



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

3D YAZICI İLE ÜRETİLECEK TİP BETON
KONUT PROJESİNİN TÜRKİYE'DEKİ
FARKLI İKLİM BÖLGELERİNE GÖRE
ENERJİ ETKİNLİK ANALİZİ

ESRA SANCI YALVAÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs- 2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Esra SANCI YALVAÇ tarafından hazırlanan “3D Yazıcı ile Üretilecek Tip Beton Konut Projesinin Türkiye’deki Farklı İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkinlik Analizi” adlı tez çalışması 15/05/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yapı Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Gamze DOĞAN

Danışman

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Esra SANCI YALVAÇ

Tarih: 17. 05. 2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

3D YAZICI İLE ÜRETİLECEK TİP BETON KONUT PROJESİNİN TÜRKİYE'DEKİ FARKLI İKLİM BÖLGELERİNE GÖRE ENERJİ ETKİNLİK ANALİZİ

Esra SANCI YALVAÇ

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Yapı Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2023, 104 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN (Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Gamze DOĞAN

Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER

Günümüzde yaşanan çevre sorunları ve enerji tüketimindeki artışın temel sebeplerinden birisi, binalarda enerji tüketiminin fazla olmasıdır. Bu açıdan binaların enerji performansının iyileştirilmesi oldukça önemli bir konudur. Rahatlık ve konfor koşulları ihmal edilmeden sosyal hayatta, yüksek verim ve performans elde edilerek binalarda enerji kullanımını minimum düzeye indirgenmelidir. Türkiye’de düzensiz ve hızlı kentleşme sebebiyle binaların enerji etkin tasarımını göz önüne alınmamıştır. 3D yazıcı ile imal edilen beton binalar tüm dünyada yaygınlaşmaktadır. Genellikle tek katlı tek tip konut projelerinde kullanılmaya başlanan bu yenilikçi yöntem Türkiye’de birkaç örnekle tanışmıştır. 3D yazıcı ile imal edilen beton yapılarda kullanılan duvar tipleri enerji tüketiminde önemli bir parametredir.

Bu tez çalışmasında Türkiye’de 3D yazıcı ile imal edilecek tip beton bir konut binası tasarlanarak Türkiye’deki farklı iklim bölgelerine ve farklı duvar tiplerine göre enerji tüketimindeki değişiklik Design Builder programı ile analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Çalışma kapsamında ilk olarak 3D yazıcı yöntemi ile imal edilmiş bir konut projesinin, modeli REVIT 2022, BIM Modelleme sistemleri ile modellenmiştir. Daha sonra Türkiye’nin 5 farklı iklim bölgelerinden seçilen referans şehirler (Konya, Erzurum, İstanbul, İzmir, Gaziantep) ele alınarak enerji simülasyonunu yapmak amacıyla bina modeli, enerji simülasyon programlarından Energyplus dinamik ısı simülasyon motorunun arayüzü olan Design Builder simülasyon programına aktararak farklı iklim bölgelerine yönelik enerji simülasyonları yapılmıştır. Çalışmada binaların modellemesi yapılırken literatürde ısı deneyleri yapılmış 6 farklı duvar tipi (C1-200 mm-C6-200 mm) ele alınmıştır. Analizler sonucunda binalar için gerekli ısıtma ve soğutma enerjileri hesaplanmıştır. Enerji etkin kullanımı göz önünde bulundurulduğunda, referans alınan iller arasında, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yükü en düşük İstanbul bölgesinde, 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek toplam ısı transfer katsayısı değeri 0,34 W/ m²K olan C6- 200 mm duvar modeline sahip duvar tipi ile inşaat edilecek bina olduğu yapılan analizler sonucu tespit edilmiştir. Binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan soğutma enerji yükü en düşük Erzurum ilinde 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek toplam ısı transfer katsayısı değeri 0,72 W/ m²K olan C5- 200 mm duvar modeline sahip duvar tipi ile inşaat edilecek bina olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir. Literatürde 3D binalar için ilk kez yapılan bu çalışma ile iklim türlerine göre binanın mevcut enerji tüketimini minimum düzeye indirmek için en uygun duvar tipi belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca enerji simülasyon programı aracılığı ile elde edilen hesaplama sonuçları analiz edilerek enerji etkin yaklaşıma dayalı ileriye yönelik yapılacak çalışmalar içinde öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Design Builder, Isıtma Tasarımı, İklim, Revit, Soğutma Tasarımı, 3D yazıcı teknolojisi.

ABSTRACT

MASTER (MS)THESIS

ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF A PROTOTYPE CONCRETE HOUSING PROJECT TO BE PRODUCED WITH A 3D PRINTER IN DIFFERENT CLIMATE ZONES IN TURKEY

Esra SANCI YALVAÇ

Konya Technical University Institute of Graduate Studies Department of Civil Engineering

Advisor: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2023, 104 Pages

Jury

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN (Advisor)

Asst. Prof. Dr. Gamze DOĞAN

Asst. Prof. Dr. Nebi ÖZDÖNER

One of the main reasons for the environmental problems experienced in the world and the increase in energy consumption is the high energy consumption in the building. These external lines are very important sources of energy consumption. Without neglecting the comfort and comfort conditions, the energy consumption should be at a minimum in order to achieve social survival, high efficiency and performance. Operations and rapid urbanization studies in Turkey, energy efficient design of enterprises are not taken into account. Concrete buildings manufactured with 3D printers are becoming widespread all over the world. These methods, which are generally employed in single-storey housing projects, have met with a few examples in Turkey. Wall prices used in concrete structures manufactured with a 3D printer are an important parameter in energy consumption.

In this thesis, a type of concrete residential building to be manufactured with a 3D printer was designed in Turkey, and the change in energy consumption according to different climatic zones and different wall types in Turkey was analyzed with the Design Builder program and the results were presented comparatively. Within the scope of the study, the model of a housing project, which was first manufactured with the 3D printer method, was modeled with REVIT 2022, BIM Modeling systems. Then, the reference cities (Konya, Erzurum, Istanbul, İzmir, Gaziantep) selected from 5 different climatic regions of Turkey were taken into consideration and the building model was transferred to the Design Builder simulation program, which is the interface of the Energyplus dynamic thermal simulation engine from one of the energy simulation programs, and applied to different climatic zones. Energy simulations have been made. In the study, while modeling the buildings, 6 different wall types (C1-200 mm-C6-200 mm) thermal experiments were made in the literature. As a result of the analysis, the heating and cooling energies required for the buildings were calculated. Considering the efficient use of energy, the C6-200 mm wall model with a thermal transmittance value of 0.34 W/ m²K to be manufactured with 3D printer technology in the Istanbul region, which has the lowest instantaneous heating energy load for the building to reach the comfort temperature, among the referenced provinces. It has been determined as a result of the analyzes that it is the building to be constructed with the wall type with It has been determined as a result of the analyzes that the building will be constructed with the C5- 200 mm wall model with a thermal transmittance value of 0.72 W/ m²K, which will be manufactured with 3D printer technology in Erzurum with the lowest instantaneous cooling energy load required for the building to reach the comfort temperature. . With this study, which is the first for 3D buildings in the literature, the most suitable wall type has been determined in order to minimize the current energy consumption of the building according to the climate types. In the study, the calculation results obtained through the energy simulation program were analyzed and suggestions were presented for future studies based on the energy efficient approach.

Keywords: Design Builder, Heating Design, Climate, Revit, Cooling Design, 3D Printing Technology.

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda tüm bilgi ve birikimiyle bana yardımcı olan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN' a, Doç. Dr. H. Derya ARSLAN' a, Dr. Öğr. Üyesi Sercan DOĞAN'a, Dr. Öğr. Üyesi Gamze DOĞAN' a ve lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bana eğitim veren üzerimde emeği olan tüm saygıdeğer hocalarıma kalpten teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim ve öğretim dönemim boyunca bana her türlü maddi ve manevi desteği esirgemeyen sevgili eşim Emre YALVAÇ' a, sevgili babam Ahmet SANCI' ya, sevgili annem Hatice SANCI' ya, sevgili kardeşim Muhammed Ali SANCI' ya ve hem meslektaş ve hem ikiz kardeşim olan Elif SANCI YALVAÇ' a, eniştem Yunus YALVAÇ' a ve sevgili kayınvalidem Münevver AKALIN' a sonsuz teşekkür ve minnetimi sunarım.

Esra SANCI YALVAÇ
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı.....	2
1.2. Tezin Kapsamı	3
1.3. Tezin Yöntemi ve Hedefleri	4
1.4. Kaynak Araştırması.....	5
1.4.1. 3D yazıcı beton teknolojisi alanında yapılan araştırmalar	5
1.4.2. Enerji verimliliği alanında yapılan çalışmalar	12
2. KAVRAMSAL ALTYAPI	17
2.1. 3D Baskı Teknolojisi.....	17
2.1.1. Mimarlıkta 3D yazıcı kullanımı.....	18
2.1.2. Günümüzde 3D beton baskı	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1. Model Yapı	20
3.1.1. Revit-2022 programıyla bina modellenmesi	21
3.1.2. İklim bölgelerinin belirlenmesi ve iklimsel parametreler	24
3.2. Design Builder	27
3.3. Parametrelerin Anlatılması	32
3.3.1. Toplam ısı transfer katsayısı (U-değeri) değerinin hesaplanması.....	34
3.4. Modelleme Süreci	37
3.4.1. Design Builder Programında bina lokasyonun belirlenmesi	38
3.4.2. İklim veri dosyalarının ataması.....	39
3.4.3. Mekân bölgelerinin tanımlanması ve hareket şablonları.....	43
3.4.4. Binanın yapı elemanlarının tanımlanması	51
3.4.4.1. Çatı tipi ve toplam ısı transfer katsayısı değeri	51
3.4.4.2. Zemin kaplama betonu ve toplam ısı transfer katsayısı değeri	53
3.4.4.3. Yazıcı betonunun spesifik değerlerinin programa tanımlanması	54
3.4.4.4. Beton duvar konfigürasyonların toplam ısı transfer katsayısı değeri	55
3.4.4.5. Modellenen binalara kapı tanımlanması.....	56
3.4.4.6. Modellenen binalara pencere tanımlanması	57
3.5. Yapılarda Isıtma ve Soğutma Yüğü	60
3.6. Program Model Analizi	62

3.6.1. Isıtma Tasarımı analizi	62
3.6.2. Soğutma Tasarımı analizi	78
4. PROGRAM MODEL ANALİZİ SONUÇLARI.....	86
4.1. Isıtma Tasarımı Analiz Sonuçları	86
4.2. Soğutma Tasarımı Analiz Sonuçları	86
4.3. Isıtma Tasarımı Yüğü ve Soğutma Tasarımı Yüğü Karşılaştırılması	87
5. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	94
5.1. Sonuçlar	94
5.2. Tartışma	96
5.3. Öneriler	98
KAYNAKLAR	100

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_c/h	:	Saat başına hava değişimi, sızıntı oranı
KW	:	Kilowatt
m^2	:	Metrekare
U-değeri	:	Toplam ısı geçirme katsayısı, ($W/m^2\text{°C}$, $W/m^2\text{°K}$)
$W/m^2\text{-K}$:	Toplam ısı transfer katsayısı
T	:	Sıcaklık (K)
RT	:	Elemanın ısı direnci
R_{si}	:	Elemanın iç yüzey ısı direnci
R_{se}	:	Elemanın dış yüzey ısı direnci
R	:	Elemanın direnci
d	:	Tabakanın kalınlığı
λ	:	Isıl iletkenlik

Kısaltmalar

ASHRAE	:	Amerikan Isıtma-Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği
BIM	:	Building Information Modeling / Bina Bilgi Modellemesi
CAD	:	Bilgisayar destekli tasarım
E- PLA	:	Polilaktik Asit Yalıtım Malzemesi
EPW	:	EnergyPlus Weather Format
FDM	:	Fused Deposition Modeling / Erimiş Biriktirme Modellemesi
HVAC	:	Heating Ventilating And Air Conditioning / Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Sistemi
IAAC	:	Catalonia Institute of Advanced Architecture / Catalonia İleri Mimarlık Enstitüsü
İSTON	:	İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları Sanayi ve Ticaret Anonim şirketi
NASA	:	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
PVC	:	Polivinil klorür plastik polimer

REVİT	:	Anında Revize Edilen / Revise Instantly
SLS	:	Catalonia İleri Mimarlık Enstitüsü Seçici lazer sinterlemesi
STL	:	Standard Triangle Language / Standart Üçgen Dili
UV	:	Ultraviyole
WASP	:	World's Advanced Saving Project/ Dünyanın Gelişmiş Tasarruf Projesi
3DP	:	3 Boyutlu Yazıcı



1. GİRİŞ

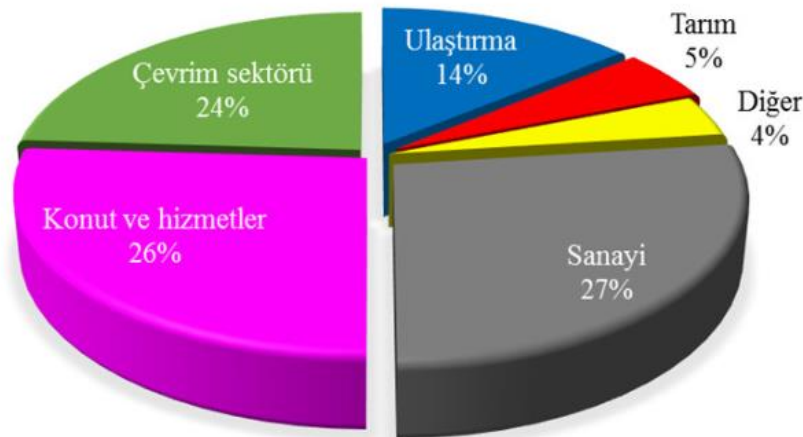
Dünyada çevre ve enerji sorunlarının hızlı bir şekilde çözüme ulaşması, maliyetler göz önünde bulundurulduğunda enerji etkinlik büyük bir paya sahip olmaktadır. Enerji etkinlik; Yaşam hayatında kullanılan teknolojilerin üretimi doğrultusunda maliyet göz önünde bulundurulurken kaliteli ve performans açısından verimli, sosyal hayatta refah düzeyini arttıracak şekilde, üretim aşamasından tüketime kadar enerji kaynaklarının en yüksek verim düzeyinde kullanılması ve kullanılan enerji tüketiminin azaltılmasıdır (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2011).

Dünyada nüfus artışı ile yaşam standartların en iyi şekilde sağlanmasına bağlı olarak enerji talebindeki artış miktarı, ekonomik ve sosyal hayat açısından önem arz etmektedir. Enerji talebindeki artış çerçevesinde, kullanılan yenilenemez enerji kaynaklarının az miktarda ve tükenme ihtimalinin olması, enerji maliyetlerin dünya ekonomisindeki artış miktarı göz önünde bulundurulduğunda, her sektör alanında enerji etkinlik düzeyinin en iyi şekilde sağlanması dünyada yaşayan tüm ülkeler için önemlidir. Bu nedenle kaynakların geri dönüşümü, daha az miktarda kullanımı ve sürdürülebilir çevre açısından gelişmiş enerji etkinlik düzeyinin sağlanması büyük bir önem taşımaktadır.

Türkiye’de nüfus artışıyla birlikte enerji talebinde artış meydana gelmiştir. İthalat miktarının ihracata göre fazla olması ile dışa bağımlılık oranının yüksek olduğu ve buna bağlı olarak olası risk durumlarının ortaya çıktığı tespit edilebilmektedir. Ülkede oluşan sera gazı emisyon miktarının gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında ülke ekonomisi, “enerji yoğun” ve “karbon yoğun” olarak değerlendirilmektedir (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2011). Sürdürülebilir bir gelecek için, Türkiye’de enerji etkinlik kavramının önemi söz konusudur. Ülke çapında tüketilen enerji miktarı, sektörler arasında kıyaslandığında, bina sektörünün enerji harcama miktarı büyük bir paya sahiptir. İnsanların iklimsel olarak konfor elde etmek amacı ile binanın soğutma, ısıtma ve havalandırma sistemleri büyük bir enerji harcamaktadır.

Türkiye’de enerjinin % 30-40’ı yapılarda tüketilmekte ve bu rakamın %85’i yapıların ısıtılması ve soğutulması amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 1.1). Enerjiyi verimli kullanmak ve Dünya’nın tehlikesi altında olduğu küresel ısınmayı yavaşlatıcı önlemler almak gerekmektedir. Enerjinin büyük kısmının tüketildiği yapıları,

bulunduğu bölgenin coğrafik, iklimsel, topografik özelliklerini gözeterek tasarlamak enerji kullanımını belirgin derecede azaltacak ve tasarımı yapılan bölgeye ait yapılar oluşturmaya olanak sağlayacaktır (Mangan ve Oral, 2013).



Şekil 1.1. Türkiye’de tüketilen enerjinin sektörlere göre dağılımı sütun grafiği
(<https://www.enerjigazetesi.ist/kose-yazisi-turkiyede-enerji-verimlilik-ve-mevzuati/>)

Minimum maliyet ve kaynak kullanımı göz önünde bulundurulduğunda, beton bina yapımında, geleneksel inşaat yöntemlerinin yanı sıra yenilikçi yöntemler (3D baskı yöntemi vs. gibi) ile konut projelerinin yapımı önem arz etmektedir.

İş gücü ve yapım sürecinde harcanılan enerji miktarı göz önünde bulundurulduğunda geleneksel inşaat yöntemine kıyasla 3D baskı beton teknolojisi ile minimum düzeyde işçi kullanılarak en kısa süre içerisinde bina yapımı söz konusudur. Geleneksel inşaat yöntemlerinde çok miktarda atık malzeme ortaya çıkmakta ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Enerji etkinlik esasına göre 3D baskı teknolojisi ile çok az miktarda atık malzeme oluşmakta ve geri dönüştürülmüş atık malzemeler kullanılarak daha az enerji ile sessiz ve çevreye zehirli gaz salımı yapmadan bina üretimi söz konusudur. Bu avantajlarının yanında binalarda tüketilen enerji miktarı göz önünde bulundurulduğunda, geleneksel inşaat yöntemine kıyasla 3D baskı yöntemiyle üretilen beton binaların sahip oldukları karakteristik özelliklerden dolayı kullanım sürecinde enerjiyi etkin hale getirilebileceği düşünülmektedir. Burada önemli olan 3D baskı yönteminde seçilen duvar tipolojisidir.

1.1. Tezin Amacı

Günümüzde yaşanan çevre sorunları ve enerji tüketimindeki artış açısından bina sektörünün önemli bir paya sahip olması, binaların enerjiyi etkin bir şekilde kullanımı zorunlu hale getirmektedir. Rahatlık ve konfor koşulları ihmal edilmeden sosyal

hayatta, yüksek verim ve performans elde edilerek binalarda enerji kullanımını minimum düzeye indirgenmelidir. Türkiye’de düzensiz kentleşme sebebiyle enerjiyi etkin kullanmak göz önüne alınmamıştır. Sürdürülebilir bir gelecek için enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması amacıyla çözüm yollarının bulunmalı, enerji etkin iyileştirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Türkiye’deki binalarda tüketilen enerji en çok insanların iklimsel konforu göz önüne alındığında mekanların ısıtılması, soğutulması ve havalandırılması için harcanılmaktadır. Bu sebeple bu tez çalışmasında; Türkiye’de 3D yazıcı ile imal edilecek tip beton bir konut binası tasarlanarak farklı iklim bölgelerine ve farklı duvar tiplerine göre enerji etkinliklerini tespit edilmesi amaçlanmıştır.

1.2. Tezin Kapsamı

enerji etkinlik analizi, bir sistemin veya sürecin enerji kullanımını değerlendirmek ve optimize etmek için yapılan bir analizdir. Bu analiz, enerji verimliliği potansiyelini belirlemek, enerji tasarrufu önlemlerini tanımlamak ve enerji maliyetlerini azaltmak için kullanılır.

Enerji etkinlik analizi genellikle şu adımları içerir:

1. Veri toplama: İlgili enerji tüketim verilerinin toplanması ve analiz için kullanılabilir hale getirilmesi.
2. Enerji değerlendirme: Enerji tüketimi, enerji maliyetleri ve enerji verimliliği göstergeleri gibi faktörlerin değerlendirilmesi.
3. Enerji tasarrufu potansiyelinin belirlenmesi: Enerji tasarrufu önlemlerinin ve enerji verimliliği iyileştirmelerinin tanımlanması ve potansiyel enerji tasarrufu miktarının belirlenmesi.
4. Analiz ve modelleme: İlgili analiz yöntemlerinin kullanılması, enerji etkinlikleri üzerinde simülasyonlar ve modellemeler yapılması.
5. Öneriler ve uygulama: Enerji tasarrufu önlemlerinin önerilmesi, enerji etkinliklerinin artırılması ve uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi.
6. Sonuçların değerlendirilmesi: Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi, potansiyel tasarrufların ve maliyetlerin belirlenmesi.

Enerji etkinlik analizi, binalar, endüstriyel tesisler, ulaşım araçları ve enerji sistemleri gibi çeşitli alanlarda uygulanabilir. Bu analizler, enerji verimliliğini artırmak, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve enerji maliyetlerini azaltmak için önemli bir araçtır.

Tez çalışması kapsamında, 3D yazıcı ile üretilecek tip beton konut projesinin Türkiye'deki farklı iklim bölgelerine göre enerji etkinlik analizi yapabilmek için 5 farklı iklim bölgelerinden Konya, Erzurum, İstanbul, İzmir, Gaziantep referans il olarak seçilmiştir. İSTON tarafından uygulanan tek katlı tek tip bina örneği baz alınarak Revit 2022 programı ile örnek bir tek katlı tek tip 3D beton bina modeli gerçekleştirilmiştir. Bunun için enerji simülasyon programlarından Energyplus dinamik ısı simülasyon motorunun arayüzü olan Design Builder simülasyon programı kullanılmıştır. 5 farklı iklim bölgesi ve 6 farklı duvar tipi kullanılarak yapılan 30 farklı analiz Isıtma Tasarımı yükü ve Soğutma Tasarımı yükü değerleri baz alınarak karşılaştırılmıştır. Tez çalışması özet grafiği Şekil 1.2' de verilmiştir.

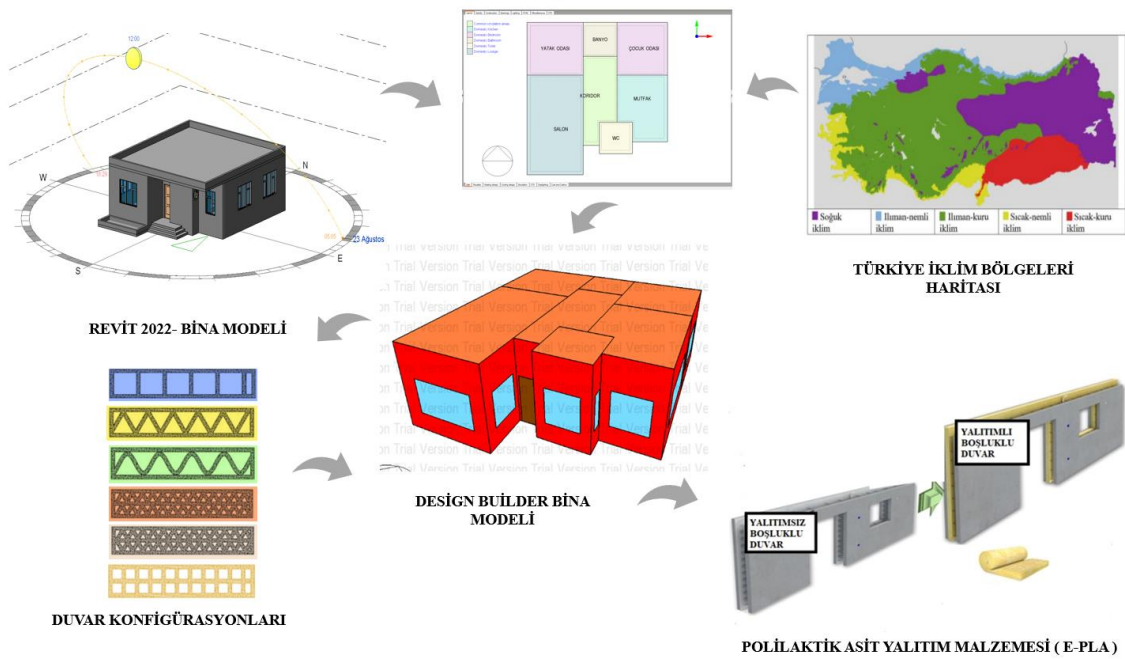
Bu tez çalışması kapsamında Konya ilinde 3D beton yazıcı ile üretilebilecek bir binanın mimari tipolojisinin enerji verimliliği açısından nasıl olması gerektiğini ayrıntı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışma kapsamında enerjiyi etkin kullanan bina modellerini tespit etmek için Design Builder programı kullanılmıştır. Program içerisinde yer alan Isıtma ve Soğutma Tasarımı analizleri yapılmıştır. Programın yaptığı analizlerde, modellenen binaların konumundaki iklim verilerini baz almış olup kış ve yaz aylarının en çok enerji ihtiyacı duyulan günleri kendi içerisinde tespit ederek hesaplamıştır. Program tarafından hesaplamalarda kullanılan bu tarihler kullanıcıya verilmemektedir. Analizler sonucunda modellenen binaların tasarım kapasite değerleri hesaplanarak ısıtma ve soğutma yükleri açısından enerjiyi etkin kullanan bina modelleri tespit edilmiştir.

1.3. Tezin Yöntemi ve Hedefleri

- a) Türkiye'nin 5 farklı iklim bölgelerinden seçilen referans şehirler (Konya, Erzurum, İstanbul, İzmir, Gaziantep) ele alınarak enerji simülasyonunu yapmak amacıyla Design Builder programında bina modellemeleri yapılmıştır.
- b) Binaların modellenmesi yapılırken 6 farklı duvar tipi ele alınmıştır. Ele alınan duvar tipleri, literatürde bulunan ve bu tez çalışma konusuna benzer olan bilimsel bir çalışmada yer almakta olup bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında ele alınan 6 farklı duvar tipi ile modellenmiştir.
- c) Design Builder Programı ile yapılan analizlerde program tarafından ilgili bölgenin iklim verileri baz alınarak yaz ve kış aylarının en sıcak ve en soğuk

günü tespit edilerek bu günlere ait Isıtma ve Soğutma Tasarımı hesaplamaları yapılmıştır.

- d) Analizler sonucunda binalar için gerekli ısıtma ve soğutma enerjileri hesaplanmış olup duvarlardan ve diğer parametrelerden kaybedilen ısı ve enerji kayıpları hesaplanmıştır. Modellenen binaların analizleri sonucunda oluşturulan simülasyon raporları sonucunda binalar için yıllık gerekli ısıtma ve soğutma enerjileri hesaplanmıştır.
- e) Analiz sonuçları grafikler ve Excel tabloları ile sonuç verileri programdan alınmıştır. Bu tez çalışmasında binanın mevcut enerji tüketimini minimum düzeye indirmek için çözüm önerileri sunulmuştur. Çalışmada enerji simülasyon programı aracılığı ile elde edilen hesaplama sonuçları analiz edilerek enerji etkin yaklaşıma dayalı ileriye yönelik yapılacak çalışmalara yön vermesi hedeflenmiştir.



Şekil 1.2. Tez çalışması özet grafiği (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

1.4. Kaynak Araştırması

1.4.1. 3D yazıcı beton teknolojisi alanında yapılan araştırmalar

İlk olarak 1984 yılında Charles Hull tarafından geliştirilip kullanıma sunulan 3D yazıcı teknolojisi, 1986 yılında '3D Systems' adında bir şirket tarafından resmi olarak üretime girdiğinde; dev bir sektörün de başlangıcı gerçekleştirilmiştir. 3D baskı fikri, daha 1983 yılında Charles W. Hull'un daha sertleştirme fikriyle ortaya çıkmasıyla doğdu. Charles W.Hull, ultraviyole (UV) ışığı ile masa üstü kaplamalar fikrini öne

sürdü. Bu basit düşünce, onu ilk önce sterolitografinin icadına götürdü (Chuck Hull,2016). 3D baskı teknolojisi, Sterolitografi, hızlı, hassas anlamına gelen hızlı prototiplemenin ilk teknolojisiydi. Sterolitografi, nesnelere yüksek hassasiyette ve son derece hassas bir şekilde oluşturabilen bir teknolojidir. Tıp, otomotiv, uçak endüstrisi, sanat ve tasarım gibi birçok alanda kullanılmasının nedeni budur.

3D baskı için benzer bir teknik, seçici lazer sinterlemedir (SLS). Lazer, bir nesne oluşturmak için toz parçacıklarını eritmek için kullanılır. SLS teknolojisinde kullanılan malzemeler genellikle yüksek mukavemet ve esnekliğe sahiptir. En popüler olanları naylon veya polistirendir.

Fused Deposition Modeling (FDM) modellemesi 1988'de S. Scott Crump tarafından icat edilen bir teknolojidir (Wolf, 2015). Sünek malzemeler soğutma işlemi sırasında kendini sertleştiren, çift başlı nozuldan geçirilir. Yazıcı hem modelleme hem de destekleyici malzemeleri destekleyen dijital modelden üretilen enine kesit katmanlarına göre biriktirilmektedir. Nozul, filamanı uygun erime noktasında tutan dirençli ısıtıcılar içerir. Katmanları oluşturması durumunda nozuldan kolayca akar. Diğer teknolojilerde olduğu gibi, bir katman oluşturduktan sonra, bir platform indirilir ve bir sonraki katman oluşturulur. Bu işlem, tüm nesne tamamlanana kadar tekrarlanır. Genellikle FDM teknolojisinde kullanılan malzemelere filament denir ve yazıcılarda termoplastik rulolar halinde kullanılır.

Bilinen ilk 3D baskı tekniği, 1998 yılında Khoshnevis ve arkadaşlarının, Contour Crafting adı ile adlandırdıkları yöntemdir. Contour Crafting ile polimer, seramik bulamaç, çimento ve çeşitli diğer malzemeler ve karışımlar kullanılarak katmanlı bir imalat yöntemi geliştirilmiştir. Contour Crafting ile Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), uzay araştırmaları yönetimi de ilgilenmiş ve finansman sağlamıştır (Khoshnevis ve ark., 2006).

İnsanlar gelecekte Ay'a ve Mars'a yerleşebilecektir ancak inşaat önerilerinin çoğu yeryüzünden yapısal öğelerin taşınması ve hedef sahada bir araya toplanması üzerine kurulmuştur. Bu durum, daha büyük ölçekte pahalı ve gerçekleştirilemez bir yaklaşımdır. Bunun yerine, 3D baskı ile yerinde malzeme kullanılması önerilmiştir (Khoshnevis ve ark., 2012). Yapı endüstrisi, 3D yazıcıların kullanıldığı eklemeli üretim yöntemindeki gelişmeleri yakından takip etmekte ve bunları daha büyük ölçekte uygulamayı amaçlamaktadır. Beton ve çimento esaslı malzemelerin 3D yazıcılar ile birlikte kullanımı son zamanlarda mimarlık ve inşaat alanında oldukça fazla ilgi

görmektedir. Bu kapsamda, küçük yapısal olmayan uygulamalarla başlayan süreç örneğin, tezgâh, çocuk oyun kalesi, daha sonra bir ofis, bir yaya köprüsü, bir laboratuvar, bisiklet ve yayalar için köprü, bir ev, motorlu araçlar için trafik köprüsü, bir ofis-otel üretimine ulaşmıştır. Ayrıca, Tay ve arkadaşları 2013'ten bu yana 3D yazım teknikleri ile ilgili yayınlarda sadece sayısal olarak değil, aynı zamanda içerik bakımından kapsamlı bir artış olduğunu belirtmiştir (Tay ve ark., 2017).

Loughborough Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 3D eklemeli üretim yöntemi için yüksek performanslı bir betonu geliştirmiştir. Yüksek mukavemet özelliklerine (28. günde, 100 MPa basınç ve 12 MPa eğilme mukavemeti) ulaşılmasını amaçlayan malzeme araştırması ve performans deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ayrıca, karışımın tasarımı esnasında işlenebilirlik, ekstrüde edilebilirlik ve taşınabilirlik gereksinimleri göz önüne alınmıştır (Le ve ark., 2011).

Çinli firma Yingchuang, büyük ölçekli yapı elemanlarını fabrikalarında yüksek hızda yazdırmak için 150 (boy) x 10 (genişlik) x 6,6 (yükseklik) metre boyutlu bir yazıcı geliştirmiştir. İç ve dış yan duvarlar basılarak, ardından zikzak şeklinde bir iç yapı oluşturulmuştur. Bu teknikle firma, çok katlı evler, beş katlı apartman ve 1.100 metrekairelik bir bina inşa etmiştir (Yingchuang, 2015).

Hollanda'da kurulan CyBe Additive Industries firması birkaç dakika içinde kabul edilebilir bir mukavemete ulaşan harç kullanmaktadır. CyBe firması, uygulamalarını düzenli bir robot koluna bir baskı kafası takarak yapmaktadır (Anderson, 2015).

Slovenya'da faaliyet gösteren BetAbram firması, ticari kullanım için 3D beton yazıcılar geliştirmiştir. Çeşitli boyutlarda yazıcıları satışa çıkaran firma, 3D yöntemiyle basılan bir merdivenle 3D yazıcıların kullanımını açıklamıştır (Alec, 2014).

Emerging Objects firması tarafından kullanılan karışımın işlenebilirliğini arttırmak için ince agrega ve lif takviyeli çimento karışımı kullanılmıştır. İki tür bağlayıcı kullanılmış olup; bir tanesi alkol bazlı bağlayıcı olup, diğeri üstün yapışma özeliğine ve yüksek dayanıma sahip suda çözünen sentetik polimerdir (Rael ve San Fratello, 2011).

Oxman liderliğindeki "The Mediated Matter" grubu, değişen yenilikçi baskı tekniklerini incelemektedir. Araştırma grubu, hızlı şekilde imal edilen elemanlar için benzer bir özellik önermektedir. Karışım yoğunluğunun alüminyum tozu ve kireç karışımıyla kontrol edilen beton köpüğü karışımı geliştirilmiştir (Oxman ve Tsai, 2011).

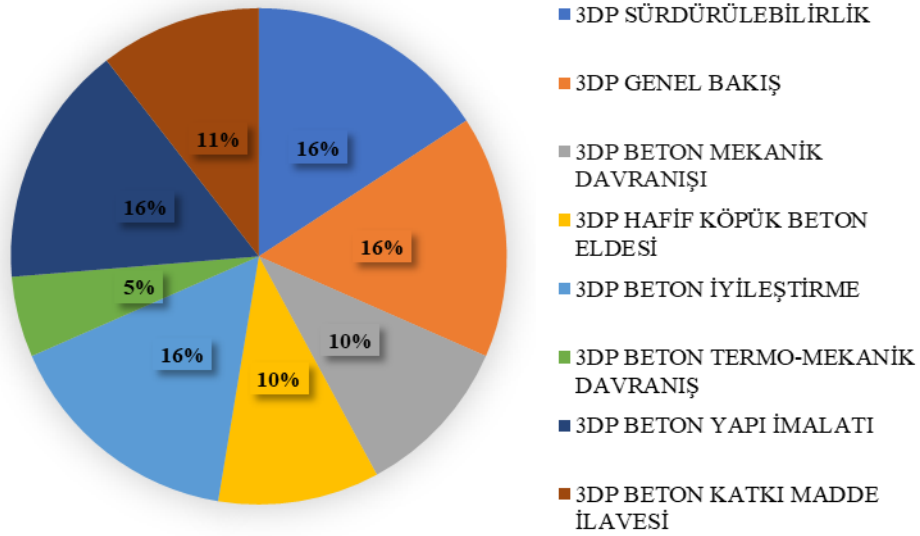
Catalonia İleri Mimarlık Enstitüsü (IAAC), 3D yazıcı teknolojisi ile üretime uygun minyatür basım tekniğini geliştirmiştir. Bu yöntem, herhangi bir boyutta beton yapıları bir arada yazabilen üç küçük robot ailesini kullanmaktadır (IAAC, 2014).

Diğer bir 3D basım yöntemi; kil, kum ve çamur karışımını kullandığından tam olarak beton baskı türü değildir. WASP (World's Advanced Saving Project), üçüncü dünya ülkelerinde 3D baskı barınağı yapmayı amaçlamaktadır. İtalyan şirketi, konutlarını değişen ölçekli ev modellerini basarak göstermiş, ticari kullanım için yazıcılarını satmayı amaçlamaktadır. Elde edilen gelirin ise, ihtiyaç duyulan ülkelerdeki evleri üretmek için kullanılması düşünülmektedir (Krassenstein, 2014). Son zamanlarda Eindhoven Teknoloji Üniversitesi tarafından 2017 yılında bisikletçiler için 3D beton ile üretilen köprü kullanıma açılmıştır (Saunders, 2017). Birleşik Arap Emirlikleri'nde Dubai'deki ofisler ve Filipinler'deki Lewis Grand Hotel'deki bazı yapılar da 3D baskı teknolojisi ile katmanlar oluşturarak inşa edilmiştir (Kim,2017).

Bu çalışma için yüksek lisans seminer döneminde, 3D yazıcı betonu teknolojisi alanında toplam olarak 2015'ten sonra yayımlanan yaklaşık 203 çalışma araştırma konu alanlarına göre göre ayrı ayrı tespit edilmiş ve yıllar içerisinde değişimi sınıflandırılmıştır.

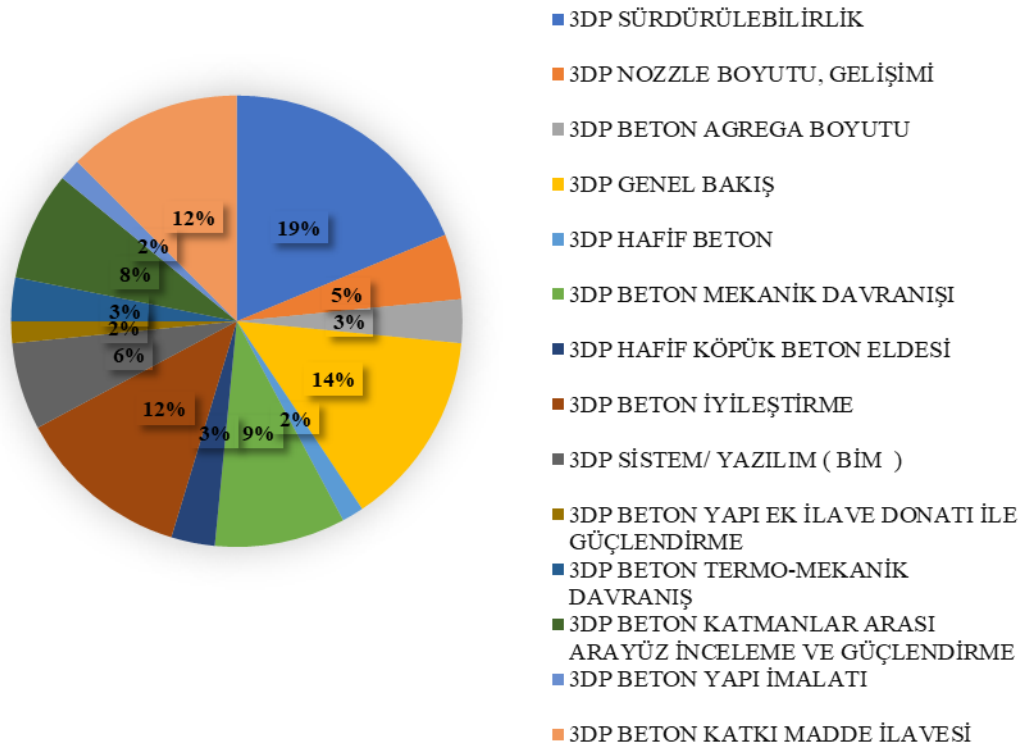
Yapılan sınıflandırmaya göre 2015 yılında oldukça dar kapsamda incelenen 3D yazıcı beton teknolojisi çalışmalarını 2022 sonrasına kadar çok değişken konu kapsamına eriştiği görülmektedir. 2022-2017 yılları arasında yapılan çalışmaların konularına göre sınıflandırılmasının veri analizi daire grafiği sırasıyla Şekil 3-8 'de verilmiştir.

2022 YILI VERİ ANALİZİ DAİRE GRAFİĞİ



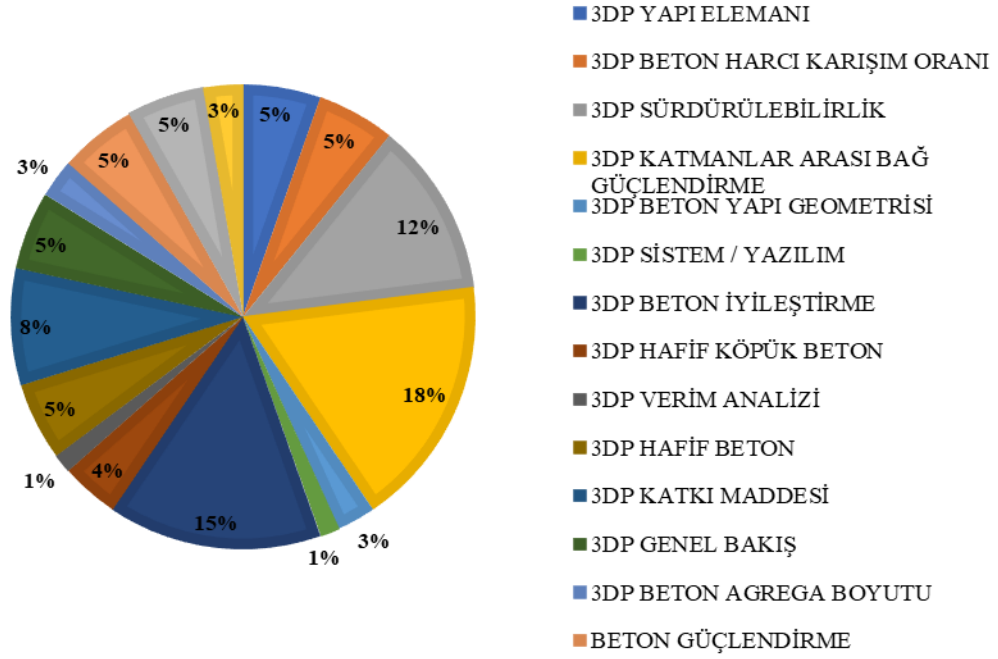
Şekil 1.3. 2022 yılında yapılan çalışmaların konularına göre sınıflandırılmasının veri analizi daire grafiği (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

2021 YILI VERİ ANALİZİ DAİRE GRAFİĞİ



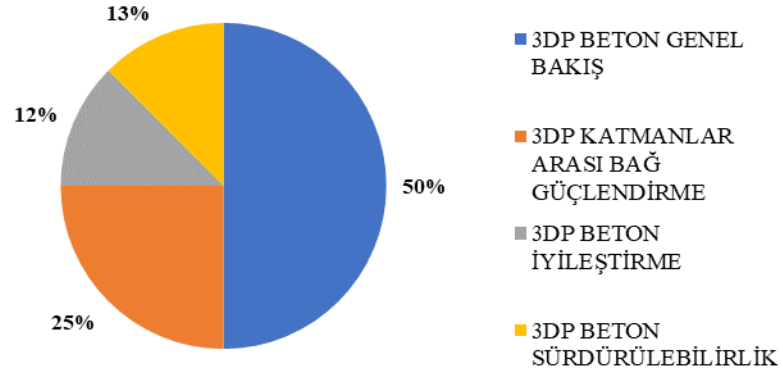
Şekil 1.4. 2021 yılında yapılan çalışmaların konularına göre sınıflandırılmasının veri analizi daire grafiği (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

2020 YILI VERİ ANALİZİ DAİRE GRAFİĞİ



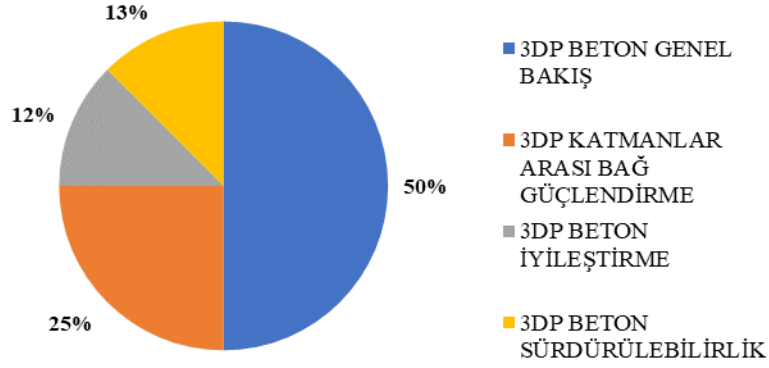
Şekil 1.5. 2020 yılında yapılan çalışmaların konularına göre sınıflandırılmasının veri analizi daire grafiği (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

2019 YILI VERİ ANALİZİ DAİRE GRAFİĞİ



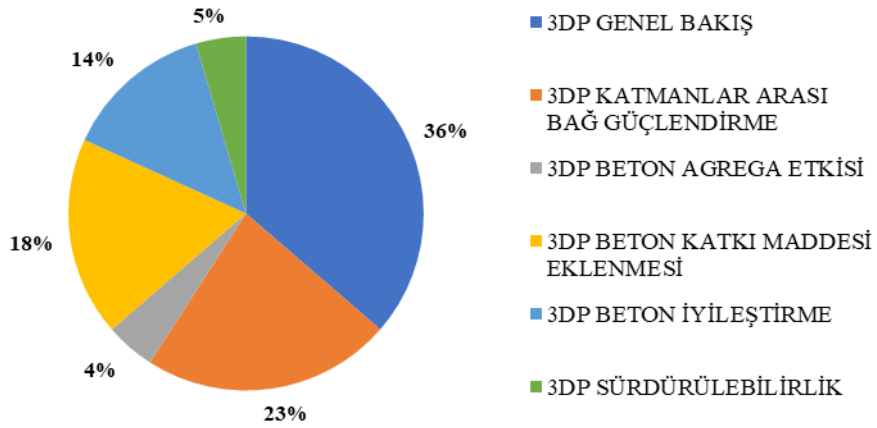
Şekil 1.6. 2019 yılında yapılan çalışmaların konularına göre sınıflandırılmasının veri analizi daire grafiği (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

2018 YILI VERİ ANALİZİ DAİRE GRAFİĞİ



Şekil 1.7. 2018 yılında yapılan çalışmaların konularına göre sınıflandırılmasının veri analizi daire grafiği (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

2017 YILI VERİ ANALİZİ DAİRE GRAFİĞİ



Şekil 1.8. 2017 yılında yapılan çalışmaların konularına göre sınıflandırılmasının veri analizi daire grafiği (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

3D yazıcı beton teknolojisi hakkında araştırılan makaleler arasından, sürdürülebilirlik alanında yapılan araştırma çalışmalar ayrı bir başlık altında incelenmiş ve bu konu üzerinde araştırmalar yoğunlaştırılmıştır. 3D yazıcı beton teknolojisi hakkında araştırılan makaleler arasından, sürdürülebilirlik alanında yapılan araştırma çalışmaların kendi içerisinde 7 ana başlık altında konu sınıflandırılması yapılmıştır.

Yapılan konu içerik sınıflandırmaları ele alınarak makalelerin araştırdıkları konular kıyaslanarak analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

2022-2015 yılları arasında araştırılan yaklaşık 203 makale arasında 3D yazıcı beton teknolojisinde Sürdürülebilirlik alanında yapılan çalışmalar, 2022-2017 yılları arasında yapılmış olup 2015 ve 2016 yıllarında sürdürülebilirlik alanında çalışmalara rastlanmamıştır. Son 6 yılda sürdürülebilirlik alanında çalışmaların yoğunlaştığı bulunan bilgiler ışığında saptanabilir.

1.4.2. Enerji verimliliği alanında yapılan çalışmalar

Literatürde Türkiye’de bulunan beton bina projelerinin enerji etkin analizi ve tespiti konusunda yönelik pek çok çalışmada Türkiye’de bulunan beton binaların farklı iklim bölgelerine göre binanın ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması, bina enerji etkin değerlerinin tespiti ve analizi konusunda bahsetmektedir. Bununla beraber literatür taraması bakıldığında simülasyon programları ile bina enerji etkin değer analizleri mevcut olup Türkiye’de bulunan farklı iklim bölgelerine göre bina enerji etkin değerlerin tespit ve analizi hakkında çalışma örnekleri daha sınırlıdır.

Demirtaş (2011) çalışmasında, Türkiye’nin 5 farklı iklim bölgesi için tasarlanacak otel yapılarının ısıtma ve soğutma enerji harcamaları açısından en verimli yapı tasarımının tespit edilmesi hakkında, Design Builder adlı simülasyon programını kullanarak ısıtma ve soğutma yüklerini hesaplamıştır. Yapılan hesaplamalarını belirlenen otel projesinin binanın taban alanı-ısıtılan hacim oranı sabit tutularak yapılmıştır. Yapı tasarım biçimi açısından ve bu yapı biçimlerinde yatak başına düşen ısıtma ve soğutma yükleri açısından değerlendirilme yapılmış olup yatak katlarında oda sayıları farklılık göstermiştir. Bu nedenle sonuçlar yatak katı ve yatak başına düşen enerji miktarı açısından karşılaştırıldığında en verimli sonucun elde edildiği mimari tasarım biçimlerinin farklılaşmasına sebep olduğu tespit edilmiş olup enerji etkin açısından en iyi mimari tasarım saptanmaya çalışılmıştır (Demirtaş, 2011).

Mangan ve Oral (2014) çalışmalarında, TOKİ (Toplu Konut İdaresi) tarafından inşa edilmiş bir konut projesinin, Türkiye’nin ılımlı nemli, sıcak nemli ve soğuk iklim bölgelerine yönelik enerji simülasyonları yapmış olup, mevcut enerji tüketimlerinin ve CO₂ salımının azaltılması için senaryolar geliştirmişlerdir. İklim bölgelerini Akdeniz iklimi yerine sıcak nemli olarak, Karadeniz iklimi yerine ılımlı nemli olarak, Karasal iklim yerine soğuk iklim olarak ele almışlardır. Enerji simülasyon programlarından

Energy Plus dinamik ısı simülasyon motorunun kapsamlı arayüzü olan Design Builder simülasyon programını kullanarak bina enerji etkin değer analizi yapmışlardır.

Mevcut inşaat edilmiş bir toplu konut projesi ele alınmış olup 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilmiş bir konut hakkında çalışmaya yer verilmemesi bu alanda yapılacak literatür çalışmasının önemini ortaya koymaktadır. Her iklim tipine ait farklı mimari tasarımlar yapılmış olup tek tip bir bina modeli kullanılmamıştır. Araştırma için seçilen binalar mevcut bina olmayıp 3D yazıcı beton teknolojisine ait bir beton bina inşaatına dair bir çalışmaya yer verilmemiştir (Mangan ve Oral, 2014).

İnşaat Mühendisliği Bölümü, JSS Teknik Eğitim Akademisi Noida, Hindistan’da Bharath ve arkadaşları çalışmalarında, Verimli Enerji Kullanımına Yönelik Bir Yapının Analizi hakkında araştırma yapmışlardır. Fakülte binalarını analiz ederek hava durumu verileri, binanın güneş kazanımlarını ile bina cephelerinden emilen ısı miktarı tespit edilerek bina için gerekli olan soğutma tesisinin büyüklüğünü tahmin etmeye çalışmışlardır. Design Builder, kütüphanelerden modele aktarılabilen veya bu dosyalar internetten indirilebilen dahili hava durumu veri dosyaları sağlamaktadır. Analiz edecekleri binaya yakın olan verileri Design Builder simülasyon programının veri kütüphanesinden alınarak analiz yapılmıştır. Bina tek tip iklim bölgesi için değerlendirilmiş ve farklı iklim bölgeleri çalışma kapsamına girmemiştir (Bharath ve ark., 2021).

Heydari ve ark. (2021) literatür çalışmasında Design Builder yazılımı kullanılarak Semnan’da (İran) sıcak ve kurak iklime sahip bir bina çeşitli pencere konfigürasyonları ile modellenmiştir. Modellenmiş bir binada enerji tüketimini optimize etmek için önemli stratejilerden biri, yerel iklim koşullarına bağlı olarak pencere camının ısı transfer katsayısını iyileştirmek olduğunu tespit edilmiş ve bu nedenle bu çalışmada, yalıtkan olarak argon gazı, kripton ve hava ile çeşitli tek camlı ve çift camlı pencereler üzerinde incelemeler yapılmıştır.

Paneller ve cam kalınlığı arasındaki boşluk değiştirilerek, Sema’ndaki hâkim iklim koşulu için optimum pencere konfigürasyonunu bulmak için modellenen binanın soğutma/ısıtma yükü analiz edilmiştir. Yapılan çalışma tek iklim bölgesini kapsamakta olup pasif tasarım esasları ele alınarak tasarım yapılmıştır. İran’da inşaat edilecek bina için tasarım yapılmıştır. Farklı iklim bölgeleri ele alınmayarak tek tip iklim tipi çalışmada kapsama alınmıştır (Heydari ve ark., 2021).

Türkiye için bu tip çalışmalara, dünya genelinde yapılan çalışmalara kıyasla önem verilmelidir. Ayrıca bina modeli geleneksel inşaat yöntemleri ele alınarak tasarım yapılmış, 3D beton baskı teknolojisi ile bina inşaatı ele alınmamıştır.

Yapılacak olan bu tez çalışmasının Türkiye’de 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek bir beton konut projesi olması büyük bir önem teşkil etmektedir.

Ayrıca şimdiye kadar tüm literatür çalışmalarında Türkiye’deki farklı iklim bölgelerine göre geleneksel inşaat yöntemiyle inşaat edilmiş konutların analizi mevcutken bu tez çalışmada 3D yazıcı yöntemiyle yapılacak olan bir beton konut projesinin Türkiye’de farklı iklim bölgelerine göre analiz edilecek olması bilimin gelişmesi için önem arz etmektedir.

Bergero ve Chiari (2021) dinamik enerji modellerinin doğrulanması ve kalibrasyonu: bir kamu binasının enerji denetimi hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu makalede, ısıtma ve soğutma hizmetleri için bir ofis binası enerji modelinin kalibrasyonunu ele alınmış olup bina simülasyonu Design Builder yazılımı tarafından gerçekleştirilmiştir. Mevcut bir kamu binası ele alınmıştır.

Albatayneh (2021) literatür çalışmasında Ürdün’ün Amman şehrinin yarı kurak ve sıcak Akdeniz iklim bölgesinde bulunan tek katlı tek tip bir konut binasının bina kabuğunun parametrelerinin optimizasyonunu sunmaktadır. Amaç, soğutma ve ısıtma için mekanik sistemlerin kullanılması yoluyla mevcut ısı konfor seviyelerinin sürdürülebilmesini sağlarken, soğutma ve ısıtma yüklerinde bir azalma elde etmektir. Tasarım değişkenlerini değiştirmek ve bunların genel ısı performans üzerindeki etkilerini incelemek için 187 m² boyutlarında tipik bir Ürdün tek katlı tek tip konut binası seçilmiş olup optimizasyon süreci, Design Builder yazılımı kullanılarak bir simülasyon yapılarak soğutma ve ısıtma yükleri için önemlerini değerlendirmek için 12 tasarım değişkeninin duyarlılık analiz edilmiştir. Çalışma Türkiye’de tek tip iklim bölgesi (Karasal iklim bölgesi) ele alınmış farklı iklim bölgeleri için analiz yapılmamıştır. Ürdün’de bulunan geleneksel inşaat yöntemleri ile inşaat edilmiş bir bina olmakla birlikte 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek bir beton konut hakkınca bilgiye sahip değildir.

Suntharalingam ve ark. (2021) çalışmalarında, 3D yazıcı beton (3DPC) farklı tiplerde modellenen duvar konfigürasyonları ele alınmıştır. Yapılan çalışma kapsamında 3DPC duvar konfigürasyonunun ısı performansını, toplam ısı transfer katsayısı değeri (U-değeri) ölçülerek doğrulanmış sonlu eleman modelleri kullanılarak izlenmiştir.

Simülasyon sonucunda 3D yazıcı beton (3DPC) farklı tiplerde modellenen duvar konfigürasyonlar arasında en düşük toplam ısı transfer katsayısı değerine sahip duvarın toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışma analitik ve deneysel çözümlerin önemini vurgulamaktadır.

Yawen ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, 3D yazıcı teknolojisi yöntemi ile inşa edilen binaların ısı performansını ve enerji tasarrufu potansiyelini ölçmek için, farklı duvar konfigürasyonlara ve kaplamalara sahip iki ticari binada enerji analizleri yapılmıştır. 3D yazıcı ile üretilen duvar modeli, yeşil cepheler ve yaşayan duvar sistemlerinden oluşmaktadır. Bu tasarımın ele alınmasının sebebi, yaz ve kış hava koşullarında bitki örtüsü tabakasının binaya artı yalıtım etkisi yapacağı düşünülmüştür. Yeşil bitki örtüsü bulduran duvarların ek yer kaplamaması ve mevcut yapıların yanı sıra çoğu yeni yapıya kolayca entegre edilebilmesi nedeniyle binalar için en uygun yeşillendirme seçeneklerinden biri olarak kabul edilmiştir. Diğer ticari bina geleneksel inşaat yöntemi ile inşa edilen bina gaz beton duvarlardan oluşmaktadır.

Ayegba, ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, yalıtımlı modellerle hava boşluğu 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek binaların bina kaplamalarının enerji verimliliği operasyonel karbon emisyonunu ve ısı konforunu karşılaştırmaktadır. Genişletilmiş polistiren, ekstrüde polistiren, poliüretan köpük ve cam elyafı olmak üzere dört yalıtım türü kullanılarak 4 farklı tip duvar modele ele alınmıştır. Yapılan literatür çalışmasında üç farklı 3D yazıcı betonu karışımı ele alınarak ortaya çıkan kombinasyon sonrasında oluşturulan bina modelleri Design Builder programında analiz edilerek ortaya çıkan performansları rapor edilmiştir. Sonuçlar, yalıtımın 3D yazıcı beton yapılarının genel çevresel performansını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.

Mahdi ve ark. (2022) yılında yaptıkları çalışmada, 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek binalarda baskı betonlarında reaktif magnezyum oksit çimento ve kalsiyum sülfalüminat çimentosu olmak üzere iki tip çimento, ısı yalıtımı ve faz ile birlikte kullanılan 3D baskılı bir binanın enerji performansını araştırmıştır. Daha sonra bu iki beton tipi üzerinde bir yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmıştır ve sonuçlar Portland çimentosu ile elde edilen betonu ile karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, reaktif magnezyum oksit çimento kullanımının enerji tasarrufu ve atık açısından kalsiyum sülfalüminat çimentosuna göre daha çok etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca yaşam döngüsü değerlendirmesine göre Portland çimentosu yerine kalsiyum sülfalüminat ve reaktif

magnezyum oksit çimento kullanılarak bir binanın inşa edilmesinin karbondioksit emisyonlarını 400 kat azalttığı sonucuna varılmıştır.

Araştırmacıların yaptıkları çalışmada, 3D baskılı bir binada iki tip çimento kullanımının araştırılmasını ve farklı senaryolar kullanılarak bu binanın ısı yükünün hesaplanmasını amaçlamıştır. Oluşturulan bina modellerini analiz etmek için Design Builder yazılım kullanılan programını kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, Sima-Pro yazılımı ile bu iki tip beton ve Portland çimentosu tarafından yapılan beton için bir yaşam döngüsü değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.



2. KAVRAMSAL ALTYAPI

2.1. 3D Baskı Teknolojisi

3D baskı günlük hayatta kullanılmaya yer almaya ve yazıcılar her türlü endüstride yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tıp, otomotiv veya havacılık endüstrisinde birçok başarı elde edilmiştir. Baskı malzemesinin ve 3D teknolojisinin iyileştirilmesi, dünyanın her yerindeki birçok şirket için hedef haline geldi. 2014 yılında inşaat sektöründe gerçek bir devrim başlamıştır çünkü ilk 3D yazıcı beton yöntemiyle bir bina inşaat edilmiştir. Bununla birlikte bina teknolojisinde yeni bir sayfa açılmıştır.

3D yazıcı teknolojisi, günümüzün en önemli gelişmelerinden biridir. Tıp dünyasından gıda endüstrisine, havacılık mühendisliğinden evlerdeki kullanım alanlarına kadar uygulama potansiyelini ortaya koymuştur. Yapı endüstrisinde bu teknoloji benimsenmekte ve büyük ölçekte üretimlerde kullanması hedeflenmektedir. 3D yazıcı beton teknolojisi hem mimari hem de yapısal tasarımda daha fazla özgürlük sağlayan, düşük maliyetli ve yüksek hızlı inşaat yöntemi sunmaktadır. Birkaç öncü şirketin ve bütün dünyadaki farklı firmaların sergilediği çalışmalara rağmen, yapı endüstrisi 3D eklemeli üretim tekniğinin geliştirilmesinde henüz tam anlamıyla başarılı olamamıştır. Bu durumun, basılacak olan yapısal elemanların, davranışları üzerine temel araştırmaların yetersizliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Beton yapıların 3D yazımı, bugünkü inşaat teknolojisinde devam eden yüksek teknolojik gelişmelerden birisi olup, yüksek hızlı inşaat, kalıp gerektirmeme, daha az iş yükü ve en önemlisi tasarımda özgürlüğün artması gibi üstünlükleri vardır. 3D yazıcı betonunun, beton yapılarda aşağıda sıralanan bazı zorlukları karşılayabilmesi beklenmektedir.

Beton yazıcılar ile daha kolay karmaşık şekiller üretilebileceğinden kalıp kısıtlamaları olmaksızın ürün tasarımında yeni bir mimari özgürlük mümkün olacaktır, üst üste eklemeli üretim yöntemi, sadece ihtiyaç duyulan yerlerde beton baskı yapılmasına ve beton tüketiminden tasarruf edilmesine olanak sağlamaktadır, robotlarla üretimde artık betonun vibrasyonla yerleştirilmesine gerek duyulmamaktadır, kalıp gerektirmemesi nedeniyle üretkenlik artabilir ve yazıcılar 7 gün 24 saat çalışabilir, dijital üretim türü, binaların bilgi modelleriyle mükemmel şekilde eşleşen dijital bir tasarım türü ile birlikte çalışabilir, üretilen elemanlar, üretim masraflarında veya sürelerinde belirgin bir artış olmadan defalarca değişebilir (Wolf, 2015).

2.1.1. Mimarlıkta 3D yazıcı kullanımı

3D yazıcı kullanımı yaygınlaşmaya başlamadan önce, mimarların kreasyonlarını ve tasarımlarını göstermek amacıyla kullandığı konsept modelleri üretebilmek uzun vakit almıştır ve zahmetli olmuştur. 3D yazıcılar mimarlık alanında kullanılmaya başlanıldığından beri, efor ve zamandan kazanılmasının yanı sıra, özelleştirilmiş ayrıntılı tasarımlar da artık zahmetsiz müşterilere sunulabilmektedir.

Büyük çaplı ve hizmete hitap eden tasarımlar konusunda da 3D yazıcılar hayatımızda yer almaya başlamıştır. San Francisco temelli bir şirketin; 3D yazıcılar kullanarak 640 metre karelik ve 9,5 metre yüksekliğinde bir bina inşa etmiştir (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2). Zaman ilerledikçe gelişen teknolojiler ile, 3D yazıcılar, gelecekte inşaat sektörü alanında büyük çaplı değişimlere sebep olabilir.



Şekil 2.1. Mimarlıkta 3D yazıcı kullanımı (<https://www.webtekno.com>)



Şekil 2.2. 3D yazıcılar kullanarak 640 metrekarelik ve 9,5 metre yüksekliğinde inşa edilen bina (<https://www.webtekno.com>)

2.1.2. Günümüzde 3D beton baskı

İnsan ihtiyaçlarının artması ve bu ihtiyaçlara hızlı erişme istediği, ucuz ve farklı geometrik tasarım oluşturma düşüncesi insanoğlunu 3D baskı teknolojisine mecburi hale getirmiştir. 3D baskı işlemi, bilgisayarda ortamında bulunan dijital dosyaların fiziksel 3 boyutlu objelere dönüştürülmesi işlemine denir. 3D baskı, tasarım programları vasıtasıyla sıfırdan oluşturulabildiği gibi, 3D tarama teknolojisi sayesinde de elde edilebilir. Bilgisayar üzerinde yapılan bu tasarım işlemi "CAD" (Bilgisayar destekli tasarım) olarak adlandırılır. Bu programlar aracılığıyla tasarım düşüncelerini sanal ortama aktararak ve 3D taraması yapılmış modellerin düzenlenmeleri yapılabilir. 3D beton baskı süreci 3 adımda gerçekleşmektedir. Bu adımlar, veri hazırlama, beton harç malzemesinin hazırlanması ve 3D yazıcı ile harç baskının inşa edilmesidir. Veri hazırlama aşamasında bir eleman 3D CAD model olarak tasarlanır ve bir STL dosya formatı biçimine dönüştürülür. Ardından istenilen katman kalınlığında dilimlenir. Yapıda kullanılacak olan beton, harç malzemeleri karıştırılarak hazırlanır ve yazıcı cihazının beton tankına yerleştirilir. Taze haldeki beton harç pompalanarak boru sistemi ile yazıcının pompa ağzına iletilir. Yazıcının pompa ağzı bilgisayar kontrolü altında X, Y ve Z doğrultularında hareket ederek tasarlanmış elemanı katman katman inşa eder. Yapılan çalışmalar sonucunda beton harç baskı sürecinin en kritik durumun taze haldeki beton harcın pompa ağzından sorunsuz çıkabilmesi ve inşa edilebilir olması gerektiği sonucuna varılmıştır (Fatih ve ark., 2018)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Model Yapı

Bu tez çalışmasında, sürdürülebilirlik kavramını içerisinde barındıran yapı enformasyon modelleme Building Information Modeling, Bina Bilgi Modellemesi (BIM) sistemi kullanılmıştır. Bina sektöründe binaların karmaşıklığı, belirsizlik durumu, planlanması, performans analizi vb. konularında büyük gelişmeler göstermesini sağlayan BIM'in ana avantajı, tümleşik veri tabanında yapının çeşitli bölümlerinin geometrilerinin daha net bir şekilde oluşturulmasıdır (Innovation, 2007). Ayrıca, BIM'in tasarım aşamasında, tasarım, programlama ve bütçe bilgilerine ulaşılır. Bina yapım aşamasında ise, kalite, programlama ve maliyet bilgi verileri elde edilmektedir. Yönetim evresinde ise kullanılabilirlik, performans ve finansal bilgilerine olmak üzere birçok avantajı bulunmaktadır (Bharath vd., 2021). Bu aşamalarda, tüm bilgiler tasarım, karar alma, üretim, kullanım, işletim evreleri ve daha sonraki süreçte oluşabilecek sorunların çözümünde birer veri olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde hız, maliyet ve işgücünden büyük oranda tasarruf elde edilmektedir. Bina hakkında tüm verilerin sistem içerisinde bulunan sayısal ortamda depolanarak saklanması, anında güncellenebilmesi ve bu verilere kolayca ulaşılabilmesi ile mühendisler, mimarlar, işçiler ve mal sahiplerine proje süreci ile ilgili net bilgiler verilerek hızlı ve doğru bir karar almada maliyeti düşük ama kalitesi daha fazla olan işlerin yapılmasına imkân sağlanmaktadır (Bharath vd., 2021).

BIM, sağladığı yüksek tutarlılık ve koordinasyon sayesinde projeye dair problemler ve risklerin en aza indirgenmesini; mimarlar, inşaat ve mekanik sistem mühendisleri, yapı uzmanları, mal sahipleri ve imalatçıların kendi aralarında sağlıklı bir şekilde bilgi alışverişi yapabilmelerini ve projeye katkıda bulunabilmelerini sağlamaktadır. Ayrıca, yapı enformasyon sistemleri ile müşteriye proje süreci, maliyeti ve kalitesi hakkında daha kesin öngörüler sunulabilmekte; bilgi paylaşımı en üst seviyede tutularak müşteri memnuniyetine de katkı sağlanmıştır. BIM'in getirdiği avantajları Çizelge 3.1 'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. BIM'in getirdiği avantajlar (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

BIM Modelleme Sisteminin Getirdiği Avantajlar	
BIM'in Tasarım Evresindeki Avantajları	Tasarımın erken evrede çok daha ayrıntılı görsellerle desteklenebilmesi
	Tasarımın tüm evrelerinin kesin ve tutarlı iki boyutlu çizimlerinin standartlaşabilmesi
	Tasarımın herhangi bir bölümünde yapılan değişikliğin anında bütün paftalara ve projenin geneline yansıtılabilmesi
	Projenin en erken evresinden itibaren çoklu tasarım disiplinlerinin birlikte çalışabilirliğinin sağlanabilmesi
	Tasarım süresince istenilen her safhada yapılan maliyet tahminlerinin bir çıktı olarak alınabilmesi
	Projenin daha başlangıç aşamasında tasarımın içeriğinin tutarlı bir şekilde doğrulanmasının yapılabilmesi
	Sürdürülebilir ve enerji etkin bina tasarımının geliştirilebilmesi
BIM'in Yapım ve Üretim Evresindeki Avantajları	Tasarlanan bina modelin yapımında kullanılacak malzemelerin imalatında kullanılabilmesi
	Tasarımdaki eksikliklerin ve hataların yapım aşaması öncesinde farkına varılabilmesi
	Proje üzerindeki değişikliklerinin hızlı ve seri bir şekilde yapılarak projeye adapte edilebilmesi
	Tasarım ve yapım planlamalarının senkronizasyonunun yapılabilmesi
	Tasarım ve yapım evrelerinin tadarıklarının senkronizasyonunun yapılabilmesi
	Yalın yapım tekniğinin daha iyi uygulamalarının yapılmasının sağlanabilmesi
BIM'in Yönetim Evresindeki Avantajları	Yapımı tamamlanan tesis / binanın işletmeye alma ve devir / teslim işlemlerinin kolaylıkla yapılabilmesi
	İşletme yönetiminin ve operasyonlarının entegre bir şekilde yapılabilmesi
	Binanın yönetim ve işletiminin çok daha iyi bir şekilde yapılabilmesi

3.1.1. Revit-2022 programıyla bina modellenmesi

Revit Programı: Revit, bina bilgi modellemesi (Building Information Modeling - BIM) için kullanılan bir yazılımdır. BIM, bir binanın tasarımını, yapımını ve işletimini entegre eden bir yaklaşımı ifade eder. Revit, mimarlar, mühendisler ve diğer tasarım ekipleri tarafından kullanılır ve bina modellemesini 3D olarak gerçekleştirir. Revit, yapı bileşenlerini (duvarlar, pencereler, çatılar vb.) oluşturmayı, tasarım verilerini girip düzenlemeyi ve detaylandırmayı sağlar.

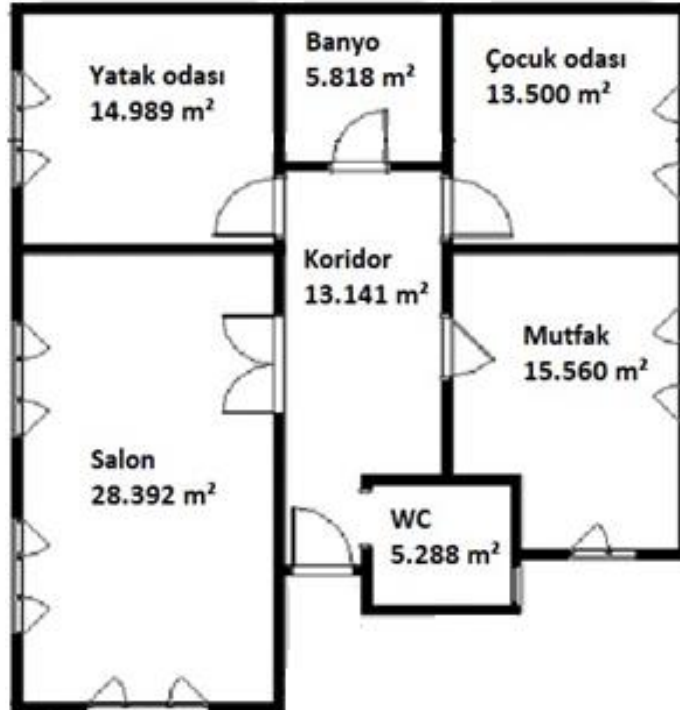
3D beton teknolojisi imal edilecek beton konut projesinin tasarımı örnek olarak verilen mimari projeye göre tasarlanmıştır. Yapı enformasyon modelleme (BIM) sistemi alt yazılım programı olan Revit 2022 programı ile modellenen örnek beton konut

projesinin mimari proje taslağı Şekil 3.1 'de verilmiştir. Resmi olarak herhangi bir dilde sözlük anlamına sahip olmayan Revit, “Anında revize edilen (Revise Instantly)” anlamına gelmektedir.

Mimari projeye bakıldığında, binanın banyo alanı 5,815 m², çocuk odası alanı 13,50 m², koridor alanı 13,141 m², mutfak alanı 15,560 m², salon alanı 28,392 m², wc alanı 5,288 m², yatak odası alanı 14,989 m² olup modellenen binanın toplam alanı 96,85 m² 'dir. Pencerelemlerin denizlik yükseklikleri 80 cm olarak alınmıştır.

Ele alınan mimari proje, 3D yazıcı beton teknolojisi ile imalatı yapılan örnek bir bina görselinden esinlenerek yapı enformasyon modelleme (BIM) sistemi- Revit 2022 programı ile çizilmiştir. 3D beton teknolojisi ile imalatı yapılan örnek tek katlı tek tip bina görseli Şekil 3.2 'de gösterilmiştir.

3D beton teknolojisi ile imalatı yapılan Şekil 3.2 'de gösterilen örnek bina İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş. (İSTON) tarafından robotik üç boyutlu yazıcı teknolojisini kullanarak imalat etmiştir. 3D baskı teknolojisi ile imalat edilen bina, 300 metrekare alana sahip tek katlı tek tip bina 3 metre duvar yüksekliğine sahiptir ve 8 ayrı bölümden oluşmaktadır.



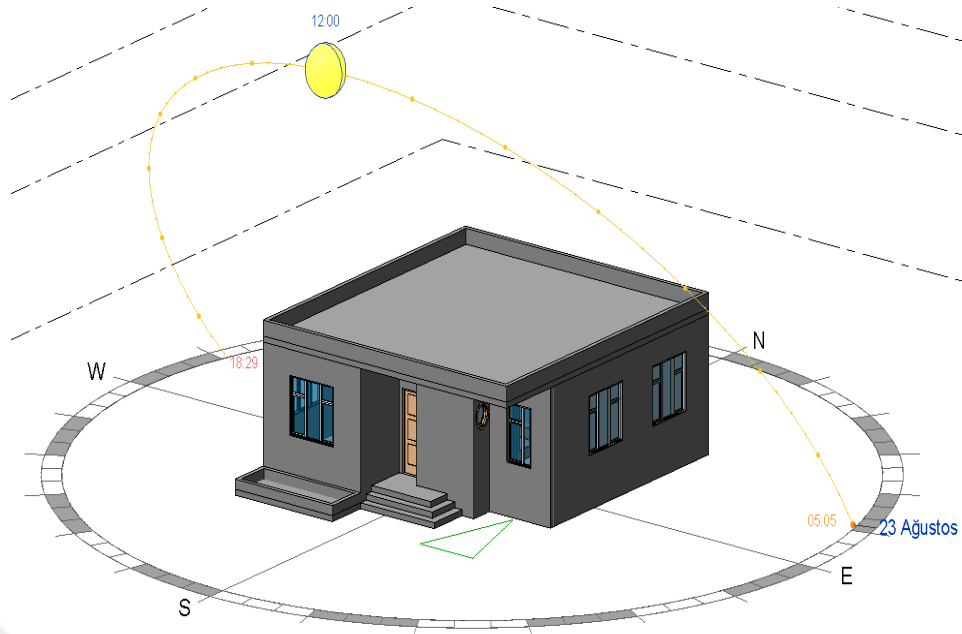
Şekil 3.1. Yapı enformasyon modelleme (BIM) sistemi- Revit 2022 programı ile modellenen örnek beton konut projesinin mimari proje taslağı (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.2. 3D beton teknolojisi ile imalatı yapılan örnek bir bina görseli (İndigo dergisi, İSTON, 2021)

Tasarlanacak olan bina tipi mevcut mimari proje ve örnek olan 3D baskı teknolojisi ile imalat görseli göz önünde bulundurularak 3D beton teknolojisi imal edilmiş beton konut projesinin bina tipi saptanabilir.

BIM sistemi- Revit 2022 programı ile modellenen örnek beton konut projesinin 3 boyutlu görseli Şekil 3.3 'de gösterilmiştir. Revit 2022 programı ile modellenen bina modeli, '3d Yazıcı ile Üretilecek Tip Beton Konut Projesinin Türkiye'deki Farklı İklim Bölgelerine Göre Enerji Etkinlik Analizi' yapılabilmesi için kış aylarında gerekli olan ısıtma enerjisi miktarı ve yaz aylarında bina için gerekli olan soğutma yüklerini hesaplanması gerekmektedir. Revit 2022 programı ile modellenen bina, ısıtma ve soğutma yüklerini hesaplaması için BIM sisteminin alt programı olan Design Builder adlı simülasyon programına aktarılarak enerji kullanım değerleri tespit edilebilir. 3D beton teknolojisi ile imal edilecek beton konut projesi, mimari proje ölçüleri dikkate alınarak Design Builder Enerji Simülasyon Programında sıfırdan bina modellemesi yapılabilir.



Şekil 3.3. Yapı enformasyon modelleme (BIM) sistemi- Revit 2022 programı ile modellenen örnek beton konut projesinin 3 boyutlu görseli (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

3.1.2. İklim bölgelerinin belirlenmesi ve iklimsel parametreler

Bu tez çalışmasında; 3D baskı beton teknolojisi ile imal edilecek olan bir binanın Design Builder programında analizi ele alınmıştır. Aynı mimari özelliğe ve beton özelliğine sahip, farklı duvar tipleri ve farklı iklim bölgeleri esas alınarak 3D yazıcılar ile oluşturulabileceği düşünülmüş tek katlı tek tip binalar modellenmiştir. Bu çalışmada Türkiye'nin 5 farklı iklim bölgesi ele alınmış olup her bölgeden referans bir il tayin edilmiştir.

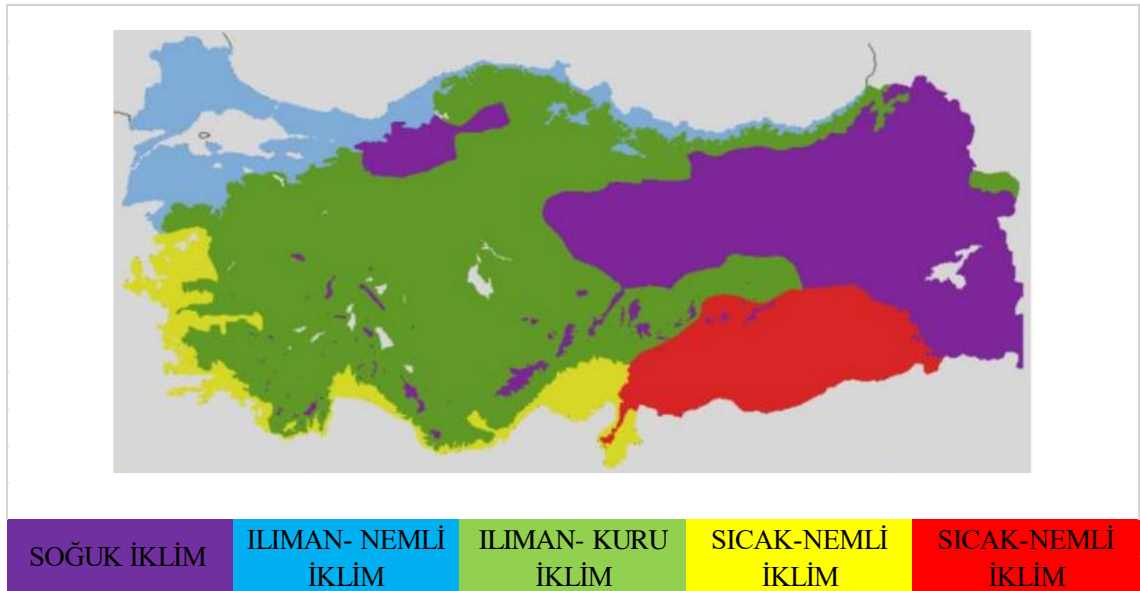
Binaların enerji verimliliğini hesaplamak için, güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, dış bağıl nem ve toprak sıcaklığı gibi verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yaz ve kış dönemlerinde bina için gerekli olan ısıtma ve soğutma enerjisi miktarını bulabilmek için yapılan hesaplamalar, binanın bulunduğu bölgedeki meteorolojik verilere ve iklim verilerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Hesaplamalar sonucunda alınan veriler ışığında 3D baskı teknolojisi ile üretilecek beton binaların iklimsel verilere göre konfor karşılaştırması yapılabilir.

Türkiye'de soğuk iklim, ılıman- nemli iklim, ılıman- kuru iklim, sıcak-nemli iklim ve sıcak-kuru iklim olmak üzere 5 farklı iklim türü bulunmaktadır (Şekil 3.4). Türkiye'nin 5 farklı iklim bölgelerinden seçilen referans şehirler Konya, Erzurum, İstanbul, İzmir, Gaziantep olarak bu çalışma kapsamında ele alınmıştır. İklim türlerine göre referans alınan iller Çizelge 3.2' de belirtilmiştir. Bu çalışmada Türkiye'nin farklı iklim bölgesi için 3D beton baskı teknolojisi ile imal edilecek bir beton konut projesinin

ısıtma ve soğutma enerjisi harcamaları tespit edilerek binanın hangi iklim bölgesinde minimum enerji harcayacak şekilde imal edileceği tespit edilmesi öngörülmüştür. Enerjiyi etkin olarak kullanabilmek için farklı iklim bölgeleri için farklı önlemler alınmaktadır. Soğuk- ılıman iklimlerde binanın, mekanik sistemlerle yüksek konfor seviyelerinin sağlanması için en yüksek ısıtma yüklerinin azaltılması gerekmektedir (Kabaklı, 2018).

Enerji etkin tasarımda en doğru yöntem, yapıların enerji etkin pasif sistem parametrelerine uygun şekilde tasarlanmaya başlanmasıdır. Binaların, kullanıcıları için fizyolojik, psikolojik ve sosyo-kültürel gereksinimlerini en uygun düzeyde sağlayan yapma çevreler olarak tasarlanması gereklidir. Bu yapma çevrede, insanın gündelik yaşantısını optimum şartlarda devam ettirebilmesi ve verimli bir yaşam sürdürebilmesi için de insanın iklimsel gereksinimlerinin karşılanması oldukça önemlidir (Manioğlu, 2002).

Kullanıcının ihtiyaçları doğrultusunda bina içerisinde ısısal ve görsel konforun sağlanması gerekmektedir. Isısal konfor güneş ışımasını, rüzgârın bina içerisinde doğru kullanımı ile sağlanabilmektedir. Görsel konforun sağlanabilmesinde güneş ışığının yeterli ve verimli bir şekilde kullanılması için yardımcı elemanlar kullanılabilir. Konfor koşullarının sağlanmasında iç mekân hava kalitesinin de olabildiğince doğal hava sirkülasyonu ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. (Koç,202)



Şekil 3.4. Türkiye iklim bölgeleri haritası (Kısa Ovalı, 2019)

Çizelge 3.2. İklim bölgelerinin genel özellikleri, coğrafi yapı ve iller (Göksu, 1999:88-134; Şensoy vd., 2005; Orhon vd, 1988:22; Kısa Ovalı, 2009:49-61)

	Genel İklim Özellikleri	Coğrafi Yapı ve Yeşil Doku	İller
SOĞUK İKLİM BÖLGESİ	Uzun ve şiddetli kışların görüldüğü bölgede yılın neredeyse yarısında sıcaklık 0 °C'nin altındadır. En düşük ortalama sıcaklık -20 °C civarındadır. Yağışlar yaz aylarında yağmur, kış aylarında kar niteliğindedir. Kar yağışları genellikle Ekim'de başlar ve Mayıs ayının ortalarına dek sürer. Buna karşılık yazlar kısa ve serin karakterdedir. Yağmur miktarı az ve bağıl nemlilik düşüktür. Zorlu iklim şartları rüzgâr etkisiyle sertleşir.	Doğu Anadolu bölgesi, İç Anadolu bölgesinin doğu kısmı ve Doğu Karadeniz bölgesinin güneyini kapsayan yerleşimlerin rakımları 700-2000 m. arasında değişmektedir. Genel olarak dağlık bölge içindedirler ve arazi yapıları engebeldir. Yeşil doku, yüksek rakımlı yerlerde çayırardan, düşük rakımlı yerlerde ise bozkırlardan ve bunların çevresindeki yüksek kesimlerde kuru ormanlardan oluşmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesinin yüksek kısımlarında iğne yapraklı nemli orman niteliği görülmektedir.	Ağrı, Ardahan, Bayburt, Bitlis, Bingöl, Bolu, Erzurum , Gümüşhane, Hakkâri, Kastamonu, Kars, Muş, Sivas, Tunceli, Van, Yozgat.
ILIMAN-NEMLİ İKLİM BÖLGESİ	Yazları ılıman, kışları az soğuk karakterlidir. Şiddetli kışlar ve çok sıcak yazlar görülmez. Yaz ve kış aylarındaki sıcaklık farkının az olduğu, insan konforuna en yakın özellikler gösteren iklimdir. Ancak yükseklik ve deniz kenarında olma durumlarına göre yaz ve kış aylarında, az veya çok sıcaklık farkları oluşabilir. Yağışlar mevsimlere dağılmıştır ve genellikle Ocak, Şubat, Haziran aylarında görülmektedir. En sıcak aylar Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür. İklimin en önemli özelliği yağış miktarının ve nemin yüksek oluşudur.	Marmara bölgesi ile Doğu ve Batı Karadeniz bölgesinin kıyı kesimlerinde yer alan bu illerin rakımları 3-600 m arasında değişmektedir. Topografik yapı coğrafi bölgelere göre farklılaşmaktadır. Marmara bölgesinin geneli ova, Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimleri ise yamaç karakterindedir. Yeşil doku, Trakya'nın batısında kuru, kuzeyinde nemli ormanlardan, Marmara Bölgesi'nin alçak kısımlarında Akdeniz kökenli bitkilerden, yüksek kısımlarında nemli ormanlardan, Karadeniz kıyılarında ise geniş yapraklı nemli ormanlardan oluşmaktadır.	Amasya, Artvin, Balıkesir, Bartın, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Düzce, Edirne, Giresun, İstanbul , Karabük, Kırklareli, Kocaeli, Ordu, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Yalova, Zonguldak.
ILIMAN-KURU İKLİM BÖLGESİ	Bölgede gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı çoktur ve soğuk iklim koşullarına yakın iklim özellikleri görülmektedir. Ortalama dış sıcaklık +30°C ila -5 °C arasındadır. Bu durum denizin yazın serinletici kışın ılımanlaştırıcı etkisini engelleyen dağların bulunmasına bağlıdır. Yaz geceleri serin karakterli olup, sıcaklık ortalaması 27-37 °C dir. Kış sıcaklık ortalaması 8-15 °C arasında değişmektedir.	İç Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi'nin doğu kısımları, Akdeniz Bölgesi'nin kuzey kısımları ve Karadeniz Bölgesi'nin güney kısımlarında yer alan bu illerin rakımları 700-1200 m. arasında değişmektedir. İç Anadolu Bölgesi genelde ova niteliğinde, yer yer engebeldir. Diğer bölgeler kısmen dağlık ve engebeli yapıdadır. Yeşil doku, İç Anadolu Bölgesi'nin alçaklarında bozkır, yükseklerde kuru orman, Akdeniz Bölgesi'nin yüksekleri de iğne yapraklı çam ormanları, Karadeniz Bölgesi'nin yüksekleri nemli ormanlardan oluşmaktadır.	Afyon, Aksaray, Ankara, Burdur, Çankırı, Çorum, Elazığ, Erzincan, Eskişehir, Iğdır, Isparta, Karaman, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Konya , Kütahya, Uşak, Malatya, Nevşehir, Niğde.
SICAK-NEMLİ İKLİM BÖLGESİ	İklimin en önemli özelliği, yoğun yağış, yüksek nem oranı ve sıcaklıktır. Yaz ve kış aylarındaki sıcaklık farkı azdır. Kış ayları yağışlıdır. Hâkim rüzgâr veya dağova, deniz-kara arasındaki hava akımları istenen özelliklerdedir	Akdeniz Bölgesi'nin kıyı kısımları ile Ege Bölgesi'nin kıyı kısımlarında yer alan bu illerin rakımları 2-150 m. arasında değişmektedir. Yerleşmeler genelde kıyı ovalarındadır. Bu yüzden denizden esen meltem en sıcak devre için serinletici etki sağlamaktadır. Özellikle Ege Bölgesi kıyılarında ve Akdeniz Bölgesi'nin batı kısımlarında dağların denize dik uzanması yamaç karakterinde veya falez türü arazi oluşumlarına neden olmuştur. Yeşil doku bölge genelinde kızıl çam ormanlarından ve makilerden oluşmaktadır.	Adana, Antalya, Aydın, Denizli, Hatay, İzmir , Manisa, Mersin, Muğla, Osmaniye.
SICAK-KURU İKLİM BÖLGESİ	Yazlar aşırı sıcak ve kuru karakterdedir. Bölgede yüksek sıcaklık ortalaması 40 °C civarındadır. Kışlar soğuktur. Yıllık ortalama sıcaklık 16.4 °C ve nispi nem % 53.6 civarındadır. Yaz-kış ısınm oranı ve gece-gündüz sıcaklık farkı yüksektir. Yazları yağışın görülmediği bölgede bulutluluk oranı az, nem oranı düşüktür. Yılın bazı zamanlarında kuru ve şiddetli rüzgârlar etkilidir.	Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan bu illerin rakımları 500-1000 m. arasında değişmektedir. Topografya genelde düz ve az engebeli karakter göstermektedir. Yeşil doku, düşük rakımlı düzlüklerde cılız bozkırlar ve kuraklığa dayanıklı çalılardan oluşmaktadır.	Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep , Kahramanmaraş, Kilis, Mardin, Siirt, Şırnak, Urfa.

3.2. Design Builder

DesignBuilder Programı: DesignBuilder, bina enerji analizi, simülasyonu ve performans değerlendirmesi için kullanılan bir yazılımdır. DesignBuilder, bina enerji performansını değerlendirmek, enerji tüketimini analiz etmek ve enerji tasarrufu potansiyellerini belirlemek için kullanılır. DesignBuilder, bina tasarımcıları, enerji analistleri ve mühendisler tarafından kullanılır. Bina modellemesi, malzeme özellikleri, ısıtma-soğutma sistemleri, yalıtım seviyeleri, güneş ışığı kullanımı vb. DesignBuilder içerisinde simüle edilir ve enerji analizi gerçekleştirilir.

Bu çalışmaya hazırlık aşamasında, 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek olan bir binanın Design Builder programında analizi konulu birçok araştırma incelenmiş olup araştırılan konuya en yakın olan kaynaklar tespit edilmiştir. Tespit edilen kaynaklar referans kaynak olarak belirlenmiş olup yeni yapılacak olan çalışmanın parametreleri ve temel verileri, referans kaynaklardan ele alınmıştır. Böylelikle önceden yapılan 3D yazıcı beton teknolojisi konulu çalışmaların devamı niteliğinde ele alınarak bilimsel araştırmaların ilerlemesi ve bilimin gelişmesi konusunda büyük bir önem arz etmektedir.

Çalışmanın ilk aşamasında belirlenen mimari projeye uygun bina modelleri BIM modelleme sistemlerinden Revit 2022 programında modellenmiştir. Modellenen bina Design Builder programına aktarılmıştır.

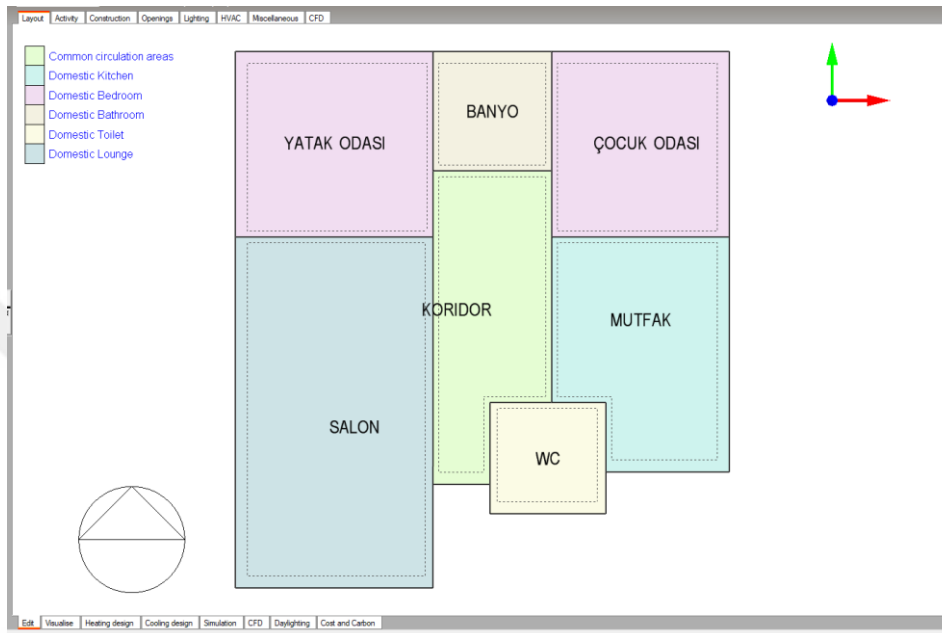
Revit ve DesignBuilder arasındaki bağlantı, Revit'in BIM yeteneklerini kullanarak tasarlanmış bir binanın verilerini DesignBuilder'a aktarmayı sağlar. Bu entegrasyon sayesinde, Revit içerisinde oluşturulan 3D bina modeli ve tasarım verileri DesignBuilder'a aktarılabilir. DesignBuilder, bu verileri kullanarak enerji analizi yapar ve bina enerji performansını değerlendirir. Böylece, tasarım sürecinde yapılan değişikliklerin enerji performansına etkisi önceden değerlendirilebilir.

Bu bağlantı, tasarım ekiplerinin daha verimli çalışmasını ve enerji verimli binaların tasarlanmasını sağlar. Tasarımcılar, Revit içerisinde tasarımlarını gerçekleştirirken aynı zamanda DesignBuilder'ı kullanarak enerji analizine odaklanabilirler. Bu şekilde, bina tasarımı ve enerji performansı birlikte optimize edilebilir.

3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek olan tek katlı tek tip tek tip binaların modellenmesi ve analizi Design Builder Enerji Simülasyon Programı ile

yapılmaktadır. Bu çalışmada Design Builder Enerji Simülasyon Program versiyonu olarak 7.02.006 sürümü kullanılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek olan binaların modellenmesinde, tüm binaların mimari özellikleri sabit tutulmuş, tek bir adet mimari proje taslağı ele alınmıştır. Tasarlanan bina, 7 adet mekândan bölgesinden oluşmaktadır. Tasarlanan binanın mekân bölgeleri Şekil 3.5' te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Tasarlanan binanın mekân bölgeleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bu çalışmaya hazırlık aşamasında, 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek olan bir binanın Design Builder programında analizi konulu birçok araştırma incelenmiş olup araştırılan konuya en yakın olan kaynaklar tespit edilmiştir. Tespit edilen kaynaklar referans kaynak olarak belirlenmiş olup yeni yapılacak olan çalışmanın parametreleri ve temel verileri belirlenen literatür çalışmasından ele alınmıştır. Böylelikle önceden yapılan 3D yazıcı beton teknolojisi konulu çalışmaların devamı niteliğinde ele alınarak bilimsel araştırmaların ilerlemesi ve bilimin gelişmesi konusunda önemli olduğu düşünülmektedir.

Suntharalingam ve ark. (2021) tarafından yapılan farklı duvar konfigürasyonlarının enerji performansları esas alınarak ısıl performansa dayalı sonuçlar elde edildiği çalışma, bu tez kapsamında referans olarak alınmıştır. Ayrıca, bu çalışma analitik önemini vurgulamaktadır. Araştırmacılar, Mix 1 karışımı; kükürt ve beton karışımı, Mix 2 karışımı; mantar betonu, Mix 3 karışımı; organik bağlayıcı ile toz

haline getirilmiş silika kumundan oluşan 3 farklı beton karışımı ele alınmıştır. Beton karışımının ısı özellikleri Çizelge 3.3 'de verilmiştir.

