İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALMANYA VE TÜRKİYE BİNA ENERJİ SERTİFİKASYON SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra CAN

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

OCAK 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALMANYA VE TÜRKİYE BİNA ENERJİ SERTİFİKASYON SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra CAN
(502091522)

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ

OCAK 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü' nün 502091522 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Esra CAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"ALMANYA VE TÜRKİYE BİNA ENERJİ SERTİFİKASYON SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI "** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. A. Zerrin Yılmaz** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Prof. Dr. İ. Cem PARMAKSIZOĞLU İstanbul Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **19 Aralık 2011**
Savunma Tarihi : **24 Ocak 2012**

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca, çalışmalarıma yön veren ve bu çalışmamda büyük emeği olan değerli hocam Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ' a, Almanya' da Dortmund Teknik Üniversitesi' nde Erasmus öğrencisi olarak bulunduğum sürede bana yardımcı olan Doç. Dr Fazia Ali- TOUDERT' e, her zaman bana destek olan arkadaşlarıma ve tüm hayatım boyunca sevgi, sabır ve anlayış ile yanımda olan aileme saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2011

Esra Can
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Enerji 3
1.2 Binalarda Enerji Performansı 6
1.2.1 Binalarda enerji tüketimi 7
2. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE MEVZUATI **9**
2.1 Avrupa' da Binalarda Enerji Verimliliği ve Mevzuatı 10
2.1.1 Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD) 10
2.1.2 Enerji performansı gereksinimlerinin optimum düzeyde maliyeti 11
2.1.3 Avrupa standartlarının EPBD ile ilişkisi 12
2.2 Almanya' da Binalarda Enerji Verimliliği ve Mevzuatı 14
2.2.1 Almanya Enerji Tasarrufu Yönetmeliği (EnEV 2009) 15
2.2.2 DIN V 18599' a göre hesaplama yöntemi 16
2.2.2.1 Enerji performans sertifikası 16
2.3 Türkiye' de Binalarda Enerji Verimliliği ve Mevzuatı 17
2.3.1 Enerji Verimliliği Kanunu, Nisan 2007 18
2.3.2 TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Mayıs 2008 18
2.3.3 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Aralık 2008 19
2.2.2.1 Enerji kimlik belgesi 19
3. ALMANYA VE TÜRKİYE BİNA ENERJİ SERTİFİKASYON SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI **21**
3.1 Almanya Bina Enerji Sertifikasyon Sistemi (DIN 18599) 22
3.1.1 Zonlama methodu 23
3.1.1.1 Benzer kullanım profiline sahip alanların belirlenmesi 24
3.1.1.2 Ek zonlama kriterlerinin uygulanması 25
3.1.2 İklim verileri 25
3.1.3 Malzeme verileri 27
3.1.4 Bina tipolojisi 27
3.1.5 Bina geometrisi 28
3.1.6 İç ısı kazançları 28
3.1.6.1 İnsanlardan kaynaklanan iç ısı kazançları 29
3.1.6.2 Makine ve ekipmanlara bağlı negatif iç ısı kazançları ve negatif ısı kazançları 29
3.1.6.3 Malzemelerin hareketine bağlı negatif iç ısı kazançları ve negatif ısı kazançları 30

3.1.6.4 Isıtma, soğutma, sıcak su temini ve havalandırma sistemlerine bağlı iç ısı kazançları ve negatif ısı kazançları 30
3.1.7 Güneş kazançları 31
3.1.8 İletim ve taşınım ile ısı geçişi 32
3.1.8.1 İletim ve taşınım ile negatif ısı kaynakları 32
3.1.8.2 İletim ve taşınım ile ısı kaynakları 32
3.1.8.3 Dış ortama doğrudan iletim 33
3.1.9 Havalandırma ile ısı geçişi 33
3.1.9.1 Havalandırma ile negatif ısı kaynakları 33
3.1.9.2 Havalandırma ısı kaynakları 34
3.1.10 Enerji performansı hesaplama yazılımı (Energieberater Plus) 34
3.2 Türkiye Bina Enerji Sertifikasyon Sistemi (BEP-TR) 42
3.2.1 Zonlama methodu 44
3.2.1.1 Müstakil konutlarda zonlama 45
3.2.1.2 Apartmanlarda zonlama 45
3.2.1.3 Rezidanslarda zonlama 46
3.2.1.4 Ofislerde zonlama 46
3.2.1.5 Eğitim binaları, oteller, sağlık binaları ve alışveriş ve ticaret merkezlerinde zonlama 47
3.2.2 İklim verileri 47
3.2.3 Malzeme verileri 48
3.2.4 Bina tipolojisi 48
3.2.5 Bina geometrisi 48
3.2.5.1 Bina formları 48
3.2.5.2 Çatı formları 49
3.2.6 İç ısı kazançları 50
3.2.6.1 Müstakil konutlar ve apartman dairelerinde iç ısı kazançları 50
3.2.6.2 Ofislerde iç ısı kazançları 51
3.2.6.3 Rezidans ve diğer bina tipolojilerinde iç ısı kazançları 51
3.2.7 Güneş kazançları 52
3.2.8 İletim ve taşınım ile ısı geçişi 52
3.2.8.1 Opak elemanlardan ısı geçişi 53
3.2.8.2 Saydam elemanlardan ısı geçişi 54
3.2.8.3 Kapı bileşeninden ısı geçişi 56
3.1.9 Havalandırma ile ısı geçişi 56
3.1.10 Enerji performansı hesaplama yazılımı (BEP-TR) 58
3.3 Almanya ve Türkiye Bina Enerji Sertifikasyon Sistemlerinin Karşılaştırmalı İrdelenmesi 62
3.3.1 Zonlama methodu 63
3.3.2 İklim verileri 64
3.3.3 Malzeme verileri 65
3.3.4 Bina tipolojisi 66
3.3.5 Bina geometrisi 66
3.3.6 İç ısı kazançları 67
3.3.7 Güneş kazançları 67
3.3.8 İletim ve taşınım ile ısı geçişi 68
3.3.9 Havalandırma ile ısı geçişi 69
3.3.10 Enerji performansı hesaplama yazılımı 70
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 71
KAYNAKLAR 75

EKLER..... 77
ÖZGEÇMİŞ..... 85

KISALTMALAR

ABD : Amerika Birleşik Devletleri
ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engine
LEED : Leadership in Energy and Environmental Design
DIN : Deutsche Industrial Norme
EnEV : Energieeinsparverordnung (German Energy Saving Ordinance)
BEP-TR : Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi - Türkiye
AB : Avrupa Birliği
EPBD : Energy Performance of Building Directive
IEA : International Energy Agency
BREEAM : Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CEN : European Committee for Standardization
EN : European Norm
TS : Türk Standardı
EKB : Enerji Kimlik Belgesi
HVAC : Heating Ventilating and Air Conditioning
RC : Resistance Capacitance

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Bazı enerji türleri için dünya birincil enerji tüketimi 3
Çizelge 2.1 : EPBD' de yararlanılan Avrupa standartları 13
Çizelge 3.1 : Varsayılan mevcut hava nemi değerleri 26
Çizelge 3.2 : Güneş ışınımı ve dış ortam sıcaklıklarının Almanya'nın referans iklimine göre aylık ve yıllık değerleri. 26
Çizelge 3.3 : Teknik bina tesisatı tasarımında, hesaplamada kullanılan gerekli maksimum ısıtma ve soğutma gücü için güneş ışınımı ve dış ortam sıcaklık değerleri 27
Çizelge 3.4 : Merkez istasyonlar dışındaki istasyonların kullanıldığı iller ve ilgili istasyonlar 47
Çizelge 3.5 : Yapı bileşenleri/ elemanları için yüzey ısıl direnç katsayıları 54
Çizelge 3.6 : Çerçeve, cam ve toplam saydam bileşen ısıl geçirgenlik katsayısı 55
Çizelge 3.7 : Saydam bileşen çerçevelerinin ısıl geçirgenlik katsayısı 55
Çizelge 3.8 : Kapı bileşenleri için ısıl geçirgenlik katsayısı 56
Çizelge 3.9 : Bina hava sızdırma değeri (n_{50}) 57
Çizelge 3.10 : Hava sızdırmazlık seviyeleri 57
Çizelge 3.11 : Ofisler ve diğer bina tipolojilerinde doğal havalandırma hava değişim sayısı (n), (1/h) 58
Çizelge 3.12 : Müstakil konutlar ve apartmanlarda doğal havalandırma hava değişim sayısı (n), (1/h) 58
Çizelge 3.13 : Zonlama methodu bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 64
Çizelge 3.14 : İklim verileri bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 65
Çizelge 3.15 : Malzeme verileri bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 65
Çizelge 3.16 : Bina tipolojisi bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 66
Çizelge 3.17 : Bina geometrisi bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 66
Çizelge 3.18 : İç ısı kazançları bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 67
Çizelge 3.19 : Güneş kazançları bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 68
Çizelge 3.20 : İletim ve taşınımla ısı geçişi bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 68
Çizelge 3.21 : Havalandırma ile ısı geçişi bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 69
Çizelge 3.22 : Yazılım bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması 70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: 2001 yılında bölgelere göre dünya birincil enerji ihtiyacı 4
Şekil 1.2: 2001 yılında farklı ülkelerdeki kişi başına düşen yakıt kullanımı ile oluşan karbondioksit emisyonu. 4
Şekil 1.3: Dünya petrol ihtiyacı ve günlük konvansiyonel petrol stoğu (birim milyon varil). 5
Şekil 1.4: Farklı sektörlerde enerji tüketimi. Dünya petrol ihtiyacı ve günlük konvansiyonel petrol stoğu (birim milyon varil) 7
Şekil 1.5: Seçilen IEA ülkelerinde konutlarda enerji tüketiminin alt başlıkları 8
Şekil 1.6: Konut binalarında enerji tüketimi. 8
Şekil 3.1: DIN V 18599' un bölümlerine genel bakış 22
Şekil 3.2: Zonlama örneği 23
Şekil 3.3: Zon belirleme için bina kullanım örneği 24
Şekil 3.4: Bina geometrisi örnekleri 28
Şekil 3.5: Energieberater proje yaratma ekranı 35
Şekil 3.6: DIN 4108-6' ya göre tanımlanan iklim bölgeleri 35
Şekil 3.7: Bina ve sistem veri giriş detaylarının belirlenmesi 36
Şekil 3.8: Bina geometrisinin tanımlanması (basit detaylı veri girişi) 37
Şekil 3.9: Bina zonlarının belirlenmesi (basit detaylı veri girişi) 37
Şekil 3.10: Yapı elemanlarının U değerlerinin belirlenmesi (basit detaylı veri girişi) 38
Şekil 3.11: DIN 4108-4' e göre malzeme veri tabanı 38
Şekil 3.12: U değeri hesaplanması 39
Şekil 3.13: Yapı elemanlarının U değerlerinin belirlenmesi (detaylı veri girişi) 39
Şekil 3.14: Mekanik sistem verilerinin girişi 40
Şekil 3.15: Sonuç ekranı 40
Şekil 3.16: Sonuç diagramları 41
Şekil 3.17: Enerji sertifikası 41
Şekil 3.18: Direnç kapasite modeli 42
Şekil 3.19: Müstakil konutlarda zonlama örneği 45
Şekil 3.20: Apartmanlarda zonlama örneği 46
Şekil 3.21: Çekirdeği iklimlendirilemeyen ofislerde zonlama örneği 46
Şekil 3.22: Çekirdeği iklimlendirilen ofislerde zonlama örneği 47
Şekil 3.23: BEP-TR bina formları 49
Şekil 3.24: Çatı boyutları 49
Şekil 3.25: Çatı formları 50
Şekil 3.26: Isı geçiş hesapları için ısıl şartları farklı zonları ayıran bileşenlerin tanımlanması 53
Şekil 3.27: BEP-TR kullanım şeması 59
Şekil 3.28: Proje bilgileri 59
Şekil 3.29: Binanın özellikleri 60
Şekil 3.30: Bina geometrisi 60

Şekil 3.31: Isı köprüleri.....61
Şekil 3.32: Zon sınırlarının tanımlanması.....61
Şekil 3.33: Bina geometrisi 3-D.....62
Şekil 3.34: Mekanik sistemlerle ilgili bilgilerin girişi 62

ALMANYA VE TÜRKİYE BİNA ENERJİ SERTİFİKASYON SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Teknolojik gelişmeler ve artan nüfus ile birlikte enerji tüketimi artmakta ve enerji kaynakları hızla tüketilmektedir. Bu sebeple, dünyada enerji tüketimini azaltabilmek için çözüm yolları aranmaktadır.

Bugün, binalar, dünya birincil enerji tüketiminin %40' ını oluşturarak, küresel CO_2 emisyonunun üçte birinden sorumludur ve binaların enerji tüketimi ile ilgili planlama ve kontrol sistemlerinin oluşturulması ile enerji tüketimi büyük ölçüde azaltılabilir. Bu amaçla, dünyada, enerji verimliliği ile ilgili hazırlanan yasal düzenlemelerle ülkelerin kendi enerji ihtiyaçlarına ve iklimlerine uygun mevzuatlar yayınlanarak binalarda enerji verimliliğinin planlaması ve kontrolü sağlanmaktadır.

Bu adım Avrupa Birliği ülkelerinde 2002 yılında Binaların Enerji Performansı Direktifi (EPBD: Energy Performance of Buildings Directive) ile hayata geçirilmiştir. Bu direktife göre, Avrupa Birliği ülkeleri, EPBD çatısı altında kendi ihtiyaçlarına ve iklim koşullarına uygun sertifikasyon sistemlerini oluşturarak EBPD' deki yenilemeler ve düzenlemeler ışığında sertifika sistemlerini geliştirmeye devam etmektedirler.

Türkiye' de de, Avrupa Birliği yasaları uyum sürecinde, binaların enerji performansı direktifi kapsamında, 2008 yılında 'Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği' yayınlanmış ve bu yönetmeliğin öngördüğü binalara enerji kimliği verilmesinde kullanılacak ulusal hesaplama yöntemi, BEP-TR hazırlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında, enerji verimliliği ile ilgili çalışmalarını Avrupa' daki gelişmeleri takip ederek EPBD çatısı altında gerçekleştiren ve Avrupa' dan geç başlamasına rağmen kısa bir süre içerisinde Avrupa ülkeleriyle benzer bir düzeye gelen Türkiye ile enerji verimliliği konusunda güçlü standartlara sahip bir Avrupa Birliği ülkesi olan Almanya' nın enerji verimliliği ile ilgili çalışmaları ve sertifikasyon sistemleri, araştırmanın Almanya ve Türkiye' de yapılmasıyla incelenmiştir. Bu inceleme, Almanya'da, bina enerji performansı hesaplama yöntemi olarak kullanılan DIN 18599 ile Türkiye' de kullanılan BEP-TR' nin, bina enerji performansını etkileyen parametreler ve kullanılan yazılımlar bakımından karşılaştırılması ile yapılmıştır.

Bu karşılaştırma ile enerji verimliliği çalışmalarını Avrupa Birliği' nin yayınlamış olduğu EPBD çatısı altında gerçekleştiren Almanya ve Türkiye' nin bina enerji performansı hesaplama yöntemlerinin uygulama ve kullanım bakımından farklılıklarını tespit etmek ve bu tespitler ışığında Avrupa ülkelerinde de halen üzerinde çalışılan sertifikasyon sistemlerinin ve ülkemizde de geliştirilmekte olan BEP-TR' nin sorunları için çözüm üretebilmek amaçlanmıştır.

COMPARISON OF GERMAN AND TURKISH BUILDING CERTIFICATION SYSTEMS

SUMMARY

By technological developments and the increase in population, energy consumption is increasing and energy resources are being consumed rapidly. Therefore, ways of solution to reduce energy consumption are being searched around the world.

Today, the buildings are responsible for one third of global CO_2 emissions by creating the world's 40% primary energy consumption. Energy is used in buildings for various purposes like heating and cooling, ventilation, lighting and the preparation of hot sanitary water among them. By planning and controlling systems of energy consumption of buildings, energy consumption can be greatly reduced. To achieve this aim, the planning and controlling of energy efficiency in buildings are provided by preparing legal settings and regulations in accordance to individual energy demands and climatic conditions of the countries in the world.

This step was implemented in European Union countries with Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) in 2002. According to this directive, European Union countries were created their own certification systems in accordance to their energy demands and climatic conditions under the umbrella document EPBD and still continue to develop their certification systems by new settings and recasts of EPBD.

Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) provides for a holistic approach on energy performance of buildings and covers the energy needs for space and hot water heating, cooling and lighting. The Directive sets the basic principles and requirements and leaves significant room for Member States to establish the concrete mechanisms and numeric requirements and ways to implement them.

The four key points of the Directive are a common methodology for calculating the integrated energy performance of buildings, minimum standards on the energy performance of new buildings and existing buildings that are subject to major renovation, systems for the energy certification of new and existing buildings and, for public buildings, prominent display of this certification and other relevant information.

In Germany, primarily, the implementation of the EPBD was realised on the basis of the Energy Saving Act (Energieeinsparungsgesetz), which originally came into force in 1976 and defines the legal framework for requirements concerning thermal insulation of buildings, the efficiency and energetic maintenance of appliances for heating, ventilation and hot water supply as well as billing of heating and hot water cost on the basis of individual consumption.

The German Energy Saving Ordinance (EnEV) has been in force since 2002 and was amended in 2007. The EnEV envisages a holistic view of the building envelope, systems engineering and the preparation and conversion losses of the fuels used. The calculation method of EnEV according to DIN V 18599 is a holistic assessment of

the buildings thermal shell, build-in lighting installation and appliances for heating, ventilation, cooling and hot-water supply.

In Turkey, under the Energy Performance of Buildings Directive, 'Energy Performance of Buildings Regulation' was published in 2008 at the process of adaptation for European legislations and the national calculation method BEP-TR was created which was required by this regulation and used for creating building energy certification.

BEP-TR covers the net energy module to calculate heating and cooling energy demand of buildings, mechanic module to calculate heating and cooling energy consumption of buildings considering efficiency and losses of mechanical systems, ventilation module to calculate ventilation energy consumption, lighting module to calculate the lighting energy consumption considering day lighting, the module for calculation of domestic hot water energy.

In the scope of this study, the works of building energy efficiency and certification systems of Turkey and Germany were investigated by making the research in both two countries. This investigation was done by comparing the software and parameters which are affecting the building energy performance of German building energy performance calculation methodology DIN 18599 and Turkish methodology BEP-TR.

By this comparison, finding the differences between German and Turkish building energy certification systems which are both created under the EPBD and due to these differences, producing solutions about the certification systems which are still being studied in the European countries are aimed.

In this comparison, calculation of the net energy and energy performance calculation software which are mostly related with architectural parameters were studied. Parameters which are net energy demand inputs and affect building energy performance were determined as zoning method, climate data, material data, building typology, building geometry, internal heat gains, solar gains, heat transfer by transmission and ventilation. For comparing energy performance calculation software, Energieberater Plus which was prepared by a German company Hottgenroth and BEP-TR which was prepared under the governance of Turkish Ministry of Environment and Urbanism were chosen.

According to comparison of two methods due to parameters which are affecting building energy performance, the biggest differences were determined between zoning method, climate data, detail of solar gains and building geometry. In DIN 18599, while zones are determined with detailed analysis of usage profiles, building systems and physical properties of building, in BEP-TR, zones are defined by simplified assumptions due to the building typologies. Two methods differ also in detail of climate data and solar gains because DIN 18599 is a monthly; BEP-TR is an hourly method. Furthermore, although two methods are suitable for all kind of building geometry, BEP-TR can be used only for defined geometries in the software which are commonly used in Turkey; however, it is planned to improve software to use according to drawing of building floor plans. In addition, while internal gains from the movement of materials and building systems and transmission heat sinks are not considered in BEP-TR, these factors are affecting calculation in DIN 18599.

In the point of preparing and using energy performance calculation software, in Germany, there are many different types of software which were prepared by private

companies. However, in Turkey, only one software which was prepared by Ministry of Environment and Urbanism is compulsory and it is used over internet by only energy certification experts. According to this, like in Germany, in Turkey, by using different types of software and making them easy to access, software and calculation methodology may be used commonly and the problems about software may be solved easily and quickly.

In addition to these, according to test results of BEP-TR team during development of the methodology, problems about reference building definition in TS 825, the boundary values of energy demand and energy certification of complex buildings should be eliminated to obtain more realistic results from BEP-TR.

There are also various problems about energy certification systems in European countries as well as in Turkey and the countries still continue to work on their certification systems in order to solve these problems. Furthermore, EPBD is still being improved due to these problems. According to these recasts, studies of EPBD such as 'Cost optimal levels for energy performance requirements' and 'Nearly Zero Energy Buildings in Europe' should be considered by Turkey, Germany and European countries.

In addition to these problems, another significant problem for Turkey and also European countries is lack of expert on building energy certifications. Therefore problems of certification systems should be eliminated quickly and sufficient number of qualified experts should be educated. Furthermore, certifying complex buildings by simplified methods gives errors in Turkey as in many European countries so that experts should also be educated on dynamic methods which give more realistic results about energy performance calculation of complex buildings.

In conclusion, in Turkey, firstly, problems of building energy certification system and BEP-TR software should be solved and sufficient number of qualified experts should be trained quickly. Therefore certifying the buildings in Turkey should be started correctly. In addition to this, Turkey, Germany and other European countries should follow the developments of EPBD and make the necessary recasts and renovations in their regulations and calculation methods.

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve daha çağdaş yaşama arzusuyla enerji kaynakları insanoğlu tarafından hızla tüketilmektedir. Gerek Dünya' da gerekse Türkiye' de enerji kaynaklarına olan talep her geçen gün biraz daha artmakta, dolayısıyla yeni kaynaklar ve çözüm yolları aranmaktadır [1].

Bu nedenle, önümüzdeki yılların hedefi, enerji maliyetlerinin sürekli artışına, artan nüfusa ve emisyonları azaltmak için enerji tasarrufu gerekliliğine karşı artan bir bilinçle birlikte enerji tüketiminde önemli bir azalma sağlamak olmalıdır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (1992) ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine Yönelik Kyoto Protokolü (1998), CO_2 ve eşdeğeri sera gazlarının sanayileşmiş ülkelerde en az %5, Avrupa Birliği' nde %8 ve Almanya' da 2008-2012 yılları arasında %21 azaltılması için bir zemin hazırlamaktadır.

Kopenhag Birleşmiş Milletler Konferansı' na göre (2009), Kyoto İklim Protokolü Takip Anlaşması' nın bir sonucu olarak, 1990 yılına göre 2020 yılına kadar CO_2 ve eşdeğeri sera gazlarının emisyonlarında daha fazla azalma beklenmektedir [2].

Bugün, binalar, dünya birincil enerji tüketiminin %40' ını oluşturarak, küresel CO_2 emisyonunun üçte birinden sorumludur. Sadece Avrupa Birliği' nde bile, beklenen %20' lik tasarruf ile binalarda büyük enerji tasarrufu potansiyeli bulunmaktadır. ABD' de toplam enerji tüketiminin %36' sı binalarda meydana gelir. Özellikle kentsel alanlarda, örneğin Londra' da 2.2' lik bir faktörle, bina enerji tüketimi, ulaşım enerjisinden genel olarak iki kat daha yüksektir.

Enerji, binalarda ısıtma ve soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıhhi sıcak su hazırlanması gibi çeşitli amaçlar için kullanılır [3]. İlk aşamada, ısıtma ve soğutma için enerji ihtiyacının büyük ölçüde azaltılmasının yanı sıra kaynak kıtlığına yol açan etkenlerin de önemli ölçüde azaltılması şarttır.

Bina kabuğunun tasarımında, özellikle de cephede, ihtiyaçların doğru değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, binaların temel fiziksel yapısının, bölgesel

iklim koşulları bakımından dikkate alınması hayati önem taşımaktadır. Bu yüzden, hem mimarlara hem de yetkili makamlara binaların enerji davranışınıyla ilgili teknik uzmanlık ve makul bir maliyetle değerlendirme ve bilgi edinme olanağı sağlayan bir sertifikasyon sistemini içeren, planlama ve kontrol araçları oluşturulmalıdır.

Bu adım, dünyada, binaların enerji verimliliği ile siyasal olarak hayata geçirilmektedir ve bunun için LEED ve EnEV gibi farklı bina enerji verimliliği sertifikaları kullanılmaktadır. Bu sertifika sistemlerinden LEED; binaları, kredi sistemiyle altın ve gümüş seviyeleri ile sertifikalayarak başlıca odak noktaları su ve atık yönetimi, yapı malzemeleri olup enerji verimliliği bakımından ASHRAE standartlarına dayanan bina klavuzlarıyla değerlendirme yapar. EnEV ise Avrupa Parlamentosu ve Konseyi' nin binalarda enerji verimliliği ile ilgili klavuzu 2002/91/EG' ye dayalı, hesaplama yöntemi DIN 18599' u temel alan, Almanya' nın iklim koşulları ve ısıtma, soğutma ve ayınlatma için enerji ihtiyaçlarını dikkate alan bir sertifikasyon sistemidir [2].

Türkiye' de de, AB yasaları uyum sürecinde, binaların enerji performansı direktifi kapsamında, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 05.12.2008 tarihinde 'Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği' yayınlanmıştır. Bu yönetmeliğin öngördüğü binalara enerji kimliği verilmesinde kullanılacak ulusal hesaplama yöntemi, BEP-TR ise EPBD (Energy Performance Building Directive) ve ilgili Avrupa normları tarafından tanımlanmış sınırlar içerisinde kalarak öncelikle ilgili AB standartları ve ulusal değerler için yeterli ise Türk standartları ve ikisinin de yetersiz olması durumunda ASHRAE standartları esas alınarak Türkiye şartları için geliştirilmiştir [4].

Bu tez kapsamında, Almanya ve Türkiye bina sertifikasyon sistemleri, mimari parametrelerin ağırlıklı olarak kullanıldğı net enerji hesabı ve enerji performansı hesaplama yazılımları bakımından karşılaştırılmıştır. Net enerji hesabının karşılaştırılmasında, her iki yöntemdeki zonlama methodu, iklim verileri, malzeme verileri, bina tipolojisi, bina geometrisi, iç ısı kazançları, güneş kazançları, iletim ve taşınımla ısı geçişi ve havalandırma ile ısı geçişi gibi parametreler incelenmiştir. Yazılım karşılaştırmasında ise Almanya' da kullanılan ve Hottgenroth yazılım şirketi tarafından hazırlanan Energieberater PLUS ile Türkiye' de T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı denetiminde hazırlanan ve internet üzerinden kullanılan BEP-TR incelenmiştir. Bu iki sertifikasyon sisteminin karşılaştırmasında, enerji verimliliği

çalışmalarını Avrupa Birliği' nin yayınlamış olduğu EPBD çatısı altında gerçekleştiren Almanya ve Türkiye' nin bina enerji performansı hesaplama yöntemlerinin uygulama ve kullanım bakımından farklılıklarını tespit etmek ve bu tespitler ışığında Avrupa ülkelerinde de halen üzerinde çalışılan sertifikasyon sistemlerinin ve ülkemizde de geliştirilmekte olan BEP-TR' nin sorunları için çözüm üretebilmek amaçlanmıştır.

1.1 Enerji

Genel olarak enerji, iş yapabilme yeteneğidir. Gözle görülebilen her türlü maddeye etki edebilmektedir ve enerji, asla kaybolmaz [5]. Bir başka deyişle de enerji, bir sistemin dış etkilere sebep olan yeteneğidir. Yapılan işin girdi ve çıktıları bir kütlenin enerji içeriğini değiştirir. Enerji, mekanik enerji, potansiyel enerji, kinetik enerji, termal enerji, manyetik enerji, elektrik enerjisi, radyasyon enerjisi, nükleer enerji, kimyasal enerji gibi çok farklı şekillerde bulunur.

Çizelge 1.1, son yüzyıldaki farklı enerji kaynakları için dünyadaki birincil enerji tüketim değerlerini göstermektedir.

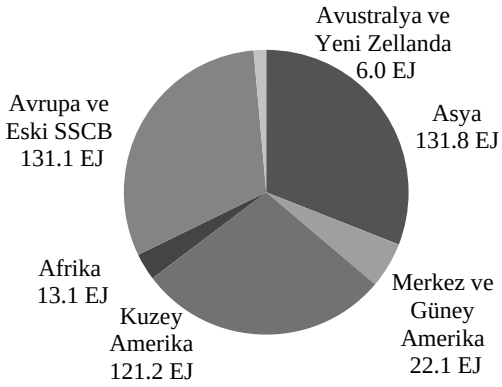
Çizelge 1.1: Bazı enerji türleri için dünya birincil enerji tüketimi [6].

PJ (petajoule)	1925	1938	1950	1960	1968	1980	2002
Katı yakıtlar	36,039	37,856	46,675	58, 541	67,830	77,118	100,395
Sıvı yakıtlar	5772	11,017	21,155	43,921	79,169	117,112	147,480
Doğal gaz	1406	2930	7384	17,961	33,900	53,736	95,543
Hidroelektrik enerji	771	1774	3316	6632	10,179	16,732	24,792
Nükleer enerji	0	0	0	0	463	6476	25,564
Toplam	43,988	53,577	78,530	127,055	191,541	271,174	393,773

Yakın gelecekte küresel enerji ihtiyacının artmaya devam edecceği ve bu artışın sanayileşmiş ülkelerde, gelişmekte olan ülkelere göre daha az olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, dünya nüfusunun da önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir. Çalışmalar 2050 yılına kadar enerji talebinin 1990' a göre 2.3-4 kat artacağını göstermektedir. Bu, zaten bugünün sorunları olan sera etkisi ve fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi gibi yüksek enerji tüketimi ve sonuçlarını arttıracaktır.

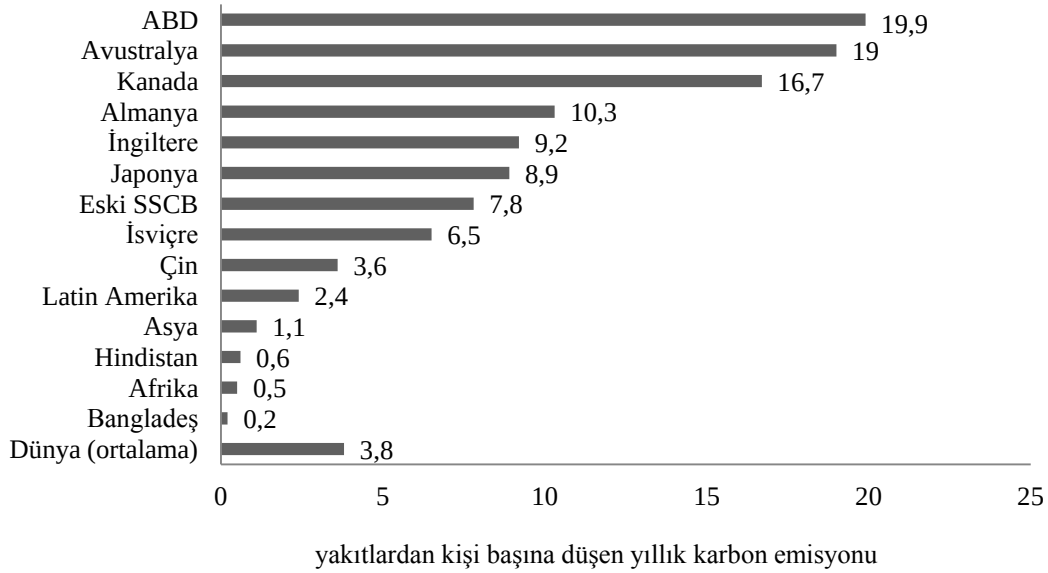
Şekil 1.1' de gösterildiği gibi, kıtaların enerji ihtiyacı birbirinden tamamen farklıdır. Her ne kadar, Asya' nın nüfusu Avrupa' dan altı, ABD' den on kat daha fazla olsa

bile, Avrupa, Asya ve ABD' nin birincil enerji ihtiyacı büyüklüğü aynı derecededir. Günümüzde, yüksek nüfuslu ve az gelişmiş kıtalar olan Güney Amerika ve Afrika, dünya birincil enerji ihtiyacının çok küçük bir payına sahiptir.



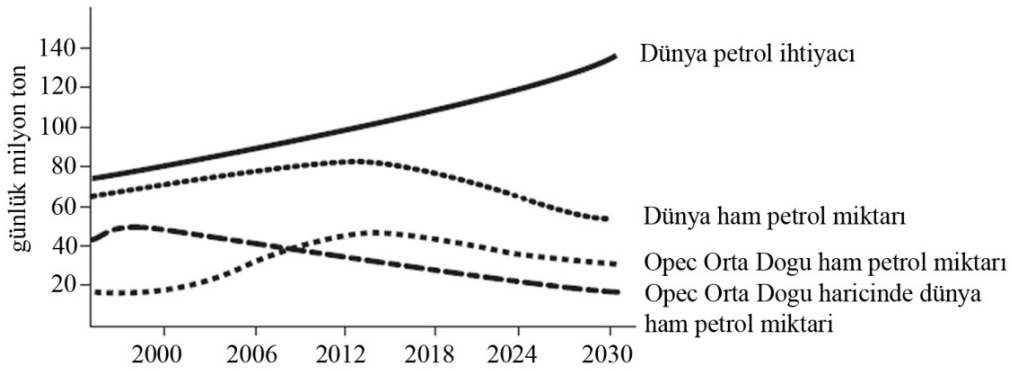
Şekil 1.1 : 2001 yılında bölgelere göre dünya birincil enerji ihtiyacı [6].

