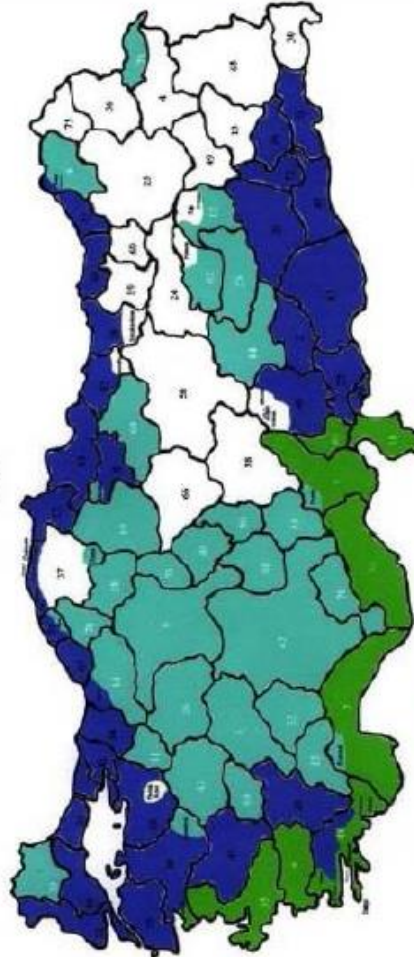


facebook.com/ekbdanisman1



twitter.com/ekbdanisman

Ek K
(Bilgi için)



01	ADAMA	16	ADAMA	31	ADAMA	46	ADAMA	61	ADAMA	76	ADAMA	91	ADAMA	02	ADAMA	17	ADAMA	32	ADAMA	47	ADAMA	62	ADAMA	77	ADAMA	92	ADAMA	03	ADAMA	18	ADAMA	33	ADAMA	48	ADAMA	63	ADAMA	78	ADAMA	93	ADAMA	04	ADAMA	19	ADAMA	34	ADAMA	49	ADAMA	64	ADAMA	79	ADAMA	94	ADAMA	05	ADAMA	20	ADAMA	35	ADAMA	50	ADAMA	65	ADAMA	80	ADAMA	95	ADAMA	06	ADAMA	21	ADAMA	36	ADAMA	51	ADAMA	66	ADAMA	81	ADAMA	96	ADAMA	07	ADAMA	22	ADAMA	37	ADAMA	52	ADAMA	67	ADAMA	82	ADAMA	97	ADAMA	08	ADAMA	23	ADAMA	38	ADAMA	53	ADAMA	68	ADAMA	83	ADAMA	98	ADAMA	09	ADAMA	24	ADAMA	39	ADAMA	54	ADAMA	69	ADAMA	84	ADAMA	99	ADAMA	10	ADAMA	25	ADAMA	40	ADAMA	55	ADAMA	70	ADAMA	85	ADAMA	100	ADAMA	26	ADAMA	41	ADAMA	56	ADAMA	71	ADAMA	86	ADAMA	101	ADAMA	27	ADAMA	42	ADAMA	57	ADAMA	72	ADAMA	87	ADAMA	102	ADAMA	28	ADAMA	43	ADAMA	58	ADAMA	73	ADAMA	88	ADAMA	103	ADAMA	29	ADAMA	44	ADAMA	59	ADAMA	74	ADAMA	89	ADAMA	104	ADAMA	30	ADAMA	45	ADAMA	60	ADAMA	75	ADAMA	90	ADAMA	105	ADAMA	31	ADAMA	46	ADAMA	61	ADAMA	76	ADAMA	91	ADAMA	106	ADAMA	32	ADAMA	47	ADAMA	62	ADAMA	77	ADAMA	92	ADAMA	107	ADAMA	33	ADAMA	48	ADAMA	63	ADAMA	78	ADAMA	93	ADAMA	108	ADAMA	34	ADAMA	49	ADAMA	64	ADAMA	79	ADAMA	94	ADAMA	109	ADAMA	35	ADAMA	50	ADAMA	65	ADAMA	80	ADAMA	95	ADAMA	110	ADAMA	36	ADAMA	51	ADAMA	66	ADAMA	81	ADAMA	96	ADAMA	111	ADAMA	37	ADAMA	52	ADAMA	67	ADAMA	82	ADAMA	97	ADAMA	112	ADAMA	38	ADAMA	53	ADAMA	68	ADAMA	83	ADAMA	98	ADAMA	113	ADAMA	39	ADAMA	54	ADAMA	69	ADAMA	84	ADAMA	99	ADAMA	114	ADAMA	40	ADAMA	55	ADAMA	70	ADAMA	85	ADAMA	100	ADAMA	115	ADAMA	41	ADAMA	56	ADAMA	71	ADAMA	86	ADAMA	101	ADAMA	116	ADAMA	42	ADAMA	57	ADAMA	72	ADAMA	87	ADAMA	102	ADAMA	117	ADAMA	43	ADAMA	58	ADAMA	73	ADAMA	88	ADAMA	103	ADAMA	118	ADAMA	44	ADAMA	59	ADAMA	74	ADAMA	89	ADAMA	104	ADAMA	119	ADAMA	45	ADAMA	60	ADAMA	75	ADAMA	90	ADAMA	105	ADAMA	120	ADAMA	46	ADAMA	61	ADAMA	76	ADAMA	91	ADAMA	106	ADAMA	121	ADAMA	47	ADAMA	62	ADAMA	77	ADAMA	92	ADAMA	107	ADAMA	122	ADAMA	48	ADAMA	63	ADAMA	78	ADAMA	93	ADAMA	108	ADAMA	123	ADAMA	49	ADAMA	64	ADAMA	79	ADAMA	94	ADAMA	109	ADAMA	124	ADAMA	50	ADAMA	65	ADAMA	80	ADAMA	95	ADAMA	110	ADAMA	125	ADAMA	51	ADAMA	66	ADAMA	81	ADAMA	96	ADAMA	111	ADAMA	126	ADAMA	52	ADAMA	67	ADAMA	82	ADAMA	97	ADAMA	112	ADAMA	127	ADAMA	53	ADAMA	68	ADAMA	83	ADAMA	98	ADAMA	113	ADAMA	128	ADAMA	54	ADAMA	69	ADAMA	84	ADAMA	99	ADAMA	114	ADAMA	129	ADAMA	55	ADAMA	70	ADAMA	85	ADAMA	100	ADAMA	130	ADAMA	56	ADAMA	71	ADAMA	86	ADAMA	101	ADAMA	131	ADAMA	57	ADAMA	72	ADAMA	87	ADAMA	102	ADAMA	132	ADAMA	58	ADAMA	73	ADAMA	88	ADAMA	103	ADAMA	133	ADAMA	59	ADAMA	74	ADAMA	89	ADAMA	104	ADAMA	134	ADAMA	60	ADAMA	75	ADAMA	90	ADAMA	105	ADAMA	135	ADAMA	61	ADAMA	76	ADAMA	91	ADAMA	106	ADAMA	136	ADAMA	62	ADAMA	77	ADAMA	92	ADAMA	107	ADAMA	137	ADAMA	63	ADAMA	78	ADAMA	93	ADAMA	108	ADAMA	138	ADAMA	64	ADAMA	79	ADAMA	94	ADAMA	109	ADAMA	139	ADAMA	65	ADAMA	80	ADAMA	95	ADAMA	110	ADAMA	140	ADAMA	66	ADAMA	81	ADAMA	96	ADAMA	111	ADAMA	141	ADAMA	67	ADAMA	82	ADAMA	97	ADAMA	112	ADAMA	142	ADAMA	68	ADAMA	83	ADAMA	98	ADAMA	113	ADAMA	143	ADAMA	69	ADAMA	84	ADAMA	99	ADAMA	114	ADAMA	144	ADAMA	70	ADAMA	85	ADAMA	100	ADAMA	145	ADAMA	71	ADAMA	86	ADAMA	101	ADAMA	146	ADAMA	72	ADAMA	87	ADAMA	102	ADAMA	147	ADAMA	73	ADAMA	88	ADAMA	103	ADAMA	148	ADAMA	74	ADAMA	89	ADAMA	104	ADAMA	149	ADAMA	75	ADAMA	90	ADAMA	105	ADAMA	150	ADAMA	76	ADAMA	91	ADAMA	106	ADAMA	151	ADAMA	77	ADAMA	92	ADAMA	107	ADAMA	152	ADAMA	78	ADAMA	93	ADAMA	108	ADAMA	153	ADAMA	79	ADAMA	94	ADAMA	109	ADAMA	154	ADAMA	80	ADAMA	95	ADAMA	110	ADAMA	155	ADAMA	81	ADAMA	96	ADAMA	111	ADAMA	156	ADAMA	82	ADAMA	97	ADAMA	112	ADAMA	157	ADAMA	83	ADAMA	98	ADAMA	113	ADAMA	158	ADAMA	84	ADAMA	99	ADAMA	114	ADAMA	159	ADAMA	85	ADAMA	100	ADAMA	160	ADAMA	86	ADAMA	101	ADAMA	161	ADAMA	87	ADAMA	102	ADAMA	162	ADAMA	88	ADAMA	103	ADAMA	163	ADAMA	89	ADAMA	104	ADAMA	164	ADAMA	90	ADAMA	105	ADAMA	165	ADAMA	91	ADAMA	106	ADAMA	166	ADAMA	92	ADAMA	107	ADAMA	167	ADAMA	93	ADAMA	108	ADAMA	168	ADAMA	94	ADAMA	109	ADAMA	169	ADAMA	95	ADAMA	110	ADAMA	170	ADAMA	96	ADAMA	111	ADAMA	171	ADAMA	97	ADAMA	112	ADAMA	172	ADAMA	98	ADAMA	113	ADAMA	173	ADAMA	99	ADAMA	114	ADAMA	174	ADAMA	100	ADAMA	115	ADAMA	175	ADAMA	101	ADAMA	116	ADAMA	176	ADAMA	102	ADAMA	117	ADAMA	177	ADAMA	103	ADAMA	118	ADAMA	178	ADAMA	104	ADAMA	119	ADAMA	179	ADAMA	105	ADAMA	120	ADAMA	180	ADAMA	106	ADAMA	121	ADAMA	181	ADAMA	107	ADAMA	122	ADAMA	182	ADAMA	108	ADAMA	123	ADAMA	183	ADAMA	109	ADAMA	124	ADAMA	184	ADAMA	110	ADAMA	125	ADAMA	185	ADAMA	111	ADAMA	126	ADAMA	186	ADAMA	112	ADAMA	127	ADAMA	187	ADAMA	113	ADAMA	128	ADAMA	188	ADAMA	114	ADAMA	129	ADAMA	189	ADAMA	115	ADAMA	130	ADAMA	190	ADAMA	116	ADAMA	131	ADAMA	191	ADAMA	117	ADAMA	132	ADAMA	192	ADAMA	118	ADAMA	133	ADAMA	193	ADAMA	119	ADAMA	134	ADAMA	194	ADAMA	120	ADAMA	135	ADAMA	195	ADAMA	121	ADAMA	136	ADAMA	196	ADAMA	122	ADAMA	137	ADAMA	197	ADAMA	123	ADAMA	138	ADAMA	198	ADAMA	124	ADAMA	139	ADAMA	199	ADAMA	125	ADAMA	140	ADAMA	200	ADAMA	126	ADAMA	141	ADAMA	201	ADAMA	127	ADAMA	142	ADAMA	202	ADAMA	128	ADAMA	143	ADAMA	203	ADAMA	129	ADAMA	144	ADAMA	204	ADAMA	130	ADAMA	145	ADAMA	205	ADAMA	131	ADAMA	146	ADAMA	206	ADAMA	132	ADAMA	147	ADAMA	207	ADAMA	133	ADAMA	148	ADAMA	208	ADAMA	134	ADAMA	149	ADAMA	209	ADAMA	135	ADAMA	150	ADAMA	210	ADAMA	136	ADAMA	151	ADAMA	211	ADAMA	137	ADAMA	152	ADAMA	212	ADAMA	138	ADAMA	153	ADAMA	213	ADAMA	139	ADAMA	154	ADAMA	214	ADAMA	140	ADAMA	155	ADAMA	215	ADAMA	141	ADAMA	156	ADAMA	216	ADAMA	142	ADAMA	157	ADAMA	217	ADAMA	143	ADAMA	158	ADAMA	218	ADAMA	144	ADAMA	159	ADAMA	219	ADAMA	145	ADAMA	160	ADAMA	220	ADAMA	146	ADAMA	161	ADAMA	221	ADAMA	147	ADAMA	162	ADAMA	222	ADAMA	148	ADAMA	163	ADAMA	223	ADAMA	149	ADAMA	164	ADAMA	224	ADAMA	150	ADAMA	165	ADAMA	225	ADAMA	151	ADAMA	166	ADAMA	226	ADAMA	152	ADAMA	167	ADAMA	227	ADAMA	153	ADAMA	168	ADAMA	228	ADAMA	154	ADAMA	169	ADAMA	229	ADAMA	155	ADAMA	170	ADAMA	230	ADAMA	156	ADAMA	171	ADAMA	231	ADAMA	157	ADAMA	172	ADAMA	232	ADAMA	158	ADAMA	173	ADAMA	233	ADAMA	159	ADAMA	174	ADAMA	234	ADAMA	160	ADAMA	175	ADAMA	235	ADAMA	161	ADAMA	176	ADAMA	236	ADAMA	162	ADAMA	177	ADAMA	237	ADAMA	163	ADAMA	178	ADAMA	238	ADAMA	164	ADAMA	179	ADAMA	239	ADAMA	165	ADAMA	180	ADAMA	240	ADAMA	166	ADAMA	181	ADAMA	241	ADAMA	167	ADAMA	182	ADAMA	242	ADAMA	168	ADAMA	183	ADAMA	243	ADAMA	169	ADAMA	184	ADAMA	244	ADAMA	170	ADAMA	185	ADAMA	245	ADAMA	171	ADAMA	186	ADAMA	246	ADAMA	172	ADAMA	187	ADAMA	247	ADAMA	173	ADAMA	188	ADAMA	248	ADAMA	174	ADAMA	189	ADAMA	249	ADAMA	175	ADAMA	190	ADAMA	250	ADAMA	176	ADAMA	191	ADAMA	251	ADAMA	177	ADAMA	192	ADAMA	252	ADAMA	178	ADAMA	193	ADAMA	253	ADAMA	179	ADAMA	194	ADAMA	254	ADAMA	180	ADAMA	195	ADAMA	255	ADAMA	181	ADAMA	196	ADAMA	256	ADAMA	182	ADAMA	197	ADAMA	257	ADAMA	183	ADAMA	198	ADAMA	258	ADAMA	184	ADAMA	199	ADAMA	259	ADAMA	185	ADAMA	200	ADAMA	260	ADAMA	186	ADAMA	201	ADAMA	261	ADAMA	187	ADAMA	202	ADAMA	262	ADAMA	188	ADAMA	203	ADAMA	263	ADAMA	189	ADAMA	204	ADAMA	264	ADAMA	190	ADAMA	205	ADAMA	265	ADAMA	191	ADAMA	206	ADAMA	266	ADAMA	192	ADAMA	207	ADAMA	267	ADAMA	193	ADAMA	208	ADAMA	268	ADAMA	194	ADAMA	209	ADAMA	269	ADAMA	195	ADAMA	210	ADAMA	270	ADAMA	196	ADAMA	211	ADAMA	271	ADAMA	197	ADAMA	212	ADAMA	272	ADAMA	198	ADAMA	213	ADAMA	273	ADAMA	199	ADAMA	214	ADAMA	274	ADAMA	200	ADAMA	215	ADAMA	275	ADAMA	201	ADAMA	216	ADAMA	276	ADAMA	202	ADAMA	217	ADAMA	277	ADAMA	203	ADAMA	218	ADAMA	278	ADAMA	204	ADAMA	219	ADAMA	279	ADAMA	205	ADAMA	220	ADAMA	280	ADAMA	206	ADAMA	221	ADAMA	281	ADAMA	207	ADAMA	222	ADAMA	282	ADAMA	208	ADAMA	223	ADAMA	283	ADAMA	209	ADAMA	224	ADAMA	284	ADAMA	210	ADAMA	225	ADAMA	285	ADAMA	211	ADAMA	226	ADAMA	286	ADAMA	212	ADAMA	227	ADAMA	287	ADAMA	213	ADAMA	228	ADAMA	288	ADAMA	214	ADAMA	229	ADAMA	289	ADAMA	215	ADAMA	230	ADAMA	290	ADAMA	216	ADAMA	231	ADAMA	291	ADAMA	217	ADAMA	232	ADAMA	292	ADAMA	218	ADAMA	233	ADAMA	293	ADAMA	219	ADAMA	234	ADAMA	294	ADAMA	220	ADAMA	235	ADAMA	295	ADAMA	221	ADAMA	236	ADAMA	296	ADAMA	222	ADAMA	237	ADAMA	297	ADAMA	223	ADAMA	238	ADAMA	298	ADAMA	224	ADAMA	239	ADAMA	299	ADAMA	225	ADAMA	240	ADAMA	300	ADAMA	226	ADAMA	241	ADAMA	301	ADAMA	227	ADAMA	242	ADAMA	302	ADAMA	228	ADAMA	243	ADAMA	303	ADAMA	229	ADAMA	244	ADAMA	304	ADAMA	230	ADAMA	245	ADAMA	305	ADAMA	231	ADAMA	246	ADAMA	306	ADAMA	232	ADAMA	247	ADAMA	307	ADAMA	233	ADAMA	248	ADAMA	308	ADAMA	234	ADAMA	249	ADAMA	309	ADAMA	235	ADAMA	250	ADAMA	310	ADAMA	236	ADAMA	251	ADAMA	311	ADAMA	237	ADAMA	252	ADAMA	312	ADAMA	238	ADAMA	253	ADAMA	313	ADAMA	239	ADAMA	254	ADAMA	314	ADAMA	240
----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	-----

