

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ SİMÜLASYON METODLARININ BİNA TASARIM SÜRECİNDE
DESTEK SİSTEMİ OLARAK KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevim TUNALI

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ashhan ÜNLÜ TAVİL

TEMMUZ 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ SİMÜLASYON METODLARININ BİNA TASARIM SÜRECİNDE
DESTEK SİSTEMİ OLARAK KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sevim TUNALI
(502101512)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ashhan ÜNLÜ TAVİL

TEMMUZ 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502101512 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Sevim TUNALI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ENERJİ SİMÜLASYON METODLARININ BİNA TASARIM SÜRECİNDE DESTEK SİSTEMİ OLARAK KULLANILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Aslıhan ÜNLÜ TAVİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Nur ESİN**
Okan Üniversitesi

Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **06 Temmuz 2012**
Savunma Tarihi : **11 Temmuz 2012**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bina tasarım süreci kendi içinde birçok karmaşık ve birbiriyle etkileşimli parametreleri barındıran kapsamlı bir süreçtir. Enerji simülasyon metodlarının bina tasarım sürecinde destek sistemi olarak kullanılması ile bu karmaşık süreci daha kolay aşılabılır bir olguya dönüşmektedir. Bu çalışmada, tasarım aşamasında verilecek doğru kararlara rehberlik eden simülasyon araçlarının kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenerek, tasarım süreci sonunda elde edilecek ürünü enerji etkin, çevre ile uyumlu bir yapı tasarımına dönüştürmektir.

Bu zorlu süreçte beni en başından beri yalnız bırakmayan, çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım, saygıdeğer hocam Doç. Dr. Aslıhan ÜNLÜ TAVİL'e minnet borçluyum.

Son olarak bu çalışmamda yanımda olan, yardımlaşma ve dayanışmayla birlikte bana takım çalışması ruhunu öğreten tüm arkadaşlarıma, her türlü sıkıntıyı paylaştığım, varlıklarıyla güç bulduğum sevgili annem Sevdatt TUNALI'ya, babam Ahmet TUNALI'ya, kardeşim canyoldaşım Mustafa TUNALI'ya ve varlığıyla her zaman destek olan, fikirleriyle ufkumu genişleten değerli meslektaşım Alexander HAUSTEIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2012

Sevim TUNALI
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımı.....	2
1.2 Çalışmanın Amacı	3
1.3 Problemin Çözümüne Yönelik Yaklaşım	4
1.4 Çalışmanın Kapsamı.....	4
1.5 Varsayım.....	5
2.BİNALARDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE ENERJİ	
PERFORMANSI YÜKSEK BİNALARDA TASARIM SÜRECİ.....	7
2.1 Performans Kavramı, Performans Kriterleri ve Binalardan Beklenen	
Performans Gereksinimleri	7
2.2 Performans Değerlendirmesi.....	11
2.2.1 Binalarda enerji tasarrufu ve çevresel duyarlılık.....	12
2.2.2 Enerji performansına yönelik tasarım parametreleri	14
2.2.2.1 Doğal çevreye ilişkin tasarım parametreleri.....	15
2.2.2.2 Yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri.....	17
2.3 Bina Tasarım Sürecinde Enerji Performansı.....	23
2.3.1 Bina tasarım sürecindeki aşamalar	23
2.3.2 Tasarım aşamalarındaki enerji performans gereksinimleri.....	25
2.3.3 Tasarım karar destek sistemleri.....	28
2.4 Binalarda Enerji Performans Değerlendirmesine Yönelik Türkiye ve	
Dünyadaki Yaklaşım	29
2.4.1 Sertifika sistemleri.....	32
2.4.2 Türkiye’de binalarda enerji performansına yönelik mevzuat ve	
yönetmelikler	33
2.5 Bölüm sonucu.....	39
3. TASARIM SÜRECİNDE BİNA PERFORMANS DEĞERLENDİRME	
METODLARI	41
3.1 Bina Performans Simülasyonunun Genel Değerlendirilmesi	41
3.1.1 Simülasyonun tanımı ve bina simülasyonu.....	41
3.1.2 Bina performans simülasyonu ve araçları.....	42
3.2 Simülasyon Araçlarının Girdi Verileri	46
3.3 Simülasyon Araçları İle Farklı Ölçeklerde Değerlendirme	49
3.3.1 Simülasyon araçları ile şehir ölçeğinde değerlendirme	50
3.3.2 Simülasyon araçları ile bina ölçeğinde değerlendirme	54

3.3.3 Simülasyon araçları ile yapı elemanı ve servis sistemleri ölçeğinde değerlendirme	59
3.3.4 Simülasyon araçları ile yapı malzemesi ölçeğinde değerlendirme	61
3.4 Performans Simülasyonu Etkinliği, Sonuçların Güvernirliği ve Genel Problemler	63
3.4.1 Performans simülasyonu etkinliği, sonuçların güvernirliği	63
3.4.2 Genel problemler	64
3.5 Yaygın Kullanılan Simülasyon Araçlarının Karşılaştırılması	66
3.5.1 Seçilen simülasyon araçlarının incelenmesi	66
3.5.2 Seçilen simülasyon araçlarının karşılaştırılması	87
3.6 Simülasyon Araçlarının Tasarım Süreci ile Bütünleştirilmesine Yönelik Yaklaşımlar	93
3.7 Bölüm Sonucu	101
4. TÜRKİYE’DE BİNA PERFORMANS SİMÜLASYON ARAÇLARININ KULLANIMINA YÖNELİK DURUM ANALİZİ	103
4.1 Anket Çalışmasının Amacı	103
4.2 Katılımcılar	103
4.3 Anket Çalışmasının Yaklaşımı	103
4.4 Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi	104
4.4.1 Enerji performansına yönelik yapılan çalışmaların farkındalığı	104
4.4.2 Enerji simülasyon araçlarının kullanılabilirliği	106
4.4.3 Kullanıcıların enerji simülasyon araçlarını değerlendirmesi	107
4.4.4 Mimarların enerji simülasyon araçları üzerine genel görüşleri	108
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	117
EKLER	123
ÖZGEÇMİŞ	127

KISALTMALAR

AA	: Akustik Analiz
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AFN	: Air Flow Network
AHU	: Air Handling Unit
AIA	: Association of International Architects
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BES	: Bina Enerji Simülasyonu
BEP	: Bina Enerji Performansı
BinSimDer	: Bina Performansı Modelleme ve Simülasyonları Derneği
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CA	: Cost Analysis
CADD	: Computer Aided Design/Drafting
CASBEE	: Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency
CDF	: Computational Fluid Dynamic
CEN	: The European Committee for Standardization
CFD	: Computational Fluid Dynamics
CIBSE	: The Chartered Institution of Building Services Engineers
ÇEDBİK	: Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DGNB	: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DLA	: Daylighting Analysis
DXF	: Data Exchange File
ESCO	: Energy Service Company
EVD	: Enerji Verimliliği Danışmanlık Firmaları
GBP	: Green Building Program
GESIS	: Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri
HVAC	: Heating Ventilating and Air Conditioning
IBPSA	: International Building Performance Simulation Association
IEA	: International Energy Agency
IES	: The Institute for Environment and Sustainability
IISBE	: International Initiative for Sustainable Built Environment
LCA	: Life Cycle Assessment
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
PG	: Performans Göstergeleri
RIBA	: Royal Institute of British Architects
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
UNEP	: United Nations Environment Programme
UNDP	: United Nations Development Programme

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Kullanıcı ihtiyacı ve performans gereksinimi	10
Çizelge 2.2	: Performans değerlendirmesi.	12
Çizelge 2.3	: RIBA ve TMMOB mimari tasarım süreci karşılaştırması	25
Çizelge 2.4	: Ön proje çalışmaları tasarım parametreleri	26
Çizelge 2.5	: Kesin proje çalışmaları tasarım parametreleri	27
Çizelge 2.6	: Uygulama projesi çalışmaları tasarım parametreleri	27
Çizelge 2.7	: Binalarda Enerji Performans Değerlendirmesine Yönelik Türkiye ve Dünyadaki Yaklaşımlar.....	32
Çizelge 2.8	: Sertifika sistemleri	33
Çizelge 2.9	: Türkiye’de BEP yaklaşımı	39
Çizelge 3.1	: Yapı malzemesi verileri	49
Çizelge 3.2	: Şehir ölçeğinde simülasyon.....	54
Çizelge 3.3	: Konfor performansı analizi.....	57
Çizelge 3.4	: Maliyet performansı analizi.....	58
Çizelge 3.5	: Örnek U-değeri hesabı	62
Çizelge 3.6	: Modelleme esaslarına göre karşılaştırma	88
Çizelge 3.7	: Genel özelliklerine göre karşılaştırma	89
Çizelge 3.8	: Ölçeğe göre karşılaştırma	89
Çizelge 3.9	: Enerji performansına göre karşılaştırma	90
Çizelge 3.10	: Konfor performansına göre karşılaştırma	91
Çizelge 3.11	: Maliyet performansına göre karşılaştırma.....	92
Çizelge 3.12	: Çevre performansına göre karşılaştırma	92
Çizelge 3.13	: Enerji performansına enerji simülasyon araçlarının tasarım ile bütünleştirilmesi	98
Çizelge 3.14	: Konfor performansına göre enerji simülasyon araçlarının tasarım ile bütünleştirilmesi	99
Çizelge 3.15	: Maliyet ve çevresel performansına göre enerji simülasyon araçlarının tasarım ile bütünleştirilmesi	100
Çizelge 4.1	: Enerji performansına yönelik yapılan çalışmaların farkındalığı	105

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Hamburger modeli.	8
Şekil 2.2	: Performans konsepti	9
Şekil 2.3	: Performans gereksinimleri ve göstergeleri.	10
Şekil 2.4	: Mimari tasarım süreci.	24
Şekil 2.5	: Enerji verimliliği kanunu yürütme sistemi.	34
Şekil 2.6	: EVD şirketlerinin yapısı.	37
Şekil 2.7	: BEP-TR kullanımı	38
Şekil 3.1	: BPS tarihsel süreç	43
Şekil 3.2	: Tasarım ve simülasyon ilişkisi	44
Şekil 3.3	: Performans programlarının işleyişi.	45
Şekil 3.4	: SF şehir modeli için kullanıcı belirli otomatik ısıtım karolajı	51
Şekil 3.5	: a) Fotovoltaik sistemler için uygun bina b) Pasif güneş sistemleri için uygun bina cepheleri: gri gölgeli yüzeyler	51
Şekil 3.6	: Simülasyon yöntemi	52
Şekil 3.7	: Cayenne’de bina kümelerinin simülasyon koşullarındaki verileri	53
Şekil 3.8	: Gün içinde güneş hareketi	55
Şekil 3.9	: Gün ışığı analiz	56
Şekil 3.10	: Aydınlatma analiz	56
Şekil 3.11	: Geliştirilen GESİS prgramı	59
Şekil 3.12	: Beton, ahşap ve taş yününün ısı geçirgenlik değeri	61
Şekil 3.13	: Türkiye ısı haritası ve bölgelere göre U-değerleri	62
Şekil 3.14	: Simülasyon araçlarının tasarım sürecine adaptasyonu	64
Şekil 3.15	: BSim arayüzü	67
Şekil 3.16	: BSim çıktı verileri.	69
Şekil 3.17	: DeST arayüzü	70
Şekil 3.18	: ECOTECT arayüzü.	73
Şekil 3.19	: Ecotect çıktı verileri.	74
Şekil 3.20	: Ener-Win çıktı verileri	75
Şekil 3.21	: Energyplus girdi verileri	78
Şekil 3.22	: EnergyPlus sonuç raporları	78
Şekil 3.23	: eQUEST arayüzü	79
Şekil 3.24	: eQUEST çıktı verileri	80
Şekil 3.25	: ESP-r arayüzü	81
Şekil 3.26	: HEED arayüzü	84
Şekil 3.27	: TRACE girdi verileri	86
Şekil 3.28	: TRACE çıktı verileri.	86
Şekil 3.29	: Devingen tasarım süreci.	94
Şekil 3.30	: BES tasarım sürecinde kullanımı	95
Şekil 3.31	: Bilgisayar destekli tasarım ortamı	95
Şekil 3.32	: Simülasyon araçlarının tasarım sürecinde kullanımı	97

Şekil 4.1	: Simülasyon aracını kullanan ofisler	106
Şekil 4.2	: Enerji simülasyon araçlarının ofislerde kullanılma nedeni.....	107
Şekil 4.3	: Simülasyon araçlarının kullanıldığı tasarım aşamaları.....	108
Şekil 4.4	: Değerlendirilen performans parametreleri.....	108
Şekil 4.5	: Ofislerde bu programların tercih edilmeme nedenleri.....	109
Şekil 4.6	: Enerji simülasyon araçlarının temel problemi	110
Şekil 4.7	: Simülasyon programlarının CAD yazılımlarıyla birlikte çalışması	110
Şekil 4.8	: Araçların kullanımının yaygı olması için gerekenler	111

ENERJİ SİMÜLASYON METODLARININ BİNA TASARIM SÜRECİNDE DESTEK SİSTEMİ OLARAK KULLANILMASI

ÖZET

Mimari tasarım, mimarlık ile mühendislik alanları bağlamında disiplinler arası ekip çalışmasıdır. Günümüzde büyük ölçekli, farklı teknolojiler içeren ve karmaşık fonksiyonlu yapıların tasarlanmasında çeşitli disiplinlerden birlikte bilgi alış-verişine gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda bu süreç oldukça karmaşık ve birçok girdiyi içinde barındıran bir yapıdır. Tasarım sürecinin başından itibaren alınan kararların sonuçta elde edilen bina performansını doğrudan etkilediği bir gerçekliktir. Bir tasarım problemi için olası çözümlerde, diğer durumlarla olan mevcut etkileşimlerin belirlenmesi zorunluluk oluşturmaktadır. Bununla birlikte, bir tasarım probleminin çözümü ile ilgili enformasyon miktarı çok fazladır ve genellikle birçok disiplinle ilgilidir. Bu aşamada bina performans simülasyonlarından elde edilen bilgilerin, tasarım sürecinin başından itibaren tasarımcıların alternatif çözümler içinden seçim yapabilmesine yardımcı olabilecek bir tasarım kararı destek sistemi olarak görülmektedir. Bilgilerin zamanında ve sağlıklı bir biçimde iletilmesini sağlayan bilgisayar destekli simülasyon, problemlerin çözümünde kararların erken alınmasına ve çıkabilecek sorunlara karşı zamanında çözüm yollarının aranmasına imkan sağlamakta, proje üretim sürecinde geribeslemeler ile yeniden yapılan revizyonları azaltmaktadır. Böylece, hataları en aza indirmekte, zaman ve işgücü kaybını ortadan kaldırmaktadır.

Ancak, mimarlar bugünün mimari tasarım süreci içinde öncelikli olarak yer alan enerji ve çevresel faktörleri geleneksel yöntemler yardımı ile tanımlamaya çalışmaktadır. Çoğunlukla bina tasarımında enerji ve çevresel faktörler, yönetmeliklerin belirlediği gerekliliklerin sağlanıp sağlanmadığının kontrolü ile sağlanmaktadır. Bu analiz yöntemi ise bu karmaşık süreçte oldukça tasarımı kısıtlayıcı olmakla birlikte yetersiz kalmaktadır.

Buna karşılık bina simülasyonu enerji ihtiyacı azaltılmış, kullanıcı konfor koşulları ve sağlığı göz önünde bulunduran sürdürülebilir bina tasarımında olabildiğince çabuk farklı tasarım seçeneklerini değerlendirerek tasarımcıya en doğru olanı seçme olanağını sunmaktadır.

Bu çalışmanın ana hedefi bina performans simülasyon araçların tasarım sürecinde kullanılmasına yönelik yaklaşımların ortaya konmasıdır. Bunu gerçekleştirirken; bu çalışmada bina enerji simülasyon tekniklerinin anlaşılabilirliğinin artırılması ve mimarların bu araçların kullanılmasına yönelik bilinçlendirilmesi ve cesaretlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bunun sonucunda, hedeflenen enerji etkin bina tasarımına ulaşmak için, ilk olarak tasarımcılar bina performans simülasyonu ile ilgili bilgilendirilmiş ve bu araçlarının kullanımını bir pratik haline getirilmeye yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu bağlamda, bina simülasyon araçlarının yapabileceklerinin sınırları çizilmiş, tablo ve grafiklerle bu sınırların kolay okunabilirliği sağlanarak, tasarımcı tarafından daha kolay kullanılabilir hale getirilmesinin yolları araştırılmıştır.

Çalışmanın sonunda ise İstanbul'da bulunan yaklaşık 45 mimarlık ofisi ile yapılan ankette bu ofislerde simülasyon araçlarının kullanılabilirliğine yönelik yaklaşımlar tespit edilmeye çalışılarak, bu araçların tasarım destek sistemi olarak hangi düzeyde ele alındığı değerlendirilerek bir durum tespiti yapılmıştır.

USING BUILDING ENERGY SIMULATION METHODS AS A DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE BUILDING DESIGN PROCESS

SUMMARY

Architectural design process is an interdisciplinary teamwork in the context of architectural and engineering fields. Today, the exchange of information is needed from cooperation of various disciplines in the design of large-scale and complex functional structures with different technologies. In this context, these process is an extremely complex structure which is composed of several inputs. All decisions which are taken from the beginning of the design process directly affect the performance results of building. Defining interactions with other conditions is a necessity for possible solutions to a design problem. Moreover, there are many information about the solutions of design problem and these are usually about different disciplines. On that point, the information getting from building energy performance simulations seems as a design decision support system which helps user during all design process for determining and choosing the best solutions in all design alternatives.

Computer-aided simulation providing timely transmission of information affords the users an opportunity to take instantly decisions for solving problem and to find a way in case of expecting troubles. Furthermore building simulation provides several feedbacks in the production process and this reduces amount of revisions.

Thus, all errors are minimized and the loss of time and labor are eliminated.

However, the architects try to define energy and environmental factors, which are priority important issue in today's architectural design process, with traditional methods. energy efficiency of the building and environmental factors are mainly supplied by checking if they come up to regulations or not. This analysis method is quite restrictive and insufficient in this complex process.

Nevertheless, building simulation brings forward an option choosing the best alternative for the sustainable building design conditions which are reduced energy requirement and considered the user comfort and health by evaluating all design options quickly. The application of simulation can result in a more informed decision making process and an improved design quality. Finally the outcome of a survey is described which provides insight into how designers regard the use of simulation in the building design process. The survey emphasises the fact that research presented in this thesis was successful in contributing to the integration of building simulation into the building design process. Many energy simulation tools are developed to have these opportunities.

Building energy and environmental performance simulation programs have the capability to evaluate a wide range of responses to external stimulus. These software tools are used by designers evaluating individual building design. Other uses for building simulation tools include overheating prediction, heating and cooling

equipment design, evaluation on alternative technology such as energy efficiency and renewable energy, integrated views of multiple simulation results.

This thesis researches how building energy simulation can be used to guide, define, determine and support decisions by users in building design process. This study demonstrates how building performance simulation informs and defines performance parameters. And this study shows how building performance simulation tool integrate to the design process as a decision-maker.

This thesis is developed with four different parts. The first step is the defining of the problem. Design process has been changing according to the today's technological improvements. Moreover, traditional architectural design process cannot answer the requirements of new formation. Besides that, using building simulation tools in architectural design process is a new starting to provide most of needs to create an energy efficiency building. However, the problem is that it is a new portal for architects, designers and engineers to discover, and most of them do not know how to use this programmes. In addition, it is a reality that there is lack of knowledge and users guide to show them up how to use these tools in design process.

The second part of thesis is an approach of the concept of energy performance. In this stage, the answers of how energy performance in buildings evaluates and what these parameters describe are searched. Day by day, the natural resources of planet are consuming. Designing energy efficiency buildings is getting an obligatory. There are different parameters, which define if a building is energy efficiency, or not. However, these parameters are so complicated and should evaluate together. For an architect losing himself in design process with those complicated parameters is inevitable. To solve this problem, many design-supporting systems are developed. Building energy simulation tools is one of these supporting systems. After this development evaluation of energy efficiency in buildings are improved. Simulation tools also a step for that, but besides that, in the World and Turkey, there are many certificate systems to evaluate and grade building according to their efficiency level. Furthermore, many legislations and regulations about building energy efficiency are executed in Turkey.

In the third part of thesis, evaluation of building energy with simulation tools is examined. Several challenges relate to the need to provide better simulation tools. In this part, simulation tools, multi-scale approaches which are from construction detail to district level, uncertainty and sensitivity analysis, employing use and environmental change scenarios, optimization under uncertainty, inverse approach which is addressing "how to" instead of being able to answer "what if" questions, and integration in the construction process which is using building information modeling (BIM), process modeling, etc. The starting point for solving these problems is describing the inputs of systems. Describing right input for design stages in the biggest step to get result which is the nearest of reality.

After describing inputs, simulation gives the users some outputs which can be different scales such as city scales, building scales, building elements scales and material scales. And in each scales, measured parameters are different. However, over the past 50 years, literally hundreds of building simulation tools have been developed, enhanced, and are in use throughout the building energy community. 15 simulation tools has been chosen in the riches of simulation tools for a comparison. This comparison is based on information provided by the program developers in following categories: general modeling features; zone loads; building envelope;

daylighting and solar; infiltration, ventilation and multizone; HVAC equipment; environmental emission; economic evaluation; climate data availability; results reports; validation; and user interface, links to other programs, and availability. Created tables provide a brief overview of each programs. Giving enough knowledge to the users with the tables is aimed to integrate these tools into the design process.

In short, the main objective of this study is being put forth an approach which is using performance simulation tool in to the design stages. While it has been doing so, it is aimed increasing of intelligibility of building energy simulation techniques and making the architects conscious of how to use of the tools and encouraging them to do it. In this way, to achieve the target energy efficient design of the building, the designers have been informed about building simulation, and a study on using of the tools to make it a practice is made. The practice perceives that simulation can provide unique benefits to a sustainable design approach, whereby it becomes fully integrated into the new process, and in such a way that Architects can fully engage in its usage and at a time when it had greatest impact on the outcome. In this context the boundaries of building simulation tools have been drawn. The ways which makes using of these tools easier for designers are researched by providing comprehensibility of them with tables and graphs.

At the end of the study, in the forth part, approximately 45 architectural offices located in Istanbul have been conducted a survey to see their approach about usability of simulation tools in these offices. And this survey was a due diligence about if these simulation tools are used or not, and if they use them in which stage they have been evaluated. However the survey results show that the usage of energy simulation tools for building design evaluation in Istanbul is very limited. The limited usage of energy simulation tools arises mainly from the inherent system limitations of actual simulation tools.

In conclusion; the increasing complexity in architectural design process and performance evaluation of buildings results in the need for the use of computer based building performance evaluation and design support tools. To do that, defining the simulation scope for guiding productive simulation activity is very important. A clearly identified scope allows translating the design inquiries into simulation system and identifying modeling strategies.

1. GİRİŞ

Endüstrileşmenin başlangıcı ile birlikte insanoğlunun doğa ile etkileşimi farklı bir boyut kazanmıştır. Bu değişim 20. yüzyılda küresel ölçekte bir çevresel krize dönüşmüş, sanayileşme-kentleşme süreçlerinin yarattığı yoğun çevre kirliliği sorununu yaratmıştır. Günümüzde en üst noktaya gelen sanayi ve teknolojinin getirdiği faydaların yanısıra ne yazık ki doğal kaynak ve hammadde tüketimi hızlı bir ivme ile artmakta ancak dengeyi sağlayacak olan enerjinin etkin kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Doğadaki zincirlerin geri dönüşü neredeyse imkansız bir şekilde bozuluyor olması, ekolojik bir kriz yaratmaktadır. Bunlardan en belirgin olanı küresel ısınmadır.

Küresel ısınmanın açtığı sorunların ayırım gözetmeksizin herkesi etkileyeceğinin herkesçe kavranmaya başlanması, yapı sektörü, kentsel planlama ve mimarlık disiplinlerinde ekoloji, yeşil mimarlık ve sürdürülebilirlik kavramlarının ön plana çıkmasına neden olmaktadır. Bu sebeple gündeme gelen büyük ölçekli sağlık sorunları ve bunun getirdiği, doğadaki canlı çeşitliliğinin tehlikeye girmesi bu problemin çözümüne yönelik arayışları ve farklı yönelimleri kaçınılmaz kılmaktadır. Kaynak tüketiminden nüfus artışına, çevresel atıkların azaltılmasından kirliliğin önlenmesine kadar pek çok çevresel etkinin çözümü olarak görülen “sürdürülebilirlik kavramı” ilk olarak 1987 yılında Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonu tarafından “Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yetenek ve olanaklarını kısıtlamaksızın, bugünkü ihtiyaçların karşılanması” olarak tanımlanmıştır (Özçuhadar, 2007).

Çevre krizini tetikleyen en önemli etkenlerden biri de meydana getirdiği negatif çevresel etkiler ve enerji tüketimleri ile “binalar”dır. Bu duruma sürdürülebilir mimari tasarımları kaçınılmaz kılmaktadır. Dünyadaki toplam enerji tüketiminin %40-60’ı binaların ısıtılması, soğutulması ve aydınlatılması için harcanmaktadır. Buna karşılık dünya ekonomisinde enerji fiyatlarının sürekli artması, kullanılan kaynakların yenilenebilir olmaması nedeniyle, binalardaki enerji tüketimini optimum seviyeye getirilmesi, bina tasarım ve işletme süresinde bir sorun teşkil etmektedir. Bu

bağlamda, binalardaki enerji tüketim miktar ve maliyetini belirleyen, mimarların tasarım süreci içinde enerji etkinliğine yönelik aldığı tasarım kararlarıdır. Binalardaki mimari tasarım fikirlerinin veya uygulamalarının enerji etkinliğini tasarım aşamasında alınacak olan doğru kararlar ile arttıracak şekilde oluşturulması gerekmektedir. Bu aşamada tasarımcılar bazı karar destek sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Tasarım karar destek sistemleri, karmaşık mimari süreç içinde alınan kararlarda bir kılavuz niteliği taşımaktadır.

Tüm bu gelişmeler göstermektedir ki, mimarların sürdürülebilir bina tasarımı bilgileri ile donatılmaları ve eğitimlerinin bir parçasının bu alan üzerinden gerçekleşmesi, ülke ekonomisine ve çevreye olan katkısı bakımından büyük önem taşımaktadır.

1.1 Problemin Tanımı

Bina üretimi; planlama-girişim-yatırım, tasarım, ihale, yapım, kullanım ve yok etme süreçlerinden oluşan kompleks bir süreçler zinciridir. Bu zincirin içindeki mimari tasarım ise içinde birçok farklı disiplinleri barındıran, birçok girdi ve çıktının bulunduğu karmaşık bir süreçtir. Bu karmaşık sürecin çözümünü kolaylaştırmak için tasarımı destekleyici sistemlerin kullanılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Tasarım destek sistemleri, geleneksel basit hesaplama yöntemi olabildiği gibi, günümüzün teknik ve teknolojik gelişmeleri ile birlikte, yaratıcı problem çözümüne yönelik tasarımcıya yardımcı olabilecek; üç boyutlu modelleme, sanal gerçek ortam yaratımı gibi pek çok farklı seçenek sunulabilmektedir. Tasarım süreci içindeki bileşenlerin karmaşık etkileşiminin doğru analiz edilmesi ve her bakımdan uyumlu sentezler elde edilebilmesi için çoğunlukla geleneksel yöntemler kullanılmaktadır. Fakat, mimarların bugünün mimari tasarım süreci içinde öncelikli olarak yer alan enerji ve çevresel faktörleri geleneksel yöntemler yardımı ile yeterli düzeyde tanımlayamamaktadır. Çoğunlukla bina tasarımında enerji ve çevresel faktörler, yönetmeliklerin belirlediği gerekliliklerin sağlanıp sağlanmadığının kontrolü ile sağlanmaktadır. Bu analiz yöntemi ise oldukça tasarımın kısıtlayıcı olmakla birlikte yetersiz kalmaktadır.

Bina tasarım sürecinde enerji etkinliği ve çevre dostu olma başta olmak üzere bina performansını etkileyecek, doğru malzeme ve yapı elemanı kararı almaya yardımcı olacak birçok simülasyon (benzetim) programı geliştirilmiştir. Biçim, boyut,

yönlenme ve kabuk sistemi gibi tasarım parametrelerinin tüm bina performansını nasıl etkilediğini analiz edebilen bu programlardan elde edilecek bilgiler, performansı etkileyen ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi bina alt sistemleri ile ilgili tasarım kararların verilmesinde büyük rol oynamaktadır.

Ancak günümüzde simülasyon programlarının öneminin bilinmesine rağmen, bu programların kullanımı çok sınırlıdır, daha çok akademik çalışmalarda kullanımı yaygınlaşmıştır ve Türkiye’de birçok mimar bu programların nasıl kullanılacağı bilgisinden yoksundur. Bununla birlikte, bu programlar, mimari tasarımın sonunda “tasarım performansını doğrulamak” için kullanılmaktadır. Buna karşılık tasarım sürecinin başından itibaren, simülasyon desteği ile yapılan bir bina tasarımının sonuç performansının çok daha yüksek olacağı bir gerçektir. Bu nedenle, bina performans simülasyon programlarının tasarım sürecine nasıl entegre edilebileceğine yönelik çalışmalar gereklilik haline gelmiştir.

Tasarım araçlarının kendi içinde çok karmaşık bir yapıya sahip olmaları ve tasarımcılar tarafından niteliklerinin ve yapabileceklerinin sınırının bilinmemesi, onların kullanımında sorunlar yaratmaktadır. Bu bağlamda, bina simülasyon programlarının yapabileceklerinin sınırları çok iyi bir şekilde tanımlanması, ve onların tasarımcı tarafından nasıl daha kolay kullanılabilir hale getirilmesinin yolların araştırılması bir gereklilik oluşturmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Tanımlanan problem alanlarına bağlı olarak bu çalışmanın ana hedefi bina performans simülasyon araçlarının tasarım sürecinde kullanılmasına yönelik geliştirilen yöntemin irdelenmesidir. Bunu gerçekleştirirken; çalışmada bina enerji simülasyon tekniklerinin anlaşılabilirliğinin artırılması ve mimarların bu araçların kullanılmasına yönelik bilinçlendirilmesi ve cesaretlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu kapsamda, çalışma süresi boyunca elde edilmesi beklenen sonuçlar;

- Mimari tasarım süreci ve sürdürülebilir mimarlığın çok farklı kavramlar olduğu inancının yıkılması, iki sürecin birbirlerine tasarımın ilk aşamalarından itibaren entegre olması gerekliliğinin aşılması;
- Sürdürülebilir mimarlığın belirli bir mimari formu olduğuna ilişkin düşünceler, mimari yaratıcılığı kısıtlamaya çalışmaktadır. Bu bağlamda tasarımda çeşitliliğin artırılması;

- Tasarım aşamalarında test edilen belirli kriterler ve bunların sayısal verileri ile, enerji etkin tasarım geliştirme konusundaki bilincin arttırılması;
- Bina enerji simülasyonunu tasarımcılara tanıtılması;
- Simulasyon destekli tasarım sürecinin karşı karşıya olduğu sorunların tespit edilebilmesi ve bu sorunlara karşı çözüm önerilerinin araştırılması;
- Simülasyon araçlarının yapabilecekleri analizlerin sınırları belirlenmesi ve bunların tasarım sürecinde doğru kullanılabilmesine yönelik kullanıcıların bu araçları karşılaştırabilmeleri için gerekli alt yapının oluşturulmasıdır.

1.3 Problemin Çözümüne Yönelik Yaklaşım

Enerji simülasyon metodlarını bina tasarım sürecinde destek sistemi olarak kullanılmasına yönelik yapılan bu çalışmada dört aşamadan oluşan bir süreç geliştirilmiştir.

İlk aşamada literatür araştırması ile performans kavramı irdelenmiş ve performans kriterleri, binalardan beklenen performans gereksinimleri tanımlanmaya çalışılmıştır. Bunun devamında ‘tasarım süreci’ kavramına bir açıklık getirilmiş ve belirlenen tasarım parametrelerini bu tasarım sürecinde yerleri belirlenmiştir.

İkinci aşamada simülasyon kavramı açıklanmış , tanım ve özelliklerinin belirlenmesi ile birlikte simülasyon araçlarının grafik ve tabloların yardımı ile sınıflandırılması ve karşılaştırılması yapılmıştır. Bu sınıflandırma yapılırken ilk aşamada tanımlanan performans parametreleri üzerinden bu araçların yapabileceklerinin sınırlarının belirlenmesine çalışılmıştır.

Üçüncü ve son aşama ise tasarım süreci ile tanımlanan simülasyon araçlarının bütünleştirilmesine yönelik yaklaşımların incelenmesidir. Bu aşamada tasarım sürecinin başından sonuna kadar simülasyon araçlarının nasıl birer karar destek sistemi olacağına dair bir açıklık getirilmiştir.

1.4 Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmada ilk olarak literatür araştırması sonucu elde edilen bilgiler doğrultusunda problem alanları ortaya konmuştur. Daha sonra çalışma genelinden kapsamın sınırlarını belirlemeye yönelik kararlar alınmıştır. Buna bağlı olarak literatür çalışmaları devam edilmiş performans parametreleri üzerine bilgiler edinilerek tasarım süreci ile ilişki kurulmuştur. Kurulan bu kavramsal ilişkiler ile

simülasyon araçlarının analiz edebildiği parametreler bütünleştirilmiştir. Çalışmanın sonunda ise İstanbul'da bulunan mimarlık ofisleri ile yapılan ankette bu ofislerin simülasyon araçlarının kullanması ve bu araçları karşı yaklaşımını gösteren anket çalışması yürütülerek bir durum tespiti yapılmıştır.

1.5 Varsayım

Tüm bu hedeflerin gerçekleşmesiyle elde edilecek sonuç, simülasyon programlarının tasarım süreci içinde kullanımı ile bina performans simülasyonlarının yüksek performanslı bina elde etmeye yönelik en etkili bir yöntem olduğudur.

2. BİNALARDA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE ENERJİ PERFORMANSI YÜKSEK BİNALARDA TASARIM SÜRECİ

2.1 Performans Kavramı, Performans Kriterleri ve Binalardan Beklenen Performans Gereksinimleri

Performans kelime anlamı olarak Türk Dil Kurumu'nda belirtildiği gibi ‘‘başarım’’ demektir. Bu bir nesnenin benzerlerinden üstünlüğünün benzerlerince kabul görme durumu olarak da yorumlanabilir.

Bina için performans kavramı ise; bir sistemi oluşturan farklı işlevli parçaların, kullanılma sırasında doğal ya da yapay dış etkenlerin etkileri altında, özelliklerine bağlı olarak zaman içinde gösterdiği davranıştır. Performans kavramının tasarım sürecinde düşünülmesi ile tasarım problemlerine yaklaşım, bir tür tasarlama yöntemidir. Bu tür tasarlama performansa dayalı tasarımıdır. Performansa dayalı bina tasarım kavramı günümüz için çok yeni bir kavram değildir. Romalı ünlü mimar Vitruvius, ‘‘Mimarlık üzerine on kitap’’adlı derlemesinde performansa yönelik üç temel gereklilikten bahsetmektedir: *Dayanıklılık, Kullanışlılık ve Güzellik*.

Binalarda performans yaklaşımı bir yöntemden çok sonuç bazında düşünme ve çalışma pratiğidir. Bu, binanın nasıl inşa edilmesinin belirlenmesinden çok onun neye gereksinim duyduğunun belirlenmesi ile ilgilidir (Gibson 1982).

Performans bazlı bina iş sürecindeki gerekliliklere ve kullanıcı ihtiyaçlarına odaklanır. Bu en baştan bir yapının yada yapı ürününü hangi amaca yönelik inşa edileceğinin tanımlanması ile gerçekleşir (Szigeti and Davis, 2005). Bu yaklaşım daha çok malzeme kalitesi ve yapı yöntemine ve işçiliğe dayalı olan geleneksel kullanıcı yaklaşımından farklıdır.

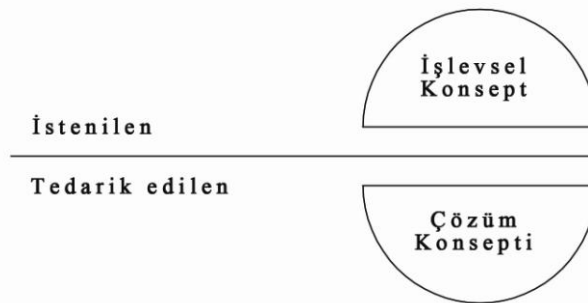
Uluslararası Mimarlar Birliği-AIA (Association of International Architects) performans bazlı binaları tanımlamaya yönelik şu açıklamaları getirmiştir:

- binalarda fonksiyonel ve çevresel kaliteye dayalı (ısı konfor, iç ortam havası, akustik, görsel kalite...) bireysel etkinliği sağlamak,

- binalarda bütünlüğe dayalı (esneklik, dayanıklılık, strüktürel ve yangın güvenliği...) organizasyonel etkinliği sağlamak,
- bina yakın çevresinin kaynak dağılımı ve entegrasyonuna dayalı (malzeme, arazi, su, enerji, atık, alt yapı...) toplumsal etkinliği sağlamak (Bullen 2006).

Tüm bu tanımlamalardan yola çıkarak, performans bazlı bina hangi amaca göre inşa edilecekse o gereksinimlerin tümünü içinde barındıran yapı türüdür. Harputlugil'e göre bu bağlamda bina tasarım süreci son derece önemlidir, çünkü binanın kullanım sürecindeki performansını belirleyecek pek çok karar tasarım aşamasında alınmaktadır. "Yüksek performanslı bir bina" tasarlayabilmek için, binanın amaçlanan kullanımı tam karşılaması, bir başka deyişle tasarımcıların kullanıcı gerekliliklerini tam olarak anlaması son derece önemlidir (Harputlugil, 2009).

Kullanıcı gereksinimleri çevresel etkilere bağlı olarak, binanın bir sistem olarak performans göstermesi sonucu ortaya çıkan gereksinimler "performans gereksinimleri" olarak adlandırılmaktadır. Var olan 'doğal çevre' genellikle kullanıcı eylemleri için yeterli yaşam koşullarını sağlayamamaktadır. 'Gerekli çevre'yi tanımlamak için kullanıcı gereksinimlerini içinde barındıran 'yapma çevre' ile ilişki kurulur. Buradaki sorun 'yapma bir çevre' yaratmak için 'doğal çevre'ye eklenen yeni fiziksel nesneden, yani bina veya bina ürünüden beklenen performansın belirlenmesidir. Başka bir söyleyişle, kullanıcı gereksinimlerinin binada beklenen performans gereksinimlerine dönüşmesidir. Yüksek performanslı bir bina tasarlayabilmek için tasarımcıların kullanıcı gereksinimlerini anlaması son derece önemlidir. Fakat bu yeterli değildir. Kullanıcı gereksinimlerini belirleyen tasarımcı binanın bu gereksinimleri karşılaması için hangi özelliklere sahip olması gerektiğini belirleyen "performans gereksinimlerini" de tanımlamalıdır. Bu durum aşağıda "Hamburger modeli" olarak ilk defa Hollanda'da Ghieling tarafından kullanılan Şekil 2.1 ile açıklanmıştır (1988).



Şekil 2.1: Hamburger modeli (Ghieling, 1988)

Performance konsepti iki anahtar karakteristik özelliği;

1. İki farklı dilin kullanımı, birincisi istenilen performans, diğeri tedarik edilen performans,
2. Performans hedeflerine karşı sonuçları doğrulama ve onaylama ihtiyacı, (Szigeti and Davis, 2005).

Bu tabloda istenilen performans kullanıcı dilini yani kullanıcının kolay anladığı çoğunlukla işlevi ortaya koyan dildir. Yapının kullanım amacıyla ilişkilidir. Kullanıcıların fonksiyonel ihtiyaçlarını ve gereksinimlerini temsil eder. Başka bir deyişle kullanıcı dili olarak işlevsel konsept ‘‘ NE’’ ve ‘‘NEDEN’’ gereklidir sorularına yanıt verir. Diğer yanda tedarik edilen kısım yani çözüm konsepti sıradan bir kullanıcı için bir anlam ifade etmeyen uzmanlık dili olan performans gereksinimleri belirtir. Kullanıcı ihtiyacını performans gereksimine çevrilmesi uzmanlık gerektiren bir iştir. Bu durum aşağıdaki Şekil 2.2 ile gösterilmiştir.