Şekil 1.2' de görüldüğü gibi, enerji ihtiyacı ve bunun sonucundaki karbondioksit emisyonları da büyük farklılık göstermektedir. Kişi başına, İngiltere, Hindistan' a göre yaklaşık dokuz, Almanya onbir ve ABD yirmi kat kat daha fazla karbondioksit yayar. Sadece Almanya' da trafikte kişi başına düşen karbondioksit emisyonu, Hindistan' da kişi başına düşen toplam emisyonlardan iki kat daha yüksektir. Bu durum ABD' de daha da vahimdir [6].



Şekil 1.2 : 2001 yılında farklı ülkelerdeki kişi başına düşen yakıt kullanımı ile oluşan karbondioksit emisyonu [7].

1973 yılında ise ilk petrol krizi meydana gelmiş, bunun sonucu olarak fosil yakıt fiyatları yükselmiştir. Bu yüzden, fütürologlar fosil yakıtlarının geçmişini incelemeye ve ne kadar petrol ve gaz kaldığına dair tahminler yapmaya başlamışlardır. O günkü tahminleri endişe verici olmasına rağmen, 30 yıl sonrasında hala bol miktarda pertol bulunmaktadır. Ancak, toplam rezervler üzerindeki hesaplamaları oldukça doğru olmuştur ve tahminlerinin birçoğunun yanlış olduğu henüz kanıtlanmıştır. Mevcut oranlar üzerindeki çıkarımlarda, şu an 40 yıllık konvansiyonel petrol ve 65 yıllık gaz rezervinin kaldığı tahmin edilmektedir. Şekil 1.3' te dünya petrol ihtiyacı ve gümlük konvansiyonel petrol stoğu birim milyon varil cinsinden yıllara göre gösterilmiştir. Ayrıca son çalışmalar petrol kıtlığının başlamasıyla toplumların da tavrını değiştirmeye başlayacağı 2012' ye dikkat çekmektedir.



Şekil 1.3 : Dünya petrol ihtiyacı ve günlük konvansiyonel petrol stoğu (birim milyon varil) [7].

1970' lerde yaşanan bu petrol krizi sonucunda, petrol fiyatlarının yükselmesine karşı pragmatik bir tepki olarak yeşil tasarıma yönelim başlamıştır. Buna göre tüm binaların tasarımında temel alınması gereken üç temel prensip; iklime, çevreye ve zamana göre tasarlamak olmalıdır [7].

Bu konuda, izlenecek stratejilerin ilk etabı, enerjiye işaret etmektedir ve ilk stratejinin amacı, konfor sağlamak için mümkün olduğunca az enerjiye ihtiyaç duymak olmalıdır. Enerjiye ihtiyaç duyulmaması, en ekolojik yaklaşımdır. Bu nedenle ilk öncelik enerjiyi korumak olmalıdır. Binaya sağlam bir kabukla iyi bir yalıtım yapılıp diğer ısı kayıpları engellendikten sonra hala gereken enerji, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmelidir. Bu yüzden, daha sonraki strateji

pasif güneş kazançları, gün ışığı ve aktif güneş enerjisi sistemleri gibi doğal enerjilerin kullanımını maksimize etmek olmalıdır.

Petrol krizinden sonraki büyük şok ise 1980’ lerde ozon tabakasındaki incelme oranlarının ve sera gazları ve küresel ısınma artışının belirgin hale gelmesiyle oluşan iklim değişikliği olmuştur. 1990 yılında Hükümetlerarası Panel tarafından iklim değişikliğiyle ilgili yapılan tahminler 1990’ ların, giderek artan küresel sıcaklıkla kayıtlardaki en sıcak on yıl olduğu kanıtlanmıştır. Ana sera gazı karbondioksittir ve karbondioksitin ana kaynağı (tüm insan kaynaklı karbondioksit emisyonlarının yaklaşık %50'si) binalardır [8].

Ayrıca, bilim adamları, iklim değişikliğinin tehlikelerini önlemek için küresel ısınmanın, 2 °C' yi geçmeyecek şekilde, sanayileşme öncesi düzeyinin koruması gerektiğini belirtmişlerdir (şu anda 0,7 °C ile sanayileşme öncesi seviyelerin üzerindedir).

Bu eşiğin aşılmasını önlemek için; sürdürülebilir tasarım, yeni ve yenilenen binalar inşa etmek ve işletmek için kullanılan fosil yakıtların tüketiminin mevcut seviyesinden en az %50 azalma elde ederek kaynakların korunması da dahil olacak şekilde teşvik edilmelidir. Böylece, bugünün fosil yakıt tüketimi %10 oranında veya daha fazla miktarda azaltılırsa, kümülatif olarak beş yıl aralıklarla bugünün değerinden, 2015 yılında %60, 2020 yılında %70, 2025 yılında %80, 2030 yılında %90 ve 2035 yılında karbon-nötr olacak şekilde azalma olacak demektir (binaların inşası ve işletilmesi, artık fosil yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonu gerektirmeyecek demektir). Bu azalmalar; özel sektör yapılarını ele alan bina kodları ve standartları ile bina performans standartları ve kamu ve devlet binalarının enerji verimliliği hedeflerini karşılayacak resmi direktifler oluşturularak ilerletilmelidir. Ayrıca, sera gazı emisyonlarını azaltacak teşvik edici düzenleme araçları kullanılarak hükümet çalışmaları da desteklenmelidir [9].

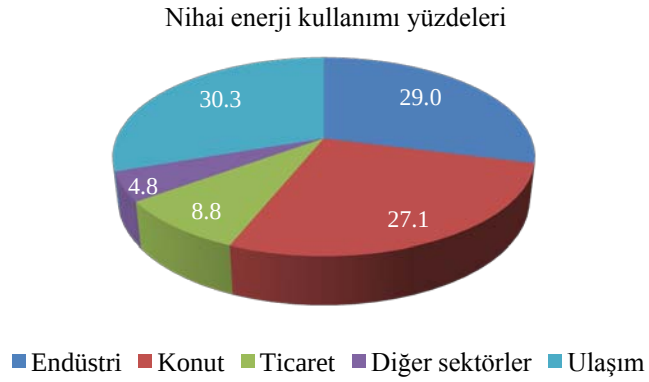
1.2 Binalarda Enerji Performansı

Bina enerji performansı, bir binada gerçekte kullanılan veya bir binanın standart kullanımlarıyla ilişkili, ısıtma, soğutma, havalandırma, sıhhı sıcak su ve aydınlatma gibi farklı ihtiyaçlarını karşılayan, net dağıtılan, hesaplanan veya ölçülen enerji miktarıdır [10].

1.2.1 Binalarda enerji tüketimi

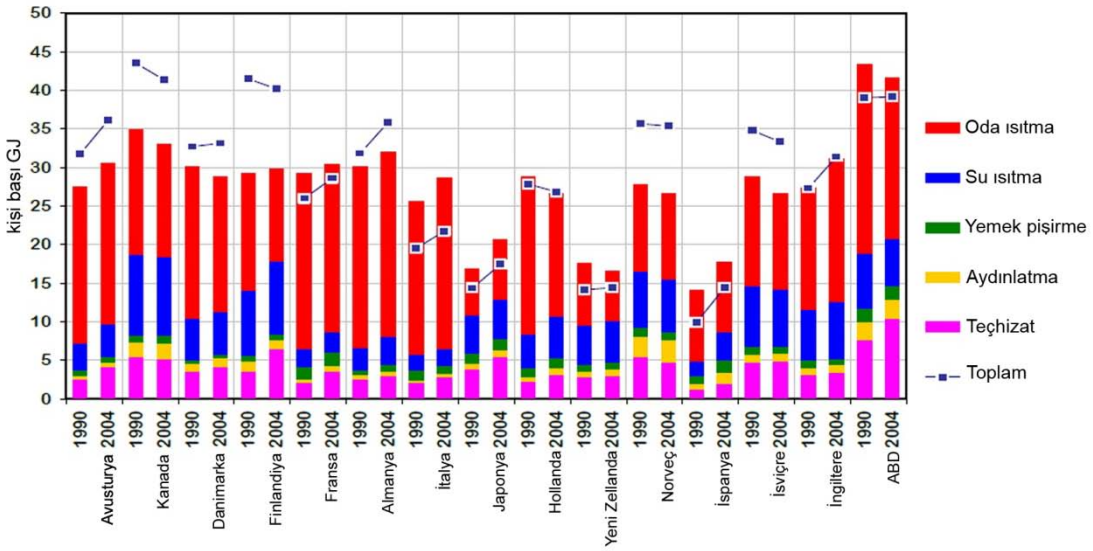
Enerji, binalarda, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıhhi sıcak su hazırlanması gibi çeşitli amaçlar için kullanılır. Konut türü ve ticari binalarda, cep telefonu şarj cihazı ve taşınabilir bilgisayarlar gibi taşınabilir cihazları içeren kurulu teçhizat ve ekipmanlar da enerji gerektirir.

Binalarda enerji tüketimi hesabında, toplam nihai enerjinin geniş payı vardır. Konut ve ticaret gibi sektörlerde enerji tüketiminin büyük bir kısmı binalarda meydana gelir. Bu, binalarda, iklim kontrolü, binaların kendileri ve aynı zamanda teçhizat, aydınlatma ve diğer kurulu ekipmanlar için kullanılan enerjiyi içerir. Diğer sektörlerde, enerji tüketiminin küçük bir parçası, binalar ile ilgili olarak benzer amaçlar için kullanılırlar. Sanayi sektöründe yönetim için kullanılan bazı binalar veya tarım ve ormancılıkta kullanılan bazı binalar buna örnektir. Şekil 1.4' te, dünya nihai enerji kullanımının farklı sektörlere göre dağılımı gösterilmiştir.

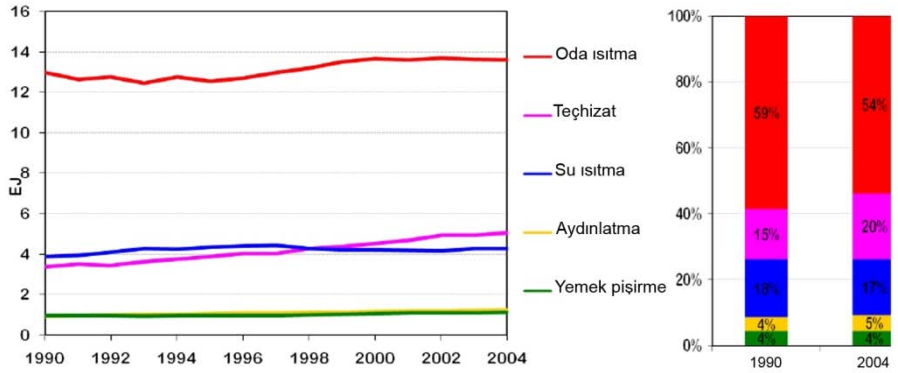


Şekil 1.4 : Farklı sektörlerde enerji tüketimi. Dünya petrol ihtiyacı ve günlük konvansiyonel petrol stoğu (birim milyon varil) [11].

Enerji kullanımı ülkelere göre de farklılık göstermektedir. Farklı ülkelerdeki enerji kullanımı farklılıkları, en iyi, en homojen tip olan konutlarda enerji tüketiminin alt başlıklara ayrılmasıyla gösterilebilir. Şekil 1.5' te, seçilen IEA (International Energy Agency) ülkelerindeki konut binalarında, ülkelere göre, ısıtma, cihazlar, su ısıtma, aydınlatma ve yemek pişirme için enerji kullanımı; Şekil 1.6' da ise bu kullanımlara bağlı enerji tüketiminin, toplam dağılımı verilmiştir.



Şekil 1.5 : Seçilen IEA ülkelerinde konutlarda enerji tüketiminin alt başlıkları [11].



Şekil 1.6 : Konut binalarında enerji kullanımı [11].

Yapı ile ilgili nihai kullanımlar olan ısıtma, soğutma, havalandırma, sıhhı sıcak su ihtiyacının giderilmesi, konut enerji ihtiyacının %75' ini gerektirmektedir. Bina kodları genellikle yapı tüketimlerinde bu bileşenlere işaret etmektedirler. Hizmet binalarında ise, ülkelere göre farklılık gösterse de, sadece bazen bina kodları aydınlatma gibi diğer nihai kullanımları kapsamaktadır ve başka amaçlar için enerji kullanımı payı genellikle büyük olmaktadır. Hizmet binalarının bazı türleri için bu oran %50' den daha fazla olabilmektedir [11].

2. BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE MEVZUATI

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır [12].

Ekonomistlere göre de enerji verimliliği, daha geniş bir anlama sahiptir ve bir birim ekonomik faaliyetin yapılması için enerji miktarındaki azalmaya sebep olan tüm değişiklikleri kapsar. Enerji verimliliği, ekonomik verimlilik ile ilişkilidir ve teknolojik, davranışsal ve ekonomik değişimleri de içerir.

Enerji verimliliği, öncelikle kişisel bir davranış meselesidir ve enerji kullanıcısının mantığını yansıtır. Gereksiz enerji tüketiminden kaçınmak ve enerji maliyetini azaltan uygun ekipman seçimi, kişisel konforu düşürmeden kişisel enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olur.

Gereksiz tüketimden kaçınmak kesinlikle kişisel bir davranış meselesidir ancak aynı zamanda da, genellikle, uygun ekipman meselesidir. Oda sıcaklığındaki termal düzenleme ya da boş otel odalarındaki otomatik aydınlatma, ekipmanların kişisel davranış etkisini nasıl azalttığını gösteren güzel örneklerdir.

Bazı durumlarda da, yüksek enerji fiyatlarının getirdiği mali kısıtlamalar nedeniyle, kullanıcılar enerji hizmetlerindeki (örneğin araba kullanımında konfor sıcaklığının azaltılması) azaltmayla enerji tüketimlerini azaltabilmektedirler. Bu tür azaltmalar tam olarak enerji verimliliği ekonomisinde kapsamlı bir artışa sebep olmaz, kolayca tersine çevrilebilirler ve enerji verimliliği ile ilişkilendirilmemelidirler.

Enerji verimliliği düzenlemeleri ise belirli bir hizmet (ısıtma, aydınlatma, vs.) için kullanılan enerjinin ya da aktivite düzeyinin azaltılmasıyla ilgilidir. Enerji tüketimindeki azalma genellikle teknolojik değişikliklerle ilişkili olmaktadır ancak daha iyi bir organizasyon ve yönetimin ya da sektördeki gelişmiş ekonomik koşulların (teknik olmayan faktörler) sonucu da olabildiği için her zaman teknolojiyle ilişkili değildir [13].

Kişisel davranışın ve teknolojik gelişmelerin yanı sıra iyi bir organizasyon ve yönetimden kaynaklanan bu faktörler, enerji verimliliği üzerinde yasal olarak etkisini göstermektedir. Dünyada, enerji verimliliği ile ilgili hazırlanan yasal düzenlemelerle ülkelerin kendi enerji ihtiyaçlarına ve iklimlerine uygun mevzuatlar yayınlanarak enerji verimliliğinin planlaması ve kontrolü sağlanmaktadır. ABD' deki Çevre Dostu Binalar Konseyi tarafından geliştirilen LEED, dünyanın birçok ülkesinde kullanılan çevre dostu bina sertifikası sistemi BREEAM, Avrupa Birliği ülkeleri için yasal düzenlemeler getiren EPBD çatısı altındaki sertifikasyon sistemleri binalarda enerji verimliliği ile ilgili mevzuatlara örnektir.

2.1 Avrupa' da Binalarda Enerji Verimliliği ve Mevzuatı

Enerji tüketimini azaltmak ve israfı ortadan kaldırmak, Avrupa Birliği' nin temel hedefleri arasında yer almaktadır. Avrupa Birliği' nin enerji verimliliği için desteği, Avrupa' nın ekonomik iyileşmesi ve rekabet gücü, kaynak güvenliği ve Kyoto Protokolü' ndeki iklim değişikliği ile ilgili taahütlerin karşılaması ve aynı zamanda vatandaşları için gelişmiş bir düzeyde konfor ve düşük enerji faturaları sağlaması için kesin sonucu ortaya koymaktadır. Tüketimi azaltmak için önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Binalarda tüketilen enerjinin % 40' ı ile AB, daha az enerji tüketimini sağlamak için diğer yasal destektekleyici önlemleri başlatmıştır [14].

Kyoto Protokolü ile Avrupa Birliği 1990 ile karşılaştırıldığında 2012 yılında %8 oranında sera gazı emisyonunu azaltmayı amaç edinmiştir ve bu hedefe ulaşmada binalar önemli bir rol oynamaktadır. Bina enerji verimliliği %22 oranında artırılırsa, 330 milyon ton kabul edilen toplam tasarrufun yaklaşık %14' ü olan 45 milyon ton karbondioksit emisyonu önlenecektir.

2.1.1 Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD)

Çeşitli ulusal düzenlemeler ve hesaplama yöntemlerini birleştirmek, bina enerji performansında minimum standartları belirlemek ve binalar için sertifikasyon ve ısıtma ve soğutma tesisleri için denetim kuralları sağlamak amacıyla oluşturulan Binalarda Enerji Performansı Avrupa Direktifi, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından 2002 yılında imzalanmıştır. Performans yönergesi enerji sertifikasyonu için ortak bir metodoloji tanımlamasına rağmen, çoğu Avrupa ülkesi artık yeni binaların enerji ihtiyacını sınırlamak için kendi mevzuatlarını geliştirmektedir [3].

Mevzuatın ana kısmı olan Binalarda Enerji Performansı Direktifi, (EPBD) 2002/91/EC, yerel koşullar ve gereksinimleri dikkate alırken, binaların toplam enerji performansını maliyet-etkin gelişmelerle teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Direktif, binaların enerji performansı konusunda bütünsel bir yaklaşım sağlar ve ısıtma, sıcak su, soğutma ve aydınlatma için enerji ihtiyaçlarını kapsar. Direktif, temel prensipleri ve gereksinimleri belirler ve Üye Devletler için, somut mekanizmalar ve sayısal gereksinimler ve bunları uygulama yolları için önemli uygulama alanı bırakır. EPBD, AB binalarının enerji verimliliğini harekete geçirmek için büyük bir fırsat olmasının yanı sıra pek çok AB ülkesi için de zorlu ve sürekli bir görev haline gelmiştir.

EPBD Bina Platformu ve Ortak EPBD Hareketi, Akıllı Enerji-Avrupa Programı çerçevesinde Avrupa Komisyonu tarafından başlatılmıştır. EPBD Bina Platformu, Avrupa Birliği' nin, Üye Devletler'deki uygulayıcılara ve danışmanlara, enerji ajanslarındaki uzmanlara, ilgi gruplarına ve ulusal politikacılara, EPBD' nin uygulanmasına yardımcı olmak için bilgi hizmeti sağlayan, bir girişimidir [14].

Direktif, iklim değişikliği (Kyoto Protokolü kapsamındaki taahhütler) ve güvenli enerji kaynağı (Green Paper) konusunda halk girişimlerinin parçasını oluşturur. Birincisi, halk, dış enerji kaynaklarına giderek daha bağımlı olmaktadır ve ikinci olarak, sera gazı emisyonları artmaktadır. Halk enerji tüketimi konusunda etkilidir ancak enerji kaynakları konusundaki etkisi azdır. Yukarıda bahsedilen sorunlar için bir olası çözüm, enerji verimliliğinin artırılması ile enerji tüketimini azaltmaktır.

Direktifin dört ana noktası, ortak bir bütünleşik bina enerji performansı hesaplama methodolojisi, kapsamlı bir yenilemeye maruz kalan yeni ve mevcut binalar için minimum standartlar, yeni ve mevcut binalar ve kamu binalarının enerji sertifikasyonu için sistemler, bu sertifikanın önemli tanıtımı ve diğer bilgilerdir [15].

2.1.2 Enerji performans gereksinimlerinin optimum düzeyde maliyeti (Cost optimal levels for energy performance requirements)

2010/31/EU EPBD değişikliği kapsamında, Aralık 2010 ve Nisan 2011 tarihleri arasında, Optimum-Maliyet ile ilgili çalışmaları anlatan 'Enerji Performans Gereksinimlerinin Optimum Düzeyde Maliyeti' (Cost Optimal Levels for Energy Performance Requirements) raporu yayınlanmıştır.

Bu rapor, üye devletler için binalarda minimum enerji performansı ihtiyaçlarının sağlanmasını ya da bina birimlerinin optimum maliyet seviyesine ulaşmak amacıyla düzenlenmesini içerir. Ayrıca, bu düzenlemeye göre, üye devletler, bina kabuğunun parçasını oluşturan ve optimum maliyet seviyesine ulaşmak amacıyla değiştirildiğinde veya yenilendiğinde bina kabuğunun eneji performansında önemli etkisi olan bina elemanları için oluşturulan minimum enerji performans gereksinimlerini sağlamak için gerekli tedbirleri almalıdır.

Optimum-maliyet seviyesi, tahmini ekonomik ömür boyunca en düşük maliyete yol açan enerji performans seviyesi olarak tanımlanmaktadır. Üye devletler, bu seviyeyi, yatırım, bakım, işletim maliyetleri, enerji tasarrufu gibi bir dizi maliyeti dikkate alarak belirleyeceklerdir. Ekonomik ömür her bir üye devlet tarafından tanımlanacaktır. Bu ekonomik ömür, bir yapı veya yapı elemanının ekonomik ömrünü ifade etmektedir.

EPBD, Üye devletler için, Komisyon tarafından hazırlanan Karşılaştırmalı Metodoloji Çerçevesini kullanarak minimum enerji performansı gereksinimleri ve hesaplanan optimum maliyet seviyeleri arasındaki karşılaştırma ile ilgili raporun hazırlanmasını zorunlu tutmaktadır. Bu rapor, tüm girdi verilerini ve yapılan varsayımları da içermelidir. Karşılaştırmalı Metodoloji Çerçevesi, komisyon tarafından hazırlanan klavuzlar ile üye devletlere, referans binaların ve enerji verirmliliği önlemlerinin tanımlanmasını, referans binaların nihai ve birincil enerji ihtiyaçlarının ve iyileştirme tedbirlerinin etkisinin belirlenmesini ve Karşılaştırmalı Metodoloji Çerçevesi ile uygulanan enerji verimliliği tedbirlerinin maliyetinin hesaplanmasını sağlamaktadır. Ayrıca, Komisyon tahmini uzun vadeli enerji fiyatlarındaki gelişmeler hakkında da bilgi sağlayacaktır [16].

2.1.3 Avrupa standartlarının EPBD ile ilişkisi

CEN 15615, çeşitli Avrupa standartları ve Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD) arasındaki genel ilişkinin açıklaması-Şemsiye Döküman, teknik raporu, hesaplama yöntemleri ve toplam bina enerji performansının elde edilmesi ile ilişkili malzemeleri sağlayarak EPBD' yi desteklemek için oluşturulan Avrupa standartlarını (EN) tanımlamaktadır. CEN 15615' teki hesaplama metodolojisinde yararlanılan standartların listesi Türkçe isimleriyle Çizelge 2.1' de verilmiştir [17].

Çizelge 2.1: EPBD' de yararlanılan Avrupa standartları [10].

Standart	Adı (İngilizce)	Adı (Türkçe)
TS EN 15217	Energy performance of buildings – Methods of expressing energy performance and for energy certification of buildings	Enerji performansı- Binalar için- Enerji performansını ifade etme yöntemleri ve binalar için enerji belgelendirmesi
TS EN 15603	Energy performance of buildings – Overall energy use and definitions of energy ratings	Binaların enerji performansı – Genel enerji kullanımı ve enerji değerlerinin tarifi
TS EN 15459	Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings	Binaların enerji performansı- Binalarda enerji sistemleri için ekonomik değerlendirme prosedürü
TS EN 15316	Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies	Binalar için ısıtma sistemleri - Sistem verimliliğini ve sistem ihtiyacını hesaplama methodu
TS EN 15243	Ventilation for buildings – Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems	Binalar için havalandırma – Oda şartlandırma sistemli binalar için oda sıcaklıkları, yük ve enerji hesabı
TS EN 15241	Ventilation for buildings – Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration in commercial buildings	Havalandırma - Binalar için Ticari binalarda havalandırma ve filtrelemeden kaynaklanan enerji kaybı için hesaplama methodu
TS EN 15193	Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting	Binaların enerji performansı - Aydınlatma için enerji özellikleri
TS EN ISO 13790	Thermal performance of buildings – Calculation of energy use for space heating	Binaların enerji performansı – Mekân ısıtması ve soğutulması için enerji kullanımının hesaplanması
TS EN 15255	Energy performance of buildings – Sensible room cooling load calculation – General criteria and validation procedures	Enerji performansı – Binalar için - Hassas oda soğutma yükü hesabı - Genel kriterler ve geçerliliği kanıtlama işlemleri
TS EN 15265	Energy performance of buildings – Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods – General criteria and validation procedures	Enerji performansı - Binalar için - Dinamik yöntemler kullanılarak ortam ısıtma ve soğutmasında ihtiyaç duyulan enerjinin hesaplanması - Genel kriterler ve geçerliliği kanıtlama işlemleri

Bu standartların temel amacı, AB üyesi devletlerin, Bina Enerji Performansı Direktifi' ni (EPBD) uygulanmasını kolaylaştırmaktır. Bu standartlar, enerji sınıflandırmasının tek bir tanımını ya da enerji performansının anlamını açıklamaktan ziyade sınırlı sayıda seçenek vermektedirler. Hesaplamanın amacına ve binaların ve hizmetlerinin karmaşıklığına bağlı olarak verilen seçeneklerden bir veya daha fazlası AB üyesi devletler tarafından seçilerek çeşitli düzeylerde denetim yapılabilir.

Direktifte belirtilen dört ana bileşen, hesaplama metodolojisi, minimum enerji performans gereksinimleri, enerji performans sertifikası ve kazan ve havalandırma tesisatı denetimi ile ilgilidir [10].

Bu çalışma kapsamında, enerji verimliliği ile ilgili çalışmalarını Avrupa' daki gelişmeleri takip ederek EPBD çatısı altında gerçekleştiren Türkiye ve Almanya' nın

enerji verimliliği ile ilgili çalışmaları ve sertifikasyon sistemleri, araştırmanın Almanya ve Türkiye' de yapılmasıyla incelenmiştir.

2.2 Almanya' da Binalarda Enerji Verimliliği ve Mevzuatı

Almanya' nın, 1970' li yılların petrol krizine uzanan yerleşmiş bir enerji tasarrufu sistemi bulunmaktadır. O zamandan beri, Alman yönetmeliklerine ısı yalıtımı ve ısıtma sistemleriyle ilgili giderek daha katı maddeler yerleştirilmektedir [18].

Almanya, AB direktifini (EPBD-Binalarda Enerji Performansı Direktifi), Enerji Tasarrufu Yasası (EnEV 2007) ile hayata geçirmiştir [19]. Bu uygulama, Federal Ulaştırma, İmar ve Kentsel Kalkınma Bakanlığı ve Federal Ekonomi ve Teknoloji Bakanlığı' nın sorumluluğundadır. Federal Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı ise kazan denetimi konusundan sorumludur [14].

Almanya Enerji Tasarrufu Yönetmeliği (EnEV), 2002 yılından bu yana yürürlüktedir ve 2007 yılında revize edilmiştir. EnEV, bina kabuğu, sistem mühendisliği ve kullanılan yakıtların hazırlanması ve dönüşüm kayıplarına bütünsel bir yaklaşım öngörmektedir [18].

EnEV 2007' nin esasları, gereksinimlerin düzeyinde ve konut binalarında olduğu gibi Alman standartları DIN V 4108-6 ve DIN V 4701-10' a göre hesaplama methodlarının da yürürlükte kaldığı, EnEV 2002' nin değişmeden kalan temel yaklaşımıdır.

DIN 4108-6, EN 832' nin Alman eşdeğeridir. DIN V 4701-10, Alman iklim koşulları ve kullanımını göz önüne alarak farklı ısıtma, havalandırma ve sıcak su uygulamaları için güçlü değerlendirme standartları tanımlamaktadır. EN 832' nin kökeni nedeniyle, hesaplama yöntemi, soğutma için enerji ihtiyacının fiziksel hesaplaması için uygun değildir. Almanya' da, soğutma, konut dışı binalarda, konutlardan daha sık görülür. Konut dışı binalarda soğutma ve yerleşik aydınlatma tesisatlarının ölçümlerini hesaba katabilmek için (EPBD' ye göre), Alman Standart Enstitüsü' nde (DIN) dsiplinler arası bir çalışma grubu evrensel, bütünsel bir hesaplama yöntemi olan DIN V 18599' u geliştirmiştir [14].

2002 yılından bu yana, enerji performans sertifikası, yeni binalar ve kapsamlı bir şekilde yenilenmiş binalar için zorunlu olmuştur. 1 Temmuz 2008' den itibaren, enerji performansı sertifikası, kiraya verme, satış ve kiralama özelliklerinde zorunlu

bir adım olmuştur. Bunun sonucunda, Enerji Tasarrufu Yasası, 1965 yılında ya da daha sonra inşa edilmiş bir konutun kiralanması, kiraya verilmesi veya satışında enerji performans sertifikasının yapılmasını gerektirmektedir. Enerji performans sertifikası, konut binaları için 1 Ocak 2009' dan ve konut dışı binalar için 1 Temmuz 2009' dan itibaren zorunlu olmuştur [19].

Almanya, EPBD denetimi altında, CEN tarafından yayınlanan herhangi bir hesaplama veya denetim standartını kullanmama kararı almıştır. Bu kararın temel nedeni, Alman Yönetmeliği tasarlandığı zaman CEN Standartları' nın henüz mevcut olmamasıdır. Bu nedenle, ulusal bir yöntem geliştirilmiştir. 2002 yılında yayınlanan eski yöntemi korumanın önemli bir nedeni de konut binaları için olan kısımdır. Ayrıca, CEN standartlarının, yeni yayınlandığı dönemde, bütünsel yaklaşımdan yoksun olması nedeniyle gelişmeye ihtiyacı bulunmaktadır. Bu standartları uygulanabilir hale getirmek için, geniş kapsamı önemli bir şekilde azaltılmalıdır. Çünkü ulusal iklim koşulları ve kullanımların da eklenmesiyle daha kapsamlı hale geleceklerdir. Aslında, referans binalar ile Alman yaklaşımı, daha sonraki aşamada CEN Standartları' nın birleştirilmiş ek kullanımına izin vermektedir.

Ayrıca, EnEV herhangi bir sertifikasyon yazılımını zorunlu tutmamaktadır. Almanya' da yazılım geliştirme çoğunlukla orta ölçekli yatırımcılara bırakılmıştır ve hükümet bu piyasaya müdahale etmek istememektedir [14].

2.2.1 Almanya Enerji Tasarrufu Yönetmeliği (EnEV 2009)

EPBD uygulanması, öncelikle, aslında 1976 yılında yürürlüğe giren ve binalarda ısı yalıtımı, ısıtma sistemlerinin verimliliği ve etkili bakımı, havalandırma ve sıcak su temini ve dağıtımının yanı sıra bireysel tüketim bazında ısıtma ve sıcak su maliyeti faturası ile ilgili gereksinimler için yasal bir çerçeve tanımlayan Enerji Tasarrufu Yasası (Energieeinsparungsgesetz) temelinde gerçekleşmiştir [14].

Almanya Enerji Tasarrufu Yönetmeliği (EnEV), binalarda enerji performansı sertifikalarını, yeni binalar, yenileme, rekonstrüksiyon ve mevcut binaların ekleri için minimum enerji gereksinimlerini, ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemlerinin yanı sıra sıcak su sistemleri ve klima sistemlerinin enerji denetimini zorunlu kılmaktadır.

Almanya Enerji Tasarrufu Yönetmeliği (EnEV), ısıtmalı ve soğutmalı tüm bina veya bina kısımları için geçerlidir. Isıtılmayan, soğutulmayan ve kısa süreli kullanılan

(tatil evleri gibi) binalar için özel koşullar uygulanmaktadır. Kısa bir süre için inşa edilen (örneğin; çadırlar) ya da ahırlar ve seralar gibi özel amaçlar için kullanılan 50 $m^{2'}$ den küçük taban alanlı küçük binalar ve Alman yasaları tarafından korunan tarihi anıtlar için enerji performansı sertifikası zorunlu değildir.

