
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

BİNA MORFOLOJİSİ VE ENERJİ ETKİN MİMARİ TASARIMDA GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMI BAĞLAMINDA OPTİMUM FORM ANALİZLERİ

Fulya Pelin CENGİZOĞLU BAŞARAN

DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Fulya Pelin CENGİZOĞLU BAŞARAN

24/12/2021

BİNA MORFOLOJİSİ VE ENERJİ ETKİN MİMARİ TASARIMDA GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMI BAĞLAMINDA OPTİMUM FORM ANALİZLERİ

(Doktora Tezi)

Fulya Pelin CENGİZOĞLU BAŞARAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2021

ÖZET

Günümüzde enerji sorunu, diğer alanlarda olduğu gibi mimarlık alanında da üzerinde durulan problemler arasında yer almaktadır. Bu soruna mimarlık alanında geliştirilen başlıca çözüm enerji etkin tasarımdır. Ancak mimarlık alanında enerji etkinlik konusunun çoğunlukla yapı teknolojileri ile malzeme ölçeğinde tasarımın ilerleyen kısımlarında ilişkilendirildiği görülmektedir. Tasarımın bir bütün olarak ele alındığı çalışmaların çoğaltılması ve planlamanın ilk evresinde malzemeden önce form kararlarıyla başlanarak, enerji etkinlik konusunun bir biçimlendirme girdisi olarak ele alınması ve bina kompozisyonlarının bu girdi ile oluşturulması, enerji verimli mimari tasarımların yapılabilmesi için gereklidir. Bu bağlamda tez çalışması kapsamında, biçimlendirme yaklaşımlarıyla tasarlanmış mevcut bina tipolojilerinin güncel yorumu ve modernist tipolojilerin deforme edilerek oluşturulan varyasyonlarının enerji performanslarının değerlendirilmesi ile iklim bölgesi özelinde güneşten maksimum enerji kazancı sağlayan optimum mimari formların belirlenmesi ve yapılarda tüketilen ısıtma yükünün azaltılması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, alan çalışmasının yapılacağı konum, Ankara olarak belirlenmiştir. Çalışmada form parametresi, diğer çalışmalardan farklı olarak geometrik ve organik mimari formlar olarak ele alınmıştır. Öncelikli olarak, asal geometrik formlar ve ara varyasyon geometrik formlar oluşturulmuştur. Ardından asal geometrik formlardan ve ara varyasyon geometrik formlardan türetilmiş organik form modelleri oluşturulmuştur. Son olarak oluşturulan organik formların güneye bakan cepheleri düşeyde eğilerek deforme edilmiştir ve bina tip sınıflama tablosu oluşturulmuştur. Alan çalışması kapsamında, geniş yüzeyleri güneye yönlenecek şekilde konumlandırılan 30 farklı mimari formun, Design Builder simülasyon programı kullanılarak güneş ışınımı analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak, güneşin hareket eksenini yatayda ve güneşin yeryüzüyle yaptığı açıyı düşeyde takip ederek biçimlenen eğrisel organik formlu binaların, daha fazla güneş enerjisi kazanımı sağladığı görülmüştür. Elde edilen verilerin, daha sonra yapılacak çalışmalara kaynak ve değişik durumlarda tasarım verilerine yardımcı bir altlık oluşturması beklenmektedir.

Bilim Kodu	:	80107
Anahtar Kelimeler	:	Mimari tasarım, enerji etkin tasarım, güneş enerjisi kazanımı, mimari form, bina morfolojisi
Sayfa Adedi	:	206
Danışman	:	Doç. Dr. Mehmet Tayfun YILDIRIM

OPTIMUM FORM ANALYSES IN THE CONTEXT OF BUILDING MORPHOLOGY AND SOLAR ENERGY GAINING IN ENERGY EFFICIENT ARCHITECTURAL DESIGN

(Ph. D. Thesis)

Fulya Pelin CENGİZOĞLU BAŞARAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2021

ABSTRACT

Today, the energy problem is among the problems that are emphasized in the field of architecture, as in other fields. The main solution developed in the field of architecture to this problem is energy efficient design. However, it is seen that the issue of energy efficiency in the field of architecture is mostly associated with building technologies in the later parts of the design at the material scale. It is necessary to reproduce the studies in which the design is handled as a whole and to start with the form decisions before the material in the first phase of the planning, to consider the energy efficiency issue as a shaping input and to create the building compositions with this input in order to make energy efficient architectural designs. In this context, within the scope of the thesis, it is aimed to determine the optimum architectural forms that provide maximum energy gain from the sun in the climate region, and to reduce the heating load consumed in the buildings, by evaluating the energy performance of the current interpretation of the existing building typologies designed with shaping approaches and the variations created by deforming the modernist typologies. Accordingly, the location where the fieldwork will be conducted has been determined as Ankara. In the study, the form parameter was considered as geometric and organic architectural forms, unlike other studies. Primarily, basic geometric forms and derived variation geometric forms were created. Then, organic form models derived from basic geometric forms and derived variation geometric forms were created. Finally, the south-facing facades of the organic forms created were deformed by bending vertically and the building type classification table was created. Within the scope of the field study, solar radiation analyzes of 30 different architectural forms, whose large surfaces are oriented to the south, were made using the Design Builder simulation program. As a result, it has been seen that the curvilinear organic form buildings, which are shaped by following the sun's axis of movement horizontally and the sun's angle with the earth vertically, provide more solar energy gain. It is expected that the obtained data will be a source for future studies and a helpful base for design data in different situations.

Science Code	:	80107
Key Words	:	Architectural design, energy efficient design, solar energy gain, architectural form, building morphology
Page Number	:	206
Supervisor	:	Assoc. Prof. Dr. Mehmet Tayfun YILDIRIM

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince desteğini ve yardımını benden esirgemeyen, değerli fikirleriyle ve bilgisiyle bana yol gösteren ve anlayışlı davranarak hep yanımda olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet Tayfun YILDIRIM'a ve tez izleme sürecinde değerli görüşlerinden yararlandığım ve tezin gelişmesinde katkıları olan hocalarım Sayın Prof. Dr. Can Mehmet HERSEK ve Sayın Prof. Dr. Figen BEYHAN'a ve jüride yer alarak tez çalışmasına yönelik değerli katkılarda bulunan hocalarım Sayın Prof. Dr. Sare SAHİL ve Sayın Prof. Dr. Ali Murat TANYER'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi tez sürecim boyunca da her zaman yanımda olan, her türlü maddi ve manevi desteği benden esirgemeyen babam Dr. Mehmet Fikri CENGİZOĞLU'na, bana sonsuz güvenen, varlıklarıyla bana güç vererek hep yanımda olan, tezimin gelişmesinde fikirleriyle bana destek olan ve beni sürekli motive eden en değerlilerim kardeşlerim Helin, Behram ve Barış CENGİZOĞLU'na, kuzenlerim Şilan, Dilan ve teyzem Gülistan AKGÜL'e, ablamın eşi Barış AKKOÇ'a, lisansüstü eğitimimi tamamlamamı gönülden isteyerek bu konuda bana güvenen dayım Halil BESEN'e ve tez süreci boyunca anlayışlı davranarak bana yardımcı olan ve beni destekleyen eşim İlker BAŞARAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu süreçte yanımda olan ismini sayamadığım tüm yakınlarıma, meslektaşlarıma, çalışma arkadaşlarıma, hocalarıma ve emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak; bugünlere gelmemde en çok emeği olan, her zaman her koşulda bize güvenen, bizi destekleyen ve manevi varlığını hep hissettiğimiz, bizi bir yerlerden izlediğine, bizimle gurur duyduğuna ve elinin hep üzerimizde olduğuna emin olduğum en kıymetlim canım annem Yadigar CENGİZOĞLU'na sonsuz minnetlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ viii

ŞEKİLLERİN LİSTESİ ix

RESİMLERİN LİSTESİ x

HARİTALARIN LİSTESİ xi

SİMGELER VE KISALTMALAR xii

1. GİRİŞ 1

2. BİNA BİÇİMLENDİRME YAKLAŞIMLARI VE BİÇİMSEL SINIFLAMALAR 7

2.1. Mimari Formun Kavramsal Gelişimi 7

2.2. Mimari Formu Oluşturan Etmenler 16

2.3. Mimari Formu Oluşturan Biçimlendirme Yaklaşımları 22

2.3.1. Pragmatik yaklaşım 27

2.3.2. Tipolojik yaklaşım 31

2.3.3. Analojik yaklaşım 34

2.3.4. Kanonik yaklaşım 39

3. ENERJİ ETKİNLİK TEKNOLOJİLERİ VE YAPI ELEMANLARI 43

3.1. Enerji Etkin Bina Tasarımı Kavramı 43

3.2. Enerji Etkin Bina Tasarım Parametreleri 45

Sayfa

3.2.1. Doğal çevreye ilişkin etmenler 47

3.2.2. Yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri 50

3.3. Güneş Enerjisi ve Binalarda Kullanımı 62

3.3.1. Aktif güneş sistemleri 67

3.3.2. Pasif güneş sistemleri 75

4. BİÇİM–YÖN–İKLİM BAKIMINDAN ENERJİ PERFORMANSI ANALİZİ 95

4.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi 96

4.1.1. Alana ilişkin güneş verileri 96

4.2. Bina Formlarına İlişkin Verilerin Belirlenmesi 99

4.2.1. Bina morfolojisi bağlamında mimari form sınıflamalarının oluşturulması 104

4.2.2. Bina formu alternatiflerinin geliştirilmesi 107

4.3. Çalışmada Kullanılan Design Builder Simülasyon Programının Tanıtılması 111

4.3.1. Simülasyon çalışmasına ilişkin kabullerin belirlenmesi 112

4.4. Simülasyon Programı Aracılığıyla Yapılan Enerji Analizlerine İlişkin Veriler. 115

4.4.1. Tip 1 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 117

4.4.2. Tip 2 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 124

4.4.3. Tip 3 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 131

4.4.4. Tip 4 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 138

4.4.5. Tip 5 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 145

4.4.6. Tip 6 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 152

4.4.7. Tip 7 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 159

4.4.8. Tip 8 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 166

4.4.9. Tip 9 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 173

4.4.10. Tip 10 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları 180

Sayfa

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 187

KAYNAKLAR 193

EKLER 201

EK-1. Türkiye iklim ve derece-gün bölgeleri 202

EK-2. Tüm formların güneş ışınımı analiz sonuçları 204

ÖZGEÇMİŞ 205

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Mimarlıkta değerlendirme ölçütleri 17

Çizelge 3.1. Doğal iklimlendirme parametreleri 46

Çizelge 3.2. İklim bölgelerine göre optimum bina konumları 52

Çizelge 3.3. İklim bölgeleri kapsamında rüzgâr ve güneşe göre binalar arası uzaklıklar 53

Çizelge 3.4. Kısa dalga radyasyon parametreleri 64

Çizelge 3.5. Uzun dalga radyasyon parametreleri 65

Çizelge 3.6. Güneş ışığı kullanan sistemler 73

Çizelge 3.7. Dağınık gün ışığı kullanan sistemler 73

Çizelge 3.8. Solda dağınık ışık, sağda güneş ışığı yönlendirme sistemleri 74

Çizelge 3.9. A (üstte) ışık dağıtma sistemleri, B (altta) ışık taşıma sistemleri 75

Çizelge 3.10. Doğrudan kazanç sistemlerinde gerekli tahmini termal kütle kuralları 82

Çizelge 4.1. Kare geometrik – Kare organik – Kare deforme organik formlar enerji kazançları 119

Çizelge 4.2. Kare geometrik – Kare organik – Kare deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri 121

Çizelge 4.3. Üçgen geometrik – Üçgen organik – Üçgen deforme organik formlar enerji kazançları 125

Çizelge 4.4. Üçgen geometrik – Üçgen organik – Üçgen deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri 127

Çizelge 4.5. Daire geometrik – Daire organik – Daire deforme organik formlar enerji kazançları 131

Çizelge 4.6. Daire geometrik – Daire organik – Daire deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri 133

Çizelge 4.7. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formlar enerji kazançları 137

Çizelge 4.8. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri 139

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.9. L tipi geometrik – L tipi organik – L tipi deforme organik formlar enerji kazançları 143

Çizelge 4.10. L tipi geometrik – L tipi organik – L tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri..... 145

Çizelge 4.11. U tipi geometrik – U tipi organik – U tipi deforme organik formlar enerji kazançları 149

Çizelge 4.12. U tipi geometrik – U tipi organik – U tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri..... 151

Çizelge 4.13. E tipi geometrik – E tipi organik – E tipi deforme organik formlar enerji kazançları 155

Çizelge 4.14. E tipi geometrik – E tipi organik – E tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri..... 157

Çizelge 4.15. H tipi geometrik – H tipi organik – H tipi deforme organik formlar enerji kazançları 161

Çizelge 4.16. H tipi geometrik – H tipi organik – H tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri..... 163

Çizelge 4.17. T tipi geometrik – T tipi organik – T tipi deforme organik formlar enerji kazançları 167

Çizelge 4.18. T tipi geometrik – T tipi organik – T tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri..... 169

Çizelge 4.19. X tipi geometrik – X tipi organik – X tipi deforme organik formlar enerji kazançları 173

Çizelge 4.20. X tipi geometrik – X tipi organik – X tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri..... 175

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.1. Ankara ili 2004-2018 yılları ortalama güneş radyasyonu (soldaki görsel) ve aylık ortalama güneş radyasyonu (sağdaki görsel) değerleri 99

Şekil 4.2. Bina morfolojisi ve güneş enerjisi kazancı bağlamında oluşturulan mimari formların sınıflandırmasında kullanılan yöntem akış şeması 106

Şekil 4.3. Kare geometrik – Kare organik – Kare deforme organik formlar birim m² enerji kazançları 120

Şekil 4.4. Kare geometrik ve kare organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 121

Şekil 4.5. Kare geometrik – Kare organik – Kare deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 123

Şekil 4.6. Üçgen geometrik – Üçgen organik – Üçgen deforme organik formlar birim m² enerji kazançları 127

Şekil 4.7. Üçgen geometrik ve üçgen organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 128

Şekil 4.8. Üçgen geometrik – Üçgen organik – Üçgen deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 130

Şekil 4.9. Daire geometrik – Daire organik – Daire deforme organik formlar birim m² enerji kazançları 134

Şekil 4.10. Daire geometrik ve daire organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 135

Şekil 4.11. Daire geometrik – Daire organik – Daire deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 137

Şekil 4.12. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formlar birim m² enerji kazançları 141

Şekil 4.13. Dikdörtgen geometrik ve dikdörtgen organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 142

Şekil 4.14. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 144

Şekil 4.15. L tipi geometrik – L tipi organik – L tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları 148

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.16. L tipi geometrik ve L tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 149

Şekil 4.17. L tipi geometrik – L tipi organik – L tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 151

Şekil 4.18. U tipi geometrik – U tipi organik – U tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları..... 155

Şekil 4.19. U tipi geometrik ve U tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 156

Şekil 4.20. U tipi geometrik – U tipi organik – U tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 158

Şekil 4.21. E tipi geometrik – E tipi organik – E tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları..... 162

Şekil 4.22. E tipi geometrik ve E tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 163

Şekil 4.23. E tipi geometrik – E tipi organik – E tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 165

Şekil 4.24. H tipi geometrik – H tipi organik – H tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları..... 169

Şekil 4.25. H tipi geometrik ve H tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 170

Şekil 4.26. H tipi geometrik – H tipi organik – H tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 172

Şekil 4.27. T tipi geometrik – T tipi organik – T tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları..... 176

Şekil 4.28. T tipi geometrik ve T tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 177

Şekil 4.29. T tipi geometrik – T tipi organik – T tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 179

Şekil 4.30. X tipi geometrik – X tipi organik – X tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları..... 183

Şekil 4.31. X tipi geometrik ve X tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları 184

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.32. X tipi geometrik – X tipi organik – X tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü 186

Şekil 5.1. Geometrik – Organik – Deforme organik formlar soğuk dönem birim m² enerji kazanç karşılaştırması 187

Şekil 5.2. Geometrik – Organik – Deforme organik formlar soğuk dönem birim m² enerji kazançları yüzdelik karşılaştırma..... 188

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 2.1. Solda doğal form, sağda yapay form 9

Resim 2.2. Asal geometrik form planları 10

Resim 2.3. Ara varyasyon geometrik form planları 10

Resim 2.4. Düzenli ve düzensiz formlar 11

Resim 2.5. Düzenli, düzensiz ve karma formlar 11

Resim 2.6. Solda statik form örneği ve sağda dinamik form örneği 12

Resim 2.7. Mimari formun görsel özellikleri 14

Resim 2.8. R. L. Vickery'e göre formun oluşumunda etkili olan kriterler 21

Resim 2.9. Biçime veri sağlayan bilim dalları 23

Resim 2.10. Mimari biçim ve bilim dalları ilişkisi 23

Resim 2.11. Pragmatik yaklaşım örnekleri 28

Resim 2.12. Pragmatik yaklaşımla oluşturulan formlar 29

Resim 2.13. Kızılderili çadırları 31

Resim 2.14. Dört farklı konut tipinin çatı kombinasyonları 33

Resim 2.15. Sedad Hakkı Eldem'in Türk Evi plan tipolojileri: dış sofalı, eyvanlı, iç sofalı, orta sofalı 34

Resim 2.16. Solda tipik bir Mondrian resmi P. Mondrian, 1917, sağda Schroder Evi Reitveld-Utrecht-Hollanda 35

Resim 2.17. Sakkara'da bulunan basamaklı piramit kompleksi, M.Ö. 2800 35

Resim 2.18. Louvre Piramidi, I.M.Pei, Paris, 1989 36

Resim 2.19. Sidney Opera Binası, Jorn Utzon, Avustralya, 1959-1973 37

Resim 2.20. Şelale Evi, Frank Lloyd Wright, Pensilvanya, 1935-1937 37

Resim 2.21. Teknoloji Enstitüsü Yurdu, Alvar Aalto, Boston, 1946-1948 38

Resim 2.22. Solda Mısır orantı düzeni, sağda Le Corbusier'in Modülor'u 39

Resim **Sayfa**

Resim 2.23. Kanonik yaklaşım örneği, Louis Kahn, Pennsylvania Üniversitesi 40

Resim 2.24. Hattenbach Konutu, Santa Monica, Kaliforniya, 1971-1973, Raymond Kappe - Gridal organizasyon örneği 40

Resim 2.25. Robert Miller Evi III tasarım geliştirme çizimleri, Lakeville, Connecticut, 1971, Peter Eisenman – Küpün deformasyonu 41

Resim 3.1. Konfor bölgesi ve dışında kalan alanlar 47

Resim 3.2. Topoğrafyanın mikroklimaya etkisi 49

Resim 3.3. Güney-kuzey yamaçlarının karşılaştırılması 50

Resim 3.4. Güney-kuzey yamaçlarının mikroklimaya etkisi 50

Resim 3.5. Kuramsal arazi kesitinde iklim bölgeleri için optimum konumlar 52

Resim 3.6. Bloklar arası hava hareketi 54

Resim 3.7. Güneş ışınımının yönlere göre miktarı ve uygun yönlenme 55

Resim 3.8. Aynı hacme, değişik dış yüzey ve taban alanlarına sahip geometrik birim şekillerin ısı kayıp oranları 57

Resim 3.9. Geometrik birim şeklin hacminin iki katına çıkartıldığı durumlarda ısı kaybı oranları 57

Resim 3.10. Aynı büyüklükteki geometrik birim şekillerin farklı birleşmeleri durumunda ısı kaybı oranları 57

Resim 3.11. Bina formu yükseklik-derinlik oranı ve ısı kayıpları ilişkisi 58

Resim 3.12. İklim bölgelerine göre optimum bina formları 59

Resim 3.13. Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri 61

Resim 3.14. Güneş ışınımının atmosferde dağılımı 64

Resim 3.15. Güneş ışınımı dağılımı ve enerji dengesi 65

Resim 3.16. 40° kuzey enleminde kış ve yaz güneş yükseklikleri 66

Resim 3.17. Solda düz panel (düzlemsel), sağda vakum tüp kolektör 68

Resim 3.18. Düzlemsel kolektör kesiti (a) ve izometrik görünümü (b) 69

Resim 3.19. Fotovoltaik terminolojisi 70

Resim **Sayfa**

Resim 3.20. Fotovoltaik (PV) sistem şeması 70

Resim 3.21. Türkiye'de üretilmiş PV termal panel örneği 71

Resim 3.22. PV sistem temel montaj stratejileri..... 72

Resim 3.23. Isı iletimi, taşınım ve ısı ışınımı..... 76

Resim 3.24. Pasif güneş tasarımının beş elemanı..... 78

Resim 3.25. Termal kütle dağılımının etkisi..... 79

Resim 3.26. Sera etkisiyle gün boyu güneş radyasyonunun toplanması..... 81

Resim 3.27. Gün boyunca aşırı ısınmayı önlerken gece kullanımı için ısı depolayan termal kütle..... 81

Resim 3.28. Termal kütle yüzeyi ve yansıtıcı yüzey..... 83

Resim 3.29. Yapıda göz seviyesinin üzerinde yer alan pencere örneği 84

Resim 3.30. Kuzey Karolina Chapel Hill'de bulunan Smith Middle Okulu 84

Resim 3.31. Doğrudan kazanç sistemiyle tasarlanmış yapı örneği, Wallasey okulu, Chedhire, UK, yapım yılı 1961 85

Resim 3.32. Wallasey okulu kesiti, Chedhire, UK 85

Resim 3.33. Termal depolama duvarı..... 86

Resim 3.34. Havalandırma boşluklu Trombe duvarı..... 87

Resim 3.35. Yarım yükseklikte Trombe duvarı..... 87

Resim 3.36. Metal güneş duvarı şematik gösterimi..... 88

Resim 3.37. Su duvarı örneği, New Mexico 89

Resim 3.38. Çatı havuzu çalışma prensibi 89

Resim 3.39. Çatı havuzu sistemi şematik gösterimi..... 90

Resim 3.40. Çatı ışınım kapanı sistemi şematik gösterimi 90

Resim 3.41. İzole kazanç sistemi şematik gösterimi..... 91

Resim 3.42. Güneş alanı ile ana binanın olası ilişkileri 92

Resim **Sayfa**

Resim 3.43. Binaya bitişik güneş alanı örneği, First Village, New Mexico, US..... 92

Resim 3.44. Termosifon sistem örneği, Davis House, Corrales, New Mexico 93

Resim 4.1. Ankara ili konum ve iklim verilerinin programda seçilmesi 96

Resim 4.2. Ankara ili için 4 mevsim güneşin konumu 97

Resim 4.3. Güneşin Ankara ili ile yaptığı en az ve en çok açılar 98

Resim 4.4. Analiz edilmek üzere belirlenmiş geometrik formlar..... 101

Resim 4.5. Analiz edilmek üzere belirlenmiş organik formlar 102

Resim 4.6. Analiz edilmek üzere belirlenmiş deforme organik formlar 103

Resim 4.7. Geometrik formların güney güneşi alan cephesinin genişletilmesi aşamaları-1 104

Resim 4.8. Geometrik formların güney güneşi alan cephesinin genişletilmesi aşamaları-2 105

Resim 4.9. Geometrik formların güney güneşi alan cephesinin genişletilmesi aşamaları-3 105

Resim 4.10. Geometrik form planları 107

Resim 4.11. Organik form planları 108

Resim 4.12. Geometrik ve organik form planları 109

Resim 4.13. Geometrik - organik ve deforme organik form planları 110

Resim 4.14. DesignBuilder programında form modellerini gösteren çalışma ekranı 112

Resim 4.15. DesignBuilder programında aktivite seçimine ilişkin çalışma ekranı..... 113

Resim 4.16. DesignBuilder programında formların yapı verilerine ilişkin çalışma ekranı 113

Resim 4.17. DesignBuilder programında formların yönlendirmesine ilişkin çalışma ekranı 114

Resim 4.18. DesignBuilder programında yapılan analiz periyodunu gösteren çalışma ekranı 115

Resim 4.19. DesignBuilder analiz özeti ekranı..... 116

Resim **Sayfa**

Resim 4.20. Güneş yörüngesi içerisinde kare geometrik formu gösteren çalışma ekranı 117

Resim 4.21. Güneş yörüngesi içerisinde kare organik formu gösteren çalışma ekranı.. 118

Resim 4.22. Güneş yörüngesi içerisinde kare deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 118

Resim 4.23. Kare geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 119

Resim 4.24. Kare geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 121

Resim 4.25. Güneş yörüngesi içerisinde üçgen geometrik formu gösteren çalışma ekranı 124

Resim 4.26. Güneş yörüngesi içerisinde üçgen organik formu gösteren çalışma ekranı 125

Resim 4.27. Güneş yörüngesi içerisinde üçgen deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 125

Resim 4.28. Üçgen geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 126

Resim 4.29. Üçgen geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 128

Resim 4.30. Güneş yörüngesi içerisinde daire geometrik formu gösteren çalışma ekranı 131

Resim 4.31. Güneş yörüngesi içerisinde daire organik formu gösteren çalışma ekranı 132

Resim 4.32. Güneş yörüngesi içerisinde daire deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 132

Resim 4.33. Daire geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 133

Resim 4.34. Daire geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 135

Resim 4.35. Güneş yörüngesi içerisinde dikdörtgen geometrik formu gösteren çalışma ekranı 138

Resim 4.36. Güneş yörüngesi içerisinde dikdörtgen organik formu gösteren çalışma ekranı 139

Resim **Sayfa**

Resim 4.37. Güneş yörüngesi içerisinde dikdörtgen deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 139

Resim 4.38. Dikdörtgen geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 140

Resim 4.39. Dikdörtgen geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 142

Resim 4.40. Güneş yörüngesi içerisinde L tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı 145

Resim 4.41. Güneş yörüngesi içerisinde L tipi organik formu gösteren çalışma ekranı 146

Resim 4.42. Güneş yörüngesi içerisinde L tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 146

Resim 4.43. L tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 147

Resim 4.44. L tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 149

Resim 4.45. Güneş yörüngesi içerisinde U tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı 152

Resim 4.46. Güneş yörüngesi içerisinde U tipi organik formu gösteren çalışma ekranı 153

Resim 4.47. Güneş yörüngesi içerisinde U tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 153

Resim 4.48. U tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 154

Resim 4.49. U tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 156

Resim 4.50. Güneş yörüngesi içerisinde E tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı 159

Resim 4.51. Güneş yörüngesi içerisinde E tipi organik formu gösteren çalışma ekranı 160

Resim 4.52. Güneş yörüngesi içerisinde E tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 160

Resim 4.53. E tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 161

Resim **Sayfa**

Resim 4.54. E tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 163

Resim 4.55. Güneş yörüngesi içerisinde H tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı 166

Resim 4.56. Güneş yörüngesi içerisinde H tipi organik formu gösteren çalışma ekranı 167

Resim 4.57. Güneş yörüngesi içerisinde H tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 167

Resim 4.58. H tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 168

Resim 4.59. H tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 170

Resim 4.60. Güneş yörüngesi içerisinde T tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı 173

Resim 4.61. Güneş yörüngesi içerisinde T tipi organik formu gösteren çalışma ekranı 174

Resim 4.62. Güneş yörüngesi içerisinde T tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 174

Resim 4.63. T tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 175

Resim 4.64. T tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 177

Resim 4.65. Güneş yörüngesi içerisinde X tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı 180

Resim 4.66. Güneş yörüngesi içerisinde X tipi organik formu gösteren çalışma ekranı 181

Resim 4.67. Güneş yörüngesi içerisinde X tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı 181

Resim 4.68. X tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form 182

Resim 4.69. X tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form 184

Resim 5.1. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formların soğuk dönem analizinde yüzeylerinde oluşan birim m²'lik enerji kazanç görselleri 189

Resim **Sayfa**

Resim 5.2. Kuzey yarımküre güneş hareket yörüngesi, yükseklik ve azimut açıları 190

Resim 5.3. Parsel bazı yoğun ve ada bazı daha az yoğun yapılaşmanın gölgeleme etkisi..... 191

Resim 5.4. Parsel ve ada bazında yapılaşmada çevre bina yüksekliklerinin gölgeleme etkisi 191

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita **Sayfa**

Harita 3.1. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli..... 63

Harita 4.1. Ankara ili güneş radyasyon dağılımı 98

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
cm	Santimetre
mm	Milimetre
m	Metre
m^2	Metrekare
kwh	Kilowatt saat
kwh/m^2	Kilowatt saat/metrekare
w/m^2	Watt/metrekare
w/m^2k	Watt/metrekare-kelvin
°	Derece
°C	Derece santigrat
%	Yüzde

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
AC	Alternating current
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CATIA	Computure Aided Three Dimensional Interactive Applications
CFD	Computational Fluid Dynamics
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CNC	Computer Numerically Controlled Machine
DC	Direct current
EASD	En az sıcak dönem
ESD	En sıcak dönem
HVAC	Heating, ventilation and air conditioning
IEA	International Energy Agency

Kısaltmalar	Açıklamalar
M.Ö.	Milattan önce
PV	Fotovoltaik
PV-T	Fotovoltaik-termal
SEI	Stockholm Environment Institute
TS	Türk Standartları
UK	United Kingdom
US	United States
VB.	Ve benzeri

1. GİRİŞ

Endüstri devrimiyle birlikte gelişen teknoloji, birçok olumlu etkinin yanı sıra kentleşme ve buna bağlı kent sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Çünkü bu devrimle birlikte sanayileşme dolayısıyla kentlere yönelim artmıştır. Böylelikle şehirlerde oluşan nüfus yoğunluğu ve yaşam standartlarındaki iyileşme beraberinde daha fazla kaynak tüketimini getirmiştir. Özellikle değişen yaşam koşullarıyla paralel olarak tüketilen enerji miktarı da artış göstermiştir. Tüm bu süreçle bağlantılı olarak dünyada enerji sorunu başlıca problemler arasında yerini almıştır.

Son yıllarda enerji talebindeki hızlı artış, tüketilen enerjinin büyük bir bölümünü oluşturan fosil yakıtların (kömür, petrol, doğalgaz gibi) tükenmeye başlamasına ve bu durumda enerji üretim sektörünün ihtiyacı karşılayamamasına sebep olmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların kullanımı ciddi çevresel etkilerin oluşmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak, ülkelerin sosyoekonomik gelişimleri için sürdürülebilir ve ekonomik enerji kaynaklarının kullanımı son derece önemli ve gerekli olmaktadır.

Bu bağlamda günümüzde fosil yakıt tükenebilir enerji kaynakları kullanımı yerine yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal gibi) kullanımı önem kazanmaktadır. Kullanılan enerjinin büyük bir çoğunluğunun vaktimizin büyük bir kısmını geçirdiğimiz yapılarda tüketildiği göz önüne alındığında, enerji sorunu her alanda olduğu gibi mimarlık alanının da güncel konuları arasında üzerinde durulan temel bir problem alanı haline gelmiştir. Bu soruna mimarlık alanında geliştirilen başlıca çözüm enerji etkin tasarımdır.

Enerji etkin tasarım, binanın enerji korunumuna önem verilmesi, iklim verilerinden yararlanarak, doğal girdilerin ve pasif denetim olanaklarının iyi değerlendirilmesidir. Özetle, bina tipine ve çevre verilerine en uygun pasif ısıtma, soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma tekniklerinin uygulanmasıyla enerji kullanan aktif sistemlerin müdahalesini geciktirmeye çalışmaktır (Utkutuğ, 2000, aktaran Lakot, 2007).

Bina sektörü, dünya genelinde toplam enerjinin %30'undan, elektrik enerjisinin ise %50'sinden fazlasını ve su kaynaklarının yaklaşık %25'ini tüketmektedir. Isıtma ve soğutma

amaçlı enerji tüketiminin ise toplam tüketimdeki payı yaklaşık %70-80'dir (URL-1). Yenilenebilir enerji kaynaklarının tasarımlarda etkin kullanılmasıyla binalarda tüketilen enerji yükünün azaltılması, ülke ekonomisinin desteklenmesi ve gelişmenin iyileştirmesi noktasında gerekli olmaktadır.

Yapılan literatür çalışmalarında enerji etkinlik konusunun, mimarlık alanında çoğunlukla yapı teknolojileri ile malzeme ölçeğinde ilişkilendirildiği görülmektedir. Bu alanda yapılmış çalışmalar çoğunlukla enerji etkin iyileştirmeye yönelik olarak enerji etkin aktif sistem çözümlemeleri, enerji etkinlik amaçlı kullanılan yapı elemanları, bina kabuğunda kullanılabilecek enerji etkin malzeme türleri, özellikleri ve avantajları gibi tasarımın ilerleyen aşamalarında düşünülebilecek sistemler şeklindedir.

Tasarımın bir bütün olarak ele alındığı çalışmaların çoğaltılması ve planlamanın ilk evresinden başlanarak, enerji etkinlik konusunun bir biçimlendirme girdisi olarak ele alınması ve bina kompozisyonlarının bu girdi ile oluşturulmasıyla, enerji verimli mimari tasarımlar yapılarak sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir.

Teknolojinin bugünkü kadar gelişmiş olmadığı dönemlerde pragmatik biçimlendirme yaklaşımıyla yapılmış geleneksel yapılara baktığımızda, bulunduğu bölgenin çevresel ve iklimsel verilerini en iyi şekilde kullanan ve kullanıcı iklimsel konforunu çoğunlukla optimum ölçüde karşılayan, iklimle dengeli enerji etkin tasarımlar bulunmaktadır. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte kullanımı hızla yaygınlaşan yapay iklimlendirme sistemleri, tasarımcıların doğal iklim koşullarını göz ardı ederek tasarım yapmalarına olanak sağlayacak türde olumsuz etkiler yaratmıştır. Buna bağlı olarak, yapay iklimlendirme sistemlerinin kullanıldığı bu tip yapılarda enerji tüketimi artmakta ve kullanıcılar için konforsuz iç ortam koşulları oluşmaktadır.

Bu bağlamda enerji etkin yapı tasarımında öncelikli olarak, bölgenin çevresel ve iklimsel verileri ile gerekliliklerinin iyi analiz edilmesiyle birlikte kullanıcı istek ve gereksinimleri doğrultusunda tasarıma başlanması gerekmektedir. Enerji etkin tasarımda iklim verileri ve etkileri kadar önemli olan bir diğer nokta ise bina formudur. Bina formu, binanın enerji tüketimini etkileyen aynı zamanda çevresel etmenlerden gerektiği koşulda yararlanma düzeyini belirleyen faktörlerdendir. Bina formları, iklimsel özelliklere uygun olacak şekilde çevresel ve iklimsel veriler değerlendirilerek belirlenmelidir.

Bina formu; biçim faktörü (uzunluğun derinliğine oranı), bina yüksekliği, çatı türü (düz, beşik, kırma), çatı eğimi ve cephe eğimi gibi binaya ilişkin geometrik değişkenlerle tanımlanabilmektedir (Berköz, 1983: 106, 108). Bir yapının şekli, geometrisi ve formu, aldığı güneş enerjisi ile enerji tüketimini de etkilemektedir (Markus ve Morris, 1980 aktaran Rashdi ve Embi, 2016). Binanın şekli hem inşaat maliyetleri hem de binaların enerji maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Mingfang, 2002; Ourghi ve diğerleri, 2007). Yani bir binanın şekli ve enerji tüketimi arasında yüksek bir bağlantı vardır (Ourghi ve diğerleri, 2007). Bina formu ve bina kabuğu, iç mekân iklimini etkileyen en önemli parametrelerdir (Koçlar Oral ve Yılmaz, 2003). Mimari tasarım sürecinde bina formunun geliştirilmesi, şüphesiz enerji verimliliğinin daha iyi bir etki yaratmasını sağlayacaktır. Daha iyi bir enerji performansı elde etmek için bina şekli geliştirme esastır. Dışarıdan ve içeriden ısı kazanımına, bina biçiminin etkisi çok önemlidir (Rashdi ve Embi, 2016).

Bina formu, ısıtma ve soğutma enerjileri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Taban alanları ve hacimleri aynı ancak farklı dış cephe alanlarına sahip birbirinden farklı bina formları belirlemek olanaklıdır. Farklı bina formlarının dış cephe alanları da farklı olacağından bu formların yüzeylerinde farklı ısı geçişleri gerçekleşecektir. Bu anlamda aynı hacmi çevreleyen farklı bina formlarının değerlendirilmesiyle, minimum iklimlendirme ve aydınlatma enerjisini gerçekleştiren bina formları belirlenebilmektedir (Yılmaz ve diğerleri, 2000; Koçlar Oral ve Yılmaz, 2003; Manioğlu, 2011). Benzer şekilde aynı hacmi çevreleyen farklı bina formlarının yüzeylerinden elde edilecek enerji kazançları da farklı olacağından maksimum enerji kazancı sağlayan formları belirlemek ve ısıtma yükünü azaltmak da olanaklıdır. Eşit taban alanı ve hacme sahip form alternatiflerinde dış cephe alanının artması genel olarak ısıtma yüklerinin artması olarak düşünülsede, formun güneşle ilişki bağlamında maksimum yaralanma düzeyi oluşacak şekilde belirlenmesi, yüzeyden elde edilen güneş enerjisi kazancını forma bağlı olarak büyük ölçüde artırdığından, ısıtma yüklerini azaltarak durumu avantaja çevirebilmektedir. Bu noktada yapı tasarımında işlevsel açıdan yönlere bağlı olarak doğru mekân dizimi önemli olmaktadır.

Bunlara ek olarak, iklim bölgesi fark etmeksizin bina kabuğundan maksimum güneş enerjisi kazanımı amaçlanmalıdır. Elde edilen güneş enerjisinin kullanım amaçları ve yöntemleri tasarımcının tercihine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bunlar; elektrik depolama, pasif ısıtma (çift kabuk, trombe duvarı, ısıl kütle vb.) veya pasif soğutma (çapraz havalandırma gibi) şeklinde olabilmektedir. Temelde amaç, en etkili ve erişilebilir yenilenebilir enerji

kaynaklarından olan güneş enerjisinden farklı kullanım şekilleriyle değerlendirilmek üzere en fazla kazancın sağlanması ve optimum ölçüde yararlanılmasına imkân tanıyan bina formlarının belirlenmesidir.

Tez çalışması kapsamında araştırılan konu, yapma çevreye ilişkin tasarım parametrelerinden bina formunun, doğal çevre iklim verilerinden güneşle olan ilişkisidir. Bu bağlamda, ısıtma yüklerinin fazla olduğu bir iklim bölgesinde, yapı formunun değiştiği durumlarda hangi tip formlar optimum cevabı verebiliyor? araştırma sorusu olarak belirlenmiştir. Çalışmanın hipotezi ise, güneşten maksimum enerji kazancı sağlayan mimari formların belirlenmesiyle, yapılarda ısıtma amaçlı tüketilen enerji yükünün azaltılması olanaklıdır şeklindedir.

Bu doğrultuda tez çalışmasında, biçimlendirme yaklaşımlarıyla tasarlanmış mevcut bina tipolojilerinin güncel yorumu ve güneşten maksimum enerji kazancı sağlamak amacıyla modernist tipolojilerin deforme edilerek oluşturulan ara varyasyonlarının enerji performanslarının değerlendirilmesi ile iklim bölgesi özelinde bina biçimlerinin enerji etkinliklerinin ve güneş enerjisi kazancı bağlamında optimum bina biçimlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Bina formu ile ilişkilendirilen enerji etkin bina tasarımı konusunda yapılmış olan literatür çalışmalarında, bina formu çoğunlukla; yüzey-hacim oranları, genişlik-uzunluk, pencere-duvar oranları, çatı tipi gibi yapı görünüş oranları ve bina form tipleri olarak kompakt form, avlulu form, lineer form gibi birkaç geometrik tip form ile doğrudan ilgilidir. Enerji etkin tasarım bağlamında bina formu çalışmalarında bunlar dışında çeşitli form değişkenlerinin denenmesi gerekmektedir (Rashdi ve Embi, 2016). Bu noktada tez çalışmasını diğer çalışmalardan ayıran özgün nokta, bina formunun biçimlendirme yaklaşımlarıyla birlikte düşünülerek geometrik ve organik mimari formlar olarak ele alınmasıdır. Tez çalışmasının literatüre katkı sağlayacağı bir diğer nokta ise, bina tip sınıflamalarının oluşturulmasıdır.

Ayrıca literatürde, enerji etkinlik konusunun çoğunlukla yapı teknolojileri ile malzeme ölçeğinde tasarımın ilerleyen kısımlarında ilişkilendirildiği görülmektedir. Tasarımın bir bütün olarak ele alındığı çalışmaların çoğaltılması ve planlamanın ilk evresinde malzemeden önce form kararlarıyla başlanarak, enerji etkinlik konusunun bir biçimlendirme girdisi olarak ele alınması ve bina kompozisyonlarının bu girdi ile oluşturulmasıyla enerji konusunda daha

etkin sonuçların alınması ve enerji verimli mimari tasarımların yapılarak sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir.

Günümüzde enerji etkin mimari tasarımlar yapılırken, bina simülasyon programlarından yararlanılmaktadır. Ancak simülasyon programlarının kullanımı ve tasarım sürecine entegrasyonu kimi zaman uzmanlık bilgisi gerektiren bir süreci içermektedir. Bu programların çalışabilmesi için de öncelikle bina modelinin oluşması ve tasarım verilerinin doğru bir şekilde tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu noktada ön tasarım aşamasında yararlanılabilecek tasarıma destek kılavuzlarının oluşturulmasıyla, tasarımcının simülasyon programlarının dolaylı kullanımının sağlanabileceği düşünülmektedir (Ulukavak Harputlugil, 2011). Ön tasarım aşamasında gerekli verilerden biri olan bina formu, tasarımcı tarafından süreç içerisinde değişerek geliştiği için ilk aşamada belirli bir form tanımlamada tasarımcıyı kısıtlamaktadır. Tasarımın ön karar aşamasında formların, yapı içi ve yapı cephesi güneş kazanımları, gölge analizi, enerji kazancı gibi enerji etkinlik düzeylerini belirten tasarıma yardımcı bir metot geliştirilmesiyle, ön tasarım aşamasında bina formu belirlemede bir yöntem oluşturularak enerji etkin mimari tasarım çalışmalarına katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Tez çalışması kapsamında literatür çalışması olarak, ikinci bölümde bina biçimlendirme yaklaşımları ve biçimsel sınıflamalar üçüncü bölümde ise enerji etkinlik teknolojileri ve yapı elemanları ile ilgili kavramsal çerçeve ele alınmıştır. Dördüncü bölümde alan çalışması kapsamında ise öncelikli olarak, geometrik ve organik form modelleri oluşturulmuştur. Son olarak oluşturulan organik formlar, güneşten enerji kazancını artırmak amacıyla deforme edilerek bina tip sınıflama tablosu oluşturulmuştur. Sonrasında oluşturulan formlar, güneş enerjisi kazanım performansı simülasyonları yapılmak üzere DesignBuilder programı kullanılarak ilk önce modellenmiştir. Ardından çalışma alanı olarak belirlenen Ankara ili özelinde, modellenen formların güneş enerjisi kazanım analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak, iklim bölgesi özelinde, güneş enerjisinden en fazla yarar sağlayacak plansal ve 3 boyutlu optimum mimari formların belirlenmesiyle, tasarımda ilk lekeyi koyarken ön karar aşamasında bir metot, bundan sonra yapılacak çalışmalara kaynak ve değişik durumlarda tasarım verilerine yardımcı bir altlık oluşturması beklenmektedir.

2. BİNA BİÇİMLENDİRME YAKLAŞIMLARI VE BİÇİMSEL SINIFLAMALAR

2.1. Mimari Formun Kavramsal Gelişimi

Form sözcüğü, TDK sözlüğünde; biçim, şekil olarak ifade edilmektedir. Genel olarak form kavramı, bir nesnenin veya yapının dış çevre içerisinde kapladığı hacmin sınırları olarak tanımlanabilir.

Hançerlioğlu (1998) tarafından yazılan felsefe ansiklopedisinde biçim sözcüğünün karşılığı olarak kullanılan ve sınırlanmakla belirlenmiş özdek ya da uzay olarak tanımlanmış olan form kavramının, felsefe tarihi içerisindeki kronolojik tanımlamaları şu şekildedir:

Form sözcüğünün etimolojik kökeni Antikçağ Yunan felsefesine dayanmaktadır ve ilk olarak Anaksagoras felsefesinde önem kazanmıştır. Anaksagoras'a göre form (biçim), evrensel oluşmada düzenlenmemiş özdek karşıtı olarak düzenlenmiş özdektir. Aristoteles'de ünlü eidos (form, biçim) kavramını Anaksagoras gibi düzenleyicilik ve yetkinleştiricilik anlamlarında kullanmıştır. Antikçağ Yunan felsefesinde özellikle Aristoteles tarafından morphe ve eidos deyimleriyle dile getirilen biçim terimi, nesnenin niteliklerinin tümü anlamında ve özdekle içerik karşıtı olarak kullanılmıştır. Biçim sözcüğünün batı dillerindeki ortak karşılığı olan form, Yunanca morphe (morfe) sözcüğünün sessiz harflerinin yer değiştirilmesiyle Latinceye aktarılan forma sözcüğünden gelmektedir. Form sözcüğü dilimizde daha çok biçim sözcüğü ile anlamdaş kılınmaktadır. Orta çağ Hristiyan skolastikleri de form kavramında Aristoteles geleneğini sürdürmüşlerdir. Yeniçağda ise form kavramı, düzene girmiş olan ve düzene sokan anlamlarında kullanılmıştır ki bu anlayışta Aristoteles anlayışıyla benzerdir. 19. yüzyılın ortalarından 20. yüzyıla gelinceye kadar form kavramı hep düzenleyici ve düzenli anlamında kullanılmıştır. 20. yüzyılda eytişimsel özdekçi mantıkta ise biçim, içeriğin yapısıdır ve yüzyılımıza gelinceye kadar sanıldığı gibi onun karşıtı değil, aksine onun sıkıca bağımlısıdır. Biçim ve içerik ancak birlikte var olabilirler, biçimsiz öz olamayacağı gibi özsüz biçim de olmaz (Hançerlioğlu, 1998: 159, 161).

Antikçağda felsefenin etkisi altında ve estetik biliminin içinde yer alan mimarlık ve sanat, felsefenin etkisinden sıyrılıp kendi eleştirisini kendi yapmaya başlayınca, kuram ve

kavramlarını da kendi üretir ve tanımlar olmuştur (Cordan, 2002). Bu anlamda genel olarak literatürde yer alan form tanımlamaları ise şu şekildedir:

Wölfflin'e (2015: 5) göre, sanat bir kültür ve fikir ürünüdür, ancak onun kendine özgü olan yanı form olgusunda yatmaktadır.

Zelanski ve Fisher'a (1987) göre, iki boyutlu sanatta dış yapının, üç boyutlu hacim veya kütle gibi gözükmesi de form olarak adlandırılabilir (Tavşan, 2000).

Wong'a (1972: 8) göre form, üç boyutlu uzay içinde bir hacim kaplayan her türlü ögedir. Tüm görsel unsurlar genellikle form olarak adlandırılır.

Jules'e (1974: 16) göre form, mimarinin algılanabilen en baskın yönüdür.

Hann'a (2012: 130) göre form, bir tasarımın bir açıdan değil bütüncül olarak görünüşüdür.

Aksoy'a (1977: 38) göre form, bir gerekliliğin karşılığıdır. Formlar (biçimler) içeriklerine ve çevrelerine bağlı olarak değişirken, iç ve dış çelişkileri uyarınca yetkinleşirler.

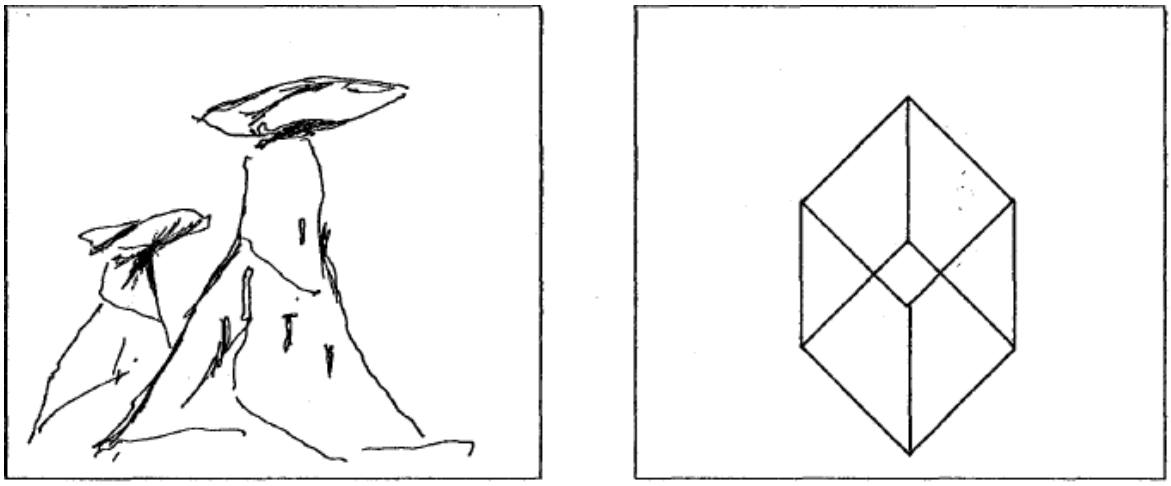
Gürer'e (1990) göre form, var olan veya var edilen herhangi bir nesneyi diğerlerinden ayırarak, onların doğal niteliklerini ortaya çıkarmaktadır. İnsan yapısı ve doğal şekiller, uzayda bir gerekliliğin karşılığı olarak yer alırlar (Tavşan, 2000).

Atalayer'e (1994) göre form, uzayı yüzeyleri ile sınırlayan her varoluştur (Kaptan, 1977).

Yıldırım'a (2003) göre form, bir olgunun duyu organları ile algılanan dışsal nitelikleridir.

Onat'a (2020: 2) göre form kavramı, bir nesnenin genel biçimini belirleyen sınırlarının sürekliliği ile oluşan biçimsel düzenini ifade eder. Mimarlıkta form kavramı benzer şekilde, nesnenin (kitlenin) veya boşluğun (mekânın) sahip olduğu biçimin genel düzenidir. Nesnenin veya mekânın formundan söz edilebileceği gibi parçaların veya elemanların formundan (çatı formu, cumba formu vb. gibi) da söz edilebilir.

İnsanın fiziksel çevresi formlarla kuşatılmış durumdadır. Bu formlar ya bir gereksinmeyi karşılamak üzere üretilen yapay formlar ya da doğada kendiliğinden oluşan doğal formlardır (Usta, 1994) (Resim 2.1).



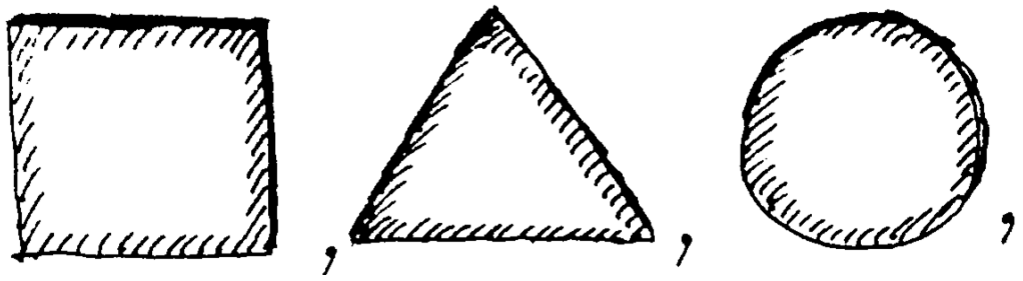
Resim 2.1. Solda doğal form, sağda yapay form (Usta, 1994)

Aksoy (1977: 19, 34), insanların biçimlendirme etkinliklerinde canlı ve cansız doğadan etkilendiğini belirterek canlı ve cansız doğayı, bir etkileşim örüntüsü ile ilişkili kılınmış parçaların oluşturduğu, büyük bir bütün olarak tanımlamaktadır. Aksoy'a (1977) göre, cansız doğadan etkilenerek oluşan; katı, dingin ve dayanıklı formlar ve canlı doğadan etkilenerek oluşan; esnek, devingen ve yumuşak formlar bulunmaktadır.

Mimarlıkta form kavramı, yapının dış kütlesini ifade etmekte kullanılan kitlesel form ve mekâna hacimsel niteliğini kazandıran mekansal form kavramını ifade etmek için kullanılır (Cordan, 2002).

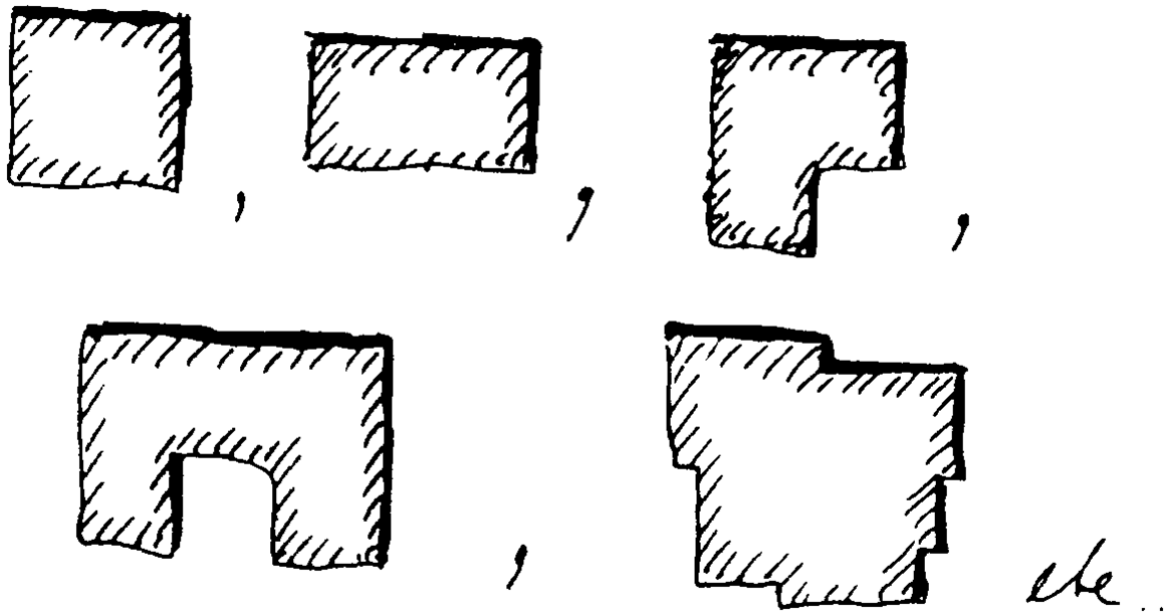
"Kitlesel form, mimarlık ürününün fiziksel ve toplumsal çevresiyle ilişkilerini belirleyen, işlevsel, mekansal, tinsel, simgesel, anlamsal vb. yüklemler taşıyan çok yönlü bir olgudur" (Onat, 2020: 2).

Formlar temelde, asal formlar ve amorf formlar olmak üzere iki grupta incelenebilir. Asal (temel) formları oluşturan, kare, üçgen ve daire plan şekline sahip 3 temel biçim bulunmaktadır (Krier, 1988: 18; Ching, 2010: 38; Hann, 2012: 33) (Resim 2.2).



Resim 2.2. Asal geometrik form planları (Krier, 1988: 18)

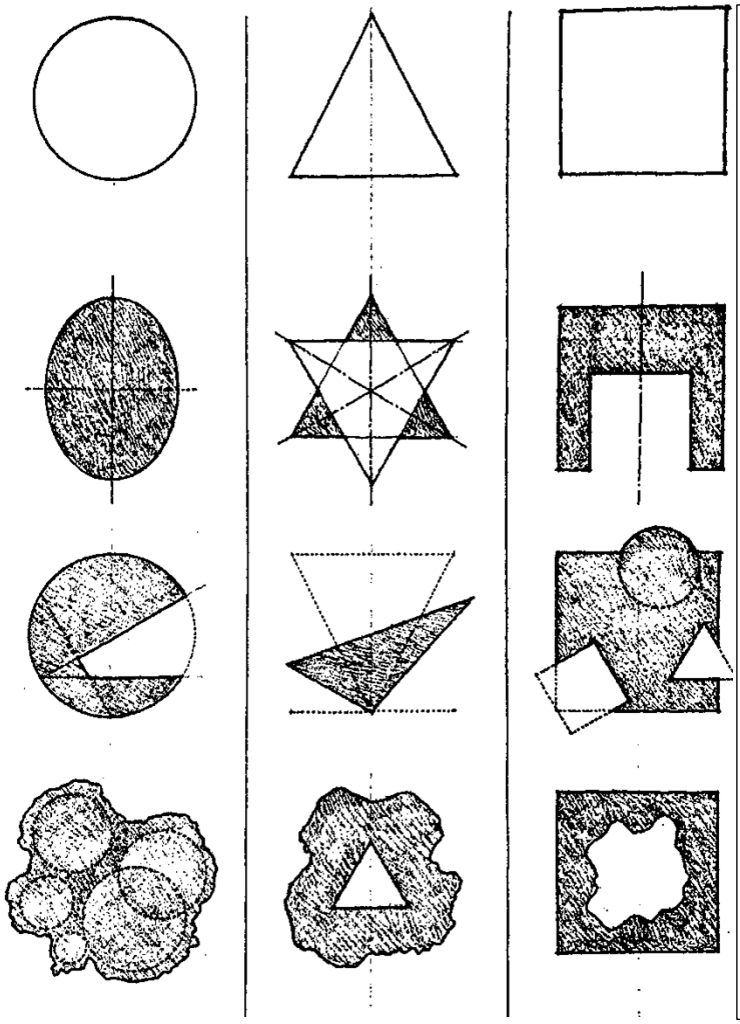
Bu biçimlerin birbirlerini bütünleyerek kapanacak biçimde bir araya getirilmesiyle meydana getirilen, çok yüzlü cisimler asal form olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu formlar; küp, prizmalar, piramitler, silindir, koni ve kürelerdir (Onat, 2020: 4). Bu asal geometrik formlara çeşitli dönüşüm uygulamaları yapılarak ara varyasyon geometrik formlar oluşturulmaktadır (Krier, 1988: 18) (Resim 2.3).



Resim 2.3. Ara varyasyon geometrik form planları (Krier, 1988: 18)

Ölçü ve biçimlenişleri geometrik bir tanımlamayla ifade edilemeyen, geometrik bir düzen göstermeyen kapalı eğriler ise amorf (kuralsız) formlar olarak adlandırılmaktadır (Ergünay Kurtçu, 1999).

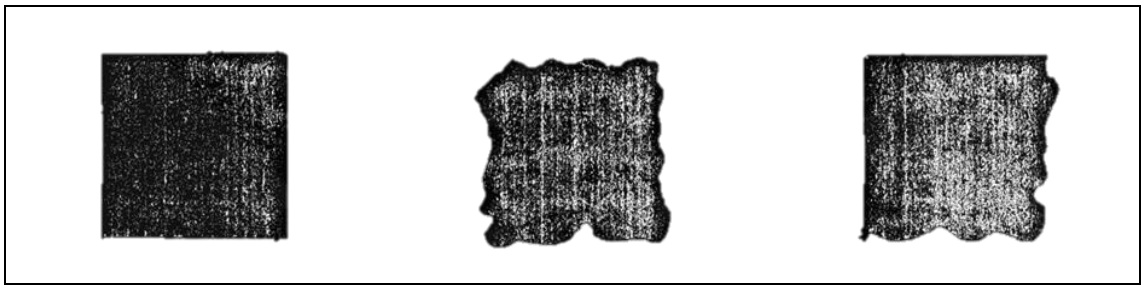
Ching (2010: 46) ise, mimari formları düzenli ve düzensiz formlar olmak üzere iki ana grupta toplamaktadır (Resim 2.4).



- Düzenli formlar, parçaları birbiriyle uyumlu olan ve birbirine düzgün bir şekilde bağlanan formlardır. Genellikle durağan ve simetriktirler. Küre, silindir, koni, küp ve piramit düzenli biçimler için örneklerdir.
- Formlar boyut bakımından değiştirildikleri veya farklı elemanların onlara eklenip çıkartıldığı durumlarda bile düzenliliklerini koruyabilirler.
- Düzensiz formlar, parçalarının birbirine göre uyumsuz olduğu ve birbirleriyle düzensiz bir şekilde ilişki kurduğu formlardır. Genellikle asimetrik ve düzenli formlardan daha dinamiktirler. Bunlar, içlerinden düzensiz elemanların çıkarılıp alındığı düzenli formlar veya düzenli formlarla kurulmuş düzensiz kompozisyonlar olabilir.
- Mimarlıkta cisimler ve mekânsal boşluklarla çalıştığımızdan düzenli ve düzensiz formlar birbirleri içerisinde yer alıp, birbirleriyle çevrelenebilir.

Resim 2.4. Düzenli ve düzensiz formlar (Ching, 2010: 46)

Krier'de (1988: 44, 45) formları, düzenli (geometrik) form, düzensiz (kaotik) form ya da her ikisinin karışımı karma form olarak ayırmaktadır.

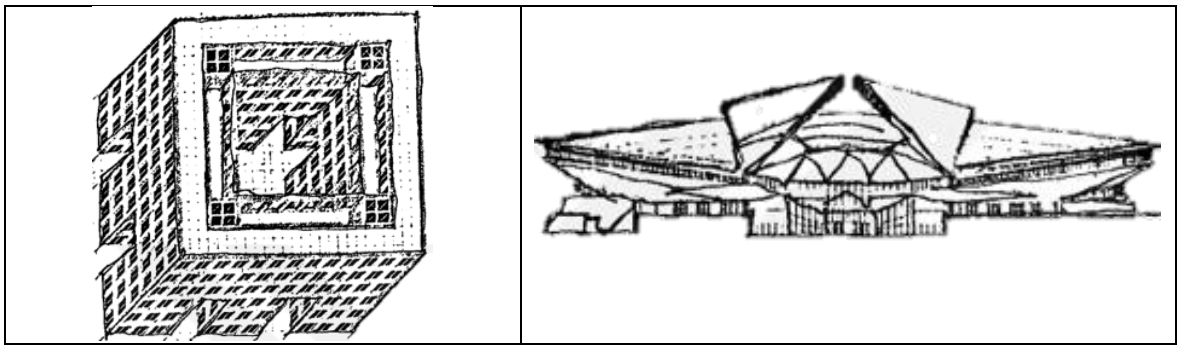


Resim 2.5. Düzenli, düzensiz ve karma formlar (Usta, 1994)

Özer (2021: 246), mimari formları rasyonel ve irrasyonel (serbest) formlar (kırık ve eğrisel) olarak ele almaktadır. Rasyonel formlar, belirli bir açısal veya eksensel sisteme bağlıdır. Bu

nedenle akıl ve mantık tarafından kolayca kavranıp yorumlanabilen özümsenen formlardır. İrrasyonel formlar ise, belirli bir sisteme bağlı kalmaksızın serbestçe gelişirler. Bu nedenle aklın, mantığın alışılagelmiş kural ve ilkeleriyle kolayca açıklanamayan formlardır.

Formlar organizasyonun plastik etkisi bakımından statik ya da dinamik formlar olarak gruplandırılabilmektedir. Statik formların yalın geometrik bir düzen içinde kullanılmaları, onlara katı kütlesel bir kimlik kazandırmaktadır. Bazı anıtsal ve politik yapılar bu etkiyi yansıtacak biçimde ele alınmaktadır. Dinamik formlar ise, formlara uygulanan işlem ve ilişkiler, ya da kullanılan formların yatay ve düşey organizasyonları olarak kompozisyona dinamik bir etki kazandırmaktadır. Örneğin Gotik kiliselerde kuvvetli düşeylik kütleye dinamik bir etki kazandırmaktadır (Resim 2.6) (Usta, 1994).



Resim 2.6. Solda statik form örneği ve sağda dinamik form örneği (Usta, 1994)

Aksoy (1975: 13, 14), mimari formları organik ve anorganik formlar olmak üzere gruplamaktadır. Organik formların, bakışım, boyutsal değişme, görevle özdeşleşme ve benzeri özellikler taşıdığını, anorganik formların ise, zaman ve doğa aşındırmaları, hareketler, birikmeler, geometrik veya topolojik birleşmeler ve benzeri etmenler aracılığıyla ortaya çıkmış biçimler olarak açıklamaktadır.

Antoniades (1992: 186), kitabının geometrik formlar bölümünde, formların oluşumunda geometri kullanımının olduğunu belirterek, mimari formun oluşumunda geometrik formları üç ana grupta toplamaktadır;

1. İlahi formlar: Varlığı inkâr edilemeyen formlar,
2. Serbest formlar: Varlığı tasarımcının kişisel kararına dayanan formlar (eğrisel şekiller),
3. Kombinasyonel formlar (Birleşimsel formlar): İlahi formlardan ve serbest formlardan oluşan geometrik şekilleri kapsayan formlar.

Bonta (1980) formu, fiziksel form ve anlamlı ya da anlamlandırılmış form olarak iki ayrı grupta değerlendirmektedir. Ona göre, bir nesnenin fiziksel formu, onun doğrudan veya dolaylı yoldan algılanabilen niteliklerini kapsamaktadır. Örneğin; formun biçimi, rengi, dokusu, yüksekliği, mekanik, kimyasal özellikleri gibi. Anlamlı (anlamlandırılmış) form ise, fiziksel formun anlamına ilişkin özelliklerine referans veren soyutlanmış halidir (Cordan, 2002).

Cordan (2002) da formun görünmeyen ama bilinen yüzünün, formun anlamına ilişkin olduğunu belirterek; belli bir zamanda üretilmiş olsalar bile genel değerler barındıran formların, yapıldıkları döneme ait kültürel ve toplumsal bir simge olarak kalıcılık niteliği barındırdığını ve anlamının ilettiği mesajlarla bir tutulduğunu belirtmektedir. İster kitlesel ister mekânsal formlara sahip olsun her mimarlık ürünü çevresine simgesel, toplumsal, kültürel, tinsel, vb. mesajlar vermektedirler (Cordan, 2002).

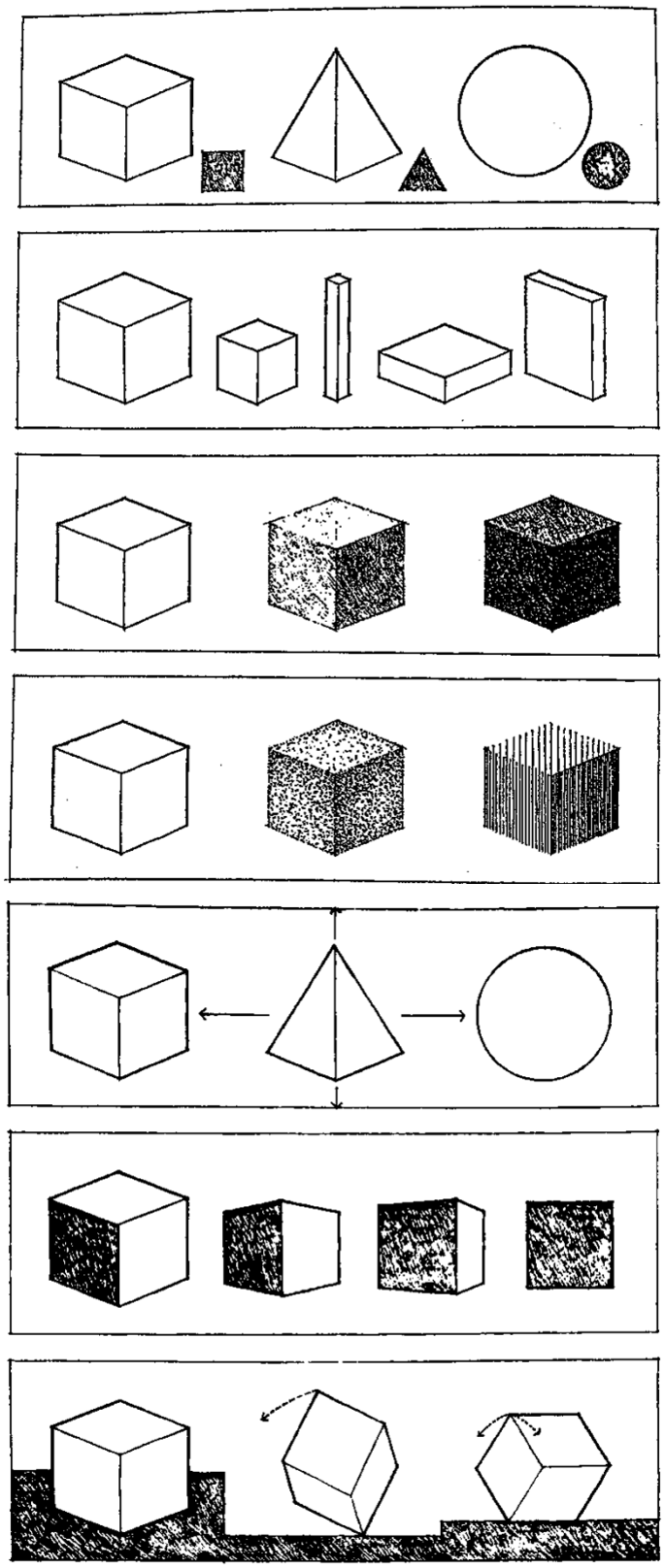
Simgesel ve anlamsal formlar, mimarlık eyleminin insanın fiziksel ve kültürel çevresi içinde bir olgu oluşu, formlarda tinsel, dinsel ve diğer açılardan ifade arayışlarını, gündeme getirmektedir. Mimarlıkta bu nedenle bazı formlar tarihsel süreçte, belirli mesajlarla anılmaktadırlar. Örneğin, kare, Yunan demokrasisini, kubbe ve daire, İslam'da tanrısallığı simgelemektedir (Usta, 1994).

Herhangi bir biçimin incelenmesi, bu biçimi oluşturan öğelerin arasındaki ilişkiler ve bu biçimle çevresinde yer alan diğer biçimler arasındaki karşılıklı etkileşimin belirlenmesini gerektirmektedir (Aksoy, 1977: 18).

Mimari formu, biçimsel açıdan etkileyen kalıcı temel unsurlar ise şunlardır (Onat, 2020: 2):

- Forma genel karakterini veren biçimsel ilkeler, tutumlar,
- Formu oluşturan parçalar, bir araya getirilişleri, ilişkileri,
- Boyutlar ve büyüklükler,
- Oranlar,
- Konum ve yönlenme,
- Hareketlilik.

Ching (2010: 34, 35), mimari formun algılanmasını sağlayan görsel özelliklerin, şekil, boyut, renk, doku, konum, yönelim ve görsel atalet olduğunu belirtmektedir (Resim 2.7).



Şekil: Formun karakteristik tanımlayıcısı ve formları tanıyıp sınıflandırmada kullandığımız başlıca özelliktir.

Boyut: Formun uzunluğu, genişliği ve derinliğinin fiziksel boyutlarıdır. Bu boyutlar biçimin oranlarını belirlerken, ölçeği çevresindeki diğer biçimlerin boyutları ile ilişkili olarak belirlenir.

Renk: Formun yüzeyinin yoğunluğu ve rengi, onu çevresinden en belirgin şekilde ayırt eden niteliktir. Aynı zamanda biçimin görsel ağırlığını da belirler.

Doku: Formun boyutları, düzenlenişi ve oranları ile yüzeyde oluşan görsel ve dokunsal niteliktir. Aynı zamanda form yüzeyine düşen ışığın, yansıtılması ve emilmesinin oranını da belirler.

Konum: Formun çevresine ve onu çevreleyen görsel alana göre bulunduğu yerdir.

Yönelim: Formun zemin düzlemine, görüş açısına ya da onu izleyen birine göre doğrultusudur.

Görsel atalet: Formun yoğunluk ve durağanlık derecesidir. Formun görsel hareketsizliği geometrisine olduğu kadar, zemin düzlemine göre yönelimine, yerçekimine ve bakış açısına bağlıdır.

Resim 2.7. Mimari formun görsel özellikleri (Ching, 2010: 34, 35)

Wong'a (1972: 7) göre, formun kavramsal öğeleri, nokta, çizgi, yüzey ve hacimdir. Mimari formun ve mekânın öğeleri ise, çizgi, yüzey ve hacimdir (Jules, 1974: 41).

Ching (2010: 3), formu tanımlayan nitelikleri;

- Mekânda bir pozisyon belirten nokta,
- Uzunluk, yön ve pozisyon belirten çizgi,
- Uzunluk ve genişlik, yüzey, yönlenim ve pozisyon belirten düzlem,
- Uzunluk, genişlik ve derinlik, biçim ve mekân, yüzey, yönlenim ve pozisyon belirten hacim olarak belirtmektedir.

Schulz (1988: 133) ise, mimari formun elemanlarını, hacim (kütle), mekân (boşluk) ve yüzey olarak tanımlamaktadır.

Genel anlamda yüzey sözcüğü, bir cismi uzaydan ayıran dış bölümü olarak tanımlanmaktadır. Sanat terminolojisinde, üzerinde iki boyutlu çalışmalara olanak veren her türlü alanı içeren sanatsal yüzeyler, düzlemsel niteliklerde olabileceği gibi eğrisel niteliklerde de olabilmektedir. Mimari biçimlendirmede ise, yüzey kavramı yapı kavramıyla özdeş tutulmaktadır. Bu bağlamda mimari yapıda yüzeyler, sanat alanında olduğu gibi, düzlemsel ve eğrisel olarak iki ana bölümde incelenmektedir. Herhangi bir yapıda yüzey, o yapıyı dış ortamdan ayıran, çevreleyen, sınırlayan ve oluşturan bir eleman olması ile, bağlı bulunduğu yapının, mimarın, akımın ve dönemin etkileri ışığında, birçok biçimsel, teknolojik ve anlamsal ifadeleri içermektedir. Bu anlamıyla mimari yüzeyler, oluşturdukları yapının tüm dışavurumunu yansıtmaktadır. Böylece yüzey, o yapının bir göstergesi olma özelliğini taşımaktadır (Pamir, 2000; Ayyıldız, 2001).

Yapı yüzeyleri her koşulda, yapının iç-dış ilişkisine, simgesel/metaforik kurgusuna, yapıldığı dönemin teknolojik gelişmişliğine, malzeme ve detaylandırma farklılaşmalarına, yansıtma-saydamlık-geçirgenlik gibi özelliklerine ve üzerindeki kompozisyonun özelliklerine bağlı olacak şekilde bir bütünü yansıtmaktadır (Pamir, 2000).

Tez çalışması kapsamında değerlendirilen mimari form parametresiyle, mimarlık ürünü olan binaların (yapıların) kitlesel, dış biçimlerinin genel düzeninden bahsedilmektedir. Çalışmada form parametresi, geometrik ve organik mimari formlar olmak üzere iki grupta ele alınmıştır.

Bu kapsamda değerlendirilen geometrik formlar; kare, üçgen ve daire plan tiplerinden oluşan asal geometrik formlar ve bunların türetilmiş ara varyasyon tiplerinden oluşan formlardır. Organik formların oluşumunda ise ekolojik etmenlerden olan çevrenin iklimsel özellikleri ve iklimsel öğelerden olan güneşten, ısıtma enerjisi giderlerinin azaltılması amacıyla maksimum şekilde yararlanmak etkin rol oynamıştır. Organik formlar, güneşin doğu-batı yönündeki hareket eksenini yatayda ve güneşin geliş açısını düşeyde takip eden eğrisel yüzeyleri olan formlardır.

İnsan, formlarla kuşatılmış çevrede, yaşamın gereksinimlerini karşılayabilmek için algılama, yorumlama, tanıma aşamalarından oluşan kurgusal bir süreçte, karmaşıklığı düzene sokmayı, çeşitliliği kurallara bağlamayı amaçlayan biçimlendirme etkinliğinde bulunmaktadır (Aksoy, 1977: 1). Mimari ürün, bu etkinlik sonucunda ortaya çıkmaktadır.

2.2. Mimari Formu Oluşturan Etmenler

Ünlü Romalı mimar ve kuramcı Vitruvius (2005: 12), mimari değerlendirme için üç temel ilkenin varlığından söz ederek bu ilkeleri, dayanıklılık (firmitas), uygunluk (utilitas) ve güzellik (venustas) olarak tanımlamaktadır.

Bu ilkeler, Rönesans döneminde mimar kuramcı Alberti ve Palladio tarafından öncelik sıraları değiştirilmiş olarak, kullanışlılık, sağlamlık ve güzellik şeklinde ele alınmıştır (Kortan, 1986 aktaran Aydınlı, 1993).

Bu kavramlar günümüzde, fonksiyon-işlev, konstrüksiyon-strüktür ve mimarinin sanatsal değeri-estetik olarak tanımlanmaktadır.

Mimari = Fonksiyon + (Strüktür + Konstrüksiyon) + Sanatsal Değer denklemiyle tanımlanan mimariyi yapıdan ayıran özelliğin sanatsal değere bağlı olduğu genellikle üzerinde durulup savunulan bir noktadır (Özer, 2021: 175). Mimari ürün, bu bileşenlerin karşılıklı ilişkisi ile ortaya çıkmaktadır.

“Rus mimar Felix Novikov, bir yazısında mimari ürün tanımını; Mimari = (Bilim + Teknoloji) x Sanat olarak yapmaktadır. Ona göre bilim ve teknoloji bileşenlerinin değeri ne

olursa olsun, sanat faktörü ortada olmadıkça olumlu bir sonuca varılamaz" (Özer, 2021: 175).

Özer (2021: 176) ise mimari ürünü; Mimari = Fonksiyon x (Strüktür + Konstrüksiyon) x Sanatsal Değer olarak tanımlamaktadır.

Ünügür (1989: 46) ise, bugünkü terminoloji ile mimari ürünü, pragmatik (yararcı), sentaktik (dizimsel) ve semantik (anlamsal) boyutları ile konstrüksiyon, form, fonksiyon olarak tanımlamaktadır.

Krier (1988: 10) de mimari ürünün, eşit öneme sahip fonksiyon, konstrüksiyon ve form faktörleri tarafından ortaklaşa belirlendiğini belirtmektedir.

Rönesans'ta, modern dönemde ve post-modern dönemde söz konusu ölçütler bazı değişikliklerle birlikte mimari ürüne ilişkin değerlendirmelerin yapılması açısından kullanılmışlardır. Mimari ürün, bu yönleriyle diğer sanat alanlarından farklılaşmaktadır. Çizelge 2.1'de mimarlıktaki değerlendirme ölçütlerinin dönemlere bağlı değişimi yer almaktadır.

Çizelge 2.1. Mimarlıkta değerlendirme ölçütleri (Aydınlı, 1993: 38)

Vitruvius	Sağlamlık	Kullanışlılık	Güzellik (Objenin nitelikleri)
Modern Mimari	Teknoloji (Prefabrikasyon)	İşlevsellik (Amaca uygunluk)	Estetik Biçimsel – Görsel etki (Obje – Süje Bağı)
Modern Sonrası Mimari	Geleneksel + Çağdaş Teknoloji	- Kültürel - Sosyal - Psikolojik - Mekansal gereksinimler	Anlamsal + Simgesel Estetik (İçerik + Biçim = İfade) İnsan – Çevre Etkileşimi

Aksoy (1987: 21) ise, estetiğe karşılık olarak biçim, kullanışlılığa karşılık olarak işlev ve sağlamlığa karşılık olarak teknoloji kriterlerine ek olarak ekonomi ve ekolojiyi ekleyerek mimari formun bileşenlerini çoğaltmıştır.

Mimari form tasarlama etkinliği sonucunda ortaya çıkmaktadır. Tasarım sürecinde mimar, temelde öğrenme, bilme, düşünme ve algılama süreçleri gibi zihinsel niteliklere sahiptir. Bunlara ek olarak mimar, yapıyla ilgili her türlü yaratma işlemi sırasında üç boyutlu formu, mekanları veya yüzeyleri göz önüne getirebilme yani hayal edebilme (imagination) ve bunu modellerle, yani biçimle ifade etme, görselleştirme (visualization) faaliyeti içerisindedir (Broadbent, 1973; Porter, 1979; Turuthan, 1987; Usta, 1994).

Biçimin üretilmesi yani düşüncedeki tasavvurun gerçekleşmesi süreci, birbirini devamlı olarak izleyen, ilk biçimin ortaya çıkması ve ortaya çıkan bu biçimin denenerek geliştirilmesi aşamalarıdır. İlk biçim, tasarımcının zihinsel faaliyeti sırasındaki tasavvurlarının görselleştirilmesi ile elde edilmekte, denenmesi sürecinde ise ayrıntılarda ve ölçekte geliştirilerek, daha da somutlaşmakta ve gerçek olmaktadır (Turuthan, 1987).

Aksoy (1975: 92), biçimi oluşturma sürecini, mimarın, yapının ve kullanıcının içinde yer aldığı bir haberleşme süreci olarak görmektedir.

Heath (1971), Murdock'un da biçim oluşturmayı benzer yönde ele aldığına işaret ederek, bunların çeşitleme, icat etme, deneme, düzeltme ve kültürel ödünç alma olduğunu ortaya koymaktadır (Turuthan, 1987).

Broadbent (1973:25), üç boyutlu mimari form oluşumunu biçim oluşturma yaklaşımları ile açıklamanın mümkün olduğunu ve mimarın üç boyutlu formu oluştururken birbirinden farklı dört yol izlediğini belirtmektedir. Bu yolları;

- Pragmatik (Pragmatic),
- İkonik (Iconic),
- Analojik (Analogic),
- Kanonik (Canonic) olarak adlandırmaktadır.

Aksoy (1987: 56), mimari form oluşumunda, mimarın tasarıma ister pragmatik (sınama-yanılma yoluyla doğruyu bulma), ister tipolojik (sınıflayıcı), ister analojik (benzetmeci), ister ikonik (belli bir formun zihinsel imgesi), isterse de kanonik (iki ya da üç boyutlu geometri sistemi ile biçimin üretilmesi) yollarından ulaşsın, izlenen yolları etkin kılan

bağlamlar olmadan çözümlerin yetersiz kalacağı ve sonuç ürünün bağlamlar düzeyinden kaynaklandığı üzerinde durmaktadır.

“Form kararı verilirken, mimari tasarlamayı etkileyen çeşitli faktörler, kriterler ve kısıtlılıklar etkili olmaktadır. Yatırımın amaçları, işlevsel gerekler, kullanıcı eğilimleri, arsa, çevre ve iklim verileri, teknoloji, finansman, kaynaklar, standartlar, denetleyici ve düzenleyici kurallar gibi birçok belirleyici etkenin yanı sıra; mimarın bilgisi, kültürü, yeteneği, dünya görüşü, değer yargıları, amacı, psikolojisi gibi faktörler de form kararları verilirken önemli rol oynamaktadır” (Onat, 2020: 2).

Bu doğrultuda Aksoy (1987: 57), bağlamlar düzeyinin öğelerini ve mimarlık alanının bileşenlerini;

1. Geliştirilecek ‘biçimler’,
2. Çözülecek ‘işlevler’,
3. Kullanılacak ‘teknolojiler’,
4. Yararlanılacak ‘ekonomik’ kaynaklar,
5. Kurulacak ‘ekolojik’ dengeler olarak sıralamaktadır.

Cordan (2002) ise, “Mimarlık, yaşanan çağın yansıtıcısı olarak iletişimsel bir gösterge olmanın yanı sıra; yasa ve mevzuatların belirlediği şartlara uygun olarak yerine getirmesi gereken işlevleri çözme amacı taşıyan, teknolojiyi üreten ve üretilen teknolojilerden yararlanma yoluna başvuran, doğal ve yapay çevre verilerini göz önünde bulunduran ve biçimleri (formu) oluşturma görevini üstlenen bir üretim biçimini tariflemektedir" diyerek Aksoy’un (1987) tanımladığı mimarlık kavram ve bileşenlerine, sosyal etmenler ve yasal etmenler olmak üzere iki tane ilave yapmaktadır.

Usta (1994) mimari formun, tarihsel süreçte, ait olduğu zamanın;

1. Toplumsal,
2. Kültürel,
3. Fiziksel,
4. Ekonomik,
5. Teknolojik,
6. Politik etkileri sonucunda oluştuğunu belirtmektedir.

Gelernter (2000: 3, 14), formun oluşumunu şekillendiren beş temel unsurdan bahsetmektedir;

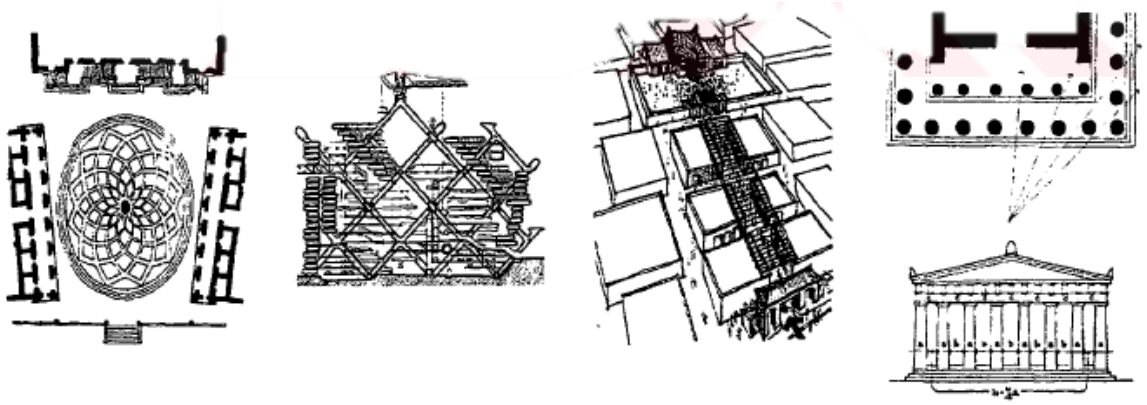
1. Amaçlanan ‘işlevi’ (fiziksel, sosyal, psikolojik ve sembolik işlevler),
2. Tasarımcının ‘yaratıcı hayal gücü’ (iç kaynaklar, sezgiler),
3. İçinde bulunulan ‘çağın ruhu’,
4. İçinde bulunulan ‘sosyal ve ekonomik koşullar’,
5. Değişmeyen ‘biçim ilkeleri’.

Schirmbeck’e (1987: 4) göre, mimarın tasarım faaliyeti, çok sayıda bireysel kararlardan ve evrimsel aşamalardan oluşur. Sonunda, form oluşumu için model olan bir planlama kavramı gelişir. Bu planlama kavramı, bir dizi etmeni hesaba katarak çizimler aracılığıyla nihai tasarıma dönüştürülür. Mimari oluşumu etkileyen bu etmenler;

1. Form,
2. İşlev,
3. Teknoloji,
4. Çevre fiziği,
5. Enerji,
6. Ekoloji,
7. Biyoloji,
8. Şehir planlamasının gereksinimleri,
9. Ticaret,
10. Yerel yönetim düzenlemeleri gibi etmenler olarak sıralanabilmektedir.

R. L. Vickery, Sharing Architecture adlı kitabında mimari formun oluşumunu ve onu belirleyen kriterleri, koşullar, uygulamada karşılaşılan güçlükler vb. açılardan ele almakta ve kriterlerinde sınırsız olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle, formun oluşumuna etki eden kriterlerin önem sırasına göre basit temel özellikler yansıtması gerektiğini söylemektedir. Bu bağlamda formun kriterlerini dört ana başlık altında sıralamaktadır (Resim 2.8) (Tavşan, 2000);

1. Fonksiyonel kriterler
2. Teknolojik kriterler
3. Kültürel kriterler
4. Artistik (stilistik) kriterler



Campidoglio, Rome Michelangelo	Plug-in City Peter Coog	Asakusa Arkade Tokyo	Parthenon
Fonksiyonel Kültürel Artistik	Teknolojik	Kültürel	Artistik

Resim 2.8. R. L. Vickery'e göre formun oluşumunda etkili olan kriterler (Tavşan, 2000)

Zevi (2015) ise; mimarinin belirli sayıda koşulla saptandığını ve en önemlilerinin;

1. Sosyal,
2. Düşünsel,
3. Teknik
4. Estetik koşullar olduğunu belirtmektedir. Ona göre, "Tüm bu etkenler ve bazı diğerleri, ilişkilerin karmaşıklığı içinde, mimarinin doğduğu alanı oluştururlar. İnşaatlar bazen bir yönetici sınıfının, bazen bir dinin, bazen ortak bir isteğin, bazen bir sorunun veya teknik buluşun egemenliğini yansıtırlar, ama onlar her zaman kendilerini yaratan uygarlığın tüm bileşkelerinin varlıklarının beraberce ürünüdürler" (Cordan, 2002).

Yakan (1999), mimari biçimlenişlerde etken olan girdileri;

1. Mimarın sezgileri,
2. Anıtsallık,
3. Dinsel mimari,
4. Rasyonel düşünce (tasarım yöntemlerine, geometrik yöntemlerin kullanımına, malzeme ve konstrüksiyona göre),
5. Doğanın yansıması olarak ele almaktadır.

Ergünay Kurtçu (1999), mimari kütlenin biçimlendirilmesinde etkili faktörleri;

1. Estetik,
2. Doğa,
3. Tasar öğe ve ilkeleri,
4. İşlev,
5. Ekonomi,
6. Teknoloji (yapı malzemeleri, strüktür sistemleri),
7. Çevre (fiziksel çevre, toplumsal çevre) olarak ele almaktadır.

Tasarlama etkinliği, pragmatik, ikonik, anolojik ve kanonik yaklaşımlar ve bu yaklaşımları etkin kılan bağlamlar aracılığıyla gerçekleşmektedir. Mimari form da bu tasarlama etkinliği sonucunda oluşmaktadır.

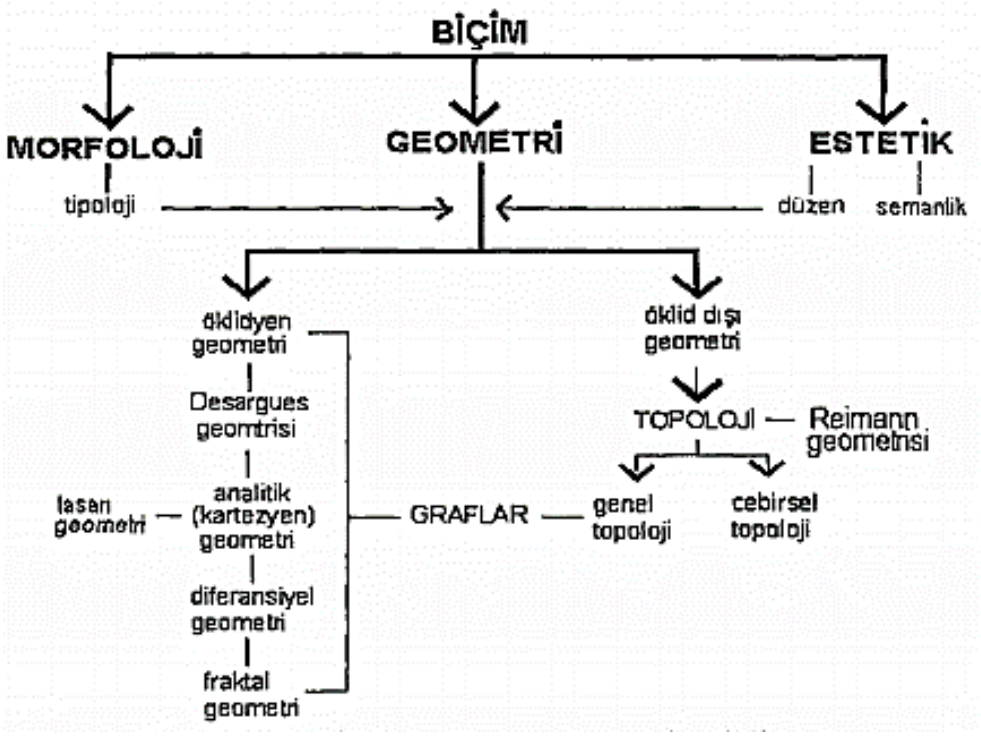
"Tasarım sürecinde mimar, bireysel tavrını ortaya koyarak ilerleyebileceği gibi mimari akımlara bağlı üslupsal, belirli bir tema veya bağlamla ilişkili olarak anlamsal arayışlar çerçevesinde açık bir talebin giderilmesi çabasıyla yapıtını ortaya koymaktadır" (Cordan, 2002).