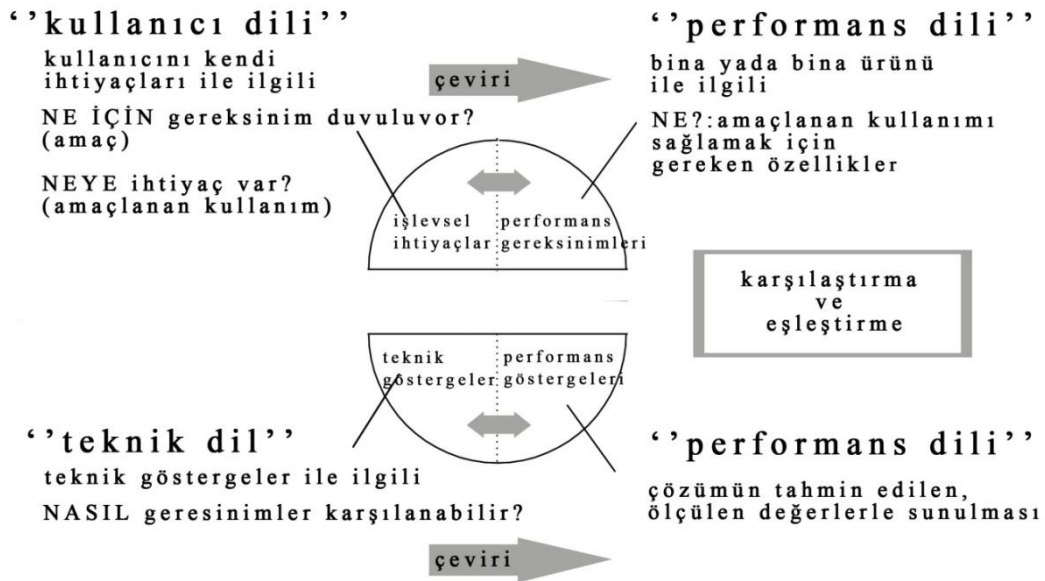
Şekil 2.2: Performans konsepti (Spekkink, 2004)

Bu bağlamda aslında tek bir kullanıcı gereksinimi çoğu zaman tek bir çözümle karşılanamaz, birden fazla performans gereksinimi ile ilişkilendirilir. Spekking tarafından hazırlanan Çizelge 2.1’de bu açık bir şekilde anlatılmıştır.

Çizelge 2.1:Kullanıcı ihtiyacı ve performans gereksinimi (Spekkink, 2004)

Kullanıcı İhtiyacı	Performans Gereksinimi
-En az 25 kişi ile farklı oturma düzeninde toplantı yapımını sağlayacak bir mekan	-gereken mekan:3m2/kişi -mekan biçim:en/boy oranı<1,5/1 -havalandırma: her bir kişi ve her saat için 30 m3 taze hava -iç ortam hava sıcaklığı 19°C<t<21°C -arka plandaki gürültü düzeyi:8dış ortamdan kaynaklanan) en fazla 35dB -masa üstü aydınlatma düzeyi: en az 500 lux

Performans gereklilikleri binanın kullanımı sırasında kaliteyi yükseltmekle beraber herhangi bir çözüm önerisi sunmaz. Bu çözümleri bulma tasarımcı ve mühendislerin daha yaratıcı yollar denemesine olanak sağlamaktadır. Bu çözümlerin performans gereksinimlerini karşıladığından emin olmak gerekmektedir. Bu değerlendirmeyi yapabilmek için ölçme, hesaplama ve simulasyon yöntemleri yardımıyla elde edilen açık ve nicel değerler olan “performans göstergeleri” temeline dayandırılmalıdır. “Performans gereksinimleri” ile “performans göstergeleri” arasındaki ilişki Şekil 2.3’te gösterilmektedir.



Şekil 2.3: Performans gereksinimleri ve performans göstergeleri

(Szigeti and Davis, 2005).

Bu bağlamda performans göstergeleri (PG) binanın performans gereksinimlerini daha açık ve nicel olarak belirlenmesi için kullanılır. Performans göstergelerinin değerlendirilmesi, binanın planlanma aşmasından başlayarak tasarım ve

yapımaşamaları sonrası kullanım ve işletimine kadar binanın tüm yaşam döngüsü boyunca değer sağlar.

Yüksek performanslı binalarda performans gereksinimleri incelenirken dört ana kriter değerlendirilir. Bu performans kriterleri:

- 1.Enerji Performansı (Enerji Faktörü): Sürdürülebilir enerji ve enerji verimi
- 2.Konfor Performansı (İnsan Faktörü): Isıl, i mekn, hava kalitesi ve aydınlatma
- 3.Maliyet Performansı (Ekonomi Faktörü): En fazla yarar/ maliyet oranı
- 4.Çevresel Performans (evre Faktörü): Tüm atık ve salımların en aza indirgenmesi

Bu dört ana kriter üzerinden bina performan değerlendirilmesi yapılır.

2.2 Performans Değerlendirmesi

Performans kriterleri, doğrudan bina performans simülasyonu ile ilişkilenen birkaç değerlendirme göstergesine dayalı olarak sınırlandırılabilir. Performans verilerinin ölçülmesi için performans kriterlerine göre performans göstergelerine bağlı değerlendirme Harputlugil ve Hensen'e göre aşağıdaki izelge 2.2'de açıklanmıştır.

Bu izelgede simülasyon sonuçlarından elde edilebilecek performans göstergeleri listelenmektedir. Bu göstergeleri, önemlilik ölçütüne göre sıralandırmak mümkün değildir. Çünkü her bina tasarımında binanın ihtiyaç duyduğu performans göre bu performans göstergelerinin önemi ve gerekliliği değişecektir. Çizelge 2.2'de de görüldüğü gibi 'Performans Kriterleri' enerji performansı, konfor performansı, maliyet performansı ve çevresel performans olmak üzere dört ana başlıkta toplanmıştır. Buna göre herbir performans kriterinin tanımlandığı performans göstergeleri belirtilerek bu göstergelerin niceliğini ölçecek simülasyon yaklaşımları tanımlanmıştır. Çizelgede de görüldüğü gibi enerji performansı değerlendirmesinde analitik yöntemlerden daha çok bina enerji simülasyonun etkilidir.

Bu açıdan bakıldığında bina enerji performansı değerlendirmesinde enerji simulasyon araçlarının kullanılması tasarımcıların doğru kararlar vermesinde etkili bir yöntemdir.

Çizelge 2.2: Performans değerlendirmesi (Harputlugil ve Hensen, 2006)

Performans Kriteri	Performans Göstergeleri		Simülasyon Yaklaşımı
1. Enerji Performansı	a. Isıtma enerjisi ihtiyacı		BES ¹
	b. Soğutma enerjisi ihtiyacı		BES
	c. Elektrik enerjisi tüketimi		BES
	d. Gaz tüketimi		BES
	e. Birincil tüketim		BES
2. Konfor Performansı	A.Isıl konfor	f. Mekan max. sıcaklığı	BES
		g. Mekan min sıcaklığı	BES
		h. Aşırı ısınma dönemi	BES
		i. Lokal konforsuzluk	AFN ² - CFD ³
	B.İç ortam hava kalitesi	j. Kirli hava dağılımı	AFN - CFD
		k. Havalandırma etkinliği	AFN
	C.Görsel	l. Aydınlık düzeyi	DLA ⁴
	D.Akustik	n. Reverberasyon süresi	AA ⁵
3. Maliyet Performansı	m. İlk yatırım maliyeti		CA ⁶
	o. Enerji maliyeti		CA
	p. Yaşam boyu maliyeti		CA
4. Çevresel Performans	r. Embodied enerji		LCA ⁷
	s. CO ₂ emisyonları		LCA

¹Bina enerji simülasyonu – BES

²Air Flow Network – AFN (Hava akış ağı)

³Computational Fluid Dynamics – CFD (Sayısal akışkanlar dinamiği)

⁴Daylighting Analysis – DLA (Güneş ışığı analizi)

⁵Akustik analiz – AA

⁶Cost Analysis – CA (maliyet analizi)

⁷Life Cycle Assesment – LCA (Yaşam döngüsü analizi)

2.2.1 Binalarda enerji tasarrufu ve çevresel duyarlılık

Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarının çoğu petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlardır. Fakat bu yakıtlar her geçen gün hızla tüketilmektedir. Dünya'da nüfus artışına bağlı olarak, enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık %4-5 arasında artmaktadır. Buna karşılık fosil yakıt depoları da hızla tüketilmektedir. Ön görülen hesaplamalara göre en geç 2030-2050 yılları arasında petrol, kömür, doğal gaz rezervleri tükenme aşamasına gelecek ve ihtiyacı karşılayamayacaktır. Fosil yakıtların kullanımı dünya ortalama sıcaklığını 500 bin yılın en yüksek seviyesine ulaştırmıştır. Dünyanın enerji ihtiyacını fosil yakıtlar kullanılmadan karşılayan bir geleceğe artık hazır olması gerekmektedir. Bu nedenle enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği tüm gelişmiş dünya ülkelerinin gündeminde olan bir konudur. Buna bir örnek olarak 2008 Avrupa komisyon raporunda göre Avrupalı liderler tarafından taahhüt edilen 20-20-20 kuralıdır. Buna göre, 2020'ye kadar enerji tüketiminde %20, %20 oranında CO₂

salınımının azalma ve %20 oranında yenilenebilir enerji kullanımı hedeflenmiştir (2008).

Her geçen gün artan enerji ihtiyacını karşılamak için tüketilen fosil yakıtlar sonucu karbondioksit salınımı sera gazı etkisine yol açmaktadır. Bu ise küresel ısınmanın en güçlü etkenidir. Son yıllarda yoğun hava kirliliğine sel, fırtına ve doğal afetlerin hızla artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılan, enerji verimliliğini arttıran teknolojilerin önemi her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları hem tükenmeyen hem de doğal yollarla kullanıldıkları için çevreye zararları en az olan kaynaklardır. Enerji verimliliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanması için Hensen ve Lambert'e göre büyük ölçekli enerji taksimatı ve bu enerjinin aktarımı gibi birlikte çalışan alanların değerlendirilmesine izin veren yeni model ve araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu şekilde yapılı çevrede enerji tüketimi ve üretiminde bir global optimizasyon modeli elde edilebilir (2010).

İnsanlar zamanlarının ortalama %90'ını kapalı ortamlarda geçirmektedirler (OECD, 2006). Bu kapalı hacimler, kısaca yapılar, toplam enerji kaynaklarının yaklaşık %40'ını, üretilen elektrik enerjisinin %70'ini ve su kaynaklarının 1/8'ini tüketmektedir (LEED, 2008). Bu durum binalarda enerji verimliliğinin önemini daha da artırmaktadır. Akıllı binalar enerji verimliliğini artırma üzerine, binanın enerji tüketimini kendi elemanlarıyla kontrol eden sistemlerdir (Yılmaz, 2006). Böyle akıllı binaların en önemli görevi kullanıcıların konfor ihtiyaçlarının karşılamasından ödün vermeden binanın enerji tüketimini en aza indirmektir. Enerji etkin akıllı binalar; pasif sistem olarak mekanik ve elektrik-elektronik sistemlerine en az gereksinim duyacak şekilde tasarlanmış; güneş, rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından gerektiğinde yararlanmak, gerektiğinde korunma üzerine kendini ayarlayabilen, pasif sisteme ek olarak ısıtma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerine gereksinim duyulduğunda bu sistemlerin pasif sistem öğeleri ile eşgüdümlü olarak tasarlandığı ve işletildiği sistemin otomatik olarak kontrol edildiği binalardır. Daha açıklayıcı olmak için binayı doğadan tümüyle izole sistem olarak düşünmek yerine, binanın doğa ve iklim şartları ile uyumlu bir şekilde tasarlanması, bulunduğu yerin mikroklima imkanlarını içinde değerlendirilmesi önemli olmaktadır. Örneğin, binanın güneşten; kışın ısınma, yazın korunarak serinleme amacıyla ve yıl boyunca doğal aydınlatma için yararlanabilmesi gereklidir. Bu tasarım kaygısıyla inşa edilmiş

yapılarda, belirli ısı, nem, iç hava kalitesi ve aydınlatma sağlayacak sistemler işletme için daha az enerji harcanmaktadır (Okutan, 2001).

2.2.2 Enerji performansına yönelik tasarım parametreleri

Binayı iç ortam koşullarının kalitesi, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu gibi performans bazlı değerlendirmesi yapılırken, sadece binayı oluşturan iç-dış duvar sistemleri, pencere ve döşemeler gibi yapı elemanlarına ya da ısıtma, havalandırma, aydınlatma gibi bina alt sistemlerine göre değerlendirilmemelidir. Bina performansı, tüm sistemlerin bütünlüklenerek birlikte dinamik çalışmasına bağlıdır. Böylece doğrusal bir neden-sonuç ilişkisinde değil çevrimsel bir neden-sonuç ilişkisine odaklanılarak parçaların bütünlükle ilişkisi kurulmalıdır. Bu çerçevede bina sistemini oluşturan alt sistemler arasındaki etkileşimleri ve bağımlılıkları inceleyerek sistemin bütünü ile ilgili uygun çözümler geliştirilebilir.

Bina enerji verimliliği açısından değerlendirildiğinde; aktif ve pasif sistemler önem kazanmaktadır. Pasif sistemler; bina şekli, yapısı ve yönlendirilmesini gibi tasarım parametrelerini kapsarken, aktif sistemler ise ek servisleri oluşturmaktadır. Enerji performansı yüksek bina; pasif sistemlerin yetersiz olduğu durumlarda bunlara destek olmak üzere, aktif sistemlerle bütünlük sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Pasif sistemler; dayanıklıdır, bakımları kolaydır ve tasarım aşamasında verilen doğru kararlar sayesinde birçok enerji sorununun çözümünde tek başlarına yardımcı olabilirler. Bu sistemler; bina kabuğunun bina yönleri dikkate alınarak tasarlanması, termal kütle ve izolasyon desteğiyle ısı kazanç ve kayıplarının kontrolü, güneş ışığından yararlanmanın, pencere tasarımı, gölgeleme bileşenleri, ışık rafları gibi sistemleri kullanımıyla, bina ve mekan derinliklerinin düzenlemesiyle kontrol edilmesi, serinleme ve soğuktan korunma gibi ihtiyaçların peyzaj düzeni ile sağlanması gibi parametreleri kapsamaktadır. Aktif sistemler ise dış etkilere karşı hassastırlar, periyodik bakıma ihtiyaç duyarlar ve pasif sistemlerin aksine enerji kullanarak görevlerini gerçekleştirirler. Bu sistemler; mekanik havalandırma sistemleri, toprak veya su kaynaklı ısı pompaları, ko-jenerasyon sistemleri, güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesini sağlayan fotovoltaik paneller, güneş ışığının yeterli olmadığı durumlarda yapay aydınlatmayı harekete geçirerek aydınlık seviyelerinin korunmasına yardımcı olan ışık algılayıcıları, kullanıcı durumuna göre aydınlatma sistemini harekete geçiren ya da kapatan mekan kullanım sensörleri gibi sistemleri kapsamaktadır .

Bunun dışında bir diğer sınıflandırma ise enerji kaynakları ile ilgili olarak, enerji korunumu sürecinde etkili olan parametreler doğal çevreye ilişkin tasarım parametreleri ve yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri olarak iki ana grupta sınıflandırılabilir.

2.2.2.1 Doğal çevreye ilişkin tasarım parametreleri

Doğal çevreye ilişkin tasarım parametreleri iklim, topografya ve bitki örtüsü gibi etkenlerin doğrultusunda değişkenlik göstermektedir.

İklim

Doğal çevredeki iklim durumu; hava sıcaklığı, güneş ışıınımı, hava nemi ve rüzgar gibi iklim elemanlarının gösterdiği değerlerin bileşkesidir. Tüm bu değerler yüksek performanslı bina tasarımında büyük önem kazanmaktadır. Dış iklim koşulları bölgelere göre değişim göstermeleri nedeniyle optimum düzeyde ısıtma ve havalandırma sistemlerini tanımlayan tasarım parametrelerine ait değerlerde değişim göstermektedir (Özbalta ve Göksal, 2002).

Yapının, bulunduğu bölgenin iklim özelliklerine göre şekillenmesi, kullanıcılar için gerekli olan konfor koşullarının optimum düzeyde enerji harcayarak doğal olarak karşılanmasını sağlayacaktır. Buna örnek olarak, sıcak-kuru iklimlerde parçalı ve avlulu şekillenme ve havuz kullanımı, doğal havalandırma yoluyla serinlik sağlamaktadır, öteyandan soğuk iklimlerde ise kapalı ve bitişik düzen ile güneşe yönelen biçimlenme ile ısı kaybı minimum düzeye indirilerek harcanan enerji miktarını azaltmaya yöneliktir (Esin, 2001). Bunun dışında soğuk bölgelerde kış iklim şartlarından korunabilmek ve ısı kayıplarını azaltmak için küçük pencere ve korunaklı binalar yapılmaktadır. Yine bu bölgelerde güneşten daha fazla faydalanmak için yaşam alanları güneye yönlendirilmektedir. Sıcak iklimlerde ise karşılıklı açılan pencerelerle yapının doğal havalandırılması ve soğutulması sağlanacaktır.

Tüm bu örneklerde olduğu gibi, iklim ile dengeli tasarım ilkeleri; mevsimsel değişikliklere bağlı olarak değişkenlik gösteren ve doğal iklim elemanlarını kullanarak optimum şartların sağlanması, minimum enerji kullanımının ve çevreyle dost bir tasarım anlayışını ortaya çıkarmaktadır.

Çevresel iklim elemanlarının etkilerine bağlı olarak bir mekan içerisindeki iklimsel konforun, ek enerji sistemlerine en az gereksinim duyacak şekilde sağlanması için

tasarımcının kararlarına bağı olan yapma çevreye ilişkin tasarım parametrelerinin uygun değerlere sahip olması gerekmektedir (Özbalta ve Göksal, 2002).

Topoğrafya

Arazinin eğimi ve tipolojisi yapının konumunu etkileyen önemli bir faktördür. Eğimin yönü, derecesi binanın ışık almasını doğrudan etkileyeceği için enerji etkin kullanımı ile doğrudan ilişkilidir. Bunun dışında aşırı eğimli arazilerde bina yapımı hem ekonomik açıdan maliyetli hem de ekolojik açıdan çevreye zarar vermektedir.

Enerji etkin tasarımda yerleşme ölçeğinde doğan çevre analizleri çok dikkatli yapılmalı ve öncelikli yerleşilebilecek alanlar tespit edilmelidir. Bu yöntem ile rüzgarın istenmeyen etkilerinden sakınılacak alanlar, aşırı ısınan ya da soğuk mekanların varlığı gibi yönlenmeden kaynaklanacak problemlerin ortaya çıkacağı alanlar, aşırı eğimin ekonomik ve ekolojik problemler yaratacağı alanlar tespit edilecek ve daha detaylı çözümler üretilebilecektir (Özügül, 1998).

Eğim ve yön analizi yapılan arazilerde, en yüksek ve en alçak nokta arasındaki orta alanın ‘termal kuşak’ özelliği taşıdığı görülmüştür. Bu bölgede, ısıtma ekonomisi açısından cephelerin en az dört saat güneş aldığı saptanmıştır (Erengöz, 2001).

Bu açıdan bakıldığında, binalar arazi üzerindeki yer seçimi ve projelendirilmesi üzerinde bilinçli yaklaşmak, yeni yapının enerjiyi etkin kullanımıyla büyük fayda sağlayacaktır.

Bitki Örtüsü

Enerji etkin bina tasarımda iklim ve topoğrafya verileri kadar bitki örtüsü verileri de çok önemlidir. Yerleşmelerde istenilen iç hava sirkülasyonunun sağlanabilmesi için gerekli olan rüzgar hızı, bina aralıklarına ve peyzaja bağı olarak değişkenlik gösterir. Ağaçlar ve bitki dokusu, estetik kaygılarla beraber gürültüyü emmesi, tozu tutarak bir filtre görevi görmesi ve parlamayı azaltmaları nedeni ile fiziksel çevre tasarımında önemli bir parametredir (Utkutuğ ve Ulukavak, 1999).

Yapraklarını döken bitkiler, sıcak yaz mevsimine gölge oluşturmaya karşılık ve rüzgar perdeleyici özellikleriyle yapıları etkilemektedir. Kozalaklı ağaçlar ise yaz ve kış mevsiminde hem güneş gölgeleyici hem de rüzgar kırıcıdır. Soğuk rüzgarlara karşı kuzey yönü bitki bariyerleri ile korunabilir. Yüzeydeki rüzgar kanallaşmasını önlemek amacıyla olgun ağaçlarla birlikte bodur bitkilerde kullanılmalıdır. Rüzgar

hızının azalması koruyucu bariyerin yüksekliğine, genişliğine ve bitki yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Utkutuğ, 1998).

Tüm bunların dışında yeşil çatılar diye adlandırılan bitkilendirilmiş çatılar bir çok yoldan binada enerji tasarrufu sağlar. Binanın ısı kazanç ve kayıplarını azaltırlar. Sıcak iklimlerde yazın hava sıcaklığı 35° C'a ulaştığı zaman çatı yüzey sıcaklığı 65°C'i bulur. Bu yüksek sıcaklıklar binanın hem iç çevresini hem de dış çevresini doğrudan etkiler. Çatı toprak tabakası ile korunduğu ve bitkilerle gölgelendirildiği zaman yüzey sıcaklığı genellikle ortamdaki hava sıcaklığının üzerine yükselmez. Bundan başka, bitkiler ve toprak suyu buharlaştırır, soğutma etkisi yaratır ve havayı nemlendirir, daha rahat nefes aldırır ve binayı doğal olarak soğutur (Balmori, 2000). Ayrıca yeşil çatılar, hava kirliliğini, tozu azaltır, 1 m² çim alan 100 m² yaprak yüzeyi yaratır. Bu da her metrekare başına yılda rüzgara bağlı olarak 200 gr ile 2 kg arasında toz tutma olanağı demektir. Yeşil örtüsü olan ve olmayan bölgeler arasında yapılan ölçümlerde, yeşile sahip olmayanlarda bir litre havada 3 ila 7 katı fazla toz partikülü bulunmuştur. Sera gazlarını yok eder. Yağmur suyuna havadan karışan ağır metaller ve tuz, toprak tarafından tutulur. Kadmiyum, bakır ve kurşunun % 98, çinkonun %16 oranında tutularak sudan arındırıldığı görülmüştür.

2.2.2.2 Yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri

Binanın enerji performansını etkileyen tasarım parametreleri;

- binanın yönü
- binanın diğer binalara olan mesafesi ve konumlandırılma durumu
- binanın biçimi
- binanın kabuk sistemi
- güneş kontrolü ve doğal havalandırma
- mekana ait boyutsal özellikler
- kullanıcı yoğunluğu
- ısıtma kapasitesi
- yapı elemanları
- servis sistemleri

Dış iklim şartlarının iç mekan konfor koşullarının oluşumundaki etkinlik derecesi yukarıdaki parametrelerin değerlerine bağlıdır. Bu nedenle bu parametreler ısıtma ve iklimlendirme ve aydınlatma gibi enerji tüketimini sağlayan yüklerinin belirleyicileri

olmaktadır. Bu niteliklerinden ötürü, yapıların enerji etkin olarak tasarımları bu parametreler için önerilecek uygun değerler aracılığı ile yapılır.

Binanın yönü

Binanın yönü, iç mekanların doğal havalandırılması, ışık kontrolünün sağlanması ve gereksiz ısı kaybının önlenmesi için önemli bir tasarım parametresidir. Bu nedenle binanın bulunduğu iklim bölgesinin ihtiyaçlarına göre binalar güneş ve rüzgardan gerektiğinde faydalanacak, gerektiğinde korunacak şekilde yönlendirilmelidirler.

Bina yönlendirilmesinde temel ilke güneş kazancının kışın en yüksek, yazın ise en düşük düzeyde tutulmasını sağlamaktır. Türkiye'nin içinde bulunduğu iklim kuşağı ile doğu-batı eksenindeki yerleşim ile bu koşul bir miktar sağlanmış olur. Kış aylarında güneşin en verimli olduğu saat aralığı 09.00-15.00'dır. Bu zaman aralığında güneş ışınlarının bir engel ile karşılaşmadan yapıya ulaşması sağlanmalıdır.

Binanın yönlendirilmesindeki bir diğer amaç doğal havalandırmayı sağlamak için hakim rüzgarın etkisinden yararlanmaktır. Bu şekilde yazın yapıda depolanan ısıнын etkisi azaltılabilir.

Güney cephesi yıl boyunca diğer yönler göre daha fazla gün ışıını alır. Bu nedenle güney cephesindeki pencere oranları arttıkça, yapı kabuğu ne kadar yüksek seviyede ısı yalıtımı ile yalıtılırsa, yapı içi hacimlerde ısı kazancı o kadar artar.

Binanın diğer binalara olan mesafesi ve konumlandırılma durumu

Bina aralıkları ve birbirine göre konumlandırılma durumu binayı etkileyen güneş ışıını miktarını ve binanı çevresindeki hava akış hızını belirleyen önemli bir tasarım parametresidir.

Enerji etkin çözümler üretirken güneş enerjisinin önemi çok büyüktür. Yapı ve yapı grupları tasarlanırken birimler arası mesafelerde uygun aralıklar tutularak yapıların güneş alma açıları engellenmemelidir. Bu nedenle minimum bina aralıkları, komşu binaların oluşturduğu en uzun gölgeli alan derinliğine eşit veya daha büyük olmalıdır. Bu şekilde ısıtma ve soğutma gibi enerji tüketiminin en yoğun olduğu yüklerde güneşten etkin bir şekilde yararlanılabilir.

Binanın biçimi

Binanın formu da diğer tasarım parametreleri gibi yapıyı çevresel etkenlerden yararlanmasında ya da korumasında kısacası enerji performansının değerlendirilmesinde önemli bir etkidir. Bu nedenle farklı iklimsel özelliklere sahip bölgelerde geleneksel mimari örneklerinde kullanıcıların konfor koşullarının karşılanması için farklı formlarda mimari yapılaşma görülmüştür. Bu formlar performans bazlı bina tasarımında öncü örneklerdir. Örneğin; soğuk iklim bölgelerinde ısı kaybının minimuma indirmek için daha kompakt formlar tercih edilmiş, sıcak ve kuru bölgelerde ısı kazanımını minimuma indirmek, gölgeli ve serin yaşama mekanları elde etmek için avlulu formlar kullanılmış, sıcak ve nemli bölgelerde doğal havalandırma ihtiyacı için hakim rüzgar doğrultusuna binanın uzun cephesi yönlendirilmiş şekilde ince uzun formlar tercih edilmiştir.

Binanın kabuk sistemi

Bina kabuk sistemi bina ısıtma ve soğutma yüklerini en çok etkileyen tasarım parametresidir. Kabuk konstrüksiyonunun kesitinde yer alan katmanların ısı, ışık, su buharı, hava, su ve ses geçişine gösterdiği dirence göre kabuk, sınırlayıcı etkinlik göstererek, iklimsel değişikliklerin çerçevesinde süzüp, yumuşatabilen dinamik bir filtre şeklinde tasarlanması halinde, binanın ısıl performansına önemli katkılar sağlar (Harputlugil 2009).

- opak ve saydam bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri);
- opak bileşeninin genlik küçültme faktörü (j)
- opak bileşeninin zaman geciktirmesi (f, h)
- opak ve saydam bileşenlerinin güneş ışınımına karşı geçirgenlik, yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları olarak sıralanabilir.
- opak ve saydam bileşenlerinin birbirine oranı, saydamlık oranı (pencere / toplam duvar)

Birden fazla katmandan oluşan kabuk konstrüksiyon kesitinde, kabuk bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayısı; iç ve dış mekandaki hava sıcaklığı farkı $1K$ iken bileşenin birim alanından birim zamanda geçen ısı miktarı olarak tanımlanır. Ayrıca; kabuk bileşenlerinin ısı depolama kapasitesi de performans üzerine etki eden faktörlerden biridir. Zaman geciktirmesi ve genlik küçültme, içerisinde ısı depolayabilen malzemeler için geçerli olduğundan, saydam yüzeyler bu değerlendirmede hesaba

katılmazlar. Örneğin; farklı kabuk katmanlarından oluşturulmuş, ısı direnci aynı iki farklı yapının ısı depolama kapasitesi yüksek olan kabuk konstrüksiyonu diğerine göre daha iyi performans gösterir. Gün içerisinde ısının depolanmasını ve böylece mekanda aşırı ısınmanın engellenmesini sağlayan, ısıya ihtiyaç duyulan gün batımı zamanından sonra ise bu ısıyı mekana verip mekanın sıcaklığının birden düşmesini engelleyen zaman geciktirme etkisi sayesinde, mekanın ısı yüklerini azaltmaktadır. Genlik küçültme etkisi ise, bileşenin iç yüzeyindeki sıcaklık değişimi genliğinin, dış yüzeyindeki sıcaklık değişim genliği oranı olarak tanımlanır. Bu durum dış ortamdaki çok yüksek sıcaklık farklılıklarını yumuşatarak, iç ortamdaki sıcaklık farkı değişimini daha düşük ve kullanıcı konfor sınırlarına daha yakın kalmasını sağlar.

Opak ve saydam yüzeylerin güneş ışıınımına karşı geçirgenlik, yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları farklı değerler alır. Güneş ışıınının geliş açısına bağlı olarak saydam yüzeylerin güneş ışıınımına karşı optik özellikleri değişir. Bununla birlikte opak birleşenler için bir geçirgenlik söz konusu olmayıp, yutuculuk ve yansıtıcılık özelliği yüzeyin rengine bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Kısacası bina kabuğu dış çevre koşullarını değiştirerek iç çevreye aktaran ve iç çevre koşullarının tanımlanmasında çok önemli bir rol oynayan tasarım parametresidir.

Güneş kontrolü ve doğal havalandırma

Güneş kontrolü ve doğal havalandırma sistemleri binaların güneş ışıını ve rüzgar gibi etkenlerin kontrolü sırasında ihtiyaç duyulur. Yapının enerji tüketimini en aza indirmek için bu sistemler uygun yönlerde ve uygun biçim ve boyutlarda tasarlanmış olması gerekir.

Mekana ait boyutsal özellikler

İklima dayalı bina tasarımında en/boy oranı bina performansını önemli ölçüde etkiler. Kabuk yüzey alanının artışı ile, yüzeyden ısı transferi de artmış olacaktır, bu da mekan ısıtma ve soğutma yüklerinin artmasına neden olacaktır. Bu nedenle bina tasarımında boyutsal optimizasyon son derece önem taşımaktadır. Bununla birlikte mekansal boyutlandırma da enerji etkin binalarda önemli bir parametredir. Değerlendirme yapılırken mekan en/boy oranları kadar mekan yüksekliği de dikkate alınmalıdır. Tavan yüksekliğinin artmasıyla mekan içindeki farklı kotlarda farklı sıcaklık değişimlerinin oluşmasına neden olabilir. Bu durum mekan içindeki yaşam

kotunun düşük sıcaklıkta olmasını sağladığından ısıtma yükünü arttırdığı gibi bazı sıcak iklim koşullarında bir gereklilik oluşturabilir.

Kullanıcı yoğunluğu

Enerji etkinliği ve iç iklimsel konforun sağlanabilmesi açısından, binanın kullanım şekli son derece önemlidir. Kullanıcı yoğunluğu ve nitelikleri (yaş, cinsiyet, giysi türü, vb.) ile binanın gün içerisinde en çok kullanıcı ile kullanıldığı zaman dilimleri, mekan yüklerinin belirlenmesinde doğrudan etkilidir. İnsan vücudu ile çevre arasında sürekli bir ısı etkileşimi ve ısı alış-verişi söz konusudur. Tüm bunlara bağlı olarak kullanıcı yoğunluğu mekanın içi ısı dengesine etkisi büyüktür.

Yapı elemanları

- Yapısal özellikleri

Yapıda enerji verimliliğine göre malzeme seçimi, bileşenlerinin uygunluğuna, işlevini yerine getirme kabiliyetine, ve toplam enerji maliyetine bağlıdır. Yapı bileşenlerinin seçimi sırasında yenilenebilir kaynaklardan üretilmiş olması, yeniden kullanılabilirlik, ve düşük enerji kullanımıyla üretilmesi dikkate alınmalıdır.

- Duvar sistemleri

Yapılardaki duvar sistemleri, ısı yalıtımı ve depolama açısından seçilen malzemenin türü ve ısı iletkenlik katsayısı bakımından önemlidir. Bunun dışında çevresel değerler açısından bakıldığında sistemi oluşturan malzemelerin toplam enerji maliyeti düşük ve yenilenebilir olmalıdır.

- Döşeme sistemleri

Zemin ile temas eden döşemelerde ısı kayıplarını önlemek için uygun malzeme ve boyuta karar verilmelidir. Döşemede yalıtım malzemesi kullanımı konforsuz hava hareketlerini önlemek için iyi bir çözümdür. Ara kat döşemelerindeki ısı alış-verişi döşemenin kalınlığı ve malzemesine, katlar arası ısı farkına bağlıdır.

- Pencereleler

Güneş ışığı ihtiyacını karşılamak, güneş ışınımından yararlanmak ve dış çevreyle görsel iletişim kurmak, doğal havalandırma ve yangın gibi acil durumlarda kaçış sağlamak için pencereler önemli bir yapı elemanıdır. Pencerelelerin yapı içi enerji dengesini sağlaması için kullanılan malzemelerin ısı geçirgenlik performansı, cam

sistem özellikleri, saydam yüzeylerle opak yüzeylerin oranı ve bunların hangi yönlerde yer aldığı, ne ölçüde gölgelendiği dikkat edilmesi gereken başlıca kriterlerdir.

- **Yalıtım**

Etkin ısı yalıtımı, ısı kayıplarını engelleyerek enerji tüketimini en aza indirmek için uygulanan en etkili yöntemdir.

Servis sistemleri

- **Aydınlatma**

Yapı için aydınlatma sistemleri doğal ve yapay aydınlatma olmak üzere ikiye ayrılır. Çalışma mekanları ve kullanıcı sağlığı için günışığı her zaman tercih edilen bir aydınlatma kaynağı olmuştur. Fakat, yapı içinde güneş ışığının erişme mesafesi binanın yönü ve ışınım açına bağlı olmakla beraber sınırlıdır. Günışığı binada yıllık 1500 iş saati enerji tasarrufu sağlar (Kocabey ve ark., 2008). Bu tasarruf metrekare başına 30 kW/saat olup, yıllık metrekare başına bir ağaç kapasitesine eşdeğer 35 kg CO₂ korunumunu sağlar. Yapay aydınlatma, günışığını tamamlamak üzere kullanılmalıdır. Yapay aydınlatmada, kullanılan aydınlatma elemanı, enerji tüketimi bakımından tasarruflu olmalı, kullanılan bir armatür ile ışık yayma verimliliği artırılabilir. Beraber görsel kullanıcı konforunu bozacak orandaki parlaklık düzeyleri önlenmelidir.

- **Elektrik sistemleri**

Enerji etkin binalarda elektrik enerjisinin yenilenebilir kaynaklardan üretimi çok önemlidir. Güneş panelleri yapının elektrik enerjisi ve sıcak su ihtiyacının karşılanmasında etkin bir tasarım elemanıdır.

- **Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri**

Binanın en çok enerji gereksinimi duyduğu sistemler ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleridir. Bu nedenle tasarım sırasında doğru malzeme seçimi ile yapının yalıtımı iyi bir şekilde sağlanmalı ve uygun sistem kararları ile enerji tüketimi minimum seviyeye indirilmelidir. Bir mekandaki ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri gereksinimi mekanın kullanım amacı ve kullanıcı sayısına göre belirlenir. Havalandırma sistemlerinde hacim içi ve dışı arasındaki hava akışı rüzgar basıncına göre değişkenli gösterir. Havalandırma sistemlerinin tasarımındaki amaç kontrol

edilemeyen hava akışını azaltmak ve temiz hava sağlayarak kullanıcıların konfor koşullarını uygun seviyede tutmaktır.

2.3 Bina Tasarım Sürecinde Enerji Performansı

Tasarım süreci içinde birçok karmaşık bileşeni barındıran bir süreçtir. Bu bileşenlerinin etkileşiminin doğru analiz edilmesi ve tutarlı sentezlere ulaşılabilmesi için çoğu zaman geçmiş deneyimlere dayalı yöntemler izlenmektedir. Ancak, bu noktada sorun, tasarımcının bugünün mimari tasarım süreci içinde bir öncelik olarak yer alan enerji faktörünü geçmiş deneyimler yardımı ile yeterli düzeyde tanımlayamamasıdır. Çoğunlukla bina tasarımında enerji faktörleri, yönetmeliklerin belirlediği gerekliliklerin sağlanıp sağlanmadığının sorgulanması ile sınırlı kalmaktadır.

2.3.1 Bina tasarım sürecindeki aşamalar

Yapılarda tasarım süreci bina ihtiyacının ortaya çıkmasından, binanın üretilip kullanılmaya başlamasına kadar uzayan, içinde birçok alt süreçleri de barındıran, karmaşık ama bütünsel bir yapıdır. Uluslararası kabul görmüş tanımıyla; ”Bir projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar geçen süre” şeklinde tanımlanmaktadır (Broadbent, 1969). Bir başka tanımda mimari tasarım sürecini, ”kavramsal tasarım” ve ”maddesel olguya dönüştürme (materialisation)” olarak iki ana aşamaya ayırmaktadır. Kavramsal tasarımda, tasarım bir biçime dönüşür, ikinci aşamada biçim bir maddeye dönüşür, yani bu aşamada biçime uygun bileşenler ve malzemeler belirlenmektedir (Schwenck, Sarıyıldız, 1997).

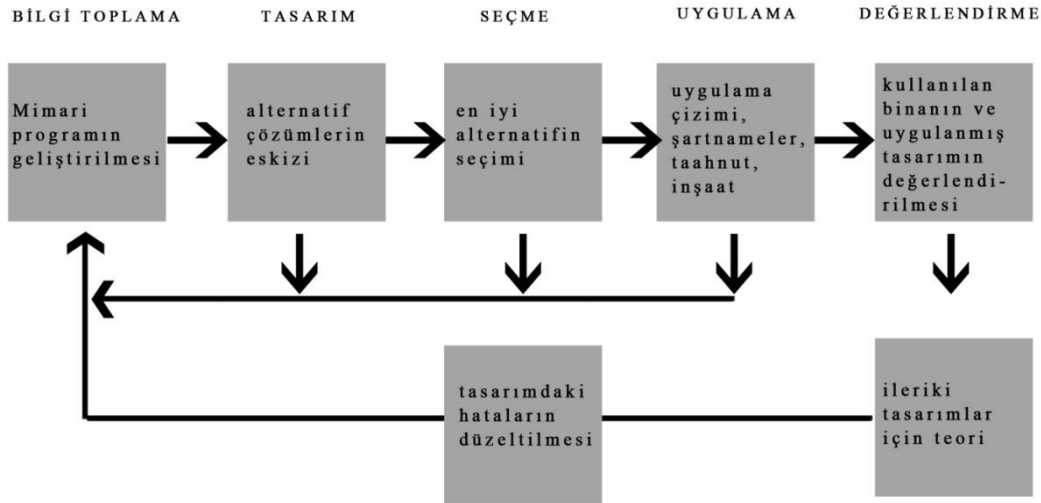
Kıran ve Baytın’a göre mimari tasarım süreci farklı bir bakış açısıyla ele alınmıştır, onlara göre; mimarlıkta planlama işlevlerine bağlı mimari verilerin oluşturularak, yöntemli bir şekilde bir araya getirilmesi ve değerlendirilmesi kararlarının tümüdür. Mimari planlama sürecinin bir alt süreci olan mimari tasarım süreci ise düşünülen yapı içinde yer alacak eylemler için gerekli mekanların tasarlandığı, plan ve proje halinde hazırlandığı proje yapma evresi olarak açıklanmıştır. Bu tanıma bağlı olarak mimari tasarım sürecinin alt süreçlerini şu şekilde sıralanmıştır;

- I. Bilgi toplama, tasarlanacak yapı ve işlevler hakkında bilgi toplama
- II. Analiz, amaç ve gerekliliklerin saptanması ve ihtiyaçların belirlenmesi ile tasarımı etkileyen temel kararların verilmesi

III. Sentez, analiz aşamasında toplanan bulguların yeni çözümler bulmak için birleştirilmesi

IV. Değerlendirme, üretilen çözüm alternatiflerinden birinin seçimi ile sonuçlanan karar verme işlemidir.

Mimari tasarım süreci üzerine yapılan bir başka çalışmada aşağıdaki Şekil 2.4'deki gibi gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Mimari tasarım süreci

Bu konuda kapsamlı bir araştırmayı İngiltere'deki İngiliz Mimarlar Enstitüsü, RIBA (Royal Institute of British Architects) yapmış ve mimari tasarım sürecini 12 aşamada ele almıştır. Bu aşamalar; başlangıç, fizibilite, teklif verme, ön tasarım, detay tasarımı, malzeme, metraj, ihale, uygulama aşaması planlaması, şantiye işleri, uygulama sonu ve geri besleme.

