MAKALE

BİNA ENERJİ TÜKETİMİNİN BİNA ENERJİ ANALİZİ PROGRAMLARI İLE HESAPLANMASI

CALCULATION OF BUILDING ENERGY CONSUMPTION WITH BUILDING ENERGY ANALYSIS PROGRAMS

İbrahim Halil KOZAN, Prof. Dr. Hüsamettin BULUT

HAKEMLER*

A. İbrahim ATILGAN, Yrd. Doç. Dr.
Abdülvahap YİĞİT, Prof. Dr.
Ahmet CAN, Prof. Dr.
Ali GÜNGÖR, Prof. Dr.
Arif HEPBAŞLI, Prof. Dr.
Aytunç EREK, Prof. Dr.
Bedri YÜKSEL, Prof. Dr.
Dilek KUMLUTAŞ, Prof. Dr.
Fikret PAZIR, Prof. Dr.
Hüsamettin BULUT, Prof. Dr.
İlhan Tekin ÖZTÜRK, Prof. Dr.
İsmail KARAÇALI, Prof. Dr.
M. Barış ÖZERDEM, Prof. Dr.
M. Turhan ÇOBAN, Doç. Dr.
Macit TOKSOY, Prof. Dr.
Mehmet KANOĞLU, Prof. Dr.
Moghtada MOBEDİ, Doç. Dr.
Muhsin KILIÇ, Prof. Dr.
Mustafa ACAR, Prof. Dr.
Olcay KINCAY, Prof. Dr.
Orhan BÜYÜKALACA, Prof. Dr.
Ramazan KÖSE, Prof. Dr.
Rasim KARABACAK, Prof. Dr.
Recep YAMANKARADENİZ, Prof. Dr.
Selami KESLER, Yrd. Doç. Dr.
Serhan KÜÇÜKA, Prof. Dr.
Y. Onur DEVRES, Prof. Dr.
Tuncay YILMAZ, Prof. Dr.
Yunus ÇERÇİ, Prof. Dr.

*Alfabetik olarak sıralanmıştır. Makale/Makaleler, kurulda yer alan ve değerlendirme yapmak üzere seçilen hakemler tarafından incelenmiştir.

ÖZET

Bu çalışmada, bina enerji analiz ve simülasyon programları tanıtılmış ve yaygın olan Carrier HAP, TRNSYS ve BepTR programları örnek bir bina üzerinde kullanılmış ve analizler yapılmıştır. Carrier HAP programında mimari projeye göre bina mahal ve zonlara ayrılarak enerji analizi ve simülasyonu yapılmıştır. TRNSYS ve BepTR programlarında ise bina tek zon olarak incelenmiştir. Seçilen binanın kat ve mahal bilgileri, programlara tanımlandıktan sonra programların bina için hesapladığı yıllık enerji tüketim miktarları, Carrier HAP programında 148 kW, BepTR programında 121 kW ve TRNSYS programında 100 kW olarak bulunmuştur. BepTR programında enerji tüketim hesabına göre bina C sınıfı bina tipine yerleştirmiştir. İnfiltrasyon ısı kaybının bina enerji yükü hesaplamasında önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Gerekli önlemler alındığında, binanın yıllık enerji tüketiminin 90 kW değerine kadar düşebileceği tespit edilmiştir. Çok zonlu binalarda Carrier HAP gibi detaylı veri girişi olan ve hızlı sonuçlar veren programların enerji analizinde kullanılmasının uygun olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bina Enerji Analizi, Simülasyon Programları, Enerji Tüketimi

ABSTRACT

In this study, building energy analysis and simulation programs were introduced. In a sample building, Carrier HAP, TRNSYS and BepTR programs were used on a sample building and analyzes were carried out. In the Carrier HAP program, energy analysis and simulation were made by dividing them into spaces and zones according to the architectural project. In TRNSYS and BepTR programs, the building was examined as a single zon. After the floor and location information of the selected building are defined in the programs, the annual energy consumption amounts calculated by the programs for the building were found as 148 kW in the Carrier HAP program, 121 kW in the BepTR program and 100 kW in the TRNSYS program. BepTR program has placed the building into the C class building type. according to the energy consumption calculation. It was seen that the infiltration heat loss is an important factor in the building energy load calculation. It has been determined that the annual energy consumption of the building can decrease up to 90 kW when necessary measures are taken. In multi-zone buildings, programs like Carrier HAP with detailed data entry and fast results can be chosen for energy analysis.

Keywords: Building Energy Analysis, Simulation Programs, Energy Consumption

1. GİRİŞ

Günümüzde nüfusun artmasıyla birlikte konutlar artmıştır. Ayrıca teknolojinin gelişmesiyle birlikte binalarda insan konforu için kullanılan makina elemanları da artmıştır. Bu etmenler binalarda enerji tüketimini artırmıştır. TÜİK istatistiklerine bakıldığında ülkemizde 2017 senesi itibarıyla tüm bina sayısı toplamı dokuz milyonun üstünde olduğu ve bu binaların hemen hemen her yüz tanesinden seksen beşin üzerinde konut çeşidi binalar olduğu belirlenmiştir [1]. Türkiye'de tüm enerji tüketiminin %20'sinin binalardan kaynaklandığı, HVAC sistemlerinden kaynaklanan enerji tüketiminin binalarda %57'nin üstünde olduğu, ısıtma ve soğutma enerji tüketiminin toplamdaki oranının %32'yi geçtiği yapılan çalışmalarda görülmüştür[2]. 2018 yılında binalarda harcanan 33 milyon TEP enerjisinin 21.12 milyonu konut tipi binalardan, 11.88 milyonun ise hizmet binalarında harcandığı belirlenmiştir. Konut tipi binaların hizmet tipi binalara göre daha fazla enerji harcadığı tespit edilmiştir [3].

Ülkemizde 2020 yılında birincil enerjiden ne kadar tasarruf edileceği ile alakalı yapılan çalışmanın sonucunda 220 milyonun üzerinde TEP birincil enerjinin %15'inin tasarruf edileceği sonucuna varılmıştır [4]. Florides ve ark. [5] tipik modern bir evin enerji simülasyonunu TRNSYS programında oluşturmuşlar, yaz aylarında yapılan havalandırmanın bir yılda soğutma yoluyla tüketilen enerjide %7,7 oranda düşmesini sağladığını ve emisyon miktarı düşük olan iki camlı pencereler yerleştirildiğinde evin bir yılda soğutmadan kaynaklı tükettiği enerjide %23'ün üzerinde bir azalma olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Aized ve ark. [6] binada enerji yükünün en fazla çatıda iletim yoluyla olan kayıplardan olduğu ve bu yükün %20'nin üzerinde olduğu, pencerelerden iletim yoluyla oluşan kayıpların %6'nın üzerinde olduğu ve hava sızıntısından dolayı oluşan kaybında %3'ün üzerinde olduğunu hesaplamışlardır. Enerji kaybını düşürmek için yapmış oldukları çalışmada farklı parametreler uygulayarak enerji tüketiminde toplam %28'in üzerinde azalma sağlanabileceğini göstermişlerdir. Bu çalışmada,