Konut binaları gibi, yeni ticari binalar için gereksinimler, yıllık birincil enerji ihtiyacıyla tanımlanmıştır. Bununla birlikte, sertifika; ısıtma, sıcak su ve havalandırma için enerji ihtiyaçlarına ek olarak soğutma ve aydınlatma tesisatlarının enerji oranı da içermektedir [20].

2.2.2 DIN V 18599' a göre hesaplama yöntemi

DIN V 18599' a göre hesaplama yöntemi, binaların ısı kabuğu, aydınlatma tesisatı ve ısıtma, havalandırma, soğutma ve sıcak su temini cihazları için bütünsel bir değerlendirmedir. İyi tanımlanmış arayüzleri ile on bölümden oluşmaktadır. Semboller, teknik terimler ve indeksler, farklı disiplinler için tüm bölümler boyunca benzer ve kapsamlı bir şekilde kullanılmış ve tanımlanmıştır.

DIN V 18599' un 10.bölümü hesaplamalar için geçerli olan iklim ve kullanıma ilişkin standartı konut binaları için de uygulanabilir kılan koşulları içermektedir. Fakat EnEV, standartın konut binaları için herhangi bir uygulamasını içermemektedir. Bu seçenek mevcut değişikliğe göre (EnEV 2009) hayata geçirilmiştir [14].

2.2.2.1 Enerji performans sertifikası

2002 yılından bu yana, enerji sertifikaları, yeni binalar ve büyük yenilemelerin bazı durumları için zorunlu olmuştur. EnEV 2007, sadece yeni ve mevcut binalarda düzgün bir sertifika tasarımı elde etmek için yeni modeller getirmiştir. Bununla birlikte, sertifikalar, geçerli kalan önceki yönetmeliğe göre düzenlenmiştir. Bu sertifikalar, 10 yıl boyunca sürekli geçerlidir.

Enerji performans sertifikası binanın enerji kalitesini belgeleyip genel bina verilerini göstererek analiz sonuçlarının net bir özetini sağlamaktadır. Sertifika, dört DIN A4 sayfasından oluşur. Yenileştirme önerileri, ekstra bir sayfa olarak enerji performans sertifikasına eklenmektedir (EK A.1).

Enerji performans sertifikasının çekirdeği bir renk skalasıdır. Binanın diğer binalara göre ne kadar enerji ihtiyacı olduğunu bir bakışta göstermektedir. Bina kabuğunun kalitesi (örneğin, pencere, tavan ve dış duvarlar), ısıtma sistemi ve enerji kaynakları (örneğin fuel-oil, doğal gaz, elektrik) dikkate alınır. Bu aynı zamanda, kullanıcıların son üç yıldaki enerji tüketimine dayalı olabilmektedir. Eğer bina 'yeşil' alanda kalıyorsa, binanın mevcut enerji durumu çok iyi demektir. Eğer ok işareti 'sarı" yı gösteriyorsa, yenileştirme çalışmaları dikkate alınmalıdır. 'Kırmızı' ise büyük enerji tasarrufu potansiyelini göstermektedir [21].

2.3 Türkiye' de Binalarda Enerji Verimliliği ve Mevzuatı

Ülkemizde, %30' u bina sektöründe, %20' si sanayi sektöründe ve %15' i ulaşım sektöründe olmak üzere önemli seviyede enerji tasarrufu potansiyeli bulunmaktadır.

Bu potansiyeli değerlendirmek ve enerji verimliliğini arttırmak amacıyla, 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu, bu kanuna dayanılarak da, 2008 yılında, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik yürürlüğe girmiştir.

15/02/2008 tarihli 2008/2 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile kamu kurum ve kuruluşlarında enerjinin etkin ve verimli kullanılmasına yönelik önlemler belirlenerek 'Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi' başlatılmış, 2008 yılı 'Enerji Verimliliği Yılı' ilan edilmiştir [12].

5 Aralık 2008' de ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenleyen Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği yürürlüğe konmuştur [22].

7 Aralık 2010 tarihinde , Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ' in yayınlanmasıyla, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında, konut, ofis, eğitim, sağlık, otel, alışveriş ve ticaret merkezleri gibi mevcut ve yeni binalarda, binanın enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin enerji verimliliğine etkisini değerlendirmek ve enerji performans sınıfını belirlemek için geliştirilen bina enerji performansı hesaplama yönteminin yayınlanması sağlanmıştır [23]. Bu yöntemi temsil edecek ve Enerji Kimlik Belgesi (EKB)

uzmanları tarafından binalara EKB verilmesinde kullanılacak yazılım ile ilgili çalışmalar ise Ekim 2009' da başlamış ve halen devam etmektedir [4].

2.3.1 Enerji Verimliliği Kanunu, Mayıs 2007

Enerji Verimliliği Kanunu, enerjinin etkin kullanılmasını, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasını hedeflemektedir.

Bu kanunda, enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esaslar bulunmaktadır [24].

2.3.2 TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Mayıs 2008

TS 825' in amacı, enerji tasarrufunu arttırmak için binaların ısıtılması için kullanılan enerji miktarını sınırlamak ve enerji ihtiyacının hesabı için kullanılan standart hesap methodu ve değerlerini belirlemektir. Ayrıca bu standart, yeni yapılacak binalar için ideal enerji performansını sağlayan tasarım seçeneğini belirlemek, mevcut binaların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek, mevcut binalara yenilenmeden önce uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek gibi amaçlar için de kullanılır.

Bu standarta göre, binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler, iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları (varsa ısı geri kazanımı) ve ısıl kapasite, ısıtma sisteminin karakteristikleri, iç iklim şartları, dış iklim şartları, iç ısı kazanç kaynakları ve güneş enerjisi olarak verilmiştir.

Bu standartta belirtilen hesap metodunda, iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır [25].

2.3.3 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Aralık 2008

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemeyi amaçlamaktadır.

Yönetmelik genel olarak, mevcut ve yeni yapılacak binalarda enerji kullanımına, enerji kimlik belgesi hazırlanması ve uygulanmasına, enerji performansı ile ilgili hesaplama yöntemleri ve standartlarının uygulanmasına, toplumdaki enerji verimliliği bilincinin artırılmasına ve ülke genelinde güncel bir bina envanteri oluşturulup binaların denetlenmesine yönelik çalışmaları düzenleyen iş ve işlemleri içermektedir.

Mevcut ve yeni yapılacak olan konut, ofis, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller ile alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tipolojileri için geçerli olan bu yönetmelik, sanayi alanlarında üretim faaliyetleri yürütülen binalar, planlanan kullanım süresi iki yıldan az olan binalar, toplam kullanım alanı 50 m^2' nin altında olan binalar, seralar, atölyeler ve münferit olarak inşa edilen ve ısıtılmasına ve soğutulmasına gerek duyulmayan depo, cephanelik, ardiye, ahır, ağıl gibi binalar için geçerli değildir.

2.3.3.1 Enerji kimlik belgesi

Enerji kimlik belgesinde genel olarak, binanın enerji ihtiyacı, ısıtma, soğutma, iklimlendirme, havalandırma ve aydınlatma sistemleri için kullanılan enerji miktarı ve bu sistemlerin özellikleri ile ilgili bilgiler, binanın kullanımı ve mimarisiyle ilgili genel bilgiler ile binanın birincil enerji tüketimine göre ve nihai enerji tüketimine göre CO_2 salımı sınıfının A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılması ve binanın yenilenebilir enerji kullanım oranı gösterilir (EK A.2).

Enerji kimlik belgesi, BEP-TR kullanılarak düzenlenir. Enerji kimlik belgesi düzenlemeye yetkili kuruluşlara BEP-TR' ye erişim yetkisi verilir ve bu kuruluşlar ve bu kuruluşların çalışanları BEP-TR kullanarak enerji kimlik belgesi düzenleyebilmektedirler. Enerji kimlik belgesi düzenleme tarihinden itibaren 10 yıl süre ile geçerlidir [22].

3. ALMANYA VE TÜRKİYE BİNA ENERJİ SERTİFİKASYON SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, Almanya bina enerji sertifikasyonu hesaplama yöntemi DIN 18599 ile Türkiye bina enerji sertifikasyonu hesaplama yöntemi BEP-TR' nin, bina enerji performansını etkileyen parametreler ve bina enerji performansı hesaplama yazılımlarının arayüzleri bakımından karşılaştırılması yapılmıştır.

Türkiye ve Almanya bina enerji sertifikasyon sistemlerinin karşılaştırılmasının nedeni, enerji verimliliği ile ilgili çalışmalarına, petrol krizi sonrasında 1976 yılında Avrupa Birliği' nden daha önce başlayarak köklü standartlara sahip olan Almanya' nın, bu konudaki çalışmalarına Avrupa' dan geç başlamış ve halen devam etmekte olan Türkiye' ye iyi bir örnek teşkil edecek nitelikte olmasıdır.

Çalışmanın bir kısmı Almanya' da gerçekleştirilmiş olup mimari parametrelerin ağırlıklı olmasından dolayı net enerji hesabı ve yazılımlar üzerinde yoğunlaşılmıştır. Bina enerji performansını etkileyen ve net enerji ihtiyacı olan karşılaştırma parametreleri; zonlama methodu, iklim verileri, malzeme verileri, bina tipolojisi, bina geometrisi, iç ısı kazançları, güneş kazançları, iletimle ve taşınımla ısı geçişi ve havalandırma ile ısı geçişi olarak belirlenmiştir.

Karşılaştırılan yazılımlar ise Almanya' da kullanılan ve Hottgenroth yazılım şirketi tarafından hazırlanan Energieberater PLUS ile Türkiye'de T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı' nın denetiminde hazırlanan ve internet üzerinden kullanılan BEP-TR' dir. Almanya' da enerji performansı hesaplamak için EVA 18599, EnEV 2009 (Microsoft Excell yazılımı) ve IBP 18599 (Microsoft Excell yazılımı) gibi çeşitli yazılımların içinden karşılaştırma için Energieberater Plus' ın seçilmesinin nedeni ise, arayüz olarak BEP-TR' ye daha yakın olmasıdır.

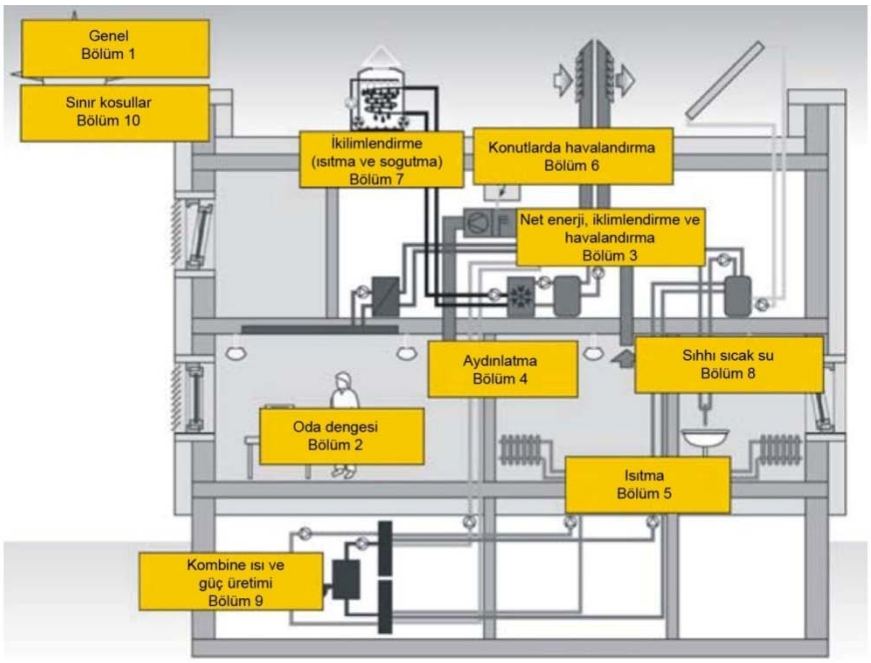
3.1 Almanya Bina Enerji Sertifikasyon Sistemi (DIN 18599)

DIN 18599 standardı, binaların toplam enerji dengesinin hesaplanması için bir metodoloji sağlar. Tanımlanan algoritma, konut ve konut dışı binalar ile yeni ve mevcut binaların enerji dengesinin hesaplanması için uygundur.

Enerji dengesi hesaplama yöntemi, binaların enerji kullanımını önceden belirlenen ve genel mühendislik açısından serbest seçilebilir sınır koşullarla, örneğin hesaplanan ve ölçülen enerji oranlarında iyi bir karşılaştırmaya ulaşma hedefi ile kısmen dengelemek için uygundur.

Denge hesaplamaları, binaların ısıtma, havalandırma, iklimlendirme (soğutma ve nemlendirme dahil), sıcak su ısıtma temini ve aydınlatması için kullanılan enerjiyi, doğrudan enerji kaynağı ile ilgili olan ek elektrik güç kaynağı girişleri de dahil olmak üzere dikkate alır.

DIN V 18599' a göre enerji dengesi hesabında, bina, binanın kullanımı, binanın teknik teçhizat ve ekipmanları ile bu faktörlerin etkileşiminin dikkate alınıp birlikte değerlendirildiği bütüncül bir yaklaşım dikkate alınır. Daha net bir yapı sağlamak amacıyla, DIN V 18599, her birinin belirli bir odak noktası olacak şekilde çeşitli bölümlere ayrılmıştır. Şekil 3.1, bu bölümlerin her birinde ele alınan konulara genel bir bakış sağlamaktadır [26].



Şekil 3.1: DIN V 18599’ un bölümlerine genel bakış [26].

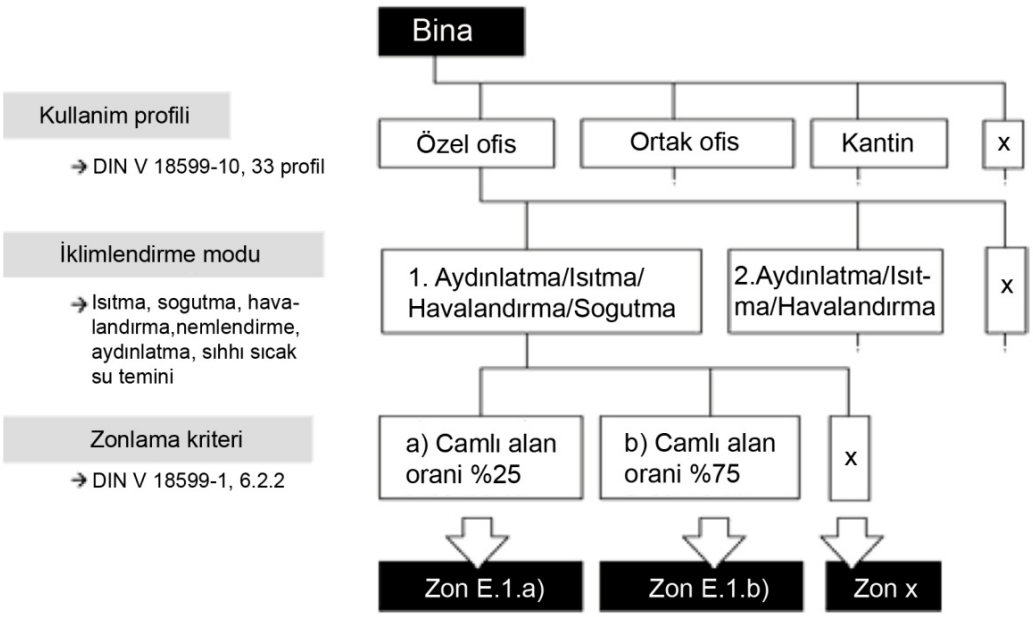
Bu bölümde, DIN 18599' a ait olan ve bina enerji performansını etkileyen net enerji ihtiyacı girdileri; zonlama methodu, iklim verileri, malzeme verileri, bina tipolojisi, bina geometrisi, iç ısı kazançları, güneş kazançları, iletim ve taşınımla ısı geçişi ve havalandırma ile ısı geçişi ve enerji performansı hesaplama yazılım Energieberater PLUS incelenmiştir.

3.1.1 Zonlama methodu

Zon, benzer havalandırma sistemi ve aynı zonlama kriterleriyle, aynı sınır koşulların kullanımı ve ısıtma, soğutma, havalandırma, nemlendirme, aydınlatma ve sıcak su teminine göre karakterize edilen oda veya mekanlardan oluşan, taban alanının bir bölümü veya binanın bir bölümünden oluşmaktadır.

Zonlamanın amacı, benzer net enerji ihtiyacı ya da ısıtma ve soğutma durumunda benzer ısı kaynakları ve soğutucuları olan bina alanlarını bir zon olarak gruplamaktır. Zonlamanın, en önemli karakteristiği, benzer enerji ihtiyacının belirlenmesi ya da ısı kaynağı ve soğutucunun aynı şekilde kullanılması esasına dayanmaktadır. İki mekan belirgin bir biçimde farklı şekillerde kullanılıyorsa, farklı zonlar olarak tanımlanırlar.

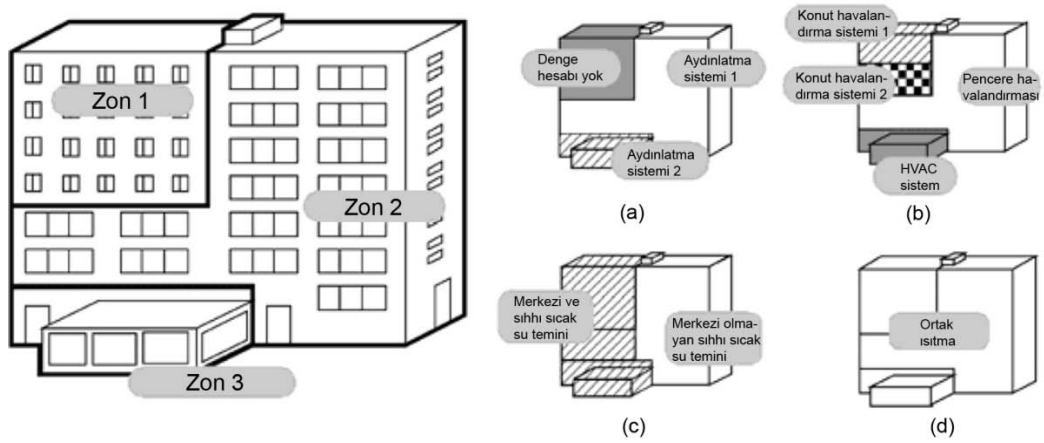
Şekil 3.2' de verilen örnekte, çeşitli kullanım tipleri, iklimlendirme (soğutmalı ve soğutmasız) ve zonlama kriterleri için zonlama yöntemini göstermektedir.



Şekil 3.2: Zonlama örneği [26].

Buna ek olarak, eğer mekanlar benzer iklimlendirme sistemlerine sahipse (örneğin; aydınlatma, ısıtma, havalandırma, soğutmanın bulunduğu bir kişisel ofise karşılık aydınlatma, ısıtma, havanlandırmanın bulunduğu kişisel bir ofis), sadece benzer net enerji gereksinimleri, ısı kaynakları ve soğutucular ele alınır. İklimlendirme sistemleri büyük farklılık gösteriyorsa, mekanlar aynı şekilde kullanılsa bile farklı zon olarak tanımlanırlar.

Şekil 3.3' te, zon belirleme kuralları bir bina üzerinden detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bina enerji ihtiyaçları, sistem kayıpları, destek enerji , dağıtılan enerji ve birincil enerji denge hesapları da aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.3: Zon belirleme için bina kullanım örneği [26].

Bir binanın zonları, ilk aşamada aynı şekilde kullanılan alanları belirleyerek (kullanım profilleri DIN V 18599-10' a göre olacak şekilde) ve ikinci aşamada, gerekliyse, benzer kullanımlara sahip alanların daha fazla bölümlenmesiyle, ek zonlama kriterleri ve iklimlendirmeyi hesaba katarak iki aşamada belirlenmektedir.

3.1.1.1 Benzer kullanım profiline sahip alanların belirlenmesi

Birinci zonlama adımı olan benzer kullanım profiline sahip alanların belirlenmesinde, mekanlar aynı kullanım profiline sahiplerse ve aynı zamanda ek zonlama kriterleriyle ilgili herhangi bir sınırlama yoksa, birlikte bir zon olarak gruplandırılırlar.

Kural olarak, farklı profillerdeki kullanımlar farklı zonlar olarak tanımlanmalıdır. Ancak, farklı mekanlar arasında hızlı bir hava değişimi ya da binada ekler varsa, o zaman bu mekanlar her zaman tek bir bina zonunda birlikte gruplandırılırlar.

Eğer ikinci zonlama adımında tanımlanan ek zonlama kriterlerinden hiçbiri değerlendirilen alan için söz konusu değilse, zonlar kullanım profillerine bağlıdır. Bu durumda, aynı şekilde kullanılan bütün mekanlar veya bina taban alanının bölümleri bir zon oluşturur.

3.1.1.2 Ek zonlama kriterlerinin uygulanması

İkinci zonlama adımı ek zonlama kriterlerinin uygulanmasında ise, aynı kullanıma sahip olan ve mekan veya taban alanı bölümlerinin detaylı belirlenmesine olanak veren zonlara uygulanacak ek zonlama kriterleri verilmiştir. Ek zonlama kriterlerinde iklimlendirmeye ve havalandırma sistemlerine bağlı farklılıklar tanımlanmıştır. Buna göre, aynı kullanım profiline sahip mekanlar, farklı iklimlendirme ihtiyaçlarına ve farklı havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine sahipse farklı zonlar olarak tanımlanırlar.

Zonlamanın tek temelinin kullanım profilleri olmayabildiği, oda iklimlendirme ekipmanlarının bulunduğu mekan veya taban alanınında, soğutma enerji dengesi hesaplaması için uygulanan daha fazla sınır koşul bulunmaktadır. Soğutma enerji dengesi için zonlama kriterlerinin tümü bakımından aynı özellikleri sergileyen mekan ve odalar bir zon olarak gruplandırılabilir. Bu kriterlere göre mekanlar, HVAC sistemleri, çalışma moduna bağlı dış hava akışı kaynakları, yapay aydınlatmanın kurulu gücü, bina ve oda derinlikleri, cephe tasarımı ve pencere oranları, güneş kontrolü ve bina yönlenmesi bakımından farklılık gösteriyorlarsa farklı zonlar olarak tanımlanırlar [26].

3.1.2 İklim verileri

Almanya sertifikasyon sisteminde aylık iklim verileri kullanılır. DIN 18599’ un 10.bölümünde (Sınır koşulların kullanımı ve iklim verileri) iklim verilerine değinilmiştir.

Çizelge 3.1’ de, Almanya’nın referans iklim bölgesi için (Würzburg) mevcut hava nemi değerleri, Çizelge 3.2’ de, yine referans iklim bölgesinin aylık ve yıllık güneş ışınımı ve dış ortam sıcaklıklarına ait tabloda güneş ışınımının yönlere ve açılara göre değerleri verilmiştir.

Teknik bina tesisatı tasarımında, hesaplamada kullanılan gerekli maksimum ısıtma ve soğutma gücü için güneş ışınımı ve dış ortam sıcaklık değerlerinin verildiği

Çizelge 3.3' te ise ısıtmada Ocak ayı için, soğutmada ise Ağustos ve Eylül ayları için tasarım referans günündeki maksimum saatlik güneş ışınımı değerleri yönlere bağlı olarak verilmiştir. Çizelgede açıklanmayan eğimler için kabuller yapılacağı belirtilmiştir [27].

Çizelge 3.1: Varsayılan mevcut hava nemi değerleri [27].

Kullanım gereksinimleri	^{x}v, mech g/kg	
	Nemlendirme	Nemsizleştirme
Nem gereksinimi yok	x_{AUL}	x_{AUL}
Tolerans aralığı ile nem gereksinimi	6,0	10,0
Tolerens aralığı olmadan nem gereksinimi	8,0	8,0

Çizelge 3.2: Güneş ışınımı ve dış ortam sıcaklıklarının Almanya' nın referans iklimine göre aylık ve yıllık değerleri [27].

Yön	Egim	Aylık ortalama güneş ışınımı I_s W/m^2												Yıllık deger kWh/m^2
		Ocak	Subat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz	Tem	Agus	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak-Ara
Yatay	0°	33	52	82	190	211	256	255	179	135	75	39	22	1 120
Güney	30°	51	67	99	210	213	250	252	186	157	93	55	31	1 216
	45°	57	71	101	205	200	231	235	178	157	97	59	34	1 187
	60°	60	71	98	190	179	203	208	162	150	95	60	35	1 104
	90°	56	61	80	137	119	130	135	112	115	81	54	33	810
Güney-dogu	30°	45	62	93	203	211	248	251	183	149	87	49	28	1 177
	45°	49	64	92	198	200	232	236	175	148	88	51	30	1 142
	60°	49	62	88	185	182	208	213	161	140	85	51	30	1 063
	90°	44	52	70	140	132	146	153	120	109	69	44	26	809
Güney-batı	30°	45	62	93	203	211	248	251	183	149	87	49	28	1 177
	45°	49	64	92	198	200	232	236	175	148	88	51	30	1 142
	60°	49	62	88	185	182	208	213	161	140	85	51	30	1 063
	90°	44	52	70	140	132	146	153	120	109	69	44	26	809
Dogu	30°	33	51	78	181	199	238	240	170	129	72	38	21	1 062
	45°	32	49	74	172	187	221	224	160	123	69	37	20	1 002
	60°	30	46	68	160	171	201	205	148	114	65	35	19	923
	90°	25	37	53	125	131	150	156	115	90	51	28	15	713
Batı	30°	33	51	78	181	199	238	240	170	129	72	38	21	1 062
	45°	32	49	74	172	187	221	224	160	123	69	37	20	1 002
	60°	30	46	68	160	171	201	205	148	114	65	35	19	923
	90°	25	37	53	125	131	150	156	115	90	51	28	15	713
Kuzey-batı	30°	22	39	63	151	180	222	221	150	105	57	28	16	918
	45°	20	35	56	132	158	194	194	133	91	51	26	14	808
	60°	18	32	49	116	139	168	170	118	81	46	23	13	711
	90°	14	25	38	89	105	124	128	90	62	35	18	10	541
Kuzey-dogu	30°	22	39	63	151	180	222	221	150	105	57	28	16	918
	45°	20	35	56	132	158	194	194	133	91	51	26	14	808
	60°	18	32	49	116	139	168	170	118	81	46	23	13	711
	90°	14	25	38	89	105	124	128	90	62	35	18	10	541
Kuzey	30°	20	34	54	137	173	217	214	142	90	49	26	15	857
	45°	19	32	47	101	143	184	180	115	66	45	24	14	710
	60°	17	29	44	79	109	143	139	90	59	41	22	13	575
	90°	14	23	34	64	81	99	100	70	48	33	18	10	433
Dış ortam sıcaklığı ϑ_e, °C		–1,3	0,6	4,1	9,5	12,9	15,7	18,0	18,3	14,4	9,1	4,7	1,3	8,9

Çizelge 3.3: Teknik bina tesisatı tasarımında, hesaplamada kullanılan gerekli maksimum ısıtma ve soğutma gücü için güneş ışınımı ve dış ortam sıcaklık değerleri [27].

Almanya için referans iklim		Referans tasarım gününde maksimum güneş ışınımı $I_{S,max}$ W/m²		
Yön	Egim [a]	Isıtma	Sogutma	
		Ocak	Temmuz	Eylül
Yatay	0°	0	861	629
Güney	90°	0	604	783
Güney-dogu	90°	0	688	783
Güney-batı	90°	0	688	777
Dogu	90°	0	729	613
Batı	90°	0	729	613
Kuzey-batı	90°	0	512	227
Kuzey-dogu	90°	0	512	277
Kuzey	90°	0	163	108
Referans tasarım gününde günlük ortalama dıs ortam sıcaklıgı °C $\vartheta_{e,min}$ (ısıtma) $\vartheta_{e,max}$ (sogutma)		–12	24,6	18,9
a: Sıfır eğim için belirtilen değerler 0 ° ve 60 ° arasındaki tüm eğimler için kullanılabilir; daha büyük eğimler için, 90° için belirtilen değerler kabul edilecektir.				

3.1.3 Malzeme verileri

DIN 18599' a göre bina enerji hesaplama yönteminde, malzeme veri tabanı olarak, DIN V 4108-4 (Binalarda Isı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu, Bölüm 4: Hidrotermal tasarım değerleri) gibi ulusal standartlar kullanılmaktadır.

DIN 4108-4, hesaplamada kullanılan binalar ve yapı elemanlarının, ısıl performansının teknik doğrulamasında uygulanacak olan ısıl performansla ilgili karakteristik değerleri içermektedir. Özellikle sıcaklık, gerçek nem içeriği ve değişen ürün özelliklerinin etkisi dikkate alınarak, ısıl iletkenliğin tasarım değerleri, bu standartta verilmiştir. Bu standartta verilen su buharı direnç faktörleri de standart değerlerdir [28].

3.1.4 Bina tipolojileri

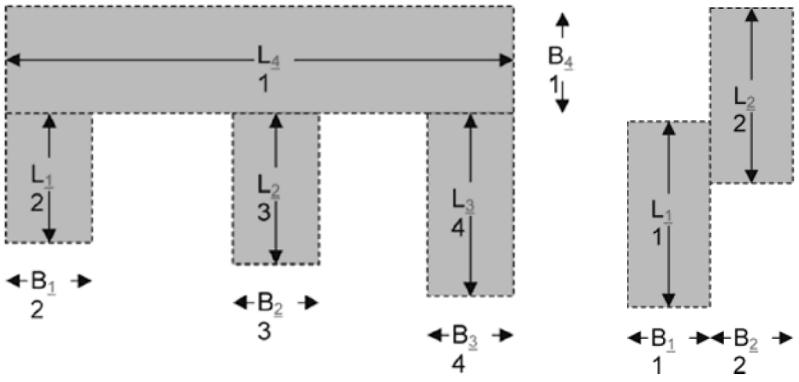
DIN V 18599, binaların toplam enerji dengesi hesabı için bir hesaplama yöntemi sağlamaktadır. Açıklanan yöntem, konut binaları ve konut dışı binalar ile planlanan veya yeni binalar ve mevcut binalarda enerji dengesi hesabı için uygulanabilmektedir.

3.1.5 Bina geometrisi

Zonlar, verilen kriterlere göre belirlenince, geometrik parametreler de (örneğin, alanlar, hacimler) bütün zonlar ve servis alanları için bulunmalıdır.

Zonun termal kabuk alanının ve brüt hacminin (dış hacim) belirlenmesinde, enerji referans alanı, kat yüksekliği, hava hacmi ve karakteristik uzunluk ve genişlik gibi diğer referans boyutlarını içeren, kat planları (yatay boyutlar) ve kesitler (düşey boyutlar) referans olarak kullanılmaktadır [26].

Binaların boyutlandırılması, uzunluk, genişlik ve de katların sayısı ve yüksekliği cinsinden tanımlanmıştır. Binaların dikdörtgen şeklinde olmadığı yerlerde, parametrelerin boyutlandırılması ile ilgili örnek bir düzenleme Şekil 3.4' de gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Bina geometrisi örnekleri [29].

Enerji dengesi hesaplanmadan önce, net taban alanı A_{NGF}, karakteristik uzunluk L, karakteristik genişlik B, kat yüksekliği h_G, kat sayısı, herbir termal kabuk alanı A_i ya da bunların toplamı A, brüt hacim (dış hacim) V_e ve net hacim (hava hacmi) V her zon için belirlenmelidir.

Belirli bir bina servis alanının hizmet ettiği ve kendi zonuyla aynı büyüklükte olmayan her alan için net taban alanı A_{NGF}, karakteristik uzunluk L, karakteristik genişlik B, kat yüksekliği h_G, kat sayısı ve net hacim (hava hacmi) V belirlenmelidir [29].

3.1.6 İç ısı kazançları

İç ısı kaynakları, bina zonundaki insan ve hayvanları, zon içerisinde çalışan cihazlar (elektrik) ve ekipmanları ve özellikle yapay aydınlatmayı içermektedir. İç ısı

kazançları, bina zonunda; merkezi ısıtma dağıtım boruları, sıcak su boruları, sıcak hava kanalları veya ısı depolama üniteleri, ısıtıcılar veya bölge içinde bulunan soğutucular, ya da bina zonuna düzenli olarak getirilen sıcak malzeme veya nesneler (örneğin; üretim malzemeleri) şeklinde bulunurlar.