3D duvar konfigürasyonlarının ısı geçirgenliğini belirlemek için üç boyutlu ısı transferi analizi yapılmıştır. Kararlı hal ısı transferi, malzemenin ısı iletkenliğine bağlıdır. 3DPC boşluklu duvar panelleri için kullanılan beton Suntharalingam T. ve ark. (2021), karışımının ve boşluk yalıtım malzemesi olan genişmiş polilaktik asit (E-PLA)'nin ısı iletkenlikleri Alkhalidi ve Hatuqay (Alkhalidi, A.ve Hatuqay, D., 2021) tarafından yapılan çalışmadan elde edilmiştir. Araştırmacılar tarafından önerilen boşluk duvar konfigürasyonlarının ara bölme boşlukların polilaktik asit (E- PLA) yalıtım malzemesi ile doldurulmuştur. Yalıtım amacıyla kullanılan polilaktik asit (E- PLA) yalıtım malzemesinin termofiziksel özellikleri Çizelge 3.4 'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. 3 farklı beton karışımın özellikleri (Alkhalidi, A.ve Hatuqay, D., 2021)

Karışım Türü	Yoğunluk (kg/m ³)	Isıl iletkenlik (W/m·K)	Özgül ısı (J/g·K)	Yayınım
Mix 1	1254	0,367	0,803	0,558
Mix 2	989	0,338	1,127	0,583
Mix 3	1522	0,2	0,73	0,94




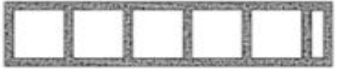












Çizelge 3.4. Boşluk yalıtımının termofiziksel özellikleri (Alkhalidi, A.ve Hatuqay, D., 2021)

Karışım Türü	Yoğunluk (kg/m ³)	Termal iletkenlik (W/m·K)	Özgül ısı (J/g·K)	Yayınım
Hava boşluğu	İdeal gaz	0,0242	1,00643	1,7894 x 10 ⁻⁵
E-PLA	30	0,03	1,483	-

Araştırmacılar yaptıkları çalışmada en uygun beton karışımını tespit edebilmek için analiz yapılmıştır. Yapılan analizde 5 farklı duvar tipi ele alınmıştır. Alınan duvar tiplerinin ara bölmelerinin boşluklu olması ve beton katmanların arasındaki boşluğun genişletilmiş polilaktik asit (E- PLA) yalıtım malzemesi ile doldurulması olmak üzere 2 farklı parametre ele alınmıştır. En uygun beton karışımını tespit etmek için 30 adet farklı model ele alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda en düşük toplam ısı transfer katsayısı değerleri (U- değeri) sahip olan duvarların, beton karışımı Mix 3 beton karışımı ile elde edilen duvarlar olduğu tespit edilmiştir. (Alkhalidi, ve Hatuqay, D., 2021)

Bu çalışmada referans alınan kaynak olan Suntharalingam ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada, 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek duvarların duvar konfigürasyonları Çizelge 3.5. 'de verilmiştir. Duvarlar 1 metre uzunluğunda ve 1 metre yüksekliğinde farklı kesit düzenlemeleri ile geliştirilmiştir.

Çizelge 3.5. Farklı tiplerde modellenen 3D baskı betonu teknolojisi ile elde edilen duvar konfigürasyonları (Suntharalingam ve ark., 2021)

Duvar Konfigürasyonu (1 m x 1m)	100 mm	200 mm
C1		
C2		
C3		
C4		
C5		
C6		
C7		
C8		

Parametrik çalışma, sekiz farklı tip, 100 mm ve 200 mm kalınlıklardaki, duvar ara boşlukların yalıtımsız ve yalıtımlı (E-PLA) doldurulması olmak üzere 32 duvar örneğini içermektedir. 32 adet 3D baskı beton duvarların kombinasyon şeması Çizelge 3.6 'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. 3D yazıcı beton duvarların kombinasyon şeması (Suntharalingam ve ark., 2021)

Duvar Kalınlığı	Duvar Konfigürasyonu	Yalıtım Tipi	Model Sayısı
100 mm 200 mm	C1	Hava boşluğu E-PLA yalıtımı	4
	C2		4
	C3		4
	C4		4
	C5		4
	C6		4
	C7		4
	C8		4
Toplam			32

Ele alınan duvarların genişliği ve yüksekliği 1'er metre olarak alınmış olup programında modellenmiştir. Suntharalingam ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada 8 tip duvar tipi mevcut olup, duvarların kalınlıkları 100 mm ve 200 mm olarak alınmıştır. Farklı tiplerde modellenen 3D yazıcı betonu teknolojisi ile elde edilen duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değerleri (U- değeri) sonlu elemanlar analiz programında (Abaqus) analiz edilerek duvar konfigürasyonlarının U-değeri tespit edilmiştir. Duvar konfigürasyonlarının U-değeri Çizelge 3.7 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Farklı tiplerde modellenen 3D baskı betonu teknolojisi ile elde edilen duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değerleri (U- Değeri) (Suntharalingam ve ark., 2021)

Duvar Konfigürasyonu	Boşluk alanı (mm ²)	Beton alanı (mm ²)	U-Değerleri (W/m ² K)	
			Yalıtımsız Duvarın U-değeri (W/m ² K)	Yalıtımlı (E-PLA) Duvarın U-değeri (W/m ² K)
C1(100mm)	52.519	47.481	2,68	0,87
C2(100mm)	64.144	35.856	3,16	0,65
C3(100mm)	57.174	42.826	2,79	0,64
C4(100mm)	23.923	76.077	1,85	1,42
C5(100mm)	23.923	76.077	1,85	1,42
C6(100mm)	45.568	54.432	1,89	0,96
C7(100mm)	37.736	62.264	2,09	0,68
C8(100mm)	37.736	62.264	2,09	0,69
C1(200mm)	99.330	100.670	1,74	0,45
C2(200mm)	126.225	73.775	1,26	0,5
C3(200mm)	106.855	93.145	1,71	0,49
C4(200mm)	43.477	156.523	1,01	0,73
C5(200mm)	43.477	156.523	1,01	0,72
C6(200mm)	87.500	112.500	2,17	0,34
C7(200mm)	72.721	127.279	1,01	0,49
C8(200mm)	72.721	127.279	1,01	0,5

En düşük (U-değeri) sahip duvar konfigürasyonunun C6-200 (200 mm kalınlığa ve C6 tip sahip duvar konfigürasyonu), duvar ara boşluklarının polilaktik asit yalıtım malzemesi (E-PLA) ile doldurulmuştur. Duvar ara boşluklarının polilaktik asit yalıtım malzemesi (E-PLA) ile doldurulmuş C6 -200 duvar konfigürasyonunun U-değeri 0,34 W/M²K olduğu analizler sonucunda tespit edilmiştir (Suntharalingam T. ve ark., 2021).

3.3. Parametrelerin Anlatılması

Bu tez çalışması kapsamında Türkiye'nin farklı iklim bölgeleri için 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek bir beton konut projesinin kış döneminde ısıtma ve yaz döneminde soğutma enerjisi harcamaları tespit edilerek binanın hangi iklim bölgesinde minimum enerji harcayacak şekilde imal edileceği tespit edilmesi öngörülmüştür. 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek bir beton konut projesinin duvar tipleri ve konumu değişken tutulmuştur. Bu tez çalışmasında, farklı tipteki duvar konfigürasyonları incelenmiş ve enerji performansları esas alınarak ısı performansına dayalı sonuçlar elde edilmiştir. Farklı tiplerde modellenen 3D yazıcı betonu teknolojisi ile elde edilen duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değerleri (U-değeri) tespit edilmesi amaçlanmıştır.

3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek olan 30 farklı binanın yapısal kriterlerine bakıldığında, üretimde kullanılacak ve yapıyı oluşturacak 3D yazıcı betonunun beton özelliği sabit alınmıştır ve tek tip beton karışımı yapı özelliği olarak tanımlanmıştır. Referans alınan tez çalışmasında, yapılan analizler sonucunda en düşük toplam ısı transfer katsayısı değerlerine sahip (U- değeri) Mix 3 beton karışımı bu tez çalışması için ele alınmıştır.


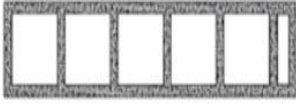
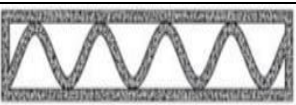
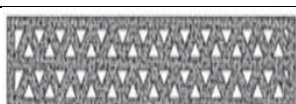

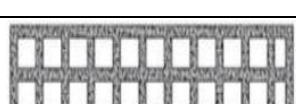
Mix 3 karışımı; organik bağlayıcı ile toz haline getirilmiş silika kumundan oluşan 3D yazıcı beton karışımı olarak alınması kararlaştırılmıştır. Design Builder Programına simülasyonda tanımlanacak betonun spesifik özellikleri Mix 3 karışımı; organik bağlayıcı ile toz haline getirilmiş silika kumu betonunun spesifik değerleri alınması öngörülmüştür. Mix 3 beton karışımının spesifik değerleri Çizelge 3.3' de görülebilir.

Bu tez çalışmasında, 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek olan binaların modellenmesinde değişken olarak farklı duvar tipleri ele alınmıştır. Binaların modellenmesi yapılırken 6 farklı duvar tipinin veri girişi yapılmıştır. Ele alınan duvar tipleri, literatürde bulunan ve bu tez çalışma konusuna benzer olan bilimsel bir

çalışmada yer almakta olup bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. 3D baskı teknolojisi ile imalat edilecek beton konut projesi için seçilen duvarlarının konfigürasyonları Çizelge 3.8’ de verilmiştir.

Diğer bir değişken olarak bu tez çalışmasında, 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek olan binaların farklı iklim bölgeler esas alınarak modellenmiştir. Bu çalışmada Türkiye’de soğuk iklim, ılıman- nemli iklim, ılıman- kuru iklim, sıcak-nemli iklim ve sıcak-kuru iklim olmak üzere 5 farklı iklim türü ele alınmış olup her bölgeden referans bir il tayin edilmiştir. Türkiye’nin 5 farklı iklim bölgelerinden seçilen referans şehirler Konya, Erzurum, İstanbul, İzmir ve Gaziantep olarak tayin edilmiştir. Binaların lokasyonları değişken tutulmuş olup modellenen binalar, Türkiye’nin farklı iklim bölgelerine inşaat edildiği ön görülmüştür. Seçilen şehirlerin iklimsel verileri, her ilin kendisine ait iklim veri dosyaları sisteme yüklenerek programa tanımlanmıştır. 3D yazıcı beton duvarların kombinasyon şeması Çizelge 3.9’ da verilmiştir.

Çizelge 3.8. 3D baskı teknolojisi ile imalat edilecek beton konut projesi için seçilen duvarlarının konfigürasyonları (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

DUVAR TİPLERİ	DUVAR KONFIGÜRASYONLARI (200 MM)	(E- PLA) YALITIMLI DUVARLARIN TERMAL GERÇİRGENLİK Değerleri (U -DEĞERİ -W/M ² K)
C1		0.45
C2		0.50
C3		0.49
C4		0.73
C5		0.72
C6		0.34

Çizelge 3.9. 3D yazıcı beton duvarların kombinasyon şeması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

	Duvar Konfigürasyonu	Yalıtım Tipi	Bina Modeli
200 mm	C1	E-PLA yalıtımı	5
	C2		5
	C3		5
	C4		5
	C5		5
	C6		5
Toplam			30

Bu tez çalışmasında, literatürde bu konu ile ilgili önceden yapılan Suntharalingam ve ark. (2021), tarafından yapılan çalışma sonuç verilerinin kullanılması, yapılan bilimsel araştırmaların ilerlemesi, bilimsel alanda yapılan çalışmaların gelişmesine, yapılan çalışmanın devamlılığına ve sürdürülebilirliği alanında büyük bir öneme sahip olmaktadır. Yeni yapılacak olan bu tez çalışması, gelecekte 3D yazıcı teknolojisi ile beton bina üretimi konusunda yapılacak olan tüm çalışmalar için büyük bir önem arz etmektedir. Bilimin gelişmesine katkı sağlayacak bu tez çalışmasını yapmaktan onur duyuyorum.

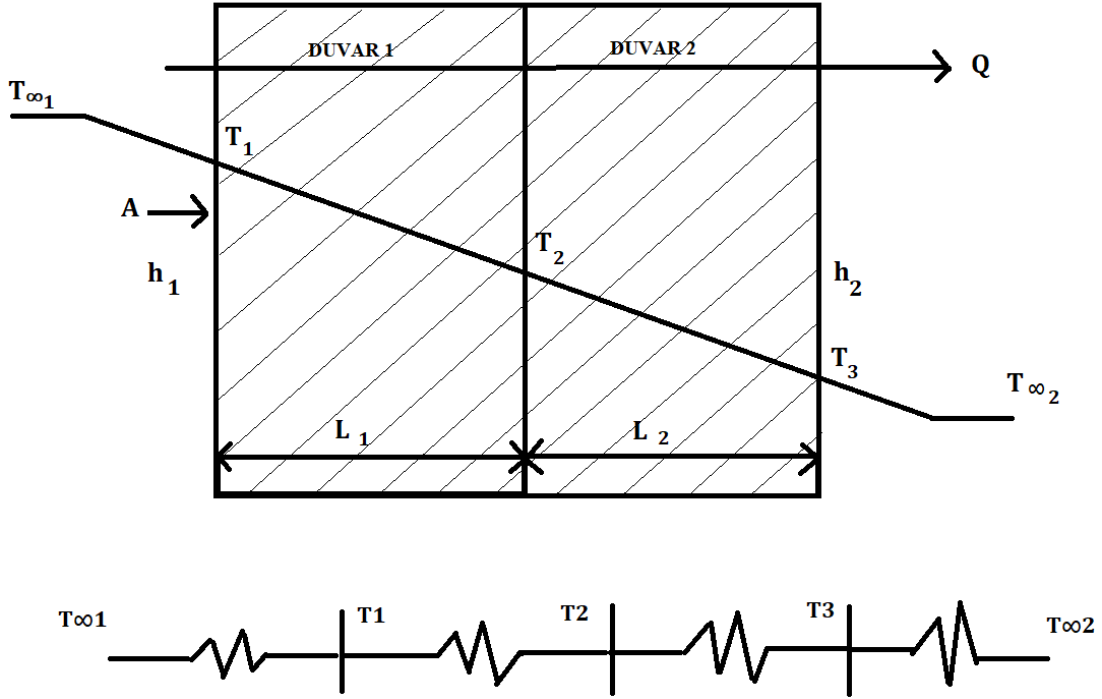
3.3.1. Toplam ısı transfer katsayısı (U-değeri) değerinin hesaplanması

U değeri, duvar konfigürasyonunun toplam ısı transfer katsayısıdır. Toplam ısı transfer katsayısı, bir yapı bileşeninin veya yapının hem iletim, hem de konveksiyon yoluyla ısı transferini içerir. Bu, malzeme veya yapı bileşeni ile çevresi arasındaki sıcaklık farkına, malzeme kalınlığına, malzemenin ısı iletkenlik katsayısına, malzeme yüzeyinin emisivitesine ve hava akışına bağlı olarak hesaplanır.

U değeri genellikle $W/(m^2 \cdot K)$ birimiyle ifade edilir. Daha yüksek U değerine sahip bir malzeme veya yapı bileşeni, daha fazla ısı transferine izin verirken, daha düşük U değerine sahip olanlar ise daha iyi yalıtım sağlar.

Elemanın ısıl performansı ile duvar konfigürasyonunun toplam ısı transfer katsayısı değerinin doğrudan bir ilişkisi vardır. Toplam ısı transfer katsayısı değerinin hesaplanmasında kullanılan parametreler Şekil 3.6' da verilmiştir.

Prof. Dr. Yunus A. Çengel'in (2015) ' Isı ve Kütle Transferi ' kitabında yer alan çok katmanlı düzlem duvarlar için sürekli ısı iletimi hesaplamaları Denklem (1)–(5) arasında verilmiştir.



Şekil 3.6. Toplam ısı transfer katsayısı değerinin hesaplanmasında kullanılan (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

$$R_{\text{Taşınım 1}} = 1 / h_1 \cdot A \quad R_{\text{Duvar 1}} = L_1 / k_1 \cdot A \quad R_{\text{Duvar 2}} = L_2 / k_2 \cdot A \quad R_{\text{Taşınım 2}} = 1 / h_2 \cdot A$$

$$R_{\text{Toplam}} = R_{\text{Taşınım 1}} + R_{\text{Duvar 1}} + R_{\text{Duvar 2}} + R_{\text{Taşınım 2}} \quad (1)$$

$$Q = (T_{\infty 1} - T_{\infty 2}) / R_{\text{Toplam}} \quad (2)$$

$$T_1 \text{ 'i bulmak için} \quad Q = (T_{\infty 1} - T_1) / R_{\text{Taşınım 1}} \quad (3)$$

$$T_2 \text{ 'i bulmak için} \quad Q = (T_{\infty 1} - T_2) / (R_{\text{Taşınım 1}} + R_{\text{Duvar 1}}) \quad (4)$$

$$T_3 \text{ 'i bulmak için} \quad Q = (T_3 - T_{\infty 2}) / (R_{\text{Taşınım 2}}) \quad (5)$$

Q : Isı transferi miktarını temsil eder. Birbirine farklı sıcaklıklarda bulunan iki nokta arasındaki ısı transferini ifade eder.

$T_{\infty 1}$: Birinci noktanın çevresel sıcaklığını ifade eder. Bu sıcaklık, birinci noktanın bulunduğu ortamın sıcaklığını temsil eder.

$T_{\infty 2}$: İkinci noktanın çevresel sıcaklığını ifade eder. Bu sıcaklık, ikinci noktanın bulunduğu ortamın sıcaklığını temsil eder.

R_{Toplam} : Toplam direnci temsil eder. Isı transferinin gerçekleştiği ortam veya elemanların toplam direncini ifade eder. Direnç, ısı transferinin zorluğunu veya kolaylığını belirleyen bir faktördür.

$R_{\text{Taşınım 1}}$: İlk taşınım direncini temsil eder. Bu terim, ısı transferinin bir ortamdan diğerine olan taşınım direncini ifade eder.

$R_{\text{Duvar 1}}$: İlk duvar direncini temsil eder. Bu terim, ısı transferinin birinci duvardaki direncini ifade eder.

$R_{\text{Duvar 2}}$: İkinci duvar direncini temsil eder. Bu terim, ısı transferinin ikinci duvardaki direncini ifade eder.

$R_{\text{Taşınım 2}}$: İkinci taşınım direncini temsil eder. Bu terim, ısı transferinin ikinci ortamdan birinci ortama olan taşınım direncini ifade eder.

Bu denklemdaki terimler, ısı transferinin farklı dirençlere sahip olan duvarlar ve taşınım yoluyla gerçekleştiği bir sistemi temsil eder. Toplam direnç, taşınım ve duvar dirençlerinin toplamından oluşur. Bu terimleri kullanarak, toplam direnci hesaplayabilir ve ısı transferini analiz edebilirsiniz.

Bu denklem, ısı transferinin iki farklı sıcaklık arasındaki farka ve toplam dirence bağlı olduğunu gösterir. Formüldeki terimleri bilerek, Q değerini hesaplayabilirsiniz.

h_1 : Birinci ortamın taşınım katsayısıdır. Bu katsayı, birinci ortamdaki ısı transferinin hızını ve etkinliğini belirler.

A : Yüzey alanını temsil eder. Bu alan, ısı transferinin gerçekleştiği yüzeyin büyüklüğünü ifade eder.

L_1 : Birinci duvarın kalınlığını temsil eder.

k_1 : Birinci duvarın ısı iletkenliğini ifade eder.

L_2 : İkinci duvarın kalınlığını temsil eder.

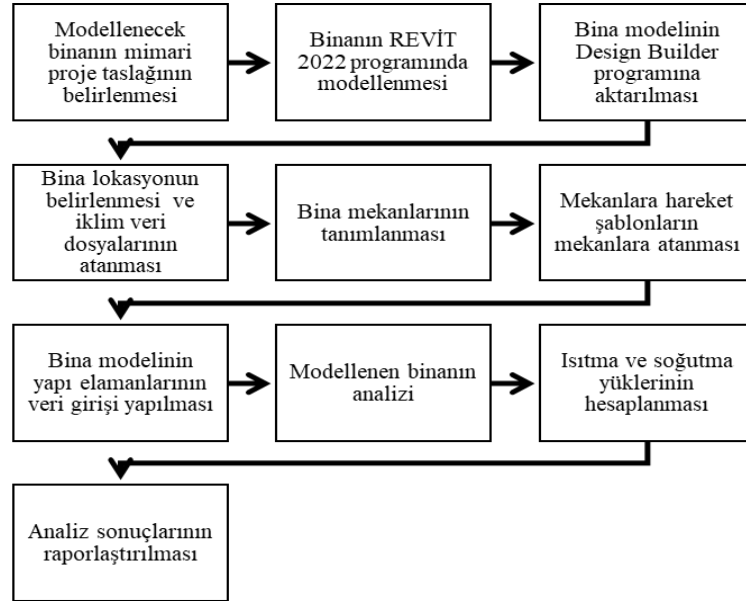
k_2 : İkinci duvarın ısı iletkenliğini ifade eder.

h_2 : İkinci ortamın taşınım katsayısıdır. Bu katsayı, ikinci ortamdaki ısı transferinin hızını ve etkinliğini belirler.

Bu denklemlerdeki terimler, ısı transferinin taşınım ve duvar dirençleri üzerinden analizini sağlar. Her terim, farklı bileşenlerin özelliklerini temsil eder ve toplam direnç hesaplamalarında kullanılır.

3.4. Modelleme Süreci

Bu tez çalışmasında, bina modelle simülasyon süreci aşamaları Şekil 3.7' de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Simülasyon süreci aşamaları (Flowchart) (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bu tez çalışmasında Türkiye'nin ılıman- kuru iklim bölgesi için referans il olarak alınan Konya ilinde 3D baskı teknolojisi ile imalat edilecek beton konut projesi Konya-Tip 1 Bina olarak belirlenmiştir. Design Builder programında modellenecek olan 3D beton baskı teknolojisi ile imalat edilecek binanın duvar özellikleri; duvar kalınlığı 200 mm ve $U= 0,34 \text{ W} / \text{M}^2\text{K}$ olan C6 duvar tipi ele alınmıştır. Bu tez çalışmasında alınan Tip-1 duvar modeli C6-200, $U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak belirlenmiştir. Design Builder programında modellenecek olan 3D beton baskı teknolojisi ile imalat edilecek binalar için 6 farklı duvar konfigürasyonunun alınması, 6 farklı 3D yazıcı beton tek katlı tek tip tek tip binayı ortaya çıkarmaktadır.

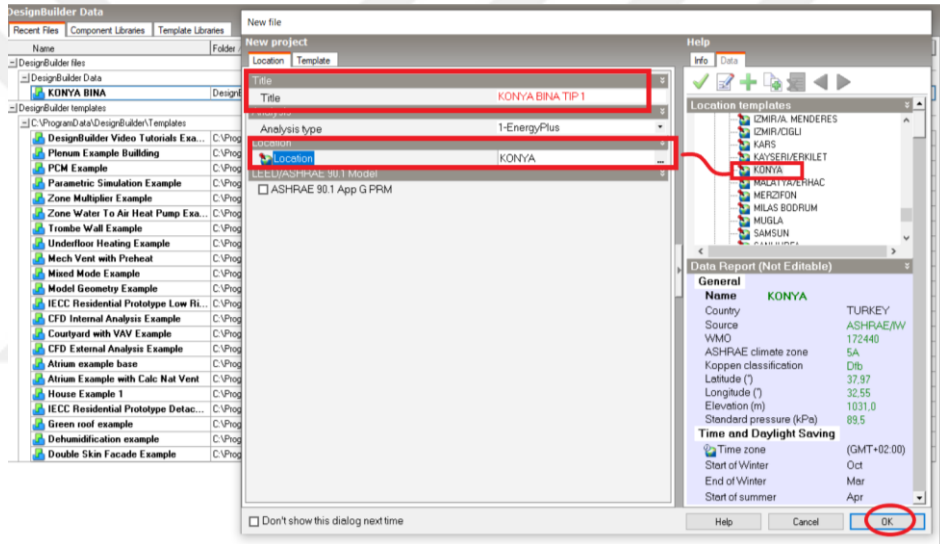
Türkiye'nin 5 farklı iklim bölgeleri ile beraber düşünüldüğü zaman toplam 30 adet bina modeli Design Builder programında modellenmiştir. Bu tez çalışmasında modellenen 6 tip duvar tipinin, Mix 3 karışımı; organik bağlayıcı ile toz haline getirilmiş silika kumundan oluşan 3D baskı beton karışımı olarak alınması kararlaştırılmıştır. Design Builder Programına simülasyonda tanımlanacak betonun spesifik özellikleri Mix 3 karışımı; organik bağlayıcı ile toz haline getirilmiş silika kumu betonunun spesifik değerleri alınması öngörülmüştür. Mix 3 beton karışımının spesifik özellikleri, Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Modellemeler sonrasında yapılacak analizlerde, Design Builder programı ile gerekli olan saatlik ısıtma ve soğutma enerjisi, yapının ısı konforu ve bu konforun iç ortama göre dağılımı hesaplanması öngörülmüştür.

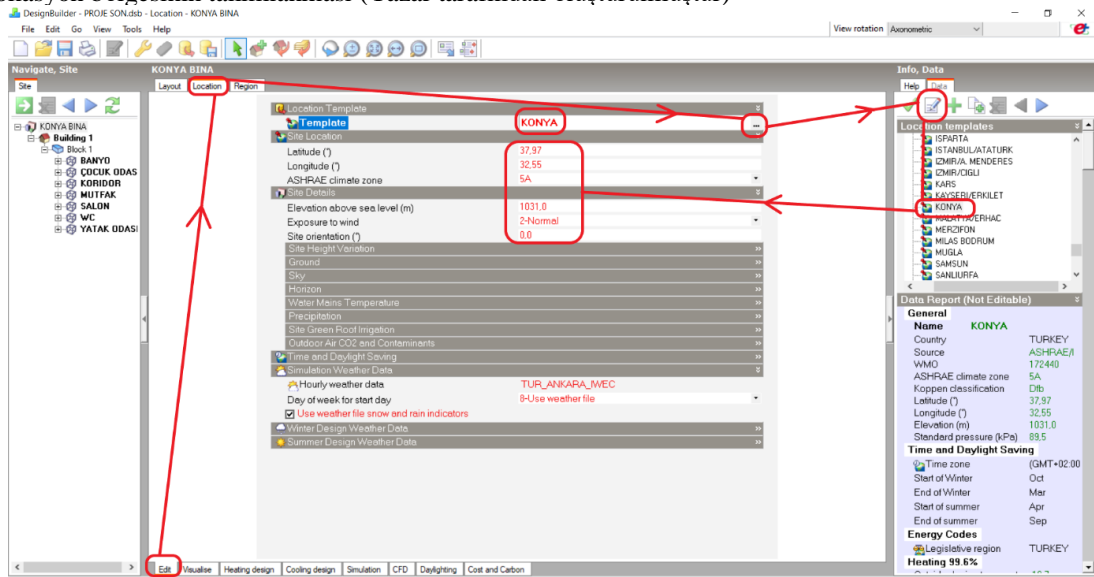
3.4.1. Design Builder Programında bina lokasyonunun belirlenmesi

Design Builder programında, modellenecek binanın konum ve lokasyonu olarak Konya Havalimanı Meteoroloji İstasyonu koordinatları sisteme tanımlanmıştır. Konya'nın Selçuklu ilçesinde bulunan meteoroloji istasyonunun kodu 172440'tır.

Konya ilinde 3D baskı beton teknolojisi ile imalat edilecek binanın lokasyon bölgesinin tanımlanması Şekil 3.8'de açıklanmıştır. Design Builder programında Konya ilinde 3D baskı beton teknolojisi ile imalat edilecek binanın lokasyon dosyasının atanması Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Design Builder programında Konya ilinde 3D baskı beton teknolojisi ile imal edilecek binanın lokasyon bölgesinin tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

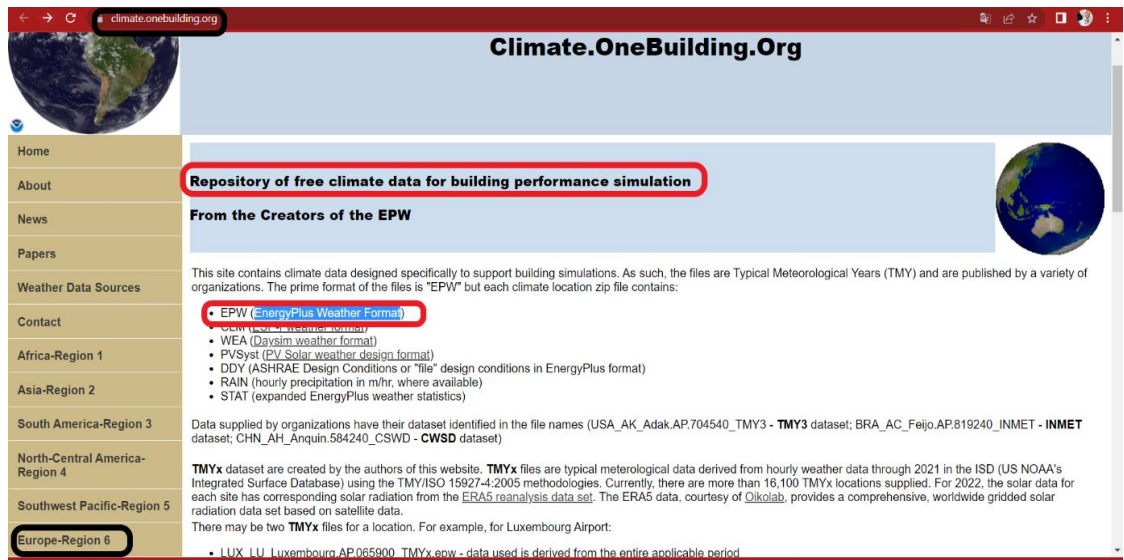


Şekil 3.9. Design Builder programında Konya ilinde 3D baskı beton teknolojisi ile imalat edilecek binanın lokasyon dosyasının atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

3.4.2. İklim veri dosyalarının ataması

Design Builder Programında binanın lokasyonuna göre iklim veri dosyası Design Builder Programında tanımlanması için EPW (EnergyPlus Weather Format) uzantılı iklim dosyasının, belirtilen internet linkinden indirilerek programa atanması gerekmektedir. Belirtilen climate.onebuilding.org internet adresinden bina performansı simülasyonu için ücretsiz iklim verileri dosyası içermektedir. Bu siteden Europe-Region 6 sekmesine tıklayarak Tur- Turkey dosyasına erişilebilmektedir. Bu dosya ile Türkiye'nin tüm illerinin iklim verileri dosyalarına ulaşılabilir.

Analiz yapılacak olan il seçilerek şehrin iklim verileri dosyası indirilmiştir. Bu dosya farklı dosya formattaki dosyaları içermektedir. Design Builder programı EnergyPlus formatı ile çalışmaktadır. Bu nedenle bu dosyalar arasında EPW formatındaki dosya programa aktarılarak istenilen bölgeye ait hava durum ve iklim parametreleri programa tanımlanmış olur. Belirtilen internet adresine girildiğinde, Avrupa bölgesine ait EPW uzantılı dosyanın indirilmesi aşamaları Şekil 3.10' da verilmiştir. Konya iline ait iklim dosyalarına ulaşılma aşamaları Şekil 3.11 ve Şekil 3.12' de gösterilmiştir. Konya iline ait iklim veri dosyasının Design Builder programına aktarılma aşamaları sırasıyla Şekil 3.13- Şekil 3.17' de detaylı olarak gösterilmiştir. Referans alınan ilin bölgesinin Türkiye olarak belirlenmesi Şekil 3.18' de verilmiştir.



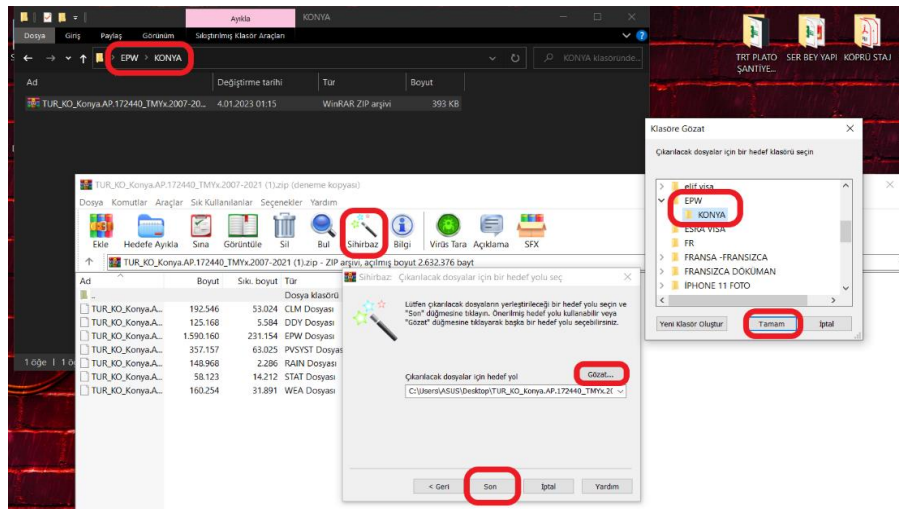
Şekil 3.10 Avrupa bölgesine ait EPW (EnergyPlus Weather Format) uzantılı dosyanın indirilmesi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Contact	ALA - Aland Islands	ALB - Albania	AND - Andorra
Africa-Region 1	ARM - Armenia	AUT - Austria	AZE - Azerbaijan
Asia-Region 2	BLR - Belarus	BEL - Belgium	BIH - Bosnia and Herzegovina
South America-Region 3	BGR - Bulgaria	HRV - Croatia	CYP - Cyprus
North-Central America-Region 4	CZE - Czechia	DNK - Denmark	EST - Estonia
Southwest Pacific-Region 5	FRO - Faroe Islands	FIN - Finland	FRA - France
Europe-Region 6	Countries G .. L		
Antarctica-Region 7	DEU - Germany	GEO - Georgia	GBR - British Isles - United Kingdom
	GIB - Gibraltar	GRC - Greece	GRL - Greenland
	GGY - Guernsey	HUN - Hungary	ISL - Iceland
	IRL - Ireland	IMN - Isle of Man	ISR - Israel
	ITA - Italy	JEY - Jersey	JOR - Jordan
	LVA - Latvia	LBN - Lebanon	LIE - Liechtenstein
	LTU - Lithuania	LUX - Luxembourg	
	M .. R		
	MCO - Monaco	MLT - Malta	MDA - Moldova
	MNE - Montenegro	NLD - Netherlands	MKD - North Macedonia
	NOR - Norway	POL - Poland	
	PRT - Portugal	PSE - Palestine	RUS - Russian Federation (listy both European and Asian parts)
	S .. U		
	SMR - San Marino	SRB - Serbia	SVK - Slovakia
	SVN - Slovenia	ESP - Spain	SJM - Svalbard and Jan Mayen
	SWP - Sweden	CHF - Switzerland	SYR - Syrian Arab Republic
	TUR - Turkey	UKR - Ukraine	GBR - British Isles - United Kingdom

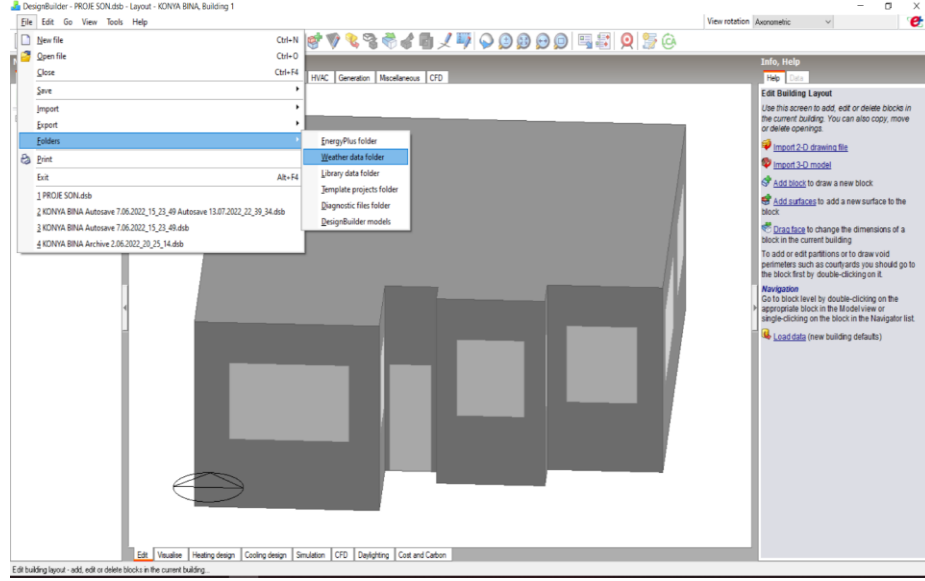
Şekil 3.11. Türkiye'ye ait iklim dosyalarına ulaşılması-EPW (EnergyPlus Weather Format) uzantılı dosyanın indirilmesi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

KM_Kahramanmaraş			
TUR_KM_Kahramanmaraş.172550_TMYx.2004-2018.zip	390 K	TUR_KM_Kahramanmaraş.172550_TMYx.zip	406 K
TUR_KM_Kahramanmaraş.172550_TMYx.2007-2021.zip	390 K		
KO_Konya			
TUR_KO_Akşehir.172390_TMYx.2004-2018.zip	385 K	TUR_KO_Cihanbeyli.171910_TMYx.zip	421 K
TUR_KO_Akşehir.172390_TMYx.2007-2021.zip	418 K	TUR_KO_Konya-Eregli.172480_TMYx.2004-2018.zip	421 K
TUR_KO_Akşehir.172390_TMYx.zip	418 K	TUR_KO_Konya-Eregli.172480_TMYx.2007-2021.zip	420 K
TUR_KO_Cihanbeyli.171910_TMYx.2004-2018.zip	393 K	TUR_KO_Konya-Eregli.172480_TMYx.zip	421 K
TUR_KO_Cihanbeyli.171910_TMYx.2007-2021.zip	421 K		
KR_Karaman			
TUR_KR_Karaman.172460_TMYx.2004-2018.zip	391 K	TUR_KR_Karaman.172460_TMYx.zip	418 K
TUR_KR_Karaman.172460_TMYx.2007-2021.zip	418 K		
KS_Kastamonu			
TUR_KS_Erkiilet-Kayseri.171950_TMYx.2004-2018.zip	376 K	TUR_KS_Inebolu.170240_TMYx.2007-2021.zip	433 K
TUR_KS_Erkiilet-Kayseri.171950_TMYx.zip	407 K	TUR_KS_Inebolu.170240_TMYx.zip	420 K
TUR_KS_Erkiilet-Kayseri.AP.171950_TMYx.2007-2021.zip	411 K	TUR_KS_Kastamonu.170740_TMYx.2004-2018.zip	403 K
TUR_KS_Inebolu.170240_TMYx.2004-2018.zip	399 K		
KU_Kutahya			
TUR_KU_Kutahya.171550_TMYx.2004-2018.zip	403 K	TUR_KU_Kutahya.171550_TMYx.zip	431 K
TUR_KU_Kutahya.171550_TMYx.2007-2021.zip	426 K	TUR_KU_Kutahya.AFB.171170_TMYx.2007-2021.zip	419 K
		TUR_KU_Kutahya_171550_TurTMY.zip	363 K
KY_Kayseri			
TUR_KY_Kayseri.171950_TurTMY.zip	336 K		
MG_Mugla			
TUR_MG_Bodrum-Milas.172810_TMYx.2004-2018.zip	364 K	TUR_MG_Datca.172970_TMYx.zip	407 K
		TUR_MG_Marmaris.172980_TMYx.2007-2021.zip	410 K

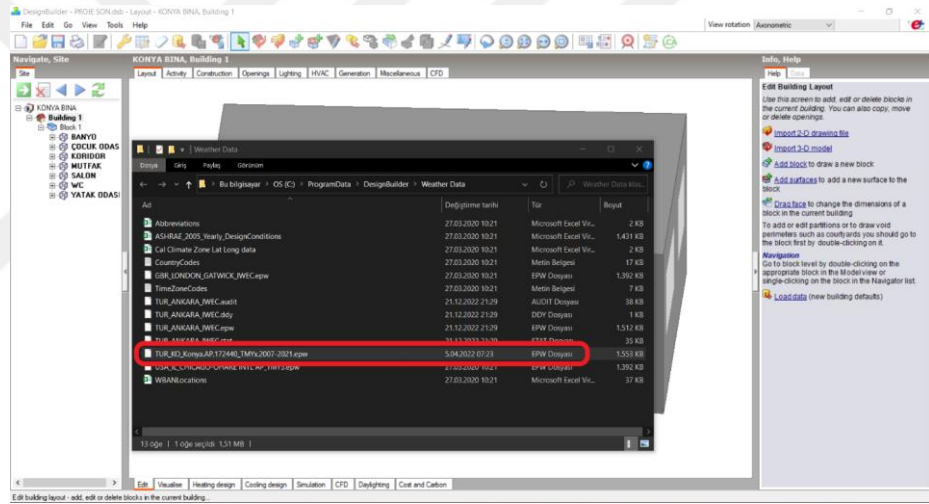
Şekil 3.12. Konya iline ait iklim dosyalarına ulaşılması-EPW (EnergyPlus Weather Format) uzantılı dosyanın indirilmesi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



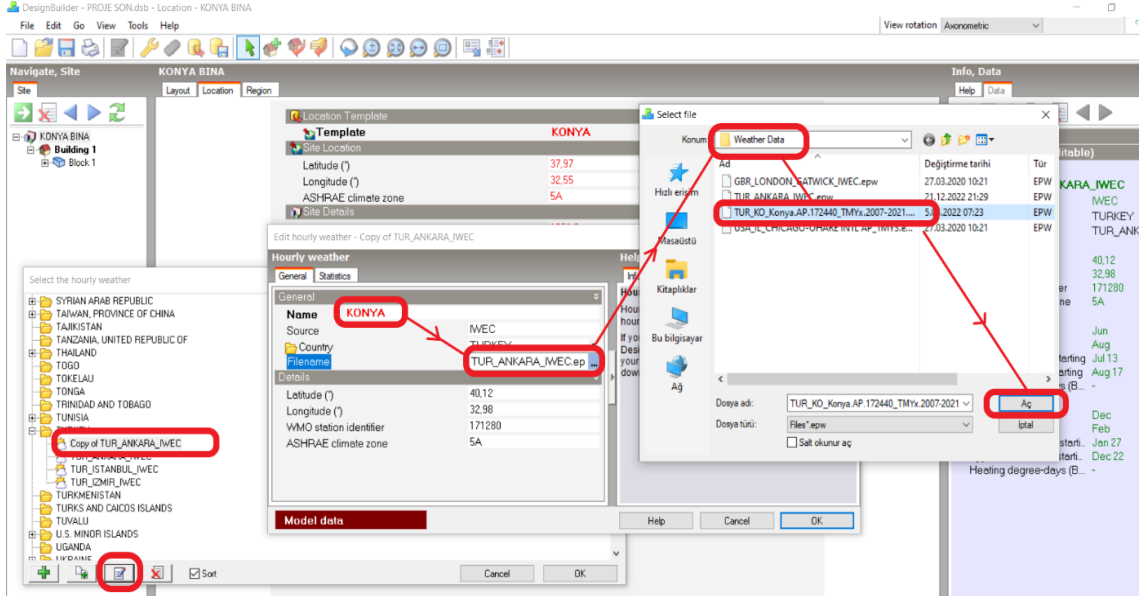
Şekil 3.13. Konya iline ait iklim dosyasının masa üzerine çıkarılması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



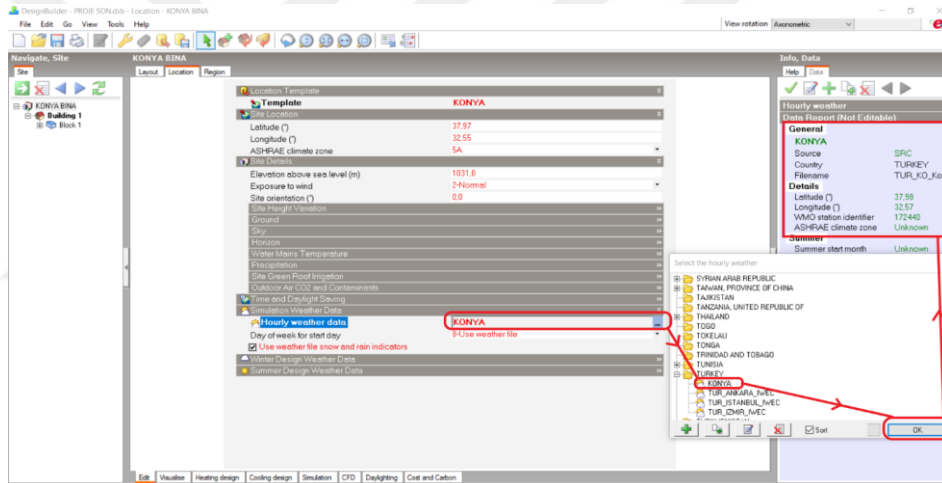
Şekil 3.14. Konya iline ait iklim dosyasının Design Builder programına yüklenmesi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



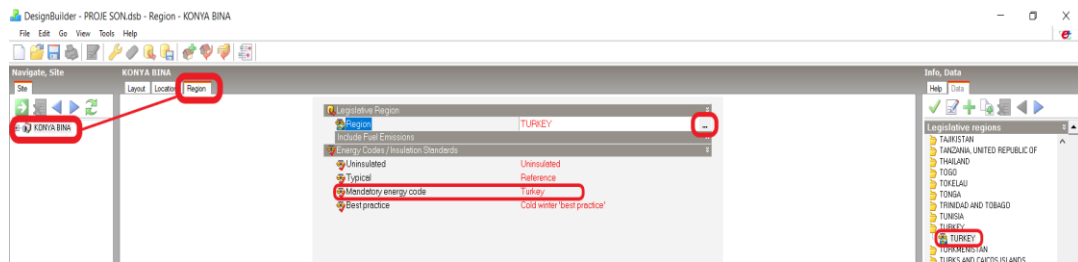
Şekil 3.15. Konya iline ait EPW dosyasının Weather Data dosyasından indirilmesi. (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.16. Konya iline ait EPW dosyasının Design Builder programına tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.17. Konya iline ait hava durumu ve iklim dosyasının programa yüklenmesi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

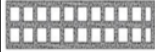




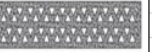


Şekil 3.18. Konya ilinin bulunduğu ülkenin tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

İklim türlerine göre referans alınan illerin Avrupa bölgesine ait EPW (EnergyPlus Weather Format) uzantılı iklim verileri dosyaları belirtilen internet adresinden alınarak Design Builder programına tanımlanarak bina modellemeleri

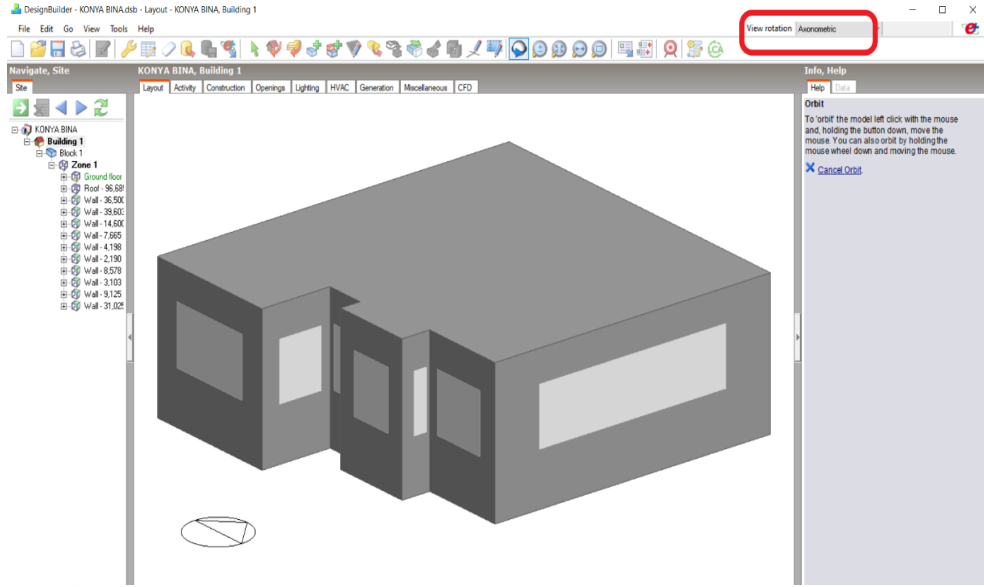
yapılmıştır. Design Builder programında modellenen binaların lokasyona göre bina tipleri Çizelge 3.10' da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Design Builder programında modellenen binaların lokasyona göre bina tipleri matrisi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

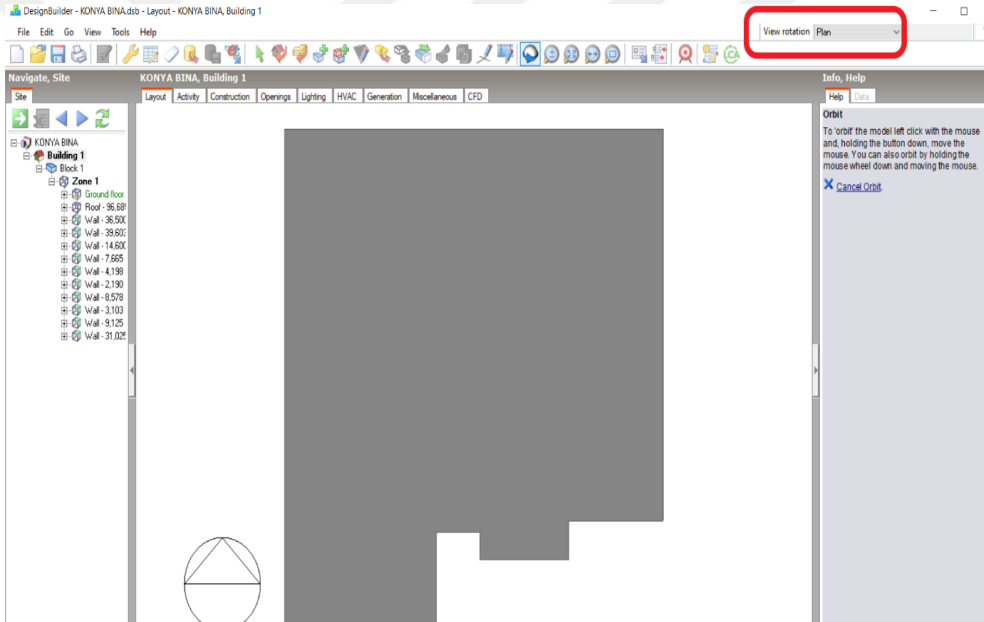
ŞEHİR	TIP 1 - U= 0,34 (W /M ² K) C6 200 DUVAR TİPİ	TIP 2 - U= 0,45 (W /M ² K) C1 200 DUVAR TİPİ	TIP 3 - U= 0,49 (W /M ² K) C3 200 DUVAR TİPİ	TIP 4 - U= 0,50 (W /M ² K) C2 200 DUVAR TİPİ	TIP 5 - U= 0,72 (W /M ² K) C5 200 DUVAR TİPİ	TIP 6 - U= 0,73 (W /M ² K) C4 200 DUVAR TİPİ
						
KONYA	KONYA TİP 1	KONYA TİP 2	KONYA TİP 3	KONYA TİP 4	KONYA TİP 5	KONYA TİP 6
ERZURUM	ERZURUM TİP 2	ERZURUM TİP 3	ERZURUM TİP 4	ERZURUM TİP 5	ERZURUM TİP 6	ERZURUM TİP 7
İSTANBUL	İSTANBUL TİP 1	İSTANBUL TİP 2	İSTANBUL TİP 3	İSTANBUL TİP 4	İSTANBUL TİP 5	İSTANBUL TİP 6
İZMİR	İZMİR TİP 1	İZMİR TİP 2	İZMİR TİP 3	İZMİR TİP 4	İZMİR TİP 5	İZMİR TİP 6
GAZİANTEP	GAZİANTEP TİP 1	GAZİANTEP TİP 2	GAZİANTEP TİP 3	GAZİANTEP TİP 4	GAZİANTEP TİP 5	GAZİANTEP TİP 6

3.4.3. Mekân bölgelerinin tanımlanması ve hareket şablonları

Design Builder programında 3D baskı beton teknolojisi ile imalat edilecek beton konut projesinin mimari taslağı üzerine blok olarak yükseltilmiştir. Program ara yüzünden sağ üst köşede bulunan View Rotation sekmesinden Axonometric seçilerek program penceresinde binanın 3 boyutlu görüntüsü görülebilmektedir. Binanın 3 boyutlu görseli Şekil 3.19' da gösterilmiştir. Binanın plan görünüşü Şekil 3.20' de verilmiştir.



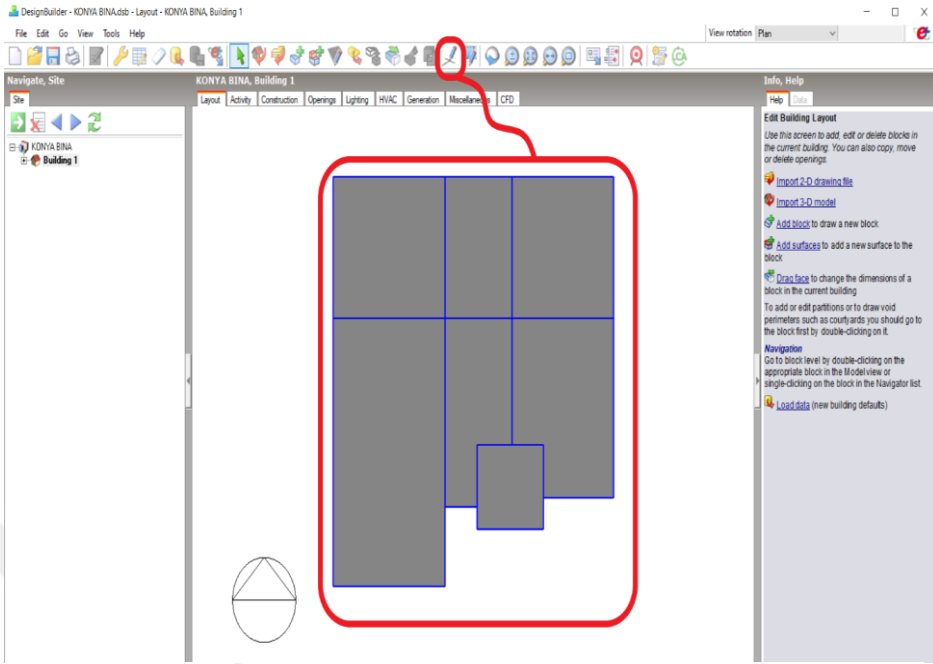
Şekil 3.19. Binanın 3 boyutlu görseli (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



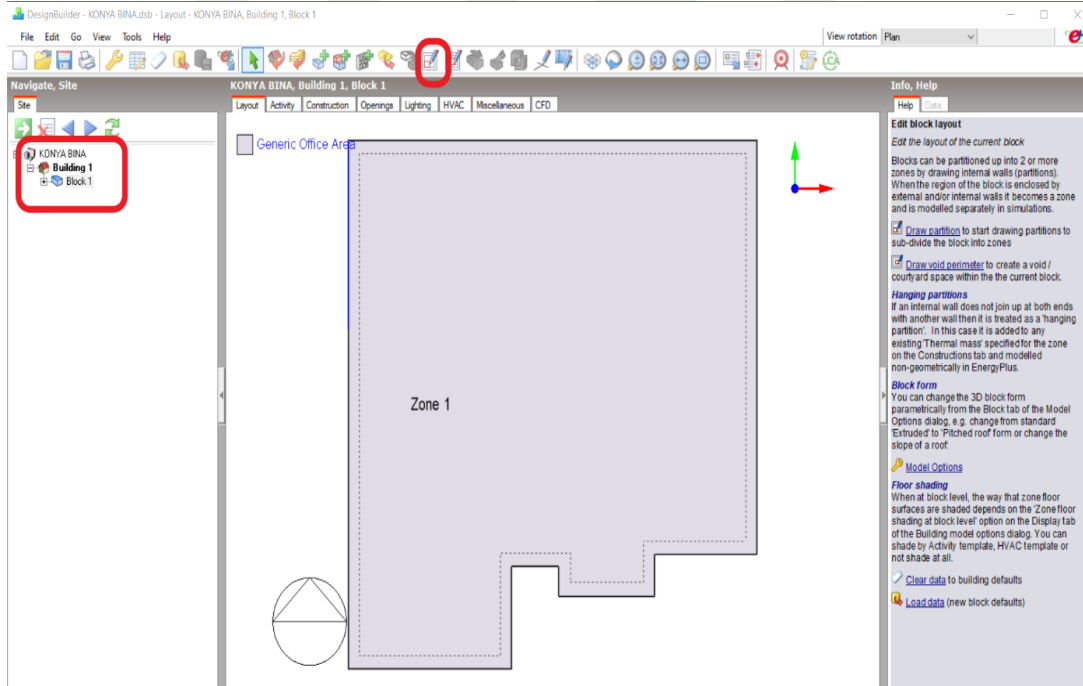
Şekil 3.20. Binanın plan görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bina modelinde mekân bölgeleri programa tanımlanır. Her bir mekân bölgesi bir sirkülasyon alanını oluşturur. Binanın mekân bölgelerinin çizilmesi Şekil 3.21' de gösterilmiştir. Mekân bölgeleri bina modelinin plan düzleminde çizilmiştir. Binanın plan görünüşü Şekil 3.22' de gösterilmiştir. Konya- Tip 1 binaya ait modellemede mekân bölgelerini Design Programının ekran penceresinin sol tarafında görülebilmez. Binanın mekân bölgelerinin atanması ve genel görünüşü Şekil 3.23' te gösterilmiştir. Binanın mekân bölgelerinin adlarının atanması Şekil 3.24' te gösterilmiştir. mekân bölgelerinin plan görünüşü, Layout sekmesinde Edit bölümünde oda isimlerinin bulunduğu plan görünüşü Şekil 3.25' te gösterilmiştir. Bina odalarının mekân

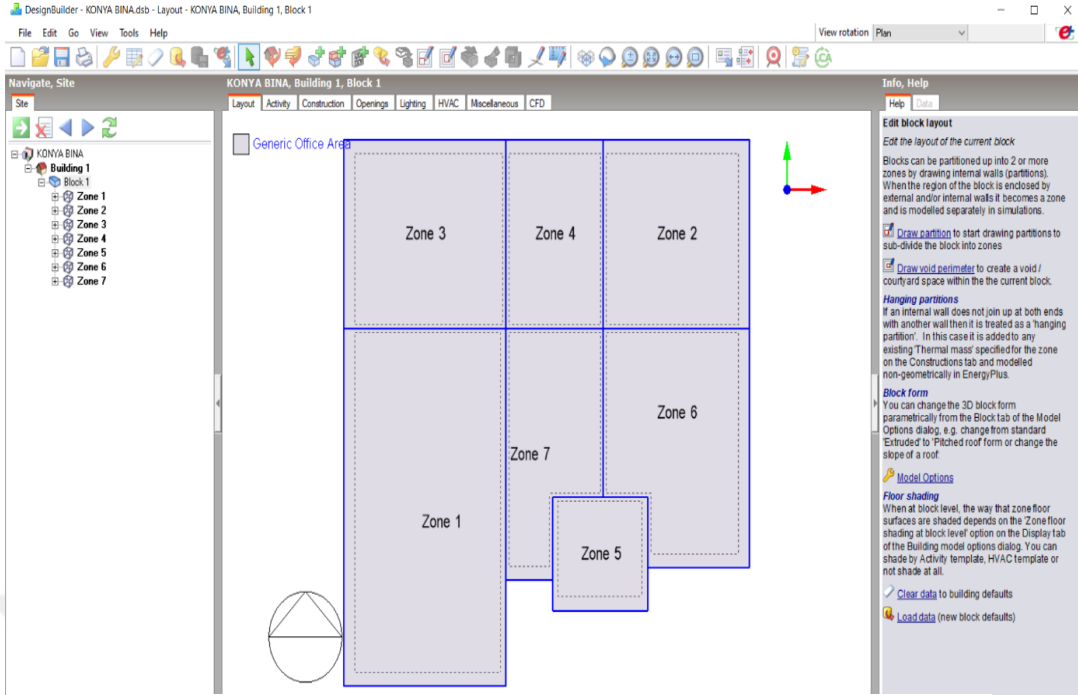
bölgelerinin plan görünüşü 3 boyutlu düzlemde Şekil 3.26' da gösterilmiştir. Bina modeli 7 adet oda bölümünden oluşmaktadır.



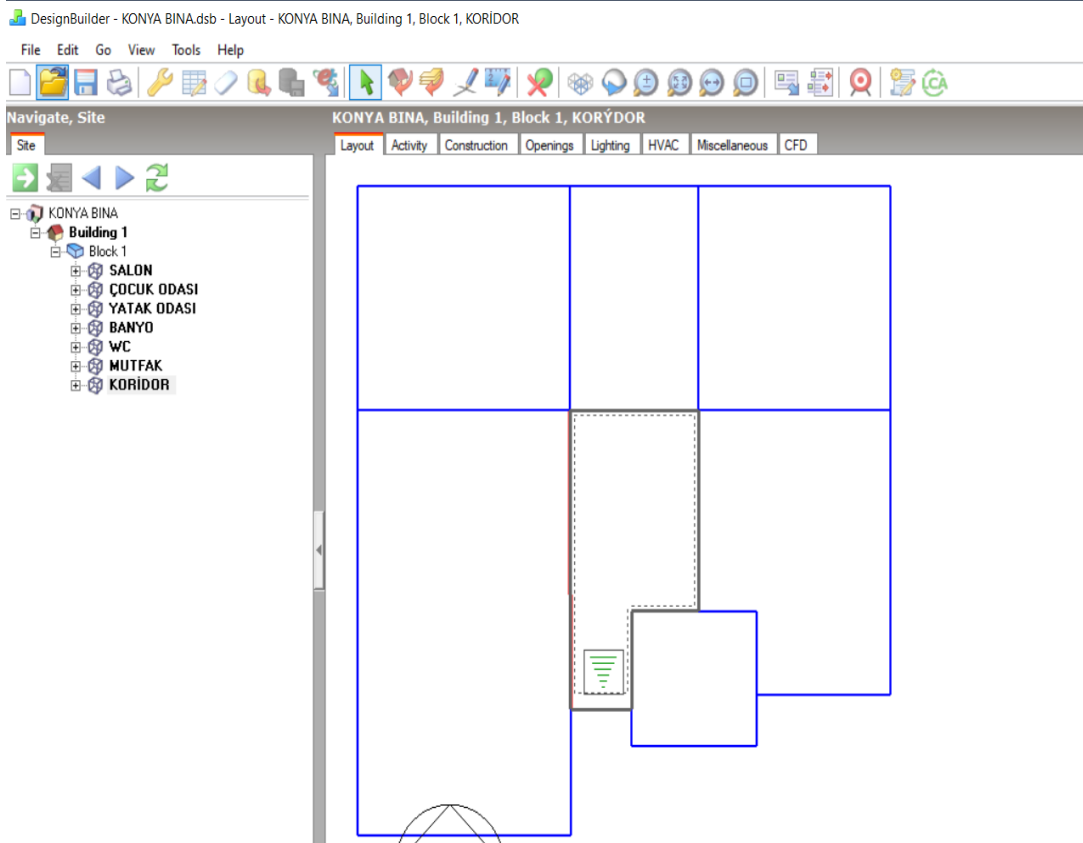
Şekil 3.21. Binanın mekân bölgelerinin çizilmesi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



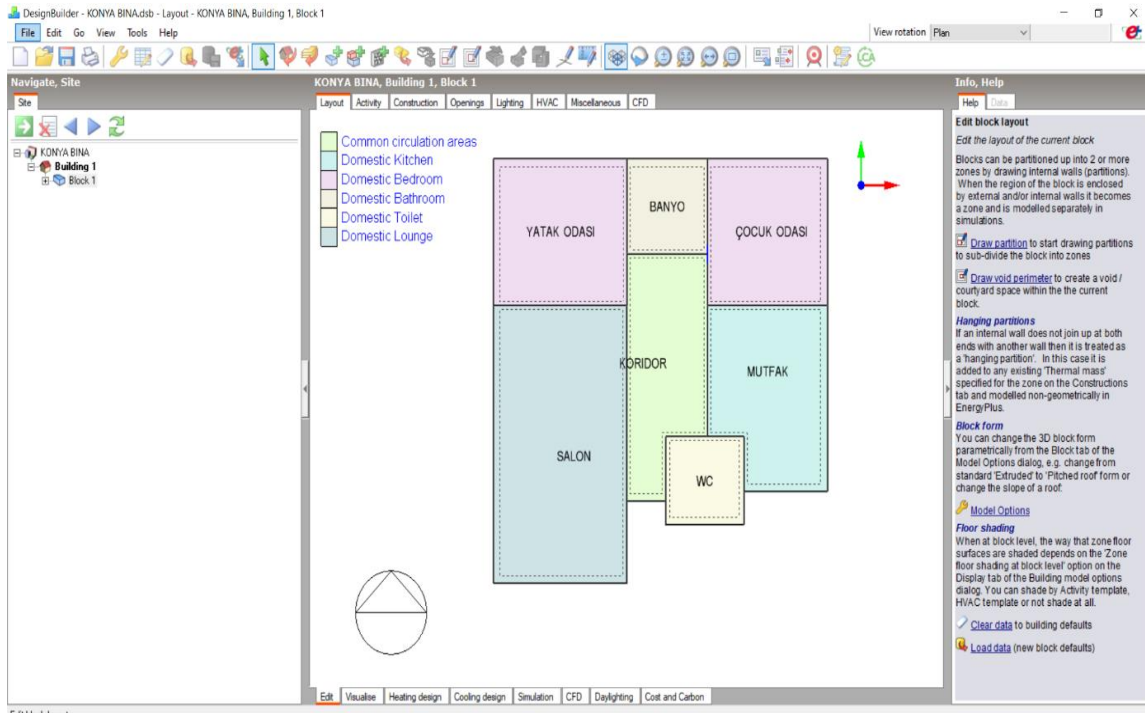
Şekil 3.22. Binanın plan görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



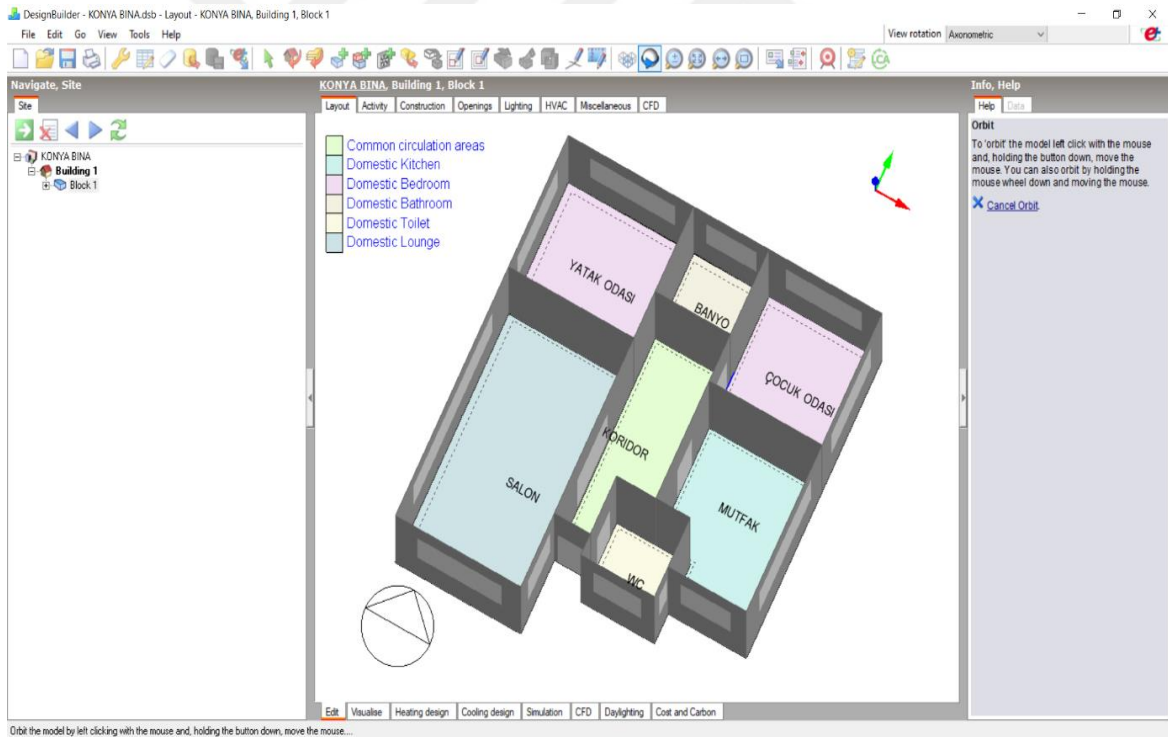
Şekil 3.23 Binanın mekân bölgelerinin atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.24 Binanın mekân bölgelerinin adlarının atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



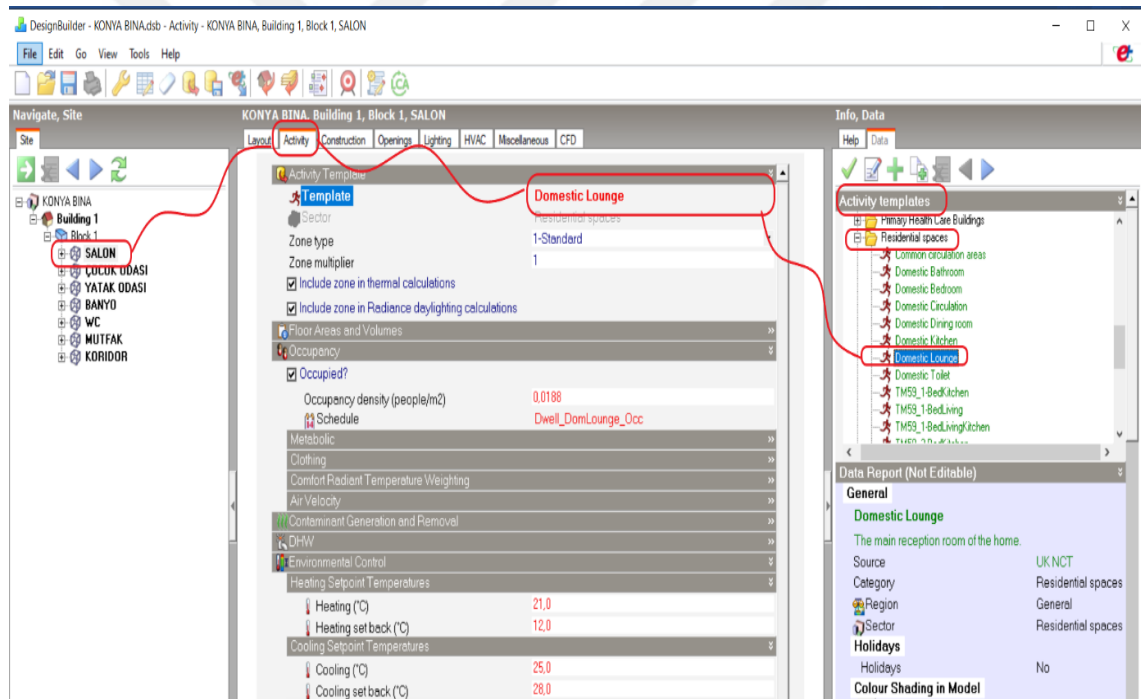
Şekil 3.25. Mekân bölgelerinin plan görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



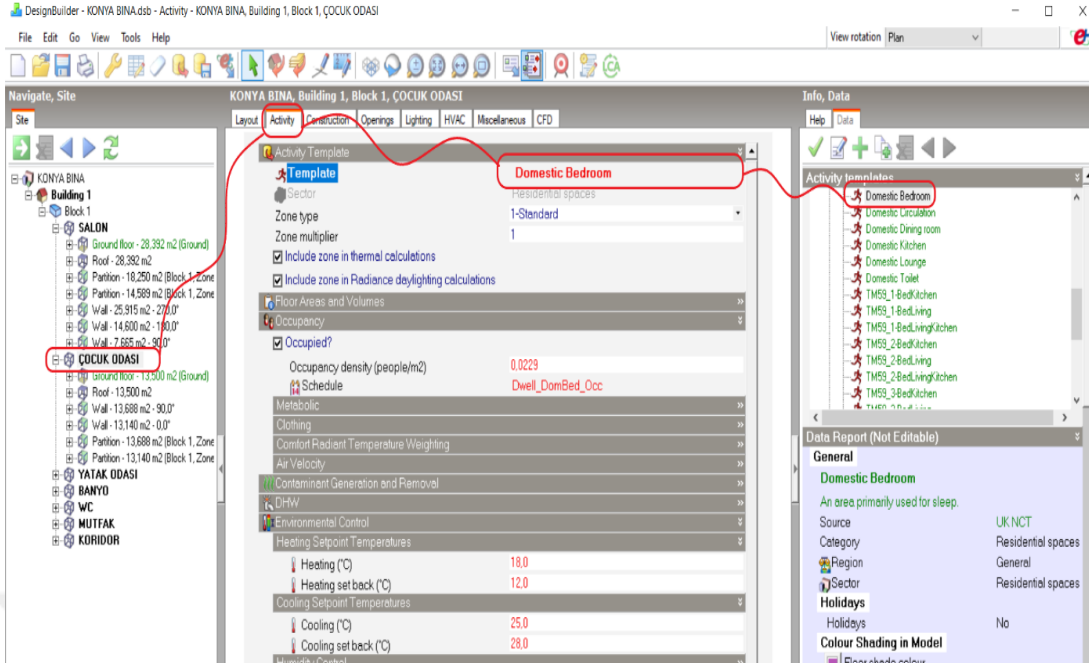
Şekil 3.26. Mekân bölgelerinin plan görünüşü 3 boyutlu düzlemde görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bu tez çalışmasında bina modelinin mekân bölgelerinin odaların aktivite durumunun belirlenmesi, odaların kullanım amacına göre Design Builder programının penceresinde bulunan Activiy sekmesinden mekân bölgesine hareket şablonu tanımlanmıştır.

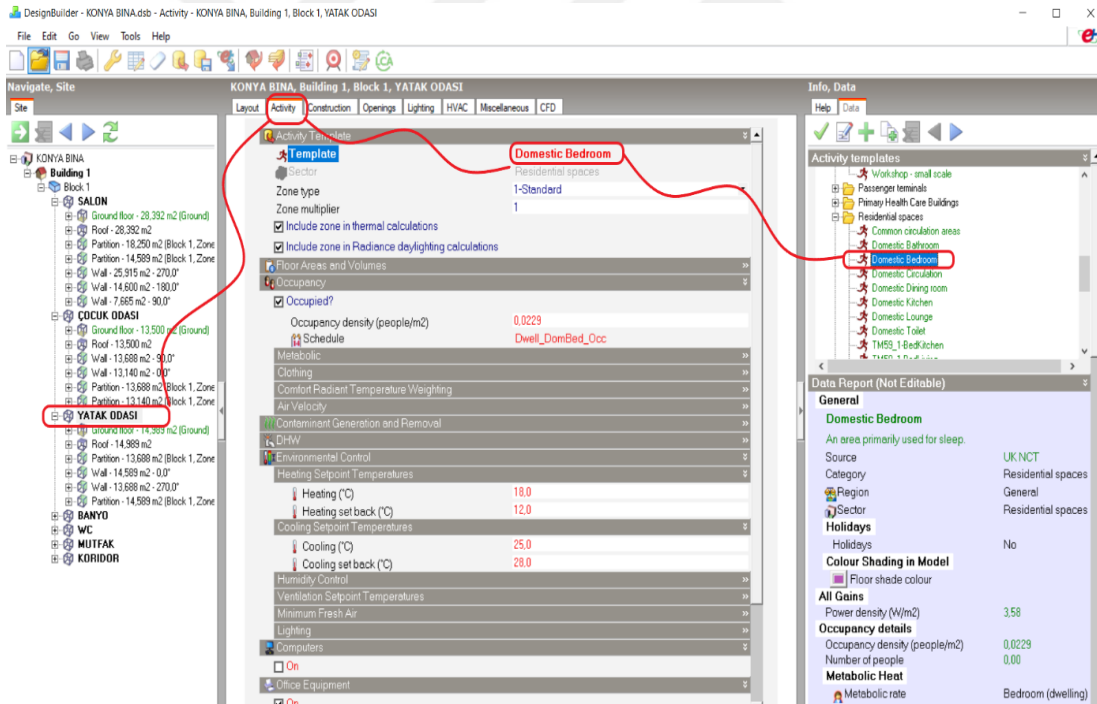
Hareket şablonu: Mekân kullanım amacına uygun olarak bölgelere aktivite türünün atanmasıdır. Kullanılan bina yaşam alanı olarak kullanılacağı planlandığı için, pencere ara yüzünün sağ ekranında bulunan dosyalar arasından Residential spaces dosyası ele alınmıştır. Seçilen dosyanın içinden odaların kullanım amaçlarına göre hareket şablonları atanmıştır. Salon / mekân bölgesinin hareket şablonu 'Domestic Lounge' olarak atanması Şekil 3.27' de gösterilmiştir. Çocuk odası ve yatak odasının hareket şablonu 'Domestic Bedroom' olarak atanması Şekil 3.28' de ve Şekil 3.29' da gösterilmiştir. Banyonun hareket şablonu 'Domestic Bathroom' olarak atanması Şekil 3.30' da gösterilmiştir. WC'nin hareket şablonu 'Domestic Toilet' olarak atanması Şekil 3.31' de gösterilmiştir. Mutfağın hareket şablonu 'Domestic Kitchen' olarak atanması Şekil 3.32' de gösterilmiştir. Koridorun hareket şablonu 'Common circulation areas' olarak atanması Şekil 3.33' te gösterilmiştir.



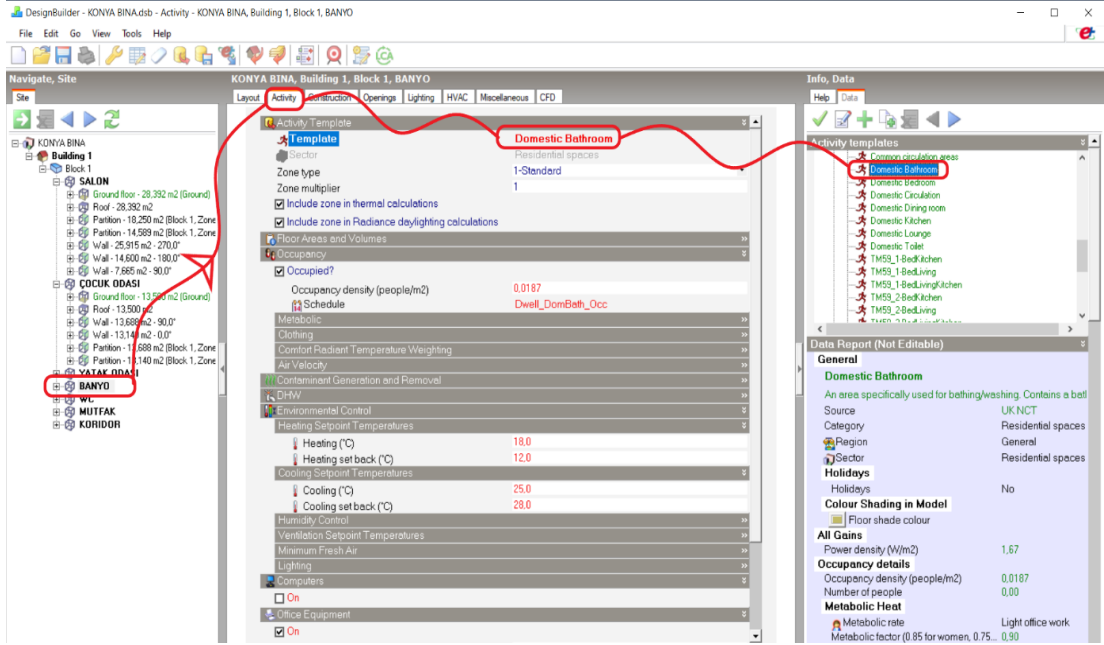
Şekil 3.27. Salon / mekân bölgesinin hareket şablonu 'Domestic Lounge' olarak atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



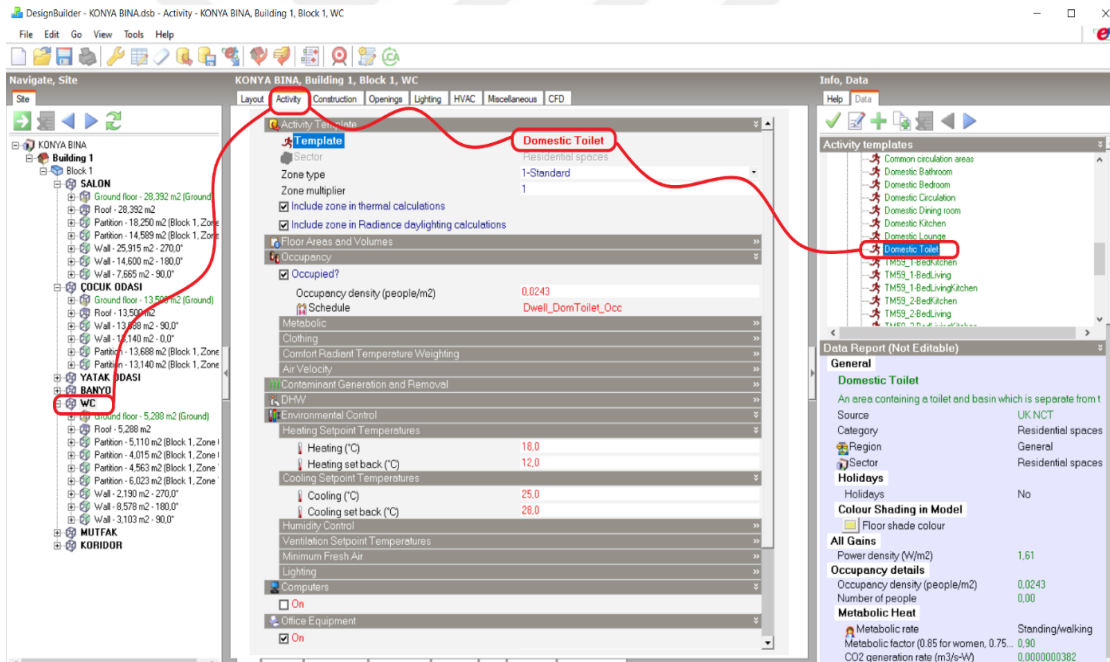
Şekil 3.28. Çocuk odasının hareket şablonu 'Domestic Bedroom' olarak atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



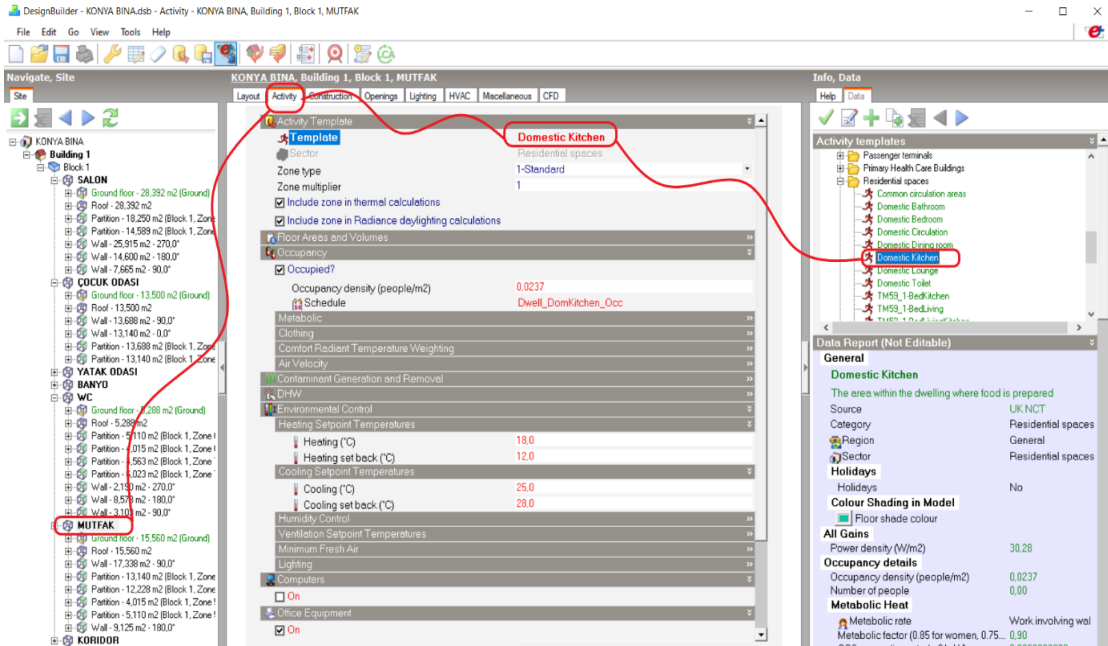
Şekil 3.29. Yatak odasının hareket şablonu 'Domestic Bedroom' olarak atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



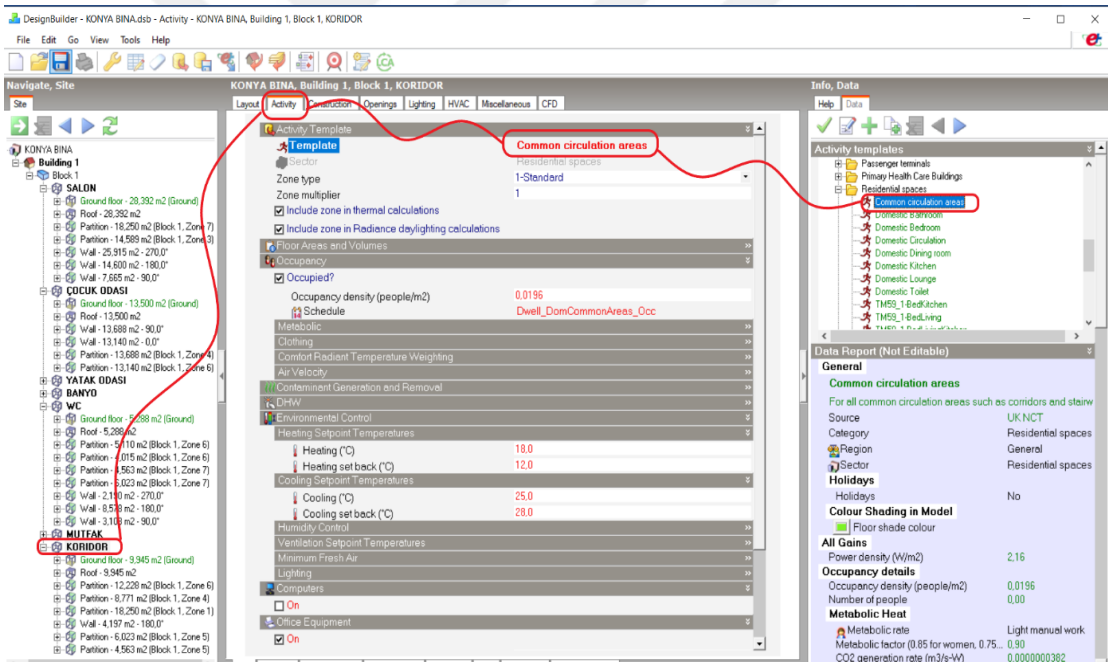
Şekil 3.30. Banyonun hareket şablonu 'Domestic Bathroom' olarak atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.31. WC'nin hareket şablonu 'Domestic Toilet' olarak atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.32. Mutfağın hareket şablonu 'Domestic Kitchen' olarak atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.33. Koridorun hareket şablonu 'Common circulation areas' olarak atanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

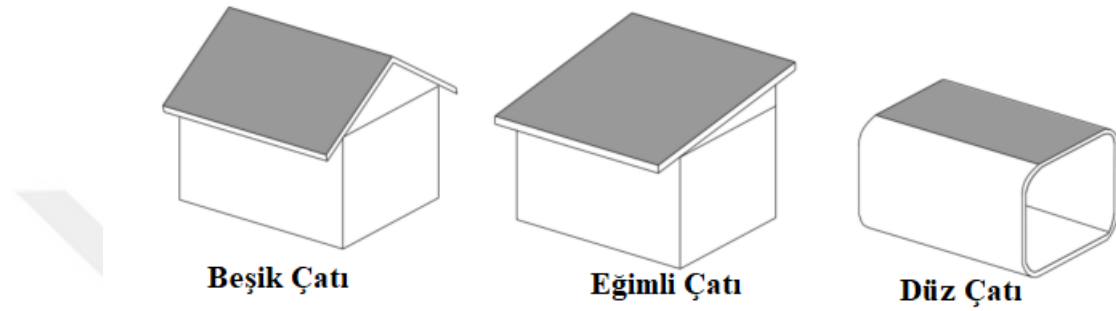
3.4.4. Binanın yapı elemanlarının tanımlanması

3.4.4.1. Çatı tipi ve toplam ısı transfer katsayısı değeri

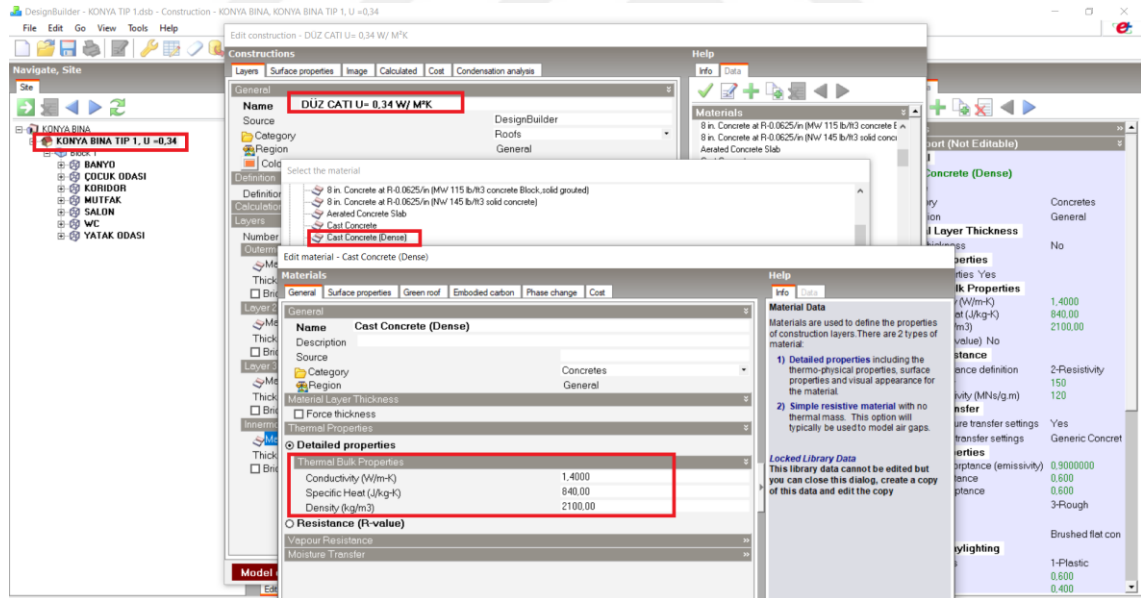
Referans alınan şehirlerde modellenen binaların projesinde, çatı tipi düz çatı olarak alınmıştır. Çatı türleri Şekil 3.34'de verilmiştir. Bu nedenle çatı tipi sabit tutulmuştur. Çatı betonu 'dökme beton' olarak alınmıştır. Design Builder programında tanımlı olan yapı şablonlarından 'Cast Concrete (Dense)' seçilmiştir. Çatı dökme

betonun spesifik değerleri Şekil 3.35’de verilmiştir. Düz çatıda dökme betonun kalınlığı 100 mm olarak tanımlanmıştır. Referans alınan şehirlerde modellenecek tüm binalarda sabit alınacak düz çatı tipinin enkesit görseli Şekil 3.36’de gösterilmiştir.

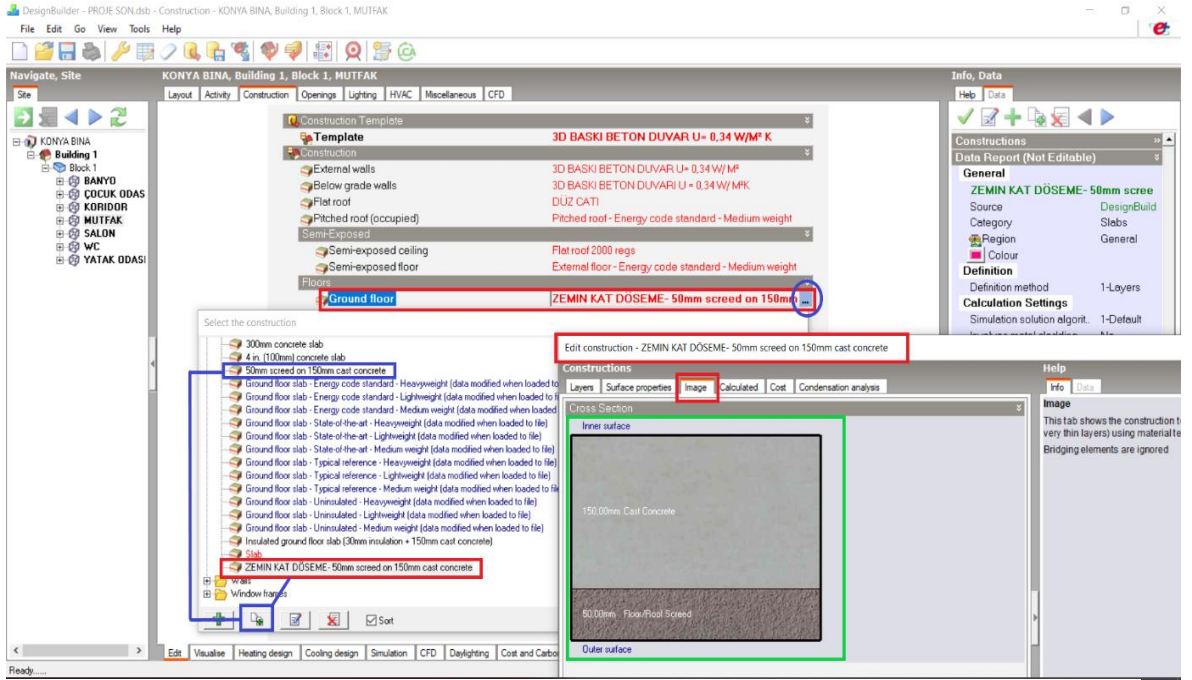
Modellenen binların tümünde düz çatınının toplam ısı transfer katsayısı değeri 0,34 W/m²K olarak alınması öngörülmüştür. Design Builder programına modellenen düz çatının toplam ısı transfer katsayısı değerinin 0,34 W/ m²K tanımlanması Şekil 3.37’ de görülebilir.



Şekil 3.34 Çatı türleri (García-Alvarado,2021)



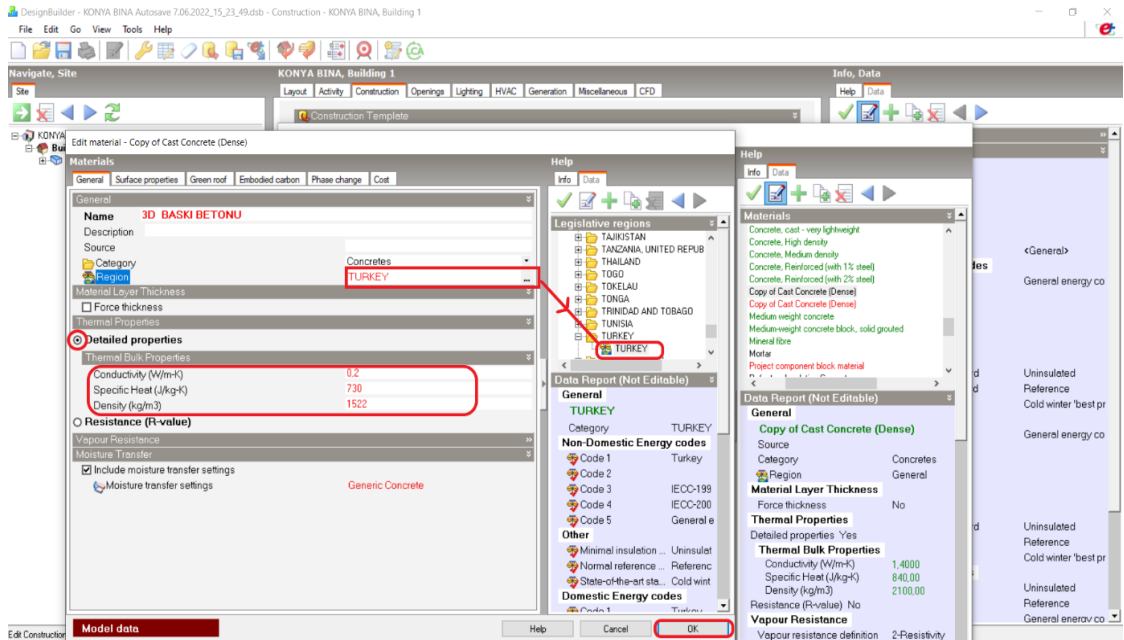
Şekil 3.35. Çatı dökme betonun spesifik değerleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.38. Design Builder programına modellenen binanın zemin kaplama betonunun toplam ısı transfer katsayısı değeri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

3.4.4.3. Yazıcı betonunun spesifik değerlerinin programa tanımlanması

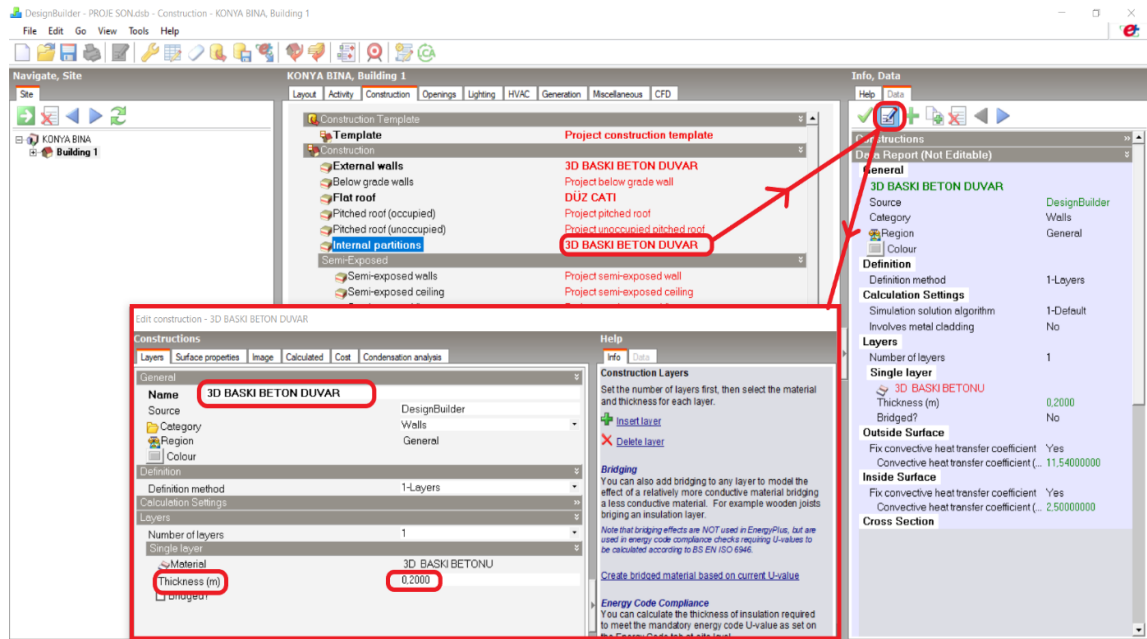
Design Builder programında modellenen 3D baskı betonu teknolojisi ile imal edilecek bir konut projesinin dökme beton özellikleri, Mix 3 karışımı; organik bağlayıcı ile toz haline getirilmiş silika kumundan oluşan 3D baskı beton karışımı olarak alınması kararlaştırılmıştır. Design Builder Programına simülasyonda tanımlanacak betonun spesifik özellikleri Çizelge 3.3' de verilmiştir. 3D baskı betonun, beton spesifik değerlerinin Design Builder programına tanımlanması Şekil 3.39' da gösterilmiştir.



Şekil 3.39. 3D baskı betonun, beton spesifik değerlerinin Design Builder programına tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

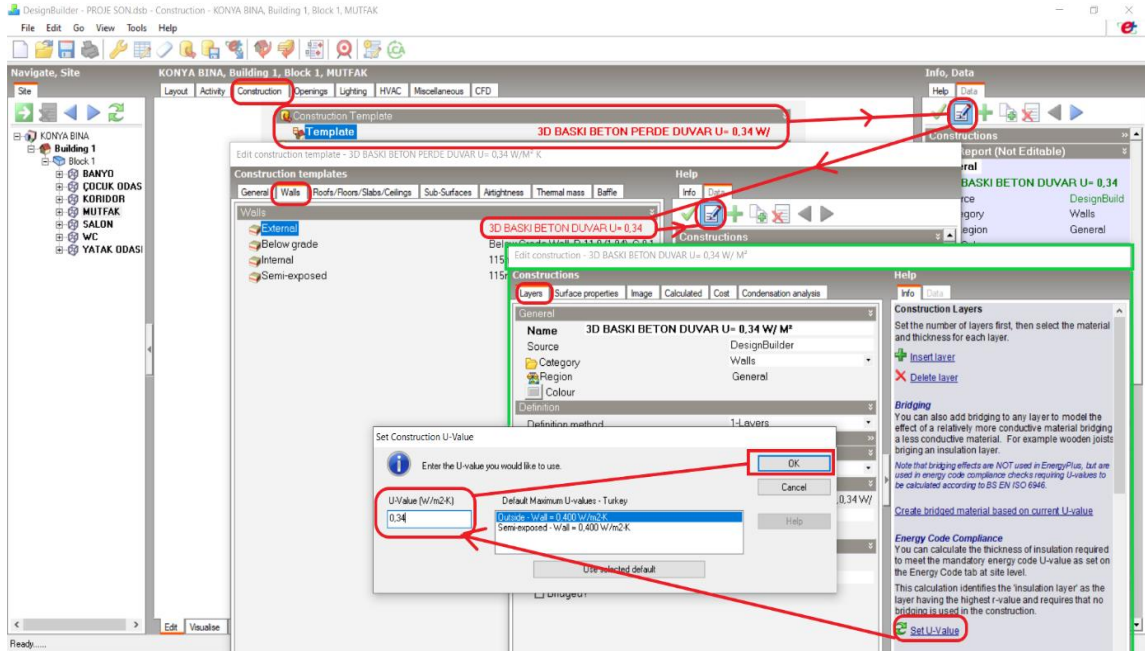
3.4.4.4. Beton duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri

3D baskı teknolojisi ile imalat edilecek beton konut projesinde 6 farklı tip duvar konfigürasyonu ele alınmıştır. 3D baskı teknolojisi ile imalat edilecek beton konut projesinin konut tiplerinde alınan duvar konfigürasyonlarının modelleri ve duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerleri Çizelge 3.9' da verilmiştir. Belirlenen duvar konfigürasyonlarının duvar kalınlıkları 200 mm olarak alınmıştır. Design Builder programında modellenen 3D başlı teknolojisi ile imal edilecek konut projesinin duvar kalınlığı, 200 mm olarak veri girişinin yapılması Şekil 3.40. 'da gösterilmiştir.

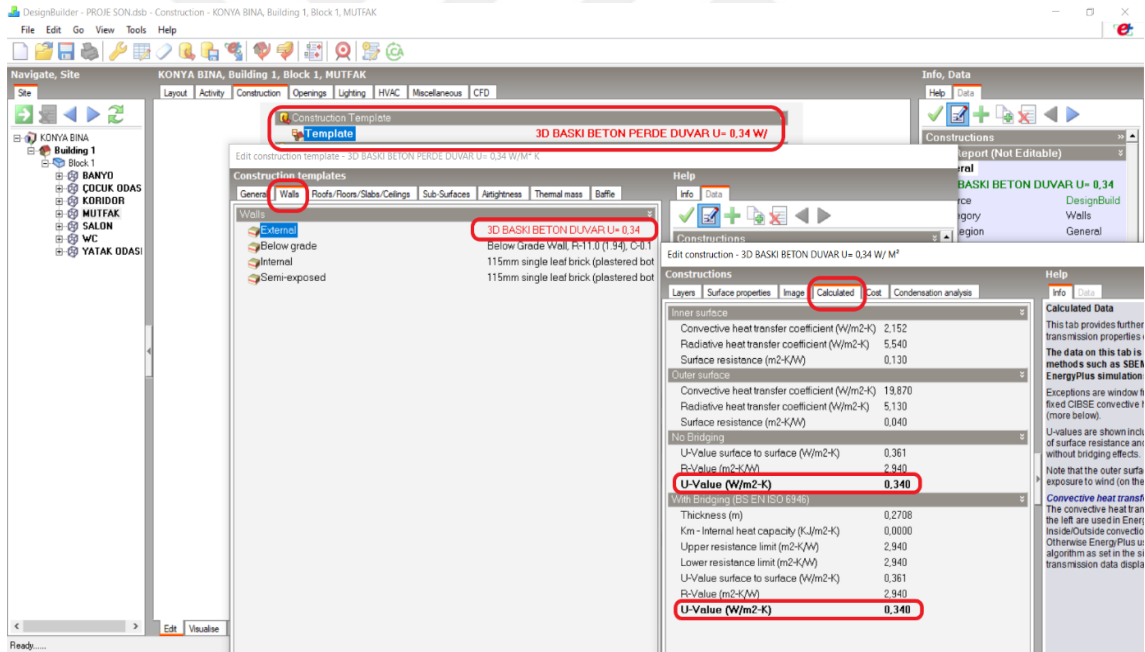


Şekil 3.40. 3D baskı teknolojisi ile imal edilecek konut projesinin duvar kalınlığı (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Konya-Tip 1 projesinde, modellenen binada ele alınan duvar konfigürasyonun tipi C6' dır ve duvar kalınlığı 200 mm olarak alınmıştır. C6-200 mm duvar tipi Çizelge 3.9' da görülebilir. Konya bölgesinde, 3D baskı teknolojisi ile inşaat edilecek Tip 1 binanın toplam ısı transfer katsayısı değeri 0,34 W/ m²K dır. Design Builder programında modellenen duvarın toplam ısı transfer katsayısı değerinin programa tanımlanması Şekil 3.41' de verilmiştir. Konya-Tip 1 projesinin duvarlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri 0,34 W/ m²K olduğu Şekil 3.42' de görülebilir.



Şekil 3.41. Design Builder programında modellenen duvarın toplam ısı transfer katsayısı değerinin programa tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



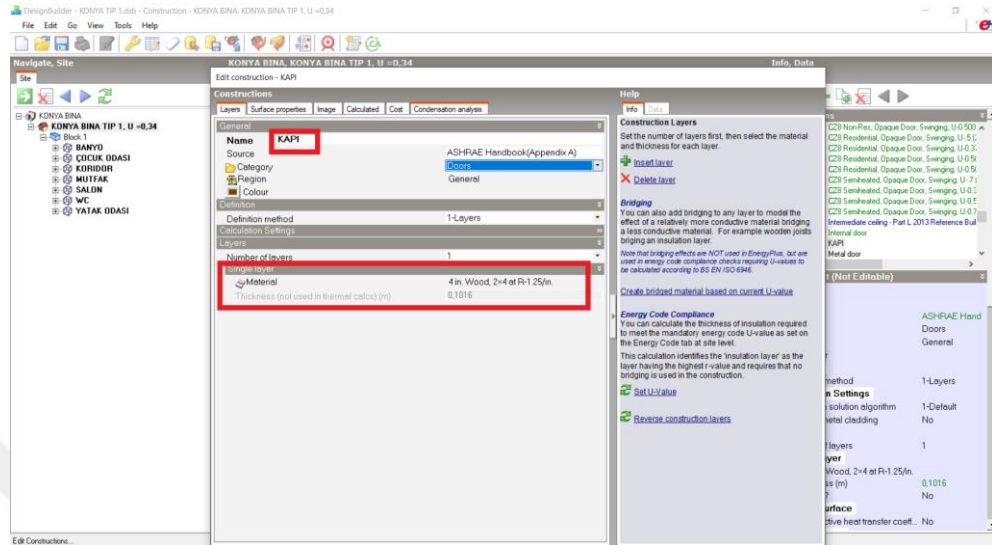
Şekil 3.42. C6-200 mm tipi duvar konfigürasyonunun toplam ısı transfer katsayısı değeri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Konya-Tip 2 ve devamındaki diğer tipler içinde benzer prosedür ile veri girişi yapılmıştır.

3.4.4.5. Modellenen binalara kapı tanımlanması

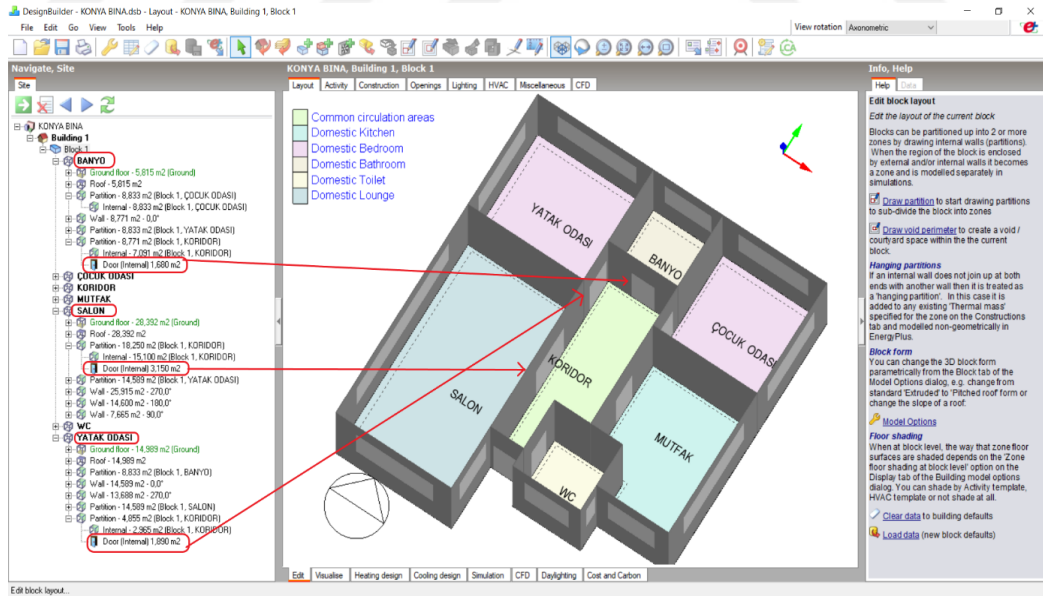
Referans alınan şehirlerde modellenen binaların projesinde, tüm kapılar aynı materyal malzemeden alınmıştır. Alınan material malzeme' 4 in. Wood, 2x4 at R-1 25/in.' Ahşap) olarak programa tanımlanmıştır. Modellenen binalarda kullanılan kapı

malzemesi, Design Builder programından hazır kapı şablonu alınmıştır. Kapı materiallerinin programa tanımlanması Şekil 3.43' de gösterilmiştir.



Şekil 3.43. Kapı materyallerinin programa tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bu tez çalışmasında tüm binalar için kapı türleri ve boyutları sabit tutulmuştur. Design Builder programına modellenen binalarda tanımlanan kapıların bina içerisindeki konumu Şekil 3.44' de gösterilmiştir.

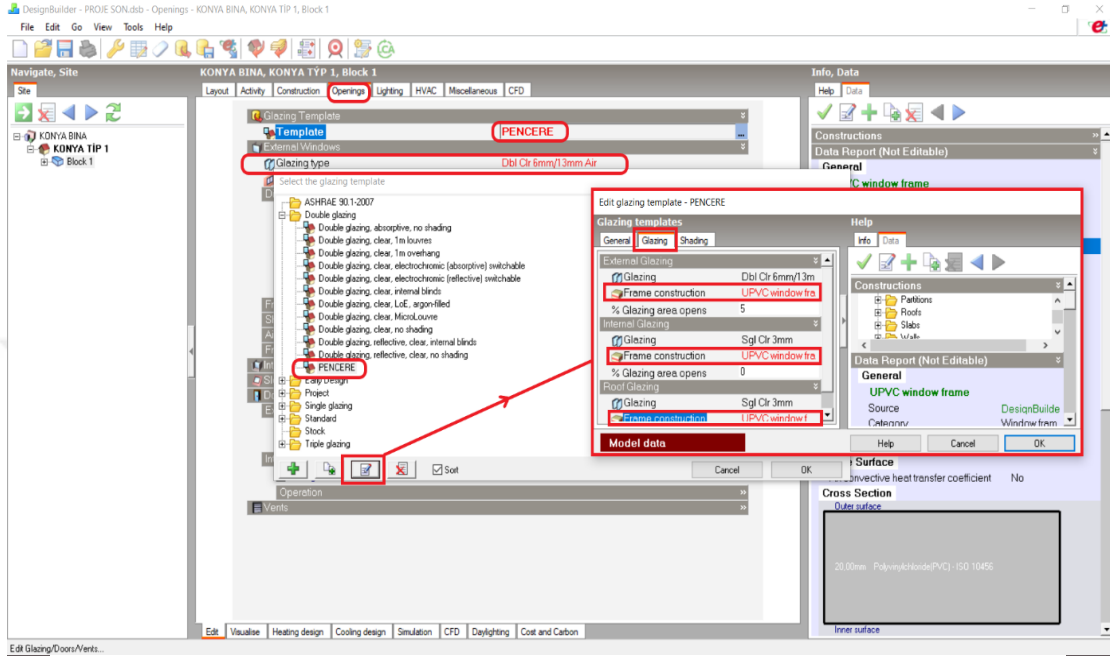


Şekil 3.44. Design Builder programına modellenen binalarda tanımlanan kapıların bina içerisindeki konumu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

3.4.4.6. Modellenen binalara pencere tanımlanması

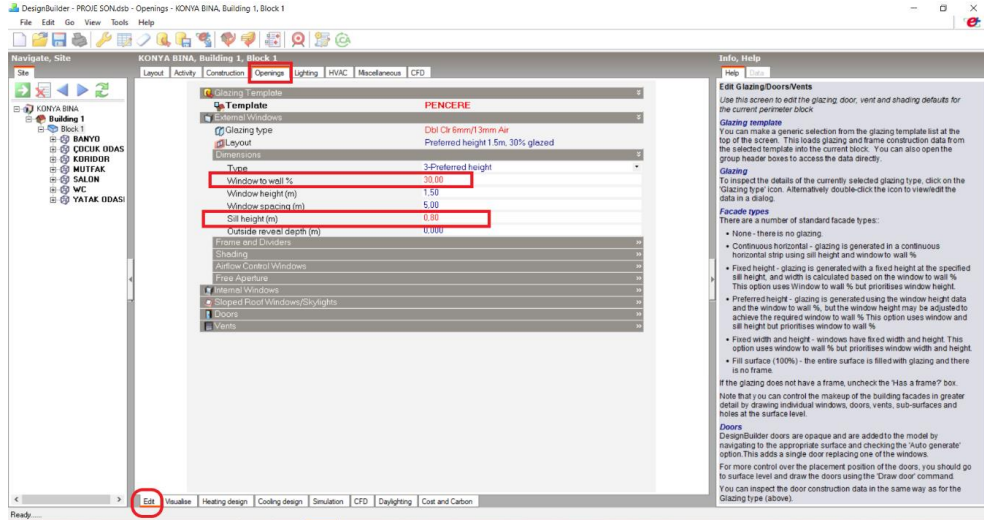
Referans alınan şehirlerde modellenen binaların projesinde, tüm pencereler aynı materyal malzemeden alınmıştır. Alınan materyal malzeme cam tipi (glazing type) 'Dbl

Clr 6 mm/ 13 mm' çift cam olarak alınmış olup programa tanımlanmıştır. Modellenen binalarda kullanılan pencere malzemesi, Design Builder programından hazır pencere şablonu alınmıştır. Pencere çerçeve yapısı Polivinil klorür (PVC) plastik polimer alınmıştır. Pencere materyallerinin programa tanımlanması Şekil 3.45' de gösterilmiştir.

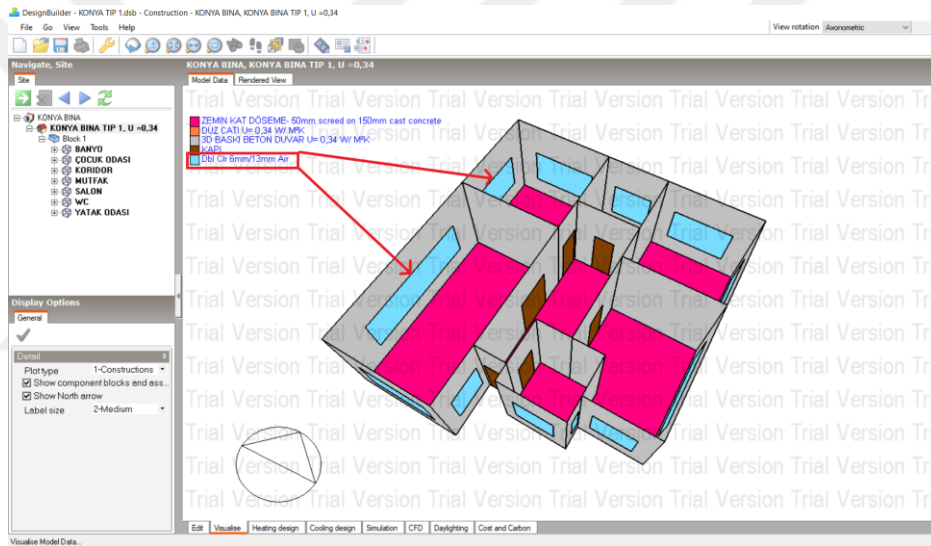


Şekil 3.55. Pencere materyallerinin programa tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

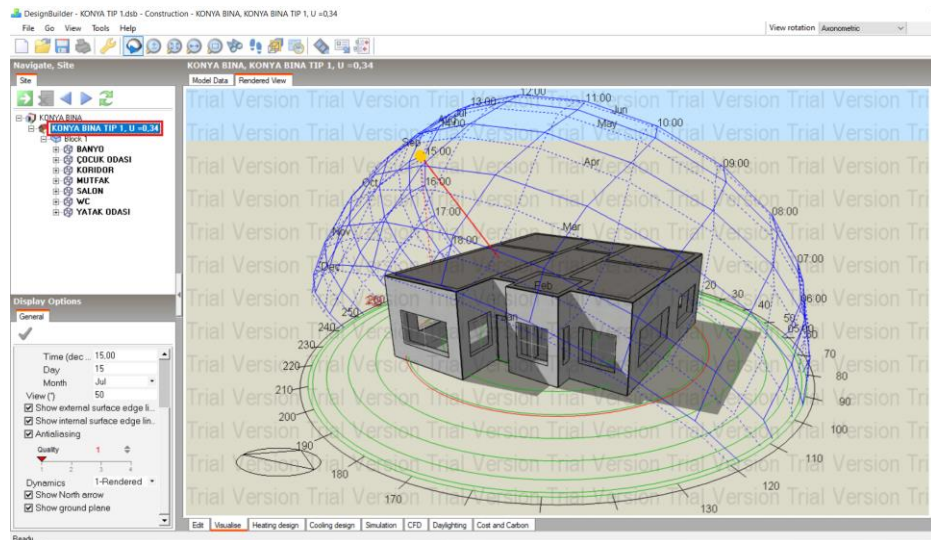
Bu tez çalışmasında tüm binalar için pencere türleri ve boyutları sabit tutulmuştur. Pencere boyutu bina duvar alanının % 30' u olarak alınmıştır. Pencere parapet (denizlik) yüksekliği 80 cm alınmıştır. Bina modellerindeki pencere oranı ve pencerelerin denizlik yüksekliğinin programa tanımlanması Şekil 3.46' da gösterilmiştir. Design Builder programına modellenen binalarda tanımlanan pencerelerin bina içerisindeki konumu Şekil 3.47' de gösterilmiştir. Bina yapı elemanlarının genel görünüşü Şekil 3.48' de verilmiştir.



Şekil 3.46. Bina modellerindeki pencere oranı ve pencerelerin denizlik yüksekliğinin programa tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.47. Design Builder programına modellenen binalarda tanımlanan pencerelerin bina duvar yüzeyindeki konumu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.48. Bina yapı elemanlarının genel görünüşü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

3.5. Yapılarda Isıtma ve Soğutma Yüğü

Isıtma yüğü, binaların kış hava koşullarında konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için gerekli olan enerji miktarına ısıtma yüğü denir.

Design Builder programında modellenen binalar için kış hava koşullarını karşılamak amacıyla gereken enerji miktarı hesaplanmıştır. Design Builder programı, gerekli olan ısıtma enerji miktarına göre ısıtma tasarımı hesaplaması içermektedir. Maaliyet- fayda değerlendirmesi için yapılan analiz nicel veriler sağlamaktadır. Design Builder programı, optimum tasarım çözümü için duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerlerini düşürerek ısı kaybını engelleyen yalıtım malzemesinin türü ve kullanılacak malzemenin kalınlığı gibi değişken parametreleri hızlı bir şekilde kontrol edebilmektedir. Isıtma tasarımının hesaplanması için temel parametreler belirlenmiştir. Design Builder programına belirlenen kış tasarımı, dış sıcaklık verileri, modellenen binanın konumuna göre hava durumu veri setinden rüzgâr hızı ve yönü tasarım değerlerine göre ayarlanmıştır. Programda güneş kazancı yok olarak kabul edilmiştir. Aydınlatma ekipmanı ve doluluk gibi dahili kazançlar dikkate alınmamıştır. Isıtma bölgesi olarak tanımlanan bölgeler sürekli olarak ısıtılmıştır. Aktivite sekmesinden ısıtma sıcaklık ayarı, kolektif ısıtma sistemi kullanılarak, farklı sıcaklıktaki bölgeler arasındaki ısı iletimini ve konveksiyonu içermektedir. Programda saat başına hava değişimi, sızıntı oranı olarak sistemde belirtilmektedir. Design Builder programında modellenen tüm binalarda sızıntı oranı (Constant rate) (Ac/h), 0,50 olarak alınmıştır. Sızma değeri, program tarafından hesaplanmıştır.

Soğutma yüğü, binaların kış hava koşullarında konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için gerekli olan enerji miktarına soğutma yüğü denir.

Design Builder programında modellenen binalar için yaz hava koşullarını karşılamak amacıyla gereken soğutma enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Design Builder programı gerekli olan enerji miktarına göre soğutma tasarımı hesaplamasını içermektedir. Maaliyet- fayda değerlendirmesi için yapılan analiz nicel veriler sağlamaktadır. Design Builder programı, optimum tasarım çözümü için duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerlerini düşürerek ısı kaybını engelleyen yalıtım malzemesinin türü ve kullanılacak malzemenin kalınlığı gibi değişken parametreleri hızlı bir şekilde kontrol edebilmektedir. Soğutma tasarımının hesaplanması için temel parametreler belirlenir. Soğutma yüküne katkıda bulunan en önemli ısı kazançlarının kaynağı, optimum tasarım çözümünü bulabilmek için, duvarlarda kullanılan yalıtım

malzemesinin türü ve kalınlığı, gölgeleme, binada tercih edilecek cam türleri, aydınlatma ve diğer dahili kazançlar gibi değişken unsurların etkisi hızlı bir şekilde Design Builder programı ile kontrol edilebilmektedir. Hesaplama ile elde edilen nicel veriler, maaliyet-fayda değerlendirmelerini desteklemek için kullanılabilir. Soğutma tasarımı hesaplamaları, tasarım oluşturucuda periyodik kararlı durum harici kullanılarak tasarlanmış maksimum ve minimum yaz hava koşulları kullanılarak hesaplanan sıcaklık verileri alınır. Alınan sıcaklık verileri sırası ile güney yarım kürede ocak ayı hava durumu verileri, kuzey yarım kürede Temmuz hava durumu verileri olarak programda alınmıştır. Simülasyon, her bölge- mekân için yarım saatlik yarım saat sıcaklıkları ve ısı akışını hesaplar ve herhangi bir soğutma sıcaklığı ayar noktasını korumak için gereken soğutma kapasitesini belirlemektedir. Mekanik soğutmanın olmadığı mekân bölgeleri için değişken sıcaklıklar hesaplanır. Soğuma esnasında ortam hava koşullarının olduğu varsayılır. Yani, rüzgâr yoktur ve pencerelerden giren güneş enerjisi kazanımı dahildir. Bina sakinlerinin aydınlatmasından ve diğer ekipmanlardan elde edilen dahili kazançlar, bölgeler arasındaki ısı iletimi, konveksiyonun dikkate alınması, kademeli doğal havalandırma gibi parametreler soğutma sistemi tasarımı hesaplamalarında dikkate alınır. Kademeli doğal havalandırma olarak programda her zaman Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Sistemi (Heating Ventilating And Air Conditioning) (HVAC) sekmesindeki ayarlanmış olan doğal havalandırma model verilerinin kullanıldığı unutulmamalıdır.

Design Builder programındaki Isıtma ve Soğutma Tasarımı hesaplamaları, tasarım kış koşullarını karşılamak için gerekli olan ısıtma ya da soğutma tesisi için gerekli ekipmanların boyutlarının belirlenmesinde öncü olur.

Isıtma ve Soğutma analizi yapılmadan önce programdaki konum (Location) sekmesinde yer alan binanın konumu ve iklim verilerinin doğru tanımlanıp tanımlanmadığı kontrol edilmelidir. Isıtma ve Soğutma Tasarımı analiz mantığı şu şekildedir: program konuma göre iklim verilerindeki hava koşulları arasında en soğuk ya da en sıcak günü tespit edebilmekte ve günlük zaman diliminde mekanların her birinin konfor sıcaklığına ulaşması için gerekli olan enerji miktarlarını tek tek hesaplayabilmektedir. Binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için o güne ait ısıtma veya soğutma için gerekli olan toplam enerji miktarını da bizlere verebilmektedir.

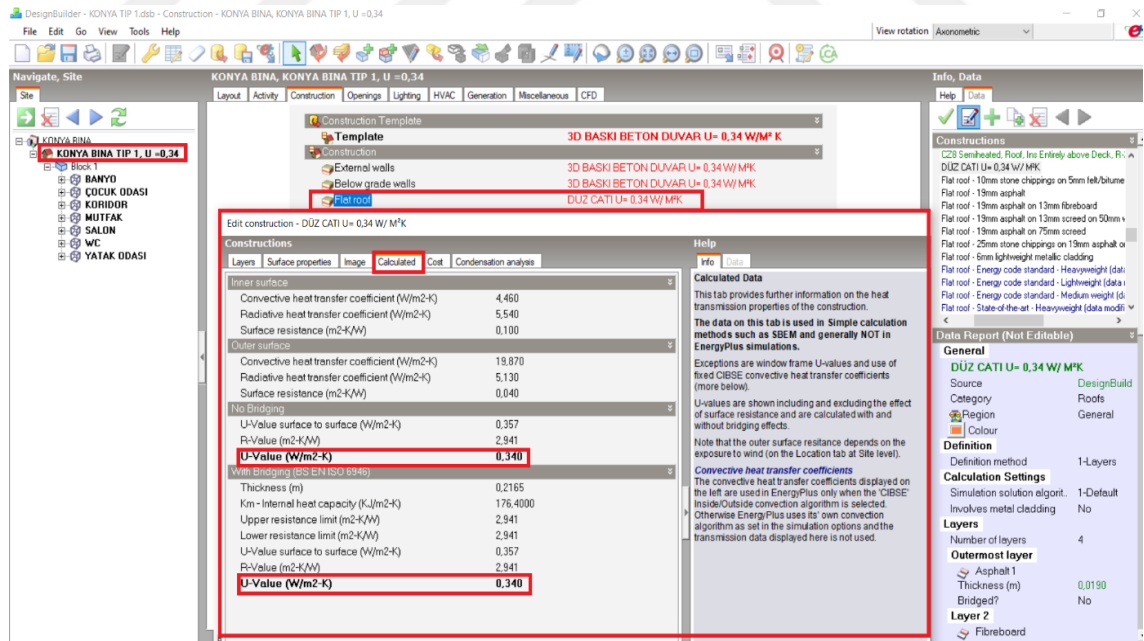
Bu program sayesinde bu tez çalışmasının da gayelerinden biri olan, bir bölgede yapılması düşünülen konutun yapı elemanlarının farklı açılardan modellenerek konfor

sıcaklığına ulaşması için ihtiyaç duyulan minimum ısıtma ya da soğutma enerjisine sahip model tespit edilebilmektedir. Örneğin modellediğimiz çok katmanlı bir duvarın toplam ısı transfer katsayısı değerini program üzerinde görebilmekteyiz ve bu duvarın toplam ısı transfer katsayısı değerini düşürmek için kullanılan yalıtım malzemesinin türü, kalındığı gibi parametreleri değiştirilerek duvar için optimum tasarımı tespit edebilmekteyiz.

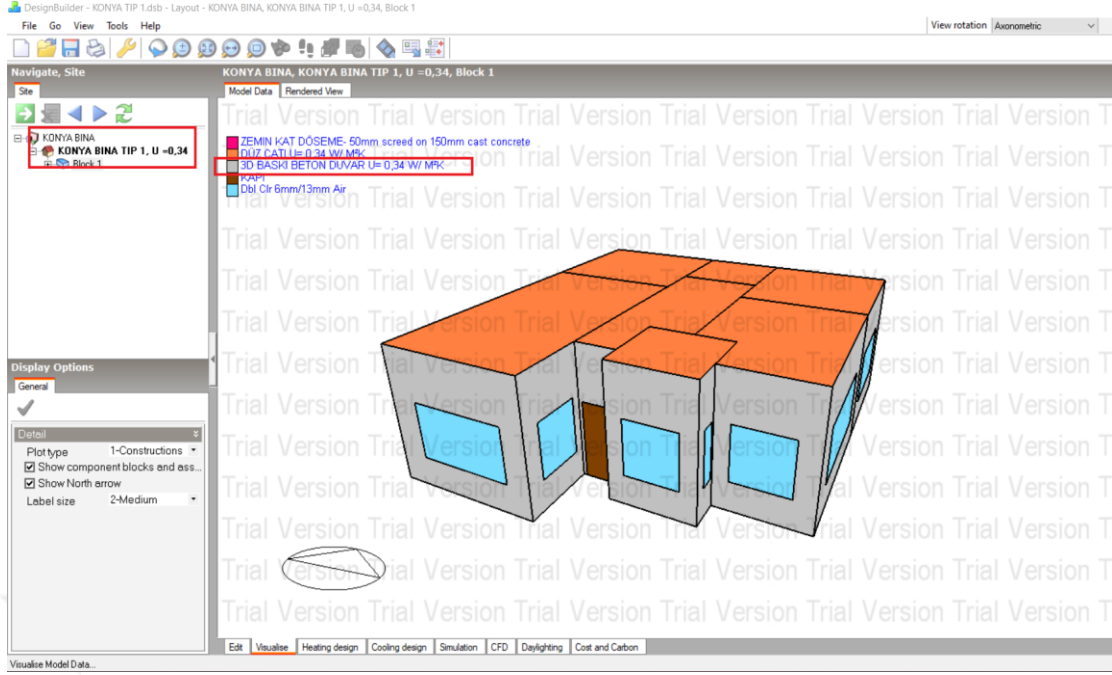
3.6. Program Model Analizi

3.6.1. Isıtma Tasarımı analizi

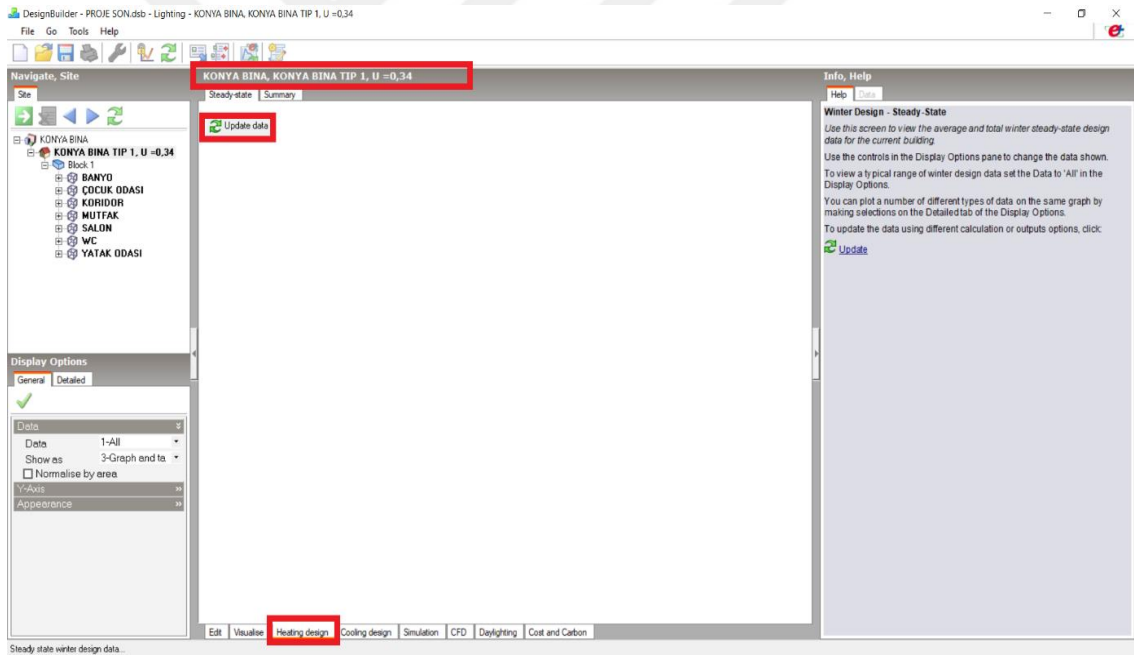
Binanın Isıtma Tasarımı için gerekli olan enerji miktarının hesaplanması, Design Builder programında 'Heating Design' sekmesinden yapılmıştır. Konya İli Konut Tip 1 binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak alınmıştır. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ Şekil 3.49' da gösterilmiştir. Konya Tip 1, $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli örneği Şekil 3.50' da verilmiştir. Binanın Isıtma Tasarımı analizi, Şekil 3.51' de gösterilmiştir.



Şekil 3.49. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$



Şekil 3.50. Konya Tip 1, $U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

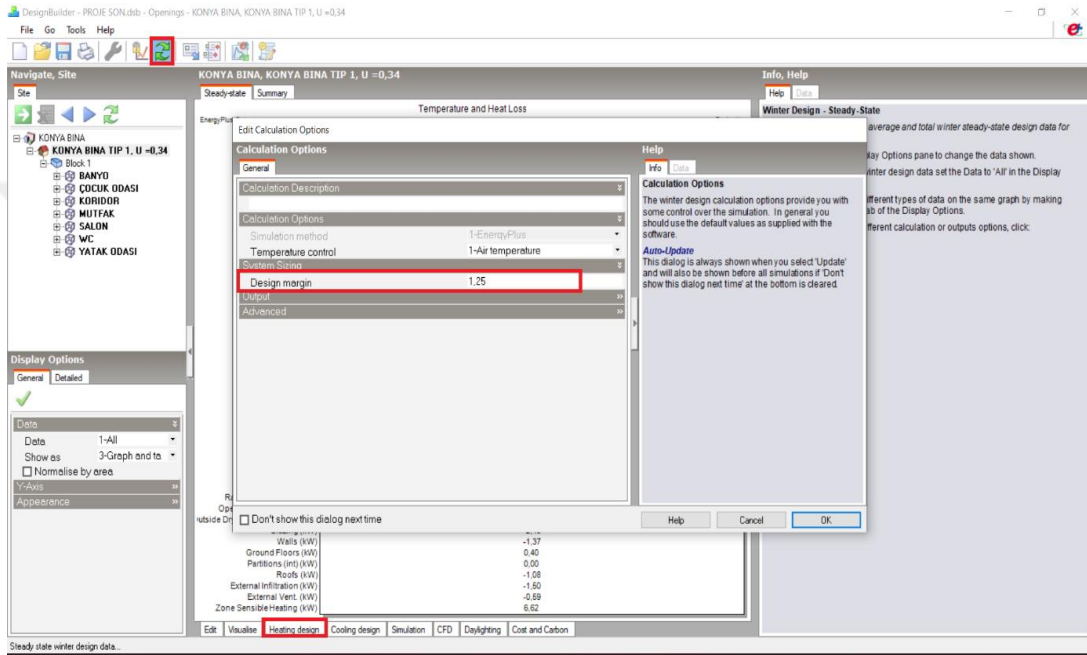


Şekil 3.51. Binanın Isıtma Tasarımı analizi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

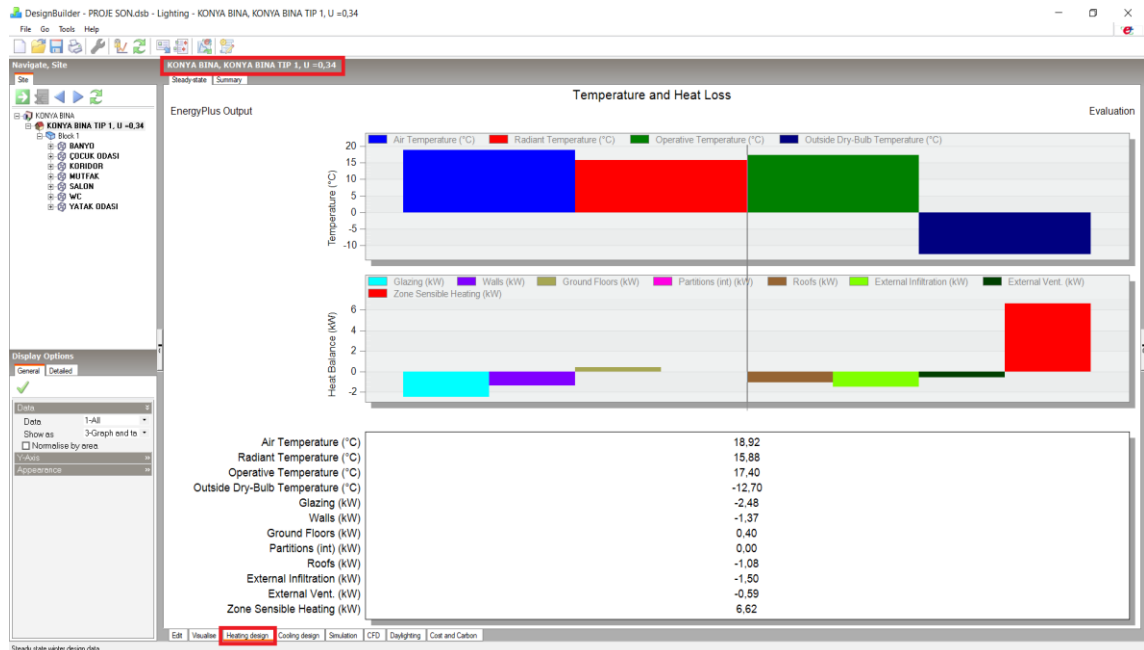
Tasarım marjı: Isıtma sistemi kapatıldığında gereken herhangi bir ek ısıtma kapasitesini karşılamak için % oranını verir. Örneğin, gece boyunca veya hafta sonu boyunca, ısıtma sistemi uzun süre kapatıldığında, tasarım kış koşullarında konfor ayar noktasına ulaşmak için gereken ön ısıtma süresini azaltır. Toplam ısıtma yükünü %25 oranında artırılarak Isıtma Dizayn Kapasite yükü elde edilmiştir. Bu nedenle Design Builder programında tasarım marjı, 1,25 olarak alınmıştır. Tasarım marjı, program

tarafından atanan değer alınmıştır. Literatür çalışmaları arasında tasarım marjının belirlenmesi alanında yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Programda tasarım marj değerinin tanımlanması Şekil 3.52' de görülebilir. Modellen binanın ısıtma tasarımı analiz sonuç verileri program sütun grafiği ve tablo olarak vermektedir. Konya Tip 1, $U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.53' de verilmiştir. Konya Tip 1, $U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.11' de verilmiştir.



Şekil 3.52. Programda tasarım marj değerinin tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



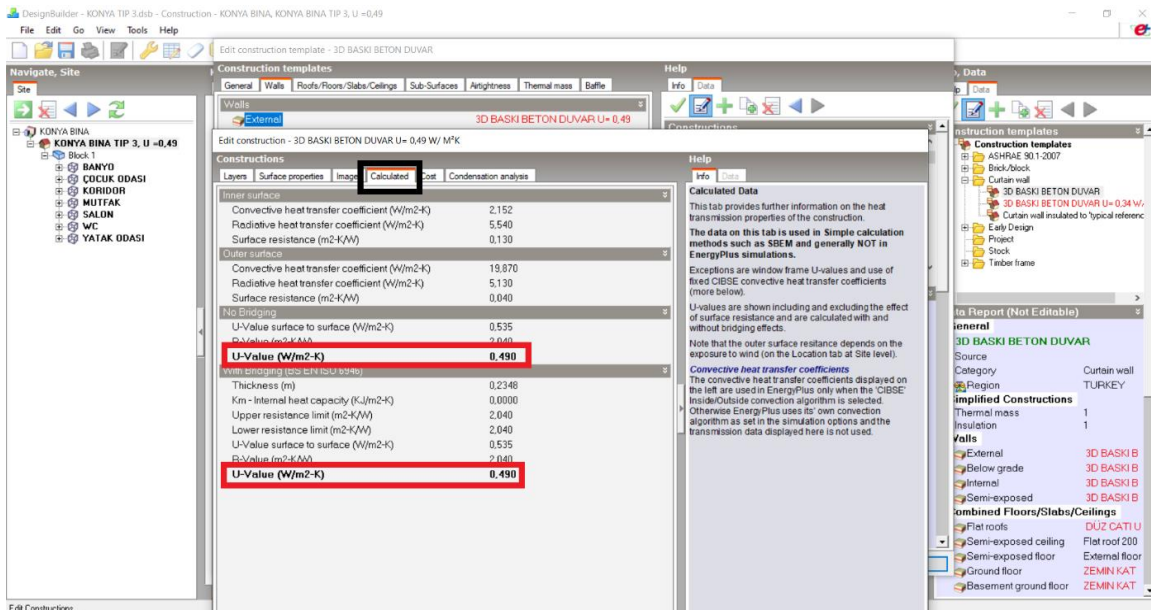
Şekil 3.53. Konya Tip 1, $U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ Isıtma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.11 . Konya Tip 1, $U=0,34$ W/m²K Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

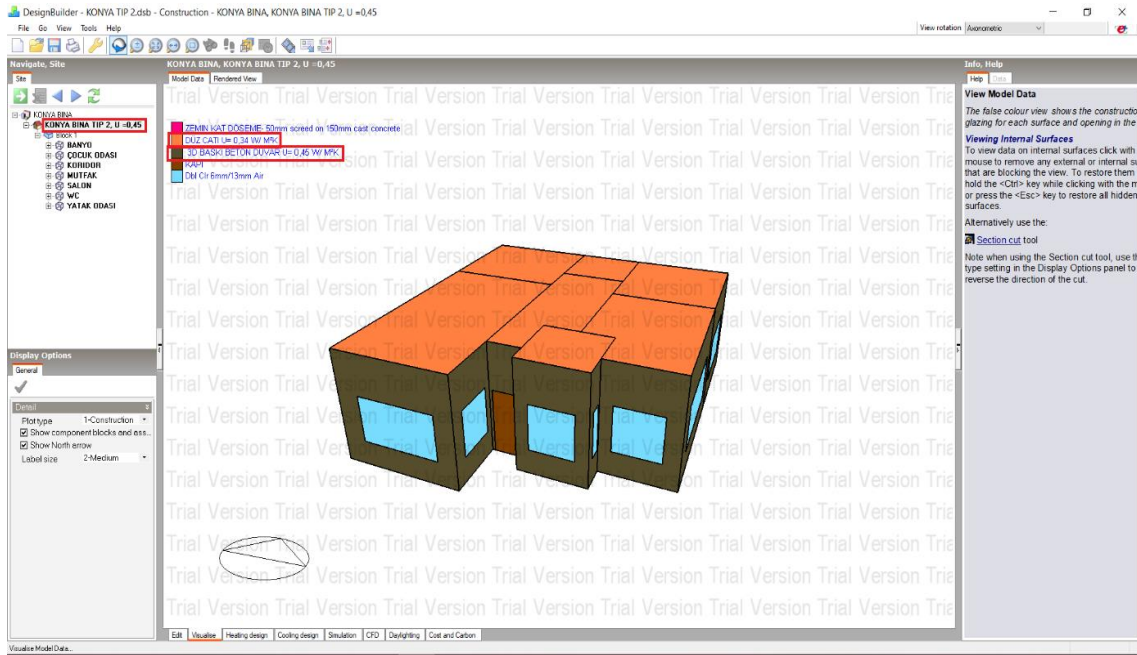
	Blok	Mekân	Konfor Sıcaklığı (°C)	Kararlı Hal Isı Kaybı (kW)	Arahlık Isı Kaybı (kW)	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Kapasitesi (W/m ²)	Cam Kazançları (kW)	Duvar Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızma Kazançları (kW)
KONYA TIP 1	Block 1	KORIDOR	17,37	0,59	0	0,74	68,7168	0	-0,204	0,033	-0,148	-0,07	-0,201
KONYA TIP 1	Block 1	MUTFAK	16,62	1,04	0	1,3	104,4452	-0,424	-0,185	0,089	-0,17	-0,117	-0,234
KONYA TIP 1	Block 1	OCUK ODASI	16,57	0,97	0	1,21	113,5096	-0,43	-0,195	0,082	-0,147	-0,081	-0,201
KONYA TIP 1	Block 1	BANYO	17,21	0,37	0	0,46	108,093	-0,142	-0,071	0,019	-0,065	-0,032	-0,081
KONYA TIP 1	Block 1	WC	17,01	0,43	0	0,53	144,7532	-0,167	-0,117	0,022	-0,059	-0,035	-0,069
KONYA TIP 1	Block 1	ATAK ODASI	16,69	1,06	0	1,33	110,6704	-0,461	-0,206	0,084	-0,165	-0,091	-0,225
KONYA TIP 1	Block 1	SALON	18,65	2,16	0	2,7	113,4839	-0,861	-0,388	0,067	-0,326	-0,161	-0,49
TOPLAM				6,62*	0	8,27*	763,6721	-2,485	-1,366	0,396	-1,08	-0,587	-1,501

Not * : $6,62 \times 1,25 = 8,27$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

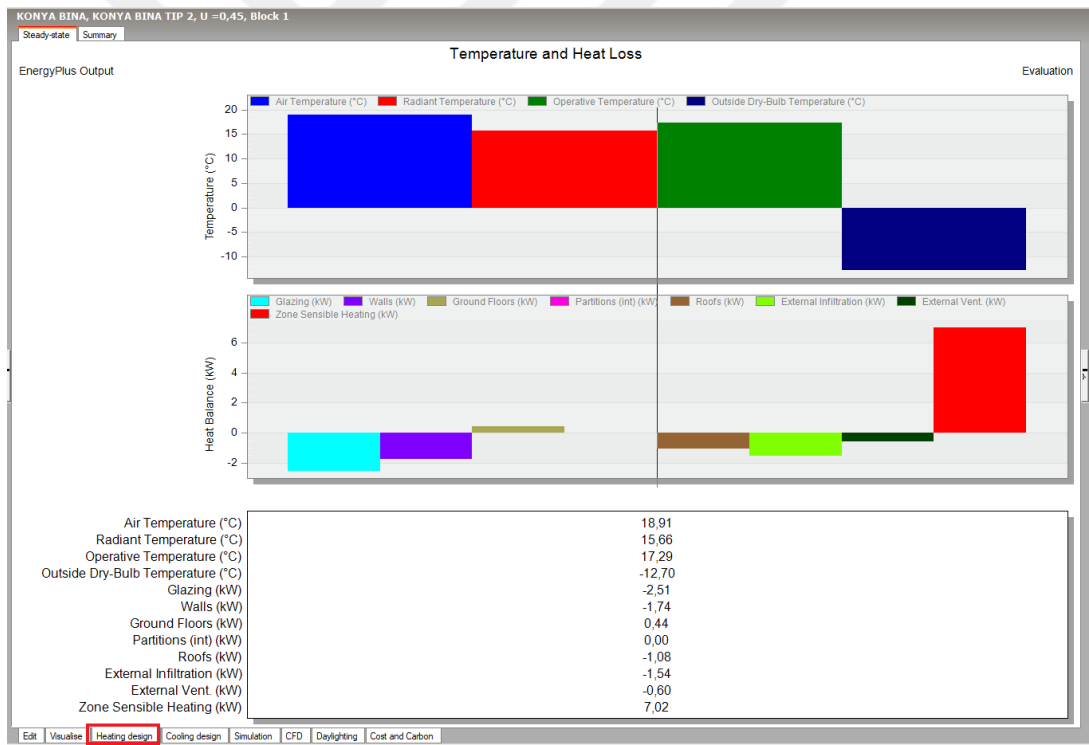
Konya İli Konut Tip 2 binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri $U=0,45$ W/m²K olarak alınmıştır. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U=0,45$ W/m²K Şekil 3.54' de gösterilmiştir. Konya Tip 2, $U=0,45$ W/m²K bina modeli Şekil 3.55' de gösterilmiştir. Konya Tip 2, $U=0,45$ W/m²K, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.56' de verilmiştir. Konya Tip 2, $U=0,45$ W/m²K, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.12' de verilmiştir.



Şekil 3.54. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U=0,45$ W/m²K (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.55. Konya Tip 2, $U=0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



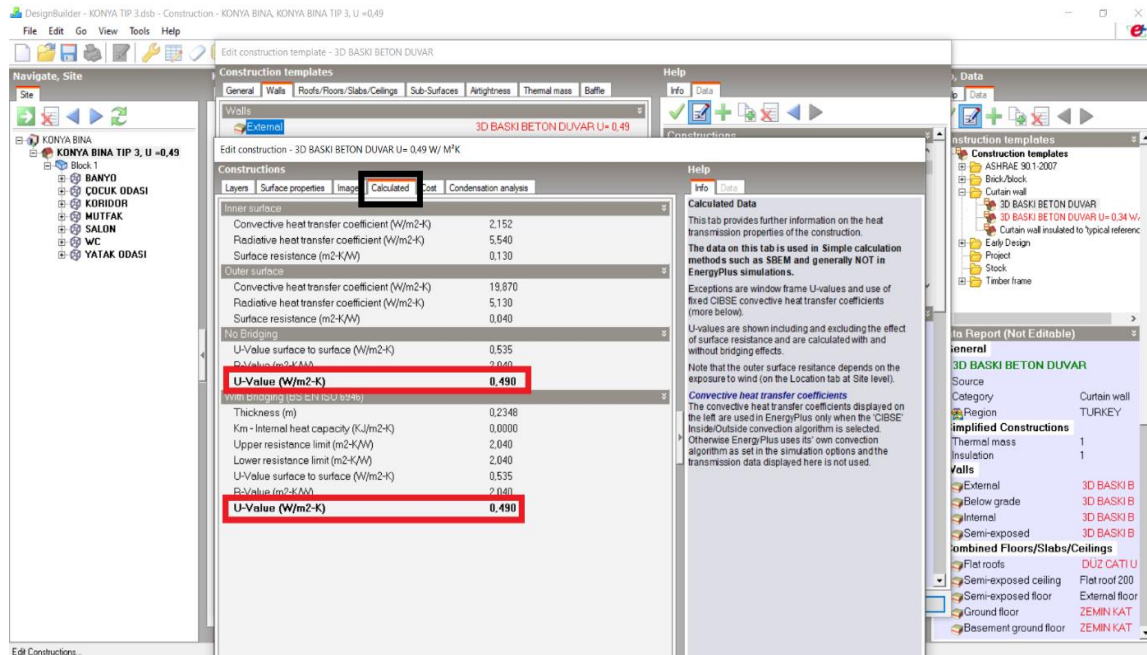
Şekil 3.56. Konya Tip 2, $U=0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.12. Konya Tip 2, $U= 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

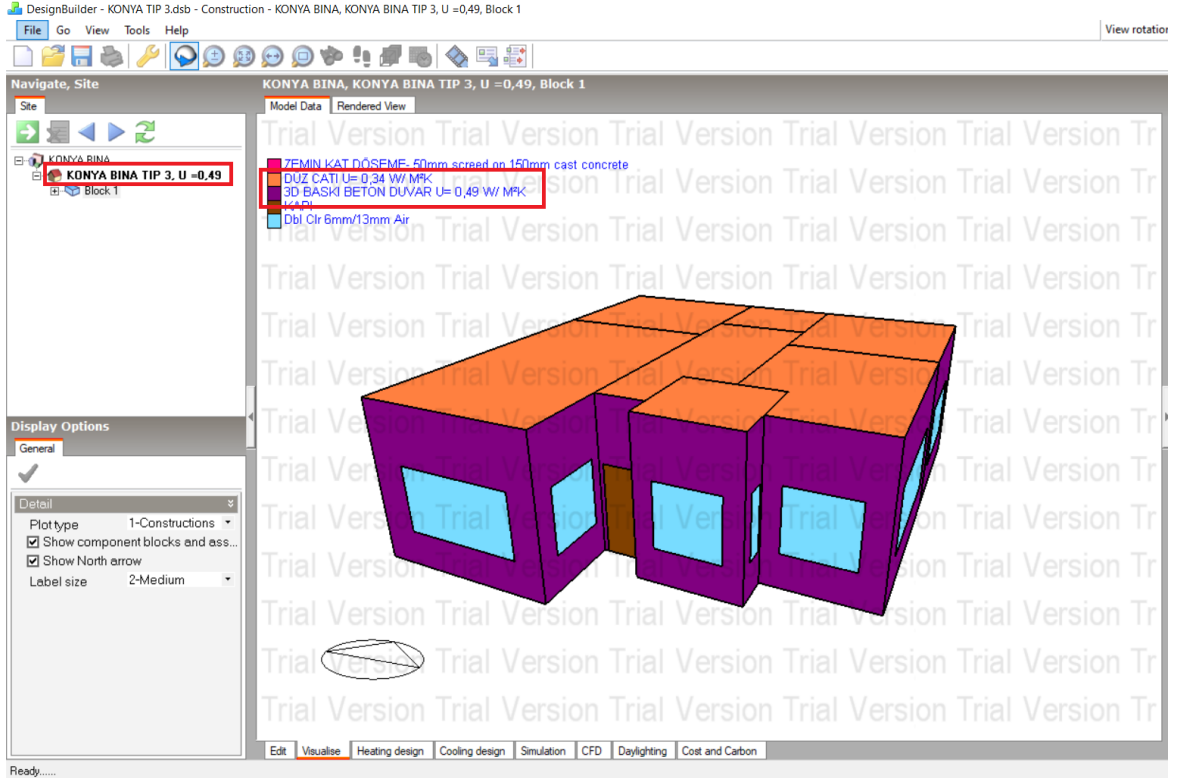
	Blok	Mekân	Konfor Sıcaklığı (°C)	Kararlı Hal Isı Kaybı (kW)	Arahlık Isı Kaybı (kW)	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Kapasitesi (W/m ²)	Cam Kazançları (kW)	Duvar Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızma Kazançları (kW)
KONYA TIP 2	Block 1	KORIDOR	17,35	0,61	0	0,76	69,4492	0	-0,219	0,035	-0,148	-0,071	-0,206
KONYA TIP 2	Block 1	MUTFAK	16,51	1,11	0	1,38	108,013	-0,429	-0,242	0,096	-0,169	-0,12	-0,24
KONYA TIP 2	Block 1	ÇOCUK ODASI	16,45	1,03	0	1,29	117,9974	-0,435	-0,256	0,088	-0,147	-0,083	-0,206
KONYA TIP 2	Block 1	BANYO	17,14	0,4	0	0,5	111,8552	-0,144	-0,093	0,021	-0,065	-0,033	-0,083
KONYA TIP 2	Block 1	WC	16,9	0,47	0	0,58	152,4006	-0,171	-0,153	0,024	-0,058	-0,037	-0,072
KONYA TIP 2	Block 1	YATAK ODASI	16,58	1,13	0	1,42	115,0276	-0,465	-0,271	0,091	-0,164	-0,093	-0,231
KONYA TIP 2	Block 1	SALON	18,5	2,27	0	2,84	117,0479	-0,865	-0,502	0,084	-0,324	-0,165	-0,5
TOPLAM				7,02*	0	8,77*	791,7909	-2,509	-1,736	0,439	-1,075	-0,602	-1,538

Not * : $7,02 \times 1,25 = 8,77$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

Konya İli Konut Tip 3 binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak alınmıştır. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ Şekil 3.57' de gösterilmiştir. Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli Şekil 3.58' de gösterilmiştir. Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.59' de verilmiştir. Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.13' de verilmiştir.



Şekil 3.57. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.58. Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



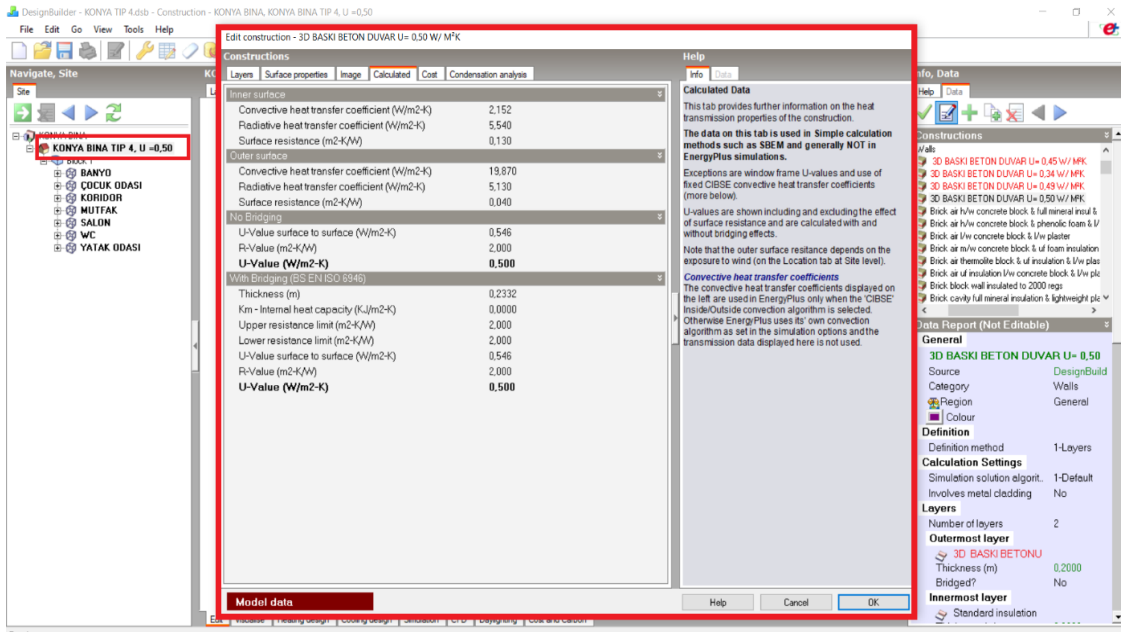
Şekil 3.59. Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.13. Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

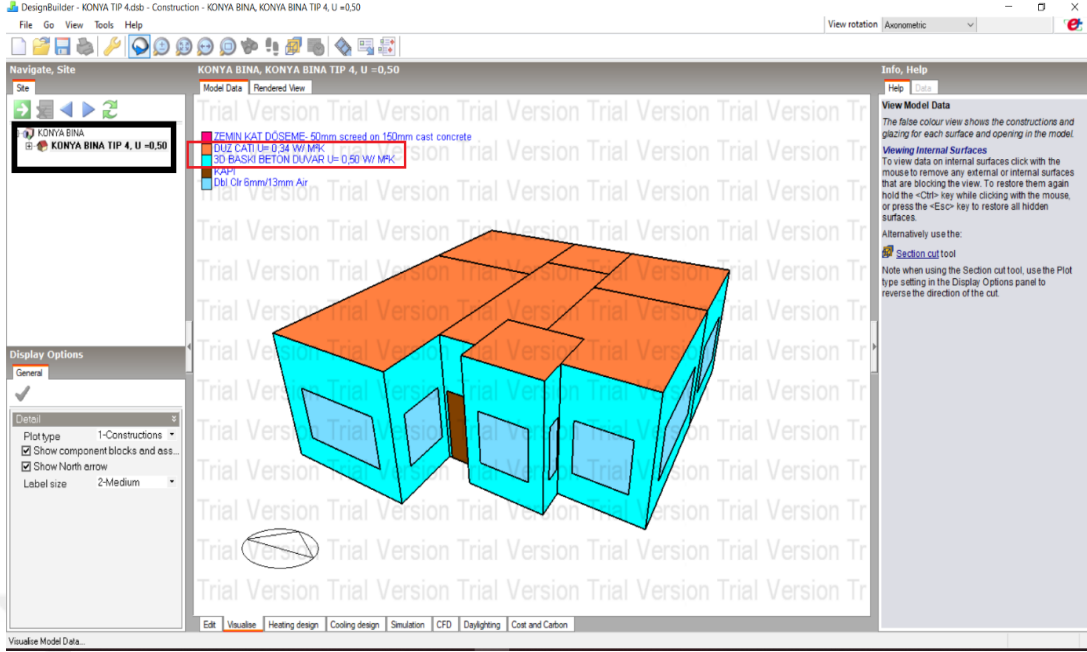
	Blok	Mekân	Konfor Sıcaklığı (°C)	Kararlı Hal Isı Kaybı (kW)	Arahlık Isı Kaybı (kW)	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Kapasitesi (W/m ²)	Cam Kazançları (kW)	Duvar Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızma Kazançları (kW)
KONYA TIP 3	Block 1	KORIDOR	17,34	0,61	0	0,77	69,936	0	-0,224	0,035	-0,148	-0,071	-0,206
KONYA TIP 3	Block 1	MUTFAK	16,48	1,12	0	1,4	109,767	-0,428	-0,263	0,098	-0,169	-0,12	-0,24
KONYA TIP 3	Block 1	ÇOCUK ODASI	16,41	1,05	0	1,32	120,215	-0,434	-0,279	0,091	-0,146	-0,083	-0,206
KONYA TIP 3	Block 1	BANYO	17,12	0,41	0	0,51	114,012	-0,143	-0,102	0,022	-0,065	-0,033	-0,083
KONYA TIP 3	Block 1	WC	16,86	0,48	0	0,6	156,405	-0,171	-0,166	0,025	-0,058	-0,037	-0,072
KONYA TIP 3	Block 1	YATAK ODASI	16,54	1,15	0	1,44	117,157	-0,464	-0,295	0,093	-0,163	-0,093	-0,231
KONYA TIP 3	Block 1	SALON	18,45	2,3	0	2,88	118,784	-0,864	-0,544	0,09	-0,324	-0,165	-0,5
TOPLAM				7,12*	0	8,92*	806,275	-2,504	-1,873	0,454	-1,073	-0,602	-1,538

Not * : $7,12 \times 1,25 = 8,92$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

Konya İli Konut Tip 4 binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak alınmıştır. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ Şekil 3.60' de gösterilmiştir. Konya Tip 4, $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli Şekil 3.61' de gösterilmiştir. Konya Tip 4, $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.62' de verilmiştir. Konya Tip 4, $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.14' de verilmiştir.



Şekil 3.60. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.61. Konya Tip 4, $U=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



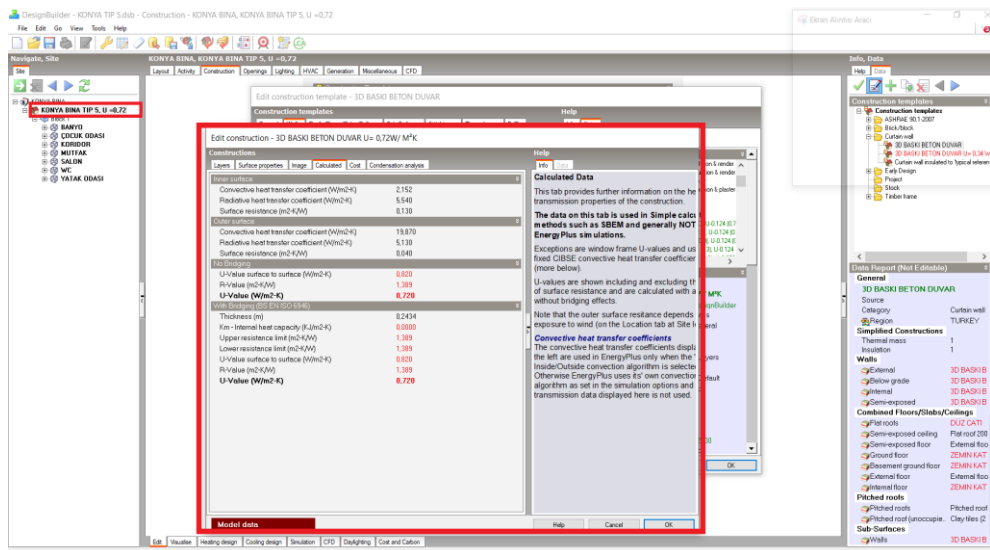
Şekil 3.62. Konya Tip 4, $U=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.14. Konya Tip 4, $U=0,50$ W/m²K, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

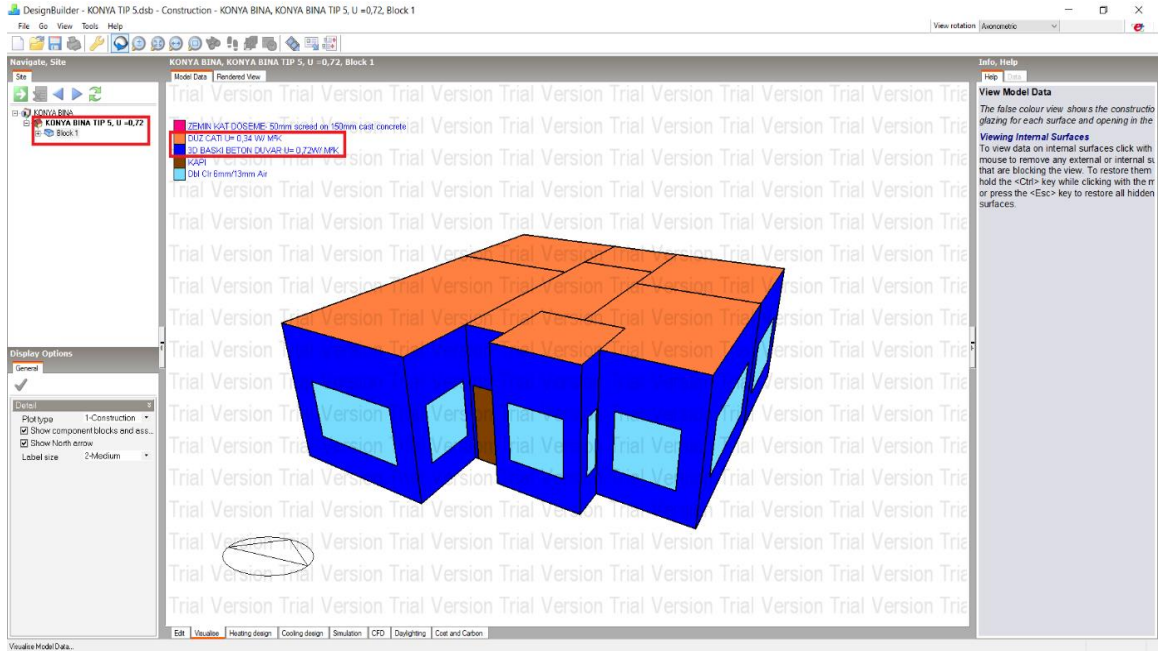
	Blok	Mekân	Konfor Sıcaklığı (°C)	Kararlı Hal Isı Kaybı (kW)	Arahlık Isı Kaybı (kW)	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Kapasitesi (W/m2)	Cam Kazançları (kW)	Duvar Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızma Kazançları (kW)
KONYA TIP 4	Block 1	KORIDOR	17,34	0,62	0	0,77	69,903	0	-0,226	0,035	-0,148	-0,072	-0,207
KONYA TIP 4	Block 1	MUTFAK	16,47	1,13	0	1,41	109,821	-0,43	-0,267	0,099	-0,169	-0,121	-0,242
KONYA TIP 4	Block 1	ÇOCUK ODASI	16,4	1,06	0	1,33	120,28	-0,435	-0,284	0,091	-0,146	-0,083	-0,207
KONYA TIP 4	Block 1	BANYO	17,11	0,41	0	0,51	113,933	-0,144	-0,103	0,022	-0,065	-0,033	-0,084
KONYA TIP 4	Block 1	WC	16,85	0,48	0	0,61	156,347	-0,172	-0,169	0,025	-0,058	-0,037	-0,073
KONYA TIP 4	Block 1	YATAK ODASI	16,53	1,16	0	1,45	117,242	-0,466	-0,3	0,093	-0,163	-0,094	-0,233
KONYA TIP 4	Block 1	SALON	18,43	2,32	0	2,9	118,85	-0,866	-0,553	0,092	-0,323	-0,165	-0,502
TOPLAM				7,18*	0	8,98*	806,378	-2,513	-1,902	0,457	-1,072	-0,605	-1,548

Not * : $7,18 \times 1,25 = 8,98$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

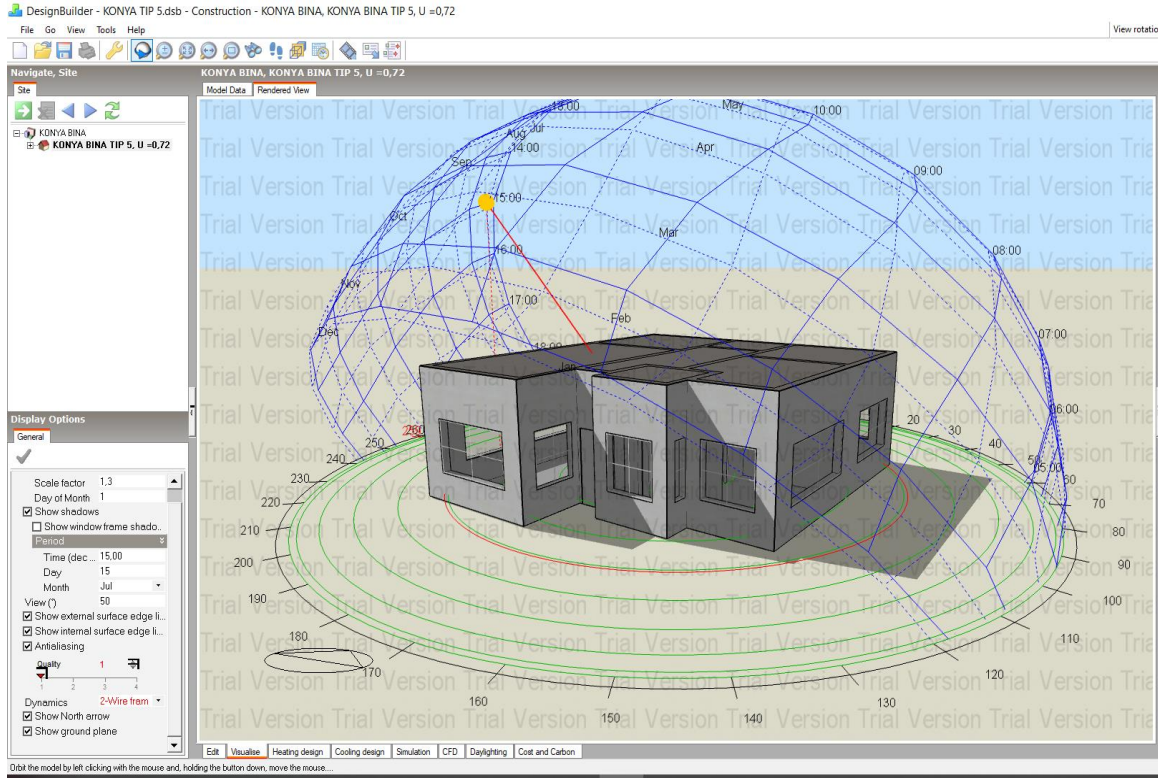
Konya İli Konut Tip 5 binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri $U=0,72$ W/m²K olarak alınmıştır. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U=0,72$ W/m²K Şekil 3.63' de gösterilmiştir. Konya Tip 5, $U=0,72$ W/m²K bina modeli Şekil 3.64' de gösterilmiştir. Konya Tip 5, $U=0,72$ W/m²K bina modeli Rendered View görünüşü Şekil 3.65' de mevcuttur. Konya Tip 5, $U=0,72$ W/m²K, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.66' de verilmiştir. Konya Tip 5, $U=0,72$ W/m²K, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.15' de verilmiştir.



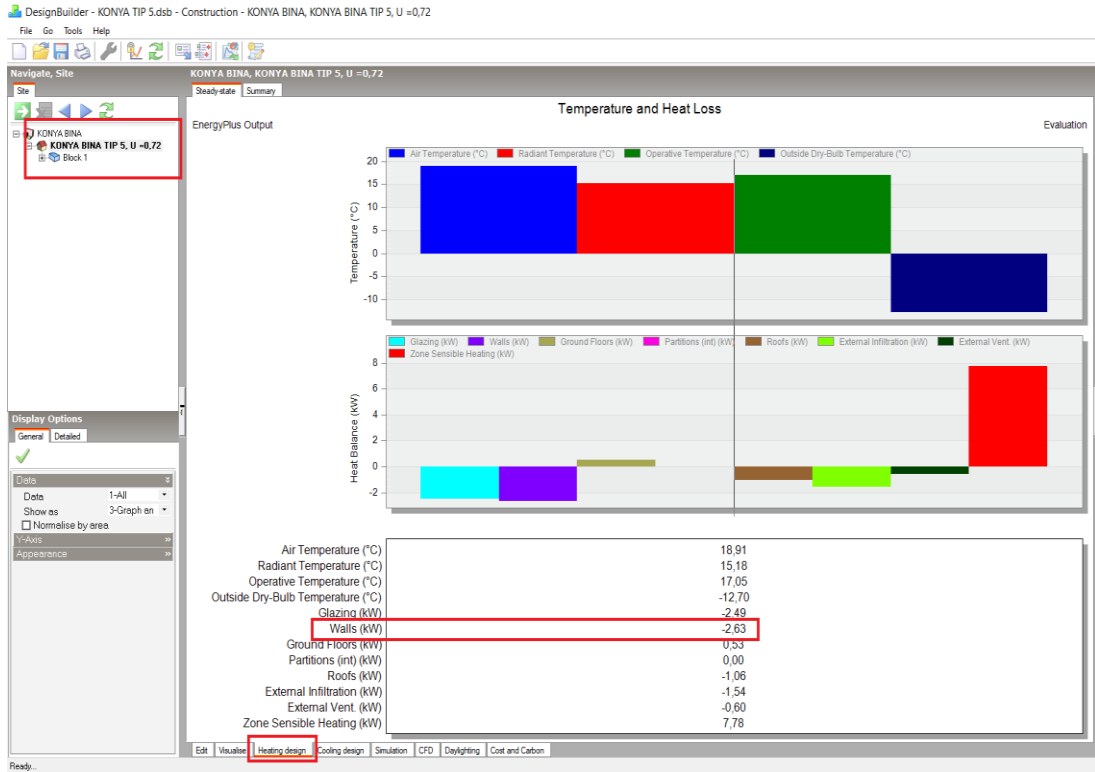
Şekil 3.63. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U=0,72$ W/m²K (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.64. Konya Tip 5, $U=0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.65. Konya Tip 5, $U=0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$, bina modeli Rendered View (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.66. Konya Tip 5, $U = 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

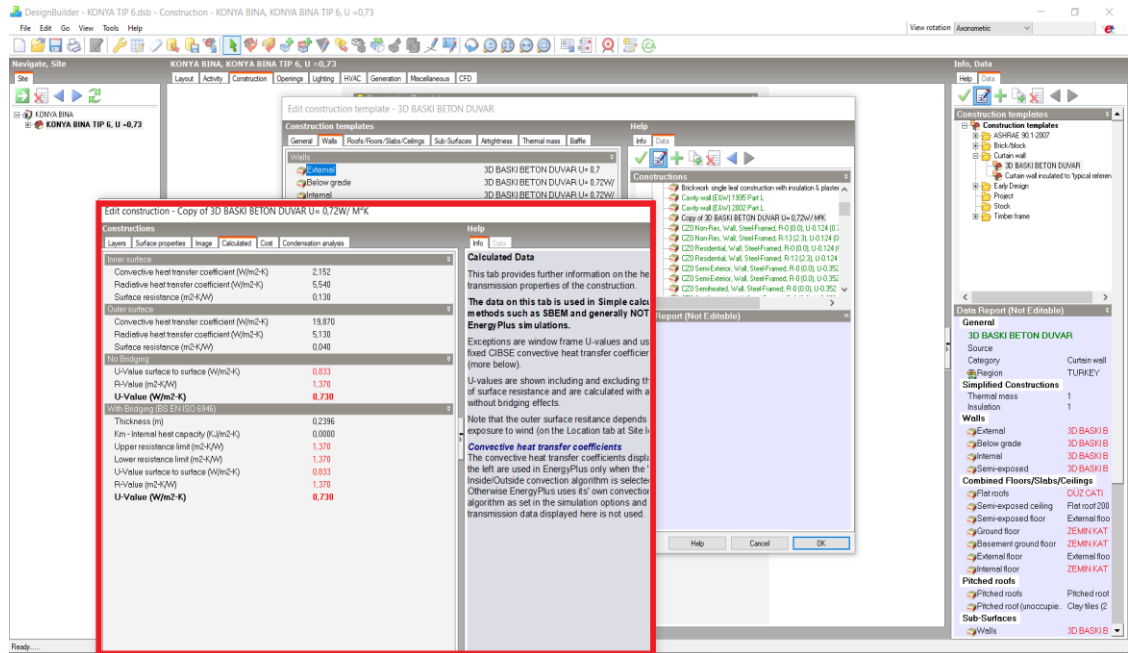
Çizelge 3.15. Konya Tip 5, $U = 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

	Blok	Mekân	Konfor Sıcaklığı (°C)	Kararlı Hal Isı Kaybı (kW)	Aralıklı Isı Kaybı (kW)	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Kapasitesi (W/m ²)	Cam Kazançları (kW)	Duvar Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızma Kazançları (kW)
KONYA TIP 5	Block 1	KORIDOR	17,29	0,64	0	0,8	72,8262	0	-0,252	0,038	-0,148	-0,071	-0,206
KONYA TIP 5	Block 1	MUTFAK	16,28	1,22	0	1,53	119,591	-0,425	-0,379	0,111	-0,168	-0,12	-0,24
KONYA TIP 5	Block 1	ÇOCUK ODASI	16,19	1,16	0	1,45	132,7279	-0,431	-0,404	0,103	-0,145	-0,083	-0,206
KONYA TIP 5	Block 1	BANYO	16,99	0,45	0	0,56	126,3469	-0,143	-0,149	0,025	-0,065	-0,033	-0,083
KONYA TIP 5	Block 1	WC	16,65	0,55	0	0,68	179,088	-0,17	-0,241	0,03	-0,058	-0,037	-0,072
KONYA TIP 5	Block 1	YATAK ODASI	16,33	1,27	0	1,59	129,2696	-0,461	-0,43	0,106	-0,162	-0,093	-0,231
KONYA TIP 5	Block 1	SALON	18,16	2,49	0	3,11	128,4817	-0,856	-0,774	0,123	-0,32	-0,165	-0,499
TOPLAM				7,78*	0	9,72*	888,3313	-2,486	-2,629	0,536	-1,066	-0,602	-1,537

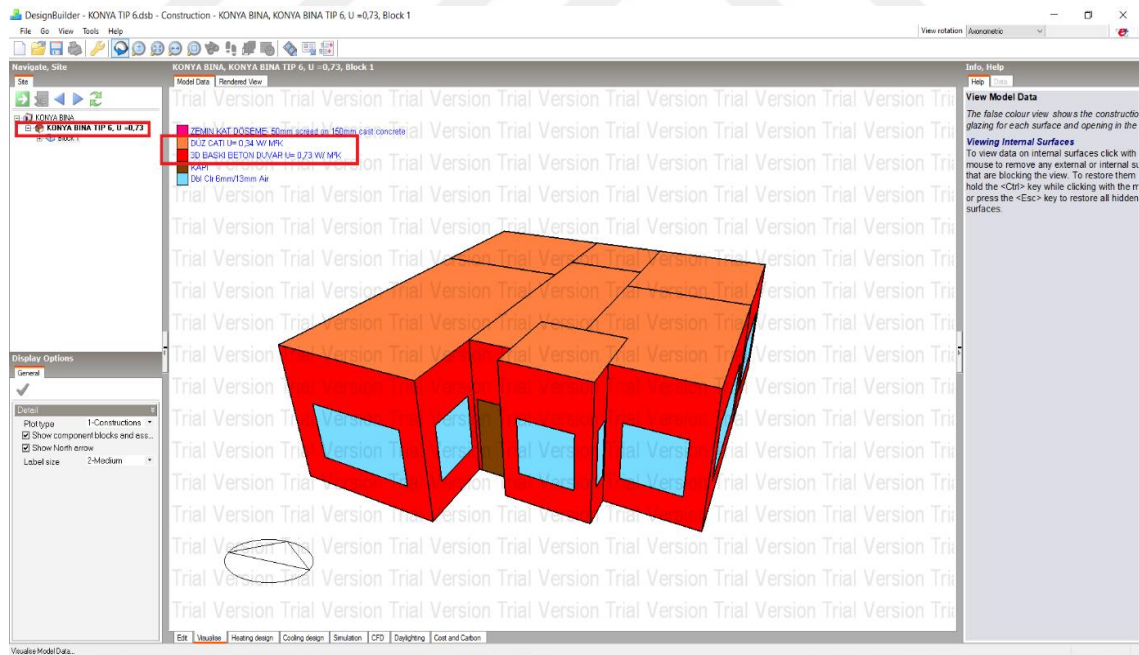
Not * : $7,78 \times 1,25 = 9,72$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

Konya İli Konut Tip 6 binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri $U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak alınmıştır. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı, $U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ Şekil 3.67' de gösterilmiştir. Konya Tip 6, $U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli Şekil 3.68' de gösterilmiştir. Konya Tip 6, $U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.69' de verilmiştir.

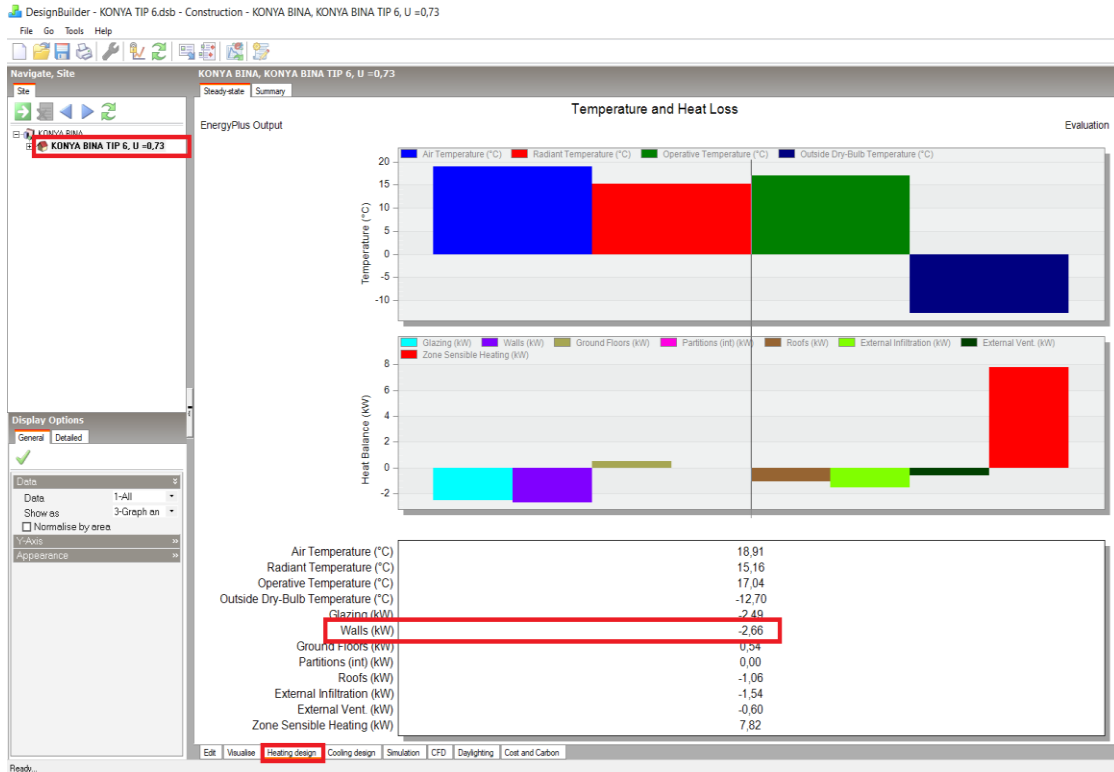
Konya Tip 6, $U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.16' da verilmiştir.



Şekil 3.67. Analiz yapılacak binanın duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri, $U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.68. Konya Tip 6, $U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$ bina modeli (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.69. Konya Tip 6, U= 0,73 W/m²K, Isıtma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

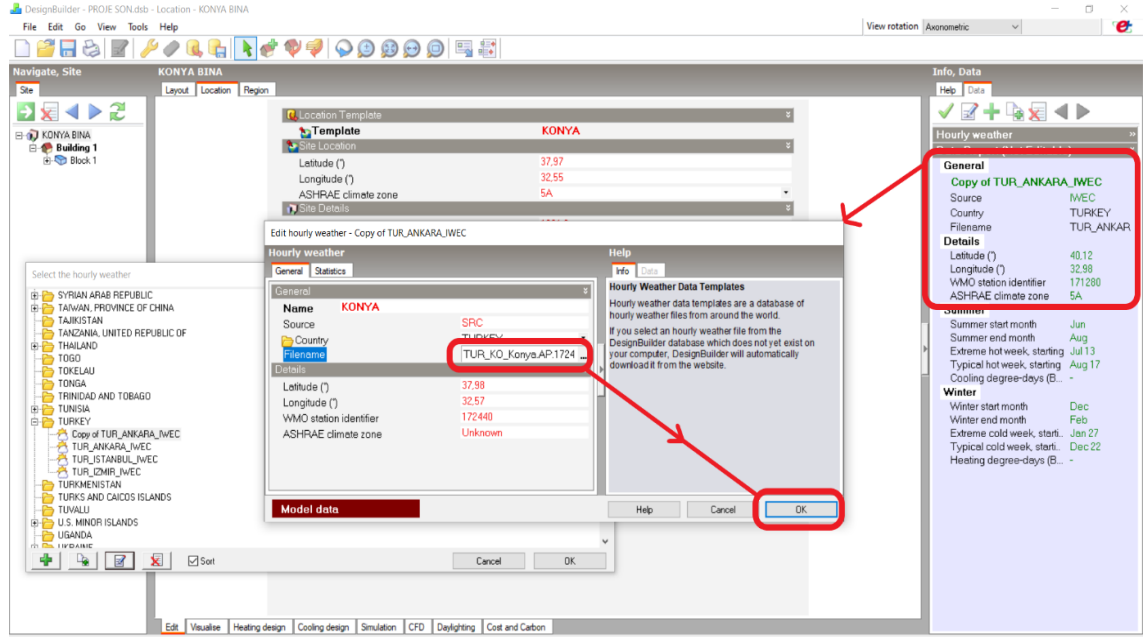
Çizelge 3.16. Konya Tip 6, U= 0,73 W/m²K, Isıtma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

	Blok	Mekân	Konfor Sıcaklığı (°C)	Kararlı Hal Isı Kaybı (kW)	Aralıklı Isı Kaybı (kW)	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Kapasitesi (W/m ²)	Cam Kazançları (kW)	Duvar Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızma Kazançları (kW)
KONYA TIP 6	Block 1	KORIDOR	17,29	0,64	0	0,8	72,8773	0	-0,254	0,038	-0,148	-0,071	-0,206
KONYA TIP 6	Block 1	MUTFAK	16,27	1,23	0	1,54	119,7779	-0,426	-0,384	0,111	-0,168	-0,12	-0,241
KONYA TIP 6	Block 1	ÇOCUK ODASI	16,18	1,17	0	1,46	132,965	-0,431	-0,409	0,103	-0,145	-0,083	-0,206
KONYA TIP 6	Block 1	BANYO	16,98	0,45	0	0,56	126,5126	-0,143	-0,151	0,025	-0,065	-0,033	-0,084
KONYA TIP 6	Block 1	WC	16,64	0,55	0	0,69	179,3912	-0,17	-0,244	0,03	-0,058	-0,037	-0,072
KONYA TIP 6	Block 1	YATAK ODASI	16,32	1,28	0	1,6	129,5197	-0,462	-0,436	0,106	-0,162	-0,093	-0,232
KONYA TIP 6	Block 1	SALON	18,15	2,5	0	3,13	128,6763	-0,856	-0,784	0,124	-0,32	-0,165	-0,501
TOPLAM				7,82*	0	9,78*	889,72	-2,488	-2,662	0,537	-1,066	-0,602	-1,542

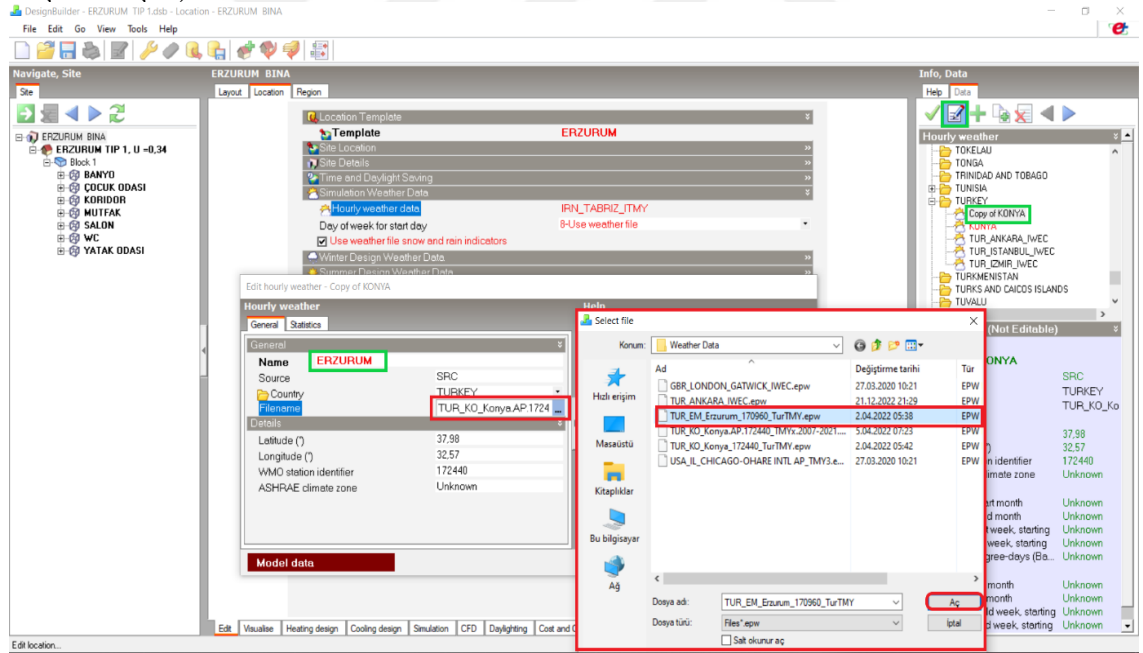
Not * : $7,82 \times 1,25 = 9,78$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

Design Builder programına Konya ilinin iklim veri dosyasının Design Builder programına tanımlanması, Erzurum ilinin iklim veri dosyasının Design Builder programına tanımlanması, İstanbul ilinin iklim veri dosyasının Design Builder programına tanımlanması, İzmir ilinin iklim veri dosyasının Design Builder programına

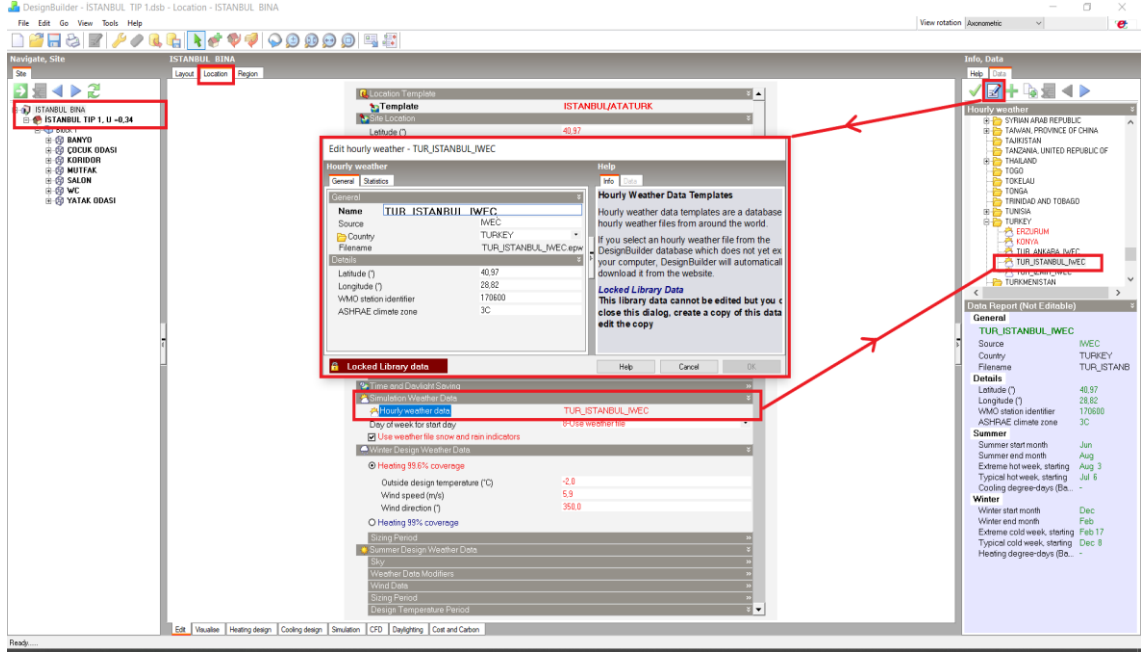
tanımlanması ve Gaziantep ilinin iklim veri dosyasının Design Builder programına tanımlanması sırası ile Şekil 3.70-74' de gösterilmiştir.



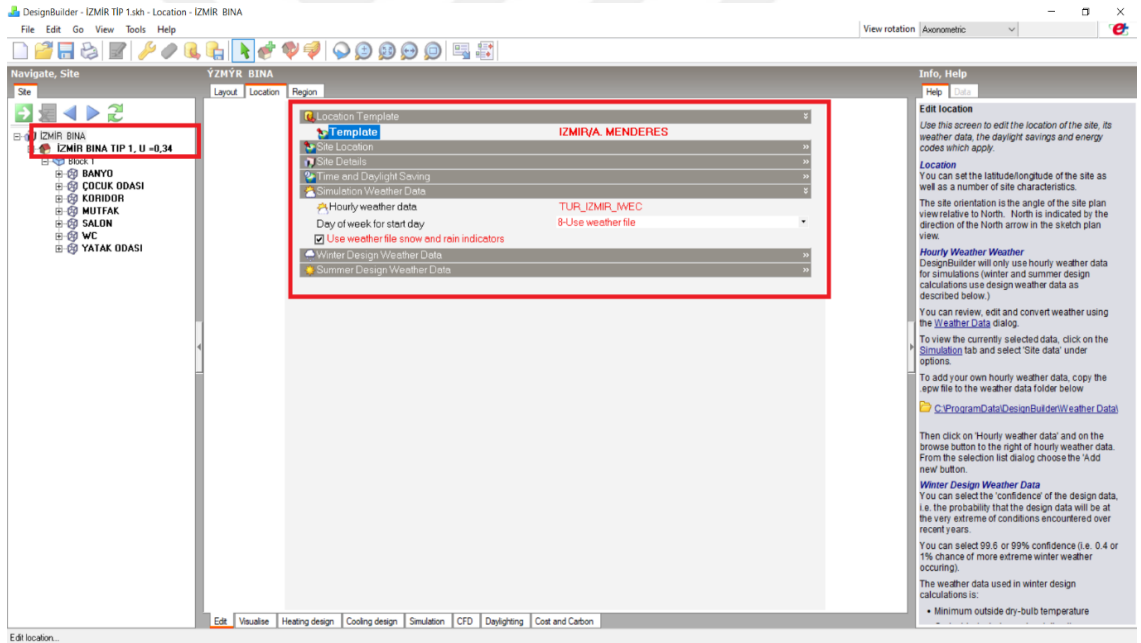
Şekil 3.70. Konya iline ait EPW dosyasının Design Builder programına tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



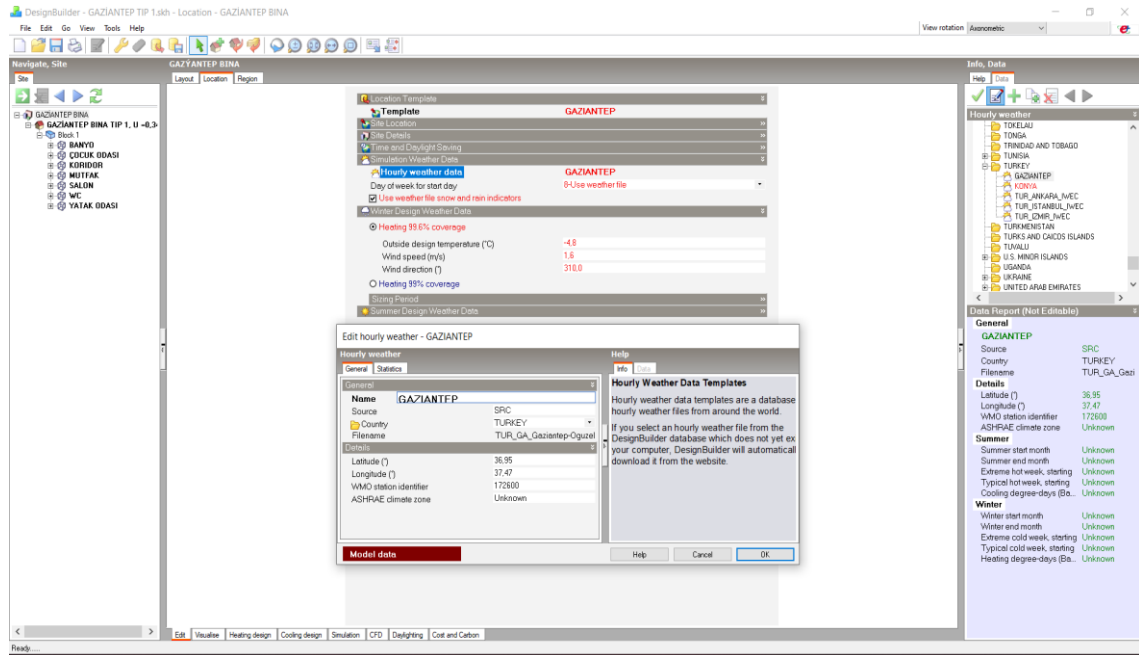
Şekil 3.71. Erzurum iline ait EPW dosyasının Design Builder programına tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.72. İstanbul iline ait EPW dosyasının Design Builder programına tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 3.73. İzmir iline ait EPW dosyasının Design Builder programına tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

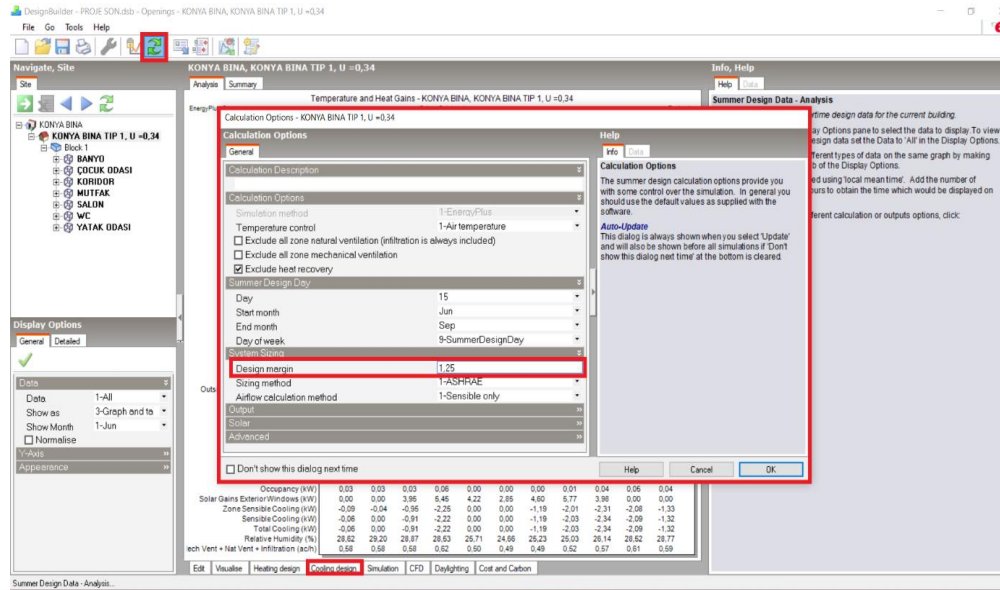


Şekil 3.74. Gaziantep iline ait EPW dosyasının Design Builder programına tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

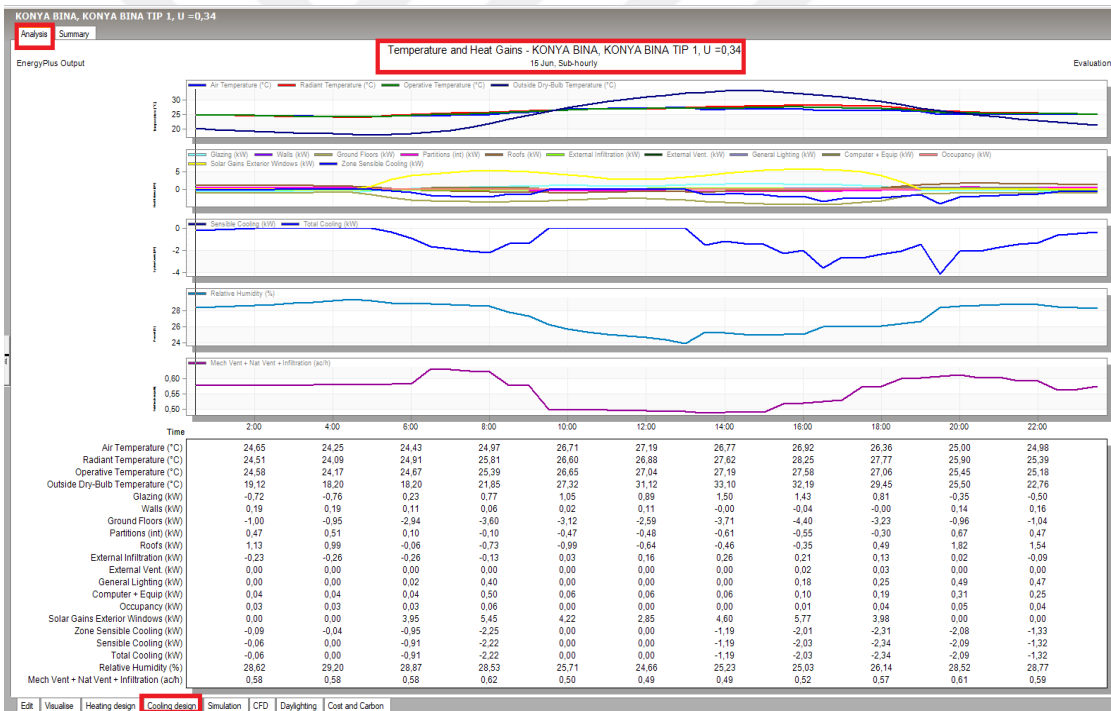
3.6.2. Soğutma Tasarımı analizi

Binanın Soğutma Tasarımı için gerekli olan enerji miktarının hesaplanması, Design Builder programında 'Cooling Design' sekmesinden yapılmıştır. Design Builder programında modellen binanın soğutma tasarımı analiz sonuç verileri program çizgi grafiği ve tablo olarak vermektedir. Design Builder programında Soğutma Tasarım yükünü elde edebilmek için tasarım marjı 1,25 olarak alınmıştır. Tasarım marjı, program tarafından atanan değer alınmıştır. Literatür çalışmaları arasında tasarım marjının belirlenmesi alanında yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Tasarım marjının programa tanımlanması Şekil 3.75' de verilmiştir.

Konya Tip 1, $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.76' de verilmiştir. Konya Tip 1, $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı Design analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.17' de verilmiştir.



Şekil 3.75. Design Builder programında tasarım marjının programa tanımlanması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



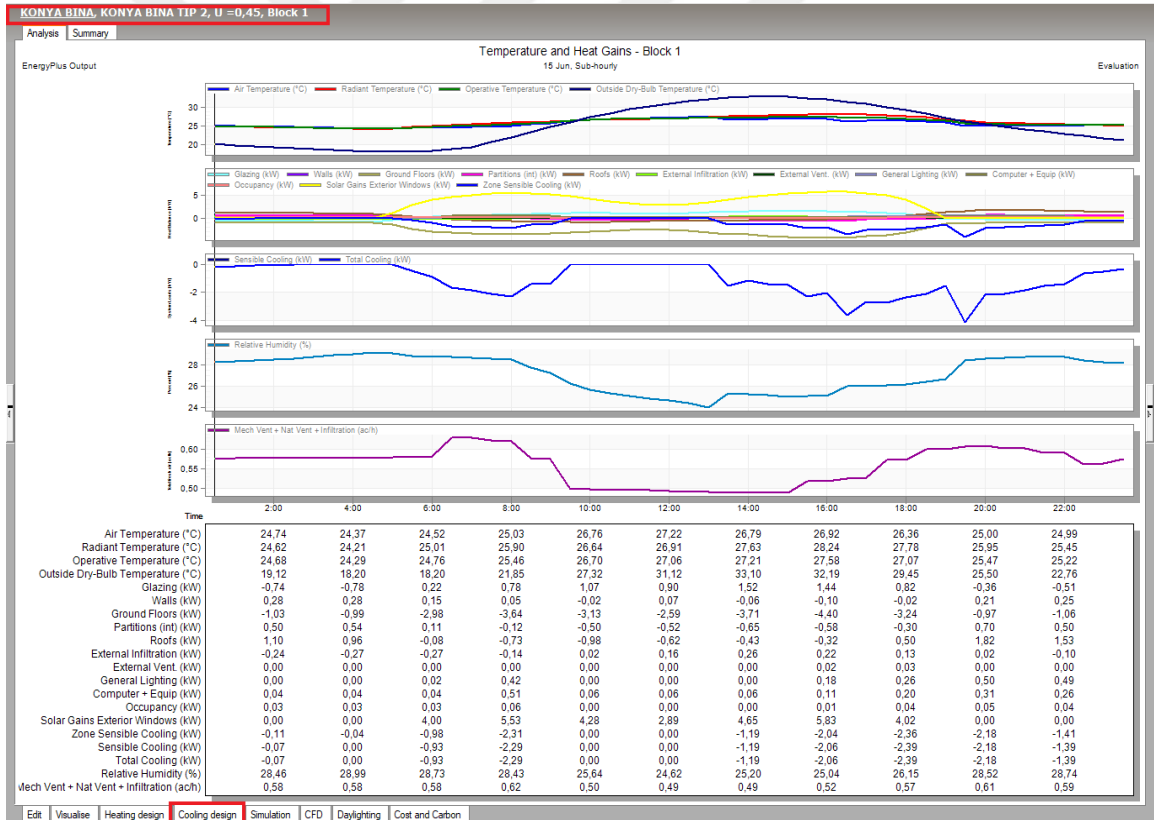
Şekil 3.76. Konya Tip 1, U= 0,34 W/m²K, Soğutma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.17. Konya Tip 1, $U= 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bina	Blok	Mekan	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Debişi (m ³ /s)	Toplam Soğutma Yüklü (kW)	Dayanır (kW)	Gizli (kW)	Hava Sıcaklığı (°C)	Nem (%)	Maksimum Soğutma Süresi	Gündelik Maks Çalışma Sıcaklığı (°C)	Kat Alanı (m ²)	Hacim (m ³)	Aks/Tavan Alanı (0÷m ²)	Tasarım Kat Alanı (m ²)	Pik Soğutma Yüklü Zammında Dış Karu Termetre Sıcaklığı (°C)	Cam Kazançları (kW)	Düvar Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızma Kazançları (kW)	Elektrikli Ekipman Kazançları (kW)	Aydınlatma Kazançları (kW)	Kişi Kazançları (kW)	Gınes Kazançları (kW)	Mekân havalandırma taze hava oranı (m ³ /s)	Besleme havasının taze hava %'si
KONYA TIP 1	Block 1	KORIDOR	0,37	0,027	0,3	0,3	0	25,02	27,4	Aug 14:30	25,6	10,731	39,168	2,48	-34,613	36	0	0,19	-0,28	0,02	0	0,06	0,02	0	0	0	0	0
KONYA TIP 1	Block 1	MUTFAK	1,89	0,135	1,51	1,51	0	25,08	27,1	Aug 16:30	29,91	12,482	45,56	10,812	-151,621	34,52	0,08	-0,09	-0,39	0,06	0	0,06	0,02	0	0	0,24	0	0
KONYA TIP 1	Block 1	ÇOCUK ODASI	1,56	0,111	1,25	1,25	0	25,05	26,5	Jul 19:30	29,27	10,679	38,98	10,435	146,026	29,44	-0,04	0	-0,27	0,18	0	0,02	0,04	0,01	0	0	0	0
KONYA TIP 1	Block 1	BANYO	0,49	0,035	0,39	0,39	0	25,01	26,7	Jul 16:30	26,34	4,294	15,673	8,107	113,114	34,68	0,06	-0,05	-0,14	0,02	0	0,02	0	0	0	0,11	0	0
KONYA TIP 1	Block 1	WC	1,17	0,083	0,93	0,93	0	25,07	25,7	Sep 15:30	29,27	3,673	13,406	22,647	317,322	31,63	0,02	-0,12	-0,08	-0,01	0	0,01	0	0	0	0,1	0	0
KONYA TIP 1	Block 1	YATAK ODASI	2,57	0,183	2,05	2,05	0	25,08	26,5	Jul 19:30	31,11	12,007	43,825	15,247	213,807	29,44	-0,06	-0,06	-0,27	0,14	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0
KONYA TIP 1	Block 1	SALON	2,73	0,194	2,18	2,18	0	25,09	26,8	Aug 13:30	29,8	23,781	86,8	8,175	114,728	35,63	0,76	-0,17	-1,85	-0,62	0	0,13	0,01	0	0	2,15	0	0
KONYA TIP 1	-	TOPLAM	10,77*	0,768	8,62*	8,62	0	25,06	26,8	N/A	31,11	77,647	283,411	9,897	138,706	0	0,82	-0,29	-3,28	-0,21	0	0,34	0,14	0,02	0	2,6	0	0

Not * : $8,62 \times 1,25 = 10,77$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

Konya Tip 2, $U= 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.77' de verilmiştir. Konya Tip 2, $U= 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı Design analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3. 18' de verilmiştir.



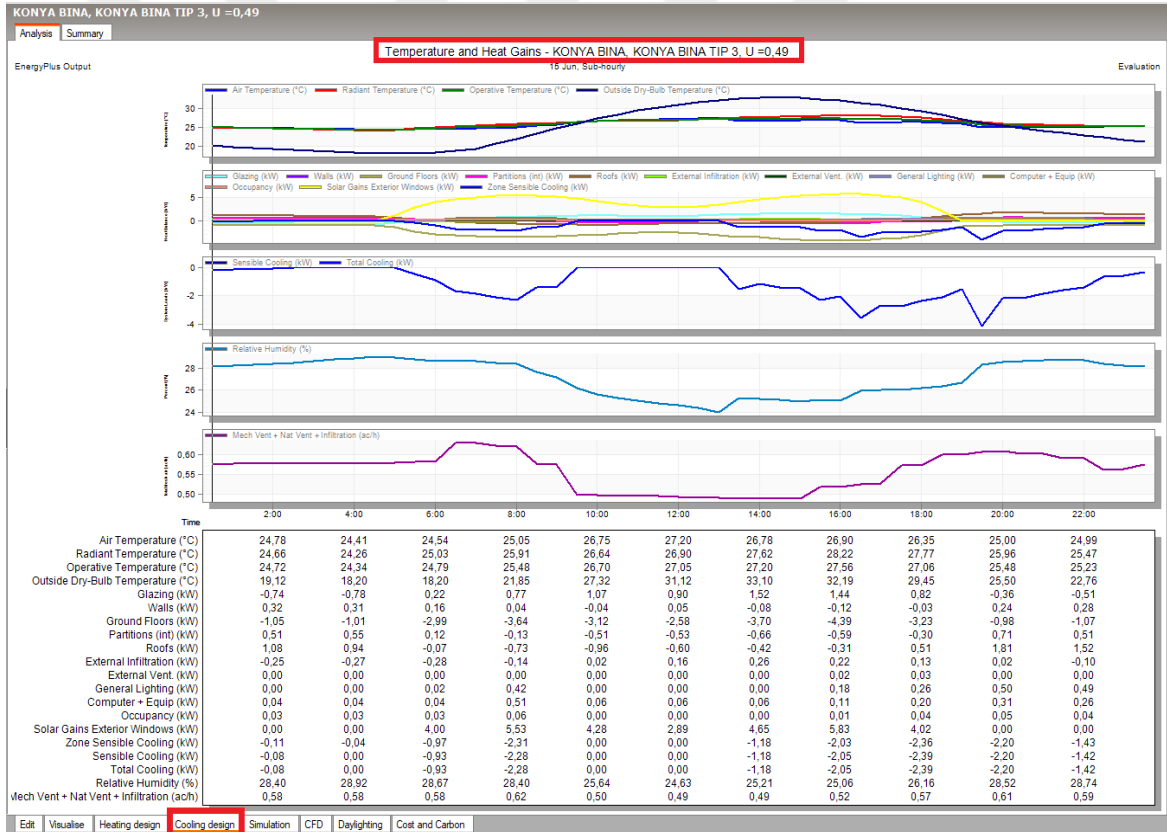
Şekil 3.77. Konya Tip 2, $U= 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.18. Konya Tip 2, $U= 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bina	Blk	Mekan	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Dönüşü (m3/s)	Toplam Soğutma Yüklü (kW)	Değişiklik (kW)	Güç (kW)	Hava Sıcaklığı (°C)	Nem (%)	Maksimum Soğutma Sırası	Gündüzlük Maksimum Sıcaklığı (°C)	Kat Alanı (m2)	Hacim (m3)	Akış/Tahmin Alanı (m2)	Tasarım Kat Alanı (m2)	Pik Soğutma Yüklü Zamanında Dış Hava Termometre Sıcaklığı (°C)	Cam Kazançları (kW)	Döner Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızma Kazançları (kW)	Elektrikli Ekipman Kazançları (kW)	Aydınlatma Kazançları (kW)	Kişi Kazançları (kW)	Güneş Kazançları (kW)	Mekânın İhtiyaçları (m3/s)	Besleme kapasitesi
KONYA TIP 2	Block 1	KORIDOR	0,42	0,03	0,34	0	25,02	27,4	Aug 14:30	25,71	10,976	40,062	2,756	38,475	36	0	0,19	-0,28	0,02	0	0,06	0,02	0	0	0	0	0	0
KONYA TIP 2	Block 1	MUTFAK	1,89	0,135	1,52	0	25,08	27	Aug 16:30	29,88	12,793	46,693	10,559	148,055	34,52	0,08	-0,1	-0,38	0,07	0	0,06	0,03	0	0	0,25	0	0	
KONYA TIP 2	Block 1	ÇOCUK ODASI	1,58	0,113	1,27	0	25,05	26,5	Jul 19:30	29,27	10,963	40,014	10,309	144,275	29,44	-0,04	0,01	-0,27	0,18	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0	
KONYA TIP 2	Block 1	BANYO	0,52	0,037	0,41	0	25,01	26,7	Jul 16:30	26,42	4,445	16,225	8,32	116,092	34,68	0,06	-0,05	-0,14	0,02	0	0,02	0	0	0	0,11	0	0	
KONYA TIP 2	Block 1	WC	1,19	0,085	0,96	0	25,07	27,1	Aug 15:30	28,79	3,83	13,98	22,258	311,856	35,56	0,06	-0,11	-0,12	0	0	0,02	0	0	0	0,13	0	0	
KONYA TIP 2	Block 1	YATAK ODASI	2,59	0,185	2,07	0	25,08	26,5	Jul 19:30	31,14	12,307	44,921	15,018	210,606	29,44	-0,06	-0,06	-0,27	0,14	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0	
KONYA TIP 2	Block 1	SALON	2,73	0,195	2,19	0	25,09	26,8	Aug 13:30	29,83	24,252	88,522	8,025	112,687	35,63	0,77	-0,23	-1,84	4,06	0	0,13	0,01	0	0	2,17	0	0	
KONYA TIP 2	-	TOPLAM	10,93*	0,78	8,75*	0	25,06	26,8	NA	31,14	79,566	290,415	9,803	137,397	0	0,86	-0,36	-3,31	-0,18	0	0,35	0,14	0,02	0	2,65	0	0	

Not * : $8,75 \times 1,25 = 10,93$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.78' de verilmiştir. Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı Design analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.19' da verilmiştir.



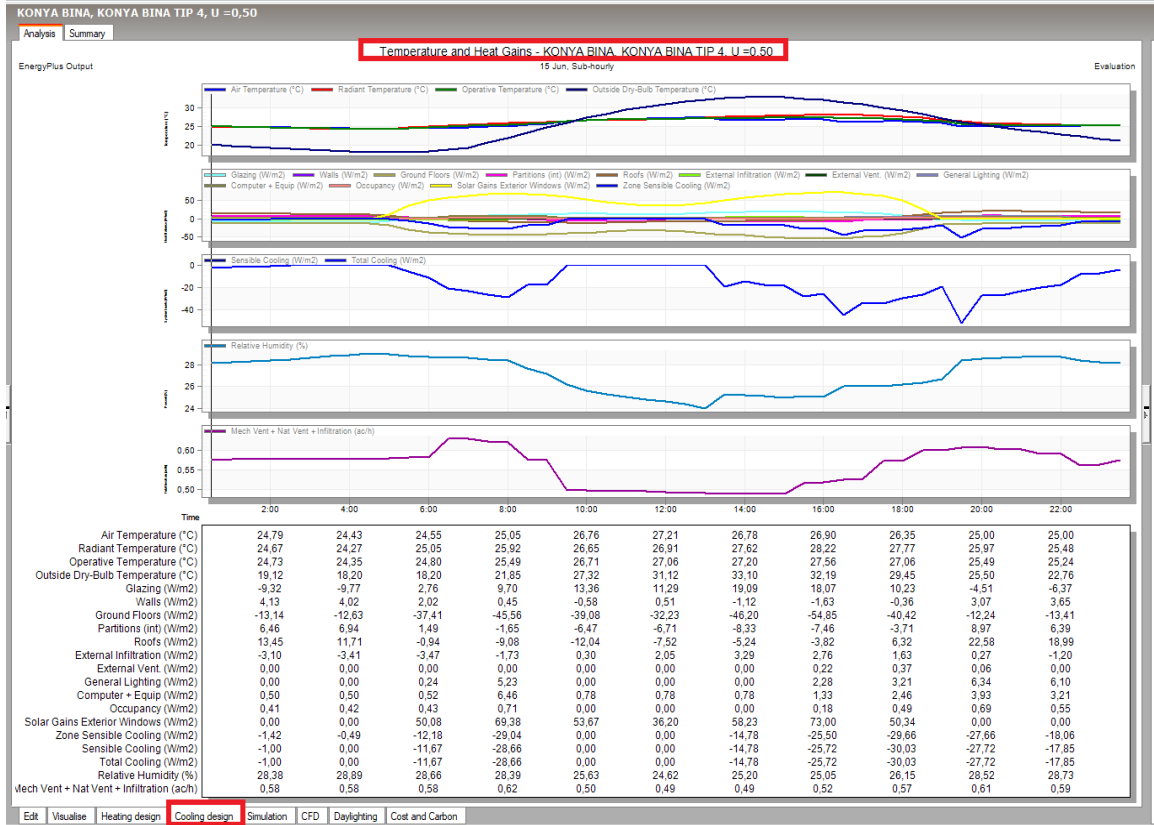
Şekil 3.78. Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.19. Konya Tip 3, $U= 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bina	Blok	Mekan	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Debisi (m ³ /s)	Toplam Soğutma Yüklü (kW)	Değişiklik (kW)	Giriş (kW)	Hava Sıcaklığı (°C)	Nem (%)	Maksimum Soğutma Süresi	Gündelik Maksimum Sıcaklığı (°C)	Kat Alanı (m ²)	Hacim (m ³)	Akış/Taban Alanı (l/s-m ²)	Tasarım Kat Alanı (m ²)	Pik Soğutma Yüklü Zamanında Dış Karu Termostat Sıcaklığı (°C)	Cam Kazançları (kW)	Diğer Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızım Kazançları (kW)	Elektrikli Ekipman Kazançları (kW)	Aydınlatma Kazançları (kW)	Kişi Kazançları (kW)	Güneş Kazançları (kW)	Mekânlık havalandırma taze hava oranı (m ³ /s)	Besleme havasının taze hava oranı %'si
KONYA TIP 3	Block 1	KORIDOR	0,43	0,031	0,35	0,35	0	25,02	27,4	Aug 14-30	25,73	10,976	40,062	2,814	39,292	36	0	0,19	-0,28	0,02	0	0,06	0,02	0	0	0	0	0
KONYA TIP 3	Block 1	MUTFAK	1,88	0,134	1,5	1,5	0	25,08	27,1	Aug 16-30	29,84	12,793	46,693	10,479	146,935	34,52	0,09	-0,1	-0,38	0,07	0	0,06	0,03	0	0	0,25	0	0
KONYA TIP 3	Block 1	ÇOCUK ODASI	1,58	0,113	1,26	1,26	0	25,05	26,5	Jul 19-30	29,24	10,963	40,014	10,295	144,07	29,44	-0,04	0,01	-0,28	0,18	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0
KONYA TIP 3	Block 1	BANYO	0,52	0,037	0,42	0,42	0	25,01	26,7	Jul 16-30	26,43	4,445	16,223	8,383	116,978	34,68	0,06	-0,05	-0,14	0,02	0	0,02	0	0	0	0,11	0	0
KONYA TIP 3	Block 1	WC	1,19	0,085	0,95	0,95	0	25,07	27,1	Aug 15-30	28,78	5,83	13,98	22,23	311,46	35,56	0,06	-0,11	-0,12	0	0	0,02	0	0	0	0,13	0	0
KONYA TIP 3	Block 1	YATAK ODASI	2,58	0,184	2,07	2,07	0	25,08	26,5	Jul 19-30	31,11	12,307	44,921	14,967	209,883	29,44	-0,06	-0,06	-0,27	0,14	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0
KONYA TIP 3	Block 1	SALON	2,71	0,193	2,17	2,17	0	25,09	26,8	Aug 13-30	29,8	34,252	88,522	7,962	111,735	35,63	0,77	-0,26	-1,83	-0,59	0	0,13	0,01	0	0	2,17	0	0
KONYA TIP 3	-	TOPLAM	10,9*	0,777	8,72*	8,72	0	25,06	26,8	N/A	31,11	79,566	290,415	9,772	136,945	0	0,86	-0,38	-3,3	-0,16	0	0,35	0,14	0,02	0	2,65	0	0

Not * : $8,72 \times 1,25 = 10,9$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

Konya Tip 4, $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.79' da verilmiştir. Konya Tip 4, $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı Design analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.20' de verilmiştir.



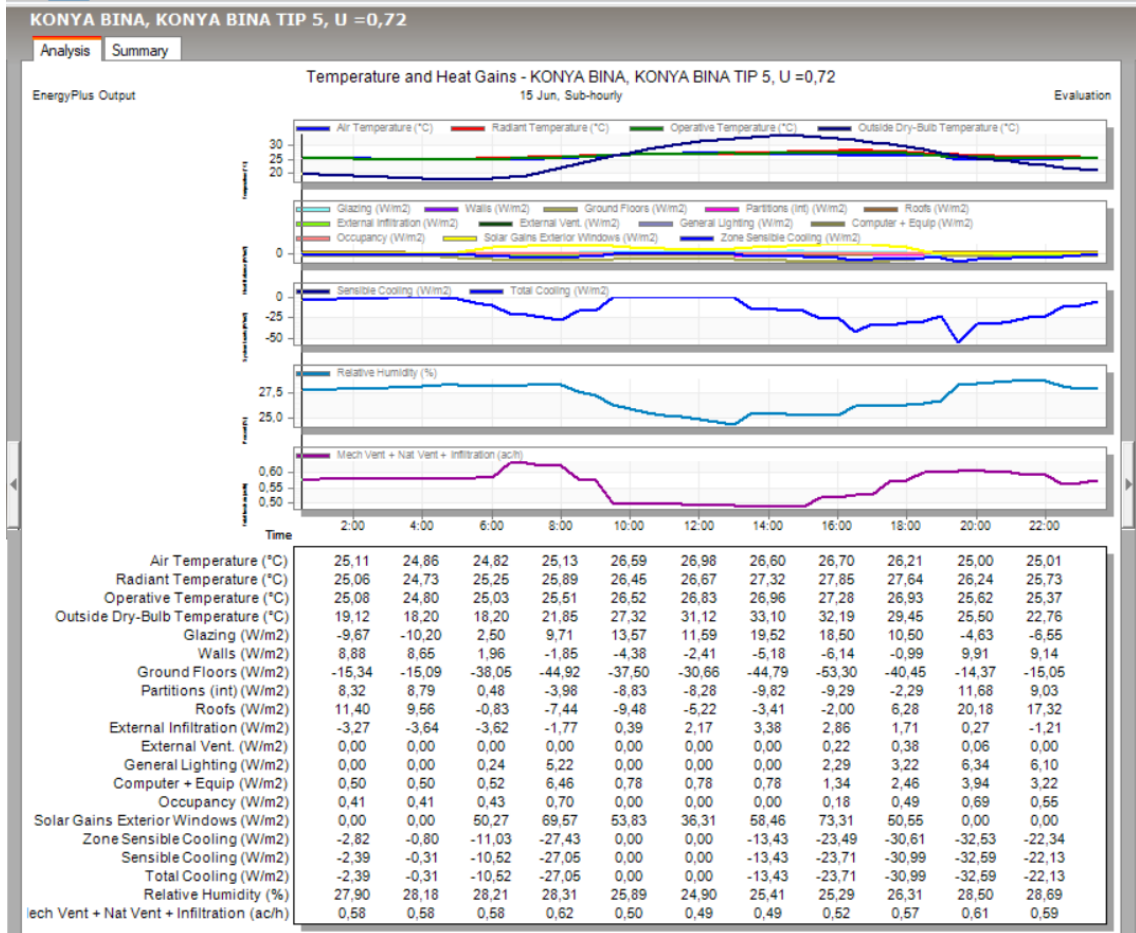
Şekil 3.79. Konya Tip 4, $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.20. Konya Tip 4, $U= 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bim	Blok	Mekan	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Debişi (m ³ /s)	Toplam Soğutma Yüklü (kW)	Devişir (kW)	Giriş (kW)	Hava Sıcaklığı (°C)	Nem (%)	Maksimum Soğutma Süresi	Günlük Maksimum Soğutma Çekimi (kW)	Kat Alanı (m ²)	Hacim (m ³)	Aks/Tavan Alanı (ösm ²)	Tasarım Kat Alanı Başına Soğutma Yüklü (W/m ²)	Pik Soğutma Yüklü Zamanında Dış Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Cam Kazanımları (kW)	Diğer Kazanımları (kW)	Kat Kazanımları (kW)	Çatı ve Tavan Kazanımları (kW)	Havalandırma Kazanımları (kW)	Sızma Kazanımları (kW)	Elektrikli Ekipman Kazanımları (kW)	Aydınlatma Kazanımları (kW)	Kişi Kazanımları (kW)	Güneş Kazanımları (kW)	Maksimum Havalandırma Taze Hava Oranı (ac/h)	Besleme Havalandırma Taze Hava %'si	
KONYA TIP 4	Block 1	KORIDOR	0,44	0,031	0,35	0,35	0	25,02	27,4	Aug 14-30	25,74	11,039	40,291	2,842	39,684	36	0	0,19	-0,28	0,02	0	0,06	0,02	0	0	0	0	0	0
KONYA TIP 4	Block 1	MUTFAK	1,88	0,134	1,51	1,51	0	25,08	27,1	Aug 16-30	29,84	12,872	46,984	10,443	146,43	34,52	0,09	-0,1	-0,38	0,07	0	0,06	0,03	0	0	0,25	0	0	
KONYA TIP 4	Block 1	ÇOCUK ODASI	1,59	0,113	1,27	1,27	0	25,05	26,5	Jul 19-30	29,25	11,035	40,279	10,267	143,684	29,44	-0,04	0,01	-0,28	0,18	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0	
KONYA TIP 4	Block 1	BANYO	0,52	0,038	0,42	0,42	0	25,01	26,7	Jul 16-30	26,44	4,483	16,365	8,387	117,031	34,68	0,06	-0,05	-0,14	0,02	0	0,02	0	0	0	0,11	0	0	
KONYA TIP 4	Block 1	WC	1,2	0,086	0,96	0,96	0	25,07	27,1	Aug 15-30	28,8	3,871	14,128	22,157	310,455	35,56	0,06	-0,11	-0,12	0	0	0,02	0	0	0	0,13	0	0	
KONYA TIP 4	Block 1	YATAK ODASI	2,59	0,185	2,07	2,07	0	25,08	26,5	Jul 19-30	31,12	12,284	45,202	14,924	209,286	29,44	-0,06	-0,06	-0,27	0,14	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0	
KONYA TIP 4	Block 1	SALON	2,71	0,193	2,17	2,17	0	25,09	26,8	Aug 13-30	29,81	24,373	88,962	7,936	111,379	35,63	0,77	-0,27	-1,83	-0,59	0	0,13	0,01	0	0	2,17	0	0	
KONYA TIP 4	-	TOPLAM	10,94*	0,781	8,75*	8,75	0	25,06	26,8	N/A	31,12	80,058	292,211	9,752	136,669	0	0,86	-0,39	-3,3	-0,16	0	0,36	0,14	0,02	0	2,66	0	0	

Not * : $8,75 \times 1,25 = 10,94$ Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

Konya Tip 5, $U= 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.80' de verilmiştir. Konya Tip 5, $U= 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı Design analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.21' de verilmiştir.



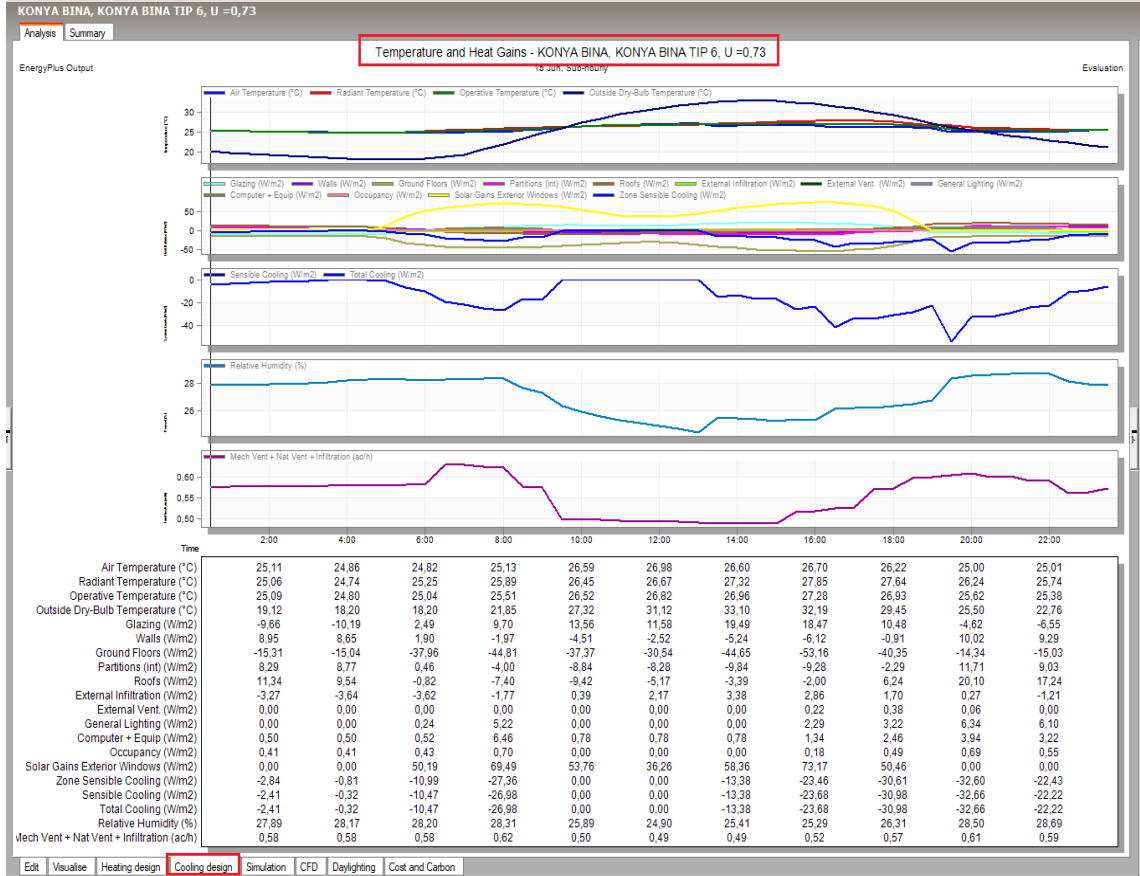
Şekil 3.80. Konya Tip 5, $U= 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.21. Konya Tip 5, $U= 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bina	Blok	Mekan	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Debisi (m ³ /s)	Toplam Soğutma Yüklü (kW)	Deiyarh (kW)	Güç (kW)	Hava Sıcaklığı (°C)	Nem (%)	Maksimum Soğutma Sırası	Gündelik Maksimum Soğutma Sıcaklığı (°C)	Kat Alanı (m ²)	Hacim (m ³)	Aks/Tavan Alanı (m ²)	Tasarım Kat Alanı (m ²)	Pik Soğutma Yüklü Zamanında Dış Karar Termometre Sıcaklığı (°C)	Cam Kazançları (kW)	Diğer Kazançları (kW)	Kat Kazançları (kW)	Çatı ve Tavan Kazançları (kW)	Havalandırma Kazançları (kW)	Sızma Kazançları (kW)	Elektrikli Ekipman Kazançları (kW)	Aydınlatma Kazançları (kW)	Kişi Kazançları (kW)	Güneş Kazançları (kW)	Mekansal havalandırma tazari hava oranı (m ³ /s)	Besleme havasının tazari hava %'si	
KONYA TIP 5	Block1	KORIDOR	0,42	0,03	0,33	0,33	0	25,02	27,3	Aug 14:30	25,68	10,965	40,021	2,713	37,877	36	0	0,16	-0,27	0,04	0	0,06	0,02	0	0	0	0	0	
KONYA TIP 5	Block1	MUTFAK	1,72	0,123	1,37	1,37	0	25,07	26,7	Jul 16:30	28,97	12,779	46,642	9,596	134,489	34,68	0,1	-0,13	-0,39	0,07	0	0,06	0,03	0	0	0,28	0	0	
KONYA TIP 5	Block1	COÇUK ODASI	1,55	0,111	1,24	1,24	0	25,05	26,5	Jul 19:30	28,88	10,95	39,967	10,094	141,268	29,44	-0,04	0,07	-0,28	0,16	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0	
KONYA TIP 5	Block1	BANYO	0,5	0,036	0,4	0,4	0	25,01	26,7	Jul 16:30	26,35	4,438	16,198	8,035	112,113	34,68	0,06	-0,06	-0,14	0,03	0	0,02	0	0	0	0,11	0	0	
KONYA TIP 5	Block1	WC	1,11	0,079	0,89	0,89	0	25,06	27	Aug 15:30	28,43	3,823	13,954	20,705	290,038	35,56	0,06	-0,11	-0,12	0	0	0,02	0	0	0	0	0,13	0	0
KONYA TIP 5	Block1	YATAK ODASI	2,45	0,175	1,96	1,96	0	25,07	26,5	Jul 19:30	30,5	12,294	44,871	14,23	199,514	29,44	-0,06	0	-0,27	0,13	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0	0
KONYA TIP 5	Block1	SALON	2,43	0,175	1,95	1,95	0	25	27,1	Aug 16:00	29,1	24,231	88,443	7,204	100,434	35,11	0,88	-0,42	-1,96	-0,13	0,02	0,13	0,05	0,18	0,01	3,29	0,002	1,285	
KONYA TIP 5	-	TOPLAM	10,17*	0,727	8,14*	8,14	0	25,04	26,9	N/A	30,5	79,478	290,096	9,15	128,002	0	1,01	-0,49	-3,43	0,29	0,02	0,35	0,18	0,2	0,01	3,81	0,002	0,311	

Not * : $8,14 \times 1,25 = 10,17$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında arttırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

Konya Tip 6, $U= 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Şekil 3.81' de verilmiştir. Konya Tip 6, $U= 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu Çizelge 3.22' de verilmiştir.



Şekil 3.81. Konya Tip 6, $U= 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$, Soğutma Tasarımı analiz sonucu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Çizelge 3.22. Konya Tip 6, U= 0,73 W/m²K, Soğutma Tasarımı analiz sonucu Excel tablosu (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bina	Blok	Mekan	Tasarım Kapasitesi (kW)	Tasarım Debişi (m ³ /s)	Toplam Soğutma Yüklü (kW)	Deyarlı (kW)	Güçlü (kW)	Hava Sıcaklığı (°C)	Nem (%)	Maksimum Soğutma Süresi	Gündelik Maksimum Soğutma Sıcaklığı (°C)	Kat Alanı (m ²)	Hacim (m ³)	Aks/Tavan Alanı (m ²)	Tasarım Kat Alanı (m ²)	Pik Soğutma Yüklü Zamanında Dış Karuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Cam Kazanımları (kW)	Diğer Kazanımları (kW)	Kat Kazanımları (kW)	Çatı ve Tavan Kazanımları (kW)	Havalandırma Kazanımları (kW)	Sızım Kazanımları (kW)	Elektrikli Ekipman Kazanımları (kW)	Aydınlatma Kazanımları (kW)	Kişi Kazanımları (kW)	Güneş Kazanımları (kW)	Mekanlık havalandırma taze hava oranı (m ³ /s)	Besleme havasının taze hava oranı (%)
KONYA TIP 6	Block 1	KORIDOR	0,42	0,03	0,33	0,33	0	25,02	27,3	Aug 14-30	25,69	10,997	40,14	2,721	37,994	36	0	0,16	-0,27	0,04	0	0,06	0,02	0	0	0	0	0
KONYA TIP 6	Block 1	MUTFAK	1,72	0,123	1,38	1,38	0	25,07	26,7	Jul 16-30	28,97	12,82	46,793	9,588	134,372	34,68	0,1	-0,13	-0,39	0,07	0	0,06	0,03	0	0	0,28	0	0
KONYA TIP 6	Block 1	ÇOCUK ODASI	1,55	0,111	1,24	1,24	0	25,05	26,5	Jul 19-30	28,89	10,988	40,105	10,099	141,344	29,44	-0,04	0,07	-0,29	0,16	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0
KONYA TIP 6	Block 1	BANYO	0,5	0,036	0,4	0,4	0	25,01	26,7	Jul 16-30	26,35	4,458	16,272	8,023	111,951	34,68	0,06	-0,06	-0,14	0,03	0	0,02	0	0	0	0,11	0	0
KONYA TIP 6	Block 1	WC	1,11	0,079	0,89	0,89	0	25,06	27	Aug 15-30	28,44	3,844	14,03	20,653	289,321	35,56	0,06	-0,11	-0,12	0	0	0,02	0	0	0	0,13	0	0
KONYA TIP 6	Block 1	YATAK ODASI	2,46	0,175	1,97	1,97	0	25,08	26,5	Jul 19-30	30,51	12,334	45,017	14,218	199,354	29,44	-0,06	0	-0,27	0,13	0	0,03	0,04	0,01	0	0	0	0
KONYA TIP 6	Block 1	SALON	2,44	0,175	1,95	1,95	0	25	27,2	Aug 16-30	29,1	24,294	88,672	7,194	100,294	34,52	0,81	-0,37	-1,88	-0,08	0,02	0,12	0,05	0,18	0,01	3,2	0,002	1,287
KONYA TIP 6	-	TOPLAM	10,2*	0,729	8,16*	8,16	0	25,04	26,9	N/A	30,51	79,734	291,02	9,144	127,925	0	0,93	-0,44	-3,35	0,33	0,02	0,34	0,18	0,21	0,01	3,72	0,002	0,311

Not * : $8,16 \times 1,25 = 10,2$ (Tasarım kapasitesi, kararlı hal ısı kaybının %25 oranında artırılması ile elde edilir. Tasarım marjı 1,25 alınmıştır).

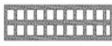





Bu çalışmada Konya bölgesinde yapılan bina modellemesi ve Soğutma Tasarımı analizi örneği alınarak Erzurum, İstanbul, İzmir ve Gaziantep'te bina modellemeleri ve analizleri tamamlanmıştır.

4. PROGRAM MODEL ANALİZİ SONUÇLARI

4.1. Isıtma Tasarımı Analiz Sonuçları

Farklı tipteki duvar konfigürasyonu ile modellenen binaların illere göre ısıtma yükü değerleri Çizelge 4.1. 'de verilmiştir. Modellenen binalarda gereken ısıtma enerjisi miktarı sonuçları, her il kendi içinde değerlendirildiğinde modellenen binaların duvarlarının toplam ısı transfer katsayısı değeri artması ile ısıtma yükünün arttığı tespit edilmiştir. Binanın konfor sıcaklığına ulaşması için gerekli olan ısıtma yükü, duvar konfigürasyonları arasında, en küçük toplam ısı transfer katsayısı değerine sahip olan Tip 1- $U = 0,34$ (W/ m²K) olan C6 200 duvar tipi ile modellenen binalarda diğer bina modellerine kıyasla en az ısıtma enerjisine ihtiyaç olduğu yapılan analizler sonucunda saptanmıştır.

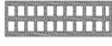


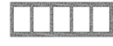


Çizelge 4.1. Farklı tipteki duvar konfigürasyonu ile modellenen binaların illere göre ısıtma yükü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

ŞEHİR	İHTİYAÇ OLAN ENERJİ	TİP 1 - $U = 0,34$ (W /m ² K) C6 200 DUVAR TİPİ	TİP 2 - $U = 0,45$ (W /m ² K) C1 200 DUVAR TİPİ	TİP 3 - $U = 0,49$ (W /m ² K) C3 200 DUVAR TİPİ	TİP 4 - $U = 0,50$ (W /m ² K) C2 200 DUVAR TİPİ	TİP 5 - $U = 0,72$ (W /m ² K) C5 200 DUVAR TİPİ	TİP 6 - $U = 0,73$ (W /m ² K) C4 200 DUVAR TİPİ
							
KONYA	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	8,27	8,77	8,92	8,98	9,72	9,78
ERZURUM	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	11,96	12,7	12,93	13	14,13	14,22
İSTANBUL	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	6,02	6,35	6,45	6,5	6,99	7,03
İZMİR	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	6,07	6,44	6,53	6,58	7,09	7,11
GAZİANTEP	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	6,43	6,8	6,92	6,94	7,52	7,56

4.2. Soğutma Tasarımı Analiz Sonuçları

Farklı tipteki duvar konfigürasyonu ile modellenen binaların illere göre soğutma yükü değerleri Çizelge 4.2. 'de verilmiştir. Binanın konfor sıcaklığına ulaşması için gerekli olan soğutma yükü, her il kendi arasında değerlendirildiğinde duvar konfigürasyonları arasında, Tip 1- $U = 0,72$ (W /m²K) toplam ısı transfer katsayısı değerine sahip olan C5 200 duvar tipi ile modellenen binalarda diğer bina modellerine kıyasla en az soğutma enerjisine ihtiyaç olduğu yapılan analizler sonucunda saptanmıştır.

Çizelge 4.2. Farklı tipteki duvar konfigürasyonu ile modellenen binaların illere göre soğutma yükü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)


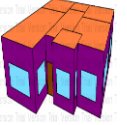
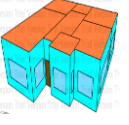





ŞEHİR	İHTİYAÇ OLAN ENERJİ	TİP 1 - U= 0,34 (W /m ² K) C6 200 DUVAR TİPİ	TİP 2 - U= 0,45 (W /m ² K) C1 200 DUVAR TİPİ	TİP 3 - U= 0,49 (W /m ² K) C3 200 DUVAR TİPİ	TİP 4 - U= 0,50 (W /m ² K) C2 200 DUVAR TİPİ	TİP 5 - U= 0,72 (W /m ² K) C5 200 DUVAR TİPİ	TİP 6 - U= 0,73 (W /m ² K) C4 200 DUVAR TİPİ
							
KONYA	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	10,77	10,93	10,9	10,94	10,17	10,2
ERZURUM	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	6,88	6,88	6,8	6,82	6,11	6,12
İSTANBUL	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	13,42	13,7	13,66	13,72	12,74	12,77
İZMİR	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	14,4	14,69	14,67	14,73	13,75	13,79
GAZİANTEP	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	14,87	15,2	15,21	15,28	14,36	14,41

4.3. Isıtma Tasarımı Yükü ve Soğutma Tasarımı Yükü Karşılaştırılması

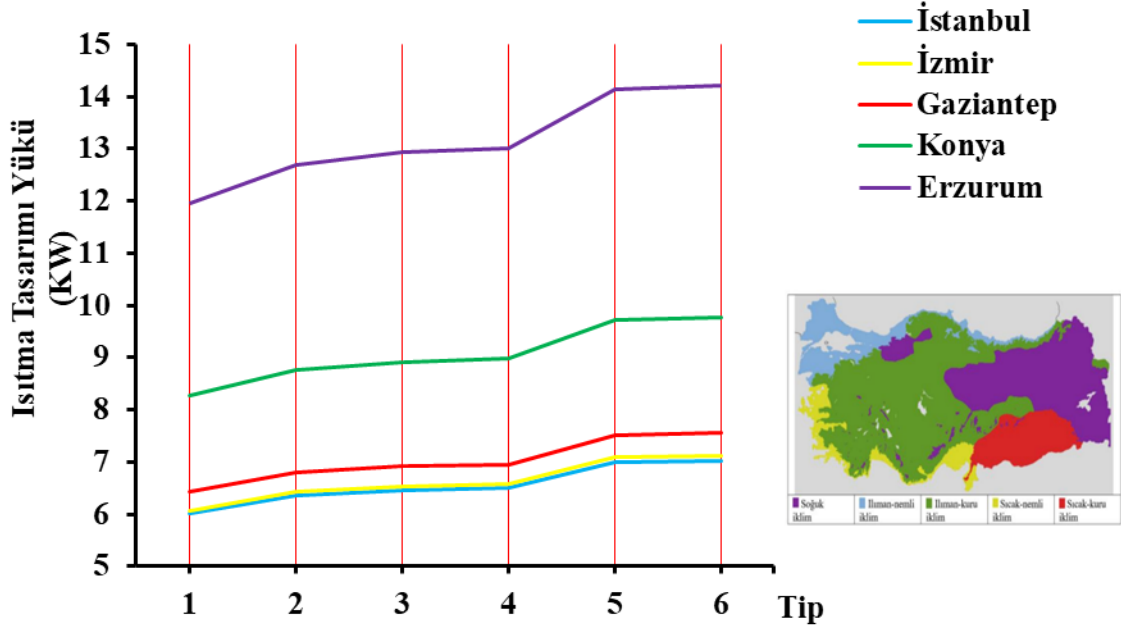
Türkiye'nin farklı iklim bölgesinden seçilen referans şehrin iklim veri dosyaları Design Builder programına tanımlanmıştır.

Design Builder programında modellenen binalar için analizler tamamlanmıştır. Farklı tipteki duvar konfigürasyonu ile modellenen binaların illere göre ısıtma yükü ve soğutma yükleri Çizelge 3.24' de verilmiştir.

Çizelge 3.24. Farklı tipteki duvar konfigürasyonu ile modellenen binaların illere göre Isıtma Tasarımı Yükleri ve Soğutma Tasarımı Yükleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

DUVAR TİPLERİNE GÖRE BİNA MODELLERİ							
ŞEHİR	İHTİYAÇ OLAN ENERJİ	TİP 1 - U= 0,34 (W /m ² K) C6 200 DUVAR TİPİ	TİP 2 - U= 0,45 (W /m ² K) C1 200 DUVAR TİPİ	TİP 3 - U= 0,49 (W /m ² K) C3 200 DUVAR TİPİ	TİP 4 - U= 0,50 (W /m ² K) C2 200 DUVAR TİPİ	TİP 5 - U= 0,72 (W /m ² K) C5 200 DUVAR TİPİ	TİP 6 - U= 0,73 (W /m ² K) C4 200 DUVAR TİPİ
							
KONYA	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	8,27	8,77	8,92	8,98	9,72	9,78
	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	10,77	10,93	10,9	10,94	10,17	10,2
ERZURUM	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	11,96	12,7	12,93	13	14,13	14,22
	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	6,88	6,88	6,8	6,82	6,11	6,12
İSTANBUL	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	6,02	6,35	6,45	6,5	6,99	7,03
	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	13,42	13,7	13,66	13,72	12,74	12,77
İZMİR	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	6,07	6,44	6,53	6,58	7,09	7,11
	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	14,4	14,69	14,67	14,73	13,75	13,79
GAZİANTEP	Isıtma Tasarımı Yükü (KW)	6,43	6,8	6,92	6,94	7,52	7,56
	Soğutma Tasarımı Yükü (KW)	14,87	15,2	15,21	15,28	14,36	14,41

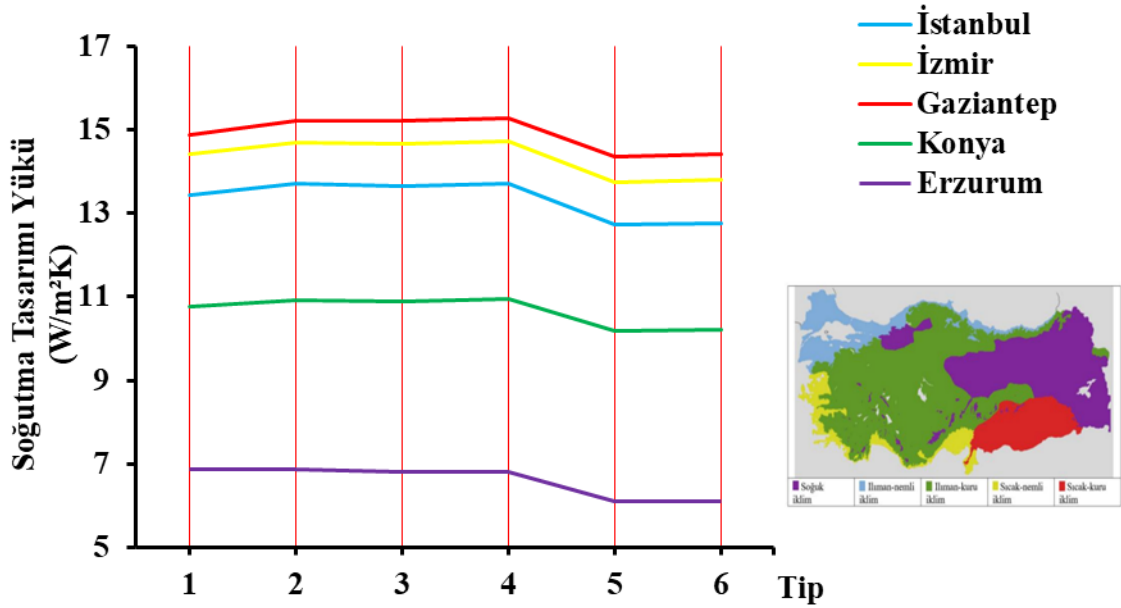
Bu tez çalışmasında Isıtma Tasarım analizi sonucu, illere göre ısıtma yükü grafiği Şekil 4.1' de araştırma sonuçları verilmiştir. Soğutma Tasarım analizi sonucu, illere göre soğutma yükü grafiği Şekil 4.2' de araştırma sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.1. İllere göre Isıtma Tasarımı yükü grafiği (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

İstanbul iline ait iklim verileri dosyası, programa tanımlanarak binalar modellenmiştir. İstanbul ili, Türkiye'nin ılıman- nemli iklim bölgesinde yer alması kış aylarında gerekli olan ısıtma yükü göz önünde bulundurulduğunda en düşük enerjiye ihtiyaç duyma sebebi saptanabilir.

İstanbul ilinde,3D yazıcı beton teknolojisi ile 6 farklı duvar konfigürasyonu kullanarak imal edinilmesi düşünülen binalar arasında, C6- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,34 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 1 duvar tipi ile inşaat edilecek bina modeli, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yükü en düşük olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir. 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek beton konut projelerinin iklimsel verilere göre konfor karşılaştırması ele alındığında, İstanbul bölgesinde, 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek C6- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,34 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 1 duvar tipi ile inşaat edilecek bina en uygun ve konforlu olacağı tespit edilmiştir.



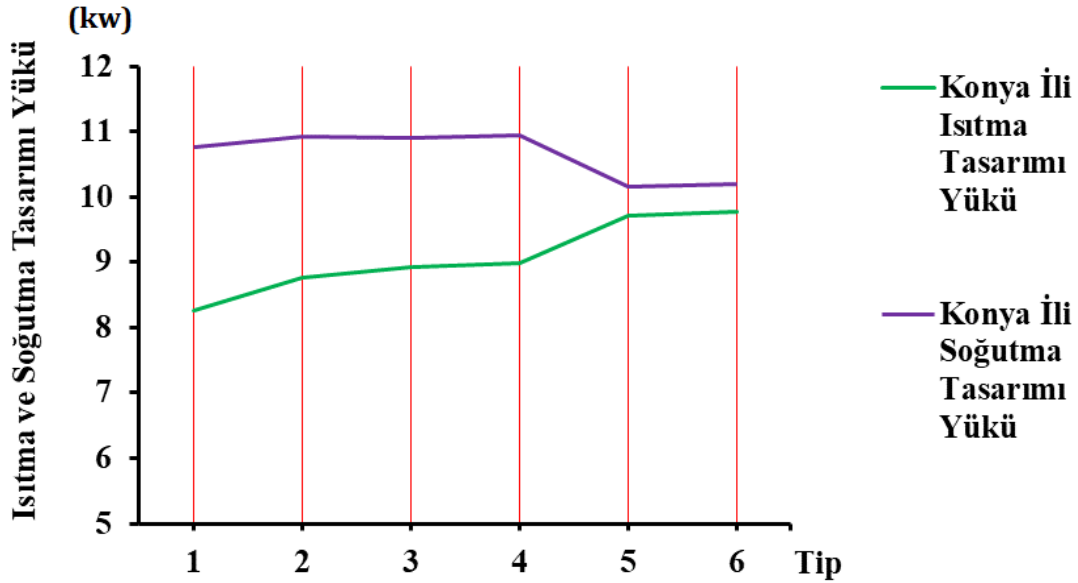
Şekil 4.2. İllere göre Soğutma Tasarımı yükü grafiği (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Erzurum iline ait iklim verileri dosyası, programa tanımlanarak binalar modellenmiştir. Erzurum ili, Türkiye'nin soğuk iklim bölgesinde yer alması yaz aylarında gerekli olan soğutma yükü göz önünde bulundurulduğunda en düşük enerjiye ihtiyaç duyma sebebi saptanabilir.

Erzurum ilinde, 3D yazıcı beton teknolojisi ile 6 farklı duvar konfigürasyonu kullanarak imal edinilmesi düşünülen binalar arasında, C5- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,72 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 5 duvar tipi ile inşaat edilecek bina modeli, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yükü en düşük olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir. 3D baskı teknolojisi ile imal edilecek beton konut projelerinin iklimsel verilere göre konfor karşılaştırması ele alındığında, Erzurum ilinde 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek C5- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,72 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 5 duvar tipi ile inşaat edilecek bina en uygun ve konforlu olacağı tespit edilmiştir.

Konya İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yükü grafikleri Şekil 4.3' de, Erzurum İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yükü grafikleri Şekil 4.4' de, İstanbul İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yükü grafikleri Şekil 4.5' de, İzmir İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yükü

grafikleri Şekil 4.6' de ve Gaziantep İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yükü grafikleri Şekil 4.7' de verilmiştir.

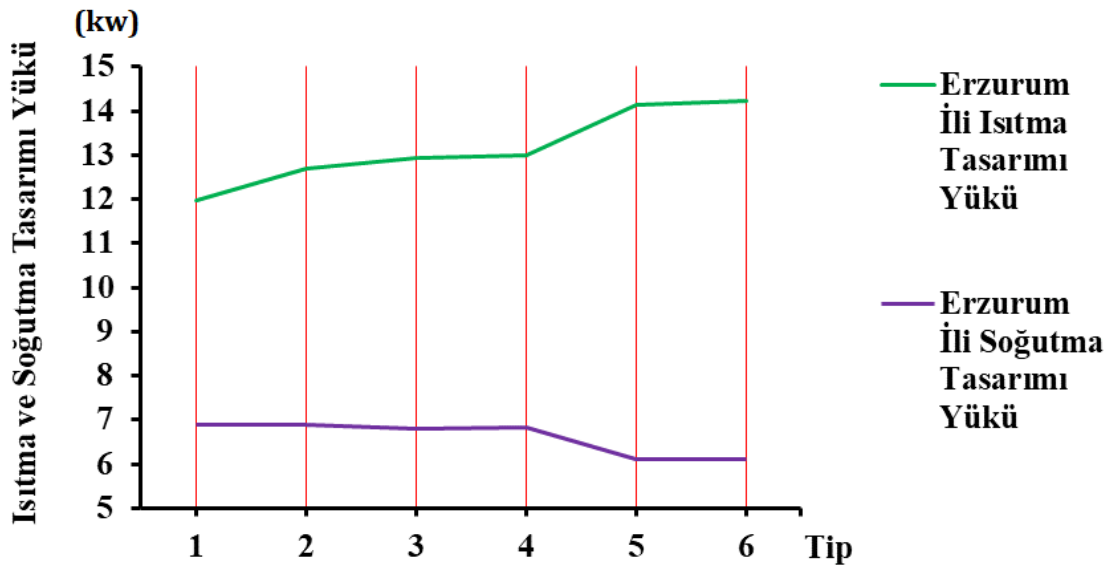


Şekil 4.3. Konya İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yükü grafikleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Konya ilinde, 3D yazıcı beton teknolojisi ile 6 farklı duvar konfigurasyonu kullanarak imal edinilmesi düşünülen binalar arasında, C6- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,34 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 1 duvar tipi ile inşaat edilecek bina modeli, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan Isıtma Tasarımı yükü en düşük olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir. C4- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,73 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 6 duvar tipi ile inşaat edilecek bina modeli için gerekli olan Isıtma Tasarımı yükü en yüksek olduğu Şekil 4.3'te görülebilmektedir. Modellenen binalarda kullanılan duvarların ısı iletkenlik katsayısı Tip 1'den Tip 6'ya kadar arttığı göz önünde bulundurulduğunda, ılıman- kuru iklim bölgesinde bulunan Konya ilinin kış hava koşullarında gerekli olan Isıtma Tasarımı yükü miktarı duvarların ısı iletkenlik katsayısının artmasıyla arttığı Isıtma Tasarımı yükü grafiğine bakıldığında görülebilmektedir.

Modellenen binalarda gerekli olan Soğutma Tasarımı yükü en düşük olarak C5- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,72 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 5 duvar tipi ile inşaat edilecek bina modelinde olduğu Şekil 4.3'te görülebilmektedir. Duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerlerinin artması ile yaz

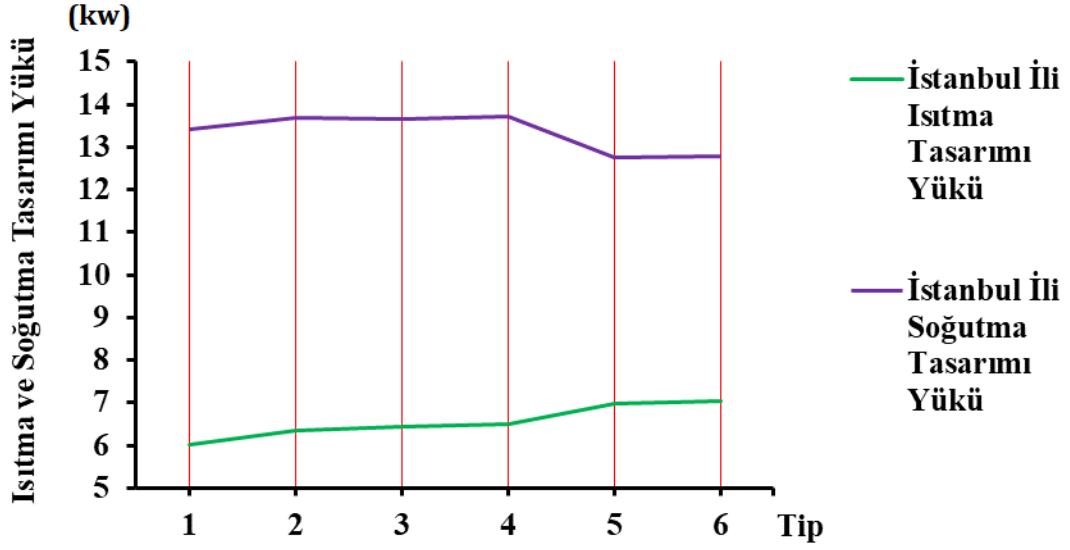
hava koşullarında gerekli olan Soğutma Tasarımı yükü miktarının azalması Konya ilinin ılıman- kuru iklim bölgesinde yer alması ile bağdaştırılabilir.



Şekil 4.4. Erzurum İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yükü grafikleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Erzurum ilinde, Design Builder programı ile modellenen binalar arasında, C6-200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,34 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 1 duvar tipi ile inşaat edilecek bina modeli, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan Isıtma Tasarımı yükü en düşük olduğu, C4- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,73 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 6 duvar tipi inşaat edilecek bina modelinde, binanın kış döneminde konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan Isıtma Tasarımı yükü en yüksek olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir.

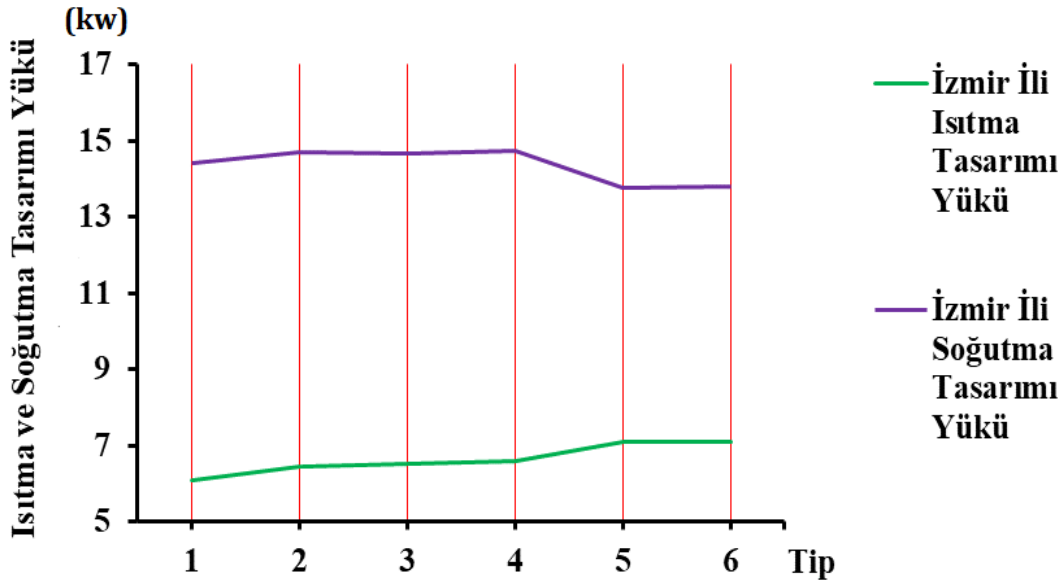
Yaz döneminde gerekli olan Soğutma Tasarımı yükü en düşük olarak C5- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,72 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 5 duvar tipi ile modellenen binada olması, Erzurum ilinin soğuk iklim bölgesinde yer alması ile dış hava koşulları göz önünde bulundurulduğunda modellenen binanın etkilendiği tespit edilebilir.



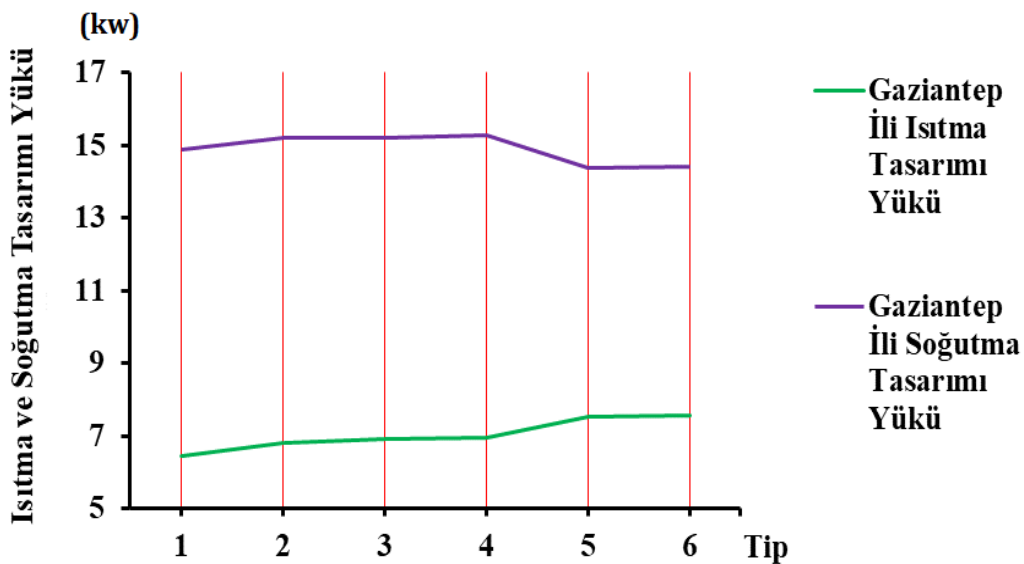
Şekil 4.5. İstanbul İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yüğü grafikleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

İstanbul ilinde, Design Builder programı ile modellenen binalar arasında, C6- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,34 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 1 duvar tipi ile inşaat edilecek bina modeli, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan Isıtma Tasarımı yüğü en düşük olduğu, C4- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,73 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 6 duvar tipi inşaat edilecek bina modelinde, binanın kış döneminde konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan Isıtma Tasarımı yüğü en yüksek olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir.

Yaz döneminde gerekli olan Soğutma Tasarımı yüğü en düşük olarak C5- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,72 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 5 duvar tipi ile modellenen binada olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. İzmir İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yüğü grafikleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)



Şekil 4.7. Gaziantep İli Isıtma ve Soğutma Tasarımı yüğü grafikleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Her il kendi arasında değerlendirildiğinde, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yüğü en düşük Tip 1, C 6-200 mm modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $U=0,34 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan duvar ile modellenen bina olduğu tespit edilmiştir.

Her il kendi içerisinde değerlendirildiğinde, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan soğutma enerji yüğü en düşük Tip 5, C 5-200 mm modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $U=0,72 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan duvar ile modellenen bina olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışmasında Türkiye’de 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek tip beton konut binası, Türkiye’de İSTON tarafından 3D Yazıcı teknolojisi ile imal edilmiş bir konut projesinin mimari özelliklerinden esinlenerek tasarlanmıştır. Ele alınan örnek binanın duvar kalınlığı, oda sayısı ve lokasyonları, binanın kat sayısı gibi parametreler yapılan bu çalışmada benzer alınmaya çalışılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında belirlenen mimari projeye uygun bina modelleri BIM modelleme sistemlerinden Revit 2022 programında modellenmiştir. Daha sonra Türkiye’nin 5 farklı iklim bölgelerinden seçilen referans şehirler (Konya, Erzurum, İstanbul, İzmir, Gaziantep) ele alınarak enerji simülasyonunu yapmak amacıyla bina modeli, enerji simülasyon programlarından Energyplus dinamik ısı simülasyon motorunun arayüzü olan Design Builder simülasyon programına aktararak farklı iklim bölgelerine yönelik enerji simülasyonları yapılmıştır. Çalışmada ele alınan 6 farklı duvar konfigürasyonlarının tipleri ve toplam ısı transfer katsayısı değerleri ile imalatta kullanılacak betonun spesifik değeri araştırılan literatür kaynaklarından ele alınarak bina modelleri oluşturulmuştur. Design Builder programı ile tasarlanan bina modelleri için duvar konfigürasyonları farklı alınmış olup Türkiye’deki 5 farklı iklim bölgesinin iklim veri dosyaları programa tanımlanarak analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda binalar için gerekli ısıtma ve soğutma enerjileri hesaplanmıştır. Sonuç verileri çizelgelerde verilerek çizgi grafiği ile sonuçlar karşılaştırılmıştır.

5.1. Sonuçlar

- 1) Isıtma Tasarımı analiz sonuçlarına bakıldığında 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yükleri kıyaslanarak en konforlu bina tespit edilmiştir.
- 2) Enerji etkin kullanımı göz önünde bulundurulduğunda, referans alınan iller arasında, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yükü en düşük İstanbul ilinde tespit edilmiştir.
- 3) İstanbul iline ait iklim verileri dosyası, programa tanımlanarak binalar modellenmiştir. İstanbul ili, Türkiye’nin ılıman- nemli iklim bölgesinde yer alması kış aylarında gerekli olan ısıtma yükü göz önünde bulundurulduğunda en düşük enerjiye ihtiyaç duyma sebebi saptanabilir.

- 4) İstanbul ilinde,3D yazıcı beton teknolojisi ile 6 farklı duvar konfigürasyonu kullanarak imal edinilmesi düşünülen binalar arasında, C6- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,34 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 1 duvar tipi ile inşaat edilecek bina modeli, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yükü en düşük olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir. 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek beton konut projelerinin iklimsel verilere göre konfor karşılaştırması ele alındığında, İstanbul bölgesinde, 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek C6- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,34 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 1 duvar tipi ile inşaat edilecek bina en uygun ve konforlu olacağı tespit edilmiştir.
- 5) Her il kendi arasında değerlendirildiğinde, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yükü en düşük Tip 1, C 6- 200 mm modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $U=0,34 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan duvar ile modellenen bina olduğu tespit edilmiştir.
- 6) Konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yükü göz önünde bulundurulduğunda, modellenen binalarda ele alınan duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerinin artması ile ihtiyaç duyulan enerjinin arttığı saptanabilir.
- 7) Soğutma Tasarımı analiz sonuçlarına bakıldığında 3D yazıcı beton teknolojisi ile imal edilecek binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan soğutma enerji yükleri kıyaslanarak en konforlu bina tespit edilmiştir.
- 8) Enerji etkin kullanımı göz önünde bulundurulduğunda, referans alınan iller arasında, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan soğutma enerji yükü en düşük Erzurum ilinde tespit edilmiştir.
- 9) Erzurum iline ait iklim verileri dosyası, programa tanımlanarak binalar modellenmiştir. Erzurum ili, Türkiye'nin soğuk iklim bölgesinde yer alması yaz aylarında gerekli olan soğutma yükü göz önünde bulundurulduğunda en düşük enerjiye ihtiyaç duyma sebebi saptanabilir.
- 10) Erzurum ilinde, 3D yazıcı beton teknolojisi ile 6 farklı duvar konfigürasyonu kullanarak imal edinilmesi düşünülen binalar arasında, C5- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,72 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip

5 duvar tipi ile inşaat edilecek bina modeli, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan ısıtma enerji yükü en düşük olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir. 3D baskı teknolojisi ile imal edilecek beton konut projelerinin iklimsel verilere göre konfor karşılaştırması ele alındığında, Erzurum ilinde 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek C5- 200 mm duvar modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $0,72 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan Tip 5 duvar tipi ile inşaat edilecek bina en uygun ve konforlu olacağı tespit edilmiştir.

11) Her il kendi içerisinde değerlendirildiğinde, binanın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için anlık gerekli olan soğutma enerji yükü en düşük Tip 5, C 5-200 mm modeline sahip ve toplam ısı transfer katsayısı değeri $U=0,72 \text{ W/ m}^2\text{K}$ olan duvar ile modellenen bina olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Tartışma

Literatürde bu tez çalışmasında değinilen konu üzerinde farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular ile literatürün örtüştüğü ve ayrıştığı noktalar mevcuttur. Örneğin, Yawen H. ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada geleneksel inşaat yöntemleri kullanılarak elde edilen gaz beton duvarla edilmiş bina ile 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilmiş yeşil bitki bulunduran duvarlara sahip bina arasında kıyaslama yapılmış iken, yapılan bu tez çalışmasında 3D yazıcı teknolojisi ile imalat edilecek farklı duvar konfigürasyonlarının toplam ısı transfer katsayısı değerleri ve yalıtım seviyeleri ele alınarak analizler yapılmış olup bina modelleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Literatürde bulunan bu kaynak ile yapılan bu tez çalışmasında ortak olarak karşılaştırmalı çalışma için seçilen binalar aynı çatı, aynı zemin ve pencere ve kullanılan materyallerin tipleri sabit olarak alınmıştır. Çatı tipi, zemin ve pencere türleri gibi parametreler sabit tutularak duvar tipleri arasında kıyaslanma yapılmıştır. Yapılan bu tez çalışmada binaların ısı performansını değerlendirmek için Design Builder programı kullanılırken literatürden alınan kaynak çalışmada ısı performansını hesaplamak için ısı düğüm ağ modeli formüle edilmiştir. Ayegba, B.O. ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada yapılan bu çalışmayla ortak olarak her iki proje çalışmasındaki binalar Revit 2022 Programında modellenmiştir, modellenen binalar modellenen binaların mimarisi, kullanılan kapı ve pencere türlerinin özellikleri gibi ve benzeri özellikler sabit tutulmuştur. Bahsi geçen çalışmada bina modellerinde değişken değer olarak sadece dış duvarlar ele alınmışken, yapılan bu tez çalışmasında

bütün duvarlar değişken değere dahil edilmiştir. Ayegba, B.O. ve ark. (2022) çalışmasında 4 farklı yalıtım malzemesi ele alarak toplam ısı transfer katsayısı değerleri farklı olan 4 farklı duvar tipi oluşturulmuş iken yapılan bu tez çalışmasında literatürdeki kaynaktan farklı olarak tek tip yalıtım malzeme türü ele alınıp 6 farklı duvar konfigürasyonu oluşturulmuştur. Ele alınan duvar konfigürasyonların toplam ısı transfer katsayısı değerleri sisteme tanımlanmıştır.

Literatürde olan kaynak çalışma ile yapılan bu tez çalışmasından farklı olarak 3 farklı beton karışım türü ele alınmışken iken yapılan bu tez çalışmasında tek tip beton karışım türü ele alınmış olup her iki çalışmada ele alınan karışım türleri farklı olarak alınmıştır.

Literatürde bulunan kaynak çalışmada, modellenen binalar için tek bir lokasyon ele alınarak o bölgelerin iklim verileri Design Builder programına tanımlanmış iken yapılan bu çalışmada 5 farklı iklim bölgesinde 3D yazıcı ile imal edilmesi düşünülen bina modelleri için 5 ayrı lokasyon ele alınmış olup her lokasyonun iklim veri dosyaları sisteme tanımlanmıştır. Yapılan bu tez çalışmasında, literatür çalışmasından farklı olarak Design Builder programına veri girişleri şekiller ile anlatılmıştır ve modellenen duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerleri programda hesaplanarak çizelgeler halinde gösterilmiştir. Literatür çalışmasında, sadece duvarlarda kullanılacak yalıtım malzemesinin toplam ısı transfer katsayısı değerlerine yer verilmiş olup alınan veri değerleri Design Builder programının bilgi havuzundan alınmıştır. 3D yazıcı ile üretilen yalıtımlı duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerleri çalışmada bahsedilmemiştir. Mahdi E. ve ark. (2022) çalışmasında, 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek binalarda, baskı betonlarında 2 farklı beton karışımı ele alınmıştır ve geleneksel Portland çimentosuna göre enerji etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Literatür çalışmasından farklı olarak yapılan bu çalışmada tek tür beton karışımı ele alınmıştır ve 3D yazıcı ile imalat edilecek duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerleri verilmiştir. Literatür çalışmasında beton karışım türleri ile imalat edilen duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerlerinden bahsedilmemiştir. Mahdi E. ve ark. (2022) yaptıkları çalışma ve yapılan bu tez çalışmasında ortak olarak 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek bir binanın enerji performansını araştırmak için enerji analiz programı olan Design Builder programı kullanılmıştır.

5.3. Öneriler

Günümüzde yaşanan çevre sorunları ve enerji tüketimindeki artış açısından bina sektörünün önemli bir paya sahip olması, binaların enerjiyi etkin bir şekilde kullanımı zorunlu hale getirmektedir. Rahatlık ve konfor koşulları ihmal edilmeden sosyal hayatta, yüksek verim ve performans elde edilerek binalarda enerji kullanımı minimum düzeye indirgenmelidir. Ülkemizde düzensiz kentleşme sebebiyle enerjiyi etkin kullanmak göz önüne alınmamıştır. Sürdürülebilir bir gelecek için enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması amacıyla çözüm yollarının bulunmalı, enerji etkin iyileştirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Minimum maliyet ve kaynak kullanımı göz önünde bulundurulduğunda, beton bina yapımında, geleneksel inşaat yöntemlerinin yanı sıra 3D baskı yöntemiyle beton konut projelerinin yapımı önem arz etmektedir. Enerjiyi verimli kullanmak ve Dünya'nın tehlikesi altında olduğu küresel ısınmayı yavaşlatıcı önlemler almak gerekmektedir.

Geleneksel inşaat yöntemlerinde malzeme ve işçilik giderleri, atık malzeme oluşumu ve uzun inşa süreci, inşaat maliyetini arttırmaktadır. 3D baskı teknolojisi ile bu maliyet miktarı azaltılabilir. İş gücü ve yapım sürecinde harcanılan enerji miktarı göz önünde bulundurulduğunda geleneksel inşaat yöntemine kıyasla 3D baskı beton teknolojisi ile minimum düzeyde işçi kullanılarak en kısa süre içerisinde bina yapımı söz konusudur. Geleneksel inşaat yöntemlerinde çok miktarda atık malzeme ortaya çıkmakta ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Enerji etkinlik esasına göre 3D baskı teknolojisi ile çok az miktarda atık malzeme oluşmakta ve geri dönüştürülmüş atık malzemeler kullanılarak daha az enerji ile sessiz ve çevreye zehirli gaz salımı yapmadan bina üretimi söz konusudur. Binalarda tüketilen enerji miktarı göz önünde bulundurulduğunda, geleneksel inşaat yöntemine kıyasla 3D baskı yöntemiyle beton bina üretimi ile enerjiyi etkin olarak kullanılabilmesi için bu alanda yapılacak çalışmalara öncü olunmalı ve destek verilmelidir.

Ülkemizde yaşanan deprem felaketleri sonucunda, hızlı bir şekilde iş gücü olmadan insanların barınma ihtiyacını karşılamak ve insanlar için yaşam alanı oluşturmak amacıyla 3 D baskı teknolojisi ile beton bina üretimi yapılabilir ve bu alanda yapılacak bilimsel çalışmalara öncelik verilebilir. Çalışmada enerji simülasyon programı aracılığı ile elde edilen hesaplama sonuçları analiz edilerek enerji etkin yaklaşıma dayalı ileriye yönelik yapılacak çalışmalara yön vermesi hedeflenmiştir.

Tez çalışmasından elde edilen verilere göre aşağıdaki önerilere dikkat çekilebilir;

- 1) Duvar kesiti enerji verimliliğini ya da tüketiminin önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle 3D yazıcı teknolojisi ile imal edilecek bir beton konut projelerinde duvar kesitlerinin seçiminde bu çalışmadaki yaklaşım ile önceden konfor analizi yapılması son derece önemlidir.
- 2) İklim verilerine göre sonuçlar değişmektedir. Bu sebepten iklim bölgelerine göre en verimli duvar kesitinin belirlenmesi uzun vadede ekonomik getirileri olacaktır.
- 3) Yeni tip duvarların üretilmesi durumunda öncelikle bu duvarların toplam ısı transfer katsayısı değerlerinin hesap edilmesi ve sonrasında bulunan değerlere göre tasarım çıktılarının binalar imal edilmeden önce yapılması gerekmektedir.
- 4) Design Builder programı ile enerjiyi etkin kullanan bina modelinin tespit edilmesi için Isıtma ve Soğutma Tasarımı analizlerinin haricinde Design Builder programının içinde yer alan Simülasyon bölümünden hem ısıtma hem de soğutma için gerekli olan enerji miktarları aylık olarak veya belirli bir tarih referans alınarak kıyaslanabilir. Ayrıca bu aylık yük değerlerini toplayarak yıllık gerekli olan enerji miktarları yönünden modellenen binaları karşılaştırarak enerjiyi etkin kullanan bina modellerini tespit edilebilir.
- 5) Ayrıca bu tez çalışmasının devamı olarak 3D yazıcı betonla yapılması düşünülen bina ile aynı mimari özelliklere sahip duvarları tuğla, beton veya briket gibi malzemeler ile geleneksel yöntemlerle yapılması planlanan binalar Design Buider programında modellenenebilir ve Isıtma ve Soğutma Tasarımı analizleri sonuçlarını kıyaslayarak enerji verimliliği açısından en uygun binayı tespit edilebilir.

Bu tez çalışmasında test edilen binalar ve elde edilen sonuçlar Türkiye’de gelecekte 3D yazıcı beton ile imal edilecek binaların modellenmesinde önemli bir veri olacağı düşünülmektedir. Elbette bina plan tipinin sabit seçilmesi, binada boşluk/doluluk oranlarının sabit olması, çatı tipinin sabit seçilmesi vs. gibi faktörler sonuçlara etki edecektir. Bu nedenle bu değişkenlerinde ayrı çalışmalarda ele alınıp çalışmalardan elde edilecek sonuçların bir bütün olarak değerlendirilmesinde fayda vardır.

KAYNAKLAR

- Alkhalidi, A., Hatuqay (2020), D. Energy efficient 3D printed buildings: Material and techniques selection worldwide study. *J. Build. Eng.*, 30, 101286. [CrossRef]
- Albatayneh, A. (2021), Optimisation of building envelope parameters in a semi-arid and warm Mediterranean climate zone. *Energy Reports*, 7, 2081-2093.
- Alec (2014), "Slovenian construction pioneers BetAbram share footage of their 3D house printers in action", retrieved february 2015, from 3ders.org.
- Anderson, S. (2015), "Concrete Plans: CyBe's Berry Hendriks Describes Plans to 3D Print with Mortar", retrieved january 2015, from 3Dprint.com.
- Ansys Inc, Ansys Fluent 12.0 theory guide - 5.2.1 heat transfer theory (Accessed, 26 February 2019).
- Ayegba, B.O., Egbe, K.-J.I., Matin Nazar, A., Huang, M., Hariri-Ardebili, M.A. (2022), Resource Efficiency and Thermal Comfort of 3D Printable Concrete Building Envelopes Optimized by Performance Enhancing Insulation: A Numerical Study. *Energies*, 15, 1069.
- Bergero, S. ve Chiari, A. (2021), Validation and calibration of dynamic energy models: energy audit of a public building. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2116, No. 1, p. 012107). IOP Publishing.
- Bharath, B., Sami, A. ve Rastogi, K. (2021), Analysis of a Structure for Efficient Energy Utilization Using Design Builder. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1017, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
- Chuck Hull (2016), ' Don't give up: The inventor of 3D printing tells his story'.
- Çengel Yunus A. (2015) 'Isı ve Kütle Transferi' Palme Yayınevi.

Demirtaş A. (2011), Farklı İklim Bölgelerinde Otel Yapılarının Isıtma ve Soğutma Yükleri Açısından Karşılaştırılması (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2011.

Fatih Ö., Halit D. Y. Şenol Y. (2018), “3D Yazıcı Teknolojisine Uygun Sürdürülebilir ve Yenilikçi Betonların Geliştirilmesi.

García-Alvarado, R., Moroni-Orellana, G., Banda-Pérez, P. (2021) Architectural Evaluation of 3D-Printed Buildings. Buildings, 11, 254.

Göksu, Ç. (1999), Güneş Kent. Ankara: Göksu Yayınları, 88-134.

H. Barrios-Pina, S. Viazzo, C. Rey (2017), Total energy balance in a natural convection flow, Int. J. Numer. Methods Heat Fluid Flow 15.

Heydari, A., Sadati, S. E. ve Gharib, M. R. (2021). Effects of different window configurations on energy consumption in building: Optimization and economic analysis. Journal of Building Engineering, 35, 102099.

H. Lee (2019), Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 18, (Accessed 27 February 2019).

Kabaklı, K. (2018), Türkiye’de bulunan farklı bina tipolojilerinde yerinde üretim olanaklarının enerji verimliliği çerçevesinde değerlendirilmesi. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 3 Ocak 2018, Ankara.

Khoshnevis, B., Hwang, D., Yao, K., Yeh, Z. (2006), “Megascale fabrication by contour crafting”, Int. J. Industrial and Systems Engineering, 1(3), 301-320.

Kısa Ovalı, P. (2009). Türkiye İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistematiğinin Oluşturulması-Kayaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi. (Yayınlanmamış Doktora Tezi) Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 49-61.

Kim K., Park S., Kim W, Jeong Y and Lee J. (2017), “Evaluation of Shear Strength of RC Beams with Multiple Interfaces Formed before Initial Setting Using 3D Printing Technology”, MDPI Materials vol 10.

Koç H.B. (2021), Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Kabuğunun Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım: Tip Eğitim Yapısı Örneği. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi) Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 17-26.

Krassenstein, E. (2014), “First Entirely 3D Printed Estate is Coming to NY, Including a 3D Printed 2400 Sqft House, Pool & More”, retrieved february 2015, from 3Dprint.com.

İndigo dergisi (2021), ‘İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTON, 3 boyutlu yapıcı (3D) ile 3+1ev yapmaya başladı’.

IAAC (2014), Minibuilders, retrieved june 2014, from iaac.net.) Innovation, C. C. (2007). Adopting BIM for facilities management: Solutions for managing the Sydney Opera House. Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane, Australia.

Le, T., Austin, S., Lim, S., Buswell, R., Law, R., Gibb, A., etal. (2011), “Hardened properties of highperformance printing concrete”, Cement and Concrete Research,42, 558-566.

Mangan, S. D. ve Oral, G. K. (2013), Türkiye’nin farklı iklim bölgelerinde bir konut binasının enerji etkin iyileştirilmesi. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20.

Manioğlu, G. (2002), Isıtma Enerjisi Ekonomisi ve Yaşam Dönemi Maliyeti Açısından Uygun Bina Kabuğu ve İşletme Biçimi Seçeneğinin BelirlenmesindeKullanılabilecek bir Yaklaşım. (Doktora Tezi). İ.T.Ü., İstanbul.

Mahdi E., Mohammad M., Alireza A., Rahim Z. (2022), ‘Investigation of thermal performance and life-cycle assessment of a 3D printed building’, Department of Renewable Energies and Environment, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, North Kargar Street, Tehran, Iran.

Orhon, İ., Küçükdoğu, M. Ş., Ok V. (1988), Doğal İklimlendirme, Toplu Konut İşletmesi Proje Planlama Tasarım El Kitabı, Ankara: Tubitak Yayın No: U.9-22.

Oxman, N., Keating, S., Tsai, E. (2011), “Functionally Graded Rapid Prototyping, Innovative Developments in Virtual and Physical Prototyping”, Proceedings of the 5th International Conference on Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping.

Rael, R., San Fratello, R. (2011), “Developing Concrete Polymer Building Components for 3D Printing”, Integration through computation - Acadia 2011 Proceedings.

Saunders, S. (2017), “3D Printed Concrete Bridge in the Netherlands Officially Open to Cyclists, Eindhoven University of Technology (TU/e)”.

Sıfır Enerji ve Pasif Ev Derneği (2020), Passive house institute (2005). Türkiye İklimi, Temmuz 2017.

Suntharalingam T., Upasiri I., Gatheeshgar P., Poologanathan K., Nagaratnam B., Santos P. (2021), ve Rajanayagam H., Buildings 2021, 11(10), 432.

Tay, Y.W.D., Panda, B., Paul, S.C., Mohamed, N.A.N., Tan,M.J., Leong, K.F. (2017),
 “3D printing trends in building and construction industry: A review”,
 VirtualPhys. Prototyp. 12,261–276.

T.L. Bergman, A.S. Lavine, F.P. (2011), Incropera, et al., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, seventh ed., John Wiley sons.

Yawen He, Yamei Zhang, Chao Zhang, Hongyu Zhou (2020) ‘Energy-saving potential of 3D printed concrete building with integrated living wall’
 Energy & Buildings.

Yingchuang (2015), Yingchuang.com, retrieved february 2015.

Wolf, R.J.M. (2015), “3D Printing of Concrete Structures,Eindhoven University ofTechnology Department of the Built Environment””, Graduation Thesis.

URL-1 <https://www.sektorundergisi.com/pasif-ev/>

URL-2 <https://www.webtekno.com>

URL-3 <https://indigodergisi.com/2021/07/ibb-iston-3-boyutlu-yazici-3d-ev/>

URL-4 <https://3dprint.com/191375/3d-printed-concrete-bridge-open>

URL-5 <doi:www.passivehouse.com>

URL-6 <https://konya.mgm.gov.tr/istasyonlar.aspx>

URL-7 [WMO Region 6 - Europe \(onebuilding.org\)](https://www.onebuilding.org)

URL-8 https://en.wikipedia.org/wiki/Chuck_Hull

URL-9 <https://www.enerjigazetesi.ist/kose-yazisi-turkiyede-enerji-verimliliği-ve-mevzuatı/>