ÖZET

Bu çalışmada, bina enerji analiz ve simülasyon programları tanıtılmış ve yaygın olan Carrier HAP, TRNSYS ve BepTR programları örnek bir bina üzerinde kullanılmış ve analizler yapılmıştır. Carrier HAP programında mimari projeye göre bina mahal ve zonlara ayrılarak enerji analizi ve simülasyonu yapılmıştır. TRNSYS ve BepTR programlarında ise bina tek zon olarak incelenmiştir. Seçilen binanın kat ve mahal bilgileri, programlara tanımlandıktan sonra programların bina için hesapladığı yıllık enerji tüketim miktarları, Carrier HAP programında 148 kW, BepTR programında 121 kW ve TRNSYS programında 100 kW olarak bulunmuştur. BepTR programında enerji tüketim hesabına göre bina C sınıfı bina tipine yerleştirmiştir. İnfiltrasyon ısı kaybının bina enerji yükü hesaplamasında önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Gerekli önlemler alındığında, binanın yıllık enerji tüketiminin 90 kW değerine kadar düşebileceği tespit edilmiştir. Çok zonlu binalarda Carrier HAP gibi detaylı veri girişi olan ve hızlı sonuçlar veren programların enerji analizinde kullanılmasının uygun olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bina Enerji Analizi, Simülasyon Programları, Enerji Tüketimi

ABSTRACT

In this study, building energy analysis and simulation programs were introduced. In a sample building, Carrier HAP, TRNSYS and BepTR programs were used on a sample building and analyzes were carried out. In the Carrier HAP program, energy analysis and simulation were made by dividing them into spaces and zones according to the architectural project. In TRNSYS and BepTR programs, the building was examined as a single zon. After the floor and location information of the selected building are defined in the programs, the annual energy consumption amounts calculated by the programs for the building were found as 148 kW in the Carrier HAP program, 121 kW in the BepTR program and 100 kW in the TRNSYS program. BepTR program has placed the building into the C class building type. according to the energy consumption calculation. It was seen that the infiltration heat loss is an important factor in the building energy load calculation. It has been determined that the annual energy consumption of the building can decrease up to 90 kW when necessary measures are taken. In multi-zone buildings, programs like Carrier HAP with detailed data entry and fast results can be chosen for energy analysis.

Keywords: Building Energy Analysis, Simulation Programs, Energy Consumption

1. GİRİŞ

Günümüzde nüfusun artmasıyla birlikte konutlar artmıştır. Ayrıca teknolojinin gelişmesiyle birlikte binalarda insan konforu için kullanılan makina elemanları da artmıştır. Bu etmenler binalarda enerji tüketimini artırmıştır. TÜİK istatistiklerine bakıldığında ülkemizde 2017 senesi itibarıyla tüm bina sayısı toplamı dokuz milyonun üstünde olduğu ve bu binaların hemen hemen her yüz tanesinden seksen beşin üzerinde konut çeşidi binalar olduğu belirlenmiştir [1]. Türkiye'de tüm enerji tüketiminin %20'sinin binalardan kaynaklandığı, HVAC sistemlerinden kaynaklanan enerji tüketiminin binalarda %57'nin üstünde olduğu, ısıtma ve soğutma enerji tüketiminin toplamdaki oranının %32'yi geçtiği yapılan çalışmalarda görülmüştür[2]. 2018 yılında binalarda harcanan 33 milyon TEP enerjisinin 21.12 milyonu konut tipi binalardan, 11.88 milyonun ise hizmet binalarında harcandığı belirlenmiştir. Konut tipi binaların hizmet tipi binalara göre daha fazla enerji harcadığı tespit edilmiştir [3].

Ülkemizde 2020 yılında birincil enerjiden ne kadar tasarruf edileceği ile alakalı yapılan çalışmanın sonucunda 220 milyonun üzerinde TEP birincil enerjinin %15'inin tasarruf edileceği sonucuna varılmıştır [4]. Florides ve ark. [5] tipik modern bir evin enerji simülasyonunu TRNSYS programında oluşturmuşlar, yaz aylarında yapılan havalandırmanın bir yılda soğutma yoluyla tüketilen enerjide %7,7 oranda düşmesini sağladığını ve emisyon miktarı düşük olan iki camlı pencereler yerleştirildiğinde evin bir yılda soğutmadan kaynaklı tükettiği enerjide %23'ün üzerinde bir azalma olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Aized ve ark. [6] binada enerji yükünün en fazla çatıda iletim yoluyla olan kayıplardan olduğu ve bu yükün %20'nin üzerinde olduğu, pencerelerden iletim yoluyla oluşan kayıpların %6'nın üzerinde olduğu ve hava sızıntısından dolayı oluşan kaybında %3'ün üzerinde olduğunu hesaplamışlardır. Enerji kaybını düşürmek için yapmış oldukları çalışmada farklı parametreler uygulayarak enerji tüketiminde toplam %28'in üzerinde azalma sağlanabileceğini göstermişlerdir. Bu çalışmada,

enerji analiz ve simülasyon programlarının genel tanıtılması ve örnek bir binanın yıllık tükettiği enerjiyi, enerji analiz ve simülasyon programlarıyla hesaplayıp karşılaştırmak amaçlanmıştır.

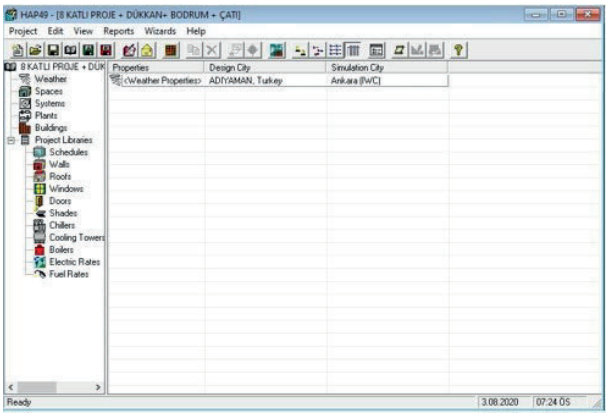
2. BİNA ENERJİ ANALİZ VE SİMÜLASYON PROGRAMLARI

Bu çalışmada örnek bir binada enerji tüketimini hesaplamak için Carrier HAP, BepTR ve TRNSYS programları seçilmiştir. Seçmiş olduğumuz bu programlar günümüzde yaygın kullanıldığından ve sürümleri güncel olduğundan tercih edilmiştir. Her programın menüsü ve seçenekleri farklı olduğu için programların ayrı ayrı incelenmesi yapılmıştır.

2.1. CARRIER HAP PROGRAMI

Carrier HAP programı mühendislerin ve tasarımcıların binalarda enerji analizini yaparken profesyonelce kullanabileceği programdır. HAP programının enerji analizi yaparken yapmış olduğu 8760 saatlik modelleme işlemi yeşil bina veya çevre dostu bina tasarımı için uygundur [7]. Carrier HAP analiz programında 600'e aşkın kentin iklim bilgileri bulunmaktadır. Carrier HAP programında 2500 kadar mahal atanabilmektedir. Mahaller girildikten sonra mahallerin kaç gün ve hangi saat aralıklarla kullanıldığını belirleyen ve maksimum 8 adet tanımlanabilen bir işletim programı tanımlanır. Bina ile ilgili mahallerin oluşturduğu zon, hava sistemleri ve ana ekipmanlar (ısıtma ekipmanı, soğutma ekipmanı vb.) da girildikten sonra program simülasyona başlatılabilir. Saatlik simülasyon sonucunda bir yılda tüketilen enerji miktarı ve maliyet hesaplanır [8].

Şekil 1.'de Carrier HAP programının ara yüzü gösterilmiştir. Carrier HAP programına seçmiş olduğumuz binanın enerji tüketimini hesaplayabilmek için Şekil 1'de gösterilen menülerdeki adımların uygulanması gerekir. İlk etapta hava durumu verileri, duvar, çatı, kapı ve pencere bilgilerinin mimariye uygun olarak girilmesi gerekir. Sonrasında mimaride bulunan mahallerin özelliklerine göre mahal alanları, mahalde bulunan elektrikli ekipmanların güçlerini, mahalde bulunan insan sayısı ve mahalin yanında, üstünde veya altında ısıtılmayan mahaller varsa programda buna uygun seçenekler seçilmelidir. Son olarak mimariye uygun olarak ısıtma ve soğutma sistemi ataması yapılmalıdır.