2.3. Mimari Formu Oluşturan Biçimlendirme Yaklaşımları

"Biçimlendirme, öncelikle insanların duygu, düşünce ve eğilimlerinin karşılıklı olarak iletilmesini ve bu yoldan toplumun yaşam deneyleri birikiminin kuşaktan kuşağa aktarılmasını sağlayan bir anlatım-iletim aracı, diğer bir deyişle bir dil olarak yorumlanmaktadır. Biçimlendirme etkinliği, algılama-yorumlama-tanıma olarak sıralayabileceğimiz kurgusal süreçte, karmaşıklığın düzene, çeşitliliğin kurallara bağlanması olarak da tanımlanabilmektedir" (Aksoy, 1977: 1).

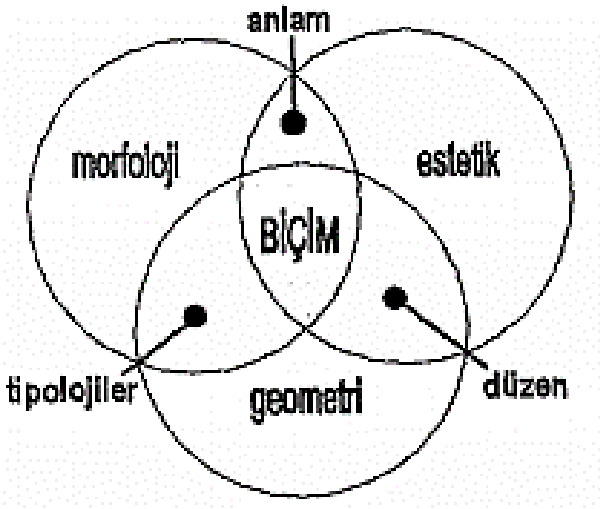
Mimari biçimlendirme olgusuna veri sağlayan doğal bilimler;

- Geometri,
- Morfoloji,
- Estetik bilim dalları olarak görülmektedir (Yıldırım, 2003) (Resim 2.9).



Resim 2.9. Biçime veri sağlayan bilim dalları (Yıldırım, 2003)

“Bu bilim dallarından geometri ve morfoloji, toplumsal ve bireysel kültür yargılarından bağımsız doğal bilim niteliğindedir. Estetik bilimi ise geometrik kavramlar (sayısal estetik) ve algı psikolojisi gibi çağdaş yaklaşımlar ile doğal bilimlerden beslenen, diğer yandan semiolojik ve toplumbilim odaklı yaklaşımlar ile her iki alandan veri alan bir bilim dalı olarak tanımlanabilir. Bu bilim dallarının birbirlerinden veriler alarak biçime yaklaşımı bulunmaktadır” (Yıldırım, 2003) (Resim 2.10).



Resim 2.10. Mimari biçim ve bilim dalları ilişkisi (Yıldırım, 2003)

Mimari biçimlendirme ile yakın ilişkili olan morfoloji tanımlaması, farklı bilim dalları için farklı anlamlar taşımaktadır. Etimolojik olarak, Yunanca morphe = biçim ve logos = bilgi kelimelerinden oluşmaktadır. Mimarlıkta morfolojik yaklaşımlar, binanın plan geometrileri, kütle biçimlenişleri ve cephe düzenleri bağlamında benzerlikleri açısından gruplanabilmektedir. Bu yaklaşım eş biçimli oluşumlarda mimari tip ve tiplerin sınıflanması çalışması olan mimari tipoloji kavramlarını oluşturmuştur (Yıldırım, 2003).

Biçimlendirme süreci, ilk biçimin ortaya konması ve bunu izleyen işlemler yardımı ile biçim üzerinde çeşitlemeler yapmak, düzenlemeler kurmak ve yeni alternatif biçimlerin ortaya konması şeklinde gerçekleşmektedir. Tanım olarak soyut yapılardan somut ürünler yaratma eylemi olarak görülen biçimlendirme faaliyeti, biçimlendirme araçları ile mümkün olabilmektedir. Bu süreçte yer alan biçimlendirme araçlarını iki grupta incelemek olanaklıdır (Şener, 1994);

1. Matematiksel nitelikli tasarım yardımcı araçları:
- Rakamlar ve sayılar,
- Sayı dizileri,
- Oran ve orantılar
2. Geometrik nitelikli tasarım yardımcı araçları:
- Çizgisel nitelikli tasarım yardımcı araçları,
- Düzlemsel nitelikli tasarım yardımcı araçları,
- Üç boyutlu tasarım yardımcı araçları,
- Düzlemsel geometrik örüntüler,
- Strüktürler,
- Paketlenmeler.

Günümüzde, gelişen bilgisayar teknolojilerinin biçim üretiminde yaygın olarak kullanımı, kuralların ve temel üretken biçimin tanımlanması ile düzlemde işlemci tarafından sınırsız biçim olasılıklarının üretimini mümkün kılmaktadır (Krishnamurti ve Giraud,1986 aktaran Şener, 1994).

19.yüzyılın endüstriyel üretimi ile başlayan makine çağına göre tasarım, 20.yüzyılda ise bilgi çağı ve dijital medya aracılığıyla mimarlık ve kentsel planlama alanında dönüşüme neden olmaktadır (Zellner, 2000 aktaran Oğultekin, 2007).

Zellner (2000: 9), günümüz mimarlarının, bilgisayar uygulaması yoluyla mümkün kılınan radikal üretken ve yaratıcı potansiyeli test etmek için biçimlendirme araçları olarak hard ve soft teknolojileri kullandığını belirtmektedir.

- Hard Teknolojiler: Üretim ve malzeme,
- Soft Teknolojiler: Dijital üretim.

"Üretimde ve malzemede: ileri inşaat teknolojileri ve toplu üretim olanakları; elektromekanik kontrolün sağlandığı otomasyon sistemleri veya akıllı binalar; akıllı malzemeler; enerji etkin akıllı binalar (yenilenebilir enerjinin kullanımı) ise mimarlıkta dönüşüme neden olmaktadır" (Oğultekin, 2007).

20.yüzyılın bilgi teknolojileri, dijital medya ve üretim olanaklarının getirdiği, bilgisayara dayalı tasarım yardımcı araçları ise şu şekildedir (Kolarevic, 2003 aktaran Oğultekin, 2007);

- Dijital mimarinin kullandığı geometriler: Fraktal geometri, topolojik geometri,
- Dijital mimarinin kullandığı performansa dayalı tasarım yardımcı araçları: Simülasyon ve üretim modelleri,
- Dijital mimarinin kullandığı üretime dayalı tasarım yardımcı araçları: CNC ile biçimlendirme, CATIA ile bilgisayarda modelleme.
- Dijital mimarinin kullandığı tasarım programları: CAD/CAM, CIM, 3DStudioMax, ArchiCad vb.
- İnteraktif tasarım: kullanıcıya odaklı tasarımdır (sanal mekân gibi).

Pamir'e göre (2001), biçimlendirmede kütle, uzaysal hacim ve eldeki program işlenmektedir. Tasarımcı bu süreçte mimari anlayışının uzantısı olan bir arayış içerisindedir. Biçim, mekânın fizikselleştirilmesinde önemli bir simgesel rol oynamaktadır.

Pamir, biçimlendirme stratejilerindeki çeşitli yaklaşımları ise şöyle özetlenmektedir (Pamir, 2001):

1. Kabuk biçimlenmesi ve plan biçimlenmesi birbirinden ayrışabilmektedir. Örnek olarak, geniş hacimli sanayi benzeri teknolojik açıdan ileri destek hizmeti sağlayan yapılar sanat merkezi de olabilmektedir. Yani biçim ile yapı programı arasında, biçimi doğrudan etkileyecek bir ilişkili kalmamıştır.

2. Biçimlendirmede, yapıları oluşturan yapısal özellikler ya da biçimlendirmeye yardımcı bir örüntü dili araştırılmaktadır. Sosyal ekolojideki dengeleri sağlayan ilişkilerin mekânsal geometrisinin bulunarak, fiziki ortama yansıtılmasının sağlanması şeklindedir. Örnek olarak, bir biçimin parçası olan cumbanın seyir penceresi şeklinde kullanılması gibi.

3. Uygulamaya konulacak biçimlerin, yüzyıllar boyunca kültürler içinde oluşan tiplerden seçilmesidir. Burada biçim ile işlev arasındaki ilişkiler bağlamında iki görüş bulunmaktadır. İlki kullanım ilişkileri biçimi ortaya çıkarır görüşü, diğeri ise biçimlerin yeniden kullanılması durumunda yeni kullanım türlerini veya işlevleri oluşturacağı görüşüdür. Burada önerilen biçimler, tipolojinin biçimselleşmesi ile ortaya çıkarak arketip özelliği göstermektedir.

4. Yapılaşma ile ilgili hizmet programında bulunan farklı yaklaşımların özel olarak çalışılması ve her bir yaklaşımın kendine ait mekânı tanımlaması sonrasında birbirinden farklı ve gerekli biçimlendirme yöntemleriyle biçim almalarıdır. Bu durum, binanın çeperinde kalan kurgu ile, yapının içindeki mekânın kurgusunun farklı biçimlendirme ile gerilimli bir şekilde oluşmasına yol açabilmektedir.

5. Biçimlendirmenin bilgi içeriğini kontrol etmek bir diğer stratejidir. Kişiler biçimlerden semantik ve sentaktik bilgiler alırlar. Semantik biçim araştırmalarında kullanılan bir teknik, metaforik tasarım tekniğidir. Zaman ve mekân açısından farklı ortamlarda yer verilen bilgi içeriğini, tasarım ortamlarına aktarmak ya da yalnız soyut metaforik kullanımlar sağlamak önemli bir strateji olmuştur. Bilgi aktarımında, belli bir parametre sayısından az parametre aracılığıyla, mekân hakkında minimum bilgi veren sıkıcı biçimlere; benzer şekilde belirli bir parametre sayısından çok parametre de kullanıcı tarafından biçim bilgisinin işlenememesi ve anlaşılamaması gibi bir duruma yol açabilmektedir.

6. Biçimlendirme, günün anlayışına paralel olarak yorumlanabilmektedir. Bu strateji, toplumun ideolojik içeriğini mekânda yapılaşma ile yorumlama ya da kültürün biçimleri sınırlama şekillerinden çıkarak biçimlendirme arayışlarının sürdürülmesi biçimindedir.

7. Biçim karşıtı biçimler üretme stratejisinde, formun belirleyiciliği baskın bir şekilde ortaya çıktığında ve bu durum diğer boyutlardaki araştırmayı engellemeye başladığında, buna karşı bir tepki oluşmaktadır. İşin tanımı gereği gelişen, ancak belli bir kurgu, program veya konudan çok tasarım stratejisinin tasarım alanına yansıtılması ile oluşan, soyutlanmış bir tekniktir.

Broadbent (1973: 25), mimarın üç boyutlu formu oluştururken birbirinden farklı dört yol izlediğini belirtmektedir. Bunlar sırasıyla;

- Pragmatik,
- İkonik (Tipolojik),
- Analojik,
- Kanonik (Sentaktik) yaklaşımlardır. Bu biçimlendirme yaklaşımları, tasarım sürecinde mimarın biçimi ortaya koyarken izlediği süreci açıklamada yardımcıdırlar.

Broadbent (1973: 35, 38), biçimlendirme yaklaşımları içinde en temel olanın pragmatik, en yaratıcı çözümlere olanak tanıyanın analojik ve en düşünsel olanın ise kanonik yaklaşım olduğunu belirtmektedir. Ayrıca kapsamlı bir araştırmada, tarih boyunca yaratıcı mimarların, mimari formu oluştururken genellikle bu yollardan birine veya birkaçına belirli bir vurgu yapmasına rağmen, bunları kombinasyon halinde kullandığı üzerinde durulmaktadır.

2.3.1. Pragmatik yaklaşım

Broadbent'e (1973: 25, 26) göre, pragmatik tasarım, taş, toprak, ağaç, hayvan derisi, kar gibi mevcut olan malzemelerin işe yarayacak şekilde başarılı bir biçimde çalışana kadar deneme-yanılma yolu ile bir araya getirildiği, tarih öncesi devirlerden beri kullanılan bir yapı formu oluşturma yöntemidir.

Ünügür (1989: 19), pragmatik yaklaşımların bina tasarım girdileri arasında yer alan ve tasarım sorunsalını oluşturan alt sistemlerden gelen ve madde olarak tanımlanan nesnel tabana dayanmakta olduğunu söylemektedir. Bu yaklaşımlarda tasarımcının amacı, var olan malzemelerden maksimum şekilde yararlanmak ve aralarından en uygun olanlarını seçmektir.

Pragmatik yaklaşımla oluşturulan yapılar, kullanıcının işlevsel gerekliliklerinin bir sonucu olarak oluşmaktadır. Bu yapılara örnek olarak, Eskimo İgloları, çamur ve sazdan yapılan Afrika Kulübeleri, kilimle kurulan göçebe çadırları, toprak ve kilden oluşan tüm yöresel mimarlık ürünleri gösterilebilir (Ulusu Uraz, 1993 aktaran Tavşan, 2000) (Resim 2.11).



Resim 2.11. Pragmatik yaklaşım örnekleri (Ulusu Uraz, 1993 aktaran Tavşan, 2000)

Biçim, malzemenin işleme yolları olan oyma, boşaltma, çevreleme, katlama ve bükme ve bir araya getirme davranışları, bağlama, örme, üst üste yığma, geçme yapma gibi pragmatik yöntemlerle de üretilebilmektedir. Kullanılan malzemenin ve teknolojinin belirlediği yapım yöntemleri ve bunlardan oluşan strüktürel tipolojilerin belirleyiciliği, yöresel mimarlık örneklerinin birçoğunda görülmektedir (Turuthan, 1987).

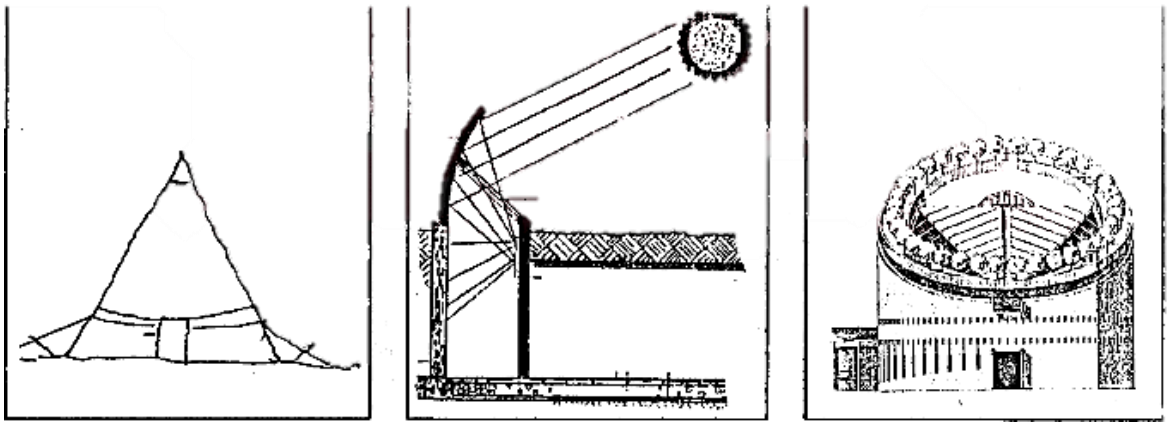
Pragmatik yaklaşımda, form kompozisyonlarını oluşturan bütün elemanlar yarara yönelik olarak biçimlendirilmektedirler. Örneğin, Le Corbusier formlarını oluştururken üst yüzeyi düz olarak bırakmaktadır. Böylece formun kübik etkisi kuvvetlendirilmiş olmaktadır. Ancak burada biçimlenişin gerisinde pragmatik bir tavır vardır. O da formun üst yüzeyinden çatı bahçesi olarak yararlanılmasıdır (Usta, 1994).

Pragmatik tasarımda form, fonksiyonun doğrudan yanıtı gibidir. Mekanlar veya mekân öğeleri olan duvarlar, kapılar, pencereler, belli bir işleve en uygun koşulları oluşturmak üzere bir araya gelmektedirler (Turuthan, 1987).

Pragmatik tasarım yaklaşımı, yeni bir malzemenin kullanımında karşılaşılan sorunların çözümünde kullanılabileceği gibi eski malzemelerin geleneksel kullanımlarından daha ekonomik, verimli ve iyi performansa erişmek amaçlı yeni yollarla kullanımlarına da olanak sağlamaya yardımcıdır (Broadbent, 1988: 412).

Pragmatik tasarım, yapım için en uygun çözüme ulaşıncaya kadar neden ve sonuç arasındaki bağlantıyı temel alan bir anlayışa dayanır. Bu sebeple form, yapım sürecindeki davranışlar aracılığıyla ve bunların birbirini doğru bir düzen içinde izlemesi yoluyla düşünülmektedir (Ulusu Uraz, 1993 aktaran Cordan, 2002).

Form oluşumunda doğal enerji kaynaklarından yararlanma fikri, formların yan ve üst yüzeylerinin biçimlenişinde bir pragmatik tavır olarak değerlendirilebilir. Anadolu'da kervansaray yapılarının form oluşumundaki kale etkisi ve avlulu düzeni de savunma ve korunmaya yönelik bir yarar sağlamaktadır (Resim 2.12) (Usta, 1994).



Resim 2.12. Pragmatik yaklaşımla oluşturulan formlar (Usta, 1994)

Broadbent (1980), bina formunun ortaya çıkışında, malzemelerin ve iklimsel belirleyicilerin etkili olduklarını ancak tümüyle belirleyici de olmadıklarını belirtmektedir (Cordan, 2002).

Broadbent (1988: 414, 415), malzemelerin bir araya geliş yollarının form oluşumunu etkilediğini ve bunların temelde 4 farklı şekilde kullanılabileceğini belirtmektedir. Bunları da kendi içerisinde strüktürel destekleyiciler ve mekân bölücüler olmak üzere iki kategoride gruplandırmaktadır.

• Strüktürel destekleyiciler: Kitle konstrüksiyonu, Plan konstrüksiyonu, Çerçeve konstrüksiyonu
• Mekân bölücüler: Kitle konstrüksiyonu, Plan konstrüksiyonu, Kabuk konstrüksiyon

Ayrıca Broadbent (1988: 412, 413), pragmatik bir binanın biçimini etkileyen ve onu tanımlayan farklı etmenler olduğunu da şu şekilde belirtmektedir;

• Bina faaliyetlerinin şekli ve onlardan gelen yüklerin dağılımı,
• Zeminin yapısı ve nasıl destekleneceği,
• Malzemelerin mevcudiyeti, nakliye imkânı, temel özellikleri, inşa edilebilirliği ve maliyetleri, işe uygunlukları,
• Belirli alanlardaki işgücü ve nakliye. Fabrika ve şantiyedeki işçilik maliyeti,
• Dış çevre ile ilgili olarak bina içindeki çevre kontrolüne yönelik faaliyetlerin ihtiyaçları,
• Faaliyetlere uygunluğun yakınlığı ile ilgili olacak şekilde binanın esnekliği veya değişim ihtiyacı ile ilgili olarak binanın gerekli veya beklenen ömrü,
• Sermaye ve işletme maliyetleri için mevcut maddi imkân,
• Yasal kurumlar tarafından uygulanan yapıma ilişkin kontroller,
• Alanın ve çevredeki binaların doğası.

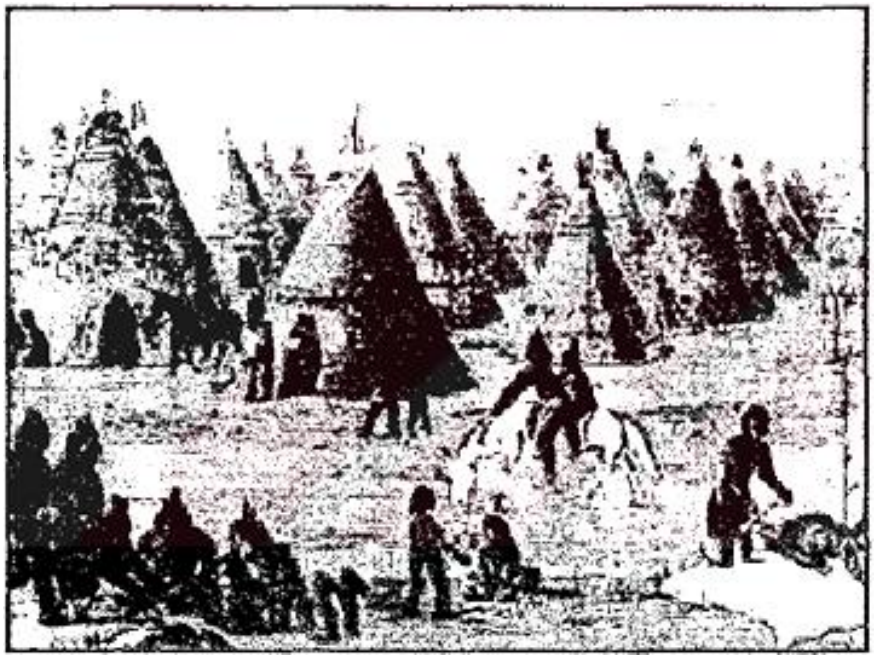
Mevcut kaynakların etkin ve yapısına uygun kullanılması, pragmatik tasarımda önemli olmaktadır. Mevcut kaynakların ekonomik, rasyonel ve etkin kullanımına dayalı, ekolojik, yeşil, sürdürülebilir, enerji etkin mimari gibi farklı isimlerle benzer faaliyet gösteren mimari üsluplar, pragmatik yararlılık taşımaktadır (Cordan, 2002).

“Pragmatik tasarımda, deneme-yanılma sonucu elde edilen biçimin, zaman içinde tekrar edilerek imgeleşmesi onun tipleşmesidir. Bu durumda yeni tasarım, pragmatik değil tipolojik olmaktadır” (Cordan, 2002).

2.3.2. Tipolojik yaklaşım

Tipolojik ya da ikonik olarak adlandırılan bu yaklaşım Broadbent'e (1988: 418) göre, tasarımcının tasarım problemlerinin çözümünde denenmiş ve kabul edilmiş yapı formlarını kullanması yoluyla tasarım yapmaktır. Bu yaklaşımda, inşaat ve iklimin faaliyetlere dönüştürülmesi açısından çalıştıkları belirlenen yapı türleri ve yapım yöntemleri, daha sonra pragmatik olarak tekrarlanmaktadır. Örneğin; Kızılderili çadırları (Resim 2.13).

Tasarımcı, biçimi oluştururken kullanıcı ya da işverenin sonuçta ortaya çıkacak ürünü benimseyip kabul etmesi endişesiyle de çoğu kez alışılmış ürünlerin biçimlerini tekrarlamakta, böylelikle yeni olanı alışılmışa tercih etmektedir. Yapının biçimiyle, vermek istediği anlam arasındaki ilişki daha önceden öğrenilmiş olduğundan, aynı veya benzer biçimler oluşturularak, bu anlama ters düşme olasılığından kaçınılmaktadır (Broadbent, 1974 aktaran Turuthan, 1987).



Resim 2.13. Kızılderili çadırları (Broadbent, 1988 aktaran Cordan, 2002)

Fiziksel, kültürel ve toplumsal etkenlerle oluşan fiziksel formun kuşaktan kuşağa çok az değişikliklerle yansıması, mimari elemanların zihinde değişmeyen imgelerinin olması ve bu imgelerin uzun süreler kullanılmasıyla çevrelerin oluşturulması, tipolojik yaklaşımın temelini oluşturmaktadır (Ertürk, 1981 aktaran Usta, 1994).

“Tipolojik tasarım, belli bir kültürden olan kişiler tarafından tasarımın neye benzeyeceği konusunda varılan bir uzlaşıdır. Bir kültürde deneme-yanılma yoluyla çalışması öğrenilmiş formların yararlı formlar olduğu o toplum tarafından kabul edilmişse tipleşir. Tiplerin tarihsel süreç içerisindeki kullanımları gelenekseldir” (Cordan, 2002).

Ancak tipolojik yaklaşımlarda nesnel nitelik taşıyan görsel benzeşim modelinin yüklenilen mimari göreve uygunluğu yani biçimsel düzenlerinin doğru analiz edilmeleri, biçim arasında yatan özün yakalanması, zaman içinde kalıcı olan ögelerin bulunup kullanılmaları, geçici olanların ise değiştirilmeleri zorunluluğu dikkat edilmesi gereken noktalardır (Ünügür, 1989: 22, 23).

“Tipoloji kavramı ile tip kavramı birbirinden bağımsız düşünülemez. Herhangi bir konuda tip, genellikle sabit bir ögeyi belirler. Biçimlendirmede tipoloji kavramı ise, genel bir tip kabulüne yakın bir anlayış çerçevesinde, bir mimari oluşum tipleri sınıflandırmasına varabilmek için, mimari ögelerin mümkün olan birleşme olanaklarının araştırılma çabası olarak tanımlanmaktadır. Daha genel anlamda tipoloji, morfolojinin değişmez ögesini araştıran bir sistematik tanımıyla açıklanabilmektedir” (Yücel, 1981 aktaran Tavşan, 2000).

Waismann, tipolojik yaklaşımları 5 ana başlık altında sınıflandırmaktadır (Waismann, 1972 aktaran Tavşan, 2000):

- Strüktürel tipolojiler,
- Biçimsel tipolojiler,
- İşlevsel (fonksiyonel) tipolojiler,
- Yapı / çevre ilişkileri tipolojileri,
- Çevre tekniklerinin kullanılma biçimi tipolojileri.

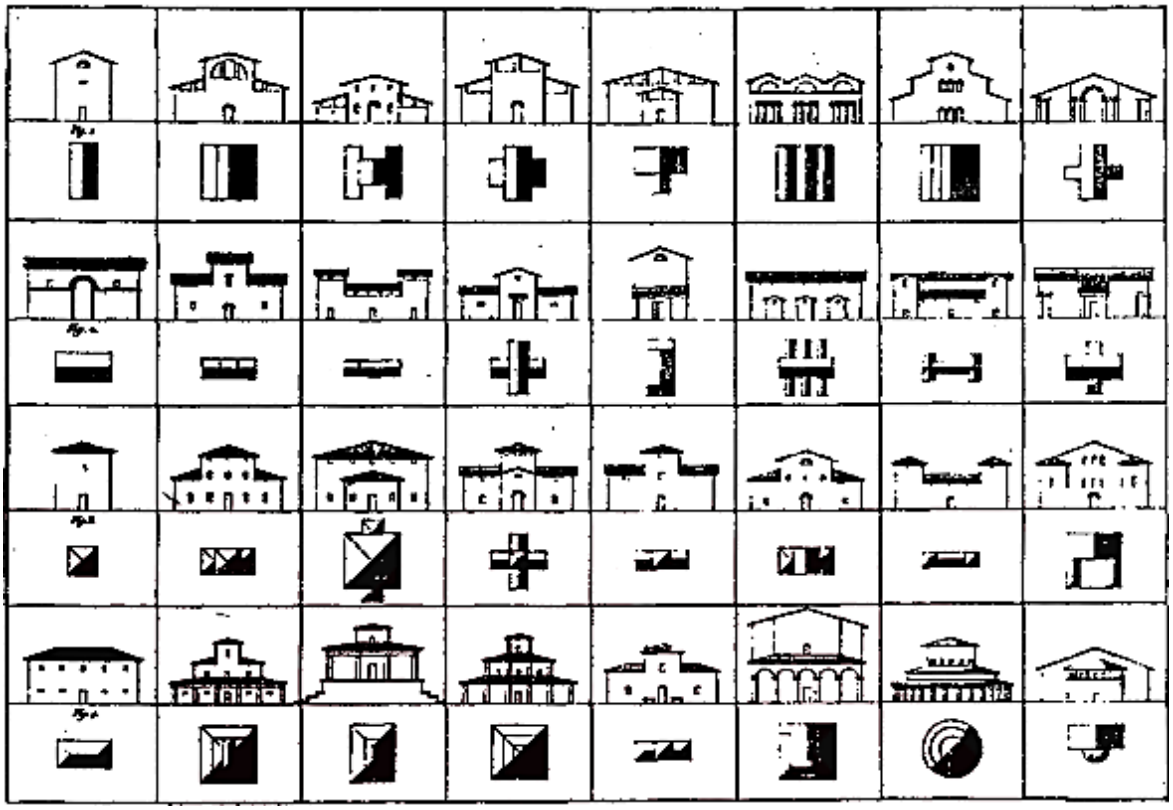
Strüktürel tipolojiler: Yapı malzeme ve tekniklerinin yarattığı tipolojilerdir.

Biçimsel tipolojiler: Tarihsel gelişimde tipler: stiller, üsluplardır.

İşlevsel (fonksiyonel) tipolojiler: Kültürel olgunun üstlendiği işlev, toplumca belirlenmiş gereksinmelerin karşılanmasına olan katkısıdır. İşlev bakımından askeri ve sivil mimari ayrımı yapılmaktadır. Sivil mimaride de başlıca iki tipoloji ise özel ve kamuya açık binalar ile toplumsal donatım yapılarıdır. Toplumsal donatım yapıları ise kamu binaları, beslenmeyle ilgili binalar, sağlık binaları, kamusal görkem binaları, dinsel binalar vb.dir.

Yapıt / çevre ilişkileri ve çevre tekniklerinin kullanılış biçimi tipolojileri: Mimari yapıtın çevresiyle fiziksel yolla (topoğrafya ile morfolojik ilişkiler) ve kültürel yolla (biçimsel hacimsel düzen) ilişkileri içermektedir. Her türlü çevresel denetim ve konfor aracının yapıda kullanılış biçimini belirtmektedir. Tipolojiler basit yapımsal bileşenler ve mekânsal birimlerden hareketle sonsuz ölçüde türeyebilen tipolojik çeşitlemeler, büyüme ve gruplaşmalara ulaşmaktadır (Yücel, 1976 aktaran Oğultekin, 2007).

Resim 2.14'de, 4 jenerik konut tipi ele alınarak kırma çatı kombinasyonları, tipolojik ilişkiler bakımından basitten karmaşığa doğru organize edilmiş ve çok sayıda çözüm önerisi üretilmiştir (Wojtowicz ve Fawcett, 1986 aktaran Keleş Usta, 1994).

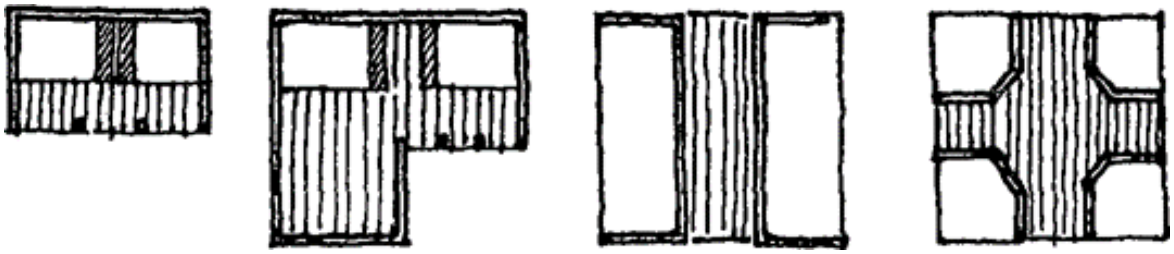


Resim 2.14. Dört farklı konut tipinin çatı kombinasyonları (Wojtowicz ve Fawcett, 1986 aktaran Keleş Usta, 1994)

Bir kültüre ait insanların yaşam biçimleri, kültüre ait yapılar ve yapıların yapım süreçleri ile karşılıklı olarak etkileşim içerisindedir. Tip çözümlemelerine ilişkin tasarımlarda her kültür, aynı işlevsel kategoride farklı mekânsal çözümlemeler üretebilir (Cordan, 2002).

Rapoport'un yerelliğin biçimde değil tipte olduğu görüşü bunu desteklenir niteliktedir. Tipoloji, belirli bir işlevsel kategori içinde toplumsal bir kültürün, kronolojik olmasada tarihsel bir tablosunu vermektedir (Yücel, 1981 aktaran Cordan, 2002).

Resim 2.15'de Sedad Hakkı Eldem'in Türk Evi plan tipolojilerine ilişkin çalışmasına yer verilmektedir.



Resim 2.15. Sedad Hakkı Eldem'in Türk Evi plan tipolojileri: dış sofalı, eyvanlı, iç sofalı, orta sofalı (Ulusu Uraz, 1993 aktaran Cordan, 2002)

Tipolojik tasarımda, formun, kütle, mekân ve yüzeylerine ilişkin karakteristiğini tipolojiler belirlemektedir. Örneğin, tarihsel dokunun yoğunluklu olduğu bir çevrede formun biçimlenişi, bu çevrenin arketiplerine bağımlı olarak ortaya çıkacaktır. Öte yandan üslupsal etkilere bağımlı olarak tasarlanan formlarda tipolojik verilerin yansımaları da görülebilmektedir (Usta, 1994).

Mimarlık alanında tip ve tipolojiye ilişkin yaklaşımlar genellikle görsel, mekansal ve biçimsel özelliklere dayanmaktadır. Ancak var olan bir olgunun çalışmaya doğrudan uyarlanması durumunda oluşan yeni tasarım, tipolojik değil analojik olacaktır (Cordan, 2002).

“Tipolojik tasarım, kendi analojik yönüne sahip olmakla birlikte, değişmez zihinsel imgelere de dayalıdır. Formların, zaman içinde deneme-yanılma yoluyla kabulü tipolojik tasarımın pragmatik yönünü, belli bir tipin tekrar edilme esasına dayalı oluşu ise onun sentaktik yönünü oluşturmaktadır” (Cordan, 2002).

2.3.3. Analojik yaklaşım

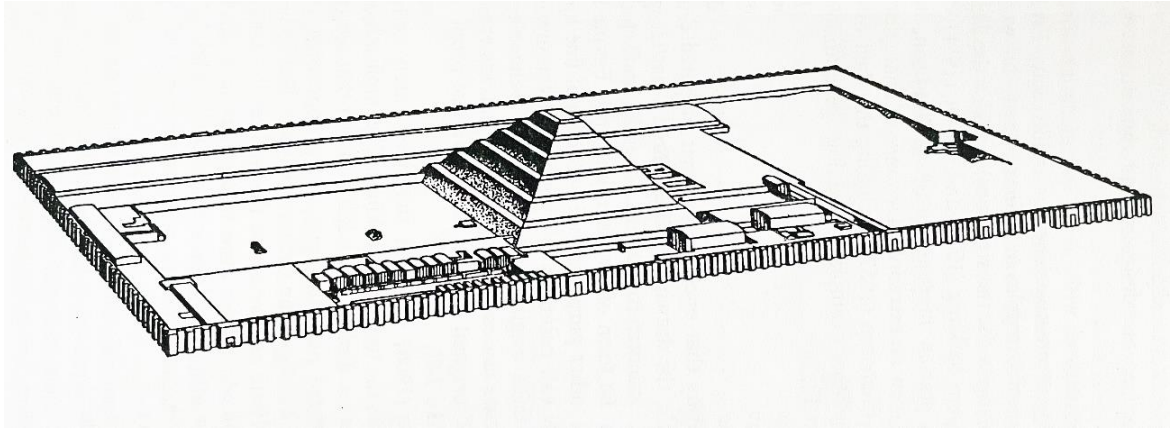
Broadbent’e (1973: 30) göre analojik tasarım, tasarımcının zihninde yeni formlar oluşturmak için benzetmelerden yararlanmasıdır. Bina tümel formunun belirleyici ve devingen koşullar bütününe göre özgün yorumunun yapılması bilinen, tanınan bir olgudan hareketle yeni formlar üretme sürecine dayanmaktadır (Ünügür, 1989: 13). Resim 2.16'da bir Mondrian resmi ve onun mimariye uygulanışı görülmektedir (Cordan, 2002).



Resim 2.16. Solda tipik bir Mondrian resmi P. Mondrian (URL-2), sağda Schroder Evi Reitveld-Utrecht-Hollanda (URL-3)

Aksoy (1987: 109, 110) ise analojik tasarımı, benzetmeler yoluyla bulunan yeni fikirlerin çalışma esnasında belirli bir amaç doğrultusunda değerlendirildiği tasarım teknikleri içinde yer alan bir tasarım biçimi olarak tanımlamaktadır.

Broadbent (1973: 31) analojilerin tarihteki ilk uygulamasının, İmhotep tarafından tasarlanan Sakkara'daki basamaklı piramit kompleksinin (M.Ö. 2800) uygulamasıyla başlamış olduğunu belirtmektedir (Resim 2.17). Kalıcı bir yapı yapmak amacıyla, Nil Vadisi'nde güneşte kurutulmuş tuğladan yapılmış, tepesi düz ve kenarları eğimli, o ana kadar yapılmış tek kalıcı yapılar olan mastaba mezarlarının küçülerek üst üste inşa edilmesiyle oluşturulan yapı, çamur ve kamış sütunları olan prefabrik kulübelerin biçimlerini, dekorasyon için lotus çiçeğinden ve yılan başlarından vb. yararlanılarak, görsel analojiler yolu ile meydana getirilmiştir (Broadbent, 1973: 31).



Resim 2.17. Sakkara'da bulunan basamaklı piramit kompleksi, M.Ö. 2800 (Edwards, 1947 aktaran Broadbent, 1973: 32)

Analojik tasarım, somut ve soyut benzetmeler aracılığıyla düşünülmekte ve bunlarla kurulan benzetmeler aracılığıyla ortaya koyulmaktadır. Benzetme yaklaşımları birkaç grupta değerlendirilmektedir. Bunlar (Turuthan, 1987);

• Diğer tasarım ürünlerine benzetme
• Kişisel olmayan imgeler kullanarak dolaysız benzetmeler kurmak
• Kişisel imgeler kullanarak dolaylı benzetmeler kurmak
• Soyut kavramların biçimle somutlaşması kendinden başka bir şeye benzemeyen biçim

Diğer tasarım ürünlerine benzetme: Mimarlık tarihinde bulunan çeşitli yapılar, yeni tasarımlarda form oluştururken referans olabilmektedir. Resim 2.18'de yer alan Pei'nin Louvre piramidi, Mısır piramitlerinin cam malzeme ile yeniden inşa edilmiş biçimidir. Bu tür yaklaşımda, tarihsel yapılardan referans olarak yararlanılabildiği gibi, tasarımcının önceden yapmış olduğu yapılar da yeni tasarım için birer benzetme kaynağı olabilmektedir (Usta, 1994). Örneğin; Frank Lloyd Wright'ın farklı müşterileri için tasarladığı evler, özellikle mekanların düzenlenişi açısından, birbirleriyle benzerlikler göstermektedir (Cordan, 2002).



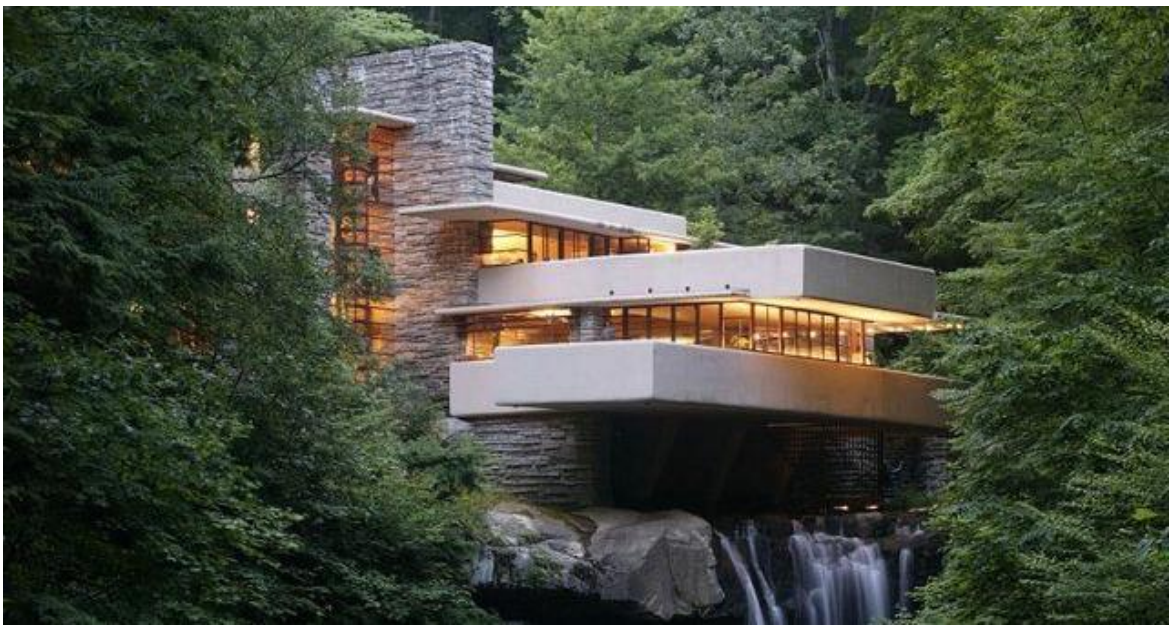
Resim 2.18. Louvre Piramidi, I.M.Pei, Paris, 1989 (URL-4)

Kişisel olmayan imgeler kullanarak dolaysız benzetmeler kurmak: Mimari form oluşturulurken başvurulan herhangi bir imgenin somut biçimsel özellikleri, o formun kütle, mekân ve yüzeylerinin belirleyicisi olabilirler. Resim 2.19'da görülen Utzon'un yelken imgesinden yola çıkarak tasarladığı Sidney Opera Binası buna örnek olarak verilebilir (Usta, 1994).



Resim 2.19. Sidney Opera Binası, Jorn Utzon, Avustralya, 1959-1973 (URL-5)

Kişisel imgeler kullanarak dolaylı benzetmeler kurmak: Somut imgeler kadar soyut kavramlardan da yararlanarak biçimi oluşturmak mümkündür. Bu tür benzetme yaklaşımında, doğadan, insandan, doğal, fiziksel ve biyolojik olaylardan yararlanmak mümkündür (Cordan, 2002). Ayrıca diğer alanlardaki olgu ve yasaların form kompozisyonlarına yansıtılması yoluyla da form oluşturulabilmektedir (Usta, 1994). Resim 2.20'de Wright'ın Organik Mimarlığın ilkelerinden yola çıkarak biçimlendirdiği yapısı Şelale Evi yer almaktadır.



Resim 2.20. Şelale Evi, Frank Lloyd Wright, Pensilvanya, 1935-1937 (URL-6)

Soyut kavramların biçimle somutlaşması kendinden başka bir şeye benzemeyen biçim: Bu tür benzetme yaklaşımında biçimlendirme oluşturulurken, tasarım problemi, tasarımcının belirlediği bir anlamı açıklamaya çalışmak için soyut nitelikli kavramlar aracılığıyla diğerlerinden farklılaşmaktadır. Böylelikle, tasarımcıdan tasarımcıya farklılık gösterebilen ve kendinden başka bir şeye benzemeyen biçimler elde edilebilmektedir. Resim 2.21'de Teknoloji Enstitüsü Yurdu örneğinde Aalto, öğrenci yatakhanesi fonksiyonu birimler arası kapanma aynı zamanda manzaraya açılma şeklinde ele alıp, bunu genç insanların aktif hayat kavramıyla destekleyecek şekilde yansıtmaktadır (Usta, 1994).



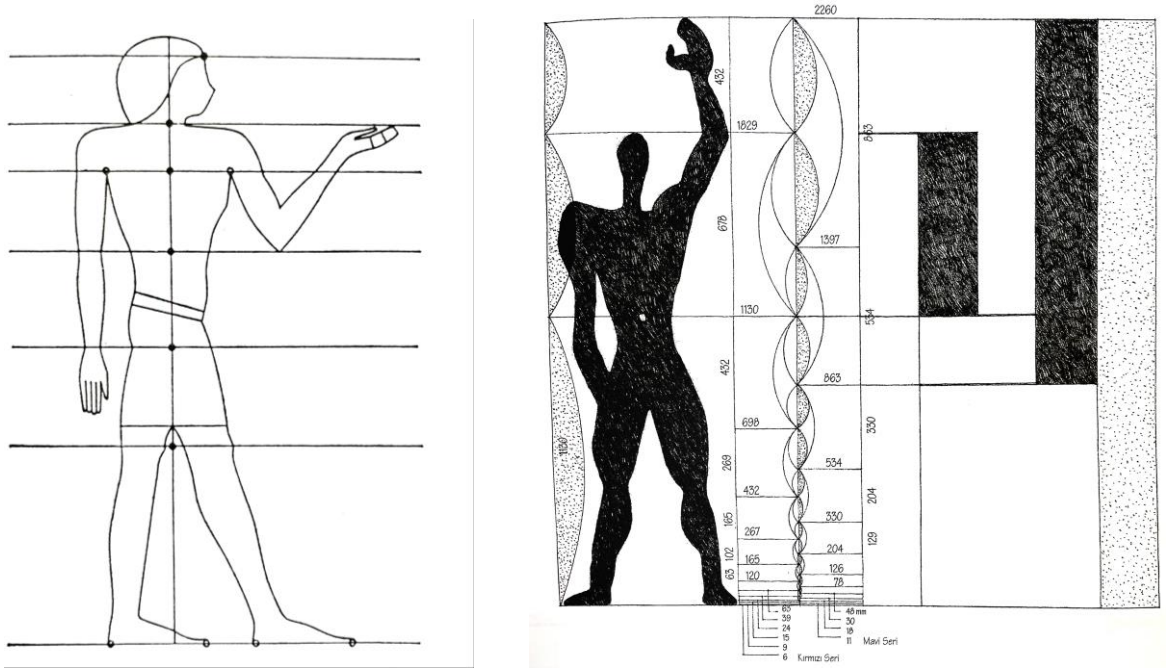
Resim 2.21. Teknoloji Enstitüsü Yurdu, Alvar Aalto, Boston, 1946-1948 (URL-7)

"Bu yaklaşıma diğer yaklaşımlarla olan ilişkisi çerçevesinde bakıldığında, onay gören formların yeniden kullanımına olanak tanıması bakımından tipolojik, kural tabanlı sistemlerle çalışmak anlamında ise kanoniktir" (Cordan, 2002).

2.3.4. Kanonik yaklaşım

Broadbent'e göre kanonik tasarım, tasarım ve yapımda modüler veya en azından boyutsal koordinasyon sağlayan iki veya üç boyutlu bir ızgara kurmak yoluyla geometrik sisteme dayalı bir form oluşturma yaklaşımıdır (Broadbent, 1988: 427).

Mimarinin bir oran sanatı olduğu da söylenmektedir. Mısır piramitlerinden, Le Corbusier'in Modülor'una gelinceye kadar çeşitli devirlerde bazı soyut geometrik veya aritmetik oranların, yapıların boyutlanması sırasında kullandıkları görülmektedir (Usta, 1994) (Resim 2.22).

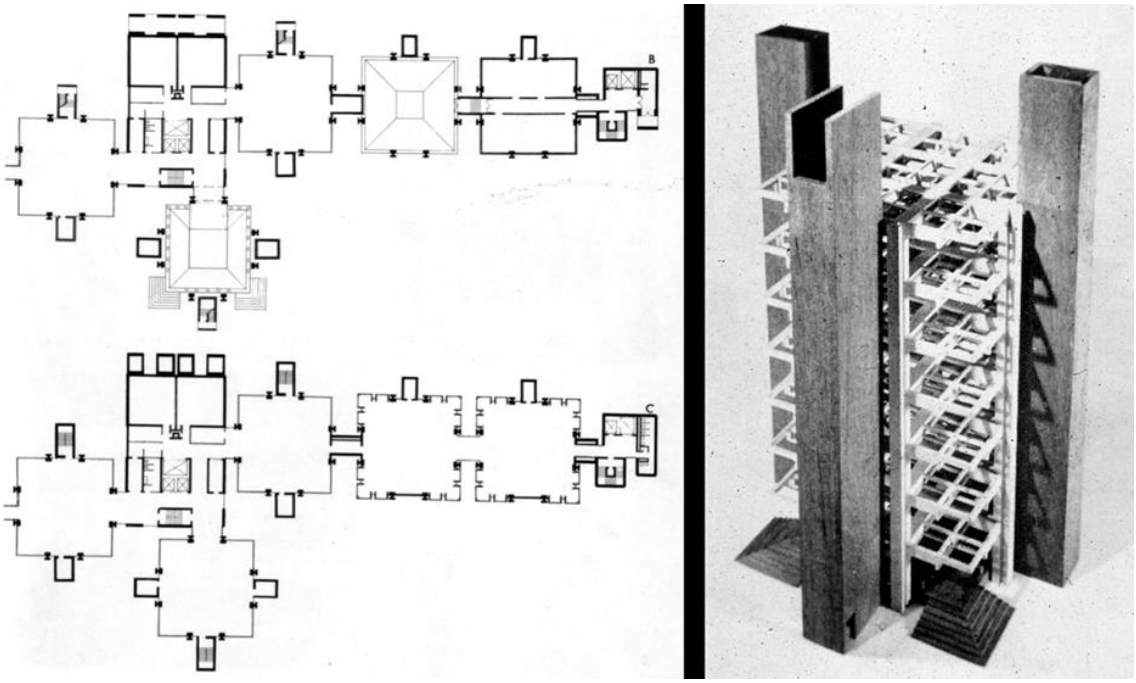


Resim 2.22. Solda Mısır orantı düzeni (Broadbent 1973: 36), sağda Le Corbusier'in Modülor'u (Ching, 2010: 303)

Kanonik yaklaşımda formlar, ızgara, ölçü ve oranlar temel alınarak oluşturulmaktadır. Tarihte de çok sayıda örneği bulunan yaklaşımda, modüler koordinasyon ve boyutsal koordinasyon gibi kavramlarla mimari bütüne ulaşılmaktadır (Ertük, 1987 aktaran Usta, 1994).

Kanonik yaklaşımda bir geometrik biçim, soyut bir ön veri olarak ele alınıp ayrıntılı olarak geliştirilirken somutlaştırılmaktadır. Bu yaklaşımı, biçimin veya biçimlerin geometrisi olarak tasarımın başlangıcında ortaya konulan leke çalışmaları ile örneklemek mümkündür (Turuthan, 1987).

Kanonik tasarım, detaydan bütüne oransal bir düzene dayalı olduğundan, ölçü ve büyüklükler, kütle, yüzey ve mekanlar arasındaki ilişkiler ile uyumlu bir bütünlüğe sahiptirler (Cordan, 2002).

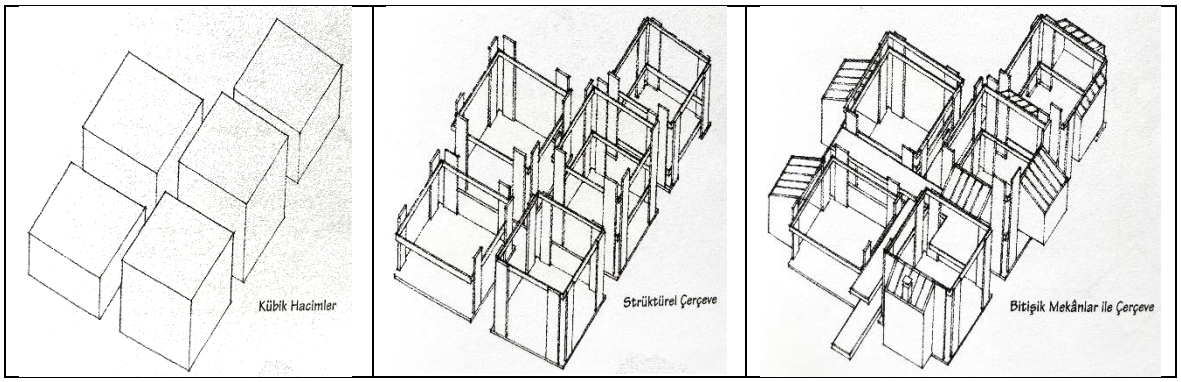


Resim 2.23. Kanonik yaklaşım örneği, Louis Kahn, Pennsylvania Üniversitesi (URL-8)

Günümüzde iki ya da üç boyutlu ızgara sistemler aracılığı ile tasarlamak, tekrarlanabilir oluşu, ekonomik açıdan avantajlı oluşu ve seri üretime olanak sağlaması bakımından tercih edilebilmektedir. Ayrıca grid sistemler, modülerliğin yanı sıra yapım ve tasarımdaki boyutsal koordinasyona da imkân tanımaktadır (Cordan, 2002).

Ching (2010: 71) gridal biçimi oluşturan düzenleri üçe ayırmaktadır:

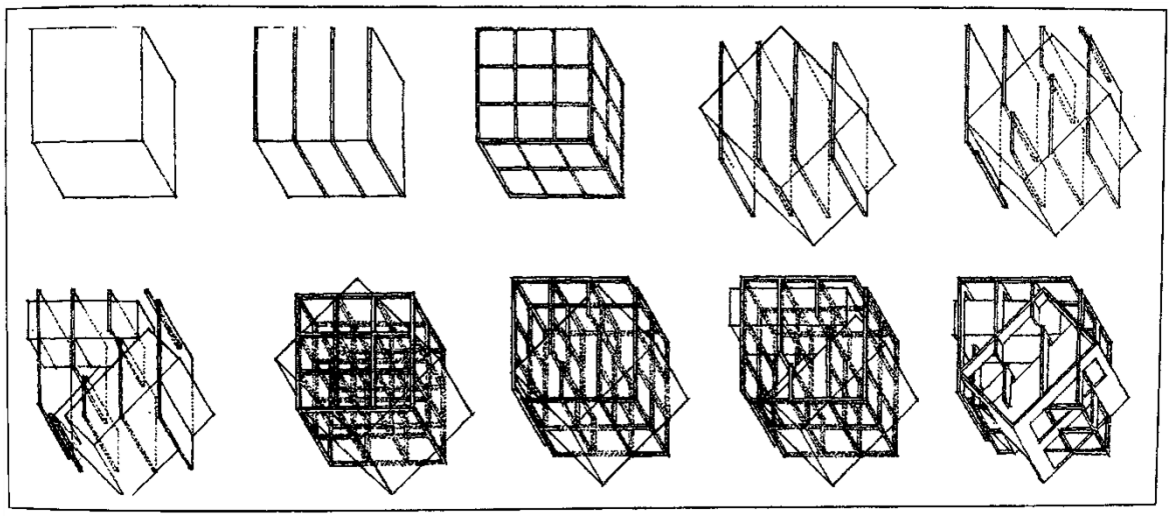
1. Kübik hacimlerden kurulu,
2. Strüktürel çerçevelerden kurulu,
3. Bitişik mekanlar ile çerçevelerden kurulu organizasyon (Resim 2.24).



Resim 2.24. Hattenbach Konutu, Santa Monica, Kaliforniya, 1971-1973, Raymond Kappe - Gridal organizasyon örneği (Ching, 2010: 71)

Gelişmekte olan matematiksel ve geometrik teknikler tasarım alanında yeni ufuklar açmaktadır. Broadbent, bu konuda Eisenman'ın üretken ve dönüştürülebilir kurallar aracılığı ile yeni geometrik formlar ürettiğinden ve onun tarafından yapılmış olan çalışmaların öneminden bahsederken, yeni geliştirilen matematiksel tekniklerin, bu yaklaşıma olan ilgiyi arttıracağı görüşündedir. Antoniades ise yeni geometrik ve matematiksel tekniklerin, mevcut tekniklere meydan okuduğunu belirterek, öklit geometrisine dayanmayan yeni geometrilerin uygulama ve kavramları ile ilgilenen mimarların, yeni keşiflere varabileceği görüşünü savunmaktadır (Cordan, 2002).

Resim 2.25'de Eisenman'ın bir konut tasarımının geliştirme çizimlerinde yer alan küpün deformasyonuna ilişkin çalışması yer almaktadır.



Resim 2.25. Robert Miller Evi III tasarım geliştirme çizimleri, Lakeville, Connecticut, 1971, Peter Eisenman – Küpün deformasyonu (Ching, 2010: 77)

Cordan (2002), mimari tasarımda kural tabanlı sistemlerle çalışmanın temel amacının, bütün ve parçalar arasındaki uyumu ölçü ve oran aracılığıyla sağlamak ve belirli bir düzen yoluyla ritim duygusu uyandırarak görsel-algısal bütünlüğe ulaşmak olduğunu ve kanonik (sentaktik) tasarımın, ancak kural tabanlı sistemlerle çalışıldığında mümkün olduğunu belirtmektedir. Söz konusu sistemler;

• Belirli bir modülü esas alan iki ve üç boyutlu ızgara (grid) sistemler,

• Geometrik form ve şekillere dayalı düzenler ve bunların matematiksel ifadeleri,

• Matematiksel ifadelere dayalı ölçü ve oran sistemleri,

• Doğadan kaynaklı matematiksel ifadeler,

• İnsan ölçeğinden hareketle geliştirilen ölçü ve orantı sistemleri,
• Gelişmekte olan yeni matematik ve geometrik sistemlerdir (Cordan, 2002).

Günümüzde biçimlendirme yaklaşımlarında form kavramı ve enerji etkinlik çok fazla bağ kurmaktadır. Bu anlamda enerji etkin mimari tasarım parametreleri ve enerji etkinlik teknolojilerine değinmekte fayda görülmektedir.

3. ENERJİ ETKİNLİK TEKNOLOJİLERİ VE YAPI ELEMANLARI

3.1. Enerji Etkin Bina Tasarımı Kavramı

Enerji sorununun ve petrol krizinin ortaya çıktığı 1970'li yıllarda, modern mimarlık akımlarından olan Fonksiyonalizm mimari stil olarak etkiliydi. Bu dönemde yapılarda demir, çelik ve cam gibi malzemeler kullanılarak biçimin yalınlaştırılmasıyla yönlere göre farklılık taşımayan geniş giydirme cepheler, iklimsel veriler göz ardı edilerek tasarımda mekanik ve elektrikli sistemlerle konfor koşullarının sağlandığı ve sonuç olarak enerji tüketimi ve çevreye olumsuz etkileri yüksek olan mimari tasarımlar yapılmıştır. Bu durum, kullanıcıların beklentileri doğrultusunda iklimsel konfor standartlarını sağlayabilecek, enerji tüketimini ve çevresel etkileri azaltacak yeni araştırmaları ve enerji etkin tasarım anlayışını beraberinde getirmiştir (Utkutuğ, 2000).

1980'li yıllarda petrol fiyatlarının düşmesiyle birlikte duraklayan enerji korunumu çalışmaları, 1990'lı yıllarda, enerji kullanımıyla bağlantılı olarak arttığı anlaşılan çevre sorunları ve buna bağlı gelişen küresel ölçekteki sorunlara çözüm bulma amacıyla yeniden gündeme gelmiştir (Utkutuğ, Ayçam ve İmren, 1995).

Enerji etkinliği, aynı miktarda işi daha az enerji kullanarak gerçekleştirmek anlamında kullanılmaktadır. Enerji etkin bina tasarımı ise enerji korunumu sağlamak ve kazancı artırmak için gerekli önemlerin alınmasıyla, yararlanabileceği enerjiyi optimum şekilde kullanan bina üretim sürecini içermektedir.

Enerji etkin tasarım, binanın enerji korunumuna önem verilmesi, iklim verilerinden yararlanarak, doğal girdilerin ve pasif denetim olanaklarının iyi değerlendirilmesidir. Özetle, bina tipine ve çevre verilerine en uygun pasif ısıtma, soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma tekniklerinin uygulanmasıyla enerji kullanan aktif sistemlerin müdahalesini geciktirmeye çalışmaktır (Utkutuğ, 2000, aktaran Lakot, 2007).

Utkutuğ'a (1999) göre; enerji etkin tasarım birbirini tamamlayan üç aşamada özetlenebilir:

1. aşamada enerji korunumunu hedeflenmekte olup, ısıtma ve soğutma yükünü minimize edecek, doğal ve yapay aydınlatma etkinliğini artıracak şekilde bir mimari tasarım yapılması amaçlanmaktadır.

2. aşama, bina tipi ve çevre verilerine en uygun "doğal çevrede kendiliğinden oluşan ısı kaynak ve yutucularından optimum yarar sağlanması yani zararlı etkiler minimize edilirken yararlı etkilerin maksimize edilmesi" anlamındaki pasif iklimlendirme tekniklerinin uygulanması ve öncelikli olarak doğal enerji kaynaklarının kullanılmasının sağlanmasıdır.

3. aşama, iç konfor koşullarının işlevi gereği veya kullanıcıların tercihi sonucu, yüksek düzeyde konfor beklentisi olan ve doğal çevre girdilerinden yararlanılamayan koşullarda, mekanik ve elektrikli sistemler ile karşılanması gereken (aktif) iklimlendirme yükleridir. Ancak bu koşullarda dahi binanın konfor koşullarının sağlanması, tek başına mekanik sistemlere bırakılmamalı ve enerji korunumuna dayalı ilk adım her koşulda önemli bir girdi olarak ele alınmalıdır (Utkutuğ, 1999).

"Enerji etkin tasarım yaklaşımları, yapıyı oluşturan tüm malzeme ve bileşenlerin üretimi, yapının tasarımı yanı sıra, kullanımı, bakımı, işletimi ve iklimlendirme sistemlerinin seçim ve yönetimine kadar geniş bir alan çerçevesinde yapının standardını düşürmeden enerji girdilerinin bireysel ve toplumsal yarara yönelik olarak miktar ve maliyetini minimize etmeyi hedeflemektedir. Hem binayı çevreye uyumlamak ve kendini yenileyen enerji kaynaklarından yararlanmak, hem de kullanılan enerji koruma ve israfını önlemeye yönelik tedbirleri almayı hedefleyen tasarım, kullanım ve işletim yaklaşımlarıdır" (Utkutuğ ve diğerleri, 1995).

"Enerji etkin bina, tasarım aşamasında alınan önlemlerle daha az enerjiye ihtiyaç duyan, kullandığı enerjiyi yenilenebilir kaynaklardan karşılayarak en verimli şekilde kullanan ve minimum salınım yapan bina olarak tanımlanabilmektedir" (Ünlü Çelebi, Gültekin, Ulukavak Harputlugil, Bedir ve Tereci, 2008: 32).

Binalarda kullanılan enerjinin büyük bir bölümü ısıtma amaçlı kullanıldığından, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin tasarımlarda etkin kullanımı ile ısıtma yükünün ve dolayısıyla harcanan enerjinin azaltılması mümkün olabilmektedir.

Güneş enerjisinin etkin kullanımı ise yapı ve çevresine ilişkin enerji etkin tasarım parametre değerlerinin doğru belirlenmesi ve tasarımların bu doğrultuda yapılmasıyla mümkün olabilmektedir.

3.2. Enerji Etkin Bina Tasarım Parametreleri

Enerji etkin bina tasarımında iklimlendirme ve aydınlatma enerjisi korunumu hedeflenmektedir. Enerji etkin bina tasarım parametreleri göz önünde bulundurularak yapılan tasarımlarda, ısıtmanın istendiği en az sıcak dönemde (EASD) ısı kayıplarının azaltılması yoluyla ve ısıtmanın istenmediği en sıcak dönemde (ESD) ise ısı kazançlarının minimize edilmesiyle yoluyla iklimlendirme enerjisi korunumuna katkı sağlamak olanaklıdır.

Konu ile ilgili yapılmış çalışmalarda, enerji etkin bina tasarım parametreleri şu şekillerde gruplandırılmıştır:

Zeren, yönlendirme ve yer seçimi ders notlarında, bina yüzeyinde güneş ışınımı etkisinin değişiminde etkili koşulları dört grupta ele almaktadır (Ok, 1978):

1. Yerel koşullar,
   - Enlem,
   - Denizden yükseklik,
   - İklim bölgesi.
2. Atmosfer koşulları,
3. Araziye ilişkin koşullar,
   - Arazi eğimi,
   - Arazi eğiminin yöneldiği yön.
4. Yapma çevreye ilişkin koşullar,
   - Bina biçimi,
   - Binaların göreli konumu,
   - Bina yüksekliği,
   - Bina kabuğu,
   - Bina yüzey eğimi,
   - Bina ana yüzeyin yöneldiği yön.

Berköz ve Sağlamer (1978), binaların optimal düzeyde doğal iklimlendirilmeleri sürecinde yer alan parametreleri dört ana grupta toplamaktadır (Çizelge 3.1):

1. Kullanıcıya ilişkin parametreler,
2. Fizyografik parametreler,
3. İklimsel parametreler,
4. Binaya ilişkin parametreler.

Çizelge 3.1. Doğal iklimlendirme parametreleri (Berköz ve Sağlamer, 1978)

Kullanıcıya İlişkin Parametreler	**Fizyografik Parametreler**	**İklimsel Parametreler**	**Binaya İlişkin Parametreler**
KULLANICI NİTELİKLERİ ✓ Yaş ✓ Cinsiyet ✓ Giyeceklerin termal direnci ✓ Metabolizma düzeyi (eylem şiddetine göre belirlenen)	✓ Topografik durum ✓ Su yüzeyleri ✓ Yeşillik şeritleri	✓ Güneş radyasyonu ✓ Hava sıcaklığı ✓ Nem ✓ Rüzgâr ✓ Atmosfer koşulları	✓ Yönlendiriliş durumu ✓ Biçim faktörü ✓ Çatı türü ✓ Çatı eğimi ✓ Yapı kabuğu - Saydamlık oranı - Opak kabuk elemanlarının toplam ısı geçirme katsayıları - Cam cinsi - Camın toplam ısı geçirme katsayısı - Opak yüzeylerin emicilikleri - Zaman geciktirmesi - Genlik küçültme faktörü
İKLİMSEL KONFOR KOŞULLARI			

Utkutuğ ve diğerleri (1995), enerji etkin bina tasarım kriterlerini 7 ana başlıklar altında gruplandırmaktadır:

1. Yönlenme ve araziye yerleşim, mikroklima kontrolü,
2. Bina formu ve iç planlama,
3. Bina kabuğunun ısı korunumu,
4. Kontrolsüz hava sızıntılarının önlenmesi açısından hava sızdırmazlığı,
5. Havalandırma ve güneş kontrolü,
6. Pasif güneş tasarım kriterlerinden yararlanma,
7. Isıtma, soğutma, sıcak su, aydınlatma, enerji ile çalışan aletlerin seçim ve işletiminde enerji etkinliğin sağlanması.

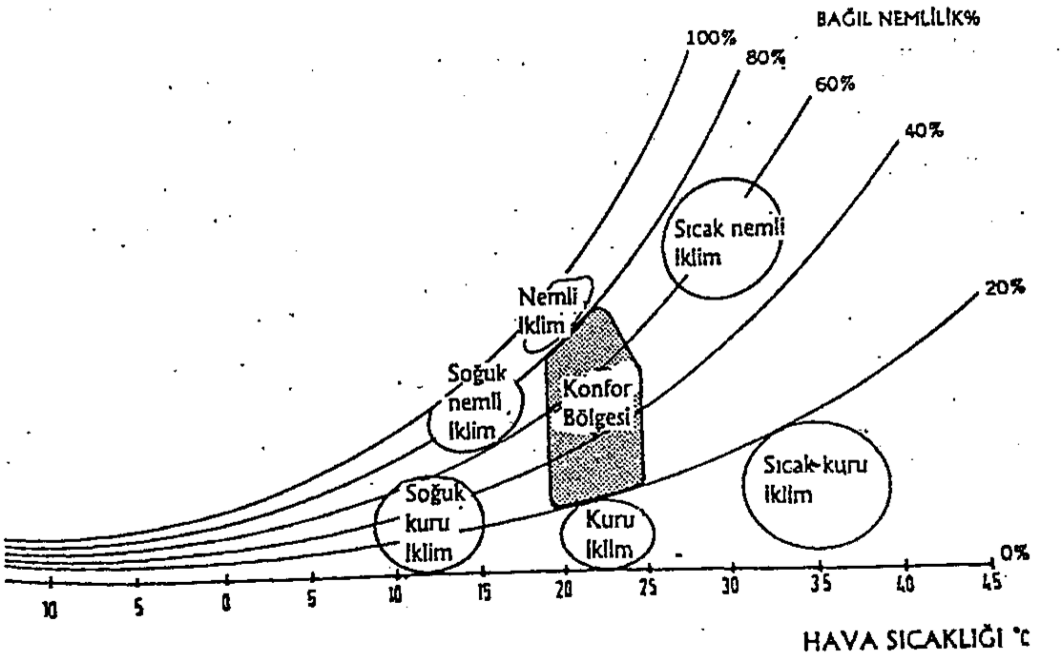
Bölüm içerisinde güneş enerjisi kazanımı bağlamında enerji etkin bina tasarım parametreleri; doğal çevreye ilişkin etmenler ve yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri olmak üzere ele alınmıştır. Bu parametrelerden doğal çevreye ilişkin olanlar; iklim ve topoğrafya bakımından, yapma çevreye ilişkin olanlar ise ısıtma ve iklimlendirme enerjisi korunumu bakımından ele alınmaktadır.

3.2.1. Doğal çevreye ilişkin etmenler

Enerji etkin bina tasarımında bina içi iklimsel konforun oluşmasında etkili olan doğal çevreye ilişkin etmenler, iklimsel etmenler ve topoğrafik etmenler olarak ele alınabilir.

İklimsel etmenler

Bina dışı çevrenin iklimini oluşturan iklim öğeleri olan, güneş ışınımı, sıcaklık, nem ve rüzgâr, bina içi iklimsel konforu ve enerji korunumunu etkilemektedir (Berköz ve diğerleri, 1995: 14). İç iklimsel konforun sağlanması için, iklim bölgeleri özelinde kullanım için gerekli konfor gereklilikleri doğrultusunda, iklimin etkilerinden kimi zaman yararlanılacak kimi zaman da korunacak şekilde tasarımların yapılması gerekir.



Resim 3.1. Konfor bölgesi ve dışında kalan alanlar (Utkutuğ ve diğerleri, 1995)

Türkiye'de görülen iklim bölgeleri; ılıman nemli, ılıman kuru, sıcak nemli, sıcak kuru ve soğuk olarak sınıflandırılabilir (Zeren, 1978; Berköz ve diğerleri, 1995).

Güneş ışınım şiddeti; rakım, atmosfer koşulları, güneş ışınları değeri, güneşin geliş, yükseliş ve azimut açısı gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Güneş ışınımı, yeryüzüne ulaşana kadar atmosferin, yeryüzüne ulaştığında ise temas ettiği tüm yüzeylerin ısınmalarına sebep olarak, sıcaklık yükselmelerini oluşturmaktadır.

"Güneş ışınımı, diğer iklimsel elemanların yanı sıra, yapıların pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemleri olarak işlev görmelerinde kullanılan bir tür enerjiyi oluşturur. Yapı yüzeylerindeki güneş ışınımının değişim alanı, dolayısıyla enerji potansiyeli, yörelere, yapıların kullanıldığı devreye ve yapı yüzeylerinin konumuna (yön, eğim) göre değişkenlik göstermektedir. Amaç, belirli bir aralıkta değişim gösteren güneş ışınımının etkisi altında, tasarlanacak yapıya, optimal pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemi olma niteliğini kazandırmaktır" (Berköz, 1983: 17).

Işınımın şiddeti ve süresi ile bina yüzeyinin kazandığı ısı miktarı doğru orantılıdır. Işınım şiddeti ve süresi artıkça bina yüzeylerindeki ısı kazanımı artmakta, bu değer azaldıkça ısı kazanımı azalmaktadır. Güneş ışınımlarından elde edilen ısı enerjisi miktarı, iç mekân konfor koşullarının oluşturulmasında mekân organizasyonu, kütle oluşumu, saydamlık oranı ve kabuk malzemesi seçimini belirleyen temel etmendir. Bu durumda, iklimsel konforu etkileyen en önemli iklim öğesi güneş ışınımı olmaktadır (Kısa Ovalı, 2009).

Sıcaklık, kuru termometre sıcaklığı olarak ölçülen, insanla çevresi arasında konveksiyon yoluyla ısı transferi olayına neden olan iklim öğesidir (Utkutuğ ve diğerleri, 1995). Hava sıcaklığının birimi °C'dir. Atmosfer koşullarına bağlı olarak günlük hava sıcaklığı değişmektedir.

Nem, atmosferde bulunan su buharı basıncı veya oranıdır. Hava nemi hissedilen sıcaklık üzerinde etkilidir. Nem oranı arttıkça hissedilen sıcaklık değeri de artmaktadır.

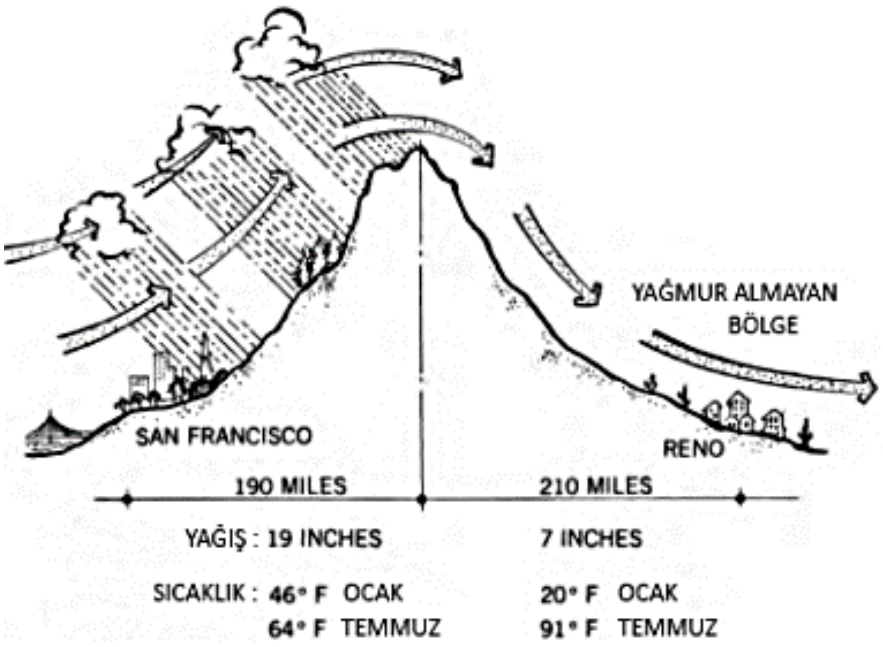
Rüzgâr, yüksek basınç ve alçak basınç bölgeleri arasında atmosferik basınç farklılıklarından oluşan hava akımıdır. Hava hareketi hızı, herhangi bir yüzeyle hava arasındaki konveksiyon katsayısını etkilediğinden, insanla çevresi arasındaki konveksiyon yoluyla oluşan ısı

transferi miktarını etkileyen bir değişkendir. Rüzgârın bölgesel yönü, hızı ve frekansının mevsimlere göre değişimi, konfor kontrolü ve enerji tasarrufu açısından tasarımda önemli bir girdidir (Utkutuğ ve diğerleri, 1995).

Topoğrafik etmenler

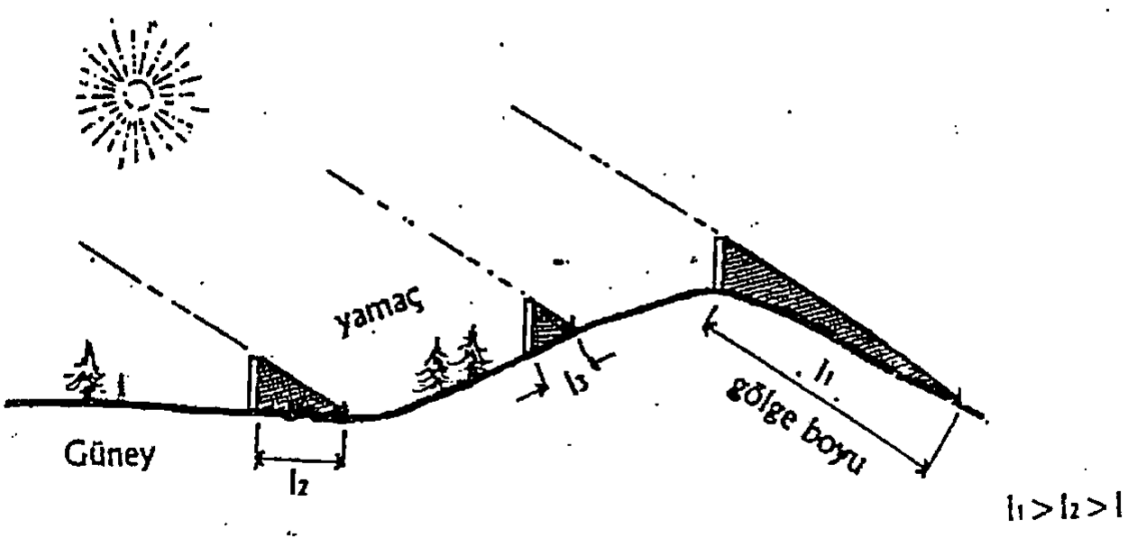
Tasarım yaparken öncelikli hedefin binanın, yapılacağı topoğrafya verilerine uygunluğu olmalıdır. Yapılacak tasarımın bulunduğu arazi koşullarına en az müdahale ile üretimi, ilk önce zarar verip sonra yerine yapay olanının yapılmasını önlemek açısından oldukça önemlidir. Topoğrafik yapı, güneş ışınımından faydalanma süresi gibi iklimsel öğelerin etkinlik derecelerini, doğal havalandırma potansiyeli ve gün ışığı kullanımını etkilemektedir. Binanın konumlanacağı arazinin topoğrafik yapısı, güneş verilerinin kullanımında etkili olduğu gibi rüzgâr etkisi ve kontrolü bakımından da önemli olmaktadır. Bu durum ise, ısıtma ve iklimlendirme enerjisi gereksinimlerinin belirlenmesinde etkili olmaktadır.

Arazi topoğrafyası üzerindeki hareketlilik, mikroklima farklılaşmalarında etkili olmaktadır. Dağların denize paralel uzandığı Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde, topoğrafyanın denize bakan yüzü ile iç kısımlara dönük yamaçlarının mikroklimasında görülen fark, dağların denize dik uzandığı Ege bölgesinde daha azdır (Resim 3.2) (Utkutuğ ve diğerleri, 1995).

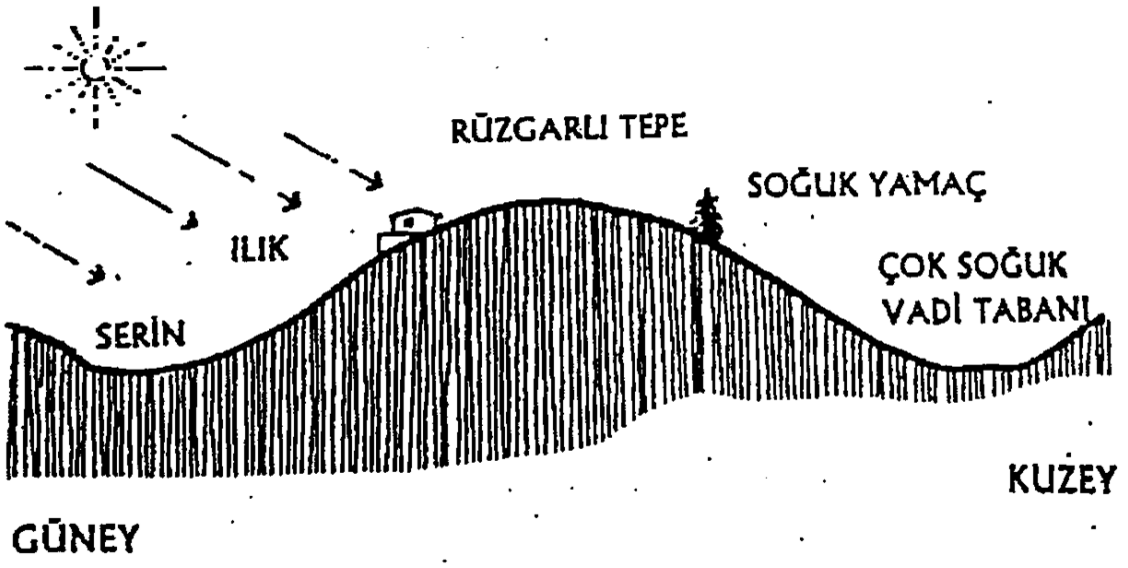


Resim 3.2. Topoğrafyanın mikroklimaya etkisi (Lechner, 1991: 35)

Ayrıca dağların güneye bakan yamaçları, güneş ışınımından daha fazla yararlanabildiği ve kuzey rüzgarlarından daha az etkilendiği için kuzeye bakanlardan daha sıcaktır (Resim 3.3) (Utkutuğ ve diğerleri, 1995).



Resim 3.3. Güney-kuzey yamaçlarının karşılaştırılması (Utkutuğ ve diğerleri, 1995)



Resim 3.4. Güney-kuzey yamaçlarının mikroklimaya etkisi (Utkutuğ ve diğerleri, 1995)

3.2.2. Yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri

Yapının ya da genel anlamıyla yapma çevrenin, yüklendiği işlevlerden biri de pasif ısıtma ve iklimlendirme işlevidir. Bu işlevini, kullanılma süresi boyunca optimal düzeyde yerine getiren bir yapı, sıcaklık, nem ve rüzgâr gibi iklimsel elemanların etkilerinin kontrolünde

optimal performans göstermenin yanı sıra, güneş ışınımının ısıtıcı etkisinin optimizasyonunu da gerçekleştirir. Yapı, iklimsel verileri etkin kullanması durumunda aktif iklimlendirme ve ısıtma sistemlerine duyulan gereksinimi azaltarak, istenen iç iklimsel koşulları sağlar (Berköz, 1983: 6).

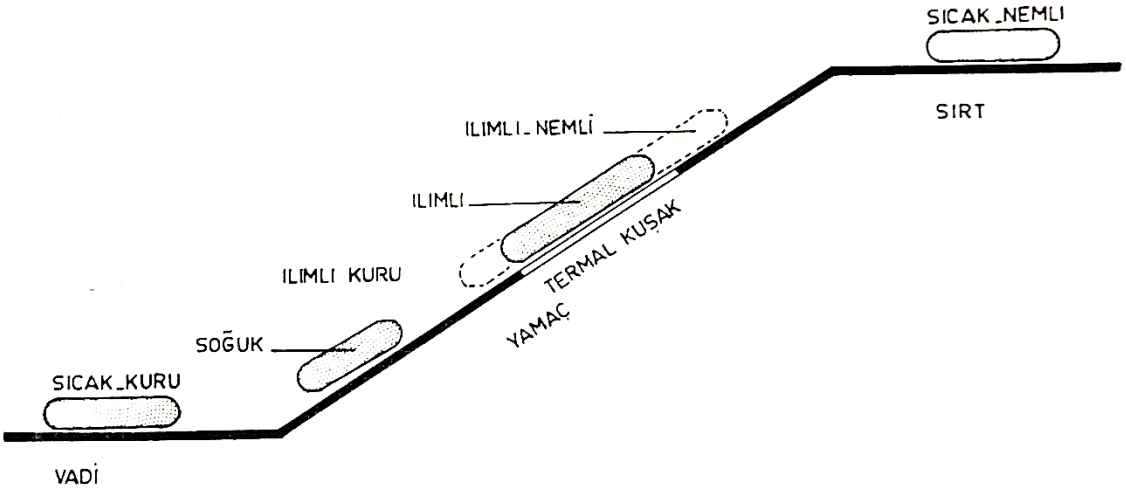
Isıtma ve iklimlendirme enerjisi korunumunda rol oynayan yapma çevreye ilişkin (yapısal) başlıca tasarım parametreleri olarak; binanın yeri, bina aralıkları, binanın yönlendiriliş durumu, binanın formu ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri ele alınabilir (Berköz ve diğerleri, 1995: 15).

Binanın yeri

Binanın yeri, iklim kontrolünün sağlanmasında ve hava kirliliğinin önlenmesinde etkili olmaktadır. Binanın yeri; yerey parçasının baktığı yön, yerey parçasının konumu, yerey parçasının eğimi ve yerey parçasının örtüsü (güneş ışınımı yansıtma özelliği) parametreleriyle değerlendirilmektedir (Berköz ve diğerleri, 1995: 22).

Yerey parçasının yönü, yüzeyin yöneldiği yön anlamına gelmektedir. Yönlerle ilişkili olarak yüzeylerin alabileceği güneş ışınım miktarları değişmektedir. Yerey parçasının eğimi, özellikle güneş ışınımı alma bakımından oldukça önemlidir. Yereyin topoğrafik düzendeki konumu ise, genel iklimsel karakteri etkileyebilen, dağ-vadi rüzgarıyla soğuk hava akımları gibi iklimsel olayların topoğrafik düzene bağlı olarak meydana gelmeleri nedeniyle önemli olmaktadır. Burada en büyük etken yine güneş ışınımlarıdır. Binanın yapılacağı yerin iklim koşullarındaki gereksinime göre konumu belirlemek önemli olmaktadır. Yereyin yüksek ve alçak yerlerinde güneşin etkisi değişmektedir. Güneşin etkisi ve yerin yüksekliğine bağlı olarak oluşan iklimsel koşulların optimum bir şekilde karşılayan yerey parçası termal kuşak olarak adlandırılmaktadır. Bu alanı belirledikten sonra, güneş etkisi ve buna bağlı oluşan hava akımlarından optimum yararlanacak ya da korunacak şekilde, iklim bölgelerinin karakterlerine göre yereyin değişik kademelerinde yapma çevre için yer seçmek gerekmektedir (Zeren, 1978) (Resim 3.5).

Ülkemiz iklim bölgeleri özelinde optimum bina konumları ve uygun arazi eğimleri Çizelge 3.2'de belirtilmektedir (Orhon vd., 1988 aktaran Kısa Ovalı, 2009).



Resim 3.5. Kuramsal arazi kesitinde iklim bölgeleri için optimum konumlar (Zeren, 1978)

Çizelge 3.2. İklim bölgelerine göre optimum bina konumları (Orhon vd., 1988 aktaran Kısa Ovalı, 2009)

İklim Bölgesi	Konum	Eğim
Soğuk	Güney ve güneydoğuya bakan yamaçların rüzgârdan korunmuş vadi tabanına yakın alt kısımları tercih edilir.	Eğimli (en fazla 22º)
Ilıman-nemli	Güneydoğuya bakan yamaçların serin rüzgâr alabilecek üst kısımları tercih edilir.	Eğimli (en fazla 22º)
Ilıman-kuru	Güney ve güneydoğuya bakan yamaçların rüzgârdan korunan alt kısımları tercih edilir.	Eğimli (en fazla 22º)
Sıcak-nemli	Güneye bakan yamaçların serin rüzgâr alan yüksek kısımları (tepeler) veya kuzey yön tercih edilir.	Düzlük (0-6º arası)
Sıcak-kuru	Doğu veya güneydoğuya bakan yamaçların serin rüzgâr alan vadi tabanları (çukurlar) tercih edilir.	Düzlük (0-6º arası)

Bina aralıkları

Bina aralıkları, binaların ısıtma ve iklimlendirme korunumu açısından önemli bir yapma çevre değişkenidir. Binaların yükseklileri, aralarındaki uzaklıklar ve diğer binalara göre konumları, güneş ışınımı ve rüzgâr etkisi bakımından etkili olmaktadır. Binalar arasındaki uzaklıklar, binaların birbirlerinin güneş ışınımı kazançlarını ve yararlı rüzgâr etkilerini engellemeyecek şekilde belirlenmelidir. Güneşin cephelere göre konumu, yönlere bağlı

olarak gün boyunca değişim gösterdiğinden, uygun bina aralıkları da bina dizilerinin yönlendirilişlerine göre değişim göstermektedir (Berköz ve diğerleri, 1995: 20).

Bina aralıkları belirlenirken önemli olan güneş ışınımı ve rüzgâr etmeninden faydalanma veya korunma durumu, iklim bölgeleri özelinde ele alınmalıdır.

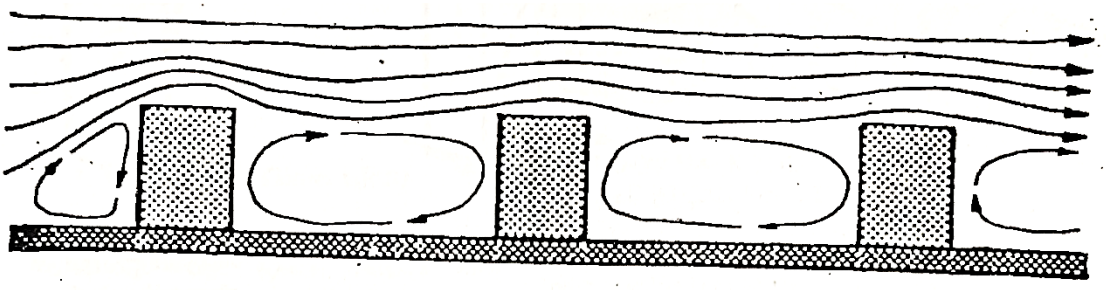
Isıtmanın istendiği iklim bölgelerinde, güneş ışınımından maksimum yarar sağlayabilmek için, bina aralıkları komşu binaların en uzun gölge boyuna eşit ya da büyük olmalıdır. Bina aralıkları boyutlandırılırken güneşin doğuş ve batış saatleri dışında kalan ara saatler, arazi eğimi, yönü, yerleşme yoğunluğu açısından dikkate alınmalıdır (Dörter, 1994). Isıtmanın istenmediği iklim bölgelerinde ise, güneş ışınımından korunmak için, bina aralıklarının komşu binaların birbirileri üzerine gölge oluşturacak şekilde belirlenmesi önemlidir.

Rüzgâr etkisinden yararlanma veya korunma bakımından bina aralıkları belirlenirken de iklim özellikleri göz önüne alınmalıdır. Bina aralıkları, bina cephelerini etkileyen rüzgâr hızına bağlı olarak belirlenmelidir. Isıtmanın istendiği dönemde rüzgârdan korunmak, ısıtmanın istenmediği dönemde ise rüzgârdan faydalanmak gerekmektedir. Örneğin, rüzgârın etkisinden yararlanmak istenilen durumlarda bina aralıklarının, komşu binaların birbirinin rüzgarını kesmeyecek şekilde konumlanması gerekmektedir.