RIBA'nın tasarım süreci planına çok benzer bir başka plan ise Türkiye'deki mimarlık mesleğinin örgütlenmesini sağlayan kurum olan TMMOB-Mimarlar Odası'nın "Serbest Mimarlık Hizmetleri" iş aşamaları bölümünde yer almaktadır. Bu plana göre mimari tasarım süreci; hazırlık ve ön etüt çalışmaları, ön proje çalışmaları, kesin proje çalışmaları, uygulama projesi çalışmaları, uygulama projesi, sistem ve montaj detayları, imalat detayları, teknik şartnameler, metraj, keşif ve maliyet analizi, ihale çalışmaları, uygulama denetimi çalışmaları, teslim, geri besleme çalışmaları oluşturmaktadır.

Bu iki benzer yaklaşımı, süreç içindeki farklı zaman gruplarına ayırarak Çizelge 2.3'deki gibi karşılaştırabiliriz

Çizelge 2.3: RIBA ve TMMOB mimari tasarım süreci karşılaştırması

Zaman Gruplamaları	RIBA çalışma planı	TMMOB iş aşamaları
Tasarım öncesi çalışmalar	1. Başlangıç	1. Ön hazırlık ve etüt çalışmaları
	2. Fizibilite	
Tasarım	3. Teklif verme	2. Ön proje çalışmaları
	4. Ön tasarım	3. Kesin proje çalışmaları
	5. Detay tasarımı	4. Uygulama projesi çalışmaları - Uygulama projesi - Sistem ve montaj detayları - İmalat detayları
Yapım hazırlığı	6. Malzeme	- Teknik şartnameler - Metraj, keşif ve maliyet analizini
	7. Metraj	
	8. İhale	5. İhale çalışmaları
	9. Uygulama planlaması	
Yapım	10. Şantiye işleri	6. Uygulama denetimi çalışmaları
	11. Uygulama sonu	7. Tamamlama,teslim
Yapım sonrası	12. Geri besleme	8. Geri besleme çalışmaları

Tüm bu çalışmalardan yola çıkarak bina tasarımını üç alt sürece ayırabiliriz;

- I. Ön proje çalışmaları
- II. Kesin proje çalışmaları
- III. Uygulama projesi çalışmaları

2.3.2 Tasarım aşamalarındaki enerji performans gereksinimleri

Ön proje çalışmaları, kesin proje çalışmaları ve uygulama projeleri çalışmalarından oluşan bu süreçte, her bir aşamada değerlendirilen parametreler farklılık göstermekle birlikte bir önceki aşamada alınan her bir parametrenin kararı bir sonraki aşamada değerlendirilen parametreler üzerinde etkisini göstermektedir.

Ön proje çalışmaları:

Bu aşamada yapılan çalışmalar bir sonraki aşamaya geçmeden bir hazırlık ve etüt çalışmalarındaki verilen kararların projeye yansıtılmasını kapsamaktadır. Kaynak kaybının önlenmesi, ekonomik, sağlam, güvenli, kullanışlı, çevresi ile uyumlu yapıların gerçekleştirilmesi amacıyla, uygulama projelerinin hazırlanmasına geçilmeden önce hazırlık çalışmaları sırasında belirlenmiş ihtiyaç programının, işlev şemasının, arsa, alt yapı, iklim, kadastro, imar durumu doğal yapı, çevre düzeni, işveren/işsahibi istekleri vb. verilerin ve mimar'ın aldığı kararların kesinleşmiş olması gerekir (TMMOB).

Bu süreçte değerlendirilmesi gereken öncelikli tasarım parametreleri Çizelge 2.4'deki gibidir;

Çizelge 2.4: Ön proje çalışmaları tasarım parametreleri

Değerlendirilen parametreler (tahmini olarak)
-Binanın yeri
-Bina kabuk sistemine saydamlık/opaklık
-Isı yükleri
-Saydam alan
-Gölgeleme
-Havalandırma

Kesin proje çalışmaları:

Bu aşamada tasarlanan binanın mimarisi ve yapı tekniği konularında ayrıntılı ve daha kesin etütler yapılır. Bir önceki aşamada yeterince değerlendirilmeyen veya tasarıma uygulanmayan veriler bu aşamada tasarıma yansıtılır. Bu aşamada ön aşamada tahmini olarak değerlendirilen 'su, ısı ve ses yalıtım özelliklerinin, ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve havalandırma prensiplerinin kesin olarak belirlenmesi, yangın önlemleri ve yapıda kullanılacak malzemelerin kesinleştirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada bina performansını etkileyen bazı tasarım parametreleri Çizelge 2.5'deki gibidir. Çizelgeye göre bir önceki aşamada değerlendirilen parametreler kesin kararlara ulaşmış ve bir sonraki aşama için parametreler değerlendirilmiştir.

Çizelge 2.5: Kesin proje çalışmaları tasarım parametreleri

Kesin Parametreler	Değerlendirilen parametreler
-Binanın yeri	-Saydam yüzey (detaylandırılmış analiz)
-Binanın biçimi	-Saydam yüzey kararlar: gölge elemanı veya perdeleme
-Yalıtımve ısıtma yükleri	-Doğal ve yapay aydınlatma, görsel konfor
-Pencere boyutları ve yönleri	-Soğutma gereksinimleri
-Güneş kontrolü gereksinimleri	-Fazla ısınan alanlarda malzeme kararlarının verilmesi
-Havalandırma gereksinimleri...	

Uygulama projesi çalışmaları:

Uygulama projesi çalışmaları TMMOB iş çalışmalarında ‘‘uygulama projesi, sistem ve montaj detayları, imalat detayları, teknik şartnameler ve metraj, keşif ve maliyet analizi’’ olmak üzere beş aşamaya ayrılmıştır. Ancak bunlardan ilk üçü tasarım çalışmaları içinde yer almaktadır. Yapının inşa edilmesi için, mühendislik projelerinin tüm yapım özelliklerini ve ölçülerini, yapıda yer alan tüm elemanların sistem detayları ve imalatlarla ilgili tüm bilgileri, montaj özelliklerini içeren gerekli tüm ölçülerin ve malzemelerin ve malzemelerin kesin olarak belirlenip yazıldığı mimari tasarım süreci son proje aşamasıdır. Çizelge 2.6’da uygulama projesinde değerlendirilen tasarım parametreler gösterilmektedir.

Çizelge 2.6: Uygulama projesi çalışmaları tasarım parametreleri

Kesin Parametreler	Değerlendirilen parametreler
-Kesin malzeme kararları	-Pasif soğutma
-Kesin havalandırma sistemi kararları	-Pasif ısıtma ve havalandırma
-Kesin Pencere boyut, biçim, çeşit vb. kararları	-Isıtma ve soğutma kararlarının son testi
-Aydınlatma kararlar: yapay ve doğal aydınlatma, görsel konfor kararları	
-Soğutma...	

Tüm bu sürece baktığımızda; mimarların, tasarımın ilk aşamalarından itibaren enerji ve çevresel faktörlere ait daha fazla bilgiyi, mutlaka göz önünde bulundurmaları gerekmektedir (Utkutuğ, 2002). Bu durum mimarların farklı disiplinler ile birlikte çalışmasını gerektirdiği gibi, farklı disiplinlerin tasarıma etkisini ortaya koyan yeni bir durum yaratır. Ancak bunun uygulanabilmesine yönelik ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu süreç içinde bu soruların giderilmesi adına, tasarımcının destek sistemlerden yararlanma zorunluluğu söz konusudur. Bu tasarım destek sistemleri, basit birkaç hesaplama olabildiği gibi, günümüzdeki teknolojik gelişmelerle birlikte, yaratıcı problem çözümüne yönelik tasarımcıya yardımcıolabilecek üç boyutlu modelleme, sanal gerçek ortam gibi pek çok farklı seçenek sunulabilmektedir.

2.3.3 Tasarım karar destek sistemleri

Tasarım karar destek sistemlerinin hedefi, tasarım süreci boyunca alınan kararların doğruluğunu arttırmaya yönelik destek sağlamaktır. Bu sistemler, tasarımcı gibi tasarım yapmaz ama problemin araştırılması ve uygun çözümün bulunmasında rehberlik eder.

Tasarım karar destek sistemleri, tasarım problemlerinin çözümüne yardımcı olmak üzere, bilimsel yöntem ve modeller kullanan bilgisayar programlarıdır (Hensen,2010).

Morbiter'e göre, 'Enerji ve Çevresel Tasarım Kararı Destek Sistemi' olarak adlandırılan binanın performans değerlendirmesine yardımcı olan sistemle, bazı tasarım kurallarından, tasarım önerisinin performansını analiz etmeyi amaçlayan bina simülasyon programlarına kadar geniş bir alanda ele almaktadır.

Bu sistemler:

- Tasarım Rehberleri (Design Guidelines): Çoğunlukla tasarımcıya belirli performans hedeflerini gerçekleştirmeye yönelik yapılması gerekenleri içeren bir öneriler paketidir. Doğrudan performansın tahminine yönelik değildir.
- Geleneksel Hesaplama Yöntemleri: Binadaki belli başlı fiziksel süreçleri belirlemeyi amaçlayan geleneksel hesaplama yöntemleridir. Sınırlı sayıdaki, hatta bazen sadece bir fiziksel olguyla ilgilenir. Kabuk U-değerinin hesaplanması örnek olarak verilebilir.
- Korelasyona Dayalı Yöntemler: Binanın karmaşık sistemini göz önünde bulundurarak, performansın tahmini amaçlanmaktadır. Basit simülasyon programları yardımıyla, çoklu parametrik analiz gerçekleştirmek

mümkündür. Burada tasarımcının belirli parametreleri tanımlaması, simülasyon programının da tasarımcıya bu parametreler ışığında binanın nasıl bir performans sergileyeceğini bildirmesi söz konusudur.

- Bina Simülasyonu: Bina simülasyonu ile amaç, bina performansını etkileyecek detaylı parametrelerin tümünün tasarımcı tarafından tanımlanması ile gerçeğe mümkün olduğunca yakın performans tahminlerinin elde edildiği sanal bir bina yaratmaktır (Morbiter, 2003).

Bu açıklamalarda da görüldüğü gibi tasarım kararı destek sistemlerinin amacı, süreç içindeki kararların kalitesini arttırmaya yönelik bilgi üretimini sağlamaktır. Yüksek performanslı bina tasarımında, tasarım sürecinin her aşamasında doğru analiz yapmak ve bu analizler doğrultusunda doğru kararlar vermek çok önemlidir. Karar destek sistemleri bu durumu etkin hale getirmektedir. Bu şekilde, yapı malzemesi, yapı elemanı ve yapı bileşeni birlikte dinamik kullanımda bir bütünleme oluşturulmaktadır, bu bütünün amacı kullanıcıya konforlu ve sağlıklı mekanlar sunarak enerji etkin binalar elde etmektir.

2.4 Binalarda Enerji Performans Değerlendirmesine Yönelik Türkiye ve Dünyadaki Yaklaşımlar

Binalarda enerji performans gereksinimlerinin belirlenmesi ve tasarım karar destek sistemlerinin geliştirilmesi üzerine bir çok bilimsel araştırmaya destek olacak ve bu araştırmaların devamlılığını sağlayacak dünyada ve Türkiye’de pek çok yaklaşım söz konusudur. Bu yaklaşımlar mevzuat ve yönetmeliklerin yanı sıra, var olan bilimsel çalışmaları uygulamaya geçiren organizasyonlar, dernekler, devlet destekli programlar ve kuruluşlardan oluşan sistemlerdir.

Dünyada ve Türkiye’de günümüzde binaların çevresel etkilerine göre değerlendiren bu sistemler, sürdürülebilirlik yönünden bir araç görevi görmektedir ve önemli bir ilk adımdır. Özellikle uluslararası çevresel standartları oluşturmak adına çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin; Birleşmiş Milletler Çevresel Programı (UNEP); Sürdürülebilir Kalkınma Departmanı (UNDP); Avrupa Birliği kapsamında Ulaşım ve Enerji Direktörlüğü, Sürdürülebilirlik Araştırmaları; Enerji Sistemleri Direktörlükleri; Çevresel Sürdürülebilirlik Enstitüsünün (IES) yayınladıkları araştırmalar, pilot uygulamalar ve geliştirdikleri yeni stratejilerle binalarda sürdürülebilir enerjiye katkıda bulunmuşlardır.

Avrupa Standartları Enstitüsü (CEN) 2005'te yayınladığı CEN/TC 350 Bina Üretiminde Sürdürülebilir Standartlar; yeni ve var olan yapılarda sürdürülebilir yaklaşımların değerlendirilmesi ve yapı malzemelerinin çevresel bildirileri ile ilgili standartları belirlenmiştir.

Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği (ASHRAE) tarafından oluşturulan "mekanik standartlar"ın amacı sürdürülebilir bir üretim için sürdürülebilir standartlar üretmektir. Ayrıca bu standartlar Amerika'daki sertifika sistemlerinin dayanağıdır. Örneğin bu standartlarda, enerji performansı değerlendirmesinde aktif güneş ısıtması, güneş kolektörleri, kullanıcı iç hava kalitesi gibi kriterler sürdürülebilir yapı tasarımında kullanılmaktadır.

Uluslararası standartlara baktığımızda; ISO 14000 Çevre ve Yönetim Sistemleri Standartları Serisi, hem işletim hem ürünler için çevresel etkinin analiz edilmesi, etiketleme, denetleme ve yönetme sistemi araçlarını içermektedir. Ayrıca ISO'nun 2007 yılında yayınladığı ISO 21930 Binalarda Sürdürülebilirlik- Yapı Malzemelerinin Çevresel Beyanı standartları; yapı işlerinin çevresel etkilerini genel prensip ve çerçevesini tanımlar, yapı ürünlerinin çevresel tebliğleri için binanın yaşam döngüsü boyunca dikkate alınması gereken noktaları belirler.

Avrupa Parlamentosu ve Konseyin'nin 4 Ocak 2003'te yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Direktifi; Avrupada hem mevcut hem yeni binalarda enerji performans değerlendirmesine yönelik standartlar ve bir yöntem geliştirmesi ile birlikte düzeli bir denetim ve değerlendirme sistemi kurmuştur. Bu sistemde yapılarda enerji veriminin sağlanması hedef alınmıştır. Bu direktif ile binalarda en fazla 10 yıl geçerliliğe sahip, onun enerji performans değerlerini gösteren bir sertifika sistemini şart koşturmuştur. Buna göre enerji etkinliği ve çevresel etki başlığı altında iki ayrı sertifika sistemi düzenlenmiştir. Bu sistem Türkiye'de de AB uyum yasaları içinde çalışmaların bir parçasıdır.

Avrupa Birliği'nin bu konu ile ilgili bir diğer çalışması ise Yeşil Bina Programı'dır (Green Building program - GBP). Bu organizasyon 2004 yılında ilk çalışmalarına başlamış ve 2005-2006 yılları arasında pilot uygulamalara başlamıştır. Yapılarda enerji verimliliğini ve yenilenebilir enerji kullanımını arttırmak programın en önemli hedefidir. Çalışma prensibinde sürdürülebilirlik kriterlerine uyan yapılara "Yeşil Bina Ortağı" olma hakkı tanılır. Bu hak verilirken yapının enerji performansı değerlendirilir, sonrasında enerji verimliliğini arttırmak için bir program geliştirilir ve bu program plan AB Komisyonu tarafından onaylanır. Onaylanan plan uygulanır

ve tekrar bir rapor halinde AB Komisyonuna sunulur. Bu programda bina kabuğu, sürdürülebilir ısı konforu, ısıtma, kojenerasyon sistemleri, gün ışığı ile sıcak su elde edimi, havalandırma, aydınlatma, ofis elemanları gibi bina enerji performansına yönelik kriterler değerlendirilmiştir.

Türkiye’de Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK), yapı sektörünün sürdürülebilir ilkeler ışığında gelişmesine katkı sağlamak amacıyla 2007’de kurulmuştur. Dernek, toplumsal farkındalığı arttırmak ve inşaat sektörünü bu ilkeler ışığında üretim yapmaya teşvik etmek amacıyla eğitimler düzenlemekte, yerel yönetimler, üniversiteler vb. konunun tüm ilgilileri ile örnek projeler ve çalışma modelleri geliştirmekte ve yaygınlaşması için çalışmaktadır.

Bununla birlikte ülkemizde enerji performans değerlendirmesi alanında uzman kişilerin bir çatı altında toplandığı BinSimDer 2010 yılında kurulmuştur. BinSimDer (Bina Performansı Modelleme ve Simülasyonları Derneği), yaşam döngüleri boyunca enerjiyi verimli kullanabilen, çevresel etkileri en aza indirilmiş, kullanıcılarına konforlu ve sağlıklı yaşam alanları sunabilen binaların yapılabilmesi için bina performansı simülasyonu alanında çalışmalar yapan araştırmacı, geliştirici ve uygulamacıların bir araya geldiği kar amacı gütmeyen bir topluluktur. Bina simülasyonu teknolojisi geliştirme ve ilerletme alanında yol gösterici bir konuma ulaşabilmek için, BinSimDer bina simülasyonu alanındaki gelişmelerin takibini kolaylaştırmak, simülasyon programlarının kullanımlarını teşvik etmek, standardizasyonu gerçekleştirmek, entegrasyonu ve teknoloji transferini hızlandırmak amacıyla, konu üzerinde çalışan araştırmacılar, geliştiriciler ve uygulamacılar için bir forum sağlamaktadır. Dernek benzer alanlarda uluslararası faaliyetler gösteren IBPSA (International Building Performance Simulation Association) ile stratejik ortaklık yürütmektedir. IBPSA; yapılı çevreyi geliştirme amacı güden, bina performans simülasyonunu geliştirmek üzerine çalışmalar yapan araştırmacıları bir çatı altına toplayan kar amacı gütmeyen uluslararası bir topluluktur.

Çizelge 2.7’de görüldüğü gibi binalarda enerji performansına yönelik Türkiye ve Dünya’daki yaklaşımlar tarihsel süreçte sıralanmıştır. Bu sürece göre Türkiye’de bu konu ile ilgili çalışmaların diğer ülkelere göre gerisinde kaldığı görülmektedir.

Çizelge 2.7: Binalarda Enerji Performans Değerlendirmesine Yönelik Türkiye ve Dünyadaki Yaklaşımlar

Dünyadaki yaklaşımlar		
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevresel Programı	1999
UNDP	Sürdürülebilir Kalkınma Departmanı	2000
	Avrupa Virliği, Ulaştırma ve Enerji Direktörlüğü	
IES	Çevresel Sürdürülebilirlik Enstitüsü	2006
	Binalarda Enerji Performansı Direktifi	2003
GBP	Yeşil Bina Programı	2002
CEN	Avrupa Standartları Enstitüsü / TC 350 Bina Üretiminde Sürdürülebilir Standartlar	2005
ASHRAE	Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği	1999
ISO 14000	Çevre ve Yönetim Sistemleri Standartları Serisi	1996
ISO 21930	Binalarda Sürdürülebilirlik- Yapı Malzemelerinin Çevresel Beyanı standartları	2007
IBPSA	Uluslararası Bina Performans Simülasyonu Derneği	1987
Türkiyedeki yaklaşımlar		
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği	2007
BinSimDer	Bina Performansı Modelleme ve Simülasyonları Derneği	2010

2.4.1 Sertifika sistemleri

Yeşil bina sertifika sistemleri yeşil bina kavramının ortaya çıkmasını takiben gelişmiştir. Bu sistemleri, yapıların çevre üzerinde etkilerini ve doğal kaynakları korumadaki hassasiyetlerini göstermede ölçülebilir bir referans sağlamaya çalışan, derecelendirme sistemleridir. Temel olarak bu sistemler tasarımcılara yeşil bina üretimi için gerekli standartların neler olduğunu ve bu gerekliliklere ulaşmada nasıl bir yol izlenmesi gerektiğini, kullanılacak yöntemleri ve hizmet araçlarını takip eder. Bunu takiben yeşil bina olmaya aday yapıların bu gereklilikleri yerine getirip getirmediğini değerlendirir ve eğer uygunsa sertifikasyon türüne göre onay verir veya derecelendirir. Kısacası; bir yöntem geliştirerek yeşil rekabete teşvik eder ve yeşil binaların yararları konusunda tüketici bilincini artırarak bunu bir pazar haline getirir (Ding 2008).

Yatırımcılar tarafından sertifika sistemlerinin gerektirdikleri genel olarak ekonomik maliyeti arttıran gereksinimler olarak görünür. Bu durum caydırıcı bir etki taşımaktadır. Fakat; ilk yatırım maliyetindeki artışa rağmen bina işletim maliyetinin büyük oranda azaldığı çeşitli araştırmalar göstermektedir.

Birçok ülke ya kendi yeşil bina sertifikasyon sistemini geliştirmiş ya da diğer ülkelerin uluslararası sertifikasyonları için aday olmuştur. Bunlardan başlıcaları

1990'da İngiltere'de ortaya çıkan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 1998'de Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), 1998'de gelişmiş ülkelerin biraraya gelmesiyle kurulan IISBE (International Initiative for Sustainable Built Environment), 2003'de BREEAM'den uyarlanarak Avustralya'da oluşturulan Greenstar, 2004'de Japonya'da ortaya çıkan CASBEE (Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency) ve 2009'da Almanya'da ortaya çıkan DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)'dir. Ülkemizde, Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, önemli bir boşluğu doldurmak amacıyla ulusal koşullara uygun bir Değerlendirme Sistemi oluşturma çalışmalarına başlamıştır. Çizelge 2.8'de faaliyet gösteren bazı sertifika sistemleri sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.8: Sertifika sistemleri

	BREEAM	LEED	GREENSTAR	CASBEE	DGNB	SBTOOL
ÜLKE	İngiltere 1990	Amerika 1998	Avusturalya 2003	Japonya 2004	Almanya 2008	Kanada 1996
AÇIKLAMA	BRE çevresel değerlendirme metodu	Çevre ve enerji tasarımında liderlik	Yeşil yıldız	Bina çevresel etkinliği için kapsamalı değerlendirme sistemi	Sürdürülebilir yakalısının devamlılığı	Sürdürülebilir bina aracı
SETİFİKA VEREN KURUM	BRE- Bina Araştırma Enstitüsü	USGBE - Amerika nın Yeşil Bina Konseyi	GBCA- Avusturalya Yeşil Bina Konseyi	JSBC- Japonya Sürdürülebilir Bina Konseyi	GSBC- Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi	HSBE- Sürdürülebilir Tasarlanmış Çevreler için Uluslar arası Girişim

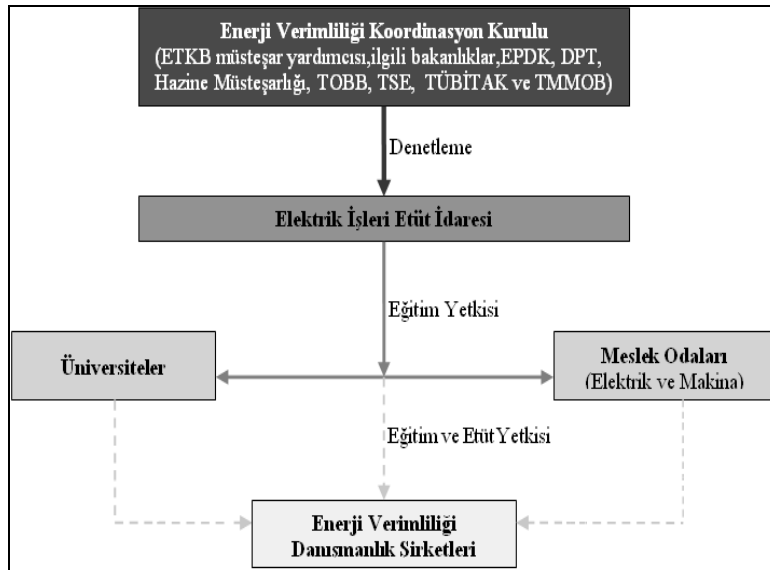
Türkiye'de de bu alanda ulusal ve uluslararası gelişmeleri takip eden Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, Bina Kodu ve Sertifikasyon Komitesi, alanında uzman isimlerin katılımıyla ulusal koşullara uygun bir Değerlendirme Sistemi oluşturmak için çalışmalarına başlamıştır. Derneğin uzun vadedeki hedefi Türkiye'ye has bir "Bina Çevresel Değerlendirme Metodu'nun oluşturulmasıdır. Fakat bundan bir önceki en mantıklı basamak ise yukarıda belirtilen mevcut sistemlerden birinin Türkiye'ye uyarlanmasıdır.

2.4.2 Türkiye'de binalarda enerji performansına yönelik mevzuat ve yönetmelikler

2007 yılına kadar ülkemizde enerji verimliliğinin artırılması ile enerji ihtiyacının karşılanması düşüncesi enerji politikası içinde ciddi olarak değerlendirilmemiştir.

Enerji ihtiyacını karşılamak için her zaman yeni tesislerin yapımı planlanmıştır. Oysaki Türkiye’de birincil enerji ihtiyacı yılda ortalama %4-5, elektrik enerjisi ihtiyacı da %8 gibi bir hızla artmaktadır. Bununla birlikte enerji ihtiyacının %75 oranında ithal enerjiyle karşılayan ülkemizde enerji ithalatı 2006 yılında 29 milyar, bu rakam 2007’de 33 milyar dolara yükselmiştir. Bu artış enerji arzında petrole ve doğalgaza bağımlı olan Türkiye ekonomisini dış ödemeler dengesi ve enerji arzı güvenliği açısından zor durumda bırakmaktadır. Enerji verimliliği harcanan her birim enerjinin daha fazla hizmet ve ürüne dönüşmesidir. Bunun sonucunda Enerji Verimliliği Yasası üzerinde çalışılmıştır. Bu yasa ile enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşım da enerji verimliliğinin artırılması ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulamaları kapsamaktadır.

2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu ile genel çerçevenin belirlenmesiyle 2008 Ekim ayında çıkarılan Enerji ve Enerji Kaynaklarının Verimli Kullanılması Yönetmeliği ile enerjinin etkin kullanılması, enerji tüketiminin önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usûl ve esasları düzenlenilmesi amaçlanmıştır. Şekil 2.5’de Enerji verimliliği kanunu yürütme sistemi şematik olarak açıklanmaktadır.



Şekil 2.5: Enerji verimliliği kanunu yürütme sistemi (Onaygil ve ark., 2007)

Bunu takibinde AB üyelik süreci kapsamında T.C. İmar ve İskan Bakanlığı'na 2008 Aralık ayında hazırlanan Bina Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmeliğin amacı, “dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemek” olarak belirtilmiştir.

Bina Enerji Kimlik Belgesi, “5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu” kapsamında ve buna bağlı olarak çıkartılan “Binalarda Enerji performansı yönetmeliği’ne göre, asgari olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırılması,yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren belgedir.

Bu belgenin işletilemesinin sağlanabilmesi için tasarım aşamasından başlayarak binanın tüm yaşam dönemi boyunca enerji, çevresel ve ekonomik açılardan binanın etkinliğinin belirlenmesinde bilgisayar tabanlı simülasyon programlarından ve performans modellemesinden yararlanılmaktadır. Enerji Performansı Yönetmeliği’nde geçen mevcut ve yeni yapılacak binalarda; mimari tasarım, mekanik tesisat, aydınlatma, elektrik tesisatı gibi binanın enerji kullanımını ilgilendiren konularda bina projelerinin ve enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına ve uygulanmasına ilişkin hesaplamalarda bu programlardan faydalanılır.

Bu belgenin içeriği;

- Bina ile ilgili genel bilgileri,
- Düzenleme ve düzenleyen bilgilerini,
- Binanın kullanım alanını (m²),
- Binanın kullanım amacını,
- Binanın ısıtılması, soğutulması, iklimlendirmesi,havalandırması ve sıhhi sıcak su temini için kullanılan enerjinin miktarını (kWh/yıl),
- Tüketilen her bir enerji türüne göre yıllık birincil enerji miktarı (kWh/yıl),

- Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık birincil enerji tüketiminin, A ile G arasında değişen değerlere göre sınıflandırılmasını,
- Nihai enerji tüketiminin oluşturduğu sera gazlarının kullanım alanı başına yıllık miktarını(kg CO²/m²-yıl),
- Binaların kullanım alanı başına düşen yıllık sera gazı salımının, A ile G arasında değişen değerlere göre sınıflandırılmasını (kg CO²/m²-yıl),
- Binanın aydınlatma enerjisi tüketim değerini,
- Birincil enerji tüketimine göre, belirlenen enerji sınıfını,
- Nihai enerji tüketimine göre, belirlenen sera gazları emisyonu sınıfını,
- Binanın yenilenebilir enerji kullanım oranını gösteren bilgileri içerir.

Mevcut binalarda kimlik belgesini Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne Enerji Verimliliği Danışmanlık firmaları (EVD) tarafından verilecektir. Bu durum ise birçok yeni EVD firmasının faaliyet göstermesine sebep olmuştur.

Türkiye Enerji Verimliliği Kanunu'nda yer alan EVD şirketi kavramı, dünyada Enerji Hizmet Şirketi (Energy Service Company- ESCO) adıyla bilinmektedir. EVD, nihai tüketim sektörlerinde enerji verimliliğini artırmak amaçlı projeleri geliştiren, uygulayan, finansmanını sağlayan ve 7-10 yıllık periyotlar arasında sektörler için bakım-onarım masraflarını üstlenen şirketler olarak tanımlanabilir (IEA, 2007).

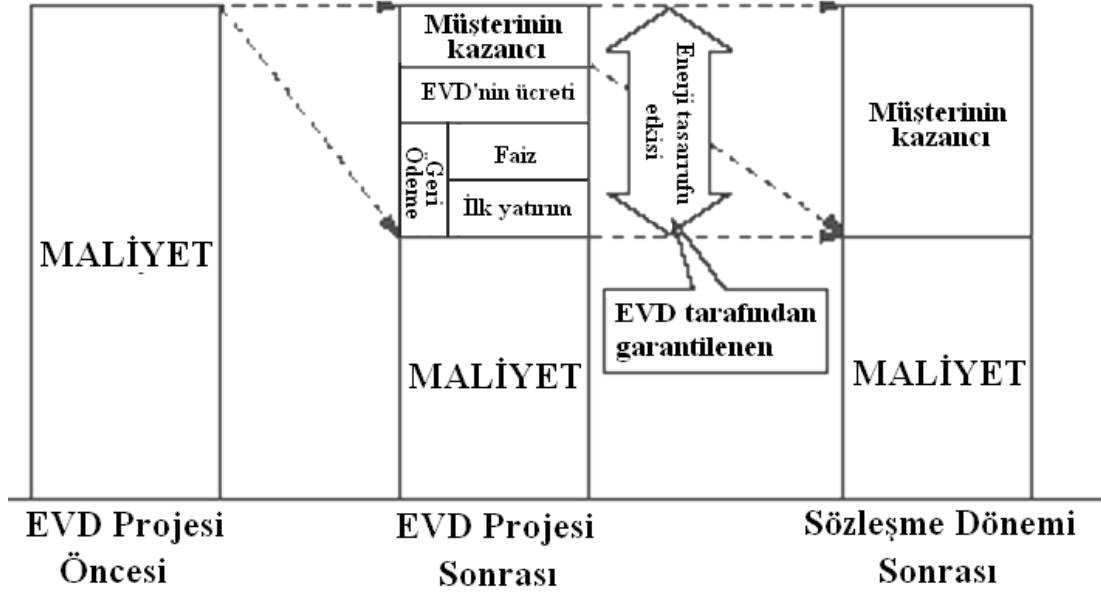
EVD'lerin faaliyet alanlarına giren enerji hizmetlerinin başlıcaları;

- enerji tasarruf olanaklarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi (enerji etütleri),
- müşterinin ihtiyacına yönelik enerji verimliliği programının hazırlanması ve uygulanması,
- proje dahilinde gerekli sistemlerin kurulumundan izlenmesine kadar tüm faaliyetlerin yürütülmesi,
- finansmanın sağlanması,
- elde edilen tasarruf oranlarının izlenmesi,
- eğitimlerin yapılması ve bakım/onarım ihtiyaçlarının karşılanması,

olarak sıralanabilir (Motiva, 2005).

EVD'ler enerji hizmetlerini gerçekleştirirken, elde edilecek enerji tasarruf miktarını garanti etmektedirler. EVD şirketlerinin kazancı, proje sonucunda ulaşılan enerji tasarruf miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Başka bir deyişle Şekil 2.6'da da görüldüğü gibi, EVD, enerji verimliliğini artırmak için garanti edilen tasarruf miktarına

ulaşamama riskini kabul etmekte ve kazancını, sağlanan enerji tasarrufu miktarı üzerinden elde etmektedir (Onaygil ve ark., 2007).



Şekil 2.6: EVD şirketlerinin yapısı (Onaygil ve ark., 2007)

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin 26'ncı maddesi gereğince:

Bünyesinde enerji kimlik belgesi düzenlemek üzere yetki belgesi almış mühendis veya mimar bulunduran Enerji Verimlilik Danışmanlık şirketleri, mevcut binalara Enerji Kimlik Belgesi Vermeye Yetkili Kuruluş sayılır.

Bununla birlikte mevcut binalar bu belgeyi 2017'ye kadar almak zorundadırlar. Enerji Kimlik Belgesi, binanın tamamı için hazırlanabileceği gibi, isteğe bağlı olarak, kat mülkiyetini haiz her bir bağımsız bölüm veya farklı kullanım alanları için ayrı da düzenlenebilir ve Enerji Kimlik Belgesi düzenleme tarihinden itibaren 10 yıl süre ile geçerlidir.

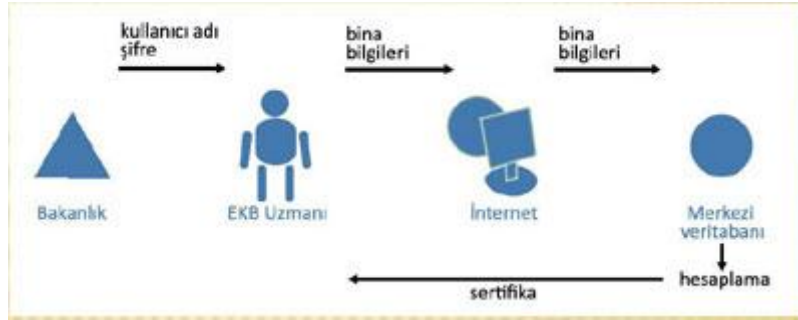
Mimar ve Mühendisler Enerji Kimlik Belgesi Uzmanı sertifikası alabilirler. Enerji yöneticisi olabilmek için,

- En az 2 yıllık mesleki tecrübeye sahip,
- Endüstriyel şetmelerde mühendislik,
- Organize sanayi bölgelerinde makina, elektrik veya elektrik-elektronik mühendisliği,
- Binalarda ise makina, elektrik veya elektrik-elektronik mühendisliği veya teknik eğitim fakültelerinin makina veya elektrik teknik öğretimliği bölümlerinde lisans eğitimi görmüş olmak gerekir.

Bu kimliklendirme sistemiyle birlikte enerji kimlik belgelerinin düzenlenmesi için kullanılan ve bakanlık internet adresinden erişim sağlanan BEP-tr yazılım programıdır.

- BEP Hesaplama Yöntemi , BEP Yönetmeliği kapsamına giren binaların yıllık m2 başına düşen enerji tüketim miktarını ve buna bağlı olarak CO2 salımının asıl hesaplanacağıın yol haritasıdır.
- BEP-TR, internet tabanlı bir yazılımdır. BEP Yönetmeliği kapsamına giren binaların yıllık m2 başına düşen enerji tüketim miktarını ve buna bağlı olarak CO2 salımını hesaplar.
- Hesaplama Yönetmeliği sonuçlarına göre binanın enerji performansı ve emisyon salım sınıfını belirlenecektir.
- BEP-TR, BEP Hesaplama Yöntemini kullanılarak ilgili binaya uygun enerji kimlik belgesini üretir.

Şekil 2.7’de BEP-TR kullanımı şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.7: BEP-TR kullanımı

Tüm bu gelişmelerin takibinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın koordinatörlüğünde hazırlanan “Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)”’dir.

Bu belgeye göre tanımlanmış strateji amaçları;

- Sanayi ve hizmetler sektöründe enerji yoğunluğunu ve enerji kayıplarını azaltmak,
- Enerji verimliliği yüksek binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak, ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak
- Enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümünü sağlamak
- Elektrik üretim, iletim ve dağıtımında verimliliği artırmak; enerji kayıplarını ve zararlı çevre emisyonlarını azaltmaktır.

Özetle Türkiye’de enerji performansı üzerine yapılan uygulamalar aşağıdaki Çizelge 2.9’deki gibidir;

Çizelge 2.9:Türkiye’de BEP yaklaşım

Tarih	Çalışma	Kapsam
Mayıs 2007	Enerji Verimliliği Kanunu	Genel çerçeve belirlendi
Ekim 2008	Enerji ve Enerji Kaynaklarının Verimli Kullanılması Yönetmeliği	Tüm sektörlerle yönelik
Aralık 2008 (revize Nisan 2011)	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	Yapılara yönelik
Aralık 2011	Enerji Verimliliği Strateji Belgesi	2012-2023 planları kapsamında tüm sektörlerle yönelik

Bu stratejilerin uygulanması ile ilgili izleme ve değerlendirme çalışmaları için kamu, özel sektör ve sivil toplum örgütleri işbirliği ile komisyonlar, komiteler ve/veya çalışma grupları Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulacaktır. Bu belgede tanımlanmış olan stratejik amaçlar, hedefler ve eylemler yapılacak derinlemesine sektörel analizlere göre Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu tarafından yılda en az bir kez gözden geçirilecek, hükümetin politika ve hedeflerindeki değişikliklere, AB politikalarına, belge kapsamındaki uygulamalarda ortaya çıkan darboğazlara bağlı olarak güncellenecektir.

Tüm bu durumu göz önünde bulundurduğumuzda bina analizleri temelde; alternatif tasarımlar, sistemler, alt sistemlerin değerlendirilmesi, enerji bütçesinin düzenlenmesi/enerji standartlarıyla uyumu ve ekonomik optimizasyonu amaçlarlar. Bu bağlamda bilgisayar yazılımları, hız ve kesinliği yada doğruluk payı sayesinde bina tasarım sürecine önemli bir destek aracıdır. Dolayısıyla bina simülasyon programları,bina enerji performansınıbelirlemede, optimizasyonu sağlamada kullanılan araçlar olarak gün geçtikçe daha çok önem kazanmaktadır.

2.5 Bölüm Sonucu

Tüm bu değerlendirmeleri göz önünde bulundurduğumuzda, binalarda dikkate alınması gereken enerji verimliliği hem ekonomik kalkınma hem ve çevresel

nitelikleri koruma kaygısıyla önemli bir noktada bulunmaktadır. Yapı sektöründe sürdürülebilir enerji etkinliğini günümüzün gelişen teknolojinin getirdikleri içinde sağlamak mümkündür fakat, bu teknoloji tam anlamıyla kullanılmamaktadır (Rosenfeld ve Hafemeister1988). Hedeflenen bu enerji verimliliğine ulaşmak için, tasarımcıların binaların enerji kullanım tutumlarının karmaşık sisteminin çok iyi algılamalı ve bunları analiz edebilecek etkili tasarım araçlarına ihtiyaç duymaktadır. Son yirmi yıl içerisinde enerji etkin bina tasarımında doğru ve detaylı kararları verebilmek adına bilgisayar simülasyonu ve modelleme etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Ancak bu tasarım araçlarının kendi içinde çok karmaşık bir yapıya sahip olmaları ve tasarımcılar tarafından niteliklerinin ve yapabileceklerinin sınırının bilinmemesi, onların kullanımında sorunlar yaratmaktadır. Hedeflenen enerji etkin bina tasarımına ulaşmak için, ilk olarak tasarımcılar bina performans simülasyonu ile ilgili bilgilendirilmelidir ve bir pratik haline getirilmelidir. Bu bağlamda, bina simülasyon araçlarının yapabileceklerinin sınırları çok iyi bir şekilde tanımlanması, ve onların tasarımcı tarafından nasıl daha kolay kullanılabilir hale getirilmesinin yolların araştırılması bir gereklilik oluşturmaktadır.