Şekil 1. Carrier HAP programının ara yüzü

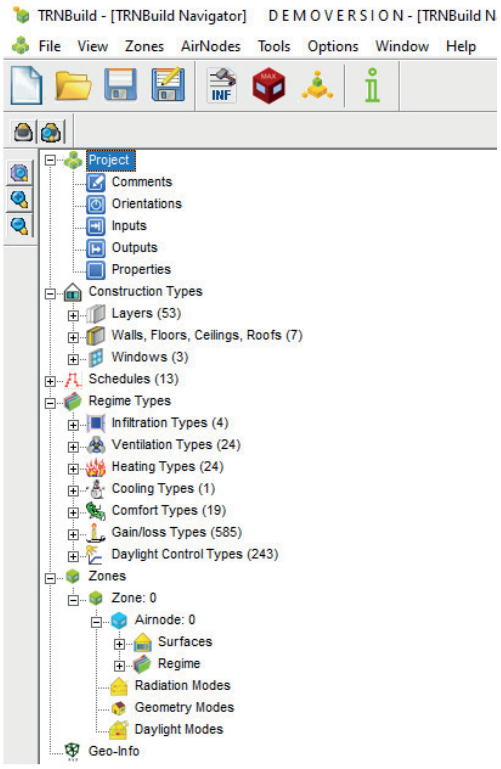
2.2. TRNSYS PROGRAMI

TRNSYS programı konutlarda ve yaşam alanlarında enerji analiz simülasyonu oluşturan ve oluşturduğu simülasyonla yenilenebilir enerji kullanımına olanak sağlayan Wisconsin Üniversitesi'nin oluşturduğu simülasyon programıdır [9]. TRNSYS enerji analiz ve simülasyon programı, simülasyon motoru ve grafik ara yüzü olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Isıtma sistemi, havalandırma sistemi ve iklimlendirme sistemini içeren kütüphanesi binayı oluşturan bileşenleri içerir. Tanımlamak istenen, bileşen kütüphanesinde yer almıyor ise programa bileşenin bilgileri girilip tanımlaması sağlanabilmektedir.

TRNSYS enerji analiz ve simülasyon programı, ısıtma ve soğutmadan kaynaklı enerji tüketim hesabına ilaveten, iç ortamda bulunan havanın kalitesini analiz edebilir, binanın günışığı alma süresine göre aydınlatma modeli oluşturabilir ve güneş alma süresine göre yüzey analizi yapabilir. Programın zayıf noktası binanın yapısında bulunan kabuk için modelleme oluşturamamasıdır [10].

Şekil 2.'de TRNSYS programının ara yüzüne yer verilmiştir. TRNSYS programında Carrier HAP programında olduğu gibi ilk etapta mimarinin iklimine uygun olarak hava durumu bilgileri, duvar, çatı ve pencere bilgileri girilmelidir. TYNSYS programının kullanılan sürümünde tek zonda işlem yapıldığından Carrier HAP programında olduğu gibi tüm mahaller ayrı değil de tek bir çatıda toplanmıştır. Oluşturulan zon için, seçilen mimaride bulunan elektrikli ekipmanların güçleri, binada bulunan insan sayısı ve bu insanların yapmış olduğu fiziksel aktiviteler ve aydınlatma ekipmanlarının yaymış olduğu güçler atanmıştır.

Sistem ataması da yapıldıktan sonra Carrier HAP programından farklı olarak simülasyon motorunda çalışma şartları oluşturulmuştur.

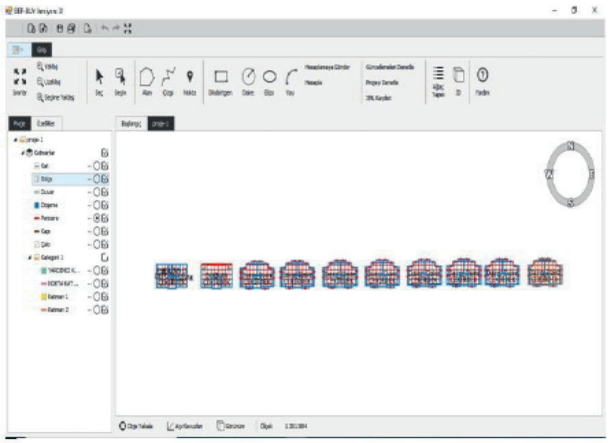


Şekil 2. TRNSYS programının ara yüzü

2.3. BepTR PROGRAMI

BepTR enerji analiz ve simülasyon programı, havalandırmadan, soğutmadan, ısıtmadan kaynaklı binalarda tüketilen enerji miktarını, binanın bulunduğu bölgede günışığı süresini ve günışığının ulaşmadığı yerleri dikkate alarak aydınlatmadan kaynaklı oluşan enerji tüketimini ve sıcak suyu oluşturmak için binanın tükettiği enerjiyi hesaplar [10]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından oluşturulan BepTR programı web tabanlı bir programdır. BepTR programı bir binaya enerji kimlik belgesi verebilmesi için o binanın en az 1001 m^2 olması gerekir. BepTR enerji analiz ve simülasyon programı binanın enerji tüketimini hesaplamasının yanı sıra bu tüketime sebep olan faktörlerin enerji performansına etkisini de göstermektedir [11]. 1 Ocak 2011 tarihinden sonra oluşturulan binaların enerji kimlik belgesi alması zorunludur. Fakat 2011 tarihinden sonra da olsa bazı binalar için enerji kimlik belgesi çıkarma zorunluluğu bulunmamaktadır. Bu bina tiplerini örnek verecek olursak kullanımı 2 yıldan az olacak binalarda, sanayide bulunan binalarda, 50 m2 ve daha az alana sahip olan binalarda ve iklimlendirme yapılmayan depo gibi yerlerde zorunluluk yoktur [12]. Binanın enerji analizi yaptıktan sonra binayı tükettiği enerjiye ve yaydığı karbondioksit salınımına göre sınıflandırmasını yapar. Bu sınıflandırmayı vermiş olduğu harflerle A-G kadar alfabetik sıraya yerleştirir. A sınıfı enerji performansı en yüksek yani enerji tüketimi ve karbondioksit salınımı az olan sınıftır. C sınıfına kadar da yer bulan bina enerji tüketimi iyi anlamındadır. Fakat C sınıfından sonra G sınıfına kadar olan binalar yüksek enerji tüketimi ve yüksek karbondioksit salınımı yapan binalardır. Bu binalara önlem alınması gerekir.

Şekil 3.'de BepTR programının menüsü gösterilmiştir. BepTR programında da diğer enerji analiz programlarında olduğu gibi binaya uygun olarak kat, bölge, döşeme, pencere, kapı ve çatı ataması yapılmalıdır. BepTR programında da TRNSYS programında olduğu gibi tek zon oluşturulmaktadır. Sonraki adımda da oluşturulan zona kullanılan elektrikli ekipmanların güçleri ve son olarak da sistem ataması yapılmıştır.