Örneğin konut binalarında; insan, makine, ekipman ve aydınlatmaya bağlı iç ısı kazançları eklenebilir ve tek bir miktar olarak ele alınır. Isıtma sistemlerinin çalşmasına bağlı ısı kazançları ayrıca belirlenir. Soğutma kaynakları ihmal edilir.

$$Q_{I,source,WG} = Q_{I,source,p} + Q_{I,source,L} + Q_{I,source,fac} = q_{I\,AB} \quad \textbf{(3.1)}$$

q_I : DIN V 18599-10' da belirtilen referans alan ile ilgili olarak; konutlarda, insanlar, makine, ekipman ve aydınlatmadan yayılan özgül, ortalama, günlük ısı

A_B: bina zonu referans alanı

3.1.6.1 İnsanlardan kaynaklanan iç ısı kazançları

DIN V 18599-10, kendi kullanım profilleri ile ilgili olarak insanlardan yayılan spesifik-alan değerlerini verir. Bunlar ortalama ısı yayılımının belirlenmesinde kullanılır.

$$Q_{I,source,p} = q_{I,p\,AB} \quad \textbf{(3.2)}$$

$q_{I,p}$: DIN V 18599-10' da belirtilen referans alan ile ilgili olarak; insanlardan yayılan özgül, ortalama, günlük ısı

A_B : bina zonu referans alanı

3.1.6.2 Makine ve ekipmanlara bağlı iç ısı kazançları ve negatif ısı kazançları

DIN V 18599-10, bina zonundaki makine ve ekipmanların çalışmasıyla yayılan spesifik-alan değerlerini verir. Bunlar, bağıntı 3.3' teki mevcut değer hesaplanırken kullanılır.

$$Q_{I,source,fac} = q_{I,fac\,AB} \quad \textbf{(3.3)}$$

Soğutma enerjisi üreten (örneğin; soğutucu satış tezgahları) ve ısıyı bina zonu dışına çıkaran ekipmanlar, negatif ısı kazancı olarak ele alınır ve bağıntı 3.4 ile hesaplanır.

$$Q_{I,sink,fac} = q_{I,sink,fac\,AB} \quad \textbf{(3.4)}$$

$q_{I,p}$: DIN V 18599-10'da belirtilen referans alan ile ilgili olarak; makine ve ekipmanlardan yayılan özgül, ortalama, günlük ısı

A_B : bina zonu referans alanı

$q_{I,p}$: DIN V 18599-10' da belirtilen referans alan ile ilgili olarak; bina zonu dışındaki soğutma ünitileri ile soğutma cihazlarından yayılan özgül, ortalama, günlük soğutma enerjisi

3.1.6.3 Malzemelerin hareketine bağlı iç ısı kazançları ve negatif ısı kazançları

İç sıcaklıktan önemli ölçüde farklılaşan sıcaklıklardaki eşya veya malzemeler, düzenli olarak, bina zonu içine alınıyor veya bina zonu dışına çıkarılıyorsa, bunlar, ısı kazancı veya negatif ısı kazancı olarak, sırasıyla, bağıntı 3.5 ve 3.6' daki gibi dikkate alınır.

$$Q_{I,source,goods} = c\ mx\ (\vartheta_{in} - \vartheta_{out})\ t \text{ for } \vartheta_{in} > \vartheta_{out} \quad \textbf{(3.5)}$$

$$Q_{I,sink,goods} = c\ mx\ (\vartheta_{out} - \vartheta_{in})\ t \text{ for } \vartheta_{in} < \vartheta_{out} \quad \textbf{(3.6)}$$

c : hareket ettirilen malzemelerin özgül ısı kapasitesi

mx : malzemenin taşıma kütlesi oranı (m 24 saatlik bir periyodda, ortalama taşıma kütlesi ise mx = m/24)

ϑ_{in} : eşya veya malzemenin bina zonuna alındığı zaman aralığında ortalama sıcaklığı

ϑ_{out}: bina zonundan çıkarılan eşya veya malzemenin sıcaklığı

t : hesaplam aşamasının uzunluğu (t = 24 sa)

3.1.6.4 Isıtma, soğutma, sıcak su temini ve havalandırma sistemlerine bağlı iç ısı kazançları ve negatif ısı kazançları

Teknik bina sistemlerine göre (ısıtma, soğutma, havalandırma ve sıcak su sistemleri), ısı kaynakları ve negatif ısı kaynaklarının etkileri hesaplanırken, bina zonundan geçen dağıtma boruları ve hava kanallarına bağlı tüm kontrolsüz ısı ve soğutma enerjisi akışı ve bunların ısı depolama tankları, ısı jeneratörleri, bina zonu içerisinde bulunan soğutucuları ve fanları da dikkate alınmaktadır. Her durumda, sadece bina zonunu etkileyen enerji akışının bölümleri hesaplanır.

$$Q_{I,source,h} = Q_{I,w} + Q_{I,h} + Q_{I,vh} + Q_{I,ch} \quad \textbf{(3.7)}$$

$$Q_{I,sink,c} = Q_{I,vc} + Q_{I,c} \quad \textbf{(3.8)}$$

$Q_{I,w}$: DIN V 18599-8' de ortalama günlük değer olarak tanımlanan, sıcak su sistemine (örneğin; dağıtım, depolama ve uygulanabilirse zondaki üretim) bağlı zondaki kontrolsüz ısı girdisi

$Q_{I,h}$: DIN V 18599-5 ve DIN V 18599-7' de (iki değerin toplamı) ortalama günlük değer olarak tanımlanan, ısıtma sistemine (örneğin; dağıtım,depolama ve uygulanabilirse zonda üretim) bağlı zondaki kontrolsüz ısı girdisi

$Q_{I,vh}$: DIN V 18599-6 ($Q_{I,vh} = Q_{I,rv,i}$) ve DIN V 18599-7' de ortalama günlük değer olarak tanımlanan, mekanik havalandırma sistemine (örneğin; dağıtım, olarak tanımlanan, mekanik havalandırma sistemine (örneğin; dağıtım, havalandırmaya bağlı emisyon kayıpları) bağlı zondaki kontrolsüz ısı girdisi

$Q_{I,ch}$: DIN V 18599-7' de ortalama günlük değer olarak tanımlanan, soğutma sistemi/soğutma üretimine (uygulanabilirse, zondaki üretime bağlı) bağlı zondaki kontrolsüz ısı girdisi

$Q_{I,vc}$: DIN V 18599-6 ($Q_{I,vh} = Q_{I,rv,c,i}$) ve DIN V 18599-7' de ortalama günlük değer olarak tanımlanan, mekanik havalandırma sistemine (örneğin; dağıtım, havalandırmaya bağlı emisyon kayıpları) bağlı zondaki kontrolsüz soğutma girdisi

$Q_{I,c}$: DIN V 18599-6 ve DIN V 18599-7' de ortalama günlük değer olarak tanımlanan, soğutma sistemi/ soğutma üretimine (örneğin; dağıtım,depolama, uygulanabilirse zondaki üretim) bağlı zondaki kontrolsüz soğutma girdisi

3.1.7 Güneş kazançları

Güneş ışınımı, bina zonuna pencere ve diğer saydam yapı elemanlarından girmişse, bina zonunda direkt emilir ya da opak yapı elemanları tarafından dış kabukta emilir ve sonra bina zonu içinde iletilen ısının sonucuyla dolaylı olarak ısı kaynağı gibi davranır.

Güneş kazançları toplamı, tüm elemanların yüzeyleri için bağıntı 3.9 ile hesaplanır.

$$Q_S = \sum Q_{S,tr} + \sum Q_{S,op} \quad \textbf{(3.9)}$$

$Q_{S,tr}$: saydam yapı elemanlarından güneş ışınımına bağlı ısı kazancı toplamı

$Q_{S,op}$: opak yapı elemanlarından güneş ışınımına bağlı ısı kazancı toplamı

Güneş kazançları, saydam yüzeylerden ısı radyasyonu nedeniyle oluşan ısı kaynakları, opak elemanlardan güneş ısı kazançları, ıstılmayan veya soğutulmayan

camlı eklerden güneş ısı kazançları, bina zonundaki direkt güneş ısı kazançları, ısıtılmayan ve soğutulmayan camlı ekleri etkileyen ısı kazanımları dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Ayrıca, güneş kontrol elemanlarının etkisi, komşu binaların veya topografyanın gölgeleme etkisi, binanın kendisine ait çıkıntılarının gölgeleme etkisi, cam çift cephelerden güneş kazancı, saydam yüzeyler üzerindeki kirlilik oranı gibi etkiler de gerekli durumlarda hesaplamalara katılmaktadır.

3.1.8 İletim ve taşınım ile ısı geçişi

Bir yapı elemanından aktarılan ısı akışı, yapı elemanının her iki tarafındaki sıcaklıklara bağlı olarak, ısı kaynağı ya da negatif ısı kaynağı olarak davranır. Bina zonu, farklı sıcaklık seviyelerine sahip çeşitli alanlarla bitişik ise, iletim ısı kaynağı ve negatif ısı kaynağı aynı anda bulunabilir.

3.1.8.1 İletim ve taşınım ile negatif ısı kaynakları

İletim ile negatif ısı kazancı, zonun, komşu alanlarının ortalama sıcaklığının, iç sıcaklığından düşük olduğu tüm sınırlarında bulunur. Bu, genellikle dış çevre için tüm ısı iletimini içerir. İletim ile negatif ısı kazancı bağıntı 3.10 kullanılarak hesaplanır.

$$\vartheta_i > \vartheta_j \text{ için}, \quad Q_T = \sum_j H_{T,j} (\vartheta_i - \vartheta_j) \, t \qquad \textbf{(3.10)}$$

$H_{T,j}$: bina zonları ve bitişik alanlar arasındaki iletim ısı geçişi katsayı

ϑ_i : bina zonunun referens iç sıcaklığı

ϑ_j : bitişik bir zonun ortalama sıcaklığı veya aylık ortalama dış sıcaklık

t : hesaplama adımının uzunluğu (t=24 sa)

3.1.8.2 İletim ve taşınım ile ısı kaynakları

Bir yapı elemanından aktarılan ısı akışı, elemanın diğer tarafındaki sıcaklıklara bağlıdır (örneğin; ısı kaynağı veya negatif ısı kaynağı oluşturabilirler) ve bitişik zondaki ortalama sıcaklık, bina zonunun iç sıcaklığından yüksekse, ısı kaynağı olarak davranır. İletim ısı kaynaklarına bağlı ısı akışlarının hesabında, genellikle bağıntı 3.11 kullanılır.

$$\vartheta_i < \vartheta_j \text{ için}, \quad Q_T = \sum_j H_{T,j} (\vartheta_j - \vartheta_i) \, t \qquad \textbf{(3.11)}$$

$H_{T,j}$: bina zonları ve bitişik alanlar arasındaki iletim ısı geçişi katsayı

ϑ_i : bina zonunun referens iç sıcaklığı

ϑ_j : bitişik bir zonun ortalama sıcaklığı veya aylık ortalama dış sıcaklık

t : hesaplama adımının uygulandığı period (t=24 sa)

3.1.8.3 Dış ortama doğrudan iletim

Dış ortama direk iletim; dış ortama iletimden kaynaklanan ısı kazançları ve negatif ısı kazançları hesabı, dış ortam ısı geçişi katsayısının ısı köprüleri için standart bir kabul varsayılarak hesabı, dış ortam ısı geçişi katsayısının lineer ısıl geçirgenliği kullanılarak hesabı, ısıtılmayan veya soğutulmayan mekanlardan dış ortama ısı geçişinin hesabı, bitişik ısıtılan veya soğutulan zonlara ısı geçişi hesabı ve zemine ısı geçişi hesabıyla bulunur.

3.1.9 Havalandırma ile ısı geçisi

Havalandırma ısı akışı, boşluklar ve çatlaklardaki sızıntılarla ve pencere havalandırması veya mekanik havalandırma sistemiyle oluşur. Her durumda, bina zonuna giren havanın dengelenmesi gerekir. Zona giren havanın sıcaklığına bağlı olarak, hava akımı, ısı kaynağı veya negatif ısı kaynağı oluşturur. Zon, farklı sıcaklıklarda çeşitli alanlarla bitişikse, farklı hava akımları, aynı zamanda havalandırma ısı kaynaklarına ve havalandırma ile negatif ısı kaynaklarına sebep olurlar.

3.1.9.1 Havalandırma ile negatif ısı kaynakları

Zon içerisine giren havanın ortalama sıcaklığı zonun iç hava sıcaklığından düşükse, dış hava sızıntısına bağlı havalandırma ile negatif ısı kaynakları, pencere havalandırmasına bağlı havalandırma ile negatif ısı kaynakları, mekanik havalandırmaya bağlı soğuk kazanımları ve diğer zonlarla hava değişimine bağlı havalandırma ile negatif ısı kaynakları dikkate alınır. Havalandırma ile negatif ısı kaynaklarına bağlı ısı akışı bağıntı 3.12 ile bulunur.

$$\vartheta_i > \vartheta_k \text{ için}, \quad Q_V = \sum_k H_{V,k} \left(\vartheta_j - \vartheta_k \right) t \qquad \textbf{(3.12)}$$

$H_{V,k}$: dış hava havalandırmasıyla ısı geçiş katsayısı, başka bina zonundan veya havalandırma sisteminden gelen hava

ϑ_i : bina zonunun referens iç sıcaklığı

ϑ_k : aylık ortalama dış sıcaklık veya başka bir zondan hava veya havalandırma sisteminden elde edilen ortalama hava sıcaklığı

t : hesaplama adımının uygulandığı period (t=24 sa)

3.1.9.2 Havalandırma ısı kaynakları

Havalandırmaya bağlı ısı kaynakları, örneğin; hava ısıtmasıyla, havalandırma sisteminden sağlanan ısıtılan havayla oluşur. Ortalama dış sıcaklığın iç sıcaklıktan yüksek olduğu istisnai durumlarda, dış hava sızıntıları gibi pencere havalandırması da ısı kaynağı oluşturur.

Zon içerisine giren havanın ortalama sıcaklığı zonun iç hava sıcaklığından yüksekse, dış hava sızıntısına bağlı havalandırma ısı kaynakları, pencere havalandırmasına bağlı havalandırma ısı kaynakları, mekanik havalandırmaya bağlı ısı kaynakları ve diğer zonlarla hava değişimine bağlı havalandırma ısı kaynakları dikkate alınır.

Havalandırma ısı kaynaklarına bağlı ısı akışı bağıntı 3.13 ile bulunur.

$$\vartheta_i < \vartheta_k \text{ için}, \quad Q_V = \sum_k H_{V,k} \left(\vartheta_k - \vartheta_i \right) t \qquad \textbf{(3.13)}$$

$H_{V,k}$: dış hava havalandırmasıyla ısı geçiş katsayısı, başka bina zonundan veya havalandırma sisteminden gelen hava

ϑ_i : bina zonunun referens iç sıcaklığı

ϑ_k : aylık ortalama dış sıcaklık veya başka bir zondan hava veya havalandırma sisteminden elde edilen ortalama hava sıcaklığı

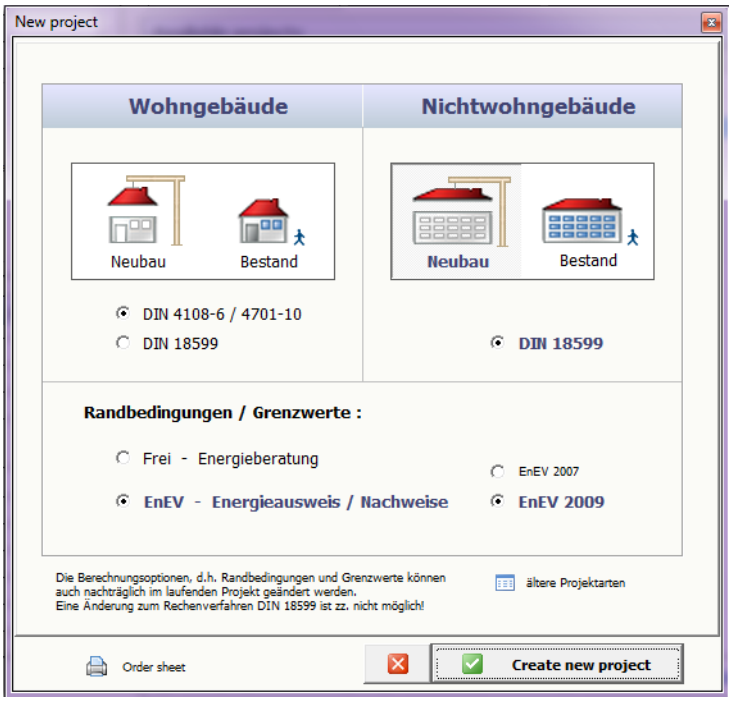
t : hesaplama periyodu [30].

3.1.10 Enerji performansı hesaplama yazılımı (Energieberater Plus)

Almanya' da, enerji değerlendirmesi için baskın bir yazılım bulunmamaktadır. Alman piyasasında birkaç çeşit farklı yazılım uygulaması vardır [31]. IBP 18599 (Microsoft Excell tabanlı), EnEV 2009 (Microsoft Excell tabanlı), EVA 18599 ve Energieberater Plus yazılımları bu programlara örnektir.

Energieberater Plus, konut binaları için DIN V 4108-6/4701-10 ve DIN V 18599, konut dışı binalar için de DIN V 18599 standartlarına göre hesaplama yapmaktadır. Şekil 3.5’ te görüldüğü gibi hesaplamanın hangi standarta göre yapılacağına ve binanın mevcut (bestand) ve yeni (neubau) bina olması durumuna göre proje yaratılabilmektedir. Konut binaları (wohngebäude) için DIN 4108-6/ DIN 4701-10

ve DIN 18599 standartlarına göre, konut dışı binalar (nichtwohngebäude) için DIN 18599 standartına göre hesaplama yapılmaktadır. Sınır koşullar için de EnEV 2007 ve EnEV 2009 seçilerek Almanya için belirlenmiş standart değerler kullanılabildiği gibi serbest seçim yapılarak Şekil 3.6' daki iklim bölgelerine ait değerler kullanılabilmektedir.

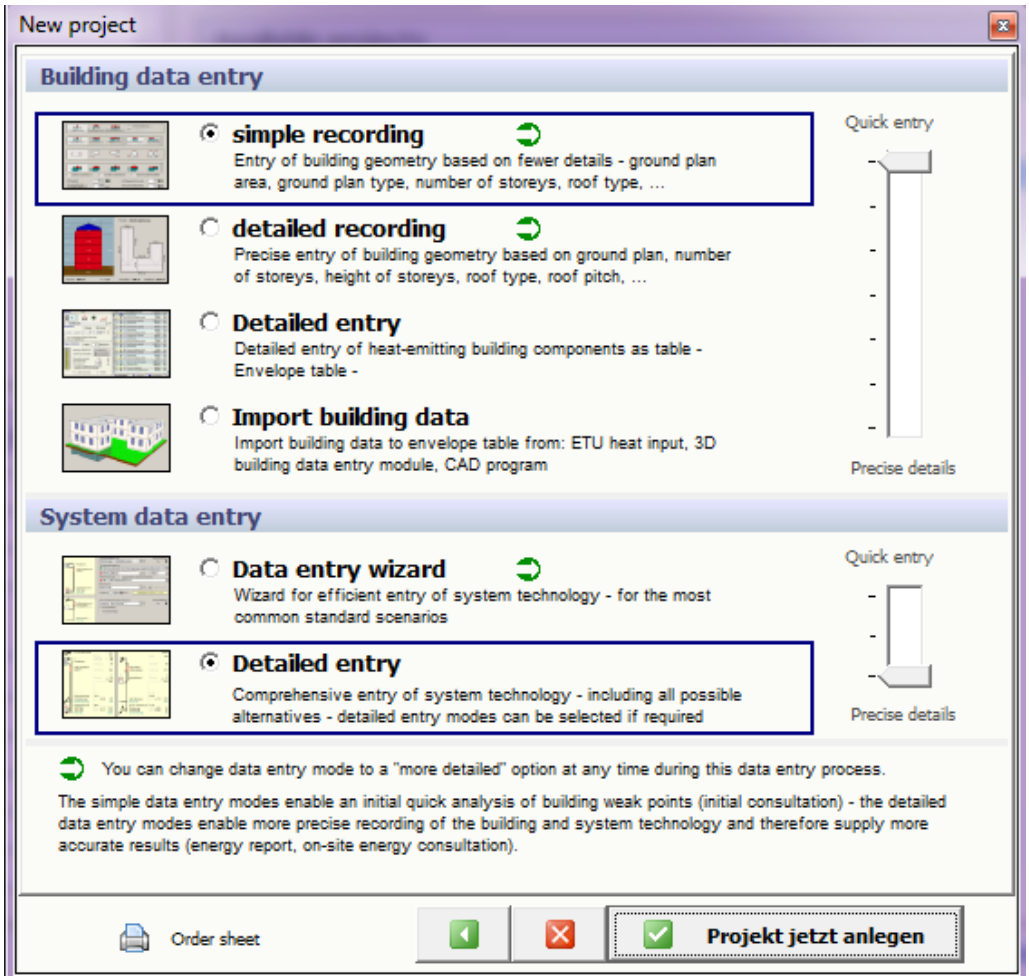


Şekil 3.5: Energieberater proje yaratma ekranı [32].



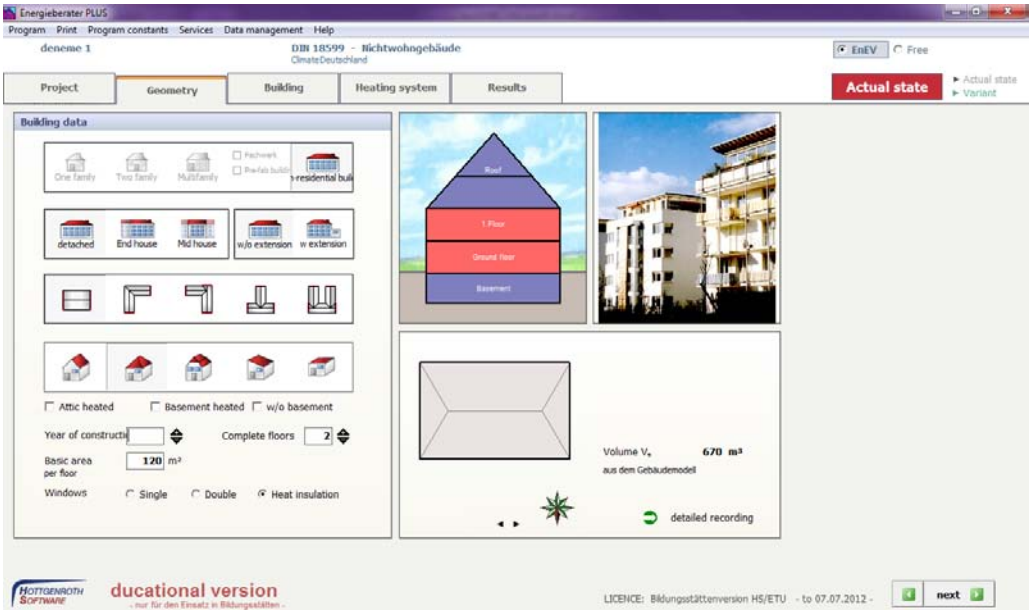
Şekil 3.6: DIN 4108/6' ya göre tanımlanan iklim bölgeleri [32].

Ayrıca, program, Şekil 3.7' de gösterildiği gibi, bina ve sistemlere ilişkin verilerin girilmesinde, basit ve detaylı veri girişlerine olanak vermektedir. Basit kayıtta bina geometrisiyle ilgili kat planları, kat sayısı, çatı tipi gibi özellikler için daha az detay verilirken, detaylı kayıtta tam ve detaylı bilgiler girilir. Detaylı girişte ise ısı yayan bina elemanları ve bina kabuğu için detaylı tablolar oluşturulabilmektedir. Ayrıca programa ait üç boyutlu bina veri girişi modülü ile bina modellenerek bu modülden veri alınabilmektedir.

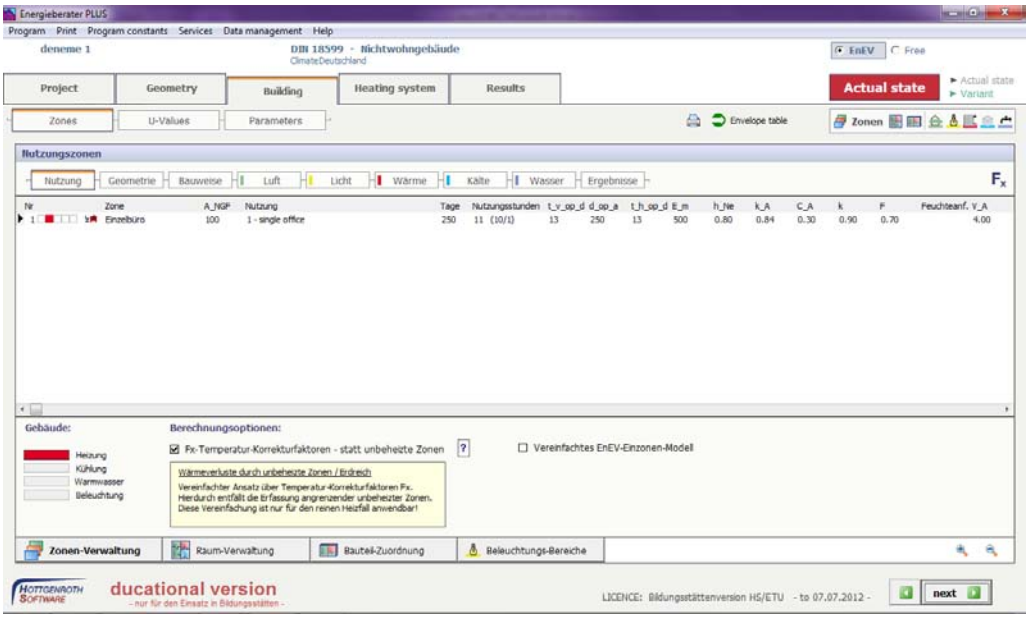


Şekil 3.7: Bina ve sistem veri giriş detayının belirlenmesi [32].

Basit kayıt seçildiği takdirde, Şekil 3.8' de gösterilen tanımlı bina datalarından, binanın geometrisi, konumlanışı, çatı tipi seçilerek kat alanı, kat sayısı ve pencere tipine ait bilgiler girilebilmektedir. Daha sonraki aşamada ise Şekil 3.9' da görüldüğü gibi zonlar belirlenir. Ayrıca bu aşamada belirlenen zonlara ait geometri, inşaat, havalandırma, aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerine ait bilgiler de girilebilir.

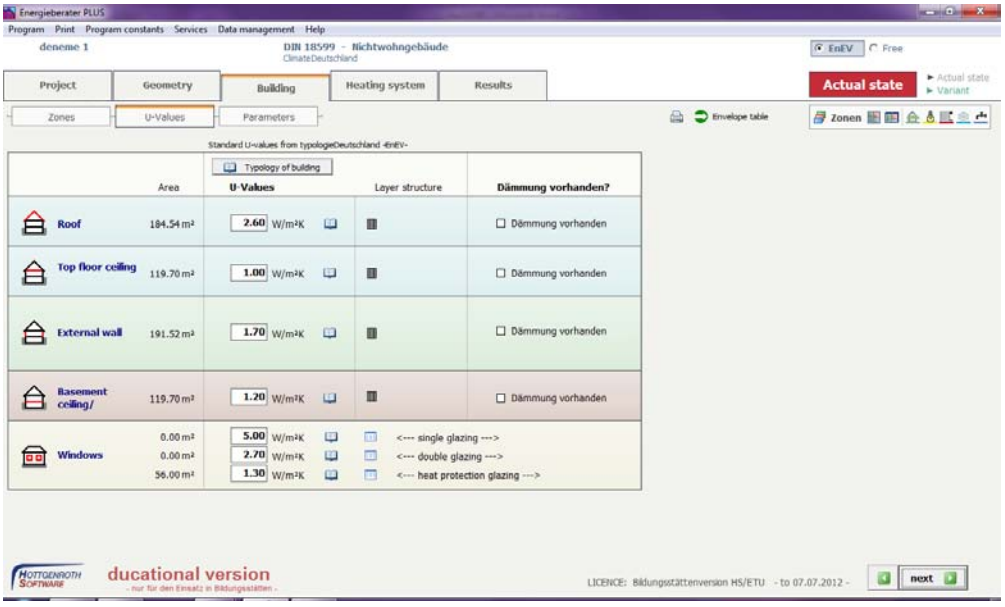


Şekil 3.8: Bina geometrisinin tanımlanması (basit detaylı veri girişi) [32].

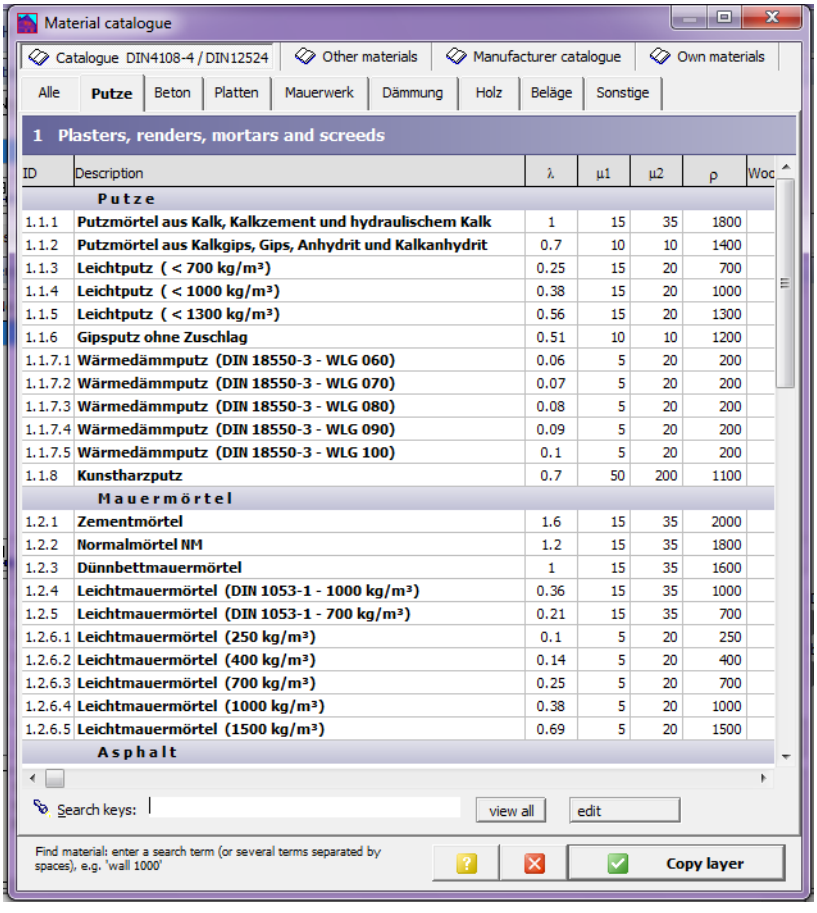


Şekil 3.9: Bina zonlarının belirlenmesi (basit detaylı veri girişi) [32].

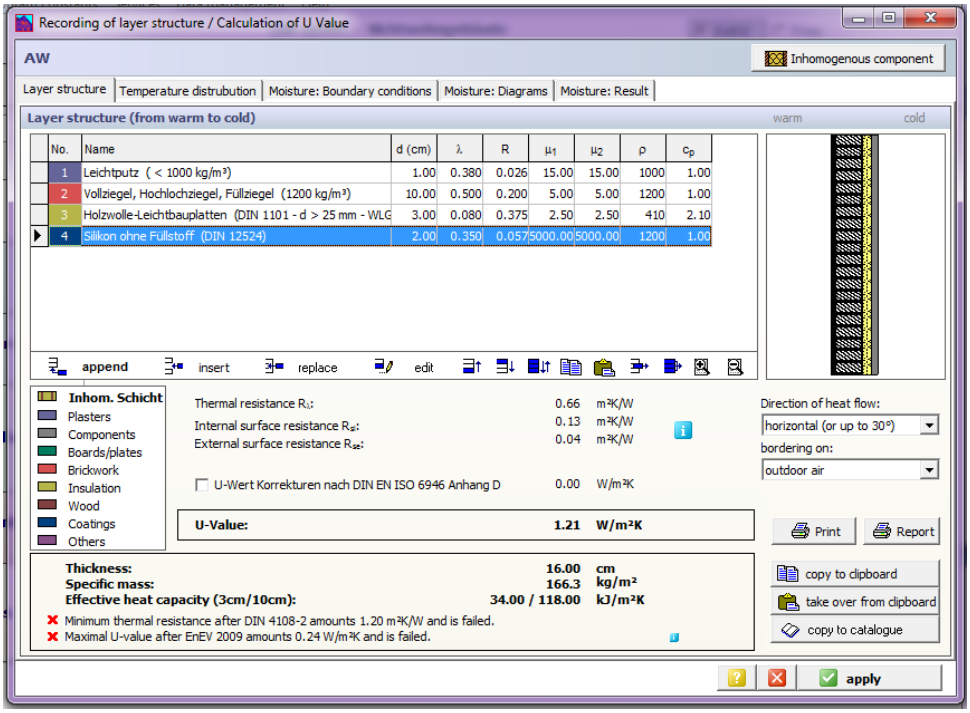
Basit kayıt seçeneğinde, seçilen geometri için tanımlanmış yapı elemanlarının U değerleri Şekil 3.10' daki gibi girilmektedir. Malzemeler Şekil 3.11' de görülen ve DIN 4108-4 standartına göre hazırlanan programda tanımlı malzeme veri tabanından seçileceği gibi bu veri tabanında bulunmayan malzemelerin de U değerleri girilebilmektedir. Ayrıca yapı elemanlarının katmanlarına ait malzemelerin seçilmesiyle Şekil 3.12' de gösterildiği gibi yapı elemanlarının U değerleri hesaplanabilmektedir.