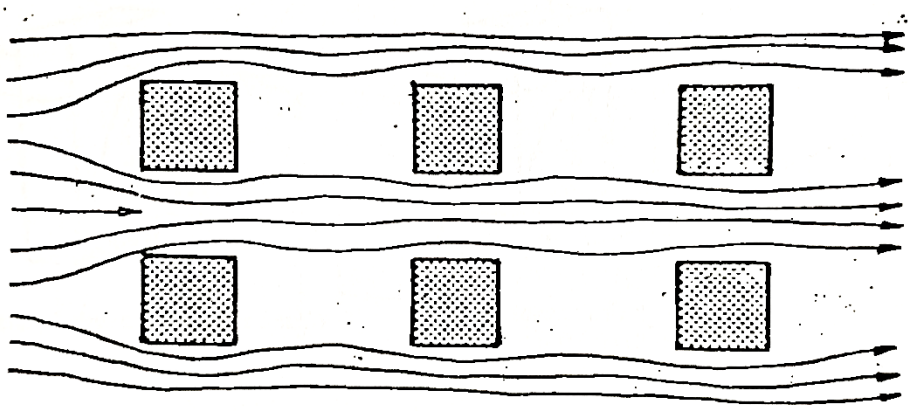
Farklı iklim bölgeleri için iklimsel gerekliliklere göre güneş ve rüzgâra göre konumlanmada binalar arası açık mekân boyutlarının seçilebilecek optimum değerleri Çizelge 3.3'de belirtilmektedir (Orhon vd., 1988 aktaran Kısa Ovalı, 2009).

Çizelge 3.3. İklim bölgeleri kapsamında rüzgâr ve güneşe göre binalar arası uzaklıklar (Orhon vd., 1988 aktaran Kısa Ovalı, 2009)

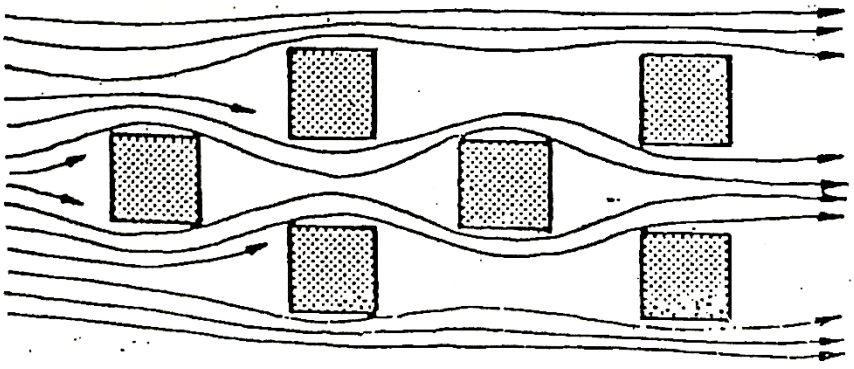
İklim Bölgesi	Rüzgâra göre (hâkim rüzgâr doğrultusunda)	Güneşe göre (kuzey-güney doğrultusunda)
Soğuk	Z – 5 H	1 ½ - 2 ½ H
Ilıman-nemli	H – 5 H	2 – 3 H
Ilıman-kuru	H – 5 H	2 – 3 H
Sıcak-nemli	5- 7 H < D_X	1 ½ - 2 ½ H
Sıcak-kuru	1 ½ - 2 H	1 ½ - 2 ½ H
H = Engel binanın yüksekliği, D_X = Binalar arası mesafe		



A. KESİTTE,BİNALARIN ARKASINDA KORUNAKLI ALAN OLUŞUMU



B. LİNEER KONUMLANDIRILAN BİNALAR ARKASINDAKİ BİNA İÇİN KORUNAKLI ALAN OLUŞTURUR.



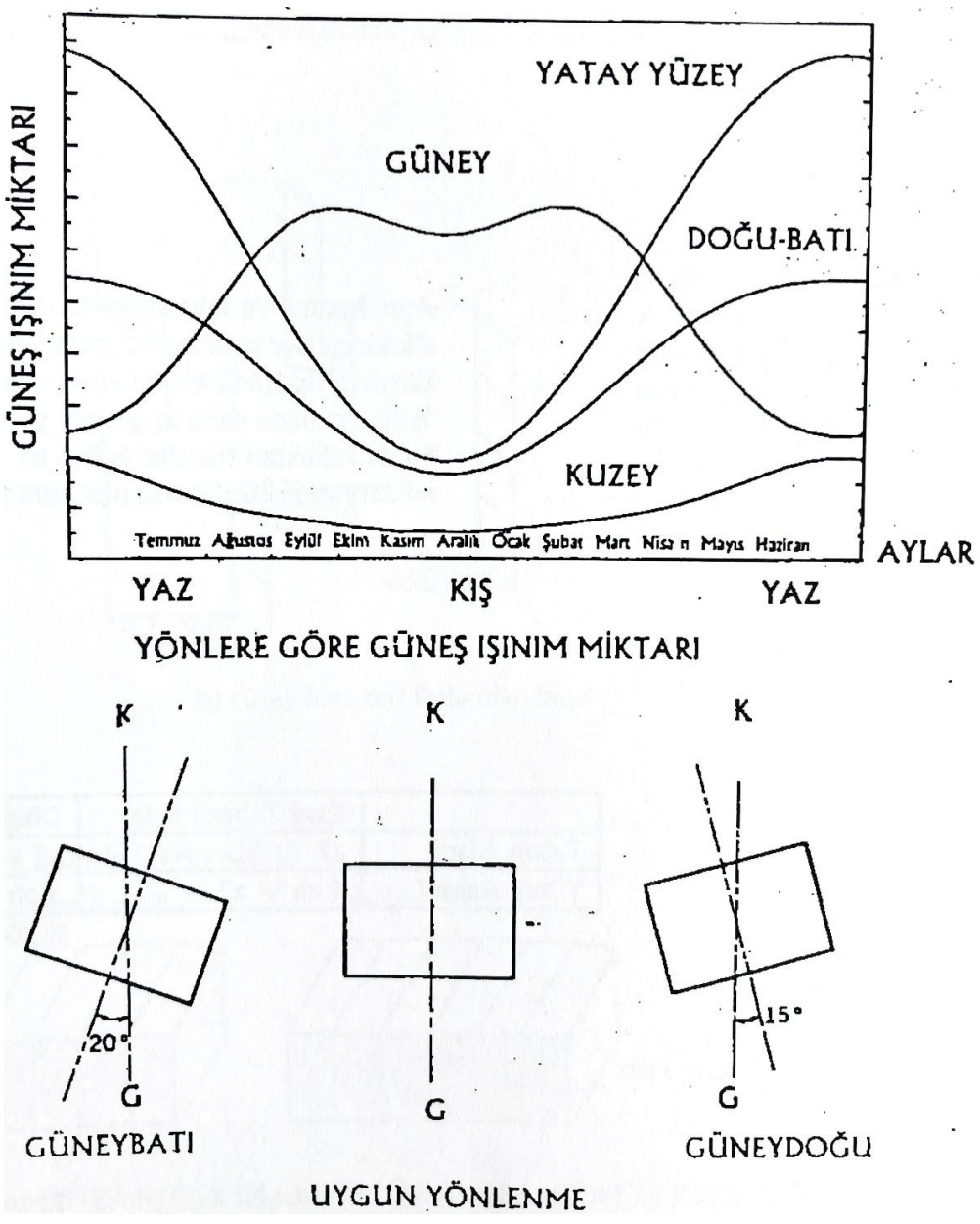
C. RÜZGARIN SERİNLETİCİ ETKİSİNDEN YARARLANMAK İÇİN BİNALAR ŞAŞIRTMALI OLARAK YERLEŞTİRİLMELİDİR.

Resim 3.6. Bloklar arası hava hareketi (Utkutuğ ve diğerleri, 1995)

Binanın yönlendiriliş durumu

Binalarda yönlenme, güneş ışınımı ve rüzgâr etkisinden gerektiğince yararlanma ve korunma açısından oldukça önemli bir yapma çevre tasarım parametresidir.

Güneş ışınım şiddeti ve bölgesel rüzgarların hız, kalite ve süreklilik gibi özellikleri yönlere göre değişim gösterir. Mevsimlere bağlı olarak yeryüzünde farklı yerlerde, farklı yönlerden (kuzey, güney, doğu, batı vb.) farklı zamanlarda, farklı şiddette güneş ışınımı alınması, binaların yönlenme koşullarına bağlı olarak farklı oranlarda doğal aydınlatma imkânı ve ısı kazancı sağlanmasına neden olur (Resim 3.7). İşte bu nedenle optimum yönlenmenin güney ile yaptığı açı ve hâkim rüzgâr yönleri, binanın yerine göre hesaplanarak belirlenmelidir. Binaların yönlendirilmesi, güneş ışınımı ve rüzgâr etkilerinin optimizasyonu bakımından önemlidir (Utkutuğ ve diğerleri, 1995).



Resim 3.7. Güneş ışınımının yönlere göre miktarı ve uygun yönlenme (Utkutuğ ve diğerleri, 1995)

Utkutuğ ve diğerleri (1995), yönlenmeye ilişkin araştırmalar çerçevesinde desteklenen görüşleri şu şekilde belirtmektedir:

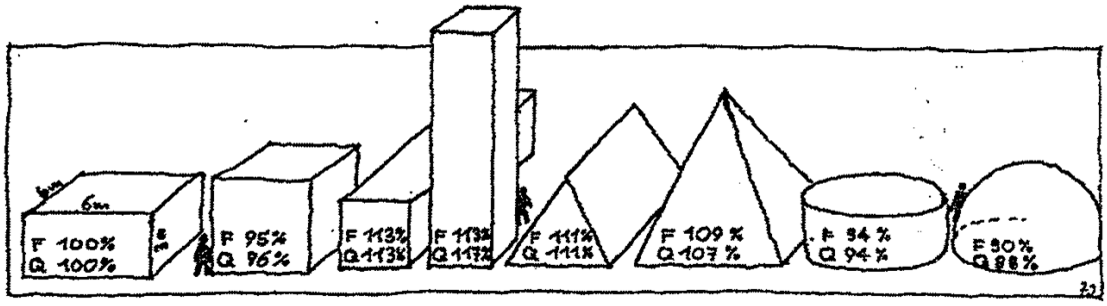
- Alçak binalara oranla yüksek binalar, daha fazla rüzgâr alır ve daha yüksek ısı kaybına uğrarlar.
- Birim hacmine düşen çatı alanı arttıkça, çatının ısıl performansına dikkat edilmesi gerekir.
- Kuzey yarımkürede ideal konfor koşullarının sağlanması yani yazın serin kışın ılık olması için binaların uzun cephesi en iyi yöne yani güneye yönlenmelidir.
- Güneydoğu ve güneybatıya bakan cephelerde birim alana düşen ışınımın daha düzenli olmasına karşın, güneşin daha alçak bir yörüngede olması nedeniyle ışık kontrolü zordur; yazın güney cephelerinden daha sıcak, kışın ise daha soğuk olurlar.
- Doğu ve batı cepheleri, güneydoğu-güney-güneybatı açılımına sahip olan cephelere göre yazın daha sıcak, kışın daha soğuktur.
- Isıtma yükü daha fazla olan iklimsel koşullarda, kuzey duvarı sağır tutularak, güney cephesi pencereleri ile (ısı kaybı düşük camlar kullanılarak) ve kuzeyde kalan bölgeler için de güneye bakan çatı pencereleri ile güneş kazancının zenginleştirilmesi gerekir.
- Soğutma yükü fazla olan binalarda ve sıcak iklim bölgelerinde camlı alanlar kuzey ve güney cepheleri arasında paylaştırılabilir.
- Doğu ve batıdan alınan güneş ışığının kontrolünün zor olması nedeni ile binanın ana cephesinin ve camlı alanlarının bu yönlere alınmaması, zorunluluk gereği konan camlı alanlarda güneş kontrolü yapılması, binanın doğu-batı aksında güneye daha geniş bir cephe oluşturacak şekilde lineer oturtulması tasarımın temel prensibi olarak kullanılmaktadır.

Binanın formu

Bina formu; biçim faktörü (bina uzunluğunun derinliğine oranı), bina yüksekliği, çatı türü (düz, beşik, kırma), çatı eğimi ve cephe eğimi gibi binaya ilişkin geometrik değişkenlerle tanımlanabilmektedir (Berköz, 1983: 106, 108).

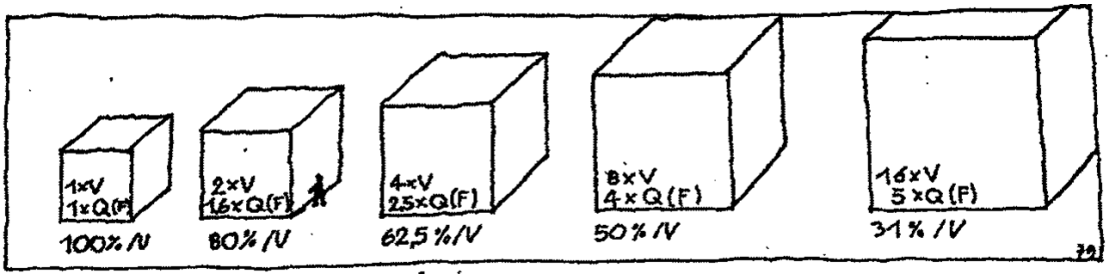
Bina formunun, ısıtma ve iklimlendirme enerjisi korunumu ve kazancı üzerinde büyük oranda etkisi bulunmaktadır. Farklı geometrik şekillerde bina formlarının, bu formların farklı şekillerde bir araya gelme durumlarının ve hacim-yüzey-taban alanı ilişkilerinin ısı tutuculuğu üzerindeki etkileri farklılık göstermektedir.

Aynı hacme sahip, değişik dış yüzey ve taban alanları olan farklı geometrik formların ısı kayıpları değerlendirildiğinde, en az ısı kaybının küresel ve silindirik geometrilere ait olduğu görülmektedir (Resim 3.8).



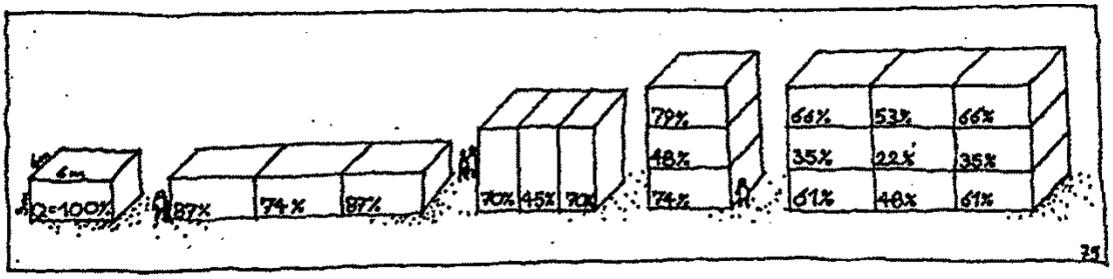
Resim 3.8. Aynı hacme, değişik dış yüzey ve taban alanlarına sahip geometrik birim şekillerin ısı kayıp oranları (F=dış yüzey alanı, Q=ısı kaybı) (Tönük, 2001: 55)

Hacim ve dış yüzey alanı arasındaki oranla ilişkili ısı kayıplarına bakıldığında, binanın hacmi büyüdükçe dış yüzey alanı ve kaybedilen ısı miktarı azalmaktadır (Resim 3.9).



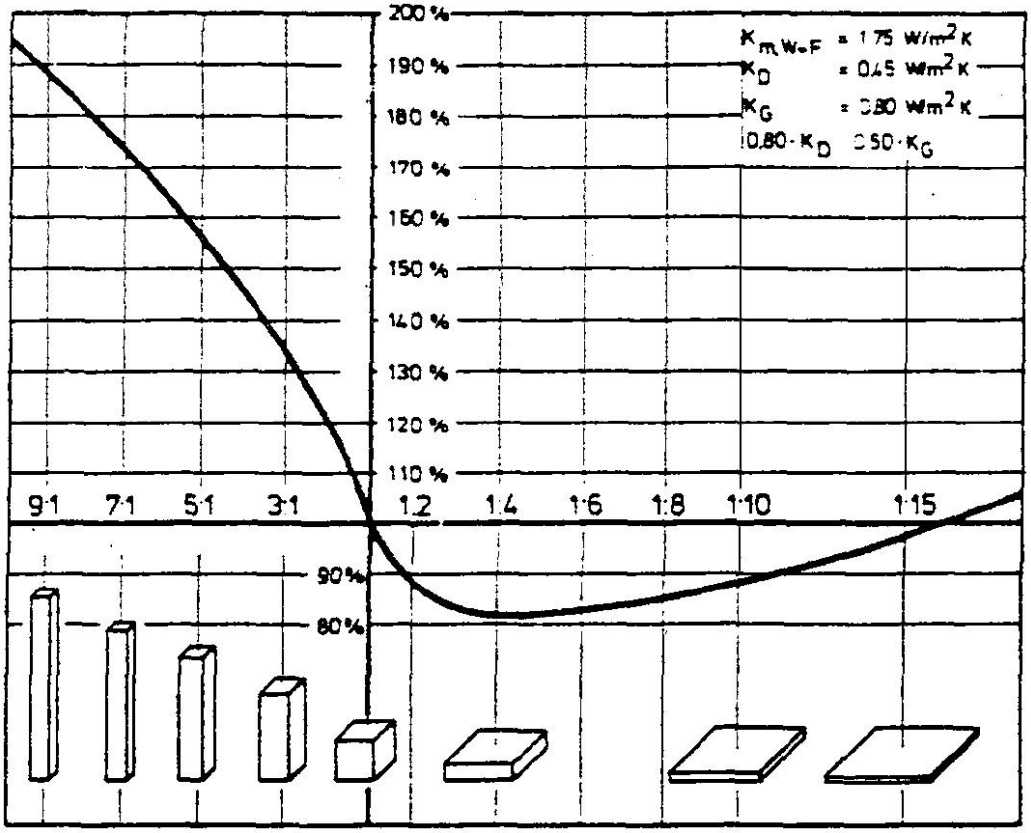
Resim 3.9. Geometrik birim şeklin hacminin iki katına çıkartıldığı durumlarda ısı kaybı oranları (Tönük, 2001: 55)

Bina hacimlerinin bir araya geliş şekilleri de ısı tutuculuğu üzerinde etkilidir. Bitişik nizam ve çok katlı inşa edilen binalarda ısı kayıpları azalmaktadır (Resim 3.10).



Resim 3.10. Aynı büyüklükteki geometrik birim şekillerin farklı birleşmeleri durumunda ısı kaybı oranları (Tönük, 2001: 55)

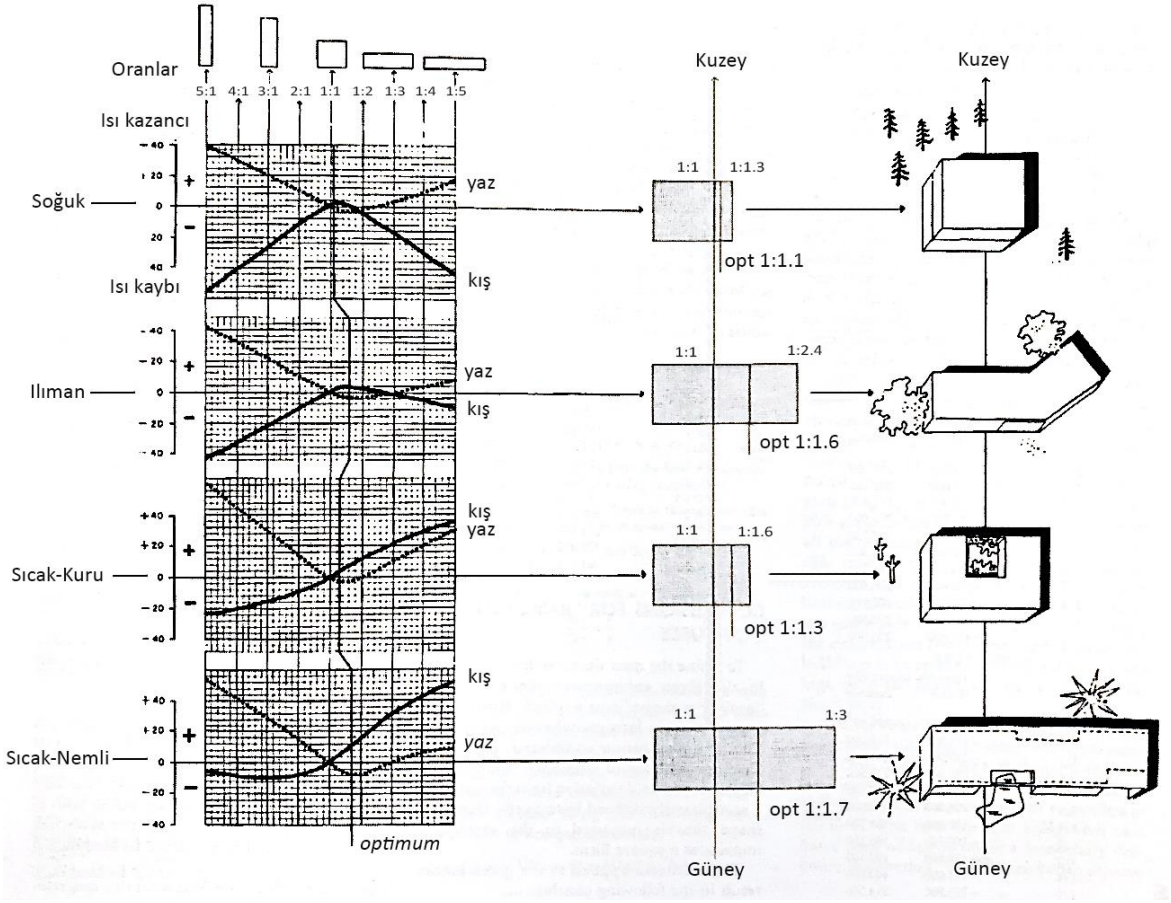
Aynı hacimli farklı kütle oranlarına sahip formlarda oluşan ısı kayıplarına bakıldığında, yükseklik ile orantılı olarak ısı kayıplarının arttığı ve yükseklik ile derinlik arasındaki oranın 1:4 olduğu durumlarda ısı kayıplarının azaldığı görülmektedir (Resim 3.11).



Resim 3.11. Bina formu yükseklik-derinlik oranı ve ısı kayıpları ilişkisi (Dörter, 1994)

Farklı iklim bölgeleri için optimum bina formlarına ait Olgyay tarafından yapılan çalışma sonucunda, iklim bölgeleri özelinde; soğuk iklim bölgesi için en/boy oranı 1:1,1'den 1:1,3'e kadar olan bina formunun, ılıman iklim bölgesi için en/boy oranı 1:1,6'dan 1:2,4'e kadar olan bina formunun, sıcak-kuru iklim bölgesi için en/boy oranı 1:1,3'den 1:1,6'ya kadar olan bina formunun ve sıcak-nemli iklim bölgesi için en/boy oranı 1:1,7'den 1:3,0'a kadar olan bina formunun optimum sonucu verdiği görülmektedir (Olgyay, 1962: 88) (Resim 3.12).

Türkiye'deki iklim özellikleri dikkate alındığında, farklılıklar gözlenmekle birlikte genel olarak, binaların mümkün olduğunca doğu-batı aksı doğrultusunda uzanmasını sağlamak ve güney cephesini genişleterek, güneş kazançlarını ve kontrolünü kolaylaştırmak hedeflenmelidir (Ünlü Çelebi ve diğerleri, 2008: 36).



Resim 3.12. İklim bölgelerine göre optimum bina formları (Olgyay, 1962: 89)

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri

Bina kabuğu, binayı bütünüyle saran yapı bileşenlerinin oluşturduğu bir yapı elemanıdır. Bina ile dış çevre arasında ayırıcı katman niteliğinde olan bina kabuğu, iç iklimsel konforun minimum ısıtma, iklimlendirme ve aydınlatma enerjisi tüketimi ile sağlanmasında önemli görev üstlenmektedir.

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, bina kabuğunun birim alanından, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı etkileriyle kazanılan ve kaybedilen ısı miktarının belirleyicileridirler (Berköz ve diğerleri, 1995: 16).

Bina kabuğunun termofiziksel özellikleri ve açıklamaları şu şekilde belirtilmektedir (Utkutuğ ve diğerleri, 1995);

- Ortalama (veya toplam) ısı geçirme katsayısı (U): Opak veya şeffaf yüzeylerin oluşturduğu kabuğun ortalama ısı geçirme (aktarım) katsayısının düşmesi, diğer bir deyişle

ısı aktarım direncinin yükselmesi kabuktan ısı geçişini azaltır. Böylece ısıtma veya soğutma için gerekli enerjiden tasarruf sağlar.

- Saydamlık oranı: Camlı alanın toplam kabuk alanına oranıdır. Camlı alanlar önemli ölçüde doğal aydınlatma ve güneş kazancı sağlamalarının yanı sıra, opak (geçirimsiz) kabuk bileşenlerine göre daha yüksek ısı aktarım katsayısına sahip olmaları nedeniyle yüksek ısı kayıplarına neden olmaktadır. Yazın ve kışın ısı kayıp ve kazanç dengeleri ve doğal aydınlatma açısından kabuk saydamlık oranının dikkatli belirlenmesi gerekmektedir.
- Genlik küçültme faktörü: Periyodik olarak değişen dış çevre sıcaklıkları söz konusu olduğunda yapı kabuğunun opak bileşenleri ısı depolama yeteneği ile doğru orantılı bir şekilde ısı akışını yavaşlatarak sıcaklık salınımlarının genliğini (ortalama sıcaklık değerinden sapma) düşürür. Buna kabuğun genlik küçültme faktörü denir.
- Zaman gecikmesi: Dış çevre sıcaklıklarının iç çevreye yansıması için geçen zaman olarak tanımlanabilir. Kabuk ısıl kütlesinin bir fonksiyonu olarak gerçekleşen bu durum, dış çevre sıcaklığının maksimum değeri aldığı zaman ile iç çevre sıcaklığının maksimum değeri aldığı zaman arasındaki zaman farkıdır.

Zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü gibi termofiziksel özellikler, ısı depolama niteliklerinden ötürü, opak kabuk bileşenleri için söz konusu edilmektedir. Bu özellikler bileşeni oluşturan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları (λ), kalınlıkları (d), yoğunlukları (ρ), özgül ısıları (c) ve dolayısıyla ısı kapasitelerinin fonksiyonudurlar (Berköz ve diğerleri, 1995: 18).

Bina kabuğunun optik özellikleri ise kabuk iç ve dış yüzeyinin (Utkutuğ ve diğerleri, 1995);

- Yutuculuğu (a),
- Geçirgenliği (t),
- Yansıtıcılığı (r),
- Işıma ile ısı yayma katsayısı (e).

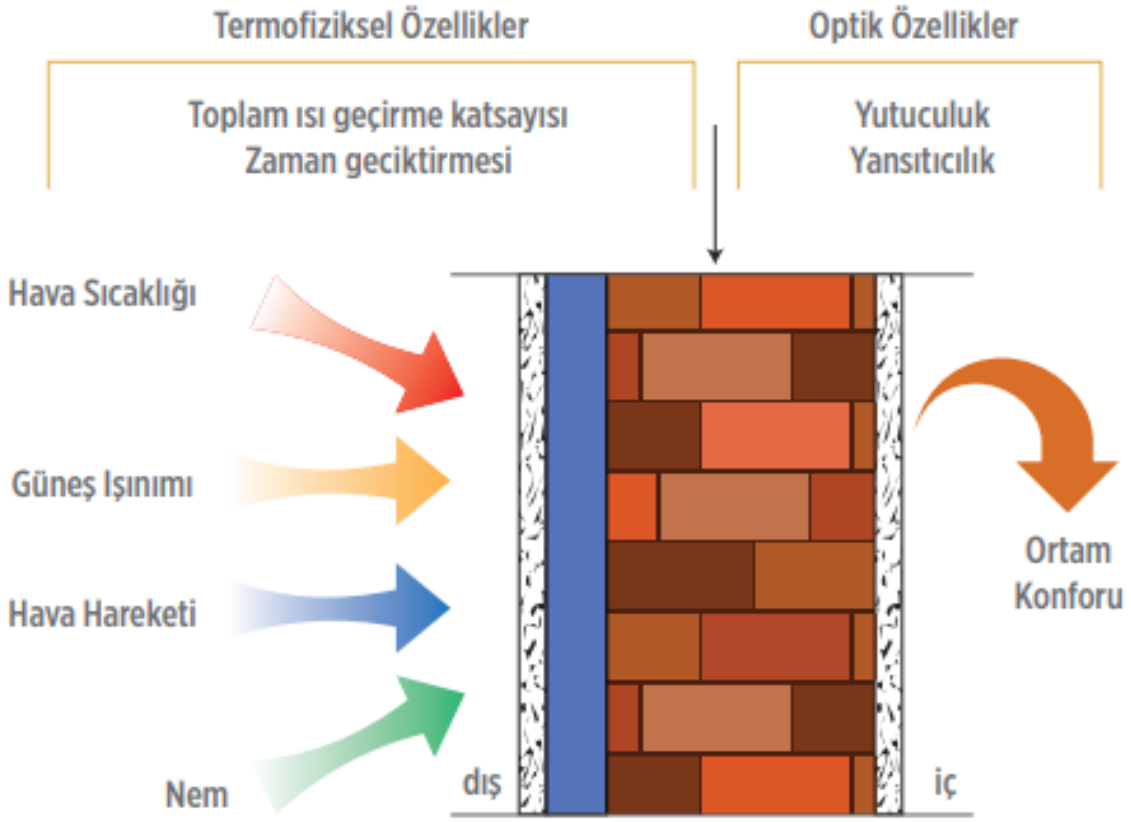
Bina kabuğun optik özellikleri arasındaki bağıntılar;

- Opak bina bileşenleri için;

$a_o + r_o = 1$

- Saydam bina bileşenleri için;

$a_c + r_c + t_c = 1$



Resim 3.13. Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri (Ulukavak Harputlugil, 2016: 25)

Toplam ısı geçirgenlik katsayısı, bina kabuğunun opak ve saydam bileşenleriyle ilişkili bir termofiziksel özelliktir. Farklı iki çevreyi birbirinden ayıran bir bina bileşeni üzerinde etkili olan hava sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C iken, 1 m² alandan bu alana dik doğrultuda 1 saatte geçen toplam ısı miktarı ısı geçirgenlik katsayısı olarak tanımlanmaktadır (Berköz ve diğerleri, 1995: 18, 19). Birimi W/m²K 'dır (TS 825). Bir malzemenin ısı geçirgenliği ise o malzemenin ısı iletkenlik katsayısının, kalınlığına oranı ile bulunur. Bir yapının ısı etkilerinden korunması, yapıyı çevreleyen bileşenlerin ısı depolama niteliğine bağlıdır. Yapı bileşenlerinin ısı depolama yeteneği ısı geçirgenlik direnci (1/λ) ile belirlenir. Bu direnç de kullanılan malzemelerin cinsine, kalınlığına ve ısı iletkenlik katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Katı malzemelerin ısı iletkenliği, gözeneklilik derecesine, gözeneklerin büyüklüğü ile dağılım durumuna ve barındırdığı nem miktarına bağlıdır. Gözenekler içindeki durgun havanın ısı iletkenliği azdır. Ayrıca malzemenin gözenekliliği arttıkça birim hacim ağırlığı ve ısı iletkenliği azalır. Düzenli dağılmış büyük gözenekli olan bir yapı malzemesinin ısı iletkenliği, düzensiz dağılmış çok küçük hava gözenekleri olan bir yapı malzemesine göre daha azdır. Malzemeyi meydana getiren maddelerin ısı iletkenliği, cinsine (organik, inorganik) ve yapısına bağlıdır (Eriç, 1994 aktaran Ergin Oruç, 2015).

Bina kabuğunu oluşturan tüm bileşenlerin optik ve termofiziksel özelliklerine bağlı olarak, bina kabuğunun opak ve saydam bileşenlerinden geçen ısı miktarı, iç hava sıcaklığını ve ortalama ışınımsal sıcaklığın değişimini etkiler. Dolayısıyla bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, iklimsel konforu etkileyen önemli bir yapısal tasarım parametresidir (Dörter, 1994).

İklim bölgelerinin özellikleri doğrultusunda ısıtma ve iklimlendirme gereksinimleri farklılık göstereceğinden, bina kabuğunun termofiziksel özelliklerinin uygun değerleri bu gereksinimlere cevap oluşturacak nitelikte belirlenmelidir.

Yukarıda detaylı olarak anlatılan yapısal tasarım parametreleri (binanın yeri, bina aralıkları, binanın yönlendiriliş durumu, binanın formu ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri); yapı dış yüzeyindeki güneş ışınımı yükünün, güneş ışınımı girdilerinin ve yapıların yitirdiği veya kazandığı toplam ısı miktarlarının dolayısıyla, yapı içi iklim durumunun ve yapma ısıtma yükünün belirleyicileri durumundadırlar. Bu durum, yapıların pasif ısıtma ve iklimlendirme işlevini de yüklenmesi durumunu ortaya çıkarmaktadır. Yapıların pasif ısıtma ve iklimlendirme sistemleri olarak tanımlanmaları, yapısal tasarım parametrelerine ait uygun değerlerin belirlenmesi ile yapılabilir (Berköz, 1983: 18, 19).

Yapısal tasarım parametreleri değerlerinin belirlenmesinde, bu parametrelerin tamamının birlikte ele alınarak optimal değerlerin belirlenmesi olabileceği gibi daha az sayıda yapısal parametreyi bir arada ya da ayrı ayrı ele alan farklı yaklaşımlardan söz etmek mümkündür (Berköz, 1983: 19).

Bu bağlamda tez çalışması kapsamında, yapısal tasarım parametrelerinden yön parametresi formların geniş yüzeyleri güneye konumlandırılacak şekilde sabit tutulmakla birlikte, diğer bir yapısal tasarım parametresi olan bina formunun iklimsel etmenlerden olan güneş ışınımı ile ilişkisi irdelenmektedir.

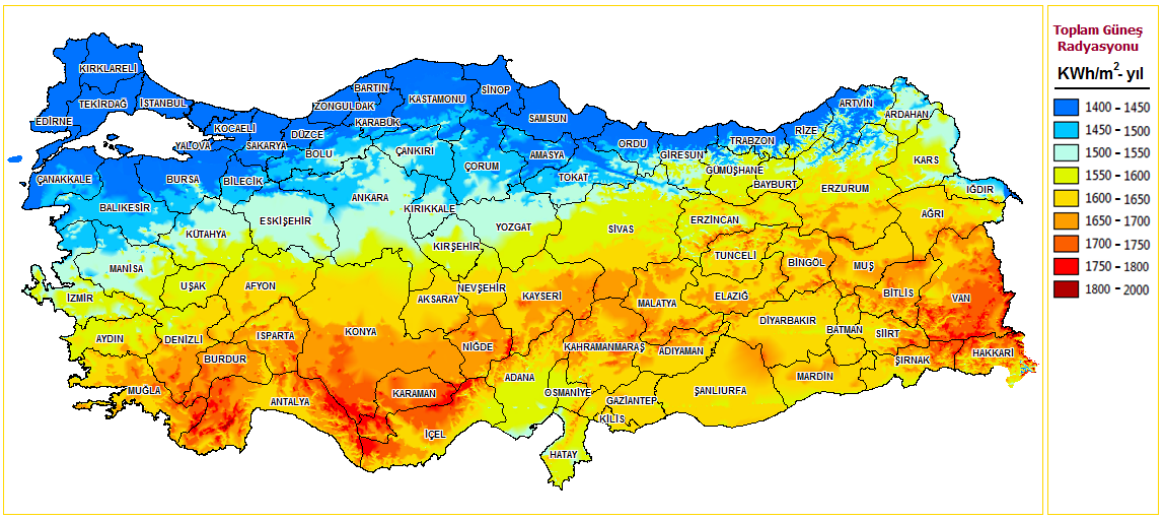
3.3. Güneş Enerjisi ve Binalarda Kullanımı

Günümüzde fosil yakıt enerji kaynaklarının (kömür, petrol, doğal gaz vb.) kullanımı yerine, enerji etkin yenilenebilir doğal enerji kaynakları olan güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal, biyokütle, hidrojen, dalga enerjisi kullanımı gündemdedir. Enerji tasarrufunu sağlamak için

yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir. Üretim maliyeti olmaması ve ülkemizde potansiyel olarak çok büyük alanda etkili olması sebebiyle ilk akla gelen yenilenebilir enerji kaynağı güneş enerjisi olmaktadır.

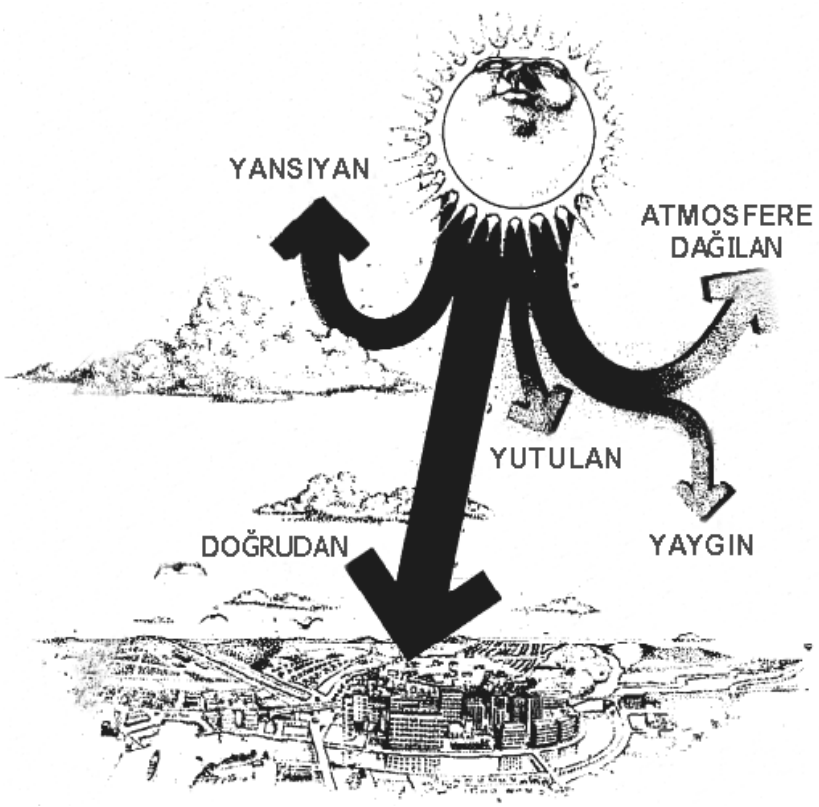
Güneş, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir orana sahip sınırsız bir enerji türüdür. Güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m² değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı 0-1100 W/m² değerleri arasında değişim göstermektedir. Bu değerin küçük bir bölümü bile, insanların kullandığı enerjinin oldukça yüksek katına denk gelmektedir (URL-9).

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2.741,07 saat (günlük 7,5 saat) ve ortalama yıllık toplam ışınım şiddetinin 1.527,46 kWh/m² (günlük 4,18 kwh/m²) olduğu hesaplanmıştır (URL-9).



Harita 3.1. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli (URL-10)

Güneş tarafından yayılan ve atmosfere ulaşan ışınım güneş radyasyondur ve kısa dalga radyasyon olarak adlandırılır. Bir yapı yüzeyini etkileyen güneş ışınımı direkt, yayılan ve yansıyan radyasyon olmak üzere üç ayrı bileşenden oluşur. Direkt güneş radyasyonu (S), yansıma ve dağılmaya uğramadan yere kadar dik ulaşan güneş radyasyonudur. Yayılan güneş radyasyonu (H), bulutlar, atmosfer gibi ortamlardan geçerken dağılarak yer yüzüne ulaşan güneş radyasyonudur. Yansıyan güneş radyasyonu (R) ise, yeryüzü elemanlarından yansıyan doğru ve yaygın ışınımdır (Yiğit, 2012) (Resim 3.14).



Resim 3.14. Güneş ışınımının atmosferde dağılımı (Mazria, 1979: 9)

Dünya ve atmosfer tarafından yayılan ışınım ise yerel radyasyondur. Dünya yüzeyi tarafından yayılan yerel yüzey radyasyonu (E) ve atmosfer tarafından yayılan atmosferik radyasyon (A) olmak üzere iki bileşenden oluşur. Atmosferden gelen ve yer yüzeyinden giden radyasyon uzun dalga radyasyondur. Güneş ve yerel radyasyonun toplamı toplam radyasyondur. Yer yüzüne gelen radyasyon (aşağı doğrultudaki toplam güneş radyasyonu= S+H+A) ile yer yüzünden giden (yukarı doğrultudaki radyasyon=R+E) radyasyon arasındaki fark net radyasyondur. Radyasyon dengesi (Q)= S+H-R+A-E formülü ile hesaplanır (Yiğit, 2012).

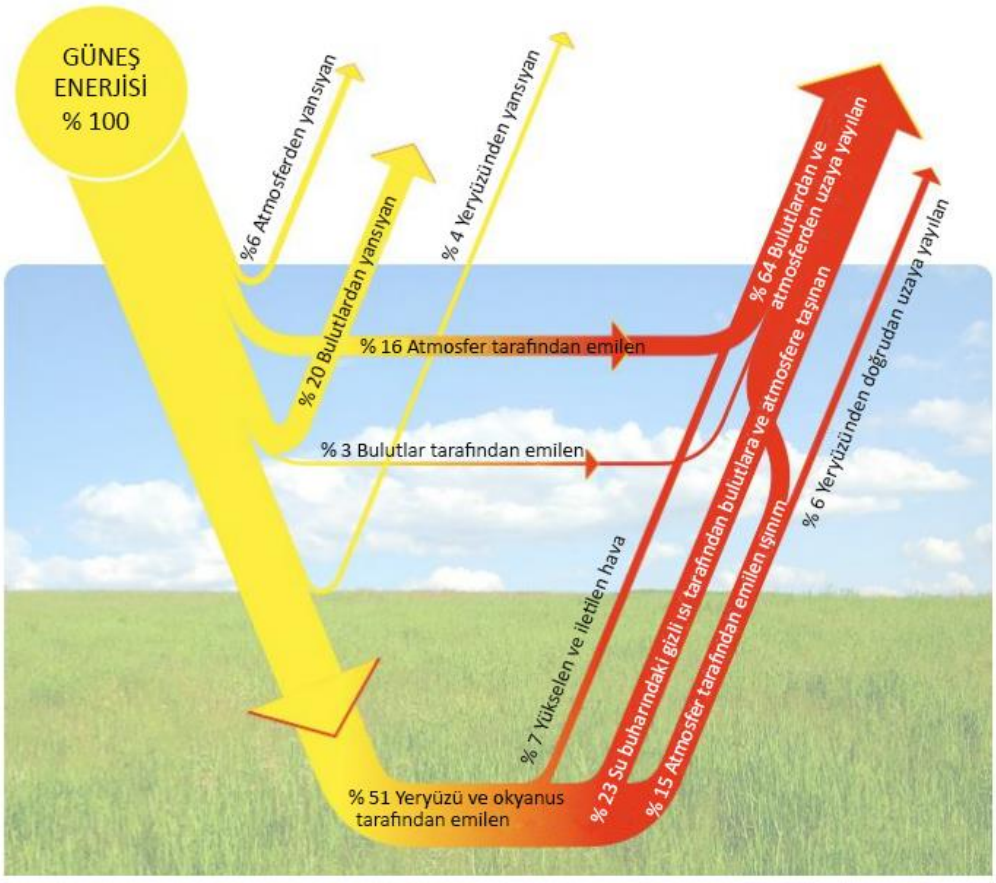
Çizelge 3.4. Kısa dalga radyasyon parametreleri (Yiğit, 2012)

Direkt Güneş Radyasyonu	S
Yayılan Radyasyon	H
Global Radyasyon	G = (S + H)
Yansıyan Global radyasyon	R
Albedo (Yansıtma Faktörü)	R / (S + H)
Kısa Dalga Radyasyon Dengesi	(S + H) - R

Çizelge 3.5. Uzun dalga radyasyon parametreleri (Yiğit, 2012)

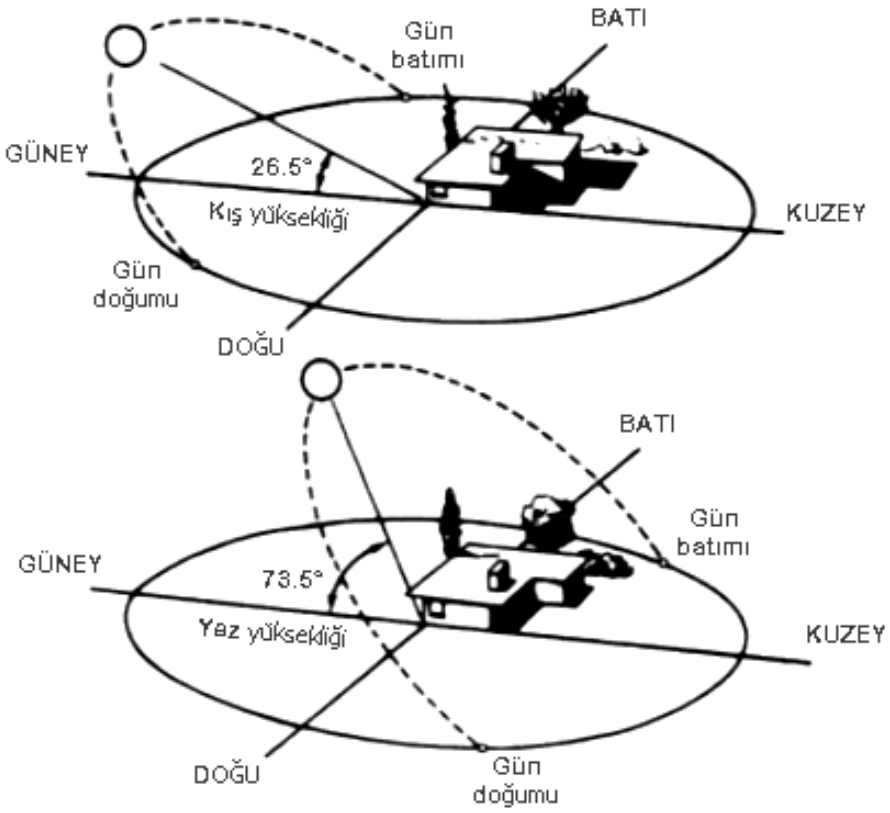
Atmosferik Radyasyon	A
Yerden Yayılan Radyasyon (Yansıyan Atmosferik radyasyon Dahil)	E
Aşağı Yönde Global Radyasyon	S + H + A
Yukarı Yönde Global Radyasyon	R + E
Uzun Dalga Radyasyon Dengesi	A - E

Güneşten gelen enerjinin %49'u atmosferde kaybolurken, %51'i yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferde kaybolan enerjinin %20'si bulutlar, %4'ü yeryüzü ve %6'sı atmosfer tarafından geri yansıma yoluyla kaybolurken geri kalan enerjinin %16'sı atmosfer (ozon, CO_2, su buharı) tarafından emilmekte ve %3'ü de bulutlar tarafından emilmektedir. Yeryüzüne ulaşan enerji ise toprak, okyanus gibi yüzeyler tarafından emilerek ısı enerjisine çevrilir (Yiğit, 2012) (Resim 3.15).



Resim 3.15. Güneş ışınımı dağılımı ve enerji dengesi (Yiğit, 2012)

Güneşten gelen ışınımın şiddeti ve süresi ile bina yüzeyinin kazandığı ısı miktarı doğru orantılıdır. Güneş ışınımının şiddeti ve süresi artıkça bina yüzeylerindeki ısı kazanımı artmakta, azaldıkça ise ısı kazanımı azalmaktadır. Bir bina yüzeyine gelen ışınımın şiddeti, atmosfer koşullarının temizliği ve bulunulan yerin denizden yüksekliği arttıkça artmakta, güneşin yükseliş açısı ve güneşin azimut açısı gibi etkenlere bağlı olarak da değişmektedir. Güneşin yükseliş açısı bulunulan yerin enlemine ve mevsimlere göre, güneşin azimut açısı ise bulunulan yerin enlemiyle birlikte bina cephelerinin baktığı yön ve zamana göre değişkenlik göstermektedir (Kısa Ovalı, 2009) (Resim 3.16).



Resim 3.16. 40° kuzey enleminde kış ve yaz güneş yükseklikleri (Kreider ve Kreith, 1982: 25)

Ülkemizde enerji tüketimindeki payın büyük bir bölümünü binalar oluşturmaktadır. Binalarda tüketilen enerjinin ise yaklaşık %40 ile %70 arasındaki bir oranı, yapay ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma için kullanılmaktadır. Enerji etkinliğine yönelik yaklaşımlar sonucunda iyileştirilen iç ortam konfor düzeyi ile, ısıtma ve soğutma çerçevesinde yaklaşık %60, yapay aydınlatma çerçevesinde %50 enerji tasarrufunun sağlanabileceği bilinmektedir (Ulukavak Harputlugil, 2009).

Güneş enerjisi dış mekân iklimini ve bina kabuğundan geçerek iç mekân iklimini oluşturur. Tasarımcılar güneş enerjisini biyoklimatik konfora ulaşmak veya binanın enerji gereksinimini karşılamakta kullanabilirler (Çelik, 1978). Bu açıdan, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde büyük bir yüzdeye sahip güneş enerjisinin, ısıtma, iklimlendirme ve gün ışığı sağlama noktasında tasarımlarda etkin olarak yer alması gerekmektedir.

Güneşin, çoğu insan için birincil yararı aydınlanma sağlamasıdır. Bu anlamda binalarda gün ışığı olarak adlandırılan bu alan, binalarda enerji tüketimini azaltmanın yollarından birisidir ve bu amaçla kullanımı iyileştirilebilir. Güneş ışınımı enerjisi, katı, sıvı ve gaz malzemelerle emilme yoluyla kolayca ısıya dönüşebilir ve böylelikle binalarda ısıtma amaçlı kullanılabilir. Isı ayrıca mekanik iş veya elektriğe dönüştürülebilir. Bununla birlikte, güneş ışınımı ayrıca elektromanyetik parçacıkların veya fotonların bir akışı olarak da görülebilir. Güneşten gelen fotonlar son derece enerjiktir. Yarı iletkenlerde elektronların iletimini ve güneş ışığının fotovoltaik enerjiye dönüştürülmesini sağlar (IEA, 2011: 34).

Ülkemizde potansiyel olarak çok büyük alanda etkili olan ve üretim maliyeti olmayan güneş enerjisinin yapılarda etkin kullanımı, binanın konumu, binanın yönlendiriliş durumu, bina formu, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri gibi pasif yapısal tasarım parametrelerine ek olarak yönteme bağlı; toplayıcı, depolayıcı ve dağıtıcı ünitelerden oluşan aktif güneş sistemleri ve fanlar, pompalar veya karmaşık kontrolörler kullanılmadan güneş enerjisini toplayan, depolayan ve dağıtan pasif güneş sistemleri olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir.

Pasif ve aktif güneş sistemlerinde, güneşten elde edilen enerjinin toplanması, depolanması ve gerektiği biçimde kullanılması ortak noktadır. Güneş kaynağından depolanan enerji, binalarda oluşan gereksinim doğrultusunda ısıtma, soğutma, sıcak su, elektrik enerjisi gibi farklı amaçlar için kullanılabilmektedir.

3.3.1. Aktif güneş sistemleri

Aktif güneş sistemleri, güneş enerjisini toplamak için elektrikli pompalara veya fanlara ihtiyaç duyan sistemlerdir. Bu sistemden enerji kazancı sağlayabilmek için, toplanan güneş enerjisi miktarının kullanılan elektrik enerjisi miktarından daha fazla olması gerekmektedir

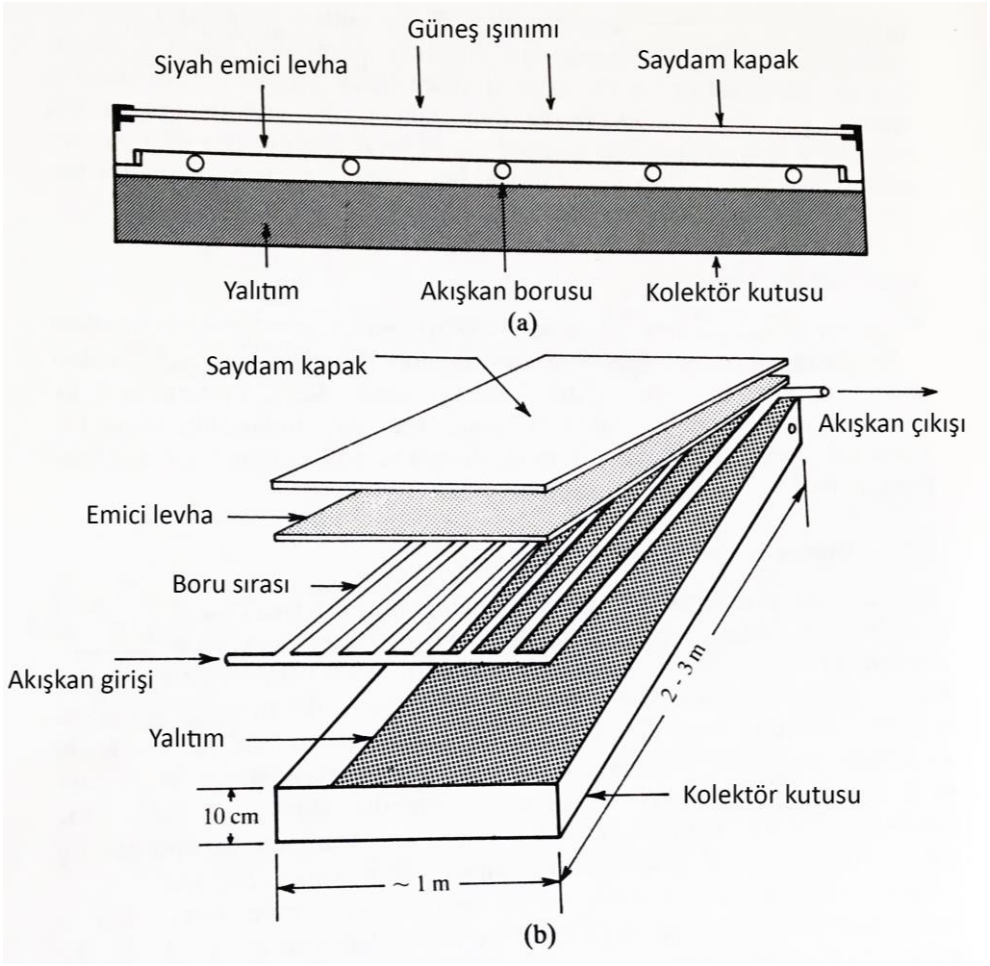
(Reddy, 1987: 3). Aktif sistemler, ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve elektrik üretimi gibi amaçlar için kullanılabilir.

Aktif güneş ısıtma sistemlerinde, güneş enerjisini yakalamak için güneş kolektörleri kullanılmaktadır. Aktif güneş enerjisi sistemlerinin anahtar bileşeni kolektörlerdir (Lechner, 1991: 386). Kolektör, güneş enerjisini yoğunlaştırarak termal enerji üreten panellerdir. Düz panel (düzlemsel), yoğunlaştırılmış ve vakum tüp kolektör olmak üzere üç çeşittir.



Resim 3.17. Solda düz panel (düzlemsel), sağda vakum tüp kolektör (Mamaklıoğlu, 2017)

Kolektör aracılığıyla toplanan ısı, pompalar veya fanlar aracılığıyla daha sonra kullanılmak üzere depolama tanklarına taşınır. Kolektörler bir sıvı veya hava ile çalışmak üzere tasarlanmıştır. En yaygın tipi, suyu ısıtmak için tasarlanmış düzlemsel kolektörlerdir. Ülkemizde %99 oranında düz panel kullanılmaktadır (Mamaklıoğlu, 2017: 63, 64). Düzlemsel kolektörler, güneş ışınımını etkin bir şekilde yakalayan ve ısıya dönüştüren siyah kaplamalı bir metal plaka, enerjiyi artırmak için sera etkisi yaratan bir cam panel, ısı kaybını en aza indirgemek için yalıtım katmanı ve içerisinde akışkan bulunan borulardan oluşmaktadır (Lechner, 1991: 386, 387, 388) (Resim 3.18).



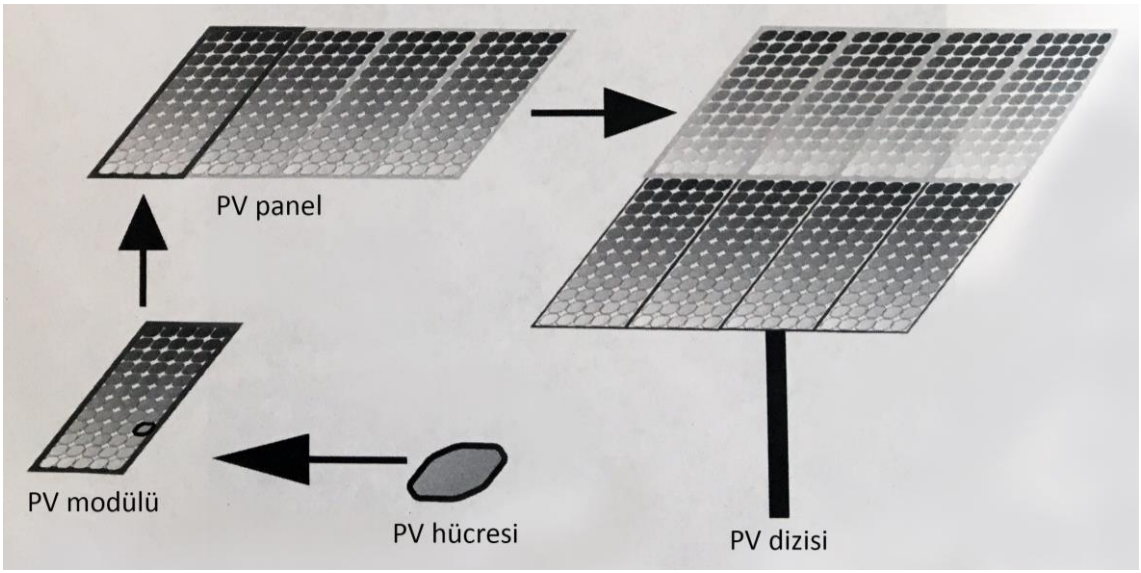
Resim 3.18. Düzlemsel kolektör kesiti (a) ve izometrik görünümü (b) (Reddy, 1987: 4)

Vakum tüp kolektörler ve yoğunlaştırıcı kolektörler ise daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak amacıyla tasarlanmış sistemlerdir. Düzlemsel güneş kolektörleri için kullanılan kavram ve tarifler, vakum tüp ve yoğunlaştırıcı kolektörler içinde geçerlidir.

Bir diğer aktif güneş sistemi ise Fotovoltaik sistemlerdir. Fotovoltaik sistemler, doğrudan güneş ışığından elektrik üreten güneş enerjisi sistemleridir. Fotovoltaik (PV) sistemler, şebeke bağlantılı (on-grid) ve şebeke bağlantısız (off-grid) olarak, fosil yakıtları tüketmeden temiz, güvenilir enerji üretir ve çok çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Fotovoltaik sistemi oluşturan bileşenler (SEI, 2007: 2, 4):

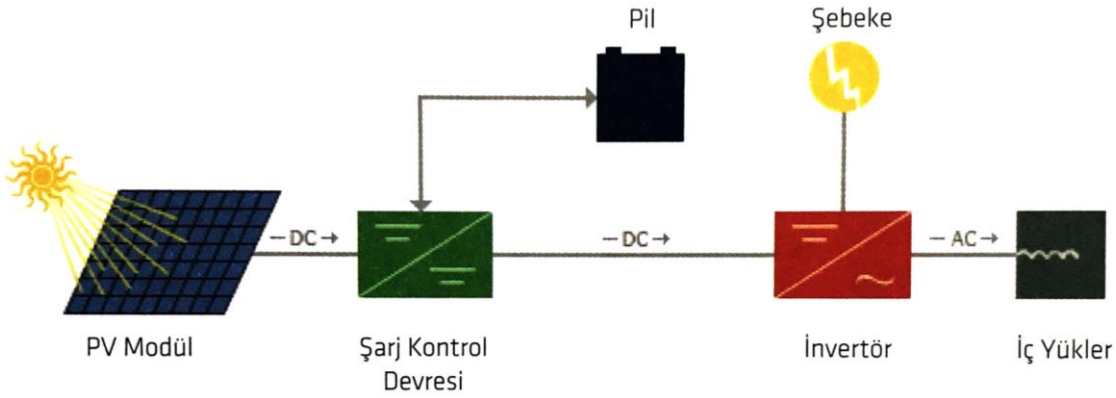
1. Fotovoltaik hücre, güneş ışığına maruz kaldığında voltaj ve akım üreten ince kareler, diskler veya yarı iletken malzemeden filmler.
2. Modül, açık bir üst tabaka (cam) ve bir kapsayan bir altlık arasında lamine edilmiş fotovoltaik hücrelerin bir yapısı.

3. Panel, bir veya daha fazla modül birbirine bağlanarak oluşur (sıklıkla modülle birbirinin yerine kullanılır).
4. Dizi, belirli bir voltaj için birleştirilmiş ve bir montaj yapısına sabitlenmiş bir veya daha fazla panel.



Resim 3.19. Fotovoltaik terminolojisi (SEI, 2007: 50)

- Şarj kontrol cihazı, pil voltajını düzenleyen ekipmanlar.
- Pil, doğru akım (DC) elektrik enerjisini kimyasal olarak depolayan bir cihaz.
- İnvertör, doğru akımı alternatif akıma (AC) dönüştüren bir elektrikli cihaz.
- DC yükler, doğru akımla çalışan cihazlar, motorlar ve ekipmanlar.
- AC yükler, alternatif akımla çalışan cihazlar, motorlar ve ekipmanlar.



Resim 3.20. Fotovoltaik (PV) sistem şeması (Mamaklıoğlu, 2017: 69)

Fotovoltaik paneller; kristal silikon fotovoltaik paneller, ince film fotovoltaik paneller, hibrid PV-termal paneller ve yoğunlaştırılmış fotovoltaik paneller olmak üzere farklı tiplerde ticari olarak kullanılmaktadır.

Kristal silikon (tek kristalli veya çok kristalli) panellerin verimliliği artan dış ortam sıcaklığıyla ters orantılı olarak azalırken, ince film panellerde artan sıcaklık verimi düşürmemekte ya da kristal silikon panele oranla daha az düşürmektedir (IEA, 2011: 114).

Alıcı panellerin yüzey alanı başına enerji verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için, üreticiler artık PV etkisi ve ısıyı aynı anda toplayan ve böylece PV'nin verimliliğini ısı toplayıcılarınkine ekleyen ve %80 veya daha fazla ısı ve elektrik enerjisinin ortak üretim verimliliğine ulaşan hibrit sistemler sunmaktadır. Bu kombinasyon başlangıçta hava toplayıcıları ile geliştirilmiştir. Şu anda su toplayıcıları ile de mevcuttur. Kaplanmamış fotovoltaik-termal (PV-T) kolektörler, PV modüllerinin arkasındaki ısı borularından oluşur. Kaplanmış PV-T toplayıcıları, düz plaka güneş ısı kolektörlerinin içine yerleştirilmiş PV modüller içerir (Resim 3.21) (IEA, 2011: 116).



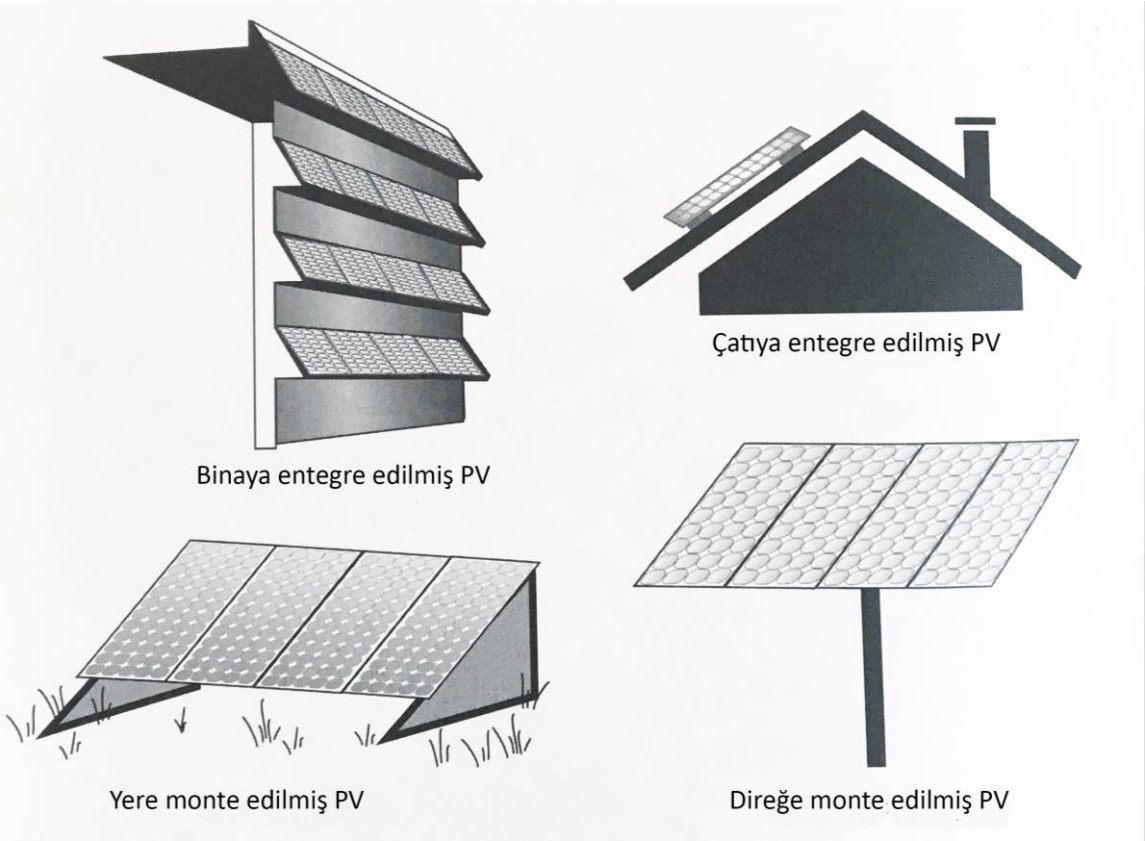
Resim 3.21. Türkiye’de üretilmiş PV termal panel örneği (IEA, 2011: 116)

PV siteminin performansını temel olarak etkileyen parametreler (Mamaklıoğlu, 2017):

- Kurulacak yerin güneş radyasyonu ve iklimi

- Panel açısı
- Panel verimi
- Kayıplar

Fotovoltaik sistemler, yer düzleminde ve ahşap dikme veya direkler üzerinde monte edilebileceği gibi binaya bütünleşmiş olacak şekilde de uygulanabilmektedir. Binaya entegre sistemlerde fotovoltaik paneller yapı kabuğunda çatılarda, cephe duvarlarında, pencere üzerlerinde güneş kırıcı gölgeleme elemanı olarak yer alabilmektedir.

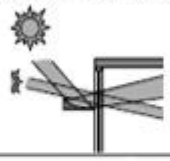
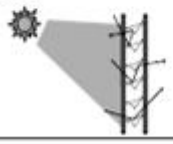


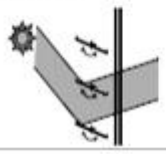
Resim 3.22. PV sistem temel montaj stratejileri (SEI, 2007: 140)

Bunun yanı sıra günümüzde yeni teknolojilerin kullanıldığı gelişmiş doğal aydınlatma sistemleri diğer adıyla gelişmiş günışığı sistemleri ile binalarda elektrik tüketimini olabildiğince azaltmak ve iç mekânın ışık kalitesini önemli oranda arttırmak hedeflenmektedir. Bu sistemler de aktif güneş sistemleri kapsamında ele alınabilir (Kılıç Demircan ve Gültekin, 2017).

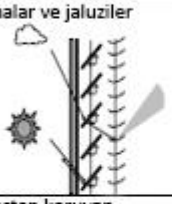
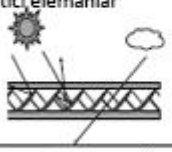
Günışığı aydınlatma sistemlerini gölgeleme yapan ve gölgeleme yapmayan olmak üzere iki ana başlıkta incelemek mümkündür. Gölgeleme yapan günışığı aydınlatma sistemi iki başlıkta incelenebilir. İlki, doğrudan güneş ışığını kullanan ve ışığı tavana veya göz yüksekliğinin üzerindeki yerlere gönderen sistemler (Çizelge 3.6), diğeri dağınık gün ışığını esas alan ve doğrudan güneş ışığını reddeden sistemlerdir (Çizelge 3.7) (IEA, 2000: 4-3).

Çizelge 3.6. Güneş ışığı kullanan sistemler (Ruck, 2001: 4)

Tip	İklim	Eklenti
Gün ışığının yeniden yönlendirilmesi için ışık rafı 	Tüm iklimler	Dikey pencereler
Yansıtıcı profilli camlar (okasolar) 	Ilıman iklimler	Dikey pencereler Çatı pencereleri

Tip	İklim	Eklenti
Lazer kesim panelli çatı penceresi 	Sıcak iklimler Güneşli gökyüzü Alçak enlemler	Çatı pencereleri
Döner lameller 	Ilıman iklimler	Dikey pencereler Çatı pencereleri

Çizelge 3.7. Dağınık gün ışığı kullanan sistemler (Ruck, 2001: 3)

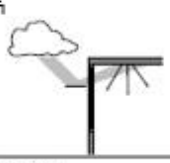
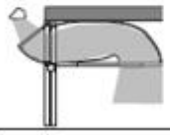
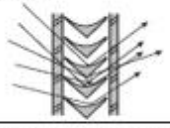
Tip	İklim	Eklenti
Prizmatik paneller 	Tüm iklimler	Dikey pencereler Çatı pencereleri
Prizmalar ve jaluziler 	Ilıman iklimler	Dikey pencereler
Güneşten koruyan yansıtıcı elemanlar 	Ilıman iklimler	Çatı pencereleri Camlı çatılar
Anidolik azimut açıklığı 	Ilıman iklimler	Çatı pencereleri

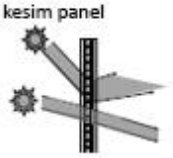
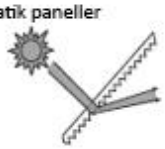
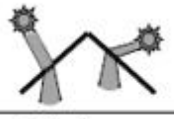
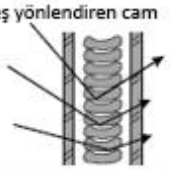
Tip	İklim	Eklenti
Konsantre holografik optik elemanlara sahip yönlü seçici gölgeleme sistemi 	Tüm iklimler	Dikey pencereler Çatı pencereleri Camlı çatılar
Toplam yansımaya dayalı holografik optik elemanlara sahip şeffaf gölgeleme sistemi 	Ilıman iklimler	Dikey pencereler Çatı pencereleri Camlı çatılar
Işığı yönlendiren abajur 	Sıcak iklimler Güneşli gökyüzü	Göz hizasında dikey pencereler
Çatı pencereleri ve panjurlar 	Tüm iklimler	Dikey pencereler

Gölgeleme yapmayan günışığı aydınlatma sistemleri ise, öncelikle gün ışığını bir pencereden veya ışıklık açıklığından alarak uzak alanlara yönlendirmek için tasarlanmıştır.

Bu sistem, dağınık ışık yönlendirme sistemleri, doğrudan güneş ışığı yönlendirme sistemleri, ışık dağıtma sistemleri ve ışık taşıma sistemleri olarak 4 başlıkta incelenebilir (Çizelge 3.8, Çizelge 3.9) (IEA, 2000: 4-3).

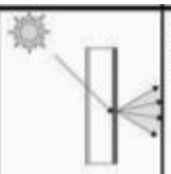
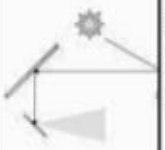
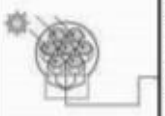
Çizelge 3.8. Solda dağınık ışık, sağda güneş ışığı yönlendirme sistemleri (Ruck, 2001: 4)

Tip	İklim	Eklenti
Işık rafı 	Ilıman iklimler Bulutlu gökyüzü	Dikey pencereler
Anidolik tavan 	Ilıman iklimler Bulutlu gökyüzü	Gözetleme penceresinin üstünde dikey cephe
Balık sistemi 	Ilıman iklimler	Dikey pencereler
Holografik optik elemanlara sahip zenith ışık yönlendirme elemanları 	Ilıman iklimler Bulutlu gökyüzü	Dikey pencereler (özellikle avlularda) Çatı pencereleri

Tip	İklim	Eklenti
Lazer kesim panel 	Tüm iklimler	Dikey pencereler Çatı pencereleri
Prizmatik paneller 	Tüm iklimler	Dikey pencereler Çatı pencereleri
Gökyüzü ışığında holografik optik elemanlar 	Tüm iklimler	Çatı pencereleri
Güneş yönlendiren cam 	Tüm iklimler	Dikey pencereler Çatı pencereleri

Dağınık ışık yönlendirme sistemleri, gün ışığını gökyüzünün belirli alanlarından mekânın içine yönlendirir. Bulutlu hava koşullarında, gökyüzünün çevresindeki alan, ufka yakın alandan çok daha parlaktır. Yüksek dış engellere sahip alanlar için (yoğun kentsel ortamlar vb.), gökyüzünün üst kısmı gün ışığının tek kaynağı olabilir. Işık yönlendirici sistemler, bu durumlarda gün ışığının kullanımını iyileştirebilir. Doğrudan ışık yönlendirme sistemleri, parlamanın ve aşırı ısınmanın ikincil etkileri olmadan doğrudan güneş ışığını odanın iç kısmına gönderir (IEA, 2000: 4-3).

Çizelge 3.9. A (üstte) ışık dağıtma sistemleri, B (altta) ışık taşıma sistemleri (IEA, 2000: 4-8)

A Işık dağıtma sistemleri			Tüm iklimler	Dikey pencereler Çatı pencereleri
B Işık taşıma sistemleri	Heliostat		Tüm iklimler Güneşli gökyüzü	
	Işık borusu		Tüm iklimler Güneşli gökyüzü	
	Güneş tüpü		Tüm iklimler Güneşli gökyüzü	Çatı
	Lifler		Tüm iklimler Güneşli gökyüzü	

Işık dağıtma sistemleri, günışığı dağıtımı yapmak için tepe açıklıklarda kullanılır. Bu sistemler dikey pencere açıklıklarında kullanılıyorsa, yüksek oranda parlama oluşmaktadır. Işık taşıma sistemleri, fiber optikler veya hafif borular yoluyla bir binanın çekirdeğine uzun mesafelerde güneş ışığını toplar ve taşır (IEA, 2000: 4-3).

3.3.2. Pasif güneş sistemleri

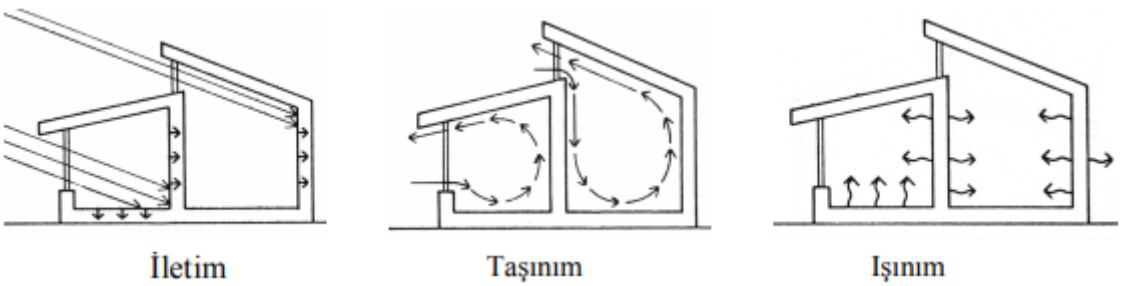
Pasif güneş sistemleri, fanlar, pompalar veya karmaşık kontrolörler kullanılmadan güneş enerjisini toplayan, depolayan ve yeniden dağıtan sistemlerdir. Pencere, duvar ve zemin gibi temel yapı elemanlarının mümkün olduğunca farklı fonksiyona sahip olduğu, bina tasarımına entegre bir yaklaşıma dayanmaktadır (Lechner, 2015: 169). Pasif sistemler, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi amaçlar için kullanılabilir. Bu tür sistemlerde, termal enerji akışı yani ısı transferi, kondüksiyon (iletim), doğal konveksiyon

(taşınım) veya radyasyon (ışınım) olmak üzere üç şekilde gerçekleşmektedir (Foster, Ghassemi ve Cota, 2010: 99).

1. Kondüksiyon (iletim), katı ortam içinde veya temas halindeki katı ortamlar arasında gerçekleşen ısı transferi olayıdır. Isı moleküler hareketten kaynaklanan bir enerji türü olup; sürekli bir ortamın çeşitli bölgeleri farklı sıcaklıklarda olduğunda, ya da diğer bir deyişle çeşitli bölgeleri farklı enerji düzeylerine sahip olduğunda yüksek enerji bölgesinden alçak enerji bölgesine, sıcaktan soğuğa doğru akar. Bu olaya ısı transferi denmektedir (Utkutuğ ve diğerleri, 1995).

2. Konveksiyon (taşınım), katı ortam ile akışkan ortam (sıvı, gaz) arasında, akışkanın dolanımı ile gerçekleşen ısı transferi olayıdır. Akışkanlar serbestçe hareket edebilen moleküllere sahip olduğu için ağır moleküllerin hafif molekülleri kaldırması ile yani soğuk akışkanın sıcak akışkanı kaldırması sonucunda yer değiştirerek doğal konveksiyon başlatırlar. Katı ortama temas ederek ısınan akışkan molekülleri böylece hafifleyerek yükselecek, yerini daha soğuk ve ağır akışkan moleküllerine bırakacaktır (Utkutuğ ve diğerleri, 1995).

3. Radyasyon (ışınım), bir maddeye bağlı olmaksızın elektromanyetik dalgalar ile yüksek enerji alanından (daha sıcak alandan), düşük enerji alanına (daha soğuk alana) enerji transferi termik (ısıl) ışınım yoluyla gerçekleşen ısı transferi olayıdır. Işınlar boşlukta düzgün doğrular halinde her yöne yayılır ve ışın olduğu sürece ısı değildir. Ancak bir maddeye çarparak maddenin yüzeyi tarafından absorblanınca (soğurulunca) ısıya dönüşebilir. Bir maddeye çarpan ışın; maddenin yüzey özelliklerine bağlı olarak değişen miktarlarda absorblanır, yansıtılır ve arkaya geçirilir (Utkutuğ ve diğerleri, 1995).

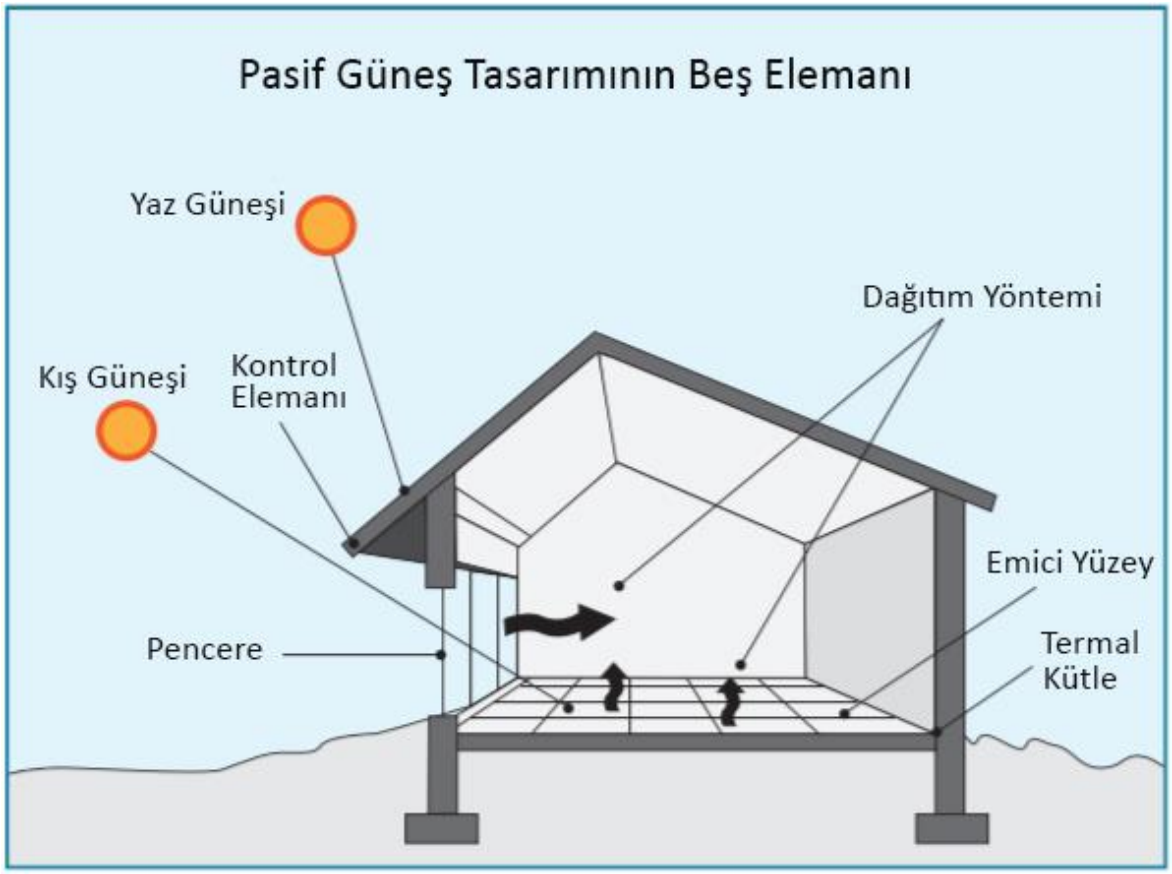


Resim 3.23. Isı iletimi, taşınım ve ısı ışınımı (Wachberger, 1988 aktaran Kısa Ovalı, 2009)

Pasif sistemler, elektrik gibi herhangi bir bilinen güç kaynaklarına doğrudan başvurmadan güneş enerjisini toplayan veya kullanan sistemlerdir. Dolayısıyla, bu sistemler ya kolektör, depolama ve yük arasında doğal termosifon ile ya da mekânın ısıtılması durumunda, güneş enerjisinin optimal kullanımını destekleyecek şekilde binanın mimarisi ile çalışır (Reddy, 1987: 2, 3).

Pasif sistemler, aktif alan ısıtma sistemlerinden temel olarak farklıdır, çünkü pasif sistem bileşenlerinin çoğu, binanın kendisinin bir parçasıdır (Kreider ve Kreith, 1982: 151). Bu sistemlerde, bir binanın çeşitli bileşenleri aynı anda mimari, yapısal ve enerji gereksinimlerini karşılar (Lechner, 2015: 170). Bu nedenle, mimari tasarım sürecinde pasif sistemlerin tasarımı, aktif sistemlerin tasarımından daha önce yer almaktadır. Yükler ve enerji gereksinimleri belirlendiğinde sonradan binalara aktif sistemler eklenebilir; bu nedenle mimari tasarım geliştirme aşamasında da bu sistemlere başvurulabilir. Ancak, pasif sistemler, bina ve onun yapısı ile yakın ilişkili olduğundan, tasarım sürecinde ön yüklüdür. Yani, pasif tasarım çalışmalarının çoğu, programlama ve şematik tasarım aşamalarında yer alır ve aktif sistemlere göre tasarım geliştirme aşamasında daha az önem gerektirir (Kreider ve Kreith, 1982: 151).

Pasif bir tasarımda öncelikle düşünülecek iki şey, bölgenin iklimi ve alanın güneş yükseltisidir. Güneş yükseltisi, yapının içerisinde pasif olarak ne kadar ışık ve enerjinin gireceğinin belirleyen güneş açısıyla ilgilidir. Sonraki adımda ise güneş yükseltisi ve iklimle ilgili olarak yapının yönlendirilmesidir. Bütün bu faktörler bina tasarımına başlamadan önce mimarlar tarafından ele alınmalıdır. Pasif bir bina tasarımının beş unsuru vardır: ışığı yansıtan ve gün boyunca ısı toplayan bir termal kütle, ısıyı tutmak ve saklamak için bir emici malzeme, ışık enerjisinin yapı içerisine girmesine izin vermek için bir aralık veya açıklık, geçirilen güneş ışığının miktarını değiştirmek için bir kontrol elemanı ve gece boyunca enerji dağıtımı için bir yöntem (Resim 3.24). Bu elemanlar, pasif güneş enerjisi için müdahale veya mekanik yardım olmadan işlev görecek şekilde doğru tasarlanmalıdır (Findley, 2010: 78, 79, 81).

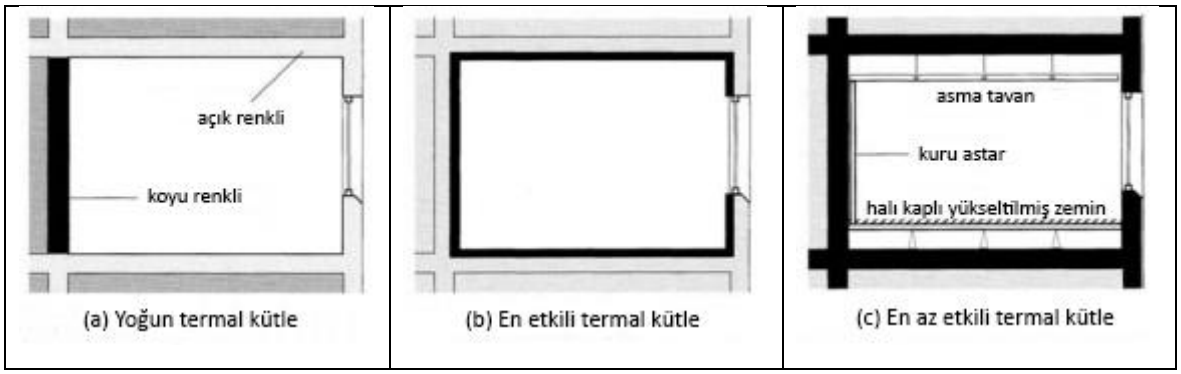


Resim 3.24. Pasif güneş tasarımının beş elemanı (URL-11)

Mimari yapı bileşenlerinin pasif güneş tasarımlarında sistem ögesi olarak kullanımında ısıl (termal) kütle önemli bir kavramdır. Isı depolama kapasitesine sahip malzemelerden yapılan mimari ve strüktürel yapı bileşenleri (duvar, trombe duvarı, su duvarı, döşeme, tavan vb.) ısıl kütle olarak görev yaparlar. Pasif tasarım yaklaşımlarında iç ortam konfor koşullarının sağlanmasında ısıl kütlenin önemli rolü bulunmaktadır. Güneşten elde edilen ısının bina strüktüründe toplanması, depolanması, depolanan enerjinin iç ortamlara verilmesi süreçlerinin iyi ayarlanması gerekmektedir. Isıl kütleden istenilen performansın elde edilebilmesi, enerji kaynağı ile olan ısıl eşlenebilme yeteneğine bağlıdır. Gündüz güneş enerjisinden elde edilecek ısı, bina kütlesinde (duvar, döşeme, tavan vb.) depolanacak, ısıtma gerektiren dönemde (gece) iç ortama geri verilecektir. Gecenin serin havası ile ısıl kütlelerin soğutulması (yani kütlelerde soğuğun depolanması) ertesi gün iç ortam sıcaklığını konfor sınırına düşürecektir (Utkutuğ ve diğerleri, 1995).

Termal kütlenin, bir binanın termal davranışını etkileme şekli genellikle yanlış anlaşılmaktadır. Termal kütlenin mekân ile birleşme derecesi çok önemli bir parametredir.

Örneğin, Resim 3.25 (a) ve (b)' de mekân içerisinde aynı miktarda termal kütle bulunmaktadır. (a)'da tek bir duvar üzerinde kalınlığı daha çok olan bir termal kütle, (b)'de ise tüm duvarlarda kalınlığı daha az olan termal kütleler bulunmaktadır. Bu durumda (b)'de bulunan termal kütle çok daha fazla etkiye sahip olacaktır. Çünkü boşluk ve kütle arasındaki iletkenlik çok daha büyüktür. Hem deneysel gözlem hem de matematiksel modellemeden, yaklaşık 50 mm'den daha büyük beton kalınlıklarının günlük sıcaklık döngüleri üzerinde çok az etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca, binalar masif malzemeler içerebilir, ancak termal kütle Resim 3.25 (c) 'de olduğu gibi hafif yüzeyler ile izole edilirse, binanın termal davranışında çok daha az rol oynayacaktır (Baker ve Steemers, 2000: 35).



Resim 3.25. Termal kütle dağılımının etkisi (Baker ve Steemers, 2000: 36)

Enerji etkin bina tasarımında pasif sistemlerin enerji performansını etkileyen bina tasarım parametreleri olarak; iklimsel ve topoğrafik veriler, binanın yeri, yönlendirmesi, aralıkları, formu, kabuk özellikleri, malzeme seçimi, mekân organizasyonu gibi özellikler sıralanabilir.

Pasif güneş tasarımı yaklaşımlarının özellikleri incelendiğinde (Utkutuğ ve diğerleri, 1995);

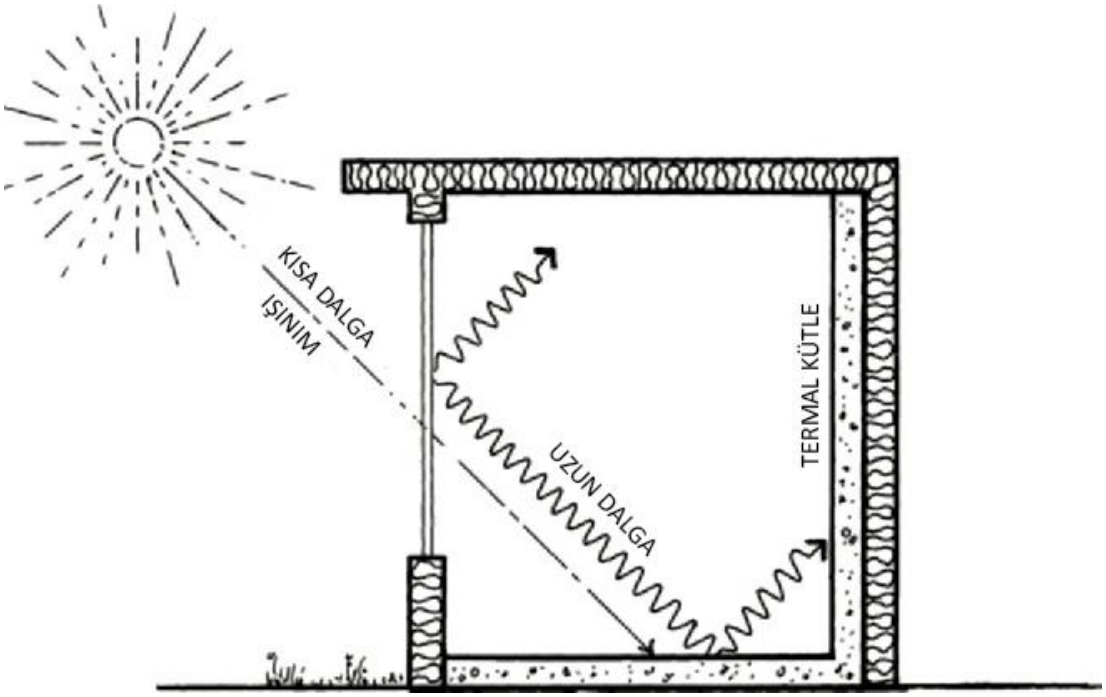
1. Kendini yenileyebilen enerji kaynaklarından, özellikle güneşten ısı kazancı sağlamaya yönelik yaklaşımlardır.
2. Konvansiyonel enerji kullanımını minimuma indirmekte, hatta bazen ortadan kaldırmaktadırlar.
3. Enerji korunumu enerji israfını engellemek amacı ile büyük önem taşır.
4. İklimsel koşullara maksimum uyum gösteren tasarımlar olmak durumundadırlar.
5. Doğal enerji akışına dayalı ısı transferi yolu ile ısıtma ve soğutma yapmak amaçtır.

6. Geleneksel mimari yapı bileşenleri ve tasarım güneş enerjisini toplama, depolama ve dağıtmaya yönelik ilave fonksiyonlar taşır.
7. Her tasarım kendine özgü olup, iklimsel koşulların (sıcaklık, nem, rüzgâr, güneş ışınımı) bölgesel analizinin yapılmasını gerektirir.
8. İlk yatırım maliyetleri çok yüksek değildir.
9. Aktif güneş sistemlerine (güneş kolektörleri, fotovoltaik sistemler vb.) ya da yapay ısıtma ve soğutma amaçlı konvansiyonel enerji kaynaklarına dayalı sistemlere gereksinimi minimize etmesi nedeni ile yakıt kullanımında ekonomi sağlar.

Pasif güneş teknolojileri, doğrudan ve dolaylı güneş kazancını içerir. Her iki sistem aynı materyalleri ve tasarım prensiplerini kullanır (Foster, Ghassemi ve Cota, 2010: 99). Her pasif güneş ısıtma sisteminin en az iki elemanı vardır: güneş kazanımının olduğu tarafa bakan camdan oluşan bir kolektör ve genellikle kaya veya su gibi termal kütleden oluşan bir enerji depolama elemanı (Lechner, 2015: 170). Bununla birlikte, bir dolaylı kazanç sisteminde güneş kolektörleri, enerjinin gerekli olduğu alandan ayrılarak, termal kütle ile sirkülasyonun sağlandığı iki yer arasında konumlanır (Foster, Ghassemi ve Cota, 2010: 99). Güneş kazanımı ve depolama elemanı ilişkisine bağlı olarak: doğrudan kazanç, dolaylı kazanç ve izole kazanç olmak üzere üç ana pasif güneş sistemi tipi vardır (Lechner, 2015: 170).

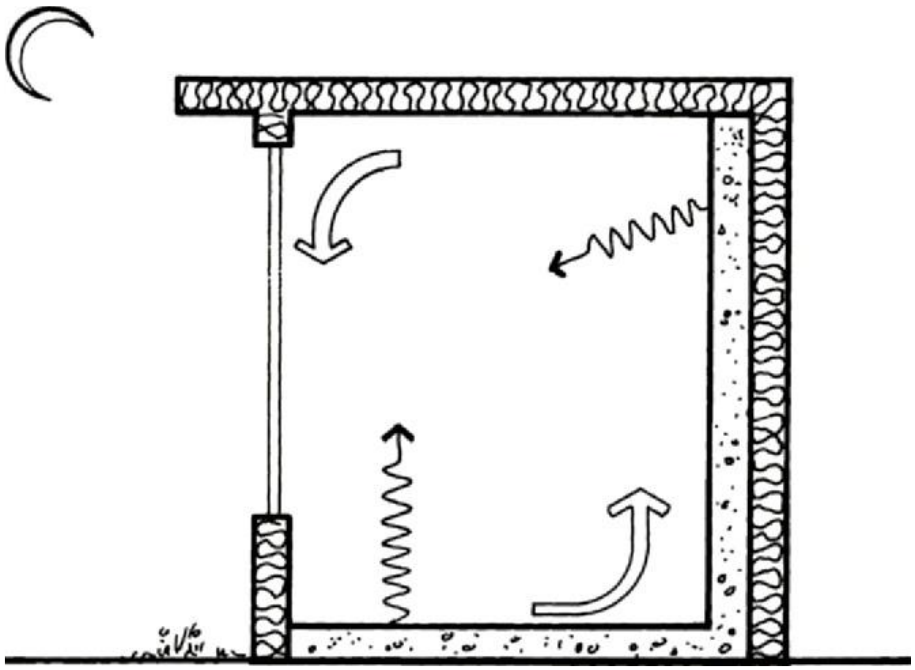
Doğrudan kazanç sistemleri

Doğrudan kazanç sistemleri, güneş ışınlarını bir ara sistem olmadan alabilen ve doğrudan iç mekânlara aktarabilen ısı kazanım sistemleridir. Bu sistemlerde bina alanı, doğrudan güneşe bakan cephelerde oluşturulan geniş pencere veya açıklıklardan geçen güneş tarafından ısıtılmaktadır. Güneşe bakan saydam cephe yüzeylerinden geçen güneş ışınları, döşemeler, duvarlar, mobilyalar ve yansıma sonrası tavanlar gibi bina bileşenleri tarafından tutularak ısıya dönüştürülür (Kreider ve Kreith, 1982: 152). Kuzey yarım küre için, güneye bakan her pencere bir doğrudan kazanç sistemi oluştururken, doğuya, batıya ve özellikle kuzey yönüne bakan pencereler kışın kazancından daha fazla ısı kaybeder. Sera etkisi, tek yönlü ısı vanası olarak işlev görür. Kısa dalga güneş enerjisinin girmesine izin verirken ısının kaçmasını engeller (Resim 3.26) (Lechner, 2015: 171).



Resim 3.26. Sera etkisiyle gün boyu güneş radyasyonunun toplanması (Lechner, 2015: 171)

Ardından binanın içindeki termal kütle, hem gündüz aşırı ısınmayı önlemek hem de gece kullanılmak üzere bu ısıyı emer ve saklar (Resim 3.27). Bu noktada termal kütlenin ve güneye bakan camların oranının uygunluğu önemlidir (Lechner, 2015: 171).



Resim 3.27. Gün boyunca aşırı ısınmayı önlerken gece kullanımı için ısı depolayan termal kütle (Lechner, 2015: 171)

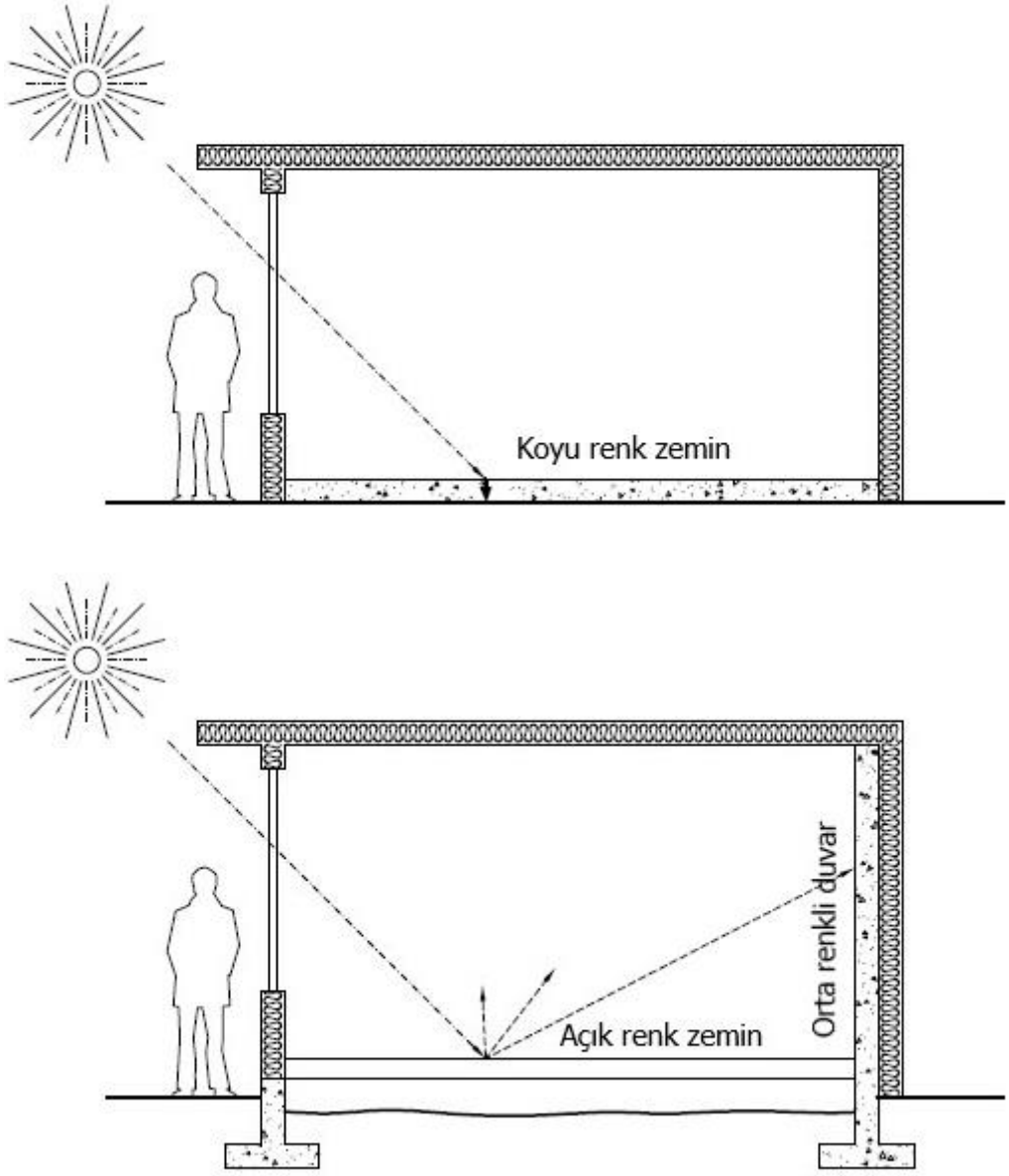
Termal kütlenin verimli olabilmesi için dikkat edilmesi gerekenler şu şekilde özetlenebilir (Lechner, 2015: 174);

- Çizelge 3.10 minimum kütle alanlarını belirtmektedir. Ek kütle, aşırı sıcaklıkları azaltarak termal rahatlığı artıracaktır.

Çizelge 3.10. Doğrudan kazanç sistemlerinde gerekli tahmini termal kütle kuralları (Lechner, 2015: 174)

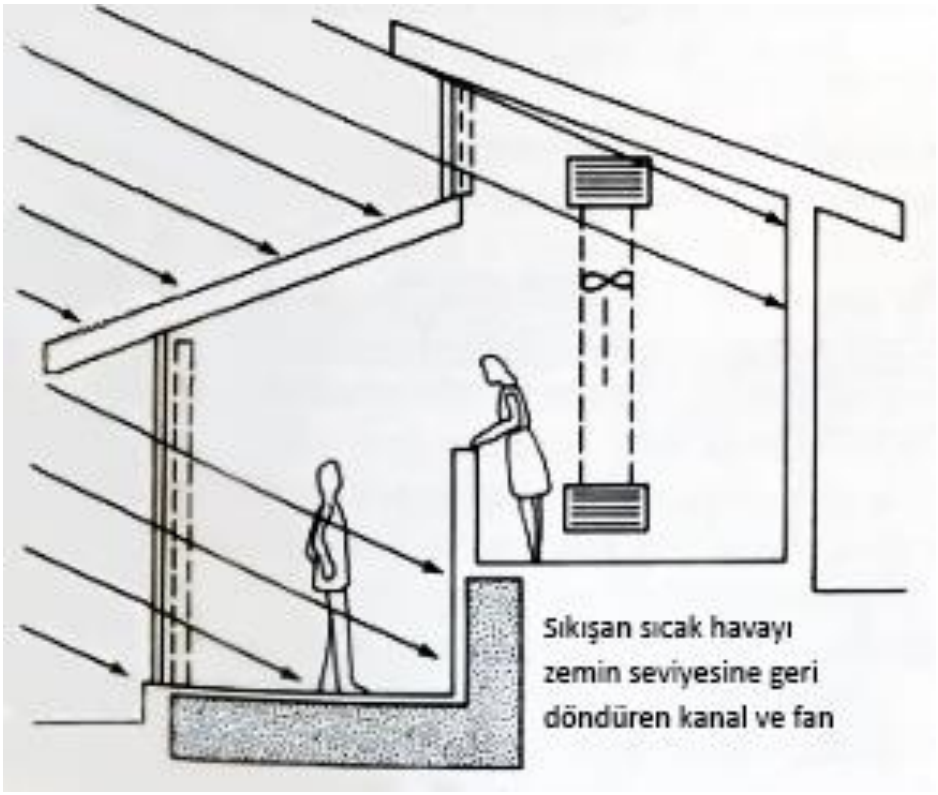
Termal Kütle	*Kalınlık (cm)*	*Toplam Yüzey Alanı - Cam Yüzey Alanı Oranı*
Doğrudan güneş ışınlarına maruz kalan duvar veya beton	10 - 15	3
Yansıyan güneş ışınlarına maruz kalan duvar veya beton	5 – 10	6
Direkt güneş ışınlarına maruz kalan su	15 - 30	1/2 (yaklaşık)
Direkt güneş ışınlarına maruz kalan faz değişim malzemesi	2,4 - 10	1

- Kütle yüzey alanı kütle kalınlığından daha önemlidir.
- Yapısal ve termal nedenler için kütle, mümkün olduğunca yere yakın tutulmalıdır.
- Termal kütlenin koyu renkte olması gerekirken, kütlesel olmayan malzemelerin yüzeyleri, güneş ışınlarını koyu renkli kütle malzemelerine yansıtmak için çok açık renkli olmalıdır (Resim 3.28).



Resim 3.28. Termal kütle yüzeyi ve yansıtıcı yüzey (Lechner, 2015: 175)

Bir binanın kuzey tarafındaki odalara konveksiyonla güneş ısısı sağlanabilmesine rağmen, güneye bakan göz seviyesinin üzerinde yer alan pencereler aracılığıyla güneş ışınımını doğrudan sağlamak daha iyi olabilmektedir. Güneş ışığını ısıtma amaçlı binanın daha iç kısımlarına ulaştırmanın yanı sıra, yukarıdan gelen ışık sayesinde mekân içerisinde etkili gün ışığı sağlamaktadır (Lechner, 2015: 172). Bu tip pencere kullanımı, Resim 3.29'da şematik olarak gösterilen hava sirkülasyon sistemi yardımıyla, güneş ışığının hem alt hem de üst seviyeleri ısıtmada etkili kullanılabilecek bir doğrudan kazanç uygulamasıdır. (Kreider, 1982: 78).



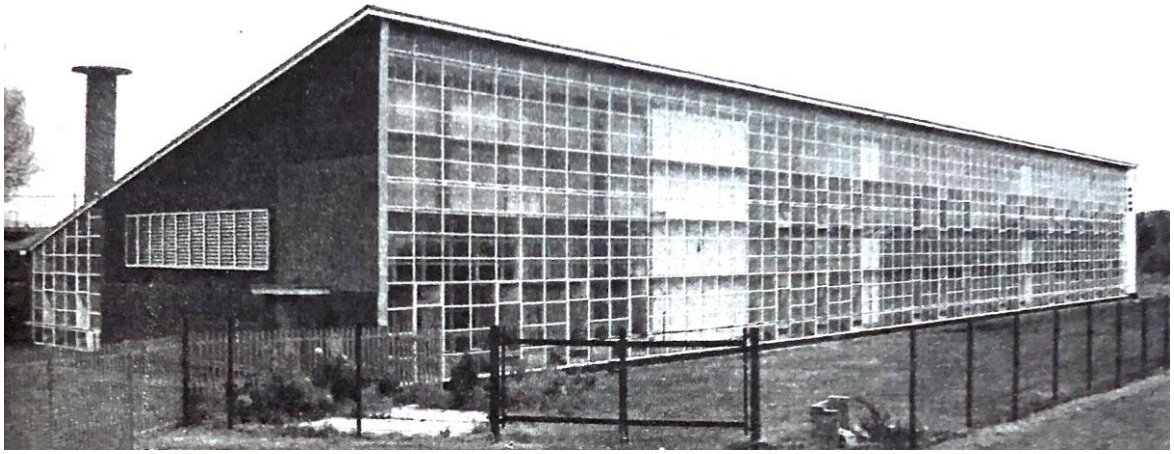
Resim 3.29. Yapıda göz seviyesinin üzerinde yer alan pencere örneği (Kreider, 1982: 79)



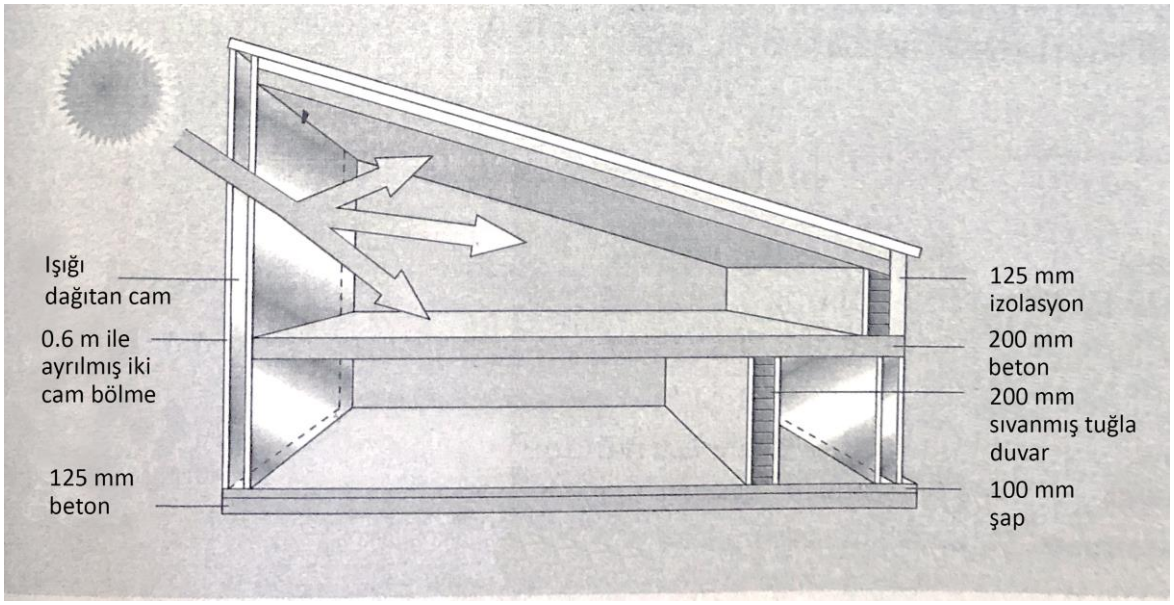
Resim 3.30. Kuzey Karolina Chapel Hill'de bulunan Smith Middle Okulu (Lechner, 2015: 172)

Doğrudan kazanç sistemiyle tasarlanmış, İngiltere Cheshire'da 1961 yılında yapılmış olan Wallasey okulu yapısının, güneş ışığını yakalamak için güneye bakan geniş bir cam yüzeyi, termal enerjiyi gündüz ve gece boyunca saklamayı sağlayan termal kapasite olarak ağır

malzemeden (yoğun beton veya tuğla) oluşan yapısı ve ısıyı korumak için yapının dışına kalın yalıtım elemanı gibi güneş enerjisinden pasif olarak yararlanabileceği özellikleri bulunmaktadır (Resim 3.31.) (Boyle, 1998: 41).



Resim 3.31. Doğrudan kazanç sistemiyle tasarlanmış yapı örneği, Wallasey okulu, Chedhire, UK, yapım yılı 1961 (Boyle, 1998: 40)

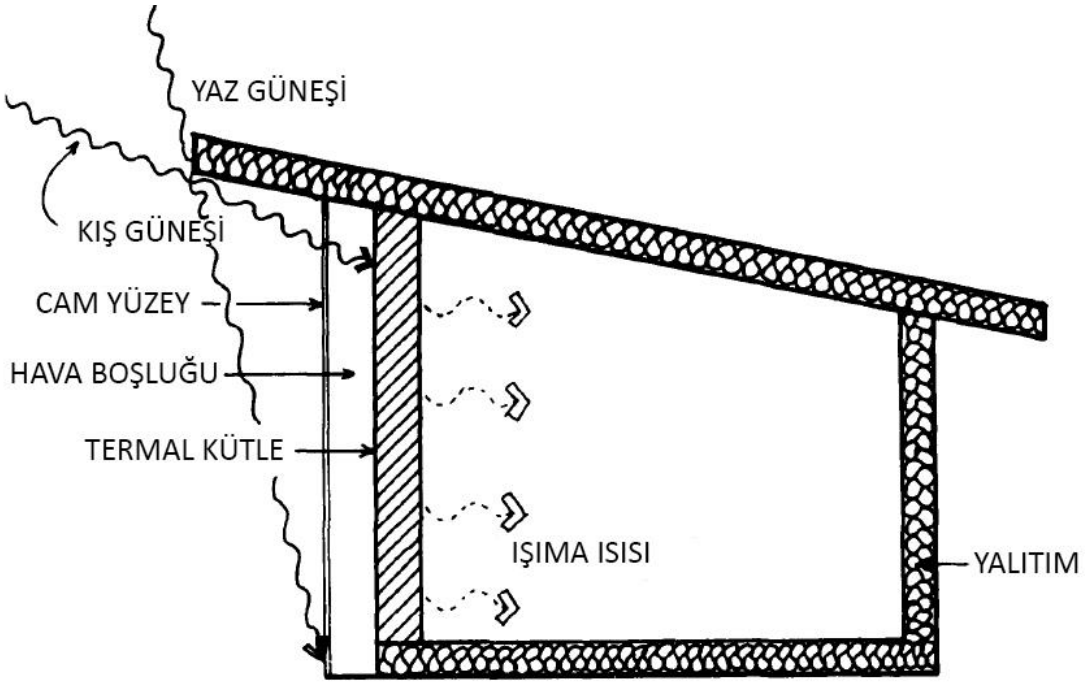


Resim 3.32. Wallasey okulu kesiti, Chedhire, UK (Boyle, 1998: 40)

Dolaylı kazanç sistemleri

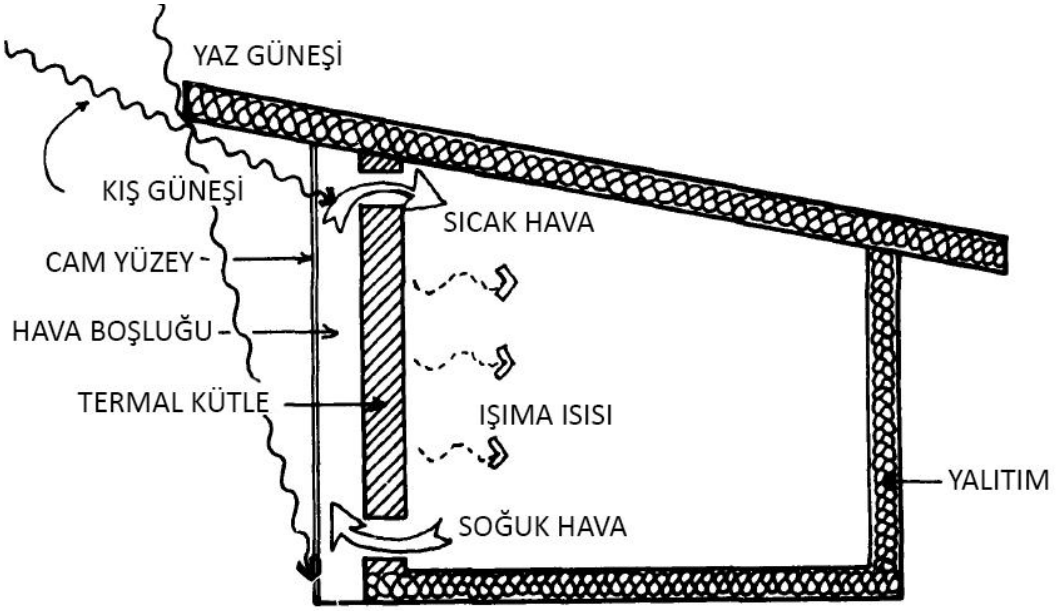
Dolaylı kazanç sistemlerinde, güneş ışınları yapı içine bir açıklıktan alınarak, termal bir kütlede depolanır (Findley, 2010: 83) ve bir ara bölgede ısıya dönüştürülür. Daha sonra ısı,

radyasyon, iletim veya konveksiyon yoluyla yavaş yavaş ve dolaylı olarak ısıtılacak alana bırakılır (Kreider, 1982: 80). Bu sistemlerde termal kütle cephede bir duvar ise sistem, termal depolama duvarı yani literatürde Trombe duvarı olarak adlandırılmaktadır. Trombe duvarı, adını, bu tekniği 1966 yılında Fransa'da geliştiren Profesör Felix Trombe'den almıştır. Bu pasif sistemde, termal kütle, güney cepheli camın hemen iç kısmında bir duvardan oluşur. Sera etkisi güneş ışınımını yakalar. Güneşe bakan duvarın yüzeyi ya seçici bir kaplama ile kaplanmış ya da koyu bir renkle boyanmış olduğundan, gün boyunca oldukça ısınır ve bu da ısının duvarın içine geçmesine neden olur. Trombe duvarı kalın ve zaman gecikmesi oldukça yüksek olduğu için termal kütlede tutulan ısı, akşam saatlerinde iç yüzeye ancak ulaşır. Yeterli miktarda termal kütle varsa, duvar bütün gece boyunca radyan ısıtıcı olarak görev yapabilir (Lechner, 2015: 175-176) (Resim 3.33).



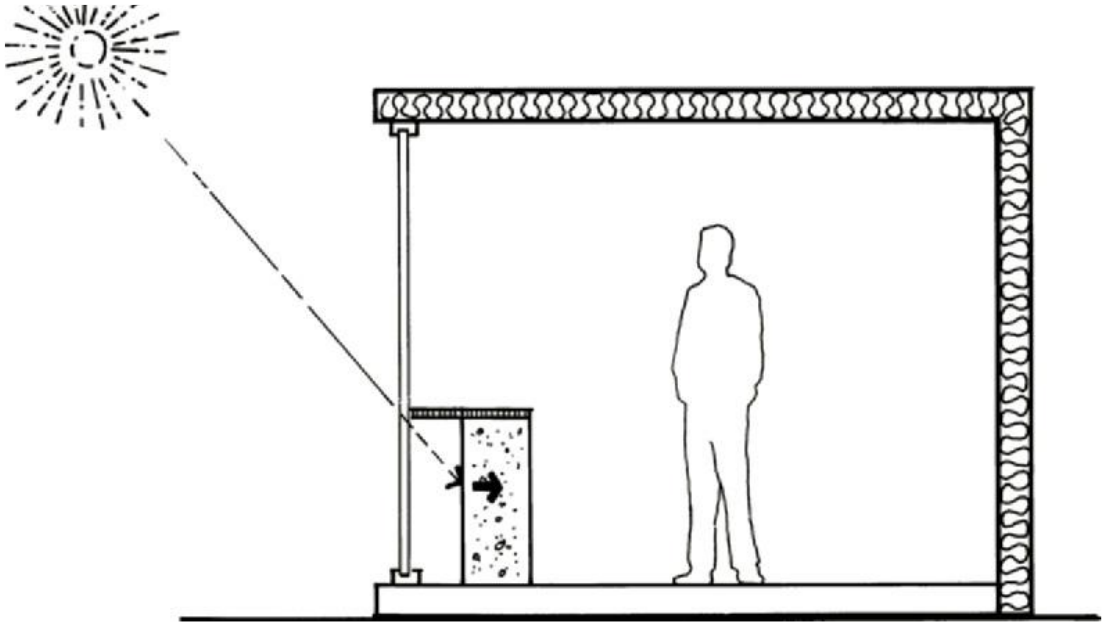
Resim 3.33. Termal depolama duvarı (Joncich, 1982: 19)

Duvar yüzeyine havalandırma boşlukları eklendiği durumda sadece gün içinde ve akşamın erken saatlerine kadar ısı, duvarın dış yüzeyinden doğal konveksiyonla dağıtılabilir (Joncich, 1982: 13) (Resim 3.34).



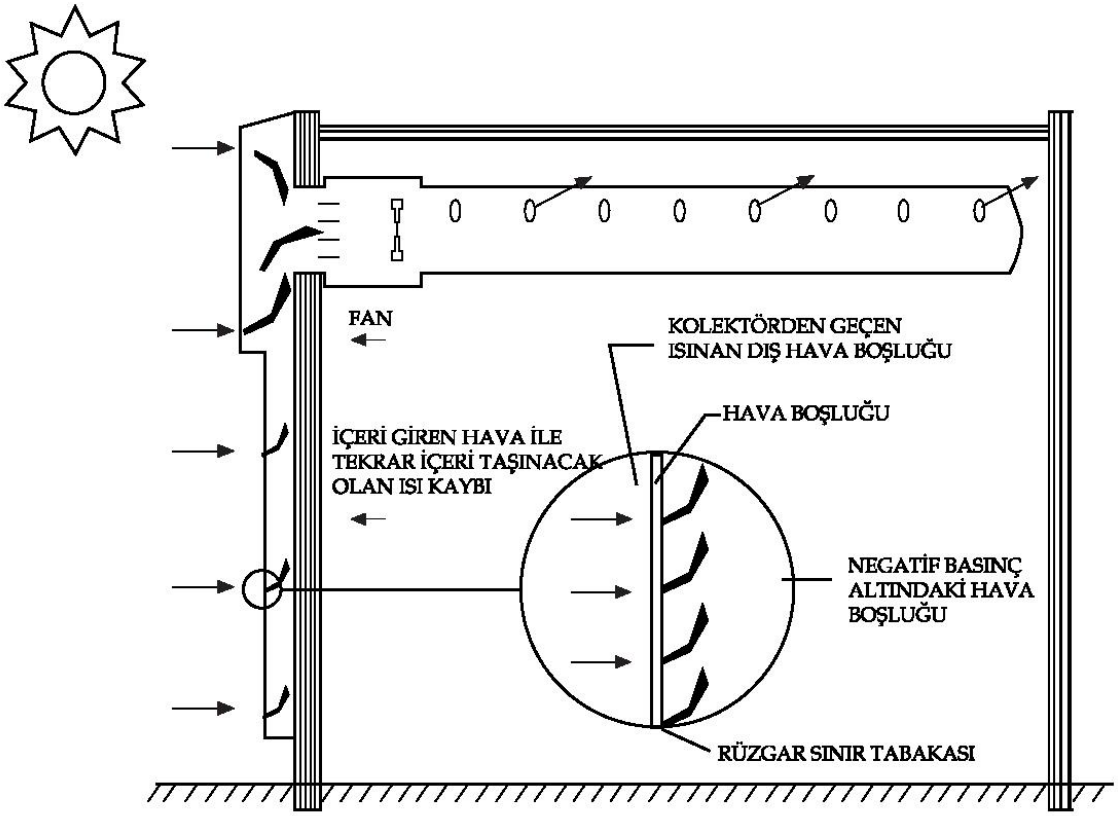
Resim 3.34. Havalandırma boşluklu Trombe duvarı (Joncich, 1982: 19)

Trombe duvarları ve doğrudan kazanç sisteminin bir arada kullanıldığı sistem genellikle en iyi tasarım çözümünü vermektedir. Birçok Trombe duvarı delikli pencerelerle dolu olmasına rağmen, bazıları bir parapet duvarı olarak inşa edilmektedir. Bu tarz bir düzenleme, sabah güneş ısısının toplanmasını artırabilir ve gündüz aydınlatması için doğrudan kazanım sağlayabilirken, öğleden sonra aşırı ısınmayı önleyebilir ve gece için depolama sağlayabilir (Resim 3.35) (Lechner, 2015: 176).



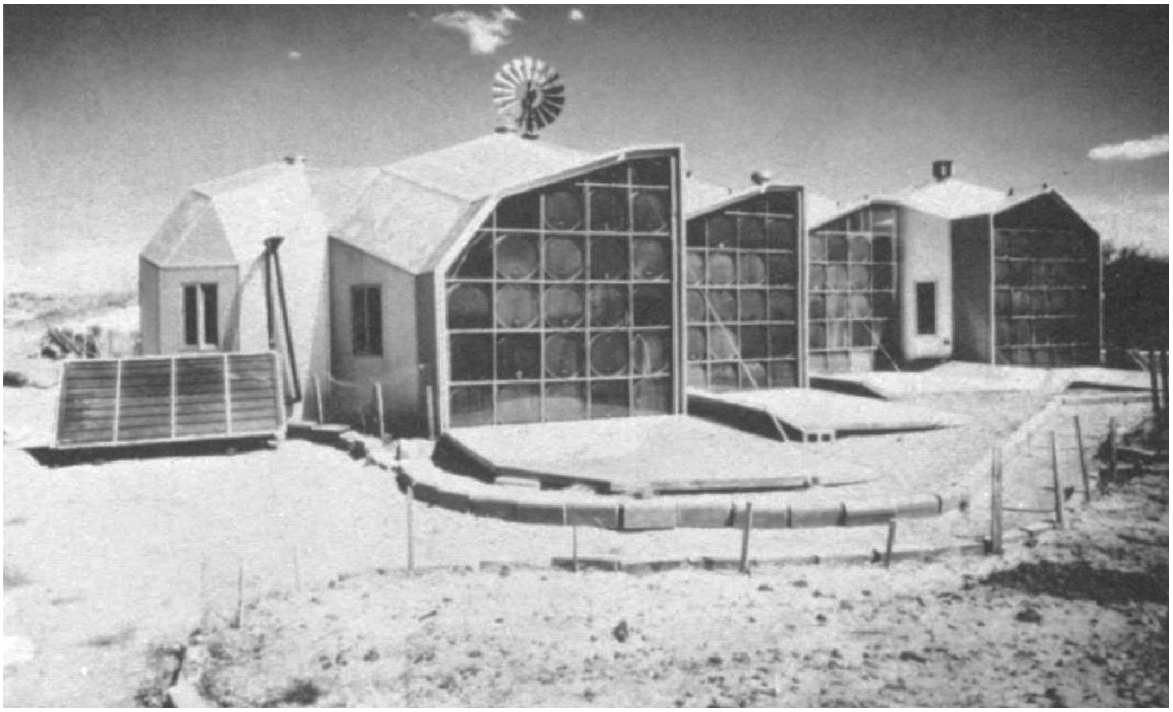
Resim 3.35. Yarım yükseklikte Trombe duvarı (Lechner, 2015: 176)

Güneye bakan yapı dış duvarı, saydam tabaka yerine delikli, koyu renkli alüminyum veya çelik gibi metal levhalarla kaplı ise sistem metal güneş duvarı olarak adlandırılır. Çalışma yöntemi Trombe duvarına benzeyen sistemin diğer sistemlerden farkı, havanın levhalardaki delikler yardımıyla içeri alınmasıdır. Duvar ile metal levha arasına giren hava ısınarak ve baca etkisiyle cephede yükselir. Bu sırada fanlarla yönlendirildiği kanallarla binanın değişik bölgelerine aktarılır (Erengezgin, 2001).



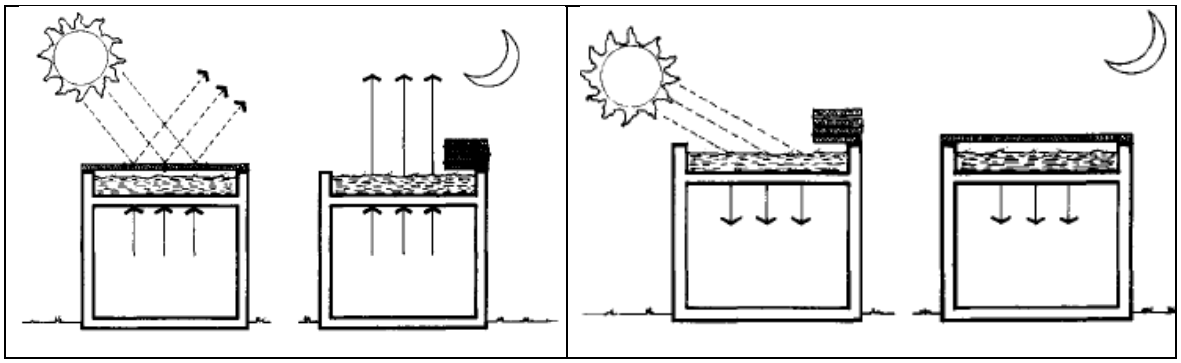
Resim 3.36. Metal güneş duvarı şematik gösterimi (Çakmanus ve Bilgin, 2005)

Termal kütle cephede bulunan, tüp şeklindeki kaplar veya bidonlar içerisinde yer alan su ise sistem su duvarı olarak adlandırılmaktadır. Dikey bağımsız silindirik tüpler veya termal depolama duvarında su barındıran bir eleman bu sistemde kullanılabilir. Termal kütle güneş tarafından ısıtılır ve su, ısıyı duvar boyunca yatay olarak taşır. Böylece duvar boyunca sıcaklık farkları az olacak şekilde ısı iletilir (Watson, 1979: 81, 82). Suyun yüksek ısı depolama kapasitesine sahip olması sistemi verimli kılmaktadır. Gece boyunca ısı kayıplarını minimuma indirmek için, cephede bulunan hareketli yalıtım elemanı kapatılmalıdır.

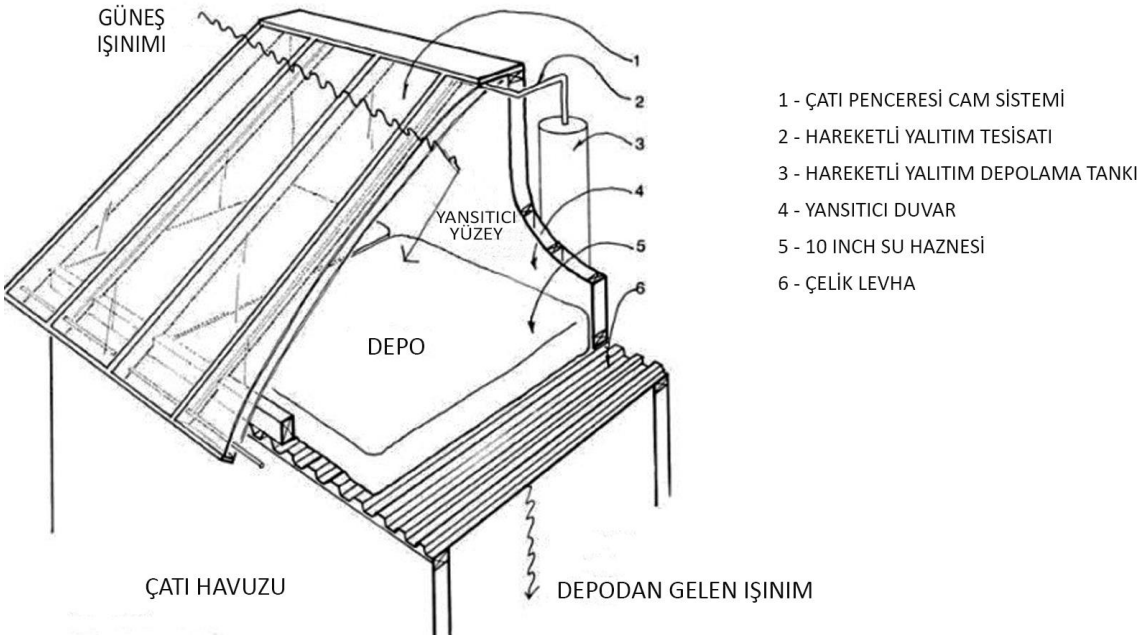


Resim 3.37. Su duvarı örneği, New Mexico (Littler ve Thomas, 1984: 142)

Termal kütle cephede değil de çatıda döşeme olarak yalıtımlı metal tavanların üzerine yerleştirilen bidon, kap benzeri elemanların içerisinde yer alan su ise, sistem çatı havuzu olarak adlandırılmaktadır. Termal depolama görevi gören su torbaları, üzerine gelen güneş enerjisini tutarak ısı kazanımı sağlamaktadır ve kontrol edilebilir hareketli yalıtım panelleri ile gerekli zamanlarda ısı kaybına karşı korunmaktadır (Dickinson, 1980: 30).

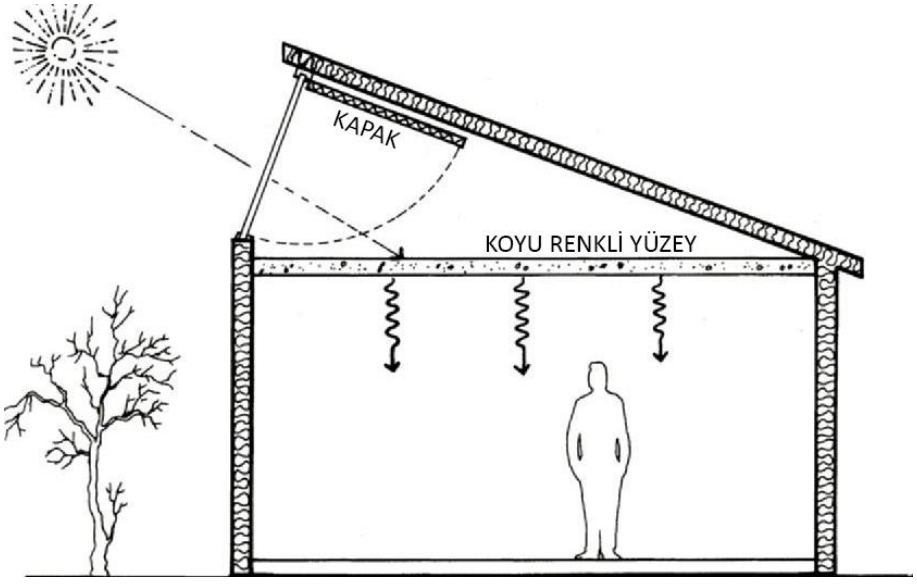


Resim 3.38. Çatı havuzu çalışma prensibi (Solda-yazın soğutma, sağda-kışın ısıtma) (Littler ve Thomas, 1984: 146)



Resim 3.39. Çatı havuzu sistemi şematik gösterimi (Dickinson, 1980: 32)

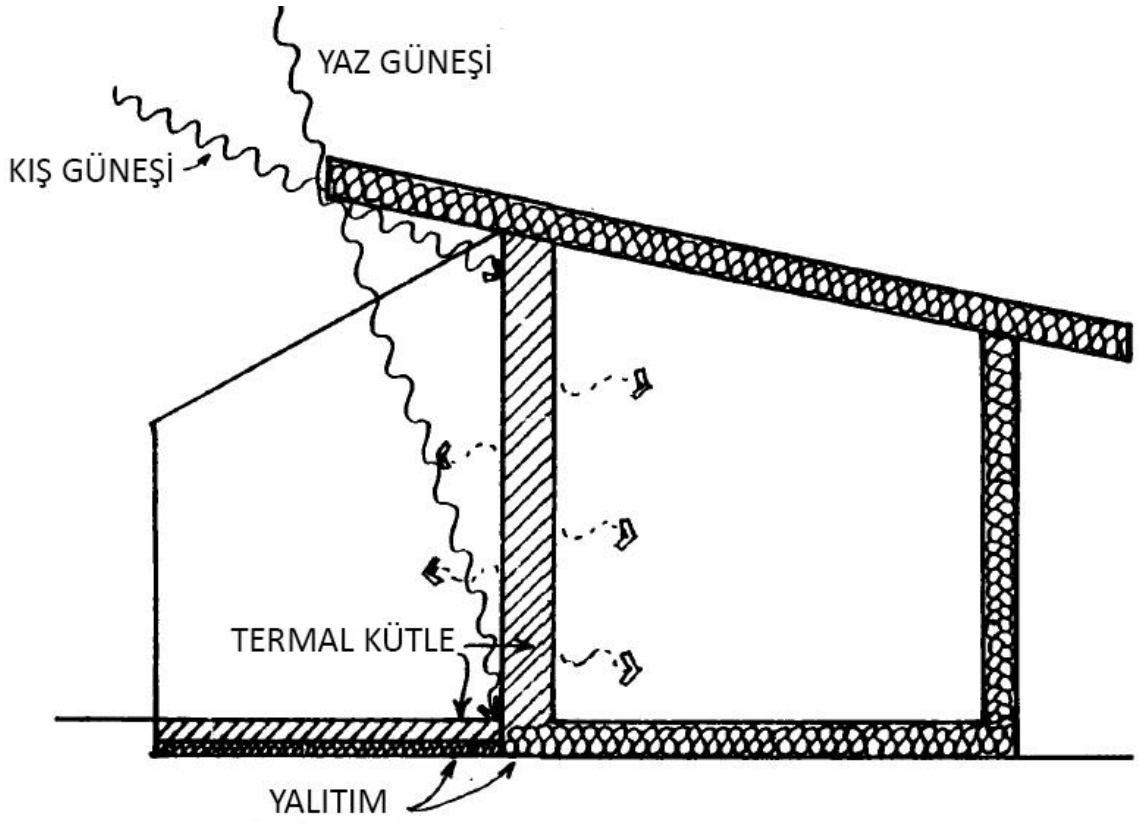
Çatı havuzlarındaki bazı zorlukların (yalıtım vb.) üstesinden gelmek için Baruch Givoni, çatı ışınım kapanı (roof radiation trap) sistemini geliştirdi. Tavandaki cam, kışın ısı kazancını en üst düzeye çıkarmak için uygun bir enlemde eğilir. Camdan geçtikten sonra, güneş ışınımı siyah boyalı beton tavan levhası tarafından emilir. Böylelikle bina, tavandan radyasyonla ısıtılır. Eğimli çatının yalıtımı iyi sağlanarak ve gece boyunca hareketli panjur kapatılarak camdan kaynaklanacak ısı kaybı azaltılabilir (Resim 3.40) (Lechner, 2015: 193).



Resim 3.40. Çatı ışınım kapanı sistemi şematik gösterimi (Lechner, 2015: 193)

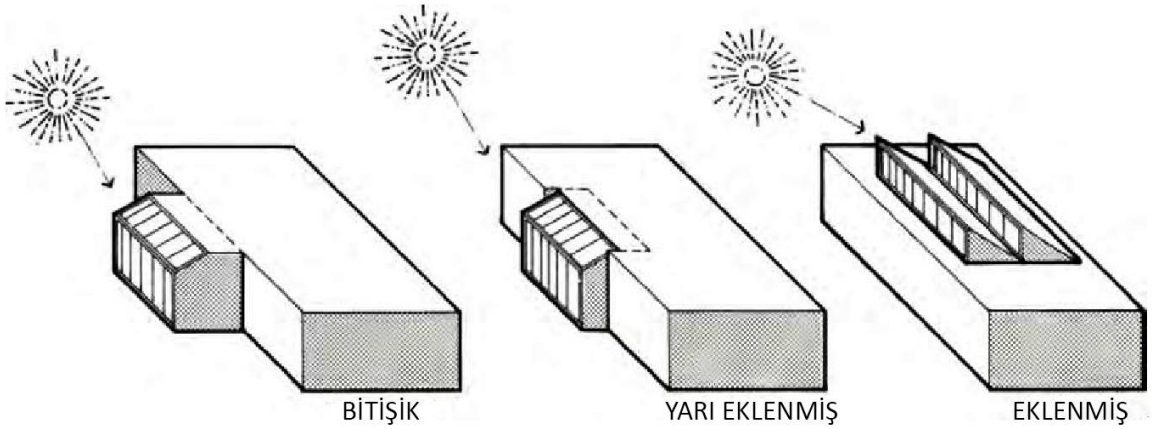
İzole kazanç sistemleri

İzole kazanç sistemleri, doğrudan kazanç ve termal depolama duvar sistemlerinin (dolaylı kazanç) bir kombinasyonudur. Bu sistemde, bina iki bölgeden oluşur: doğrudan güneş tarafından ısıtılan bir güneş alanı veya güneş odası ve dolaylı olarak ısıtılmış bir duvarla bağlı geriye kalan yaşam alanı. Bu duvarda depolanan ısı, güneş alanı ve bina tarafından paylaşılmaktadır. Bazı uygulamalarda, pencere ve kapılar bitişik odalara, gündüz güneş alanında oluşan sıcak havayı dağıtır. Bu sistemlerde camlı alandaki sıcaklık dalgalanmaları ve yaşam alanı ısısı duvar tarafından yönetilmektedir (Joncich, 1982: 14). Bu kavram, on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıllarda öne çıkan seralardan türemiştir (Lechner, 2015: 180).

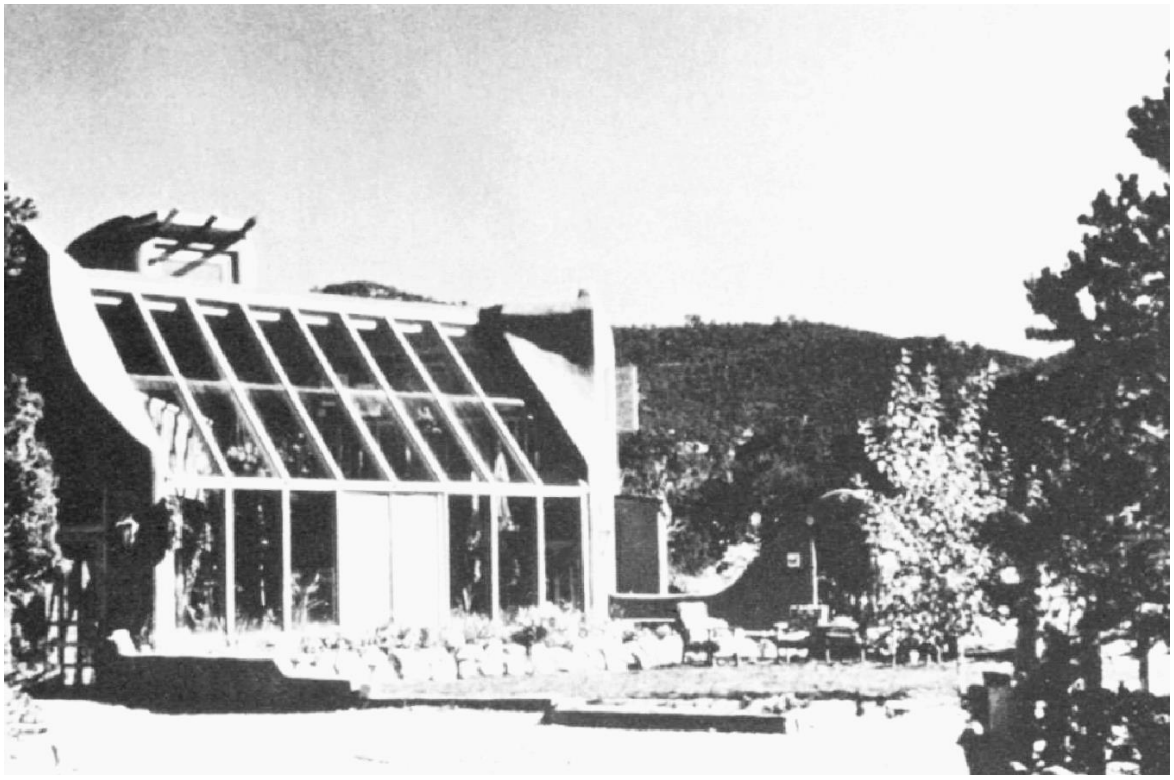


Resim 3.41. İzole kazanç sistemi şematik gösterimi (Joncich, 1982: 20)

Bir güneş alanı, belirli zamanlarda bir yaşam alanı olarak da kullanılabilen bir güneş kolektörüdür. Bu nedenle, bir güneş odası, binanın geri kalanından izole edilebilecek ayrı bir termal bölge olarak tasarlanmalıdır. Resim 3.42, bir güneş alanının ana binaya fiziksel olarak bağlanma biçimini göstermektedir (Lechner, 2015: 180).

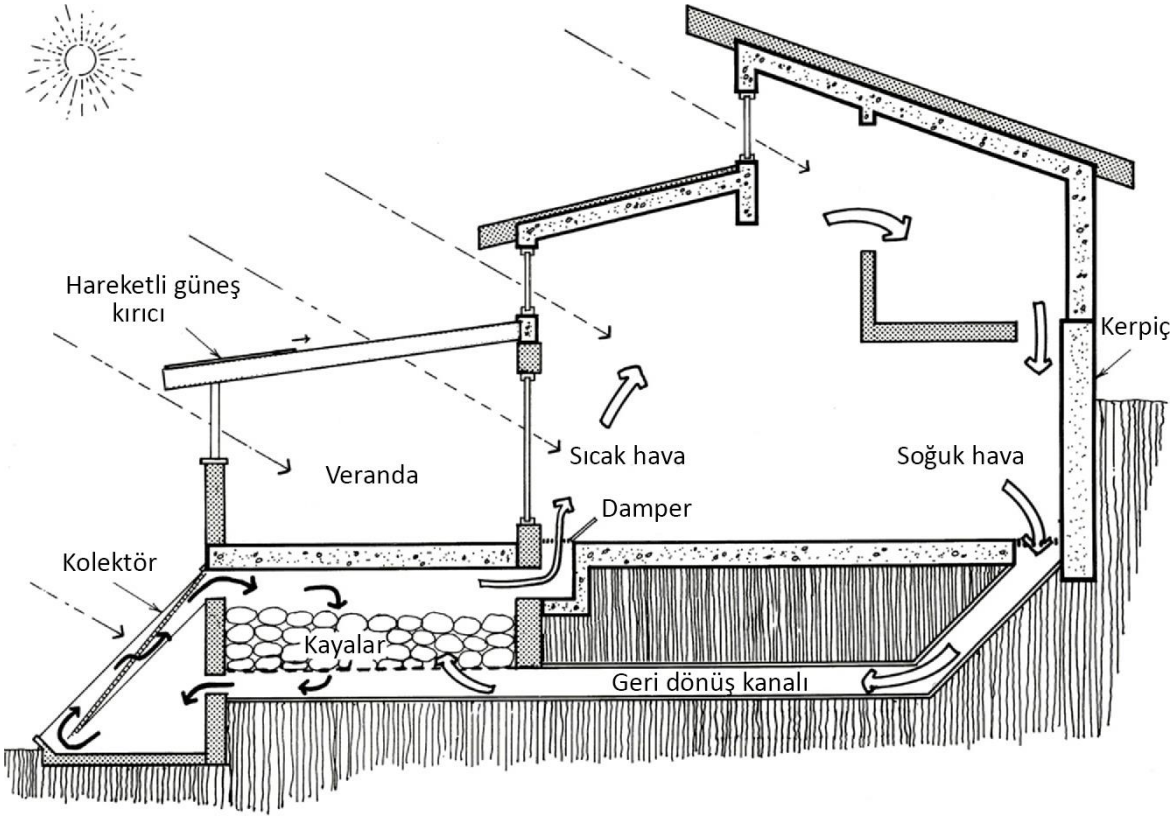


Resim 3.42. Güneş alanı ile ana binanın olası ilişkileri (Lechner, 2015: 180)



Resim 3.43. Binaya bitişik güneş alanı örneği, First Village, New Mexico, US (tasarlayanlar Susan ve Wayne Nichols) (Littler ve Thomas, 1984: 134)

Pasif sistemler (izole edilmiş kazanç sistemi) ile aktif sistemlerin (kolektör) hibrit birleşimi olarak ele alınabilecek olan bir diğer sistem konvektif döngü sistemi diğer adıyla termosifon sistemlerdir. Bu sistemde ısı toplama ve depolama alanı, yapının diğer bölümlerinden bağımsız olarak konumlandırılır. Isı depolama malzemesi olarak çakıl taşları veya kaya bloklarından yararlanılmaktadır (Lechner, 2015: 191).



Resim 3.44. Termosifon sistem örneği, Davis House, Corrales, New Mexico (tasarlayan Steve Baer) (Lechner, 2015: 192)

Sistemin çalışma prensibinde öncelikle güneş kolektöründen geçen güneş ışınları, depolama alanına yükselen sıcak bir akışkan (hava veya su) üretir. Bu arada, ısınan akışkan doğal taşınım yoluyla toplayıcıya aktarılır. Doğal konveksiyon ile gerçekleşen hava veya suyun bu hareketi termosifon olarak adlandırılır. Geceleri, depolama kabının toplayıcıdan daha yüksek olmaması durumunda, konveksiyon akımları tersine dönecektir. Bu sistemin temel noktası, termal depoyu toplayıcıdan daha yüksek bir yüksekliğe yerleştirmektir (Lechner, 2015: 191).

4. BİÇİM–YÖN–İKLİM BAKIMINDAN ENERJİ PERFORMANSI ANALİZİ

Bina formu ısıtma-soğutma enerjileri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Taban alanları ve hacimleri aynı ancak farklı dış cephe alanlarına sahip birden fazla bina formu belirlemek olanaklıdır. Farklı bina formlarının dış cephe alanları da farklı olacağından bu binaların yüzeylerinde gerçekleşecek olan ısı geçişleri de farklı olacaktır. Bu anlamda aynı hacmi çevreleyen farklı bina formlarının değerlendirilmesiyle, minimum ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisini gerçekleştiren bina formunu belirlemek olanaklıdır (Yılmaz ve diğerleri, 2000; Koçlar Oral ve Yılmaz, 2003; Manioğlu, 2011). Yapılarda tüketilen enerjinin büyük bir çoğunluğu ısıtma amaçlı kullanıldığından, iklim bölgeleri özelinde optimum bina formu analizlerinin yapılmasıyla, güneşten maksimum enerji kazancını sağlayan formların belirlenerek yapılarda tüketilen ısıtma yükünün azaltılması da olanaklıdır.

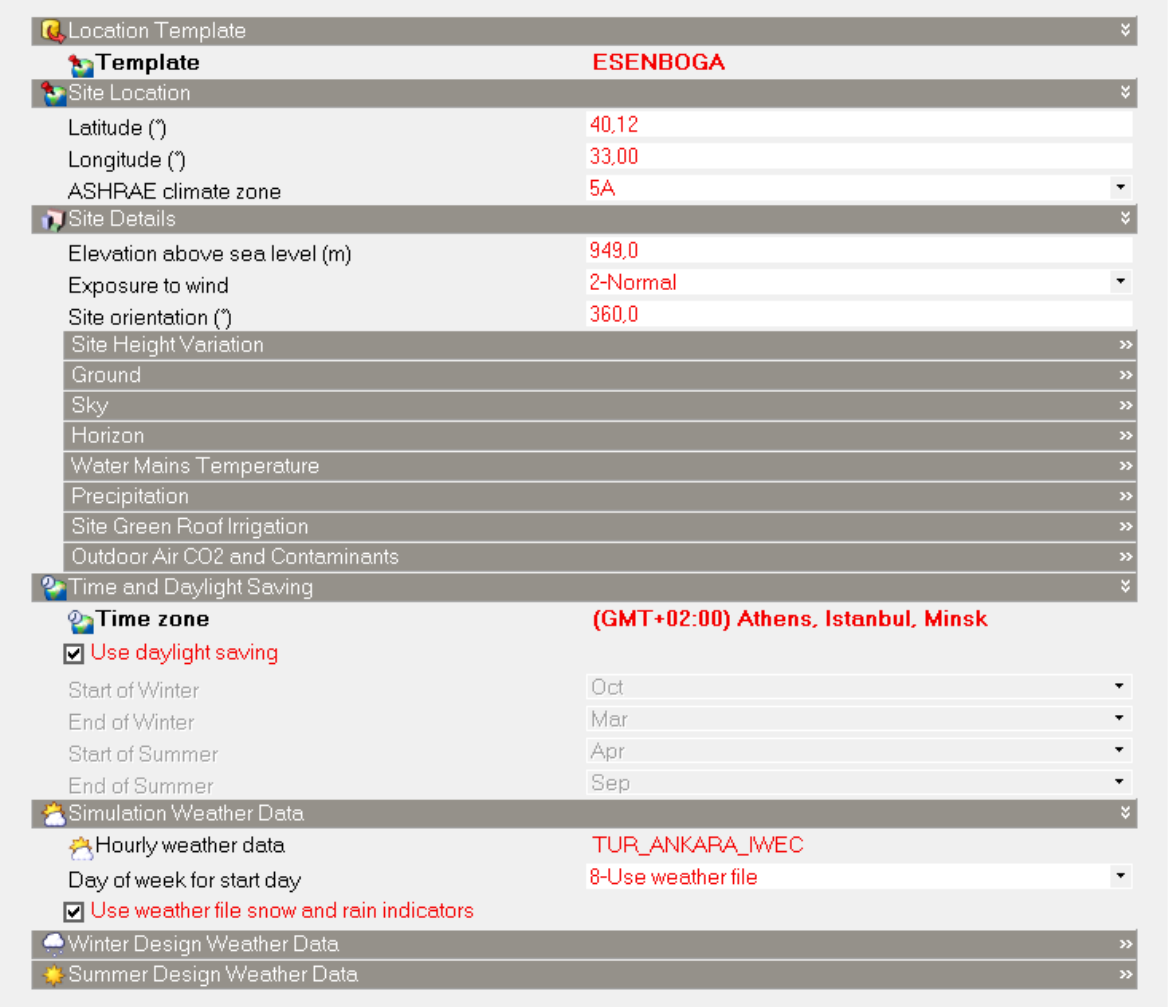
Bu bağlamda tez çalışması kapsamında, biçimlendirme yaklaşımlarıyla tasarlanmış asal geometrik formlar ve bu formların ara varyasyon geometrik bina tipolojilerinin, bu tipolojilerin yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle (kuzey yarım küre için güneye yönlenme) türetilmiş organik form tiplerinin ve son olarak oluşturulan organik formların güneşten enerji kazancını artırmak amacıyla güney cephelerinin düşeyde 26,7° (Ankara için kış aylarında güneşin geliş açısı) açıyla eğilerek deforme edilmiş tiplerinin enerji performanslarının değerlendirilmesi ile iklim bölgesi özelinde bina biçimlerinin enerji etkinliklerinin ve güneş enerjisi kazancı bağlamında optimum bina biçimlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Yukarıda belirtilen amaç doğrultusunda yapılan alan çalışmasında öncelikle 30 farklı mimari form modeli oluşturulmuştur. Daha sonra belirlenen her bir form modeli için soğuk dönem güneş enerjisi kazanım analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler tablolar halinde sunularak kazançların birim m² cinsinden karşılaştırmaları yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında güneşle ilişki bağlamında yapılı çevre parametrelerinden bina formu girdisi ele alındığından, fonksiyon tanımı yapılmamıştır. Çünkü yapılan çalışmada amaç, yapı türü fark etmeksizin hastane, okul, ofis, konut vb. her tip yapı grubunda uygulanabilecek, güneş kazanımı bağlamında ön tasarımda karar verisi olarak kullanılabilecek optimum formların belirlenmesidir.

4.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi

Çalışmanın amaçlarından olan güneşten maksimum enerji kazancı sağlayan formların belirlenmesiyle ısıtma yükünün azaltılması bağlamında, kış dönemi soğuk geçen ve ısıtma yükünün fazla olduğu ılıman kuru iklime sahip Ankara ili, alan çalışmasının yapılacağı konum olarak belirlenmiştir.

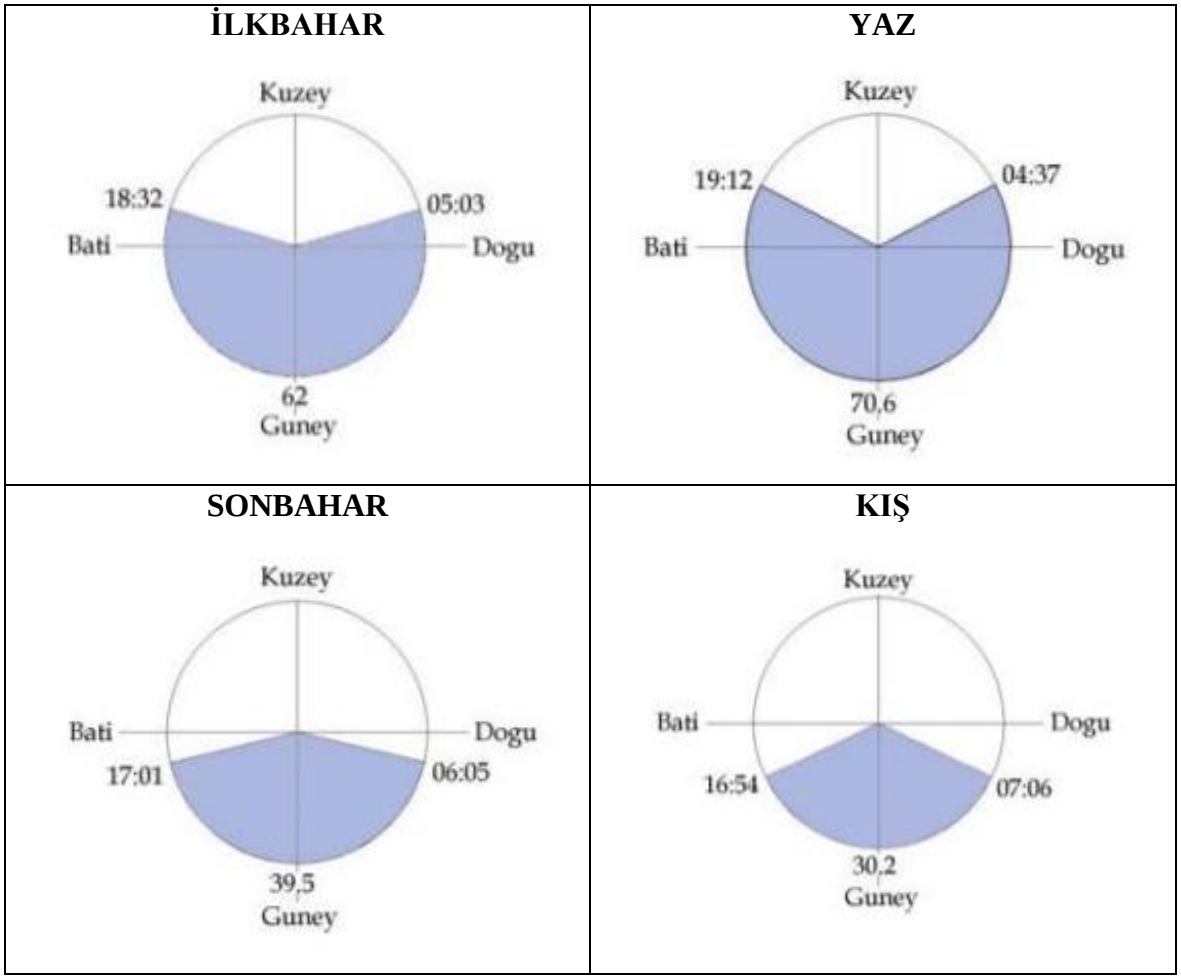


Resim 4.1. Ankara ili konum ve iklim verilerinin programda seçilmesi

4.1.1. Alana ilişkin güneş verileri

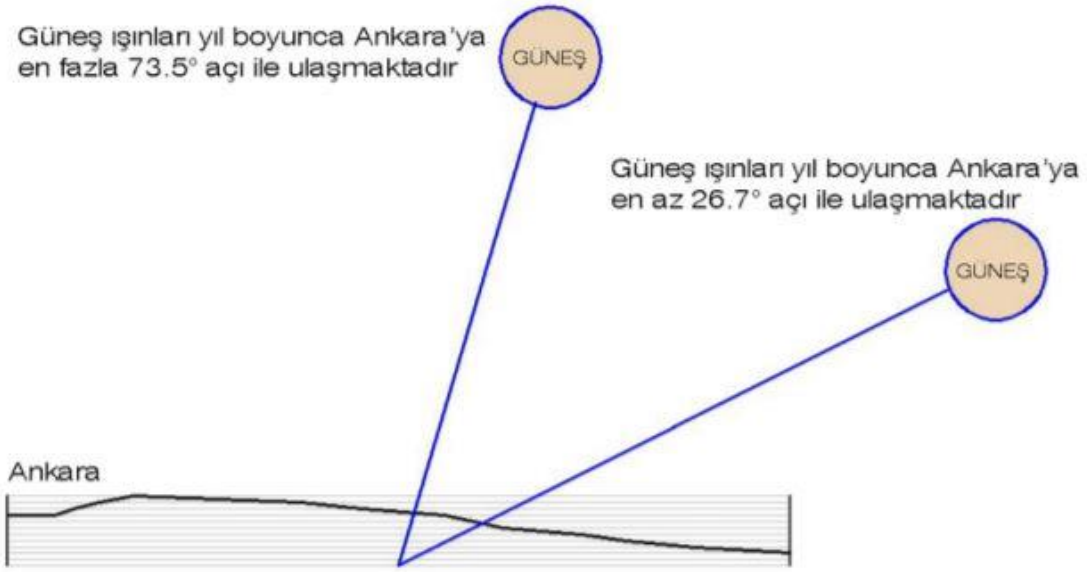
Alan çalışmasının yapılacağı Ankara ili, İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatısında, 39° ve 57' kuzey enlemi ve 32° ve 53' doğu boylamı arasında bulunmaktadır (URL-12).

Yapılan bir çalışmada, kış mevsimi için 21 Ocak, ilkbahar için 21 Nisan, yaz için 21 Temmuz ve sonbahar mevsimi için 21 Ekim tarihleri kaynak veri olarak alınarak yıl boyunca güneşin Ankara için konumları belirlenmiştir (Resim 4.2). Hesaplamalarda güneşin Ankara'ya geliş açısı hesaplanırken, güneşin kente göre en dik olduğu konumdaki değeri dikkate alınmıştır (Yılmaz ve Memlük, 2008).



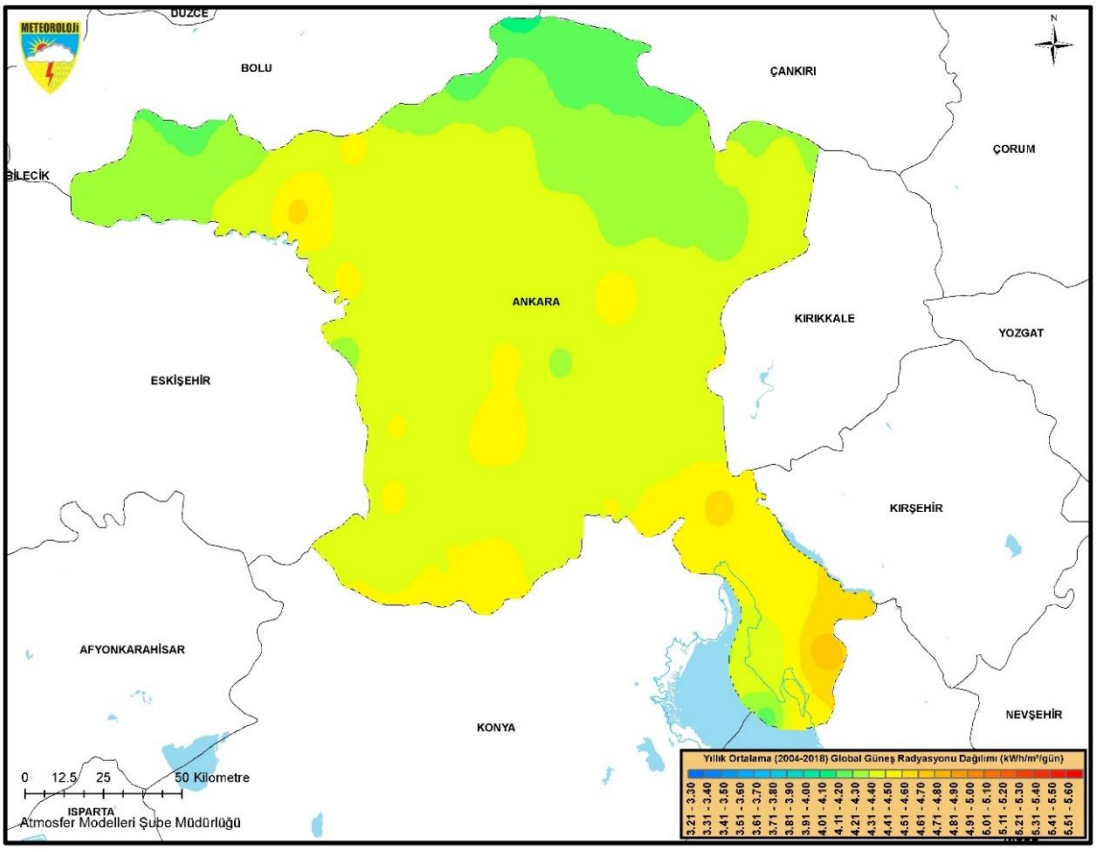
Resim 4.2. Ankara ili için 4 mevsim güneşin konumu (Yılmaz ve Memlük, 2008)

Güneş ışınları Ankara iline (39 ve 57' kuzey enlemi, 32 ve 53' doğu boylamı), kış mevsiminde 26,7° (en düşük), yaz mevsiminde 73,5° (en dik), ilkbaharda 61,9° ve sonbaharda ise 39,5° açı ile gelmektedir (Yılmaz ve Memlük, 2008).

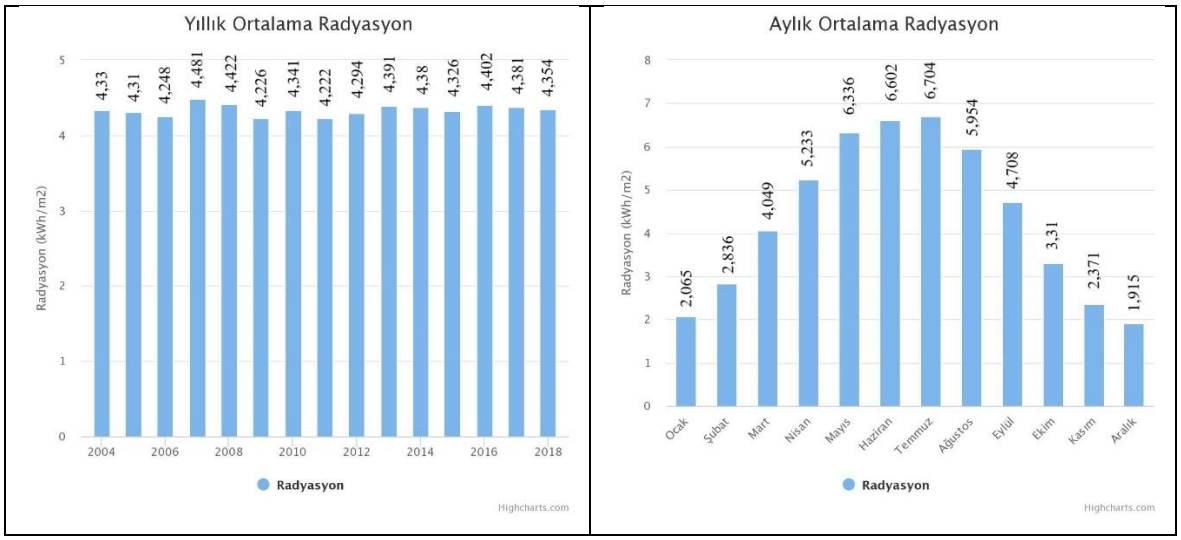


Resim 4.3. Güneşin Ankara ili ile yaptığı en az ve en çok açılar (Yılmaz ve Memlük, 2008)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün sayfasından ulaşılan Ankara iline ait güneş radyasyon verileri Harita 4.1 ve Şekil 4.1'de görülmektedir.



Harita 4.1. Ankara ili güneş radyasyon dağılımı (URL-13)



Şekil 4.1. Ankara ili 2004-2018 yılları ortalama güneş radyasyonu (soldaki görsel) ve aylık ortalama güneş radyasyonu (sağdaki görsel) değerleri (URL-13)

4.2. Bina Formlarına İlişkin Verilerin Belirlenmesi

Çalışmada form parametresi, geometrik ve organik mimari formlar olmak üzere iki grupta ele alınmıştır. Bu kapsamda değerlendirilen geometrik formlar; kare, üçgen ve daire plan tiplerinden oluşan asal geometrik formlar ve bunların türetilmiş ara varyasyon tiplerinden oluşan formlardır. Organik formların oluşumunda ise ekolojik etmenlerden olan çevrenin iklimsel özellikleri ve iklimsel öğelerden olan güneşten ısıtma enerjisi giderlerinin azaltılması amacıyla maksimum şekilde yararlanmak etkin rol oynamıştır. Bu bağlamda geometrik formların, güneşten yararlanmada en iyi yön olan güney cepheye (kuzey yarımküre için) bakan yüzeylerinin büyütülerek kazancın artırılması amacıyla, formların güney cephelerinin, güneşin doğu-batı aksındaki hareket eksenini takip edecek şekilde yatay düzlemde eğilmesiyle organik formlar oluşturulmuştur. Sonrasında, güneşten yararlanma süresinin de artırılarak kazancın maksimuma çıkarılması amacıyla bu formların güneye bakan cephe yüzeylerinin, güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmesiyle deforme organik formlar oluşturulmuştur.

Form modelleri oluşturulurken tüm formlar eşit hacimli olarak belirlenmiştir. Taban alanları yaklaşık 900 (±5) m² ve yükseklikleri 15 m olacak şekilde formlar oluşturulmuştur. Taban alanı m²'si belirlenirken, organik form modellerinin güneye bakan yüzeylerinin düşeyde 26,7° açıyla eğildiğinde yani güneye bakan yüzeylerinin üst sınırının plan düzleminde 7,5 m geriye çekildiğinde, formun kullanımı açısından gerekli olabilecek (minimum dar kenar 3,5

m olacak şekilde) plan ölçüleri etkili olmuştur. Form yükseklikleri ise 5 kat yapı yüksekliği olacak şekilde (15 m) belirlenmiştir.

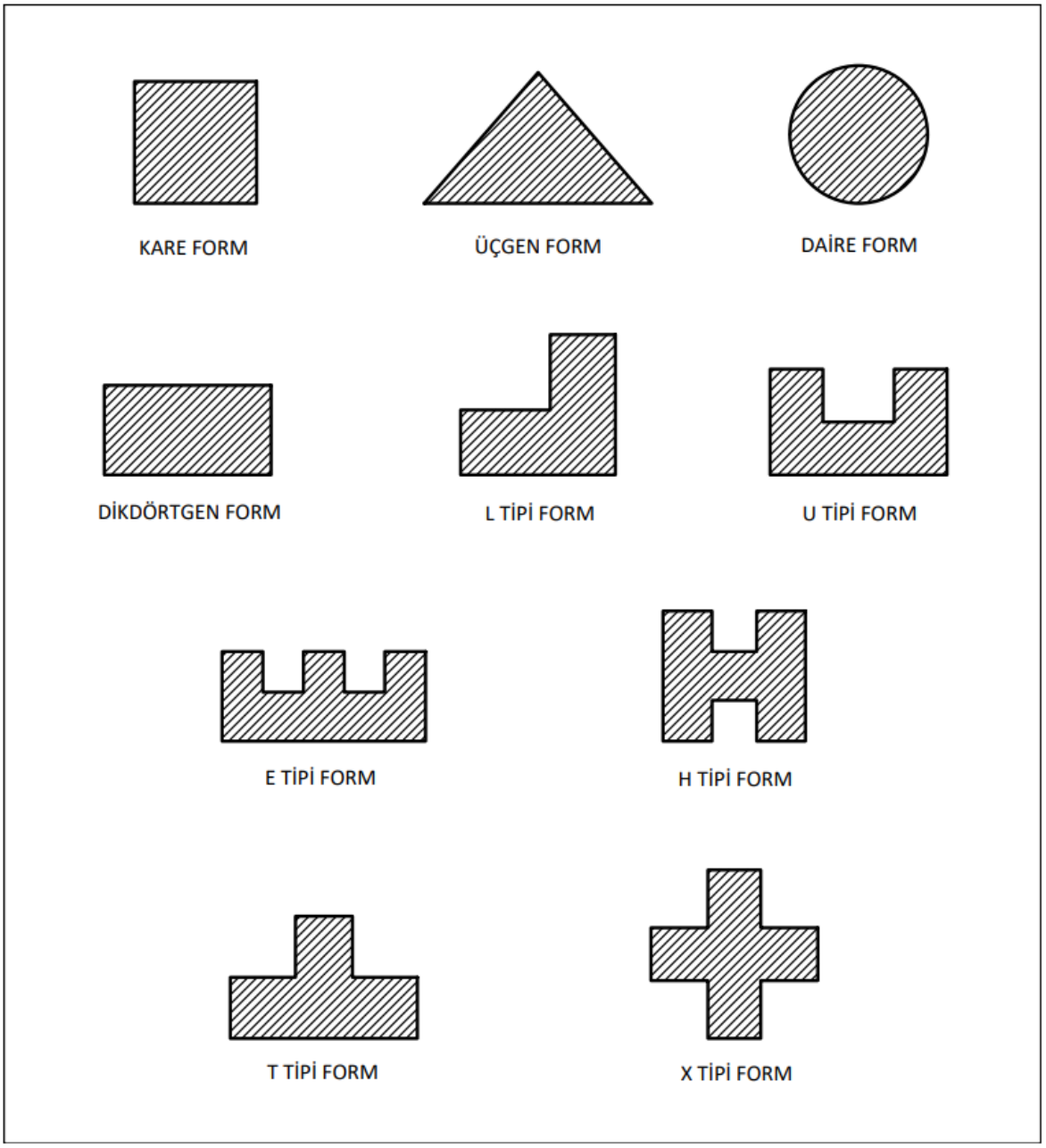
Çalışma kapsamında ele alınan formlar, geometrik, organik ve deforme organik formlar olarak adlandırılmıştır.

Geometrik formlar, asal ve ara varyasyon geometrik formlar (kare, üçgen, daire, dikdörtgen, L tipi, U tipi, E tipi, H tipi, T tipi ve X tipi) olmak üzere 10 farklı tip olarak belirlenmiştir.

Organik formlar olarak adlandırılan formlar, geometrik formların güneşten enerji kazancını artırmak amacıyla formların güneye yönlenen cephe alanını (kuzey yarım küre için) genişletmek üzere güneşin doğu-batı yönündeki hareket eksenini takip edecek şekilde yatayda eğilerek deforme edilmesiyle oluşturulmuştur. Yani eğrisel yüzeyler barındırmaktadır. Geometrik formlardan türetilen 10 farklı tip olarak belirlenmiştir.

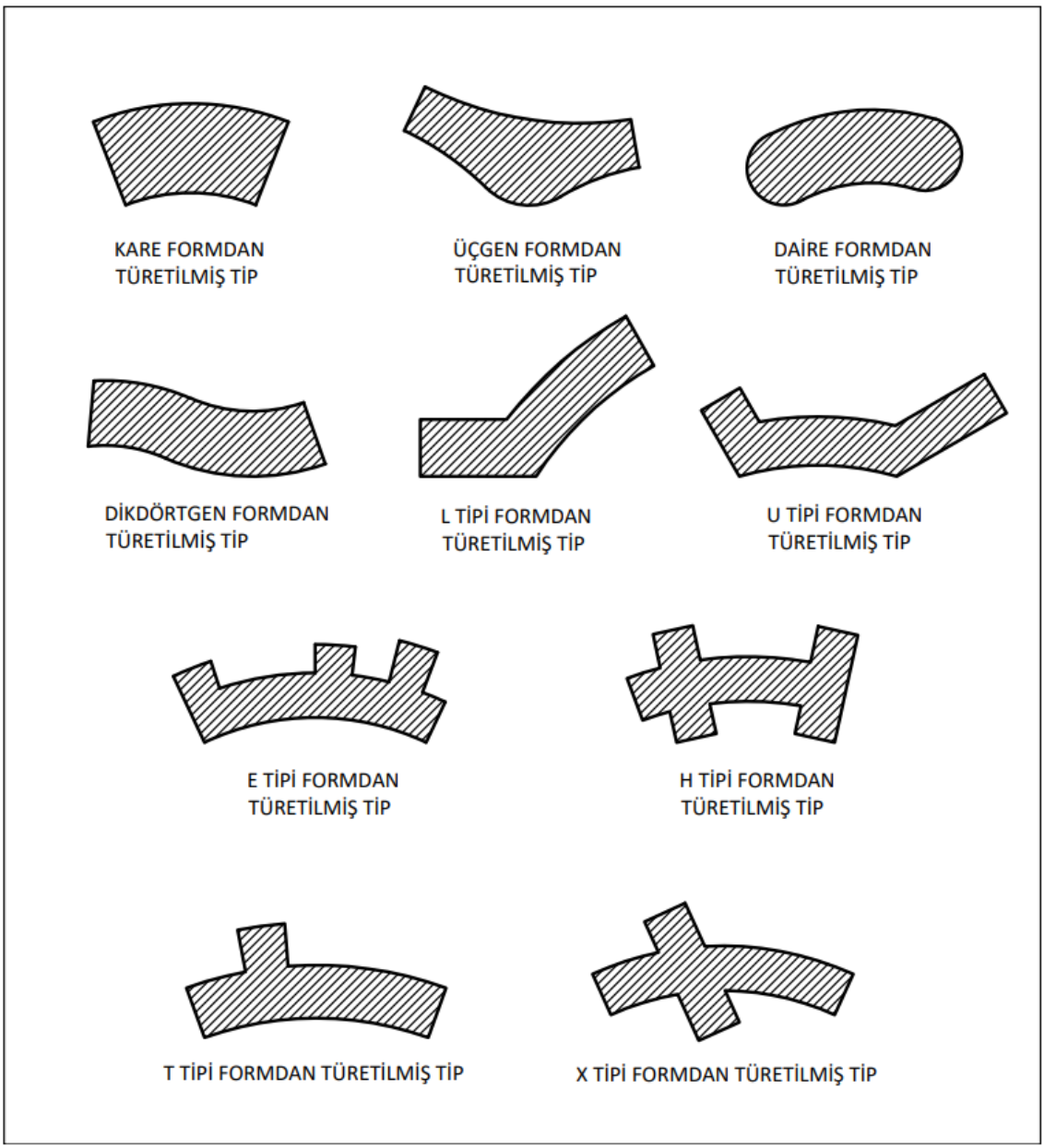
Deforme organik formlar ise, formların güneşten yararlanma süresinin de artırılarak kazancın maksimuma çıkarılması amacıyla organik formların güneye bakan yüzeylerinin, Ankara iline kışın güneşin geliş açısı olan 26,7° açıyla düşeyde eğilerek deforme edilmesiyle oluşturulmuştur. Organik formlardan deforme edilerek oluşturulan 10 farklı tip olarak belirlenmiştir.

Alan çalışması kapsamında, ilk aşama olarak asal geometrik formlar ve ara varyasyon formlar, taban alanları eşit olacak şekilde (900±5 m²) ve eşit hacimli olmak üzere (form yüksekliği 15 m) modellenmiştir (Resim 4.4).



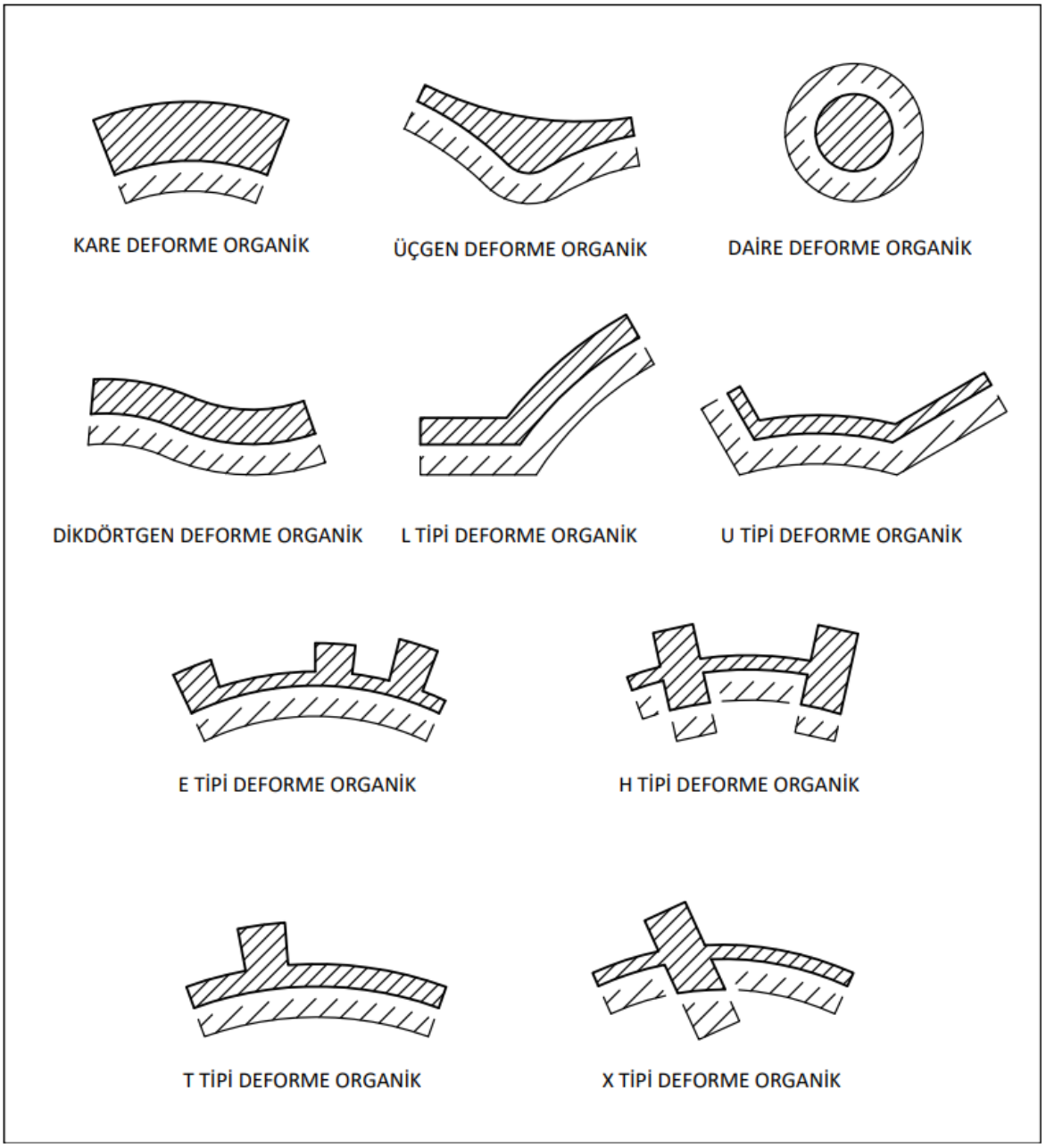
Resim 4.4. Analiz edilmek üzere belirlenmiş geometrik formlar

Ardından bu formların, güney güneşini alan yüzey alanının büyütülmesi amacıyla (kuzey yarım küre için güneye yönlenme) güneşin hareket eksenini takip edecek şekilde yatayda eğilmesiyle organik formlar türetilmiştir. Yine bu formlar da taban alanları ve hacimleri eşit olacak şekilde (900±5 m² ve 15 m yüksekliğinde) modellenmiştir (Resim 4.5).



Resim 4.5. Analiz edilmek üzere belirlenmiş organik formlar

Form modellemelerinde son olarak, oluşturulan organik formların, güneşten elde edilen enerji kazancını artırmak amacıyla güney cephelerinin düşeyde 26,7° (Ankara için kış aylarında güneşin geliş açısı) açıyla eğilmesiyle deforme edilmiş organik formlar oluşturulmuştur (Resim 4.6).



Resim 4.6. Analiz edilmek üzere belirlenmiş deforme organik formlar

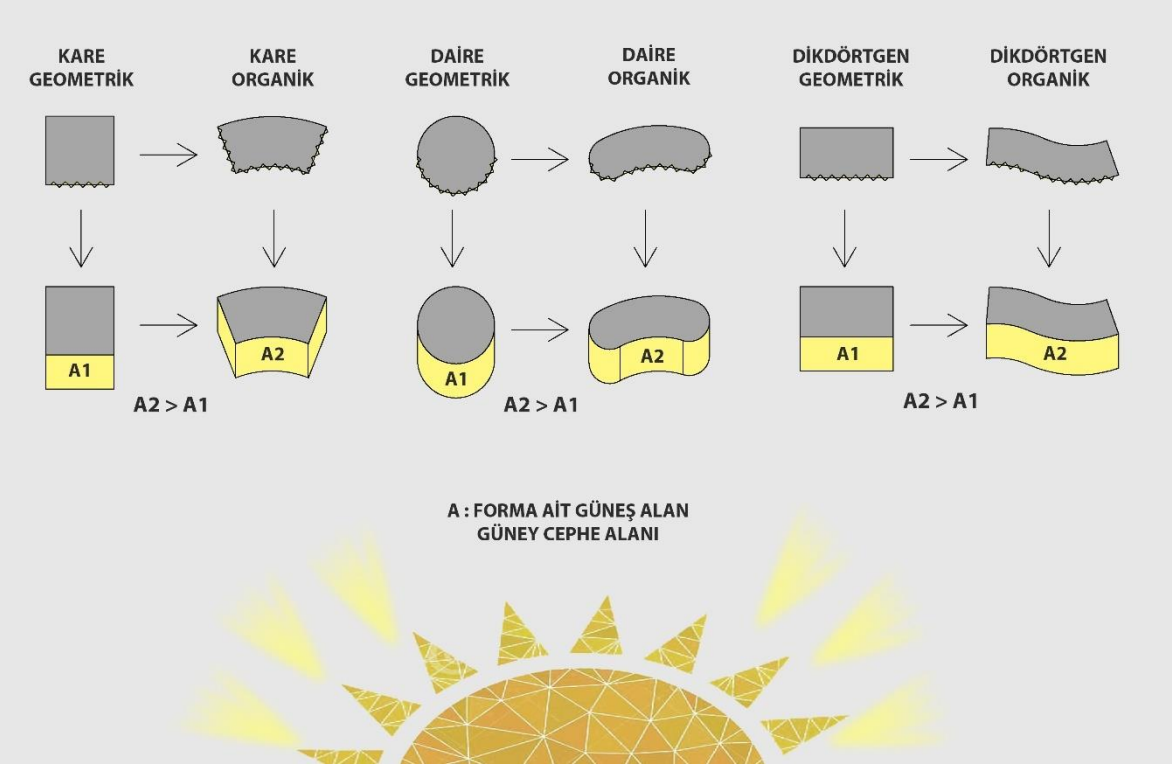
Modernist tipolojilerde güneş ışığı çoğunlukla doğal aydınlatma amaçlı olduğu için binaların şeffaf yüzeyleri (pencereler, giydirme cepheler) ve bunların doğal aydınlatma hesapları önemli olmaktadır.

Ancak günümüzdeki enerji etkin bina tasarımında ise doğal aydınlatma dışında bina kabuğunun tüm sağır yüzeyleri de enerji kazancı sağlanabilecek alanlar olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle şeffaf ve sağır tüm bina kabuğunun tamamından elde edilen maksimum düzeyde güneş enerjisi kazancı tasarımda ilk kriter olarak ele alınmaktadır.

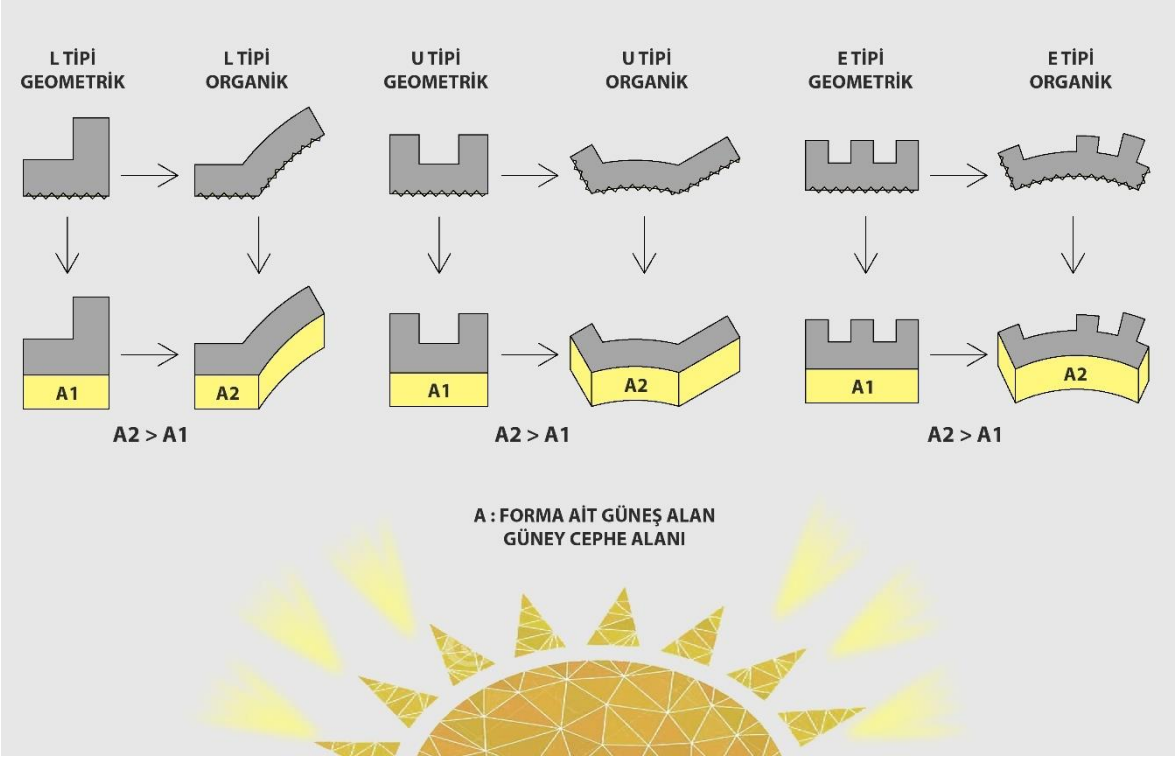
Genel olarak tez çalışması kapsamında, bina morfolojisi ve güneş ilişkisi bağlamında farklı form tiplerinin ve deforme varyasyonlarının güneş kaynağından sağladığı enerji miktarlarının birim m² cinsinden kıyaslanmasıyla güneşten maksimum kazanç sağlayan optimum formların belirlenmesi amaçlandığından, analiz çalışmasının yapıldığı tüm formlar açıklıksız salt kütleler olarak ele alınmıştır.

4.2.1. Bina morfolojisi bağlamında mimari form sınıflamalarının oluşturulması

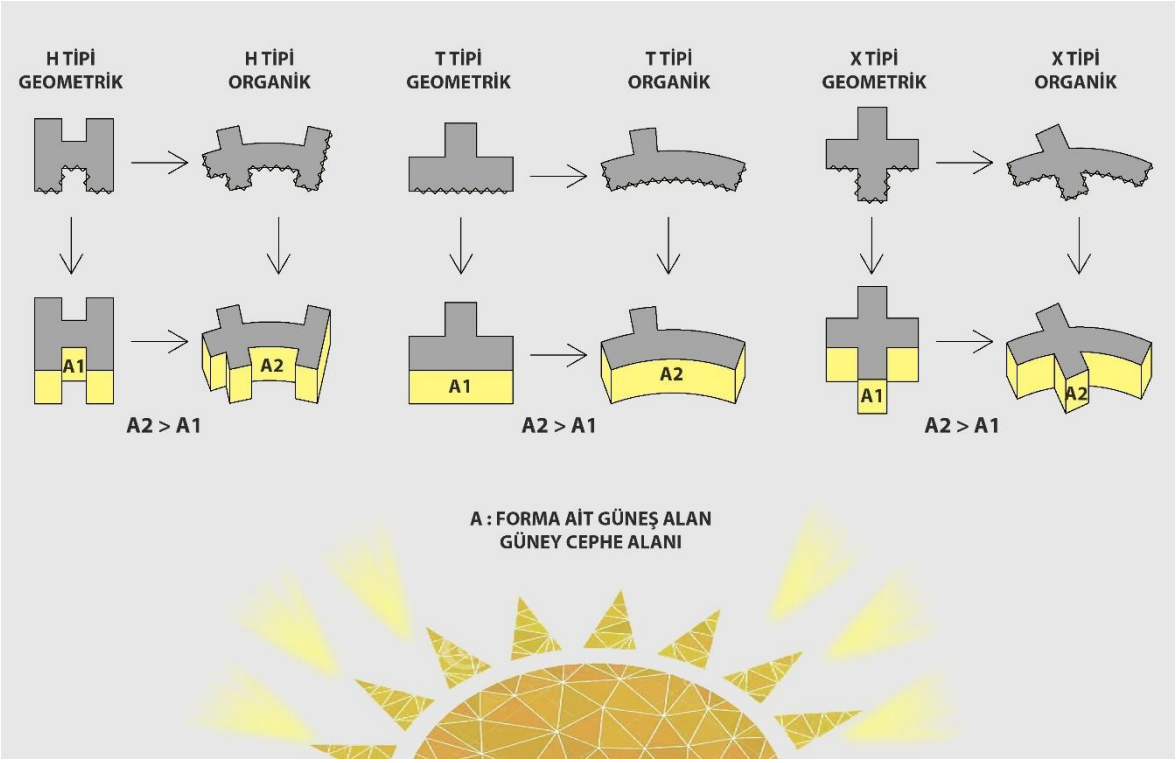
Tez çalışması kapsamında mimari form sınıflamaları oluşturulurken, form parametresi geometrik ve organik mimari formlar olmak üzere iki grupta ele alınmıştır. Öncelikle asal geometrik formlar ve bunların türetilmiş ara varyasyon geometrik tipleri belirlenmiştir. Organik formların oluşumunda ise güneşten, ısıtma enerjisi giderlerinin azaltılması amacıyla maksimum şekilde yararlanmak etkin rol oynamıştır. Bu bağlamda organik formlar, geometrik formların güneyden gelen güneşi alan cephe alanlarını büyütmek amacıyla, güneşin doğu-batı yönündeki hareket eksenini yatayda takip edecek şekilde deforme edilerek oluşturulmuştur ve eğrisel yüzeyler içermektedir. Deforme organik formlar ise, güneşin geliş açısını düşeyde takip eden eğrisel yüzeyleri olan formlardır.



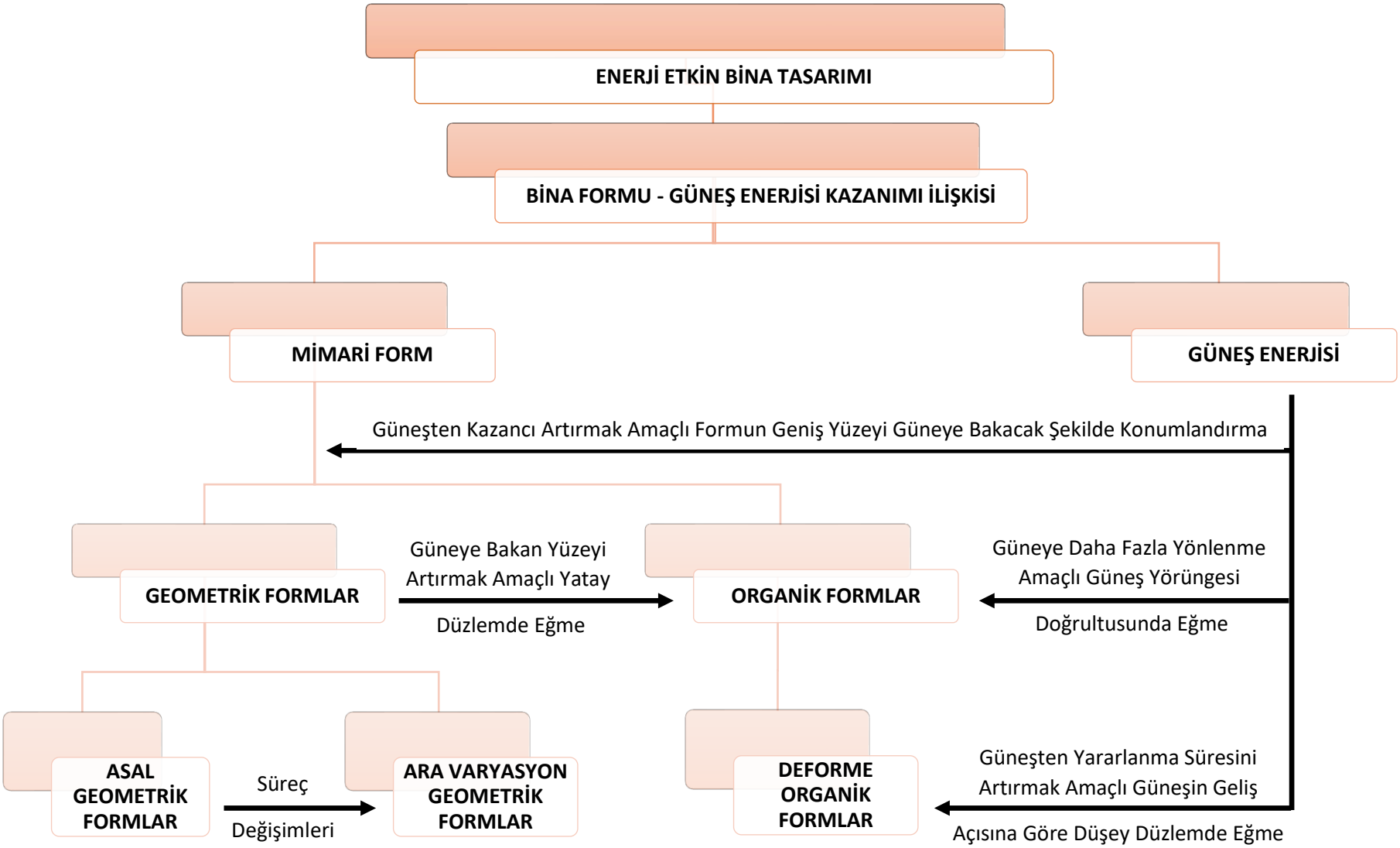
Resim 4.7. Geometrik formların güney güneşi alan cephesinin genişletilmesi aşamaları-1



Resim 4.8. Geometrik formların güney güneşi alan cephesinin genişletilmesi aşamaları-2



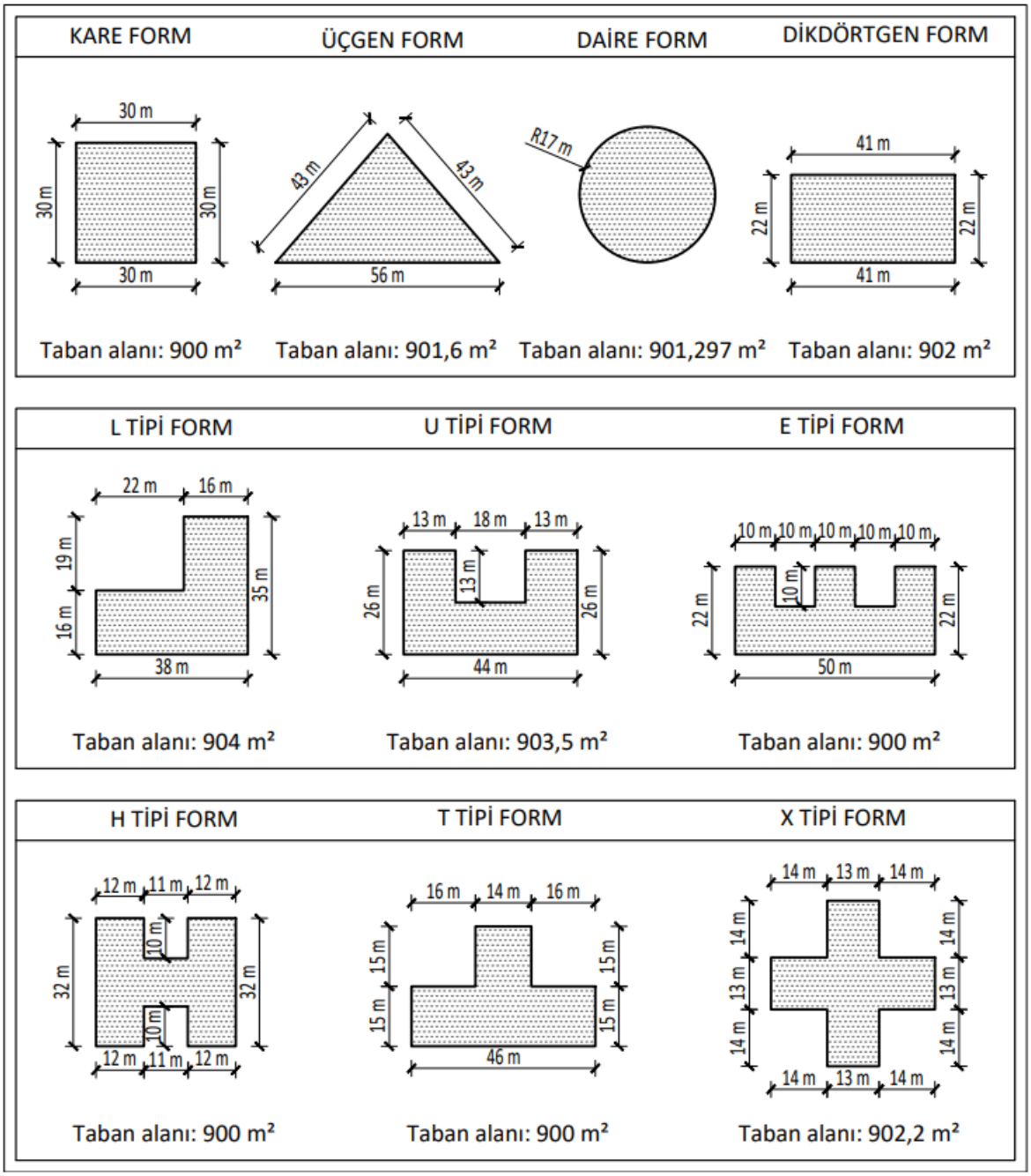
Resim 4.9. Geometrik formların güney güneşi alan cephesinin genişletilmesi aşamaları-3



Şekil 4.2. Bina morfolojisi ve güneş enerjisi kazancı bağlamında oluşturulan mimari formların sınıflandırmasında kullanılan yöntem akış şeması

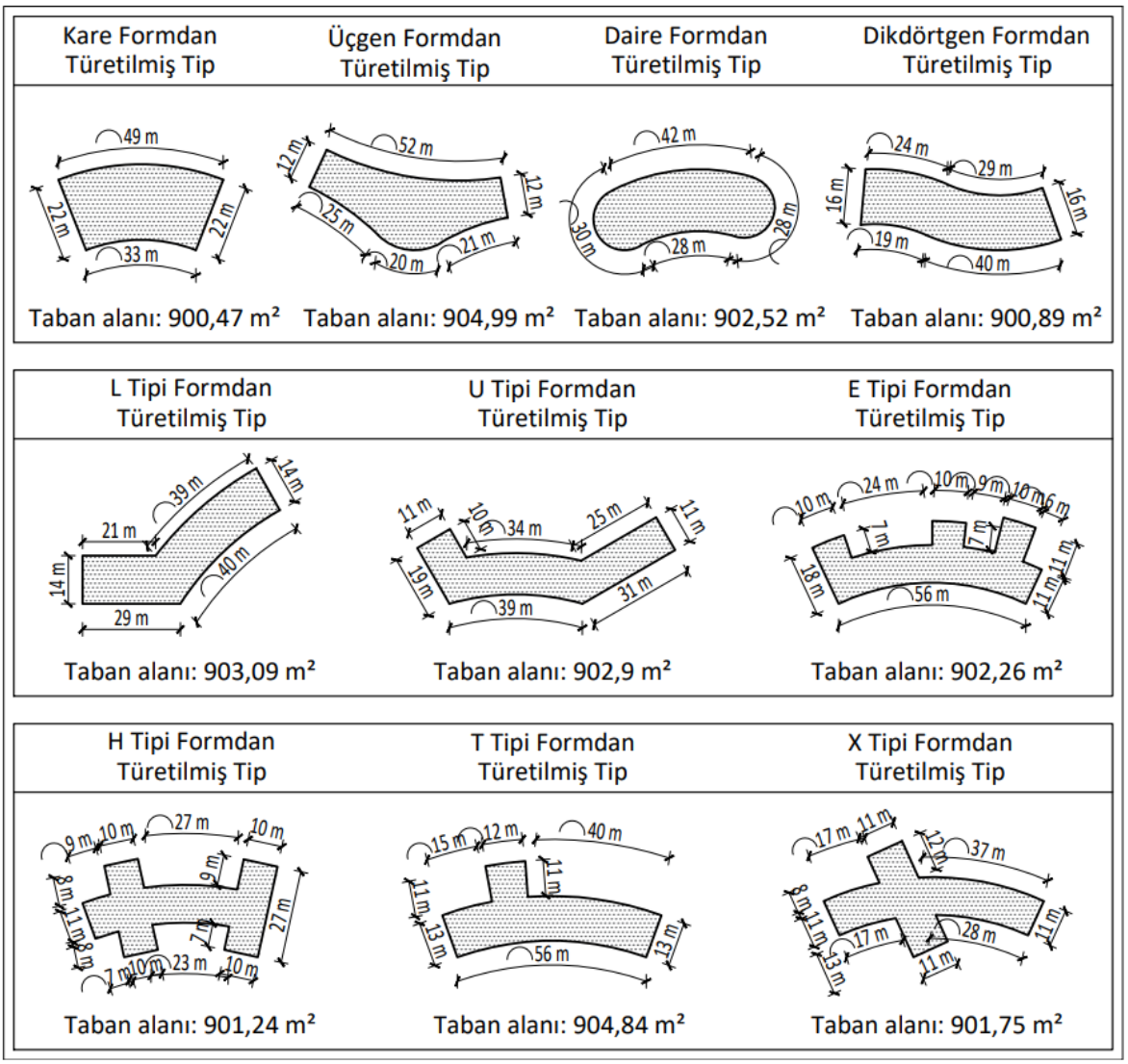
4.2.2. Bina formu alternatiflerinin geliştirilmesi

Öncelikli olarak, asal geometrik formlar ve bu formların ara varyasyon geometrik form tipleri oluşturulmuştur (Resim 4.10).



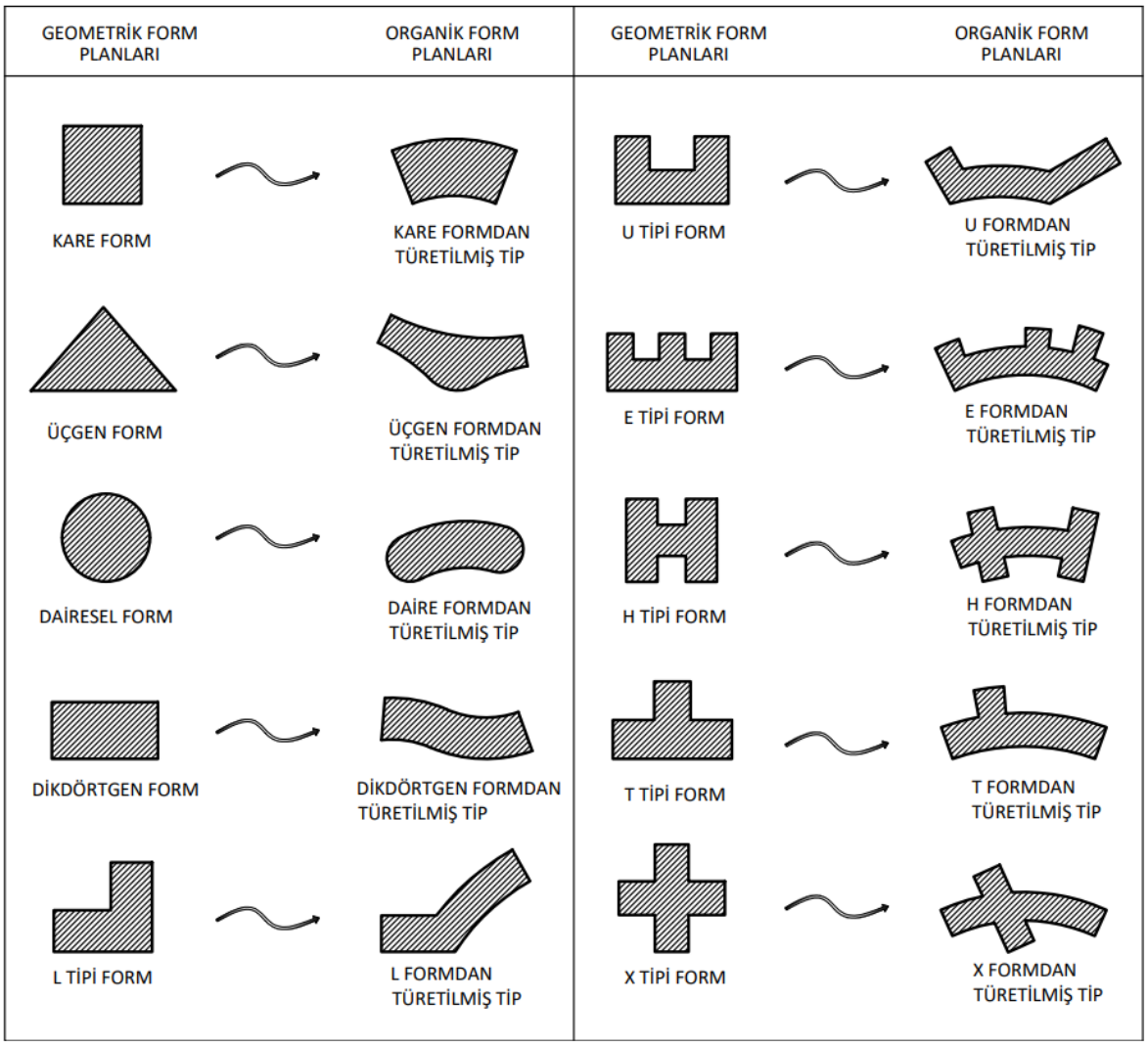
Resim 4.10. Geometrik form planları

Asal geometrik formların ve ara varyasyon geometrik formların, güneşin çizdiği eğrisel yörüngeye göre güney güneşini alabilecek cephe alanını artırarak daha fazla enerji kazancı sağlayacak şekilde yatay düzlemde eğilmesiyle, eğrisel plan formu içeren organik formlar türetilmiştir (Resim 4.11).



Resim 4.11. Organik form planları

İlk olarak geometrik asal form ve ara varyasyon form tipleri belirlendikten sonra güneyden gelen güneşi alan cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle (kuzey yarım küre için güneye yönlenme) organik formlar türetilerek, geometrik ve organik formlar bina tip sınıflamaları belirlenmiştir (Resim 4.12).



Resim 4.12. Geometrik ve organik form planları

Son olarak, bu formların güneşten faydalanabilme süresini uzatarak güneşten elde edilen enerji kazancını artırmak amacıyla, güneyden gelen güneşi alan cephelerinin düşeyde 26,7° (Ankara için kış aylarında güneşin geliş açısı) açıyla eğilmesiyle (tüm formlar için belirlenen 15 m yapı yüksekliği için formların belirlenen cephelerinin üst sınırının, plan düzleminde 7,5 m geriye çekilerek deforme edilmesiyle) deforme organik formlar oluşturulmuştur (Resim 4.13).

PLAN TİPLERİ	GEOMETRİK FORM PLANLARI	ORGANİK FORM PLANLARI	DEFORME ORGANİK FORM PLANLARI
TİP 1	KARE GEOMETRİK	KARE ORGANİK	KARE DEFORME ORGANİK
TİP 2	ÜÇGEN GEOMETRİK	ÜÇGEN ORGANİK	ÜÇGEN DEFORME ORGANİK
TİP 3	DAİRE GEOMETRİK	DAİRE ORGANİK	DAİRE DEFORME ORGANİK
TİP 4	DİKDÖRTGEN GEOMETRİK	DİKDÖRTGEN ORGANİK	DİKDÖRTGEN DEFORME ORGANİK
TİP 5	L TİPİ GEOMETRİK	L TİPİ ORGANİK	L TİPİ DEFORME ORGANİK
TİP 6	U TİPİ GEOMETRİK	U TİPİ ORGANİK	U TİPİ DEFORME ORGANİK
TİP 7	E TİPİ GEOMETRİK	E TİPİ ORGANİK	E TİPİ DEFORME ORGANİK
TİP 8	H TİPİ GEOMETRİK	H TİPİ ORGANİK	H TİPİ DEFORME ORGANİK
TİP 9	T TİPİ GEOMETRİK	T TİPİ ORGANİK	T TİPİ DEFORME ORGANİK
TİP 10	X TİPİ GEOMETRİK	X TİPİ ORGANİK	X TİPİ DEFORME ORGANİK

Resim 4.13. Geometrik - organik ve deforme organik form planları

4.3. Çalışmada Kullanılan Design Builder Simülasyon Programının Tanıtılması

DesignBuilder enerji simülasyon programı, EnergyPlus programının geliştirilmesinden sonra, bu programın bir ara yüzü olarak ortaya çıkmıştır. DesignBuilder programı, EnergyPlus'ın algoritmasını kullanarak, bir binanın tüm enerji, karbon, aydınlatma ve konfor performans analizlerini hesaplayan bir simülasyon programıdır.

DesignBuilder, hesaplamalarda saatlik iklim verilerini kullanmakta, enerji yüklerini bütünleşik biçimde hesaplamakta, hesaplama sonuçları tercihe göre saatlik, aylık veya yıllık veriler olarak elde edilebilmektedir.

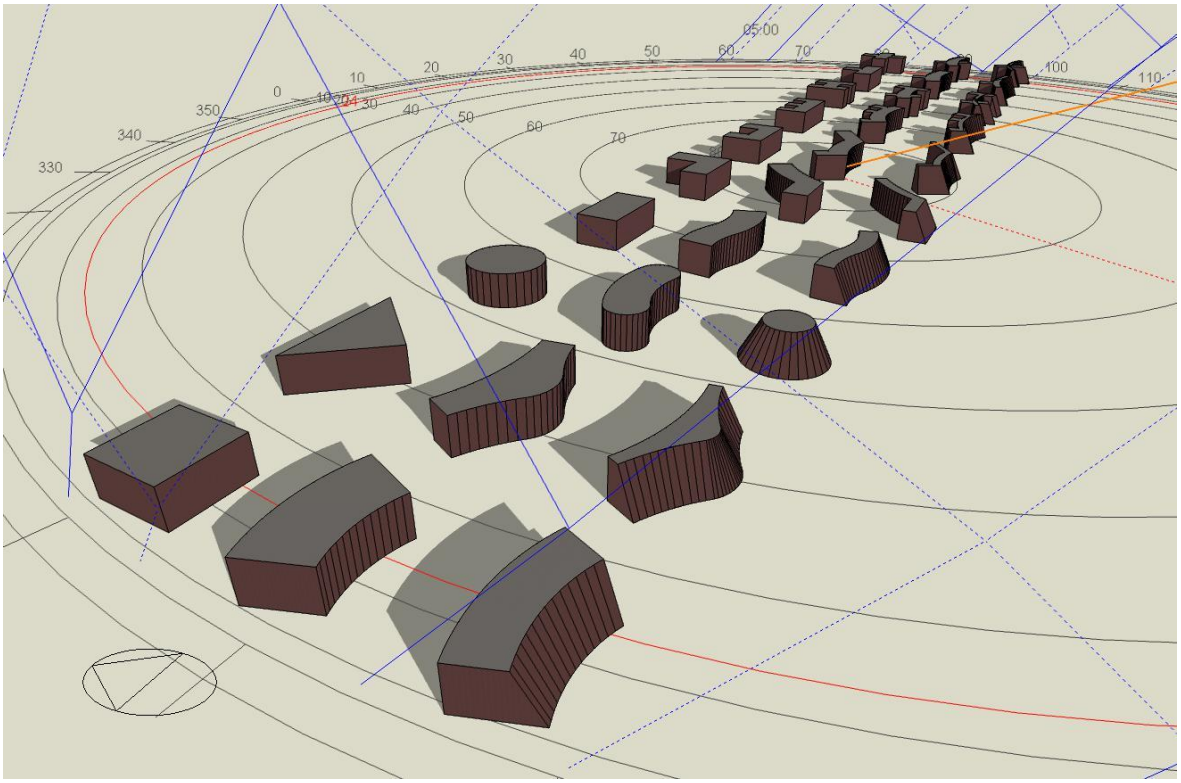
Programın bazı tipik kullanım amaçları şu şekilde özetlenmektedir (URL-17):

- Cephe seçeneklerinin aşırı ısınma, enerji tüketimi ve gölgeleme parametreleri açısından değerlendirilmesi,
- Günışığının optimum seviyede kullanımının değerlendirilmesi. Aydınlatma kontrol sistemlerinin modellenmesi ve ilgili elektrik enerjisindeki tasarruf oranlarının belirlenmesi,
- Bina içindeki ve etrafındaki sıcaklık, hız ve basınç dağılımlarının CFD (Computational Fluid Dynamics) modülü kullanılarak hesaplanması,
- Vaziyet planının ve gölgelemenin görselleştirilmesi,
- Doğal havalandırma ile havalandırılan binalarda termal simülasyon,
- Isıtma ve soğutma ekipmanların kapasitelerinin belirlenmesi konularını da içerecek şekilde HVAC tasarımına yardımcı olmak,
- Tasarım toplantılarında disiplinler arası iletişimi destekleyici materyal sağlamak,
- Üniversitelerde enerji modellemesi ve simülasyonu derslerinde kullanılmak.

Tez kapsamında yapılan güneş ışınımı analiz çalışmalarında, DesignBuilder enerji simülasyon yazılımının 6.1.6.011 versiyonu kullanılmıştır. Analizler, DesignBuilder yazılımının EnergyPlus arayüzünün 8.9.0 versiyonlu simülasyon motoru kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

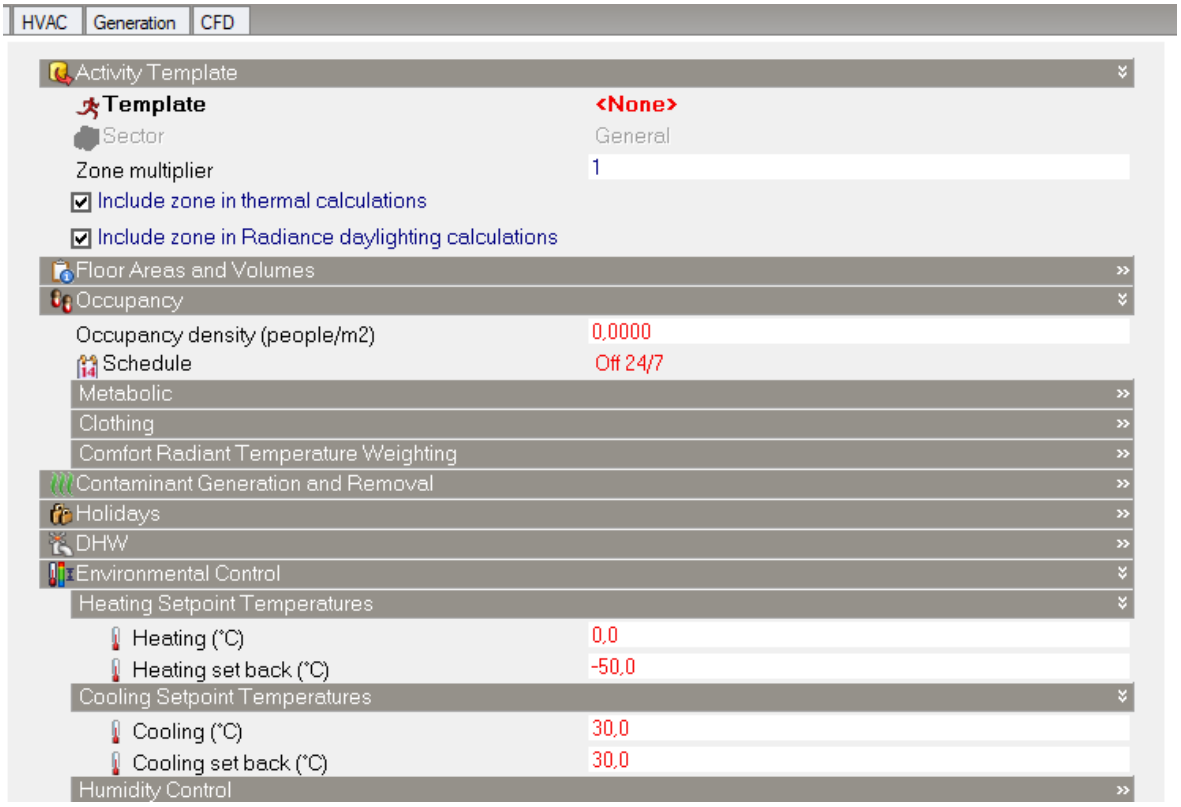
4.3.1. Simülasyon çalışmasına ilişkin kabullerin belirlenmesi

Çalışmada ortaya konulmak istenen sadece form parametresi ve güneş ilişkisi olduğundan, simülasyonlarda yapılı çevre muaf tutularak analizler yapılmıştır. Çünkü yapılı çevre dahil edildiğinde bir de gölge durumu oluştuğundan, çevrenin etkisi dahil edilmeden sadece güneşle ilişki bağlamında önemli bir parametre olan form girdisi üzerinden çalışılmıştır. Yapılı çevre muaf tutulduğundan ve yapı yüksekliği 15 m olarak belirlendiğinden, yapı yüzeyinin alt ve üst kotlarında oluşan güneş açısının sapması ihmal edilebilir düzeyde kabul edilmiştir. Bu bağlamda analiz çalışmasının yapıldığı tüm formlar açıklıksız salt kütleler olarak ele alınmıştır (Resim 4.14).



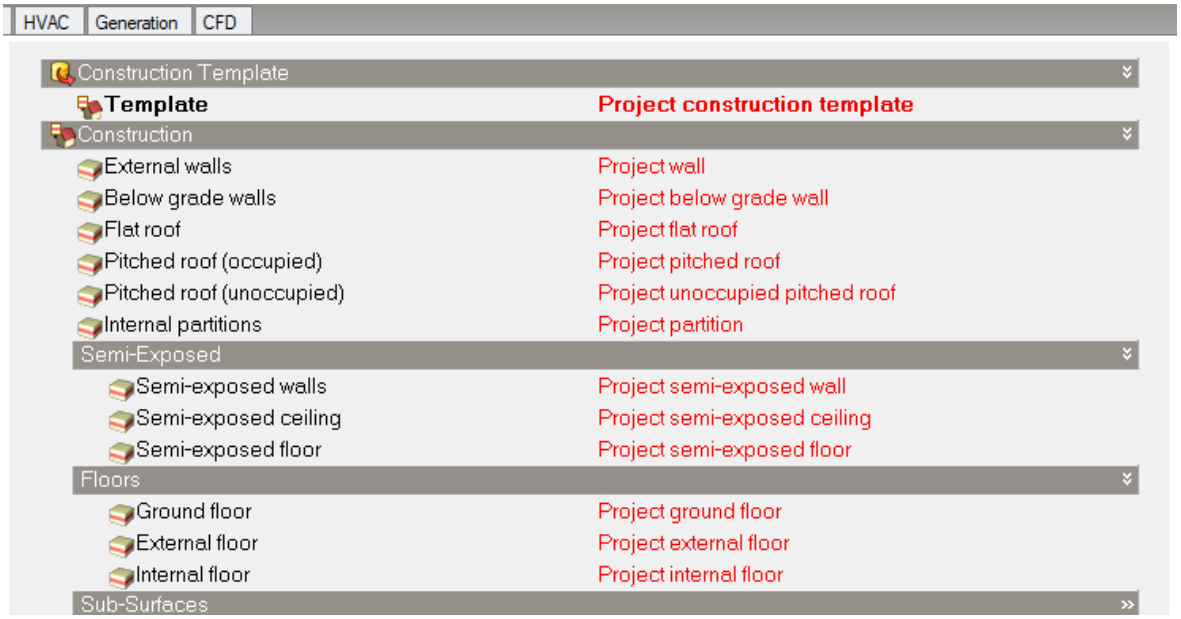
Resim 4.14. DesignBuilder programında form modellerini gösteren çalışma ekranı

Tez çalışması kapsamında güneşle ilişki bağlamında yapılı çevre parametrelerinden bina formu girdisi ele alındığından, fonksiyon tanımı yapılmamıştır. Çünkü yapılan çalışmada amaç, yapı türü fark etmeksizin hastane, okul, ofis, konut vb. her tip yapı grubunda uygulanabilecek, güneş kazanımı bağlamında ön tasarımda karar verisi olarak kullanılabilecek optimum formların belirlenmesidir. Bu bağlamda, simülasyon yapılırken de belirli bir aktivite seçimi yapılmamıştır (Resim 4.15).



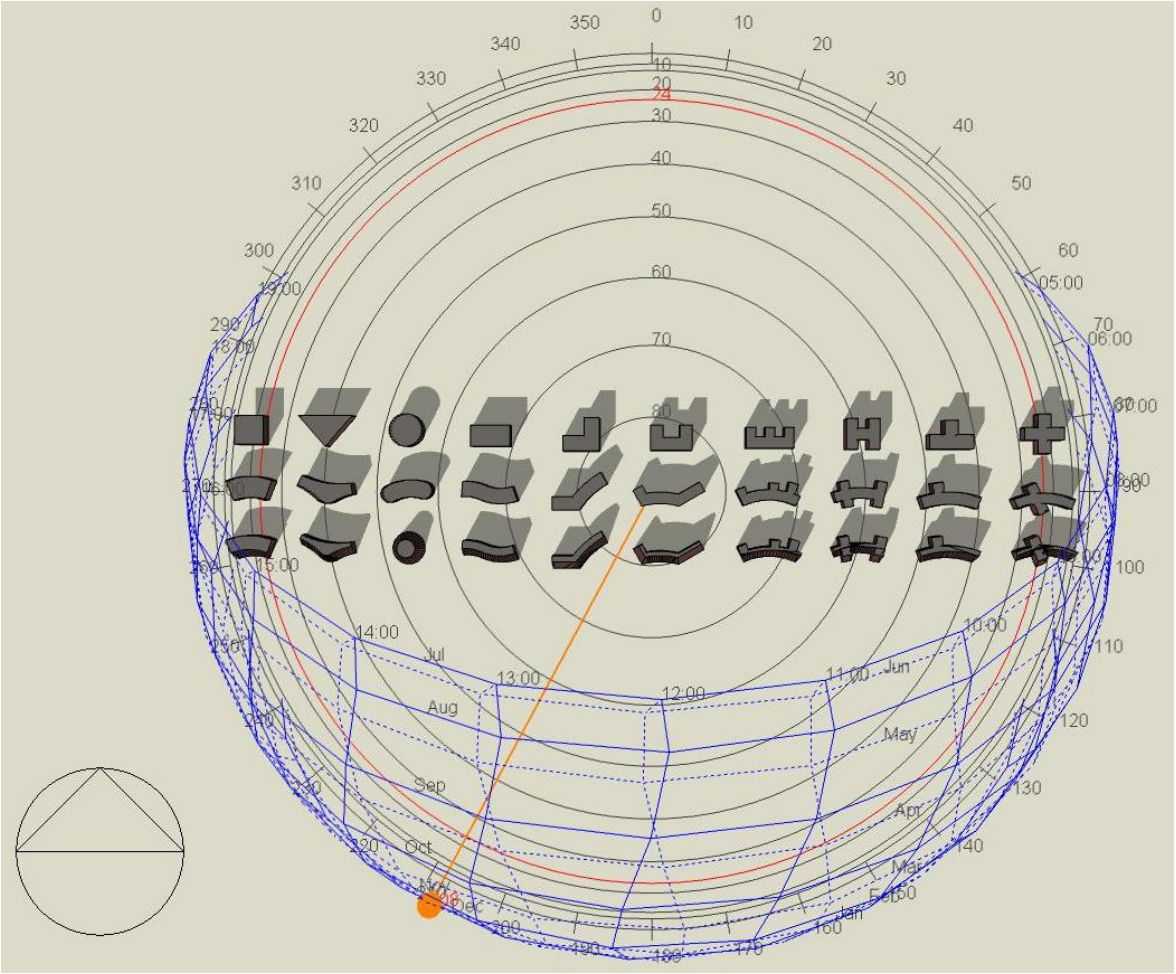
Resim 4.15. DesignBuilder programında aktivite seçimine ilişkin çalışma ekranı

Çalışma kapsamında belirlenmek istenen güneş kazanımı ve form ilişkisi olduğundan, analiz çalışmasının yapıldığı tüm formlar için malzeme seçimi, ortak olacak şekilde standart kriterlerde belirlenmiştir (Resim 4.16).



Resim 4.16. DesignBuilder programında formların yapı verilerine ilişkin çalışma ekranı

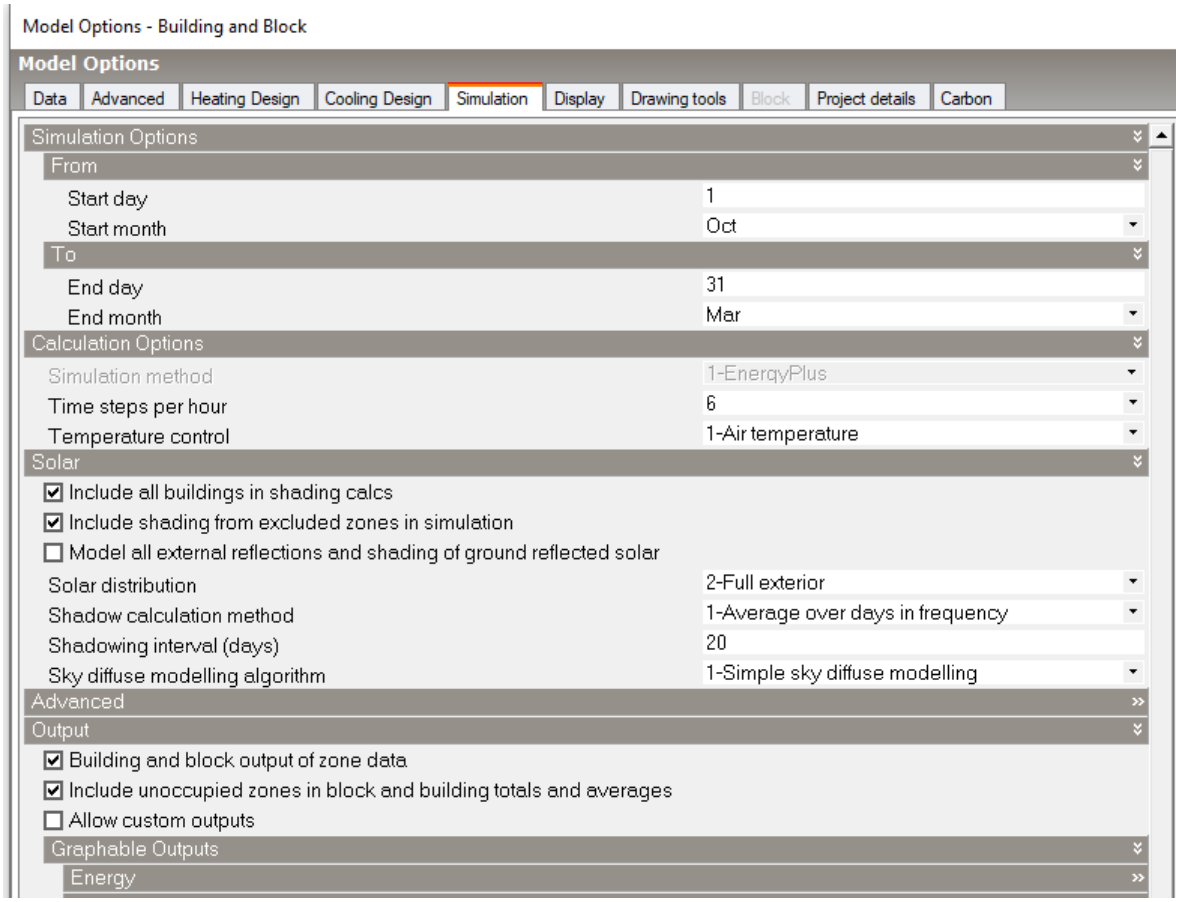
Çalışmanın amacı doğrultusunda analizler yapılırken, tüm formların geniş yüzeyleri güneşten maksimum enerji kazancı sağlayabilmesi bakımından güneye yönlenecek (kuzey yarım küre için) şekilde konumlandırılmıştır (Resim 4.17).



Resim 4.17. DesignBuilder programında formların yönlendirmesine ilişkin çalışma ekranı

Güneşten maksimum enerji kazancı sağlayan formların belirlenmesiyle ısıtma yükünü azaltmak amacı doğrultusunda analizler, soğuk dönemi kapsayacak şekilde 6 aylık periyot (Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları) olarak yapılmıştır (Resim 4.18).

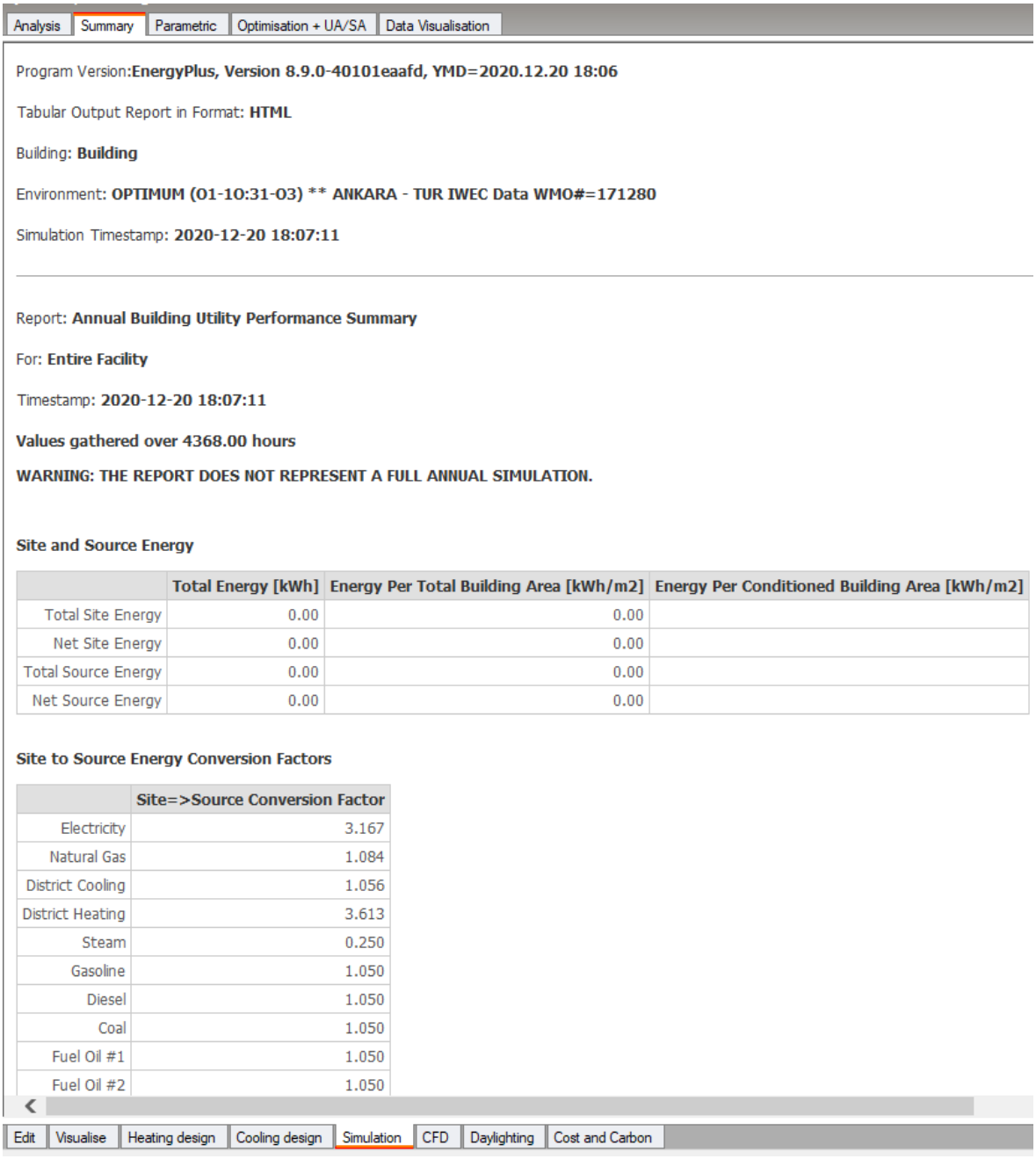
Analizlerde formların yüzeylerinde oluşan aylık güneş ışınımı kazançları toplamının, toplam yüzey alanına bölünmesiyle, her bir form tipi için birim m² başına düşen ortalama güneş ışınımı kazançları hesaplanmıştır.



Resim 4.18. DesignBuilder programında yapılan analiz periyodunu gösteren çalışma ekranı

4.4. Simülasyon Programı Aracılığıyla Yapılan Enerji Analizlerine İlişkin Veriler

Bu bölümde daha önceden belirlenen Tip 1 (kare geometrik form, kare organik form ve kare deforme organik form), Tip 2 (üçgen geometrik form, üçgen organik form ve üçgen deforme organik form), Tip 3 (daire geometrik form, daire organik form ve daire deforme organik form), Tip 4 (dikdörtgen geometrik form, dikdörtgen organik form ve dikdörtgen deforme organik form), Tip 5 (L tipi geometrik form, L tipi organik form ve L tipi deforme organik form), Tip 6 (U tipi geometrik form, U tipi organik form ve U tipi deforme organik form), Tip 7 (E tipi geometrik form, E tipi organik form ve E tipi deforme organik form), Tip 8 (H tipi geometrik form, H tipi organik form ve H tipi deforme organik form), Tip 9 (T tipi geometrik form, T tipi organik form ve T tipi deforme organik form) ve Tip 10 (X tipi geometrik form, X tipi organik form ve X tipi deforme organik form) olarak belirtilen toplam 30 form modelinin, DesignBuilder simülasyon programı kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına yer verilmiştir.



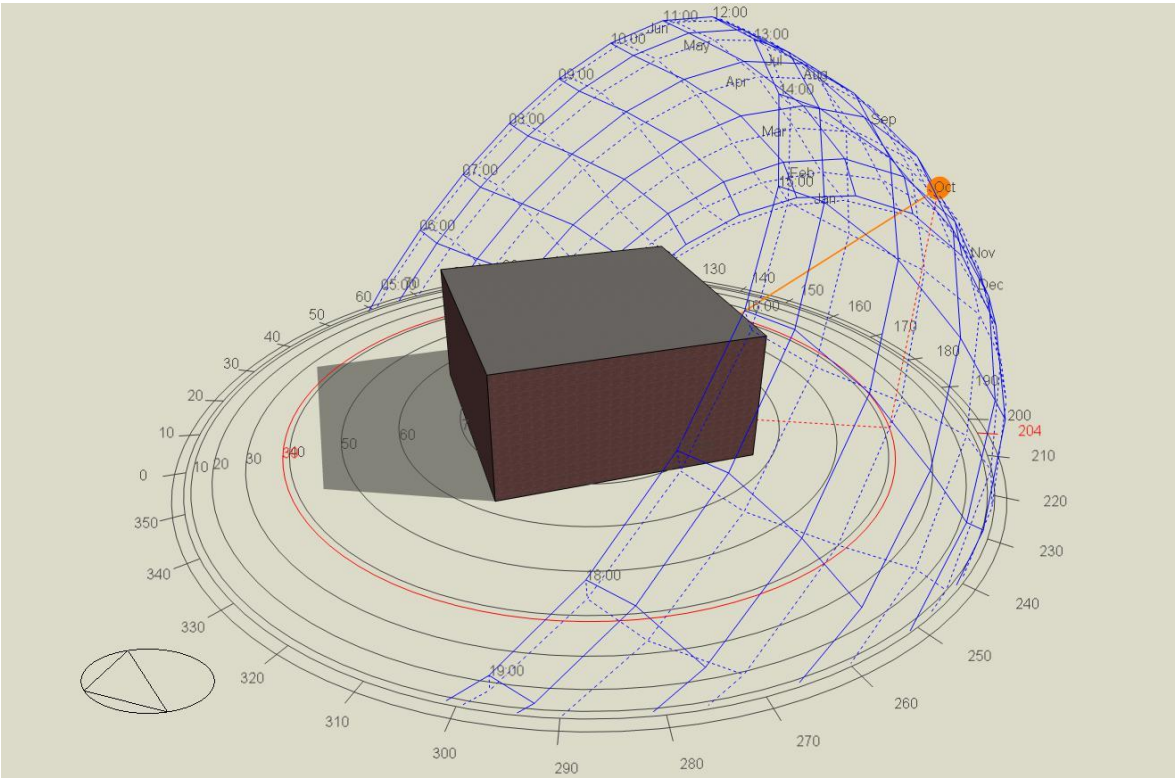
Resim 4.19. DesignBuilder analiz özeti ekranı

Her bir form için ayrı ayrı yapılan analizlerde, formun 6 aylık periyotta tüm yüzeylerinde oluşan toplam güneş ışınımı değerleri (kwh), formun toplam yüzey alanına bölünerek, formun birim m² başına düşen ortalama güneş ışınımı kazanımı değeri (kwh/m²) bulunmuştur. Daha sonra her bir tip form sınıfı kendi içerisinde birim m² kazanım değerleri cinsinden karşılaştırılarak, formların yüzeylerinde oluşan kazanç artışları yüzdelik olarak belirlenmiştir.

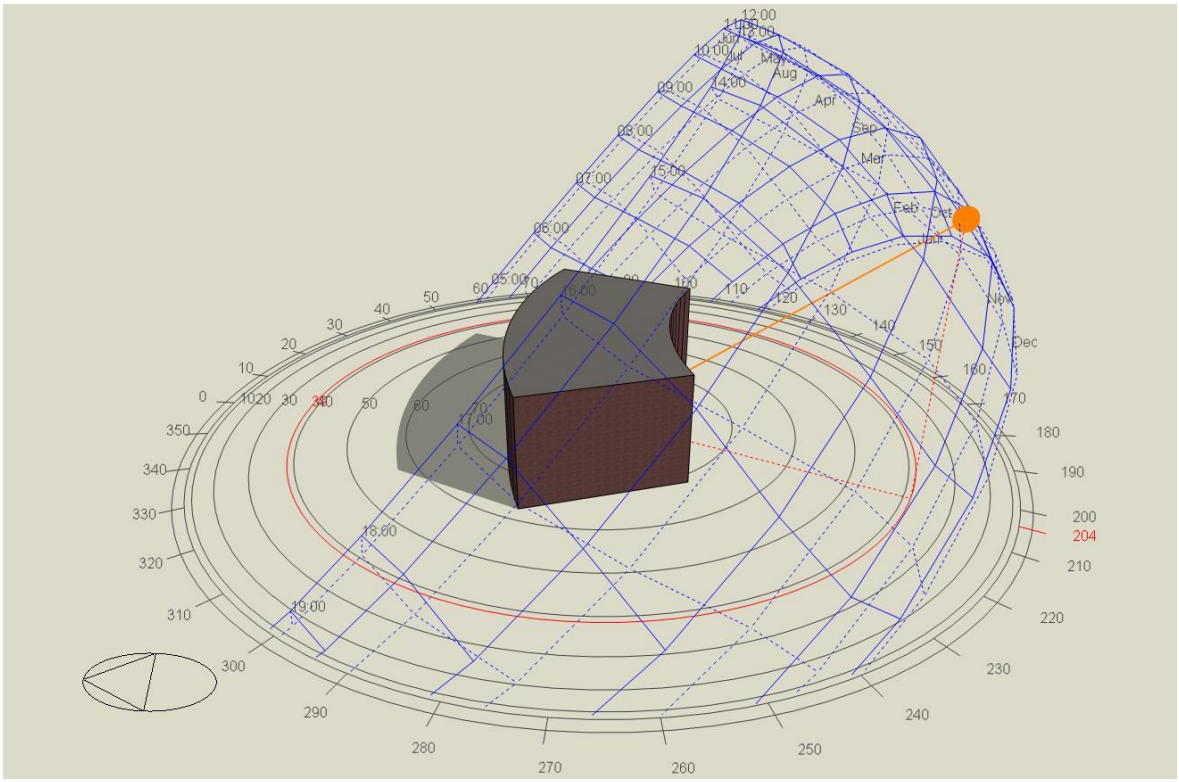
4.4.1. Tip 1 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 1 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan kare geometrik form, kare geometrik formdan türetilmiş organik form ve bu formun güneye yönlenen cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

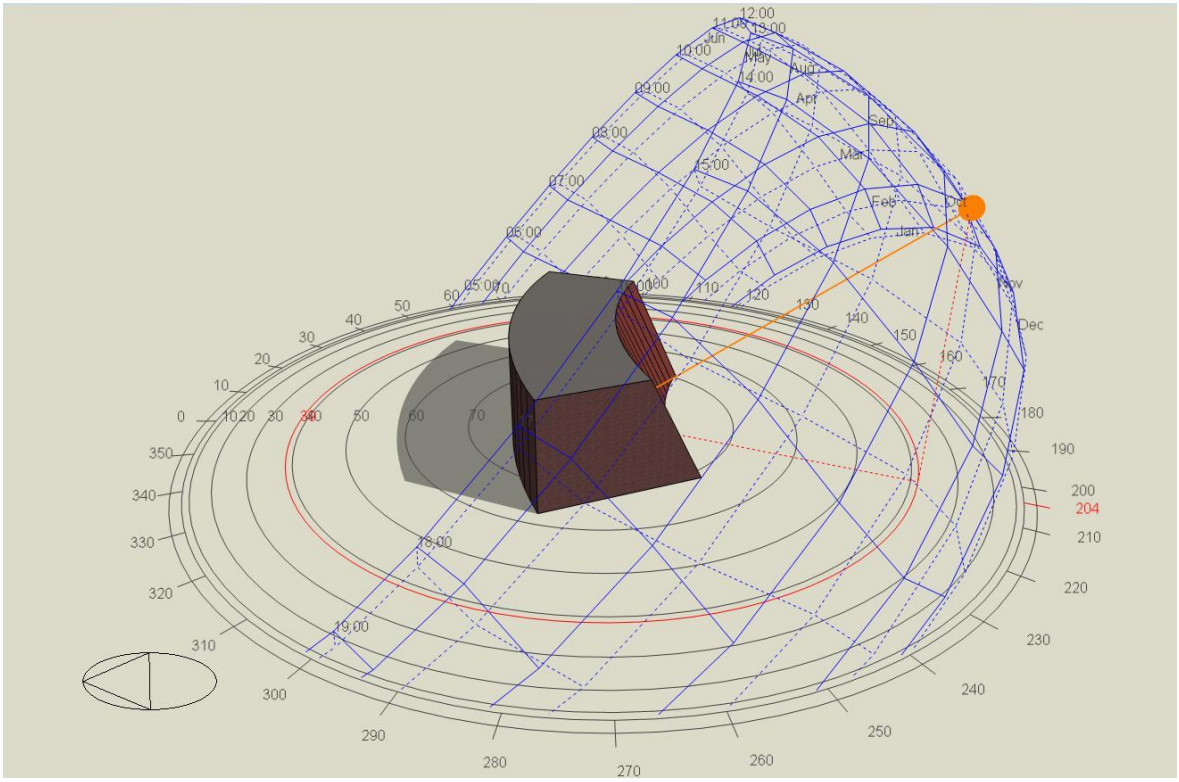
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



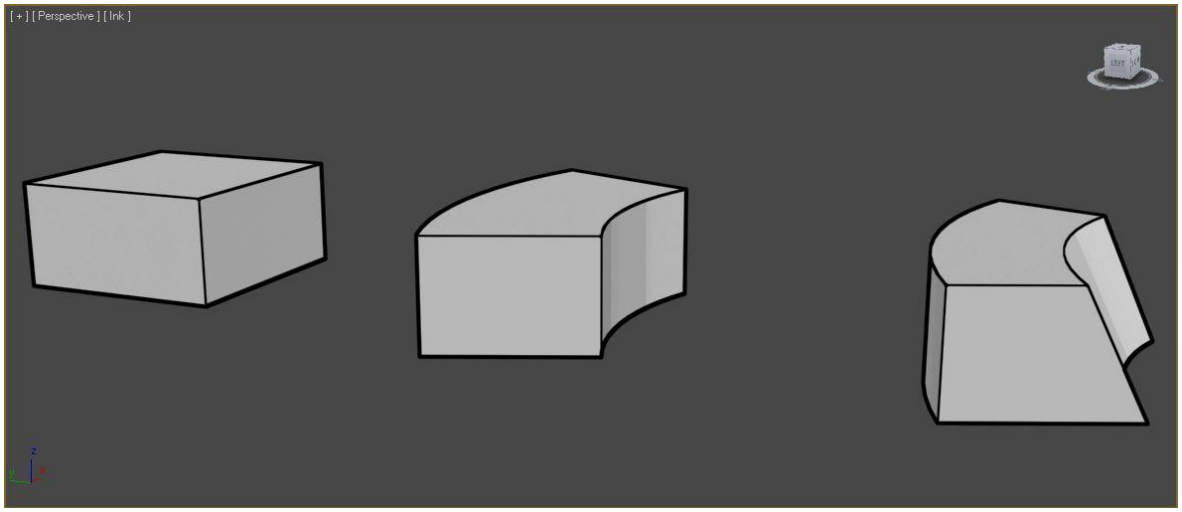
Resim 4.20. Güneş yörüngesi içerisinde kare geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.21. Güneş yörüngesi içerisinde kare organik formu gösteren çalışma ekranı



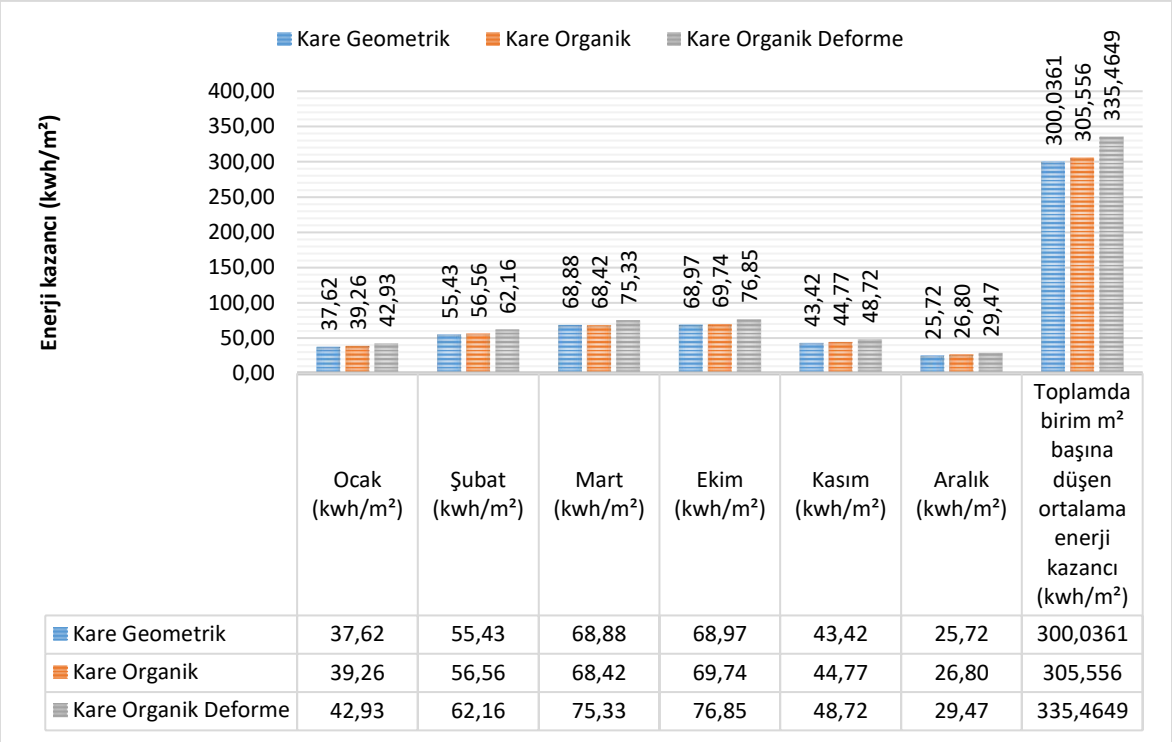
Resim 4.22. Güneş yörüngesi içerisinde kare deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.23. Kare geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form

Çizelge 4.1. Kare geometrik – Kare organik – Kare deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
Kare ***Geometrik***	900	1800	67716	99768	123984	124148	78152	46297	540065	300,0361
Kare ***Organik***	900,473	1888,04	74131	106789	129186	131674	84522	50600	576902	305,5560
Kare ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	900,338	1880,11	80720	116863	141635	144490	91590	55413	630711	335,4649



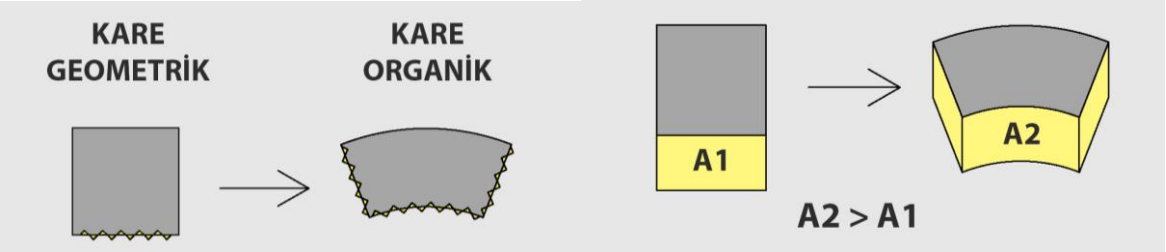
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
Kare Geometrik	37,62	55,43	68,88	68,97	43,42	25,72	300,0361
Kare Organik	39,26	56,56	68,42	69,74	44,77	26,80	305,556
Kare Organik Deforme	42,93	62,16	75,33	76,85	48,72	29,47	335,4649

Şekil 4.3. Kare geometrik – Kare organik – Kare deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, asal geometrik kare formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 540065 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 300,0361111 kwh/m² olmaktadır.

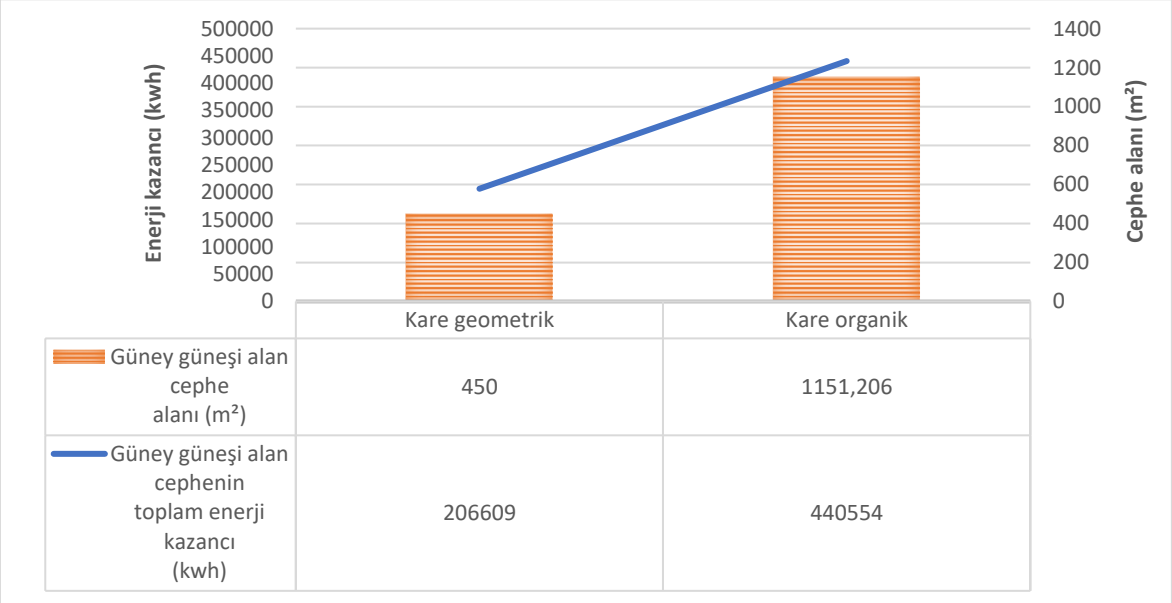
Geometrik kare formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 576902 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 305,5560264 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik kare formdan türetilen organik formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla güney cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 630711 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 335,4649462 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.24. Kare geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

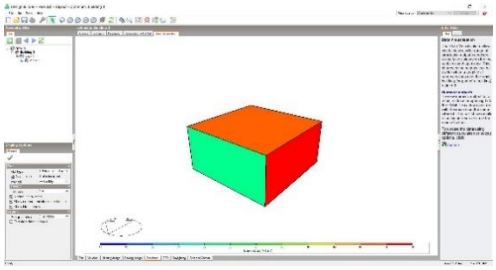
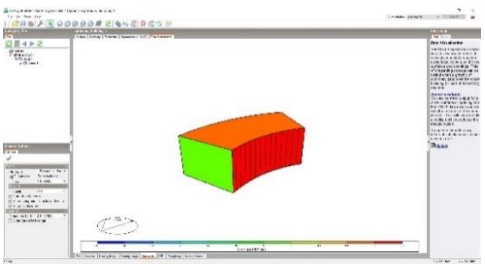
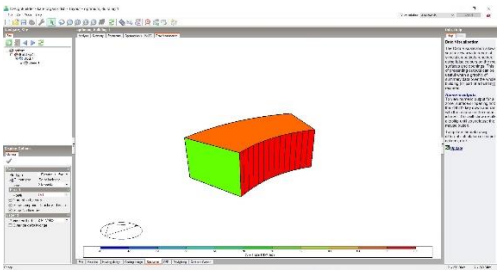
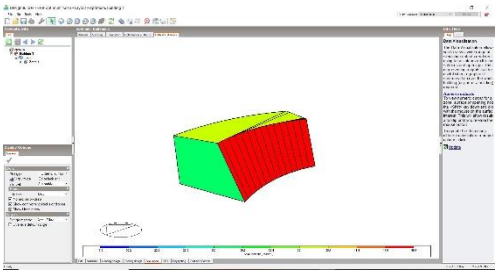
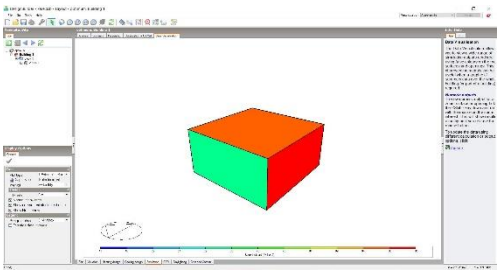
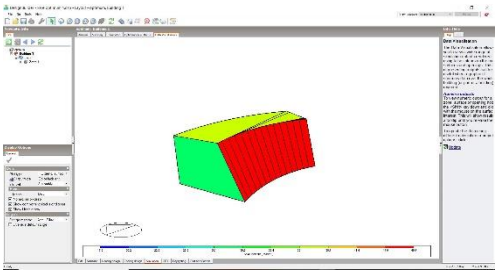
Geometrik kare formun güneye bakan cephe alanı 450 m² iken, güneş kazanımını artırmak amaçlı formun yüzeylerinin güney yönünde genişletilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 1151,206 m²'dir. Bu durumda geometrik kare formun güney cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 206609 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 440554 kwh olmaktadır (Şekil 4.4).



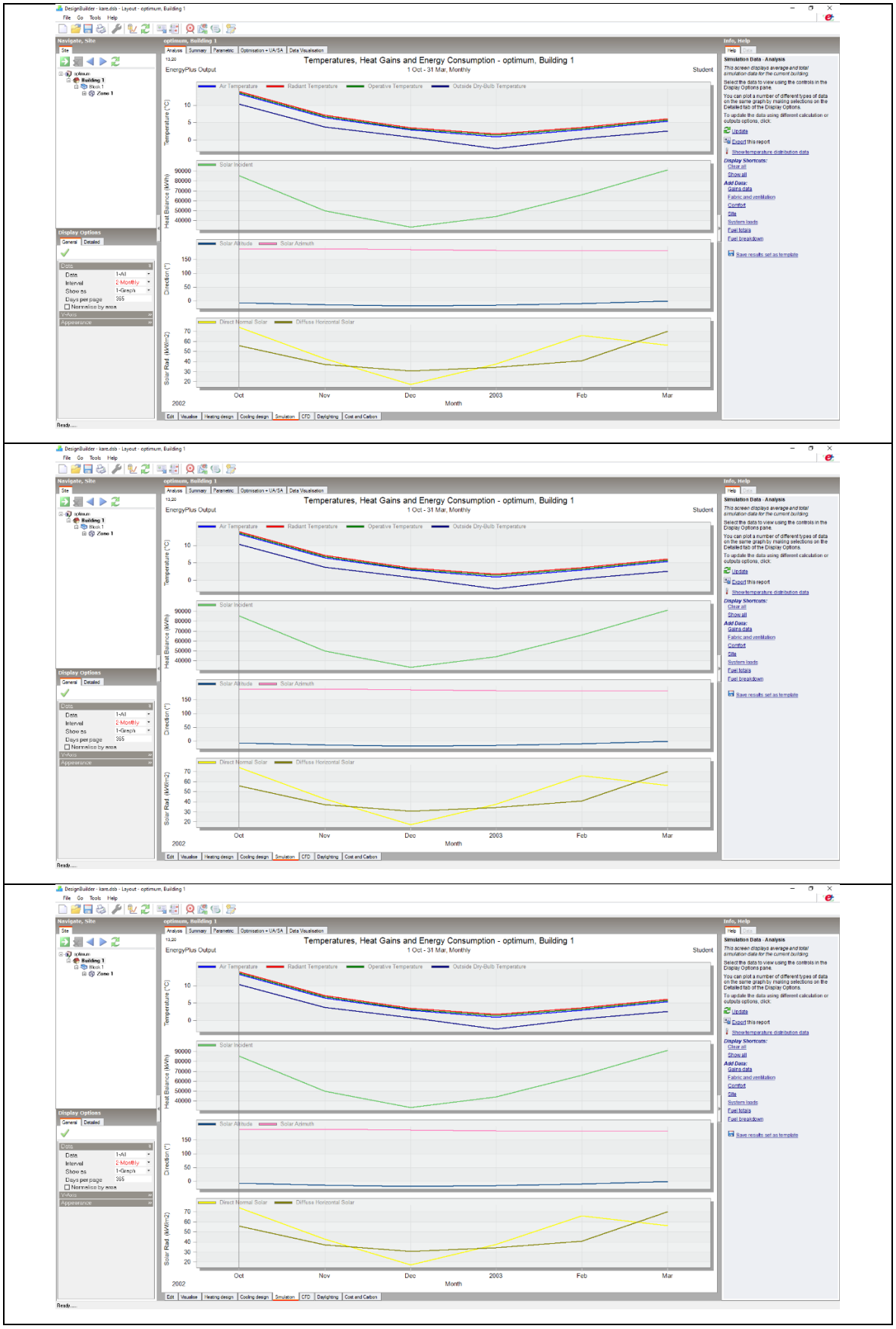
Şekil 4.4. Kare geometrik ve kare organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, organik formun güneye bakan yüzeyi güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, organik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun güney cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Kare geometrik – Kare organik – Kare deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

Kare geometrik form (A) 	*Kare organik form (B)* 	*A 'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%1,84**
Kare organik form (B) 	*Kare deforme organik form (C)* 	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%9,79**
Kare geometrik form (A) 	*Kare deforme organik form (C)* 	*A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%11,81**

Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; kare geometrik forma oranla kare organik formun enerji kazancı %1,84 ve kare organik forma oranla kare deforme organik formun enerji kazancı ise %9,79 artış göstermektedir. Kare deforme organik formun kare geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %11,81 olmaktadır (Çizelge 4.2).

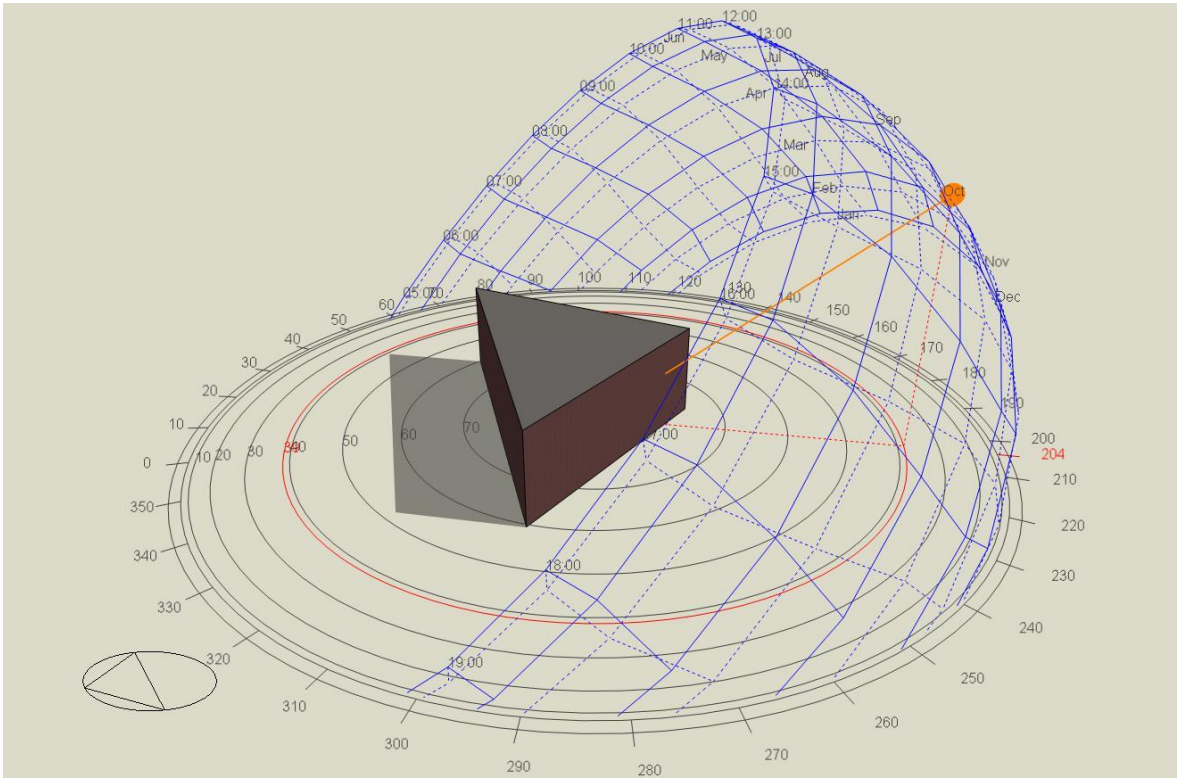


Şekil 4.5. Kare geometrik – Kare organik – Kare deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

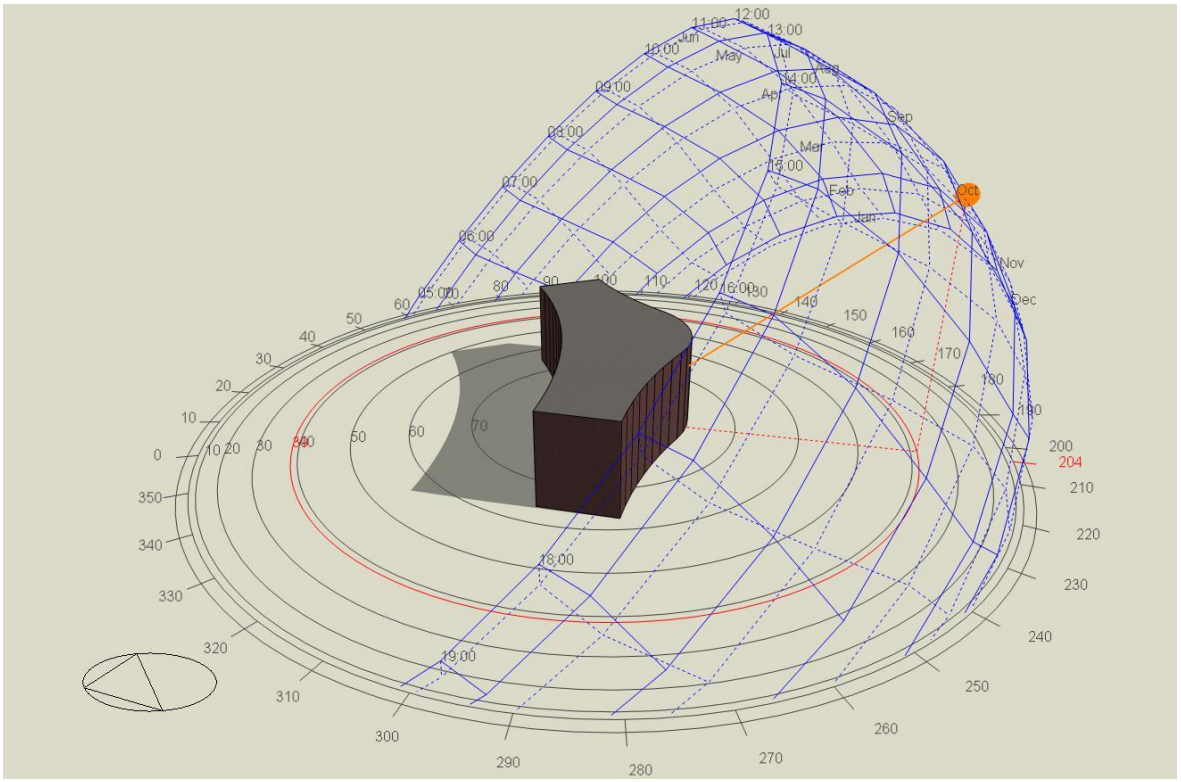
4.4.2. Tip 2 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 2 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan üçgen geometrik form, üçgen geometrik formdan türetilmiş organik form ve bu formun güneye yönlenen cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

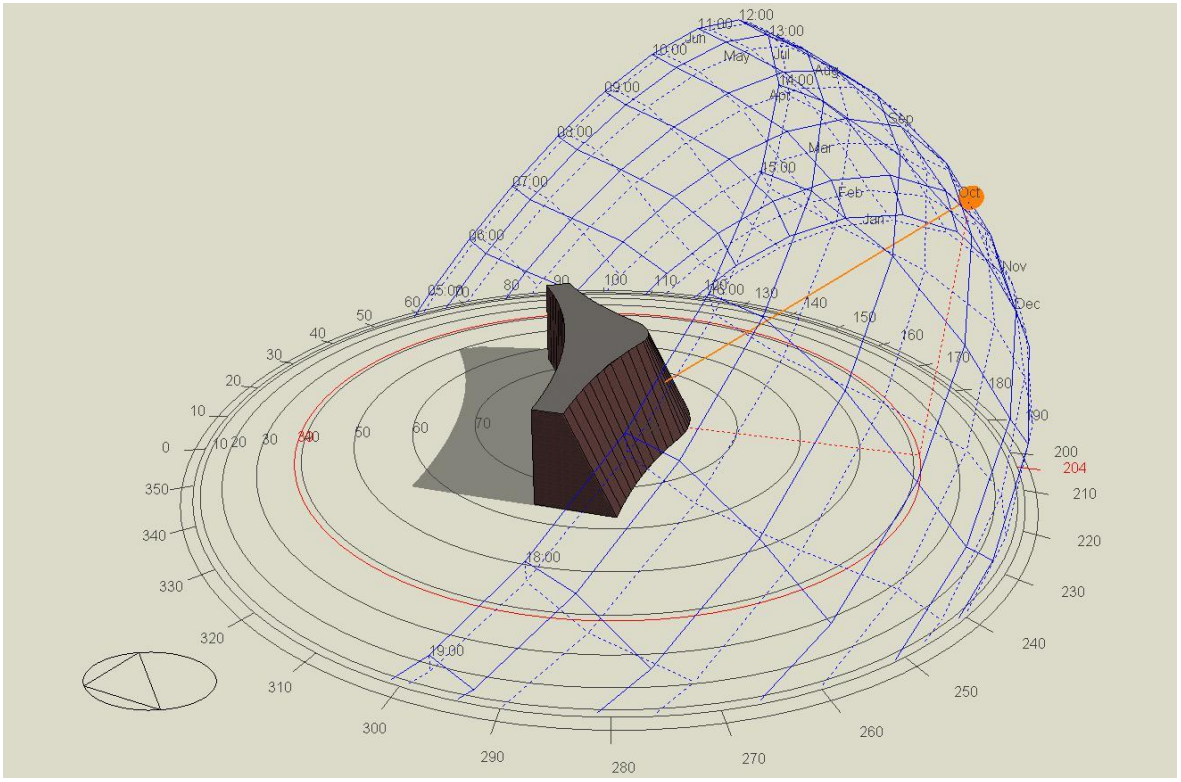
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



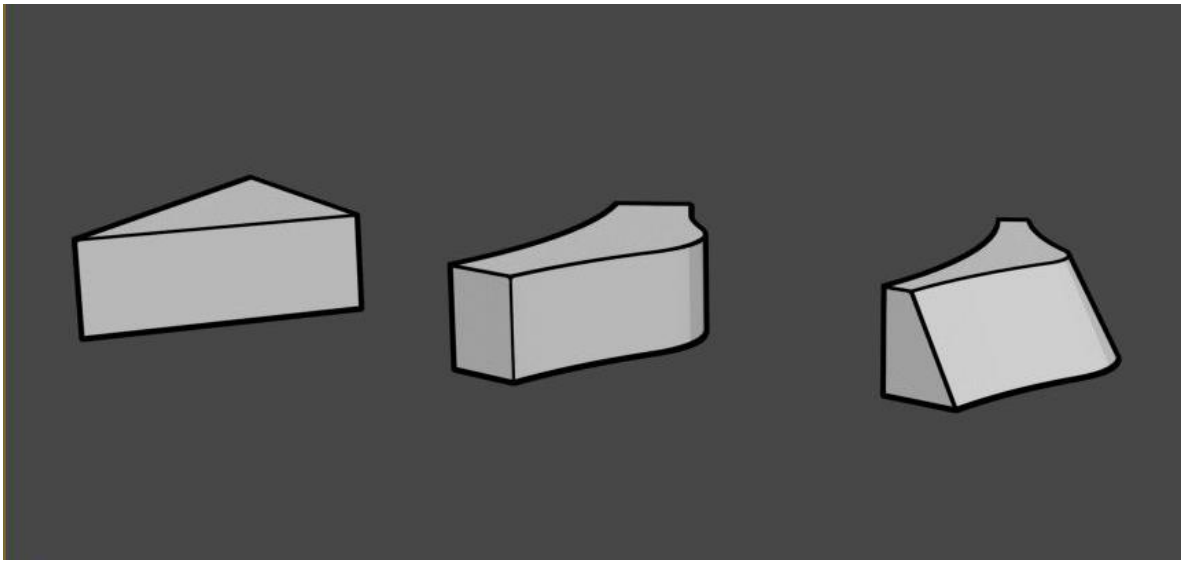
Resim 4.25. Güneş yörüngesi içerisinde üçgen geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.26. Güneş yörüngesi içerisinde üçgen organik formu gösteren çalışma ekranı



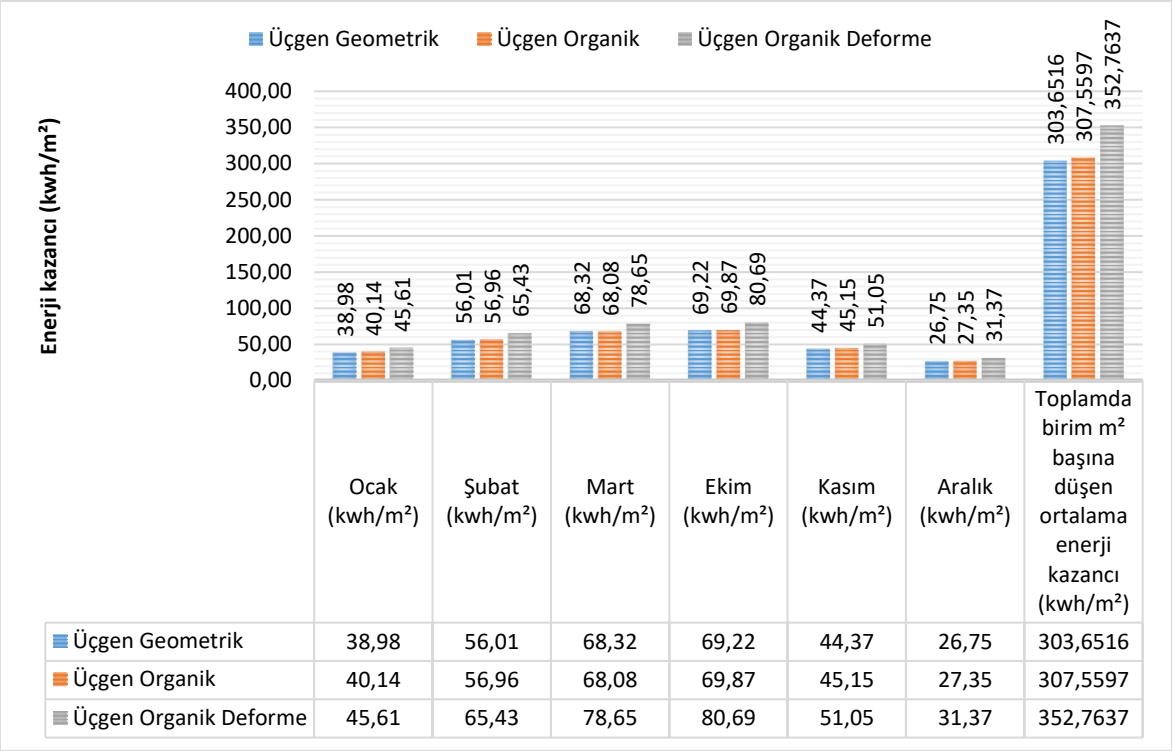
Resim 4.27. Güneş yörüngesi içerisinde üçgen deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.28. Üçgen geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form

Çizelge 4.3. Üçgen geometrik – Üçgen organik – Üçgen deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
Üçgen ***Geometrik***	901,6	2120,14	82648	118753	144849	146748	94075	56711	643784	303,6516
Üçgen ***Organik***	904,995	2120,04	85103	120753	144340	148137	95729	57983	652039	307,5597
Üçgen ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	904,792	2084,46	95062	136376	163943	168205	106416	65399	735322	352,7637



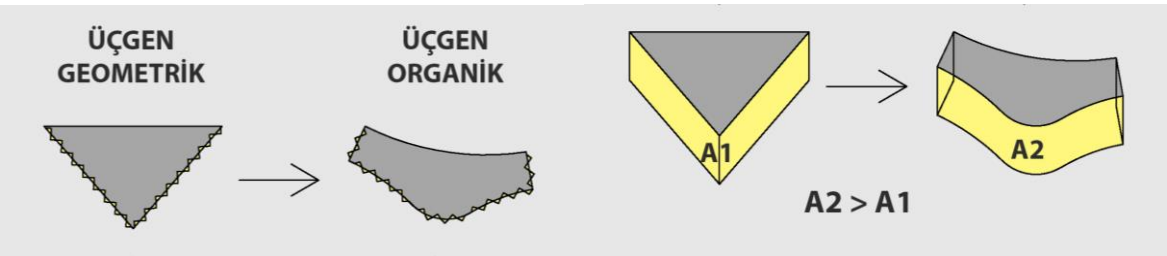
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
Üçgen Geometrik	38,98	56,01	68,32	69,22	44,37	26,75	303,6516
Üçgen Organik	40,14	56,96	68,08	69,87	45,15	27,35	307,5597
Üçgen Organik Deforme	45,61	65,43	78,65	80,69	51,05	31,37	352,7637

Şekil 4.6. Üçgen geometrik – Üçgen organik – Üçgen deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, asal geometrik üçgen formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 643784 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 303,6516456 kwh/m² olmaktadır.

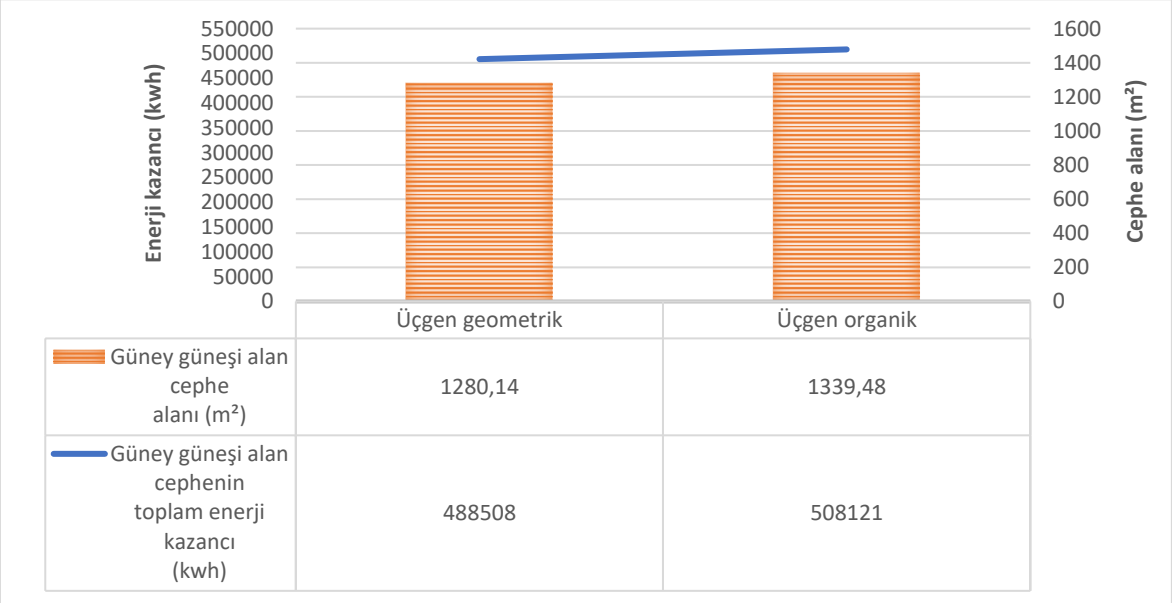
Geometrik üçgen formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 652039 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 307,559763 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik üçgen formdan türetilen organik formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla güney cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 735322 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 352,7637853 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.29. Üçgen geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

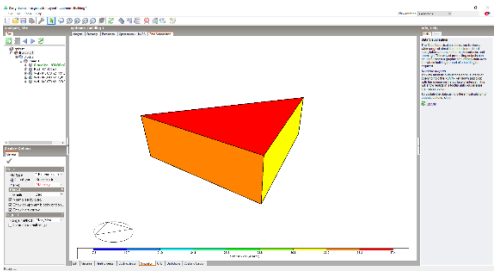
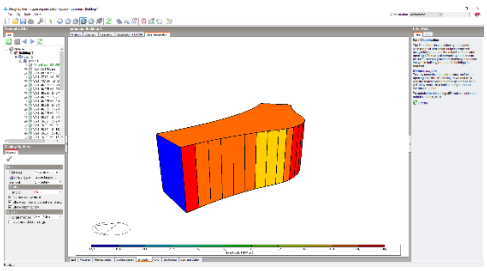
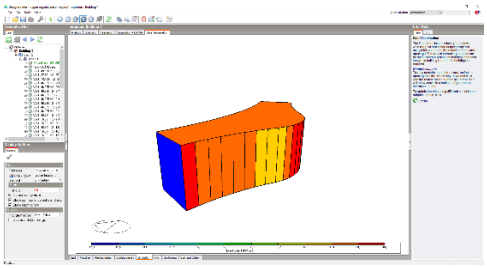
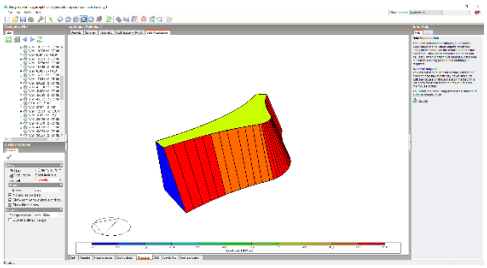
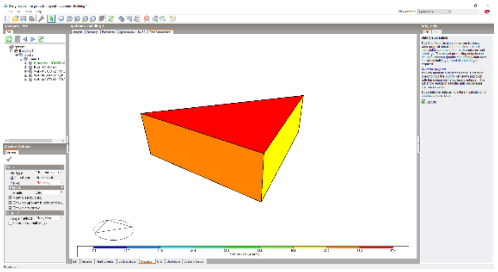
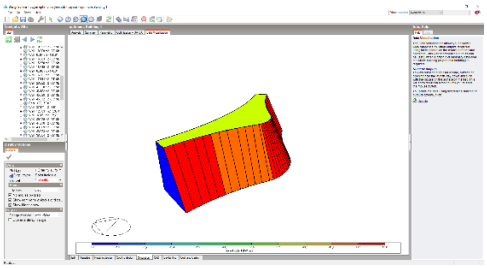
Geometrik üçgen formun güney güneşini alan cephe alanı 1280,14 m² iken, yüzeylerinin doğrudan güney yönüne daha fazla yönlendirilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 1339,48 m²'dir. Bu durumda geometrik üçgen formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 488508 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 508121 kwh olmaktadır (Şekil 4.7).



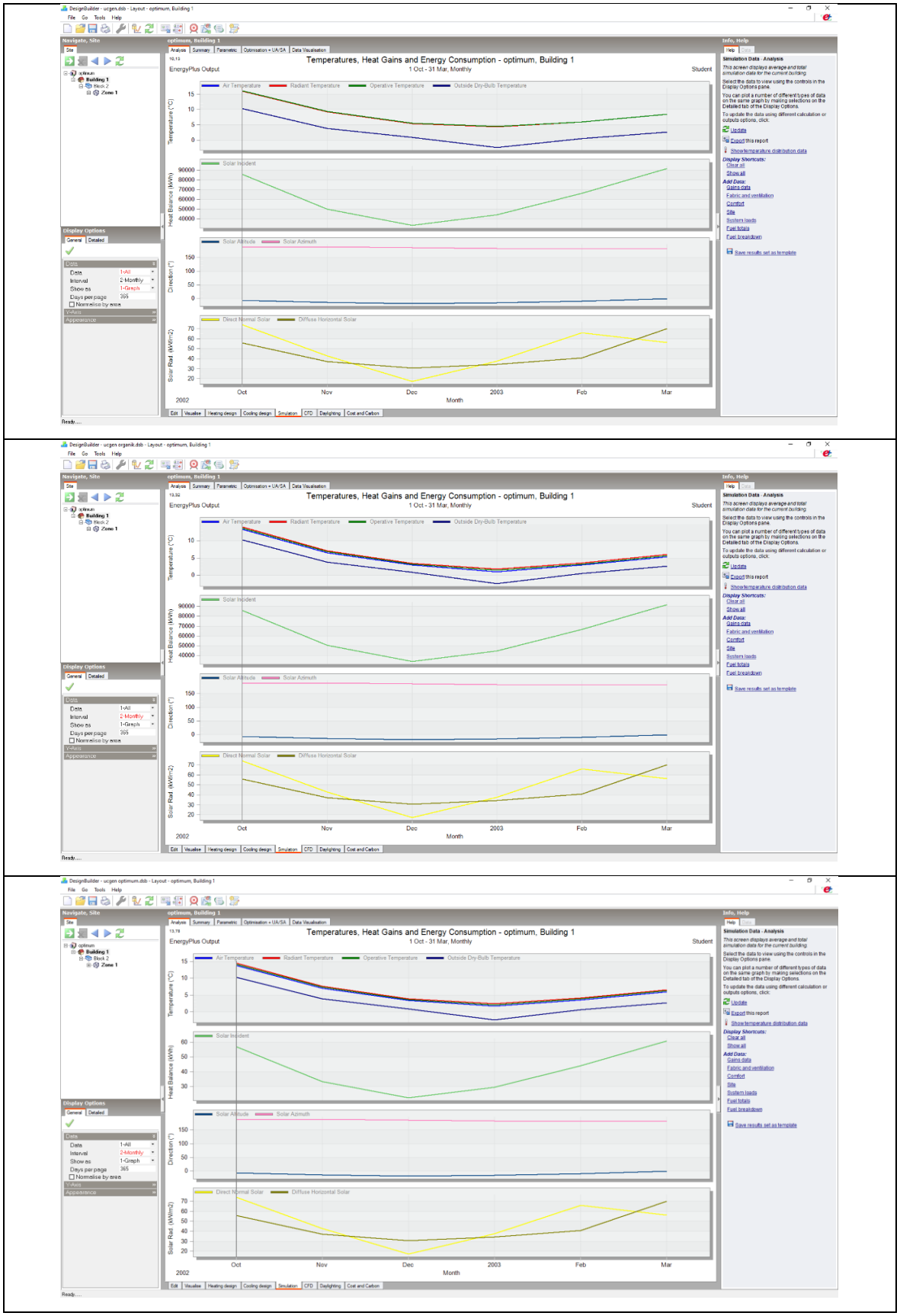
Şekil 4.7. Üçgen geometrik ve üçgen organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, organik formun güneye bakan yüzeyi güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, organik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun güney cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Üçgen geometrik – Üçgen organik – Üçgen deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

Üçgen geometrik form (A) 	*Üçgen organik form (B)* 	*A'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%1,29**
Üçgen organik form (B) 	*Üçgen deforme organik form (C)* 	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%14,7**
Üçgen geometrik form (A) 	*Üçgen deforme organik form (C)* 	*A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%16,17**

Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; üçgen geometrik forma oranla üçgen organik formun enerji kazancı %1,29 ve üçgen organik forma oranla üçgen deforme organik formun enerji kazancı ise %14,7 artış göstermektedir. Üçgen deforme organik formun üçgen geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %16,17 olmaktadır (Çizelge 4.4).

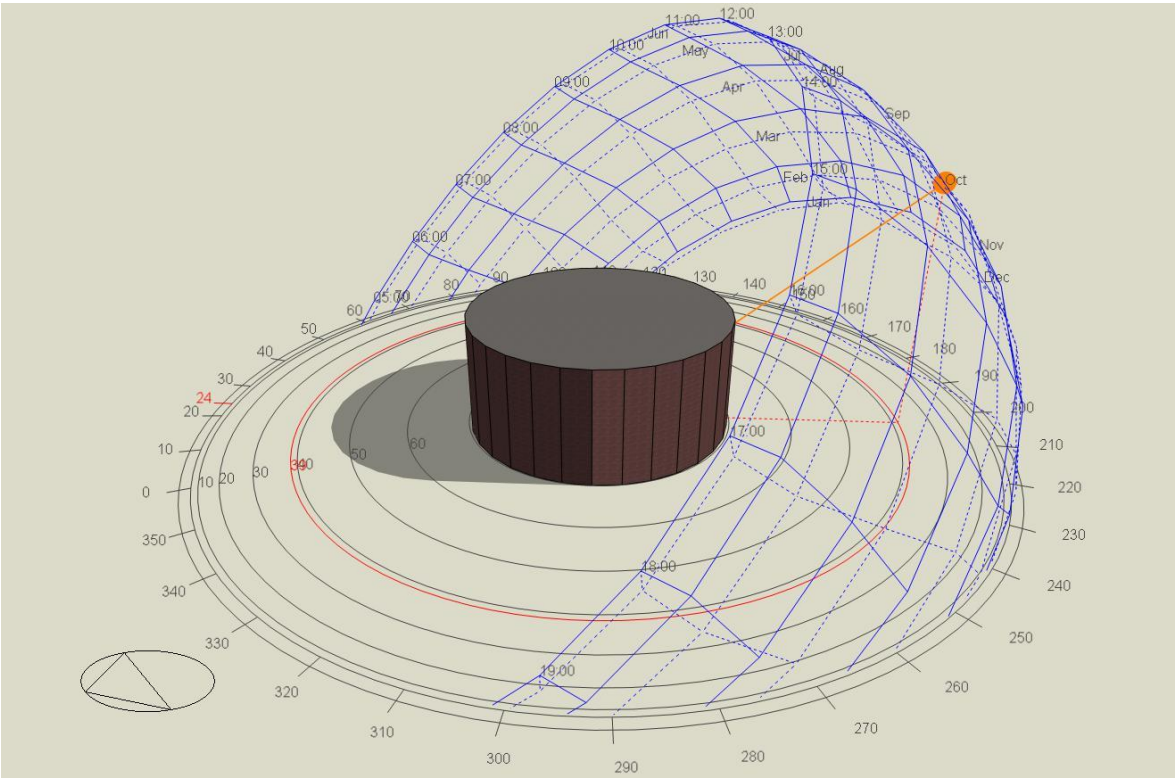


Şekil 4.8. Üçgen geometrik – Üçgen organik – Üçgen deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

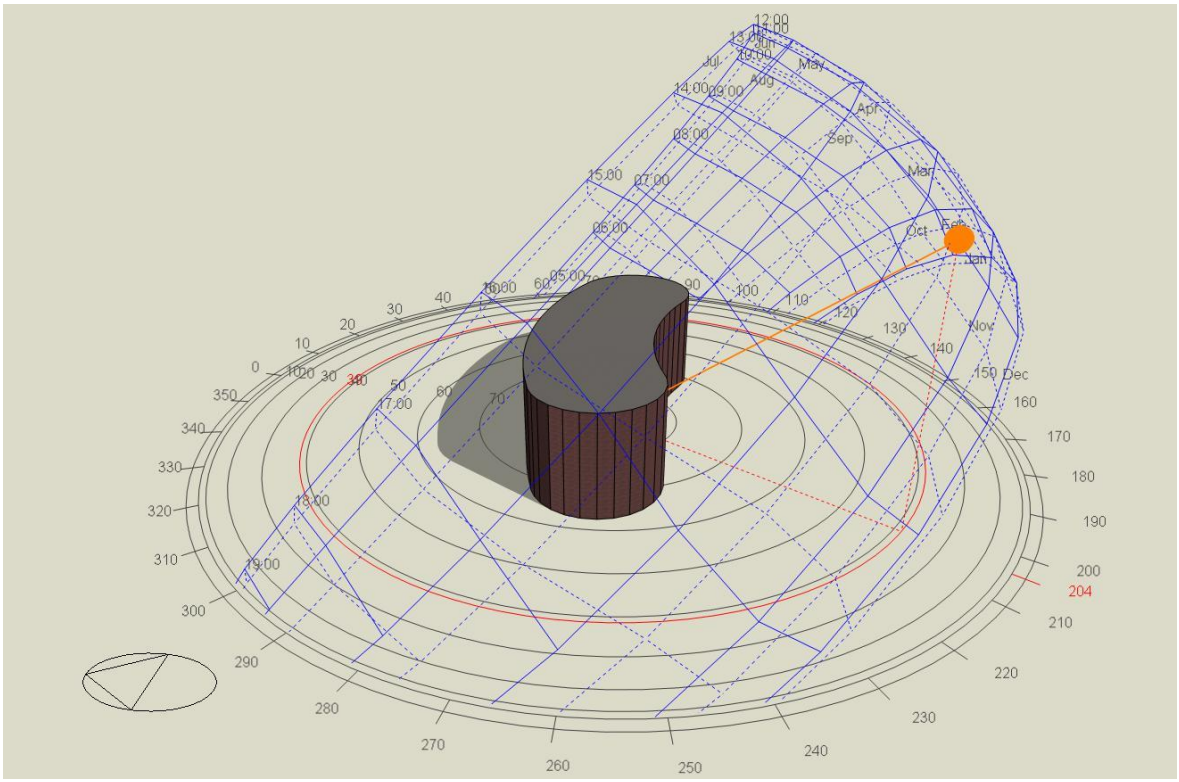
4.4.3. Tip 3 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 3 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan daire geometrik form, daire geometrik formdan türetilmiş organik form ve daire geometrik formun yüzeyinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

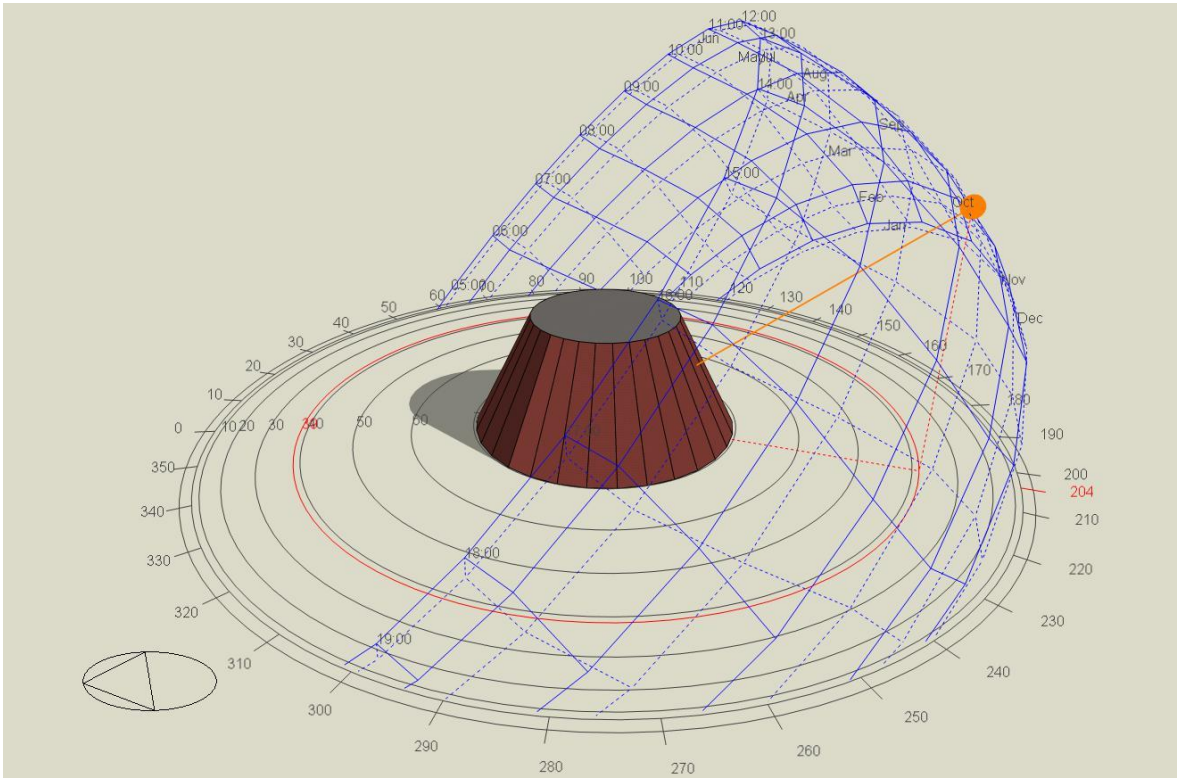
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



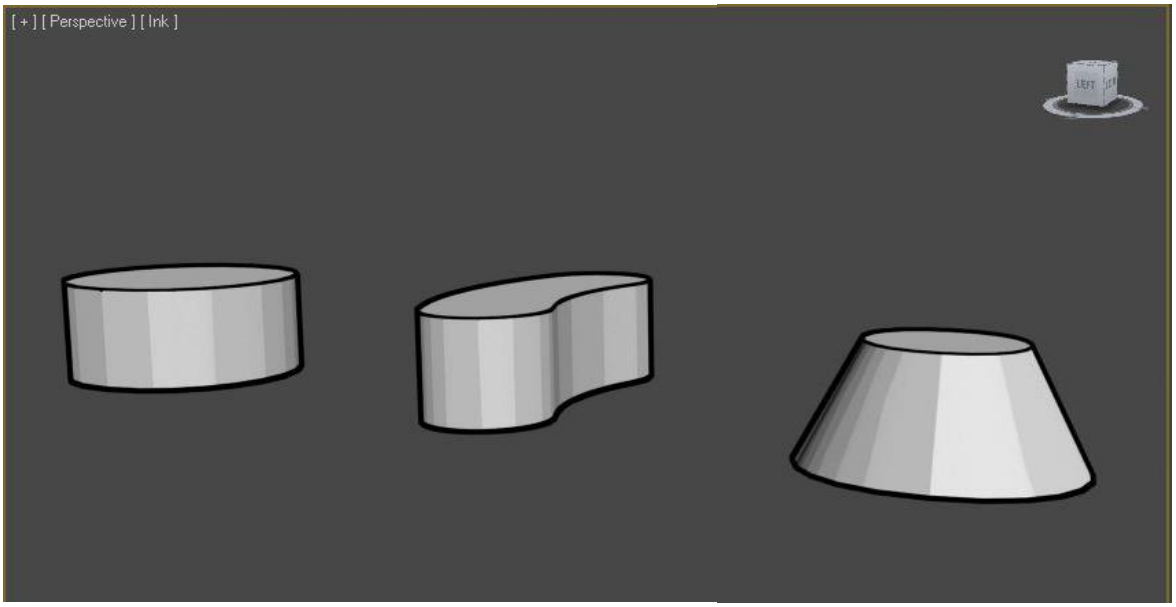
Resim 4.30. Güneş yörüngesi içerisinde daire geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.31. Güneş yörüngesi içerisinde daire organik formu gösteren çalışma ekranı



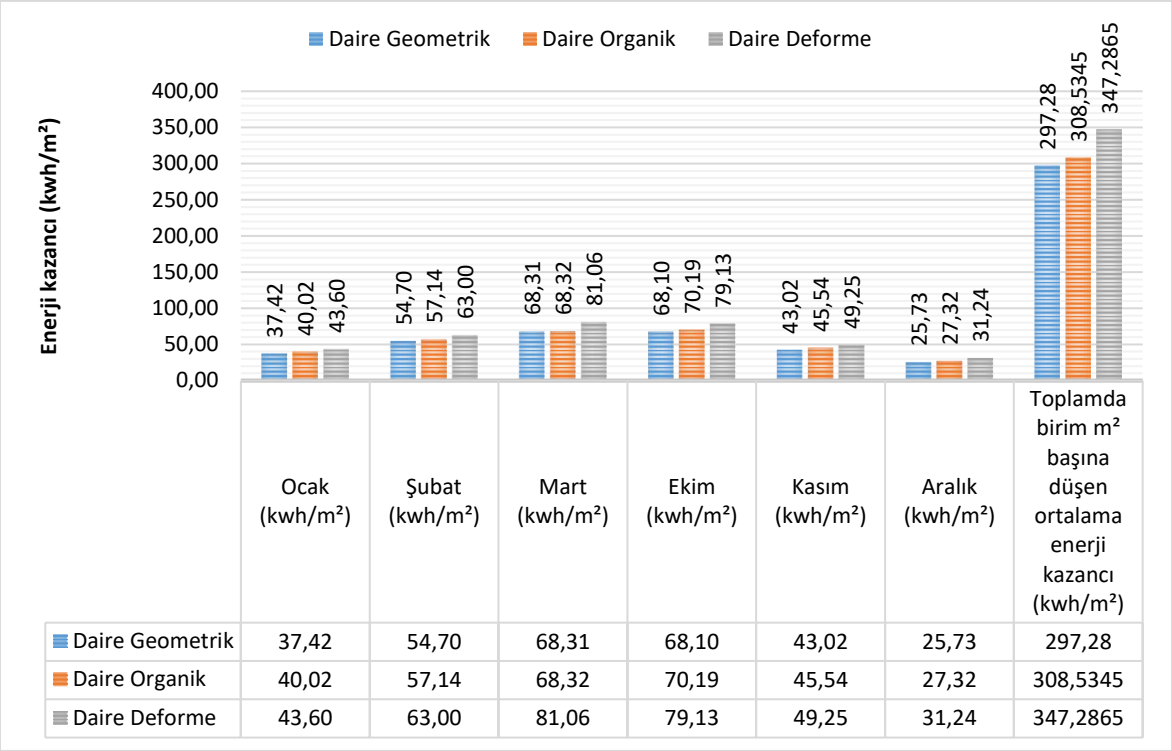
Resim 4.32. Güneş yörüngesi içerisinde daire deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.33. Daire geometrik form – Türetilmiş organik form – Cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme form

Çizelge 4.5. Daire geometrik – Daire organik – Daire deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
Daire ***Geometrik***	901,297	1599,29	59841	87480	109245	108916	68806	41149	475437	297,2800
Daire ***Organik***	902,522	1929,93	77231	110268	131851	135471	87888	52722	595450	308,5345
Daire ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	901,297	1391,79	60679	87683	112823	110133	68547	43484	483350	347,2865



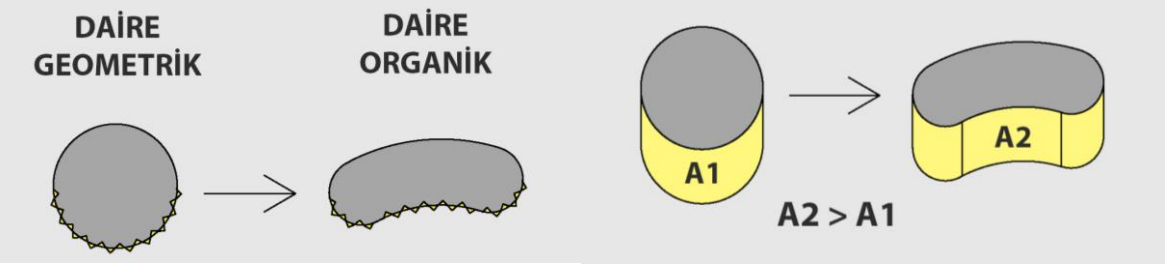
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
Daire Geometrik	37,42	54,70	68,31	68,10	43,02	25,73	297,28
Daire Organik	40,02	57,14	68,32	70,19	45,54	27,32	308,5345
Daire Deforme	43,60	63,00	81,06	79,13	49,25	31,24	347,2865

Şekil 4.9. Daire geometrik – Daire organik – Daire deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, asal geometrik daire formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 475437 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 297,280043 kwh/m² olmaktadır.

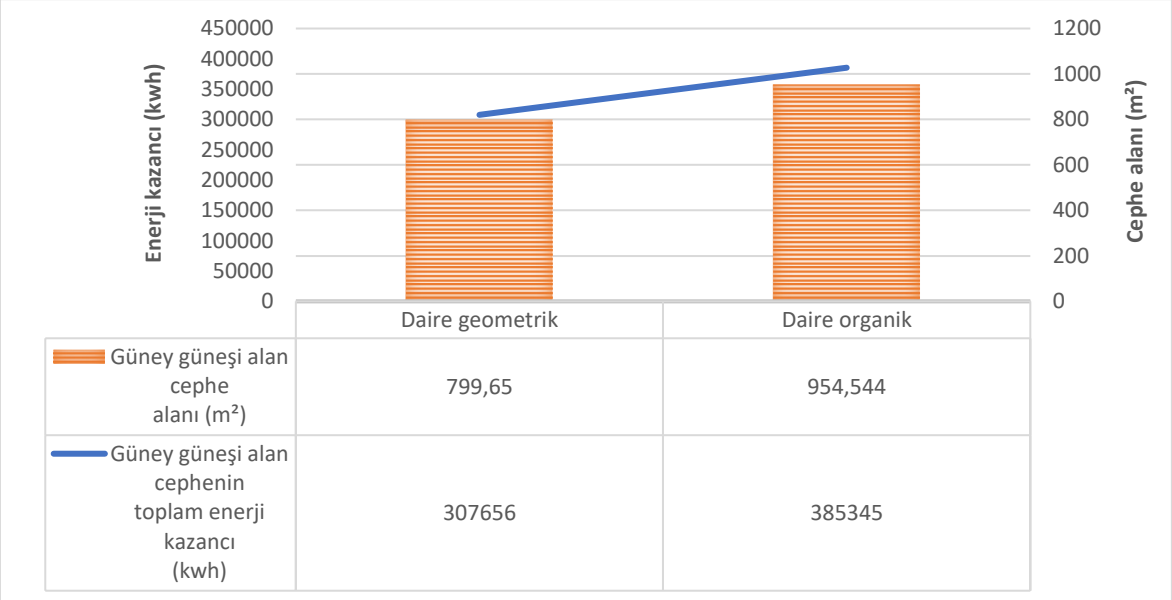
Geometrik daire formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 595450 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 308,5345064 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik daire formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla yüzeylerinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 483350 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 347,2865878 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.34. Daire geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

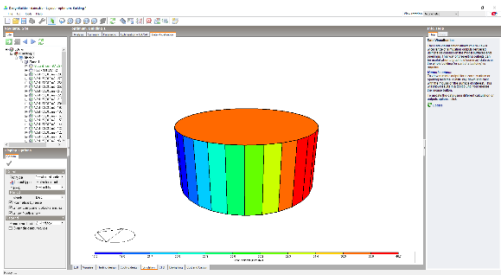
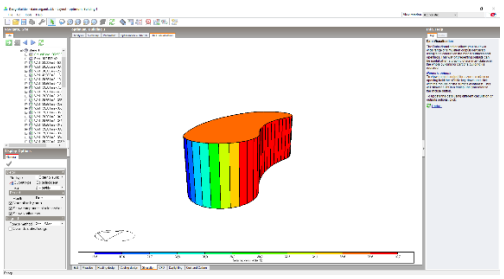
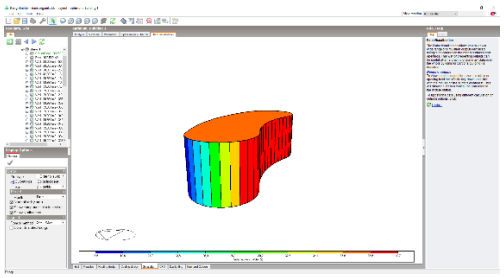
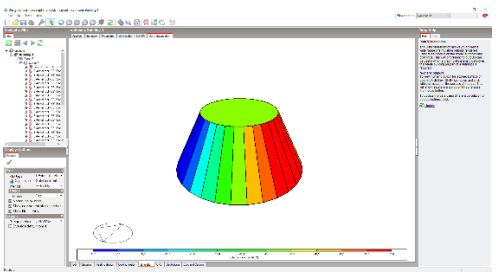
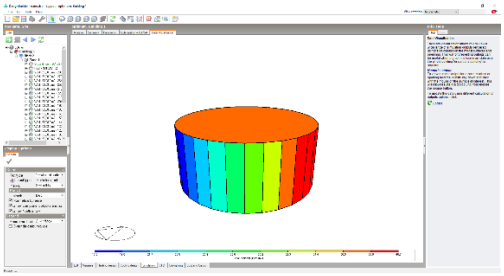
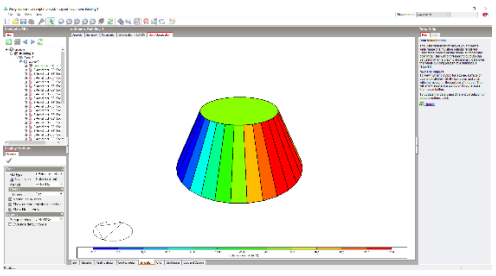
Geometrik daire formun güneye bakan cephe alanı 799,65 m² iken, güneş kazanımını artırmak amaçlı formun yüzeyinin güney yönünde genişletilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 954,544 m²'dir. Bu durumda geometrik daire formun güney cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 307656 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 385345 kwh olmaktadır (Şekil 4.10).



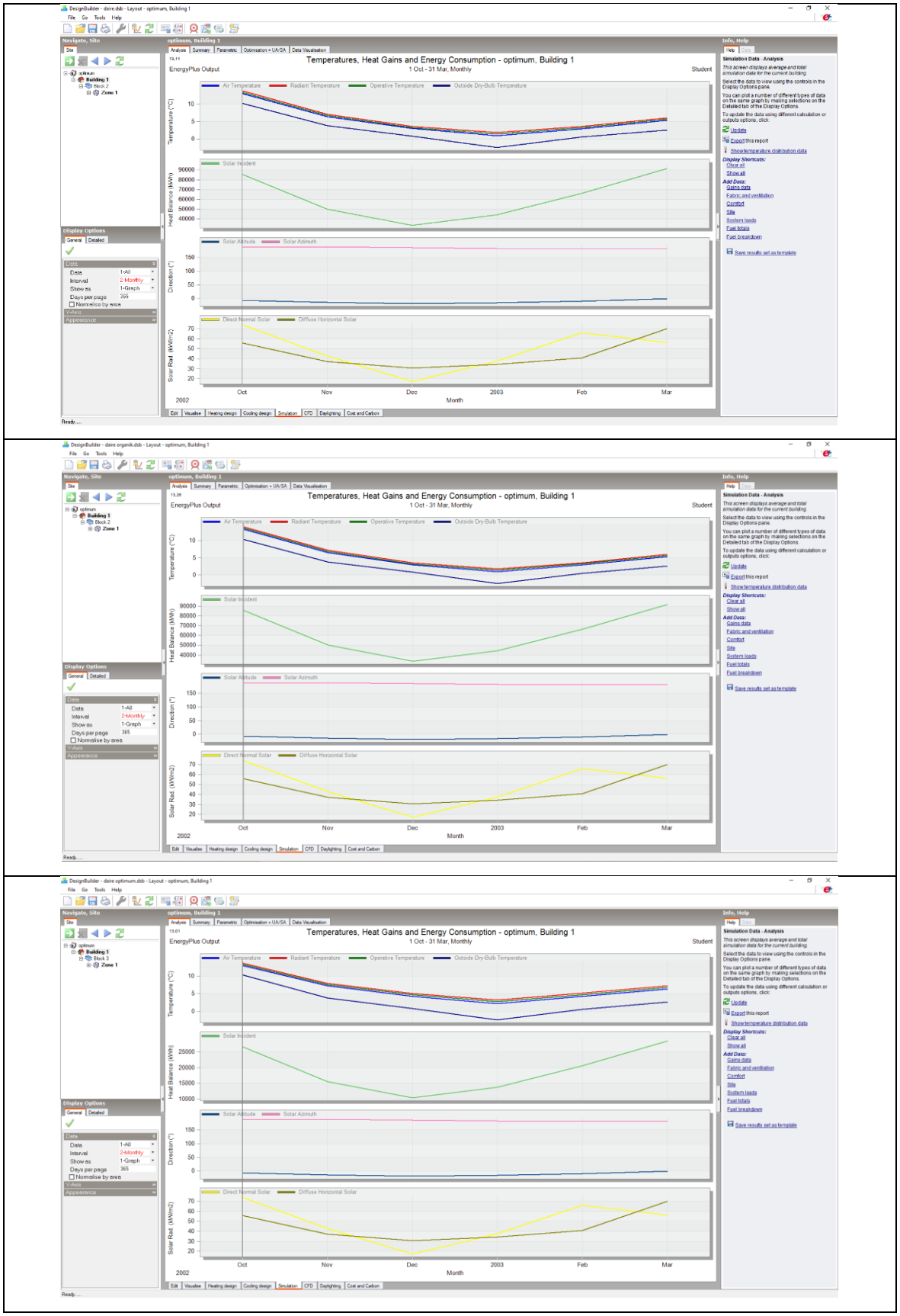
Şekil 4.10. Daire geometrik ve daire organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, geometrik formun yüzeyleri güneşin geliş açısına göre koni şeklinde düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, geometrik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Daire geometrik – Daire organik – Daire deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

Daire geometrik form (A)	*Daire organik form (B)*	*A'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%3,79**
		
Daire organik form (B)	*Daire deforme organik form (C)*	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%12,56**
		
Daire geometrik form (A)	Daire deforme organik form (C)	A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi **%16,82**
		

Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; daire geometrik forma oranla daire organik formun enerji kazancı %3,79 ve daire organik forma oranla daire deforme formun enerji kazancı ise %12,56 artış göstermektedir. Daire deforme formun daire geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %16,82 olmaktadır (Çizelge 4.6).

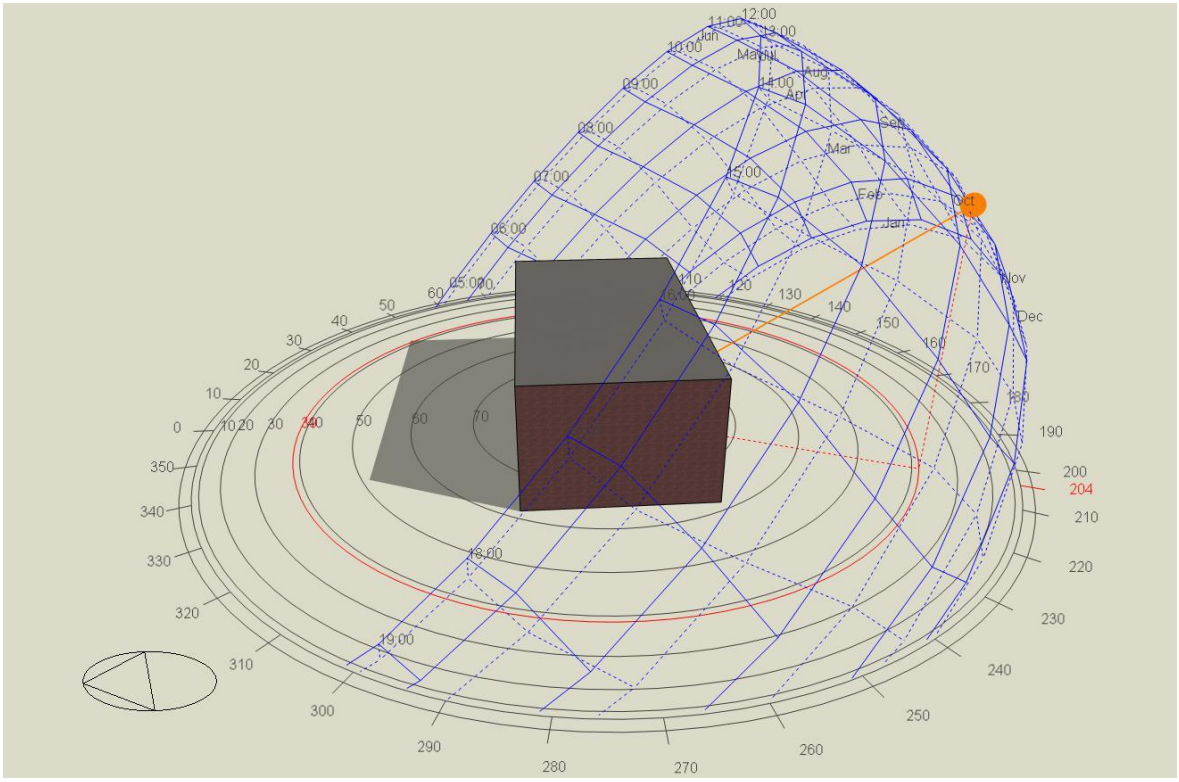


Şekil 4.11. Daire geometrik – Daire organik – Daire deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

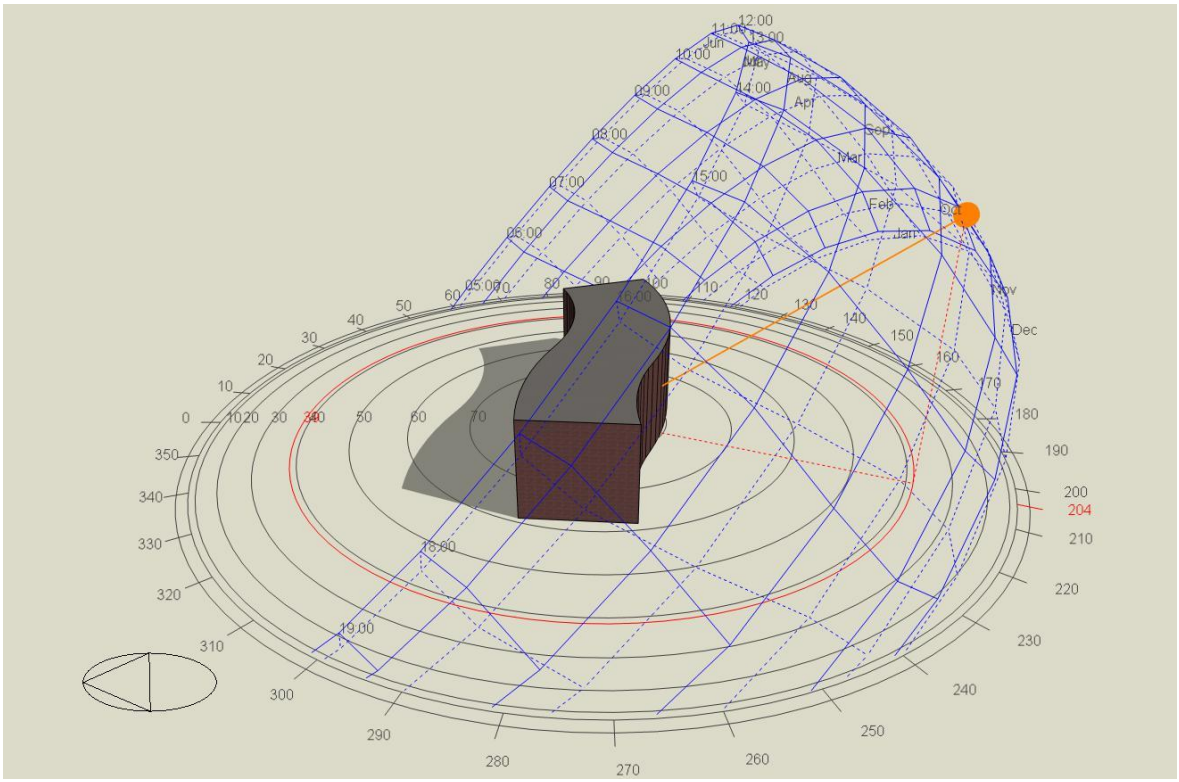
4.4.4. Tip 4 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 4 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan dikdörtgen geometrik form, dikdörtgen geometrik formdan türetilmiş organik form ve bu formun güneye yönlenen cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

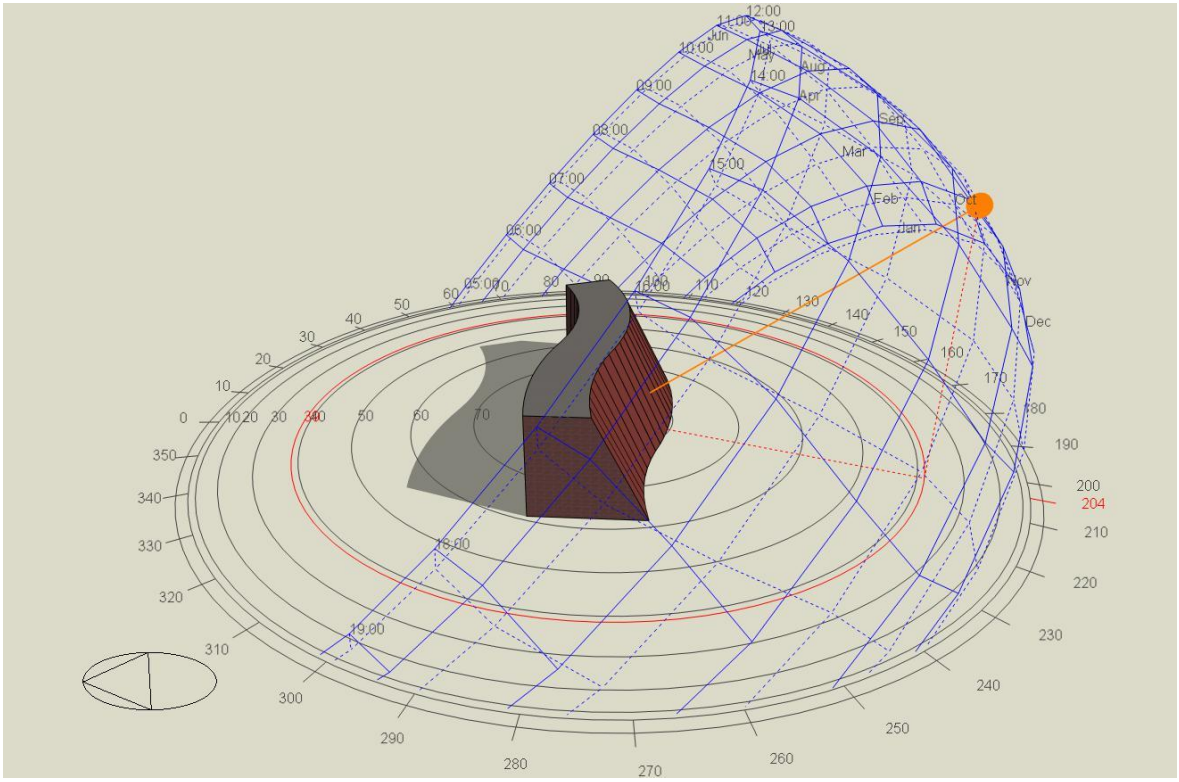
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



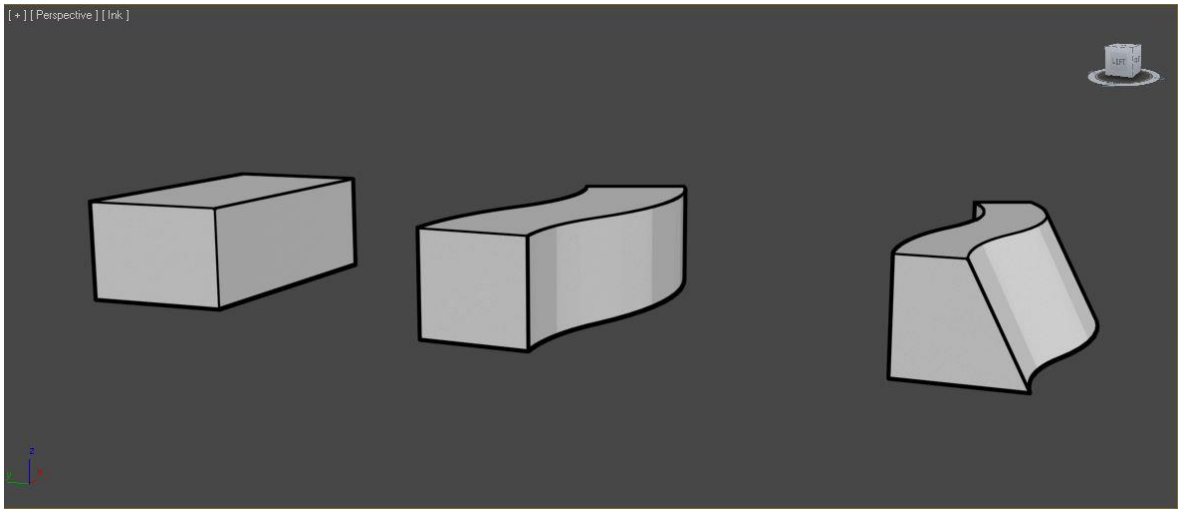
Resim 4.35. Güneş yörüngesi içerisinde dikdörtgen geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.36. Güneş yörüngesi içerisinde dikdörtgen organik formu gösteren çalışma ekranı



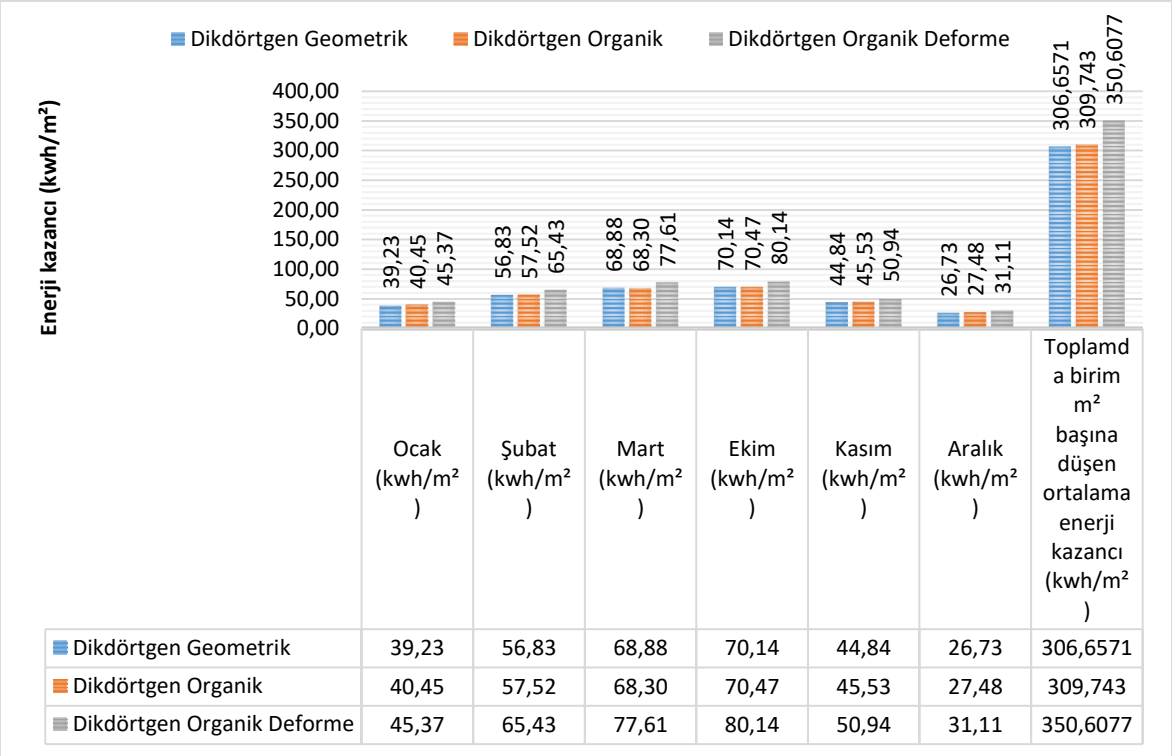
Resim 4.37. Güneş yörüngesi içerisinde dikdörtgen deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.38. Dikdörtgen geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form

Çizelge 4.7. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
Dikdörtgen ***Geometrik***	902	1890	74147	107404	130185	132572	84755	50519	579582	306,6571
Dikdörtgen ***Organik***	900,899	2173,03	87901	124982	148422	153124	98937	59715	673081	309,7430
Dikdörtgen ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	899,62	2136,69	96943	139807	165822	171243	108847	66478	749140	350,6077



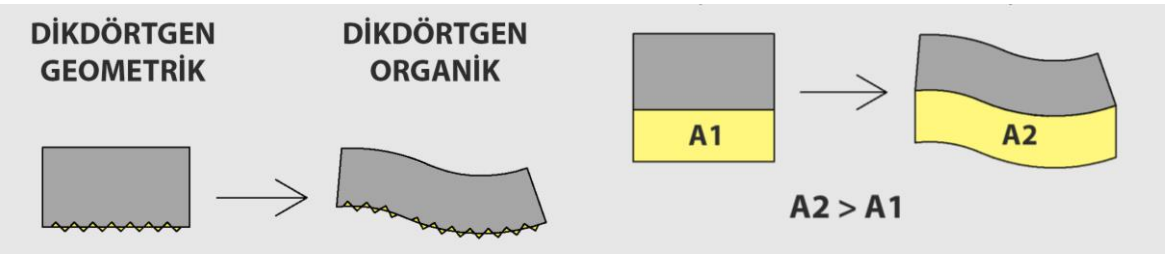
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
Dikdörtgen Geometrik	39,23	56,83	68,88	70,14	44,84	26,73	306,6571
Dikdörtgen Organik	40,45	57,52	68,30	70,47	45,53	27,48	309,743
Dikdörtgen Organik Deforme	45,37	65,43	77,61	80,14	50,94	31,11	350,6077

Şekil 4.12. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, geometrik dikdörtgen formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 579582 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 306,6571429 kwh/m² olmaktadır.

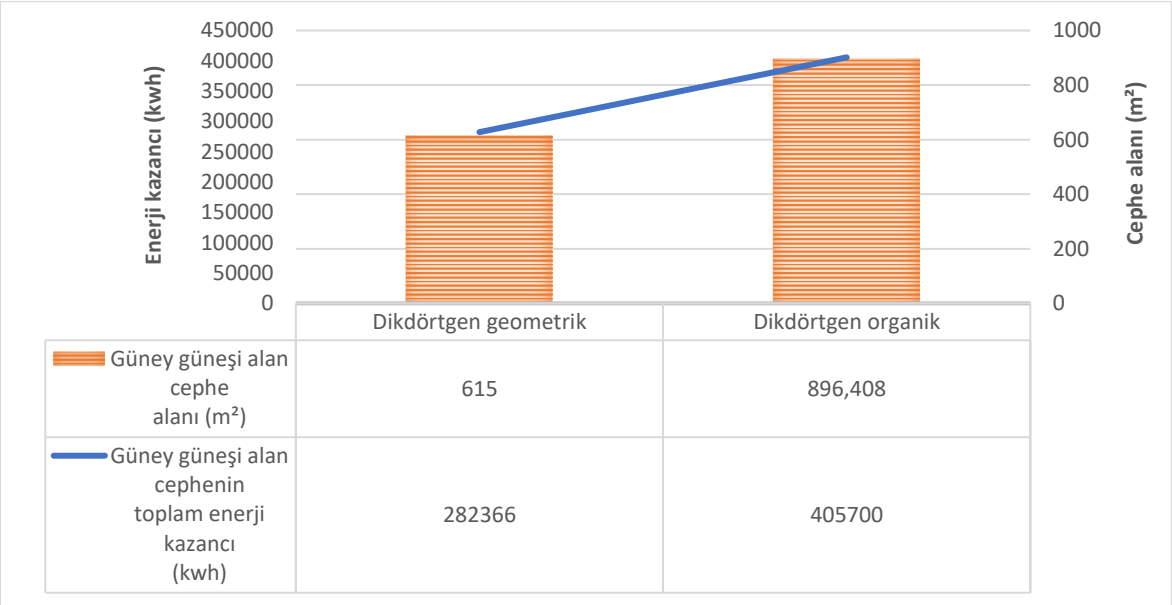
Geometrik dikdörtgen formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 673081 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 309,7430776 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik dikdörtgen formdan türetilen organik formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla güney cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 749140 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 350,6077157 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.39. Dikdörtgen geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

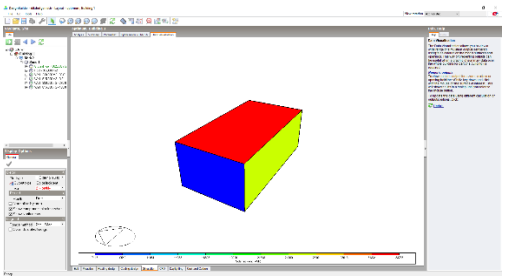
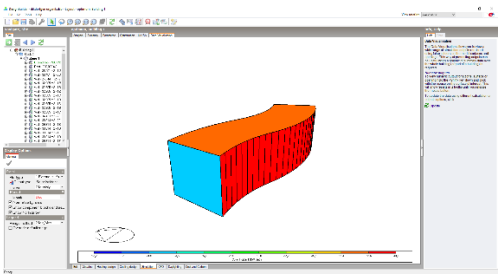
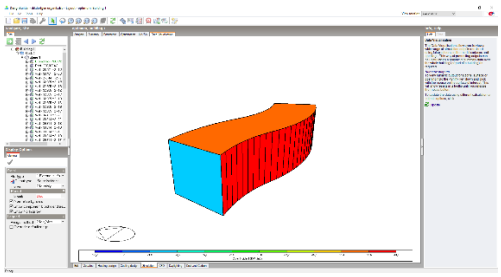
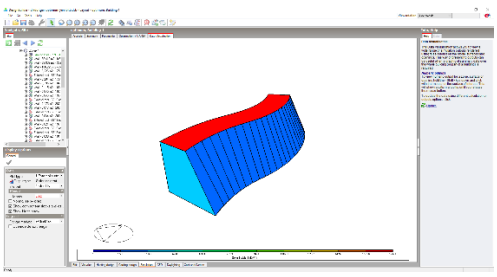
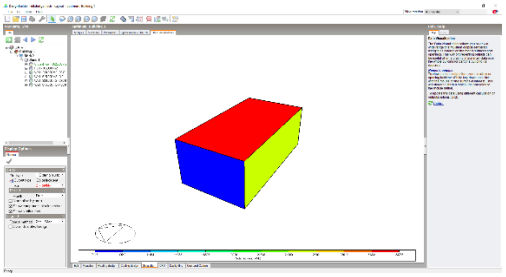
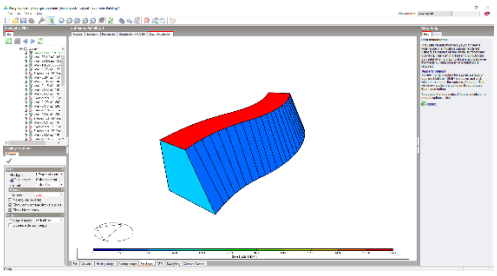
Geometrik dikdörtgen formun güneye bakan cephe alanı 615 m² iken, güneş kazanımını artırmak amaçlı formun yüzeylerinin güney yönünde genişletilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 896,408 m²'dir. Bu durumda geometrik dikdörtgen formun güney cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 282366 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 405700 kwh olmaktadır (Şekil 4.13).



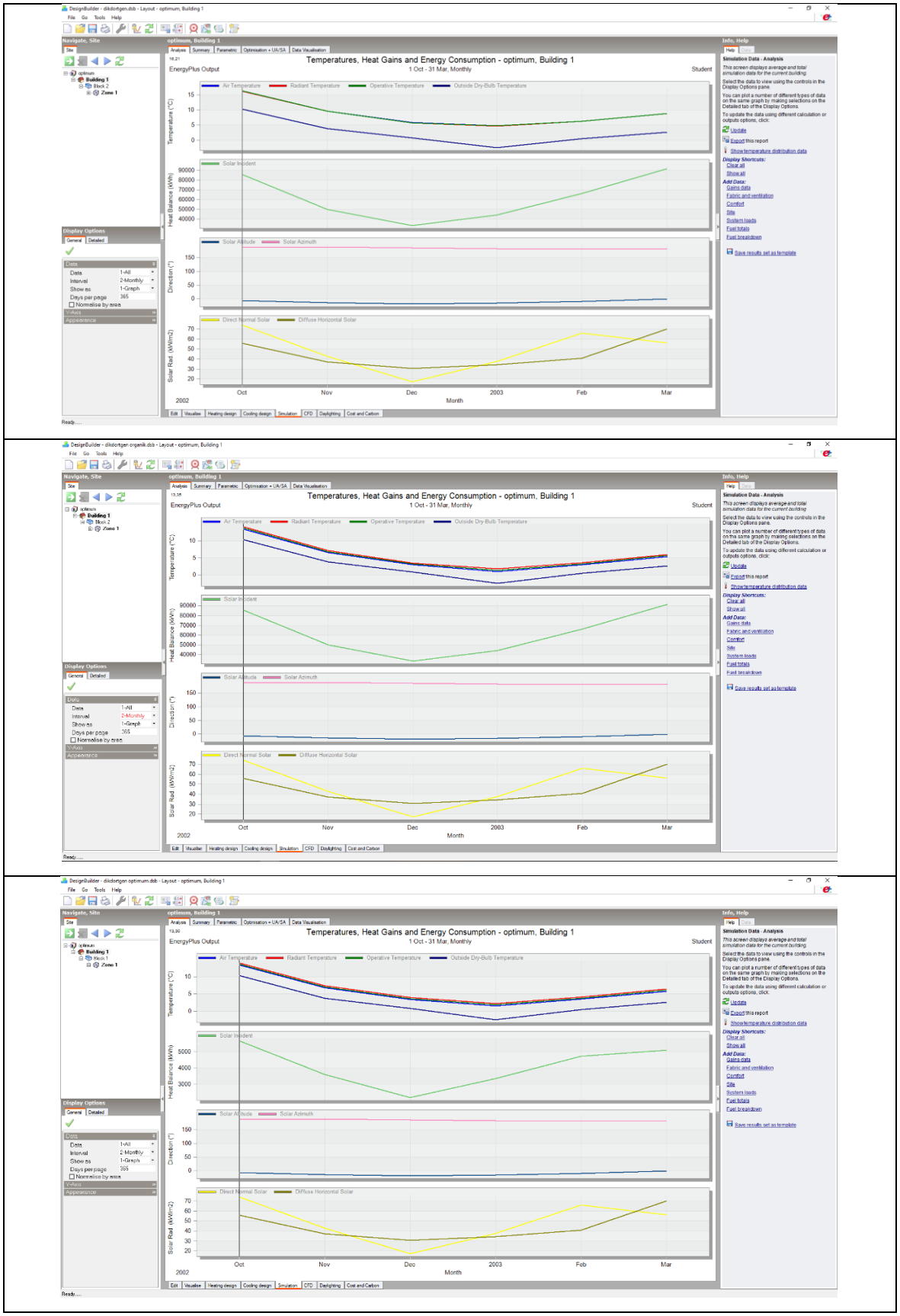
Şekil 4.13. Dikdörtgen geometrik ve dikdörtgen organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, organik formun güneye bakan yüzeyi güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, organik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun güney cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

Dikdörtgen geometrik form (A) 	*Dikdörtgen organik form (B)* 	*A'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%1,01**
Dikdörtgen organik form (B) 	*Dikdörtgen deforme organik form (C)* 	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%13,19**
Dikdörtgen geometrik form (A) 	*Dikdörtgen deforme organik form (C)* 	*A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%14,33**

Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; dikdörtgen geometrik forma oranla dikdörtgen organik formun enerji kazancı %1,01 ve dikdörtgen organik forma oranla dikdörtgen deforme organik formun enerji kazancı ise %13,19 artış göstermektedir. Dikdörtgen deforme organik formun dikdörtgen geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %14,33 olmaktadır (Çizelge 4.8).

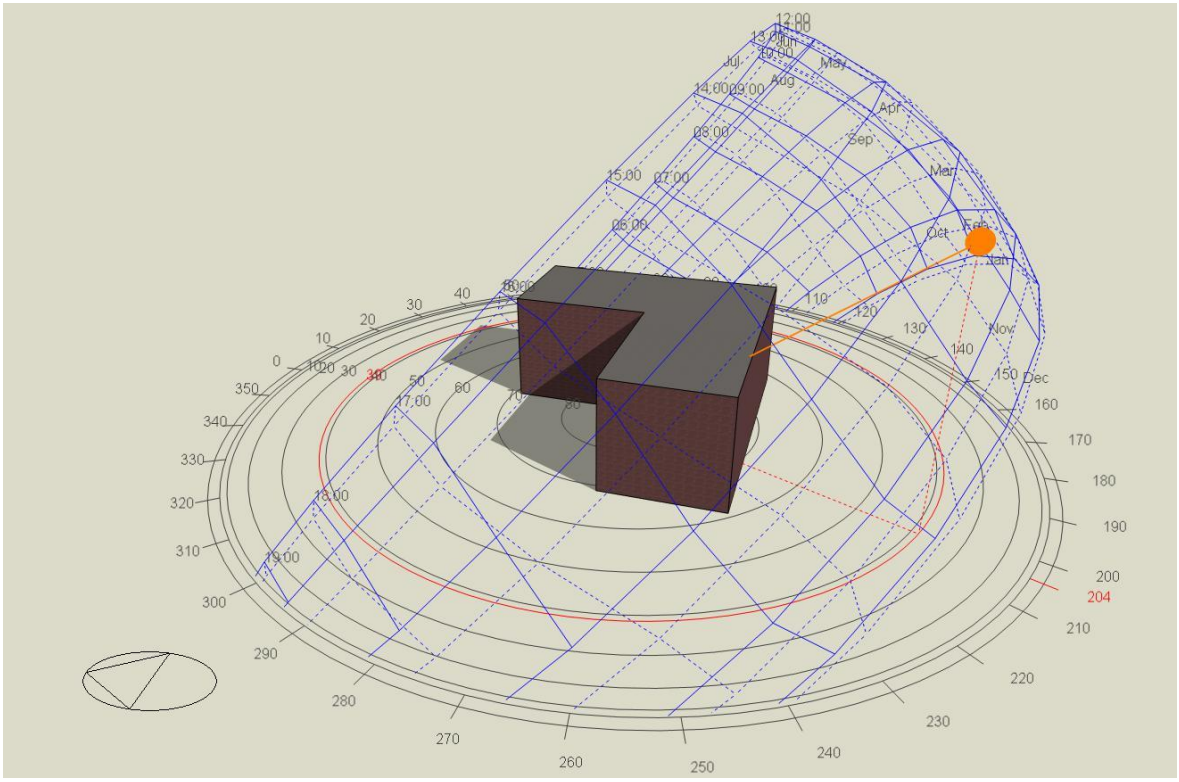


Şekil 4.14. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

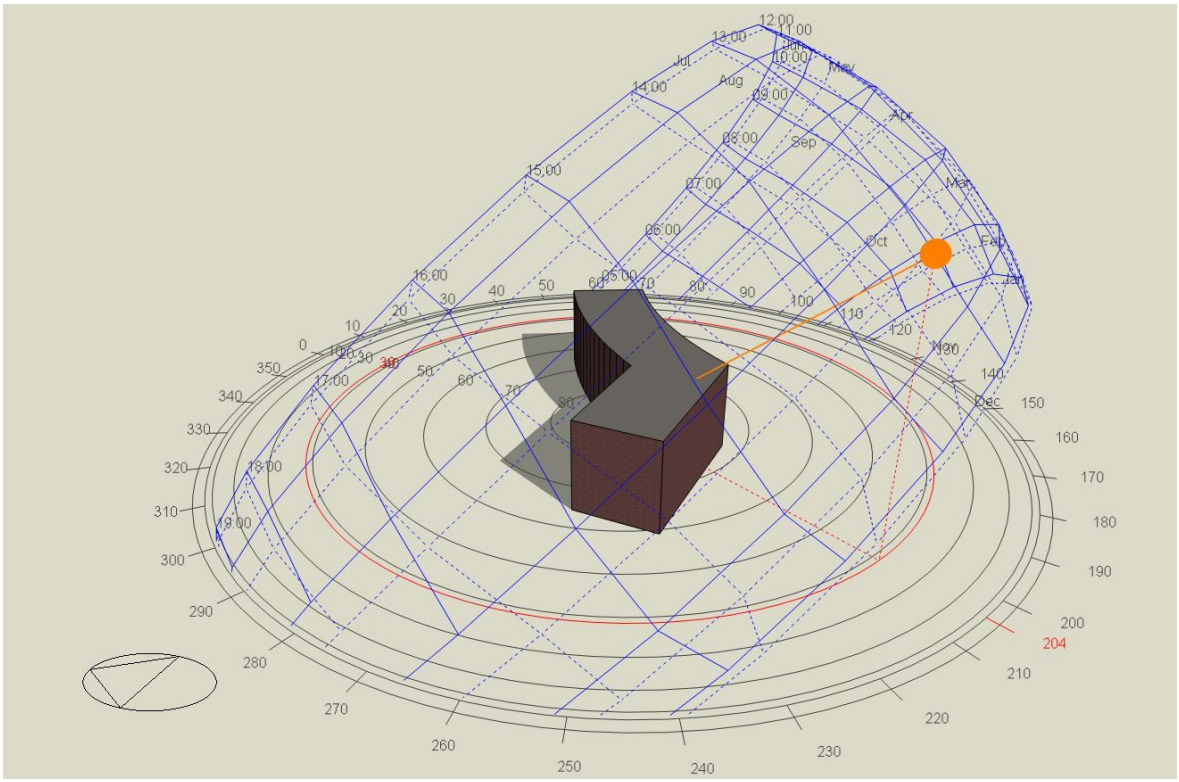
4.4.5. Tip 5 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 5 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan L tipi geometrik form, L tipi geometrik formdan türetilmiş organik form ve bu formun güneye yönlenen cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

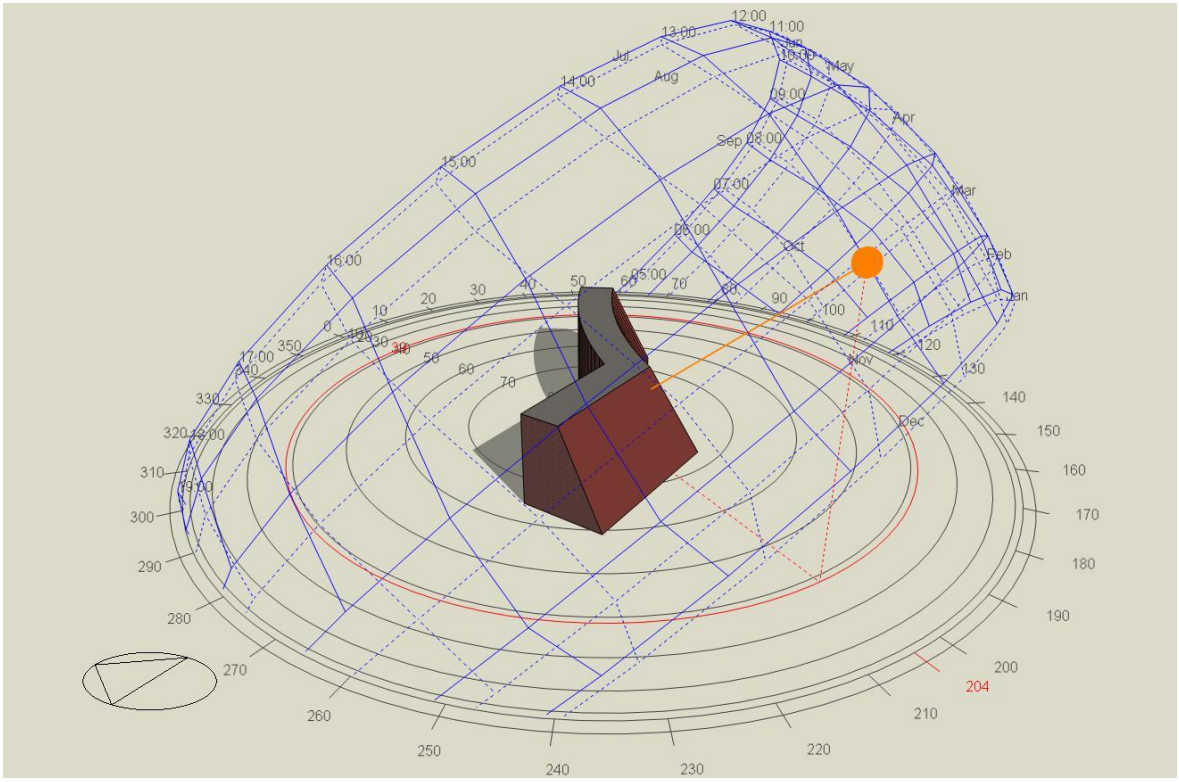
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



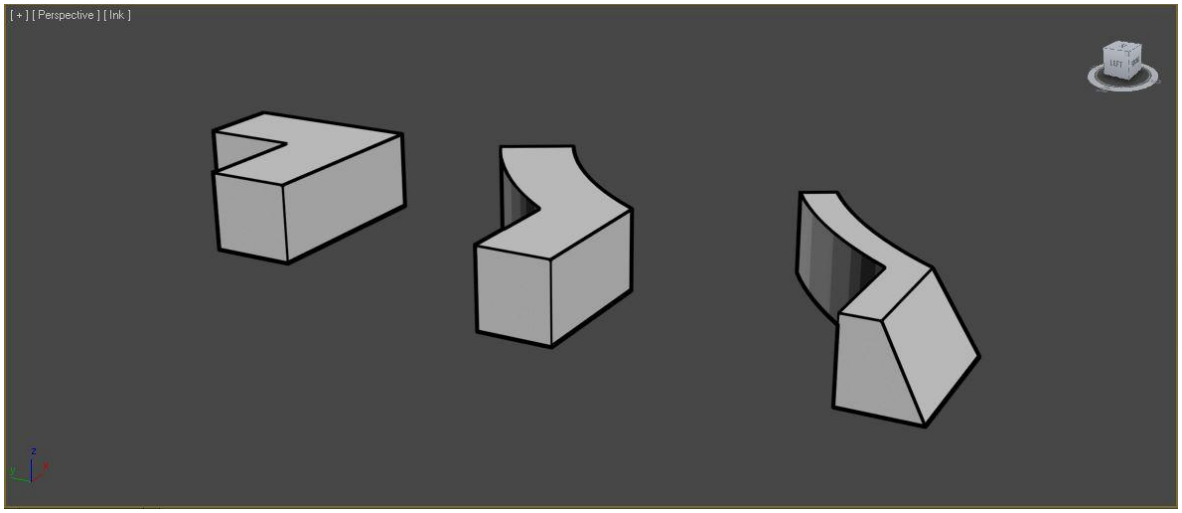
Resim 4.40. Güneş yörüngesi içerisinde L tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.41. Güneş yörüngesi içerisinde L tipi organik formu gösteren çalışma ekranı



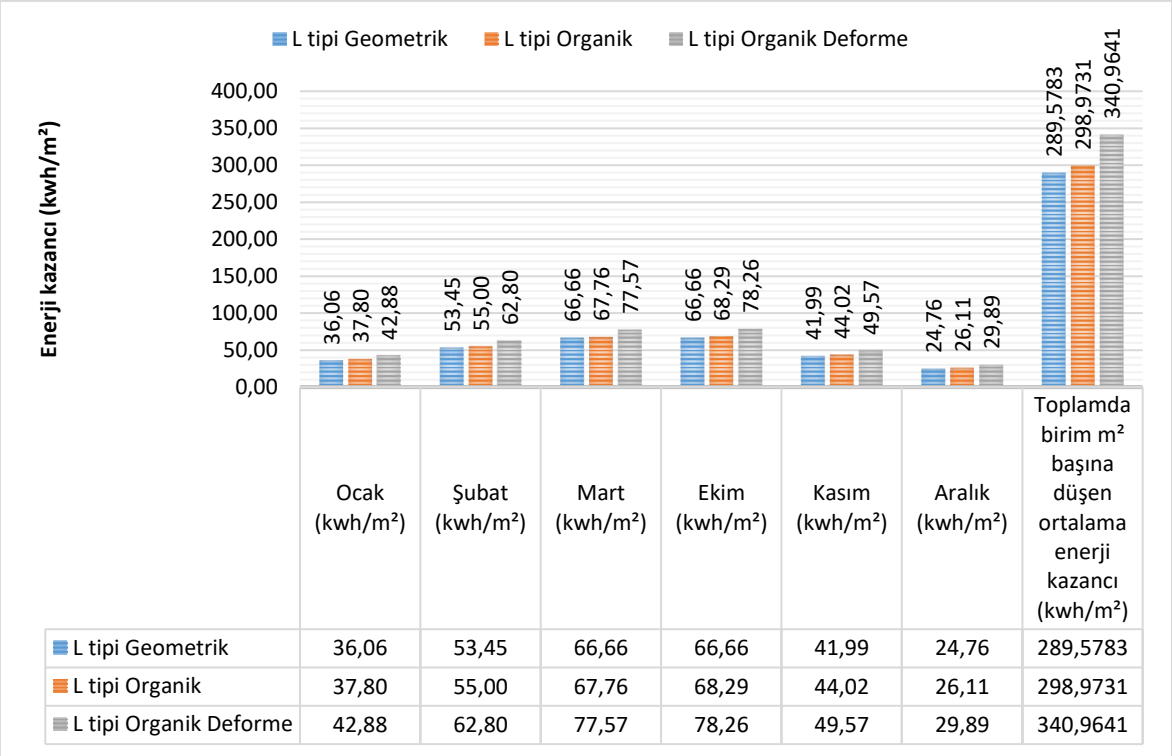
Resim 4.42. Güneş yörüngesi içerisinde L tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.43. L tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form

Çizelge 4.9. L tipi geometrik – L tipi organik – L tipi deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
L tipi ***Geometrik***	904	2175	78429	116252	144992	144975	91332	53853	629833	289,5783
L tipi ***Organik***	903,093	2355,85	89040	129572	159642	160882	103699	61501	704336	298,9731
L tipi ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	902,669	2326,79	99770	146113	180486	182106	115336	69541	793352	340,9641



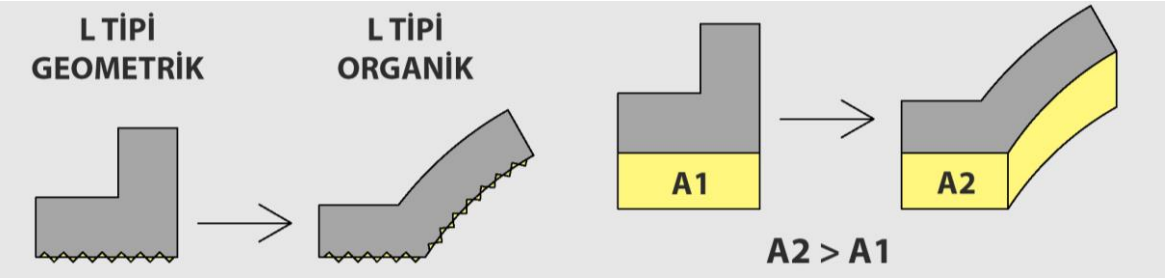
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
L tipi Geometrik	36,06	53,45	66,66	66,66	41,99	24,76	289,5783
L tipi Organik	37,80	55,00	67,76	68,29	44,02	26,11	298,9731
L tipi Organik Deforme	42,88	62,80	77,57	78,26	49,57	29,89	340,9641

Şekil 4.15. L tipi geometrik – L tipi organik – L tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, ara varyasyon geometrik L tipi formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 629833 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 289,5783908 kwh/m² olmaktadır.

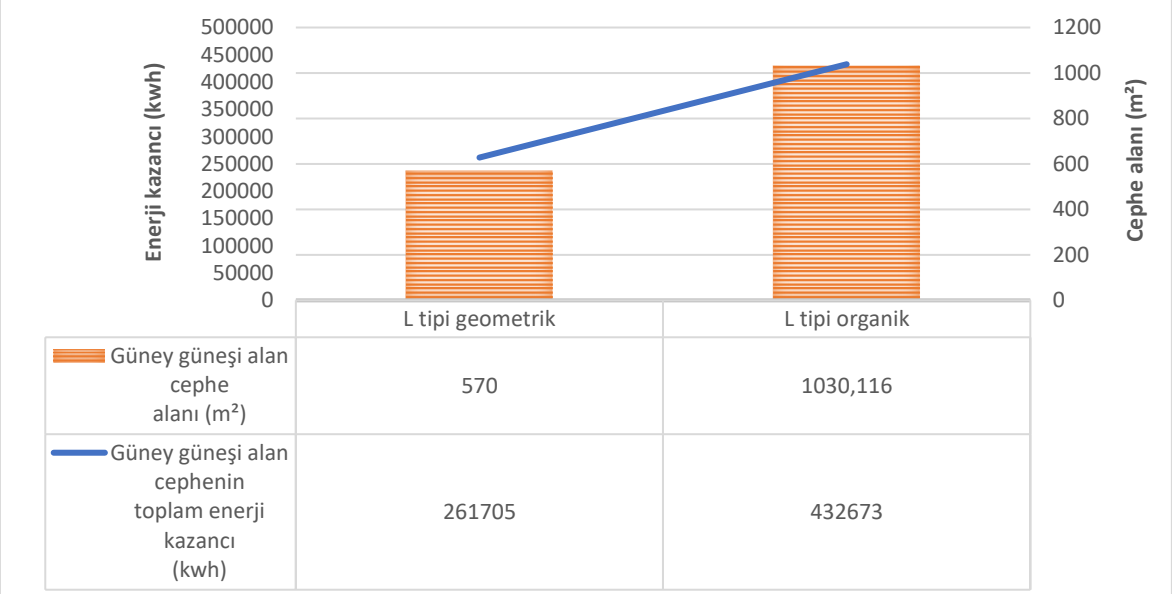
Geometrik L tipi formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 704336 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 298,9731944 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik L tipi formdan türetilen organik formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla güney cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 793352 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 340,9641609 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.44. L tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

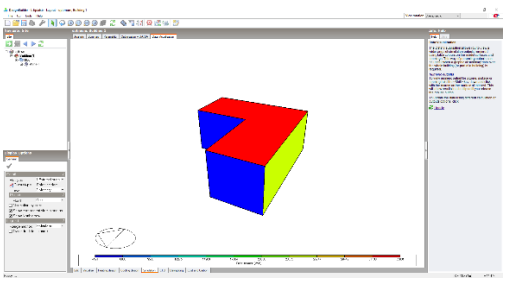
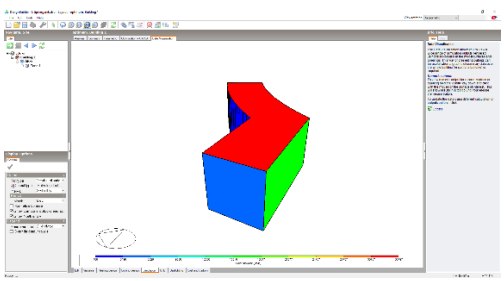
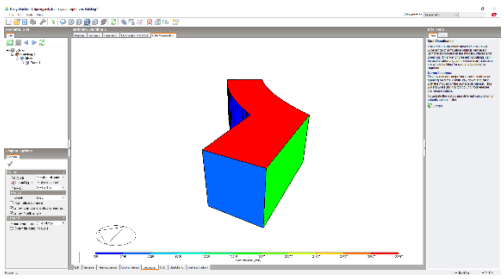
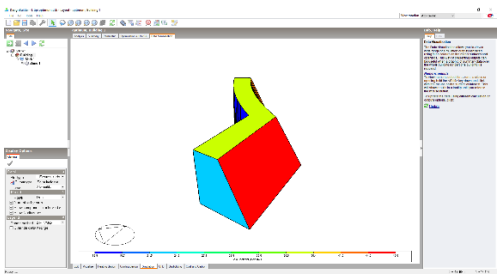
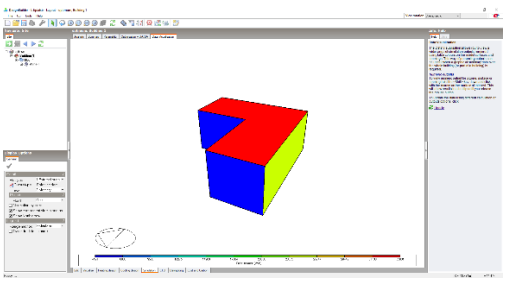
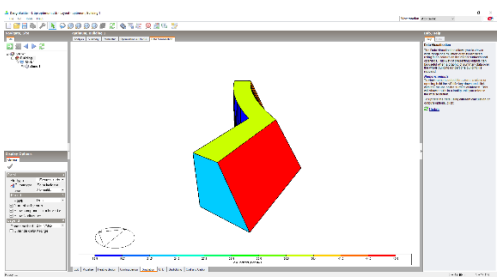
Geometrik L tipi formun güneye bakan cephe alanı 570 m² iken, güneş kazanımını artırmak amaçlı formun yüzeylerinin güney yönünde genişletilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 1030,116 m²'dir. Bu durumda geometrik L tipi formun güney cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 261705 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 432673 kwh olmaktadır (Şekil 4.16).



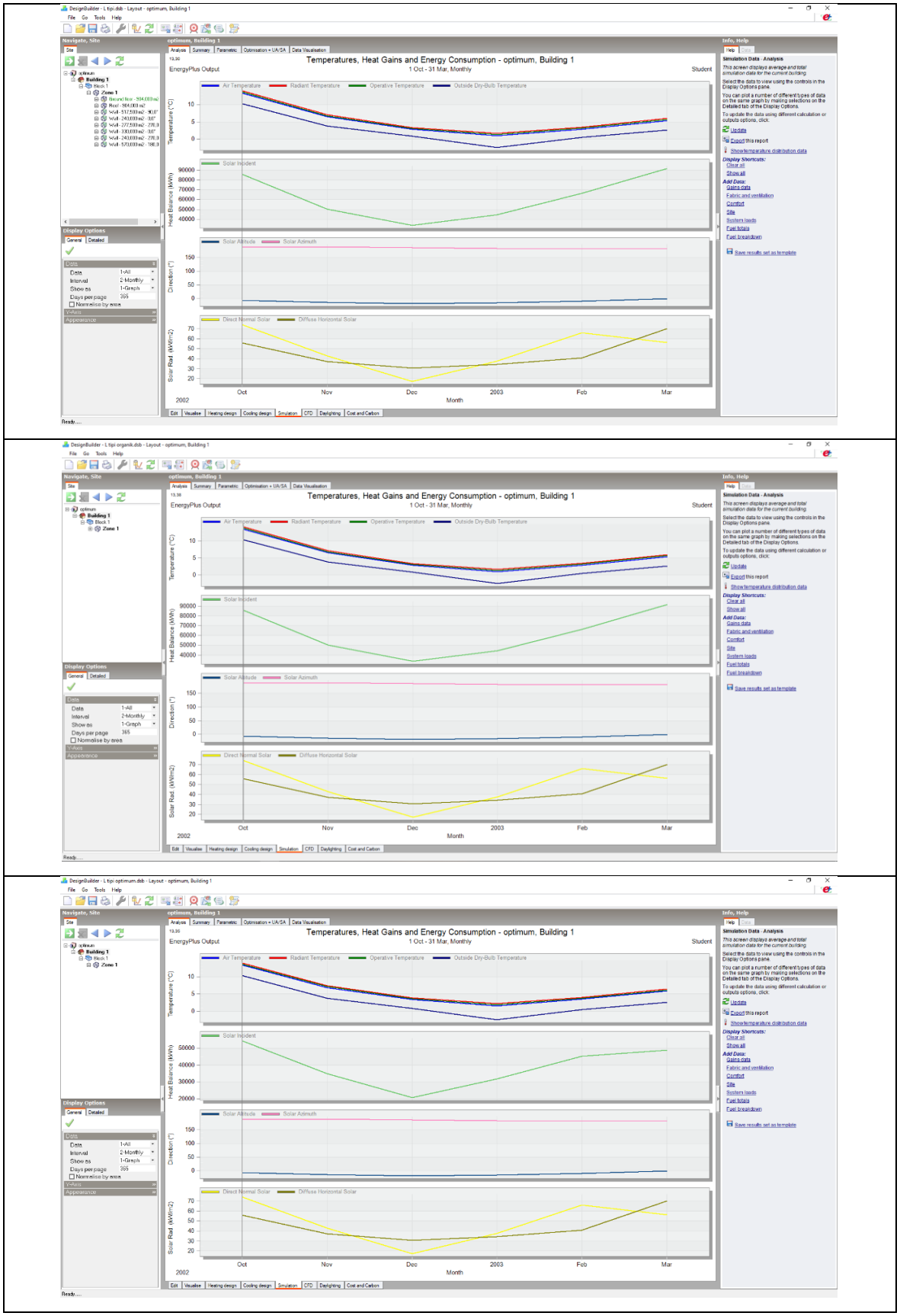
Şekil 4.16. L tipi geometrik ve L tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, organik formun güneye bakan yüzeyi güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, organik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun güney cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. L tipi geometrik – L tipi organik – L tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

L tipi geometrik form (A) 	*L tipi organik form (B)* 	*A'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%3,24**
L tipi organik form (B) 	*L tipi deforme organik form (C)* 	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%14,05**
L tipi geometrik form (A) 	*L tipi deforme organik form (C)* 	*A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%17,75**

Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; L tipi geometrik forma oranla L tipi organik formun enerji kazancı %3,24 ve L tipi organik forma oranla L tipi deforme organik formun enerji kazancı ise %14,05 artış göstermektedir. L tipi deforme organik formun L tipi geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %17,75 olmaktadır (Çizelge 4.10).

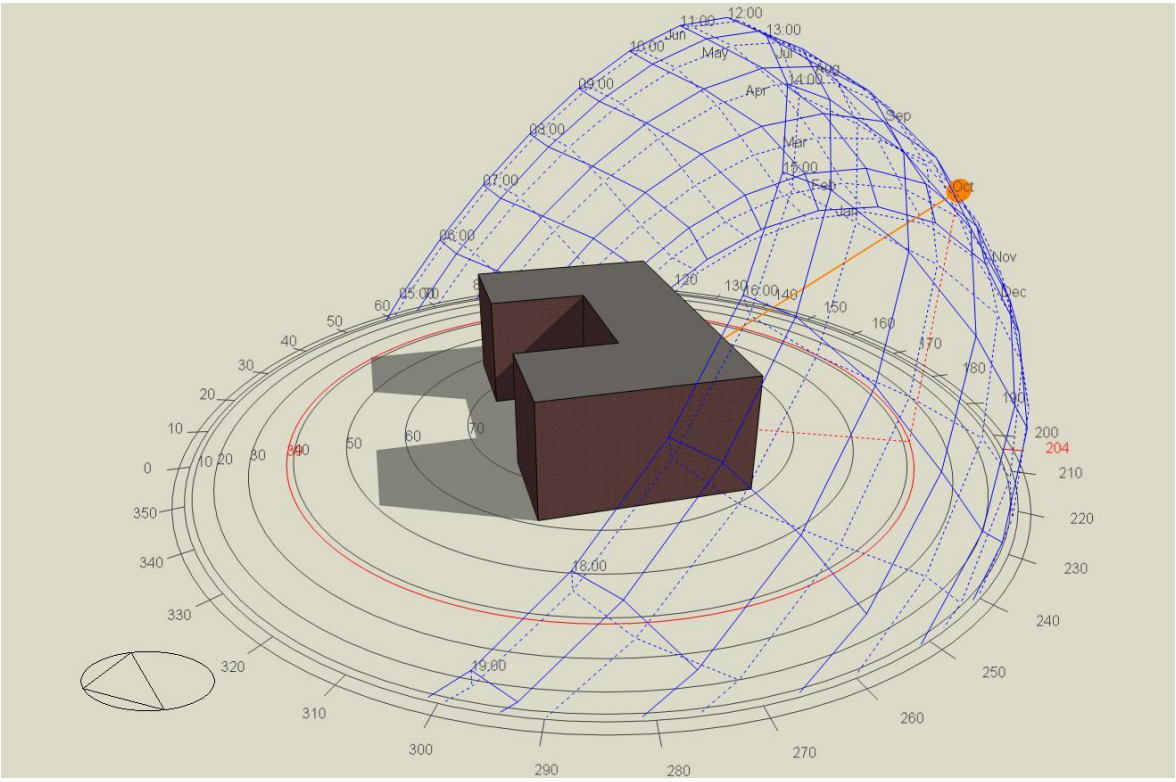


Şekil 4.17. L tipi geometrik – L tipi organik – L tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

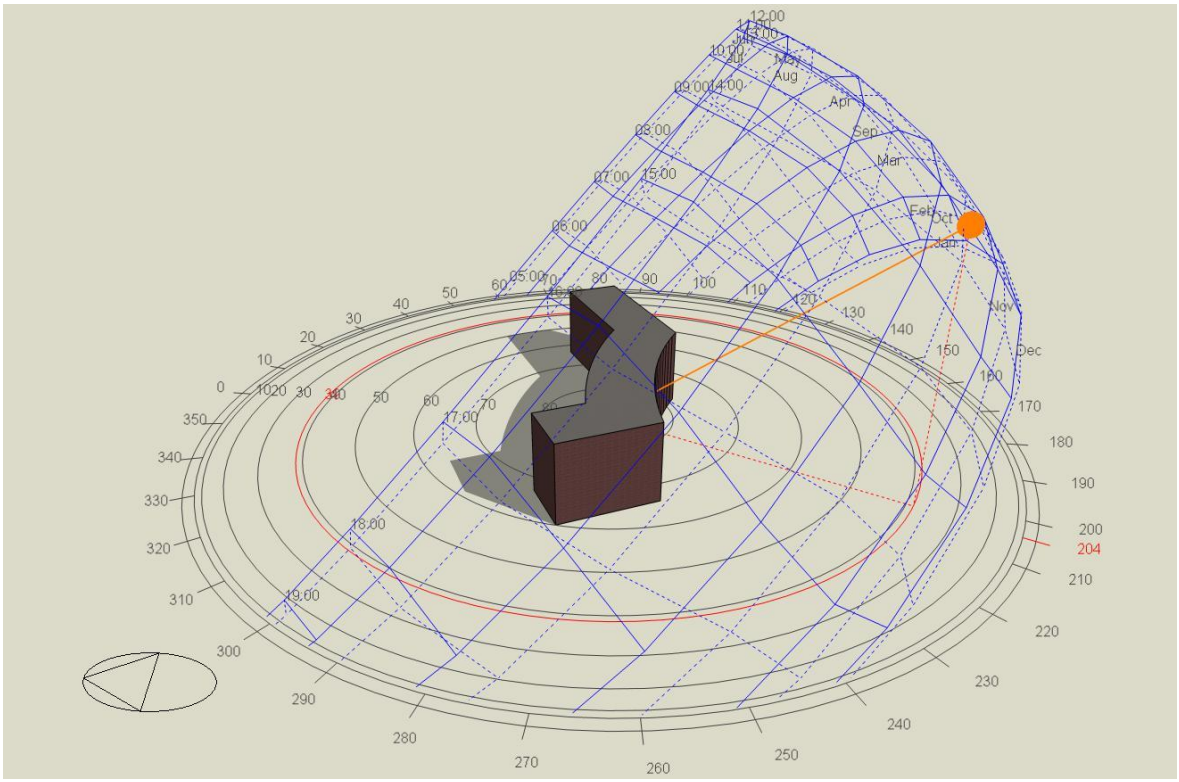
4.4.6. Tip 6 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 6 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan U tipi geometrik form, U tipi geometrik formdan türetilmiş organik form ve bu formun güneye yönlenen cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

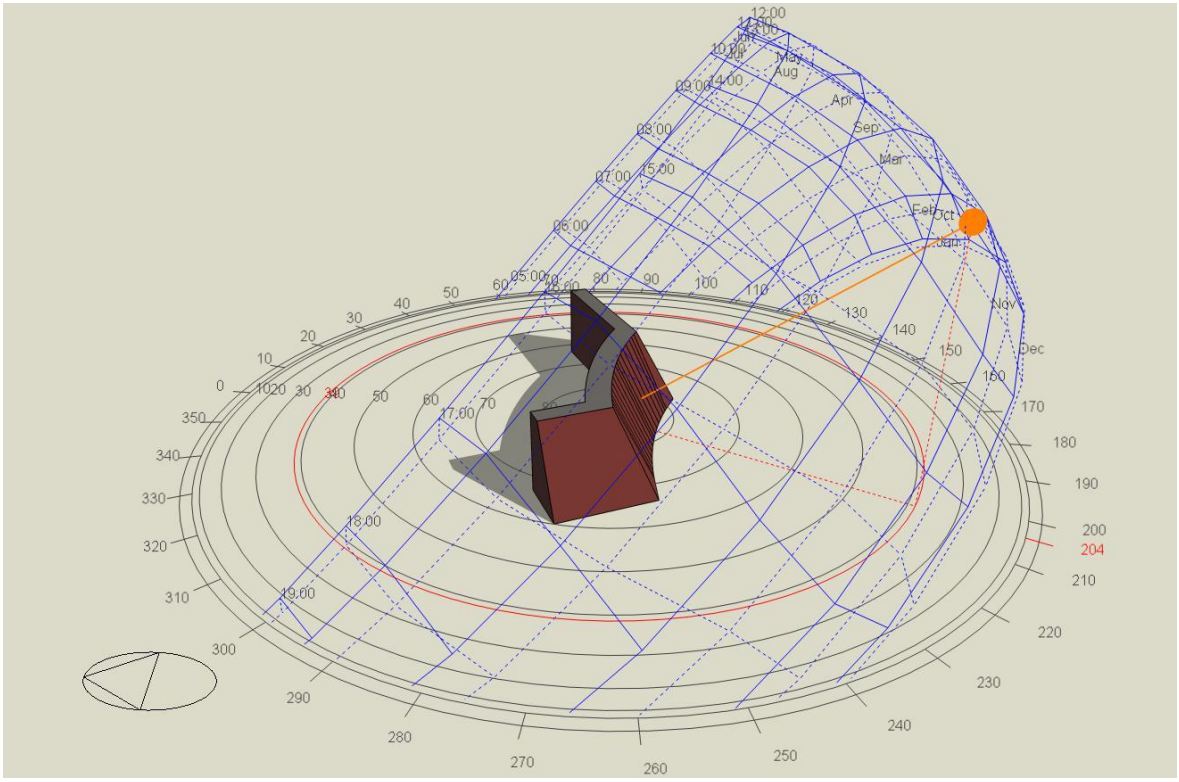
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



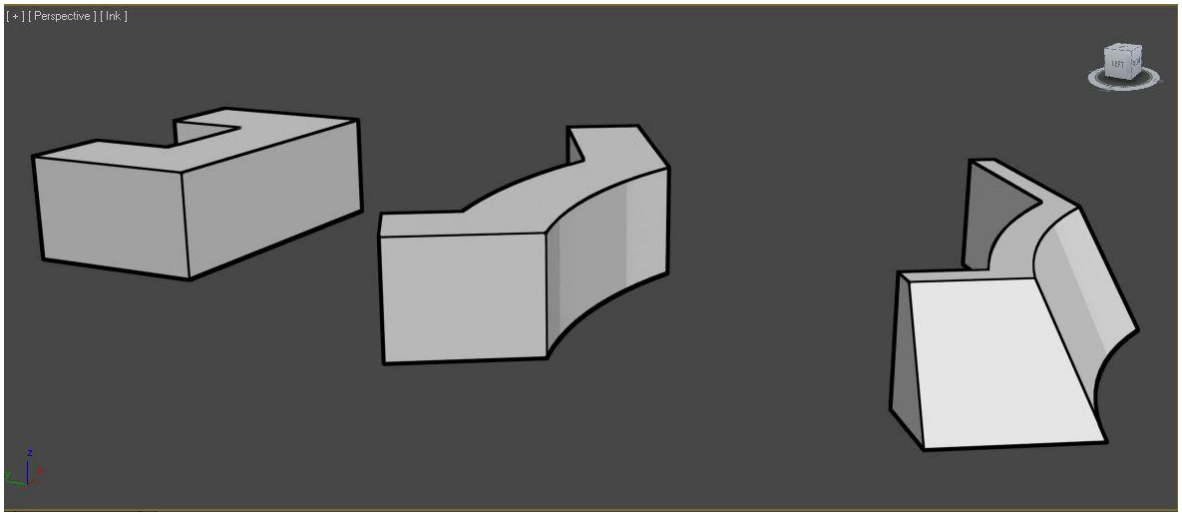
Resim 4.45. Güneş yörüngesi içerisinde U tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.46. Güneş yörüngesi içerisinde U tipi organik formu gösteren çalışma ekranı



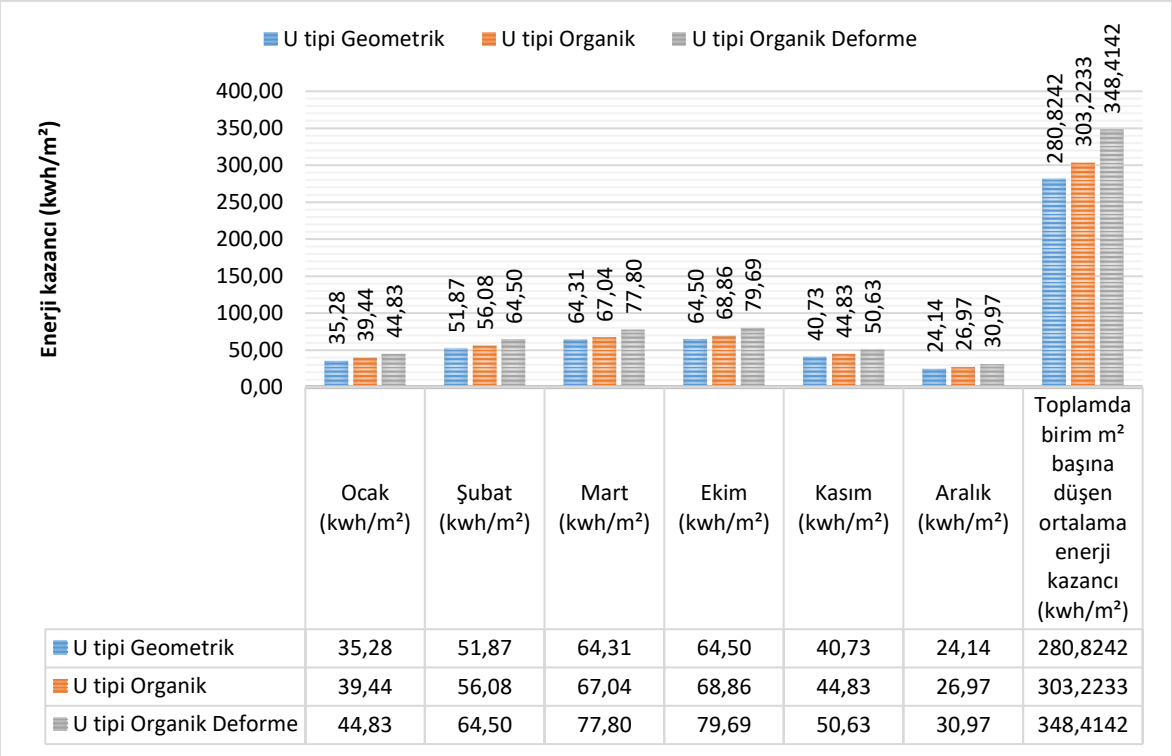
Resim 4.47. Güneş yörüngesi içerisinde U tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.48. U tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form

Çizelge 4.11. U tipi geometrik – U tipi organik – U tipi deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
U tipi ***Geometrik***	903,5	2475	87324	128370	159158	159636	100801	59751	695040	280,8242
U tipi ***Organik***	902,907	2694,44	106276	151094	180648	185541	120781	72677	817017	303,2233
U tipi ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	895,062	2616,05	117275	168730	203538	208471	132443	81012	911469	348,4142



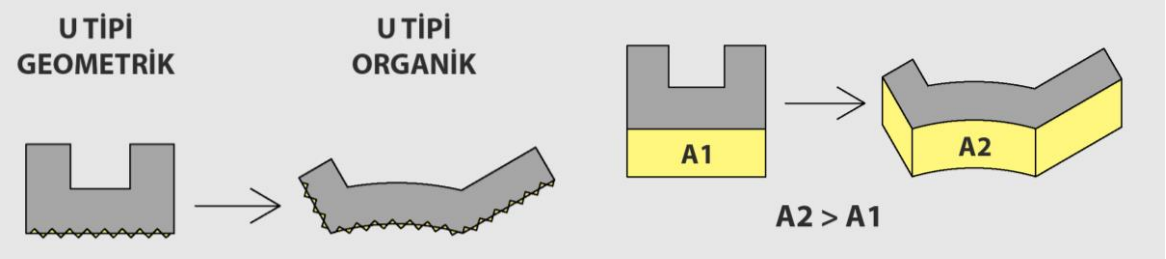
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
U tipi Geometrik	35,28	51,87	64,31	64,50	40,73	24,14	280,8242
U tipi Organik	39,44	56,08	67,04	68,86	44,83	26,97	303,2233
U tipi Organik Deforme	44,83	64,50	77,80	79,69	50,63	30,97	348,4142

Şekil 4.18. U tipi geometrik – U tipi organik – U tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, ara varyasyon geometrik U tipi formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 695040 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 280,8242424 kwh/m² olmaktadır.

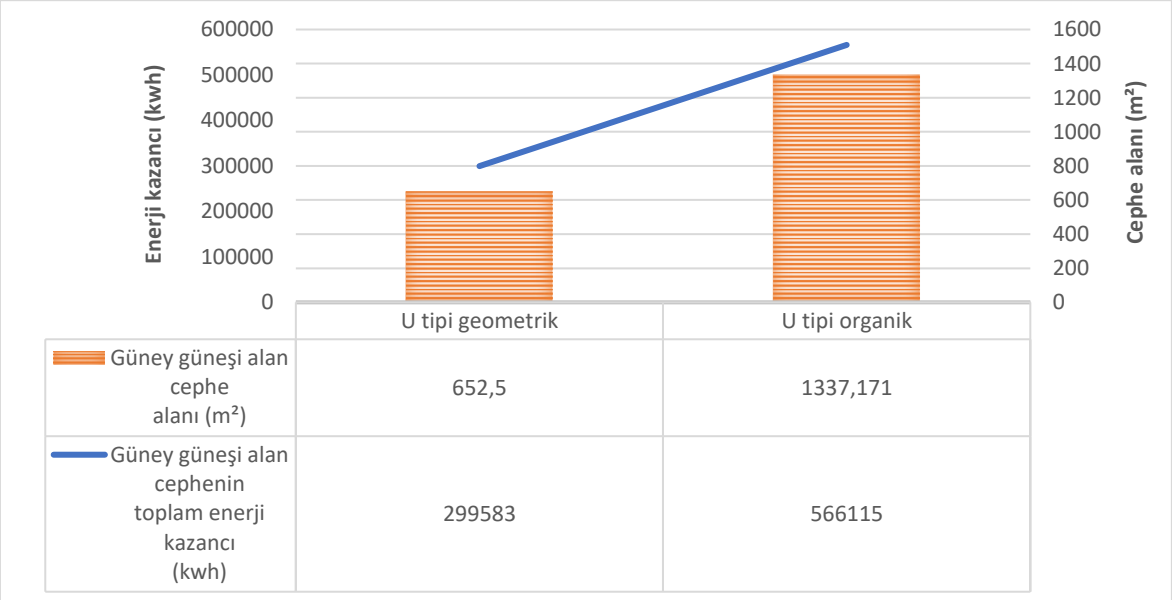
Geometrik U tipi formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik strüktür formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 817017 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 303,2233043 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik U tipi formdan türetilen organik formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla güney cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 911469 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 348,4142123 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.49. U tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

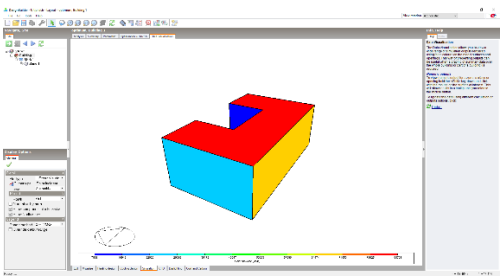
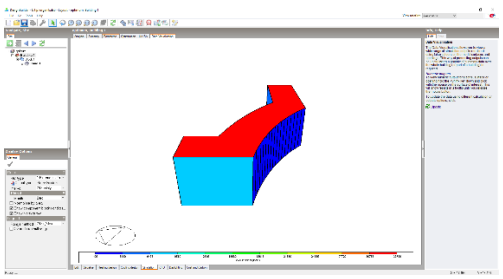
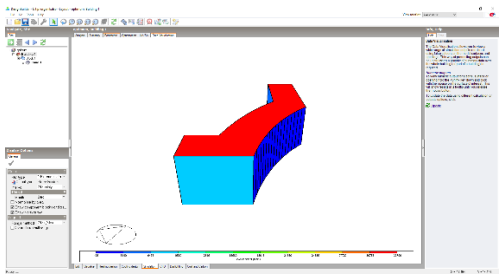
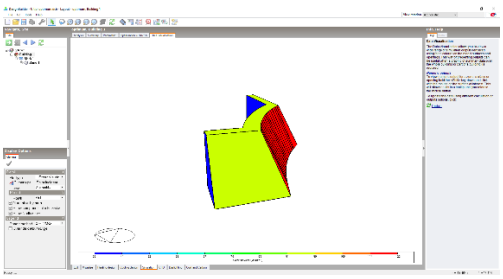
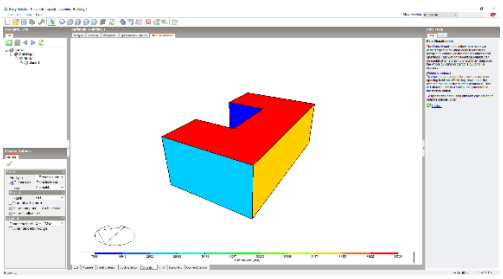
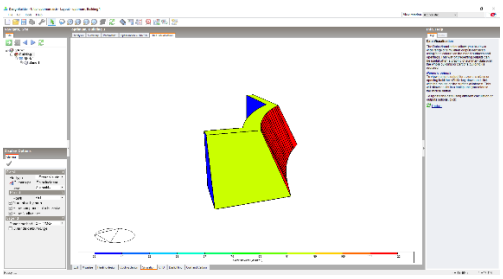
Geometrik U tipi formun güneye bakan cephe alanı 652,5 m² iken, güneş kazanımını artırmak amaçlı formun yüzeylerinin güney yönünde genişletilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 1337,171 m²'dir. Bu durumda geometrik U tipi formun güney cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 299583 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 566115 kwh olmaktadır (Şekil 4.19).



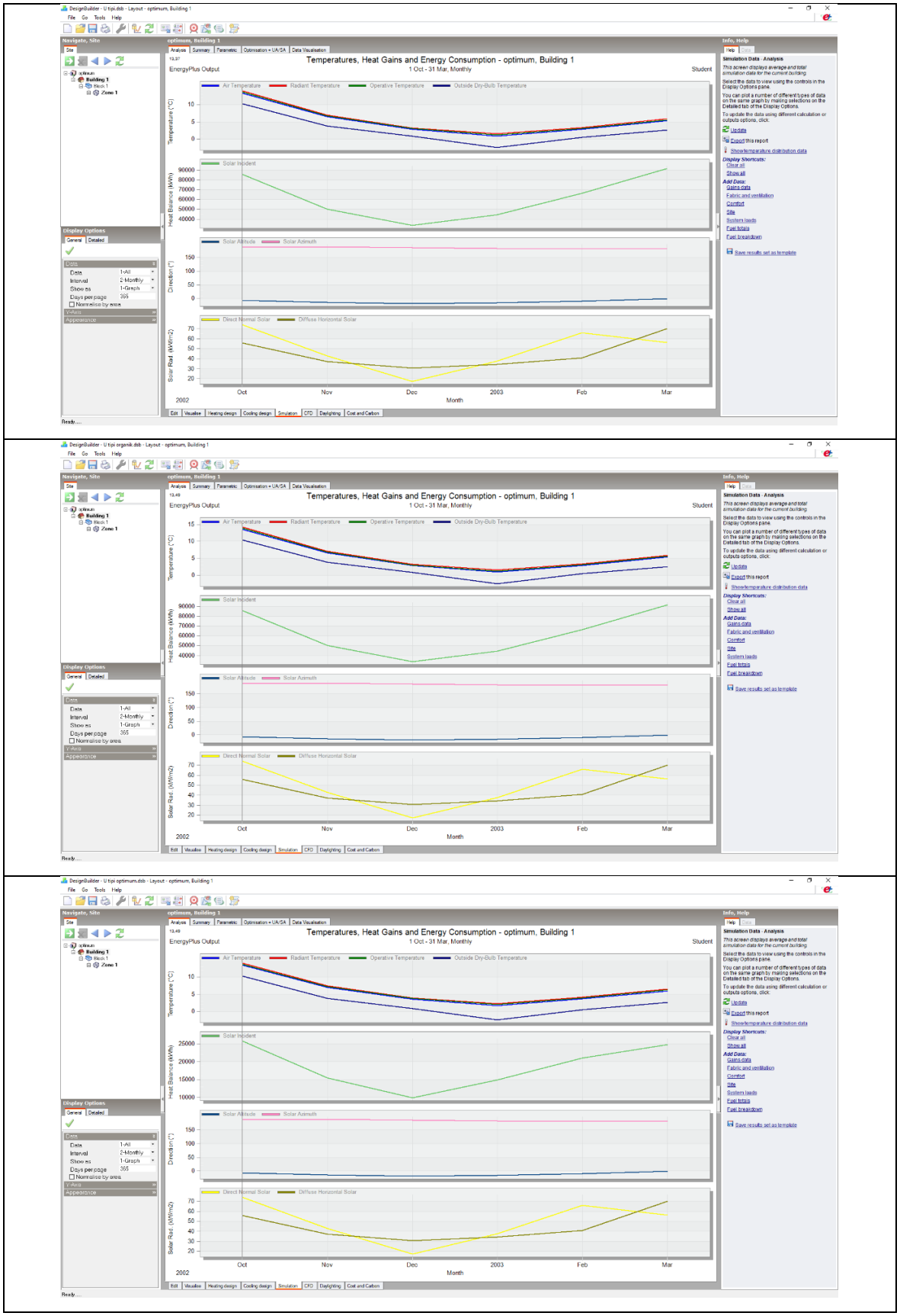
Şekil 4.19. U tipi geometrik ve U tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, organik formun güneye bakan yüzeyi güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, organik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun güney cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. U tipi geometrik – U tipi organik – U tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

U tipi geometrik form (A) 	*U tipi organik form (B)* 	*A'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%7,98**
U tipi organik form (B) 	*U tipi deforme organik form (C)* 	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%14,9**
U tipi geometrik form (A) 	*U tipi deforme organik form (C)* 	*A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%24,07**

Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; U tipi geometrik forma oranla U tipi organik formun enerji kazancı %7,98 ve U tipi organik forma oranla U tipi deforme organik formun enerji kazancı ise %14,9 artış göstermektedir. U tipi deforme organik formun U tipi geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %24,07 olmaktadır (Çizelge 4.12).

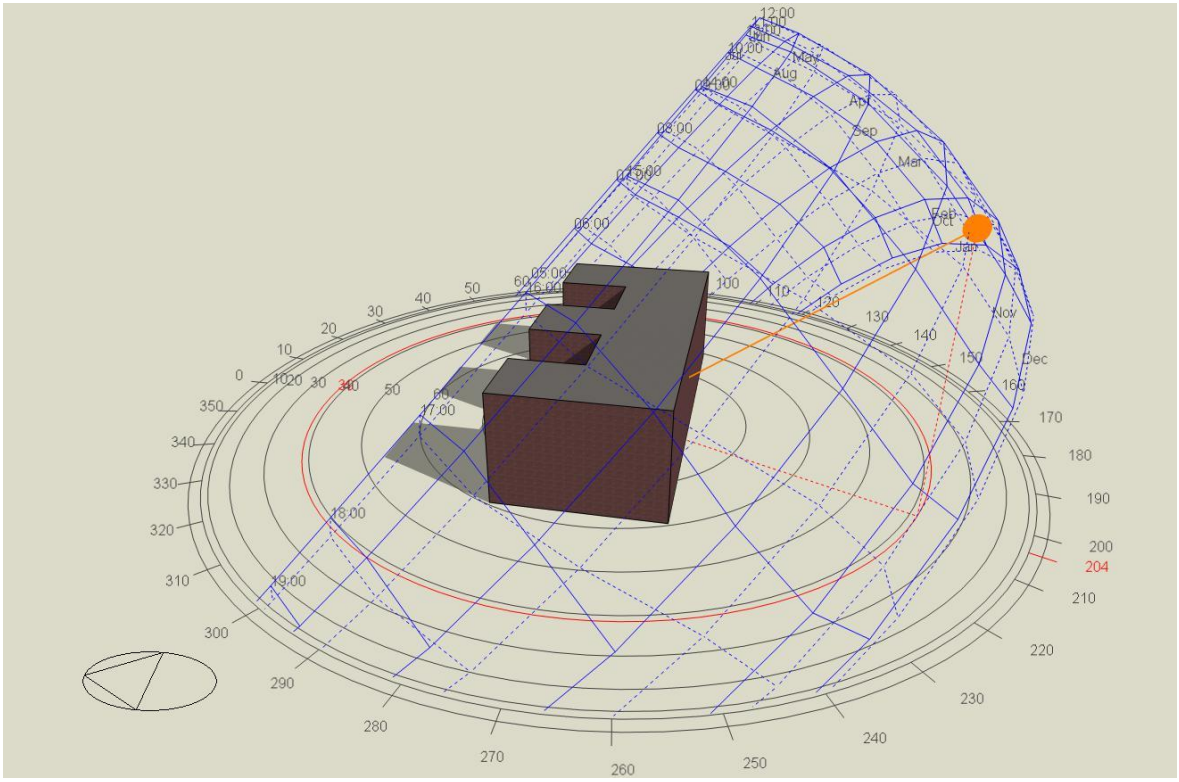


Şekil 4.20. U tipi geometrik – U tipi organik – U tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

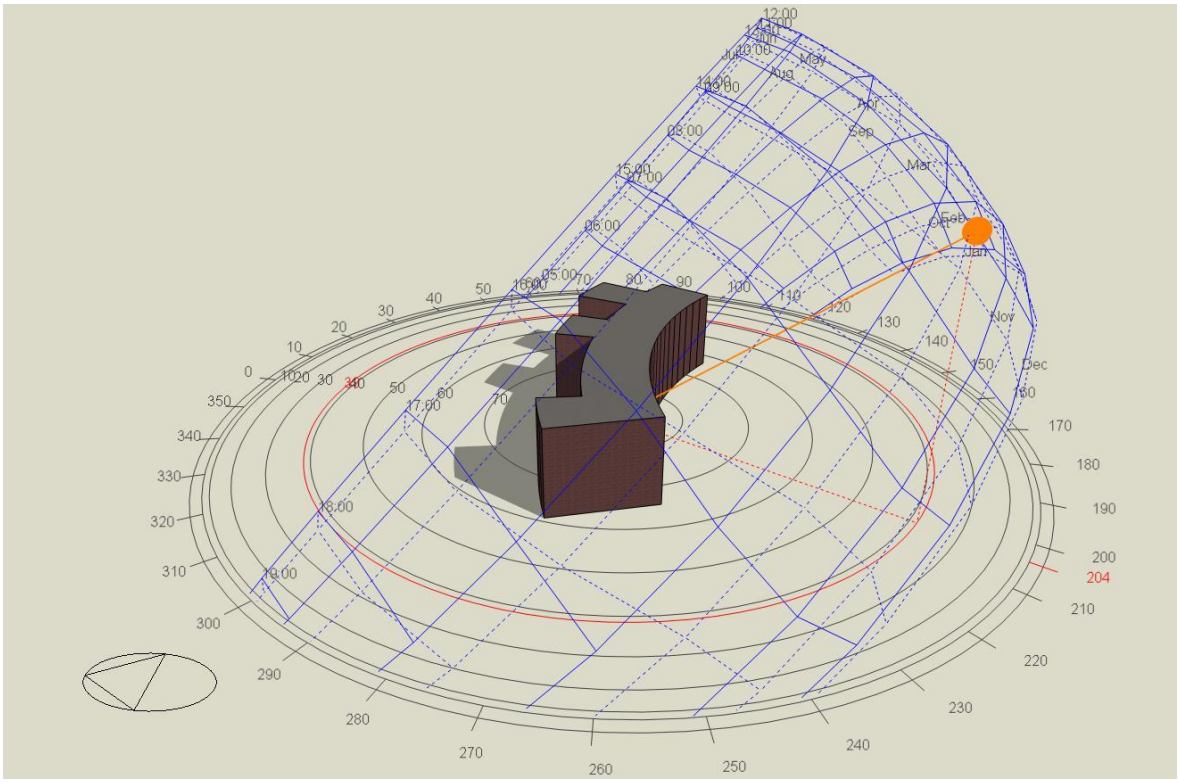
4.4.7. Tip 7 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 7 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan E tipi geometrik form, E tipi geometrik formdan türetilmiş organik form ve bu formun güneye yönlenen cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

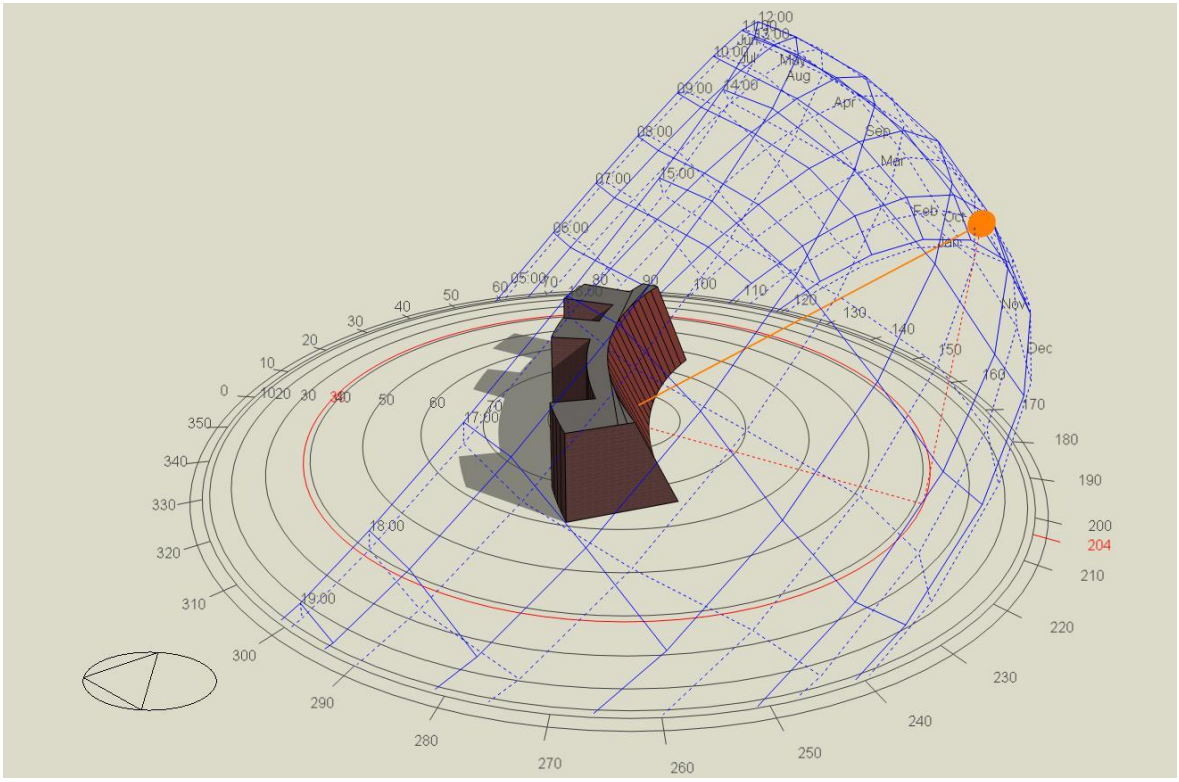
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



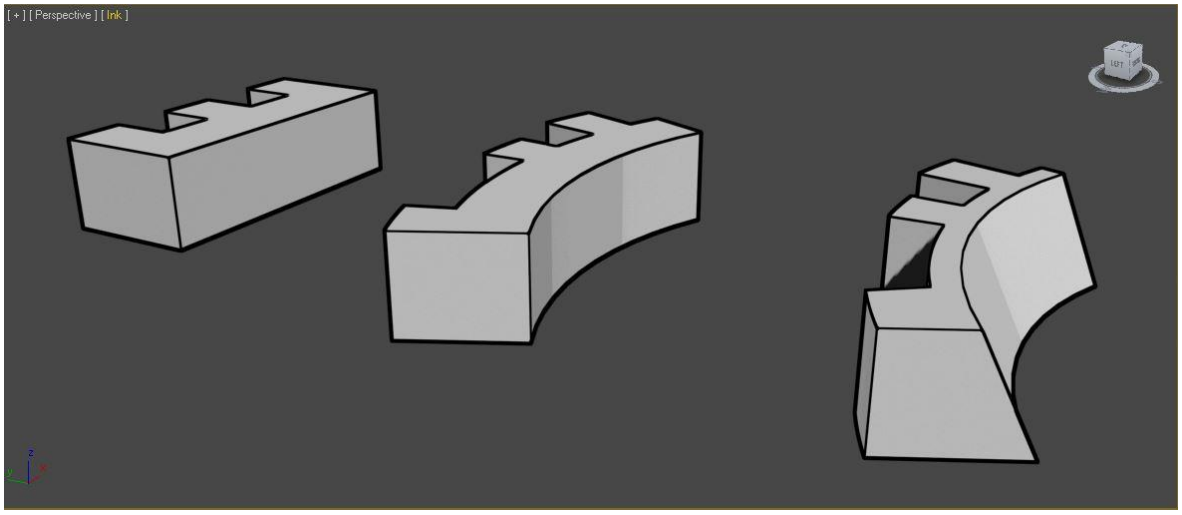
Resim 4.50. Güneş yörüngesi içerisinde E tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.51. Güneş yörüngesi içerisinde E tipi organik formu gösteren çalışma ekranı



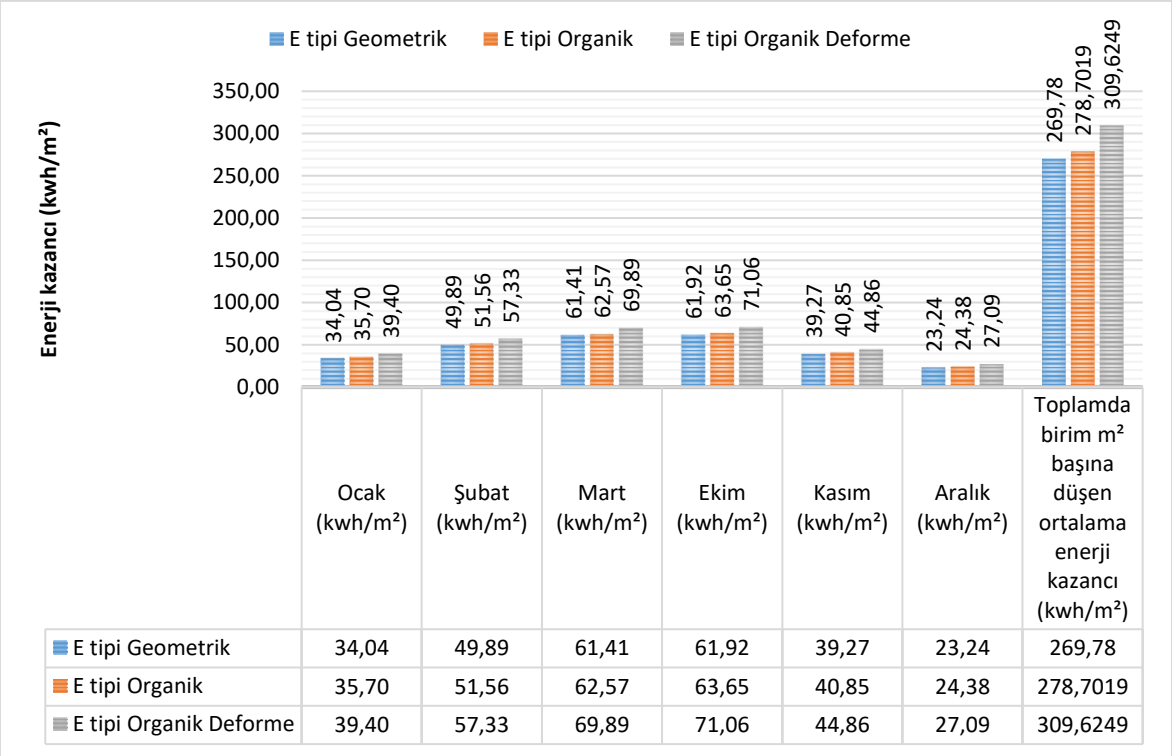
Resim 4.52. Güneş yörüngesi içerisinde E tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.53. E tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form

Çizelge 4.13. E tipi geometrik – E tipi organik – E tipi deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
E tipi ***Geometrik***	900	2760	93953	137705	169491	170903	108387	64154	744593	269,7800
E tipi ***Organik***	902,262	2942,19	105030	151703	184081	187283	120176	71721	819994	278,7019
E tipi ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	902,257	2984,73	117587	171113	208603	212081	133900	80863	924147	309,6249



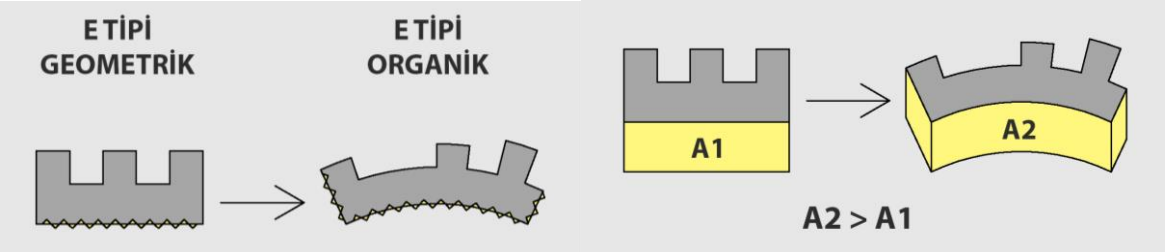
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
E tipi Geometrik	34,04	49,89	61,41	61,92	39,27	23,24	269,78
E tipi Organik	35,70	51,56	62,57	63,65	40,85	24,38	278,7019
E tipi Organik Deforme	39,40	57,33	69,89	71,06	44,86	27,09	309,6249

Şekil 4.21. E tipi geometrik – E tipi organik – E tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, ara varyasyon geometrik E tipi formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 744593 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 269,7800725 kwh/m² olmaktadır.

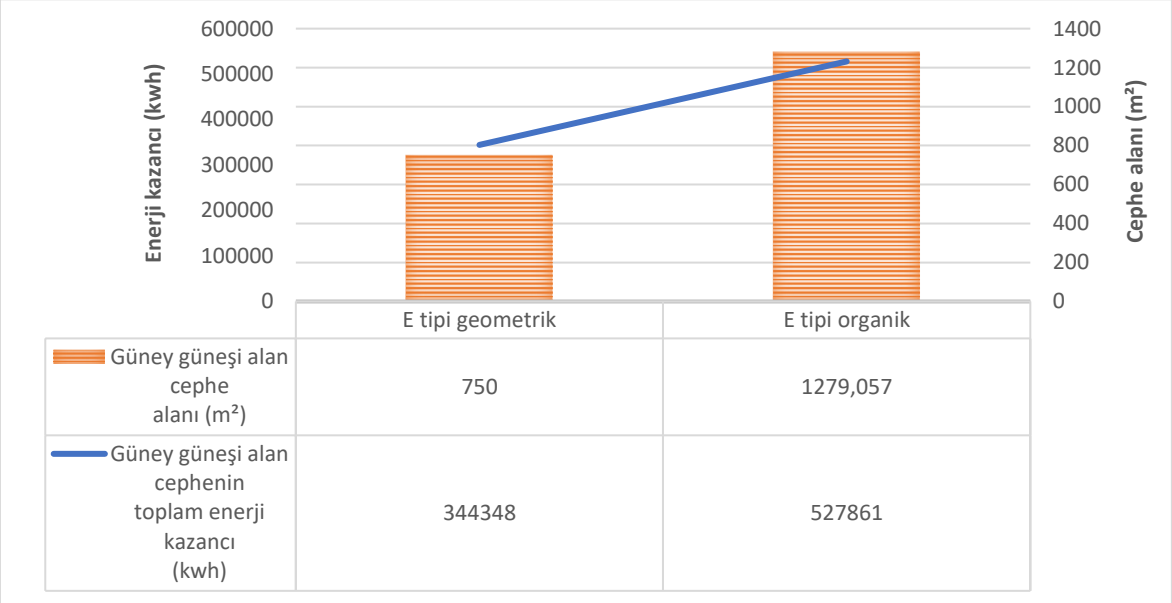
Geometrik E tipi formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 819994 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 278,7019193 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik E tipi formdan türetilen organik formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla güney cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 924147 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 309,6249912 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.54. E tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

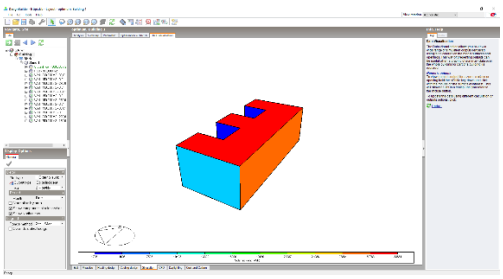
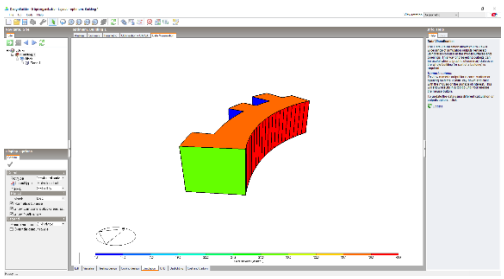
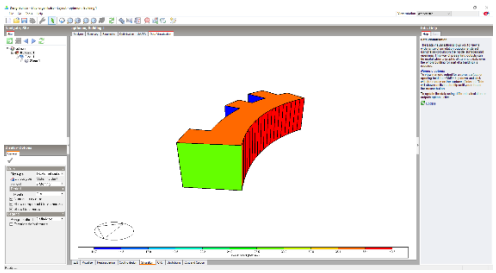
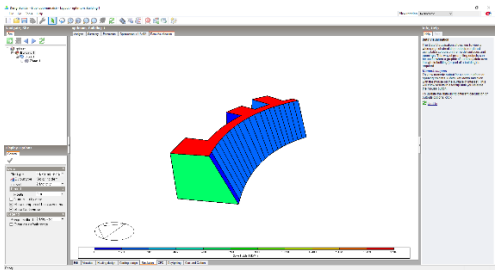
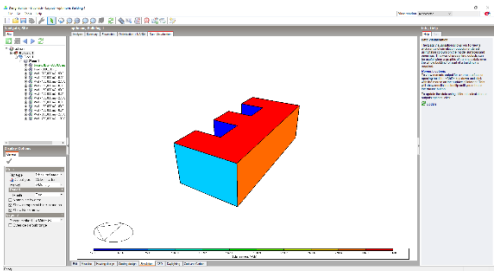
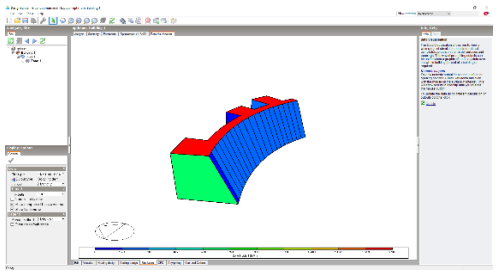
Geometrik E tipi formun güneye bakan cephe alanı 750 m² iken, güneş kazanımını artırmak amaçlı formun yüzeylerinin güney yönünde genişletilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 1279,057 m²'dir. Bu durumda geometrik E tipi formun güney cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 344348 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 527861 kwh olmaktadır (Şekil 4.22).



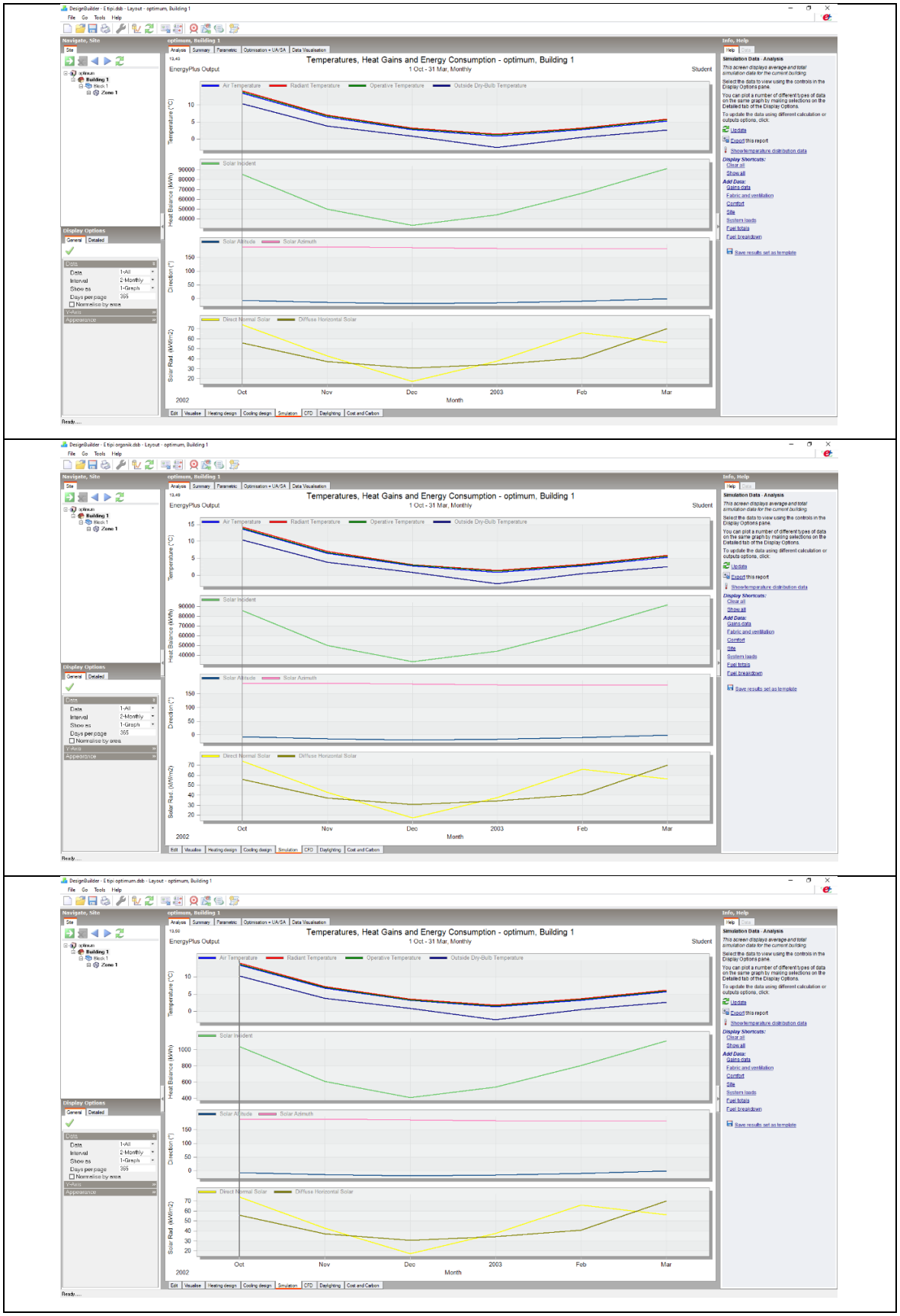
Şekil 4.22. E tipi geometrik ve E tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, organik formun güneye bakan yüzeyi güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, organik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun güney cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.14. E tipi geometrik – E tipi organik – E tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

E tipi geometrik form (A) 	*E tipi organik form (B)* 	*A'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%3,31**
E tipi organik form (B) 	*E tipi deforme organik form (C)* 	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%11,1**
E tipi geometrik form (A) 	*E tipi deforme organik form (C)* 	*A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%14,77**

Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; E tipi geometrik forma oranla E tipi organik formun enerji kazancı %3,31 ve E tipi organik forma oranla E tipi deforme organik formun enerji kazancı ise %11,1 artış göstermektedir. E tipi deforme organik formun E tipi geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %14,77 olmaktadır (Çizelge 4.14).

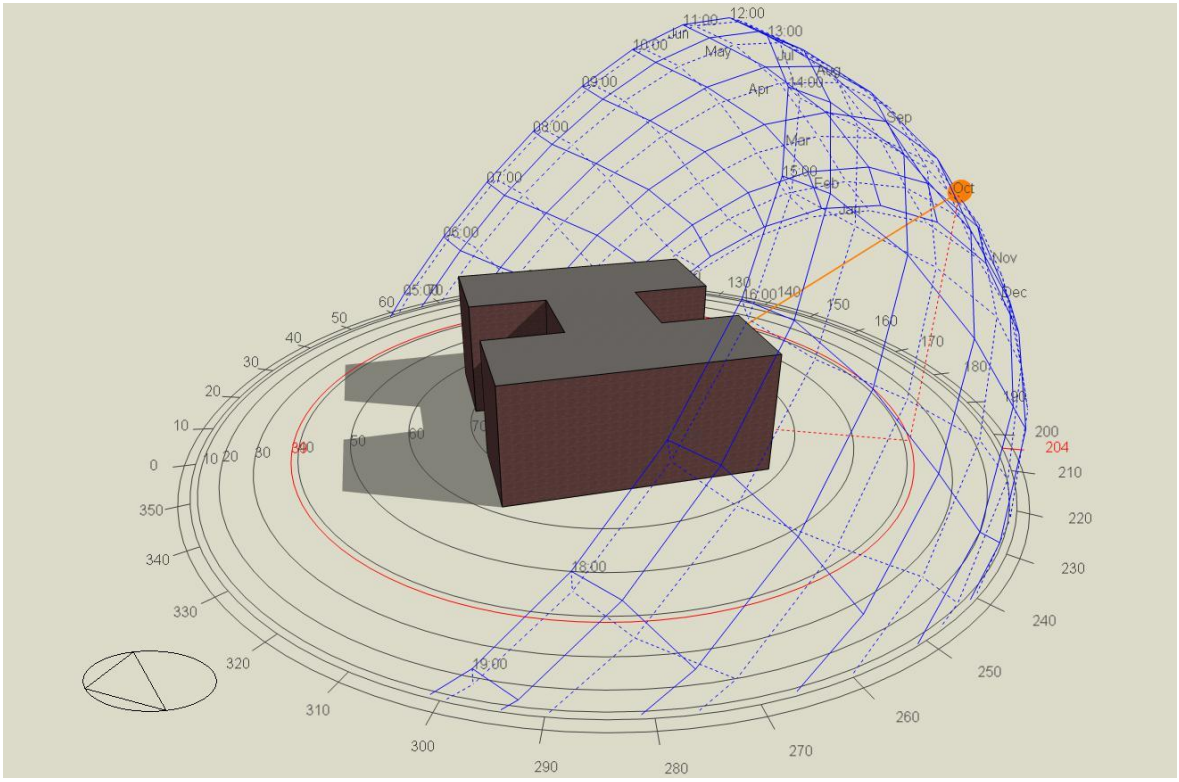


Şekil 4.23. E tipi geometrik – E tipi organik – E tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

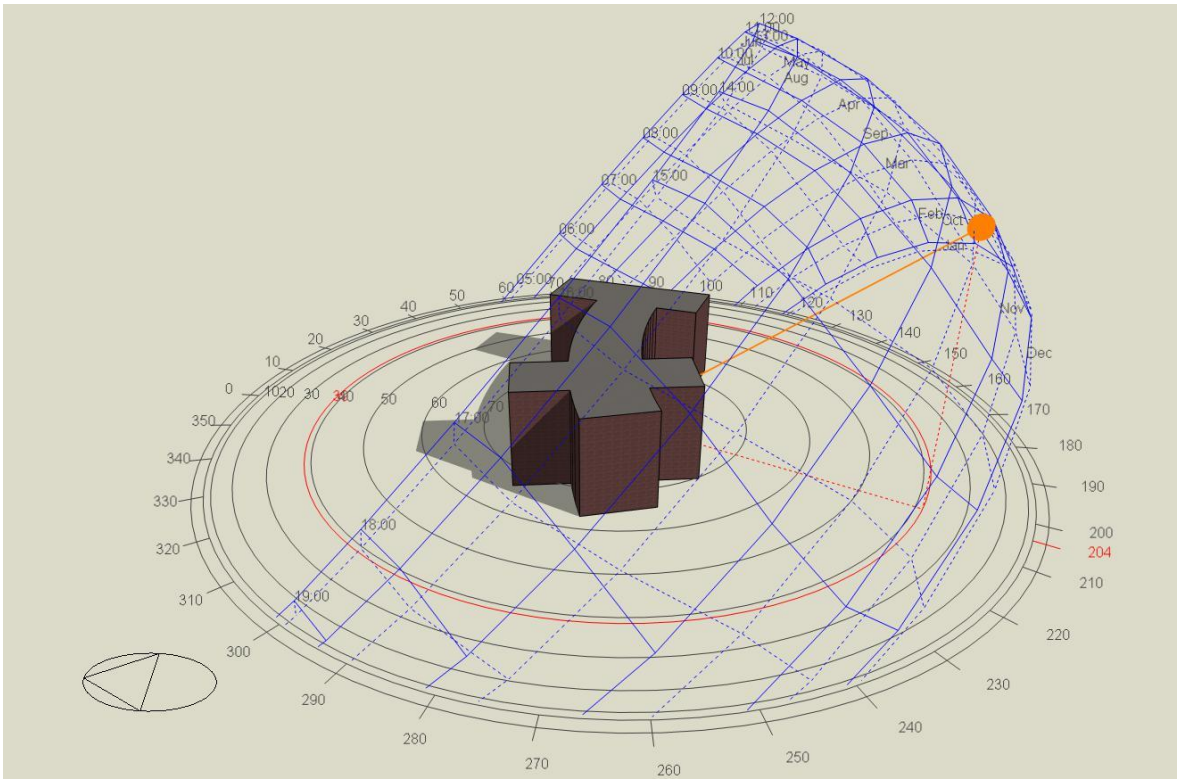
4.4.8. Tip 8 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 8 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan H tipi geometrik form, H tipi geometrik formdan türetilmiş organik form ve bu formun güneye yönlenen cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

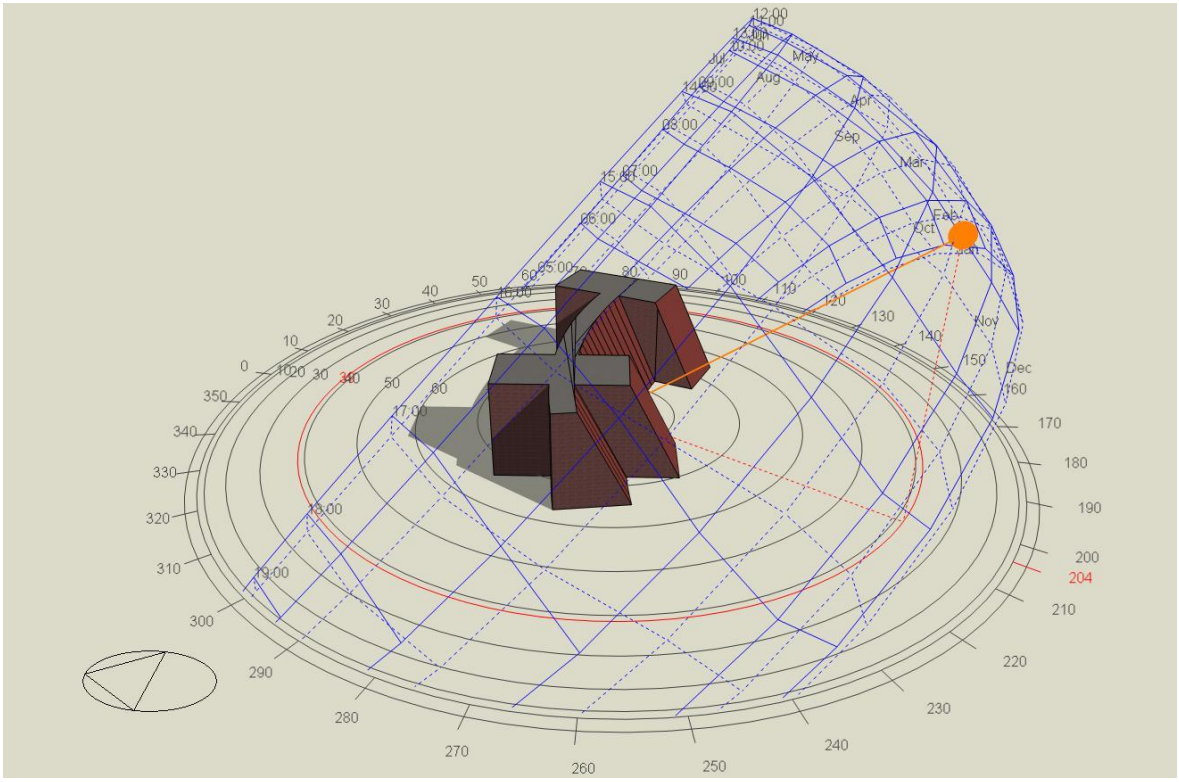
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



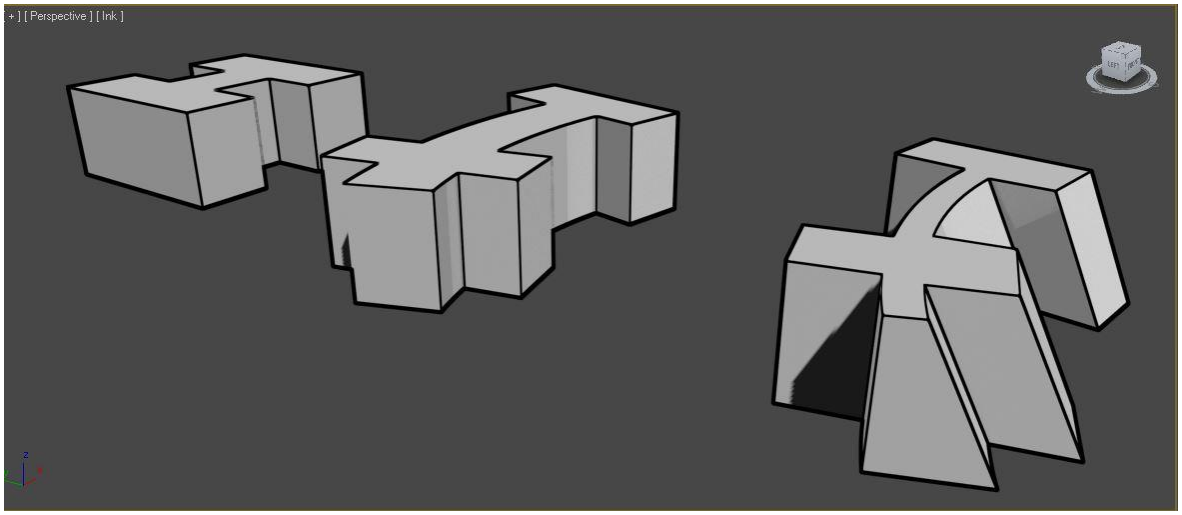
Resim 4.55. Güneş yörüngesi içerisinde H tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.56. Güneş yörüngesi içerisinde H tipi organik formu gösteren çalışma ekranı



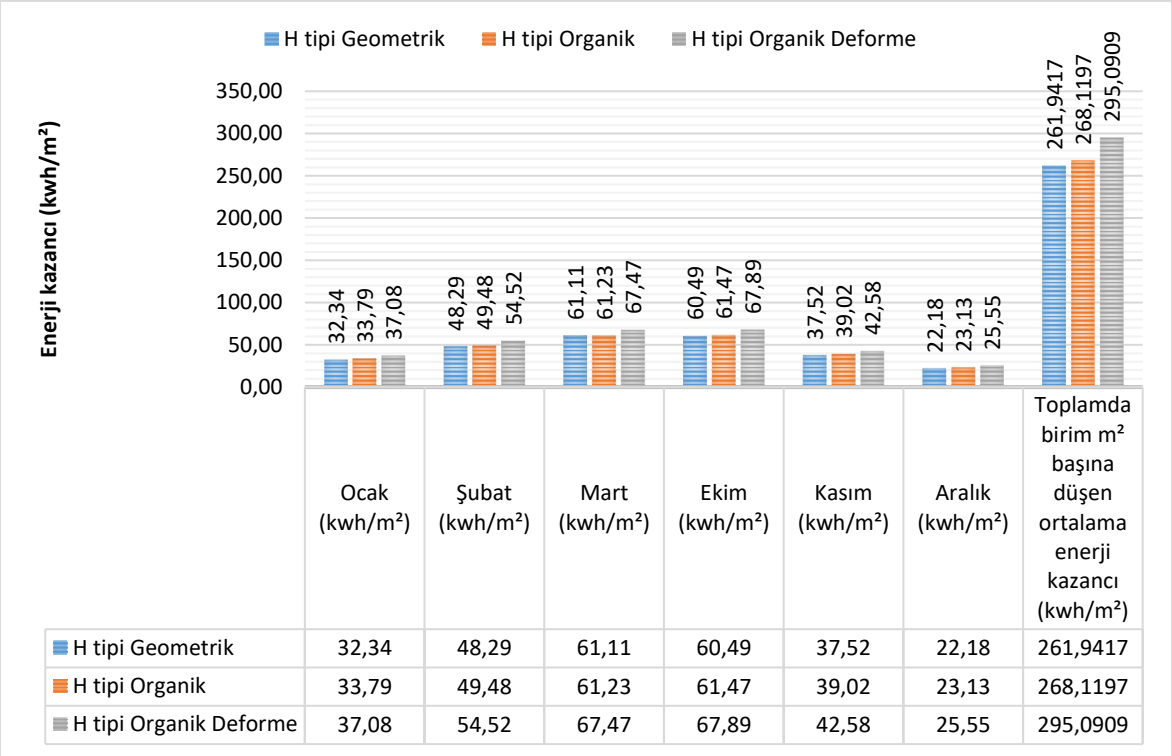
Resim 4.57. Güneş yörüngesi içerisinde H tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.58. H tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form

Çizelge 4.15. H tipi geometrik – H tipi organik – H tipi deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
H tipi ***Geometrik***	900	2610	84411	126047	159507	157886	97933	57884	683668	261,9417
H tipi ***Organik***	901,241	2875,01	97145	142243	176036	176736	112177	66510	770847	268,1197
H tipi ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	901,049	2887,95	107095	157458	194863	196053	122961	73778	852208	295,0909



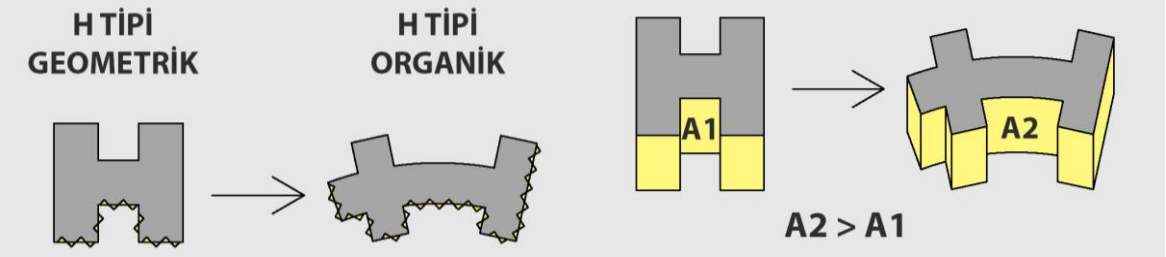
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
H tipi Geometrik	32,34	48,29	61,11	60,49	37,52	22,18	261,9417
H tipi Organik	33,79	49,48	61,23	61,47	39,02	23,13	268,1197
H tipi Organik Deforme	37,08	54,52	67,47	67,89	42,58	25,55	295,0909

Şekil 4.24. H tipi geometrik – H tipi organik – H tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, ara varyasyon geometrik H tipi formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 683668 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 261,9417625 kwh/m² olmaktadır.

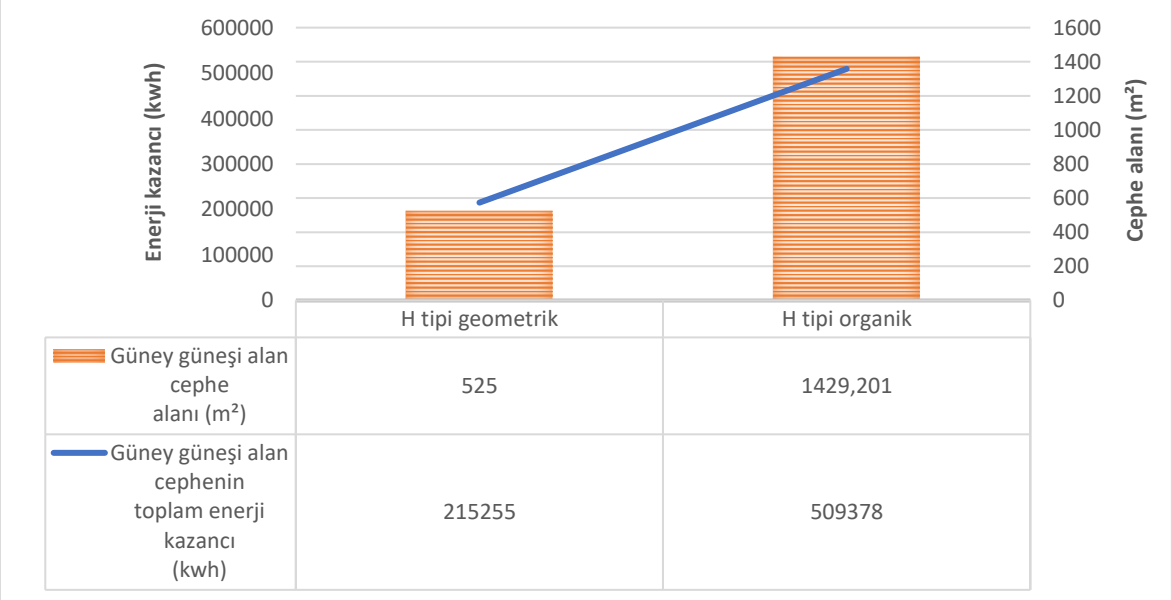
Geometrik H tipi formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 770847 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 268,1197631 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik H tipi formdan türetilen organik formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla güney cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 852208 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 295,0909815 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.59. H tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

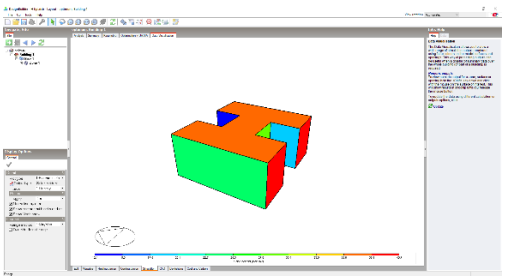
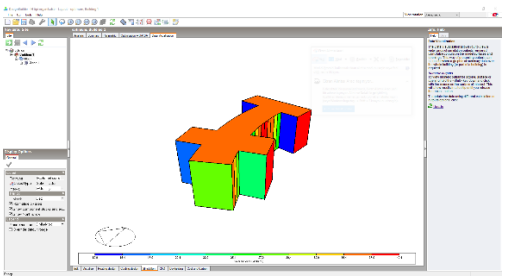
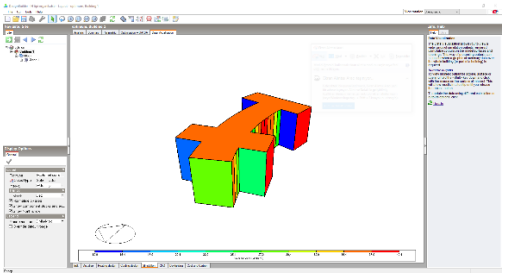
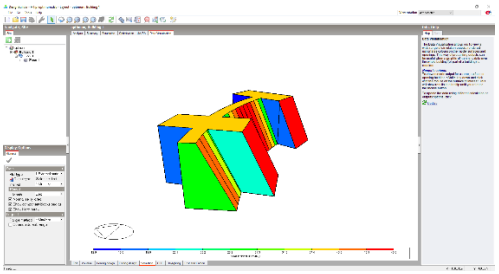
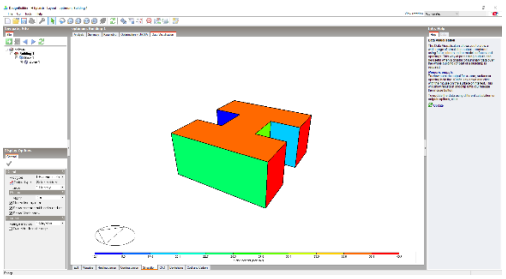
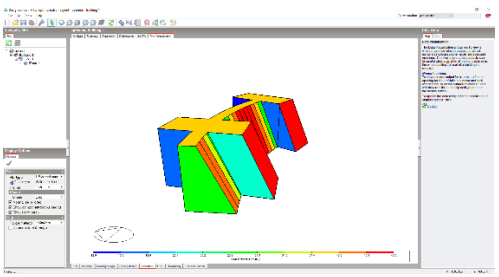
Geometrik H tipi formun güneye bakan cephe alanı 525 m² iken, güneş kazanımını artırmak amaçlı formun yüzeylerinin güney yönünde genişletilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 1429,201 m²'dir. Bu durumda geometrik H tipi formun güney cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 215255 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 509378 kwh olmaktadır (Şekil 4.25).



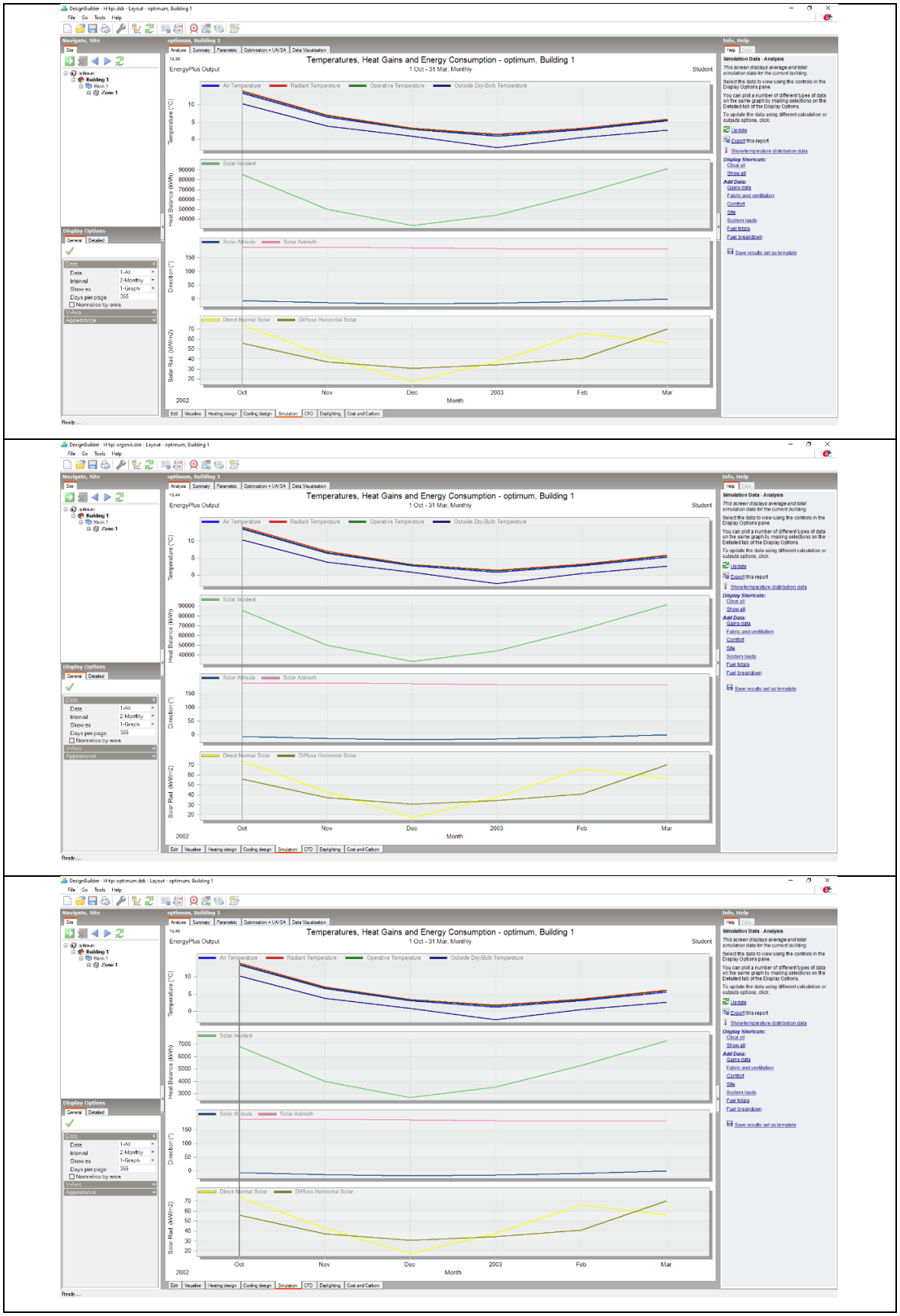
Şekil 4.25. H tipi geometrik ve H tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, organik formun güneye bakan yüzeyi güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, organik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun güney cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.16. H tipi geometrik – H tipi organik – H tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

H tipi geometrik form (A) 	*H tipi organik form (B)* 	*A'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%2,36**
H tipi organik form (B) 	*H tipi deforme organik form (C)* 	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%10,06**
H tipi geometrik form (A) 	*H tipi deforme organik form (C)* 	*A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%12,66**

Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; H tipi geometrik forma oranla H tipi organik formun enerji kazancı %2,36 ve H tipi organik forma oranla H tipi deforme organik formun enerji kazancı ise %10,06 artış göstermektedir. H tipi deforme organik formun H tipi geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %12,66 olmaktadır (Çizelge 4.16).

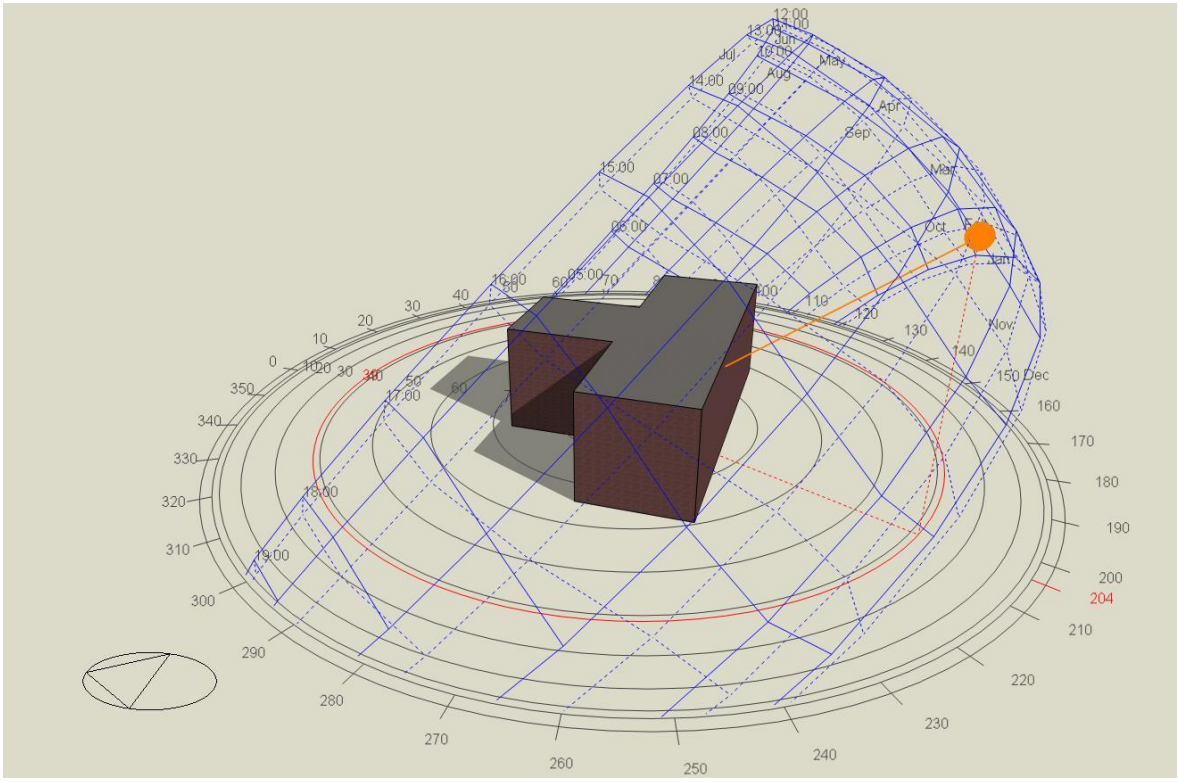


Şekil 4.26. H tipi geometrik – H tipi organik – H tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

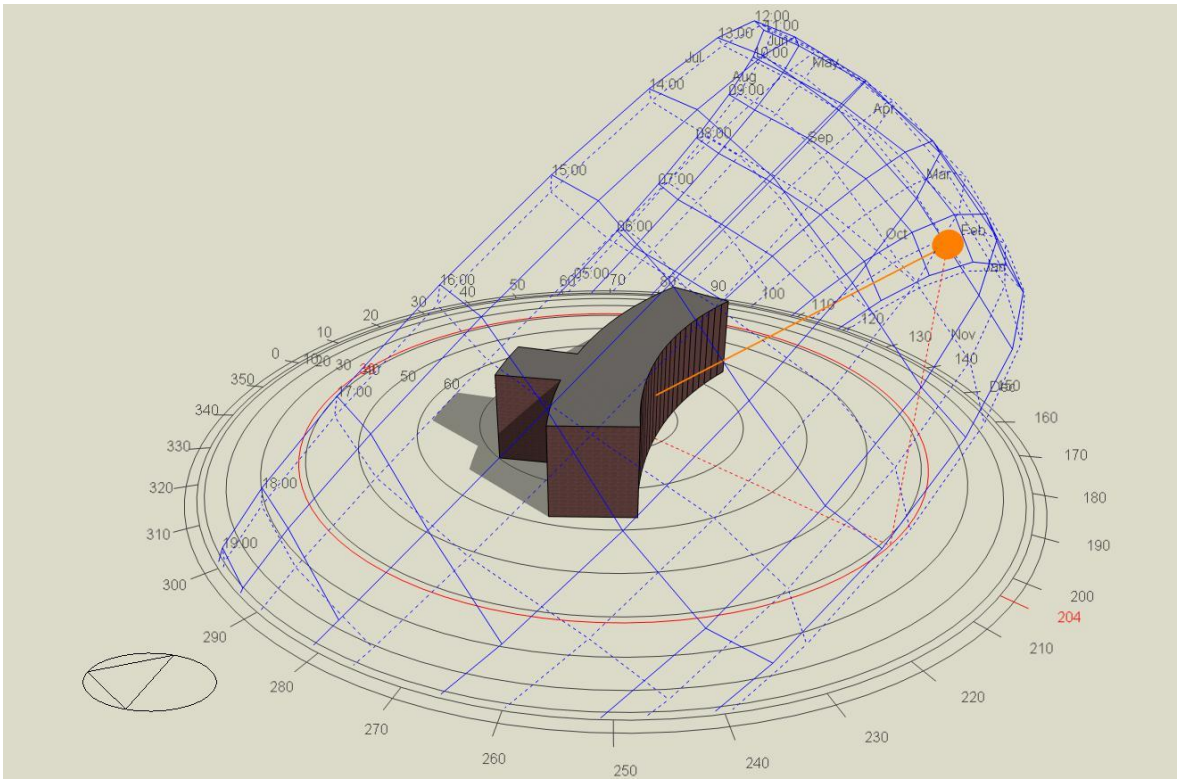
4.4.9. Tip 9 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 9 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan T tipi geometrik form, T tipi geometrik formdan türetilmiş organik form ve bu formun güneye yönlenen cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

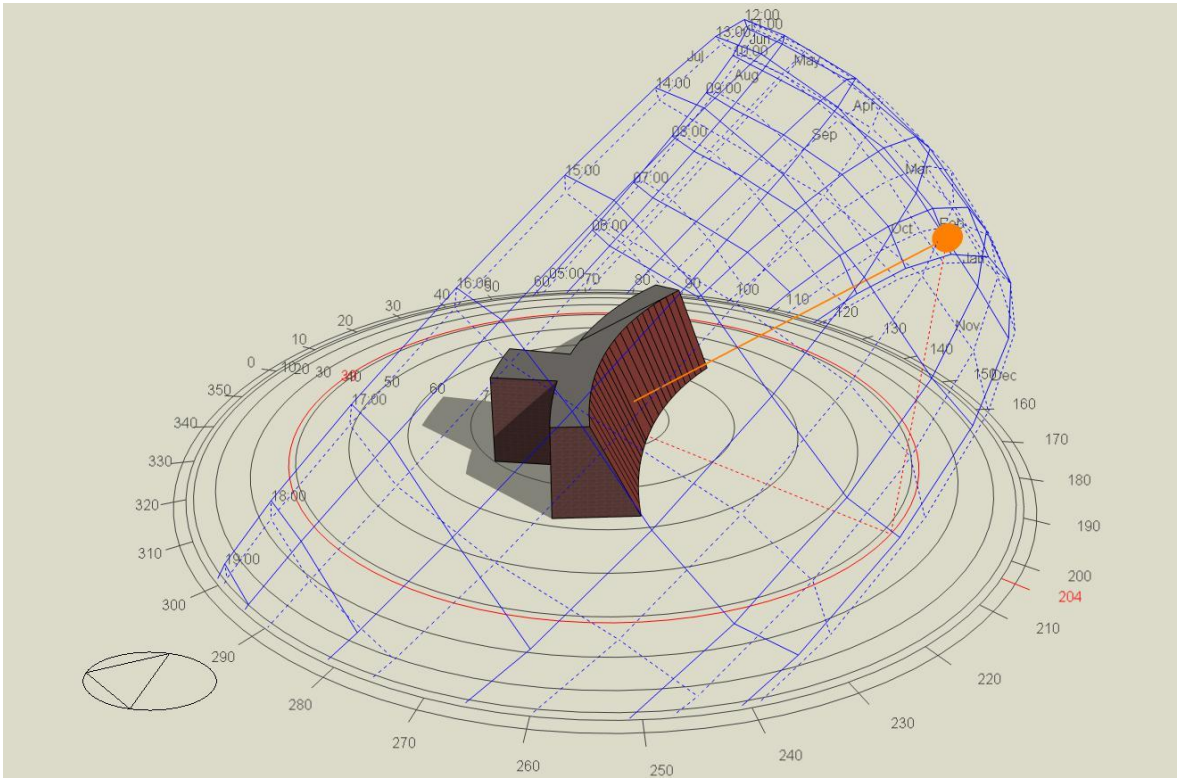
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



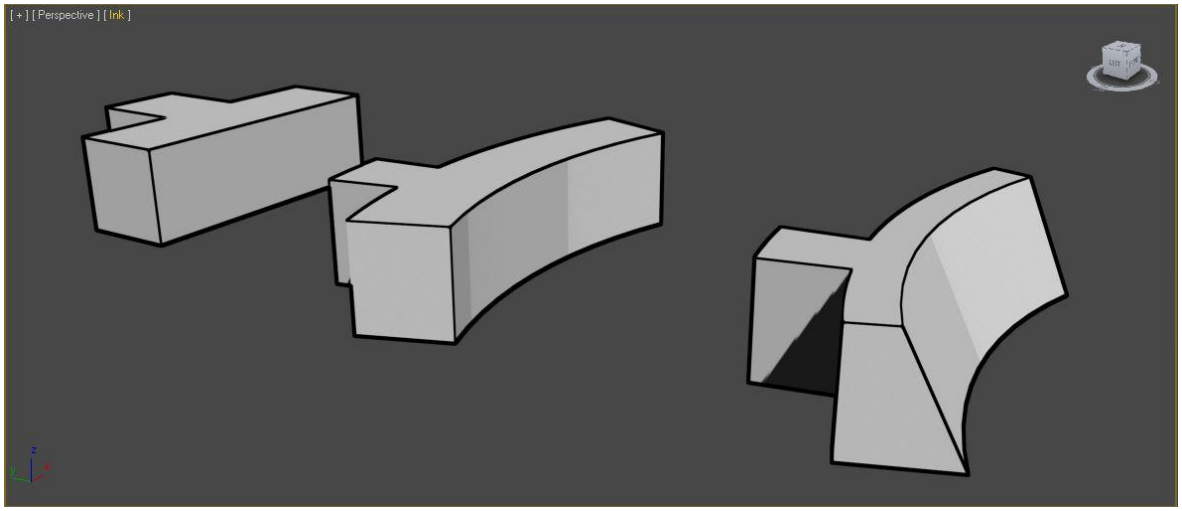
Resim 4.60. Güneş yörüngesi içerisinde T tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.61. Güneş yörüngesi içerisinde T tipi organik formu gösteren çalışma ekranı



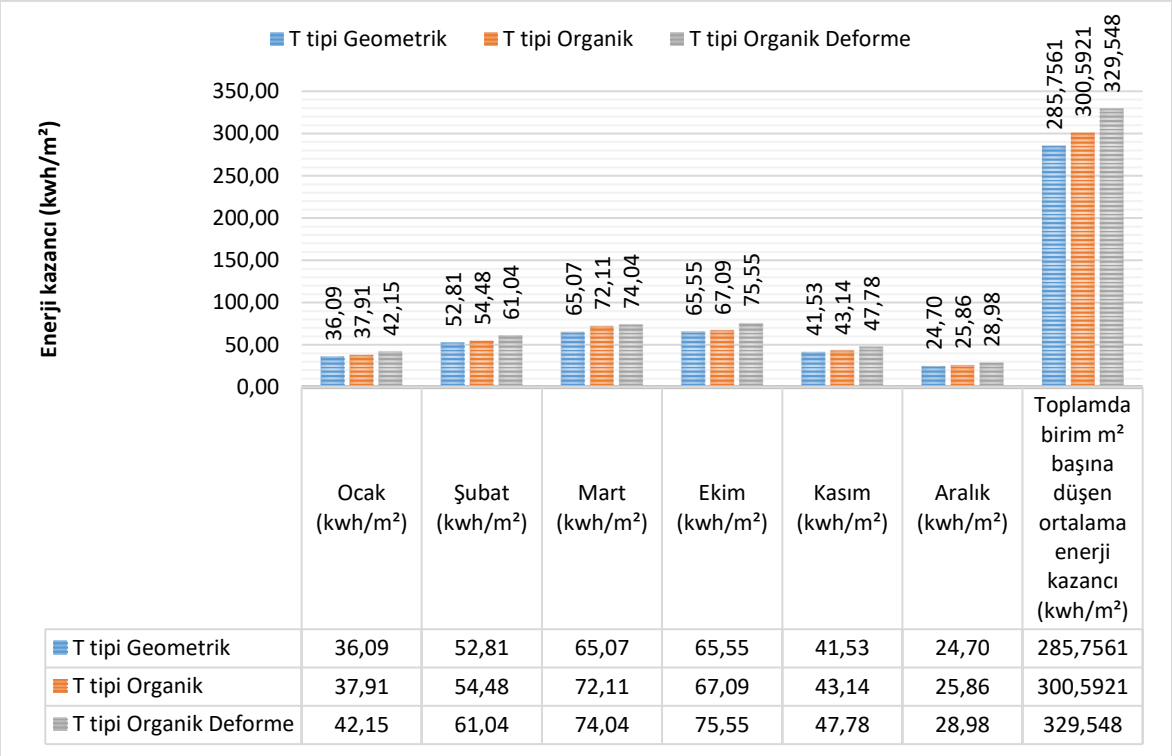
Resim 4.62. Güneş yörüngesi içerisinde T tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.63. T tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form

Çizelge 4.17. T tipi geometrik – T tipi organik – T tipi deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
T tipi ***Geometrik***	900	2280	82294	120408	148356	149464	94679	56323	651524	285,7561
T tipi ***Organik***	904,84	2541,63	96349	138460	183277	170514	109658	65736	763994	300,5921
T tipi ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	904,581	2572,05	108422	157001	190424	194330	122905	74532	847614	329,5480



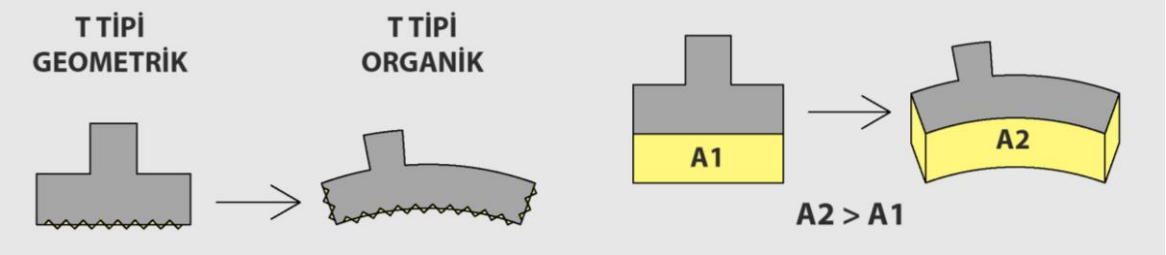
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
T tipi Geometrik	36,09	52,81	65,07	65,55	41,53	24,70	285,7561
T tipi Organik	37,91	54,48	72,11	67,09	43,14	25,86	300,5921
T tipi Organik Deforme	42,15	61,04	74,04	75,55	47,78	28,98	329,548

Şekil 4.27. T tipi geometrik – T tipi organik – T tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, ara varyasyon geometrik T tipi formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 651524 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 285,7561404 kwh/m² olmaktadır.

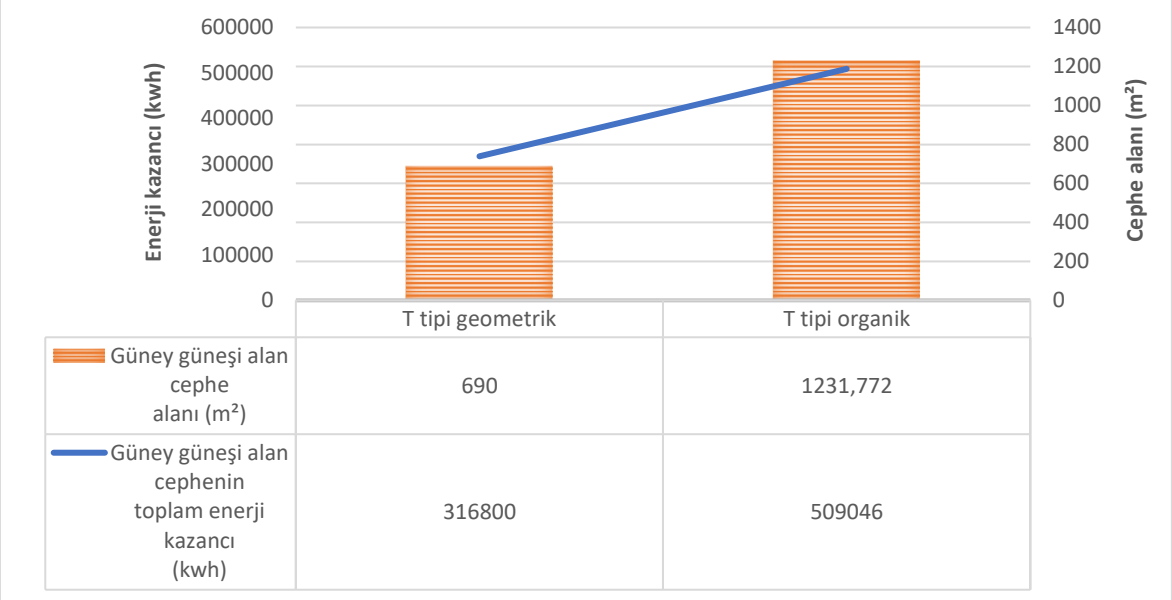
Geometrik T tipi formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 763994 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 300,5921397 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik T tipi formdan türetilen organik formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla güney cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 847614 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 329,5480259 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.64. T tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

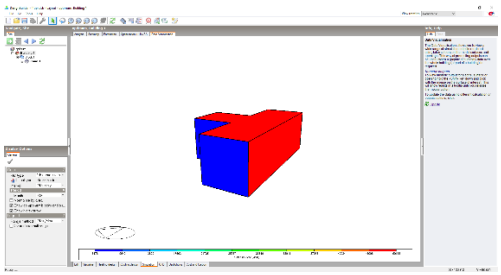
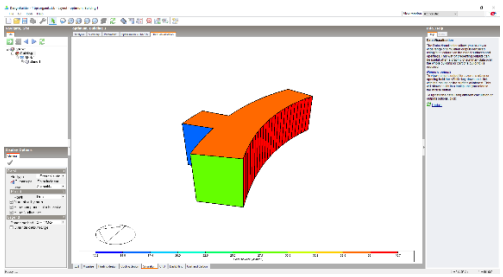
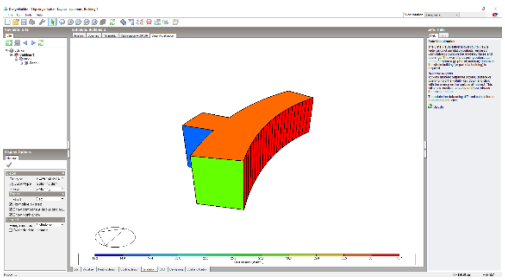
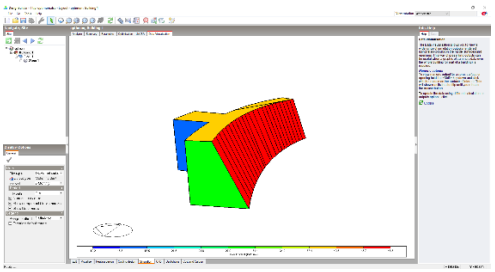
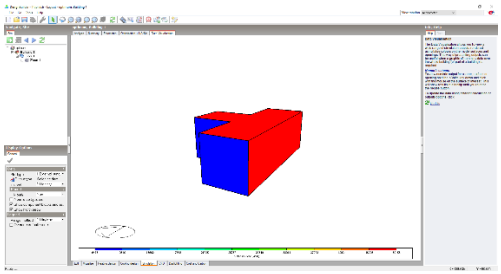
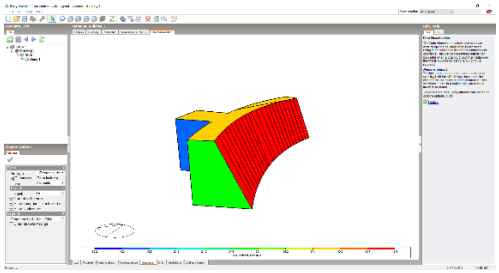
Geometrik T tipi formun güneye bakan cephe alanı 690 m² iken, güneş kazanımını artırmak amaçlı formun yüzeylerinin güney yönünde genişletilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 1231,772 m²'dir. Bu durumda geometrik T tipi formun güney cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 316800 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 509046 kwh olmaktadır (Şekil 4.28).



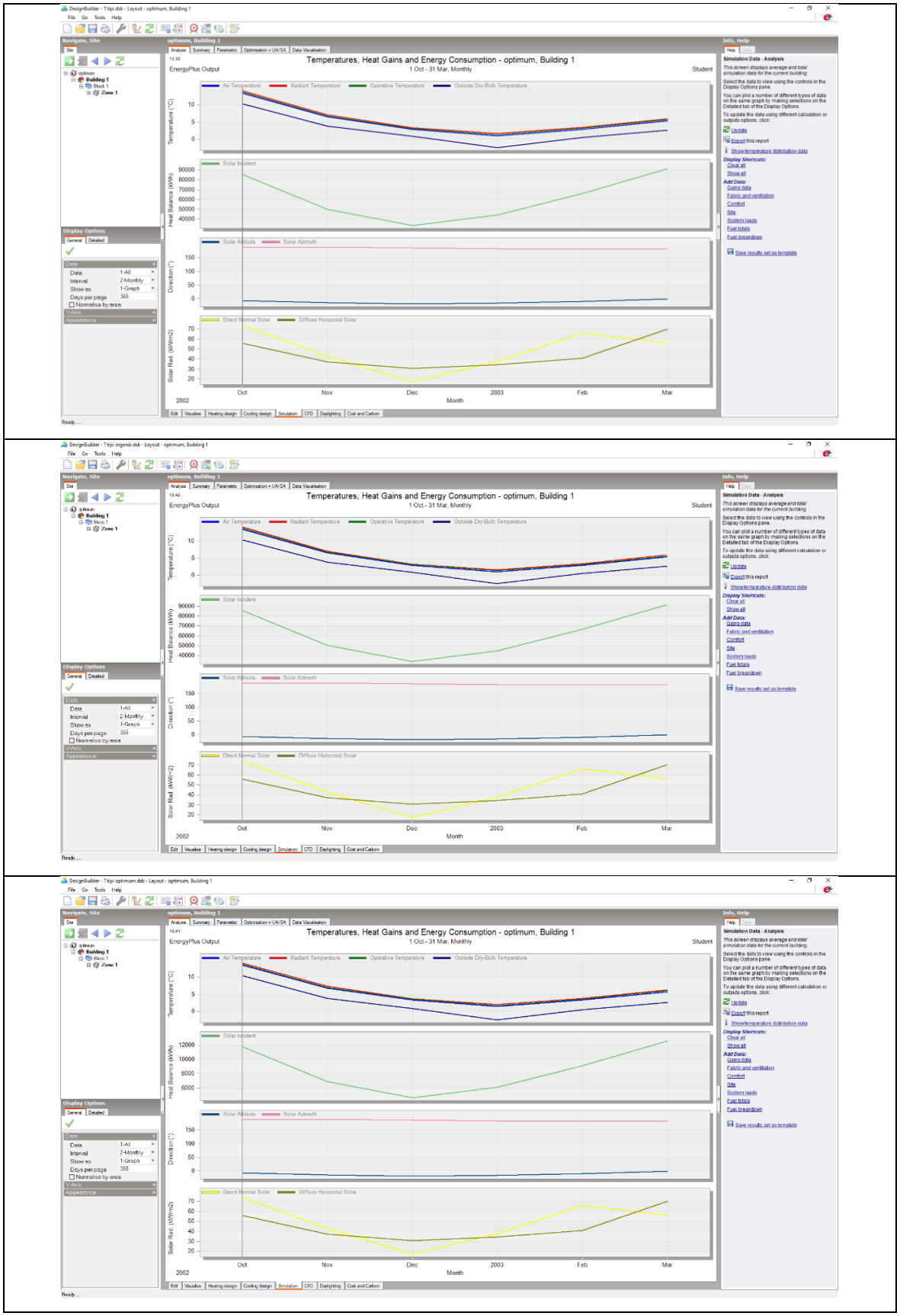
Şekil 4.28. T tipi geometrik ve T tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, organik formun güneye bakan yüzeyi güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, organik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun güney cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.18. T tipi geometrik – T tipi organik – T tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

T tipi geometrik form (A) 	*T tipi organik form (B)* 	*A'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%5,19**
T tipi organik form (B) 	*T tipi deforme organik form (C)* 	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%9,63**
T tipi geometrik form (A) 	*T tipi deforme organik form (C)* 	*A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%15,32**

Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; T tipi geometrik forma oranla T tipi organik formun enerji kazancı %5,19 ve T tipi organik forma oranla T tipi deforme organik formun enerji kazancı ise %9,63 artış göstermektedir. T tipi deforme organik formun T tipi geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %15,32 olmaktadır (Çizelge 4.18).

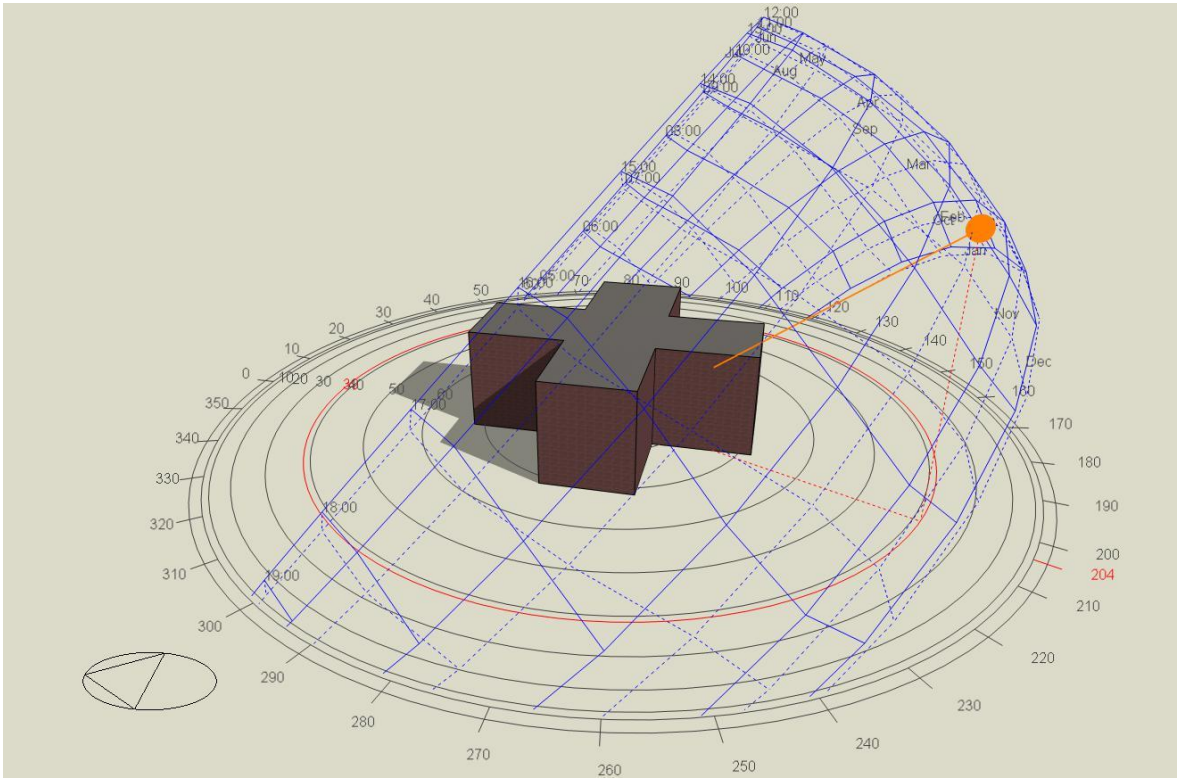


Şekil 4.29. T tipi geometrik – T tipi organik – T tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

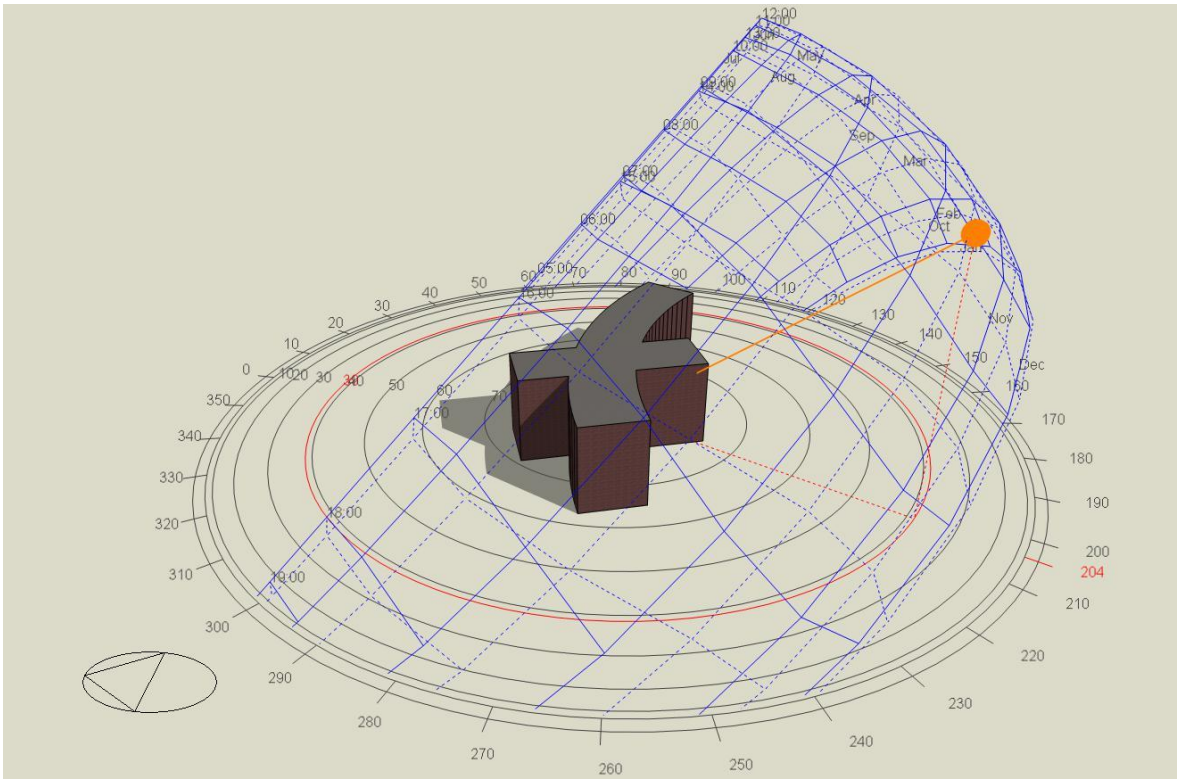
4.4.10. Tip 10 olarak belirtilen formlara ilişkin analiz sonuçları

Tip 10 olarak belirtilen, aşağıda görselleri bulunan X tipi geometrik form, X tipi geometrik formdan türetilmiş organik form ve bu formun güneye yönlenen cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulmuş deforme organik formun, DesignBuilder programında güneş ışınımı enerji kazanç analizleri yapılmıştır.

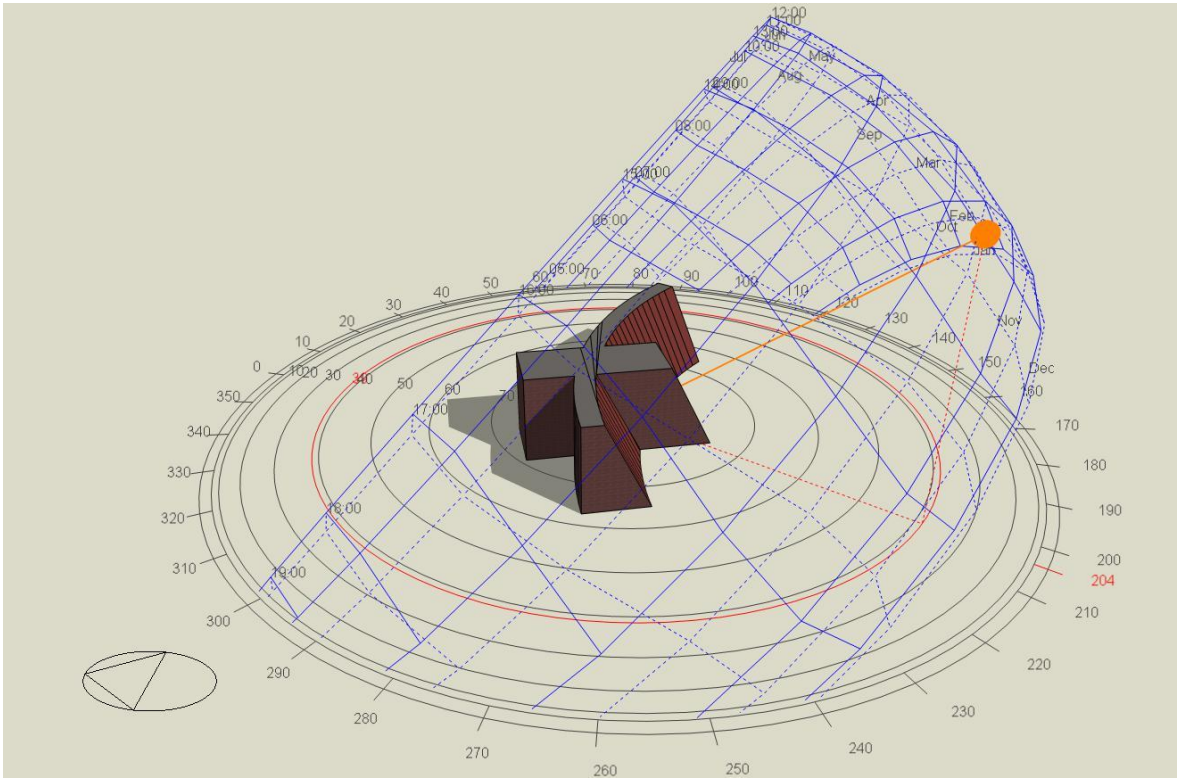
Analizler, soğuk dönemi (6 aylık periyot) kapsayacak şekilde yapılmıştır. Analiz yapılan her ay için, güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu enerji kazançları ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen aylık kazanç değerleri toplanarak, her bir form için soğuk dönem süresince elde edilen toplam güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh cinsinden) bulunmuştur. Daha sonra güneşten gelen enerjinin formların yüzeylerinde oluşturduğu toplam enerji kazançları, her bir formun toplam yüzey alanına bölünerek, formların soğuk dönem boyunca yüzeylerinde oluşan ortalama güneş ışınımı kazanç değerleri (kwh/m² cinsinden) bulunmuştur.



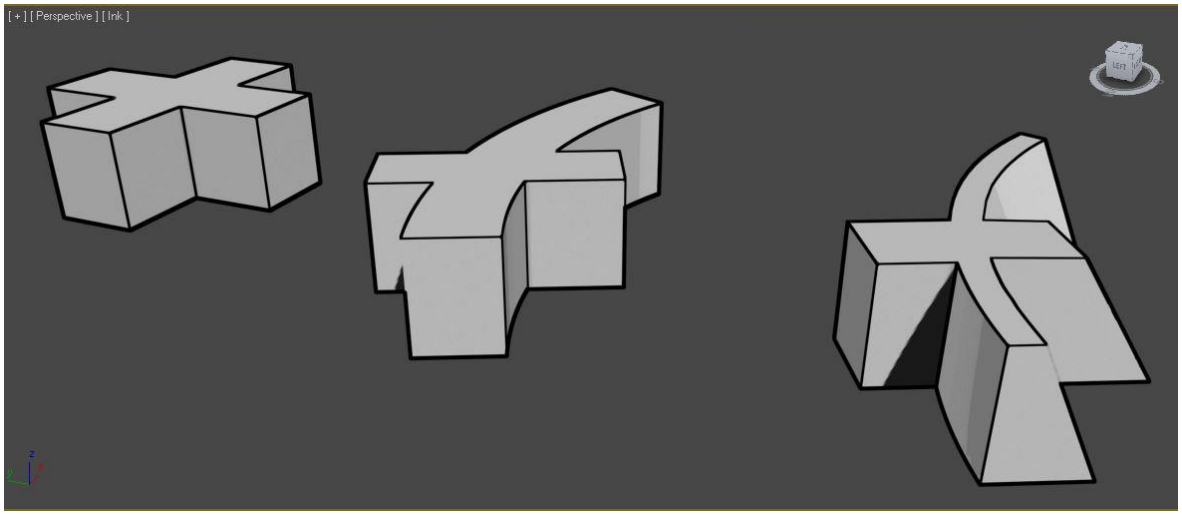
Resim 4.65. Güneş yörüngesi içerisinde X tipi geometrik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.66. Güneş yörüngesi içerisinde X tipi organik formu gösteren çalışma ekranı



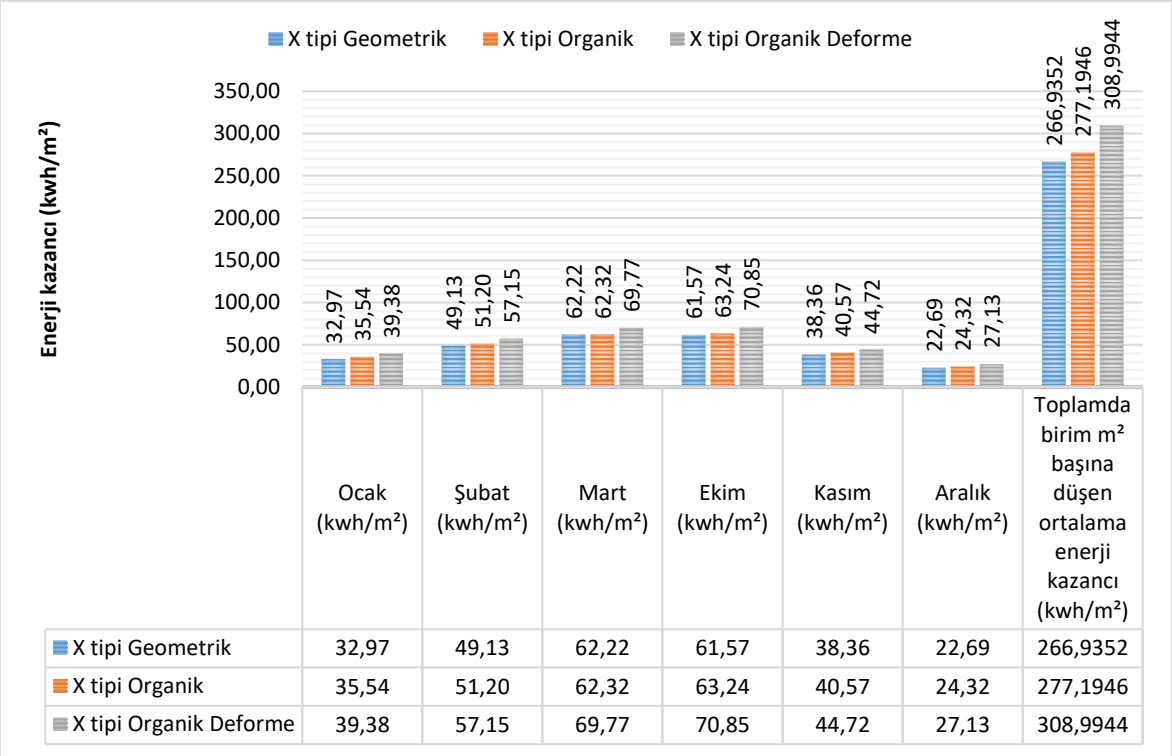
Resim 4.67. Güneş yörüngesi içerisinde X tipi deforme organik formu gösteren çalışma ekranı



Resim 4.68. X tipi geometrik form – Türetilmiş organik form – Güney cephesi düşeyde 26,7° açıyla eğilmiş deforme organik form

Çizelge 4.19. X tipi geometrik – X tipi organik – X tipi deforme organik formlar enerji kazançları

Formlar	**Form Verileri**		**Aylık Enerji Kazancı**						**Kış Dönemi Toplam ve Birim m² Enerji Kazancı**	
	Taban alanı (m²)	*Cephe-Yüzey alanı (m²)*	*Ocak (kwh)*	*Şubat (kwh)*	*Mart (kwh)*	*Ekim (kwh)*	*Kasım (kwh)*	*Aralık (kwh)*	*Toplam enerji kazancı (kwh)*	*Birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)*
X tipi ***Geometrik***	902,2	2472	81503	121443	153819	152193	94816	56090	659864	266,9352
X tipi ***Organik***	901,753	2770,05	98461	141836	172636	175178	112375	67357	767843	277,1946
X tipi ***Deforme Organik*** *(26,7°)*	901,625	2818,19	110967	161067	196628	199656	126038	76449	870805	308,9944



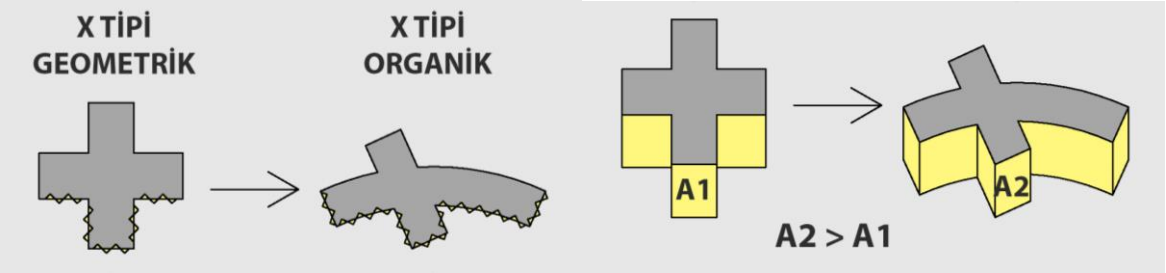
	Ocak (kwh/m²)	Şubat (kwh/m²)	Mart (kwh/m²)	Ekim (kwh/m²)	Kasım (kwh/m²)	Aralık (kwh/m²)	Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)
X tipi Geometrik	32,97	49,13	62,22	61,57	38,36	22,69	266,9352
X tipi Organik	35,54	51,20	62,32	63,24	40,57	24,32	277,1946
X tipi Organik Deforme	39,38	57,15	69,77	70,85	44,72	27,13	308,9944

Şekil 4.30. X tipi geometrik – X tipi organik – X tipi deforme organik formlar birim m² enerji kazançları

Yukarıda bulunan tablodan da anlaşılacağı üzere, ara varyasyon geometrik X tipi formun soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 659864 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 266,9352751 kwh/m² olmaktadır.

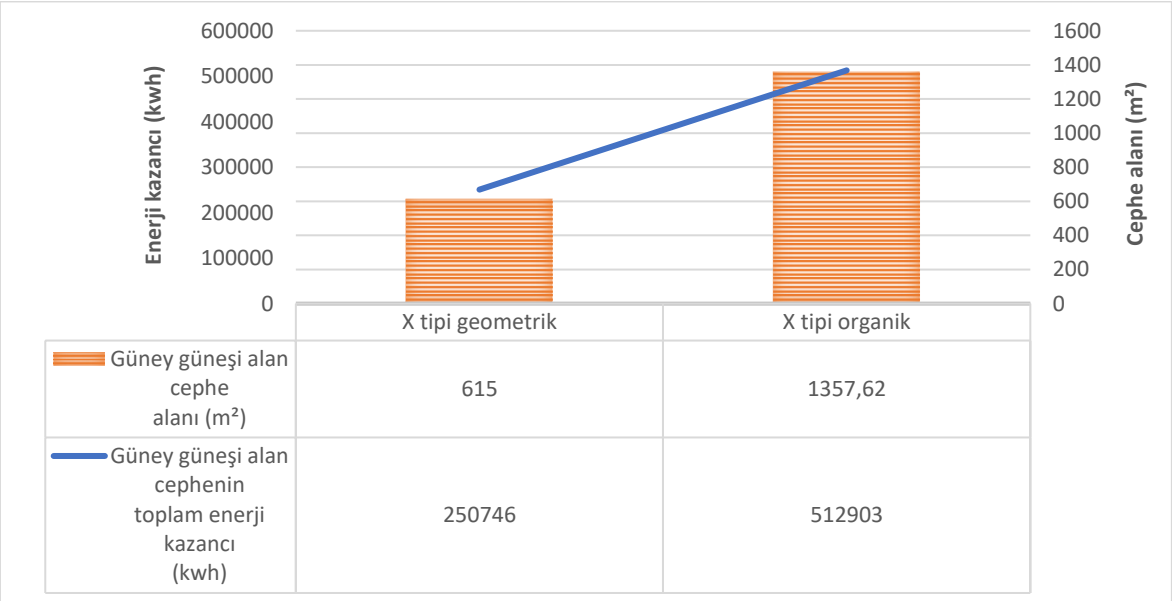
Geometrik X tipi formun, güneye yönlenen cephe alanını artırmak amacıyla yüzeylerinin yatayda eğilmesiyle türetilen organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 767843 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 277,1946355 kwh/m² olmaktadır.

Geometrik X tipi formdan türetilen organik formun, güneşten faydalanabilme süresini artırmak amacıyla güney cephesinin düşeyde 26,7° açıyla eğilmesiyle oluşturulan deforme organik formun, soğuk dönemde yüzeylerinde toplam 870805 kwh enerji kazancı oluşmaktadır. Aynı formun soğuk dönemde yüzeylerinde oluşan ve birim m²'ye düşen ortalama enerji kazancı ise 308,9944255 kwh/m² olmaktadır.



Resim 4.69. X tipi geometrik form ve formun güney güneşini alan cephe alanının büyütülmesi ile türetilmiş organik form

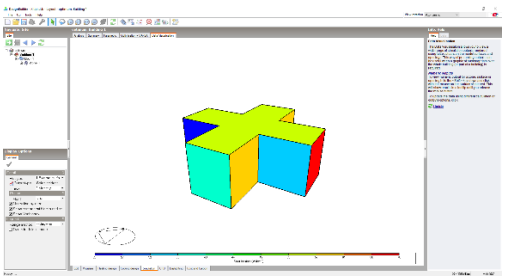
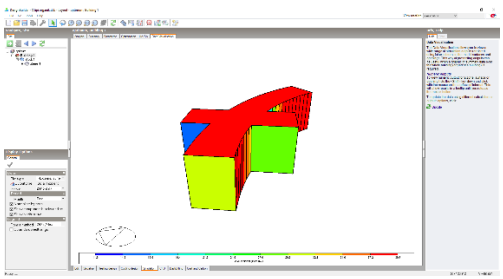
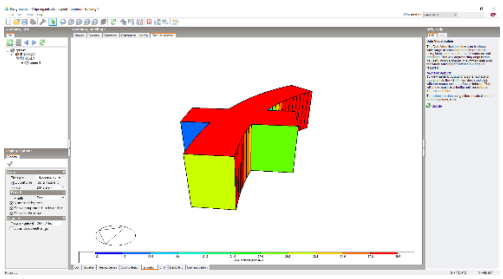
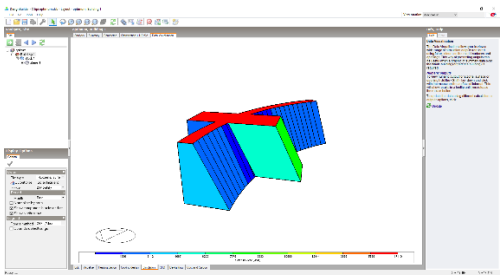
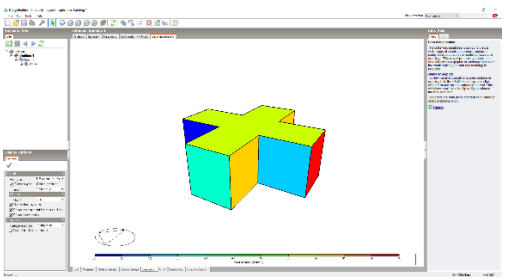
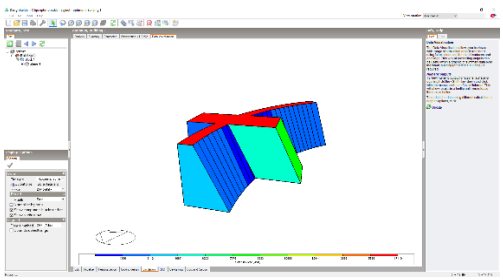
Geometrik X tipi formun güneye bakan cephe alanı 615 m² iken, güneş kazanımını artırmak amaçlı formun yüzeylerinin güney yönünde genişletilmesiyle türetilen organik formun güney güneşini alan cephe alanı ise 1357,62 m²'dir. Bu durumda geometrik X tipi formun güney cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı 250746 kwh iken, türetilen organik formun güney güneşini alan cephesinden soğuk dönemde elde edilen toplam enerji kazancı ise 512903 kwh olmaktadır (Şekil 4.31).



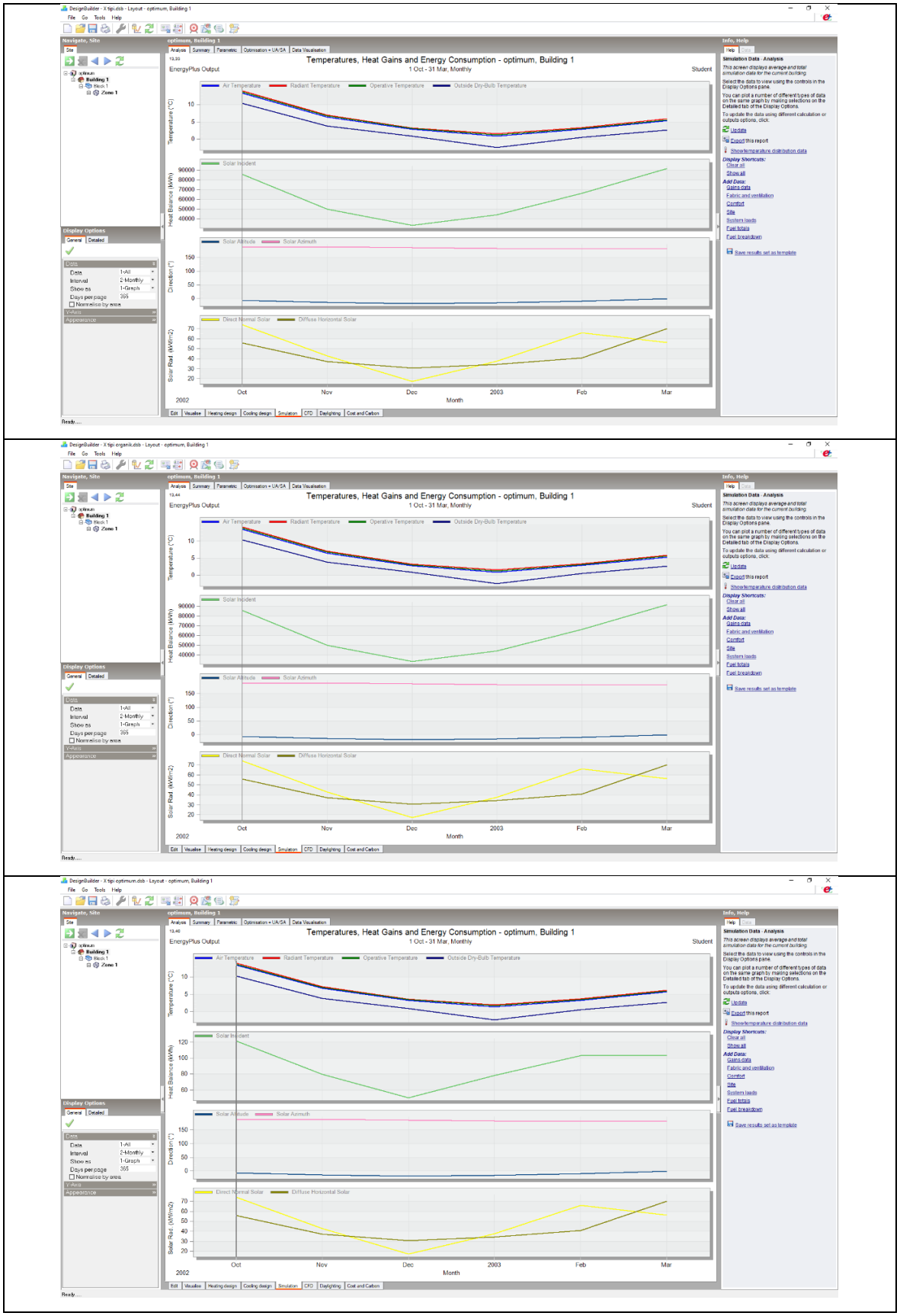
Şekil 4.31. X tipi geometrik ve X tipi organik formlar güney güneşi alan cephe alanları ve toplam enerji kazançları

Son form tipi olan deforme organik form oluşturulurken, organik formun güneye bakan yüzeyi güneşin geliş açısına göre düşey düzlemde eğilmiştir. Analiz sonuçlarında da görüldüğü üzere, organik forma oranla deforme organik formun yüzeyinde oluşan güneş enerjisi kazanç artışı, formun güney cephesinin düşey düzlemde eğilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 4.20. X tipi geometrik – X tipi organik – X tipi deforme organik formlar kazanç artış yüzdeleri

X tipi geometrik form (A) 	*X tipi organik form (B)* 	*A'ya oranla B'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%3,84**
X tipi organik form (B) 	*X tipi deforme organik form (C)* 	*B'ye oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%11,47**
X tipi geometrik form (A) 	*X tipi deforme organik form (C)* 	*A'ya oranla C'de oluşan kazanç artış yüzdesi* **%15,76**

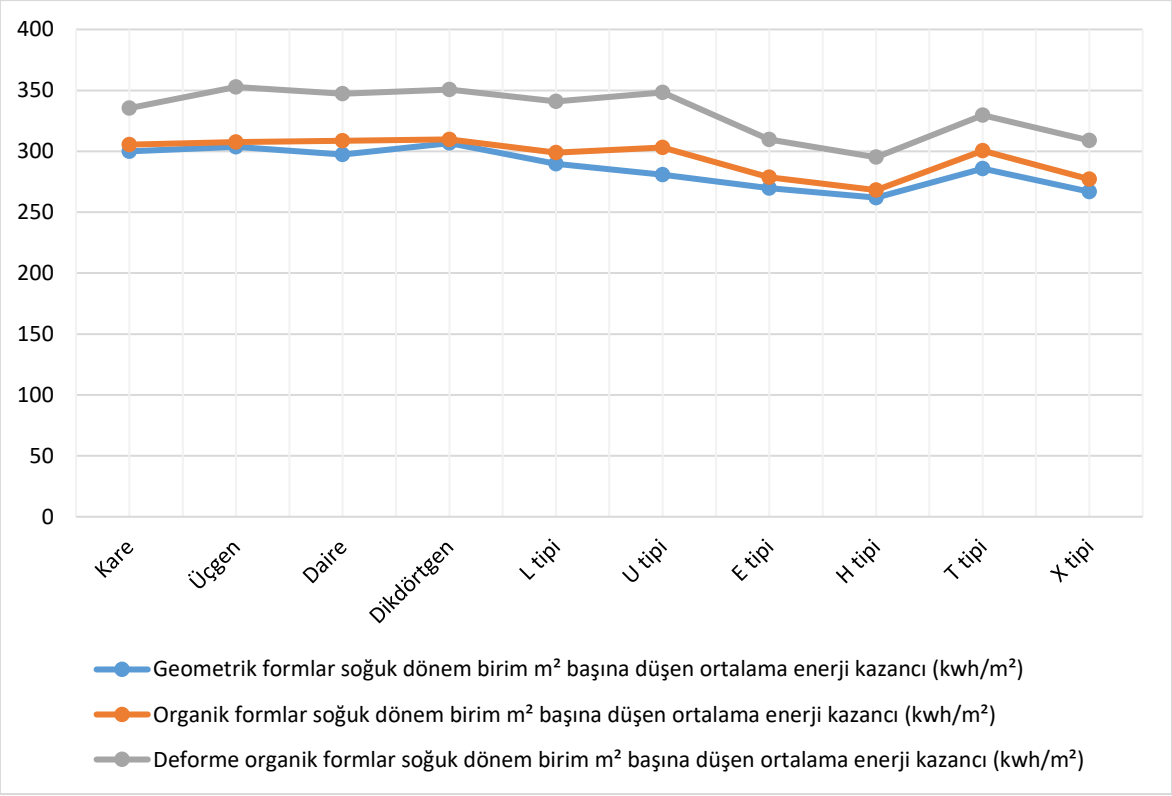
Bu formların güneşten elde ettikleri birim m²'ye düşen ortalama enerji kazançları karşılaştırıldığında; X tipi geometrik forma oranla X tipi organik formun enerji kazancı %3,84 ve X tipi organik forma oranla X tipi deforme organik formun enerji kazancı ise %11,47 artış göstermektedir. X tipi deforme organik formun X tipi geometrik forma oranla enerji kazanç artışı ise %15,76 olmaktadır (Çizelge 4.20).



Şekil 4.32. X tipi geometrik – X tipi organik – X tipi deforme organik formların EnergyPlus analiz çıktıları ekran görüntüsü

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

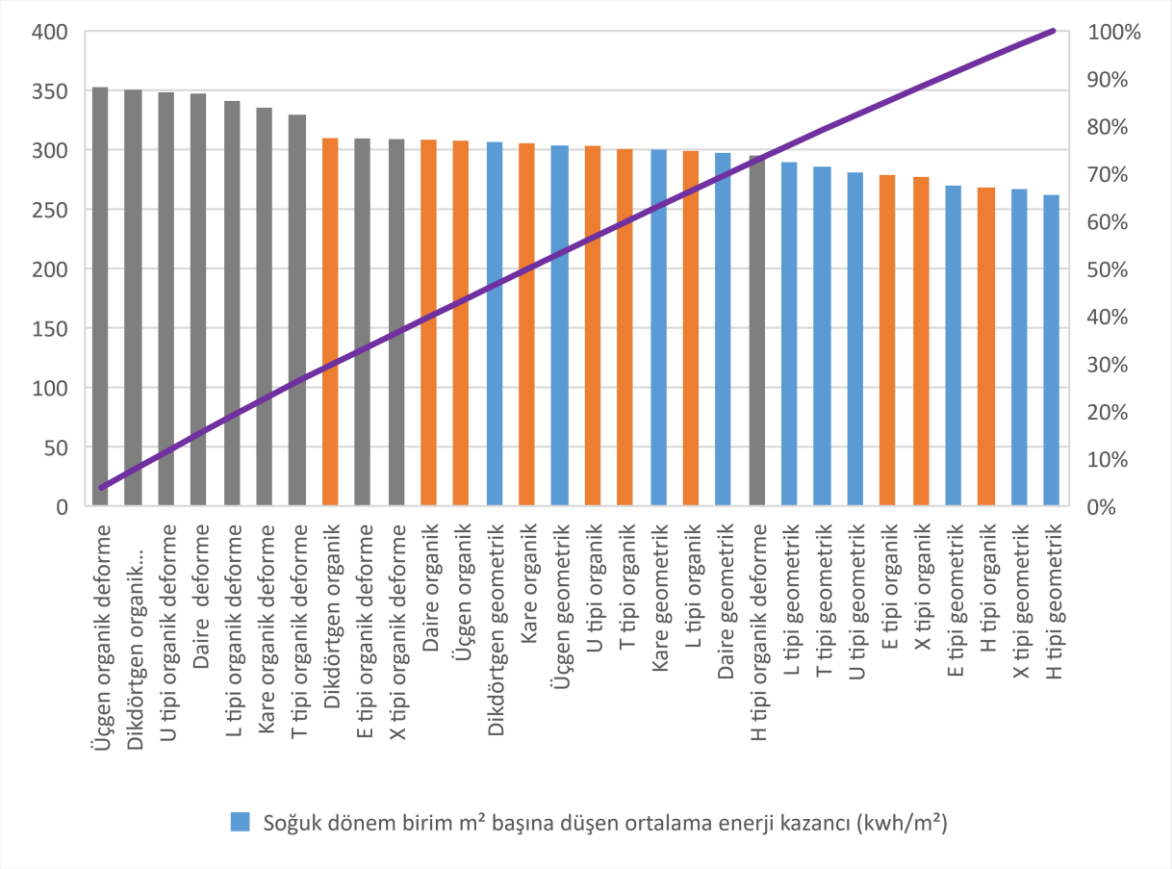
Modernist dönemdeki bina tipolojilerinde bina formlarının, olabildiğince kolay inşa edilebilmesi ve içerdiği işleve göre doğal aydınlatma önemli bir parametredir. Ancak mimari tasarımdaki güncel girdi olan enerji etkinlik ve sürdürülebilir enerji eldesi amacı ile bina formları da son derece önem kazanmıştır. Modernist tipolojilerde güneş ışığı tamamıyla doğal aydınlatma amaçlı olduğu için binaların şeffaf yüzeyleri (pencereler, giydirme cepheler) ve bunların doğal aydınlatma hesapları önemli olmaktadır. Günümüzdeki enerji etkin bina tasarımında ise doğal aydınlatma dışında binanın tüm sağır yüzeyleri yani bina kabuğu alanı da enerji kazancı sağlanabilecek alanlar olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle şeffaf ve sağır tüm bina kabuğunun tamamından elde edilen maksimum düzeyde güneş enerjisi tasarımda ilk kriter olarak ele alınmaktadır.



Şekil 5.1. Geometrik – Organik – Deforme organik formlar soğuk dönem birim m² enerji kazanç karşılaştırması

Yapılan tez çalışmasında geometrik ve organik formlar güneş simülasyonu ile analiz edildiğinde güneşin yaz-kış, doğu-batı hareket eksenini takip ederek biçimlenen eğrisel organik formlu binaların, daha fazla güneş enerjisi kazanımı sağladığı görülmüştür. Buna ek

olarak güneş yörüngesinin çizdiği yayın yaz ve kış olarak yeryüzüyle yaptığı açının da bina yüzeyinin enerji kazanımını etkilediği görülmüştür. Yeryüzüne dikey bina cepheleri yerine, kesitte güneş hareket yörüngesinin yeryüzüyle yaptığı açıya bağlı olarak eğimli tasarlanan yüzeylerde en fazla güneş enerjisi kazanımını sağlamaktadır (Şekil 5.1, Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Geometrik – Organik – Deforme organik formlar soğuk dönem birim m² enerji kazançları yüzdelik karşılaştırma

Sonuç olarak, yapılan çalışma ile iklim ve güneş enlem bölgesi özelinde, düzenli geometrik formlar yerine, güneşe yönlenen deforme edilmiş organik formların tercih edilmesiyle daha fazla güneş enerjisi kazanımı sağlamanın olanaklı olduğu ortaya konulmuştur.

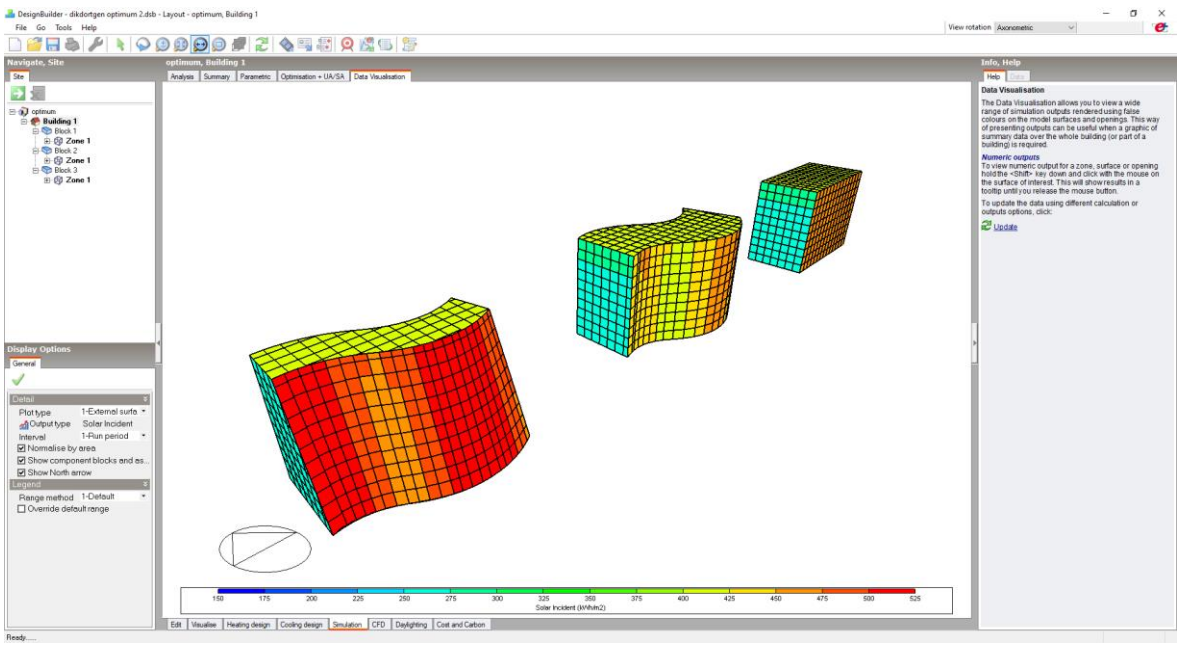
Yapının plan formu güneşin parabolik yörüngesini (doğu-batı yörüngesini) takip edecek formda olsa bile, güneş hareket yörüngesi yer düzlemiyle bir açı yaptığı için (bu açı yaz ve kış mevsimlerinde değişmektedir; kışın öğle vakti güneş daha yataydayken, yazın öğle vakti daha yüksektedir) bina kabuğunun yere 90° dik olması yerine yaz ve kış güneş yörüngesinin ortalaması alınarak eğimli tasarlanması güneş enerjisi kazanımı artırmaktadır.

Geometrik formlar güneş yörüngesine göre açılı olmayıp genelde 90° ve lineer düz yüzeylere sahip oldukları için güneş enerjisi kazançları, güneşin yörüngesine göre yerleşen eğrisel yüzeyli formların güneş enerjisi kazançlarından daha az olmaktadır.

Bina formunda yapı kabuğunun en geniş yüzey alanının, güneş enerjisini en fazla alacak biçimde yönlenmesi (kuzey yarımküre ülkeleri için güneye, güney yarımküre ülkeleri için kuzeye) güneşten kazanılan enerji miktarını artırmak açısından doğru olacaktır.

Bina formu güneşin çizdiği eğrisel yörüngeye göre günün daha fazla saati enerji kazancı sağlayacak şekilde eğrisel plan formu içeren organik yapılar ve güneşin yeryüzüyle yaptığı açı doğrultusunda eğimli yüzeylere sahip deforme formlar daha fazla güneş enerjisi kazancı sağlamaktadır.

Geometrik formlu yapıların inşaat maliyetleri, organik formlu yapıların ön yatırım inşaat maliyetine oranla daha düşüktür. Ancak uzun vadede düşünüldüğünde organik formlu yapıların enerji kullanım maliyeti daha düşük olmaktadır.



Resim 5.1. Dikdörtgen geometrik – Dikdörtgen organik – Dikdörtgen deforme organik formların soğuk dönem analizinde yüzeylerinde oluşan birim m²'lik enerji kazanç görselleri (Renk skalasında mavi renkten kırmızı renge doğru ilerledikçe enerji kazancı artmaktadır)

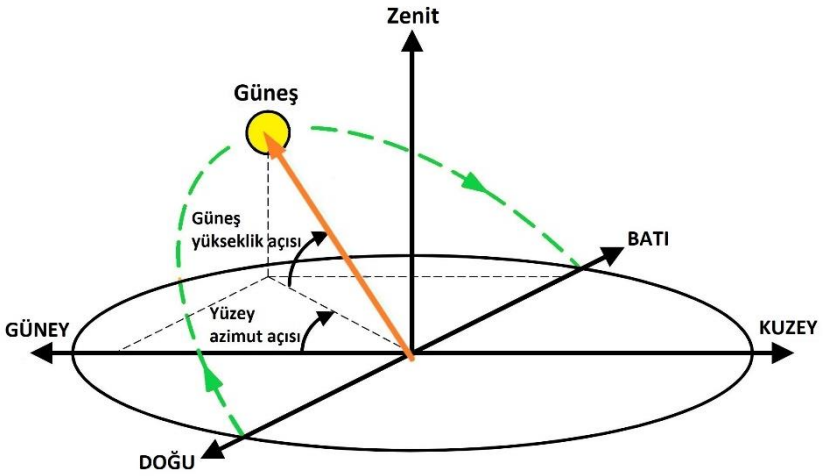
Yapılan tez çalışmasında soğuk dönem ısıtma yükü ele alınmış olup yaz döneminde aşırı ısı kazancından korunmanın da yapı kabuğunda mutlaka birtakım önlemlerle dikkate alınması ve tasarımda yer alması gerekmektedir. Çift kabuk, güneş ve rüzgâr bacaları, atriumlar, güneş kırıcılar, doğal havalandırmayı sağlayacak doluluk-boşluk oranının uygun şekilde yerleştirilmesi, gölgeleme elemanlarının tasarımı gibi önlemler düşünülerek tasarımlar yapılmalıdır.

Öneriler olarak enerji etkin mimari tasarım süreci iki başlık altında ele alınmaktadır.

1- Kentsel tasarım sürecinde enerji etkin tasarım:

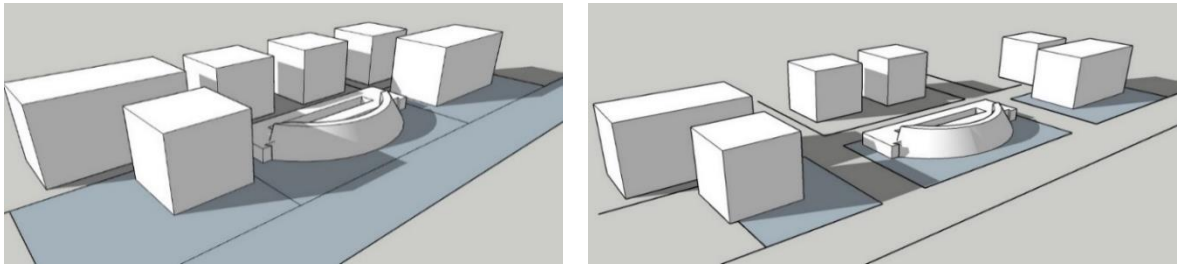
Bina tasarımı öncesi, binanın yer alacağı kent parçası, mülkiyetlere göre parselasyon, dönüşüm, imar kuralları, bina biçimini etkilemektedir. Bu nedenle kentsel tasarım, mimari tasarım öncesi belirleyici olmaktadır. Bu aşamada;

- Yerleşim planlamasında kuzey yarımküre için doğu-batı yönünde güneye yönelme olmalıdır.
- Yerleşim alanının güneş simülasyonu yapılarak, kentsel bölgenin azimut açıları elde edilerek, mülki parselasyonda dikkate alınmalıdır (Resim 5.2).



Resim 5.2. Kuzey yarımküre güneş hareket yörüngesi, yükseklik ve azimut açıları

- Tasarım öncesi yapının bulunacağı coğrafi noktanın form bazında güneş ışığı kazanımı değerinin ve saat olarak süresinin kwh olarak bilinmesi, binanın yıllık toplam enerji kazanım değeri için ön veri olacaktır.
- Topografya güneş tasarımı amaçlı göz önünde bulundurulmalı, yollar yapı parsellerinin farklı kotlarda teraslamalı, güneş enerjisi alacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Emsal, saçak kotu gibi imar değerleri bina yükselmeleri ile birbirlerini gölgelemeye neden olmamalıdır. Parsel yerine, geniş ada bölünmelerine gidilmelidir. Yapı adaları geniş tutulmalı, yapı yaklaşım mesafeleri büyük tutulmalıdır (Resim 5.3).

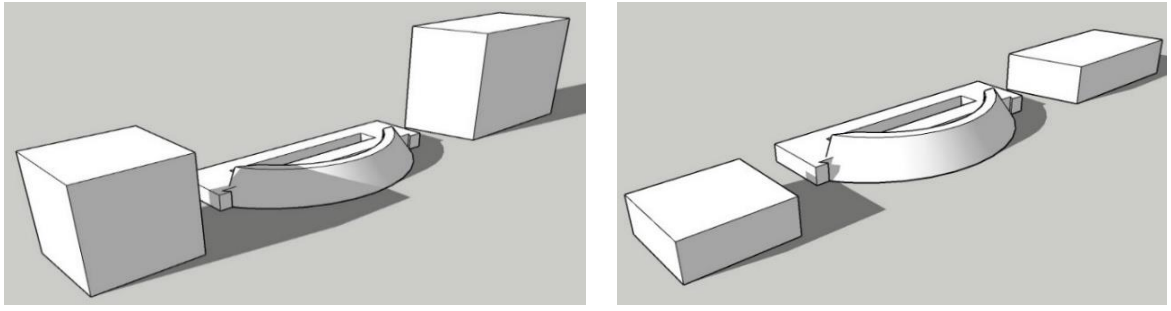


Resim 5.3. Parsel bazı yoğun ve ada bazı daha az yoğun yapılaşmanın gölgeleme etkisi

2- Bina tasarımı sürecinde enerji etkin tasarım:

Kentsel tasarımda güneş enerjisi kazanımı amaçlı adımları takip eden aşama bina tasarımı olmaktadır. Üst ölçekteki adımların bina tasarımına etkileri bu aşamada öncelikle tasarım alanının güneş ve gölgeleme simülasyonu yapılmalıdır.

Bu simülasyonda, tasarımın coğrafi noktası seçilerek, çevre yapıların tasarlanacak binaya gölgeleme etkisi takip edilmelidir (Resim 5.4). Çevre yapıların yükseklikleri ve ara mesafeler burada önem kazanmaktadır.



Resim 5.4. Parsel ve ada bazında yapılaşmada çevre bina yüksekliklerinin gölgeleme etkisi

Kesin tasarım aşamasında ise, tasarlanan binanın çevre yapılar ile bilgisayar ortamında yine güneş kazanım ve gölgelemelerinin simülasyonu yapılarak, yapı kabuğu radyasyon kazanımı gözlenmelidir. Burada yapı içi gün ışığı aydınlatma durumu da elde edileceğinden, enerji etkinlik bağlamında ek faydalar sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

Addy M.N., Adinyira E., Ayarkwa J. (2017). Identifying and Weighting Indicators of Building Energy Efficiency Assessment in Ghana. *Energy Procedia*, 134, 161-170.

Akgöz, E. (2004). *Enerji Etkin Bina Tasarım Parametreleri İçin Uygun Değerlerin Belirlenmesi: İstanbul Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akın, C.T. (2001). *Doğal Çevre Etmenlerine Bağlı Olarak Yerleşme ve Bina Ölçeğinde İklimle Dengeli Konut Tasarım Denetleme Modeli*. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aksoy, E. (1975). *Mimarlıkta Tasarım İletim ve Denetim*. İstanbul: Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, 13-92.

Aksoy, Ö. (1977). *Biçimlendirme*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, 1-38.

Aksoy, E. (1987). *Mimarlıkta Tasarım Bilgisi*. Ankara: Hatiboğlu Yayınları, 21-110.

Antoniades, A. C. (1992). *Poetics of Architecture: Theory of Design*. New York: John Wiley & Sons. Inc., 186.

Atalayer, F. (1994). *Temel Sanat Öğeleri*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları.

Aydınlı, S. (1993). *Mimarlıkta Estetik Değerler*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, 38.

Ayyıldız, S. (2001). *Mimarlıkta Analojiler Üzerine Estetik Ağırlıklı Bir İnceleme*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Baker, N. ve Steemers, K. (2000). *Energy and Environment in Architecture, a Technical Design Guide*. London: Taylor and Francis Group, 35-36.

Berköz, E. ve Sağlamer, G. (1978, 12-14 Eylül). *Binaların, Güneş Radyasyonundan Yararlanmada Optimal Performans Gösteren Doğal İklimlendirme Sistemleri Olarak Tasarlanmasında Dinamik-Analitik Bir Tahmin Modeli*. Güneş Enerjisi ve Çevre Dizaynı Ulusal Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Berköz, E. (1983). *Güneş Işınımı ve Yapı Dizaynı*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, 6-108.

Berköz, B., Yılmaz Aygün, Z., Kocaaslan, G., Yıldız, E., Ak, F. ve diğerleri. (1995). Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı. *Tübitak-Intag, Proje No:201, İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 14-22.

Boyle, G. (1998). *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford: Oxford University Press, 1-40.

Broadbent, G. (1973). *Design in Architecture*. London: John Wiley & Sons, 25-38.

Broadbent, G. (1974). *Building Design as an Iconic Sign System*. The First Congress of Internal Association for Semiotic Studies, Milano.

Broadbent, G. (1980). *Signs Symbols and Architecture*. New York: John Wiley & Sons.

Broadbent, G. (1988). *Design in Architecture*. London: John Wiley & Sons, 412-427.

Ching, F. D. K. (2010). *Mimarlık: Biçim, Mekân ve Düzen* (Dördüncü Baskı). İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 3-77.

Cordan, Ö. (2002). *Mimari Formun Kavramsal Analizi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Çakmanus, İ. ve Bilgin, A. (2005). Güneş Enerjisi ile Binaların Pasif Isıtılması. *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, 36.

Çelik, A. P. (1978, 12-14 Eylül). *Biyoklimatik Konfor Açısından, Güneş Enerjisinden Yararlanmada Binaların Dış Yüzey Özelliklerinin Kullanımı*. Güneş Enerjisi ve Çevre Dizaynı Ulusal Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Dickinson, W. C. ve Cheremisinoff, P. N. (1980). *Solar Energy Technology Handbook. Part B: Applications, Systems Design and Economics*. United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group, 30-32.

Dörter, C. H. (1994). *Konutlarda Isıtma Enerjisi Korunumu Amaçlı Mimari Tasarıma Yön Verici İlkelerin ve Çözümlerin Belirlenmesinde Bir Yaklaşım Araştırması*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erengezgin, Ç. (2001). Enerji Mimarlığı. *Yapı*, 234, 82-89.

Ergin Oruç, Ş. (2015). *Diyarbakır İli Kırsal Mimari Çeşitliliğinin İklimsel Konfor ve Enerji Etkinliği Açısından Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ergünay Kurtçu, G. (1999). *Mimari Kütlede Biçimleniş Faktörleri*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Eriç, M. (1994). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Ertürk, Z. (1981). *Mimari Tasarlama: Süreçler, Görsel Modeller ve Teknikler Açısından Bir İnceleme*. Doçentlik Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Trabzon.

Findley, D. S. (2010). *Solar Power for Your Home*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc., 78-83.

Foster, R., Ghassemi, M., Cota, A. (2010). *Solar Energy Renewable Energy and the Environment*. United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group, 99.

Gelernter, M. (2000). *Sources of Architectural Form: A Critical History of Western Design Theory*. Manchester: Manchester University Press, 3-14.

Güçyeter, B. (2010). *Mevcut Yapı Kabukları için Enerji Etkin İyileştirme Yöntemi*. Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Hançerlioğlu, O. (1998). *Felsefe Sözlüğü*. İstanbul: Remzi Kitabevi, 159-161.

Hann, M. (2012). *Structure and Form in Design, Critical Ideas for Creative Practice*. London: Berg Publisher, MPG Books Group, 33-130.

International Energy Agency. (2000). *Daylight in Buildings, a Source Book on Daylighting Systems and Components*. France: A report of IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex 29, 4-8.

International Energy Agency. (2011). *Solar Energy Perspectives*. France: A report of IEA Paris Cedex 15, 34-116.

İnternet: URL-1. Kabakçı, O. K. (2019). Binalarda Enerji Verimliliği. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, web: https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2019/11/21112019Sunum.pdf, Son Erişim Tarihi: 22.04.2021.

İnternet: URL-2. İstanbul Sanat Evi, web: https://www.istanbulsanatevi.com/sanatcilar/soyadi-m/mondrian-piet/piet-mondrian-hayati-ve-eserleri/, Son Erişim Tarihi: 11.10.2021.

İnternet: URL-3. Archdaily, web: https://www.archdaily.com/99698/ad-classics-rietveld-schroder-house-gerrit-rietveld, Son Erişim Tarihi: 11.10.2021.

İnternet: URL-4. Archdaily, web: https://www.archdaily.com/88705/ad-classics-le-grande-louvre-i-m-pei, Son Erişim Tarihi: 02.10.2021.

İnternet: URL-5. Archdaily, web: https://www.archdaily.com/65218/ad-classics-sydney-opera-house-j%25c3%25b8rn-utzon, Son Erişim Tarihi: 02.10.2021.

İnternet: URL-6. Arkitektuel, web: https://www.arkitektuel.com/fallingwater-evi-selale-evi/, Son Erişim Tarihi: 02.10.2021.

İnternet: URL-7. Arkitektuel, web: https://www.arkitektuel.com/baker-house/, Son Erişim Tarihi: 02.10.2021.

İnternet: URL-8. The 20 th Century Architecture, web: http://architecture-history.org/architects/architects/KAHN%202/PIC/RM002.png, Son Erişim Tarihi: 11.10.2021.

İnternet: URL-9. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes, Son Erişim Tarihi: 12.03.2021.

İnternet: URL-10. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA), web: https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/, Son Erişim Tarihi: 12.03.2021.

İnternet: URL-11. Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı, web: https://www.energy.gov/sites/prod/files/guide_to_passive_solar_home_design.pdf, Son Erişim Tarihi: 16.04.2021.

İnternet: URL-12. T.C. Ankara Valiliği, web: http://www.ankara.gov.tr/genel-cografya-ve-yeryuzu-sekilleri, Son Erişim Tarihi: 16.04.2021.

İnternet: URL-13. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, web: https://www.mgm.gov.tr, Son Erişim Tarihi: 16.04.2021.

İnternet: URL-14. Altensis DesignBuilder Yazılımı, web: https://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software/, Son Erişim Tarihi: 06.06.2021.

Joncich, D. M. (1982). *Overview of Passive Solar Design Techniques*. United States: Final Report Army Construction Engineering Research Laboratory. E19, 13-20.

Jules, F. (1974). *Form/Space and the Language of Architecture*. United States of America: Architecture and Urban Planning Center for Architecture and Urban Planning Research Books, Milwaukee, 16-41.

Kalpkırmaz, I. (2018). *Konut ve Yerleşmelerde Güneş Enerjisinin Etkin Kullanımı Açısından İmar Mevzuatının İrdelenmesine Yönelik Bir Çalışma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kaptan, B. B. (1997). *İç Mimaride Form-Mekân İlişkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Keleş Usta, G. (1994). *Anadolu Osmanlı Dönemi Mimarisinde Mekân Analizi: Han ve Kervansaray Yapılarında Uygulama*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kılıç Demircan, R. ve Gültekin, A. B. (2017). Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı*, 10(1), 36-51.

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

Knowles, R.L. (2003). The Solar Envelope: Its Meaning for Energy and Buildings. *Energy and Buildings Elsevier Science*, 35, 15-25.

Koçlar Oral, G. (2003, 20-21 Haziran). *Güneş Enerjisinden Yararlanmada Pasif Sistem Tasarımı Bildirisi*. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Mersin, 178-186.

Koçlar Oral, G. ve Yılmaz, Z. (2003). Building Form for Cold Climatic Zones Related to Building Envelope from Heating Energy Conservation Point of View. *Energy and Buildings*, 35, 383–388.

Kolarevic, B. (2003). *Architecture In The Digital Age, Design And Manufacturing*. New York: Spon Press.

Kortan, E. (1986). *XX. Yüzyıl Mimarlığına Estetik Açıdan Bakış*. Ankara: Yaprak Kitabevi.

Kreider, J. F. ve Kreith, F. (1982). *Solar Heating and Cooling, Active and Passive Design*. United States of America: Hemisphere Publishing Corporation, 25-152.

Kreider, J. F. (1982). *Solar Heating Design Process, Active and Passive Systems*. United States of America: McGraw-Hill Book Company, 78-80.

Krier, R. (1988). *Architectural Composition*. London: Academy Editions, 10-45.

Krishnamurti, R. ve Giraud, C. (1986). Towards A Shape Editor: The Implementation of a Shape Generation System. *Environment and Planning B*, 391-404.

Lakot, E. (2007). *Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Lechner, N. (1991). *Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects*. United States of America: A Wiley-Interscience Publication, 35-388.

Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects* (Fourth Edition). United States of America: A Wiley-Interscience Publication, 169-192.

Littler, J. ve Thomas, R. (1984). *Design with Energy*. London: Cambridge University Press, Cambridge, 134-146.

Mamaklıoğlu, G. (2017). *Enerji Verimli Sistemler Rehber Kitabı*. Ankara: Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması için Teknik Yardım Projesi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 63-69.

Manioğlu, G. (2011). Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi. *Tesisat Mühendisliği*, 126, 35-47.

Mazria, E. (1979). *The Passive Solar Energy Book*. United States: Rodale Press, 9.

Mingfang, T. (2002). Solar Control for Buildings. *Building and Environment*, 37, 659–664.

Naboni E., Malcangi A., Zhang Y., Barzon F. (2015). Defining the Energy Saving Potential of Architectural Design. *Energy Procedia*, 83, 140-146.

Oğultekin, G. (2007). *Yüksek Teknoloji Yapılarında Biçim / Sentez İlişkisi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ok, V. (1978, 12-14 Eylül). *Yerleşme Dizaynında Güneş Işınımından Yararlanmada, Bina Aralıkları ve Bina Boyutları Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi*. Güneş Enerjisi ve Çevre Dizaynı Ulusal Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Olgyay, V. (1962). *Design with Climate-Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New Jersey: Princeton University Press, 88-89.

Onat, E. (2020). *Mimarlık, Form ve Geometri* (Yedinci Baskı). Ankara: Efil Yayınevi Yayınları, 2-4.

Ourghi, R., Al-Anzi, A., Krarti, M. (2007). A Simplified Analysis Method to Predict the Impact of Shape on Annual Energy Use for Office Buildings. *Energy Conversion and Management*, 48, 300-305.

Özer, B. (2021). *Kültür, Sanat, Mimarlık* (Yedinci Baskı). İstanbul: YEM Yayınları, 175-246.

Pamir, H. (2000). Yüzeyler-Görüntüler, Görünüşler ve Mimari Cepheler. *XXI Mimarlık Kültürü Dergisi*, 4, 22-29.

Pamir, H. (2001). Mimari Tasarım Kurgusu: Biçim / Biçimlendirme. *XXI Mimarlık Kültürü Dergisi*, 9, 20-25.

Porter, T. (1979). *How Architects Visualize*. London: Studio Vista.

Rashdi, W. S. S. W. M. ve Embi, M. R. (2016). Analysing Optimum Building Form in Relation to Lower Cooling Load. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 222, 782-790.

Reddy, T. A. (1987). *The Design and Sizing of Active Solar Thermal Systems*. New York: Oxford University Press, 2-4.

Ruck, N. (2001). *Daylighting of Buildings. BDP Environment Design Guide*. Australian: The Royal Australian Institute of Architects, DES 6, 3-4.

Schirmbeck, E. (1987). *Idea, Form, and Architecture, Design Principles in Contemporary Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 4.

Schulz, C. N. (1988). *Intentions in Architecture*. Cambridge: MIT Press, 133.

Stockholm Environment Institute. (2007). *Photovoltaics Design and Installation Manual*. Canada: Solar Energy International, New Society Publishers, 2-140.

Şener, S. M. (1994). *Mimari Tasarımda Düzlemsel Geometrik Örüntü Kullanımının İhtiyaç Programının Alansal Değeri ile İlişkisi*. Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tavşan, C. (2000). *Mimari Form Analizi için Bir Yöntem Araştırması: Çağdaş Mimarlık Akımlarına Bağlı Son Dönem Müze Yapılarında Uygulanması*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Türk Dil Kurumu. (2011). *Genel Türkçe Sözlük*. Ankara: Türk Dil Kurumu Başkanlığı.

TS 825. (2013). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

Tönük, S. (2001). *Bina Tasarımında Ekoloji*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları Basım Yayın Merkezi, 55.

Turuthan, T. (1987). *Tasarlama Faaliyeti ve Tasarımcı Nitelikleri Üzerine Bir İnceleme*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Ulukavak Harputlugil, G. (2016). *Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri. Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması İçin Teknik Yardım Projesi El Kitabı*. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 25.

Ulukavak Harputlugil, G. (2009). *Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanılabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ulukavak Harputlugil, G. (2011). Enerji Performansına Dayalı Tasarımda Analiz ve Simülasyon. *Megaron*, 6(1), 1-12.

Ulusu Uraz, T. (1993). *Tasarlama Düşünme Biçimlendirme*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.

Usta, A. (1994). *Anadolu Türk Mimarlığında Form Analizi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Utkutuğ, G.S. (1999). *Binayı Oluşturan Sistemler Arasındaki Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi Mimar Tesisat Mühendisi İş Birliği*. İzmir: IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 1, 21-36.

Utkutuğ, G.S. (2000). Yeni Yüzyıla Girerken Bina Tasarımı Ekoloji/Enerji Etkin/Akıllı Bina. *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, 14.

Utkutuğ, G. (2000). *Yeni Bin Yıla Girerken Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Ekolojik ve Enerji Etken Hedefler ile Bina Tasarımı ve İşletimi*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 148.

Utkutuğ, G., Ayçam, İ., İmren, M. (1995). *Fiziksel Çevre Kontrolü Ders Notları*. Ankara: Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümü.

Ünlü Çelebi, G., Gültekin, A.B., Ulukavak Harputlugil, G., Bedir, M., Tereci, A. (2008). *Yapı Çevre İlişkileri*. Ankara: Mimarlar Odası Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi Yayınları, 10, 32-36.

Ünügür, M. (1989). *Bina Tasarımının Temel İlkeleri*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, 13-46.

Vitruvius. (2005). *Mimarlık Üzerine On Kitap*. Ankara: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, 12.

Yakan, Ş. (1999). *Mimari Form Oluşumuna Etki Eden Girdiler ve Tarihsel Süreç İçinde Form Olgusunun İrdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yıldırım, M. T. (2003). *Bina İşlevi ile Bina Biçimi İlişkisinde Çizge Teorisi Kullanımı ile Veri Eldesi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yılmaz, T. ve Memlük, M. (2008). Vadilerde Rüzgâr ve Güneş Hareketlerine Bağlı Planlama ve Tasarım Olanakları, Ankara Büyükesat Vadisi Örneği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 193–204.

Yiğit, M. (2012). *Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu Rüzgâr ve Güneş Ölçüm Standardı Tebliği*. İstanbul: Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

Yücel, A. (1976). *Mimarlıkta Tipoloji Kavramları Ders Notları*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi.

Yücel, A. (1981). *Mimarlıkta Biçim ve Mekânın Dilsel Yorumu Üzerine*. Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Zelanski, P. ve Fisher, M. P. (1987). *Shaping Space*. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.

Zellner, P. (2000). *Hybrid Space, New Forms In Digital Architecture*. London: Thames&Hudson, 9.

Zeren, L. (1978, 12-14 Eylül). *Mimarlıkta Yapma Çevre Dizaynı ve Güneş Enerjisi*. Güneş Enerjisi ve Çevre Dizaynı Ulusal Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Zevi, B. (2015). *Mimarlığı Görebilmek*. İstanbul: Daimon Yayınları.

Waismann, M. (1972). *La Estructura Historica Del Entorno*. Buenos Aires: Nueva Vision, 69-138.

Watson, D. (1979). *Energy Conservation Through Building Design*. United States of America: McGraw-Hill Book Company, 81-82.

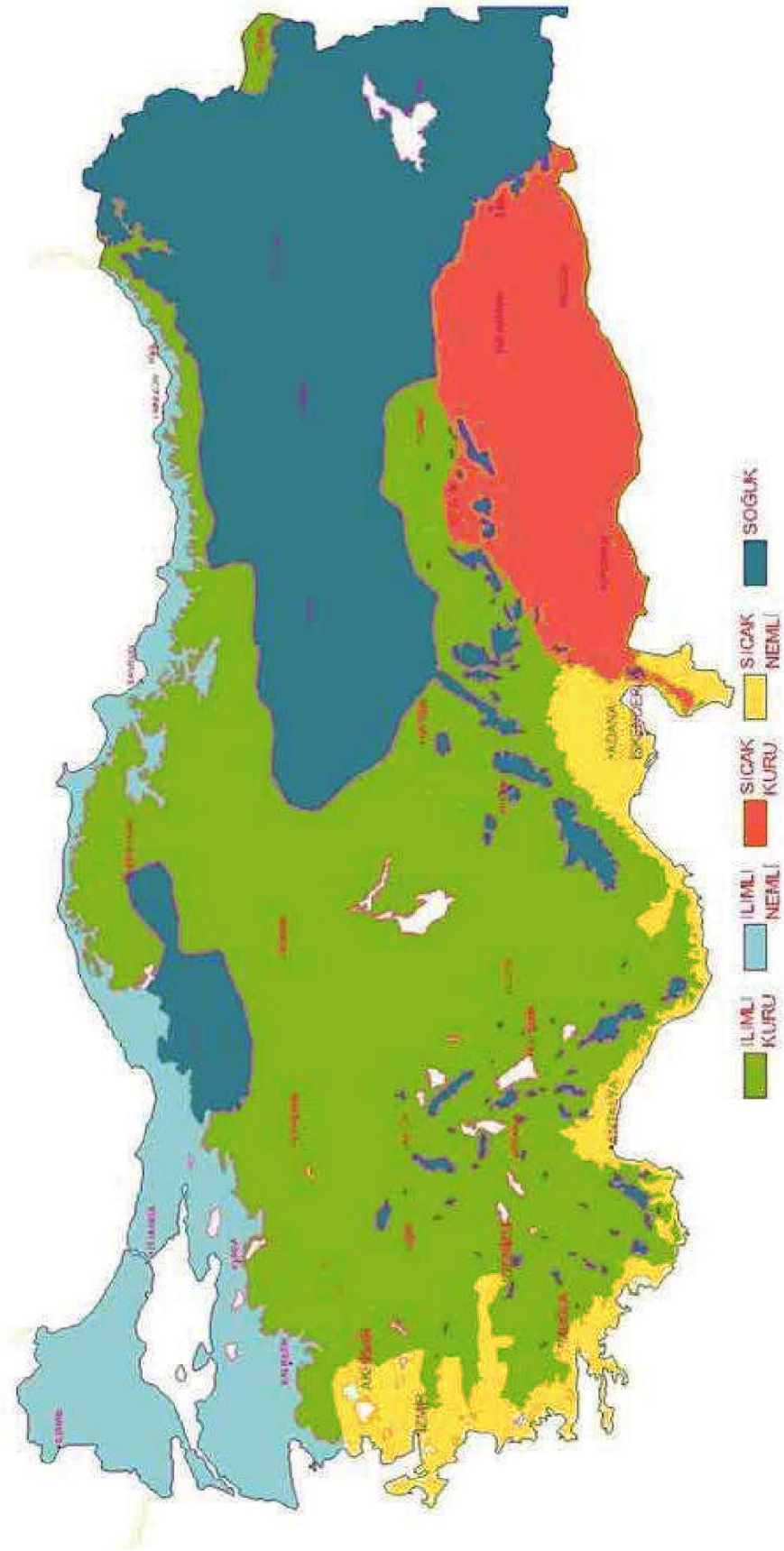
Wojtowicz, J. ve Fawcett, W. (1986). *Architecture; Formal Approach*. London: Academy Editions, St. Martin's Press.

Wong, W. (1972). *Principles of Two Dimensional Design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 7-8.

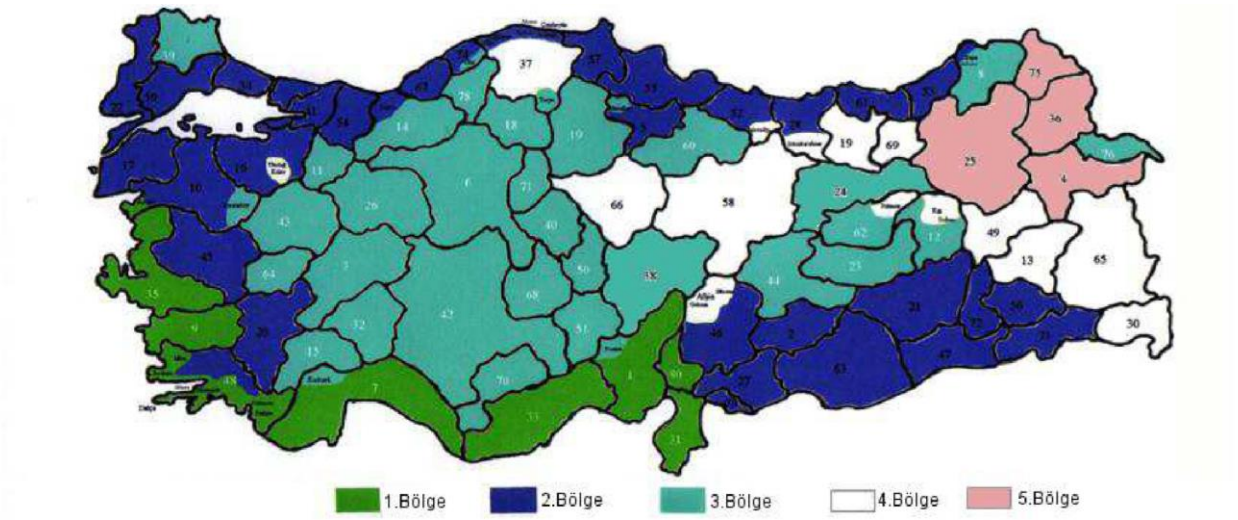
Wölfflin, H. (2015). *Sanat Tarihinin Temel Kavramları*. İstanbul: Hayalperest Yayınevi, 5.

EKLER

EK-1. Türkiye iklim ve derece-gün bölgeleri



Harita 1.1. Türkiye iklim bölgeleri (Zeren vd., 1990 aktaran Kalpkırmaz, 2018)

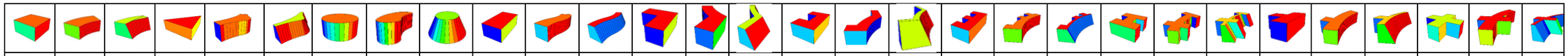


01- ADANA	10- BALIKESİR	19- ÇORUM	28- GİRESUN	37- KASTAMONU	46- K.MARAŞ	55- SAMSUN	64- UŞAK	73- ŞIRNAK
02- ADIYAMAN	11- BİLECİK	20- DENİZLİ	29- GÜMÜŞHANE	38- KAYSERİ	47- MARDİN	56- SİİRT	65- VAN	74- BARTIN
03- AFYON	12- BİNGÖL	21- DİYARBAKIR	30- HAKKARİ	39- KIRKLARELİ	48- MUĞLA	57- SİNOP	66- YOZGAT	75- ARDAHAN
04- AĞRI	13- BİTLİS	22- EDİRNE	31- HATAY	40- KIRŞEHİR	49- MUŞ	58- SİVAS	67- ZONGULDAK	76- IĞDIR
05- AMASYA	14- BOLU	23- ELAZIĞ	32- ISPARTA	41- KOCAELİ	50- NEVSEHİR	59- TEKİRDAĞ	68- AKSARAY	77- YALOVA
06- ANKARA	15- BURDUR	24- ERZİNCAN	33- İÇEL	42- KONYA	51- NİĞDE	60- TOKAT	69- BAYBURT	78- KARABÜK
07- ANTALYA	16- BURSA	25- ERZURUM	34- İSTANBUL	43- KÜTAHYA	52- ORDU	61- TRABZON	70- KARAMAN	79- KİLİS
08- ARTVİN	17- ÇANAKKALE	26- ESKİŞEHİR	35- İZMİR	44- MALATYA	53- RİZE	62- TUNCELİ	71- KIRIKKALE	80- OSMANİYE
09- AYDIN	18- ÇANKIRI	27- GAZİANTEP	36- KARS	45- MANİSA	54- SAKARYA	63- ŞANLIURFA	72- BATMAN	81- DÜZCE

Harita 1.2. Türkiye derece-gün bölgelerine göre illerimiz (TS 825)

EK-2. Tüm formların güneş ışınımı analiz sonuçları

Çizelge 2.1. Tüm formların 6 aylık süreçte ve toplamda birim m² başına düşen ortalama güneş ışınımı miktarlarını içeren analiz sonuçları



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Formlar	**Ocak (kwh)**	**Şubat (kwh)**	**Mart (kwh)**	**Ekim (kwh)**	**Kasım (kwh)**	**Aralık (kwh)**	**Toplamda birim m² başına düşen ortalama enerji kazancı (kwh/m²)**
1- Kare	67716	99768	123984	124148	78152	46297	300,0361111
2- Kare organik	74131	106789	129186	131674	84522	50600	305,5560264
3- Kare deforme organik	80720	116863	141635	144490	91590	55413	335,4649462
4- Üçgen	82648	118753	144849	146748	94075	56711	303,6516456
5- Üçgen organik	85103	120753	144340	148137	95729	57983	307,559763
6- Üçgen deforme organik	95062	136376	163943	168205	106416	65399	352,7637853
7- Daire	59841	87480	109245	108916	68806	41149	297,280043
8- Daire organik	77231	110268	131851	135471	87888	52722	308,5345064
9- Daire organik deforme	60679	87683	112823	110133	68547	43484	347,2865878
10- Dikdörtgen	74147	107404	130185	132572	84755	50519	306,6571429
11- Dikdörtgen organik	87901	124982	148422	153124	98937	59715	309,7430776
12- Dikdörtgen deforme organik	96943	139807	165822	171243	108847	66478	350,6077157
13- L tipi	78429	116252	144992	144975	91332	53853	289,5783908
14- L tipi organik	89040	129572	159642	160882	103699	61501	298,9731944
15- L tipi deforme organik	99770	146113	180486	182106	115336	69541	340,9641609
16- U tipi	87324	128370	159158	159636	100801	59751	280,8242424
17- U tipi organik	106276	151094	180648	185541	120781	72677	303,2233043
18- U tipi deforme organik	117275	168730	203538	208471	132443	81012	348,4142123
19- E tipi	93953	137705	169491	170903	108387	64154	269,7800725
20- E tipi organik	105030	151703	184081	187283	120176	71721	278,7019193
21- E tipi deforme organik	117587	171113	208603	212081	133900	80863	309,6249912
22- H tipi	84411	126047	159507	157886	97933	57884	261,9417625
23- H tipi organik	97145	142243	176036	176736	112177	66510	268,1197631
24- H tipi deforme organik	107095	157458	194863	196053	122961	73778	295,0909815
25- T tipi	82294	120408	148356	149464	94679	56323	285,7561404
26- T tipi organik	96349	138460	183277	170514	109658	65736	300,5921397
27- T tipi deforme organik	108422	157001	190424	194330	122905	74532	329,5480259
28- X tipi	81503	121443	153819	152193	94816	56090	266,9352751
29- X tipi organik	98461	141836	172636	175178	112375	67357	277,1946355
30- X tipi deforme organik	110967	161067	196628	199656	126038	76449	308,9944255



GAZİ GELECEKTİR...