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoglu@ekbdanismani.com

 facebook.com/ekbdanismani

 twitter.com/ekbdanismani

2. Bina Kesitlerinin U Değer Hesabı

III. bölgede geçerli olan azami U değerleri, TS 825 standardındaki aşağıdaki tabloda mevcuttur.

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

TS 825/Mayıs 2008

Ek A

A.3 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_I (W/m ² K)	U_P^* (W/m ² K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

TS 825 standardına göre ısı geçirgenlik katsayıları (U) aşağıdaki gibi hesaplanır.

ICS 91.120.10

TÜRK STANDARDI

TS 825/Mayıs 2008

2 Hesap metodu

2.1 Temel bilgiler

2.1.1 Isıl geçirgenlik direncinin (R) hesaplanması

2.1.1.1 Tek tabakalı yapı bileşenleri

Isıl geçirgenlik direnci (R) eşitlik 1'de belirtildiği gibi, yapı bileşeninin kalınlık (d) değerinin, ısı iletkenlik hesap değerine (λ_h) bölünmesi ile hesaplanır. " λ_h " değerleri Ek E'de liste halinde verilmiştir.

$$R = \frac{d}{\lambda_h} \quad (1)$$

Burada;

R : Isıl geçirgenlik direnci (m² KW),
d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),
 λ_h : Isıl iletkenlik hesap değeri (W/m.K)
dir.

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Firat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy –İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoğlu@ekbdanismani.com



facebook.com/ekbdanismani



twitter.com/ekbdanismani

2.1.1.2 Çok tabakalı yapı bileşenleri

Çok tabakalı yapı bileşenlerinde ısı geçirgenlik direnci (R), tek tek yapı elemanı kalınlıkları ($d_1, d_2, \dots, d_n$) ve bu yapı elemanlarının, ısı iletkenlik hesap değerleri ($\lambda_{n1}, \lambda_{n2}, \dots, \lambda_{nn}$) kullanılarak eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_{n1}} + \frac{d_2}{\lambda_{n2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{nn}} \quad (2)$$

2.1.2 Toplam ısı geçirgenlik direncinin ($1/U$) hesaplanması

Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci ($1/U$), yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik dirençlerine (R), yüzey ısı iletim direnç değerleri (R_i, R_e) eklenerek eşitlik 3'e göre hesaplanır.

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e \quad (3)$$

Burada;

$1/U$: Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci ($m^2.K/W$),

R_i : İç yüzeyin yüzey ısı iletim direnci ($m^2.K/W$),

R_e : Dış yüzeyin yüzey ısı iletim direnci ($m^2.K/W$)

dir.

2.1.3 Toplam ısı geçirgenlik katsayısının (U) hesaplanması

2.1.3.1 Tek tabakalı ve çok tabakalı yapı bileşenleri

Bir yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U), eşitlik 3'teki denklemin aritmetik tersi alınarak eşitlik 4'e göre hesaplanır.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad (4)$$

Burada;

U : Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$)'dir.

2.1.4 Yüzey ısı iletim direnci (taşınım)

Yapı elemanlarının iç ve dış yüzeylerindeki yüzey ısı iletim direnç değerleri için, Çizelge 1'de verilen R_i ve R_e değerleri kullanılmalıdır.

3. Mevcut Bina Yapı Kabuğu Kesitlerinin U Değer Tespiti

Binamızın yapı kabuğu mevcut betonarme konstrüksiyon, pres tuğla kaplamalı gaz beton duvar ve gaz beton duvar olmak üzere üç farklı kesitten oluşmaktadır Kesitlerin U değerleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Bep-tr programında hesaplanmış ve görselleri sayfa devamına eklenmiştir.

• Mevcut Betonarme Konstrüksiyon Kesit U Değer Detayı

Opak Bileşenler	Bileşen Bilgileri	Bileşen Malzemeleri
Bu Bileşen Güncellenemez - Kullanıldığı Projeler Bulunmakta		
Bileşen Kodu	001	
Bileşen Adı	anadolu kiris	
Yüzey Tipi	Duvar	
U Değeri	3,05	

Opak Bileşenler	Bileşen Bilgileri	Bileşen Malzemeleri																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Seç</th> <th>Malzeme</th> <th>Epsilon</th> <th>Lambda</th> <th>Kalınlık</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>773123</td> <td>☐</td> <td>+04.02 - Çimento harcı</td> <td>0,96</td> <td>1,6</td> <td>0,03</td> </tr> <tr> <td>773124</td> <td>☐</td> <td>+05.01.01 - Donatılı beton</td> <td>0,94</td> <td>2,5</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>773125</td> <td>☐</td> <td>+04.02 - Çimento harcı</td> <td>0,96</td> <td>1,6</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>773126</td> <td>☐</td> <td>+04.03 - Alçı harcı, kireçli alçı harcı</td> <td>0,9</td> <td>0,7</td> <td>0,005</td> </tr> </tbody> </table>	No	Seç	Malzeme	Epsilon	Lambda	Kalınlık	773123	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,6	0,03	773124	☐	+05.01.01 - Donatılı beton	0,94	2,5	0,3	773125	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,6	0,02	773126	☐	+04.03 - Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,9	0,7	0,005		Lejant: (Örnek duvar) - Sıra - Halı duvar elemanı - Isı yalıtım katmanı - Bina dışı bölge - Bina içi bölge EN ÜST SATIRDAKİ MALZEME EN ALT SATIRDAKİ MALZEME
No	Seç	Malzeme	Epsilon	Lambda	Kalınlık																											
773123	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,6	0,03																											
773124	☐	+05.01.01 - Donatılı beton	0,94	2,5	0,3																											
773125	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,6	0,02																											
773126	☐	+04.03 - Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,9	0,7	0,005																											

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Firat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

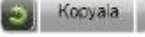
Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: frat.ummetoglu@ekbdanismani.com

facebook.com/ekbdanismani

twitter.com/ekbdanismani

• **Mevcut Pres Tuğla Kaplamalı Gaz Beton Duvar Kesit U Değer Detayı**

Opak Bileşenler	Bileşen Bilgileri	Bileşen Malzemeleri
Bu Bileşen Güncellenemez - Kullandığı Projeler Bulunmakta		
Bileşen Kodu	002	
Bileşen Adı	anadolu press duvar	
Yüzey Tipi	Duvar	
U Değeri	0,87	
		

Opak Bileşenler		Bileşen Bilgileri		Bileşen Malzemeleri	
No	Seç	Malzeme	Epsilon	Lambda	Kalınlık
773127	☐	+07.06.01 - Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar	0	0,81	0,09
773128	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,6	0,015
773129	☐	+05.05.09 - Bulharla sortleştirilmiş gaz betonlar (TS EN 771-4'e uygun yapı elemanı dahil)	0,63	0,24	0,2
773130	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,6	0,02
773131	☐	+04.03 - Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,9	0,7	0,005

Lejant: (Örnekleme)

Sıra

Malzeme duvar

Isı yalıtım k

Bina dışı b

Bina içi böl

EN ÜST SATIRDAK

EN ALT SATIRDAK



EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Firat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoglu@ekbdanismani.com

 facebook.com/ekbdanismani

 twitter.com/ekbdanismani

• **Mevcut Gaz Beton Duvar Kesit U Değer Detayı**

Opak Bileşenler
Bileşen Bilgileri
Bileşen Malzemeleri

Bu Bileşen Güncellenemez - Kullanıldığı Projeler Bulunmakta

Bileşen Kodu:

Bileşen Adı:

Yüzey Tipi:

U Değeri: 0,96

Opak Bileşenler
Bileşen Bilgileri
Bileşen Malzemeleri

No	Seç	Malzeme	Epsilon	Lambda	Kalınlık
773132	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,5	0,03
773133	☐	+05.05.09 - Buherle sertleştirilmiş gaz betonlar (TS EN 771-4'e uygun yapı elemanı dahil)	0,63	0,24	0,2
773134	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,5	0,02
773135	☐	+04.03 - Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,9	0,7	0,005

Lejant: (Örnek duvar)

- Sıva
- Hafif duvar elemanı
- Isı yalıtım katmanı
- Bina dışı bölge
- Bina içi bölge

EN ÜST SATIRDAKİ MALZEME

EN ALT SATIRDAKİ MALZEME

Yapı kabuğu kesitlerinin U değerleri aşağıdaki tabloda, sınır değerleriyle birlikte verilmiştir. Üç kesitte TS 825 III. bölge sınır değeri olan $0,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ 'yı sağlayamamıştır. Bu durum, duvar detaylarında ısı köprüsü oluşması ihtimaline yol açmaktadır. Isı köprüsü hesabı Bep-tr programında yapılacaktır.