Şekil 3.10: Yapı elemanlarının U değerlerinin belirlenmesi (basit detaylı veri girişi) [32].

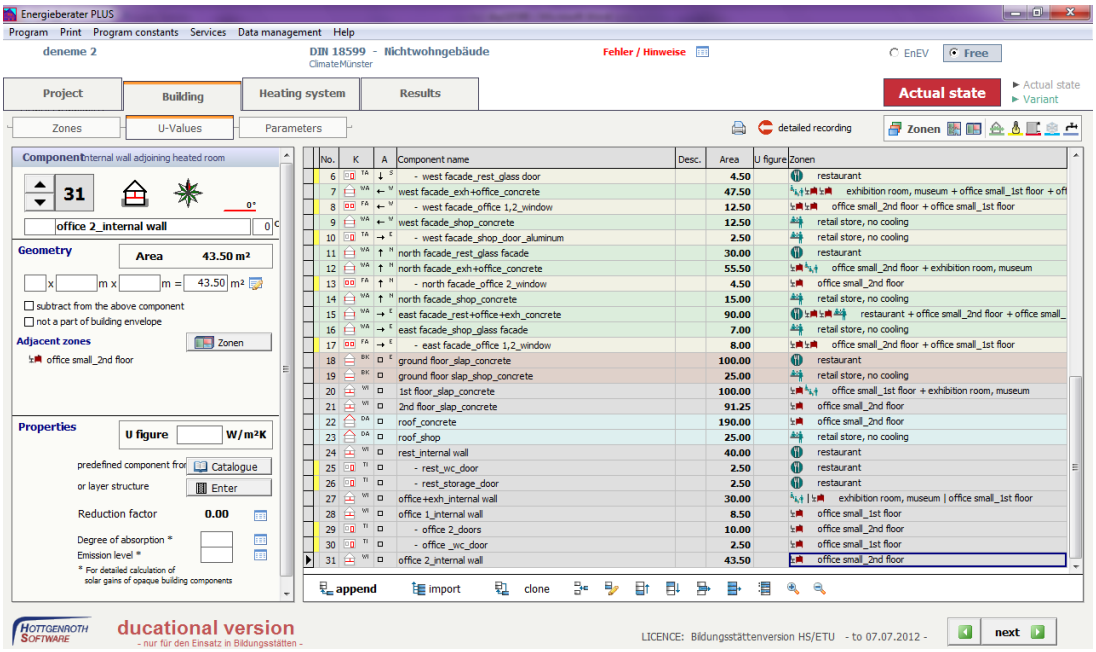


Şekil 3.11: DIN 4108-4' e göre malzeme veri tabanı [32].



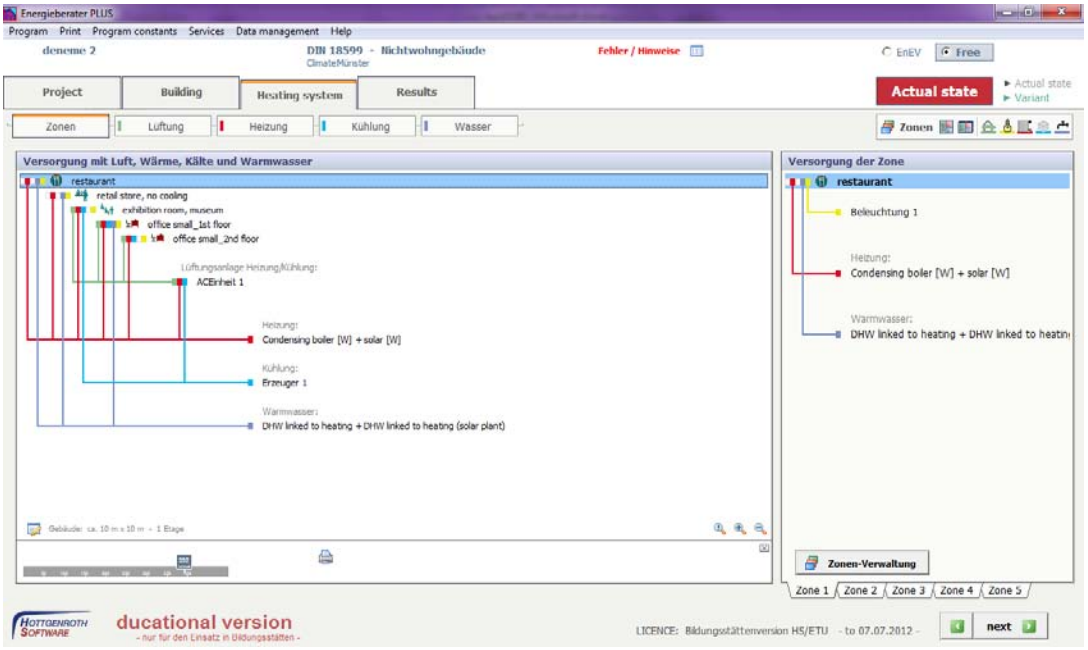
Şekil 3.12: U değeri hesaplanması [32].

Detaylı kayıt seçilmesi durumunda ise, Şekil 3.13' teki gibi bina, yapı elemanlarının kullanıcı tarafından belirlenmesiyle modellenir ve yapı elemanlarına ait U değerlerinin girişi basit kayıt seçeneğindeki gibi malzeme veri tabanından seçim yapılarak, yapı elemanlarının katmanlarının belirlenmesiyle U değerlerini hesaplayarak veya bilinen U değeri girilerek yapılır.



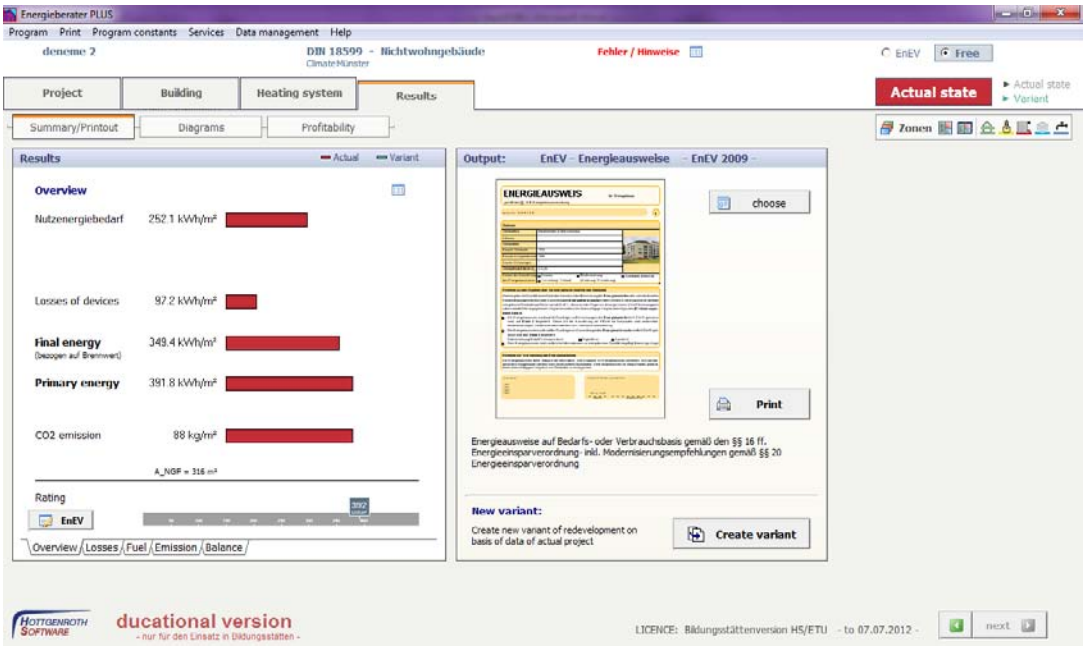
Şekil 3.13: Yapı elemanlarının U değerlerinin belirlenmesi (detaylı veri girişi) [32].

Bina modellemesi, zonların belirlenmesi ve ısıtma, havalandırma, soğutma, sıcak su ve aydınlatma sistemi ile ilgili verilerin girişi Şekil 3. 14' teki gibi yapıldıktan sonra 'heating systems' aşamasında hangi zonda hangi sistemin kullanıldığı görülebilir ve bu sistemlere ait değişiklik, düzeltme ve veri girişleri bu aşamada da yapılabilir



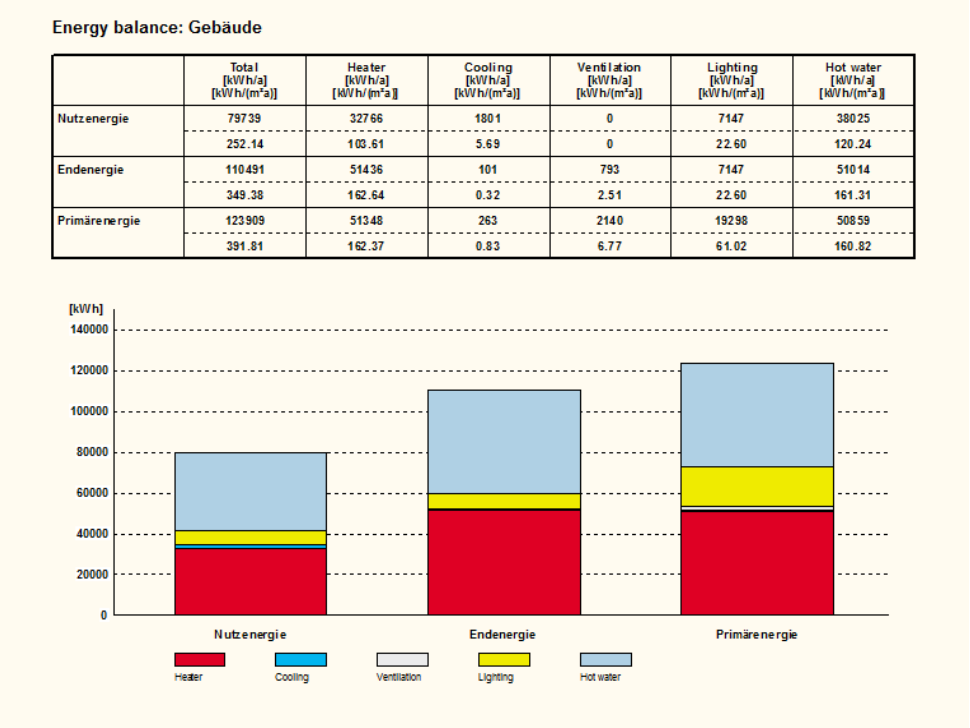
Şekil 3.14: Mekanik sistem verilerinin girişi [32].

Hesaplama sonucunda, Şekil 3. 15' teki gibi net enerji, sistem kayıpları, birincil enerji ve karbondioksit emisyonuna ilişkin değerler ile bina sertifikası elde edilir.



Şekil 3.15: Sonuç ekranı [32].

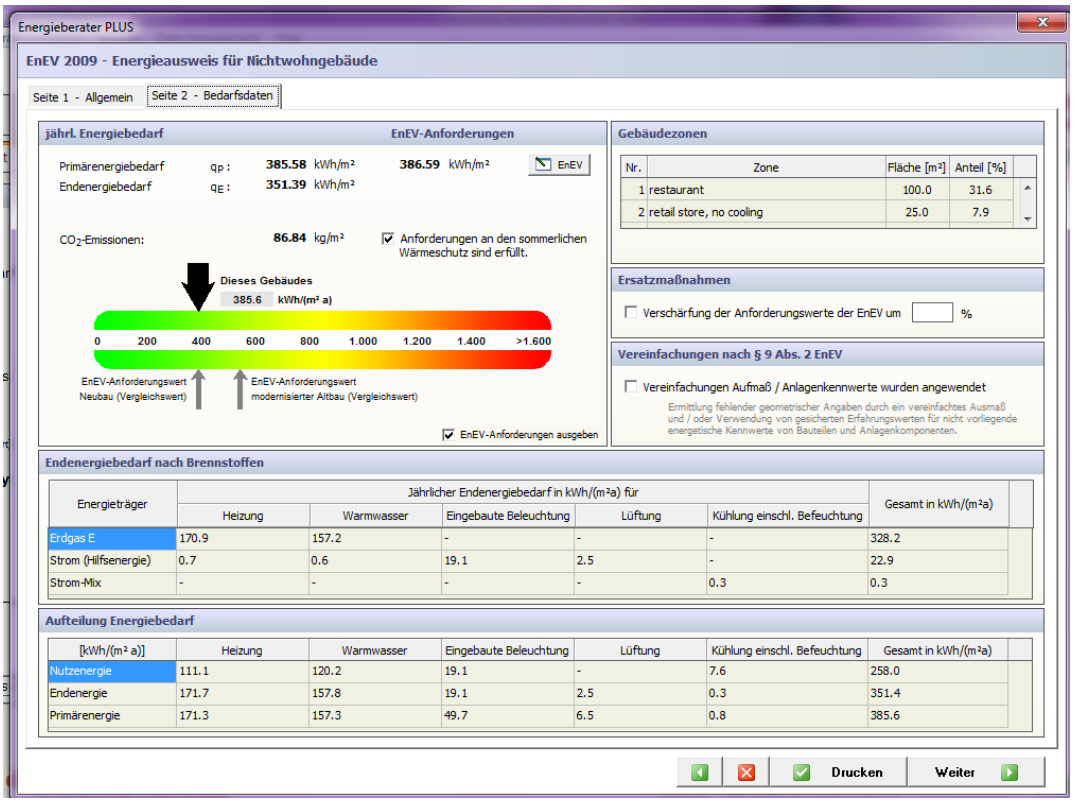
Program, Şekil 3.16' daki gibi, sonuçlara ilişkin tablo ve grafikler de oluşturur ve Şekil 3.17' deki enerji sertifikasında, sonuçların detaylı gösterimi elde edilir [32].



Energy balance: Gebäude

	Total [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heater [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Cooling [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Ventilation [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lighting [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Hot water [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	79739	32766	1801	0	7147	38025
	252.14	103.61	5.69	0	22.60	120.24
Endenergie	110491	51436	101	793	7147	51014
	349.38	162.64	0.32	2.51	22.60	161.31
Primärenergie	123909	51348	263	2140	19298	50859
	391.81	162.37	0.83	6.77	61.02	160.82

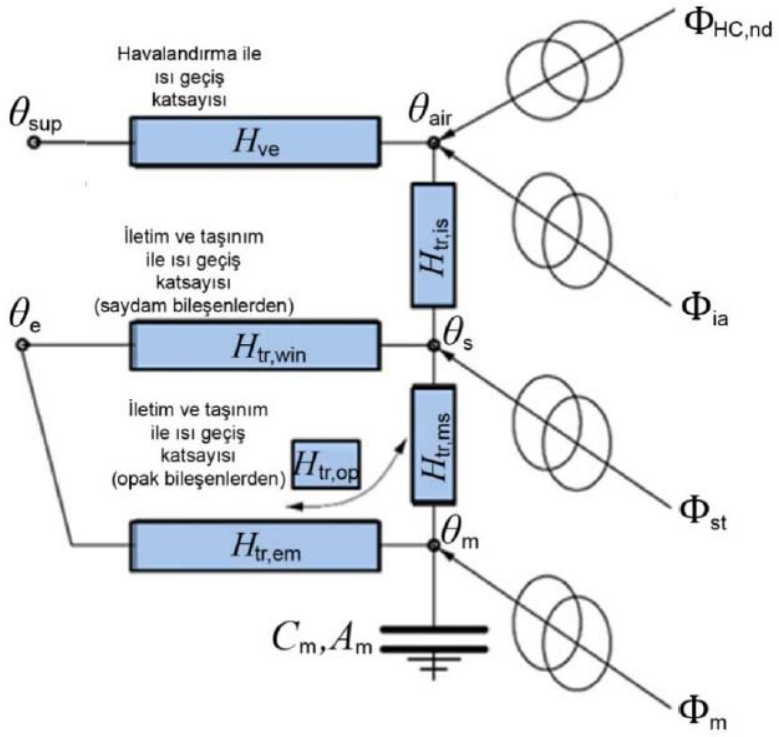
Şekil 3.16: Sonuç diagramları [32].



Şekil 3.17: Enerji sertifikası [32].

3.2 Türkiye Bina Enerji Sertifikasyon Sistemi (BEP-TR)

BEP-TR saatlik iklim verisi ve zaman çizelgelerini kullanan, ısıtma-soğutma mevsimlerinin ayrıca belirlenmesine gerek olmayan, Şekil 3.18' deki RC (direnç-kapasite) modeli ile binanın saatlik ısıl davranışını gerçeğe yakın şekilde yansıtabilen, konfor koşullarının operatif sıcaklığa bağlı olarak tanımlanmasını olanaklı kılan, bina enerji yüklerine etki eden güneş kazançlarını, güneşin yıl, gün ve saat içindeki pozisyonunu dikkate alarak, güneş kontrol elemanlarının etkisini de hesaba katabilen, uzun dalga ışınımla atmosfere kaçan ısıyı dikkate alabilen yarı dinamik bir metottur [33].



Şekil 3.18: Direnç kapasite modeli [33].

Bina enerji performansı hesaplama yöntemi, binanın enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin, binaların enerji verimliliğine etkisini değerlendirmek ve binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanması, binanın toplam ısıtma-soğutma enerji tüketiminin belirlenmesi, havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesi, aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanması ve sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanması ile binanın enerji performans sınıfını belirlemek için geliştirilmiştir.

Hesaplama yöntemi konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller ile alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tipolojilerindeki mevcut ve yeni binaların enerji performansını değerlendirmek için kullanılır [22].

Enerji kimlik belgesinin (EKB) verilmesinde kullanılacak olan ulusal hesaplama yöntemi BEP-TR, EPBD tarafından öngörülen yöntemler çerçevesinde Türkiye şartları için geliştirilmiştir. EPBD kapsamında, binaların ısıtılması ve soğutulması için ihtiyaç duyulan net enerjinin hesaplanmasında Türk Standartları tarafından da benimsenmiş olan TS EN ISO 13790 esas alınmaktadır. Bu dökümanda BEP-TR' de kullanılan saatlik yöntemin ana hatları verilmektedir. Bu yöntemin BEP-TR' de esas alınmak üzere seçilmesinin nedeni, ısıtma ve soğutma mevsimlerinin ayrıca belirlenmesini gerektirmemesi ve geçiş mevsimlerinde de net enerji miktarının hesaplanmasını olanaklı kılmasıdır.

Tüm binalar için geçerli olan ve böylece ülkemizdeki binlerce binayı kapsayacak bu zorunlu uygulamanın, hem hatalı kullanmayı önleyecek kullanım kolaylığının olması, hem de kısa sürede yapılarak işlem maliyetinin düşük olması gerekmektedir. Ayrıca enerji sınıfının sağlıklı olarak karşılaştırılabilmesi için karşılaştırmanın standart koşullarda yapılması zorunludur. Örneğin aynı işleve sahip kategorideki binaların eşit kullanım saati, eşit konfor şartları, eşit ekipman ve insan kaynaklı iç kazanç kabulü yapılarak karşılaştırılması gerekmektedir. Bütün bu gerekçelere bağlı olarak, detaylı enerji simülasyon araçlarının bu amaçla kullanımlarının pratik ve ekonomik olmaması nedeniyle, AB ülkeleri başta olmak üzere çoğu ülke binalara kimlik belgesi vermek için kullanılacak uygun yöntemler ve simülasyon araçları geliştirmiştir. BEP-TR de bu sınırlar içerisinde Türkiye için geliştirilmiş ulusal yöntemdir.

BEP-TR, halen geliştirilmekte olup hesaplama ve kullanım bakımından bir takım sorunlara ve eksikliklere sahiptir. Bu sebeple metodolojinin geliştirilmesinde ve geliştirilmesinden sonra sorun çıkabileceği düşünülen noktalarda, BEP-TR' yi hazırlayan methodoloji ekibi tarafından Ankara ve Antalya' da birer ofis binası için dinamik programlarla paralel olarak yapılan test çalışmaları sonucunda, BEP-TR ile ilgili bazı önemli sorunlar tesbit edilmiştir. Bu çalışmaların sonuçlarına göre, Ankara' daki ofis binasında kış aylarında dahi soğutma ihtiyacı görülmektedir. Antalya ofis binası için de, TS 825 bazı bölgelerde binanın enerji ihtiyacını artıracak düzeyde yalıtım öngörmektedir. Ayrıca bu bina için yapılan test çalışmasından

çıkarılan diğer bir sonuca göre, ısıtma enerjisi ihtiyacının yok denecek kadar düşük olması durumunda kurulu bir ısıtma sistemin olmaması kabul edilebilir bir durum olmasına rağmen, metodolojide bir sınır değer belirlenmediği ve referans bina ısıtma için merkezi doğal gazlı sistemi kabul ettiği için bu kadar küçük bir ihtiyaç gereksiz yere binayı ısıtmada G sınıfına götürebilmektedir.

Tüm bu testlerden çıkarılan sonuçlara göre, öncelikle bina enerji performans sınıfı belirlenirken referans binanın TS 825' e göre tanımlanması nedeniyle bu konudaki problemin ortadan kaldırılabilmesi için TS 825' in ve referans bina tanımının değiştirilmesi gerekmektedir. İkinci olarak da bina enerji sınıfını metodolojide tanımlandığı şekilde belirlemek üzere hesaba katılacak olan enerji ihtiyacının sınır değerlerinin farklı iklim bölgelerinde, farklı bina tipolojilerinde çok sayıda testler yapılıp belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, bunlara ek olarak, uygulamalar sırasında ciddi sorunlar yaşanacak olan büyük ölçekli ve ısıl zonları açısından karmaşık otel, hastane...vb binalar için basitleştirilmiş BEP-TR yöntemi ile uygun bir çözüm bulunamazsa, bu binaların nasıl bir yöntem ile sertifikalandırılacağına yönelik testler de yapılmalıdır [4].

Bu bölümde, BEP-TR' ye ait olan ve bina enerji performansını etkileyen net enerji ihtiyacı girdileri; zonlama methodu, iklim verileri, malzeme verileri, bina tipolojisi, bina geometrisi, iç ısı kazançları, güneş kazançları, iletim ve taşınımla ısı geçişi ve havalandırma ile ısı geçişi ve enerji performansı hesaplama yazılımı BEP-TR incelenmiştir.

3.2.1 Zonlama metodu

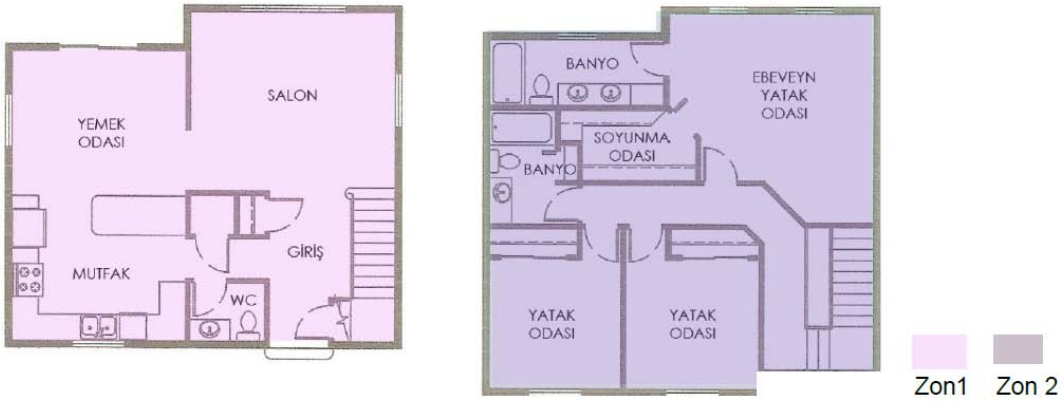
Binada kullanılan mekânlar, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin çalışma özellikleri, mekândaki aktivite durumu, kullanıcı profilleri, iç kazançlardaki farklılıklar gibi ısıl etmenlere göre farklı gruplara ayrılırlar. Benzer özellikler gösteren her bir grup zon olarak isimlendirilir ve her bir zon bağımsız birim olarak hesaplama yönteminde ayırt edici özellikleriyle tanımlanmalıdır.

Zonlara ayırma kriterleri bina fonksiyonlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ancak tüm fonksiyonlarda katlar arasında alanlar ve engel durumu değişiklik gösterebileceğinden, katlar arasında sistemler, iç kazançlar ve konfor sıcaklık değerleri aynı olsa bile her kat ayrı birer zon olarak ele alınmaktadır.

Bu yöntemde kullanılan çok zonlu hesaplama için (bağımsız çok zonlu hesaplama), zonlar arasında iletim/taşınım ile ve hava hareketi/sızıntısı ile ısı geçişi hesaba katılmaz. Her zon için ayrı ayrı yapılan hesaplama bağımsız tek zonlu hesaplamalar serisi olarak kabul edilir. Aynı ısıtma ve soğutma sistemlerini paylaşan zonlarda, ısıtma ve soğutma için enerji ihtiyacı, bağımsız zonlar için hesaplanan enerji ihtiyacının toplamıdır.

3.2.1.1 Müstakil konutlarda zonlama

İklimlendirilen zonlar içerinde yer alan küçük iklimlendirilmeyen mekanlar (wcler, kilerler, vb. gibi) kapıların sık sık açık kalması durumu göz önünde bulundurularak iklimlendirilen mekânlar olarak sayılmaktadır. İklimlendirilmeyen bağımsız bodrum katı gibi mekanlar ise iklimlendirilmeyen zon olarak ele alınır. Müstakil konutlar için zonlama örneği Şekil 3.19' da görülmektedir .



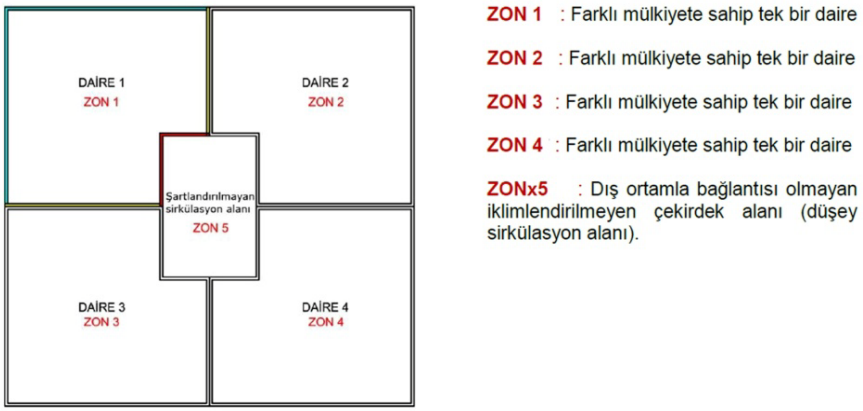
Şekil 3.19: Müstakil konutlarda zonlama örneği [34].

3.2.1.2 Apartmanlarda zonlama

Bina farklı daireler şeklinde zonlara bölünmüşse, zonlar arasında ısı geçirimsiz (adiyabatik) sınırlar olduğu varsayılarak her zon için bağımsız tek zon yöntemi kullanılır. Bu uygulama, zonlar arasında ısıl etkileşim olmaksızın bağımsız çok zonlu hesaplama olarak adlandırılır. Apartman tipli konut zonlama örneği Şekil 3.20' de verilmiştir.

Çekirdeğin iklimlendirilmesi durumunda çekirdek ile daireler arasında ısı geçişi olmadığı kabul edilir ve çekirdeğin iklimlendirilmesi için gerekli enerji miktarı dairelerin alanlarıyla orantılı olarak dairelere paylaştırılır. Çekirdek alanının dış

ortamla bağlantısı olması durumunda, çekirdek ve daire duvarı arasındaki ısı geçişi hesaplarında sıcaklık farkı için düzeltme katsayısı uygulanır.



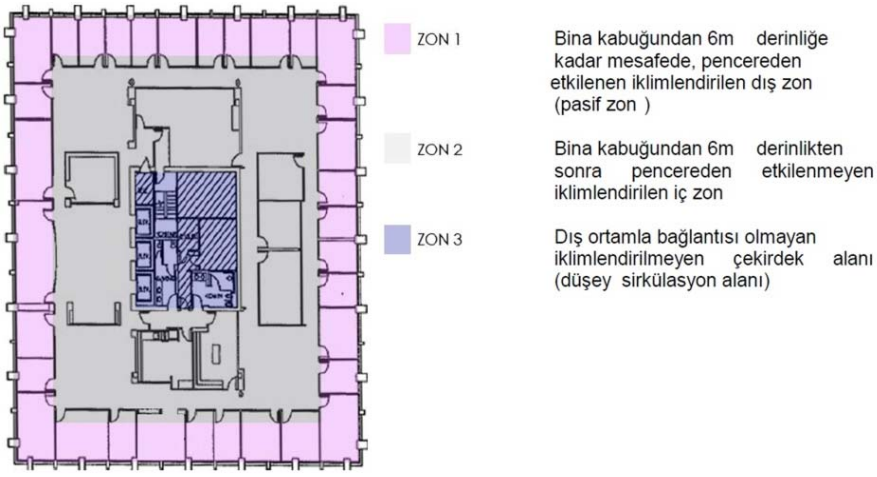
Şekil 3.20: Apartmanlarda zonlama örneği [34].

3.2.1.3 Rezidanslarda zonlama

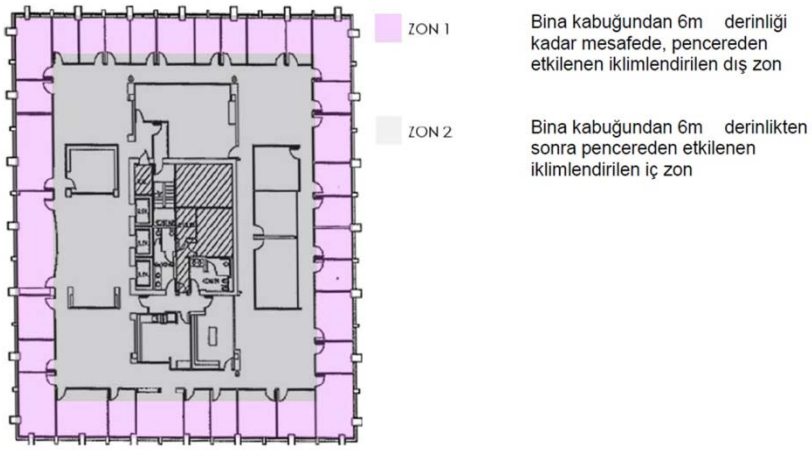
Rezidanslarda basitleştirilmiş bir kabul ile her kat tek zon olarak hesaplanmaktadır. Ancak her katta mekan fonksiyonları kullanıcıya tanımlatılarak alan ile orantılı olarak iç kazanç ve konfor sıcaklığı değeri kat başına belirlenir.

3.2.1.4 Ofislerde zonlama

Çekirdeği iklimlendirilmeyen ofislerin zonlama modeline örnek Şekil 3.21' de, çekirdeği iklimlendirilen ofislerin zonlama modeline örnek Şekil 3.22' de verilmiştir.



Şekil 3.21: Çekirdeği iklimlendirilemeyen ofislerde zonlama örneği [34].



Şekil 3.22:Çekirdeği iklimlendirilen ofislerde zonlama örneği [34].

3.2.1.5 Eğitim binaları, oteller, sağlık binaları ve alışveriş ve ticaret merkezlerinde zonlama

Basitleştirilmiş bir kabul ile her kat tek zon olarak hesaplanmaktadır. Ancak her katta mekan fonksiyonları kullanıcıya tanımlatılarak alan ile orantılı olarak iç kazanç ve konfor sıcaklığı değeri kat başına belirlenir.

3.2.2 İklim verileri

Türkiye için oluşturulmuş olan Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi saatlik hesap adımını kullanır ve gerekli iklim verileri detay ve hassasiyet olarak saatliktir.

BEP-TR' de; meteorolojiden alınan iklim verilerine göre, yatay düzlem üzerinde ölçülen toplam ışınım sisteminden hareketle cepheler üzerindeki farklı yönler ve eğimler için saatlik kazançlar dikkate alınarak hesaplama yapılmaktadır.

Çizelge 3.4: Merkez istasyonlar dışındaki istasyonların kullanıldığı iller ve ilgili istasyonlar [34].

Şehir	Seçilen istasyon
Burdur	Tefenni
İstanbul_1	Florya
İstanbul_2	Göztepe
İstanbul_3	Kumköy
İstanbul_4	Şile
Şırnak	Cizre

Bina enerji performansı değerlendirmesi için, binanın bulunduğu il ve ilçeye bağlı iklim verileri kullanılır. Türkiye için kullanılan iklim verileri, İstanbul dışında bütün illerin, öncelikli olarak merkez meteoroloji istasyonlarından, eksik verinin çok

olması durumunda ise merkeze en yakın meteoroloji istasyonlarından alınmıştır. İstanbul için ise dört istasyona ait veri bulunmaktadır. Çizelge 3.4' te, iklim verilerinin merkez istasyonlar dışındaki istasyonlardan alındığı iller ve ilgili istasyonlar görülmektedir [34].