Şekil 3. BepTR programının menüsünün gösterimi

Crawley ve ark. [13], yapmış oldukları çalışmada yirmi enerji analiz ve simülasyon programını özelliklerine göre karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmada zon yükleri kısmında TRNSYS programının iç termal kütleyi hesaplamada kullandığını, HAP programının ise iç termal kütleyi kullanmadığını, kuru termometre sıcaklık değerini HAP programının kullandığını, TRNSYS programının kuru termometre sıcaklık değerini kullanmadığını, infiltrasyon, havalandırma, oda havası ve çok bölgeli hava

akışı seçeneklerini hem HAP programının hem de TRNSYS programının kullanarak tek zonda infiltrasyon hesabı yapabildiğini tespit etmişlerdir.

Tablo 1.'de enerji analiz ve simülasyon programlarının özellikleri bir arada verilmiştir. Çizelge 1.'de programların çalışma şekli ve yaptıkları analizlere göre özelliklerin bazısına artı bazısına eksi işaretleri konulmuştur. Çizelgede programların özelliklerine ek olarak tanınırlık ve kullanım seçenekleri de konulmuştur. Tanınırlık olarak e-QUEST programı ve ESP-r programı diğer programlara göre geride kalmaktadır. Kullanım seçeneğinde ise ECOTECT programının sürümü artık güncellenmediğinden eksi işareti çizelgeye konulmuştur.

Tablo 1. Enerji analiz programlarının özelliklerinin karşılaştırılması [14]

Simülasyon Programı	**ECOTECT**	**Carrier HAP**	**e-QUEST**	**Energy- Plus**	**Esp-r**	**TRNSYS**	**BepTR**	**DAYSIM**	**CONTAM**
Mimari çözüm alternatiflerinin modellenmesi ile güneş gölge analizleri	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Yüzeylerin güneşlenme sürelerine dayalı analiz	+	-	-	+	+	+	-	+	-
Gün ışığı faktörü ve aydınlık düzeylerine ilişkin modelleme	+	-	-	+	+	+	-	+	-
Hava akış simülasyonu (CFD) ile doğal havalandırma analizi	-	-	-	+	+	+	-	-	+
Yapı kabuğunun modellenmesi	-	-	-	+	+	-	-	+	-
Alternatif malzemelerin performans analizi	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Yenilenebilir enerji kaynaklarına imkan veren bileşen entegrasyonlarının araştırılması	-	-	-	+	+	+	-	-	-
Isıtma ve soğutma sistem tasarımını olanaklı kılan performans simülasyonu analizi	-	+	+	+	+	+	+	+	+
HVAC sistem tasarımını olanaklı kılan simülasyon uygulamaları	-	+	+	+	+	+	+	-	-
İç ortam hava kalitesinin analizi, CFD analizi.	-	-	-	+	+	+	-	-	+
Tanınırlık	+	+	-	+	-	+	+	+	+
Kullanım	-	+	+	+	+	+	+	+	+

3. ENERJİ ANALİZİ YAPILAN BİNA BİLGİLERİ

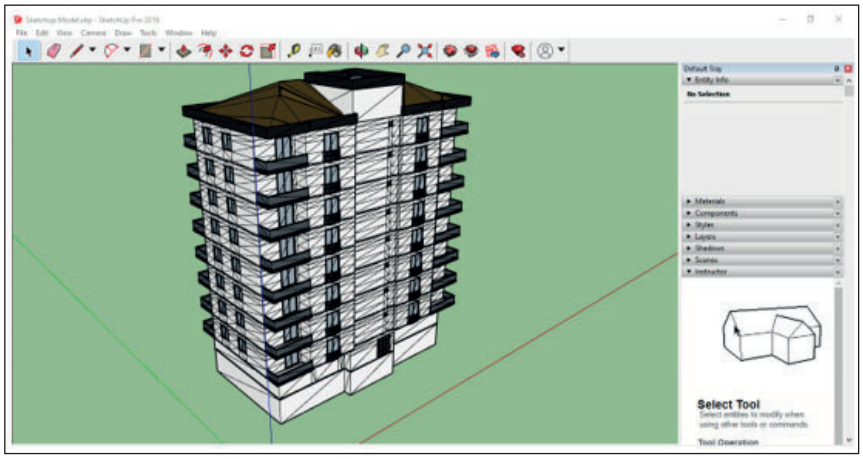
Enerji analizi, Adıyaman ilinde yer alan bir bina için yapılmıştır. Bina, bodrum kat+zemin kat+1.-8. kat+ çatıdan oluşmaktadır. 2703 m2 alana sahip ve konut olarak kullanılan bir binanın enerji analizi yapılmıştır. Binanın tavan yüksekliği 3 metre alınmıştır. Bina tipi konuttur. Yakıt türü doğalgazdır. Havalandırma doğal havalandırma yoluyla yapılmaktadır.

Tablo 2.'de iklim verilerine yer verilmiştir. İklim verilerinin enerji analiz programlarına doğru tanımlanması önem arz etmektedir. Bhandari ve ark. [15], hava durumu verileri bilinen üç farklı binada hava durumu özelliklerini sağlayan bilgilerde ve sağlamayan bilgilerde binaların simülasyonları yapmışlar. Simülasyon sonucunda binaların bir yılda tükettiği enerjinin %7 oranında, aylık yüklerinin ise %40 civarında değişebildiğini gözlemlemişlerdir.

Tablo 2. Binanın bulunduğu yerin iklim verileri

Enlem (°Kuzey)	37,5
Boylam (°Doğu)	38,2
Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)	678
Yaz Dizayn Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	38
Yaz Dizayn Yaş Termometre Sıcaklığı (°C)	22
Kış Dizayn Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	-9
Kış Dizayn Yaş Termometre Sıcaklığı (°C)	-11

Şekil 4'te enerji analizi yapılacak binanın mimarisinin SketchUp programında modellenmesi verilmiştir. Şekil 4'te önden görünüşte, binanın bodrum, dükkan ve katları gösterilmiştir.



Şekil 4. Mimari projenin SketchUp programında modellenmesi

Tablo 3.'te enerji analizi yapılacak olan binadaki mahallerde bulunan elektrikli cihazların toplam yaydığı ısı miktarları Watt cinsinden verilmiştir. Elektrikli cihazlardan gelen ısı yükleri duyulur ve gizli ısı olarak kaynak [16]' dan alınmıştır.

Tablo 4.'de enerji analizi yapılan binada mahallere göre aydınlatma armatürlerinden yayılan ısı yükleri verilmiştir.

Aydınlatma armatürlerinden yayılan ısı bilgisine ek olarak binada toplam 355 insan olduğu ve bu insanlarında çeşitli aktiviteler yaptıkları (dinlenme, bilgisayar başında çalışma, egzersiz hareketleri yapma vb.) varsayılmıştır.

Bu bilgiler enerji analiz programlarına aynı sayıda ve aktivite çeşitliliği de benzer olarak girilip binada enerji tüketimi hesabı yapılmıştır.

Tablo 3. Enerji analizi yapılacak olan mahallerde bulunan elektrikli cihazların yaydığı ısı miktarları

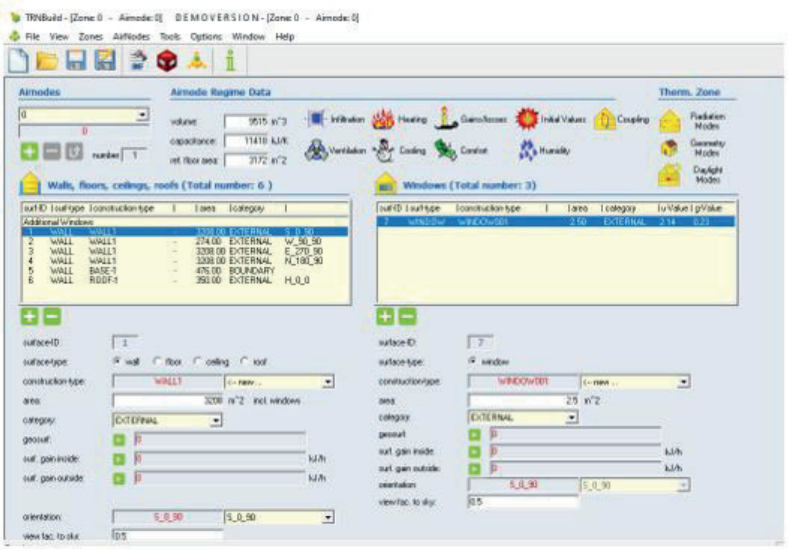
Mahal	Elektrikli Cihazların Yaydığı Isı Miktarları (Watt)
Kazan dairesi	58000
Makina dairesi çatı katı	2485
Sığınak	946
Su deposu	2424
Antre	4480
Çocuk odası	20640
Dükkan	2550
Genç odası	10320
Günlük odası	16720
Mutfak	96000
Salon	17520
Yatak odası	10560

Tablo 4. Mahallere göre aydınlatma armatürlerinden yayılan ısı yükleri

Mahal	Aydınlatma Armatürlerinden Yayılan Isı Yükleri (Watt)	Mahal	Aydınlatma Armatürlerinden Yayılan Isı Yükleri (Watt)
Antre	3000	Günlük odası	6272
Asansör ve havalandırma	8600	Hol	1200
Balkon-1	3200	Kazan dairesi	500
Balkon-2	2240	Makina dairesi çatı katı	230
Banyo	1440	Merdiven çatı katı	230
Çocuk odası	7040	Lvb.+ WC	800
Dükkan	5100	Mutfak	5600
Dükkana ait depo	2160	Salon	8960
Duş	1120	Sığınak	1646
Enerji odası	500	Su deposu	400
Genç odası	1120	Yatak odası	5504

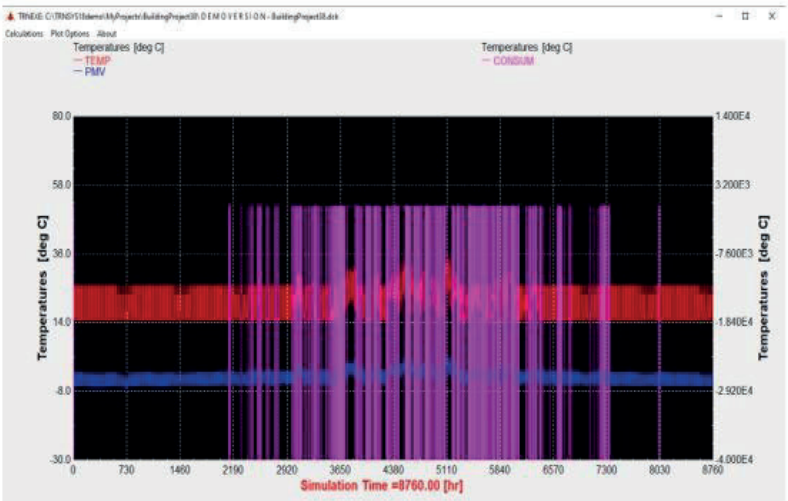
4.SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI VE TARTIŞMA

TRNSYS programında Carrier HAP programından farklı olarak tek bir zon tanımlanmıştır. Tüm duvarlar ve pencereler yönlerine göre toplam şeklinde girilmiştir. Şekil 5.'de gösterildiği gibi duvarların ve pencerelerin kapladığı alan, tüm katların alanları ve hacim değerleri girilmiştir. Zon tabının istemiş olduğu bilgileri öncesinde programa girip tanıtmış olduğumuzdan program bilgileri otomatik olarak karşımıza çıkarmaktadır. Zon tabında istenen infiltrasyon yani hava sızıntısı değeri, mahal sıcaklık değerleri, elektrikli ekipmanlardan kaynaklanan ısı yük değerleri, aydınlatma armatürlerinden yayılan ısı yükleri ve insanların yapmış olduğu aktivitelerden kaynaklı yayılan ısı değerleri öncesinde program tarafından tanımlandığından bu değerleri rahatlıkla seçebilir ve zon tabını tamamlayabiliriz.



Şekil 5. TRNSYS programında tüm verilerin girildiği zon

Şekil 6.'da zaman, sıcaklık ve tüketim değerleri birlikte verilmiştir. Bu şekilden yola çıkarak istenilen hangi saat diliminde ne kadar sıcaklığın olduğunu ve hangi saat dilimlerinde tüketimin yüksek olduğunu anlayabiliriz. Şekilde tüketimin yoğun olduğu saat dilimleri 2190.saatten başlayarak 6570. saate kadar yoğunluk devam etmektedir. 6570. saatten sonra tüketim olsa da yoğunluklar şekilden de anlaşılacağı gibi azalmıştır.



Şekil 6. TRNSYS programda enerji analizi sonucunda simülasyon çıktısı

Şekil 7.'de BepTR programının sonuç formu verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi ısıtma, sıhhi sıcak su, soğutma, havalandırma ve aydınlatmadan kaynaklı ne kadar enerji tüketimi olduğu ve enerji tüketimlerinin hangi sınıflara girdiği gösterilmiştir. En yüksek enerji tüketimi ısıtma ihtiyacından kaynaklı olduğu görülmektedir.

Şekil 8.'de Carrier HAP programında mahaller-22 için rapor kısmında çıkan ısıtma yükü değerinin gösterimine yer verilmiştir.

Mahaller-22 için gösterilen raporda Total System Loads kısmında yani sistemin yıllık enerji tüketimi 30569 Watt olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.'de yıllık enerji tüketimine ilaveten bu tüketimin hangi faktörlerden kaynaklandığı da gösterilmektedir. Programda binanın enerji tüketimini hesaplamak için yedi adet sistem oluşturulmuştu. Bunlar arasında en yüksek tüketime sahip olan sistem Şekil 8.'de gösterilen mahaller-22 sistemidir.

EKB Sonuç Formu

	Yıllık Enerji Tüketimleri				Yenilenebilir Enerji				
	Nihai (kWh/yıl)	Birincil (kWh/yıl)	(kWh/m2.yıl)	(kg CO2/m2.yıl)	Birincil (kWh/yıl)	(kWh/m2.yıl)	(kg CO2/m2.yıl)	Bina Sınıf	Co2 Sınıf
	Final	Primary	M2	M2Co2	PrimaryRegen	M2Regen	M2Co2Gain	EkbClass	Co2Class
Toplam	244410,28	288438,23	104,44	26,40	0,00	0,00		C 82	C 81
Isıtma	155831,96	157900,75	57,17	13,47	0,00	0,00		C 86	
Sıhhi Sıcak Su	49949,73	50499,04	18,28	4,30	0,00	0,00		C 98	
Soğutma	32554,47	67452,87	24,42	7,27	0,00	0,00		B 66	
Havalandırma	0,00	0,00	0,00	0,00				D 100	
Aydınlatma	6074,12	12585,57	4,56	1,36				C 80	
FotoVoltaik					0,00	0,00	0,00		
Kojenerasyon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

Toplam Kullanım Alanı: 2761,82 Binanın Toplam Alanı: 3506,18 Ön Hesap Sonuc Raporu

Net Enerji | Net Enerji Ref | Net Enerji Detaylı | PhiZones | PhiHeatings | PhiCoolings | Aydınlatma | Dogal Aydınlatma | İç Kazançlar | Güneş Kazançları | Isı Geçişi Zon | Isı Geçişi Malzeme | Havalandırma | İkle

ZoneId	ZoneArea	NetArea	NetVolume	Hve	TightnessType	N50	n	Np	VdotVeMin	Vd
34	275,36	259,88	691,29	136,87	Low	7,00	0,60	0,00	207,39	41
47	155,91	146,20	388,89	77,00	Low	7,00	0,60	0,00	116,67	23
48	154,90	145,19	386,20	76,47	Low	7,00	0,60	0,00	115,86	23
50	155,91	146,20	388,89	77,00	Low	7,00	0,60	0,00	116,67	23
51	154,90	145,19	386,20	76,47	Low	7,00	0,60	0,00	115,86	23
53	155,91	146,20	388,89	77,00	Low	7,00	0,60	0,00	116,67	23
54	154,90	145,19	386,20	76,47	Low	7,00	0,60	0,00	115,86	23
56	155,91	146,20	388,89	77,00	Low	7,00	0,60	0,00	116,67	23
57	154,90	145,19	386,20	76,47	Low	7,00	0,60	0,00	115,86	23
59	155,91	146,20	388,89	77,00	Low	7,00	0,60	0,00	116,67	23
60	154,90	145,19	386,20	76,47	Low	7,00	0,60	0,00	115,86	23

Şekil 7. BepTR programına sonuç formu

Air System Design Load Summary for Mahaller-22

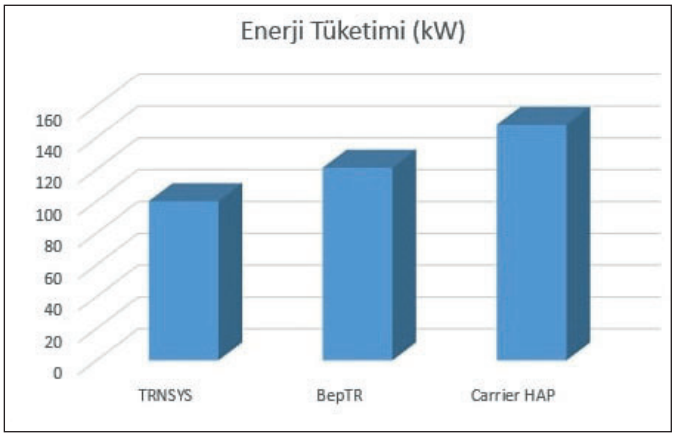
Project Name: 8 KATLI PROJE + DÜKKAN+ BODRUM + ÇATI 08.12.2020
Prepared by: YENİ 09:06ÖS

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	NO COOLING DATA NO COOLING OA DB / WB			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB -9,0 °C / -11,0 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window& Skylight Solar Loads	127 m²	-	-	127 m²	-	-
Wall Transmission	351 m²	-	-	351 m²	5695	-
Roof Transmission	95 m²	-	-	95 m²	169	-
Window Transmission	127 m²	-	-	127 m²	8249	-
Skylight Transmission	0 m²	-	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	-	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	95 m²	-	-	95 m²	1324	-
Partitions	15 m²	-	-	15 m²	479	-
Ceiling	95 m²	-	-	95 m²	2094	-
Overhead Lighting	-	-	-	0	0	-
Task Lighting	-	-	-	0	0	-
Electric Equipment	-	-	-	0	0	-
People	-	-	-	0	0	0
Infiltration	-	-	-	-	10014	0
Miscellaneous	-	-	-	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	-	-	15%	4204	0
>> Total Zone Loads	-	-	-	-	32227	0
Zone Conditioning	-	-	-	-	30569	0
Plenum Wall Load	0%	-	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	-	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	-	-	0	0	-
Exhaust Fan Load	-	-	-	0 L/s	0	-
Ventilation Load	-	-	-	0 L/s	0	0
Ventilation Fan Load	-	-	-	0 L/s	0	-
Space Fan Coil Fans	-	-	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	-	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	-	-	-	30569	0
Terminal Unit Cooling	-	-	-	-	0	0
Terminal Unit Heating	-	-	-	-	30569	-
>> Total Conditioning	-	-	-	-	30569	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

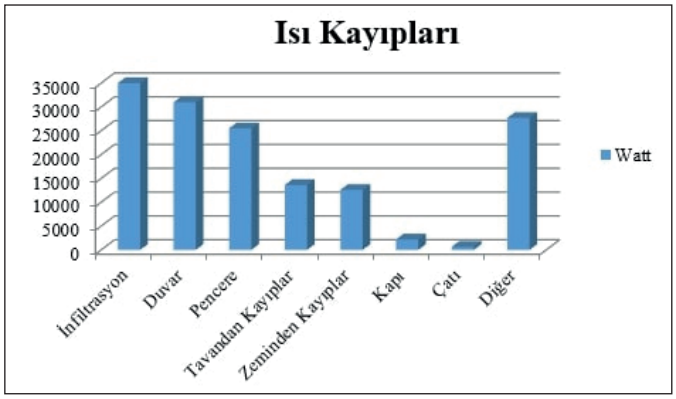
Şekil 8. Carrier HAP programında rapor kısmında çıkan ısı kaybı yük değerleri

Şekil 9.'da örnek bina için enerji analiz programlarının hesapladığı enerji tüketim sonuçları verilmiştir.

Şekil 9'da görüldüğü gibi en yüksek yıllık enerji tüketim değerini 148 kW olarak Carrier HAP ve en düşük enerji tüketim değerini 100 kW olarak hesaplayan TRNSYS vermiştir. BepTR Programı 121 kW olarak diğer iki program arasında bir değer hesaplamıştır.



Şekil 9. Programların enerji tüketim sonuçları



Şekil 10. Carrier HAP programında enerji tüketimini etkileyen unsurlar

Şekil 10.'da Carrier HAP programında enerji tüketimine etki eden faktörler gösterilmiştir. Enerji tüketimine etki eden faktörlerden ilk sırayı infiltrasyon (hava sızıntısı) miktarı, ikinci olarak ise duvarlardan oluşan ısı kayıpları oluşturmaktadır. Pencereden oluşan ısı kayıpları da şekilde görüldüğü gibi enerji tüketiminde önemli bir rol oynamaktadır. Enerji tüketimini azaltmak için bu faktörlerde değişiklik yapılması hususu önemlidir.

Şekil 11.'de Carrier HAP programında binadaki enerji tüketimine etki eden infiltrasyon miktarında, pencere ve kapı değişiminde enerji tüketim sonuçları, BepTR programında duvar kalınlığı, çatı kalınlığı ve pencere değişiminde ortaya çıkan enerji tüketim sonuçları gösterilmiştir.

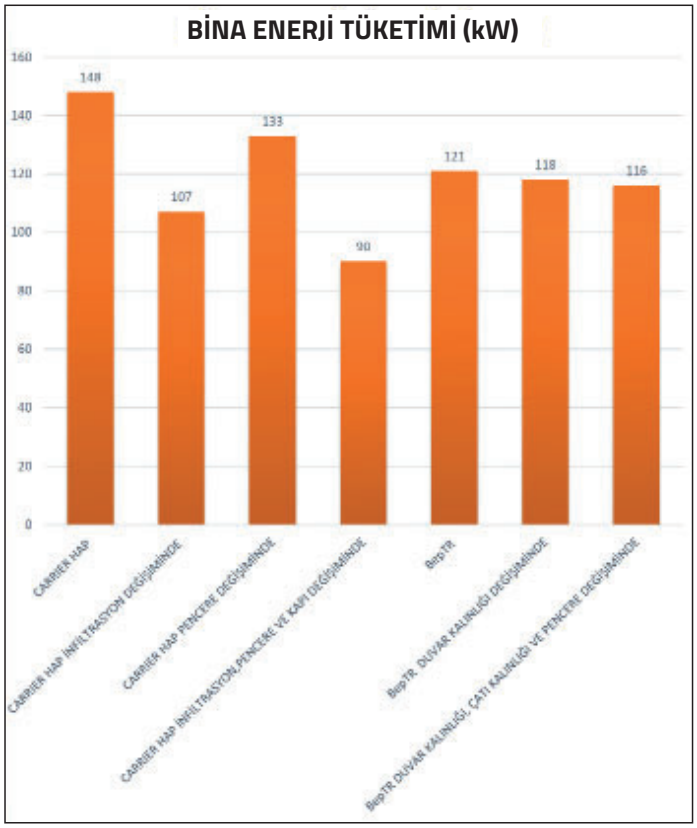
Mahallerde infiltrasyondan oluşan ısı kaybı olmadığı düşünülüp Carrier HAP programda infiltrasyon değeri sıfır alındığında enerji tüketimi 148 kW değerinden 107 kW değerine düşmektedir. Diğer bir deyişle infiltrasyon ya da hava sızıntısı miktarı düşürüldüğünde binadaki enerji tüketiminde toplam %27 oranında bir düşüş olmaktadır. Bu da infiltrasyon değerinin önemini ortaya koymaktadır.

Carrier HAP programında penceredeki ısıl geçirgenlik katsayısının U=2,1 W/m^2/K değerinden U=1,1 W/m^2/K değerine düşürüldüğünde toplam tüketimde %10 oranında bir azalma ile 133 kW olarak hesaplandığı görülmektedir.

Carrier HAP programında infiltrasyon miktarı sıfıra düşürülüp, penceredeki ısıl geçirgenlik değeri 2,1 W/m^2/K değerinden 1,1 W/m^2/K değerine düşürüldüğünde,kapı için seçilen metal ısı yalıtımsız kapı yerine metal ısı yalıtımlı kapı seçilmesine bağlı olarak U faktörü 5,50 W/m^2/K değerinden 4 W/m^2/K değerine düşürüldüğünde ve duvarı oluşturan malzemelerden olan kireç harcı ve çimento harcı kalınlıklarının 5 mm kalınlıktan 30 mm kalınlığa çıkartıldığında toplam enerji tüketiminde %39 oranında azalma ile 90 kW olarak sonuç hesaplanmıştır.

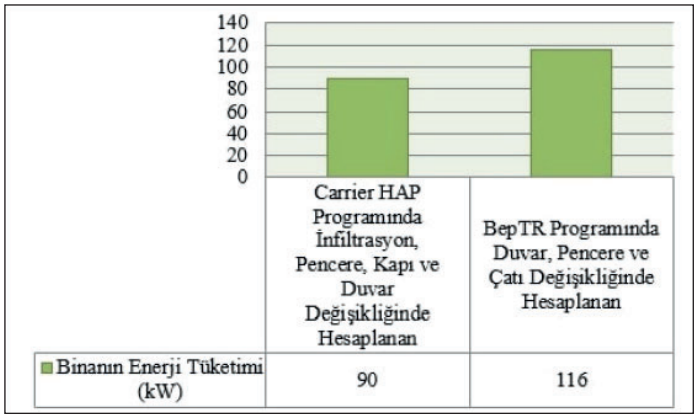
BepTR programında duvar kalınlığı arttırıldığında binanın enerji tüketimine etkisi gösterilmiştir. Duvar kalınlığı 0,15 metreden 0,20 metreye çıkartıldığında binadaki enerji tüketimi 121 kW tüketim değerinden 118 kW tüketim değerine düşmektedir. Binanın enerji tüketimi %3 azalmaktadır.

BepTR programında duvardaki kalınlık 0,15 metreden 0,20 metreye çıkartıldığında, çatıdaki kalınlık 0,20 metreden 0,30 metreye çıkartıldığında ve pencere seçiminde yalıtım kalınlığı daha yüksek olan Low E kombinasyonlu malzeme seçildiğinde toplam tüketim 116 kW olmuştur. Diğer bir deyişle toplam enerji tüketiminde %4'lük bir azalma olmuştur.



Şekil 11. Carrier HAP ve BepTR programında parametrelerdeki değişimlerin enerji tüketim hesabına etkisi

Carier HAP ve BepTR programlarında yapılan değişikliklerin enerji tüketimine etkisini göstermek amacıyla Şekil 12.'de her iki programda da oluşan değerler gösterilmiştir. Şekil 12.'de görüldüğü gibi gerekli önlemler alındığında her iki programda enerji tüketiminde azalma olmuştur. Her ne kadar ilk hesaplamalarda Carrier HAP programının enerji tüketimi için vermiş olduğu sonuç BepTR programından daha yüksek çıksa da gerekli önlemler alındığından Carrier HAP programının enerji tüketimi için hesaplamış olduğu sonuç BepTR programından daha düşük çıkmıştır.



Şekil 12. Carrier HAP ve BepTR programlarında yapılan değişikliklerin enerji tüketimine etkisinin karşılaştırılması

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada seçmiş olduğumuz bir binanın enerji tüketimi 3 farklı enerji analiz ve simülasyon programında hesaplanması ve çıkan sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır. TRNSYS kullanılan sürümü en fazla 2 zon oluşturmamıza ve tek bir sıcaklık değeri atamamıza izin verdiğinden, BepTR programı ise enerji tüketim hesabında insanlardan ve mahallerde bulunan elektrikli cihazlardan yayılan ısıyı dikkate almadığından, Carrier HAP programında ise hem zon hem de sıcaklık atamasında istenilen sayıyı

ve sıcaklığı atayabildiğimizden ayrıca insanlardan ve elektrikli ekipmanlardan yayılan ısıyı enerji tüketimi hesabı yaparken dikkate aldığından en uygun enerji tüketimi sonucunu veren programın Carrier HAP programı olduğu kabul edilmiştir. İklim şartları, coğrafi konum (enlem, boylam vb.) ve hava verileri programlara seçilen ilin özelliklerine göre girildiğinden bu çalışma ile Adıyaman ilinde artan bina enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir.

Benzer çalışmalarda en fazla iki ayrı enerji analiz ve simülasyon programı kullanılmış olup, üç farklı programın kullanılması hem hesaplanan enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması hem de enerji analiz programlarının öğrenilip kullanılması açısından önemlidir. Binalarda enerji tüketimini hesaplamanın yanı sıra enerji tüketimini azaltacak önlemler için hangi parametrelerin ne kadar etkili olduğu ve parametrelerdeki değişimlerde simülasyon programlarında enerji tüketiminin ne kadar değişkenlik gösterdiği gözlenebilmektedir. Seçilen programlar sürekli kullanıldığından ve versiyonları güncellendiğinden bu alanda çalışma yapacak kişilerin yararlanabileceği bir kaynak oluşturmaktadır. Seçilen enerji analiz ve simülasyon programlarının ara yüzleri farklı olduğundan, enerji tüketim hesabı yapılırken programlara girilen bilgiler de farklılık göstermektedir.

Programlar arasında temel farklar;

1. Infiltrasyon ısı kaybının bina enerji yükü hesaplamasında önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Carrier HAP programında yapı elemanlarında ve infiltrasyondaki farklı durumlar analiz edildiğinde ısıtma kaybını önemli bir şekilde değiştirdiği görülmüştür. BepTR programında yapı elamanlarındaki farklı durumlar için hesaplamada ısı yükü değişmesine rağmen Carrier HAP programında olduğu gibi çok fark çıkmamıştır.

2. TRNSYS programında Comfort Type tabında insanların giydiği kıyafete, hareket durumuna, dış çalışma şartlarına ve hava hızına yer vererek insanlardan yayılan ısıyı Carrier HAP programında olduğu gibi sadece hareket durumuna göre değil toplamda 4 gruba ayırarak yer vermiştir. İnsanlardan yayılan ısının buna göre hesaplamaya katıldığı görülmüştür.

3. TRNSYS programında tek zona göre infiltrasyon hesabı yapılmıştır. Ancak mimari projede her mahal için dış havaya açık duvar sayısı değiştiğinden her mahal için ayrı bir infiltrasyon değeri girilmesi gerekmektedir. Carrier HAP programında he mahal için ayrı bir zon oluşturulduğundan infiltrasyon hesabı daha hassas yapılmıştır.

4. Carrier HAP programında istediğimiz kadar mahal girip ve bu mahallere o mahallin durumuna göre (koridor, hol, salon vb.) sıcaklık ataması yapabilmektedir. TRNSYS programında kullanılan sürüm tek bir sıcaklık ataması yapmamıza imkan tanıdığından ortalama bir sıcaklık değeri atanmıştır.

5. TRNSYS programı gibi zaman, sıcaklık ve tüketim (ısıtma yükü) grafiği çıktısı vererek bir simülasyon oluşturmaktadır. Bu simülasyonda hangi zaman dilimlerinde ne kadar tüketim oluşturduğunu dalgalardaki değişimlerden yararlanarak göstermektedir. Fakat HAP programında bu şekilde bir simülasyon oluşturulamamaktadır.

6. BepTR programında çıkan sonuçta iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybının havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kaybından daha yüksek olduğu görülmüştür. Yani diğer bir deyişle binayı oluşturan yapı malzemeleri olan duvarların, kapıların, pencerelerin, tabanların ve tavanların ve kendi sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta ortamlarla temas halinde olan malzemelerin ısı kayıplarının toplamı havalandırmayı oluşturan doğal havalandırmadan kaynaklı toplam ısı kaybından daha yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durumda binanın tükettiği enerji miktarı azaltılmak istendiğinde ilk aşamada binayı oluşturan yapı malzemelerinin değişimi ya da uygun yapı malzemelerine yalıtım malzemesi eklenmesi gerektiği sonrasında havalandırma sisteminin kontrol edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

7. BepTR programının enerji tüketim hesabında insan ve mahallerde kullanılan elektrikli cihaz faktörünü dikkate almamaktadır. Program binalarda enerji tüketim miktarları hesaplarken sadece binada kullanılan yapı malzemeleri değil mahallerde bulunan insan sayısını ve kullanılan elektrikli cihazların güçlerinin özelliklerinin de dikkate alınarak hesap yapması gerekmektedir. Çünkü her ne kadar insanların yapmış olduğu faaliyetlere göre yaydığı ısı miktarları ve elektrikli cihazların güçlerine göre yaymış olduğu ısı miktarları değişse de toplam tüketim miktarını bu iki faktör etkilemektedir.

8. Binalarda enerji tüketimini azaltmak için farklı senaryolar düşünülebilir. Bina tasarım aşamasındayken fazla enerji tüketen bina yapı malzemeleri yerine daha düşük yapı malzemeleri seçilebilir. Binanın bulunduğu konum güneş

ışınlarının geliş açısına göre ayarlanarak güneşten yararlanma süresi artırılabilir. İnfiltrasyon yani hava sızıntısını mimari projeye uygun olarak gerekli yerlerde ve kalınlıkta pencere ve kapı yerleştirilerek düşürülebilir ve binanın bulunduğu iklim şartlarına uygun ısıtma ve soğutma tesisatı oluşturarak fazla harcanan enerji azaltılabilir.▪

KAYNAKLAR

[1]Yıldız, Y, Binalarda Enerji Etkin Önlemlerin Uygulanmasındaki Engeller: Balıkesir İçin Bir Alan Çalışması, Megaron Dergisi, 14(2), 230-238, 2019.
[2]Özer, Y, Bina Enerji Analiz Yazılımlarının HVAC Sistemlerindeki Hatalarını Azaltmak Ve Gerçek Zamanlı Verimlilik Hesabı İçin Geri Besleme Sistemi Geliştirilmesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, 2017.
[3]Keskin T, Güven A, 15. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara, 2020; 482s.
[4]Doğan H, Kırkan N, Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli Ve Projeksiyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3(1), 375-383, 2015.
[5]Florides G, Tassou S, Kalogirou S, Wrobel L, Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness, Applied Energy,73(3), 299-328.2002
[6]Aized T, Mehmood S, Anwar Z, Building Energy Consumption Analysis, Energy Saving Measurements and Verification by Applying HAP Software, Pakistan Journal Of Engineering and Applied Sciences, 21(1),1-10,2017.
[7]Hourly Analysis Program (HAP), https://www.carrier.com/commercial/en/us/software/hvac-systemdesign/hourly-analysisprogram(Erişim Tarihi:01.11.2020)
[8]Köroğlu N, Alaloğlu M, Erdoğan A, Acar L, Saatlik Analiz Programı. Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi, (73), 1-7,2011.
[9]TRNSYS. https://en.wikipedia.org/wiki/TRNSYS (Erişim Tarihi:26.05.2020)
[10]Harputlugil G, Bina Enerji Performansı Değerlendirme Araçları-Enerji Simülasyonu, Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, s.949- 958,17-20 Nisan 2013; İzmir.
[11]Durmuş G, Önal S, Uluslararası Standartlarında İnşa Edilen Yapının Enerji Kimliğini Belirlenmesi: Gaziantep Örneği. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1(2):43-51,2014.
[12]https://energyplus.net/, 1 Kasım 2020.
[13]Crawley, D. B., Hand, J. W., Kummert, M., Griffith, B. T., Contrasting The Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs, Building and Environment, 43(4), 661-673,2008.
[14]Harputlugil G, Bina Enerji Performansı Değerlendirme Araçları- Enerji Simülasyonu, Tesisat Mühendisliği Dergisi, (144), 23-32,2014.
[15]Bhandari, M., Shrestha, S., New, J., Evaluation of Weather Datasets for Building Energy Simulation, Energy and Buildings, 1-10, 2012.
[16]https://www.tesisat.org/isi-kazanci-tanimi-ve-isi kazanci-hesabi.html, 12 Aralık 2015.

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim Halil KOZAN

Adıyaman doğumlu olan İbrahim Halil Kozan 2017 de Konya'da bulunan Selçuk Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2019-2020yılında Bozgun Konteyner firmasında makina mühendisi olarak çalıştı. 2020 yılında Harran Üniversitesi'nde Tezli Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 2020-2021 yılında Eti Bakır A.Ş. satın alma biriminde çalıştı. Şu anda ise GTC Solar firmasında çalışmaktadır.

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT

1971 yılında doğdu. İlkokulu, ortaokul ve lise öğrenimini Batman'da tamamladı. 1993 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalında 1996 yılında Yüksek Lisansını, 2001 yılında Doktorasını tamamladı. 1998-2001 yılları arasında ise Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. 25.11.2005 tarihinde Doçent oldu. Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde 2003-2004, 2017-2020 yıllarında Bölüm Başkanlığı, 2004-2008 yılları arası Bölüm Başkan Yardımcılığı görevlerini sürdürdü. 2011 yılında profesör oldu. Halen Prof. Dr. olarak Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı, Harran Üniversitesi Uluslararası Öğrenci Koordinatörlüğü ve Enerji Anabilim Dalı Başkanlığını yapmaktadır.