3. TASARIM SÜRECİNDE BİNA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNDE SİMÜLASYON METODLARI

Bina tasarımlarının ilk evrelerinden başlayarak tüm bina tasarım süreci boyunca, enerji etkinliğine ve çevresel duyarlılığa yönelik doğru malzeme ve bileşen kararları almaya yardımcı olacak birçok program geliştirilmektedir. Bu kadar çok program ve bunlar için gereken bilgi kümesi içinde tasarımcıların kaybolması kaçınılmazdır. Fakat bu programları kullanmadan önce uygulanacak doğru bir eğitim süreci ile tasarımcıların bina performans simülasyonuna yaklaşımları değiştirilebileceği gibi bu karmaşıklık bir sistem içinde değerlendirilebilir.

3.1 Bina Performans Simülasyonunun Genel Değerlendirilmesi

Bina performans simülasyonunun genel değerlendirmesi yapılırken, ilk olarak simülasyon kavramı sorgulanmalı ve simülasyonu yapabilen araçlar tanınmalıdır.

3.1.1 Simülasyonun tanımı ve bina simülasyonu

Türkçeye ‘‘benzetim’’ olarak çevirebileceğimiz simülasyon; gerçek bir sistem modelinin tasarlanması ve bu model ile bu sistemin işletilmesi amacına yönelik olarak, sistemin davranışlarını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesi sürecidir. Bu süreçte benzetilen modelin ya da yeniden düzenlenen sürecin nasıl işlemesi gerektiğine dair deneme çalışmalarını yürütmede yapılan deneysel çalışma da denilebilir. Gerçek sistemleri kendi karmaşıklıkları içinde analiz etmek çok zor, çok zaman alıcı, hatta imkansızdır. Simülasyonun temel prensibi, gerçek sistemden sadece belirli gereklerle ilgili elemanların itina ile seçilerek dikkate alınması, ve göreceli olarak daha önemsiz olanların göz ardı edilmesi ile, gerçek sistem davranışını doğru olarak tahmin etmek üzere kullanılabilen bir model geliştirmektir (Aburdene 1988).

Bina simülasyonu için ölçekli mimari maketlerden, test hücrelerine kadar farklılık gösteren pek çok model oluşturmak mümkün ise de, burada söz konusu olan

bilgisayar destekli sanal simülasyonlardır. Günümüzdeki bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler ve kullanımlarındaki kolaylık, bilgisayarı bina tasarımları ve performans analizlerinde sıklıkla kullanılan bir araç haline getirmektedir (Al-Homoud, 2001). Bilgisayar tabanlı simülasyonun kullanıcıya sunduğu kolaylıklar ve 3 boyutlu görsel arayüzleri sayesinde günümüzde mimari tasarımda vazgeçilmez bir pratiğe dönüşmektedir. Hensen ve Lamberts'e göre bilgisayar tabanlı simülasyon günümüzde en etkili ve analiz yöntemidir (2011).

Bina simülasyonu karmaşık bina sistemini, gerçek koşullara en yakın sanal bir ortama entegre edilmesi ile tasarım seçenekleri tahminlerini sağlayarak gerçekçi bir çözüm önerisini temsil etmektedir. Bir başka deyişle, bina simülasyonu, tasarım aşamasında gelecekteki gerçekliklerin benzetimini desteklemektir. Geleneksel tasarım yöntemleri bina performansını etkileyen alternatif tasarım yaklaşımlarını desteklemede, binanın kendi içindeki karmaşık yapısını çözümlemede, ve maliyet hesaplamalarında hızlı ve çok alternatifli çözümler üretmekte yetersiz kalmaktadır. Buna karşılık bina simülasyonu enerji ihtiyacı azaltılmış, kullanıcı konfor koşulları ve sağlığı göz önünde bulunduran sürdürülebilir bina tasarımında olabildiğince çabuk farklı tasarım seçeneklerini değerlendirerek tasarımcıya en doğru olanı seçme olanağını sunmaktadır. Morbitzer'e göre bina simülasyonu daha doğru performans tahmini üzerine yeni bir kavram geliştirir. Bu felsefe, mümkün olduğunca gerçeğe en yakın performans tahminleri ile sonuçlanan, tasarımcının bina performansını etkileyen detay parametrelerini belirleyebildiği sanal bir yapı oluşturmaktır (2003).

3.1.2 Bina performans simülasyonu ve araçları

1970'lerin ortasına kadar bina performansının tahmin edilmesinde geleneksel basitleştirilmiş hesaplama yöntemleri kullanılmıştır (Clarke 2001). Bu hesaplama yöntemlerinde yapının karmaşık sisteminden çekilip alınmış güneş ısı kazancı veya yüzeyler arasındaki uzun dalga radyasyon değişimi gibi daha basite indirgenmiş sistem parçalarının analiz sonuçlarının tüm sisteme veya yapının bir kısmına benzetilmeye çalışılmasıyla sistemin karmaşıklığı azaltılmaya çalışılmıştır (Morbitzer 2003). Bu yöntemler günümüzde de hala kullanılmasına rağmen yüksek performanslı binaların getirdiği birbiriyle etkileşimli pek çok performans gereksinimi analizleri için yetersiz kalmaktadır. Fakat tarihi sürece baktığımızda; 70'lerde başlayan bilgisayar bazlı bina performansı simülasyonu Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi 80'lerde büyük beklentilerle zirveye ulaşmış, ardından bu beklentileri

karşılayamayarak bir hayal kırıklığı getirmiştir, fakat gelişen teknoloji ile yirmibir yıldır gösterdiği verimlilik artışı ile birlikte günümüzde en gerçekçi sonuçları tasarımcılara sunmaktadır (Fenn and Raskino 2008).



Şekil 3.1: BPS tarihsel süreci (Fenn and Raskino 2008)

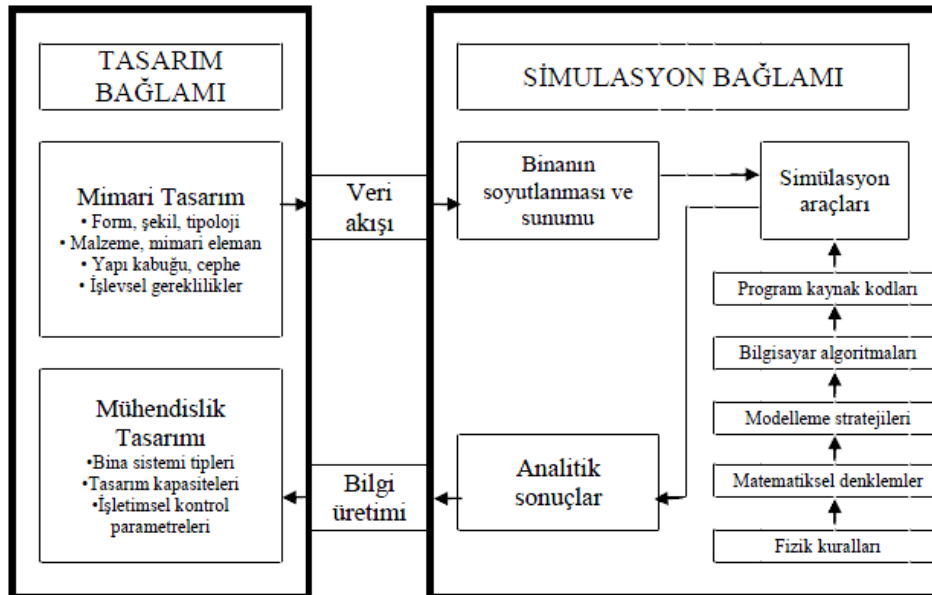
Bu bağlamda, Uluslararası Bina Performans Simülasyonu Derneği (IBPSA-www.ibpsa.com) önemli bir rol üstlenmekte ve bina performans simülasyonu bilincini ve farkındalığını arttırmak için önemli çalışmalarda bulunmaktadır. Elde edilen sonuçların güvenilirliği ve sağlamlığı açısından bina performans simülasyonu sürekli gelişen ve olgunlaşan bir çalışma alanıdır.

Bina performans simülasyonu süreci üç aşamada gerçekleşir;

1. Tüm performans gereksinimleri tanımlanarak bir model yaratmak
2. Tanımlı çevre koşulları (iklim verileri) ile simülasyonu başlatmak (simulation with relevent boundary condition)
3. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi.

Elde edilen sonuç performansını maksimize edebilmek yani tüketilen enerjiyi minimuma indirebilmek için geliştirilen ‘bina performans simülasyon araçları’, binaların enerji analizleri ve modellemelerinde kullanılırlar. 70’lerden bu yana simülasyon araçları büyük değişim geçirmiştir. Bugünün bina performans simülasyon araçları, birbirinden çok farklı olmasına rağmen genel olarak gerçeklere dayalı analitik verilerle çalışan, akıllı bilgilere bağlı, tam entegre edilmiş modelleme olanaklı ve diğer programlarla birlikte çalışabilen (interoperable) programlardır. Bu araçların temel teorisi, ısıtma havalandırma ve iklimlendirme gibi performans parametrelerinin yüklerinin ve gerekli enerjinin hesaplanmasına dayanır. Bina

kabuğu, HVAC sistemleri, aydınlatma ve güneş kontrol elemanlarını içeren kullanıcı konforu ve enerji tüketimi ile ilişkili ısıl tabanlı dinamik etkileşimi hesaplamaya yönelik olan simülasyon programları genellikle saatlik bazda ve her zon için ayrı yük hesaplamaları yapmaktadır (Hong ve ark., 2000).



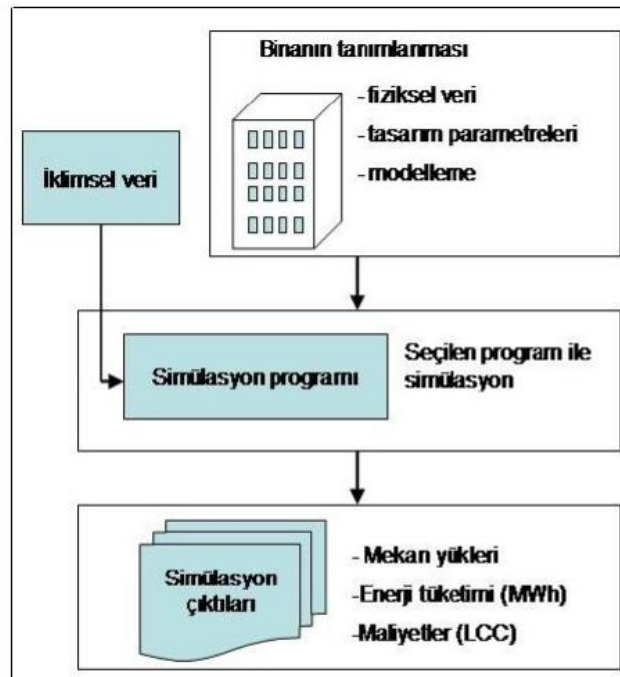
Şekil 3.2: Tasarım ve simülasyon ilişkisi (Hui, 1998)

Bina performans simülasyon araçlarının kullanımında ilk aşama, binanın modellenmesini gerektirir. Burada tasarıma ilişkin tüm performans kriterlerinin tanımlanması söz konusudur. Bu, bazen sadece kütle formu, boyut, bileşen ve malzemelerle sınırlı kalabildiği gibi, detaylı simülasyon programları için, saatlik

kullanım, ısıtma, havalandırma, iklimlendirme sistemlerinin özellikleri ve işletim stratejilerine kadar ayrıntılı pek çok bilginin tanımlanmasını da gerektirir. Bu tasarım parametrelerinin çoğu için performans simülasyon programları CADD (Computer Aided Design/Drafting) verilerini DXF (Data Exchange File) olarak kabul edebilmektedir ya da program içinde binanın iki ya da üç boyutlu modellemesinin gerçekleştirilebilmesi söz konusu olabilmektedir.

Yapının yapılacağı bölgeye ait iklimsel verinin elde edilebilmesi, bu programların çalışması için çok önemli bir veridir. Bu verileri, bazı programlarda, programın içine kullanıcı tarafından ulaşılması mümkün olabildiği gibi, çoğu program bir kaç farklı düzende (TRY, TMY, BIN, WYEC, vb.) elde edilen iklim verilerini de kabul edebilmektedir.

Gerekli tüm girdilerin (input) düzenlenmesi ile simülasyon başlatılır. Elde edilen sonuç verileri – çıktı (output), simülasyon programının özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Detaylı enerji simülasyon programları genellikle, binanın veya mekanların ısıtma ve soğutma yükleri ile bunları karşılayacak yıllık enerji tüketimlerini vermektedir. Programların özelliklerine ve girilen veri düzeyine göre, enerji maliyetleri veya binanın toplam maliyeti, binanın çevresel zararları (CO₂ emisyonları gibi), yaşam boyu maliyeti (life cycle cost) gibi sonuçlar da elde edebilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Performans simülasyon programlarının işleyişi (Fenn and Raskino 2008).

3.2 Simülasyon Programlarında Girdi Verileri

Yapılarda enerji tüketimi ve yapının çevresel performansı bina tasarımının ilk evrelerinde başlayıp sonuna kadar süren pek çok tasarım parametresinin kararına bağlıdır. Bölüm 2.2.2’de işlenen tasarım parametrelerine ilişkin kararlar sırasında simülasyon araçları kullanılırken, girdi verilerine ihtiyaç duyulur. Girdi verileri kavramsal boyutta olan tasarım parametrelerin aslında açık nicel verilere dönüşmesi sonucu elde edilen somut değerlerdir. Simülasyon araçları girdi verilerine göre sonuç analizlerini yapmaktadır. Bu nedenle girdilerin tam ve doğru olması ve de gerçek durumu yansıtması, güvenilir sonuçlar elde edebilmek açısından çok önemlidir. Hangi girdi verisinin ne şekilde ve ne için kullanılması gerektiğinin önceden bilinmesi ve bunun belli bir sistem içinde gerçekleştirilmesi önemli bir zaman tasarrufu sağlayacaktır ve hata yapma şansını en aza indirecektir. Aşağıda incelenen ‘girdi verileri’ simülasyon programlarının ortak olarak ihtiyaç duyduğu verileri içermektedir.

İklim verileri

İklimin, binanın hem enerji performansı hem de kullanıcıları üzerinde çok önemli etkileri vardır. Yapıların enerji performanslarının hesaplanabilmesi için bir yıllık süreyi kapsayan saatlik tipik iklim verilerine ihtiyaç vardır. İklim verileri, yıllarca ölçülmüş gerçek verilerin istatistiksel hesaplamalardan sonra ortalama olarak iklimi temsil değerlerden oluşur.

Binaya ait bilgiler

Binaya ait bilgiler, yapının dış çevre birlikte üç boyutlu olarak termal, fiziksel ve optik özellikleriyle birlikte tanımlanabilmesi ve bina alt sistemlerinin modellenebilmesi için gerekli verileri içerir.

- Genel bilgiler

Bina için genel bilgiler, dışarıdan bakıldığında kolayca gözlemlenebilen verilerdir. Simülasyon programlarına bu verilerin girilmesi metin ya da grafiksel olarak gerçekleşmektedir. Bu girdi verileri;

- Binanın işlevi: Konut, ofis, okul vb.
- Binanın yeri/enlem ve boylamı: Yapının yeryüzü üzerindeki yerinin x, y ve z koordinatları ile belirtilmesi
- Binanın yönü: batı, kuzey batı vb.

- Yıl içinde kullanım süresi: gün içinde kullanım saatleri, hafta içi ve haftasonu kullanımları,
- Kullanıcı sayısı

- **Binanın boyutsal özellikleri**

Binanın enerji simülasyonu, binaya ait plan, kesit, görünüş gibi çizimlerin elde edilmesi ve bunlardan binanın ve pencere sistemlerinin, kapı ve açıklıkların boyutlarının, çatı detayları gibi binaya ait unsurların boyutlarının çıkarılması ile başlar.

- Kat sayısı
- Her bir kat alanı
- Kat yüksekliği
- Bina yüksekliği
- Pencere boyutları ve konumları

- **Çevresel özellikler**

Binanın bulunduğu alanın topografyasının önemi bağlamında, alan üzerindeki ve çevresindeki bitki örtüsü ve komşu binalar binanın enerji performansını doğrudan etkilerler. Doğruya yakın hesaplamalar yapabilmek için çevresel veriler de göz önünde bulundurulmalı ve simülasyon ortamına aktarılmalıdır. Bina için çevresel veriler;

- Topoğrafya özellikleri: arazi eğimi, yönü, tipolojisi vb.
- Çevre binalar: yer ve boyutları
- Bitki örtüsü: yer ve boyutları
- Binayı çevreleyen zemin alanı

- **Aydınlatma sistemleri**

Aydınlatma sistemleri için girdi veriler hem doğal aydınlatma etkisinin araştırılması ve buna bağlı olarak mekan içinde oluşan aydınlık düzeyinin hesaplanması ve hem de kullanılan aydınlatma elemanlarının iç kazançlara olan katkısının hesaplanması açısından önemlidir. Model içine aydınlatma sistemleri ile ilgili bazı girdi verileri;

- Aydınlatma elemanının çeşidi: lux değeri
- Aydınlatma elemanı sayısı

- Aydınlatma elemanlarının yerleri
- Yapay aydınlatmanın kullanıldığı zaman çizelgesi: hafta içi ve haftasonu gün içinde kullanım saatleri
- Doğal aydınlatma kullanımı

- **Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri (HVAC Systems)**

Bina içindeki havanın kullanıcıların konfor sınırları içinde kalmalarını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemleri model içinde tanımlarken girilen parametreler;

Isıtma ve soğutma sistemleri için

- Sistem çeşidi: gaz ile veya elektrikle iklimlendirme
- Sistem modeli: klima, radyatör,
- Sistem kapasitesi
- Gün içerisinde çalışma saatleri

Havalandırma sistemleri için;

- Üfleme araçları boyutları ve kapasitesi
- Motorun kapasitesi
- Emme araçları boyutları ve kapasitesi

- **Gölgeleme bileşenleri**

Gölgeleme sistemleri ihtiyaç duyulduğunda binaya direkt güneş ışığı girişini engellemek için tasarlanan sistemlerdir. Gölgeleme sistemlerinin konumu, boyutu, termal ve optik özellikleri hakkında bilgiler, kontrol sistemi, kullanım zamanları simülasyon programlarında girdi verileri olarak tanımlanır.

Binalarda simülasyon araçları ile yapılacak enerji analizleri sürecinde binaya ve çevresine ait verilerin toplanması, düzenlenmesi ve bilgisayar ortamındaki ilk adımdır. Veri toplama simülasyon sürecinin en uzun zaman alan ve yorucu olan kısmıdır. Yapılacak analizlerden elde edilecek sonuçların güvenilirliği direkt olarak toplanan verilerin doğruluğuna ve tamlığına bağlıdır.

- **Yapı elemanları ve malzemelerine ilişkin veriler**

Dış duvar, çatı, zemin oturan döşeme, pencere, kapı gibi binanın dış ortam ile ilişkide bulunduğu ve ısı enerjisinin sıcaklık farkına bağlı olarak içeri veya dışarıya transferine izin veren elemanlardır. Yapı elemanlarının iç ve dış ortam arasında bir bariyer olarak enerji tüketimi üzerinde çok büyük etkisi vardır. Yapı malzemesinin

özellikleri Çizelge 3.1'deki gibi programın ara yüzüne girelecek olan sayısal verileri ile analiz yapılır.

Çizelge 3.1:Yapı malzemesi verileri

Malzeme adı	
Opak bileşen	Isıl direnci ($m^2.K/W$)
	U değeri($W/m^2.K$)
	İletkenlik ($W/m.K$)
	Yoğunluk (kg/m^3)
	...
Saydam bileşen	İletkenlik ($W/m.K$)
	Güneş ışığı geçirgenlik değeri
	Güneş ışığı yansıtıcılık değeri
	...

- Maliyet analizleri

Saatlik enerji ihtiyacı belirlenen binanın toplam enerji tüketim değerleri ve enerji maliyetleri hesaplanabilmektedir. Bu analizler ilk yatırım maliyetleri, yıllık enerji tüketim değerleri, enerji tasarruf oranları, bakım masrafları, gibi unsurları içermektedir. Girdi verisi olarak kullanılan sayısal veriler ise;

- Yapım maliyeti
- Binanın ömrü
- Mekanik sistemlerin ömrü
- Elektrik birim fiyatı
- Su birim fiyatı
- Yakıt birim fiyatı

3.3 Simülasyon Araçları İle Farklı Ölçeklerde Değerlendirme

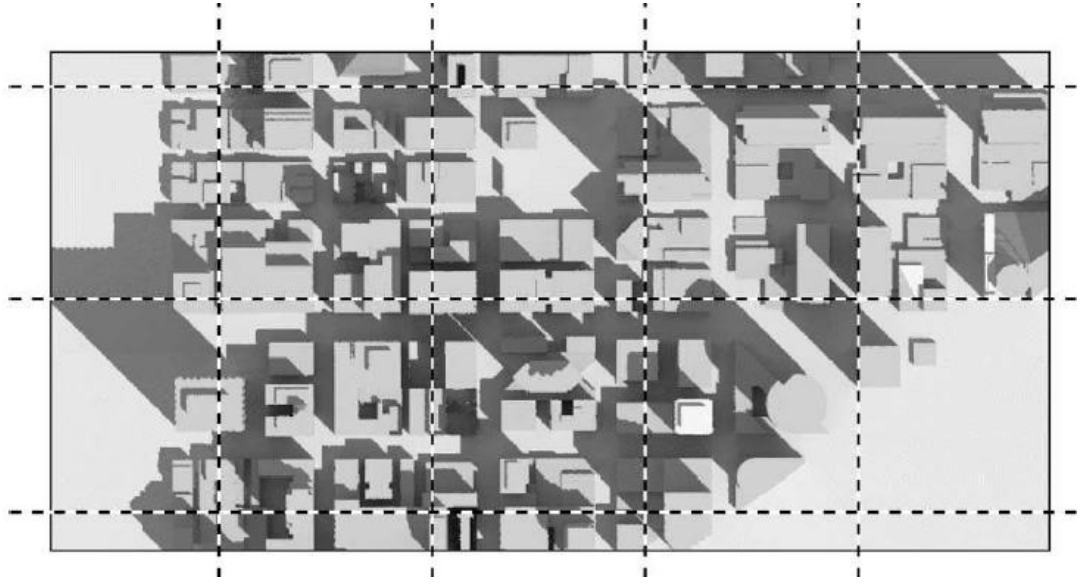
Tasarım süreci içinde seçenekleri çoğaltan ve bu seçenekler arasında karar almayı zorlaştıran pek çok parametrenin içerisinde, bina performansını doğrudan ve önemli ölçüde etkileyen parametrelerin belirlenmesi çok önemlidir. Bunun için bir dizi hassasiyet analizi gerektirmektedir. Bu bağlamda, parametrelerin belirli sınır koşulları altında içindeki değerlerinin sonuç performansta meydana getirdiği sapmalar, parametrenin etkinliğinin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Bu

bölümde yapı tasarımında tasarımın ilk evrelerinden başlayarak sonuç aşamasına kadar değerlendirilecek olan kullanılacak olan simülasyon araçlarının performans parametrelerinin sayısal verileri olan performans göstergelerinin analizindeki sınırları tanımlamaya çalışılmaktadır. Tasarım kavramı kent ölçeğinden başlayarak 1/1 yapı bileşeni detayına kadar geniş bir aralıkta etkindir. Simülasyon araçları da tasarımın kapsadığı her alanda etkin özellik göstermektedir. Bu bağlamda; simülasyon araçlarını farklı ölçek ve kriterlere göre sınıflandırarak tasarım aşamasında kullanım sırasında bir rehber oluşturmaktadır.

3.3.1 Simülasyon araçları ile şehir ölçeğinde değerlendirme

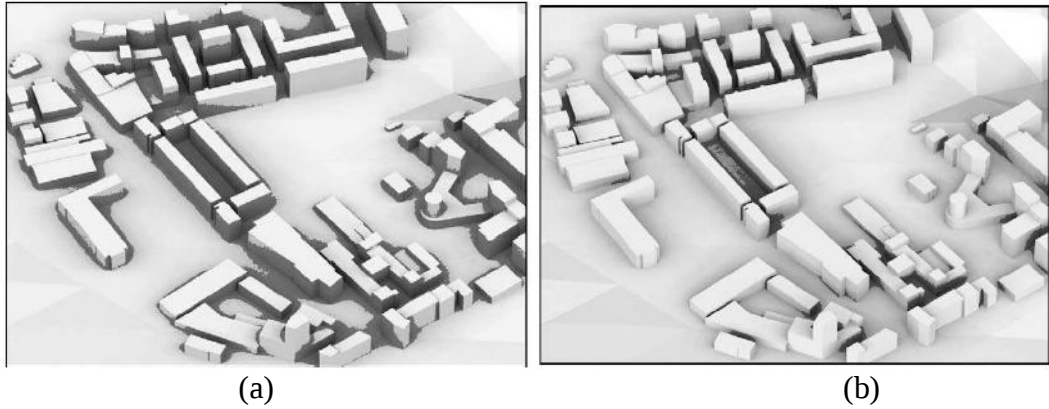
2011 yılı Ekim ayında Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu verilerine göre dünya nüfusu 7 milyar kişiye ulaştı. Bu nüfusun yüzde 50'si kentlerde yaşamaktadır. Birleşmiş Milletler Habitat verilerine göre kentler, dünyadaki enerji tüketiminin yaklaşık %75'inden ve küresel sera gazı salımlarının da %80'ininden kentler sorumludur. Bu açıdan bakıldığında kentlerde enerji tasarrufunda bazı arayış yollarına gidilmektedir. Kentsel planlamada alınacak kararların doğruluğunu arttırmak için doğru analiz verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Simülasyon araçları şehir ölçeğindeki planlamalarda tasarımcılara bu anlamda bir rehber oluşturmaktadır.

Şehir ölçeğinde imar planlarına katkı sağlamak amacıyla yerleşim ölçeğinde yüzeylere etki eden güneş ışınımının hesaplanabildiği simülasyon araçlarının yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Güneş enerjisinin kullanılabilirliği solar-termal kolektörler ve fotovoltaik panellerin yerleşimi gibi faktörler açısından güneş ışınımının ulaşılabilirliği önemli bir konu olmaktadır. Bu konuyu daha ayrıntılı bir şekilde ele alırsak, yerleşke yüzeylerine düşen yıllık güneş ışınımının ($Wh.m^{-2}$) ışın taşıma (ray tracing) yöntemiyle simüle ederek ortaya koyulduğu görülmektedir (Mardaljevic ve Rylatt, 2000). Bu yöntemde bir dizi istatistiksel gök tipi ve güneş pozisyonları girdi verisi olarak kullanılarak, yıllık ve saatlik güneş ışınimleri modellenmektedir. Aşağıdaki Şekil 3.4'de de görüldüğü gibi bir şehir ölçeğinde simülasyon yöntemiyle güneş ışınımına göre kenteki etkisi tespit edilebilmektedir. Şekil 3.5'de ise simülasyon sonuçları sonucu hangi binaların fotovoltaik sistem için uygun binaların pasif güneş sistemleri için uygun cepheye sahip olduğu tespit edilebilmektedir.



Şekil 3.4: San Francisco şehir modeli için kullanıcı belirli otomatik ısıtım karolajı (Mardaljevic ve Rylatt, 2003)

Bu simülasyonda sonucunda eldeki çıktı verileriyle fotovoltaik sistemler için uygun binalar ve Pasif güneş sistemleri için uygun bina cepheleri tespit edilebilmektedir.



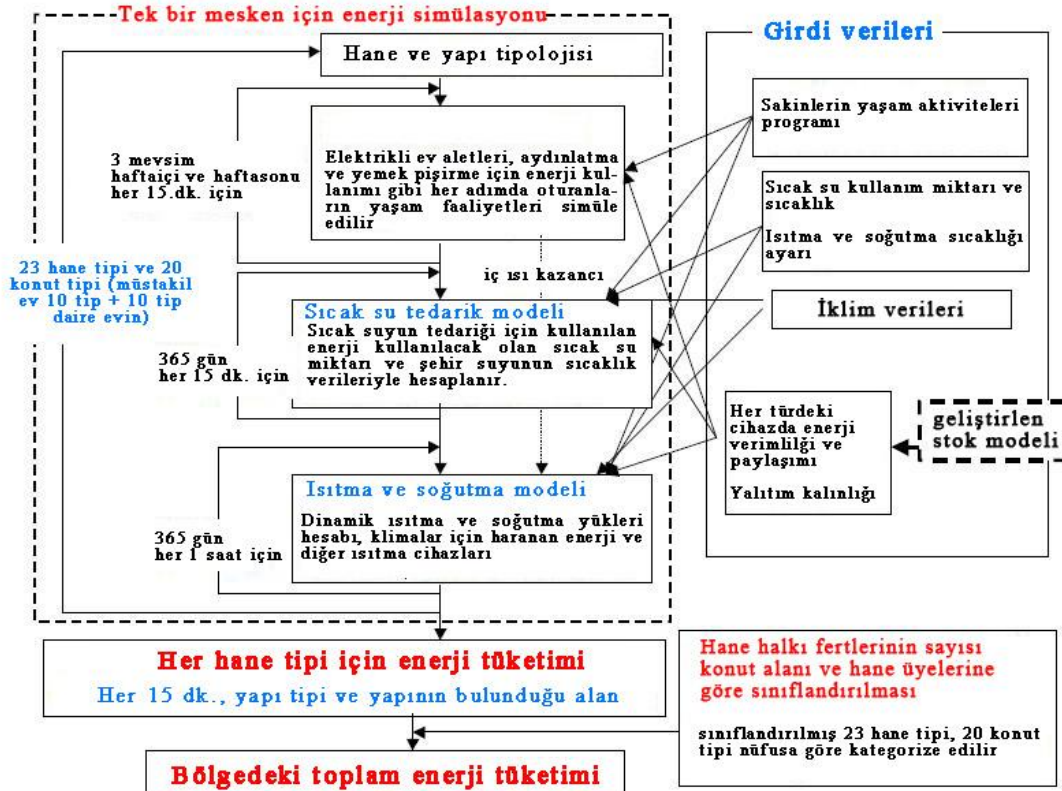
Şekil 3.5: a)Fotovoltaik sistemler için uygun bina b)Pasif güneş sistemleri için uygun bina cepheleri: gri gölgeli yüzeyler (Compagnon ve Raydan, 2003)

Tüm bunlara ek olarak simülasyon araçlarının yardımıyla bir şehrin tamamında yada bir bölgesinde içinde bulundurduğu binaların tipolojisini ayırarak her bir tipolojideki yapının toplam ısıtma ve soğutma yükleri analiz edilip bu bölgedeki toplan ısıtma ve soğutma enerjisi yük hesabı yapılabilir.

Bu çalışmaya bir örnek olarak, Shimoda ve arkadaşlarının 2003 yılında Japonya'nın Osaka şehrinde yaptığı şehir ölçeğinde simülasyon çalışmasıdır. Bu çalışma 2.600.000 nüfusu ve 1.058.000 haneyi kapsamaktadır. Çalışmanın yönteminde simülasyon modeli kullanılarak haneler yapı tiplerine göre sınıflandırılıp bölgedeki

konutlar için toplam ısıtma soğutma, ve sıcak su tedarikinde gerekli enerji tahmini yapılmıştır.

Aşağıdaki Şekil 3.6'ya göre bölgedeki 23 hane tipi ve bunlara bağlı 20 konut tipi kategoriye ayrılan konutlar için toplam enerji tüketimi nasıl hesaplandığı gösterilmektedir. Simülasyon gerçekleştirildikten sonra elde edilen veriler ise şehrin günlük saatlere göre ısıtma, soğutma, elektrikli aletlerin ve sıcak su için gerekli enerjiyi hesaplamaktadır.

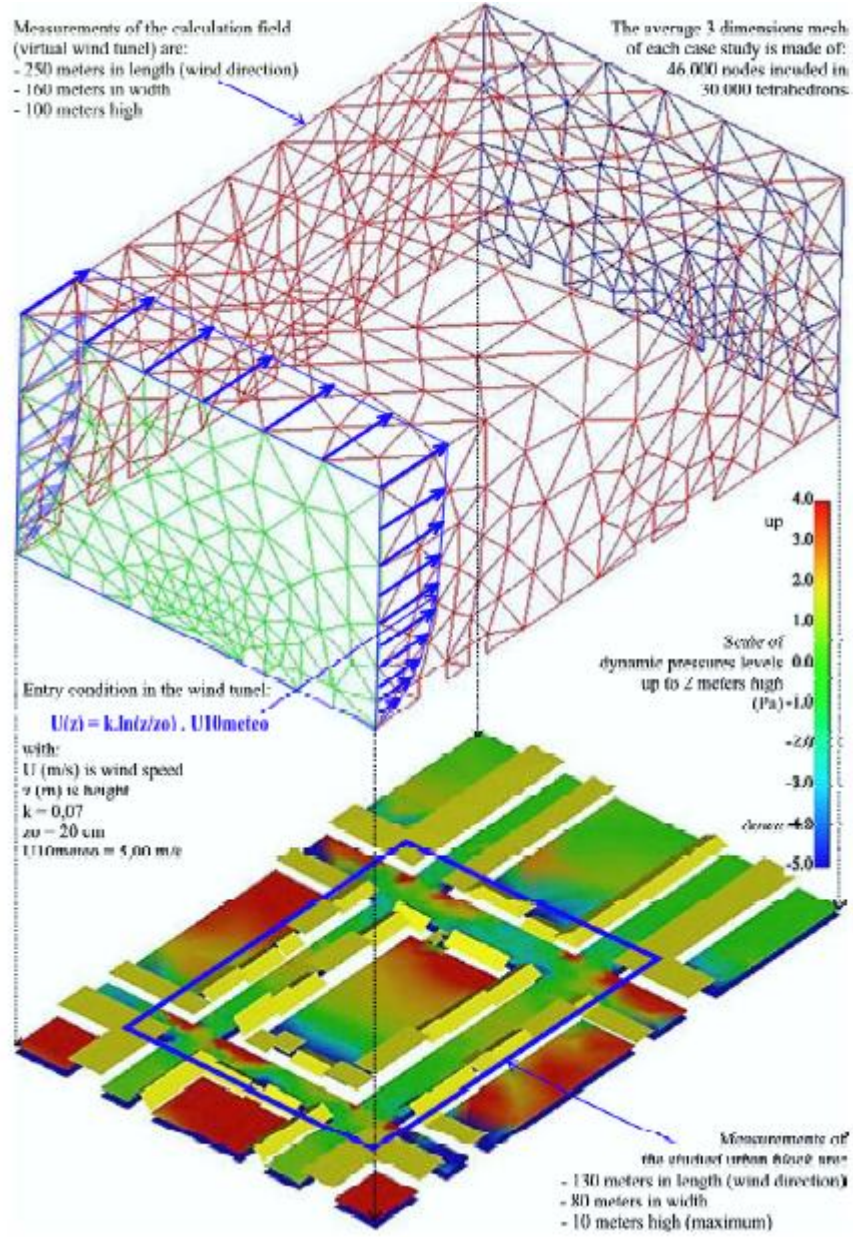


Şekil 3.6: Simülasyon yöntemi (Shimoda ve ark., 2003)

Kent ölçeğinde yapılan simülasyonlara bir başka örnek ise rüzgar analizidir. Kent planlamalarında önemli bir kriteri oluşturan hakim rüzgar yönü, doğru planlama yapıldığında kent içinde doğal havalandırma ve nem kontrolü sağlar. Bu doğrultuda planlama aşamasında kullanılacak olan simülasyon araçları ile elde edilecek sonuçlar doğrultusunda, yapı biçimlerine, aralarındaki mesafelere, yönlerine, yüksekliklerine ve cadde ve sokakların doğrultularına karar verirken önemli bir destek aracı görevi görür.

Bonneaud ve arkadaşlarının 2001 yılında Fransa'nın Cayenne kentinde yaptıkları alan çalışmasında, kentin bilgisayar ortamında modellenmesi gerçekleştirilip rüzgar ve nem analizi yapılmıştır. Çalışmanın amacı; her bir yapının rüzgara karşı ve rüzgarla

yönünde gösterdiği basınç farkını hesaplanmasıyla ve yapının gösterdiği tepkiyi tespit ederek, tasarımcılar tarafından kullanılan basit kurallar oluşturmaktır.



Şekil 3.7: Cayenne’de bina kümelerinin simülasyon koşullarındaki verileri. Enight Software (Simulog) yazılımı kullanılmıştır. (Bonneaud ve ark., 2001)

Çalışmanın sonunda çıktı verilerinden elde edilen sonuçlar mimarlar ve şehir plancılarına tasarım alternatiflerine yönelik ipuçları sunmaktadır. Bu bilgiler, yapıların doğal havalandırmasında etkinliği tahmin etmek ve hava akış yönünde konutlarda bölünmeleri düzenlemek ve iç hava kalitesine optimum seviyeye yükseltmek adına yardımcı olmaktadır.

Özet olarak şehir ölçeğinde simülasyon analizleri Çizelge 3.2 ‘deki gibidir.

Çizelge 3.2: Şehir ölçeğinde simülasyon

Şehir ölçeği performansa dayalı simülasyon analizleri
Kent ölçeğinde ısıtma ve soğutma yükleri hesabı
Rüzgar ve nem analizi
Güneş ışıınımı saatlik ve mevsimsel analizi
Bulutlu güneşli saatlik değişimler
Gölge analizi

3.3.2 Simülasyon araçları ile bina ölçeğinde değerlendirme

Simülasyon araçlarının yapabileceklerinin sınırlarını tanımlarken en çok ihtiyaç duyulan tüm binaya yönelik analizlerdir. Bu analizler, ‘’enerji performansı, konfor performansı, çevre performansı, ve parasal performans’’ gibi performans kriterlerine göre incelendiğinde Bölüm 2.1’de tanımlanan ‘’performans göstergeleri’’ doğrultusunda değerlendirmektedir.

Enerji performansı

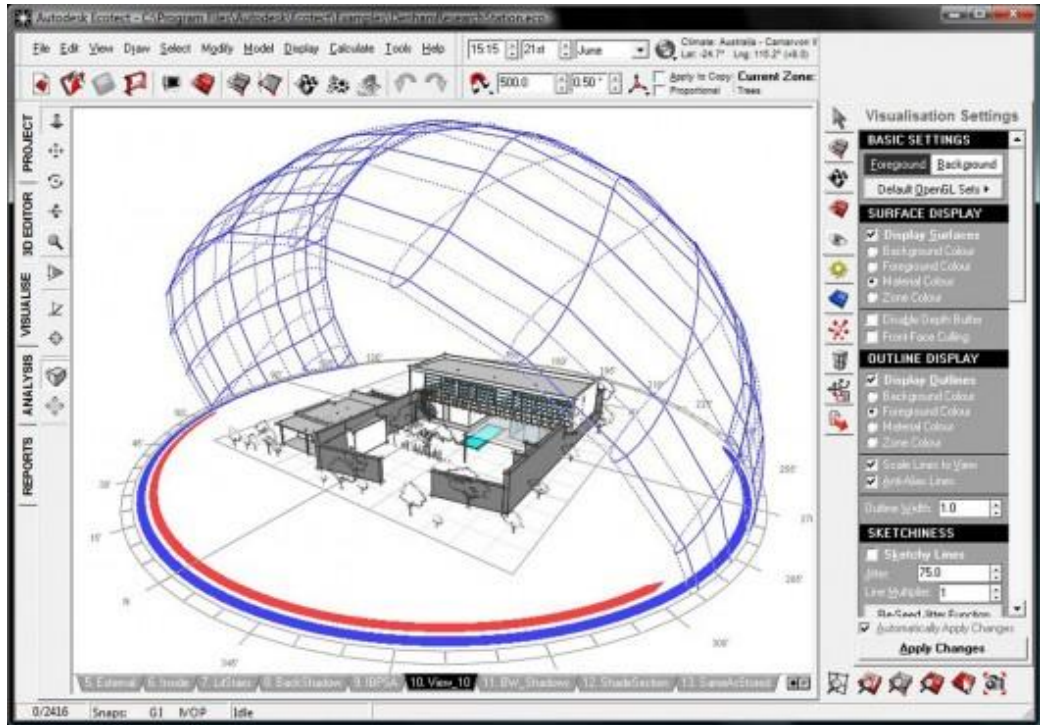
Enerji performans simülasyonu, binayı ve binanın enerjiiyi nasıl kullandığını tarif eden ve sürekli etkileşim halinde olan kompleks denklemlerin bilgisayar ortamında bir araya getirilmiş halidir. Mevcut binanın, yeri ve iklim verileri, geometri, bina kabuğu, mekanik sistemler, aydınlatma sistemi, sıcak su sistemi, yenilebilir enerji ve kojenerasyon sistemi kategorilerinde dikkate alınarak simülasyon araçları kullanılarak elde edilecek sonuçlar o binanın enerji performansını göstermektedir. Bu sayısal veriler; (kullanılan birimler yazılsa iyi olur ...)

- Isıtma enerjisi (kWh)
- Soğutma enerjisi (kWh)
- Elektrik enerjisi tüketimi (kWh/m², kWh/m³)
- Gaz tüketimi (m³/h)
- Sıcak su ihtiyacı ve gerekli enerji (kWh/m²)
- Max./min. oda sıcaklığı (°C)
- Oda sıcaklığı (°C)
- Isıtma yükleri (kWh/m², kWh/m³)
- Soğutma yükleri (kWh/m², kWh/m³)
- Doğal havalandırma
- Hava değişim oranı (kg/m³ β)

- Gün içinde güneş hareketi
- Gün ışınlımından ısı kazancı (j,kalori)
- Gün ışınlımından faydalanma
- Isı kayıp ve kazancı (j,kalori)
- Depolanan toplam ısı (j,kalori) vb.

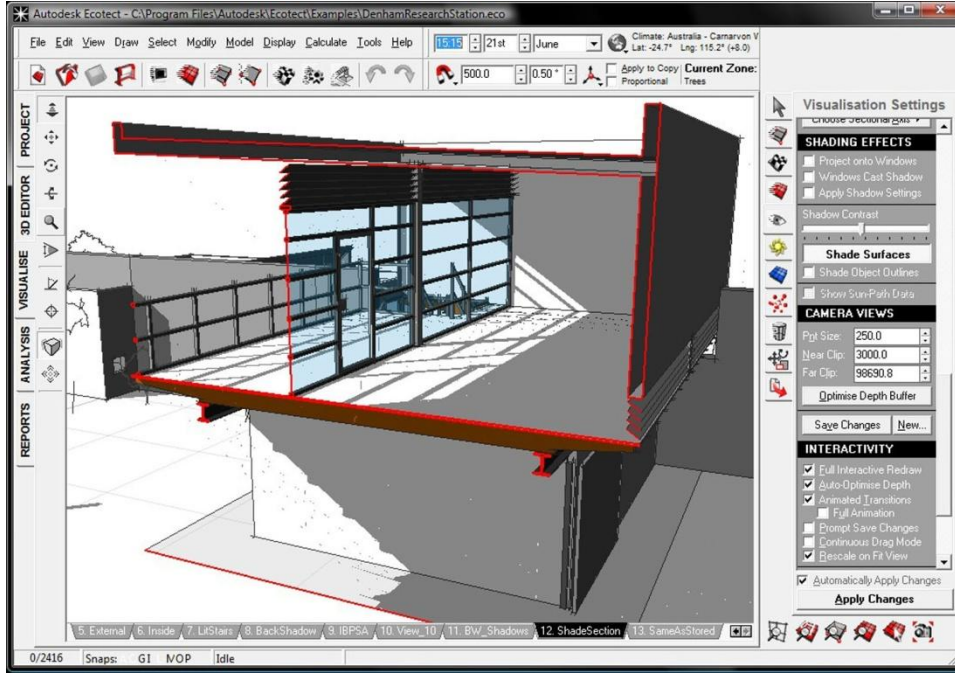
Simülasyon araçları kullanılırken dikkat edilmesi gereken nokta, simüle edilen modelin verilen girdilere göre çalıştığı ve yine girdilere tepki verdiğidir. Bu nedenle girdilerin tam ve doğru olması ve de gerçek durumu yansıtması, güvenilir sonuçlar elde edebilmek açısından çok önemlidir. Girdi verileri her zaman kullanıcının kontrolündedir. Bunun doğrultusunda kullanıcının programa hakimiyeti önem kazanmaktadır. Elde edilen sonuçların yani çıktı verilerinin okunabilirliği, yorumu kolaylığı da tasarımcılar açısından önemlidir. Aşağıda yukarıda belirtilen bazı performans göstergelerinin analizler sonucunda nasıl görsel veriye dönüştükleri gösterilmektedir.

Şekil 3.8’de gün içinde güneşin izlediği yolun binaya etkisinin analiz sonuçları görülmektedir, bu gösterge binanın yönü, pencere boyutları, kullanılacak olan gölgelendirme elamanı gibi tasarım parametrelerinin kararlarında etkilidir.



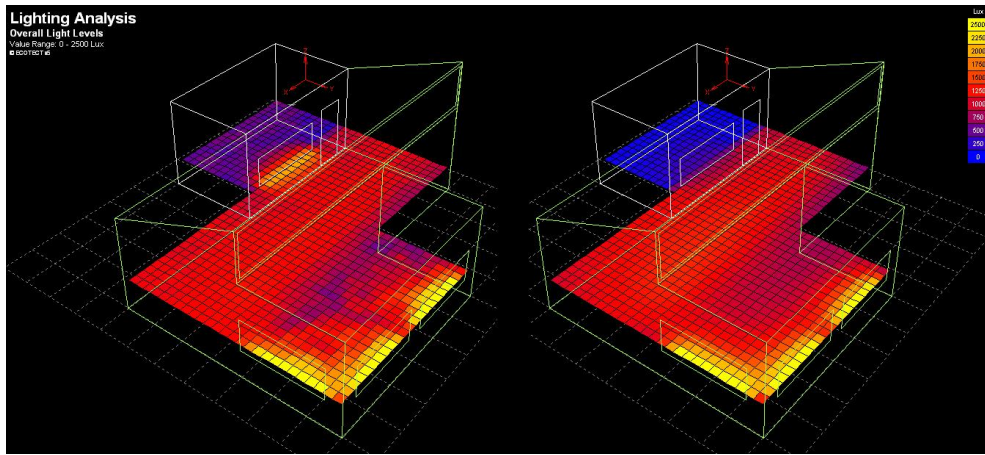
Şekil 3.8: Gün içinde güneş hareketi (Autodesk, 2012)

Şekil 3.9’de gün ışığı analiziyle yapı içindeki doğal aydınlatmanın etkisi gösterilmiştir. Bu analiz sonuçları ile, yapay aydınlatma elemanlar ve gölgelendirme elemanlarına karar verilirken etkili bir veridir.



Şekil 3.9: Gün ışığı analizi (Autodesk, 2012)

Bir diğer gün ışıınının mekan içinde etkinliğini gösteren analiz ise Şekil 3.10’deki gibidir.



Şekil 3.10: Aydınlatma analizi (Autodesk, 2012)

Yukarıdaki şekilde mekan içerisindeki aydınlık düzeyleri lük cinsinden analiz edilmiştir.

Konfor performansı

Konfor; kullanıcının, fizyolojik açıdan minimum düzeyde enerji harcayarak çevresine iletişimde olduğu, psikolojik açıdan ise çevresinden memnun olduğu

koşullar olarak tanımlanmaktadır. Yaşanılan bina içinde konfor koşullarının gerçekleştiği durumlarda, insanın fiziksel ve zihinsel performansı maksimum düzeye ulaşmaktadır.

Konfor performansını ‘‘ısıl konfor, görsel konfor, iç ortam hava kalitesi, akustik,’’ olarak dört ana başlık altında incelenir. Bu başlıkların içeriğini dolduran analizler ise Çizelge:3.3’deki gösterilmektedir. Tüm bu performans göstergelerinin sayısal değerleri simülasyon araçları tarafından çıktı verileri olarak tasarımcılara sunulmaktadır.

Çizelge 3.3: Konfor performansı analizi

Kriterler	Performans Göstergesi
Isıl konfor	- İç ortam denge sıcaklığı - Oda sıcaklığı - Min./mak. Sıcaklık aralığı - Hava hareketi - Bağıl nem - İç yüzey sıcaklığı
Görsel konfor	- Güneş ışığı analizi - ‘Bulutlu-güneşli’ - Kamaşma indeksi - Gölgeleme - Aydınlatma - Aydınalık düzeyi - Parıltı - Renk
İç ortam hava kalitesi	- Doğal havalandırma - Yapay havalandırma - Doğal ve yapay havalandırmanın birlikte çalışması - Hava akışı - Rüzgar basınç katsayısını hesaplama
Akustik	- Reverberasyon süresi

Maliyet performansı

Değişken tüm bina enerji analizleri, söz konusu binanın yaşam dönemi maliyet analizlerinin yapılmasına da yardımcı olmaktadır. Yapım maliyetleri ve sistem maliyetleriyle birlikte, enerji tüketim değerlerini iyileştirmek için yapılacak her

yatırımın, ya da tasarım aşamasında geliştirilecek her bir senaryonun maliyeti göz önünde bulundurularak hesaplanır. Yukarıdaki örneklerde de açıklandığı gibi saatlik enerji ihtiyacı belirlenen binanın simülasyon araçları ile toplam enerji tüketim değerleri ve enerji maliyetleri hesaplanabilmektedir. Simülasyon sonucunda elde edilen veriler yaşam dönemi maliyet analizi yapan diğer araçlara aktarılarak maliyet analizleri yapılabilir. Bu analizler ilk yatırım maliyetleri, yıllık enerji tüketim değerleri, enerji tasarruf oranları, bakım masrafları, gibi unsurları içerir. Aşağıdaki Çizelge 3.4’de bu analizler daha açık bir şekilde görülmektedir.

Çizelge 3.4: Maliyet performansı analizi

Enerji maliyeti	Yaşam döngüsü maliyeti
- İlk yatırım maliyeti - Yıllık enerji tüketim maliyeti - Enerji tasarruf oranı - Bakım masrafı	- Standart yaşam döngüsü maliyeti - Isıtma, soğutma ve havalandırma gibi sistemlerin kullanım ve yenileme maliyeti

Çevresel performans

Çevresel performans açısından bina simülasyonu değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar yapının yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanımı ve bunlardan kazanılan enerjidir.

Isıtma ve sıcak su ihtiyacı için kullanılan güneş enerjili su ısıtma sistemleri (GESIS) geliştirilmiştir. Bu sistemler, güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama, suyun kullanım yerine, suyun ısıtılma şekline, sistemdeki suyun dolaşımına ve amacına göre farklılık göstermektedir. GESIS’lerin analizi için Delphi Borland programlama dili ile yazılmış olan bir program geliştirilmiştir. GESIS ismindeki programın amacı, bölgesel farklılıkları da göz önüne alarak, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin maliyeti, boyutları ve geri ödeme süreleri hakkında yaklaşık bir fikir vermektir. Şekil 3.11’de görüldüğü gibi, programa kullanıcı tarafından bazı girdi verileri girilerek sistemlerin yaklaşık maliyetini ve geri ödeme sürelerini aynı ekranda vermektedir. Program istenirse sonuçları rapor halinde de sunabilmektedir (Bulut ve ark., 2006).

GESIS

Sistemin Kullanılacağı yer:
☒ Konut
☐ Otel
☐ Atölye

İl : ŞANLIURFA Döviz Kuru (USD) : 1.65 YTL

Kullanım Suyu Sıcaklığı : 50

Günlük Su Tüketimi : 75 Lt / Kişi

Kişi Sayısı : 100

Kullanım Dönemi : Yıl Boyu

Kullanılan Yakıt Cinsi:
☐ LPG
☐ Doğalgaz
☒ Elektrik
☐ Kömür
☐ Motorin

Fiyatlar:
 2.6
 0.6
 0.16
 0.25
 2.5

Hesapla

Kollektör Yüzey Alanı : 94.94 m2

Kollektör Sayısı : 56.00 Adet

Vakum Tüp Sayısı : 1187.00 Adet

Depo Hacmi : 5697.00 L

Sistem Maliyeti

Düzlemsel Kollektörlü Kapalı Sistem :	25918.94 YTL	15708.45 USD
Düzlemsel Kollektörlü Açık Sistem :	23327.04 YTL	14137.60 USD
Vakum Tüplü Sistem :	41545.00 YTL	25178.79 USD
Vakum Tüplü Isı Borulu Sistem :	53415.00 YTL	32372.73 USD

Geri Ödeme Süreleri :

Düzlemsel Kollektörlü Kapalı Sistem :	1.66 Yıl
Düzlemsel Kollektörlü Açık Sistem :	1.49 Yıl
Vakum Tüplü Sistem :	2.66 Yıl
Vakum Tüplü Isı Borulu Sistem :	3.42 Yıl

Rapor Kapat

Şekil 3.11: Geliştirilen GESIS prgramı (Bulut ve ark., 2006)

Güneş enerjisinden yararlanmanın başka bir yöntemi ise ‘photovoltaic paneller’dir. Simülasyon araçları ile bu sistemlerden üretilcek olan elektrik enerjisi hesaplanabilir. Bir diğer yenilenebilir kaynak rüzgar enerjisidir. ‘Rüzgar türbinleri’ kullanılarak elektrik enerjisi elde edilebilir, ve tasarım aşamasında kullanılan simülasyon araçları ile bu türbinlerin yeri ve konumu belirlenirken, üreteceği enerji hesaplanabilmektedir (Melício, 2009).

3.3.3 Simülasyon araçları ile yapı elemanı ve servis sistemleri ölçeğinde değerlendirme

Yapı bileşeni ölçeğinde simülasyon araçlarının sınırları ‘ duvar sistemi, pencere sistemi, güneş kontrol elemanı, aydınlatma sistemleri, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri’’ başlıkları altında incelenebilir.

Duvar sistemleri

Duvar sistemlerinin iç ve dış ortam ayırıcı olarak enerji tüketimi üzerinde çok büyük etkisi vardır. Simülasyon araçları kullanılarak analiz edilen sonuçlar yardımı ile;

- Duvar yapı malzemeleri
- Yapı malzemelerinin kalınlıkları
- Yapı malzemelerinin sırası ve yalıtım malzemesinin yeri

gibi kararlar alınırken,

- Duvarın toplam ısı geçirgenliği hesabı
- İçinde depoladığı ısı enerjisi

gibi hesaplamalar yapılabilmektedir.

Pencere Sistemleri

Mekanda doğal aydınlatma, doğal havalandırma ve çevre ile görsel iletişimi sağlayan bu yapı elemanı mimari tasarım için önemli bir parametredir. Doğru bir pencere sistemi tasarımıyla enerji tasarrufu sağlanırken, kullanıcıların mekan içinde konfor düzeyi optimum seviyede dengelenebilir. Simülasyon araçlarının bu kararları alırken yardım ettiği noktalar;

- Pencere boyutları kararı
- Camın çeşidi ve doğramanın malzeme seçimi
- Camın kalınlığı kararı
- Güneş kontrol elemana ihtiyaç duyulup duyulmaması
- Güneş kontrol elemanı çeşidi kararı ve malzeme seçimi
- Güneş kontrol elemanı boyutları kararıdır.

Tüm bunların dışında elde edilen analitik sonuçlar;

- Camın ve doğramanın ısı geçirgenliği (U değeri)
- Camın güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC, g value)
- Camın ışık yansıtıcılık ve geçirgenlik değeridir (Tvis).

Aydınlatma sistemleri

Aydınlatma sistemleri için verilecek kararlar hem mekanda oluşan aydınlık düzeyinin hesaplanması ve doğal aydınlatma etkisinin araştırılması hem de aydınlatma sistemin iç kazançlara olan katkısının hesaplanması açısından önemlidir.

Bu kararları alırken simülasyon araçlarının tasarımcıya sundukları;

- Mekandaki aydınlık düzeyi hesabı
- Tüketilen elektrik enerjisi miktarı

Tasarımcıya rehberlik ettiği tasarım kararları ise;

- Aydınlatma elemanının seçimi
- Aydınlatma elemanının yer seçimi
- Aydınlatma elemanının sayısıdır.

Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri

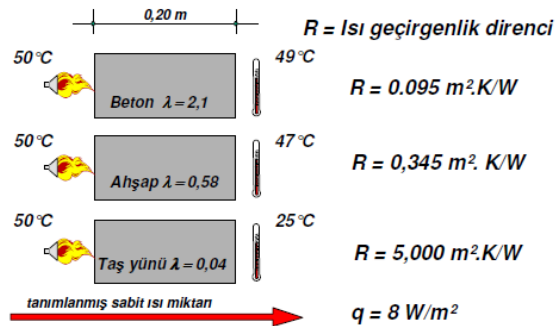
Bilinen tüm sistemler ile her bina ısıtılıp, soğutulabilir. Ancak önemli olan hangi sistemin binanın işletme senaryosuna en uygun olabileceğinin belirlenmesidir. Bu noktada kullanılan simülasyon araçları ile; sistemin çeşidine, sistem içindeki cihazların kapasitelerine ve boyutlarına karar verilir. Alınan kararların sonucunda kullanılan programlar ile sistemin maliyet analizi ve toplam enerji tüketimi hesaplanır.

3.3.4 Simülasyon araçları ile yapı malzemesi ölçeğinde değerlendirme

Yapı malzemesi ölçeğinde simülasyon araçları kullanılarak elde edilen hesaplamalar aşağıdaki örnekler gibidir.

Isı geçirgenlik değeri

Bir malzemenin ısı geçirgenlik değeri, durgun halde 1 saniyede 1 m² alandan 1 m kalın tabakada 1 Kelvin (1°C) sıcaklık farkında o malzemeden geçen ısı miktarını tanımlar (λ R W / m x K). Isı geçirgenlik değeri ne kadar küçükse, malzemenin yalıtımı o kadar iyi etkilidir. Şekil 3.12’de beton, ahşap ve taş yünün ısı geçirgenlik değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.12: Beton, ahşap ve taş yününün ısı geçirgenlik değeri

Su buharı difüzyonu direnci

Su buharı difüzyon direnci (μ), yapı tabakasındaki su buharı geçişinin havaya göre direncinin kaç kat fazla olduğunu tanımlar. Su buharı difüzyon direnci örnek değerleri DIN 4108 standartlarında bulunmaktadır.

Isıl genleşme değeri

Isı enerjisi artan cismin boyu, hacmi ve yüzeyinde değişme meydana gelmektedir. Bu değişim ısıl genleşme olarak adlandırılır.

Isı geçirgenlik katsayısı - U birim: W/m^2K

U değerinin hesaplanması:

Duvar sistemleri içmekan sıvası, duvar, dışsıva ve/veya ısı yalıtımı, cephe kaplamagibi birkaç tabakadan oluşmaktadır. Her katman belirli bir kalınlığa 's (m)' ve her malzeme belirli bir ısı iletkenlik değerine ' $\lambda(W/m.K)$ ' sahiptir. Her tabakanın ısı geçirgenlik direnci s/λ ve iç/dışhava sınır tabakasının ısı taşıma direnci $1/\alpha$ toplanır. Bu toplam yapı parçasının ısı geçirgenlik direncidir. Bu değer tersi U-değerini verir. U-değeri ne kadar küçük bir değer ise ısı yalıtımı o kadar iyi performans gösterir. Çizelge 3.5'de dış kabuk katmanlarının TS 825 standartlarına göre U değeri hesabı verilmektedir.

Çizelge 3.5: Örnek U-değeri hesabı (Izoder, ısı yalıtımı)

U Değeri Hesabı:				
Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isı iletkenlik Direnci $(R=d/\lambda)$ R (m ² K/W)
AÇIK GEÇİT ÜZERİ VE BALKON	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)	-----	-----	0,130
	İÇ SIVA	0,02	0,70	0,029
	BETONARME DÖŞEME	0,12	2,50	0,048
	DİŞ SIVA	0,03	1,60	0,019
	ISI YALITIM	0,06	0,035	1,714
	ISI YALITIM SIVASI	0,008	0,35	0,040
	1/ad Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (dış)	-----	-----	0,040
Toplam R:				1,980
U (1/R):				0,505

TS 825 standardına göre yapılan hesaplamalarda bulunan uygulama kalınlıklarının yeterlilikleri Türkiye'deki farklı iklim bölgelerindeki U-değerleri ile mukayese edilerek belirlenmektedir. Buna göre hesaplanan U değerlerinin karşılaştırmalarının yapılacağı U duvar değerleri tablosu aşağıdaki gibidir. Şekil 3.13'de Türkiye ısı haritası bölgelere göre ayrılarak her bir bölge için Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'ne U değerleri verilmektedir.



Türkiye'nin Isı Haritası

	U ₀ (W/m ² K)	U _T (W/m ² K)	U _i (W/m ² K)
1. Bölge	0,80	0,50	0,80
2. Bölge	0,60	0,40	0,60
3. Bölge	0,50	0,30	0,45
4. Bölge	0,40	0,25	0,40

UD = Dış duvarlarda ısı geçirgenlik katsayısı

UT = Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı

Ui = Döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı

Şekil 3.13: Türkiye ısı haritası ve bölgelere göre U-değerleri (Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği)

3.4 Performans Simülasyonu Etkinliği, Sonuçların Güvenilirliği ve Genel Problemler

Tüm bu girdi verilerinin doğru kullanılması ve bir takım analizler sonucu elde edilen çıktı verilerinin okunması, yorumlanması uzmanlık gerektiren bir durumdur. Simülasyon araçlarının etkin kullanılması ve güvenilir sonuçlar elde edilmesi bu açıdan önemlidir.

3.4.1 Performans simülasyonu etkinliği ve sonuçların güvenilirliği

Bina simülasyonunun etkinliğini ve sonuçların güvenilirliğini sağlamak için üç temel gerekliliğin gerekmektedir:

1. Yapılan model, karmaşıklık ve beklenen çözüm düzeyinde olmalıdır,
2. Yazılım geçerliliğini kanıtlamış ve model yazılıma uyumlu hale getirilmiş (kalibre edilmiş) olmalı,
3. Simülasyonlar alternatif farklı çözümleri karşılaştırmak üzere kullanılmalıdır.(Hensen , 2003)

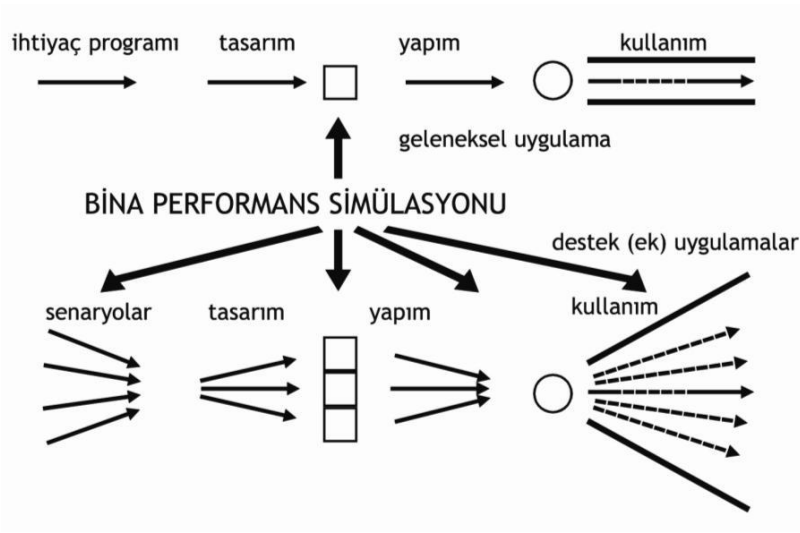
Bu bağlamda detaylandırılmış simülasyon araçlarında girdi verileri daha detaylı ve karmaşıktır, sonuçların güvenilirliği ve doğru okunabilirliği açısından bu verilerin nasıl kullanılacağı kullanıcılar tarafında iyi ve doğru bir şekilde öğrenilmelidir. Bunun dışında projenin ihtiyacına,zaman ve maliyetine, kullanıcının deneyimine göre doğru simülasyon programı seçimi çok önemlidir.

Doğru ve güvenilir sonuçların elde edilmesinde bazı önemli noktalar aşağıdaki gibidir;

- Tasarımın hangi amaca yönelik olduğu ve içinde barındırdığı gerekliliklerin tasarımcı tarafından anlaşılmış ve modele yansıtılmış olması gerekmektedir.
- Belki erken tasarım evresinde kullanılan daha basitleştirilmiş araçlar daha kullanışlı olabilir.
- Kullanıcıların yetenekleri ve deneyimleri çoğunlukla simülasyon programlarının etkinliğinden daha önemli olabiliyor.
- Programların öğrenim süreci çok önemlidir ve gözden kaçırılmaması gereken bir süreçtir.

3.4.2 Genel Problemler

Bina performans simülasyon araçları tasarımcılara uzmanlıklarını daha etkin kullanma, genişletme ve iyileştirme olanağı sağlamaktadır (Augenbroe, 2002). Simülasyon, tasarımcılar için sadece tasarımın test edilmesinde değil, aynı zamanda yeni alternatiflerin geliştirilmesinde de önemlidir. Bu açıdan bakıldığında, bugün bina performans simülasyon araçlarının kullanımında önemli bir eksiklik mevcuttur. Şekil3.14’de görüldüğü gibi, simülasyon genellikle tasarım sürecinin son evresinde, “performans kanıtlayıcı” olarak kullanılmaktadır. Oysa tasarımın erken evrelerinde, kolay geri dönüşlerle kararların test edilmesi ve çok daha fazla seçeneğin sınanabilmesi mümkün olmaktadır (Harputlugil, 2007). Simülasyonu, tasarım sürecinde kullanılmaya yönelik araştırmalar halen sürmektedir.



Şekil 3.14: Simülasyon araçlarının tasarım sürecine adaptasyonu

Bunun dışında kullanıcıların kullanım sırasında önüne çıkan zorluklar aşağıdaki gibidir.

Kolay kullanım gerekliliği

Günümüzde simülasyon araçlarının mimarlar tarafından kullanımı çok sınırlıdır (Hensen, 1994). Bunun en önemli nedeni ise kullanımı zor arayüzlerdir (Mahdavi ve ark., 2003). Bu programların kullanıcı dostu olabilmesi için karmaşık arayüze sahip olmaması, kolay ve sık güncellenebilir olması ve diğer programlarla birlikte çalışma uyumu içinde olması gerekmektedir.

Girdiler/ iklim dosyası

İklim dosyaları bir bölgenin günlük ve yıllık sıcaklık değişimlerini tanımlayan dosyalardır. Her bölge için iklim dosyasına ulaşmak kolay değildir. Bunun için bu

bölgeye yakın iklim şartlarındaki bir bölgenin iklim dosyası girdi olarak kullanılır. Fakat her bölgenin kendine ait bir iklim dosyası olmasıyla yapılan analizler daha gerçekçi sonuçlar doğuracaktır.

Model tanımlamada detaylandırma

Her simülasyon programı farklı ayrıntı düzeyinde modelleme yapar. Bunu için analizi yapılmak istenen parametrenin doğru saptanması ve onun için uygun bir simülasyon aracının seçilmesi gerekir.

Bir model yapmak için gerekli zaman

Bir simülasyon modelini tanımlamada gerekli zaman kullanılan araca, yapının boyutuna ve detaylanma düzeyine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bununla birlikte yapılan analiz süresi de bu değişkenlere bağlı olarak farklılık gösterir. Örneğin; tek zonlu basit bir analiz çok kısa sürede sonuçlanacağı gibi, çok zonlu daha karmaşık bir analiz günler alabilir.

Bir aracın farklı kullanıcıları arasında bilgi değişimi

Sayısal ortamdaki veri alış-verişi her geçen gün daha kolay hale gelmesi farklı yerlerde bulunan fakat aynı konu üzerinde çalışan tasarımcılar için kolaylaştırılmış bir zemin oluşturmaktadır.

Çıktıların sonuçları

Analiz sonuçları kullanılan program ve kapasitesine göre farklılık gösterir. Örneğin; bazı programlar sadece ısıtma ve soğutma enerji tüketimi hakkında veri sağlarken, bazı programlar bina içindeki enerji akışı hakkında bilgi vermektedir.

Özetle bina performans simülasyon araçlarında genel olarak problemlere baktığımızda;

- Girdi verilerinin çok ayrıntılı ve uzun olması
- Çıktı verilerinin çok kabarık dosyalar olması ve yorumlanmalarının zorluğu
- Birçok detaylandırılmış aracın halen daha geliştirilmekte olduğu
- Birçok simülasyon aracının kullanıcı arayüzünün kötü olması
- Program yapısının çok esnek olmaması, gibi sorunlar ön plana çıkmaktadır.

Ancak tüm bu sorunlara rağmen, karşılaşılan sorunların giderilmesine dair birçok çalışma yürütülmektedir. Bu kapsamda performans bazlı standartların artarak geliştirilmesi hedeflenmekte, IBPSA, ASHRAE, CIBSE gibi simülasyonun etkin kullanımı için çalışan organizasyonlar aracılığıyla düzenlenen eğitim kursları, seminerler, workshoplar, kongreler aracılığıyla simülasyon yöntemleri ile ilgili bilgi

aktarımları gerçekleşmektedir. Ayrıca simülasyon ile ilgili derslerin yüksek öğrenime dahil edilerek ilgili meslek gruplarının eğitilmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde simülasyon konusundaki uzmanların artarak ilgili konularda eğitimli danışmanlardaki artış ve en önemlisi tasarım sürecinin her evresinde simülasyon kullanım olanağının sağlanması ile gelecekte bina performans simülasyonunun çok daha yaygın kullanım alanı beklenmektedir.

3.5 Yaygın Kullanılan Simülasyon Araçlarının Karşılaştırılması

Simülasyon araçlarının tarihsel gelişimi 1970'ler günümüze kadar sürmektedir. Bu süreç boyunca tüm dünyaya yayılmış yüzlerce simülasyon programı geliştirilmiştir. Birçok ülke kendi sistemleri doğrultusunda bu araçları geliştirdiği gibi bir kısmı uluslar arası kullanım için programlar daha esnek tasarlanmıştır.

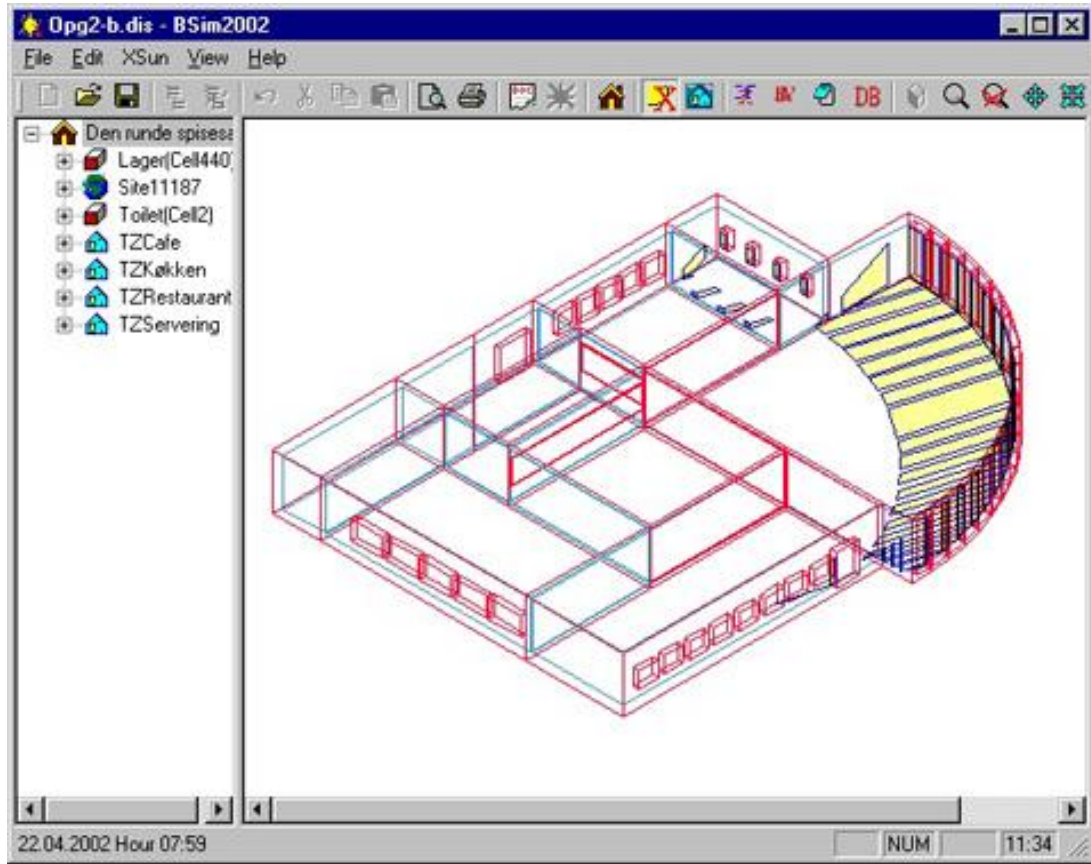
3.5.1 Seçilen simülasyon araçlarının incelenmesi

Dünya genelinde var olan yüzlerce simülasyon programı mevcuttur. Tüm bu programların arasından inceleme yapabilmek için literatür taramalarında en çok karşılaşılan; üzerlerinde en fazla araştırma ve yayın yapılan; bir çoğu birçok bilimsel deneylerde kullanılmış ve sonuç verilerinin doğruluğu saptanmış; yazılımları tanınmış araştırma kurumları, üniversiteler ve ticari şirketler tarafından geliştirilmiş 12 program seçilmiştir. Seçilen 12 programın genel özellikleri, girdi ve çıktı verileri, güçlü ve zayıf yanları incelenerek birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu programlar alfabetik sıraya göre; BSim, DeST, DOE-2, ECOTECT, Ener-Win, Energy-10, EnergyPlus, eQUEST, ESP-r, IES<VE>, HEED, TRACE' dir.

BSim

İç mekan iklim değerlendirmesi ve enerji tüketim hesabı gibi ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri tasarımında önemli analizleri yapabilen 'BSim', kullanımı kolay ve esnek bir yapıya sahip paket bir programdır. Bu paket program; kullanıcı ara yüzü ve modelleme editörü olan 'SimView', yapı içinde eş zamanlı ısı ve nem simülasyonunu yapan 'tsbi5', dinamik güneş ve gölge simülasyonunu sunan ve bunun görselleştiren 'XSun', gün ışıınımı hesaplama aracı 'SimLight', Cad

dosyalarından veri alınımını sağlayan ‘SimDXF’ gibi programlar bulunmaktadır. (Şekil 3.15)



Şekil 3.15: BSim arayüzü

Anahtar kelimeler: Bina simülasyonu, enerji, gün ışığı, ısı ve nem analizi, iç mekan iklimlendirme

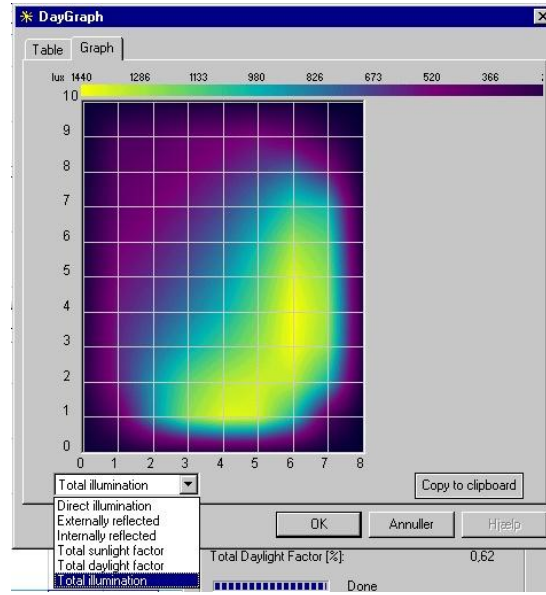
Uzmanlık gereksinimi: Kullanıcılar enerji performansı yüksek bina tasarımında nelere gereksinim duyulacağı konusunda bilgili olmalıdırlar.

Kullanıcılar: Mühendislere, mimarlara, araştırmacılara ve öğrencilere hitap eden bir program. Çoğu Danimarka ve Almanya'da, bir kısmı da Kanada, Meksika, Yeni Zelanda, Japonya, Fransa, İsveç, Norveç ve İzlanda da bulunan 650'ye yakın lisanslı program kullanımı bulunmaktadır.

Girdi verileri: BSim simülasyon programı kullanıldığında mekan bina farklı zonlara ayrılarak, her bir zon içindeki enerji modellemesi yapılır. Girdi verileri aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

- **Odalar ve ısı zonları:** Program içindeki modelleme editörü olan SimView veya önceden CAD programlarında modellenen binanın biçimsel özellikleri programa girdi verisi olarak girilir ve bina içindeki her bir ısı zonları ayrı ayrı tanımlanmaktadır.
- **Yapı malzemeleri:** Seçilen malzemenin, yoğunluk, ısı kapasitesi, ısı iletkenlik ve özellikleri tanımlanır. Duvarlar, zemin ve çatı konstrüksiyonunun malzemelerin açıklamasına göre tabakalar halinde modellenir. Tüm malzemeler ve konstrüksiyon bir veritabanında tanımlanmış olması gerekmektedir ve bu veritabanından sonuçlar elde edilir.
- **Servis istemleri:** Kullanıcı sayısı, aydınlatma, ekipman gibi iç yükler, doğal havalandırma, ısıtma ve soğutma, radyatör ve havalandırma sistemleri gibi tüm sistem fiziksel bileşenleri tanımlanır.
- **İklim verileri:** Yazı formatında iklim verilerini kullanır. Bu veriler EnergyPlus/ESP-r içindeki iklim dosyasından programa aktarılabilir.
- **Standart kütüphanesi (Defaults Library):** BSIM içindeki standart kütüphanede; duvarlar, döşemeler, çatılar, ve iç duvarlar gibi yapı elemanları, malzeme, cam, pencere çerçeveleri, insanlar yükleri gibi veriler bulunmaktadır. Yapı modellemesi yapılırken sürükleme ve bırakma işlemlerini uygulanır. Kullanıcı bu kütüphaneden veri seçimi yapabildiği gibi yeni girdi verisi de tanımlayabilir
- **Arayüz:** Her bir nesnenin tek tek özellikleri verildiği gibi, tüm modelin grafiksel sonucu da mevcuttur.

Çıktı verileri: Kullanıcılar her bir inşaat katmanı için her bir termal bölge için ayrı ayrı saatlik, haftalık, aylık veya dönemsel olarak hesaplanan verilerini, tablo veya grafik şeklinde seçebilir. Değişkenler aynı zamanda "toplam" grafikler veya tablolar halinde sunulabilir. Son olarak, her bölge veya tüm bina için enerji dengeleri gösterilebilir. Çıktı verileri diğer programlara sunum için kopyalanabilir. Şekil 3.16'de görüldüğü gibi BSim çıktı verileri grafiksel ya da tablo halinde kullanıcıya sunulmaktadır.



Şekil 3.16: BSim çıktı verileri

Güçlü yönleri: İç mekan iklimlerdi kararları alınırken en karmaşık binalarda bile ısı ve nem analizi yapabilmektedir. Çoklu bölge doğal havalandırma simülasyonu için elverişlidir. Danimarka Yapı Araştırma Kurumu, inşaat sektöründe yaşanan sürekli teknolojik gelişmeler doğrultusunda BSim programını güncelleştirmektedir.

Zayıf Yönleri: Sonuç raporları standart verilere bağlı değildir. CAD programlarındaki IFC formatlı dosyalar program içine aktarılamamaktadır, bunula ilgili çalışmalar devam etmektedir.

İletişim:

Kuruluş: Danish Building Research Institute (Danimarka Yapı Araştırma Kurumu)

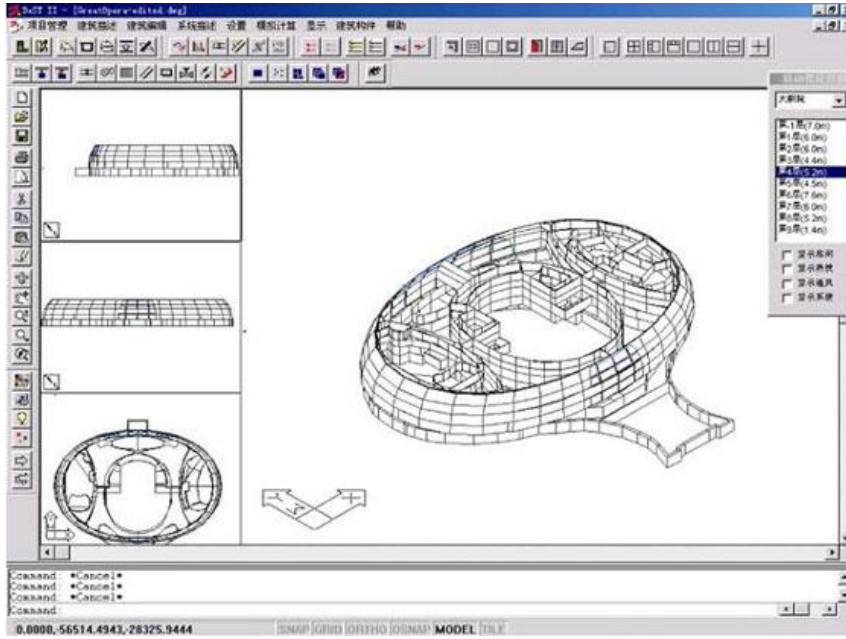
Adres: Aalborg University, Dr. Neergaards Vej 15, Hoersholm DK-2970, Denmark

www.bsim.dk

DeST

DeST makine mühendisleri ve mimarlara yardımcı olmaya yönelik, yapılarda enerji tüketimini analiz etmeye dayalı bir programdır. Bina servis sistemlerinin saatlik kullanımlarının modellenmesi sonucu yıllık toplam enerji tüketimin analiz edebilmektedir. Analiz sonuç verileri; tasarım süreci içindeki tasarım kararına yardımcı olmaya yöneliktir. Bu nedenle bina tasarım sürecinde sistem tasarım kararları alınırken kullanıcıya doğru analiz sonuçları sağlar. Bunlar; ısı analizi,

sistem işletme süreci analizi, AHU sistem analizi, kanal / boru ağları, ve bitki analizleridir. DeST programının arayüzü Şekil 3.17’deki gibidir.



Şekil 3.17: DeST arayüzü

Anahtar kelimeler: Bina simülasyonu, tasarım süreci, hesaplama, doğal sıcaklık, yükler, grafiksel arayüz

Uzmanlık gereksinimi: Mühendislik bilgisi gerektirir, program kullanımına başlamadan önce program ile ilgili bir eğitim alınması tavsiye edilir.

Kullanıcılar: Makine mühendisleri, mimarlar, danışmanlık firmaları, üniversite araştırmacıları bu programdan faydalanabilirler. 4000’den fazla kullanıcısı ile başta Çin olmak üzere Avrupa’da ve Japonya’da yaygın olarak kullanılır.

Girdi verileri: İklim verileri, binanın konstrüksiyon, yapı elemanları ve yapı malzemesi özellikleri, ısıtma, soğutma ve havalandırma ekipmanları ve aydınlatma sistemleri, zonlar, yapı bileşenlerinin fiyat, imalat süreci verileri program içinde girdi verileri olarak kullanılır. Bu veriler grafiksel bir arayüzle kullanıcılar tarafından yönetilir.

Çıktı verileri: Yapı inşaat süreci planlaması ve ısıtma soğutma ve havalandırma sistemleri kararları

Güçlü yönleri: DEST kullanıcılarına bilimsel hesaplama yöntemlerine dayalı, doğru, detaylı bir simülasyon analiz sunar. Tasarım sürecinin her aşamasında tasarımcının karşısına çıkan karmaşık hesaplamaları kolaylaştıran ve tasarım sürecini hızlandıran bir programdır.

Zayıf Yönleri:Çıktı verilerinin kullanıcıya sunması biraz yavaştır.

İletişim:

Kuruluş: Tsinghua University

Adres: Tsinghua University, Beijing 100084, China

www.dest.com.cn/

DOE-2

Tüm binanın enerji performansı ve çalışma ömrü maliyetini saatlik verilerle hesaplayan enerji performans simülasyon programıdır. Ayrıca tasarımcılar tarafından enerji verimliliğin analizlerinde de kullanılır.

Anahtar kelimeler: enerji performans, tasarım, araştırma, konut ve ticari binaların güçlendirme

Uzmanlık gereksinimi: Kullanımı için 3 günlük temel ve ileri seviyede bir eğitim gerektirmektedir.

Kullanıcılar: Mimarlar, EVD şirketleri, enerji danışmanları, teknoloji araştırmacıları, inşaat mühendisleri, hizmet şirketleri, devlet ve federal kurumlar, mimarlık ve mühendislik okullarında bu programdan yararlanabilmektedir. 800'ü Amerika'da 200'ü uluslararası olmak üzere 1000'i aşkın 1-20 kişilik üyeye sahip kullanıcı kuruluş bu programı kullanmaktadır.

Girdi verileri: Saatlik iklim verileri, yapının yer ve yönü ile ilgili bilgiler, yapı elemanı ve malzeme bilgileri, yapının kullanım süreci şeması, servis sistemleri verileri, bileşen fiyatları programa girdi verileri olarak girilir.

Çıktı verileri: 20 farklı girdi doğrulama raporu, 50 farklı aylık veya yıllık özet raporlar, kullanıcı konfigürasyonuna bağlı saatlik 700 farklı enerji değişkenlerinin analiz raporları çıktı verisi olarak sunulmaktadır.

Güçlü yönleri: En karmaşık yapı binalarda bile ayrıntılı saatlik enerji analizi yapabilmektedir.

Zayıf Yönleri: Karmaşık arayüzü ve kullanımı nedeniyle kullanıcının doğru sonuçları elde etmesi için programa hakim olması gerekir. Ayrıca son yıllarda program desteklenmemektedir, yeni teknoloji gelişmeler program içinde güncellenmemektedir. Fortran gibi eski bir yazılım dili ile yazıldığı için diğer programları göre daha yavaş çalışmaktadır. Bu program yerine Blast ve Doe'nin özellikleri birleştirilerek EnergyPlus geliştirilmiştir.

İletişim:

Kuruluş: Lawrence Berkeley National Laboratory

Adres: Mail Stop 90-3147, 1 Cyclotron Road, Berkeley, California 94720, United States

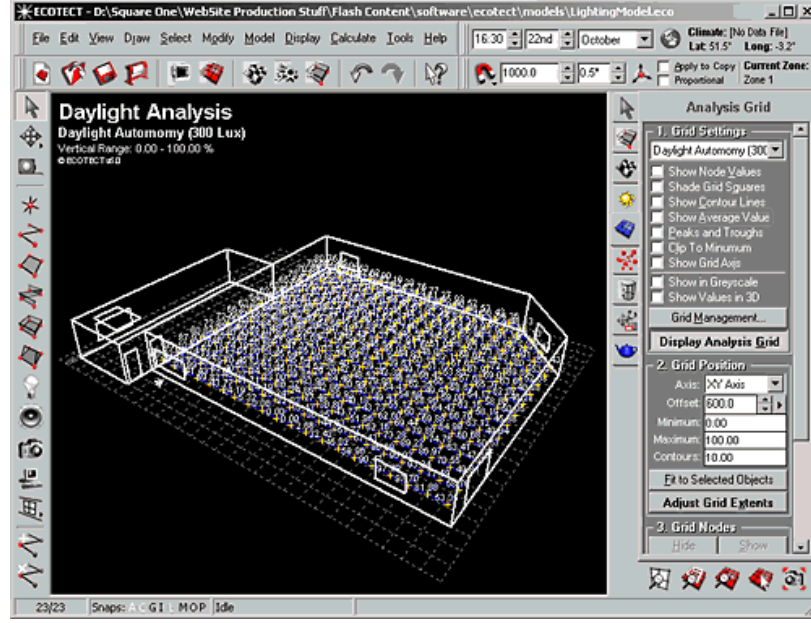
<http://simulationresearch.lbl.gov>

ECOTECT

ECOTECT, Autodesk firmasına ait ticari bir programdır. Görsel özellikleri gelişmiştir. 3 boyutlu bina modelleme ara yüzünü güneş, termal, aydınlatma, akustik, ve maliyet analizi fonksiyonlarıyla birleştirir. Özellikle binanın kavramsal tasarım aşamasında enerji ve çevresel performans yönünden geliştirilmesine olanak sağlayacak özelliklere sahiptir.

Tasarımcıların gerçekten düşük enerji binaları tasarlamalarına yardımcı olan ve kolaylaştıran bütünsel bir yaklaşıma sahiptir. Diğer bina enerji analizi programlarıyla iş birliği içinde çalışabilir.

Şekil 3.18'de ECOTECT programının arayüzü görülmektedir.



Şekil 3.18: ECOTECT arayüzü

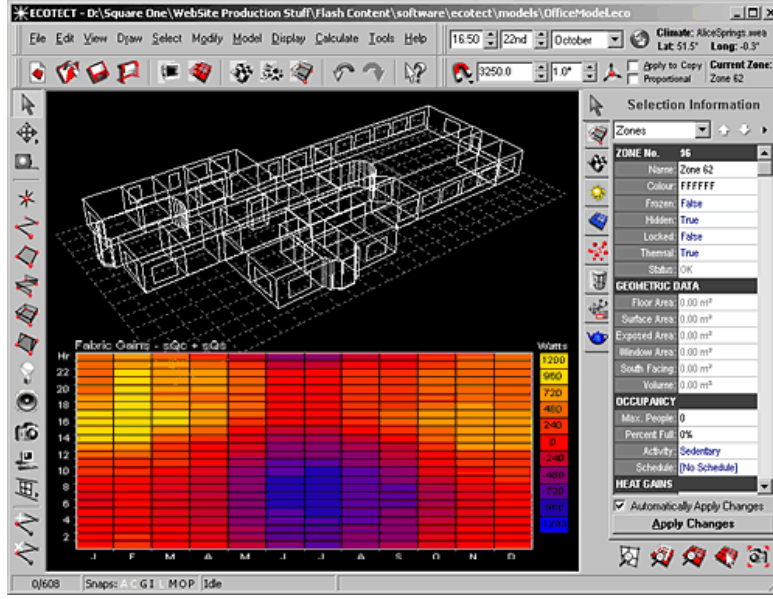
Anahtar kelimeler: Çevre tasarımı, çevre analizi, kavramsal tasarım, güneş kontrolü, gölgeleme, termal tasarım ve analizi, ısıtma ve soğutma yükleri, hakim rüzgarlar, doğal ve yapay aydınlatma, yaşam döngüsü değerlendirmesi, yaşam döngüsü maliyet, zamanlama, geometrik ve istatistiksel akustik analiz

Uzmanlık gereksinimi: CAD programlarına hakim olmak ve çevre tasarımında deneyimli olmak bu programın kullanımı için faydalıdır. Program kendi içinde ayrıntılı bir kullanım rehberine sahiptir.

Kullanıcılar: Mimarlar, mühendisler, çevre danışmanları, tasarımcılar kullanıcı yelpazesinin oluştururlar. Özellikle Avustralya, İngiltere ve Amerika’da 60’dan fazla üniversitede bu program araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır. Bunun dışında tüm dünya çapında 2000’den fazla lisanslı kullanıcısı vardır.

Girdi verileri: Karmaşık 3 boyutlu CAD modellerini basitleştirilmiş bir halde programın içine dahil edilebilir. Ayrıca 3DS ve DXF dosyalarını girdi verisi olarak kullanılabilir.

Çıktı verileri: Analiz sonuçları Meta, Bitmapler veya görsel animasyonlar olarak kaydedilebilir, veya grafiksel olarak sunulabilir. NURU POV Ray, VRML, AutoCAD DXF,, iklimsel Aiolos, HTB2, CheNATH, ESP-r, ASCII Mod ve XML gibi veri tabanlı dosyalara dönüştürülebilir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: Ecotect çıktı verileri

Güçlü yönleri: Çok basit bir model ile bile temel enerji analizleri yapılarak kullanıcıların tasarımın ilk aşamalarından itibaren tasarıma rehber olurlar. Tasarımın son aşamalarında detaylı modelleme ile karmaşık sistem çözümlerinde kullanıcıya karar verme kolaylığı sağlarlar

Zayıf Yönleri: Program kendi içinde detaylandırılmış bir yazılıma sahip olduğu için kullanıcının programa hakim olması gerekmektedir, aksi taktirde elde edilen sonuçlar tasarımcıyı yanıltabilir.

İletişim:

Kuruluş: Centre for Research in the Built Environment

Adres: Cardiff University, Bute Building, King Edward VII Avenue, Cardiff, Wales CF10 3NB, United Kingdom

<http://www.squ1.com>

Ener-Win

Ener-Win, çoğunlukla büyük ticari binalar için enerji performans değerlendirme aracı olarak kullanılır. Bir yapı modeli içinde 98 farklı zon, 20 farklı duvar ve pencere türleri ile 8760 saatlik enerji analizi yapabilir. Isı geçirgenlik miktarı, HVAC yükleri, doğal aydınlatma, enerji tüketimi, yaşam döngüsü maliyetleri, iç mekan

sıcaklıkları gibi hesaplamaları yapabilmektedir. 1500 şehre ait iklimse veri tabanına sahiptir. Grafiksel çıktı verilerine sahiptir buna kullanıcının sonuçları kolay okumasını sağlamaktadır.

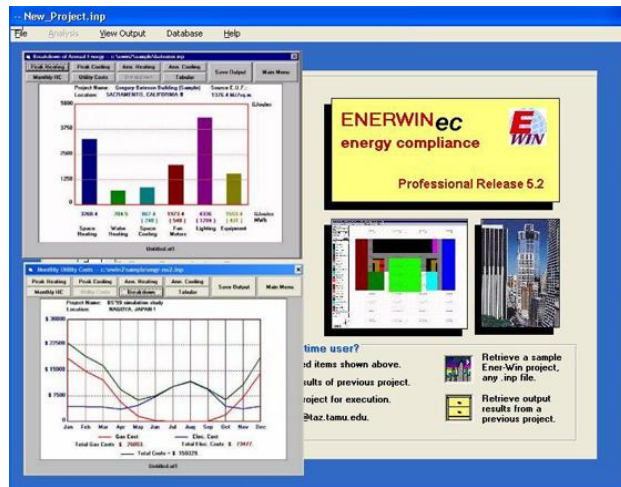
Anahtar kelimeler: enerji performansı, yük hesaplama, enerji simülasyonu, ticari binalar, doğal aydınlatma, yaşam döngüsü maliyeti

Uzmanlık gereksinimi: Kullanıcıların Windows uygulamaları üzerinde deneyimli olması beklenmektedir. Termal özellikler ve enerji kavramları gibi bina bilgilerine sahip olmalıdır.

Kullanıcılar: Mimarlar, mühendisler, enerji analistleri, müfettişler, mimarlık ve mühendislik öğrencileri bu programdan yararlanabilirler. Yunanistan, Meksika, Tayland ve ABD’de mimarlık okullarının yanı sıra ABD, Kanada, Kuveyt, Meksika ve Avrupa’da yüzlerce kullanıcı olduğu tahmin edilmektedir.

Girdi verileri: Grafiksel bir arayüz üzerinden bina kabuğu termal özellikleri, saatlik kullanım profilleri, saatlik iç sıcaklık ayarları gibi parametreler girdi verisi olarak programda kullanılır.

Çıktı verileri: yıllık ve aylık olmak üzere toplam enerji yük hesabı yapabilir. Gün ışıınımı ile elektrik elde etme analizi, yaşam döngüsü maliyeti hesabı, diğer grafiksel çıktı verileridir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20: Ener-Win çıktı verileri

Güçlü yönleri: Grafiksel arayüzü sayesinde kolay kullanım sağlar. 1500'e yakın saatlik şehir iklim verisiyle dünya çapında geniş bir veri tabanına sahiptir. Alternatif tasarım stratejileri elde etmek için hızlı test sonuçları vermektedir. Malzeme, pencereler, profiller, aydınlatma elemanları gibi geniş bir kütüphaneye sahiptir.

Zayıf Yönleri: Basitleştirilmiş sistem simülasyon algoritmaları kullanır. Bu nedenle HVAC sistemleri farklılıkları test için tavsiye edilmez.

İletişim:

Kuruluş: Degelman Engineering Group, Inc.

Adres: 2206 Quail Run, College Station, Texas 77845, United States

<http://pages.suddenlink.net/enerwin>

Energy-10

Tasarım sürecinin il aşamalarında aşamalarında binanın enerji verimliliği özelliklerinin değerlendirilmesi kolaylaştırmak için tasarlanmış bir programdır. Dinamik termal ve güneş ışığı hesaplamaları dahil 8760 saatlik tam binanın enerji analizlerini yapabilmektedir.

Anahtar kelimeler: kavramsal tasarım, konut, küçük ticari binalar

Uzmanlık gereksinimi: Bilgisayar kullanım bilgisine sahip olan her kullanıcı 2 günlük bir eğitimin ardından programa hakim olabilmektedir.

Kullanıcılar: Kullanıcı profili; bina tasarımcıları özellikle mimarlar, aynı zamanda makine mühendisleri, hizmet şirketleri, mimarlık okulları, üniversiteler olmak üzere dünya çapında 3200'e yakın kullanıcısı bulunmaktadır.

Girdi verileri: Tasarımcı ihtiyaç duyduğu tüm model gereksinimlerini program içindeki kütüphaneden ulaşabilmektedir.

Çıktı verileri: sonuçlar ayrıntılı bir şekilde tabolalara aktarıldığı gibi özet tablolar şeklinde de sunulur bunu dışında 20 farklı grafik şeklinde sonuçlandırma kapasitesine sahiptir.

Güçlü yönleri: Hızlı ve kolay kullanımı ile birlikte sonuçların güvenilirliği programın tercih sebeplerindendir.

Zayıf Yönleri: Küçük ölçekli binalar ve basit HVAC sistemleri için geliştirilmiş bir programdır.

İletişim:

Kuruluş: Sustainable Buildings Industry Council

Adres: Suite 240, 1112 16th Street NW, Washington, D.C. 20036, United States

<http://www.sbicouncil.org/energy10-soft>

EnergyPlus

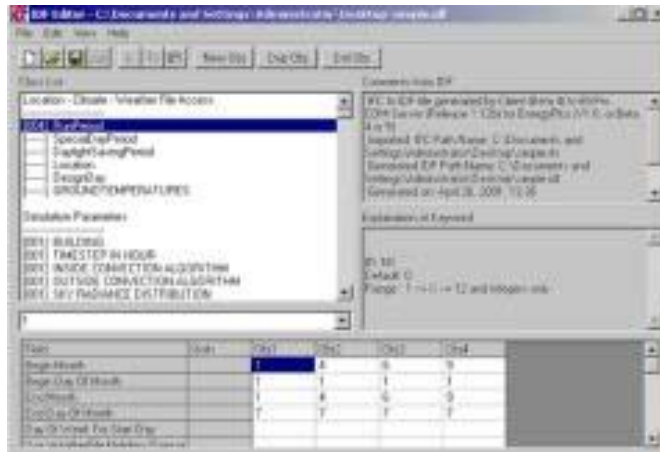
EnergyPlus günümüzde oldukça yaygın kullanılan bir araçtır. Temel olarak sadece bir simülasyon aracı olup girdi ve çıktılar basit metin dosyalarıdır. Gerçek anlamda geliştirilmiş bir kullanıcı ara yüzüne sahip değildir fakat ticari şirketlerce geliştirilen ara yüzleri mevcuttur. Oldukça yüksek bir hesaplama kapasitesine sahiptir. Bir saatten kısa zaman adımlarıyla hassas hesaplamalar yapabilir. Isı dengesi temelli çok zonlu durumları simule edebilir. Bina enerji profillerinin yanında son eklenen özelliklerle birlikte çok zonlu durumlar için hava akışı, yakıt pilleri ve elektrik enerjisi simülasyonu, dağıtılmış enerji sistemleri, su kullanımı gibi durumlar da modellenmektedir.

Anahtar kelimeler: enerji simülasyon, yük hesaplanması, bina performans, simülasyon, enerji performansı, ısı dengesi, kütle dengesi

Uzmanlık gereksinimi: Yüksek düzey bilgisayar kullanım bilgisine sahip olmanın yanında belirli bir mühendislik ve mimari bilgiye sahip olmak gerekmektedir.

Kullanıcılar: Bina tasarımcıları özellikle mimarlar, aynı zamanda makine mühendisleri, hizmet şirketleri, mimarlık okulları, üniversiteler programı resmi sitesinden herhangi bir ücret ödenmeden indirilebilmektedirler. Program kullanıcılara sunulduğu 2001 yılından beri 85.000 kopyası siteden indirilmiştir.

Girdi verileri: ASCII girdi dosyası kullanılmaktadır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21: Energyplus girdi verileri

Çıktı verileri: ASCII dosyasından alınan sıralanmış hesap tabloları şeklindedir (Şekil 3.22).

Report reporting.mpb

Save

Print

Close

Window5 Data File for EnergyPlus

Window 5.2a v5.2.17a

Date

: Tue Dec 23 13:43:55 2008

Window name

: 3 Picture

Description

: Fixed (picture)

Glazing Systems:

1

GLAZING SYSTEM DATA:

Height Width nPanes Uval-center SC-center SHGC-center Tvis-center

System1	: 1414	1114	4	0.460	0.371	0.322	0.451
---------	--------	------	---	-------	-------	-------	-------

FRAME/MULLION DATA:

Width OutsideProj InsideProj Cond EdgeCondRatio SolAbs VisAbs Emiss Orient'n (null)

L Sill1	: 42.9	25.4	25.4	1.023	1.355	0.300	0.300	0.90
R Sill1	: 42.9	25.4	25.4	1.023	1.355	0.300	0.300	0.90
L Head	: 42.9	25.4	25.4	1.023	1.355	0.300	0.300	0.90
R Head	: 42.9	25.4	25.4	1.023	1.355	0.300	0.300	0.90
Top L Jamb	: 42.9	25.4	25.4	1.023	1.355	0.300	0.300	0.90
Bot L Jamb	: 42.9	25.4	25.4	1.023	1.355	0.300	0.300	0.90
Top R Jamb	: 42.9	25.4	25.4	1.023	1.355	0.300	0.300	0.90
Bot R Jamb	: 42.9	25.4	25.4	1.023	1.355	0.300	0.300	0.90
Mullion	: None							
Average frame:	42.9	25.4	25.4	1.023	1.355	0.300	0.300	0.90

DIVIDER DATA :

Width OutsideProj InsideProj Cond EdgeCondRatio SolAbs VisAbs Emiss Type

System1	: 0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
---------	-------	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

GLAZ DATA :

Layer# Thickness Cond Tsol Rsol Rsol Tvis Rvis Rvis Ttr Emiss# Emiss# SpectralDataFile

System1	1	5.715	1.000	0.771	0.070	0.070	0.884	0.080	0.080	0.000	0.840	0.840	CLEAR_6.DAT
	3	3.175	1.000	0.496	0.395	0.331	0.780	0.126	0.158	0.000	0.033	0.840	CNFTIR_3.AFG
	4	3.175	1.000	0.496	0.395	0.331	0.780	0.126	0.158	0.000	0.033	0.840	CNFTIR_3.AFG

GAP DATA :

Gap# Thick nGases

System1	1	12.70	2
	2	12.70	2
	3	12.70	2

GAS DATA :

GasName Fraction NWeight ACond BCond CCond AVisc BVisc CVisc ASpHeat BSspHeat CSspHeat

System1	Gas1	Air	0.9500	28.97	0.002873	7.76e-005	0	3.723e-006	4.94e-008	0	1002.74	0.012324	0
		Argon	0.9500	39.95	0.002285	5.149e-005	0	3.379e-006	6.451e-008	0	521.929	0	0

Şekil 3.22: EnergyPlus sonuç raporları

Güçlü yönleri: Detaylı modelleme yeteneği sayesinde en karmaşık sistemlerde bile doğru bir simülasyon analizi gerçekleştirir. Gelişen yapı teknolojisis paralele olarak sürekli güncellenen bir programdır. Dünya üzerinde 1250 bölgenin saatlik iklim verileri program içinde mevcuttur.

Zayıf Yönleri: Girdi verilerinin metin şeklinde olması grafiksel arayüze sahip diğer programlara göre kullanımını zorlaştırmaktadır.

İletişim:

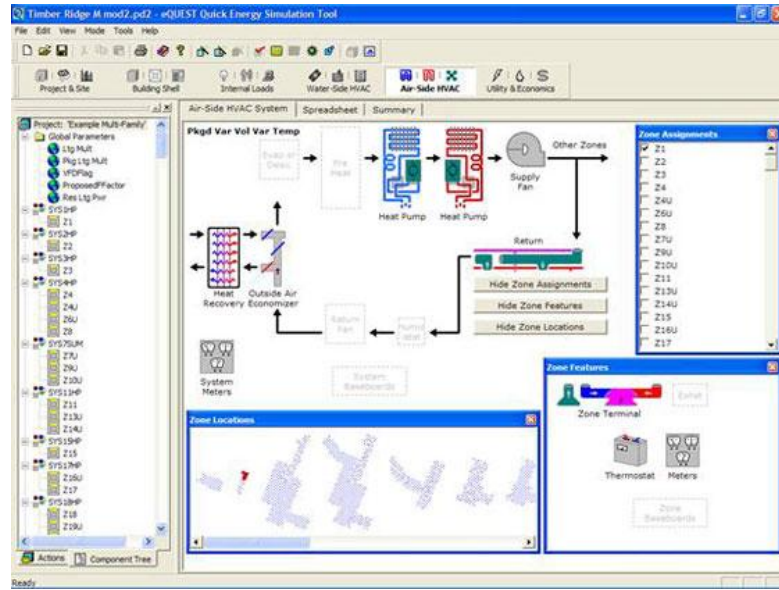
Kuruluş: U S Department of Energy

Adres: EE-2J, Building Technologies, 1000 Independence Avenue, SW, Washington, DC 20585-0121, United States

<http://www.energyplus.gov>

eQUEST

eQUEST yaygın olarak kullanılan enerji performansı analize yönelik geliştirilmiş bir simülasyon aracıdır. Tasarımın ilk evrelerinden başlayarak son aşamasına kadar geçen tasarım sürecinde, kullanımı kolay arayüzleri, sürekli güncellenen kütüphanesi, parametrik analizleri ile kullanıcıya enerji performansı yüksek bina tasarımda rehberlik etmektedir. DOE 2 programıyla birlikte geliştirilmektedir. eQUEST programının ara yüzü Şekil 3.23’de gösterilmektedir.



Şekil 3.23: eQUEST arayüzü

Anahtar kelimeler: enerji performansı, simülasyon, enerji kullanımını analiz, kavramsal tasarım performans analizi, LEED, uygunluk analizi, DOE 2, PowerDOE, bina tasarım sihirbazı, yaşam döngüsü maliyetleri

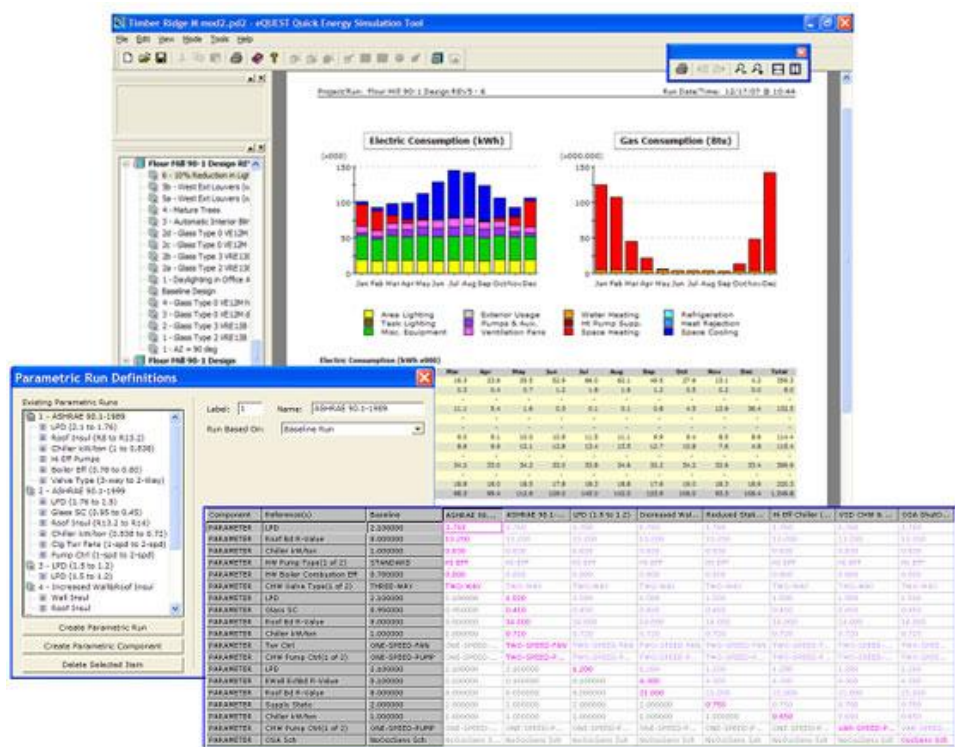
Uzmanlık gereksinimi: eQUEST’in deaylandırılmış ara yüzünü kullanabilmek için bina bilgisine dahaip olmak gerekir. Özellikle enerji analizi için kullanıldığında

DOE-2 tabanlı araçları da deneyimli olmak programın kullanımını kolaylaştırmaktadır.

Kullanıcılar: Programın birncil hedef kitleleri bina tasarımcıları, operatörler, enerji ve LEED danışmanlarından oluşmaktadır. Daha yaygın kullanımda ise uzmanları, üniversiteler ve araştırmacılar tarafından kullanılır.

Girdi verileri: Şematik tasarım sihirbazı, tasarım geliştirme sihirbazı ve detaylı (DOE-2) arayüzü olmak üzere üç farklı seviyede girdi verileri kullanılır. Tüm bu arayüzlerin içindeki girdi verileri programın içindeki kütüphaneden modele aktarılmaktadır.

Çıktı verileri: Saatlik, günlük ve yıllık olmak üzere birçok farklı sonuç raporunun grafiksel ve karşılaştırmalı olarak kullanıcıya sunulmaktadır. Rapolar aynı zamanda parametric tablolar halinde yada metin şeklin de de ele edilebilmektedir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24: eQUEST çıktı verileri

Güçlü yönleri: Tüm tasarım süreci boyunca etkin olarak kullanılabilir. Karmaşık sistem tasarımlarında bile hızlı bir şekilde sonuç verileri elde edilebilir.

Zayıf Yönleri: Zemin-kaplin ve infiltrasyon / doğal havalandırma modelleri basitleştirilmiş ve sınırlıdır.

İletişim:

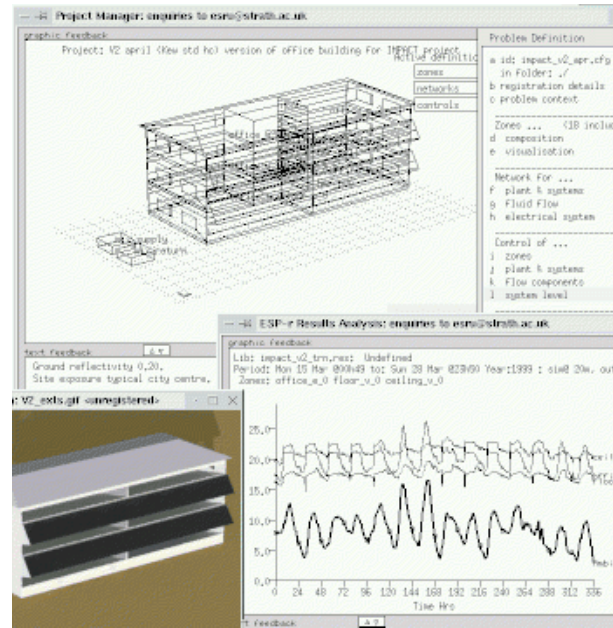
Kuruluş: James J. Hirsch and Associates

Adres: 12185 Presilla Road, Camarillo, CA 93012-9243, United States

<http://www.doe2.com>

ESP-r

ESP-r programının genel amacı binaların enerji ve çevre performansını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesidir. 1974 yılından bu yana geliştirilen bu program 2002 yılında lisans almıştır. Tasarımın ön proje çalışmalarından uygulama projesi çalışmalarının sonuna kadar binalarda detaylı performans tahminleri yapabilmektedir. Şekil 3.25’de ESP-r programının ara yüzü gösterilmektedir.



Şekil 3.25: ESP-r arayüzü

Anahtar kelimeler: enerji simülasyon, çevresel performans, ticari binalar, konutlar, görselleştirme, karmaşık yapıli bina sistemleri

Uzmanlık gereksinimi: Binalarda termo-fiziksel süreç üzerine uzmanlık bilgisi gerektirir.

Kullanıcılar: Asya ve Avrupa'ya yayılmış mühendisler, araştırmacılar, mimarlar, enerji danışmanlarından oluşan yüzlerce kullanıcıya sahiptir .

Girdi verileri: Program içinde bina geometri verilerini tanımlama için CAD dosyalarından veri aktarımı yapılır. AUTOCAD ve ECOTECH programlarıyla uyumlu bir şekilde çalışmaktadır.

Çıktı verileri:Sonuçlar ayrıntılı bir şekilde tablolara aktarıldığı gibi grafiksel ve metin olarak kullanıcıya sunulurlar.

Güçlü yönleri: Programın yapısı oldukça esnektir. Doğal havalandırma, kombine ısı ve elektrik enerjisi üretimi ve fotovoltaik cepheler, CFD, kontrol sistemleri de dahil olmak üzere pek çok yenilikçi ve öncü teknolojileri benzetim özeliğine sahiptir. Aktif kullanıcı topluluğu, e-posta aracılığı ile güncel gelişmelerden haberdar edilmektedir.

Zayıf Yönleri: Detay seçeneklerinin çokluğu nedeniyle öğrenme süreci yavaş ilerlemektedir. Henüz hala geliştirilmekte olan bir programdır.

İletişim:

Kuruluş: Department of Mechanical Engineering

Adres: University of Strathclyde, James Weir Building, 75 Montrose Street, Glasgow, Scotland G1 1XJ, United Kingdom

<http://www.esru.strath.ac.uk/>

IES<VE>

IES<VE> , çevre dostu bina tasarım amaçlı enerji etkin bina tasarımında kullanılan bir simülasyon programıdır. İç mekan iklim değerlendirmesi ve enerji tüketim hesabı gibi ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri tasarımında analizler yapabilmektedir. VE Pro, VE Gaia gibi mimari ve mühendislik enerji analizleri yapabilen, VE-toolkits gibi Sketch-up ve Revit gibi yazılımlardan veri aktarabilen, ve yine Sketch-up, Revit programlarında uyumlu eklenti (plug-in) olarak çalışan VE-Wera olmak üzere 4 farklı arayüzü vardır.

Anahtar kelimeler: enerji simülasyon, çevresel performans,

Uzmanlık gereksinimi: Orta düzey bilgisayar kullanım bilgisine sahip olmanın yanında belirli bir mühendislik ve mimari bilgi birikimi gerektirmektedir.

Kullanıcılar: Dünyanın dört bir yanına yayılmış mühendisler, araştırmacılar, mimarlar, enerji danışmanlarından oluşan yüzlerce kullanıcıya sahiptir.

Girdi verileri: Saatlik iklim verileri, yapı elemanı ve malzeme bilgileri, yapının kullanım süreci şeması, servis sistemleri verileri, bileşen fiyatları programa girdi verileri olarak girilir.

Çıktı verileri: Kullanıcılar her zon için ayrı ayrı saatlik, haftalık, aylık veya dönemsel olarak hesaplanan enerji tüketimi verilerini, tablo veya grafik şeklinde elde edebilir. Değişkenler aynı zamanda "toplam" grafikler veya tablolar halinde sunulabilir. ,

Güçlü yönleri: Sürekli geliştirilen ve güncellenen bir programdır.

Zayıf Yönleri: Küçük ölçekli yapılarda daha etkilidir.

İletişim:

Kuruluş:

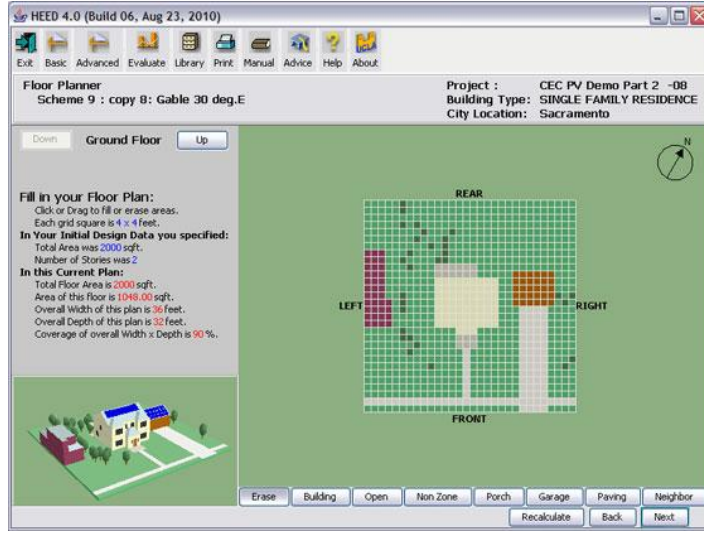
Adres: Helix Building, Kelvin Campus, West of Scotland Science Pk., Glasgow, G20 0SP, UK

<http://www.iesve.com/>

HEED (Home Energy Efficient Design)

Kullanıcı dostu enerji tasarım aracı olan bu program konutlarda küçük değişiklikler ile ne kadar ekonomi yapılacağını göstermektedir. Aynı zamanda yeni yapılacak olan yapılarda da kullanılabilen bir araçtır. Programda bina hakkında dört faktörü belirlenerek başlanır, daha sonra programın sistemi iki ana seçenek sunmaktadır; birincisi enerji kodu ikincisi daha fazla enerji verimliliği özellikleri desteleyecek alternatif seçeneklerdir. Bunlardan biri kopyalanıp kendinize özgü tasarımları yaratmaya başlayabilirsiniz. Bu program ile yıllık enerji tüketimini, CO₂ üretimini gibi her farklı tasarım ile nasıl değişeceğini gözlemleyebilirsiniz. Deneyimli kullanıcılar için ayrıntılı veri giriş seçeneği sunarak daha ayrıntılı sonuçlar elde

edilebilir ve üç boyutlu bir şekilde sonuç değişimlerini elde edilebilmektedir. Şekil 3.26'de HEED programının kullanıcıya sunduğu arayüzü bulunmaktadır.



Şekil 3.26: HEED arayüzü

Anahtar kelimeler: Tüm bina simülasyonu, etkin enerji tasarımı, iklim duyarlı tasarım, enerji maliyeti, iç ortam sıcaklığı

Uzmanlık gereksinimi: Basit tasarım bölümü için uzmanlık gerektirmemektedir. İleri tasarım ve değerlendirme bölümleri tasarımcılar, inşaatçılar ve enerji verimliliği konularında aşına müteahhitler için ve daha küçük binalarda çalışan enerji danışmanları ve mühendisler için tasarlanmıştır.

Kullanıcılar: Ocak 2008 itibariyle 14792 adet kullanıcı bu programı kullanmaktadır. Nisan 2002 de yapılan bir ankete göre kullanıcıların %16 sı Kuzey California %7 si California'nın diğer bölgelerinde, %48 i ABD'nin diğer bölgelerinde, %29 u ise diğer ülkelerde bulunmaktadır.

Girdi verileri: HEED'e başlamak için dört girdi gerekmektedir: yer, bina tipi, kat alanı ve kat sayısı.

Çıktı verileri: Program performans verilerini benzersiz geniş bir format aralığında grafiksel olarak vermektedir. Yıllık yakıt, elektrik tüketimi, CO₂ emisyonu, toplam enerji tüketimlerinin grafiksel olarak çıktıları görülebilmektedir. İleri düzey kullanıcılar için daha detaylı saatlik değişimler dahil grafiksel olarak çıktıları alınabilir.

Güçlü yönleri: Sadelik, veri girişi kolaylığı, geniş bir grafik çıktısı tekniği, hesaplama hızı ve hızlı bir şekilde birden fazla tasarımı karşılaştırma bu programı güçlü kılan özellikleridir.

Zayıf Yönleri: Büyük ve kapsamlı yapılar için yetersiz kalmasıdır.

İletişim:

Kuruluş: Energy Design Tools Group at the UCLA Department

Adres: Box 951467, University of California, Los Angeles, California 90095-1467
United States

<http://www.aud.ucla.edu/energy-design-tool>

TRACE

Enerji kullanımını, yapıların ekonomik etkilerini, konfor sistemi tasarımını, HVAC ekipman seçimlerini belirlemek ve faaliyet programlaması ve mali düzenlemeler yapmak için bu program kullanılmaktadır. Sürükle-bırak sistemi ile kolay bir kullanım sağlamaktadır. Programdaki şablonlar hava akışı, termostat ayarları, yoğunluk ve inşaat işlemleri gibi yapılardaki değişimlerin etkilerini kolay bir şekilde analiz etmektedir. Programdaki muazzam bir yapı malzemesi arşivi, ekipman, yaklaşık 500 bölgenin iklim verileri analizlerin hızı ve doğruluğunu artırmaktadır.

Anahtar kelimeler:enerji performansı, yük hesaplama, HVAC ekipman boyutlandırması, enerji simulasyonu, ticari yapılar,

Uzmanlık gereksinimi:HVAC mühendisliği ilkeleri, yapı geometrisi ve Windows işletim sistemi hakkında temel bilgi yeterlidir.

Kullanıcılar: Dünyanın dört bir yanına yayılmış mühendisler, araştırmacılar, mimarlar, enerji danışmanlarından oluşan 1200'den fazla kullanıcısı bulunmaktadır.

Girdi verileri:Yapı dizayn parametreleri, faaliyet programları, HVAC sistemi konfigürasyonları, ekipman tipleri ve kontrol stratejileri özellikleri girdi verileri olarak kullanılır. Şekil 3.27'da TRACE programının girdi verilerinin programa işlenmesi gösterilmektedir.

güncelleme değiştirmelere olanak sağlayak en prezisyonlu modelleme sonuçları elde edilebilir. Kapsamlı online ücretsiz yardım olanağı sağlamaktadır.

Zayıf Yönleri:Yeni kullanıcılar için program eğitimi tavsiye edilmektedir.

İletişim:

Kuruluş: The Trane Company

Adres: 3600 Pammel Creek Road, La Crosse, Wisconsin 54601-7599, United States

<http://www.trane.com/COMMERCIAL/DNA/View.aspx?i=1136>

3.5.2 Seçilen simülasyon araçlarının karşılaştırılması

Bölüm 2.2’de performans değerlenirmesi incelirken performans verilerinin ölçülmesi için belirlenen performans kriterlerine bağlı değerlendirme yapılmıştı. Bu kriterler; enerji performansı, konfor performansı, çevresel performans ve maliyet performansıdır. Seçilen enerji simülasyon araçları da bu performans kriterleri doğrultusunda çıktı verisi olarak elde edilecek performans göstergelerine göre Çizelge 3.6-12’de karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 3.6’da genel modelleme esasları başlığı altında simülasyon araçları genel bir ölçekte el alınmıştır. Bu karşılaştırmaya göre programların; modelleme arayüzü, diğer programlar ile uygun çalışması, içindeki iklim dosyaları ve kullanımları, erişebilirliği ve sonuç verileri karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 3.7’de Simülasyon araçlarının yazılımının gerçekleştiği kuruluş, içindeki iklim dosyalarının tipi, kullanım niteliği, veücretli olup olmadığı karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.8’de ise enerji simülasyon araçlarının hangi ölçeklerde etkin olduğu karşılaştırılmaktadır. Bu ölçekler; Bölüm 3.3’de incelenen planlama ölçekleri doğrultusunda irdelenmiştir. Bu çizelgeye göre hangi simülasyon aracının hangi ölçekte enerji simülasyonu yapabilirliliği gösterilmektedir.

Çizelge 3.9’e göre Bölüm 3.3.2’de irdelenen enerji performans kriterine göre bina ölçeğindeki performans göstergelerinin enerji simülasyon programları tarafından analizleri mukayese edilmektedir. Bu doğrultuda; enerji performansı ısıtma, soğutma ve havalandırma ile gün ışığı analizi olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

Çizelge 3.6: Modelleme esaslarına göre karşılaştırma

	MODELLEME ESASLARI	Bsim	DeST	DOE-2	ECOTECH	Ener-Win	Energy-10	EnergyPlus	eQUEST	ESP-r	HEED	IES<VE>	TRACE
3 boyutlu modelleme	Duvar, çatı ve döşeme	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√
	Pencere, kapı,gökyüzü ve gölgeleme bileşeni	√	√	√	√			√	√	√	√	√	√
Diğer programlar ile uyumluluk	CAD programlarından veri alımı	√			√			√	√	√		√	√
	CAD programlarına veri aktarımı				√			√		√		√	√
	Diğer programlarla birlikte çalışma (interoperability)				√			√		√			
İklim verileri	Program içinden ulaşılan	√	√		√	√	√	√	√	√		√	√
	Programa ayrı yüklenen	√			√	√		√	√	√		√	√
	Aylık ortalamaya göre saatlik iklim verileri		√		√	√						√	√
	İklim verilerini işleme ve düzenleme		√	√	√	√	√	√	√	√			
Kullanıcı ara yüzü	3 boyutlu model	√		√	√				√	√		√	
	grafik	√	√	√		√		√		√	√	√	√
	metin						√						√
Sonuç raporları formatı	Standart rapor		√	√	√	√	√	√	√	√		√	√
	Kullanıcı tarafından	√	√		√		√	√	√	√		√	
	Metin	√	√		√			√	√	√	√	√	√
	Word dosyası											√	√
	HTML	√			√			√	√			√	
	Grafiksel				√		√		√	√	√	√	

Çizelge 3.7: Genel özelliklerine göre karşılaştırma

GENEL ÖZELLİKLER	Geliştiren Kurum	İklim Dosyası Tipi	Genel Kullanım		Ücretlendirme	
			Kullanımı Kolay	Eğitim gerektilen	Ücretli	Ücretsiz
PRORAMLAR						
Bsim	Üniversite	<u>EnergyPlus</u>	√			√
DeST	Üniversite	-		√		√
DOE-2	Laboratuvar	TMY, TMY2, TMY3, etc		√	√	
ECOTECT	Üniversite	-	√		√	
Ener-Win	Şirket	-	√		√	
Energy-10	Şirket	-		√	√	
EnergyPlus	Amerikan Enerji Departmanı	<u>EnergyPlus/ESP- r weather</u>		√		√
eQUEST	Şirket	TMY, TMY2, TMY3, etc	√			√
ESP-r	Üniversite	<u>EnergyPlus</u>	√			√
HEED	Üniversite	EPW		√		√
IES<VE>	Şirket	-	√		√	
TRACE	Şirket	TMY, TMY2,TMY3, TRY, WY2, CEC, CTZ, CWC ve IWE		√	√	

Çizelge 3.8: Ölçeğe göre karşılaştırma

	Bsim	DeST	DOE-2	ECOTECT	Ener-Win	Energy-10	EnergyPlus	eQUEST	ESP-r	HEED	IES<VE>	TRACE
Şehir		√		√					√			
Bina	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yapı Elemanı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Servis Sistemi	√	√		√	√	√	√	√	√	√		√
Malzeme							√	√			√	

Çizelge 3.9: Enerji performansına göre karşılaştırma

	ENERJİ PERFORMANSI	Bsim	DeST	DOE-2	ECOTECH	Ener-Win	Energy-10	EnergyPlus	eQUEST	ESP-r	HEED	IES<VE>	TRACE
Isıtma soğuma ve havalandırma	Isıtma enerjisi	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	Soğutma enerjisi	√	√	√		√		√	√	√	√	√	√
	Elektrik enerjisi tüketimi		√	√	√		√	√	√	√		√	
	Sıcak su için gerekli enerji					√		√				√	√
	Gaz tüketimi			√		√		√	√			√	√
	Min./max. Oda sıcaklığı	√	√	√			√	√	√	√	√	√	√
	Doğal havalandırma				√			√		√		√	
	Hava değişim oranı									√			
Gün ışımasını analizi	Gün içinde güneş hareketi	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√
	Gün ışıınımdan ısı kazancı				√			√		√		√	
	Gün ışıınımdan faydalanma	√			√			√		√			

Çizelge 3.10’da konfor performansına göre, seçilen simülasyon araçlarının karşılaştırılmasında Bölüm 3.3.2’de bulunan Çizelge 3.3 ‘deki kriter doğrultusunda gidilmiştir. Isıl, görsel, İç ortam hava kalitesi ve akustik konforda enerji simülasyon araçlarının sınırları karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 3.11’a göre ise maliyet analizleri değerlendirilmektedir. Yapının enerji maliyetinin ve tüm yaşam döngüsü maliyetini seçilen araçlar tarafından hesaplanabilirliği incelenmektedir.

Çizelge 3.12’de çevresel perforansa göre seçilen simülasyon araçlarının sınırları görülmektedir.

Çizelge 3.10: Konfor performansına göre karşılaştırma

	KONFOR PERFORMANS I	Bsim	DeST	DOE-2	ECOTECH	Ener-Win	Energy-10	EnergyPlus	eQUEST	ESP-r	HEED	IES<VE>	TRACE
Isıl	İç ortam denge sıcaklığı	√							√				
	Oda sıcaklığı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	Min./mak. Sıcaklık aralığı	√	√	√			√	√	√	√	√	√	√
Görsel	Günlü ışınımı analizi	√	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√
	‘Bulutlu-güneşli’				√					√	√	√	
	Kamaşma indeksi						√		√				
	Gölgeleme	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	Aydınlatma			√	√		√						
İç ortam hava kalitesi	Doğal havalandırma	√						√		√		√	
	Yapay havalandırma	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	Doğal ve yapay havalandırmanın birlikte çalışması		√					√				√	
	Hava akışı	√					√			√		√	
	Rüzgar basınç katsayısını hesaplama	√										√	
Akustik	Reverberasyon süresi												

Çizelge 3.11: Maliyet performansına göre karşılaştırma

	MALİYET PERFORMAN SI	Bsim	DeST	DOE-2	ECOTECH	Ener-Win	Energy-10	EnergyPlus	eQUEST	ESP-r	HEED	IES<VE>	TRACE
Enerji maliyeti	İlk yatırım enerji maliyeti	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	Yıllık enerji tüketim maliyeti	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	Enerji tasarruf			√			√	√	√			√	
	Bakım masrafı	√	√	√				√	√		√	√	√
Yaşam döngüsü maliyeti	Standart yaşam döngüsü maliyeti					√	√		√			√	
	Servis sistemlerin kullanım ve yenileme maliyeti tahmini		√	√		√	√	√	√			√	√

Çizelge 3.12: Çevre performansına göre karşılaştırma

	ÇEVRESEL PERFORMAN S	Bsim	DeST	DOE-2	ECOTECH	Ener-Win	Energy-10	EnergyPlus	eQUEST	ESP-r	HEED	IES<VE>	TRACE
Yenilenebilir enerji kullanımı	Güneş enerjili su ısıtma sistemleri		√		√		√	√		√		√	
	Photovoltaic paneller	√			√		√	√	√	√		√	
	Rüzgar türbinleri									√			
Çevresel emisyon	Enerji emisyonu	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	Önemli sera gazlarının emisyonu (CO, NO _x , SO ₂ , PM, Pb)			√		√	√	√	√	√	√	√	

Yukarıdaki çizelgelerde de görüldüğü pek çok sınırı tanımlayan simülasyon araçları kendi içinde birçok özellik barındırmaktadır. Bukadar çok parametrenin içinde doğru

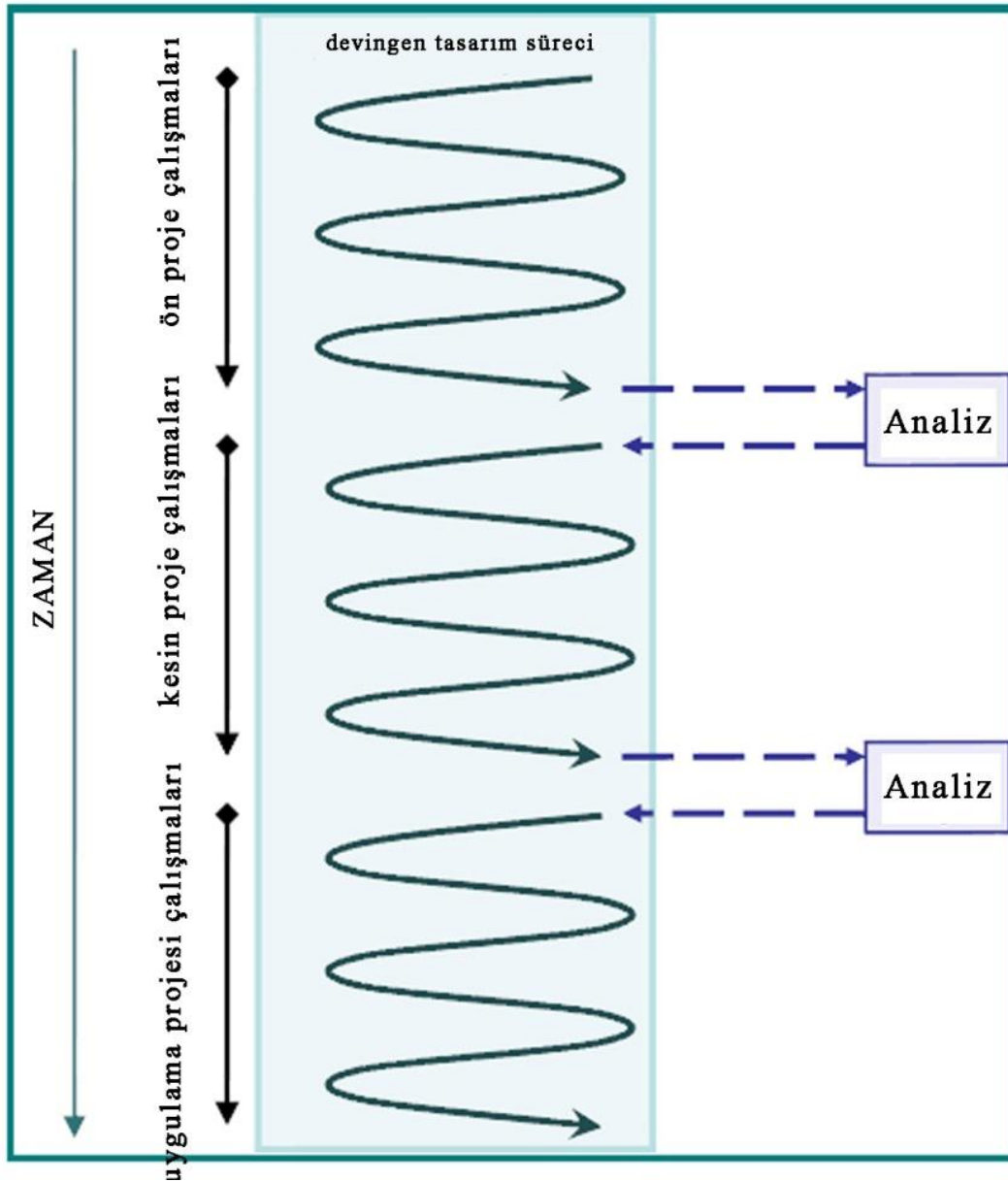
girdi verilerinin nerde kullanılacağı, tasarımın hangi aşamada kullanılacağı, bunun sonucunda elde edilen çıktı verilerinin hangi kriterlere göre değerlendirileceği açıklık getirilmesi gereken bir olgudur.

3.6 Simülasyon Araçlarının Tasarım Süreci ile Bütünleştirilmesine Yönelik Yaklaşımlar

Mimari tasarım sürecinde sorunların çözümündeki tahminlerin doğruluğu derecesinde başarılı bir sonuca ulaşıldığından Bölüm 2.3.1’de bahsedilmiştir. Geleceğin tahmin edilmesi, tasarlanan ürünün somut bir şekilde ortaya çıkarılması ve elde edilen sonuçlar birbirinin içine geçmiş sürekli bir oluşum halindedir.

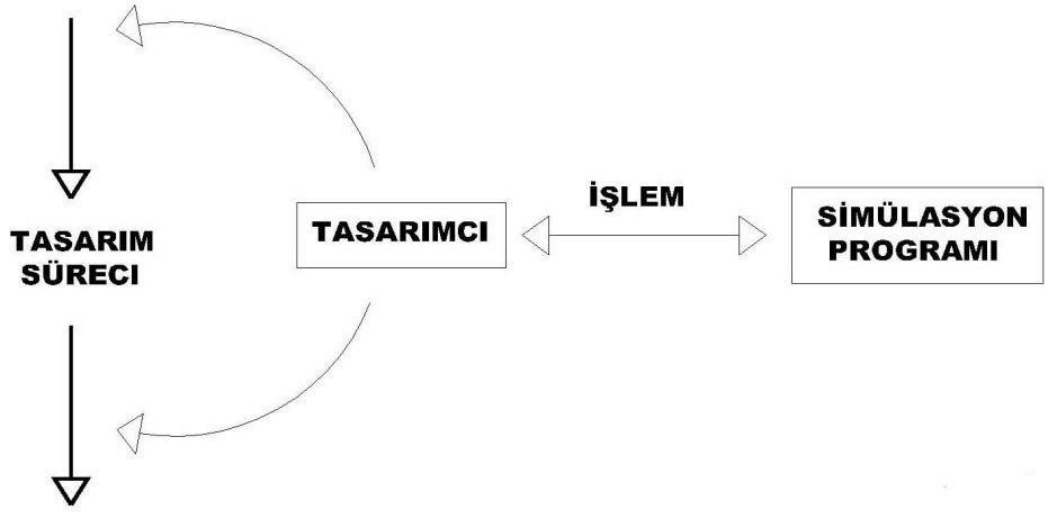
Geleneksel mimari tasarım sürecinde, tasarımdan başarı sağlanabilmesi için önceki örnekler yardımı ile sorunlara çözüm aranmasının öneminden yine Bölüm 2.3.1’de bahsedilmiştir. Teknolojik gelişimlerin yavaş ilerlemesi nedeni ile bu örnekler daha sonrakiler için geri-besleme niteliği taşıyordu. Oysaki günümüzde tasarıma yaklaşım tamamen farklıdır. İçinde pekçok gidriyi barındıran, büyük yatırımların söz konusu olduğu, büyük ölçekli, karmaşık yapıli projelere gereksinim duyulmaktadır. Bu tasarımların hepsi tamamen yeni ve gelecekte çıkması olası problemlerin çözümleri üzerine ele alınmaktadır, sorunların telafisi yoktur. Yapılacak hataların düzeltilmesi çok zor, israfı ve cezası büyüktür (Bayazıt, 1994).

Günümüzde devingen oluşum içindeki mimari tasarım süreci, içinde bir çok test ve analizi barındıran, alternatif çözümlerin döngüselliliği ile tasarımcılara farklı seçenekler arasında seçim yapmaya yönelten gelişmekte olan bir süreçtir (Şekil3.29). Şekil 3.29’de de görüldüğü gibi günümüz tasarım problemleri çözümünde kullanılan devingen tasarım süreci içinde pek çok analizi barındıran bir süreçtir. Ve bu analizlerin en doğru ve hızlı bir şekilde yapılması için simülasyon araçlarına ihtiyaç duyulur. Clarke’a göre mimari tasarım süreci içinde simülasyon programlarının kullanımına yönelik olarak iki farklı yaklaşımdan söz edilmektedir. İlk olarak, tasarımcının farklı pencere boyutlarının tasarıma etkisi, duvarın ısı geçirgenliği gibi belirli bir konudaki performans değerlendirmesini uygun bir program yardımıyla analiz edip, sonuçların tasarıma uygun değişikliklere dönüştürerek yansıtılmasıdır (Şekil 3.30).

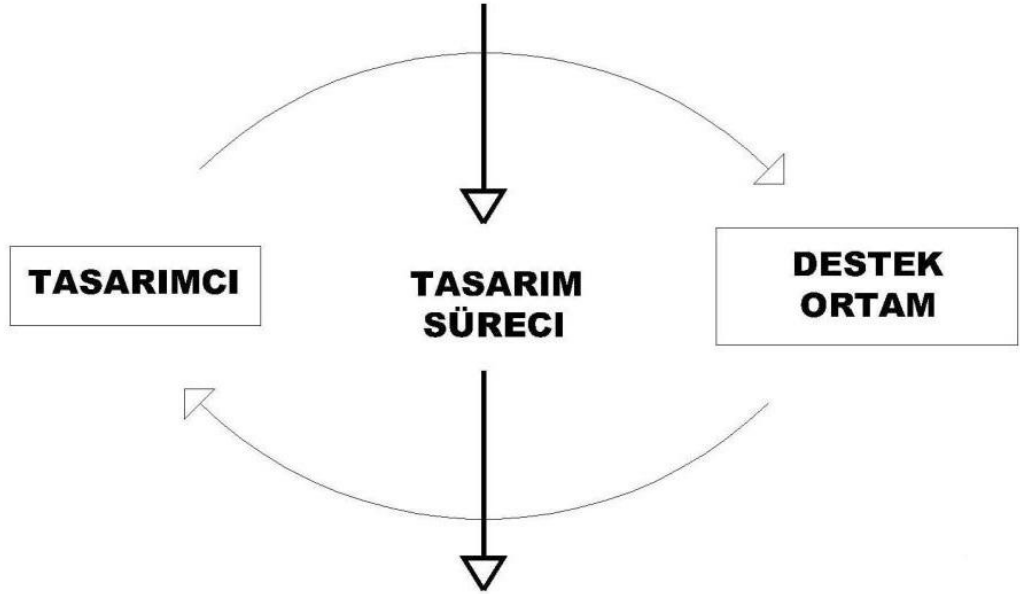


Şekil 3.29: Devingen tasarım süreci (Hetherington ve ark., 2011)

Bu yöntem bir nevi doğru sonuçları elde etmede yardımcı olsa da aslında tasarım sürecinden simülasyon programlarının ayrıştırılması demektir. Bu durumda tasarımcı modeller arasında bir değişiklik gerçekleştirmek zorundadır, bu da tasarım sürecinin yavaşlatan bir etkidir. İkinci yaklaşım ise; ‘bilgisayar destekli tasarım ortamı’ yaklaşımıdır (Şekil 3.31). Tasarım süreci içinde, tasarımla ilgili alınan kararlar doğrudan destek ortam içinde değerlendirilerek, performansa yönelik tüm bilgiler geri besleme yoluyla tasarımcıya anında sunulmaktadır.



Şekil 3.30: BES tasarım sürecinde kullanımı



Şekil:3.31: Bigisayar destekli tasarım ortamı

Simülasyon programlarının gelişiminin, tasarımın erken evrelerinde, sonraki süreçleri doğrudan etkileyen kararların alımında yardımcı olmak üzere kullanılacak “tasarım kararı destek sistemi (design decision support systems)” yönünde olduğu düşünüldüğünde, “süreç merkezli” entegrasyonun tasarım ekibindeki tüm uzmanlık alanları kararlarına yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Buradaki önemli nokta, simülasyonların tasarımcılara uzmanlıklarını daha etkin kullanma, genişletme ve iyileştirme olanağı sunduğu ve tasarımcılar için sadece fikirlerin test edilmesinin

yanısıra yeni fikirlerin geliştirilmesi ve sunulmasında da önemlidir. Fakat bu durumun getirdiği bir diğer sonuç, her mimarın aynı zamanda simülasyon uzmanı olması zorunluluğudur. Bu nedenle tasarımcılar, “tasarımcı dostu programlar (designer-friendly tools)” ile “tasarıma entegre programlar (design-integrated tools)” arasındaki ayrımın doğru yapabilmelidir. Tasarımcı dostu programlar uzmanlık gerektiren bir programı az bilgi ile rahat kullanılabilir hale getirirken, uzmanlık gerekliliğini ortadan kaldırmakla birlikte, uzmanlık bilgisini (domain-knowledge) oldukça basite indirgemektedir. Bu bağlamda tasarımcı dostu programlar ile tasarıma entegre programlar arasındaki temel fark; birincisinde uzmanlık bilgisinin azaltılması söz konusu iken, ikincisinde ise tasarım kavramı zenginleştirilmekte ve etkinleştirilmektedir (Augenbroe, 2002).

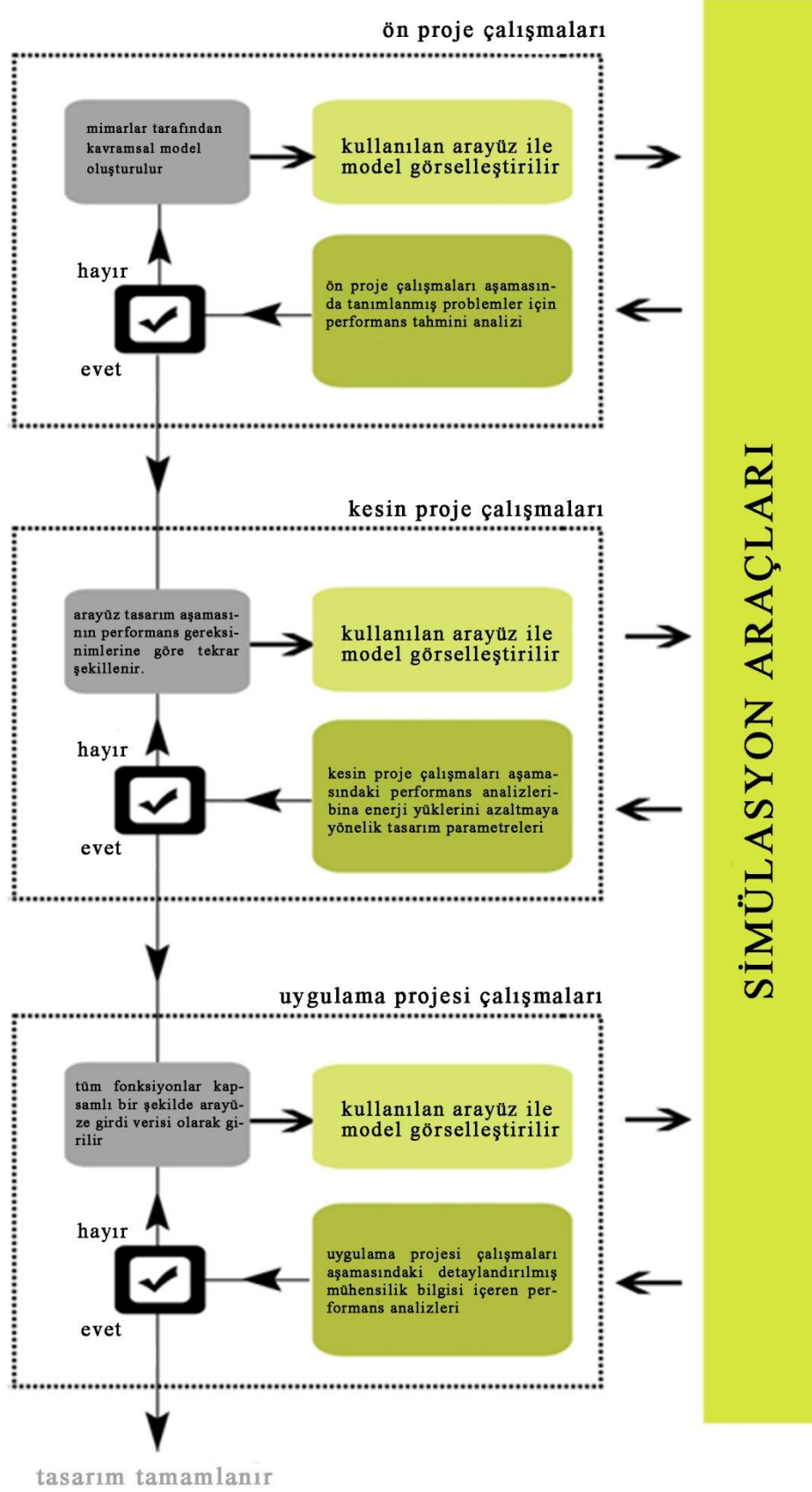
Simülasyon sonuçlarının, optimizasyon ve alternatif çözümleri içermesi, tasarım kararlarını yönlendirmede önemli rol oynar. Tasarım sürecinin karmaşık yapılanması içinde sürecin alt evrelerinde simülasyon programlarından nasıl yararlanabileceğine ilişkin Morbitzer’in yorumu Şekil 3.32’deki gibidir. Şekil 3.32’de ‘ön proje çalışmaları’, ‘kesin proje çalışmaları’, ‘uygulama projesi çalışmaları’ aşamalarından oluşan tasarım sürecinde simülasyon araçları tasarım süreci ile bütünleştirilmesi ve tasarımın bilgisayar destekli bir ortamda nasıl yapılması gerektiği gösterilmektedir.

Tasarım sürecinin her bir aşamasında gereksinin duyulan tasarım parametreleri ile simülasyon araçlarının analiz sonuçlarından elde edilen çıktı verileri önceden tanımlanmış enerji, konfor, çevresel ve maliyet performans kriterlerine göre Çizelge 3.13, Çizelge 3.14, Çizelge 3.15’de gösterildiği gibi simülasyon araçları ile bütünleştirilmiştir.

Çizelge 3.13 ‘de enerji performans araçlarının belirlenen tasarım parametrelerinin enerji performansı kriterine göre analitik ve nicel sonuçlarını veren değerlendirilmelerinin tasarımın hangi aşamasında kullanılacağı gösterilmektedir.

Çizelge 3.14’deki kriter konfor performansına göredir. Buna göre simülasyon araçları ile tasarım sürecinde konfor performansı değerlendirilirken hangi performans analizi sonucunun hangi performans aşamasında değerlendirilmesi gerektiği incelenmektedir.

Çizelge 3.15’e göre ise çevresel performans ve maliyet performansına göre simülasyon araçlarının tasarım sürecindeki analizler gösterilmektedir.



Şekil 3.32: Simülasyon araçlarının tasarım sürecinde kullanımı (Morbitzer, 2

Çizelge 3.13: Enerji perofrmansına enerji simülasyon araçlarının tasarım ile bütünleştirilmesi

TASARIM	TASARIM PARAMETRELERİ	ENERJİ PERFORMANSI																
		BİNA ÖLÇEĞİ									YAPI ELEMANI VE SERVİS SİSTEMLERİ ÖLÇEĞİ				YAPI MALZEMESİ ÖLÇEĞİ			
		Isıtma enerjisi	Soğutma enerjisi	Elektrik	Gaz tüketimi	Sıcak su ihtiyacı	Oda sıcaklığı	Doğal havalandırma	Hava değişim	Gün ışıınımı	Duvarın toplan ısı geçirgenliği	Duvarın içinde depolanan ısı	Cam ve doğramanın ısı geçirgenliği	Aydınlatmada tüketilen enerji	Isıl geçirgenlik değeri	Su buharı difüzyon	Isıl genleşme değeri	Isıl geçirgenlik katsayısı
BİNA	Yönü						1	1		1								
	Konumu							1		1								
	Biçimi	1	1						1									
	Kabuk sistemi									2	3			3	3	3	3	
	Güneş kontrolü								2				2					
	Doğal havalandırma		2				2	2	2									
	Mekanın boyutsal özellikleri	2	2	2					3									
	Kullanıcı yoğunluğu	2	2	2		3												
	Isıl kütle kapasitesi	2																
YAPI ELEMENLARI	Konstriksiyon özellikleri																	
	Duvar sistemleri									2	3			3	3	3	3	
	Döşeme sistemleri																	
	Pencere sistemleri							2				3						
SERVİS SİSTEMLERİ	Aydınlatma								2				3					
	Elektirik			3									3					
	Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri			2	3		3		3									
1. Ön Proje Çalışmaları			2. Kesin Proje Çalışmaları							3. Uygulama Projesi Çalışmaları								

Çizelge 3.14: Konfor performansına göre enerji simülasyon araçlarının tasarım ile bütünleştirilmesi

TASARIM	TASARIM PARAMETRELERİ	KONFOR PERFORMANSI													
		ISIL KONFOR			GÖRSEL KONFOR					İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ					AKUSTİK
		İç ortam denge sıcaklığı	Oda sıcaklığı	Min./mak. Sıcaklık aralığı	Güneşinimi analizi	'Bulutlu-güneşli'	Kamaşma indeksi	Gölgeleme	Aydınlık düzeyi	Doğal havalandırma	Yapay havalandırma	Doğal ve yapay havalandırmanın birlikte çalışması	Hava akışı	Rüzgar basınç katsayısını hesaplama	Reverberasyon süresi
BİNA	Yönü		1		1					1			1	3	
	Konumu				1					1			1	3	
	Biçimi														
	Kabuk sistemi			2											
	Güneş kontrolü				2			2							
	Doğal havalandırma		2							2					
	Mekanın boyutsal özellikleri								3		3				3
	Kullanıcı yoğunluğu										3				3
	Isıl kütle kapasitesi	3	3												
YAPI ELEMENLARI	Konstriksiyon özellikleri														
	Duvar sistemleri														
	Döşeme sistemleri														
	Pencere sistemleri						3			2			2		
SERVİS SİSTEMLERİ	Aydınlatma				2				3						
	Elektirik														
	Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri	3	3	3							3				
1. Ön Proje Çalışmaları			2. Kesin Proje Çalışmaları							3. Uygulama Projesi Çalışmaları					

Çizelge 3.15: Maliyet ve çevresel performansa göre enerji simülasyon araçlarının tasarım ile bütünleştirilmesi

TASARIM	TASARIM PARAMETRELERİ	MALİYET PERFORMANSI						ÇEVRESEL PERFORMANS		
		ENERJİ MALİYETİ				İLK YATIRIM MALİYETİ		Güneş enerjili su ısıtma sistemleri	Photovoltaic paneller	Rüzgar türbinleri
		İlk yatırım maliyeti	Yıllık enerji tüketim maliyeti	Enerji tasarruf	Bakım masrafı	Standart yaşam döngüsü maliyeti	Isıtma, soğutma ve havalandırma gibi sistemlerin kullanım ve yenilene maliyeti			
BİNA	Yönü							3	3	3
	Konumu									
	Biçimi	3								
	Kabuk sistemi	3								
	Güneş kontrolü	3								
	Doğal havalandırma									
	Mekanın boyutsal özellikleri									
	Kullanıcı yoğunluğu									
	Isıl kütle kapasitesi									
YAPI ELEMANLARI	Konstrüksiyon özellikleri									
	Duvar sistemleri	3								
	Döşeme sistemleri	3								
	Pencere sistemleri	3								
SERVİS SİSTEMLERİ	Aydınlatma	3	3	3						
	Elektirik	3	3	3						
	Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri	3	3	3	3		3			
1. Ön Proje Çalışmaları					2. Kesin Proje Çalışmaları			3. Uygulama Projesi Çalışmaları		

3.7 Bölüm Sonucu

Mimari tasarım anlayışında bugüne kadar işlev ve estetik biçimlenme öncelikli ele alınmaktaydı. Fakat her geçen gün enerji etkinliği ve çevresel performans daha çok önem kazanmaktadır. Tasarıma yardımcı araçlar bina tasarım rolünü değil, enerji etkinliği ve çevresel performansını değerlendirme rolünü üstlenmektedirler. Bu bağlamda simülasyon programları tasarım süreci içinde tasarımcının zihnindeki henüz somut elle tutulur bir olguya dönmüşmemiş olan tasarımını nasıl gerçekleştirileceği yönündeki sorusunun cevabını değil, bunu gerçekleştirdiğinde sonucun ne olacağı sorusunun cevabını aramak için kullanılmaktadır. Tasarımcı bir çok alternatif içinden en iyi tasarım seçeneğini yakalayabilmek için tüm tasarım seçenekleri enerji simülasyon araçları ile test etmek ve sonuçları karşılaştırmak durumundadır. Tasarımcının elde etmek istediği yüksek performanslı tasarımı, tasarım seçenekleri içinden seçim yapmak üzere, girdi verileri değerleri azaltılarak veya çoğaltılarak ve sonuçları karşılaştırılarak en iyi sonucu vereni bulmaya çalışmaktadır.

Tasarım süreci içinde son teknolojik gelişmeler ile böyle bir model geliştirilirken günümüz türk mimarların bu platform içinde kendilerini hangi noktada görüyor sorusuna bir yanıt getirmek bu durumu açıklığa kavuşturacaktır.

4. TÜRKİYE’DE BİNA PERFORMANS SİMÜLASYON ARAÇLARININ KULLANIMINA YÖNELİK DURUM ANALİZİ

Tüm dünya genelinde 28 ülkede kendi standartlarında veya global standartlara göre birçok enerji performans simülasyon aracı geliştirilmektedir. Tüm bu çalışmalar 1970’lerde başlayıp günümüze kadar büyük bir ivme kaydetmiştir. Türkiye ise bu durumun biraz gerisinde kalmış ve ilk enerji verimliliği ile ilgili 2007 yılında ‘Enerji Verimliliği Kanunu’ yürürlüğe getirilerek bir adım atılmıştır. Bunun sonrasındaki sertifika sistemlerinin giderek popüler olması, yeni getirilen kanun ve yönetmelikler performans simülasyon araçlarının kullanılmasının kaçınılmaz kılmaktadır. Fakat birçok mimar için çok yeni bir teknoloji olan simülasyon araçları hala kapalı bir kutudur. Tüm bu senaryoların arkasında var olan gerçek durumu ortaya koymak bir gereklilik oluşturmaktadır.

4.1 Anket Çalışmasının Amacı

Anket çalışmasının ana hedefi henüz Türkiye’de çok yeni bir yaklaşım olan enerji simülasyon araçlarının mimarlık ofislerinde tasarımda kullanımına yönelik bir durum tespiti yapmaktır. Bunu gerçekleştirirken mimarların bu konu hakkında görüşlerini ortaya koymak ve bu bağlamda genel eksiklikleri tespit etmek hedeflenmiştir.

4.2 Katılımcılar

Katılımcılar, İstanbul içindeki mimarlık ofisleri ile sınırlandırılmıştır. İstanbuldaki en büyüğü ortalama 35 en küçüğü ortalama 6 mimar ve iç mimar çalışana sahip toplam 98 mimarlık ofisine internet aracılığıyla anket soruları gönderilmiştir. İnternet ortamında cevaplanan anketlerden 48 mimarlık ofisinden geri dönüş alınmış ve bunlardan 3 tanesi cevapların tutarsızlığı nedeniyle geçersiz sayılmış, toplam 45 anket sonucu ile genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmede ofiste yetkili biri tercih edilmiş ve toplam 17 soru sorulmuştur. Bu sorulardan 11 tanesi tüm

mimarlara yönelik olmakla birlikte 6 tanesi enerji simülasyon araçları konusunda uzman mimarlara hitap etmiştir.

4.3 Anket Çalışmasının Yaklaşımı

Anket hazırlanırken var olan durum analizi için üç farklı yaklaşım açısı takip edildi. Toplam 17 sorudan oluşan anketin ilk bölümünde, 1-5 soruları kapsamında mimarların simülasyon araçlarına ve Türkiye’deki bu konu ile ilgili var olan çalışmalara yönelik genel bir bilgi düzeyi belirlenmeye çalışıldı. 6-13 sorularını kapsayan ikinci kısım uzmanlar için hazırlanmış bölümdür. Bu bölümde enerji simülasyon araçlarını ofislerinde kullanan kullanıcıların genel olarak bu konu ile ilgili görüşleri alındı ve bu doğrultuda bir değerlendirme yapıldı. Son bölümde ise tüm mimarların enerji performans simülasyon araçlarına genel yaklaşımı değerlendirildi. Tüm bu bilgiler doğrultusunda genel bir sonuca ulaşıldı.

4.4 Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.4.1 Enerji performansına yönelik yapılan çalışmaların farkındalığı

Anketin bu bölümde binalarda enerji performansının etkinliğini yaygınlaştırmaya yönelik son dönemde atılan adımların ve yapılan çalışmaların mimarlarda farkındalık dereceleri ölçülmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda mimarlara enerji performansı yönetmeliği, binalarda enerji kimlik belgesi, BEP-tr ve enerji simülasyon araçları hakkında bilgileri sorulmuştur. Elde edilen veriler ise Çizelge 4.1’deki gibidir.

Bu sonuca göre % 96 gibi büyük bir çoğunluktaki mimar 2008 yılında yayınlanan ‘Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’ hakkında bilgi sahibi olmasına rağmen % 56’lık bir çoğunluk bu yönetmeliği tam olarak biliyor ve projelerini bu yönetmeliği göz önünde bulundurarak değerlendiriyor denilebilir buna karşılık %40’lık kısım yönetmelikten haberdar olmasına rağmen projelerini bu yönetmelik doğrultusunda gerçekleştirmemektedir.

Çizelge 4.1: Enerji performansına yönelik yapılan çalışmaların farkındalığı

TOPLAM 45 KİŞİ	EVET	BİRAZ	HAYIR, HİÇ DUYMADIM	
Enerji performansı yönetmeliği	25 (%56)	18 (%40)	2 (%4)	
Binalarda enerji kimlik belgesi	23 (%51)	17 (%38)	5 (%11)	
EVD Şirketler	18 (%40)	20 (%44)	7 (%16)	
BEP-tr	16 (%36)	1 (%2)	28 (%62)	
Enerji Simülasyon Araçları	19 (%42)	19 (%42)	7 (%16)	

Binalarda enerji kimlik belgesi Bölüm 2.4.2’de de bahsedildiği gibi 2011’den itibaren Enerji verimliliği kanununa göre her binanın sahip olması gereken bir zorunluluk haline getirilmiştir. Ayrıca mevcut binalar için ise vatandaşların, 2017

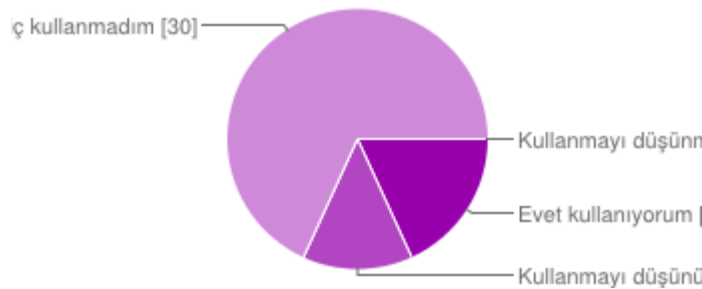
yılına kadar enerji kimlik belgelerini almaları gerekmektedir. Bunun için yetkilendirilmiş Enerji Verimlilik Danışmanlık (EVD) Şirketlerine başvurmak gerekmektedir. Binanın enerji verimliliğiyle ilgili veriler, uzmanlar veya projeciler tarafından Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın web tabanlı hazırladığı BEP-TR programına girilmekte ve bu programda, binaların metrekare başına düşen enerji tüketim miktarı ve karbondioksit salınımı hesaplanmaktadır, bu doğrultuda binaya uygun enerji kimlik belgesini üretilmektedir. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda yapılan anket sonuçlarındada görüldüğü gibi bu yapılanmanın henüz Türkiye'de tam faaliyete geçmediğidir. Yaklaşık %40'lık bir dilimi oluşturan mimarlık ofislerinde bu durum dikkate alınmaktadır. Geri kalan kısım ise bu konuda henüz bir uygulama yaptığı tespit edilememiştir.

Anketin enerji performansına yönelik yapılan çalışmaların farkındalığına yönelik elde edilen sonuç ise; ortalama olarak ankete katılan mimarların %45'i son dönemlerde Türkiye'de binalarda enerji performansı üzerine yapılan yenilikleri takip etmektedir, ortalama %40'lık bir kısım ise bu gelişmelerden haberdar olmasına rağmen gelişmelerin dışında kalmaktadır. %15'lik bir dilim ise tamamen bu gelişmelerden bihaberdir.

4.4.2 Enerji simülasyon araçlarının kullanılabilirliği

Bu bölümde enerji simülasyon araçlarının mimarlık ofislerinde kullanılabilirlik oranının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Çizelge 4.1'de de görüldüğü gibi enerji performans simülasyon araçları %42 gibi birçok mimar tasarımdan haberdar olunmasına sadece 9 kişiden oluşan %18'lik bir dilim (Şekil 4.1) bu araçları kullanmaktadır. Bu da bu araçlardan haberdar olanların sadece yarısı gerçek anlamda bu araçları tanıyor ve onlar hakkında bilgi sahibidir.



Şekil 4.1: Simülasyon aracını kullanan ofisler

Anket verilerine göre katılımcıların %18'ı bu araçları ofislerinde kullanırken, buna karşılık % 67 gibi büyük bir bölümü bu programları tasarımın herhangi bir aşamasında hiç kullanmamıştır ve %13'lük bir kısım bu araçları ileriki dönemlerde ofislerinde kullanmaya sıcak bakmaktadır.

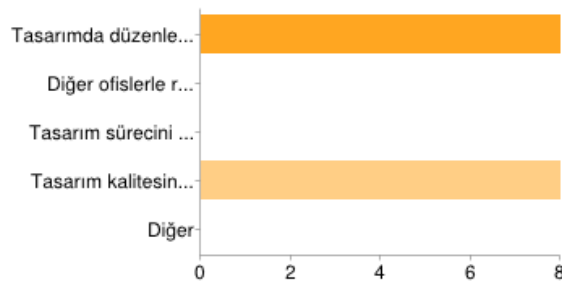
Simülasyon araçlarını kullanan ofislerde ise bu araçların kullanım sıklığı ise henüz hala tüm projelere yayılmamış sadece belirli projelerle kısıtlı kalmıştır. Anket verilerinden elde edilen bu araçları kullanan ofislerden %90 gibi büyük bir oranda mimarlık ofisi bu araçları bazen ihtiyaç olduğunda kullanmaktadır.

Verilere göre bu araçlar en erken 2008 yılından bu yana kullanılmasına rağmen genel ortalama 2 yıldır bu araçların ofislerde kullanıldığıdır ve kullanıcılar en çok EnergyPlus'ı tercih etmektedirler. Bunu en büyük nedeni olarak ise ücretsiz olması ve sürekli güncellenen geliştirilen bir program olması belirtilmiştir. Bunun yanında EnergyPlus-DesingBuilder, Ecotect ve Daysim programları kullanılmaktadır.

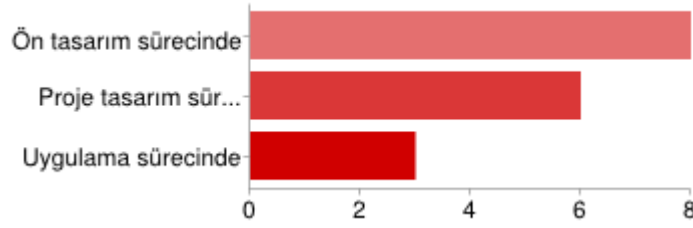
4.4.3 Kullanıcıların enerji simülasyon araçlarını değerlendirmesi

Bu bölümde değerlendirilen sorular enerji simülasyon araçlarını ofislerinde kullanan, bu programlar üzerinde uzmanlaşmış kullanıcılara yöneltmiştir. Kullanıcıların bu programları tercih etme nedenleri, hangi tasarım parametrelerinin analizlerinde kullanıldığı, ve elde edilen sonuçlar hakkında görüşleri sorgulanmıştır.

Verilere göre kullanıcıların bu araçları en çok tercih etme nedenleri tasarım sırasında performans gereksinimlerini karşılamak ve bu şekilde tasarımın kalitesini ve niteliğini arttırmaktır (Şekil 4.2). Anket verilerine göre simülasyon araçları en çok ön proje ve kesin proje çalışmaları sırasında tasarımda düzenleyici rol oynarken, %30 gibi bir dilimde uygulama projesi çalışmalarını da simülasyon araçlarının dahil etmektedir (Şekil 4.3)



Şekil 4.2: Enerji simülasyon araçlarının ofislerde kullanılma nedeni



Şekil 4.3: Simülasyon araçlarının kullanıldığı tasarım aşamaları

Şekil 4.4’de de görüldüğü gibi mimarlar en çok bu programları ısıtma ve soğutma sistemleri kararlarında ve günışığı ve yapay aydınlatma analizlerinde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra biraz daha az oranla havalandırma ve iç ortam hava kalitesi, güneş kontrol elemanı tasarımında karar desteği sistemi olarak tercih edilmektedir. Elde ettikleri sonuçları kullanıcıların %70’i her zaman yeterli bulurken %30’u bazen bu programlarında hata yapabildiklerini düşünmektedir.



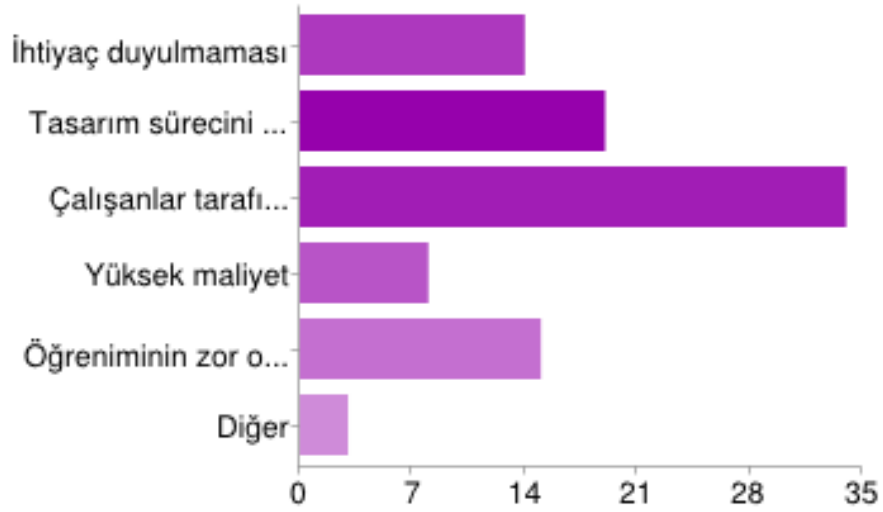
Şekil 4.4: Değerlendirilen performans parametreleri

4.4.4 Mimarların enerji simülasyon araçları üzerine genel görüşleri

Anketin son bölümünde enerji simülasyonu programları hakkında bilgiye sahip olan katılımcı mimarlardan bu araçlara karşı tutumu ve genel yaklaşımı ölçülmeye çalışılmıştır. Mimarlara, bu araçların ofislerde tercih edilmeme nedenleri, araçların temel problemi, CAD programları ile birlikte çalışması ihtiyacı, nelere ihtiyaç duyduğu gibi sorular yöneltilmiştir.

Mimarlara göre enerji simülasyon araçlarının tasarım sürecinde etkili bir karar destek sistemi olmasına rağmen kullanımın bu kadar kısıtlı olmasının %84 oranında en

büyük nedeni ‘çalışanların bu araçları nasıl kullanılacağını bilmemesi’dir (Şekil 4.5). Bu sonuçta da görüldüğü gibi bu araçların kullanılması için verilen eğitim yeteri kadar yagınlaştırılmamıştır. Şu anda sadece bazı EVD şirketlerinde bu programların ücretli eğitimi verilmektedir. Oysaki programların eğitimin için workshopların uygulanması, tanıtıcı seminerlerin daha sık verilemsi günümüz mimarları arasında daha yaygın bir kullanıma kavuşacaktır. Ayrıca mimarlık okullarında mimari eğitim sürecinin en başından simülasyon araçlarını tasarım sürecine dahil edilmesi ile bu araçların yeni nesil mimarlar arasında kullanımı daha yaygın hale gelecektir.



Şekil 4.5: Ofislerde bu programların tercih edilmeme nedenleri

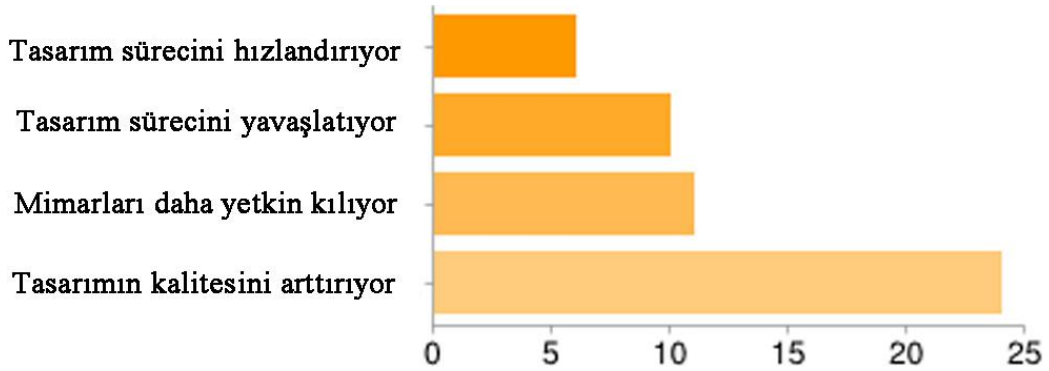
Bunun ardında mimarların %46’sı bu araçların tasarım sürecini yavaşlattığını, %37’si öğreniminin zor olduğunu düşünmektedir.

Bu araçlarla ilgili kullanıcıların karşılatığı en büyük problem ise mimari süreçte sıklıkla kullanılan AutoDesk gibi programlarda uyumlu çalışmamasıdır (Şekil 4.6). Bunun için son yıllarda yapılan çalışmalarda bir çok program Autodesk, Revit gibi yazılımlardan veri aktarımına uygun hale getirilmeye çalışılmakta ayrıca arayüzleri kullanıcı dostu haline getirilmesi için birçok plug-in geliştirilmektedir. Birçok programa teknolojiye son gelişmeler doğrultusunda sürekli yenilenmekte ve geliştirilmektedir, içindeki kütüphane dosyaları (default) sık sık güncelleştirilmektedir.



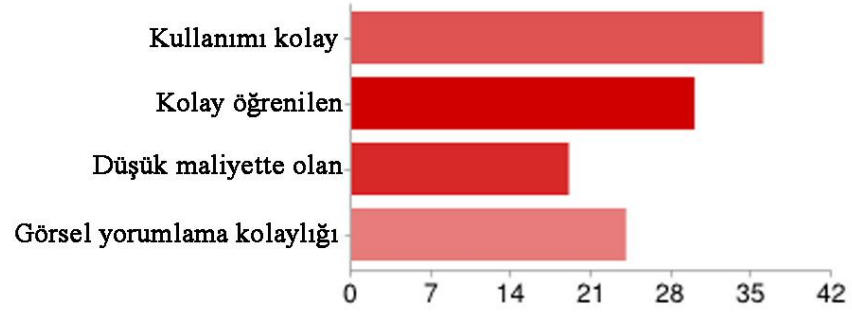
Şekil 4.6: Enerji simülasyon araçlarının temel problemi

Türkiye’de mimarlık ofislerinde en yaygın olarak AutoDesk yazılımı kullanılmaktadır. Anket verilerine göre mimarlardan %69’u enerji simülasyon programlarının CAD yazılımlı programlar ile uyumlu bir şekilde çalışması tasarımın kalitesini artıracak bir etken olarak düşünmektedir. Bu nedenle bu programların ofislerde daha yaygın olarak kullanılması için CAD programları ile uyumluluk çalışmalarına daha çok ağırlık verilmelidir. Ayrıca %31’lik bir dilim bu programların CAD programları ile birlikte çalışmasının mimarları tasarımda daha etkin kılacağını düşünmektedir. Buna karşılık katılımcıların %29’u bu araçların CAD yazılımlarıyla birlikte çalışmasının tasarım sürecinin yavaşlatığına inanmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Enerji simülasyon programlarının CAD yazılımları ile birlikte çalışması

Mimarlaş için bu programların yaygın kullanılması için en büyük etken kullanımı kolay ve kolay öğrenilir hale getirilmelidirler (Şekil 4.8). Bunun için de kullanıcı dostu arayüzler geliştirilip, her yeni gelişmeyle programların içine dahi edilmektedir.



Şekil 4.8: Araçların kullanımının yaygın olması için gerekenler

Tüm bu anket verilerinde de görüldüğü gibi, katılımcı mimarların enerji simülasyon programları hakkında görüşlerine baktığımızda; bu programlar kullanımı zor, kolay öğrenilmeyen ve tasarımda tasarımın kalitesini arttırmasına rağmen zamandan çalan programlar olarak görülmektedir. Bu anlayışı yıkmak için gerekli çalışmalar başlanmalı ve tasarımcılar için bu araçlara yönelik daha çok tanıtıcı faaliyetleri gerçekleştirilmelidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerjiyi etkin kullanma sorunsalı günümüzün çevresel ve ekonomik boyutları gözönünde bulundurulduğunda dünya gündeminde giderek daha önemli olmaktadır. Yapılar ise toplam enerji tüketiminde en yüksek paya sahiptir. Binaların yüksek enerji ihtiyaçları karşılamak için birçok doğal kaynak tüketim tükenme tehlikesi altındadır. Bu nedenle enerjiyi etkin kullanan, çevre dostu bina üretimi pek çok ülke politikiansında öncelikli olarak değerlendirilmektedir.

Binalarda enerjinin etkin kullanımı, tasarımın ilk aşamalarından itibaren binanın yönü, binanın diğer binalara olan mesafesi ve konumlandırılma durumu, binanın biçimi, binanın kabuk sistemi, güneş kontrolü ve doğal havalandırma, mekana ait boyutsal özellikler, kullanıcı yoğunluğu, yapı elemanları ve servis sistemleri gibi tasarım parametrelerinin kararlara bağlıdır. Dinamik olarak binanın zaman içinde değişimlere göstereceği tepki tüm bu parametreler göz önünde bulundurularak değerlendirilmektedir. Bu da göstermektedir ki, tasarım süreci içinde birçok parametreyi barındıran ve sürekli geri besleme ile ilerleyen, karmaşık bir süreçtir. Bu bağlamda mimari tasarım süreci ve sürdürülebilir mimarlık birbirinden çok farklı kavramlar olmamakla birlikte, iki sürecin birbirlerine tasarımın ilk aşamalarından itibaren entegre olması, yüksek performanslı bina üretiminde etkin bir çözümdür.

Tasarım sürecinde değerlendirilen tüm parametreler aynı olsa bile sürecin sonunda ortaya çıkan ürünü bir formüle bağlamak mümkün değildir. Aynı kullanıcı gereksinimleri içinde, aynı çevre koşullarında, bir tasarımcı birden çok farklı alternatif ürünler sunabilmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir mimarlığın belirli bir mimari formu yoktur, bu düşünce mimari yaratıcılığı kısıtlamaya çalışmaktadır.

Karmaşık tasarım süreci sonunda ortaya çıkan binanın yüksek performanslı, çevresel değerlere öncelik veren, sürdürülebilir bir tasarım ile elde edilmesini sağlamaya yönelik olarak, tasarımcıların karar destek araçlara gereksinimi vardır. Bu araçlar tasarım süreci içinde karar almada etkin, farklı tasarım seçeneklerin değerlendirilmesi, karşılaştırılmasını sağlayacak özellikte olmalıdır. Günümüzde dinamik olarak binanın performansının hesaplayabilen enerji simülasyon programları

olarak bilinen bilgisayar destekli tüm bina analzi araçları karar destek sistemi olarak kullanılmaktadır.

Tasarıma yardımcı simülasyon araçları bina tasarım rolünü değil, enerji etkinliği ve çevresel performansını değerlendirme rolünü üstlenmektedirler. Bu bağlamda simülasyon programları tasarım süreci içinde tasarımcının zihnindeki henüz somut bir ürüne dönmüşmemiş olan tasarımını nasıl gerçekleştirileceği yönündeki sorusunun cevabını değil, bunu gerçekleştirdiğinde sonucun ne olacağı sorusunun cevabını aramak için kullanılmaktadır. Tasarımcı bir çok alternatif içinden en iyi tasarım seçeneğini yakalayabilmek için tüm tasarım seçenekleri enerji simülasyon araçları ile test etmek ve sonuçları karşılaştırmak durumundadır. Tasarımcının elde etmek istediği yüksek performanslı tasarımı, tasarım seçenekleri içinden seçim yapmak üzere, girdi verileri değerleri azaltılarak veya çoğaltılarak ve sonuçları karşılaştırılarak en iyi sonucu vereni bulmaya çalışmaktadır. Enerji performansı araçlarının kullanım ile;

- Binanın sanal ortamda modellenesi yapılarak tasarım aşamasında verilen kararlar doğrultusunda binanın enerjitetim eğilimleri hakkında bilgi edinilir
- Enerji tüketimi değerlerini azaltabilmek için çeşikli en uygun duruma getirme stratejileri geliştirilir
- İlk yapım maliyetleri ve işletme maliyetleri hesaplanır
- Mimarları ve mühendislik ekiplerini ortak bir platformda buluşturarak ekipler arası bir entegrasyon sağlanır

Tüm bina enerji analizleri günümüzde tasarım sürecinin bir parçası hatta tamamlayıcısıdır. Fakat uygulamada; simülasyon programları tasarımı destekleyen bir araç olarak değil, bir performans doğrulayıcısı olarak kullanılmaktadır. Oysa tasarım süreci boyunca simülasyon araçlarını kullanmak, binanın performans gereksinimleri doğrultusunda daha uygun hale getirilmesine yönelik potansiyeller barındırmakta, farklı alternatiflerin, performans kriterleri bağlamında analiz edilerek, bütün bina performansına etkisinin tasarımcı tarafından kolayca kavranabilmesini sağlamaktadır.

Performansa dayalı tasarımda, tasarımın her bir evresi için gerekli olan, kararların alınmasında etkili olabilecek parametrelerin tanımlanması, tasarımcının kararlarını kolaylaştırmada önemli rol oynamaktadır. Bina simülasyon araçları ile yapılacak enerji analizleri sürecinde en önemli adım binaya ve çevreye ait verileri toplanması

ve tasarım parametrelerinin tanımlanmasıdır. Doğru tanımlama sonucu kavramsal değerler olan tasarım parametreleri nicel verileri çevrilemesi ile simülasyon programlarında kullanılacak girdi verilerine dönüşmektedir. Yapılacak analizlerden elde edilecek çıktı verilerinin güvenilirliği direkt olarak toplanan girdi verilerine bağlıdır.

Bu çalışma ile ortaya konmak istenen, tasarımcının süreç içinde kararları kendi başına aldığı ve uzmanlık alanlarına ilişkin danışmanlık desteği almadan tasarımını kişisel deneyimlere dayalı yürüttüğü, geleneksel mimari tasarım anlayışına karşı içinde birçok performans analiz barındıran farklı disiplinlerin birlikte çalıştığı, bunu yaparkende destek sistemlerinden yararlanan yen bir sürecin varlığını göstermektir. Bu öneride, tasarım sürecinin bina enerji simülasyon araçları ile bütünleştirilmesi ile tasarım sürecinin her aşamasında değerlendirilen parametreler üzerinden, öncelikle değerlendirilmesi gerekenlerin bina performansa yönelik tasarım parametrelerinin simülasyon programları aracılığıyla nicelleştirilerek belirlendiği bir yöntem ortaya konmuştur.

Fakat anket çalışmaları göstermektedir ki var olan teorikteki bu yöntem uygulamaya aktarılmasında bazı problemlerle karşılaşmaktadır. Yapılan anketin genel sonuçlarına bakıldığında katılımcı mimarlar bu enerji simülasyon araçlarını kullanımı zor, kolay öğrenilmeyen, tasarımın kalitesini artırmasına rağmen tasarım sürecini yavaşlatan programlar olarak görmektedir. Bu nedenle bu araçların tasarım süreci içinde kullanımı katılımcılar arasında %18'lik küçük bir dilimdir.

Mimari tasarım doğası gereği kendine özgü bir yapıya sahiptir. Her bir tasarım ise kendi koşullarında değerlendirilmelidir. Kısacası mimari tasarım sınırsızlığı yüzünden tasarımda bir genelleme yapmak doğru değildir. Fakat tasarımcılar için oluşturulacak “Yüksek Performanslı Bina Tasarımı Kılavuzu”, bir genellemeye dayalı oluşturulmasına rağmen, tasarımın sınırlandırılmasına neden olan yaklaşımlardan uzak, elde edilecek sonuçlara ilişkin beklentinin tarıflendiği bir yol göstericiler olarak değerlendirilmelidir. Bu çalışma kapsamında sunulanlar, bu kılavuzun oluşturulabileceğine yöneliktir. Bu klavuzun içeriğinde olması gerekenler aşağıdaki gibidir.

1. Tasarım süreci içinde tasarımın her aşaması için performansı etkileyecek tüm parametreler tanımlanmalı, bunun sonucunda enerji simülasyon araçlarının kullanımı ile hangi tasarım aşamasında, hangi parametrelerin analiz edileceği belirlenmektedir.

2. Tasarım parametrelerinin programalarda girdi verisi olarak kullanılacak nicel verileri tanınlanmalıdır.
3. Bu parametreler doğrultusunda enerji simülasyon araçlarının yapabileceklerinin sınırları tanımlanmalıdır.
4. Girdi verilerini toplanmasının kolaylaştırmak için bir veri bankasi sistemi geliştirilmelidir. Bu sistemde binanın tasarım aşamasında ihtiyaç duyulan her türlü veriyi sanal ortamda kayıt altında tutarak ihtiyaç anında kolay erişim sağlayacaktır.

Tüm bunların uygulanabilemsi için simülasyon araçlarının kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bunun için yapılamsı gerekenler ise;

1. Kullanıcı dostu arayüzler ile kullanımı daha kolay hale getirilmeli
2. Diğer programlarla birlikte kolay çalışma kabiliyeti olmalı
3. Çıktı veriler kolay yorumlanmalı
4. Bu araçların kullanımına mimarlık eğitim süreci içinde başlanmalı ve mimari proje derslerinde bu programaların kullanılmasına teşfik edilmeli
5. Kullanım ile ilgili eğitimler sadece EVD şirketleri ile sınırla kalmamalı, üniversitelerde ve çeşitli kuruluşlarda bu konu ile ilgili daha çok seminer verilmelidir.

KAYNAKLAR

- Aburdene, M. F.** (1988). Computer Simulation of Dynamic Systems, Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, IA, 354.
- Al-Homoud, M. S.** (2001). Computer aided building energy analysis techniques, Building and Environment, 36: 421-433.
- Augenbroe G.** (2002). Trends in Building Simulation, Building and Environment, v.37, 891-902.
- Balmori D.** (2000). "Landscapes that Renew", Sustainable Achitecture White Papers, New York, s.21-22.
- Bayazit, N.** (1994). Endüstrü Ürünlerinde ve Mimarlıkta Tasarlama Metodlarına Giriş, 14.
- Bonneaud, F., Musy, M. ve Depecker, P.** (2001). Simulation Of The Wind in Hot And Humid Climates Cities:Evaluation of The Natural Ventilation Potential of The Housing in Urban Blocks, Ecole d'Architecture de Nantes, 44319 Nantes – France.
- Broadbent, G.** (1969). Design Methods in Architecture, Lund Humphries, London.
- Bulut, H., Şahin, H. ve Karadağ, R.** (2006). Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Tekno-Ekonomik Analizi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa MYO, İklimlendirme ve Soğutma Programı, Şanlıurfa.
- Clarke, J. A.** (2001). Energy simulation in building design, Butterworth-Heinemann, 43-58.
- Communication From The Commission** (2006). Energy efficiency: delivering the 20% target, sayfa:3, Brussels OECD, Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050: In Support of the G8 Plan of Action/International Energy Agency. Paris: OECD/ IEA, sayfa 479.
- Compagnon, R. ve Raydan, D.** (2000). Irradiance and illuminance distributions in urban areas, Proc. PLEA 2000, Cambridge UK, July 2000, 436-441.
- Ding, G. K. C.** (2008). Sustainable Contruction- The Role of Environmental Assesment Tools, Journal of Environmental Management, sayı 86, 451-464.
- Esin, T.** (2001). www.mam.gov.tr/enstituler/mktae/kritek-kitap/kritek405.html Kritek 2001." Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü., İzmit.
- Erengözgin, Ç.** (2001). Enerji Mimarlığı, Yapı, 234, YEM Yayınları, İstanbul.

- Fuchs, H.U. ve Simon, M.** (1995). Teaching building simulation with the help of general purpose dynamical modelling software, Proceedings of the IBPSA Building Simulation '95 conference, Madison, Wisconsin, USA, 362-369.
- Gibson, E. J., Coordinator of the CIB working commission W060** (1982). Working with the performance approach in building, CIB State of the Art Report no 64, CIB, Rotterdam, Hollanda.
- Gielingh, W.F.** (1988). General AEC Reference Model (GARM), Report No. IBBC – BI-88-150, TNO, Delft, Hollanda.
- Hand, J.W.** (1993). How to train users of simulation based thermal performance analysis tools, Proceedings of the IBPSA Building Simulation '93 conference, Adelaide, Australia, 39-45.
- Hand, J.W. ve Hensen, J.L.M.** (1995). Recent experiences and developments in the training of simulationists, Proceedings of the IBPSA Building Simulation '95 conference, Madison, Wisconsin, USA, 346-353.
- Harputlugil, G.** (2009). Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli, 8
- Harputlugil G.U. ve Hensen, J.L.M.** (2006). “Relation Between Building Assessment Systems and Building Performance Simulation”, International Build & Human Environment Research Week Proceedings, 3-7 April, Delft University of Technology, Hollanda, 333-343.
- Harputlugil, G. U.** (2007). Mimari Tasarım Süreci İçinde Bina Enerji Simülasyon Programı Uygulamalarının Yeri, Teknoloji Dergisi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, Cilt:10, sayı:3, 143-159.
- Hensen, J. ve Lamberts, R.** (2010). Introduction to building performance simulation”.
- Hensen, J.L.M.** (2003). Simulating building performance: just how useful is it?, REHVA Journal, nr. 4, Federation of European Heating, Ventilating and Air-conditioning Associations - REHVA, Brussels, 18-24.
- Hensen J.L.M.** (1994). Energy related design decisions deserve simulation approach, Eindhoven University of technology.
- Hensen, J.L.M. ve Lamberts, R.** (2011). Building performance simulation for design and operation. New York, NY: Spon Press.
- Hetherington, R. ve Laney, R.** (2011). ‘Integrated Building Design, Information and Simulation modelling: The Need for a New Hierarchy’, The Open University, Milton Keynes, UK.
- Hien, W. N., Poh L. K. ve Feriadi H.** (200). The use of performance-based simulation tools for building design and evaluation — a Singapore perspective, Building and Environment, 35: 709-736.

- Hong, T., Chou, S.K. ve Bong, T.Y.** (2000). Building Simulation: An overview of developments and Information Sources, *Building and Environment*, 35:4, 347-361.
- Hui, S.C.M.** (1998). Simulation Based Design Tools for Energy Efficient Buildings in Hong Kong”, *Hong Kong papers in Design and Development*, 1: 40-46.
- IEA.** (2007). Energy Policies of IEA Countries - USAReview, IEA Publications, Fransa.
- Kıran, A. ve Baytın, Ç.P.** (2006). Bina Bilgisine giriş, YTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Kocabey, S., Yüksek, İ. ve Dursun, B.** (2008). Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılarda Doğal Aydınlatma Yöntemleri: Kırklareli Örneği, Kırklareli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü.
- LEED.** (2008). LEED for New Construction and Major Renovation, Version 2.2.
- Mahdavi, A. ve El-Bellahy, S.** (2005). Effort and effectiveness considerations in computational design evaluation: a case study, *Building and Environment*, 40: 1651-1664.
- Mahdavi, A., Feurer, S., Redlein, A. ve Suter, G.** (2003). An inquiry into the building performance simulation tools usage by architects in the Austria’, *IBPSA, Building Simulation*.
- Mardaljevic, J. ve Rylatt, M.** (2000). An imagebased analysis of solar radiation for urban settings, *Proc. PLEA 2000*, Cambridge UK, p442-447.
- Mardaljevic, J. ve Rylatt, M.** (2003). Irradiation mapping of complex urban environments-Energy and Buildings, 27-35
- Melício, R., Mendes, V.M.F. ve Catalão, J.P.S.** (2009). Computer Simulation of Wind Power Systems: Power Electronics and Transient Stability Analysis, *International Conference on Power Systems Transients (IPST2009)* in Kyoto, Japan June 3-6.
- Morbitzer, C. A.** (2003). Towards the Integration of Simulation into the Building Design Process, PhD dissertation, Energy Systems Research Unit, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, UK, 6-10, 51-80.
- Motiva.** (2005). International Review of ESCO activities.
- Okutan, M.** (2001). Akıllı Konutlar, *XXI Mimarlık Kültürü Dergisi*, 9,114-117.
- Onaygil, S., Meylani, E. ve Satman, A.** (2007). Enerji Verimliliği Danışmanlık Şirketlerini Finansman Yöntemleri Ve Türkiye İçin Öneriler, İTÜ Enerji Enstitüsü.
- Özbalta, N. ve Göksal, T.** (2002). Enerji Korunumunda Düşük Enerjili Bina Tasarımları. *Tesisat mühendisliği dergisi*. Sayı:69, Makine Mühendisleri Odası, İstanbul.
- Özçuhadar, T.** (2007). Binalarda yaşam döngüsü. *Yapıda ekoloji dergisi*, 14-18.

- Özügül, M., D.** (1998). Sürdürülebilir şehirleşme ve toplu konut projelerinde etkin enerji kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Reichard, G. ve Papamichael K.** (2005). Decision-making through performance simulation and code compliance from the early schematic phases of building design, *Automation in Construction*, 14:173-180.
- RIBA.** (2007). Outline Plan of Work
- Rosenfeld, A. H. ve Hafemeister, D.** (1988). Energy-efficient building, *Scientific American*, 258, 56-63.
- Schwenck, M. ve Sarıyıldız, S.** (1997). An Integrated Software Environment for the Architectural Design Process”, In: L. Hempel, H. Kirschke (eds.); *Digital Proceedings IKM 1997 (CD-ROM)*, Bauhaus-Universität Weimar, Weimar, Almanya, 1-6.
- Spekkink, D. ve ark.** (2004). ‘PeBBu Domain 3 Final Report (available online at www.pebbu.nl)
- Szigeti, F. ve Gerald, D.** (2005). Performance Based Building (PBB): An Overview, PeBBu Network Publication (available online at www.pebbu.nl)
- Szigeti, F. ve Gerald, D.** (2005). What is Performance Based Building (PBB): in a Nutshell, PeBBu News Article (available online at www.pebbu.nl)
- TMMOB.** (2002). Serbest Mimarlık Hizmetleri Uygulama ve Mesleki Denetim Yönetmeliği, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Ankara, 1-15.
- Tuschinski, M.G.** (1995). Computer- Aided Training of Bioclimatic Architectural Design, experience with teachware for building performance prediction, *Proceedings of the IBPSA Building Simulation '95 conference*, Madison, Wisconsin, USA, 354-361.
- Url-1** <<http://www.binsimder.org.tr/>>, alındığı tarih: 29.06.2011.
- Url-2** <<http://www.ensaenerji.com/>>, alındığı tarih: 10.01.2012.
- Url-3** <<http://www.gurisikenerji.com/>>, alındığı tarih: 16.03.2012.
- Url-4** <<http://www.evd.com.tr/>>, alındığı tarih: 10.04.2011.
- Url-5** <<http://www.edsmenerji.com.tr/>>, alındığı tarih: 12.05.2011.
- Url-6** <<http://bep.yigm.gov.tr/>>, alındığı tarih: 21.03.2011.
- Url-7** <<http://www.ibpsa.org>>, alındığı tarih: 04.03.2012.
- Url-8**
<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/pagename_menu=whole_building_analysis/pagename_submenu=energy_simulation>, alındığı tarih: 04.05.2012.

Url-9

<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/pagename_menu=whole_building_analysis/pagename_submenu=renewable_energy>, alındığı tarih: 04.03.2012.

Url-10<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/alpha_list.cfm

>, alındığı tarih: 21.04.2012.

Url-11<http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/yonetmelik.html

>, alındığı tarih: 23.04.2012.

Url-12

<http://www.izoder.org.tr/EkoYalitim/TeknikSartname/digeruygulamalar/balkon_ve_konsol_%20altlarinda_isiyalitim.pdf>, alındığı tarih: 04.05.2012.

Url-13<http://www.peyzajlife.com/?makale_saglikli-sehirler-icin-yesil-catilar

>, alındığı tarih: 12.05.2012.

Url-14<http://www.catider.org.tr/makale_20.php>, alındığı tarih: 08.05.2012.

Url-15<<http://www.bsim.dk>>, alındığı tarih: 12.05.2012.

Url-16<<http://www.dest.com.cn/>>, alındığı tarih: 12.05.2012.

Url-17<<http://simulationresearch.lbl.gov>>, alındığı tarih: 14.05.2012.

Url-18<<http://www.squ1.com>>, alındığı tarih: 15.05.2012.

Url-19<<http://pages.suddenlink.net/enerwin>>, alındığı tarih: 15.05.2012.

Url-20<<http://www.sbicouncil.org/energy10-soft>>, alındığı tarih: 17.05.2012.

Url-21<<http://www.energyplus.gov>>, alındığı tarih: 18.05.2012.

Url-22<<http://www.doe2.com>>, alındığı tarih: 21.05.2012.

Url-23<<http://www.esru.strath.ac.uk/>>, alındığı tarih: 24.05.2012.

Url-24<<http://www.iesve.com/>>, alındığı tarih: 26.05.2012.

Url-25<<http://www.aud.ucla.edu/energy-design-tool>>, alındığı tarih: 26.05.2012.

Url-26<<http://www.trane.com/COMMERCIAL/DNA/View.aspx?i=1136>>, alındığı tarih: 30.05.2012.

Url-27<<http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>>, alındığı tarih: 26.05.2012

Utkuğ, G. ve Ulukavak, G. (2002). Building Simulation Programs as a Tool of Energy Performance Evaluation, TTMD V. International HVAC+R Technology Symposium, 29 Nisan-1 Mayıs, İstanbul, Türkiye.

- Utkutuğ, G. ve Ulukavak, G.** (1999). Binaların Enerji Performansının Değerlendirilmesi Bağlamında Bina Simülasyon Programları, TMMOB Makine Mühendisliği Dergisi, 19, Makine Mühendisleri Odası.
- Utkutuğ, G.** (1998). Binaların Enerji Performansının Değerlendirilmesi Bağlamında Bina Simülasyon Programları, TMMOB Makine Mühendisliği Dergisi, 14, Makine Mühendisleri Odası.
- Yılmaz, Z.** (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji.

EKLER

EK A:

ANKET SORULARI

Ülkemizde simülasyon araçlarının tasarım sürecindeki kullanım durumunu tespit etmek için hazırlanmıştır. Bina tasarım sürecinde enerji etkinliği ve çevre dostu olma başta olmak üzere bina performansını etkileyecek, doğru malzeme ve yapı elemanı kararı almaya yardımcı olacak birçok simülasyon (benzetim) programı geliştirilmiştir. Bu ankette mimarlara bu programlara bakış açısı, bu programların kullanımına yönelik bir durum analizi yapılması hedeflenmiştir.

- 1- Binalarda enerji performansı yönetmeliği hakkında bilginiz var mı?
a) Evet b) biraz c) hayır hiç duymadım
- 2- Binalarda enerji kimlik belgesi hakkında bilginiz var mı?
a) Evet b) biraz c) hayır hiç duymadım
- 3- Enerji Verimliliği Danışmanlık Firmaları hakkında bilginiz var mı?
a) Evet b) biraz c) hayır hiç duymadım
- 4- BEP-tr hakkında bilginiz var mı?
a) Evet b) biraz c) hayır hiç duymadım
- 5- Enerji performansı simülasyon programları hakkında bilginiz var mı?
a) Evet b) biraz c) hayır hiç duymadım
- 6- Ofisinizde bu programları kullanıyor musunuz?
a) Evet kullanıyorum
b) Kullanmayı düşünüyorum
c) Hayır, hiç kullanmadım
d) Kullanmayı düşünmüyorum

- 7- Eğer kullanıyorsanız ofisinizde kullanma nedenleriniz neler?
- a) Tasarımda düzenleyici gereksinimleri karşılamak için
 - b) Diğer ofislerle rakabet edebilmek için
 - c) Tasarım sürecini hızlandırmak için
 - d) Tasarım kalitesini arttırmak için
 - e) Diğer
- 8- Simülasyon araçların hangilerinde performans değerlendirilmesinde sizce daha etkilidir?
- a) Isıtma ve soğutma
 - b) Gün ışığı analizi ve yapay aydınlatma
 - c) Havalandırma ve iç ortam hava kalitesi
 - d) Akustik
 - e) Yangın güvenliği
 - f) Rüzgar
 - g) Güneş kontrolü elemanlarının tasarımı
 - h) Diğer
- 9- Genel olarak bu araçların ofislerde tercih edilmeme nedenleri sizce nelerdir?
- a) İhtiyaç duyulmaması
 - b) Tasarım sürecini yavaşlatması
 - c) Çalışanlar tarafından araçların nasıl kullanılacağı bilinmemesi
 - d) Yüksek maliyet
 - e) Öğreniminin zor olması
 - f) Diğer
- 10- Sizce bu araçların aşağıdaki özelliklerden hangisi veya hangilerini kapsamaları onun kullanımını yaygınlaştırır ?
- a) Kullanımı kolay
 - b) Kolay öğrenilen
 - c) Düşük maliyetle olan
 - d) Görsel yorumlama Kolaylığı

11- Bu programların temel problemi sizce nedir?

- a) Yetersiz arayüzleri olması
- b) Girdi (input) verilerinin yetersizliği
- c) Çıktı (output) sonuçlarının yetersizliği
- d) Diğer programlarla uygun çalışmaması

12- Ofislerde en çok kullanılan CAD programı ile bu programların entegrasyonunu nasıl değerlendiriyorsunuz?

- a) Tasarım sürecini hızlandırıyor
- b) Tasarım sürecini yavaşlatıyor
- c) Mimarları daha yetkin kılıyor
- d) Tasarımın kalitesini arttırıyor

13- Ofisinizde bu programları ne sıklıkla kullanılıyorsunuz?

- a) Bazen
- b) sadece yarışmalarda
- c) sürekli

14- Tasarımın hangi sürecinde bu programları kullanıyorsunuz?

- a) Ön tasarım sürecinde
- b) Proje tasarım sürecinde
- c) Uygulama sürecinde

15- Ne kadar süredir bu programları kullanıyorsunuz?

.....ayyıl

16- Hangi enerji performansı simülasyon programlarını ofisinizde kullanıyorsunuz?

17- Kim tarafından kullanılıyor?

- a) Ofis çalışanları
- b) Enerji Yönetimi ve Danışmalık Hizmeti (EVD)

- c) Enerji kimlik belgesi uzmanı
- d) Enerji yöneticisi

18- Sonuçlar sizin için yeterli oluyor mu?

- a) Evet
- b) bazen
- c) hayır

Katıldığınız için teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Sevim Tunali

Doğum Yeri ve Tarihi: İSTANBUL 31/07/1986

**Adres: Beşyüzevler cad. Hürriyet. Mah. 280 sok. No:6/3
Gaziosmanpaşa/İSTANBUL**

E-Posta: sevim.tunali@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi / Mimarlık