3.2.3 Malzeme verileri

Isı geçişi ve güneş ışınımı kazanç hesaplarında kullanılmak üzere bina kabuk malzemelerinin ilgili özelliklerinin listesi, TS 825, EN 10456, BS EN 12524, CE71 (2004) UK NCM, AD_L2 (2002 Edition), BR 443, DOE2 ASHREA, Radiative Heat Transfer, Michael F. Modest-The Pennsylvania State University, Thermal Radiation Heat Transfer, Robert Siegel-Nasa Lewis Research Center, John R. Howell, kaynaklarına dayanılarak opak bileşenler için derlenmiştir.

Isı geçişi ve güneş ışınımı kazanç hesaplarında kullanılmak üzere saydam kabuk bileşenlerinin ilgili özellikleri ise Türkiye' de yaygın olarak kullanılan camlar için üretici bilgilerinden yararlanılarak derlenmiştir. Bu özellikler aydınlatma hesapları için ortak değerleri de içermektedir [33].

3.2.4 Bina tipolojisi

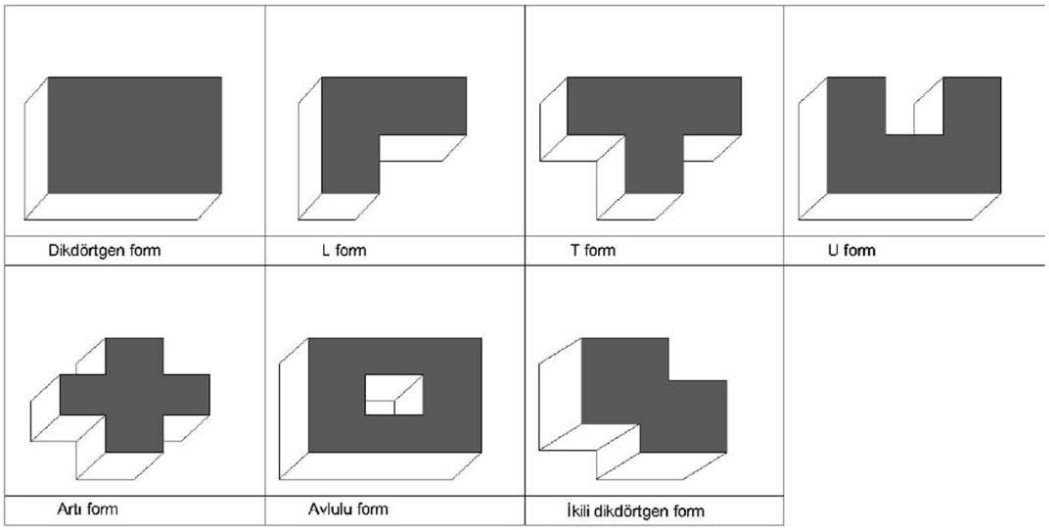
Hesaplama yöntemi konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller ile alışveriş ve ticaret merkezleri gibi bina tipolojilerindeki mevcut ve yeni binaların enerji performansını değerlendirmek için kullanılır.

3.2.5 Bina geometrisi

3.2.5.1 Bina formları

Hesaplama yöntemi, bina geometrisinin basitleştirilmiş yöntem ile tanımlanmasını sağlayan bina formlarını içermektedir. Yöntemde, yazılım kullanımında kolaylık sağlamak açısından yaygın olarak kullanılan formlar Şekil 3.23' te verilmiştir.

Tüm formlarda yüzeylerin birbirlerine dik olduğu kabul edilmiştir, bu nedenle farklı açıyla birleşmiş yüzeyler için genelleme yapılmaktadır. Yazılımın bugünkü şeklinde, enerji tüketimi hesaplanması istenen bina, verilen formlardan en yakın bina formuna indirgenerek modellenmektedir. Ayrıca yazılımın çizime dayalı modelleme de yapabilmesine yönelik çalışmalar halen devam etmektedir.



Şekil 3.23: BEP-TR bina formları [34].

3.2.5.2 Çatı formları

Çatı yüzey alanı/alanları yüzeyin formuna ve eğimine göre hesaplanır. Yüzey alanları için yardımcı formüller verilmiştir. Yardımcı şema ise Şekil 3.24' te görülmektedir.

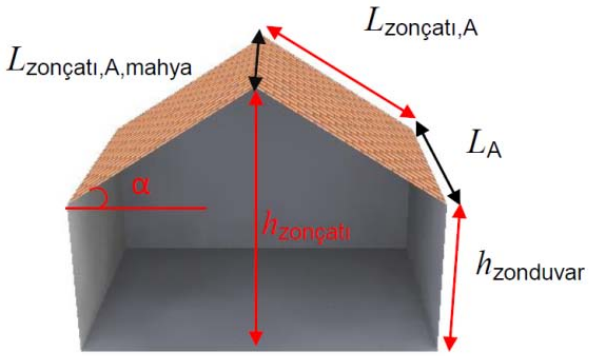
$$L_{\text{zonçatı, A}} = (h_{\text{zonçatı}} + h_{\text{duvar}}) / \sin \alpha_A \quad \textbf{(3.14)}$$

$L_{\text{zonçatı}}$: çatı yüzey uzunluğu

$L_{\text{zonçatı,A}}$: çatı zonu için döşemeden mahyaya kadar olan yükseklik, m

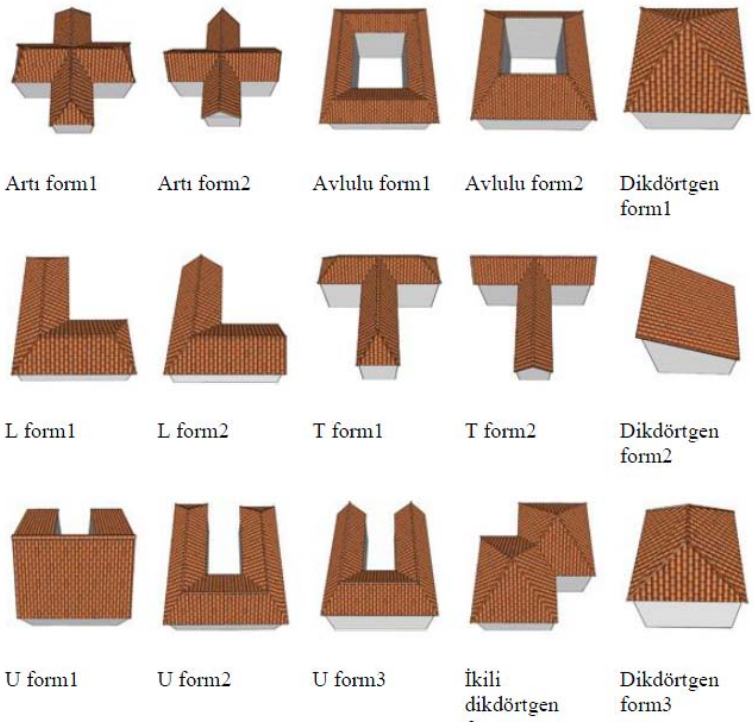
h_{duvar} : çatı zonu için, alanı hesaplanacak olan yüzeyin oturduğu duvarın döşemeden yüksekliği, m

α_A : çatı alanı hesaplanacak olan yüzeyin eğim açısı, m



Şekil 3.24: Çatı boyutları [34].

Çatı formları bina formlarına bağlı olarak aşağıdaki Şekil 3.25' ten seçilir.



Şekil 3.25: Çatı formları [34].

3.2.6 İç ısı kazançları

İç kazançlar, negatif kazançlar dahil olmak üzere (iç ortamdan soğuk kaynaklara yayılan ısı), iç ısı kaynaklarından kazanılan ısıdır.

Bu hesaplama yönteminde göz önüne alınan iç kazançlar; insanlardan, metabolik aktiviteye bağlı, duyulur ve gizli ısı kazançları, cihazlardan yayılan duyulur ve gizli ısı kazançları ve aydınlatma aygıtlarından ısı kazançları içerir.

İç kazançlar (insanlardan ve cihazlardan), hesabı yapılan zonun fonksiyonuna göre değişiklik göstermektedir. Zondaki aktiviteye bağlı olarak insanlardan ısı kazançları, hacimdeki ekipman yoğunluğuna bağlı olarak cihazlardan ısı kazançları hesaplanır. Ayrıca hesabı yapılan binanın fonksiyonuna göre binanın zonlaması farklılık gösterdiğinden toplam iç kazanç hesabı değişir.

3.2.6.1 Müstakil konutlar ve apartman dairelerinde iç ısı kazançları

Konut birimlerinde iç kazanç değerleri, mutfak ve salon alanları için m^2 başına duyulur ısı kazanç değeri üzerinden toplam duyulur ısı kazancının hesaplanması,

mutfak ve salon alanları hariç diğer alanlar için m^2 başına duyulur ısı kazanç değeri üzerinden toplam duyulur ısı kazancının hesaplanması, insanlardan ve cihazlardan gizli ısı kazançlarının hesaplanması, toplam sıcak su yükü ısı kazancının hesaplanması ve aydınlatma aygıtlarından iç kazançların hesaplanması olarak altı maddede toplanmıştır.

$$\Phi_{int} = \Phi_{int,sen,D} + \Phi_{int,sen,M} + \Phi_{int,App,lat} + \Phi_{int,Oc,lat} + \Phi_{int,W} + \Phi_{int,lg} \quad \textbf{(3.15)}$$

$\Phi_{int,sen,D}$: mutfak ve salon dışındaki mekanlar için toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{int,sen,M}$: mutfak ve salon için toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{int,App,lat}$: cihazlardan toplam gizli ısı kazancı, W

$\Phi_{int,Oc,lat}$: insanlardan toplam gizli ısı kazancı, W

$\Phi_{int,W}$: toplam sıcak su yükü ısı kazancı, W

$\Phi_{int,lg}$: aydınlatma aygıtlarından ısı kazancı, W

3.2.6.2 Ofislerde iç ısı kazançları

Ofis binalarında iç kazanç değerleri, insanlardan duyulur ve gizli ısı kazançları ve cihazlardan ve aydınlatma aygıtlarından iç kazançlar olarak dört maddede toplanmıştır.

$$\Phi_{int} = \Phi_{int,Oc,sen,} + \Phi_{int,Oc,lat} + \Phi_{int,App} + \Phi_{int,lg} \quad \textbf{(3.16)}$$

$\Phi_{int,Oc,sen}$: insanlardan toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{int,Oc,lat}$: insanlardan toplam gizli ısı kazancı, W

$\Phi_{int,App}$: cihazlardan toplam gizli ısı kazancı, W

$\Phi_{int,lg}$: aydınlatma aygıtlarından ısı kazancı, W

3.2.6.3 Rezidanslar ve diğer bina tipolojilerinde iç ısı kazançları

Rezidans ve diğer bina tipolojilerinde iç kazanç değerleri, zon içerisindeki hacimlerde insanlardan duyulur ve gizli ısı kazançlarının toplamı ve cihazlardan ve aydınlatma aygıtlarından iç kazançların toplamı olarak dört maddede toplanmıştır.

$$\Phi_{int} = \Phi_{int,Oc,sen,} + \Phi_{int,Oc,lat} + \Phi_{int,App} + \Phi_{int,lg} \quad \textbf{(3.17)}$$

$\Phi_{int,Oc,sen}$: zon içerisindeki hacimlerde insanlardan toplam duyulur ısı kazancı, W

$\Phi_{int,Oc,lat}$: zon içerisindeki hacimlerde insanlardan toplam gizli ısı kazancı, W

$\Phi_{int,App}$: cihazlardan toplam gizli ısı kazancı, W

$\Phi_{int,lg}$: aydınlatma aygıtlarından ısı kazancı, W.

3.2.7 Güneş kazançları

Güneş enerjisi kazançları, opak ve saydam bileşenlerden olmak üzere iki düzeyde incelenmektedir. Geliştirilen yöntem dış engeller ve bina çıkıntılarının gölgeleme etkisini, saydam ve opak bileşenlerin etkin toplama alanına dayanan güneş kazançlarını ve gökyüzüne kaybedilen ısıl ışınım miktarını hesaba katmaktadır.

Bina elemanından güneş kazançlarını ifade eden ısı miktarı, "W" watt cinsinden ifade edilmekte aşağıdaki bağıntı 3.18 ile hesaplanmaktadır.

$$\phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \phi_{r,k} \qquad \textbf{(3.18)}$$

$\phi_{sol,k}$: güneş ısı kazancı, W

$F_{sh,ob,k}$: k yüzeyinin etkin güneş toplama alanının dış engellerden gölgelenme faktörü

$A_{sol,k}$: değerlendirilmekte olan zon veya binada verilen bir yön ve eğim açısındaki k yüzeyinin etkin toplama alanı, m^2

$I_{sol,k}$: verilen yön ve eğim açısındaki k yüzeyinin toplama alanının metrekaresi başına gelen toplam güneş ışınımı, W/m^2

$F_{r,k}$: k bina elemanı ve gökyüzü arasındaki ışınımsal biçim faktörüdür ve değerleri aşağıdaki gibidir:

$F_r = 1$: gölgelenmemiş yatay yüzeyler için,

$F_r = 0.5$: gölgelenmemiş yatay yüzeyler için,

$\phi_{r,k}$: k bina elemanından gökyüzüne ısıl ışınım ile ısı kaybı miktarı, W

3.2.8 İletim ve taşınım ile ısı geçişi

Basit saatlik hesaplama yönteminde binanın ele alınan zonu için yapı bileşenlerinin toplam iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı "W/K" cinsinden hesaplanır. Bu değer hesaplama algoritmasında H_{tr} sembolü ile temsil edilmektedir. Zonu oluşturan farklı elemanların (duvarlar, çatı yüzeyleri, döşeme) ve bu elemanları oluşturan farklı bileşenlerin H_{tr} değerleri ayrı ayrı hesaplanarak toplanır, bu yolla zonun opak

yüzeylerinden iletim ve taşınım ile toplam ısı geçiş katsayısı ($H_{tr,op}$) ve saydam yüzeylerden iletim ve taşınım ile toplam ısı geçiş katsayısı ($H_{tr,win}$) değerlerine ulaşılır.

3.2.8.1 Opak elemanlardan ısı geçişi

Opak bir bileşenin ısıl geçirgenlik katsayısı bağıntı 3.19 ile hesaplanır. U_{stnd}, bir opak bileşenin iç ve dış yüzey ısıl direnç katsayıları, (1 / *hsi*) = 0,13 m^2K/W ve (1 / *hse*) = 0,04 m^2K/W referans alınarak hesaplanan ısıl geçirgenlik değeridir. Bağıntı, her eleman için, elemandaki her bileşen için hesaplanır.

$$U_{op,stnd,i} = 1 / (1 / h_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + \ldots 1 / h_{se} + R_{gap}) \qquad \textbf{(3.19)}$$

h_{si} : iç yüzey ısıl taşınım katsayısı, W/ (m^2.K)

h_{se} : dış yüzey ısıl taşınım katsayısı, W/ (m^2.K)

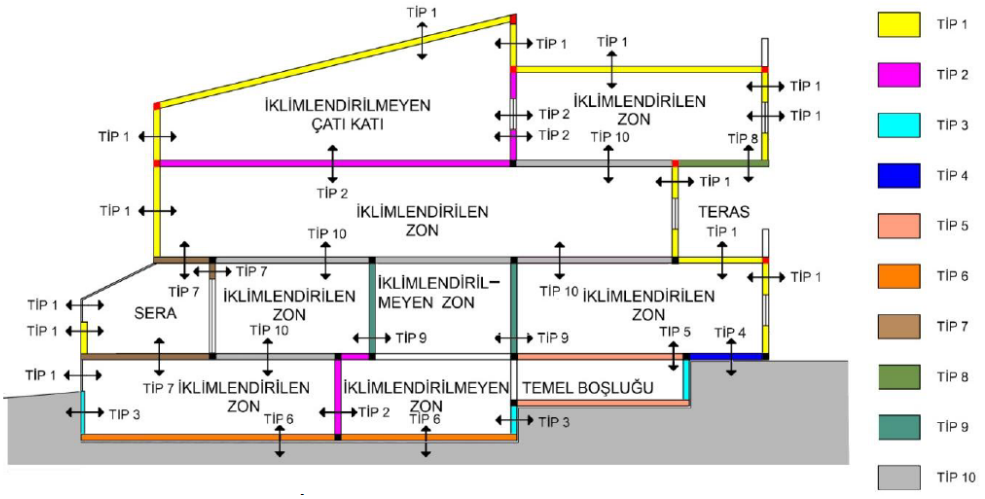
d_1 : 1 numaralı malzemenin kalınlığı, m

λ_1 : 1 numaralı malzemenin ısıl iletkenlik hesap değeri, W/ (m.K)

$U_{op,stnd}$: opak bileşen standart ısıl geçirgenlik katsayısı, W/ m^2K

R_{gap} : opak bileşenler arasındaki havanın ısıl direnci, m^2K / W

1 / *hsi* ve 1 / *hse* değerleri bileşen tipine göre Çizelge 3.5' ten alınır. Tablodaki tüm tipler Şekil 3.26' da gösterilmiştir [34].



Şekil 3.26: Isı geçiş hesapları için ısıl şartları farklı zonları ayıran bileşenlerin tanımlanması [34].

Çizelge 3.5: Yapı bileşenleri / elemanları için yüzey ısıl direnç katsayıları [34].

TİP NO	Yapı bileşen tipi	Yüzey ısıl direnci	
		R_sİ (m^2K/W)	R_se (m^2K/W)
TIP1	(DIŞ YÜZEY) - DIŞ HAVA TEMASLI İklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen zonun dış hava temaslı opak ve saydam bileşenleri.	0,13	0,04
TIP2	(İÇ YÜZEY) - DIŞA AÇIK İKLİMLENDİRİLMEYEN ZON TEMASLI İklimlendirilen bir zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir başka zon ile arasındaki opak ve saydam bileşenleri	0,13	0,08
TIP3	(DIŞ DUVAR) -TOPRAK TEMASLI İklimlendirilen bir bodrum katın toprak temaslı dış duvarı.	0,13	0
TIP4	(DÖŞEME) - TOPRAK TEMASLI YÜZER DÖŞEME Altında bodrum olmayan, iklimlendirilen veya iklimlendirilmeyen bir zonun zemine oturan yüzer döşemesi.	0,17	0
TIP5	(DÖŞEME) – TOPRAK TEMASLI İKLİMLENDİRİLMEYEN HACİM TEMASLI Toprağa yarı gömülü iklimlendirilen zonun temel boşluğu ile temas eden döşemesi.	0,17	0,17
TIP6	(DÖŞEME) Altında bodrum olmayan iklimlendirilen zonun toprak temaslı tabanı.	0,17	0
TIP7	(İÇ YÜZEY) - SERA İklimlendirilen bir zonun dışa açık iklimlendirilmeyen bir sera (kış bahçesi) ile arasındaki iç yüzeyler.	0,13	0,08
TIP8	(DÖŞEME) - KONSOL İklimlendirilen bir zonun dış hava ile sınırını oluşturan çıkma döşemesi.	0,17	0,04
TIP9	(İÇ YÜZEY) - DIŞA AÇIK OLMAYAN İKLİMLENDİRİLMEYEN ZON TEMASLI İklimlendirilen bir zonun dışa açık olmayan iklimlendirilmeyen zon ile temas eden iç yüzeyleri (örn:çekirdeğe bakan duvarlar)	0,13	0,13
TIP10	(DÖŞEME) - İKLİMLENDİRİLEN ZON TEMASLI İklimlendirilen bir zon ile başka bir iklimlendirilen zonu ayıran döşemeler.	0,13	0,13

3.2.8.2 Saydam elemanlardan ısı geçişi

Pencere için ısıl geçirgenlik (U_{win}) katsayısı Çizelge 3.6' da cam ve çerçeve özelliklerine bağlı olarak verilmiştir. Çizelge 3.7' de yer alan U_F değerlerinden en yakın olan seçilir. U_{gl} değerinde lineer enterpolasyon yapılarak pencerenin U_{win} değeri bulunur. Çizelge 3.6' dan seçilen U_{win} değeri aşağıdaki hesapta kullanılır ve bu hesapla saydam bileşenin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısına ($H_{tr,win}$) ulaşılır.

$$H_{tr,win} = A_{win} \cdot U_{win} \qquad \textbf{(3.20)}$$

$H_{tr,win}$: bir zonu çevreleyen tüm saydam bileşenlerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, W / K

A_{win} : saydam bileşenin alanı, m^2

U_{win} : saydam bileşenin ısıl geçirgenlik katsayısı, W/ (m^2.K)

Çizelge 3.6: Çerçeve, cam ve toplam saydam bileşen ısıl geçirgenlik katsayısı [34].

Cam tipi	U_{gl} (W/m²K)	U_F (W/m²K)								
		1,0	**1,4**	**1,8**	**2,2**	**2,6**	**3,0**	**3,4**	**3,8**	**7,0**
TEK CAM	**5,7**	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,9
ÇİFT CAM	**3,3**	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	4,0
	3,1	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,9
	2,9	2,6	2,7	2,8	2,8	3,0	3,0	3,1	3,2	3,7
	2,7	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,6
	2,5	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,4
	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,3
	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	3,0
	1,7	1,7	1,8	1,8	2,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
ÜÇLÜ CAM	**2,3**	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7	3,2
	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,1
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,9
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,8
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,6
	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,3
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	2,2
	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,0
	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,8

U_{win} (W/m²K)

Çizelge 3.7: Saydam bileşen çerçevelerinin ısıl geçirgenlik katsayısı [34].

Çerçeve tipi	U_F (W/m²K)
Ahşap	3,4
Polivinil	1,8
Aluminyum	2,6

3.2.8.3 Kapı bileşeninden ısı geçişi

Kapı bileşenleri için ısıl geçirgenlik katsayısı Çizelge 3.8' den seçilir.

Çizelge 3.8: Kapı bileşenleri için ısıl geçirgenlik katsayısı [34].

Kapı seçiminde kullanılacak konstrüksiyon tipleri		Isıl geçirgenlik katsayısı U_{do} (W/m²K)
DIŞ KAPI	Ağaç, plastik	3,50
	Metal (ısı yalıtımlı)	4,00
	Metal (ısı yalıtımsız)	5,50

Çizelge 3.8' den seçilen U_{do} değeri aşağıdaki hesapta kullanılır ve kapı bileşeninin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısına ($H_{tr,do}$) ulaşılır.

$$H_{tr,do} = A_{do} \cdot U_{do} \qquad \textbf{(3.21)}$$

$H_{tr,do}$: bir zonda yer alan tüm kapı bileşenlerinden iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, W / K

A_{do} : kapı yüzeyinin alanı, m^2

U_{do} : kapı bileşenin ısıl geçirgenlik katsayısı, W/ (m^2.K)

3.2.9 Havalandırma ile ısı geçişi

Pencere ve kapılar aracılığıyla doğal havalandırma, yapı kabuğundaki aralık ve çatlaklar aracılığıyla gelen sızıntılar (infiltrasyon), iklimlendirilmeyen bitişik zondan (kışbahçesi, vb...), ısı geri kazanım ünitelerinden ve ön ısıtmalı / soğutmalı mekanik havalandırma sistemlerinden hava akısı olarak hesaba katılmaktadır. Tasarım hacimsel hava debisi ($q_{ve,d}$) hesaplanırken, Çizelge 3.9' dan elde edilen binanın hava sızdırma değerine (n_{50}) göre Çizelge 3.10' a göre hava sızdırmazlık seviyesi belirlenir. Belirlenen hava sızdırmazlık seviyesi ile binanın korunma durumuna göre hava değişim oranı (n), bina tipolojisine bağlı olarak Çizelge 3.11 veya Çizelge 3.12' den alınır. Doğal havalandırma için hacimsel hava debisi, minimum havalandırma ihtiyacı hacimsel hava debisi ($q_{ve,min}$) ile tasarım hacimsel hava debisinden ($q_{ve,d}$) büyük olanı alınır [33].

$$H_{ve} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_{k=1}^{n} (b_{ve,infe} \cdot q_{ve,\,infe}) + (b_{ve,infu} \cdot q_{ve,\,infu}) + (b_{ve,infss} \cdot q_{ve,\,infss}) \quad \textbf{(3.22)}$$

H_{ve} : havalandırma ısı geçiş katsayısı, W / K

$\rho_a \, . \, c_a$: havanın ısı kapasitesi, W h / m^3. K

$b_{ve,infe}$: doğal havalandırma için düzeltme katsayısı

$q_{ve,infe}$: doğal havalandırma hava hacimsel debisi, m^3 / h

$b_{ve,infu}$: iklimlendirilmeyen zondan havalandırma için düzeltme katsayısı

$q_{ve,infu}$: iklimlendirilen zon ile iklimlendirilmeyen zon arasındaki hava hacimsel debisi, m^3/h

$b_{ve,infss}$: sera ile iklimlendirilen zon arasındaki havalandırma için düzeltme katsayısı

$q_{ve,infss}$: sera ile iklimlendirilen zon arasındaki hava hacimsel debisi, m^3/h.

Çizelge 3.9: Bina hava sızdırma değeri (n_{50}) [34].

Konstrüksiyon Tipine Bağlı Hava Sızdırma Değeri / Konstrüksiyon Tipi	Temel Hava Sızdırma Değeri	Kompleks (Dikdörtgen Olmayan Kat Planı)	Sızdırmaz Bant Olmayan Pencere ve Kapılar	Sızdırmaz Bant Olan Pencere ve Kapılar	Bitişik Bina	Sıva Yapılmış Duvar	Toplam n_{50}
Ahşap Konstrüksiyonlu Yalıtılmış Alçak Bina n_{50} [h^{-1}]	3	1	1	-1	-0,5	0	
Tuğla veya Blok Alçak Bina n50 [h-1]	8	1	1	-1	0	-1	
Beton veya Perde Duvar Yüksek Bina n_{50} [h^{-1}]	3	1	1	-1	0	-1	

Çizelge 3.10: Hava sızdırmazlık seviyeleri [34].

Hava Değişim Oranı (Toplam n_{50})		Sızdırmazlık
Ofis ve diğer bina tipolojileri	Müstakil konut ve Apartmanlar	
< 2	< 4	Yüksek
2 ile 5 arası	4 ile 10 arası	Orta
> 5	> 10	Düşük

Çizelge 3.11: Ofisler ve diğer bina tipolojilerinde doğal havalandırma hava değişim sayısı (n), (1/h) [34].

Binanın Korunma Durumu	Birden Fazla Yüzey			Bir Yüzey		
	Binanın Sızdırmazlığı			Binanın Sızdırmazlığı		
	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
Korunmasız (Açık alandaki ve şehir merkezindeki yüksek binalar)	1,2	0,7	0,5	1	0,6	0,5
Hafif Korunmalı (Ağaçlık alandaki ve şehir merkezinde az sıklıktaki binalar)	0,9	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5
Tam Korunmalı (Orman içindeki ve şehir merkezindeki sık binalar)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

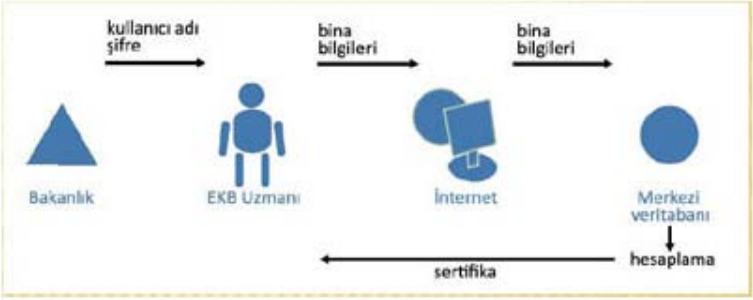
Çizelge 3.12: Müstakil konutlar ve apartmanlarda doğal havalandırma hava değişim sayısı (n), (1/h) [34].

Binanın Korunma Durumu	Binanın Sızdırmazlığı		
	Düşük	Orta	Yüksek
Korunmasız (Açık alandaki ve şehir merkezindeki yüksek binalar)	1,5	0,8	0,5
Hafif Korunmalı (Ağaçlık alandaki ve şehir merkezinde az sıklıktaki binalar)	1,1	0,6	0,5
Tam Korunmalı (Orman içindeki ve şehir merkezindeki sık binalar)	0,7	0,5	0,5

3.2.10 Enerji performansı hesaplama yazılımı (BEP-TR)

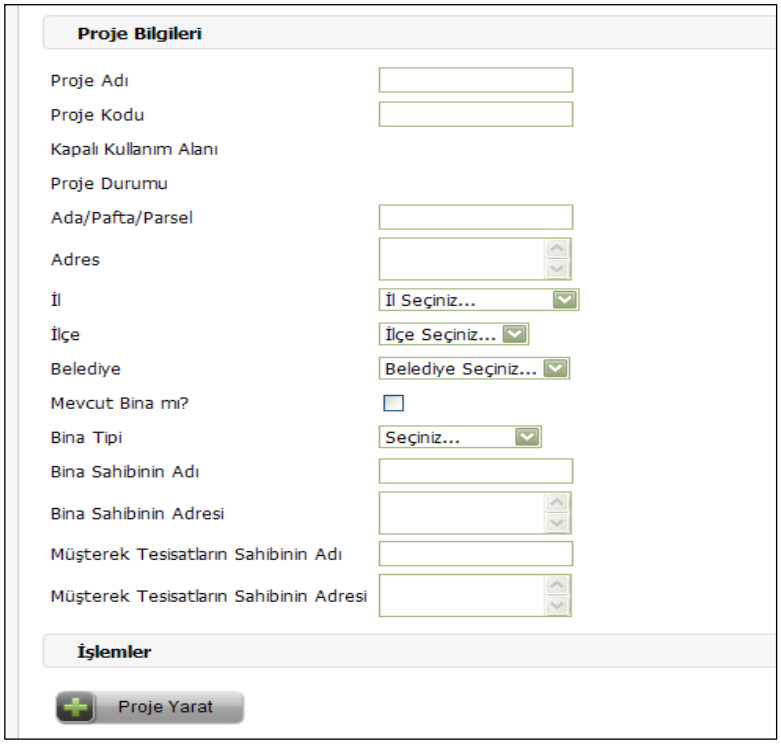
BEP-TR, internet tabanlı bir yazılımdır. BEP Yönetmeliği kapsamına giren binaların yıllık m^2 başına düşen enerji tüketim miktarını ve buna bağlı olarak CO_2 salımını hesaplamaktadır. BEP Hesaplama Yönetmeliği sonuçlarına göre binanın enerji performansı ve emisyon salım sınıfını belirlenmektedir. BEP-TR, BEP Hesaplama Yöntemini kullanarak ilgili binaya uygun enerji kimlik belgesini üretir.

BEP-TR, Şekil 3.27' de gösterildiği gibi, Enerji kimlik belgesi (EKB) uzmanları tarafından, bina bilgilerinin internet üzerinden sisteme girilmesiyle kullanılır [35].



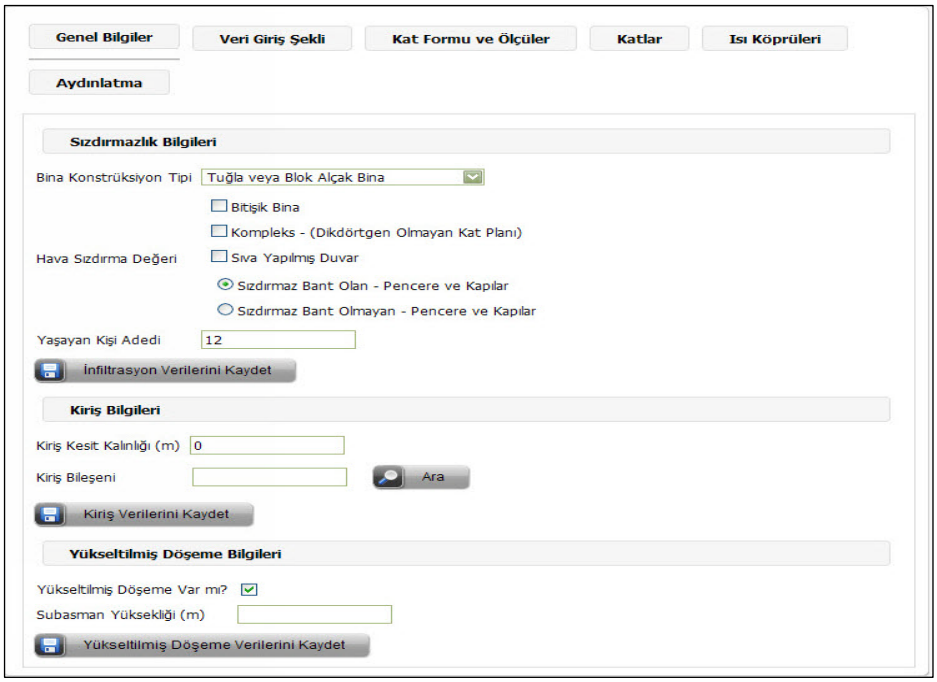
Şekil 3.27: Bep-TR kullanım şeması [35].