S.NO	DUVAR KESİTLERİ	U DEĞERİ	
		MEVCUT	SINIR
1	BETONARME KONSTRÜKSİYON	3,05	0,5
2	PRES TUĞLA KAPLAMALI GAZ BETON	0,87	0,5
3	GAZ BETON	0,96	0,5

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: frat.ummetoglu@ekbdanismani.com



facebook.com/ekbdanismani



twitter.com/ekbdanismani

A.3 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri

	U_0 (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_L (W/m ² K)	U_{s^*} (W/m ² K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

4. Mevcut Bina Döşeme Kesitlerinin U Değer Tespiti

Binamızın döşeme detayları zemine oturan döşeme, katlararası döşeme, çıkma altındaki döşeme ve çatı döşemesi olmak üzere dört farklı kesitten oluşmaktadır. Kesitlerin U değerleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Bep-tr programında hesaplanmış ve görselleri sayfa devamına eklenmiştir.

• **Mevcut Zemine Oturan Döşeme Kesit U Değer Detayı**

Opak Bileşenler

Bileşen Bilgileri

Bileşen Malzemeleri

Bu Bileşen Güncellenemez - Kullanıldığı Projeler Bulunmakta

Bileşen Kodu: 004

Bileşen Adı: anadolu toprak temaslı t

Yüzey Tipi: Döşeme

U Değeri: 2,34

Opak Bileşenler

Bileşen Bilgileri

Bileşen Malzemeleri

No	Seç	Malzeme	Epsilon	Lambda	Kalınlık
773136	☐	+06.01.02.06 - İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	0,63	0,19	0,005
773137	☐	+07.05.01.01.11 - 1 sıra boşluklu; genişlik 115 mm,	0	0,72	0,025
773138	☐	+05.01.01 - Donatılı beton	0,94	2,5	0,15
773139	☐	+07.02.09 - Kireç kum taşı duvarlar (TS 828 EN 771-1)	0	1,1	0,15

Lejant: (Çelik duvar)

Sıva

Half duvar alanını

Soğuk katman

Birinci bölge

Birinci bölge

EN ÜST SATIRDAKİ MALZEME

EN ALT SATIRDAKİ MALZEME

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy –İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: frat.ummetoglu@ekbdanismani.com

facebook.com/ekbdanismani

twitter.com/ekbdanismani

• Mevcut Katlararası Döşeme Kesit U Değer Detayı

Opak Bileşenler **Bileşen Bilgileri** **Bileşen Malzemeleri**

Bu Bileşen Güncellenemez - Kullanıldığı Projeler Bulunmakta

Bileşen Kodu
Bileşen Adı
Yüzey Tipi
U Değeri

Opak Bileşenler **Bileşen Bilgileri** **Bileşen Malzemeleri**

No	Seç	Malzeme	Epsilon	Lambda	Kalınlık
773140	☐	+05.01.02.06 - İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	0,63	0,19	0,005
773141	☐	+07.05.01.01.11 - 1 sıra boşluklu, genişlik 115 mm,	0	0,72	0,025
773142	☐	+05.01.01 - Donatılı beton	0,94	2,5	0,15
773143	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,6	0,02

Lejant: (Örnek deval)

- Sıva
- Hafif duvar elemanı
- Isı yalıtım katmanı
- Bina dışı bölge
- Bina içi bölge

EN ÜST SATIRDAKİ MALZEME

EN ALT SATIRDAKİ MALZEME

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:51/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoglu@ekbdanismani.com

facebook.com/ekbdanismani

twitter.com/ekbdanismani

- **Mevcut Çıkma Altındaki Döşeme Kesit U Değer Detayı**

Opak Bileşenler

Bileşen Bilgileri

Bileşen Malzemeleri

Bu Bileşen Güncellenemez - Kullanıldığı Projeler Bulunmakta

Bileşen Kodu	006
Bileşen Adı	anadolulu çıkma altı döşer
Yüzey Tipi	Döşeme/Tavan
U Değeri	3.23

Opak Bileşenler		Bileşen Bilgileri		Bileşen Malzemeleri	
No	Seç	Malzeme	Epsilon	Lambda	Kalınlık
773144	☐	+06.01.02.06 - İnce derzli veya özel yapıstıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	0,63	0,19	0,005
773145	☐	+07.05.01.01.11 - 1 sıra boşluklu; genişlik 115 mm,	0	0,72	0,025
773146	☐	+05.01.01 - Donatılı beton	0,94	2,5	0,15
773147	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,6	0,03

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoglu@ekbdanismani.com



facebook.com/ekbdanismani



twitter.com/ekbdanisman1

- **Mevcut Çatı Döşeme Kesit U Değer Detayı**

Opak Bileşenler

Bileşen Bilgileri

Bileşen Malzemeleri

Bu Bileşen Güncellenemez - Kullanıldığı Projeler Bulunmakta.

Bileşen Kodu

007

Bileşen Adı

anadolulu çatı döşeme

Yüzey Tipi

Döşeme

U Değeri

4,12

No	Seç	Malzeme	Epsilon	Lambda	Kalınlık
773148	☐	+05.01.01 - Donatılı beton	0,94	2,5	0,15
773149	☐	+04.02 - Çimento harcı	0,96	1,6	0,02



Döşeme kesitlerinin U değerleri aşağıdaki tabloda, sınır değerleriyle birlikte verilmiştir. **Dört kesitte TS 825 III. bölge sınır değeri olan $0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ve $0,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ 'yı sağlayamamıştır. Bu durum, döşeme detaylarında ısı köprüsü oluşması ihtimaline yol açmaktadır. Isı köprüsü hesabı Bep-tr programında yapılacaktır.**

		U DEĞERİ	
S.NO	DÖŞEME KESİTLERİ	MEVCUT	SINIR
1	ZEMİNE OTURAN DÖŞEME	2,34	0,45
2	KATLARARASI DÖŞEME	3,29	0,3
3	ÇIKMA ALTI DÖŞEME	3,23	0,3
4	ÇATI DÖŞEME	4,12	0,3

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanli İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoglu@ekbdanismani.com



facebook.com/ekbdanismani



twitter.com/ekbdanisman

A.3 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_p^* (W/m ² K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

5. Mevcut Bina Enerji Kimlik Belgesi-EKB Hesabı

Binanın mimari proje detayları (kat yükseklikleri, cephe uzunlukları, iklimlendirilen alanlar, pencere ve kapı yerleşimleri) Bep-tr programına girilmiştir.

Proje Bilgileri	
Proje Adı	Anadolu Üniversitesi MÜ
Proje Kodu	GUNES039
Kapalı Kullanım Alanı	943,16 m ²
Proje Durumu	
Ada/Dağa/Parsel	- / - / -
Adres	Gazipaşa Mah. Anadolu
İl	ESKİŞEHİR
İlçe	Tepeli
Belediye	Tepeli
Mevcut Bina mı?	☒
Bina Yapılış Tarihi	2000 / 1
Bina Yenilendi	☐
Bina Tipi	Eğitim
Bina Sahibinin Adı	Anadolu Üniversitesi MÜ
Bina Sahibinin Adresi	Anadolu Üniversitesi
Müşterek Tesisatların Sahibinin Adı	
Müşterek Tesisatların Sahibinin Adresi	

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. **FRAT ÜMMETOĞLU** Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

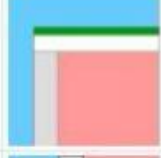
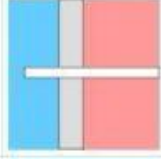
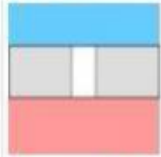
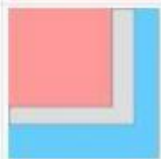
Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: frat.ummetoglu@ekbdanismani.com

facebook.com/ekbdanismani

twitter.com/ekbdanismani

Binanın ısı köprüsü detayları girilmiştir.

No	Isı Köprüsü	
3102214	R4	
3102233	B4	
3102236	P4	
3102238	C8	

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Firat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy –İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoglu@ekbdanismani.com

 facebook.com/ekbdanismani

 twitter.com/ekbdanismani

Binanın konstrüksiyon tipi, kiriş alın yüksekliği ve subasman yükseklikleri girilmiştir.

Genel Bilgiler	Veri Giriş Şekli	Kat Formu ve Ölçüler
Sızdırmazlık Bilgileri		
Bina Konstrüksiyon Tipi Beton veya Perde Duvar Bina		
☒ Bitişik Bina ☒ Kompleks - (Dikdörtgen Olmayan Kat Planı)		
Hava Sızdırma Değeri	☒ Sıva Yapılmış Duvar ☒ Sızdırmaz Bant Olan - Pencere ve Kapılar ☐ Sızdırmaz Bant Olmayan - Pencere ve Kapılar	
 İnfiltrasyon Verilerini Kaydet		
Kiriş Bilgileri		
Kiriş Alın Yüksekliği (m) 0,45		
Kiriş Bileşeni	anadolu kiriş	 Ara
 Kiriş Verilerini Kaydet		
Yükseltilmiş Döşeme Bilgileri		
Yükseltilmiş Döşeme Var mı? ☒		
Subasman Yüksekliği (m) 0,68		
 Yükseltilmiş Döşeme Verilerini Kaydet		

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. **Fırat ÜMMETOĞLU** Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

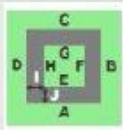
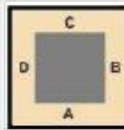
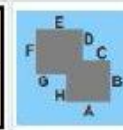
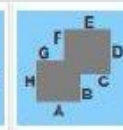
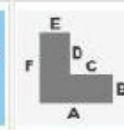
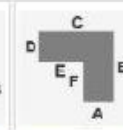
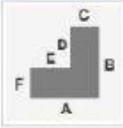
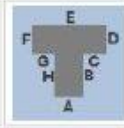
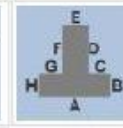
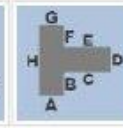
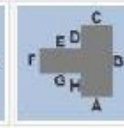
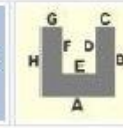
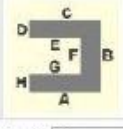
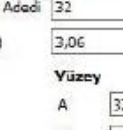
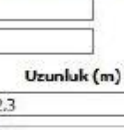
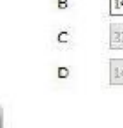
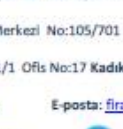
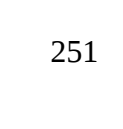
E-posta: frat.ummetoglu@ekbdanismani.com

 facebook.com/ekbdanismani

 twitter.com/ekbdanismani

Binanın enerji performansı hesaplamasında koridorlar hesaplama dışında bırakılmıştır. Çalışmanız kapsamında elde edilen sonuçlar, koridorlar dışarıda bırakılarak yapılmıştır. Doğru bir karşılaştırma olması için, aynı işlem Bep-tr hesaplamasında yapılmıştır.

Projeye Dön **Proje Adı - Kodu:** Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel Bloğu-Eskişehir-Tepebaşı - GUNES039 **Tipoloji:** Eğitim **İl - İlçe:** ESKİŞEHİR Tepebaşı

Kat Formu ve Ölçüler	Karşı Engeller	Zonlar
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		

Binanın pencere ve kapı yerleşimleri sistemde yapılmıştır.

Proje Adı - Kodu: Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel Bina Eğitim-Teknoloji - GUNES009

Tipoloji: Eğitim

İl - İlçe: ESKİŞEHİR - Tepebaşı

Oda Pencere

a Yüzeyi (B)

(A)

b Yüzeyi (D) (E)

c Yüzeyi (10) (C)

d Yüzeyi (D) (D)

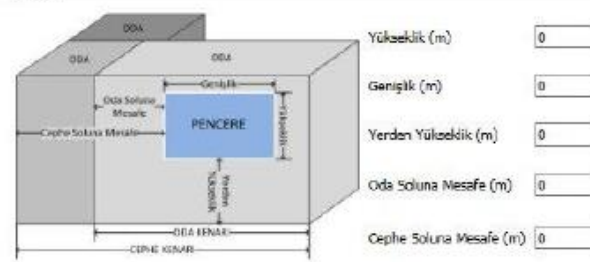
Kat Formu:



Oda Formu:



Ölçüler



Yükseklik (m)

Genişlik (m)

Yerden Yükseklik (m)

Oda Soluna Mesafe (m)

Cephe Soluna Mesafe (m)

Saydam Bileşen

Temas Ettiği Eleman

• Bu alana bilgi girmelisiniz!

Proje Adı - Kodu: Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Akademik ve İdari Personel Bina Eğitim-Teknoloji - GUNES009

Tipoloji: Eğitim

İl - İlçe: ESKİŞEHİR - Tepebaşı

Oda Kapıları

a Yüzeyi (D)

(A)

b Yüzeyi (1) (D)

c Yüzeyi (0) (C)

d Yüzeyi (1) (D)

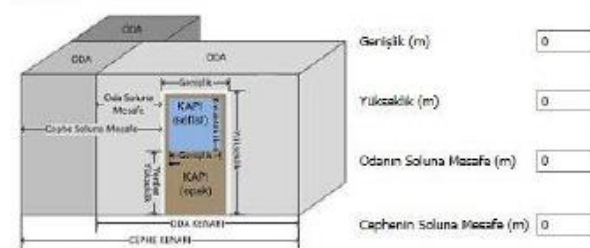
Kat Formu:



Oda Formu:



Kapı Bilgileri



Genişlik (m)

Yükseklik (m)

Odanın Soluna Mesafe (m)

Cephenin Soluna Mesafe (m)

Kapı Malzemesi

Temas Ettiği Eleman

• Bu alana bilgi girmelisiniz!

Saydam bileşen var mı? ☐

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel: 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoglu@ekbdanismani.com

facebook.com/ekbdanismani

twitter.com/ekbdanismani

6. Bina Enerji Kimlik Belgesi-EKB Sonuçları

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Bep-tr programında Enerji Kimlik Belgesi-EKB hesabı yapılmış ve alttaki sonuçlara ulaşılmıştır. Sertifikanın aslı raporun ekinde mevcuttur. Sonuçları değerlendirdiğimizde belli konu başlıkları öne çıkmaktadır.

ENERJİ KİMLİK BELGESİ DEĞERLERİ

Enerji kullanım alanı	Kullanılan sistem	Nihai tüketim (kWh/yıl)	Birincil tüketim (kWh/yıl)	m ² başına tüketim	SINIFI
TOPLAM		493.503,05	561.837,08	523,24	C
Isıtma	Isıtma Sistemi	317.990,30	317.990,30	337,15	E
Sıhhi Sıcak Su	Sıcak Su Sistemi	125.267,15	125.267,15	132,82	B
Soğutma	Soğutma Sistemi	18.975,67	44.782,58	20,12	A
Havalandırma		0,00	0,00	0,00	
Aydınlatma		31.269,94	73.797,06	33,15	B
Sera Gazı Emisyonu				184,22	C
Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı	%0,00				

- Isıtma satırındaki sınıfımız "E" çıkmıştır. C sınıfının altındaki bütün sınıflarda ısı köprüsü olduğu anlaşılmaktadır.
- Binanın m² başına tüketimi 523,24 kw olmuş, enerji tüketiminin %64'ü (337,15 kw) ısıtmada kullanılmaktadır. Eskişehir ilinin iklim bölgesi (III. bölge) soğuktur. Bu yüzden ısıtma yükü, genel tüketimin en büyük kalemi olmuştur.
- Bina enerji sınıfı toplamda "C", sıcak suda "B", soğutmada "A" ve aydınlatmada "B" sınıfı alıp standartları sağlamıştır. Fakat ısıtmada "E" sınıfı alarak, sınır değerlerini sağlayamamıştır. Bunun birkaç nedeni vardır. Mevcut pencerelerin U değeri 2,4 W /m² K olması gerekirken, 2,8 W /m² K değerindedir. Duvar ve döşemelerin U değerleri gene standardı sağlamamaktadır. Bu iki neden ısıtma kaleminin enerji sınıfını düşürmüştür.
- Peki bütün kesitler sınır U değerlerini sağlamamasına rağmen, neden toplamda "C" sınıfı almıştır? Bunun da birkaç nedeni vardır. Binamızın toplam inşaat alanının (2000 m² altında) büyük olmaması olumlu etkidir. Binamızın ısıtması ve sıcak suyu merkezi sistemle sağlanmaktadır. Bu durum en büyük olumlu etkidir. Ayrıca bina yapılış yılının 2000 sonrası olması, yıpranma payını azaltan olumlu bir etkidir.

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy –İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoğlu@ekbdanismani.com



facebook.com/ekbdanismani



twitter.com/ekbdanismani

7. Bina Konumuna Göre Enerji Kimlik Belgesi-EKB Sonuçları

Binamız mevcut halinde **doğu-batı** aksına **38,69°**lik açıyla konumlanmış ve buna göre bina görüntüsü ve EKB hesabı aşağıdadır.

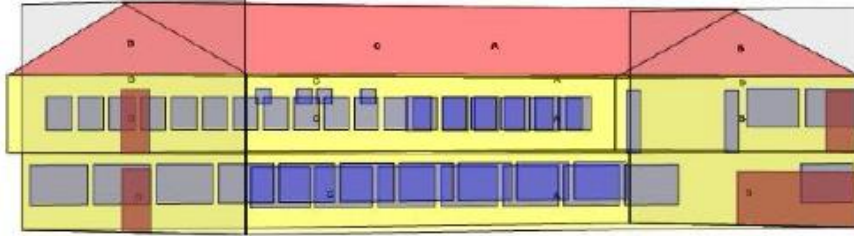
Genel Bilgiler

Veri Giriş Şekli

Kat Formu ve Ölçüler

A Yüzeyinin Güney ile Yaptığı Aç

Kırma Çatı Var mı? ☒



ENERJİ KİMLİK BELGESİ DEĞERLERİ

Enerji kullanım alanı	Kullanılan sistem	Nihai tüketim (kWh/yıl)	Birincil tüketim (kWh/yıl)	m ² başına tüketim	SINIFI
TOPLAM		493.503,05	561.837,08	523,24	C
Isıtma	Isıtma Sistemi	317.990,30	317.990,30	337,15	E
Sıhhi Sıcak Su	Sıcak Su Sistemi	125.267,15	125.267,15	132,82	B
Soğutma	Soğutma Sistemi	18.975,67	44.782,58	20,12	A
Havalandırma		0,00	0,00	0,00	
Aydınlatma		31.269,94	73.797,06	33,15	B
Sera Gazı Emisyonu				184,22	C
Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı	%0,00				

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. **Fırat ÜMMETOĞLU** Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoglu@ekbdanismani.com

facebook.com/ekbdanismani

twitter.com/ekbdanismani

Binanın doğu aksına doğru 45°'lik bir konum değişikliği yapıldığı takdirde, bina konum ve sonuçları aşağıdaki gibi olmuştur.

Genel Bilgiler

Veri Giriş Şekli

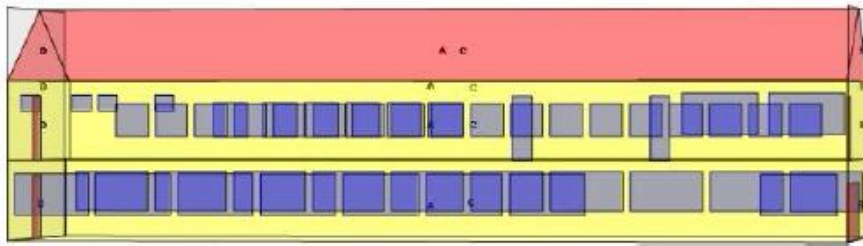
Kat Formu ve Ölçüler

A Yüzeyinin Güney ile Yaptığı Açı: -6,31

Kırma Çatı Var mı?



Kaydet



ENERJİ KİMLİK BELGESİ DEĞERLERİ

Enerji kullanım alanı	Kullanılan sistem	Nihai tüketim (kWh/yıl)	Birincil tüketim (kWh/yıl)	m ² başına tüketim	SINIFI
TOPLAM		472.915,20	532.940,07	501,42	C
Isıtma	Isıtma Sistemi	303.512,13	303.512,13	321,80	E
Sıhhi Sıcak Su	Sıcak Su Sistemi	125.267,15	125.267,15	132,82	B
Soğutma	Soğutma Sistemi	12.865,99	30.363,74	13,64	A
Havalandırma		0,00	0,00	0,00	
Aydınlatma		31.269,94	73.797,06	33,15	B
Sera Gazı Emisyonu				171,47	C
Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı	%0,00				

Bina doğu yönüne doğru 45° döndürüldüğünde, toplamda m² başına enerji tüketiminde 22 kw bir azalma olmuştur. Sıcak su ve aydınlatma yüklerinde bir değişiklik olmamıştır. Çünkü bina konumunun değişmesi, sadece binaya gelen güneş açısını değiştirmektedir. Bu da ısıtma ve soğutma yüklerinde yaklaşık %5'lik bir tasarrufa yol açmıştır.

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Firat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanli İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummetoglu@ekbdanismani.com



facebook.com/ekbdanismani



twitter.com/ekbdanismani

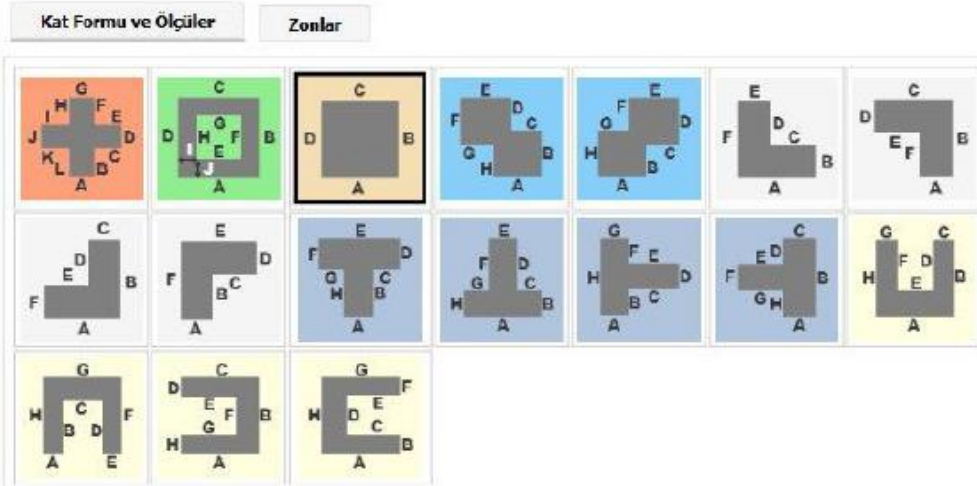
Tarih: 04.05.2015

**ANADOLU ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
AKADEMİK VE İDARİ PERSONEL BLOĞU
BİNA ENERJİ PERFORMANS-BEP EK RAPORU**

1. Bep-tr Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tüketim değerleri belirlenen binamızın, ölçüm değerleri veya simülasyon program değerlerinin Bep-tr sonuçlarıyla farklı çıkmasının nedenleri aşağıdaki maddeler olabilir.

- Ülkemizin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı düzeyinde temsiliyeti olan ulusal Bep-tr programının üçüncü boyutu sınırlıdır. Bütün hesaplamalar sadece yedi adet mimari tipiyle hesaplanmaktadır. Bu durum mimari proje bilgilerini programa tam anlamıyla aktarmanın önüne geçmekte ve sonuçları etkilemektedir.



- Bep-tr programı dört iklim bölgesi üzerinden çalışmaktadır. Bu bölgeler TS 825 standardından alınmıştır. Bu durum, yeni nesil simülasyon programlarında koordinatlar (enlem,boylam) üzerinden yürümektedir. Standartlarımızdaki verilerin güncellenmesi gerekmektedir.

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy –İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firat.ummutoğlu@ekbdanismani.com

[facebook.com/ekbdanismani](https://www.facebook.com/ekbdanismani)

twitter.com/ekbdanismani

- TSE 825, ASHRAE, DIN ve EN standartlarından alıntılar yapılmıştır, fakat bu alıntıların detayları ve nerede kullanıldıkları daha özet bir metodolojiyle anlatılmalıdır.
- Oda (zone) tiplerinde çalışma saati ve kullanıcı sayılarına dair kabuller mevcuttur. Bu kabullerin dışına çıkılamamaktadır. Uzman istediği gibi zonlama özelliklerini belirleyememektedir.

Kat Formu ve Ölçüler

Zonlar

Zon Tipi

Daire

Adı

7.

Alan (m²)

560

Dışa Temas Eden İç Duvar Adedi

0

No	Adı	Tipi	Alan	İklimlendirilme
4409882	7.	Daire	560	☒

EKB 825 GÜNEŞ MÜHENDİSLİK – İnş. Müh. Fırat ÜMMETOĞLU Cep: 0555 564 4814

Merkez: Akdeniz Mah. Halit Ziya Bulv. Taner İş Merk. No:72 / 707 Pasaport Konak-İZMİR Tel : 0850 333 0713

Ankara Şube: Atatürk Bulvarı Sanlı İş Merkezi No:105/701 Kızılay-ANKARA Tel: 0850 333 0713

İstanbul Şube: Hasanpaşa Mah. No:61/1 Ofis No:17 Kadıköy-İSTANBUL Tel: 0850 333 0713

Web: www.ekbdanismani.com

E-posta: firot.ummetoglu@ekbdanismani.com



facebook.com/ekbdanismani



twitter.com/ekbdanismani

EK-3 TS 825 BİNALARDA ISI YALITIM KURALLARI YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE YILLIK ISITMA ENERJİ TÜKETİMİ DEĞERLERİ

Çizelge 10: Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı



	Isı Kaybı			Isı Kazançları					
Aylar	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi İhtiyacı	Toplam	KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
Ocak	1.890,007	20,3	38.367,14	3.987,200	706	4.693	0,12	1,00	87.283.370,88
Şubat		19,9	37.611,14		1004	4.991	0,13	1,00	84.551.402,88
Mart		15,9	30.051,11		1411	5.398	0,18	1,00	63.900.861,12
Nisan		9,9	18.711,07		1791	5.778	0,31	0,96	34.121.580,48
Mayıs		5,6	10.584,04		2143	6.130	0,58	0,82	14.404.884,48
Haziran		1,5	2.835,01		2252	6.239	2,20	0,37	1.364.895,36
Temmuz		Fie Yüksek	0,00		2198	6.185	0,00	0,00	0,00
Ağustos		Fie Yüksek	0,00		1981	5.968	0,00	0,00	0,00
Eylül		2,8	5.292,02		1547	5.534	1,05	0,61	4.966.997,76
Ekim		8,4	15.876,06		1085	5.072	0,32	0,96	28.529.988,48
Kasım		14,4	27.216,10		733	4.720	0,17	1,00	58.309.891,20
Aralık		18,7	35.343,13		597	4.584	0,13	1,00	79.727.664,96
Qyıl (kj) =							457.161.537,600		

$$Q_{ay} = [H (\theta_i - \theta_e) - \eta (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t \text{ (J)} \quad (1 \text{ kJ} = 0,278 \times 10^{-3} \text{ kWh})$$

$$\text{Toplam ısı kaybı } Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 457.161.537,600 \text{ (kj)} = 127090,907 \text{ kWh}$$

$$\text{Konutlar için iç ısı kazancı} \quad \phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n \text{ (W)}$$

$$\text{Güneş enerjisi kazancı} \quad \phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times l_{i,ay} \times A_i$$

$$\text{Kazanç kayıp oranı} \quad KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$$

$$A_{\text{toplam}} = 1086,6 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{brüt}} = 2492 \text{ m}^3$$

$$A_n = 0,32 \cdot V_{\text{brüt}} = 797,440$$

$$\text{Kazanç kullanım faktörü} \quad \eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$$

Yıllık birim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı:

$$Q = 51,000 \text{ kWh/m}^3$$

Atop / Vbrüt oranına ve derece gün bölgesine göre olması gereken en büyük ısı kaybı bulunur.

$$Q' \text{ (TSE)} = 17,515$$

50,9996 > 17,515 olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerde/üzerinde olduğu görülmektedir. O halde bu proje bu standardda verilen hesap metoduna göre uygun değildir!

Yıllık Enerji Tüketimi
155,52 kWh/m²

ISI İHTİYACI KİMLİK BELGESİ

Pafta / Ada / Parsel

Bina Tanımı ÖĞRETİM BİNALARI

Cadde bina numarası

Kullanılacak Yakıt Türü DOĞAL GAZ

Proje Tarihi

İl / İlçe ESKİŞEHİR

TEPEBAŞI

Belediye TEPEBAŞI

Proje Sahibi HAKAN ÜNALAN
ANADOLU

		Müsaade edilen maksimum Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	Hesaplanan Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı
Atop (m2)	1086,6	$Q' = 17,515 \text{ kWh/m}^2$	$Q = 51,000 \text{ kWh/m}^2$
V brüt (m3)	2492	HACİM AĞIRLIKLI HESAP YÖNTEMİ	
Atop / V (m-1)	0,436		
An (m2)	797,44		

Birim hacim veya birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı (kg,m3)Qyıl (Toplam ısı kaybı) = $0.278 \times 10^{-3} \times 457161537,600 \text{ (kJ)} = 127090,907 \text{ kWh}$ Qyıl / (Yakıtın kaloriferik değeri * Sistemin verimi) = $127090,907 / (0,900 \times 9,590) = 14724,9342 \text{ (m3 yakıt)}$ **Önemli Not:** Buradaki hesaplama sonucu elde edilen yakıt miktarı , binanın TS 825'deki kabullerine göre yalıtılması sonucu elde edilmektedir.Yerleşim birimlerindeki iklimsel koşullara göre değişiklik gösterebilecek olan bu değer her zaman gerçek tüketimi vermeyebilir.

Atop : Dış duvar ,tavan taban /döşeme , pencere kapı vb. Yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının toplamı olup , dış ölçülere göre bulunur.Birimi m²'dir.
Vbrüt : Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hacimdir.Birimi m³'tür.
A/V : Isı kaybeden toplam yüzeyin (Atop) ısıtılmış yapı hacmine (Vbrüt) oranıdır. Birimi m-1 'dir.
Q' : A/V oranına bağlı olarak müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Birimi kWh/m² kWh/m³'tür.
Qyıl : Bu bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı. Birimi kWh/m² , kWh/m³'tür.

Binanın enerji verimliliği indeksi

☐ C tipi bina Normal enerji verimli bina	☐ B tipi bina İyi enerji verimli bina	☐ A tipi bina Süper enerji verimli bina
--	---	---

Not: $Q \leq 0,999 \cdot Q'$ ise C tipi bina (51,000 $\leq$ 17,515) $Q \leq 0,90 \cdot Q'$ ise B tipi bina (51,000 $\leq$ 15,764) $Q \leq 0,80 \cdot Q'$ ise A tipi bina (51,000 $\leq$ 12,261)☒ Yukarıdakilerden
hiçbiri

Düzenleyenler	MMO	ONAY
Adı, Soyadı, Unvanı MAKİNA MÜHENDİSİ İmza	Adı, Soyadı, Unvanı İmza	

Maksimum Isıtma Enerjisi İhtiyacı



Bölge No	:	3
Havalandırma Tipi	:	Binada Doğal Havalandırma Var
Bina Tipi	:	Okul, Konut, Normal, Donanımlı Binalar Vb.
Ortam İçi Sıcaklık (Ti)	:	19 °C
Kat Yüksekliği	:	305 cm
Havalandırma Kayıpları (Hh)	:	402,956 WK
İletim Kayıpları (H)	:	1487,051 WK
Hava Değişim Debisi (nh)	:	0,7
Vbrüt	:	2492 m³
Atoplam	:	1086,6 m²
A / V	:	0,436

Bu binanın A/V'ye göre olması gereken Maksimum Isıtma Enerjisi İhtiyacı : 51,000 kWh/m³



Çizelge 7 - Binanın Özgöl Isı Kaybı

Binadaki Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletkenlik Hesap Değeri W/mK	Isı İletkenlik Direnci R (m ² K/W)	Isı Geçirgenlik U (W/m ² K)	Isı Kaybeden Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı A * U (W/K)
DIŞ DUVAR				0,875	97,5	85,313
				Malzeme Toplamları >>>		
İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,13	-		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,005	0,7	0,007	-		
4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013	-		
6.1.1.3 Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	0,2	0,24	0,833	-		
4.2 Çimento harcı	0,015	1,6	0,009	-		
7.1.1.1 TS EN 771-1'e uygun tuğlalarla yapılan kâgir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinker,	0,09	0,81	0,111	-		
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,04	-		
ÇATI				2,268	423,13	767,727
				Malzeme Toplamları >>>		
İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,13	-		
11.3.2.3.4 Yatay (ısı akışı aşağıdan yukarıya) kalınlık=50 mm.	2	0,313	0,15	-		
5.1.1 Donatılı	0,15	2,2	0,068	-		
4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013	-		
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,08	-		
TOPRAGA OTURAN DÖSEME				0,688	394,06	135,557
				Malzeme Toplamları >>>		
İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,17	-		
9.2.3.2 PVC örtü	0,005	0,19	0,026	-		
1.8 Yapay taşlar	0,025	1,3	0,019	-		
4.2 Çimento harcı	0,025	1,6	0,016	-		
5.1.1 Donatılı	0,15	2,2	0,068	-		
3.3 Yüksek fırın cürufu	0,15	0,13	1,154	-		
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0	-		
BETONARME				2,985	96,54	288,172
				Malzeme Toplamları >>>		
İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,13	-		
4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,005	0,7	0,007	-		
4.2 Çimento harcı	0,02	1,6	0,013	-		
5.1.1 Donatılı	0,3	2,2	0,136	-		
4.2 Çimento harcı	0,015	1,6	0,009	-		
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0	0	0,04	-		
PENCERE				2,79	75,37	210,282
				Malzeme Toplamları >>>		

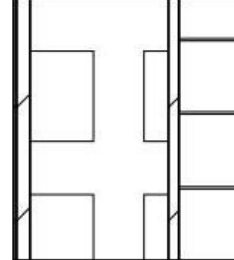


Bileşenlerin Malzeme Detayları

1: DIŞ DUVAR

İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0
Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,005 m.
Çimento harcı	0,02 m.
Normal derz kalınlığında ve normal harçla yer	0,2 m.
Çimento harcı	0,015 m.
TS EN 771-1'e uygun tuğlalarla yapılan kâgır	0,09 m.
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0

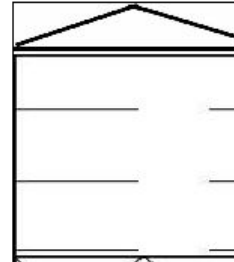
0,005 > 0,02 > 0,2 > 0,015 > 0,09 m.



2: ÇATI

İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0
Yatay (ısı akışı aşağıdan yukarıya) kalınlık= Donatılı	2 m.
Çimento harcı	0,15 m.
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0,02 m.
	0

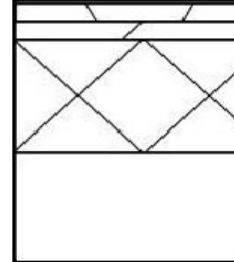
2 > 0,15 > 0,02 m.



3: TOPRAGA OTURAN DOSEME

İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0
PVC örtü	0,005 m.
Yapay taşlar	0,025 m.
Çimento harcı	0,025 m.
Donatılı	0,15 m.
Yüksek fırın cürufu	0,15 m.
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0

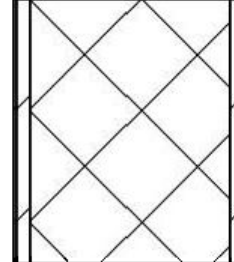
0,005 > 0,025 > 0,025 > 0,15 > 0,15 m.



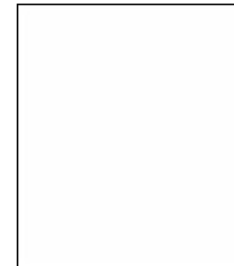
4: BETONARME

İç yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0
Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,005 m.
Çimento harcı	0,02 m.
Donatılı	0,3 m.
Çimento harcı	0,015 m.
Dış yüzeyin yüzeysel ısı iletkenlik direnci	0

0,005 > 0,02 > 0,3 > 0,015 m.



5: PENCERE



EK-4 ANADOLU ÜNİVERSİTESİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ AKADEMİK VE İDARİ PERSONEL BLOĞUNUN ALTERNATİF YÖNLERE VE OPAKLİK SAYDAMLIK ORANLARINA GÖRE HESAPLANAN YILLIK ISITMA VE SOĞUTMA ENERJİ TÜKETİMLERİ (kWh/yıl)

Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	KUZEY		KUZEYDOĞU		KUZEYBATI		DOĞU	
		Isıtma Enerjisi (kWh/yıl)	Soğutma Enerjisi (kWh/yıl)	Isıtma Enerjisi (kWh/yıl)	Soğutma Enerjisi (kWh/yıl)	Isıtma Enerjisi (kWh/yıl)	Soğutma Enerjisi (kWh/yıl)	Isıtma Enerjisi (kWh/yıl)	Soğutma Enerjisi (kWh/yıl)
10%	A	90.176	635	89.812	902	89.809	849	88.543	1.369
	B	90.423	575	90.092	760	90.102	724	88.992	1.086
	C	89.961	574	89.664	740	89.646	710	88.624	1.014
	D	89.816	605	89.502	814	89.472	771	88.339	1.181
	E	90.333	569	90.035	735	90.012	705	88.958	1.010
	Mevcut	91.409	667	90.978	1.007	90.961	942	89.536	1.596
20%	A	90.173	941	89.639	1.720	89.611	1.591	87.549	3.088
	B	90.752	723	90.331	1.146	90.329	1.091	88.701	2.003
	C	89.527	715	89.106	1.079	89.107	1.041	87.680	1.751
	D	89.158	818	88.729	1.345	88.707	1.267	86.983	2.365
	E	90.408	696	89.976	1.060	89.984	1.022	88.514	1.737
	Mevcut	93.045	1.092	92.350	2.188	92.335	1.993	89.896	3.958
30%	A	90.023	1.323	89.338	2.715	89.326	2.497	86.669	5.015
	B	90.902	895	90.405	1.613	90.396	1.528	88.359	3.032
	C	89.082	879	88.595	1.490	88.598	1.427	86.847	2.586
	D	88.550	1.078	88.034	1.996	88.013	1.867	85.828	3.703
	E	90.474	848	89.966	1.454	89.971	1.395	88.158	2.563
	Mevcut	94.308	1.642	93.406	3.607	93.405	3.254	90.173	6.534
40%	A	89.871	1.795	89.086	3.849	89.072	3.502	85.906	6.994
	B	91.003	1.105	90.429	2.158	90.421	2.033	88.032	4.143
	C	88.645	1.079	88.095	1.976	88.094	1.881	86.057	3.498
	D	87.976	1.394	87.372	2.757	87.355	2.557	84.785	5.139
	E	90.420	1.030	89.842	1.921	89.846	1.833	87.748	3.458
	Mevcut	95.340	2.298	94.288	5.126	94.264	4.584	90.418	9.037
50%	A	89.719	2.267	88.834	4.984	88.818	4.507	85.143	8.973
	B	91.104	1.315	90.453	2.704	90.446	2.539	87.706	5.254
	C	88.208	1.279	87.596	2.461	87.590	2.336	85.268	4.411
	D	87.403	1.711	86.711	3.517	86.698	3.247	83.743	6.575
	E	90.367	1.213	89.719	2.387	89.722	2.270	87.339	4.352
	Mevcut	96.373	2.954	95.169	6.645	95.123	5.914	90.663	11.540
60%	A	89.628	2.707	88.663	5.961	88.639	5.381	84.600	10.582
	B	91.182	1.523	90.477	3.210	90.478	2.994	87.483	6.210
	C	87.914	1.476	87.255	2.917	87.250	2.754	84.719	5.214
	D	87.003	2.018	86.262	4.213	86.248	3.870	83.007	7.789
	E	90.374	1.393	89.689	2.823	89.685	2.669	87.087	5.136
	Mevcut	97.233	3.532	95.922	7.888	95.869	7.013	90.950	13.505
70%	A	89.537	3.147	88.492	6.937	88.461	6.254	84.058	12.191
	B	91.259	1.731	90.501	3.716	90.509	3.449	87.261	7.166
	C	87.620	1.673	86.914	3.372	86.911	3.172	84.171	6.016
	D	86.603	2.326	85.813	4.909	85.798	4.493	82.272	9.002
	E	90.381	1.573	89.658	3.258	89.649	3.069	86.834	5.919
	Mevcut	98.093	4.110	96.674	9.131	96.614	8.112	91.237	15.470
80%	A	89.510	3.691	88.361	8.126	88.326	7.322	83.492	14.128
	B	91.422	1.998	90.600	4.347	90.616	4.013	87.065	8.333
	C	87.342	1.923	86.586	3.943	86.581	3.694	83.593	7.004
	D	86.207	2.713	85.359	5.770	85.341	5.265	81.466	10.476
	E	90.469	1.800	89.703	3.804	89.694	3.567	86.603	6.882
	Mevcut	99.202	4.816	97.650	10.620	97.593	9.432	91.662	17.805

Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	BATI		GÜNEY		GÜNEYDOĞU		GÜNEYBATI	
		Isıtma Enerjisi (kWh/yıl)	Soğutma Enerjisi (kWh/yıl)	Isıtma Enerjisi (kWh/yıl)	Soğutma Enerjisi (kWh/yıl)	Isıtma Enerjisi (kWh/yıl)	Soğutma Enerjisi (kWh/yıl)	Isıtma Enerjisi (kWh/yıl)	Soğutma Enerjisi (kWh/yıl)
10%	A	88.366	1.174	86.645	843	87.319	1.259	87.033	1.110
	B	88.857	955	87.426	739	87.959	1.018	87.718	916
	C	88.496	901	87.147	738	87.668	975	87.465	890
	D	88.181	1.032	86.684	779	87.253	1.095	87.001	982
	E	88.838	895	87.478	732	88.013	971	87.800	888
	Mevcut	89.354	1.344	87.348	920	88.139	1.449	87.827	1.266
20%	A	87.285	2.585	84.340	1.435	85.499	2.675	85.008	2.267
	B	88.504	1.707	86.252	1.016	87.077	1.734	86.691	1.492
	C	87.484	1.510	85.511	1.016	86.273	1.594	85.963	1.400
	D	86.753	2.005	84.363	1.156	85.266	2.029	84.854	1.732
	E	88.322	1.497	86.324	1.000	87.093	1.580	86.789	1.388
	Mevcut	89.569	3.273	85.962	1.824	87.406	3.455	86.870	2.922
30%	A	86.291	4.198	82.354	2.179	83.897	4.251	83.267	3.604
	B	88.074	2.577	85.191	1.347	86.278	2.536	85.772	2.155
	C	86.584	2.220	84.093	1.360	85.063	2.303	84.663	2.005
	D	85.522	3.132	82.382	1.621	83.564	3.074	83.031	2.607
	E	87.929	2.195	85.364	1.330	86.368	2.278	85.943	1.980
	Mevcut	89.704	5.404	84.798	2.950	86.800	5.631	86.046	4.787
40%	A	85.443	5.875	80.649	2.990	82.543	5.876	81.769	5.012
	B	87.705	3.505	84.261	1.733	85.548	3.383	84.957	2.876
	C	85.892	2.998	82.812	1.760	83.976	3.070	83.505	2.678
	D	84.424	4.344	80.644	2.157	82.070	4.181	81.418	3.559
	E	87.471	2.955	84.433	1.718	85.633	3.030	85.144	2.637
	Mevcut	89.828	7.527	83.784	4.108	86.298	7.798	85.363	6.662
50%	A	84.595	7.553	78.944	3.802	81.188	7.501	80.270	6.421
	B	87.336	4.433	83.331	2.119	84.819	4.230	84.141	3.598
	C	85.200	3.775	81.531	2.159	82.889	3.837	82.348	3.351
	D	83.325	5.556	78.905	2.693	80.576	5.287	79.804	4.510
	E	87.012	3.716	83.503	2.105	84.899	3.783	84.345	3.294
	Mevcut	89.952	9.650	82.771	5.265	85.796	9.964	84.679	8.537
60%	A	83.987	8.942	77.685	4.474	80.213	8.828	79.189	7.588
	B	87.072	5.231	82.635	2.461	84.294	4.948	83.542	4.216
	C	84.489	4.454	80.603	2.516	82.099	4.500	81.506	3.937
	D	82.538	6.596	77.632	3.163	79.492	6.221	78.639	5.326
	E	86.727	4.376	82.862	2.447	84.399	4.431	83.793	3.865
	Mevcut	90.151	11.338	82.107	6.191	85.528	11.660	84.268	10.025
70%	A	83.378	10.332	76.427	5.146	79.237	10.155	78.109	8.755
	B	86.809	6.028	81.939	2.802	83.769	5.667	82.942	4.834
	C	83.778	5.133	79.675	2.873	81.309	5.164	80.664	4.522
	D	81.751	7.637	76.359	3.632	78.409	7.156	77.474	6.142
	E	86.442	5.036	82.220	2.789	83.900	5.079	83.241	4.436
	Mevcut	90.350	13.026	81.443	7.118	85.259	13.356	83.856	11.513
80%	A	82.731	12.011	75.013	5.958	78.168	11.748	76.919	10.163
	B	86.565	7.004	81.179	3.222	83.218	6.543	82.298	5.588
	C	83.152	5.966	78.635	3.313	80.444	5.977	79.728	5.240
	D	80.893	8.908	74.916	4.208	77.202	8.292	76.165	7.136
	E	86.187	5.843	81.528	3.213	83.377	5.875	82.658	5.135
	Mevcut	90.692	15.041	80.755	8.217	85.045	15.361	83.452	13.278

EK-5 ÖRNEK BİNA GERÇEKÇİ MODELİNDEKİ ALTERNATİF YÖN VE OPAKLIK SAYDAMLIK ORANLARINA GÖRE ALTERNATİF CAM TÜRLERİNİN ISITMA-SOĞUTMA ENERJİ TASARRUF MİKTARLARI VE MALİYETLERİ

Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	KUZEY						
		Isıtma Tasarrufu (kWh/yıl)	Isıtma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Soğutma Tasarrufu (kWh/yıl)	Soğutma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Toplam Tasarruf (TL/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	1.233	124	32	13	137	165	1,3
	B	986	99	92	37	136	283	2,3
	C	1.448	146	92	37	183	968	7,1
	D	1.593	160	62	25	185	850	6,2
	E	1.077	108	98	39	148	684	6,1
20%	A	2.871	289	150	60	349	324	1,1
	B	2.293	230	368	147	378	555	1,6
	C	3.518	354	377	151	504	1.896	4,4
	D	3.887	391	274	109	500	1.665	4,2
	E	2.636	265	395	158	423	1.341	3,6
30%	A	4.285	431	319	128	558	477	0,9
	B	3.406	342	747	299	641	818	1,4
	C	5.225	525	763	305	830	2.796	4,1
	D	5.758	579	564	225	804	2.455	4,0
	E	3.834	385	794	318	703	1.978	3,3
40%	A	5.470	550	503	201	751	661	1,0
	B	4.337	436	1.193	477	913	1.133	1,3
	C	6.695	673	1.219	488	1.161	3.870	4,1
	D	7.364	740	903	361	1.102	3.398	4,0
	E	4.920	495	1.267	507	1.001	2.738	3,2
50%	A	6.654	669	687	275	944	800	0,8
	B	5.269	530	1.639	655	1.185	1.371	1,3
	C	8.165	821	1.675	670	1.491	4.683	3,5
	D	8.971	902	1.243	497	1.399	4.112	3,5
	E	6.007	604	1.741	696	1.300	3.312	3,1
60%	A	7.605	764	825	330	1.094	952	0,9
	B	6.052	608	2.009	803	1.412	1.631	1,3
	C	9.319	937	2.056	822	1.759	5.573	3,6
	D	10.230	1.028	1.513	605	1.634	4.894	3,5
	E	6.859	689	2.139	855	1.545	3.942	3,1
70%	A	8.556	860	963	385	1.245	1.117	1,0
	B	6.834	687	2.379	951	1.638	1.914	1,3
	C	10.473	1.053	2.437	975	2.027	6.541	4,0
	D	11.490	1.155	1.784	714	1.868	5.743	4,0
	E	7.712	775	2.536	1.015	1.790	4.627	3,1
80%	A	9.692	974	1.124	450	1.424	1.295	1,0
	B	7.781	782	2.818	1.127	1.909	2.220	1,3
	C	11.860	1.192	2.892	1.157	2.349	7.586	4,0
	D	12.995	1.306	2.103	841	2.147	6.661	4,0
	E	8.733	878	3.015	1.206	2.084	5.366	3,1

KUZEYDOĞU								
Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	Isıtma Tasarrufu (kWh/yıl)	Isıtma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Soğutma Tasarrufu (kWh/yıl)	Soğutma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Toplam Tasarruf (TL/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	1.166	117	105	42	159	165	1,2
	B	886	89	247	99	188	283	1,6
	C	1.314	132	267	107	239	968	5,1
	D	1.475	148	193	77	225	850	4,4
	E	943	95	272	109	203	684	4,1
20%	A	2.711	272	468	187	460	324	0,7
	B	2.018	203	1.041	416	619	555	1,0
	C	3.244	326	1.108	443	769	1.896	3,0
	D	3.621	364	842	337	701	1.665	2,6
	E	2.374	239	1.128	451	690	1.341	2,2
30%	A	4.068	409	892	357	766	477	0,6
	B	3.001	302	1.994	797	1.099	818	0,7
	C	4.812	484	2.116	847	1.330	2.796	2,4
	D	5.372	540	1.611	644	1.184	2.455	2,3
	E	3.441	346	2.152	861	1.207	1.978	1,7
40%	A	5.202	523	1.276	511	1.033	661	0,6
	B	3.859	388	2.967	1.187	1.575	1.133	0,7
	C	6.192	622	3.150	1.260	1.882	3.870	2,3
	D	6.915	695	2.369	948	1.643	3.398	2,3
	E	4.445	447	3.205	1.282	1.729	2.738	1,7
50%	A	6.335	637	1.661	664	1.301	800	0,6
	B	4.716	474	3.941	1.576	2.050	1.371	0,7
	C	7.573	761	4.183	1.673	2.435	4.683	2,2
	D	8.458	850	3.128	1.251	2.101	4.112	2,2
	E	5.450	548	4.257	1.703	2.251	3.312	1,6
60%	A	7.259	730	1.928	771	1.501	952	0,6
	B	5.445	547	4.678	1.871	2.419	1.631	0,7
	C	8.666	871	4.971	1.989	2.860	5.573	2,2
	D	9.660	971	3.675	1.470	2.441	4.894	2,3
	E	6.233	626	5.065	2.026	2.653	3.942	1,6
70%	A	8.182	822	2.194	878	1.700	1.117	0,7
	B	6.173	621	5.416	2.166	2.787	1.914	0,7
	C	9.760	981	5.759	2.304	3.285	6.541	2,3
	D	10.861	1.092	4.222	1.689	2.780	5.743	2,3
	E	7.016	705	5.873	2.349	3.055	4.627	1,6
80%	A	9.289	934	2.494	998	1.931	1.295	0,7
	B	7.050	709	6.273	2.509	3.218	2.220	0,7
	C	11.064	1.112	6.677	2.671	3.783	7.586	2,3
	D	12.292	1.235	4.850	1.940	3.175	6.661	2,4
	E	7.947	799	6.816	2.727	3.525	5.366	1,6

		DOĞU						
Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	Isıtma Tasarrufu (kWh/yıl)	Isıtma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Soğutma Tasarrufu (kWh/yıl)	Soğutma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Toplam Tasarruf (TL/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	993	100	227	91	191	165	0,9
	B	544	55	510	204	259	283	1,2
	C	912	92	582	233	325	968	3,4
	D	1.197	120	415	166	286	850	3,4
	E	578	58	586	234	292	684	2,6
20%	A	2.348	236	870	348	584	324	0,6
	B	1.196	120	1.955	782	902	555	0,6
	C	2.216	223	2.206	883	1.105	1.896	2,0
	D	2.913	293	1.593	637	930	1.665	2,1
	E	1.382	139	2.221	888	1.027	1.341	1,4
30%	A	3.504	352	1.519	608	960	477	0,5
	B	1.814	182	3.502	1.401	1.583	818	0,5
	C	3.327	334	3.948	1.579	1.914	2.796	1,5
	D	4.345	437	2.831	1.132	1.569	2.455	1,6
	E	2.016	203	3.970	1.588	1.791	1.978	1,2
40%	A	4.512	453	2.043	817	1.271	661	0,5
	B	2.385	240	4.894	1.958	2.197	1.133	0,5
	C	4.361	438	5.538	2.215	2.654	3.870	1,5
	D	5.633	566	3.898	1.559	2.125	3.398	1,7
	E	2.670	268	5.579	2.232	2.500	2.738	1,2
50%	A	5.520	555	2.567	1.027	1.582	800	0,5
	B	2.957	297	6.286	2.514	2.812	1.371	0,5
	C	5.395	542	7.129	2.852	3.394	4.683	1,5
	D	6.920	696	4.965	1.986	2.682	4.112	1,6
	E	3.324	334	7.188	2.875	3.209	3.312	1,2
60%	A	6.349	638	2.923	1.169	1.807	952	0,5
	B	3.467	348	7.295	2.918	3.266	1.631	0,5
	C	6.230	626	8.291	3.317	3.943	5.573	1,5
	D	7.942	798	5.716	2.287	3.085	4.894	1,7
	E	3.863	388	8.369	3.348	3.736	3.942	1,2
70%	A	7.179	722	3.279	1.312	2.033	1.117	0,5
	B	3.976	400	8.304	3.322	3.721	1.914	0,5
	C	7.066	710	9.454	3.782	4.492	6.541	1,5
	D	8.965	901	6.467	2.587	3.488	5.743	1,7
	E	4.403	443	9.551	3.820	4.263	4.627	1,2
80%	A	8.169	821	3.677	1.471	2.292	1.295	0,6
	B	4.596	462	9.472	3.789	4.251	2.220	0,5
	C	8.068	811	10.801	4.320	5.131	7.586	1,6
	D	10.196	1.025	7.329	2.931	3.956	6.661	1,8
	E	5.058	508	10.923	4.369	4.878	5.366	1,2

		GÜNEYDOĞU						
Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	Isıtma Tasarrufu (kWh/yıl)	Isıtma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Soğutma Tasarrufu (kWh/yıl)	Soğutma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Toplam Tasarruf (TL/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	820	82	190	76	158	165	1,2
	B	181	18	431	172	191	283	1,6
	C	472	47	475	190	237	968	4,0
	D	886	89	354	142	231	850	4,4
	E	126	13	478	191	204	684	4,1
20%	A	1.907	192	780	312	504	324	0,6
	B	329	33	1.721	688	721	555	0,8
	C	1.133	114	1.862	745	859	1.896	2,4
	D	2.140	215	1.426	570	786	1.665	2,4
	E	314	32	1.875	750	782	1.341	2,0
30%	A	2.903	292	1.380	552	844	477	0,6
	B	523	53	3.095	1.238	1.291	818	0,6
	C	1.737	175	3.328	1.331	1.506	2.796	2,1
	D	3.236	325	2.557	1.023	1.348	2.455	2,1
	E	432	43	3.353	1.341	1.385	1.978	1,5
40%	A	3.756	377	1.922	769	1.146	661	0,6
	B	750	75	4.415	1.766	1.841	1.133	0,6
	C	2.322	233	4.728	1.891	2.125	3.870	2,1
	D	4.228	425	3.617	1.447	1.872	3.398	2,1
	E	665	67	4.767	1.907	1.974	2.738	1,5
50%	A	4.608	463	2.463	985	1.448	800	0,6
	B	978	98	5.735	2.294	2.392	1.371	0,6
	C	2.907	292	6.127	2.451	2.743	4.683	2,0
	D	5.220	525	4.677	1.871	2.396	4.112	2,0
	E	898	90	6.182	2.473	2.563	3.312	1,4
60%	A	5.315	534	2.832	1.133	1.667	952	0,6
	B	1.234	124	6.712	2.685	2.809	1.631	0,6
	C	3.428	345	7.160	2.864	3.208	5.573	2,0
	D	6.035	607	5.439	2.175	2.782	4.894	2,1
	E	1.128	113	7.229	2.892	3.005	3.942	1,4
70%	A	6.021	605	3.201	1.280	1.886	1.117	0,6
	B	1.490	150	7.689	3.076	3.225	1.914	0,6
	C	3.949	397	8.192	3.277	3.674	6.541	2,1
	D	6.850	689	6.200	2.480	3.168	5.743	2,1
	E	1.359	137	8.277	3.311	3.447	4.627	1,4
80%	A	6.877	691	3.614	1.445	2.137	1.295	0,6
	B	1.827	184	8.818	3.527	3.711	2.220	0,6
	C	4.601	462	9.384	3.754	4.216	7.586	2,1
	D	7.844	788	7.069	2.828	3.616	6.661	2,1
	E	1.668	168	9.487	3.795	3.962	5.366	1,4

Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	GÜNEY						
		Isıtma Tasarrufu (kWh/yıl)	Isıtma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Soğutma Tasarrufu (kWh/yıl)	Soğutma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Toplam Tasarruf (TL/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	703	71	77	31	101	165	1,7
	B	-79	-8	181	72	64	283	5,4
	C	200	20	182	73	93	968	20,0
	D	663	67	140	56	123	850	5,3
	E	-130	-13	188	75	62	684	9,9
20%	A	1.622	163	389	156	319	324	1,1
	B	-290	-29	808	323	294	555	2,2
	C	451	45	808	323	369	1.896	7,0
	D	1.599	161	668	267	428	1.665	3,0
	E	-362	-36	824	330	293	1.341	3,0
30%	A	2.443	246	771	308	554	477	0,9
	B	-393	-40	1.603	641	602	818	1,5
	C	704	71	1.590	636	707	2.796	5,1
	D	2.415	243	1.328	531	774	2.455	2,3
	E	-566	-57	1.620	648	591	1.978	3,4
40%	A	3.135	315	1.117	447	762	661	0,9
	B	-476	-48	2.375	950	902	1.133	1,4
	C	972	98	2.348	939	1.037	3.870	4,4
	D	3.140	316	1.950	780	1.096	3.398	2,3
	E	-649	-65	2.390	956	891	2.738	3,2
50%	A	3.827	385	1.463	585	970	800	0,8
	B	-560	-56	3.146	1.259	1.202	1.371	1,3
	C	1.240	125	3.106	1.242	1.367	4.683	4,2
	D	3.866	389	2.572	1.029	1.417	4.112	2,2
	E	-732	-74	3.160	1.264	1.190	3.312	2,9
60%	A	4.422	444	1.718	687	1.131	952	0,8
	B	-528	-53	3.731	1.492	1.439	1.631	1,2
	C	1.504	151	3.675	1.470	1.621	5.573	4,2
	D	4.475	450	3.029	1.212	1.661	4.894	2,3
	E	-755	-76	3.744	1.498	1.422	3.942	2,9
70%	A	5.016	504	1.972	789	1.293	1.117	0,9
	B	-495	-50	4.315	1.726	1.676	1.914	1,3
	C	1.768	178	4.244	1.698	1.875	6.541	4,2
	D	5.084	511	3.485	1.394	1.905	5.743	2,3
	E	-777	-78	4.328	1.731	1.653	4.627	3,0
80%	A	5.742	577	2.258	903	1.481	1.295	0,9
	B	-424	-43	4.995	1.998	1.955	2.220	1,2
	C	2.120	213	4.903	1.961	2.175	7.586	4,2
	D	5.839	587	4.009	1.604	2.190	6.661	2,3
	E	-773	-78	5.004	2.002	1.924	5.366	2,9

		GÜNEYBATI						
Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	Isıtma Tasarrufu (kWh/yıl)	Isıtma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Soğutma Tasarrufu (kWh/yıl)	Soğutma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Toplam Tasarruf (TL/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	794	80	156	62	142	165	1,3
	B	109	11	351	140	151	283	2,2
	C	363	36	376	150	187	968	7,1
	D	826	83	285	114	197	850	10,1
	E	27	3	378	151	154	684	5,4
20%	A	1.862	187	655	262	449	324	0,7
	B	179	18	1.430	572	590	555	1,1
	C	907	91	1.521	609	700	1.896	3,2
	D	2.016	203	1.190	476	679	1.665	5,0
	E	82	8	1.534	614	622	1.341	2,4
30%	A	2.779	279	1.182	473	752	477	0,6
	B	274	28	2.632	1.053	1.080	818	0,8
	C	1.383	139	2.781	1.113	1.252	2.796	2,5
	D	3.015	303	2.180	872	1.175	2.455	3,6
	E	103	10	2.806	1.123	1.133	1.978	2,1
40%	A	3.594	361	1.649	660	1.021	661	0,6
	B	406	41	3.785	1.514	1.555	1.133	0,7
	C	1.857	187	3.984	1.594	1.780	3.870	2,4
	D	3.945	397	3.103	1.241	1.638	3.398	3,5
	E	218	22	4.025	1.610	1.632	2.738	1,7
50%	A	4.409	443	2.117	847	1.290	800	0,6
	B	538	54	4.939	1.976	2.030	1.371	0,7
	C	2.331	234	5.186	2.075	2.309	4.683	2,3
	D	4.875	490	4.027	1.611	2.101	4.112	3,4
	E	334	34	5.243	2.097	2.131	3.312	1,6
60%	A	5.078	510	2.438	975	1.485	952	0,6
	B	726	73	5.810	2.324	2.397	1.631	0,7
	C	2.762	278	6.089	2.435	2.713	5.573	2,3
	D	5.628	566	4.699	1.880	2.445	4.894	3,4
	E	475	48	6.160	2.464	2.512	3.942	1,6
70%	A	5.747	578	2.759	1.103	1.681	1.117	0,7
	B	914	92	6.680	2.672	2.764	1.914	0,7
	C	3.192	321	6.991	2.796	3.117	6.541	2,4
	D	6.382	641	5.372	2.149	2.790	5.743	3,4
	E	615	62	7.077	2.831	2.893	4.627	1,7
80%	A	6.533	657	3.115	1.246	1.903	1.295	0,7
	B	1.154	116	7.689	3.076	3.192	2.220	0,7
	C	3.724	374	8.037	3.215	3.589	7.586	2,4
	D	7.287	732	6.141	2.456	3.189	6.661	3,5
	E	794	80	8.143	3.257	3.337	5.366	1,7

		BATI						
Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	Isıtma Tasarrufu (kWh/yıl)	Isıtma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Soğutma Tasarrufu (kWh/yıl)	Soğutma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Toplam Tasarruf (TL/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	988	99	170	68	167	165	1,1
	B	497	50	388	155	205	283	1,5
	C	858	86	443	177	263	968	4,4
	D	1.173	118	311	125	242	850	4,2
	E	516	52	449	180	231	684	3,4
20%	A	2.284	230	689	275	505	324	0,6
	B	1.065	107	1.566	626	733	555	0,8
	C	2.085	210	1.763	705	915	1.896	2,3
	D	2.816	283	1.268	507	790	1.665	2,4
	E	1.247	125	1.777	711	836	1.341	1,7
30%	A	3.413	343	1.206	482	825	477	0,6
	B	1.630	164	2.827	1.131	1.295	818	0,6
	C	3.120	314	3.184	1.274	1.587	2.796	2,1
	D	4.182	420	2.272	909	1.329	2.455	2,1
	E	1.775	178	3.210	1.284	1.462	1.978	1,4
40%	A	4.385	441	1.651	661	1.101	661	0,6
	B	2.123	213	4.022	1.609	1.822	1.133	0,6
	C	3.936	396	4.529	1.812	2.207	3.870	2,1
	D	5.404	543	3.183	1.273	1.816	3.398	2,2
	E	2.357	237	4.572	1.829	2.066	2.738	1,4
50%	A	5.357	538	2.097	839	1.377	800	0,6
	B	2.616	263	5.216	2.086	2.349	1.371	0,6
	C	4.752	478	5.874	2.350	2.827	4.683	1,7
	D	6.627	666	4.094	1.637	2.304	4.112	2,1
	E	2.940	296	5.934	2.374	2.669	3.312	1,3
60%	A	6.165	620	2.396	958	1.578	952	0,6
	B	3.079	309	6.107	2.443	2.752	1.631	0,6
	C	5.662	569	6.884	2.754	3.323	5.573	1,7
	D	7.613	765	4.742	1.897	2.662	4.894	2,1
	E	3.424	344	6.962	2.785	3.129	3.942	1,4
70%	A	6.972	701	2.694	1.078	1.779	1.117	0,6
	B	3.541	356	6.998	2.799	3.155	1.914	0,6
	C	6.572	661	7.893	3.157	3.818	6.541	2,0
	D	8.599	864	5.390	2.156	3.020	5.743	2,2
	E	3.908	393	7.991	3.196	3.589	4.627	1,4
80%	A	7.961	800	3.030	1.212	2.012	1.295	0,6
	B	4.127	415	8.037	3.215	3.630	2.220	0,6
	C	7.540	758	9.075	3.630	4.388	7.586	2,0
	D	9.798	985	6.133	2.453	3.438	6.661	2,2
	E	4.504	453	9.198	3.679	4.132	5.366	1,4

		KUZEYBATI						
Opaklık Saydamlık Oranı	Cam Türü	Isıtma Tasarrufu (kWh/yıl)	Isıtma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Soğutma Tasarrufu (kWh/yıl)	Soğutma Tasarrufu Maliyeti (TL/yıl)	Toplam Tasarruf (TL/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
10%	A	1.153	116	93	37	153	165	1,2
	B	860	86	219	88	174	283	1,7
	C	1.315	132	232	93	225	968	5,3
	D	1.490	150	172	69	218	850	5,0
	E	950	95	238	95	191	684	4,3
20%	A	2.724	274	402	161	435	324	0,7
	B	2.006	202	902	361	562	555	1,1
	C	3.228	324	952	381	705	1.896	3,2
	D	3.627	365	726	291	655	1.665	3,1
	E	2.351	236	971	388	625	1.341	2,4
30%	A	4.079	410	757	303	713	477	0,7
	B	3.009	302	1.726	690	993	818	0,8
	C	4.807	483	1.827	731	1.214	2.796	2,5
	D	5.392	542	1.386	555	1.097	2.455	2,5
	E	3.434	345	1.858	743	1.089	1.978	2,1
40%	A	5.192	522	1.082	433	955	661	0,7
	B	3.843	386	2.551	1.020	1.407	1.133	0,8
	C	6.170	620	2.703	1.081	1.701	3.870	2,5
	D	6.909	694	2.027	811	1.505	3.398	2,5
	E	4.418	444	2.752	1.101	1.545	2.738	2,1
50%	A	6.305	634	1.407	563	1.197	800	0,7
	B	4.677	470	3.376	1.350	1.820	1.371	0,8
	C	7.533	757	3.579	1.431	2.189	4.683	2,4
	D	8.425	847	2.667	1.067	1.914	4.112	2,4
	E	5.402	543	3.645	1.458	2.001	3.312	1,7
60%	A	7.230	727	1.632	653	1.380	952	0,7
	B	5.391	542	4.019	1.608	2.150	1.631	0,8
	C	8.618	866	4.259	1.704	2.570	5.573	2,4
	D	9.621	967	3.143	1.257	2.224	4.894	2,4
	E	6.183	622	4.344	1.738	2.359	3.942	1,7
70%	A	8.154	820	1.857	743	1.563	1.117	0,7
	B	6.105	614	4.662	1.865	2.479	1.914	0,8
	C	9.704	975	4.940	1.976	2.951	6.541	2,5
	D	10.817	1.087	3.619	1.448	2.535	5.743	2,5
	E	6.965	700	5.043	2.017	2.717	4.627	2,0
80%	A	9.268	932	2.111	844	1.776	1.295	0,7
	B	6.977	701	5.420	2.168	2.869	2.220	0,8
	C	11.012	1.107	5.739	2.295	3.402	7.586	2,5
	D	12.253	1.232	4.167	1.667	2.898	6.661	2,5
	E	7.899	794	5.866	2.346	3.140	5.366	2,0

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Hakan ÜNALAN
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir / 31.08.1976
E-Posta : hunalan@anadolu.edu.tr

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

2003, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Anabilimdalı
1997, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü,

Ulusal Kongrelerdeki Yayınlar

1. ÜNALAN H. ve GÖKALTUN E., Anadolu Üniversitesi Lojmanlarındaki Yapı Elemanlarının Isı Kayıpları ve Optimum Isı Yalıtım Kalınlıkları, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi 2003, s 13-18, 2003
2. ÜNALAN H. ve GÖKALTUN E., Binalara Yapılan Dıştan Isı Yalıtımının Uygulama Aşamalarında Karşılaşılan Hatalar, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi 2003, s. 35-40, 2003
3. ÜNALAN H., GÖKALTUN E. ve UĞURLUBİLEK R., Yapı Kabuğunda Isı Kayıplarının Azaltılması ve Bir İyileştirme Projesi Örneği, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 2005
4. ÜNALAN H. ve GÖKALTUN E., Cephe Kaplama Malzemesi Olarak Ahşapta Ortam Neminin Etkisi, III. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İstanbul, 2006
5. ÜNALAN H., DOĞAN G. ve TATAR E., E-Öğrenme Olanaklarının Firma ve Mimarlık Ofislerinde Kullanımına Yönelik Bir Araştırma, Megaron Dergisi (Balıkesir Mimarlar Odası yayınları), Aralık 2010 sayısı, s 58-62, Balıkesir, 2010
6. ÜNALAN H. ve TOKMAN L. Y., Enerji Etkin Mimari Tasarım Kapsamında Mevcut Binalarda Yapı Kabuğu İyileştirmeleri Ve Anadolu Üniversitesi Mimarlık Bölümü Renovasyon Projesi Örneği, Çevre ve Tasarım Kongresi, s. 99-112, İstanbul, 2011
7. ÜNALAN H. ve GÖKALTUN E., Eskişehir İklim Koşullarında Farklı Yönlere Bakan Ofis Binalarının Isıl Performanslarının İrdelenmesi, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi (MMO Yayın no: E/2015/634-3), Cilt 3, s 2281-2293, İzmir, 2015

Uluslararası Kongrelerdeki Yayınlar

1. ÜNALAN H. ve GÖKALTUN E., The Impacts of Water And Moisture on Wood Applied Surface Protection Chemicals, XXXII. IAHS World Congress on Housing Sustainability of the Housing Projects, İtalya, 2004,
2. ÜNALAN H. ve GÖKALTUN E., Windows Wall Ratio In Buildings In Terms of Energy Performance Assessment of Rate and a Case Study (Turkey, Eskişehir), 40. IAHS World Congress on Housing Sustainability Housing Construction Congress, Portekiz, 2014

Hakemli Dergilerdeki Yayınlar

1. ÜNALAN H. ve TOKMAN L. Y., Sürdürülebilir Mimari Tasarım: Bir Renovasyon Projesi, Anadolu Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Dergisi 12, sayı 2, s. 129-157
2. ÜNALAN H. ve GÖKALTUN E., Farklı Yönlere Göre Değişen Opaklık Saydamlık Oranının Isıtma Ve Soğutma Enerjisine Etkisi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dersigisi (MBD) (ISSN 1308-9072), Cilt 27, Sayı 1, s 57-64, 2015

Mesleki Oda Üyelikleri

1198, TMMOB, Eskişehir Mimarlar Odası Şubesi