Öncelikle, sisteme kullanıcı adı ve şifre ile giriş yaptıktan sonra, proje bilgileri girilerek, Şekil 3.28' deki ekranda yeni proje yaratılır.

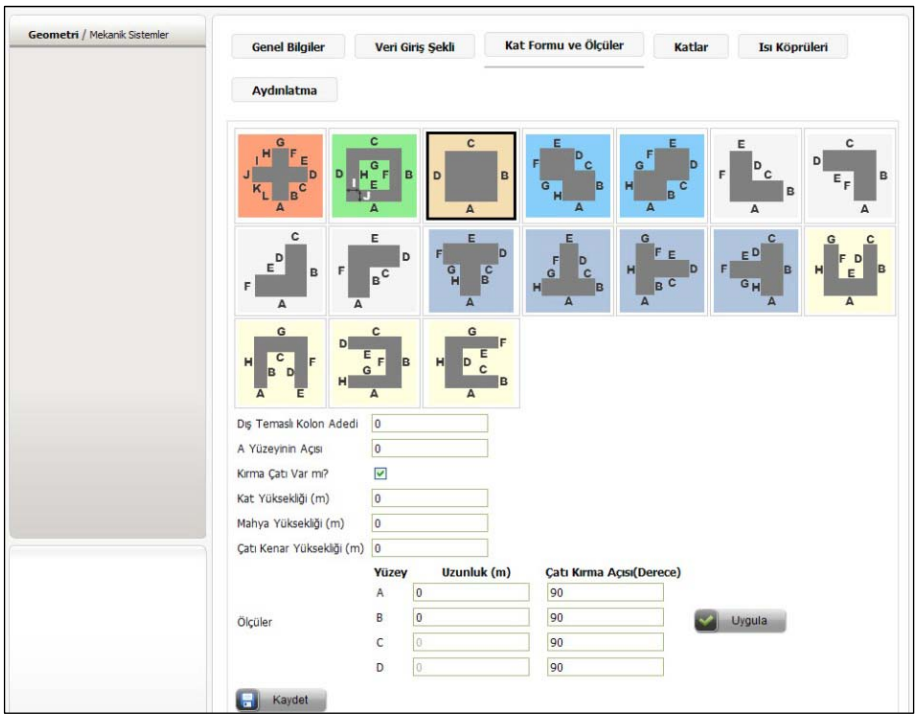


Şekil 3.28: Proje bilgileri [36].

Bir sonraki aşama olan Şekil 3.29' da gösterilen bilgi girişinde, binayla ilgili, sızdırmazlık, kriş, yükseltilmiş döşeme gibi çeşitli bilgiler eklenir. Ayrıca, aydınlatma kütüphanesinden lamba tipleri seçilip binada hangi tipten kaç tane kullanılığı belirtilerek, aydınlatma ile ilgili veri girişi de yapılır. Kat formu ve ölçüler kısmında ise yazılımda tanımlı geometrilerden bina formuna en yakın olanı seçilerek Şekil 3.30' daki gibi binanın geometrisi tanımlanır.

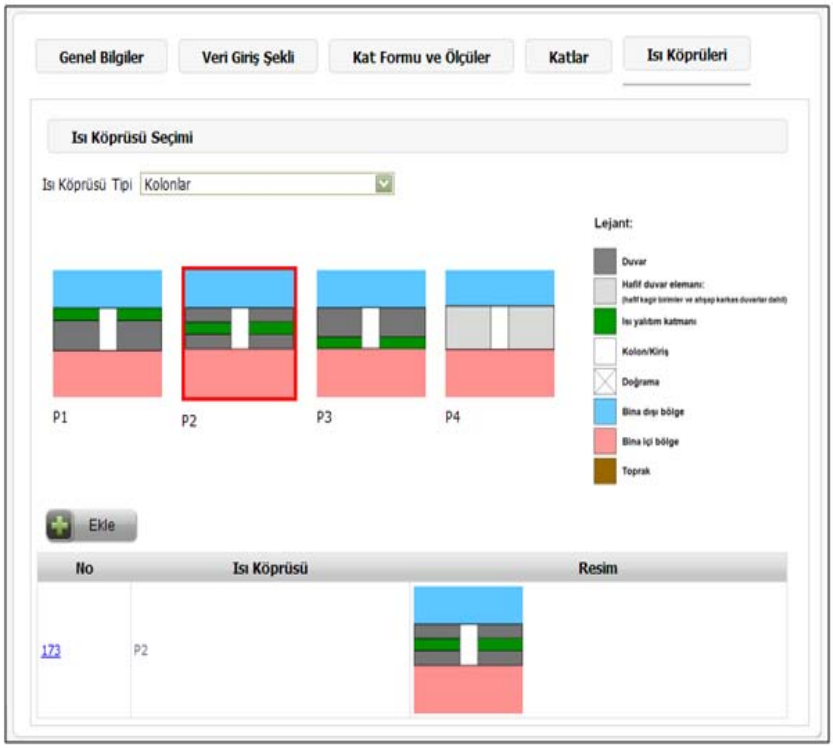


Şekil 3.29: Binanın özellikleri [36].

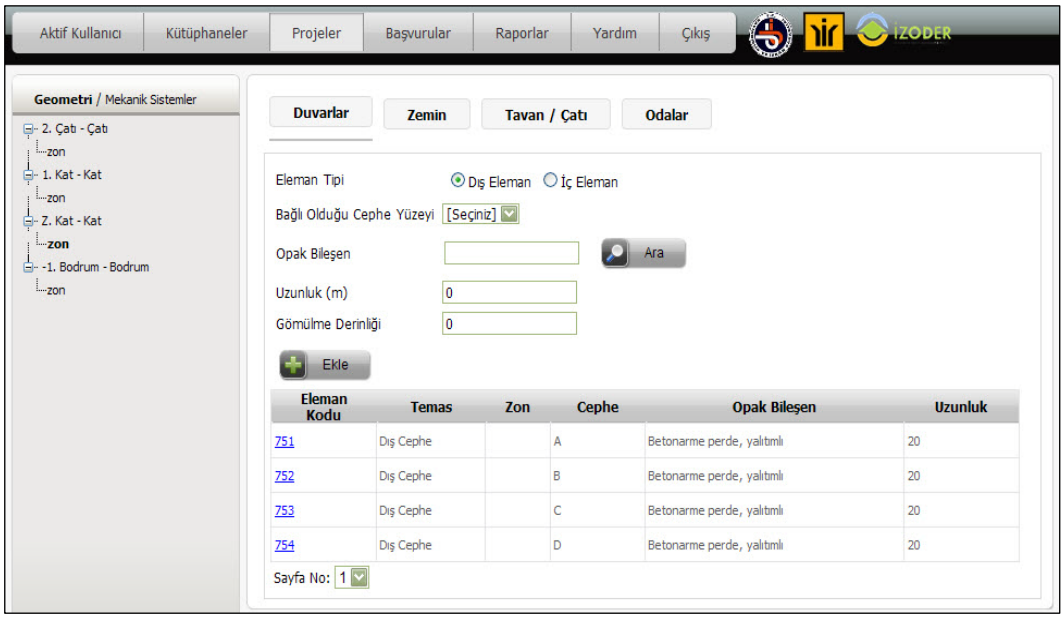


Şekil 3.30: Bina geometrisi [36].

Bina geometrisi ve katları belirlendikten sonra, ısı köprüsü tipinden binanın bölümleri için gerekli ısı köprülerinin seçimi Şekil 3.31' daki gibi yapılır. Geometri başlığı altındaki katlar seçilerek, katlardaki zonlar tanımlanır. Zonlara ait duvar, zemin, tavan/çatı, oda, pencere, kapı özellikleri Şekil 3.32' deki gibi girilir.

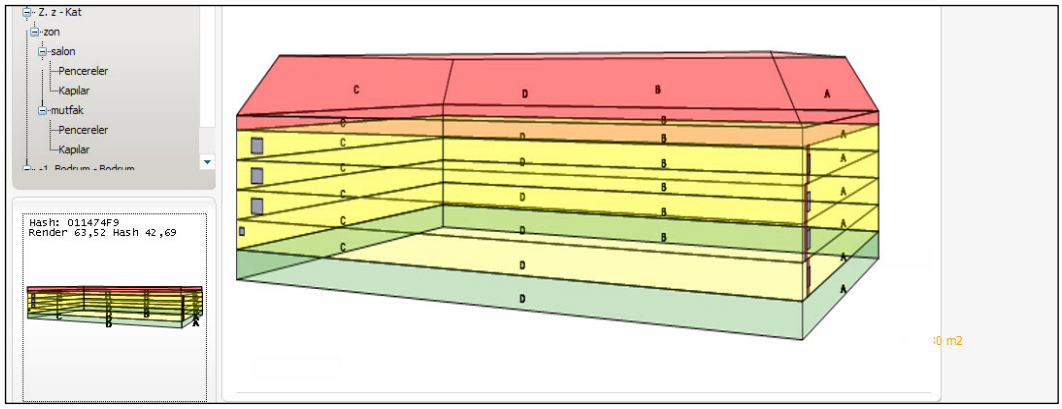


Şekil 3.31: Isı köprüleri [36].

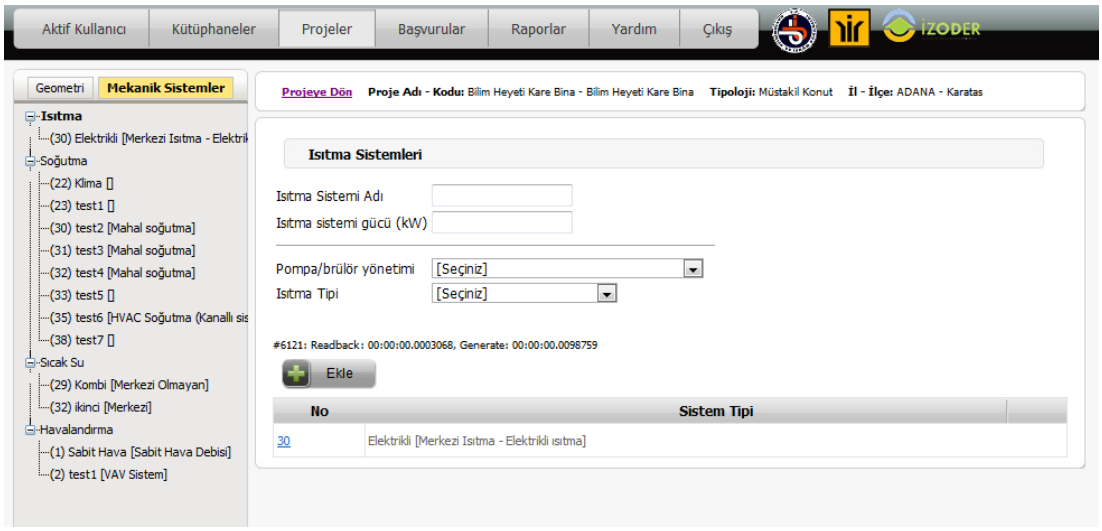


Şekil 3.32: Zon sınırlarının tanımlanması [36].

Kat şekillendirmeleri yapıldıktan sonra Şekil 3.33' teki gibi projenin üç boyutlu görüntüsü de elde edilir. Bina modeli tamamlanınca mekanik sistemlerle (ısıtma, soğutma, sıcak su ve mekanik havalandırma sistemi) ilgili bilgiler Şekil 3.34' teki gibi girilir ve proje tamamlanır. Bu aşamadan sonra, bina için sertifika hesabı elde edilebilir [36].



Şekil 3.33: Bina geometrisi 3-D [36].



Şekil 3.34: Mekanik sistemlerle ilgili bilgilerin girişi [36].

3.3 Almanya ve Türkiye Bina Enerji Sertifikasyon Sistemlerinin Karşılaştırılmalı İrdelenmesi

Bu bölümde, Almanya (DIN 18599) ve Türkiye (BEP-TR)' nin bina enerji sertifikasyon sistemlerinin, bina enerji performansını etkileyen net enerji ihtiyacı girdileri; zonlama methodu, iklim verileri, malzeme verileri, bina tipolojisi, bina geometrisi, iç ısı kazançları, güneş kazançları, iletim ve taşınımla ısı geçişi ve havalandırma ile ısı geçişi ve enerji performansı hesaplama yazılımları; Energieberater PLUS ve BEP-TR bakımından karşılaştırmalı irdelenmesi yapılmıştır.

3.3.1 Zonlama methodu

DIN 18599 ve BEP-TR' nin zon tanımları benzerdir. İki yöntemde de genel olarak, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, sıcak su temini ve kulllanıcı profilleri bakımından benzer özellikler gösteren mekanlar bir zon olarak gruplandırılır. Fakat DIN 18599' da zon, taban alanının bir bölümü veya binanın bir bölümü olabilirken BEP-TR' de katlar veya katların bir bölümü zon olarak tanımlanır.

Zonlamanın temel prensipleri iki yöntem için farklıdır. DIN 18599' da, kullanım profili, binanın bazı fiziksel özellikleri ve sistemleri bakımından yapılan detaylı bir analizle zonlar belirlenirken, BEP-TR' de bu özellklere bakılmaksızın bina tipolojisi ve geometrisine göre basitleştirilmiş bir yöntemle zonlama yapılmaktadır.

DIN 18599' a göre yapılan zonlamada, ilk aşamada mekanların kullanım profiline bakılarak mekanlar benzer kullanımlara, enerji ihtiyaçlarına, ısı kaynaklarına ve soğutuculara sahipse, bir zon olarak tanımlanır. İkinci aşamada ise iklimlendirme ve havalandırma sistemlerine bağlı ek zonlama kriterleri ile soğutma enerji dengesi için zonlama kriterlerine göre zonlama yapılır. Soğutma enerji dengesi için zonlama kriterleri, farklı fonksiyonlardaki HVAC sistemleri, çalışma moduna bağlı dış hava akışı kaynakları, yapay aydınlatmanın kurulu gücü, bina ve oda derinlikleri, cephe tasarımı ve pencere oranları, güneş kontrolü ve bina yönlenmesi olarak verilmiştir. Buna göre, mekanlar aynı kullanım profiline sahip olsalar bile ek zonlama kriterleri ve soğutma enerji dengesi için zonlama kriterleri bakımından farklılık gösteriyorlarsa farklı zonlar olarak gruplandırılırlar.

Buna karşılık BEP-TR' de zonlama, konut, ofis, rezidans ve hizmet binaları için tanımlanmıştır ve bina tipolojilerine göre farklılık gösteren basitleştirilmiş bir yöntem kullanılır. Bu yönteme göre, müstakil konutlar, rezidanslar ve servis binaları için her kat bir zon ve apartmanlar için her daire bir zon iken ofislerde iklimlendirilen çekirdeklere ve pencereden uzaklığa bağlı olarak iç ve dış zonlar belirlenir. Buna göre, bina katlara göre zonlara ayrılır ve aynı sistemlere, iç kazançlara ve konfor koşullarına sahip olsalar bile binadaki her kat farklı zon olarak gruplandırılır (Çizelge 3.13).

Çizelge 3.13: Zonlama methodu bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

Zonlama Methodu	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Zon Tanımı	Bina sistemleri ve kullanıcı profilleri bakımından benzer özellik gösteren mekanlar	**DIN 18599:** Taban alanının bir bölümü veya binanın bir bölümü **BEP-TR:** Bina katları veya bina katlarının bir bölümü	İki yöntemdeki zon tanımı benzerdir fakat zon geometrileri farklıdır. Bu farklılık zonlama kriterlerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır.
Zonlama Kriterleri	--------	**DIN 18599:** **1. Aşama:** Benzer kullanım profilleri **2. Aşama:** <u>Ek zonlama kriterleri:</u> Benzer iklimlendirme ve havalandırma sistemleri <u>Soğutma enerji dengesi için zonlama kriterleri:</u> Benzer HVAC sistemleri, çalışma moduna bağlı dış hava akışı kaynakları, yapay aydınlatmanın kurulu gücü, bina ve oda derinlikleri, cephe tasarımı ve pencere oranları, güneş kontrolü ve bina yönlenmesi **BEP-TR:** **Müstakil Konut, Rezidans ve Hizmet Binaları:** Her kat bir zon **Apartman:** Her daire bir zon **Ofis:** <u>Çekirdeği iklimlendirilen ofis:</u> Bina kabuğundan; 6 m derinliğe kadar dış zon, 6 m derinlikten sonra iç zon, çekirdek zonu <u>Çekirdeği iklimlendirilmeyen ofis:</u> Bina kabuğundan; 6 m derinliğe kadar dış zon, 6 m derinlikten sonra iç zon	İki yöntemin zonlama kriterleri farklıdır. DIN 18599' da zonlar kullanım profilleri, bina sistemleri ve binanın bazı fiziksel özelliklerinin incelenmesiyle yapılan detaylı analizlerle belirlenirken BEP-TR' de bu özelliklere bakılmaksızın bina tipolojisine göre basitleştirilmiş kabullerle zonlama yapılır.

3.3.2 İklim verileri

DIN 18599 aylık bir method olması nedeniyle aylık, BEP-TR saatlik bir method olması nedeniyle saatlik detaylı iklim verilerini kullanır.

DIN 18599' da, Almanya'nın referans iklimine göre yönlere ve açılara göre verilen aylık ve yıllık güneş ışınımı değerleri her eğim için tanımlanmamıştır. Buna karşılık,

BEP-TR' de bu değerler her eğim için tanımlanmıştır. Bu bakımdan BEP-TR, DIN 18599' a göre saatlik bir method olmasının da etkisiyle daha detaylıdır.

BEP-TR'de kullanılan saatlik method, verilerindeki hasaslık nedeniyle ısıtma ve soğutma mevsimlerinin ayrıca belirlenmesini gerektirmediği ve geçiş mevsimlerinde de net enerji miktarının hesaplanmasını olanaklı kıldığı için DIN 18599' da kullanılan aylık methoda göre daha avantajlıdır (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.14: İklim verileri bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

İklim Verileri	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Genel	--------	**DIN 18599:** Aylık iklim verileri **BEP-TR:** Saatlik iklim verileri	DIN 18599 aylık bir method olması nedeniyle aylık, BEP-TR saatlik bir method olması nedeniyle saatlik detaylı iklim verilerini kullanır.
Verilerin Detayı	--------	**DIN 18599:** Verilen güneş ışınımı verileri yönlere göre verilmiş, her eğim için değer tanımlanmamıştır. Ayrıca bu veriler için aylık ortalama değerler verilmiştir. **BEP-TR:** BEP-TR' deki iklim verileri her saat, yön ve eğim için detaylı olarak tanımlanmıştır.	İklim verileri, BEP-TR' de saatlik bir method olmasının da etkisiyle DIN 18599' a göre daha detaylı verilmiştir. Saatlik method, verilerinin daha hassas olması nedeniyle ısıtma ve soğutma mevsimlerinin ayrıca belirlenmesini gerektirmediği ve geçiş mevsimlerinde de net enerji miktarının hesaplanmasını olanaklı kıldığı için aylık methoda göre daha avantajlıdır.

3.3.3 Malzeme verileri

DIN 18599, yine bir Alman standardı olan DIN V 4108-4 standardını malzeme veri tabanı olarak kullanırken, BEP-TR opak malzemeler için, farklı ulusal ve yabancı kaynaklardan; cam malzemeleri içinse Türkiye' de üretilen ve uygulanan cam sistemlerinden oluşturulan bir malzeme kütüphanesini kullanır (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15: Malzeme verileri bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

Malzeme Verileri	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Kaynak	--------	**DIN 18599:** DIN V 4108-4: Binalarda Isı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu, Bölüm 4: Hidrotermal tasarım değerleri **BEP-TR:** Opak malzemeler: Farklı ulusal ve yabancı kaynaklar Cam malzemeleri: Türkiye' de üretilen ve uygulanan cam sistemleri	DIN 18599' a göre yapılan hesaplamada malzeme verileri için oluşturulan ulusal bir DIN standartı kullanılabilirken, BEP-TR' de farklı kaynaklardan derlenerek BEP-TR için oluşturulan malzeme kütüphanesi kullanılmaktadır.

3.3.4 Bina tipolojisi

Bina tipolojisine göre, her iki yöntem de, mevcut ve yeni binalar ile konut binaları ve konut dışı binalar için kullanılabilir (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16: Bina tipolojisi bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

Bina Tipolojisi	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Tipoloji	Mevcut binalar Yeni yapılan binalar Konut binaları Konut dışı binalar	--------	Her iki yönteme göre hesaplaması yapılabilen bina tipolojileri aynıdır.

3.3.5 Bina geometrisi

İki yöntem de her çeşit geometri için uygundur. Fakat iki yöntemde verilen veriler birbirinden farklıdır.

DIN 18599' da, genel geometrik parametreler tanımlanırken, BEP-TR' nin bugünkü şeklinde, hesaplamada kolaylık ve minimum hatayla veri girişini sağlamak için yaygın olarak kullanılan bina geometrilerine ait tanımlar ve formüller verilmiştir ve bu geometrilerden bina geometrisine en yakın olanı seçilerek modelleme yapılır. Fakat, halen geliştirilmekte olan BEP-TR' de çizime dayalı modelleme yapılabilmesi için çalışmalar sürmektedir (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17: Bina geometrisi bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

Bina Geometrisi	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Geometri	Her çeşit geometri için uygunluk	--------	İki method da her çeşit geometri için uygundur.
Veriler	--------	**DIN 18599:** Her çeşit geometrinin hesabında kullanılabilecek genel geometrik parametreler ve formüller **BEP-TR:** Yaygın olarak kullanılan bina geometrileri ve formülleri ile çatı tipleri ve formülleri	DIN 18599' da tanımlı geometriler bulunmamakta binaların kendi geometrisine göre hesap yapılmaktadır. BEP-TR' nin bugünkü şeklinde ise, yöntemde tanımlanan geometrilerden hesabı yapılacak binanın geometrisine en yakını seçilerek modelleme yapılmaktadır. Çizime dayalı modelleme yapılabilmesi için yazılım geliştirilmektedir.

3.3.6 İç ısı kazançları

İç kazançların genel tanımı iki yöntem için benzerdir. Hesaplamada, iki yöntem de, insanlardan, mekanik ve elektrikli cihazlardan ve aydınlatma elemanlarından iç kazançları dikkate alır.

DIN 18599' da, BEP-TR' den farklı olarak, malzemelerin hareketinden ve ısıtma, soğutma, sıcak su ve havalandırma sistemlerinden iç kazançlar da hesaba katılır. Buna göre, bina zonundan geçen dağıtma boruları ve hava kanallarına bağlı tüm kontrolsüz ısı ve soğutma enerjisi akışı ve bunların ısı depolama tankları, ısı jeneratörleri, bina zonu içerisinde bulunan soğutucuları ve fanları da iç kazançlar hesaplanırken dikkate alınır (Çizelge 3.18).

Çizelge 3.18: İç ısı kazançları bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

İç ısı kazançları	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Tanım	İç ısı kaynaklarından kazanılan ısı	--------	İki yöntem için iç ısı kazanç tanımı aynıdır.
Hesaba katılan iç kazançlar	İnsanlardan, mekanik ve elektrikli cihazlardan ve aydınlatma elemanlarından iç ısı kazançları	**DIN 18599:** Malzemelerin hareketinden iç kazançlar, ısıtma, soğutma, sıcak su ve havalandırma sistemlerinden iç kazançlar	BEP-TR' de yalnızca insanlardan, mekanik ve elektirikli cihazlardan ve aydınlatma elemanlarından iç ısı kazançları hesaba katılırken, DIN 18599' da bunların yanında malzemelerin hareketinden iç kazançlar, ısıtma, soğutma, sıcak su ve havalandırma sistemlerinden iç kazançlar dikkate alınır.

3.3.7 Güneş kazançları

Güneş kazançları için, iki yöntem de saydam yüzeylerden ve opak yüzeylerden güneş kazançlarını hesaplayarak dış engellerin, komşu binaların, topografyadan kaynaklanan gölgelemenin, gölgeleme elemanlarının ve bina çıkıntılarının etkisini hesaba katar.

DIN 18599, cam çift cephelerden güneş kazancını ve bina zonundaki doğrudan güneş kazancını hesaplarken bu etkilerin yanı sıra saydam yüzeydeki kirlilik oranını da dikkate alır.

BEP-TR ise her yön ve her eğim için bina yüzeyi üzerindeki saatlik dataya dayalı güneş ışınımı miktarlarını hesaplayarak güneş kazançlarını DIN 18599' a göre daha detaylı ele almaktadır (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.19: Güneş kazançları bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

Güneş kazançları	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Hesaplama	Saydam yüzeylerden ve opak yüzeylerden güneş kazançları	--------	İki yöntemde de saydam yüzeylerden ve opak yüzeylerden güneş kazançları hesaplanır.
Hesabı etkileyen parametreler	Dış engellerin, komşu binaların, topografyadan kaynaklanan gölgelemenin, gölgeleme elemanlarının ve bina çıkıntılarının etkisi	**DIN 18599:** Cam çift cephelerden güneş kazancı ve doğrudan güneş kazancının hesabında saydam yüzeylerdeki kirlilik oranının etkisi	İki yöntemde de güneş kazançlarını etkileyen birçok parametre dikate alınıp detaylı hesaplar yapılmaktadır.
Detay	--------	**DIN 18599:** Aylık method olduğu için aylık ortalama değerlere ve belirli yön ve açılara göre hesaplama yapar. **BEP-TR:** Her yön ve her eğim için bina yüzeyi üzerindeki saatlik dataya dayalı güneş ışınımı miktarlarına göre hesaplama yapar.	BEP-TR, güneş kazançları bakımından, saatlik iklim verileriyle her yön ve her eğim için belirlenmiş güneş ışınımı verilerini kullanması sebebiyle belirli yön ve eğimlere göre aylık ortalama verileri kullanan DIN 18599' a göre daha detaylı ve hassastır.

3.3.8 İletim ve taşınım ile ısı geçişi

İletim ve taşınım ile ısı geçişinde, iki yöntemde de yapı elemanlarından ısı geçişi hesaplanmasına rağmen hesaplama aşamaları farklılık göstermektedir (Çizelge 3.20).

Çizelge 3.20: İletim ve taşınımla ısı geçişi bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

İletim ve taşınımla ısı geçişi	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Hesaplama	--------	**DIN 18599:** Yapı elemanından aktarılan ısı kazancı ve negatif ısı kazancının hesaplanması	İki yöntemde de yapı elemanlarından iletim ve taşınımla ısı geçişi hesaplanırken opak ve saydam elemanlardan ısı geçişleri dikkate alınır. DIN 18599' da ayrıca negatif ısı kazançları da hesaplanır.
		BEP-TR: Opak ve saydam elemanlardan ısı geçişi	

DIN 18599' a göre, bir yapı elemanından aktarılan ısı akışı, yapı elemanının her iki tarafındaki sıcaklıklara bağlı olarak, ısı kaynağı ya da negatif ısı kazancı olarak tanımlanır ve bina zonları ve bitişik alanlardan ısı kaynağı ve negatif ısı kazancı için ısı iletim katsayısı bulunur.

BEP-TR' de ise iletim ve taşınım ile ısı geçişi, opak ve saydam elemanlardan ısı geçişi olarak iki bölümde incelenir. Zonu oluşturan farklı bileşenlerin iletim ve taşınım ısı geçiş katsayısı, opak elemanlar ve saydam elemanlardan iletim ve taşınım ısı geçiş katsayılarının toplamı ile bulunur. Negatif ısı kazançları dikkate alınmaz.

3.3.9 Havalandırma ile ısı geçişi

Havalandırma ile ısı geçişinde ise iki yöntemdeki tanıma göre havalandırma ısı akışı, boşluklar ve çatlaklardan sızıntılar, pencere havalandırması, bitişik zonlardan kaynaklanan hava değişimi ve mekanik havalandırma sistemleri yoluyla oluşur.

BEP-TR' de minimum havalandırma ihtiyacı hesabı ve zonlar arasındaki havalandırma ile ısı geçişi katsayılarının havalandırma ile ısı kazancı ve kayıpları dikkate alınarak hesabı verilmiştir. DIN 18599' da, zona giren havanın sıcaklığına göre hava akımı, ısı kaynağı ve negatif ısı kazancı şeklinde tanımlanarak havalandırma ile ısı kazancı ve kayıpları hesaplanmaktadır. Bu bakımından iki yöntemde de havalandırma ile ısı geçişi benzer şekilde ele alınmaktadır (Çizelge 3.21).

Çizelge 3.21: Havalandırma ile ısı geçişi bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

Havalandırma ile ısı geçişi	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Tanım ve Hesaplama	Havalandırma ısı akışı: Boşluklar ve çatlaklardan sızıntılar, pencere havalandırması, bitişik zonlardan kaynaklanan hava değişimi ve mekanik havalandırma sistemleri Hesaplama: Havalandırma ile ısı kazancı ve ısı kayıplarını dikkate alan hesaplama	--------	İki yöntemde de havalandırma ısı geçişinde dikkate alınan havalandırma ısı akışı aynıdır ve iki yöntemde de havalandırma ile ısı kazancı ve kayıpları dikkate alınarak hesaplama yapılmaktadır.

3.3.10 Enerji performansı hesaplama yazılımı

Enerji performansı hesaplamak için Almanya'da zorunlu bir yazılım bulunmamaktadır ve farklı yazılımlarla basit ve detaylı şekillerde hesaplama yapma olanağı bulunmaktadır. Türkiye' de ise sadece T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı' nın denetiminde hazırlanan ve internet tabanlı olan BEP-TR kullanılmaktadır. Energieberater PLUS, iklim verileri, enerji değerleri gibi DIN 18599' un ve çeşitli Alman standartlarının Almanya' ya özgü değerlerini kullandığı için, iki yazılımın

hesaplama bakımından karşılaştırılması yapılamadığından sadece arayüz ve kullanım bakımından genel bir değerlendirme yapılabilmiştir (Çizelge 3.22).

Yazılımların kullanımları ve erişimleri bakımından belirlenen en önemli farklılık, tüm Alman bina sertifikasyon hesaplama yazılımları gibi özel bir şirket tarafından hazırlanan Energieberater PLUS' ı isteyen herkes alıp kullanabilirken, BEP-TR' ye sadece enerji sertifikası vermeye yetkili şirketler ve çalışanlarının erşip yazılımı kullanma yetkisi vardır.

Veri girişi bakımından belirlenen bir farklılık ise, binanın modellenmesi ve veri girişinde Energieberater PLUS, kullanıcıya programda tanımlı geometrilerin seçimiyle basit kayıt ve tüm yapı elemanlarının kullanıcı tarafından belirlenmesiyle detaylı kayıt gibi seçenekler sunarken, BEP-TR, sadece yazılımda tanımlı olan geometrilerden, değerlendirilen binanın geometrisine en yakın olanının seçilerek modelleme yapılmasına ve veri girilmesine izin vermektedir. Fakat, şu an BEP-TR' nin de çizime dayalı modelleme yapabilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Çizelge 3.22: Yazılım bakımından DIN 18599 ve BEP-TR' nin karşılaştırılması

Yazılım	Benzerlik	Farklılık	Değerlendirme
Yazılım çeşitleri	--------	**ALMANYA:** - Energieberater Plus - IBP 18599 Tool(Excell) - EnEV 2009 (Excell) - EVA 18599 **TÜRKİYE:** - BEP-TR internet tabanlı	Almanya' da DIN 18599' a göre hesaplama yapan çok sayıda yazılım bulunurken Türkiye' de sadece bir tane yazılım bulunmaktadır.
Kullanım ve erişilebilirlik (E.Plus& BEP-TR)	--------	**Energiberater Plus:** - Özel bir yazılım şirketi tarafından hazırlanmıştır. - Programı satın alan herkes kullanabilir. **BEP-TR:** - T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı hazırlatmıştır. - Enerji kimlik belgesi vermeye yetkili kuruluşlar ve bu kuruluşların çalışanları kullanabilir.	Energiberater Plus herkes tarafından kullanılabilirken BEP-TR yalnızca yetkili kişiler tarafından kullanılabilmektedir. Energieberater Plus' a erişim daha kolay olması BEP-TR' ye göre bir avantajdır.
Veri girişi (E.Plus& BEP-TR)	Programda tanımlı geometrilere göre binanın modellenmesi	**Energiberater Plus:** - Basit kayıt - Detaylı kayıt - Detaylı veri girişi - CAD ve 3D modülünden veri aktarımı **BEP-TR:** - Standart veri girişi	Binanın modellenmesinde Energieberater Plus, veri girişinin detayı bakımından daha çok modelleme seçeneği sunduğu için BEP-TR' ye göre daha avantajlıdır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

'Almanya ve Türkiye Bina Enerji Sertifikasyon Sistemlerinin Karşılaştırılması' başlıklı bu tez kapsamında, Almanya'da, bina enerji performansı hesaplama yöntemi olarak kullanılan DIN 18599 ile Türkiye'de kullanılan BEP-TR' nin, bina enerji performansını etkileyen parametreler ve kullanılan yazılımlar bakımından karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu iki sertifikasyon sisteminin karşılaştırmasında, enerji verimliliği çalışmalarını Avrupa Birliği' nin yayınlamış olduğu EPBD (Energy Performance of Building Directive) çatısı altında gerçekleştiren Almanya ve Türkiye' nin, bina enerji performansı hesaplama yöntemlerinin uygulama ve kullanım bakımından farklılıklarını tespit etmek ve bu tespitler ışığında Avrupa ülkelerinde de halen üzerinde çalışılan sertifikasyon sistemlerinin ve ülkemizde de geliştirilmekte olan BEP-TR' nin sorunları için çözüm üretebilmek amaçlanmıştır.

Bu karşılaştırmada, mimari parametrelerin ağırlıklı olarak kullanıldığı net enerji hesabı ve enerji performansı hesaplama yazılımları incelenmiştir. Net enerji ihtiyacı girdileri olan ve bina enerji performansını etkileyen karşılaştırma parametreleri; zonlama methodu, iklim verileri, malzeme verileri, bina tipolojisi, bina geometrisi, iç ısı kazançları, güneş kazançları, iletimle ve taşınımla ısı geçişi ve havalandırma ile ısı geçişi olarak belirlenmiştir. Hesaplama yapılmadan kullanım ve arayüz bakımından karşılaştırılan yazılımlar ise Almanya'da kullanılan ve Hottgenroth yazılım şirketi tarafından hazırlanan Energieberater PLUS ile Türkiye'de T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı denetiminde hazırlanan ve internet üzerinden kullanılan BEP-TR'dir.

İki yöntem arasında bina enerji performansını etkileyen parametreler bakımından yapılan karşılaştırmaya göre en büyük farklılıklar, zonlama methodu, iklim verileri ve güneş kazançlarının detay ve hassasiyeti ile bina geometrisinde saptanmıştır. Buna göre, DIN 18599' da zonlar, kullanım profilleri, bina sistemleri ve binanın fiziksel özelliklerinin incelenmesiyle yapılan detaylı analizlerle belirlenirken BEP-TR' de

bina tipolojisine göre basitleştirilmiş kabullerle zonlama yapılmakta, DIN 18599' un aylık, BEP-TR' nin saatlik bir method olması sebebiyle iki yöntemdeki iklim verileri ve güneş kazançları detay ve hassasiyet bakımından farklılık göstermektedir. Ayrıca iki yöntem de tüm bina geometrileri için uygun olmasına rağmen BEP-TR yazılımda tanımlı geometriler için hesaplamaya izin vermekte fakat çizime dayalı hesaplama yapılması için yazılımın geliştirilmesi planları yapılmaktadır. Bunların yanı sıra, malzemelerin hareketinden ve bina sistemlerinden iç kazançlar ile iletim ve taşınımdan negatif ısı kazançları BEP-TR' de dikkate alınmazken DIN 18599' da hesaplamayı etkileyen faktörler arasındadır.

Yazılımın hazırlanması ve kullanılması ile ilgili olarak, Almanya'da DIN 18599' a göre hesaplama yapan ve özel şirketler tarafından hazırlanan birçok farklı yazılımın bulunması ve bu yazılımlara erişim için herhangi bir kısıtlamanın bulunmaması, ilgili bakanlık tekelinde hazırlanan ve erişimle ilgili belirli sınırlamaları olan BEP-TR' ye göre büyük bir avantajdır. Ayrıca, binanın modellenmesinde de Energieberater PLUS' ın, BEP-TR' ye göre veri girişinin detayı bakımından daha çok modelleme seçeneği sunduğu gözlemlenmiştir. Bu bakımdan, Türkiye'de de, Almanya'daki gibi farklı yazılımların kullanılması ve bu yazılımlara erişimin kolay olması ile methodolojinin yaygın kullanımı sağlanarak methodoloji ile ilgili olası bir sorun daha çabuk belirlenebilir ve çözüm bulunabilir. Ayrıca, BEP-TR' nin de veri girişi ve hesaplama bakımından geliştirilerek farklı seçenekler sunmasıyla, yazılımın kullanımında pratiklik ve farklı detaylarda yapılan hesaplamalar arasında karşılaştırma yapma olanağı sağlanabilir.

Bunlara ek olarak, BEP-TR yazılımının daha sağlıklı sonuçlar verebilmesi için, BEP-TR' nin geliştirilmesi aşamasında methodoloji ekibinin yaptığı testler sonucunda belirlenen TS 825 referans bina tanımı, enerji ihtiyacı sınır değerleri ve kompleks binaların enerji sertifikası hesabı ile ilgili sorunlar çözülmelidir. Buna göre; TS 825' in ve referans bina tanımının değiştirilip farklı iklim bölgelerinde farklı bina tipolojilerinde testler yapılarak enerji ihtiyacı sınır değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, büyük ölçekli ve ısıl zonları açısından karmaşık otel, hastane gibi binaların sertifikalandırılmasında, basitleştirilmiş BEP-TR yöntemi ile hatalı sonuçlar elde edilmesi nedeniyle, bu binaların nasıl bir yöntem ile sertifikalandırılacağına yönelik çözümler bulunmalıdır [4].

Türkiye' de olduğu gibi Avrupa ülkelerinde de enerji sertifikasyon sistemleri ile ilgili çeşitli sorunlar bulunmakta ve ülkeler bu sorunları çözebilmek için sertifikasyon sistemleri ile ilgili çalışmalarına halen devam etmektedir. Ayrıca, EPBD de bu sorunlara bağlı olarak ortak çalışmalarla halen geliştirilmekte ve yenilenmektedir. Bu yenilemelere göre, EPBD' nin 2010 yılındaki yenilemesi kapsamında bulunan, binalarda minimum enerji performansı ihtiyaçlarının sağlanmasını ya da bina birimlerinin optimum maliyet seviyesine ulaşmak amacıyla düzenlenmesini içeren enerji performans gereksinimlerinin optimum düzeyde maliyeti ile ilgli düzenlemelerin (Cost optimal levels for energy performance requirements) ve 2020 yılına kadar tüm yeni binaların yüksek enerji performansı ile enerji ihtiyacının büyük çoğunluğunu yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayarak az enerji tüketen binalar olmasını öngeren düzenlemenin (Nearly Zero Energy Buildings in Europe), Türkiye, Almanya ve diğer Avrupa ülkeleri tarafından dikkate alınarak, bu konularda çalışmalara başlanması, sertifikasyon sistemlerindeki sorunların çözülmesinin yanı sıra bu türden gelişmelerin de yönetmelik ve hesaplama methodlarına eklenmesi gerekmektedir.

Avrupa ülkeleri ve Türkiye için bir diğer önemli sorun da bina enerji sertifikaları konusunda yeterli sayıda uzman ve sertifikatör bulunmamasıdır. Bu bakımdan da hızla sertifikasyon sistemlerindeki sorunlar giderilerek yeterli donanımda ve sayıda uzman ve sertifikatör yetiştirmeye başlanmalıdır. Ayrıca kompleks binaların basitleştirilmiş yöntemlerle sertifikalandırılmasında Türkiye' de olduğu gibi birçok Avrupa ülkesinde de hatalı sonuçlar elde edilmektedir ve bu konuda da yeterli uzman ve sertifikatörün yetiştirilmesi ile bu türden binaların daha gerçekçi sonuçlar veren dinamik yöntemlerle sertifikalandırılması da sağlanabilir.

Sonuç olarak, enerji verimliliği ile ilgili çalışmalarına Avrupa ülkelerine göre geç başlamasına rağmen Avrupa ülkeleriyle benzer bir düzeye ulaşan Türkiye, çoğunluğu yazılımdan kaynaklanan sorunlarını hızla çözmeli ve hesaplama methodu ve yazılımını geliştirip bu yazılımı kullanacak yeterli donanıma sahip uzman ve sertifikatörler yetiştirerek ülkemizde sertifikalandırılması gereken çok sayıda bina olması nedeniyle binaların sertifikalandırılmasına doğru ve hızlı bir şekilde başlamalıdır. Aynı zamanda, Türkiye, Almanya ve diğer Avrupa ülkelerinin de EBPD kapsamındaki gelişmeleri takip ederek yönetmelik ve hesaplama methodlarında gerekli düzenleme ve yenilemeleri yapmaları gerekmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Url- 1 < *http://www.maden.org.tr/* >, alındığı tarih: 10.11.2011.

[2] Leimer, H.P., (2008). Proposal for a Building Energy Efficiency Certificate, BBS Institut, Germany. Alındığı tarih: 08.11.2011, adres: http://web.byv.kth.se/bphys/copenhagen/

[3] Eicker, U., (2009). Low Energy Cooling for Sustainable Buildings.

[4] Yılmaz, A.Z., (2011). Bina Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi (Bep-Tr) ile Isıtma ve Soğutma Enerjisi İhtiyacının Hesaplanması, 10.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.

[5] Url- 2 < *http://tr.wikipedia.org/* >, alındığı tarih: 23.10.2011.

[6] Quaschning, V., (2005). Understanding Renewable Energy Systems, London

[7] Roaf S., Fuentes M. ve Thomas S., (2001). Ecohouse: A Design Guide, Oxford.

[8] Hastings S.R. ve Wall M., (2007). Sustainable Solar Housing Volume 1 – Strategies and Solutions, London.

[9] Williams D. E., (2007). Sustainable Design, Ecology, Architecture, and Planning, New Jersey.

[10] CEN 15615, (2008). Explanation of the general relationship between various European standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) – Umbrella Document.

[11] International Energy Agency, (2008). Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energy Efficiency Policies For New Buildings.

[12] Url- 3 < *www.enerji.gov.tr* **> ,** alındığı tarih: 07.10.2011.

[13] Url- 4 < *http://www.worldenergy.org* >, alındığıtarih: 08.10.2011.

[14] EPBD Building Platform, (2008). Implementation of the Energy Performance of Buildings Directive, Country reports.

[15] Url- 5 < *http://europa.eu* >, alındığı tarih: 06.10.2011.

[16] Aggerholm S., Erhorn H., Hitchin R., Erhorn-Kluttig H., Poel B., Thomsen K. E. ve diğ. (2011). Cost optimal levels for energy performance requirements.

[17] Çelik, B., (2010). Mevcut Binalarin Enerji Sertifikasyonunda Sınırr Şartlar için Yapılan Varsayımlar: Bina Parametrelerinin Enerji Sınıfına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[18] Energy Efficiency- Made in Germany, Energy Efficiency in Industry, Building Service Technology and Transport, (2010). Germany Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), Germany.

[19] Url- 6 < *http://www.zukunft-haus.info* >, alındığı tarih: 07.10.2011.

[20] Url- 7 < *http://www.zukunft-haus.info* >, alındığı tarih: 07.10.2011.

[21] Url- 8 < *http://www.zukunft-haus.info* >, alındığı tarih: 07.10.2011.

[22] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 2008. Resmi Gazete, 05.12.2008 sayısı: 27075, T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

[23] Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ, Resmi Gazete, 07.12.2010, sayısı: 27778 (Mükerrer), T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

[24] Enerji Verimliliği Kanunu, 2007. Resmi Gazete, 02.05.2007 sayısı: 26510, T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.

[25] TS 825, 2008. Binalarda ısı yalıtım kuralları, *Türk Standarları Enstitüsü,* Ankara.

[26] DIN 18599, 2007. Energy efficiency of buildings – Part 1: General balancing procedures, terms and definitions, zoning and evaluation of energy carriers, *Deutsches Institut für Normung*, Germany.

[27] DIN 18599, 2007. Energy efficiency of buildings – Part 10: Boundary condition of use and climatic data, *Deutsches Institut für Normung,* Germany.

[28] DIN 4108, 2007. Thermal insulation and energy economy in buildings – Part 4: Hydrothermal design values, *Deutsches Institut für Normung*, Germany.

[29] DIN 18599, 2007. Energy efficiency of buildings – Part 5: Delivering energy for heating systems, *Deutsches Institut für Normung,* Germany.

[30] DIN 18599, 2007. Energy efficiency of buildings – Part 2: Energy needs for heating and cooling of building zones, *Deutsches Institut für Normung,* Germany.

[31] Url- 9 < *http://www.zukunft-haus.info* >, alındığı tarih: 07.10.2011.

[32] Energieberater PLUS 18599, Version 7.1.0., 2011. Hottgenroth Software, Germany.

[33] Atmaca, M., (2010). Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (Bep-Tr) ile Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[34] Bep, 2010. Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi.

[35] Url- 10 < *www.bep.gov.tr* >, alındığı tarih: 29.10.2011.

[36] Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi, BEP, Yazlım Kullanıcı Kılavuzu. Alındığı tarih: 12.11.2011, adres: www.bep.gov.tr

EKLER

EK A.1: Almanya Bina Enerji Sertifikası Örneği
EK A.2: Türkiye Bina Enerji Sertifikası Örneği

EK A.1

Energy performance certificate for residential buildings

in accordance with sections 16 et seqq. of the German Energy Saving Ordinance (EnEV)

Valid until: 12.01.2010

1

Building

Type of building	Apartment block
Address	Any Street 1a, 12345 Anytown
Part of building	Front building
Year of construction of building	1927
Year of construction of installation engineering[1)]	1982
Number of flats	9
Building floor area (A_N)	575 m²
Renewable energies	Non-existent
Ventilation	Window ventilation
Occasion for issuing the energy performance certificate	☐ New building ☒ Renting/sale ☐ Refurbishment (modification/extension) ☐ Other (voluntary)



Notes on information about the energy quality of the building

The energetic quality of buildings can be determined by calculating the **energy consumption** under standard conditions or by the analysis of **energy consumption.** The Building floor area is used as reference area in accordance with the EnEV which differs in general with the living floor area. **The indicated reference values are intended to permit approximate comparisons (Explanations – see page 4).**

☒ The energy performance certificate has been issued by means of calculations based on the **energy demand.** The results are rendered on **page 2.** Additional information on consumption is voluntary.

☒ The energy performance certificate has been issued by analysing the **energy consumption.** The results are rendered on **page 3.**

Data collection (energy demand/energy consumption) by: ☐ houseowner ☒ assessor

☐ Additional information about energy quality are attached to the energy performance certificate (voluntary information).

Notes on the use of the energy performance certificate

The energy performance certificate is issued for information only. The data in the energy performance certificate refers to the entire residential building or the part of the building mentioned above. The energy performance certificate is intended only to provide an approximate comparison of buildings.

Assessor

Max Anyman
Any company
Any Street 12
12345 Anytown

13.01.2010
Date

Max Anyman
Signature of the assessor

1) Multiple entries possible.

Note: This is merely a translation of the german Energy Performance Certificate. Only the German version of this form does comply with the German Energy Saving Ordinance (EnEV).

Energy performance certificate for residential buildings

in accordance with sections 16 et seqq. of the German Energy Saving Ordinance (EnEV)

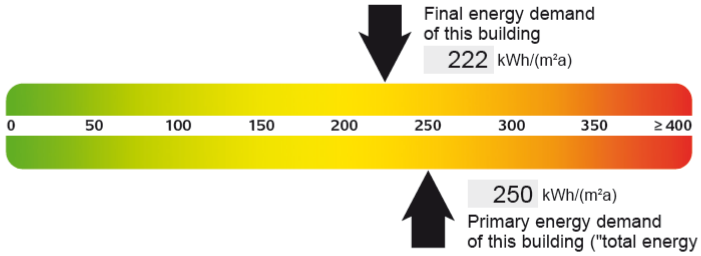
Calculated energy demand of the building

Any Street 12
Front building

2

Energy demand

CO_2-emissions[1] 56 kg/(m²·a)



Requirements in accordance with EnEV[2]

Primary energy demand

Actual value kWh/(m²·a) Required value kWh/(m²·a)

Energy quality of the building envelope H'_T

Actual value W/(m²·K) Required value W/(m²·K)

Summer heat protection (in new building) ☐ observed

Method used for energy demand calculations

☒ Method in accordance with DIN V 4108-6 and DIN V 4701-10

☐ Method in accordance with DIN V 18599

☐ Simplifications in line with § 9 para. 2 EnEV

Final energy demand

Energy source	Annual final energy demand in kWh/(m²·a) Heating	Hot water	Auxiliary equipment[4]	Total in kWh/(m²·a)
Natural gas H	177,9	40,5	0,0	**218,4**
Power	0,0	0,0	3,6	**3,6**

Replacement measures[3]

Requirements under § 7 No. 2 EEWärmeG[5]

☐ The required values tighened by 15% are complied with.

Requirements under § 7 No. 2 in conjunction with § 8 EEWärmeG

The EnEV required values are tightened by %

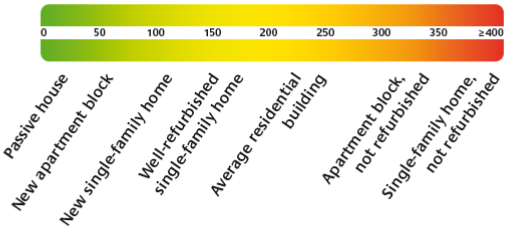
Primary energy demand

Tightened value required: kWh/(m²·a)

Transmission heat loss H'_T

Tightened value required: W/(m²·K)

Reference values – final energy demand



Notes on the calculation method

The German Energy Saving Ordinance (EnEV) allows two alternative calculation procedures for calculating the energy demand, which can lead to different results in individual cases. Due to standardised boundary conditions, the indicated values do not permit certain conclusions about the actual energy consumption. The stated demand values are specific values per square metre of building floor area (A_N) in accordance with the German Energy Saving Ordinance.

1) Voluntary information 2) For new buildings and modernisation in the case of § 16 para. 1 sentence 2 EnEV 3) Only for new buildings in the case of application of § 7 No. 2 EEWärmeG
4) Including cooling, if applicable. 5) EEWärmeG: German Renewable Energies Heat Act

Note: This is merely a translation of the german Energy Performance Certificate. Only the German version of this form does comply with the German Energy Saving Ordinance (EnEV).

Energy performance certificate for residential buildings

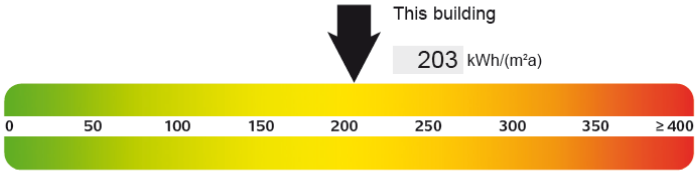
in accordance with sections 16 et seqq. of the German Energy Saving Ordinance (EnEV)

Measured energy consumption of the building

Any Street 12
Front building

3

Specific value of energy consumption



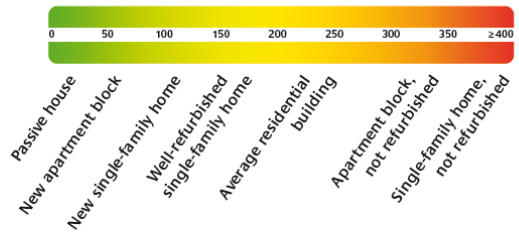
Energy consumption of hot water: ☒ included ☐ not included

☐ The building is also cooled; the typical energy consumption for cooling for contemporary devices is approx. 6 kWh/(m²·a) building floor area and is not included in the specific value of energy consumption.

Measured consumption – heating and hot water

Energy source	Time period		Energy consumption [kWh]	Prop. for hot water [kWh]	Climate factor	Specific value of energy consumption kWh/(m²·a) (adjusted for time and climate)		
	from	to				Heating	Hot water	Spec. value
Natural gas H	01.01.2006	31.12.2006	106.268	19.128	1,07	162,2	33,3	195,4
Natural gas H	01.01.2007	31.12.2007	114.826	20.669	1,06	173,6	35,9	209,5
Natural gas H	01.01.2008	31.12.2008	109.422	19.696	1,08	168,5	34,3	202,8
							Average	**202,6**

Reference values – final energy demand



The exemplary calculated reference values refer to buildings in which boilers provide heat for hot water and heating.

Please note, when comparing a specific value of energy consumption which does not contain a proportion for hot water, a figure of 20-40 kWh/(m²·a) may be used for hot water depending on size of the building.

Please note, when comparing a specific value of energy consumption of a building heated by a district or local heating system 15-30% less energy consumption is expected than in comparable buildings with boiler heating.

Notes on the procedure

The procedure for determining specific values of energy consumption is given by the German Energy Saving Ordinance. The values are specific values per square metre of building floor area (A_N), in accordance with German Energy Saving Ordinance. The actual energy consumption of an apartment or a building differs from the specific value of energy consumption in particular due to weather conditions and changing user behavior.

Note: This is merely a translation of the german Energy Performance Certificate. Only the German version of this form does comply with the German Energy Saving Ordinance (EnEV).

Energy performance certificate for residential buildings

in accordance with sections 16 et seqq. of the German Energy Saving Ordinance (EnEV)

Explanations

4

Energy demand – page 2
In this energy performance certificate, the energy demand is represented by the annual primary energy demand and the final energy demand. These details are determined by calculation. The specified values are calculated on the basis of the construction documents and/or building-related data and under assumption of standardised boundary conditions (such as standardised climate data, defined user behaviour, standardised indoor temperature and indoor heat gains, etc). In this way the energy quality of the building can be assessed independently of user behaviour and weather conditions. Due to standardised boundary conditions, the indicated values do not permit certain conclusions about the actual energy consumption.

Primary energy demand – page 2
The primary energy demand represents the total energy efficiency of a building. It considers not only the final energy, the so-called "upstream chains", but also exploration, production, distribution, transformation of each set of energy (e.g. fuel oil, gas, electricity, renewable energy, etc.). Low values indicate a low energy demand and a high energy efficiency as well as a careful and an environmentally friendly use of energy resources. In addition, the energy demand associated with the CO_2 emissions of the building can be declared voluntarily.

Energy quality of the building envelope – page 2
The stated value is the specific transmission heat loss (formula in the EnEV: H'_T) relative to the heat-transmitting surface area. This is a measure for the average energy quality of all heat-transmitting surface areas (exterior walls, ceilings, windows, etc.) of a building. Low values indicate good structural heat insulation. In addition, the German Energy Saving Ordinance (EnEV) sets standards for the summer heat insulation (protection from overheating) of a building.

Final energy demand – page 2
The final energy demand calculated according to technical rules, indicates the required annual energy for heating, ventilation and hot water. It is calculated under standard climate and standard terms and is a measure of the energy efficiency of a building and its systems engineering.
The final energy demand is the energy which has to be delivered to the building at standardised conditions taking account of energy losses in order to ensure the standardised indoor temperature, hot water requirements and the necessary ventilation. Low values indicate low demand and thus high energy efficiency.
The reference values for the energy demand are exemplarily calculated and are intended as indicators for an approximate comparison of the values of this building with the reference values. The values of each of the categories are indicated within approximate ranges. In individual cases, these values may also be outside the given ranges.

Specific value of energy consumption – page 3
The reported specific value of energy consumption for the building is based on the billing of heating and hot water costs, if necessary and determined according to the German Heating Cost Ordinance and / or by other appropriate consumption data. The energy consumption data for the entire building is used, not the individual residences or utility units. Meteorological factors are used to convert the measured energy consumption for heating regarding to the actual local weather data to a standardised German-wide average.
For example, high consumption in a single hard winter does not lead to a poorer assessment of the building.
The specific value of energy consumption gives an indication of the energy quality of a building and its heating system. Low values indicate low consumption. Conclusions about the expected future consumption are not possible, especially the consumption data of individual units vary widely because they depend on their location in the building, the current use and the individual response.

Mixed-use buildings
The German Energy Saving Ordinance contains special provisions on energy performance certificates for mixed-use buildings. After that are – depending on the circumstances – either a combined energy certificate for all usage or two separate energy certificates issued for dwellings and for other uses, which is recognisable on page 1 of the certificate (if applicable "part of building").

Note: This is merely a translation of the german Energy Performance Certificate. Only the German version of this form does comply with the German Energy Saving Ordinance (EnEV).

Recommendations for modernising regarding the energy performance certificate

in accordance with sections 20 et seqq. of the German Energy Saving Ordinance (EnEV)

Building

Address/ Part of building	Any Street 1a, 12345 Anytown Front building	Principal use/ building category	Apartment block

Recommendations for cost-effective modernisation

Measures for cost-effective improvement of energy efficiency	☒ are possible ☐ are not possible

Recommended modernisation measures

No.	Parts of the building or installations	Description of the measures
1	Windows	Modernisation of single glazed windows in the ground floor, new U-Value: 1,2 W/m²K, g-Value: 0,6
2	Ceilings	Insulation of basement ceilings, 12cm, WLG 039
3	Heating / Hot water	Replacement of heating system, new wood pellet boiler, 33 kW, space required for pellet storage
4	Hot water	Solar heating for domestic water, 20m² collector surface
5	Exterior walls	Insulation of uninsulated north and east façade of the front building, 24cm, WLG 040
6	Roof	Insulation between rafters, 12cm, WLG 032 Insulation under rafters, 16cm, WLG 040
7	Ventilation system	Installation of residential ventilation system (supply and extract air) with heat recovery (80%)

☐ Further recommendations on separate sheet.

Note: Recommendations for modernising the building are for information only. They are brief references only and no substitutions for energy consultation.

Exemplary comparison of options (voluntary information)

	Actual state	Modernisation option 1	Modernisation option 2
Modernisation acc. to numbers		1,2,6	1,2,3,4,5,6,7
Primary energy demand [kWh/(m²·a)]	250	221	30
Saving compared to actual state [%]		12	88
Final energy demand [kWh/(m²·a)]	222	196	85
Saving compared to actual state [%]		12	62
CO_2 emissions [kg/(m²·a)]	56	50	7
Saving compared to actual state [%]		12	88

Assessor

Max Anyman
Any company
Any Street 12
12345 Anytown

13.01.2010
Date

Max Anyman
Signature of the assessor

Note: This is merely a translation of the German Energy Performance Certificate. Only the German version does comply with the German Energy Saving Ordinance (EnEV).

EK A.2

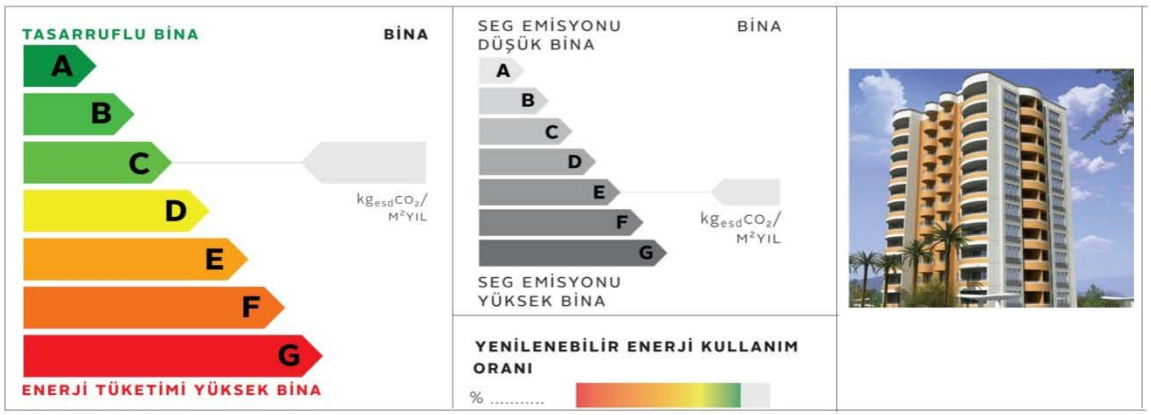
ENERJİ KİMLİK BELGESİ

BELGE NO
BİNA TİPİ
İNŞAAT YILI
KAPALI KULLANIM ALANI
ADA PARSEL
ADRES

VERİLİŞ TARİHİ
BELGEYİ DÜZENLEYEN KİŞİ
KURUMU
ODA SİCİL NO
BELGENİN SON GEÇERLİLİK TARİHİ
İMZA

BİNA SAHİBİ
İSİM
ADRES

(GEREKLİYSE)
MÜŞTEREK TESİSATLARIN SAHİBİ
İSİM
ADRES



ENERJİ KULLANIM ALANI	KULLANILAN SİSTEM	ENERJİ TİPİNE GÖRE YILLIK TÜKETİMLER: NİHAİ ENERJİ TÜKETİMLERİ (kWSAAT)	BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMLERİ (kWSAAT)	SERA GAZI ÜRETİMİ ($kg_{esd}CO_2$)
ISITMA				
SIHHİ SICAK SU				
SOĞUTMA				
HAVALANDIRMA				
AYDINLATMA				
TOPLAM				

ISITMA ENERJİ TÜKETİMİ	SOĞUTMA ENERJİ TÜKETİMİ	SIHHİ SICAK SU ENERJİ TÜKETİMİ	AYDINLATMA ENERJİSİ TÜKETİMİ	HAVALANDIRMA ENERJİSİ TÜKETİMİ
..... kWSAAT/M²YIL	..... kWSAAT/M²YIL	..... kWSAAT/M²YIL	..... kWSAAT/M²YIL	..... kWSAAT/M²YIL
A B C **D** E F G	A B **C** D E F G	A B C **D** E F G	A **B** C D E F G	A B C **D** E F G

AÇIKLAMA

ENERJİ KİMLİK BELGESİ

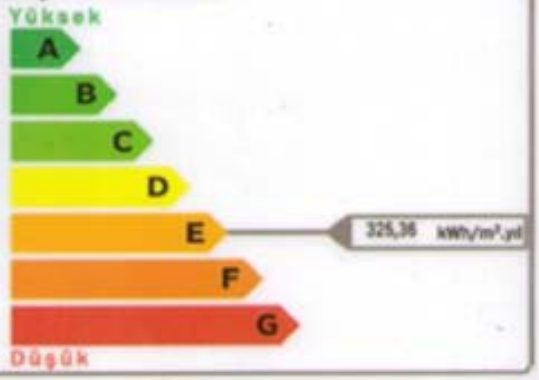
Binanın
Tipi : Ofis
İnşaat Yılı : 1938
Kapalı Kullanma Alanı : 22.381 m²
Ada, Parseli : 9440 Ada 1 Parsel
Adresi : Vekaletler Cad. Başbakanlık Merkez Bina Bakanlıklar/Ankara

Bina Sahibinin
Adı Soyadı : T.C. Başbakanlık
Adresi : Vekaletler Cad. Başbakanlık Merkez Bina Bakanlıklar/Ankara

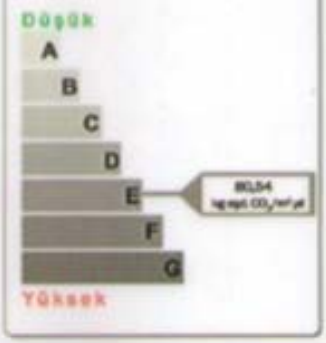
Müşterek Tesisatların Sahibi (gerekliyse)
Adı Soyadı :
Adresi :

T.C. BAŞBAKANLIK

Enerji Performansı



Sera Gazı Emisyonu



Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı

% 0

Enerji Kullanım Alanı	Kullanılan Sistem	Yıllık Enerji Tüketimleri			Sınıfı
		Nihai (kWh/yıl)	Birincil (kWh/yıl)	Kullanım Alanı Başına (kWh/m2.yıl)	
TOPLAM		5.464.261	7.261.828	325,36	A B C D **E** F
ISITMA	Merkezi / Doğalgaz	3.842.268	3.869.753	172,90	A B C D E **F**
SIHHİ SICAK SU	Merkezi Boyler	312.092	320.709	14,33	A B C D **E** F
SOĞUTMA	Karma *	446.957	1.054.819	47,13	A B C D E **F**
HAVALANDIRMA	Mekanik **	329.231	776.985	34,72	A B C **D** E F
AYDINLATMA	Fluoresan	533.713	1.259.563	56,28	A **B** C D E F

Açıklamalar

* Mevcut soğutma sistemi ile binanın soğutma ihtiyacı olan tüm alanlar soğutulamamaktadır. Soğutmaya ihtiyaç olan ama soğutulmayan alanlar için ise ek sistemler hesaba katılmıştır.

** Binanın sadece belli bölgeleri havalandırılmaktadır. Havalandırmaya ihtiyaç olan alanlar için ise ek sistemler hesaba katılmıştır.

Sertifika ekinde öneriler sayfasında belirtilen verimlilik artırıcı projelerin uygulanması durumunda binanın Enerji Performans sınıfı yükselecek ve Sera Gazı Emisyonu azalacaktır.

Belgenin
Numarası : ANK-OFIS-000001
Veriliş Tarihi : 20 Temmuz 2010
Son Geçerlilik Tarihi : 20 Temmuz 2020

Belgeyi Düzenleyenin
Adı Soyadı : Ergin Kaya
Firması : EVD Enerji Yönetimi
Oda Sicil Nosu :

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Esra Can

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara, 07.08.1985

Adres: Bakırköy/ İstanbul

E-Posta: canes785@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi