

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PASİF EV UYGULAMASININ TÜRKİYE İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİNE
YÖNELİK BİR ÇALIŞMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Banu DEMİREL

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PASİF EV UYGULAMASININ TÜRKİYE İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİNE
YÖNELİK BİR ÇALIŞMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Banu DEMİREL
(502091519)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU
Eş Danışman: Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL**

OCAK 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **502091519** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Banu DEMİREL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**PASİF EV UYGULAMASININ TÜRKİYE İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Alpin YENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Teslim Tarihi : **17 Aralık 2012**
Savunma Tarihi : **24 Ocak 2013**

ÖNSÖZ

Soğuk iklim bölgelerine uygun geliştirilmiş pasif ev kavramı, enerji etkin tasarım parametreleriyle, uygulandığı ülkelerde oldukça yüksek enerji performansı sağlamaktadır. Bu kavram, ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli düşünüldüğünde binalarda yüksek enerji verimliliği elde edilerek ülkemizin enerji kaynaklarının korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma pasif ev standartlarına dayalı bu kavramın ülkemizde uygulanabilirliğini irdelemek amacıyla yapılmıştır.

Bu çalışmanın her safhasında bana sabırla yol gösteren sevgili danışman hocalarım Prof. Dr. Gül Koçlar ORAL ve Yrd. Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU'na, hesaplamalar aşamasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. A. MAHDAVİ'ye, tezime katkılarından dolayı İzocam Teknik Pazarlama Müdürü Kemal Gani BAYRAKTAR'a, bu süreçte beni anlayışla karşılayıp bana güvenerek her alanda destekleri ile yanımda olan sevgili anne ve babam Sevgül ve Kadir DEMİREL'e, bu yola birlikte başladığım ve varlığını hep yanımda hissettiğim canım arkadaşım Y. Mimar Ayşegül CİRİT'e ve çalışma süresi boyunca bana destek ve yardımlarını esirgemeyen tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2013

Banu Demirel
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. PASİF EV KAVRAMI VE ÖRNEKLER	3
2.1 Pasif Evin Tanımı.....	4
2.2 Pasif Ev Standartları.....	7
2.2.1 Pasif ev koşullarının nicel olarak tanımlanması	7
2.3 Dünyadan Farklı İklim Bölgelerinde Uygulanmış Pasif Ev Örnekleri	11
3. PASİF EVLERDE ENERJİ İHTİYACININ BELİRLENMESİ.....	19
3.1 Enerji İhtiyacının Belirlenmesinde Etkili Olan Parametreler.....	19
3.1.1 Dış çevre ve iklime ilişkin parametreler	19
3.1.1.1 İklimsel faktörler	19
3.1.1.2 Coğrafi faktörler	19
3.1.2 Yapma çevreye ilişkin parametreler	20
3.1.2.1 Binanın yeri	20
3.1.2.2 Binanın diğer binalara göre konumu.....	21
3.1.2.3 Binanın yönlendiriliş durumu	22
3.1.2.4 Bina formu	23
3.1.2.5 Bina kabuğu	24
3.1.3 Binada kullanılan sistemlere ilişkin parametreler	38
3.1.3.1 Havalandırma sistemi.....	38
3.1.3.2 Evsel sıcak su sistemi.....	41
3.1.3.3 Güneş kontrolü	42
3.2 Enerji İhtiyacının Hesaplanması	42
3.2.1 Pasif ev planlama paketinin (PHPP) tanıtılması	43
3.2.2 Paketin çalışmasında kullanılan metod	43
3.2.2.1 Binanın yıllık ısıtma ihtiyacının hesaplanması	43
3.2.2.2 Binanın yıllık soğutma ihtiyacının hesaplanması	45
3.2.2.3 Binanın birincil enerji ihtiyacının hesaplanması.....	46
4. PASİF EV UYGULAMASININ TÜRKİYE İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA.....	47
4.1 İklima İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi	48
4.2 Binaya İlişkin Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi	48
4.2.1 Binanın yerinin belirlenmesi	48
4.2.2 Binanın diğer binalara göre konumunun belirlenmesi.....	49
4.2.3 Binanın yönlendiriliş durumunun belirlenmesi.....	50

4.2.4 Bina formunun belirlenmesi.....	51
4.2.5 Hacim organizasyonunun belirlenmesi	51
4.2.6 Bina kabuğunun belirlenmesi.....	54
4.3 Binada Kullanılan Alt Sistemlere İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi.....	57
4.3.1 Havalandırma sisteminin belirlenmesi	57
4.3.2 Eysel sıcak su sisteminin belirlenmesi	59
4.3.3 Güneş kontrolü sisteminin belirlenmesi.....	61
4.4 Yıllık Enerji Giderlerinin Belirlenmesi ve Sonuçların Karşılaştırılması	61
4.4.1 Yıllık enerji giderlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntem	61
4.4.2 Hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması.....	61
4.4.2.1 İstanbul ili verilerine göre ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı sonuçları.....	61
4.4.2.2 Ankara ili verilerine göre ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı sonuçları.....	62
4.4.2.3 Antalya ili verilerine göre ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı sonuçları.....	63
5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	67
KAYNAKLAR.....	71
EKLER.....	75
ÖZGEÇMİŞ	81

KISALTMALAR

A/V	: Bina Kabuğu Yüzey Büyüklüğünün Bina Hacmine Oranı
CEPHEUS	: Cost Efficient Passive Houses As European Standards
CO²	: Karbondioksit
DIN	: Deutsches Institut für Normung-Alman Standartlar Enstitüsü
EN	: European Standard
ISO	: International Organization for Standardization
kWh	: Kilowatt saat
PHPP	: Passive House Planning Package
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TSET	: Total Solar Energy Transmittance
U	: Isı geçirme katsayısı, W/m ² K

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Almanya’da uygulanmış pasif ev örneği.....	11
Çizelge 2.2 : İsveç’te uygulanmış pasif ev örneği.....	12
Çizelge 2.3 : Avusturya Egg’de uygulanmış pasif ev örneği	13
Çizelge 2.4 : İsviçre’de uygulanmış pasif ev örneği.....	14
Çizelge 2.5 : Avusturya Hörbranz’da uygulanmış pasif ev örneği.....	15
Çizelge 2.6 : Avusturya Wölfurt’da uygulanmış pasif ev örneği	16
Çizelge 2.7 : Londra’da uygulanmış pasif ev örneği	17
Çizelge 3.1 : Gölge alan derinliklerinin (bina aralıklarının) belirlenmesinde etkili olan faktörler	21
Çizelge 3.2 : CEPHEUS pasif evlerinde duvar, döşeme, tavan malzeme ve U değerleri	26
Çizelge 3.3 : TS 825’e göre çok dairesel ve tek dairesel binalarda hava sızdırmazlık değerlerinin pasif ev olarak inşa edilmiş yapıların sızdırmazlık değerleri karşılaştırılması	35
Çizelge 3.4 : CEPHEUS pasif evlerinde kullanılan pencereler	37
Çizelge 4.1 : Opak bileşen katmanlaşma seçenekleri.....	55
Çizelge 4.2 : Pencerelere ait termofiziksel özellikler	57
Çizelge A.1 : İstanbul’da değerlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen iklimsel faktörler	76
Çizelge A.2: İstanbul’da değerlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen veriler	77
Çizelge A.3 : Pasif evin uygulandığı bölgenin coğrafi faktörleri.....	77
Çizelge A.4: Ankara’da değerlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen iklimsel faktörler	78
Çizelge A.5: Ankara’da değerlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen veriler	78
Çizelge A.6: Pasif evin uygulandığı bölgenin coğrafi faktörleri.....	79
Çizelge A.7: Antalya için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen iklimsel faktörler	79
Çizelge A.8: Antalya’da değerlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen veriler	80
Çizelge A.9: Pasif evin uygulandığı bölgenin coğrafi faktörleri.....	80

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : 1990 yılında pasif ev standardına uygun yapılmış ilk pasif ev	3
Şekil 2.2 : Alan ısıtma ihtiyacı ile yapının maliyet ilişkisi.....	4
Şekil 2.3 : Farklı yapı tiplerinin m ² başına yıllık enerji gereksinimleri ve CO ² emisyon değerleri	6
Şekil 2.4 : Örnek Pasif ev uygulamaları	7
Şekil 2.5 : Pasif ev ve geleneksel ev tipinde gerekli max. ısıtma yükü.....	8
Şekil 2.6 : Pasif ev standardı 5 ana ilkesinin şematik gösterimi.....	9
Şekil 3.1 : Komşu binanın gölgeleme etkisi.	22
Şekil 3.2 : Bina formu ile enerji kayıp oranları etkileşimi	24
Şekil 3.3 : Elemanın köşe noktalarında meydana gelen ısı köprüleri (T _i -T _d =1K).....	27
Şekil 3.4 : Farklı yapı malzemelerinin yan yana gelmesinden kaynaklanan ısı köprüleri (T _i -T _d =1K)	28
Şekil 3.5 : Yalıtımlı, hava sızdırmaz dış kabuk ve kritik noktalar için geliştirilmiş detaylarla ısı köprüsüz pasif ev kesiti örneği	29
Şekil 3.6 : Grenz ve Rasch mimarlar tarafından Hannover Kronsberg’de tasarlanan ısı köprüsüz pasif ev kesiti	30
Şekil 3.7: Isı köprüsü ısı kaybı katsayısı (Ψ) ve yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği(λ) arasındaki ilişki	31
Şekil 3.8 : Yalıtımlı zemin döşemeden yükselen dış duvar ısı köprüsüz bağlantı örneği.....	31
Şekil 3.9 : Su buharının yapı elemanı içerisinden hava akımı yoluyla dışarıya geçişi	32
Şekil 3.10 : Pasif evlerde dış kabuğun sızdırmaz katmanlarla ara verilmeden çizilecek şekilde planlanması	33
Şekil 3.11: Dış kapıya monte edilen ventilatörün bina içi ve dışından görünümü	33
Şekil 3.12: Hava basıncı testinin şematik gösterimi.....	34
Şekil 3.13 : Pasif ev kesitinde Blower Door Testi prensibinin gösterimi.....	34
Şekil 3.14 : Güneye yönlendirilmiş pencerede farklı boyut ve türde cam kullanımının yıllık ısıtma ihtiyacına etkisi.....	36
Şekil 3.15 : Pasif ev enstitüsü tarafından onaylı pencere çerçeveleri.....	37
Şekil 3.16 : Pasif ev standardına uygun pencere örneği.....	38
Şekil 3.17 : Pasif evlerde hava sirkülasyonunun şematik gösterimi.....	39
Şekil 3.18 : Pasif evlerde havalandırma sisteminin şematik gösterimi	39
Şekil 3.19 : Çapraz akışlı ısı dönüştürücünün şematik gösterimi.....	40
Şekil 3.20 : Toprak altı borularının farklı şekillerde kurulumu.....	40
Şekil 3.21 : Pasif evlerde toprak altı boru sistemi ile ısı geri kazanımlı havalandırma.....	41
Şekil 4.1 : Pasif evin uygulandığı bölgeler.....	49
Şekil 4.2 : Komşu binanın referans bina üzerinde gölgeleme etkisi.....	50
Şekil 4.3 : Vaziyet Planı	50
Şekil 4.4 : Plan tipine ait zemin kat planı.....	51

Şekil 4.5 : Plan tipine ait 1. kat planı	52
Şekil 4.6 : Plan tipine ait servis katı planı.....	52
Şekil 4.7 : Plan tipine ait AA kesiti	53
Şekil 4.8 : Plan tipine ait BB kesiti.....	53
Şekil 4.9 : Plan tipine ait CC kesiti.....	54
Şekil 4.10 : Bina kabuğu detayı	56
Şekil 4.11 : Bina servis katında bulunan ısı geri kazanımlı havalandırma ünitesi	58
Şekil 4.12 : Zemin katta bulunan kirli hava emme ve temiz hava çıkış noktaları.....	58
Şekil 4.13 : 1. Katta bulunan kirli hava emme ve temiz hava çıkış noktaları.....	59
Şekil 4.14 : Bina servis katında bulunan sıcak su deposu....	60
Şekil 4.15 : Sıcak su üretimini sağlayan güneş kollektörleri	60
Şekil 4.16 : İstanbul ili verilerine göre yalıtım kalınlığının ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacına olan etkisi	62
Şekil 4.17 : Ankara ili verilerine göre yalıtım kalınlığının ısıtma,soğutma ve birincil enerji ihtiyacına olan etkisi	63
Şekil 4.18 : Antalya ili verilerine göre yalıtım kalınlığının ısıtma,soğutma ve birincil enerji ihtiyacına olan etkisi	64
Şekil 4.19 : İstanbul, Ankara ve Antalya ili verilerine göre 4 kabuk alternatifine ait ısıtma ihtiyacı sonuçları	65
Şekil 4.20 : İstanbul, Ankara ve Antalya ili verilerine göre 4 kabuk alternatifine ait soğutma ihtiyacı sonuçları.....	65
Şekil 4.21 : İstanbul, Ankara ve Antalya ili verilerine göre 4 kabuk alternatifine ait birincil enerji ihtiyacı sonuçları.....	66

PASİF EV UYGULAMASININ TÜRKİYE İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

ÖZET

Günümüzde mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenmekte oluşu ve doğaya zararlı gazların salınımı bütün dünyanın ortak sorunu haline gelmiştir. Bu sebeple temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesi üzerine ülkeler çeşitli politikalar izlemektedir. Bina bazında enerjinin verimli kullanılmasına yönelik düzenlemelere yer verilmiş ve minimum enerji tüketen tasarım parametreleri geliştirilmiştir. Avrupa’da özellikle soğuk iklime sahip İsveç, Norveç gibi kuzey ülkelerinde binalarda enerjinin verimli kullanılması üzerine yönetmelikler hazırlanarak oldukça yüksek enerji tasarrufu elde edilmiştir.

Almanya’da geliştirilen pasif ev prensibi ile ısı yalıtımı, hava sızdırmazlık, ısı köprüsüz tasarım, yüksek verimli pencere ve ısı geri dönüşümlü havalandırma kavramları standartlaştırılarak binalarda mevcut yapılara oranla %90’a varan enerji tasarrufu elde etmiştir.

İyi yalıtımlı ve yüksek hava sızdırmazlık özelliğine sahip pasif evler, iç ısı üreten elektrikli cihazlar, kullanıcı gibi iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları tarafından pasif yolla ısıtılarak gerekli iç ortam kalitesi sağlanmaktadır. Isı geri kazanımlı havalandırma sistemi ile dengeli ve sürekli temiz hava sağlanarak enerji kayıpları minimize edilmektedir. Pasif evlerde kullanılan bu sistemler sayesinde enerji kullanımı ve karbon salınımında oldukça düşük değerler elde edilmiştir. Pasif ev standardına ulaşmak için belirlenen maksimum ısıtma ve soğutma ihtiyacı 15 kWh/m² ve maksimum birincil enerji ihtiyacı 120 kWh/ m² olarak belirlenmiştir.

Günümüzde pasif ev standardı dünyanın pek çok ülkesinde konut, okul, fabrika, ofis binaları gibi birçok yapı türüne uygulanabilmektedir.

Verilen bilgiler ışığında yapılan bu çalışmada, ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli düşünüldüğünde, oldukça verimli sonuçlar alınacağı düşüncesiyle pasif ev standartlarının Türkiye’nin ılımlı ve sıcak iklim bölgelerinde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu amaçla pasif standartlara uygun tasarlanan örnek çalışma; ılımlı nemli iklim koşullarına sahip İstanbul ili, ılımlı kuru iklim koşullarına sahip Ankara ili ve sıcak nemli iklim koşullarına sahip Antalya ili olmak üzere üç farklı iklim bölgesinde simulasyon programları yoluyla değerlendirilmiştir. Çalışma beş bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölüm olan giriş bölümünde; yüksek potansiye sahip su, rüzgar, güneş gibi temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasının ve enerji etkin tasarım çalışmalarının önemi açıklanmakta, binalarda enerji giderlerinin azaltılmasına yönelik geliştirilen pasif ev standartlarının ülkemizde uygulanabilirliği vurgulanmaktadır.

İkinci bölümde, pasif ev kavramının tanımı, gelişim süreci ve standartları açıklanmış, dünyanın farklı iklim bölgelerinde uygulanmış pasif ev örneklerine yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, pasif evlerde enerji ihtiyacının belirlenmesi iki başlık altında incelenmiştir. İlk olarak dış çevre ve iklime ilişkin parametreler ve binaya ilişkin parametreler binanın yeri, binanın diğer binalara göre konumu, binanın yönlendiriliş durumu, bina formu ve bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri başlıkları altında incelenmiştir. Bu kapsamda, pasif ev standartlarında yer alan ve enerji etkin kullanımda etkili olan ısı yalıtımı, ısı köprüleri, hava sızdırmazlık, yüksek performanslı pencereler, havalandırma sistemi ve evsel sıcak su sistemine ait parametreler ele alınmıştır. İkinci olarak pasif evlerde enerji ihtiyacının hesaplanması incelenmiştir. Bu başlık altında Pasif Ev Enstitüsü tarafından pasif evler için geliştirilen ve pasif evlerde ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacının hesaplanmasında kullanılan Pasif Ev Planlama Paketi (PHPP-Passive House Planning Package) tanıtılmıştır.

Dördüncü bölümde, pasif ev uygulamasının Türkiye için değerlendirmesine yönelik çalışma ele alınır. Uygulamada izlenen adımlar aşağıdaki gibidir.

- İklimsel verilerin belirlenmesi
- Binaya ilişkin tasarım parametrelerinin belirlenmesi
- Binada kullanılan aktif sistemlere ilişkin değerlerin belirlenmesi
- Yıllık enerji giderlerinin hesaplanması
- Hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması

Türkiye'nin ılımlı ve sıcak iklim bölgelerinde uygulanan pasif evin yalıtım kalınlıkları değiştirilerek oluşturulan yapı seçeneklerinin ortalama yıllık ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı pasif evler için geliştirilmiş PHPP (Passive House Planning Package) programı yardımıyla hesaplanmıştır. Ayrıca, pasif ev standardında verilen max. alan ısıtma ihtiyacı olan yıllık 15kWh/m² değerinin sağlanması için gerekli yalıtım kalınlığı, binanın uygulandığı iklime bağlı olarak hesaplanmıştır.

Beşinci bölümde, simülasyon programları yardımıyla elde edilen enerji performansı sonuçları grafiklerle açıklanmıştır. Tüm bu veriler ışığında pasif evin Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde uygulanabilirliği değerlendirilmiş ve bundan sonraki çalışmalara teşvik edici öneriler sunulmuştur.

Çalışma sonucunda elde edilen enerji performansları değerlendirildiğinde, pasif ev standartlarının Türkiye'nin ılımlı ve sıcak iklim bölgelerinde uygulanması durumunda binaların ısıtma enerji ihtiyacının oldukça düşük seviyelere çekildiği görülmüştür. Ancak, soğutma ihtiyacına bakıldığında sıcak iklime sahip Antalya ilinde yapılan hesaplamalar sonucunda yüksek soğutma ihtiyacı değerleri çıktığı görülmektedir.

Ekler bölümünde, Meteonorm 6.1 simülasyon programı ile elde edilen İstanbul Ankara ve Antalya illerine ait iklimsel veriler grafiklerle derlenmiştir.

A STUDY TO EVALUATE THE PASSIVE HOUSE IN TURKEY

SUMMARY

Nowadays, with the rapid depletion of fossil energy and the increasing of the greenhouse gas emissions into the environment have become a common problem in the whole world. For this reason, some countries have variety of policies on researching and finding out recent developments in renewable energy sources. On building bases, regulations regarding the use of energy in an efficient way and energy efficient design parameters are developed. In Europe especially in cold climates such as Sweden, Norway and the northern countries, high energy savings have been obtained with the regulations regarding the use of energy efficiently in buildings.

With the principle of Passive House which was originally developed in Germany, passive houses use about % 90 less energy to heat, while standardizing the term of thermal insulation, air tight construction, avoiding thermal bridges, highly insulated windows and heat recovery ventilation system.

A Passive House is a very well-insulated, air-tight building that is primarily heated by passive solar gain and by internal gains from people, electrical equipment, etc. which provides a good indoor air quality. A heat recovery ventilation system provides a constant, balanced fresh air supply and energy uses are minimised.

The result of the usage of these systems is extraordinary reductions in energy use and carbon emission in passive houses. To achieve the passive house standard 15kWh/m year is required for the maximum space heating and cooling demand, 120 kWh/m year is required for the maximum total primary energy demand.

Today in many countries all over the world, from single and multifamily residences, to schools, factories and office buildings many in the building sector have applied passive house standard to design.

According to the information, in this study, while considering the renewable energy potential in our country, it is aimed to evaluate the passive house standards in our country with the thought of getting high efficient results.

For this purpose, a case study is designed according to the standards of passive house in İstanbul which represent temperate-humid climate, in Ankara which represent temperate-arid climate and in Antalya which represent hot humid climate in order to evaluate the study in these regions by means of simulation programs. This study consist of five main chapters.

In the first chapter, which is the introduction part, the importance of the energy preservation, great potential of clean and renewable energy sources such as water, wind, solar, bioenergy, etc., necessity for increase the usage of clean energy sources and energy efficient design studies is explained. The applicability of passive house standards in our country which is developed to reduce energy costs in buildings is emphasized.

In the second chapter, the definition of the passive house concept, development process and passive house standard requirements explained, examples of the passive houses which applied to different climatic zones in the world are given.

In the third chapter, methods for determining the energy requirement are investigated under two headings.

The first main heading handles the parameters concerning the environment and climate and the parameters concerning the construction of the building which are defined under the headings, location, direction, form and optical and thermo-physical properties of the building envelope. In this context passive house standards that consist of high levels of insulation, thermal bridge, air tight construction, highly insulated windows, heat recovery ventilation system and domestic hot water resulting in good comfort conditions which are effective in the energy efficient passive building design are discussed.

The second heading handles the methods for calculating the energy requirement of passive houses. With this context, passive house planning package (PHPP) program which is designed for passive houses by the Passive House Institute and used for the calculation of the heating, cooling and primary energy requirement of passive houses and calculation methods are described.

Fourth chapter covers the study of evaluating passive house in Turkey. The average annual heating, cooling and primary energy requirements of the building options designed by changing the thickness of the insulation for the temperate-humid, temperate-arid and hot humid climates in Turkey are calculated with passive house planning package tool (PHPP).

In addition to this, insulation thickness required to achieve the specific value of the passive house standards for the annual space heating which is 15 kWh/m² per year calculated depending on the climatic zone.

Steps for passive house design are explained as:

- Determination of climatic data that are monthly outside temperatures, average monthly solar irradiation on the horizontal and on the vertical in the four main sky directions, monthly global irradiation values, average monthly dew point and sky temperatures.
- Determination of the passive house building parameters that are location, direction, form and optical and thermo-physical properties of the building envelope.
- Determination values for the active systems parameters that are heat recovery ventilation system, domestic hot water and solar control system of the building.
- Calculation of the average annual energy requirements that are heating, cooling and primary energy demands for İstanbul, Ankara and Antalya climatic zones.
- Comparison of the calculation results.

In the fifth chapter, the energy performance results obtained by the simulation programs are explained with graphics. According to these information, applicability of the passive house standards in different climatic condition in Turkey is evaluated and some recommendations are presented to encourage further studies.

According to the evaluation of energy performances for İstanbul which represent temperate-humid climate, Ankara which represent temperate-arid climate and Antalya which represent hot humid climate, the results of the study show that there is a major decrease in heating energy consumption for the temperate and hot climate zones in Turkey. However, the calculation results of cooling energy demand shows higher value for the passive houses in Antalya which has a hot climate condition.

In the appendix part, climatic datas that are monthly outside temperatures, average monthly solar irradiation on the horizontal and on the vertical in the four main sky directions, monthly global irradiation values, average monthly dew point and sky temperatures for İstanbul, Ankara and Antalya which are obtained by the Meteonorm 6.1 simulation program is explained by graphics.

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin gelişmesi, sanayinin ilerlemesi ve dünya nüfusunun hızla büyümesi sonucu bireylerin değişen yaşam koşullarına uyum sağlaması ve yaşamlarını belli ölçütler içerisinde devam ettirebilmesi için gerekli enerji ihtiyacı hızla artmaktadır. Bu talebin karşılanması, tüm toplumlarda öncelikli olarak fosil yakıtlardan sağlanmakta ve bunun sonucunda dünya genelinde hızla artan çevre kirliliğinin yanı sıra fosil yakıt rezervlerinin yakın bir gelecekte tükenme olasılığı ile karşı karşıya kalınmaktadır. Fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanımı atmosferde CO₂ gibi sera gazlarının emisyon değerlerinin yükselmesine ve atmosferin daha çok ısınmasına sebep olmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğine neden olan başlıca etken sera gazı emisyonlarının azaltılması büyük bir önem teşkil etmektedir.

Dünya genelinde 1970'lerden itibaren yaşanan enerji krizleri ve çevre sorunları ile enerjinin önemi daha iyi kavranmış olup tüm dünyada önemle üzerinde durulan uluslararası bir sorun halini almıştır. Gelişmiş ülkelerde, fosil yakıtlarının ve diğer kirlletici enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklanan çevre kirliliğini azaltmak amacıyla su, rüzgâr, güneş gibi temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik enerji politikaları sürdürülmektedir.

Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de toplam enerjinin çok önemli bir oranı binalarda kullanıcı konforunu sağlamak üzere ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Mekânlarda kullanıcı beklentisinin karşılanması amacıyla yaşam kalitesinin ve konfor düzeyinin artırılması sonucu gelişen teknoloji ile binaların tükettiği enerji miktarı artmaktadır. Sürdürülebilir bir gelecek için, enerjinin verimli kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasının sağlanması enerji bilinci gelişmiş ülkelerde giderek daha fazla yaygınlaşmaktadır. Buna uygun geliştirilen ekolojik tasarım kriterleri ve enerji verimliliği yüksek yapı standartları ile binaların enerji ihtiyaçları oldukça düşük seviyelere çekilebilmektedir. Bu amaçla 1991 yılında Almanya'da geliştirilen pasif ev kavramı ile ekolojik ve enerji etkin bina tasarım kriterleri kullanılarak, mevcut yapılara oranla %90 a varan

enerji tasarrufu elde edilmiştir. Isıtma, soğutma ve havalandırmada minimum enerji harcama prensibine dayanan pasif ev kavramı standartlaştırılarak günümüze kadar ulaşmıştır. Bu çalışmada, Orta Avrupa soğuk iklim koşullarına göre belirlenmiş pasif ev kriterlerinin, Türkiye’de uygulanması durumunda ülkemiz iklim koşullarında gösterdiği performansın değerlendirilmesi ve bu kriterlerin ılımlı ve sıcak iklim bölgeleri için geliştirilmesi hedefine yönelik olarak, Türkiye’nin II. derece-gün bölgesinde bulunan ve ılımlı iklim koşullarına sahip İstanbul ili, Türkiye’nin III. derece-gün bölgesinde bulunan ve ılımlı kuru iklim koşullarına sahip Ankara ili ve Türkiye’nin I. derece-gün bölgesinde bulunan ve sıcak nemli iklim koşullarına sahip Antalya ili olmak üzere üç farklı iklim bölgesinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu standardın en önemli kriterleri olan yüksek yalıtım seviyesi ve enerji etkin kontrollü havalandırma sistemi ile soğuk iklim bölgelerinde oldukça yüksek enerji tasarrufu sağlanırken bu kriterlerin daha ılımlı iklime sahip olan ülkemizde uygulanması halinde elde edilen enerji performans sonuçlarının karşılaştırılması ve optimum değerlerin belirlenmesi, bu araştırma kapsamında yer almaktadır.

2. PASİF EV KAVRAMI VE ÖRNEKLER

1980li yıllarda, İsveç ve Danimarka'da düşük enerjili binalar, yeni yapılacak binalar için gerekli enerji standardı olarak kabul edilmiştir. O günlerde, yüksek yalıtım, minimize edilmiş ısı köprüleri, yalıtımlı cam ve ısı geri kazanımlı havalandırma gibi bina enerji tüketimini azaltmak için gerekli pek çok unsur geliştirilmiştir. Bu temele dayanarak hazırlanan pasif ev kavramı ilk olarak 1988 yılının Mayıs ayında İsveç'teki Lund Üniversitesi'nden Profesör Bo Adamson ve Almanya'daki Ev ve Çevre Enstitüsü'nden Profesör Wolfgang Feist tarafından ortaya atılmıştır. Almanya'nın Hesse eyaletinin desteklediği araştırma projeleriyle geliştirilen bu kavramın ilk örneği 1990 yılında Almanya'nın Darmstadt şehrinde inşa edilmiştir. 1996 yılı Eylül ayında Darmstadt şehrinde kurulan Pasif Ev Enstitüsü ile pasif ev kavramı standartlaştırılarak teşvik ve kontrolü sağlanmıştır. O günden bu yana büyük çoğunluğu Almanya ve Avusturya'da olmak üzere 25 binin üzerinde pasif ev inşa edilmiştir [1].

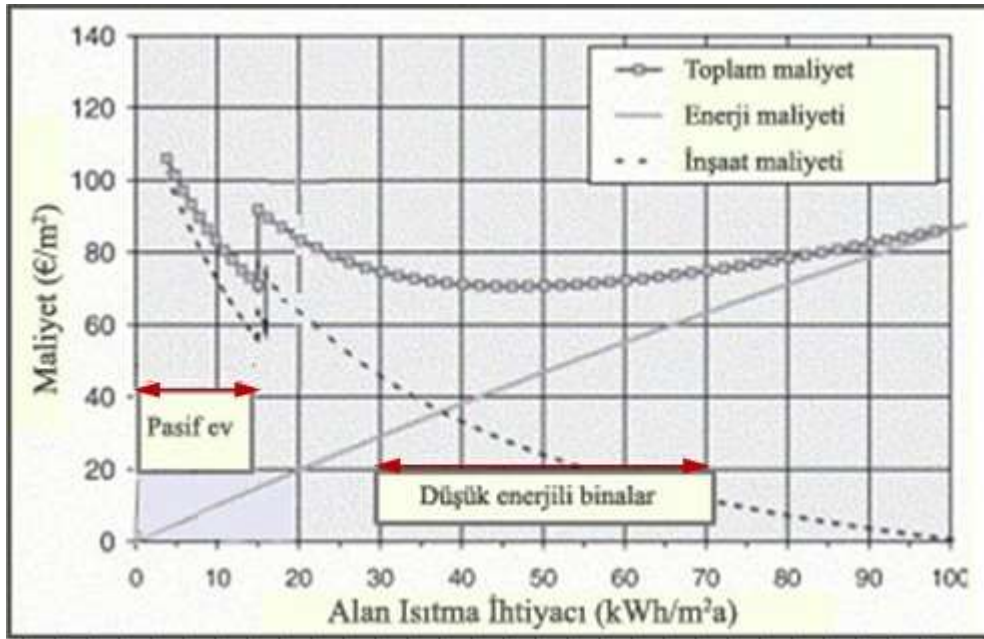


Şekil 3.1 : Şekil 2.1 : 1990 yılında pasif ev standardına uygun yapılmış ilk pasif ev [1].

Pasif Ev Enstitüsünün 1991 yılından bu yana yaptığı çalışmalar, pasif evlerin yıllık ısıtma için harcadıkları enerjinin 10 kWh/m^2 den az olduğunu göstermektedir. Bu da geleneksel bir bina ile karşılaştırıldığında %90 tasarruf demektir. Yapılan çalışmalar

sonucunda oldukça yüksek iç hava kalitesi ve termal konfor elde edilmiş, kullanıcı anketleriyle de bu ölçümler desteklenmiştir [2].

Pasif ev, düşük enerjili evlerin geliştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Optimum yapıyı elde edebilmek amacıyla yapılan çalışmada binanın ısıtma enerjisi ihtiyacı ile yapının ilk yatırım maliyeti arasındaki ilişki incelenmiştir. Şekil 2.2’ de gösterildiği üzere binanın alan ısıtma enerji ihtiyacı azaldıkça yapının enerji maliyeti azalırken inşaat ve toplam maliyetinde artış görülmektedir.



Şekil 3.2 : Şekil 2.2 : Alan ısıtma ihtiyacı ile yapının maliyet ilişkisi [3].

Bu durumda yüksek maliyetlerle sıfır enerji gereksinimli binalar yerine minimum enerji ihtiyacı duyan optimum yapılar inşa etmek daha mantıklı görülmektedir. Bu düşünceyle pasif ev kavramı oluşturulmuş ve enerji performansında oldukça yüksek verim elde edilmiştir.

Pasif ev kriterleri, 31 Ocak 2008 Avrupa Parlamentosu Kararıyla tüm üye devletler tarafından 2011 yılına kadar uygulanması hedeflenen sürdürülebilir bir yapı standardıdır. 17 Kasım 2009 tarihinde, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, tüm yeni binaların performans ihtiyacının düşük enerjili binalar seviyesine getirilmesi için son tarih olarak 2020 yılını belirlemiştir [4].

2.1 Pasif Evin Tanımı

Pasif ev kriterleri enerji verimliliği yüksek, konforlu, ekonomik ve aynı zamanda çevreye duyarlı bir yapı standardıdır.

Pasif ev tasarımında ana hedefler yüksek ısı korunumu, hava sızdırmazlık ve dışarıya verilen kirlili havadan yüksek verimli bir ısı geri kazanımdır. İç ısı kazancı ve güneşten elde edilen kazancın birlikte kullanımıyla geleneksel ısıtma sistemine ihtiyaç duyulmadan en az enerji tüketimi ile konfor koşulları sağlanır.

Pasif evler, yeterli iç ortam hava kalitesine ulaşmak için gerekli termal konforun ek hava sirkülasyonuna ihtiyaç duyulmadan temiz havanın önceden ısıtılması veya önceden soğutulmasıyla elde edildiği yapılar olarak tanımlanmaktadır. Bu tamamen işlevsel bir tanımdır, hiçbir sayısal değer içermez ve tüm iklimler için geçerlidir. Bu tanım, Pasif evlerin rastgele bir standart değil temel bir kavram olduğunu gösterir [5].

Pasif evler, iç ısı üreten elektrikli cihazlar, kullanıcı gibi iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları tarafından pasif yolla ısıtılan, iyi yalıtımlı ve yüksek hava sızdırmazlık özelliğine sahip binalardır. Isıtma dönemi boyunca konforlu iç ortam sıcaklığını sağlamak için ihtiyaç duyulan, kullanıcıların ısı emisyonu ile içerden veya pencerelerden güneş ışınıyla dışarıdan alınan ısı kazançlarının pasif yolla sağlanması sebebiyle standart "Pasif ev" adını almıştır. Evdeki kullanıcıların yaydığı ısı ve/veya güneşten ısı kazancı aracılığı ile sağlanan enerji, ısıtmada kullanılmaktadır.

İstenilen iç sıcaklığa ulaşmada yüksek yalıtımlı dış duvarlar, çatı ve zeminden oluşan bina kabuğu ve özel pencereler kullanılmaktadır.

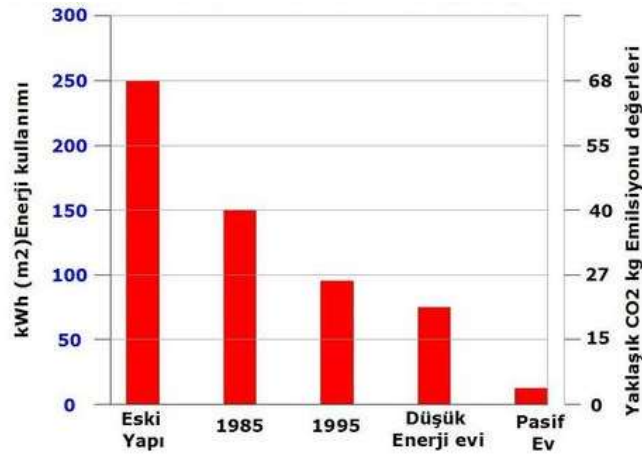
Pasif evlerde kullanılan sistemlerle ısı ve enerji kayıpları en aza indirgenirken, benzer şekilde gölgeleme ve pencere yönlendirmesiyle soğutma yükleri azaltılarak aşırı ısı kazancı önlenmektedir.

Isı geri kazanım havalandırma üniteleriyle iç ortamda istenmeyen hava akımları önlenerek dengeli ve sürekli temiz hava sağlanır. Son derece verimli ısı geri kazanım ünitesi ile dışarıya atılan kirlili havada bulunan ısıya yeniden kullanılması sağlanır.

Kullanılan bu sistemler sayesinde alan ısıtma maliyetinde Orta Avrupa evlerine nazaran %90'a varan tasarruf sağlanırken, oldukça yüksek iç mekan hava kalitesi elde edilmiştir [4,6].

Pasif Ev standardı, bina sakinlerinin yaşam konforunu artırdığı gibi aynı zamanda küresel sürdürülebilirlik ilkesine uygun olarak, yeni binaların enerji talebini en aza indirip kullanıcıya maliyet-etkin bir yol sunmaktadır. Bu durum, yeni binaların tamamen yenilenebilir kaynaklardan enerji ihtiyacını karşılamayabilmesine temel oluşturmaktadır [7].

Şekil 2.3’de farklı yapı tiplerinin yıllık enerji gereksinimleri ve CO₂ emisyon değerlerini karşılaştıran bir grafik görülmektedir.



Şekil 3.3 : Farklı yapı tiplerinin m² başına yıllık enerji gereksinimleri ve CO₂

Şekil 3.4 : emisyon değerleri [8].

Pasif Evler enerji tasarrufu ve sera gazlarının azaltılması konusunda azımsanmayacak derecede öneme sahiptir. Şekil 2.3’de de görüleceği gibi TS 825 yönetmeliğine uygun yapılmış düşük enerji kullanan bir binanın yıllık m² başına yaydığı karbondioksit emisyonu 25-27 kg’dır. Yalıtılmamış bir binada bu değer 68 kg’a çıkarken pasif evin yaklaşık yıllık m² başına yaydığı karbondioksit miktarı 4kg’ da kalmakta ve yalıtılmamış bir binaya göre 17 kat daha az karbondioksit yaymaktadır. Yıllık m² başına kullanılan ısıtma enerjisi düşünüldüğüne yönetmeliğe uygun yapılmış bir binanın ısıtma enerji ihtiyacı yılda m² başına 70-80 kWh iken yalıtılmamış binalarda bu değer yaklaşık 250 kWh civarındadır. Buna karşılık pasif evin m² başına yıllık maksimum enerji gereksinimi 15kWh olarak belirlenmiştir [8].

Bütün bu değerler göz önüne alındığında bir pasif evin ısı yönetmeliğine uygun yapılmış bir binadan %80 daha az ısıtma enerjisi tüketmekte olduğu ve 6 – 7 kat daha az karbondioksit emisyonu verdiği görülmektedir [8].

Pasif ev standardı her türlü ahşap, tuğla, betonarme, çelik, yığma, prefabrike sistemle yapılmış konut, ticari, endüstriyel ve kamu binalarına uygulanabilir. Şekil 2.4’de örnek pasif ev uygulamaları görülmektedir.



Şekil 2.4 : Örnek Pasif ev uygulamaları [9].

2.2 Pasif Ev Standartları

Pasif ev standardı, çeşitli teknoloji, tasarım ve malzemelerin kullanımıyla ulaşılabilen yapı standardıdır. Bu standart aslında düşük enerjili ev standardının geliştirilmesiyle oluşmuştur. Pasif evler, geleneksel ısı dağıtım sistemine ihtiyaç duymadan yaz ve kış aylarında istenilen iç iklimsel koşulları sağlayan yapılardır. Pasif Evlerde, maksimum alan ısıtma ihtiyacı için gereken enerji yılda 15 kWh/m²'dir. Aktif soğutmanın gerek duyulduğu pasif evlerde ise yıllık soğutma ihtiyacı 15 kWh/m²'yi geçmemelidir. Alan ısıtma, sıcak su ve ev aletleri için toplam birincil enerji ihtiyacı yıllık metrekare başına maksimum 120 kWh'dir [10].

2.2.1 Pasif ev koşullarının nicel olarak tanımlanması

Din 1946-6 normuna göre konutlarda iyi bir iç mekan hava kalitesi sağlamak için kişi başına ihtiyaç duyulan temiz hava miktarı, saatte 30 m³'dür. Normal basınç altında ve yaklaşık 21 °C sıcaklıkta havanın özgül ısısı yaklaşık 0.33 Wh / (m³ K)' dir. Biriken tozun sıcaklık etkisiyle yanmasının önlenmesi için temiz hava sadece 50 °C

ye kadar ısıtılabilir. Bütün bunlar göz önüne alındığında ısıtma performansı şu şekilde özetlenir:

$$V \cdot \rho_{cp} \cdot \Delta\theta = P \quad (2.1)$$

P: Güç (W)

V: Temiz hava miktarı (m³/h)

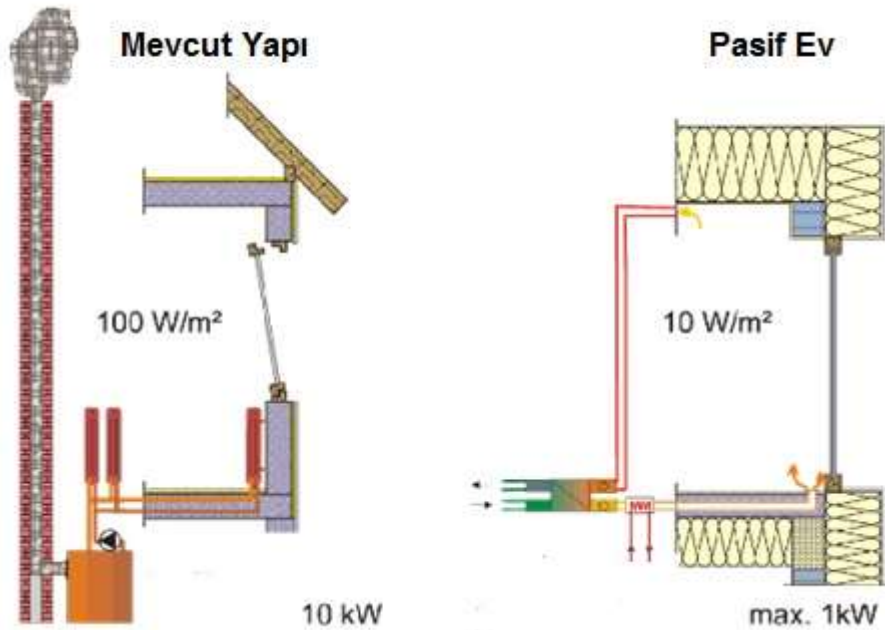
ρ_{cp} : Özgül ısı (Wh/(m³K))

$\Delta\theta$: Sıcaklık farkı (K)

$$30 \text{ m}^3/\text{h} (\text{kişi}) \cdot 0.33 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) \cdot (50 - 20) \text{ K} = 300 \text{ W} (\text{kişi})$$

Temiz hava ısıtma sistemi ile kişi başına 300 Watt'lık güç elde edilmektedir. Kişi başına yaşam alanı 30 m² kabul edilir ise maksimum ısıtma yükü iklimden bağımsız olarak 10 W/m² olarak hesaplanır. Şekil 2.5' te pasif ev ve geleneksel ev tipinde gerekli maksimum ısıtma yükleri görülmektedir.

Simülasyon programları ile yapılan hesaplamalar ve deneyler sonucu maksimum 15 kWh/(m²a) değeri, Orta Avrupa için ortak bir değer olarak belirlenmiştir. Ancak, farklı iklim koşulları için bu değerler değişebilmektedir. Örneğin Stockholm'de 20 kWh/(m²a) civarında olabilirken; Roma'da 10 kWh / (m²a) gibi düşük bir değer olabilir [11].



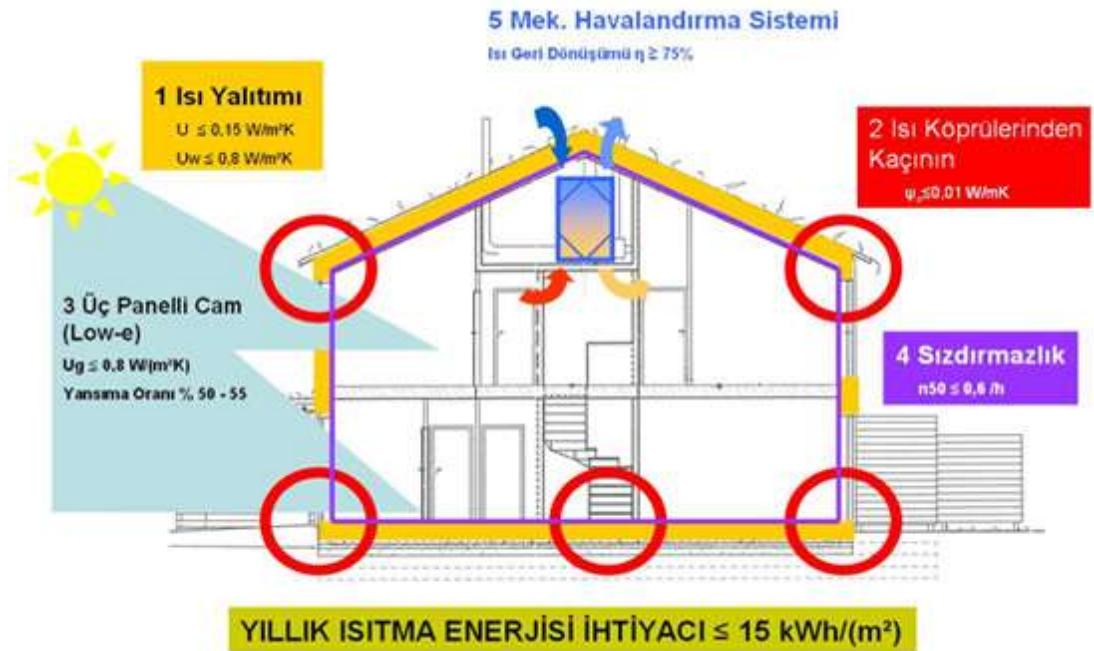
Şekil 2.5 : Pasif ev ve geleneksel ev tipinde gerekli maksimum ısıtma yükü [11].

Pasif ev standardı temel olarak aşağıda açıklanan üç unsura dayanmaktadır.

- Isıtma ve soğutmada kullanılan enerji sınırlaması
- ISO 7730 normuna göre iç ortamda ihtiyaç duyulan termal konforun sağlanması
- Enerji sınırlamasını ve yeterli iç ortam kalitesini maliyet etkin şekilde sağlayan pasif sistemlerin kullanımı

Şekil 2.6'da da görüldüğü gibi, pasif ev standardına uygun tasarlanan yapılarda uyulması gereken 5 ana ilke bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

1. Opak kabukta yüksek ısı yalıtımı
2. Isı köprüsüz tasarım
3. Hava sızdırmaz yapı
4. Isı yalıtım direnci yüksek pencereler
5. Yüksek verimlilik özelliğine sahip ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi (Pasif evde doğal havalandırma yapılmamaktadır.)



Şekil 2.6 : Pasif ev standardı 5 ana ilkesinin şematik gösterimi [12].

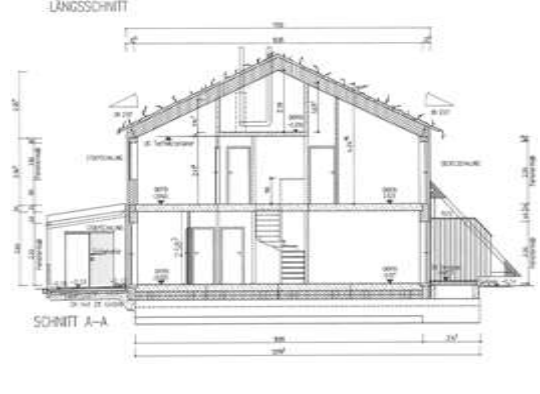
Pasif ev standardı ilkelerinde kabul edilen referans değer ve prensipler aşağıdaki gibidir [13].

- Isıtma ihtiyacı: Net yaşanabilir alanda ısıtma için metrekare başına yıllık gerekli maksimum enerji ihtiyacı 15 kWh (4755 Btu/ft²/yr) dır.
- Soğutma ihtiyacı: Net yaşanabilir alanda soğutma için metrekare başına yıllık maksimum enerji ihtiyacı 15 kWh (4755 Btu/ft²/yr) dır.
- Birincil enerji ihtiyacı: Net yaşanabilir alanda binanın ısıtma, sıhhi sıcak su, soğutma, elektrik ve aydınlatma sistemleri için metrekare başına gerekli maksimum birincil enerji ihtiyacı 120 kWh (38039 Btu/ft²/yr) 'dır.
- Kompakt form ve yüksek yalıtım: Bina kabuğunun tüm bileşenlerinde yapılacak olan yalıtımın U değeri maksimum 0.15 W/m²K (0.026 Btu/h/ft²/°F)' dir.
- Güneye yönelme ve gölgeleme durumu: Güneş enerjisinden pasif olarak yararlanmak pasif ev tasarımında önemli bir faktördür.
- Bina kabuğunun hava sızdırmazlığı: Hava değişimi DIN EN 13289 normuna göre ± 50 Pa basınçta saatte %60'ı (0,6h⁻¹) geçmemelidir.
- Temiz havanın pasif yolla ön ısıtılması: Temiz havanın toprak altı kollektöründen geçirilmesi ile kış koşullarında bile en az +5 derece ısıtılarak eve ulaşması sağlanır.
- Kirli havanın temiz havayla ısı değişimini sağlayan yüksek verimli ısı geri kazanım sistemi: Bu sistem sayesinde kirli havada bulunan ısıнын büyük bir kısmı gelen temiz havaya aktarılır (ısı geri kazanım oranı %80'in üzerindedir).
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak sıcak su elde edilmesi: Sıcak su için gerekli enerji, güneş kollektörleri veya ısı pompaları ile sağlanır.
- Enerji tasarrufu sağlayan ev aletleri: Düşük enerji harcayan buzdolabı, fırın, dondurucu, aydınlatma elemanları, yıkama ve kurutma makinası, vb. ev aletleri pasif evin vazgeçilmez unsurlarıdır.
- Kış mevsimi oda sıcaklığı konfor kriteri: Kışın yukarıda belirtilen enerji miktarı kullanımıyla oda sıcaklığı 20 °C ve üzerinde tutulabilir. Yaz mevsiminde ise iç ortam konfor koşullarının sağlanması için istenen değer maksimum 25 °C'dir.

2.3 Dünyada Farklı İklim Bölgelerinde Uygulanmış Pasif Ev Örnekleri

Literatür araştırması yapıldığında dünyada uygulanmış çok sayıda pasif ev örnekleri olduğu görülmektedir. Bu bölümde farklı iklim bölgelerinde uygulanmış bazı örnekler seçilerek proje detayları çizelge şeklinde açıklanmıştır. Çizelge 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 ve 2.7’de seçilen örnekler bina tipi, yapı türü, pencere ve cam, bina yapı elemanları U değeri, ısıtma, havalandırma, sıcak su ve elektrik uygulamaları, binanın toplam kat alanı ve alan ısıtma ihtiyacı başlıkları altında ele alınmıştır.

Çizelge 2.1 : Almanya’da uygulanmış pasif ev örneği.

Almanya, Hannover-Kronsberg	
	
Güneydoğu cephesi	Kesit
Proje Detayı	
Bina Tipi:	Sıra evler
Yapı Türü:	Taşıyıcı elemanlar sistem ve kalkan duvarlar: prefabrik beton elemanlar; dış duvar ve çatı: prefabrik hafif ahşap elemanlar
Pencere ve Cam:	Düşük emisyonlu üçlü cam, yalıtımlı alüminyum ve ahşap pencereler
U değeri (W/(m²K))	Hafif ahşap duvar: 0,13; kalkan duvar: 0,10; tavan 0,10-0,13; çatı 0,10; cam: 0,75; doğrama: 0,57; pencere: 0,83
Isıtma	Besleme hava ısıtması banyo radyatörü, bölgesel ısı kaynağı
Havalandırma	Isı geri kazanımlı kontrollü havalandırma
Sıcak su	300 litre su depolu güneş kolektörü (4m²)
Elektrik Uygulamaları	Elektrikli ev aletlerinde yüksek verimli cihaz kullanımı
Toplam Kat Alanı	119,5 m², 97m², 75m²
Yıllık Alan Isıtma İhtiyacı	11,8 kWh/(m²a)

Çizelge 2.2 : İsveç'te uygulanmış pasif ev örneği.

İsveç, Gothenburg	
	
Güney cephesi	
Proje Detayı	
Bina Tipi:	Sıra evler
Yapı Türü:	Hafif ahşap elemanları
Pencere ve Cam:	Düşük emisyonlu çift cam, ahşap pencereler
U değeri (W/(m²K))	Dış duvar: 0,08; zemin:0,09; çatı 0,07; cam: 0,7; pencere: 0,88
Isıtma	Besleme hava ısıtması
Havalandırma	Isı geri kazanımlı kontrollü havalandırma
Sıcak su	500 litre su depolu güneş kolektörü (5m²)
Elektrik Uygulamaları	İsveç standardına uygun yüksek verimli ev aletleri kullanımı
Toplam Kat Alanı	2635 m²
Yıllık Alan Isıtma İhtiyacı	12,4 kWh/(m²a)

Çizelge 2.3 : Avusturya Egg’de uygulanmış pasif ev örneği.

Avusturya, Egg	
	
Güneydoğu cephesi	Kuzey cephesi
Proje Detayı	
Bina Tipi:	Çok aileli konut
Yapı Türü:	Tuğla duvar, dış cehpe ısı yalıtımı sistemi
Pencere ve Cam:	Düşük emisyonlu üçlü cam, ahşap çerçeveli pencereler
U değeri (W/(m²K))	Dış duvar: 0,12; zemin: 0,14; üst tavan:0,10; cam: 0,7; doğrama: 1,25; pencere: 0,85
Isıtma	Toprak altı ısı dönüştürücü ile ön ısıtmalı temiz hava, ısı pompalı yerden ısıtma
Havalandırma	Isı geri kazanımlı kontrollü havalandırma
Sıcak su	1000 litrelik iki depolu güneş kolektörü (35m²)
Elektrik Uygulamaları	Elektrikli ev aletlerinde yüksek verimli cihaz kullanımı
Toplam Kat Alanı	310 m²
Yıllık Alan Isıtma İhtiyacı	15,7 kWh/(m²a)

Çizelge 2.4 : İsviçre’de uygulanmış pasif ev örneği.

İsviçre, Nebikon	
	
Güney cephesi	Perspektif
Proje Detayı	
Bina Tipi:	Sıra evler
Yapı Türü:	Ahşap yapı elemanı
Pencere ve Cam:	Düşük emisyonlu üçlü cam, alüminyum ve ahşap pencereler
U değeri (W/(m²K))	Dış duvar: 0,11; zemin: 0,11; çatı:0,11; cam: 0,6; doğrama: 1,2; pencere: 0,88
Isıtma	Toprak altı ısı dönüştürücü ile ön ısıtmalı temiz hava, havalandırma ünitesi ile havadan havaya ve havadan suya ısı aktarımı
Havalandırma	Isı geri kazanımlı kontrollü havalandırma
Sıcak su	Isı pompası
Elektrik Uygulamaları	Elektrikli ev aletlerinde yüksek verimli cihaz kullanımı
Toplam Kat Alanı	613 m²
Yıllık Alan Isıtma İhtiyacı	15,0 kWh/(m²a)

Çizelge 2.5 : Avusturya Hörbranz’da uygulanmış pasif ev örneği.

Avusturya, Hörbranz	
	
Güney cephesi	Doğu cephesi
Proje Detayı	
Bina Tipi:	Sıraevler
Yapı Türü:	Tuğla duvar, dış cehpe ısı yalıtımı sistemi
Pencere ve Cam:	Düşük emisyonlu üçlü cam, ahşap pencereler
U değeri (W/(m²K))	Dış duvar: 0,10; zemin:0,11; çatı 0,09; cam: 0,6; doğrama: 1,12; pencere: 0,83
Isıtma	Toprakaltı eşanjörü ile besleme hava ısıtması, ısı dönüştürücü ile ek hava ısıtması, ısı pompası veya gaz yakıtlı kazan ile acil ısıtma
Havalandırma	Isı geri kazanımlı kontrollü havalandırma
Sıcak su	3000 litre su depolu güneş kollektörü (hane başına 18m²)
Elektrik Uygulamaları	Yüksek verimli ev aletleri kullanımı
Toplam Kat Alanı	381 m²
Yıllık Alan Isıtma İhtiyacı	13.8 kWh/(m²a)

Çizelge 2.6 : Avusturya Wolfurt’da uygulanmış pasif ev örneği.

Avusturya, Wolfurt	
	
Güney cephesi	Doğu cephesi
Proje Detayı	
Bina Tipi:	Çok aileli konut
Yapı Türü:	Betonarme tavan ve döşeme, çelik taşıyıcı sistem, prefabrik ahşap dış duvarlar
Pencere ve Cam:	Düşük emisyonlu üçlü cam, ahşap pencereler
U değeri (W/(m²K))	Dış duvar: 0,12; zemin:0,10; çatı 0,09; cam: 0,7; doğrama: 1,0; pencere: 0,82
Isıtma	Sıcak su ile besleme hava ısıtma sistemi
Havalandırma	Isı geri kazanımlı kontrollü havalandırma, toprakaltı ısı dönüştürücülü havalandırma
Sıcak su	Güneş kollektörü ile ısıtılmalı, 2500 litre su deposu (toplam 62m³)
Elektrik Uygulamaları	Yüksek verimli ev aletleri kullanımı
Toplam Kat Alanı	1296 m²
Yıllık Alan Isıtma İhtiyacı	13.5 kWh/(m²a)

Çizelge 2.7 : Londra’da uygulanmış pasif ev örneği.

Londra	
	
Güneybatı cephesi	
Proje Detayı	
Bina Tipi:	Müstakil konut
Yapı Türü:	Betonarme taşıyıcı sistem, prefabrik ahşap dış duvarlar
Pencere ve Cam:	Düşük emisyonlu üçlü cam, ahşap pencereler
U değeri (W/(m²K))	Dış duvar: 0,122; zemin:0,103; çatı 0,06; cam: 0,6; doğrama: 1,0; pencere: 0,72
Isıtma	Isı dönüştürücü ile besleme hava ısıtma sistemi
Havalandırma	Isı geri kazanımlı kontrollü havalandırma
Sıcak su	Güneş kolektörü ile ısıtılmalı
Elektrik Uygulamaları	Yüksek verimli ev aletleri kullanımı
Toplam Kat Alanı	99 m²
Yıllık Alan Isıtma İhtiyacı	13.0 kWh/(m²a)

Dünyanın pek çok ülkesinde örnekleri bulunan pasif evler ülkemizde de gündemdedir fakat bu konuda yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli düşünüldüğünde pasif eve yönelik bu çalışmaların önümüzdeki yıllarda hızla artacağı düşünülmektedir.

3. PASİF EVLERDE ENERJİ İHTİYACININ BELİRLENMESİ

3.1 Enerji İhtiyacının Belirlenmesinde Etkili Olan Parametreler

Enerji etkin pasif ev tasarım sürecinde enerji ihtiyacının belirlenmesinde etkili olan parametreler;

- Dış çevre ve iklime ilişkin parametreler
- Yapma çevreye ilişkin parametreler
- Binada kullanılan sistemlere ilişkin parametreler

olmak üzere üç ana grupta incelenmiştir.

3.1.1 Dış çevre ve iklime ilişkin parametreler

İç mekan içerisindeki iklimsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için binanın, tasarımcı denetiminde, bulunduğu doğal çevrenin iklim ve coğrafi özelliklerine uygun tasarlanması gerekmektedir.

3.1.1.1 İklimsel faktörler

Bina dışı çevrenin iklimini oluşturan iklim elemanları, güneş ışıyım şiddeti, dış hava sıcaklığı, dış hava nem ve rüzgar, iklimsel konforu etkileyen ve enerji korunumu sürecinde etkili olan fiziksel çevresel etmenler olarak tanımlanabilir. Çevresel iklim elemanlarının etkilerine bağlı olarak bir mekanın içerisindeki iklimsel konforun, ek enerji sistemlerine en az gereksinme duyulacak şekilde gerçekleşebilmesi için, tasarımcının denetiminde olan yapma çevreye ilişkin tasarım parametrelerinin uygun değerlere sahip olmaları gerekmektedir. Dış çevrede süregelen iklim durumu; hava sıcaklığı, güneş ışıyımı, hava nemi ve rüzgar gibi iklim elemanlarının ulaştığı değerlerin bir bileşkesidir [14].

3.1.1.2 Coğrafi faktörler

Coğrafi faktörler de, enerji giderlerinde etkili olan fiziksel çevresel faktörler olarak ele alınabilir. Coğrafi faktörler;

- Bulunan bölgenin enlemi
- Bulunan bölgenin boylamı
- Deniz yüzeyinden olan yükseklikler şeklinde ele alınabilir [15].

3.1.2 Yapma çevreye ilişkin parametreler

Çeşitli ölçeklerde ele alınabilecek bir yapma çevrede, iklimsel konfor koşullarını sağlayabilmek için, doğal çevrenin iklimsel karakteristiğine bağlı olarak gereksinme duyulan enerjiyi karşılayabilmek için, yapma çevrenin kendisi bir pasif iklimlendirme sistemi olarak dizayn edilmelidir [16].

Yapma çevreye ilişkin başlıca tasarım parametreleri,

- Binanın yeri,
- Binanın diğer binalara göre konumu,
- Binanın yönlendiriliş durumu,
- Bina formu,
- Bina kabuğunun saydam ve opak bileşenlerinin optik ve termofiziksel özellikleri,

olmak üzere beş ana grupta ele alınabilir.

Binaların ve yerleşme birimlerinin enerji etkin olarak tasarlanmaları, ancak belirtilen parametreler için önerilecek uygun değerler aracılığıyla gerçekleştirilebilir [14].

3.1.2.1 Binanın yeri

Yer, iklim ve hava kirliliği kontrolünde etkili olan bir tasarım değişkenidir. Bu değişken, yerey parçasının eğimi, baktığı yön, yamaçtaki konumu ve örtüsü (veya güneş ışıınımı yansıtma özelliği) gibi bir grup alt değişkenler bütünüdür. Bu değişkenlere ilişkin en uygun değerler, yörede geçerli olan iklimsel koşullar ve insan ihtiyaçlarına bağlı olarak belirlenirler ve yerleşmeler için en uygun olan bölgeleri tanımlarlar. Yerleşme bölgeleri için iklimsel etkilerin optimizasyonunu hedefleyerek yapılan doğru bir yer seçimi, yapma ısıtma ihtiyacının ve buna bağlı olarak enerji-yakıt harcamalarının minimize edilmesi ve hava kirliliğinin önlenmesine olanak verir. Ayrıca doğru bir yer seçimi, maksimum bina yoğunluğunu insan sağlığından ödün vermeksizin gerçekleştirerek arazinin rasyonel kullanımının sağlanmasına ve sağlıklı ve konforlu açık mekanların oluşturulmasını sağlar.

Yerleşme bölgeleri için doğru bir yer seçimini gerçekleştirilmesinde izlenen yol aşağıda açıklanmıştır.

- Yöresel İklimsel Analizler ve İklimsel Karakterin Belirlenmesi,
- Yerleşme Biriminin Yer Alacağı Araziye İlişkin Analizlerin Yapılması,
- İklimsel Analizler ve Araziye İlişkin Analizlere Bağlı Olarak Yerleşme Birimleri İçin Uygun Yerleşme Bölgelerinin Seçilmesi [17].

3.1.2.2 Binanın diğer binalara göre konumu

Binalar, aralarındaki uzaklıklara (aralıklara) yüksekliklerine ve birbirlerine göre olan konumlarına bağlı olarak, birbirleri için güneş ışıınımı ve rüzgâr engelleri olarak işlev görebilirler. Güneş ışıınımının ısıtıcı etkisinin maksimize edilmesi, tüm güneşli saatler boyunca cephelerin direkt güneş ışıınımı etkisinde kalmaları sağlanarak gerçekleştirilebilir. Bu durumu gerçekleştirmek, bina aralıklarının, binaların birbirleri için güneş engelleri teşkil etmemelerini sağlayan sınır değerlerin bilinmesi ile olanaklıdır.

Güneş ışıınımının ısıtmanın istendiği dönemde cepheleri en üst şiddette etkilemesi istendiğinden, bina aralıkları komşu (veya çevre) binaların verdiği en uzun gölgeli alan derinliğine eşit ya da bu gölge derinliğinden fazla olmalıdır. Güneş ışıınımının ısıtıcı etkisinin maksimizasyonu açısından bina aralıklarını belirlemek için gölgeli alan derinliklerini belirlemek gerekir. Çizelge 3.1’de, gölgeli alan derinliklerinin diğer bir deyişle bina aralıklarının belirlenmesinde etkili olan faktörleri vermektedir.

Çizelge 4.1 : Çizelge 3.1 : Gölgeli alan derinliklerinin (bina aralıklarının) belirlenmesinde

Çizelge 4.2 : etkili olan faktörler [17].

Yöresel faktörler	Araziye ilişkin faktörler	Binaya ilişkin faktörler	Güneş-bina ilişkisini kuran faktörler
• Yörenin enlemi • Yörenin iklim türü	• Arazinin yönü • Arazinin eğim açısı	• Binaların yönlendiriliş durumları • Bina yükseklikleri	• Profil açısı

Komşu binaların referans bina üzerindeki gölgeleme etkisi hesaplanarak binanın güneş ışıını kazancı Passive House Planning Package (PHPP) programı yardımıyla hesaplanabilmektedir.

Bu hesaplama aşağıdaki veriler kullanılarak yapılır.

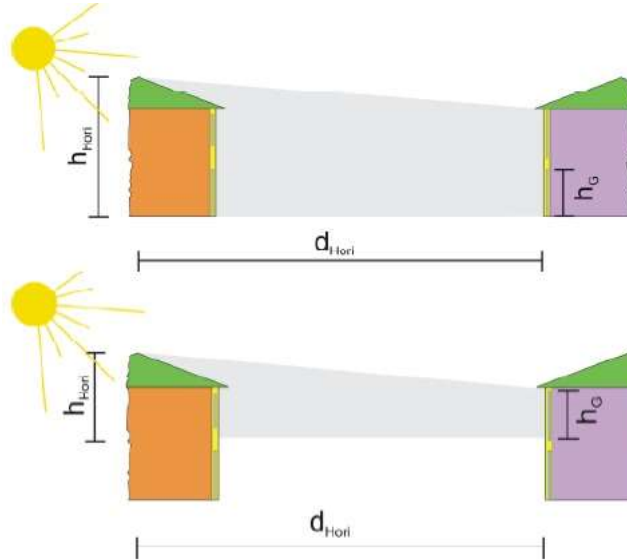
h_G : Referans bina pencere yüksekliği

h_{Hori} : referans binanın zemin kat penceresini gölgeleyen bina yüksekliği

h_{Hori} : referans binanın birinci kat penceresini gölgeleyen bina yüksekliği

d_{Hori} : Gölgeleyen bina ile referans bina arası yatay mesafe

Şekil 3.1’de komşu binanın gölgeleme etkisinin hesaplanmasında gerekli mesafe ve yükseklikler çizim üzerinden gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Komşu binanın gölgeleme etkisi [18].

3.1.2.3 Binanın yönlendiriliş durumu

Binanın, yönlendirilmesinde temel ilke güneş ışıını kazancının kışın en yüksek, yazın ise en düşük düzeyde olmasını sağlamaktır. Bulunduğumuz iklim kuşağında doğu-batı ekseninde yerleşim ile bu koşul sağlanır. Güneş ışıınıminından maksimum yarar sağlamak için minimum bina aralıkları, komşu binaların oluşturduğu en uzun gölgeli alan derinliğine eşit veya daha büyük olmalıdır [14,19].

Bina yönlendirilmesinde diğer amaç doğal havalandırmanın sağlanması için hakim rüzgar etkisinden yararlanmaktır. Böylece yazın binada depolanan enerjinin etkisi de azaltılabilir. Kısacası binalar arası açıklıkların ve peyzajın (bitki, ağaç) güneş enerjisi

kazançlarını ve yararlı rüzgar etkilerini engellemeyecek şekilde düzenlenmeleri kaçınılmazdır. Yerleşimlerde istenen iç hava hareketinin sağlanabilmesi açısından gerekli olan rüzgar hızı, bina aralıklarına ve peyzaja bağlı olarak değişkenlik gösterir. Ağaçlar ve bitki dokusu, estetik kaygıları yanı sıra gürültüyü absorplamaları, tozu tutarak havayı filtre etmeleri, parlamayı azaltmaları, gerektiğinde gölgeleme etkisi sağlamaları nedeni ile fiziksel çevre açısından önem taşırlar [14,20].

3.1.2.4 Bina formu

Herhangi bir yaşama alanını örten ve onu dış çevreden ayıran bina kabuğunun formuna bağlı olarak

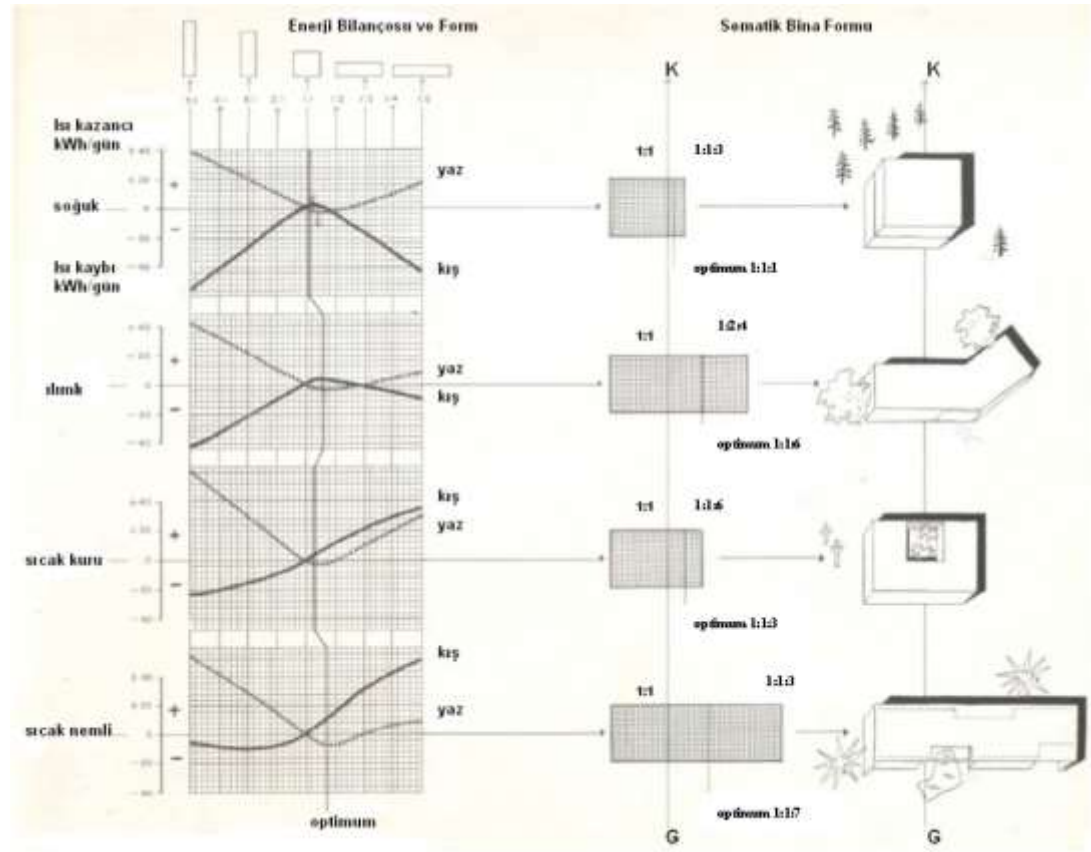
- Binanın toplam dış yüzey alanı
- Farklı yönlere bakan ve farklı eğimlerdeki cephe ve çatı yüzeyleri alanları ve
- Cephe ve çatı yüzeyleri arasındaki oranlar değişim gösterir.

Bina formu,

- Biçim faktörü (plandaki bina uzunluğunun bina derinliğine oranı)
- Bina yüksekliği
- Çatı türü (düz, beşik ve kırma çatı)
- Çatı eğimi
- Cephe eğimi

gibi binaya ilişkin geometrik değişkenler aracılığıyla tanımlanabilir [21].

Mekanları sınırlayarak dış etkenlerden koruyan bina kabuğu yüzey büyüklüğünün bina hacmine olan oranı (A/V), enerji kayıp ve kazançlarında etkin rol oynar [14]. Bina formu ile enerji kayıp oranları etkileşimi Şekil 3.2’de görülmektedir.



Çizelge 2.1 :

Şekil 3.2 : Bina formu ile enerji kayıp oranları etkileşimi [14,22].

3.1.2.5 Bina kabuğu

Bina kabuğu, saydam ve opak bileşenlerin optik ve termofiziksel özelliklere bağlı olarak hacimde gerçekleşen iç hava ve iç yüzey sıcaklıkları ve hacme ait ısı kayıplarının belirlenmesinde en önemli etkidir.

Konutlarda yıllık enerji giderlerinin en aza indirilmesi, diğer faktörler içinde en etkili olan bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerinin, bulunduğu şartlara göre en uygun biçimde seçilmesiyle mümkündür [23].

Çevre iklimsel koşulları ve yapma ısıtma ve iklimlendirme yükleri bina kabuğundan yitirilen ve kazanılan toplam ısı miktarlarına bağlı olarak değişim gösterir. Dolayısıyla bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri aynı zamanda gerek iç iklimsel koşulların gerekse yapma ve ısıtma iklimlendirme yüklerinin belirleyicileridir [24].

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri kabuğun opak ve saydam bileşenlerinden geçen ısı miktarının ve hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığı ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde etkili olurlar. İç çevre iklimsel koşulları ve

yapma ısıtma ve soğutma yükleri bina kabuğundan yitirilen ve kazanılan toplam ısı miktarlarına bağlı olarak değişim gösterir.

Pasif iklimlendirme işlevi açısından bina kabuğunun tanımı, kabuğun;

- Güneş ışınlamına ilişkin yutuculuk, geçirgenlik, yansıtıcılık gibi optik ve
- Toplam ısı geçirme katsayısı, saydamlık oranı, zaman geciktirmesi, genlik küçültme faktörü gibi

termofiziksel özellikleri ile yapılmaktadır [25].

Pasif ev kavramında ise bina kabuğunu etkileyen en önemli etmenler ısı yalıtımı, ısı köprüleri, hava sızdırmazlık ve yüksek performanslı pencereler olmaktadır. Bu nedenle aşağıdaki bölümlerde bu etmenler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1.2.6 Isı yalıtımı

Pasif evler konvansiyonel ısıtma veya klima sistemi yardımı olmadan iç ısı ve güneş enerjisi kazancından faydalanarak konforlu iç ortam sıcaklığı elde edilen yapılardır. Çok az enerjiye ihtiyaç duyularak yüksek iç ortam hava kalitesine ulaşılmasındaki en büyük etken bina kabuğunun saydam ve opak bileşenlerine uygulanan ısı yalıtımıdır. Yalıtım, kabukta ısı ve nem kontrolü sağlayarak, sağlıklı bir yapı kabuğu oluşumu ve konfor koşullarının sağlanması açısından önemli bir temel ögedir.

Son derece iyi yalıtılmış bina kabuğunun yanı sıra üçlü ya da çift camlı pencereler ve yalıtımlı çerçeveler ile iç ortamda kışın ısı kayıpları yazın ısı kazançları önlenir. Böylece döşeme ve duvarların iç yüzey sıcaklıklarının yıl boyunca değişen dış sıcaklık değerlerinden farklı olarak sabit ve istenilen sıcaklıkta kalması sağlanır.

Yalıtım malzemeleri yün, saz kamışı, ağaç lifleri, mineral yün, köpüklü kalsiyum silikat, köpüklü cam gibi birçok farklı kaynaktan üretilebilir. Fakat ana malzeme daima, çok yavaş hareket eden ve olabildiğince küçük alanlara yerleşmiş havadır.

Pasif evlerde dış yapı elemanlarının U (ısı geçirgenlik) değeri $0.15 \text{ W//m}^2\text{K}$ 'den düşük olmalıdır [4].

Passivhaus enstitüsünün kurucusu Dr. Wolfgang Feist tarafından CEPHEUS – Cost Efficient Passive Houses as European Standards programı adı altında yürütülen çalışmada Avrupa'nın çeşitli bölgelerinde maliyet etkinliği yüksek pasif evler inşa edilmiş ve performans değerleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda binanın

bulunduğu iklime bağlı olarak yapının opak bileşenlerinde uygulanan farklı kalınlık ve malzemede yalıtım ile elde edilen U değerleri genel olarak 0,1 W//m²K) ile 0.15 W//m²K) arasında değişmektedir [26]. Çizelge 3.2’de Avrupa’nın çeşitli bölgelerinde CEPHEUS programı kapsamında yapılmış pasif evlerin dış duvar, tavan ve döşeme bileşenlerinde kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin ısı geçirime katsayıları verilmiştir.

Çizelge 4.3 : Çizelge 3.2 : CEPHEUS pasif evlerinde duvar döşeme tavan malzeme ve

Çizelge 4.4 : U değerleri.

Proje	Dış duvar Malzeme	U değeri	Tavan Malzeme	U değeri	Döşeme Malzeme	U değeri
Almanya, Kassel 9°D- 51°K	Kumkireç tuğlası (17,5cm), Polistiren (30 cm)	0,13 W//m ² K	Betonarme üzeri yalıtım (35 cm)	0,11 W//m ² K	Betonarme üzeri polistiren (33,5 cm)	0,11 W//m ² K
İsveç, Gothenburg 12°D- 57°K	Ahşap dikme, Polistiren (43 cm)	0,09 W//m ² K	Masonit, Mineral yün (48 cm)	0,08 W//m ² K	Betonarme altı polistiren (25 cm)	0,09 W//m ² K
Avusturya, Steyr 14°D- 48°K	Kumkireç tuğlası (18 cm), Polistiren (38 cm)	0,13 W//m ² K	Mertek üzeri yalıtım (40cm)	0,09 W//m ² K	Betonarme üzeri Polistiren (25 cm)	0,12 W//m ² K
İsviçre, Nebikon 7°D- 47°K	Hafif beton, Mineral	0,11 W//m ² K	Ahşap tavan, Mineral	0,11 W//m ² K	Ahşap döşeme, Mineral	0,11 W//m ² K

	yün (32 cm)		yün (30cm)		yün (30cm)	
--	----------------	--	---------------	--	---------------	--

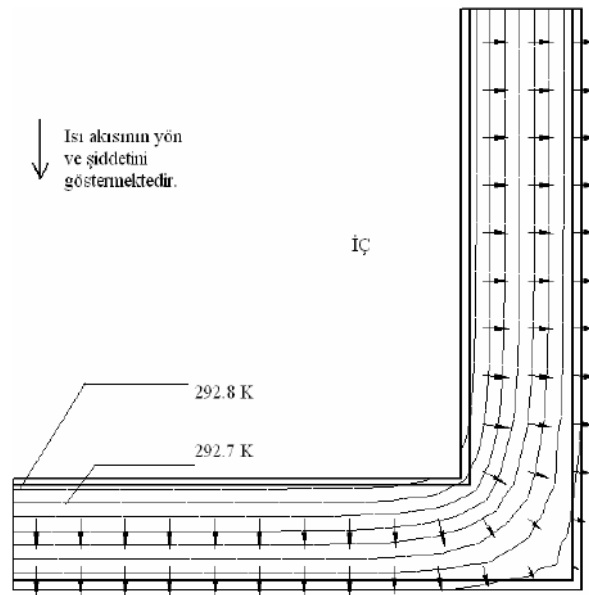
3.1.2.7

3.1.2.8 Isı köprüsü

Pasif evlerde konfor koşullarının sağlanması için bir diğer önemli ilke yüksek yalıtım seviyesi ile mümkün olduğunca ısı köprüsüz tasarımıdır. Yapılarda; farklı ısı iletkenlik katsayısına sahip malzemelerin tam ya da kısmi olarak delinmesi, yapı elemanı kalınlıklarında farklılıklar olması ve özellikle duvar/zemin/tavan/ birleşim noktalarında ısı direncin farklılıklar göstermesi nedeni ile ısı köprüleri meydana gelir [27]. Bu bölgelerde meydana gelen ısı köprüleri;

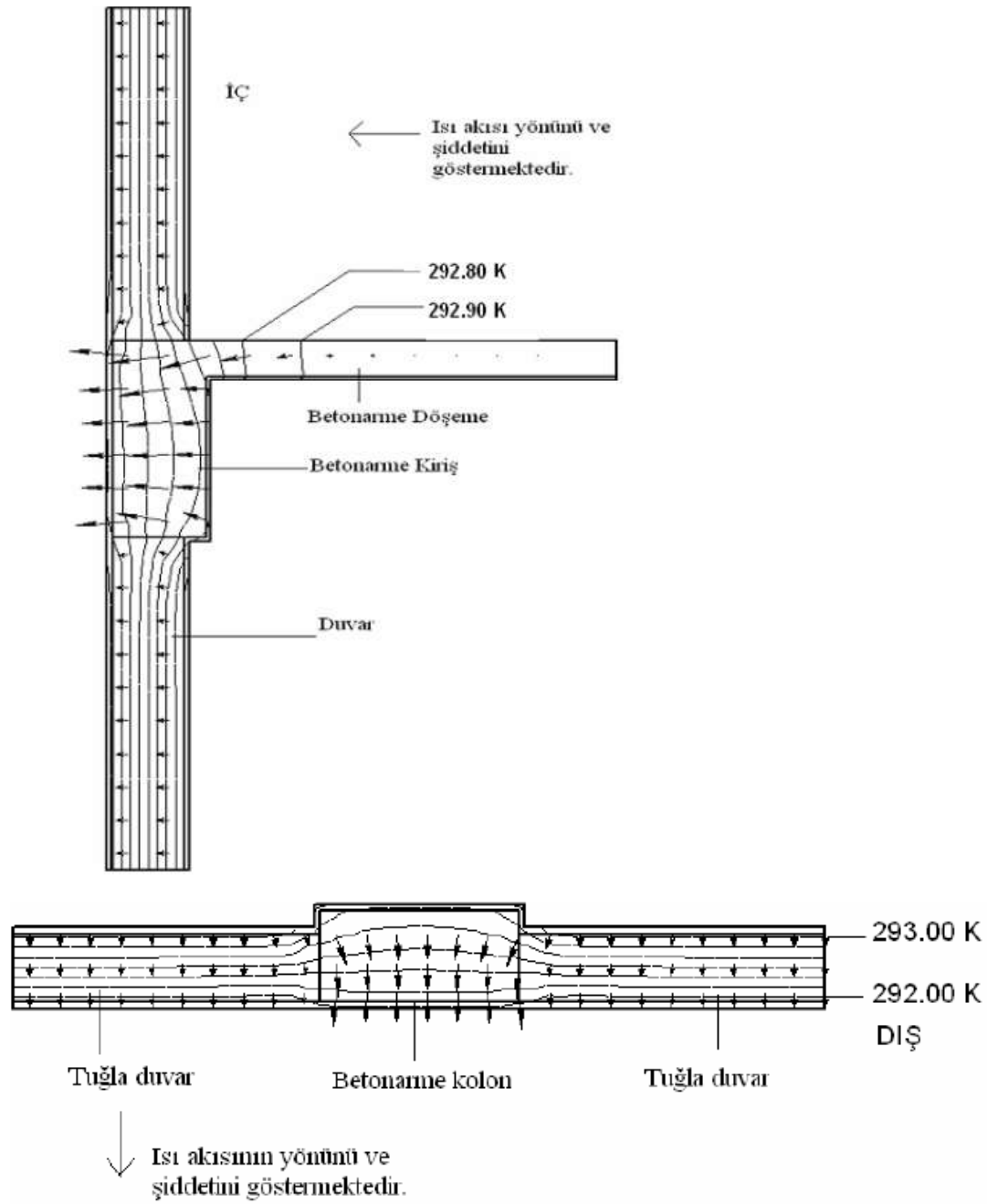
- Isı kayıpları nedeniyle yakıt tüketiminin artmasına,
- Bölgesel olarak ısı akışının artmasına ve iç yüzey sıcaklıklarının düşmesine,
- İç yüzey sıcaklığı düşük olan bölgelerin neden olduğu toz birikmesine,
- Bu bölgelerde yapı bileşenlerine nüfuz eden neme ve küf oluşmasına sebep olacaktır

Bu durumda kullanıcıların sağlıklı ve üretken olmaları için gerekli ısı konfor sağlanamayacaktır. Şekil 3.3, 3.4’de yapı elemanlarında farklı sebeplerle oluşan ısı köprüleri örneklenmiştir.



Şekil 3.3 : Elemanın köşe noktalarında meydana gelen ısı köprüleri ($T_i - T_d = 1K$)

[28].



Çizelge 2.2 :

Şekil 3.4 : Farklı yapı malzemelerinin yan yana gelmesinden kaynaklanan ısı köprüleri ($T_i - T_d = 1K$) [28].

Pasif evlerde yüksek yalıtımlı, kompakt bir yapı kabuğu ile ısı köprüleri minimize edilerek yapıya dayanaklılık kazandırılır ve ısıtma enerjisinde önemli ölçüde tasarruf sağlanır. Yapı elemanın geometrisinden kaynaklanan ısı köprüleri, kaçınılmazı oldukça güç olan ve sadece mimari biçimlendirme ile çözümlenebilecek problemler olmakla birlikte, sürekli bir yalıtım uygulanması halinde olumsuz etki en aza iner [28]. (Şekil 3.5)



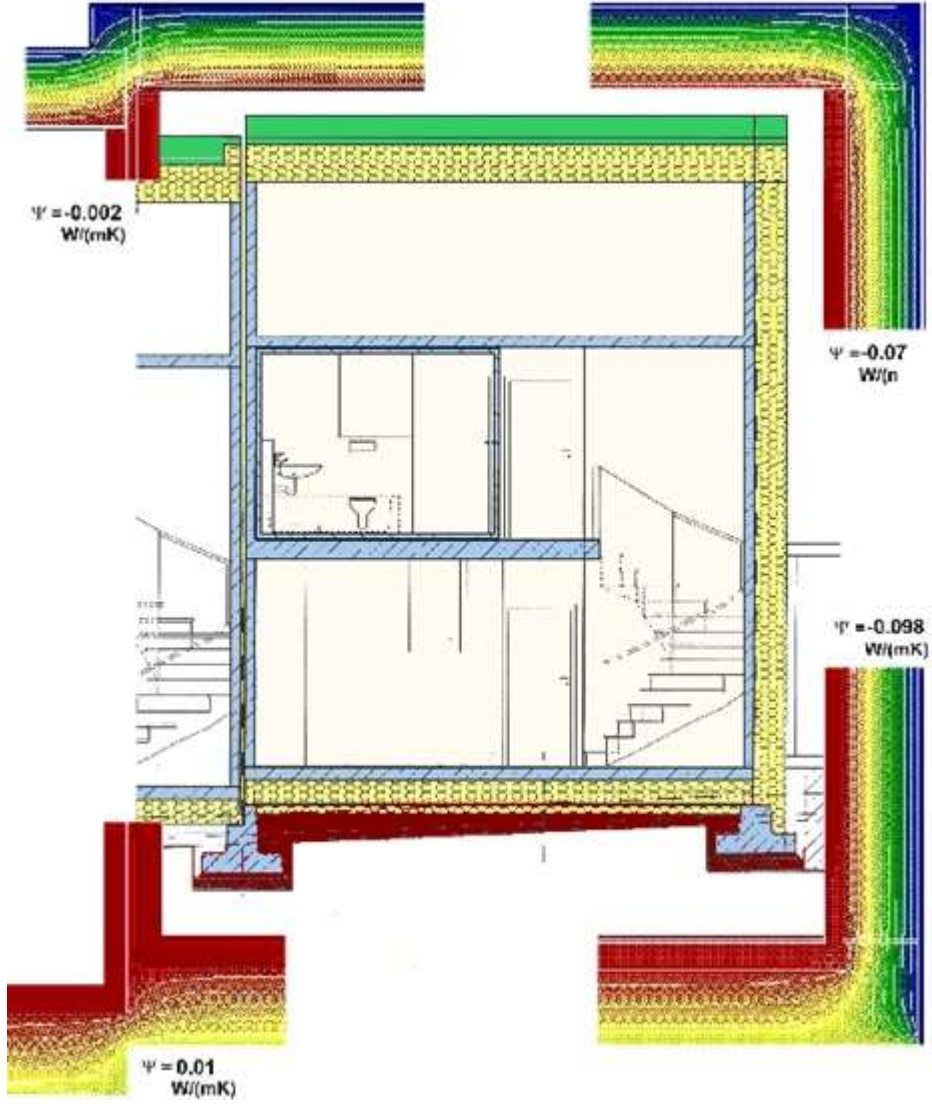
Çizelge 2.3 :

Çizelge 2.4 : Şekil 3.5 : Yalıtımlı, hava sızdırmaz dış kabuk ve kritik noktalar için geliştirilmiş

Çizelge 2.5 : detaylarla ısı köprüsüz pasif ev kesiti örneği [29].

Yapı elemanı kalınlıklarında farklılıklar olması ve farklı ısı iletkenliğine sahip malzemelerin yan yana getirilmesi sonucu meydana gelen ısı köprülerinin olumsuz etkileri, uygulama detaylarının doğru seçilmesi ile önemli ölçüde azaltılabilir.

Pasif evler için geliştirilen ısı köprüsüz ve hava sızdırmaz birleşim detaylarında ısı köprüsü ısı kaybı katsayısı $\Psi \leq 0.01 \text{ W/mK}$ 'in altında ya da negatif değerdedir. Bu durumda ısı köprüsü etkisiyle oluşacak ısı kayıpları ve düşük iç yüzey sıcaklıkları ihmal edilebilir. Şekil 3.6'da Grenz ve Rasch mimarlar tarafından Hannover Kronsberg'de tasarlanan pasif evin ısı köprüsüz dış kabuğu ısı kaybı katsayıları verilerek şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.6 : Grenz ve Rasch mimarlar tarafından Hannover Kronsberg’de tasarlanan ısı köprüsüz pasif ev kesiti [8].

Isı köprüsüz tasarım aşağıdaki denklemle tanımlanabilir:

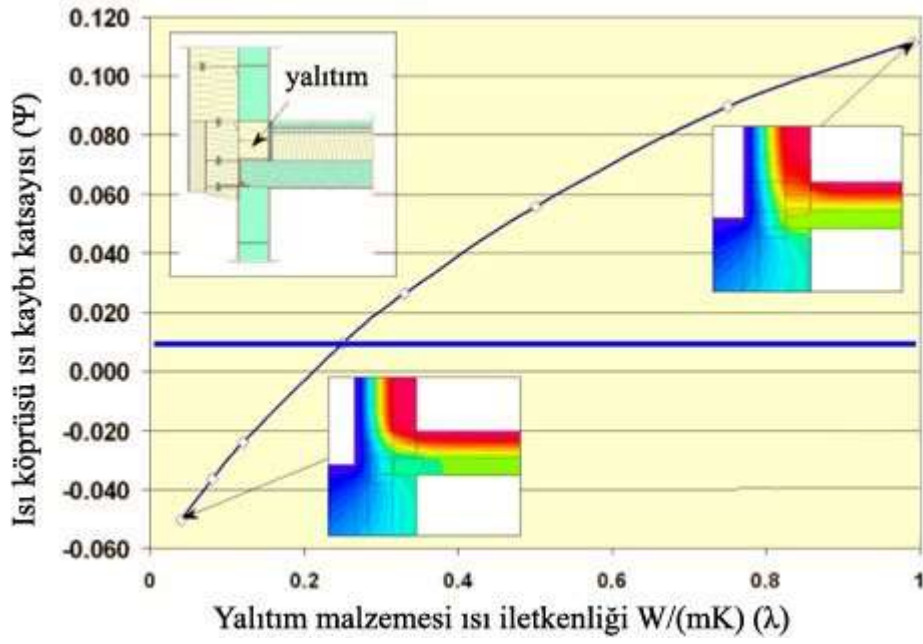
$$\sum \Psi \cdot L + \sum X \leq 0 \quad (3.1)$$

Ψ : Lineer ısı köprüsü ısı kaybı katsayısı (W/mK)

L: Lineer ısı köprüsü uzunluğu (m)

X: Noktasal ısı köprüsü ısı kaybı katsayısı (W/K)

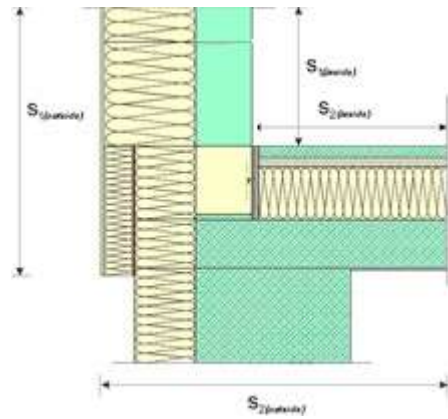
Yapı elemanında ısı köprüsünden oluşan doğrusal ısı kaybı katsayısı (Ψ) ve noktasal ısı kaybı katsayısı (X) toplamı sıfıra eşit veya daha küçük olma durumu ısı köprüsüz tasarım olarak tanımlanır [4].



Şekil 3.7 : Isı köprüsü ısı kaybı katsayısı (Ψ) ve yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği (λ) arasındaki ilişki [30].

Şekil 3.7'de görüldüğü gibi kullanılan yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği (λ) 0.25 W/(mK)'den küçük ise, yapı elemanının ısı köprüsü ısı kaybı katsayısı (Ψ) 0.01 W/(mK)'den küçük olmaktadır. Bu durumda detay ısı köprüsüz olarak kabul edilir.

Şekil 3.8'de pasif evde uygulanan ısı köprüsüz döşeme duvar bağlantı detayı verilmiştir.

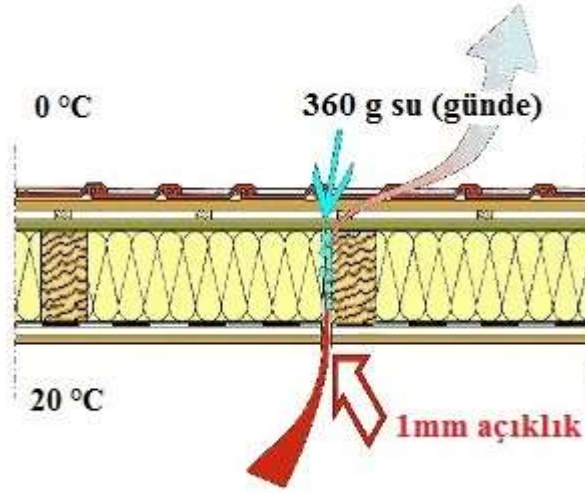


Şekil 3.8 : Yalıtımlı zemin döşemeden yükselen dış duvar ısı köprüsüz bağlantı örneği [30].

3.1.2.9 Hava sızdırmazlık

İç ortamda üretilen su buharı, yapılara zarar veren bir potansiyele sahiptir. Su buharı; basınç farkı nedeniyle ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanının gözeneklerinden geçer ve dış ortama ulaşmaya çalışır (Şekil 3.9). Su buharının yapı

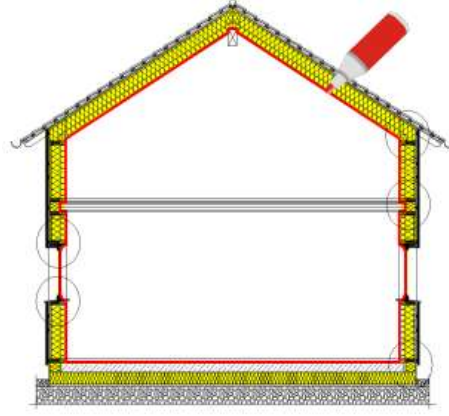
elemanı içerisindeki bu geçiři sırasında, doyma veya daha dūřuk sıcaklıkta bir yūzeyle temas etmesi durumunda buharın bir kısmı yoęuřarak su haline geçer. Yapı elemanları içerisinde birikerek yapıya ve saęlıęa zarar verir [31]. Yoęuřma i yūzeyde veya yapı elemanları içinde meydana gelerek malzemelerde ūrūme, kūflenme ve okside olma gibi birçok yapı hasarına yol açabilir ve yapı ōmrūnū tehdit edici sonuçlar doęurabilir. Yapı elemanında oluřabilecek bu hasarların azaltılması veya ōnlenebilmesi için bina kabuęunun yūksek yalıtımlı olmasının yanı sıra bina yūzeyinde hava sızdırmazlıęın saęlanması būyūk ōnem tařımaktadır.



şekil 3.9 : Su buharının yapı elemanı içerisinden hava akımı yoluyla dışarıya geçişi [32].

Dış kabukta uygulanacak sızdırmaz katmanlarla binada oluşabilecek yapısal hasarların yok edilmesinin yanı sıra istenmeyen hava akımları ve ısı kaçışları engellenerek yūksek enerji tasarrufu elde edilir, sağlıklı ve konforlu iç ortam koşulları sağlanır.

Pasif evlerde istenen iç ortam koşullarının oluşması için bina kabuğunun hava sızdırmazlığı būyūk ōnem taşımaktadır. Hava sızdırmaz dış kabuk tasarımı ana prensip binaya uygulanacak sızdırmaz katmanın sūreklilięidir. şekil 3.10'daki kesitte de gōrūleceęi gibi sızdırmaz katmanın yapıyı zarflama prensibiyle ara verilmeden uygulanması şeklinde ōzetlenebilir.



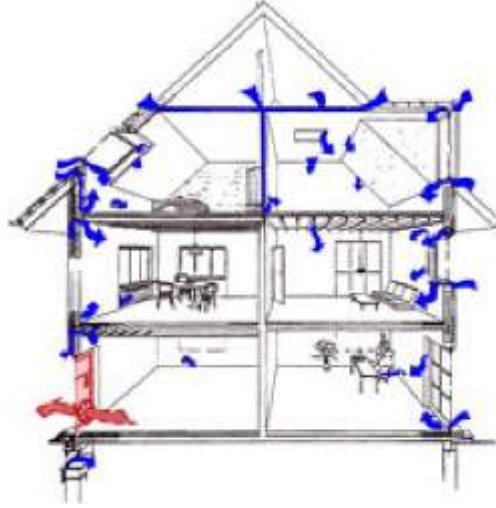
Şekil 3.10 : Pasif evlerde dış kabuğun sızdırmaz katmanlarla ara verilmeden çizilecek şekilde planlanması [33].

Bina kabuğunun hava sızdırmazlığı hava basıncı testiyle (Blower Door Testi) ölçülür. Hava basıncı testi ya da n_{50} değeri bina kabuğunda ölçülen toplam sızdırmayı ifade eder. N_{50} değeri 50 Pa diferansiyel basınç altında saat başı hava değişim oranıdır. Hava basıncı testiyle DIN EN 13829 normuna göre bina içi ile dışı arasında 50 Pa basınç farkı yaratılarak hava değişim oranı belirlenir.

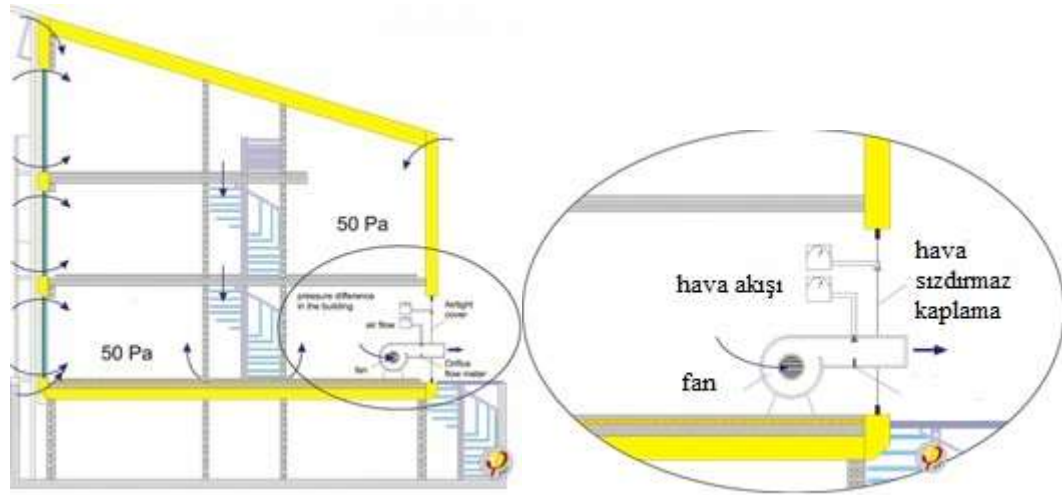
Şekil 3.11, 3.12 ve 3.13’de görüldüğü gibi ölçüm yapabilmek için Blower Door – Ventilator dış kapıya veya binanın bir camına monte edilir. Ölçüm sırasında iç kısımdaki oda kapıları dışında bütün dış kapı ve pencereler kapatılır. Blower Door Ventilatorü ile binadan evin içindeki bütün hava çekilecek, hissedilen düşük basınç 50 Pa değerine ulaşacaktır. Bina kabuğunda bulunan kaçaklar hava hızlandırma ve kızılötesi termografi aletiyle tespit edilir.



Şekil 3.11 : Dış kapıya monte edilen ventilatörün bina içi ve dışından görünümü [33].



Şekil 3.12 : Hava basıncı testinin şematik gösterimi [33].



Şekil 3.13 : Pasif ev kesitinde Blower Door Testi prensibinin gösterimi [33].

Pasif evlerde istenen konfor koşullarına ulaşılabilmesi için hava sızdırmazlık testi sonucu bina kabuğunda ölçülen hava değişim oranı (n_{50}) ± 50 Pa basınçta %60'ı ($0,6 \text{ h}^{-1}$) geçmemelidir. Pasif ev olarak inşa edilmiş yapılarda ölçülen bu değer genel olarak $0,2$ ve $0,6 \text{ h}^{-1}$ arasındadır [33]. Çizelge 3.3'de ise TS 825 standardına göre konutlarda iç ve dış ortamlar arasında 50 Pa basınç farkı varken, oluşan hava sızdırmazlık değerlerinin pasif ev olarak inşa edilmiş yapıların sızdırmazlık değerleri karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Çizelge 3.3 : TS 825'e göre çok dairesel ve tek dairesel binalarda hava sızdırmazlık

Çizelge 4.6 : değerlerinin pasif ev olarak inşa edilmiş yapıların sızdırmazlık

Çizelge 4.7 : değerleri karşılaştırılması [34].

Pasif Evler	Katta çok dairesel binalar (TS 825'e göre)	Katta tek dairesel binalar (TS 825'e göre)	Bina kabuğunun sızdırmazlık durumu
$n50 < 0.2$	$n50 < 2$	$n50 < 4$	Yüksek
$0.2 \leq n50 \leq 0.6$	$2 \leq n50 \leq 5$	$4 \leq n50 \leq 10$	Orta
$0.6 < n50$	$5 < n50$	$10 < n50$	Düşük

Binalarda yeterli iç ortam kalitesinin sağlanabilmesi için bina kabuğu sızdırmazlığı planlama aşamasında tasarlanmalı aksi taktirde binada oluşacak sızdırmazlık hasarları için yapıda iyileştirmeler gerekecektir. Bina kabuğunda yeterli sızdırmazlık sağlanan yapılar ise yoğunlaşma ve küflenme gibi yapısal hasarlara karşı mutlaka havalandırma sistemi ile kontrollü havalandırılmalıdır.

3.1.2.10 Yüksek performanslı pencereler

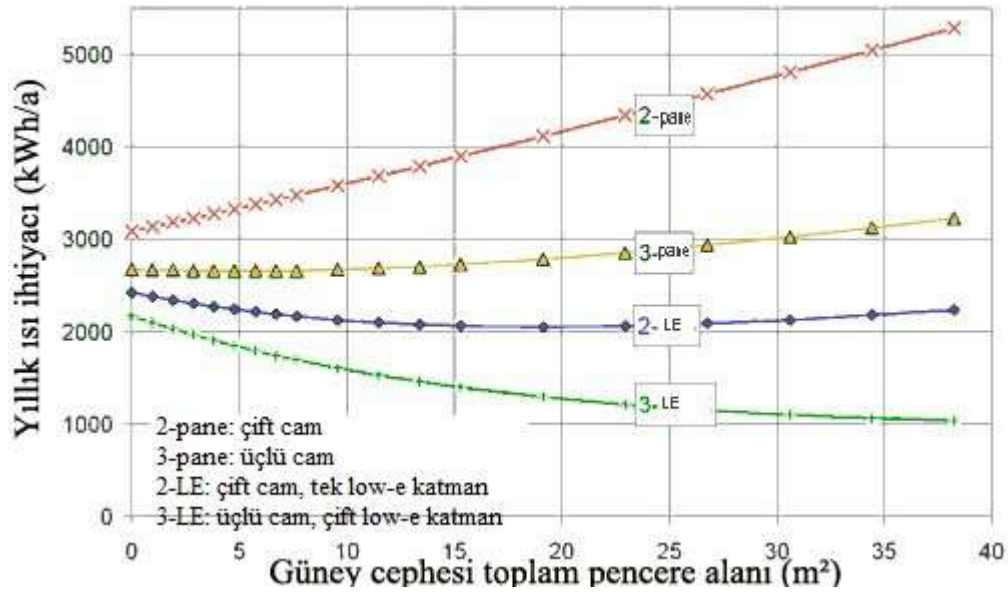
Pasif evde, pencereler, havalandırma ve aydınlatma fonksiyonun ötesinde net güneş kazancı sağlayabilir özellikte olmalıdır. Bu durumu sağlayan ön koşullar;

- pencere yoluyla kaybedilen ısıнын düşük olması,
- uygun cam kullanımı,
- güneşe doğru yönelim,
- düşük dereceli gölgeleme

şeklinde sıralanabilir.

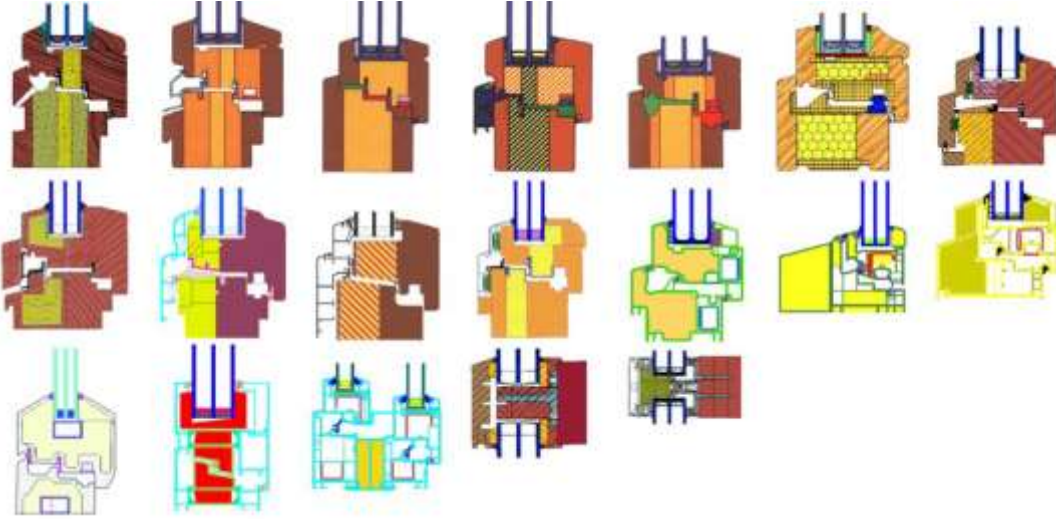
EN 673 ve DIN EN 10077 normlarına göre Orta Avrupa'da uygulanan pasif evlerde gerekli konfor koşullarının sağlanabilmesi için pencerelerde gereken U değeri $0,8 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ K})$ 'in altındadır. Bu değere, düşük emisyonlu üçlü veya çift camların konvektif ısı iletimini azaltan ağır asil gazlarla doldurulması sonucu ulaşılabilir. Ayrıca camlarda ışımsal ısı kaybının kontrolünün sağlanabilmesi için cam yüzeyler kızılötesi yansıtıcı malzeme ile kaplanabilmektedir. Bu özelliklere sahip bir camın doldurulan gaz ve kullanılan kaplamaya bağlı olarak U-değeri $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 'e kadar

düşebilmekte, toplam güneş enerjisi geçirgenliği ise % 50-60 arasında değişmektedir. Sonuç olarak yüksek performanslı bu pencerelerde ısı iletim kaybı minimum değerleri sağlarken pasif güneş enerji kazancı oldukça yüksektir. Pasif Evin bu özellikte bir camla ısıtma dönemi boyunca enerji dengesi pozitiftir [26]. Şekil 3.14’de **Darmstadt-Kranichstein’da** standarta uygun tasarlanmış **ilk** pasif ev için yapılan simülasyon çalışmaları sonucu güneşe yönlendirilmiş pencerelerin boyutlarına ve cam türlerine bağlı ısı ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar düşük emisyonlu üçlü cam türünün enerji performansının oldukça yüksek olduğunu göstermiştir. Bu çalışma sonucu düşük emisyonlu üçlü cam pasif evlerde kullanılan en yaygın cam türü olmuştur.



Şekil 3.14 : Güneye yönlendirilmiş pencerede farklı boyut ve türde cam kullanımının yıllık ısıtma ihtiyacına etkisi [1].

Pasif Evlerde uygun camların kullanımına ek olarak pencere çerçevelerinde yüksek ısı yalıtımı uygulanmaktadır. Kenarlardan oluşabilecek ısı köprüleri, paslanmaz çelik veya plastik ayırıcılar kullanılarak en aza indirilmiştir. Şekil 3.15’de pasif ev standartlarına uygun kalitede hazırlanmış pencere çerçeveleri örneklenmiştir. Çizelge 3.4’de Avrupa’nın çeşitli bölgelerinde CEPHEUS programı kapsamında yapılmış pasif evlerin saydam bileşenlerinde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin ısı geçiş katsayıları ve bileşenlerin yönelimi verilmiştir.



Şekil 3.15 : Pasif ev enstitüsü tarafından onaylı pencere çerçeveleri [26].

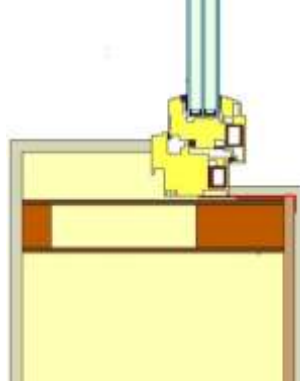
Çizelge 4.8 : Çizelge 3.4 : CEPHEUS pasif evlerinde kullanılan pencereler.

Proje	Cam – U değeri	Cam – g değeri (TSET)*	Çerçeve Tipi	Çerçeve U değeri	Ayırıcı Malzeme	Yönelim
Almanya, Kassel	0.6 W//m ² K	0.42	PVC	0.57 W//m ² K	Paslanmaz Çelik	Doğu / Batı
İsveç, Gothenburg	0.7 W//m ² K	0.4	Ahşap	1.0 W//m ² K	Paslanmaz Çelik	Güney
Avusturya, Steyr	0.6 W//m ² K	0.53	PVC	0.75 W//m ² K	Thermix	Güneybatı
İsviçre, Nebikon	0.6 W//m ² K	0.42	Ahşap - Alüminyum	1.2 W//m ² K	Paslanmaz Çelik	Güney
Fransa, Rennes	1.3 W//m ² K	0.64	Ahşap	1.5 W//m ² K	Alüminyum	Güney

TSET, g value (the total solar energy transmittance): DIN 67507 normuna göre toplam güneş enerjisi geçirgenliği

Pencerelerde doğru kurulum bir diğer önemli faktördür. Eğer pencereler, termal kabuğun ısıl izolasyon düzleminde konumlandırılır ve yalıtım mümkün olduğunca

pencere çerçevesi ile örtüşürse, kurulumun ısı köprüsü kayıp katsayısı ihmal edilebilir. Aksi takdirde, oluşacak ısı köprülerine bağlı olarak pencerenin U-değeri % 50 kadar artabilir [7]. Şekil 3.16’da ısı korunumlu pencereye bir örnek verilmiştir.



Şekil 3.16 : Pasif ev standardına uygun pencere örneği [35].

Pasif evin artık ayrı bir ısıtma sistemine ihtiyacı olmadığından pencere önlerinde radyatör bulunmaz böylece kullanıcı konforu artırılmış olur.

3.1.3 Binada kullanılan sistemlere ilişkin parametreler

Enerji etkin pasif ev tasarım sürecinde etkili olan bir diğer parametre binada kullanılan aktif sistemlerdir. Bu sistemler havalandırma sistemi, evsel sıcak su sistemi ve güneş kolektörü başlıkları altında incelenmiştir.

3.1.3.1 Havalandırma sistemi

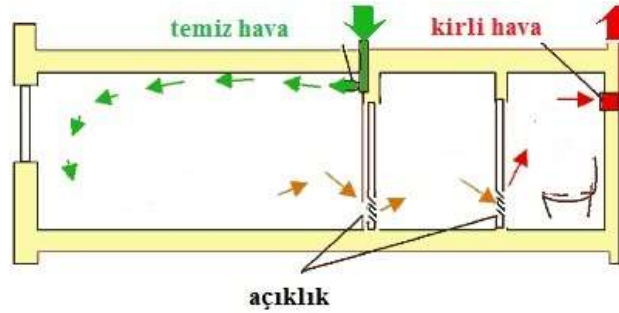
Pasif ev tasarımının en önemli hedeflerinden biri iç ortamda yeterli hijyenin ve konforun sağlanmasıdır. Bu sebeple istenilen iç hava kalitesi vazgeçilmez bir unsurdur. İstenen bu koşullar kirli havanın düzenli aralıklarla temiz hava ile değiştirilmesi sonucu elde edilebilir.

Binalarda talep edilen hijyen ve konfor, temiz havanın dış duvarlarda yer alan havalandırma açıklıkları ile doğrudan alındığı basit bir egzoz fan havalandırma sistemi ile sağlanabilir. Bu açıklıklar ile temiz havayı istenilen oranda iç ortama almak mümkündür. Fakat böyle bir sistemin yol açtığı ısı kayıpları pasif ev için oldukça yüksektir. Bu sebeple Orta Avrupa pasif evleri, yüksek verime sahip ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi ile havalandırılır [36].

Pasif evlerde doğal havalandırma yapılmamaktadır. Sürekli ve kontrollü havalandırma sistemi sayesinde pencerelerin açılmasına gerek duyulmadan ve

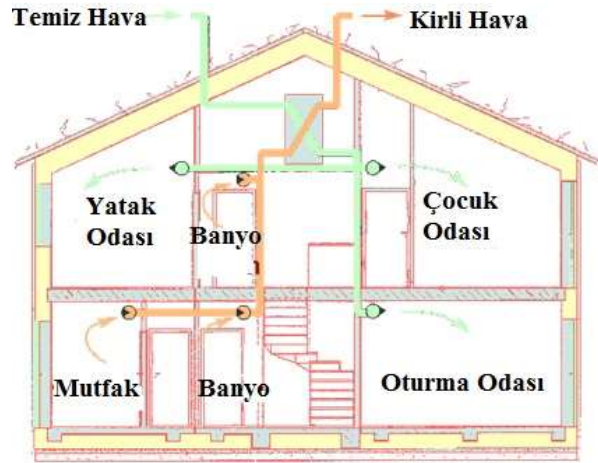
istenmeyen hava akımları oluşmadan temiz hava sağlanmaktadır. Isı geri kazanımlı havalandırma sistemi ile pasif evlerde büyük enerji tasarrufu sağlanırken konfor düzeyi önemli ölçüde artmıştır.

Havalandırma, mutfak, banyo gibi nemin ve kirli havanın yoğun bulunduğu odaların kirli havasının dışarıya atılması; oturma odası, çocuk odası ve çalışma odası gibi yaşam alanlarına, atılan kirli havanın yerini alacak temiz havanın verilmesi yoluyla sağlanır (Şekil 3.17). Bu sistemle birlikte konfor ve iç ortam kalitesi için gerekli temiz hava, devridaim hava yerine dış ortam havası kullanılarak elde edilir.



Şekil 3.17 : Pasif evlerde hava sirkülasyonunun şematik gösterimi [36].

Şekil 3.18 pasif evlerde havalandırma sisteminin şematik gösterimini vermektedir.



Şekil 3.18 : Pasif evlerde havalandırma sisteminin şematik gösterimi [36].

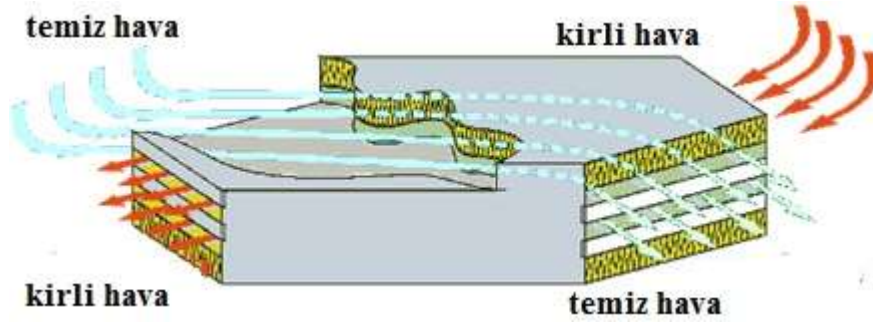
Şekilde görüldüğü gibi ev içerisine alınan temiz hava öncelikle oturma odası, yatak odası, çocuk odası gibi yaşam alanlarına alınır, buradan da temiz hava koridor yoluyla mutfak, banyo gibi ıslak hacimlere transfer edilir. Bu şekilde ev içerisinde kontrollü havalandırma sağlanmış olur.

Enerji verimli havalandırma sistemi için bina içerisinde hava sızdırmaz borulardan oluşan kısa kanal sistemi tasarlanmalıdır. Havalandırma ünitesiyle yalıtımlı bina

kabuğu arasındaki borular yoğuşmayı önlemek amacıyla en az 50 mm kalınlığında yalıtılmalı ve buhar geçirmez kaplama yapılmalıdır [37].

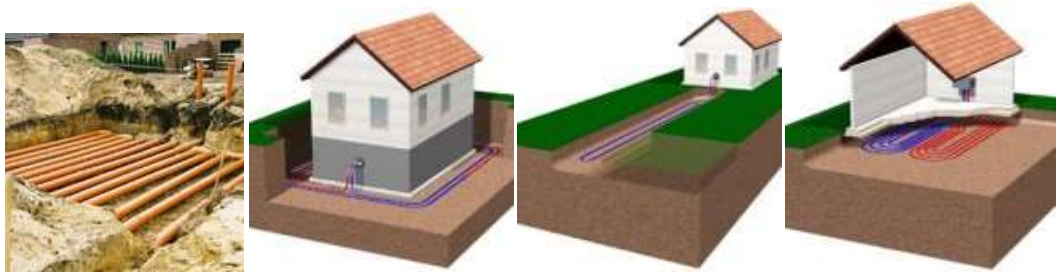
Atılan kirli havadan alınan ısı, çapraz ısı dönüştürücü ile temiz havaya aktarılır. İşlem sırasında hava akışları birbirleriyle karışmaz. Bu sistem sayesinde elde edilen ısı geri kazanım oranı %75 ile %95 arasındadır [36].

Çapraz akışlı ısı dönüştürücü sistemin çalışma prensibi Şekil 3.19'da şematik gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi kırmızı ile gösterilmiş kirli sıcak hava bir kanal yoluyla akar ve plakalara ısı sağlar. Soğumuş olarak da sistemi terkeder. Diğer taraftan mavi ile gösterilmiş temiz hava ayrı bir kanal yoluyla ısı dönüştürücü plakalardan geçiş yapar. Bu hava plakalardaki ısıyı absorbe ederek daha yüksek bir sıcaklıkta kirlenmeden çıkış yapar [36].



Şekil 3.19 : Çapraz akışlı ısı dönüştürücünün şematik gösterimi [36].

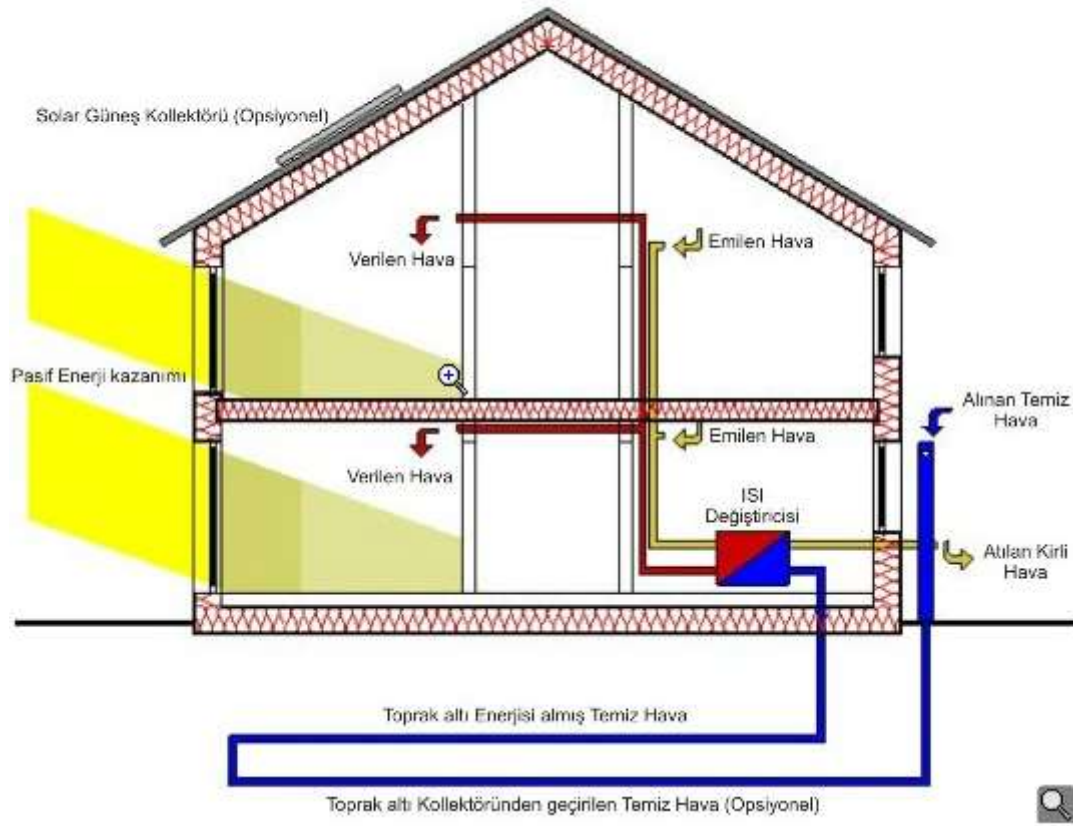
Kullanımı isteğe bağlı olan toprak altı boruları ile havalandırma sisteminin verimliliği artırılabilir. Kış aylarında toprak sıcaklığı hava sıcaklığından daha yüksek, yaz aylarında ise hava sıcaklığından daha düşük olması sebebiyle temiz havayı toprak altı borularından geçirerek önceden ısıtmak ya da önceden soğutmak mümkün olmaktadır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 : Toprak altı borularının farklı şekillerde kurulumu [38].

Çok soğuk hava koşullarında ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi evin sıcak kirli havasını donma noktasına kadar düşürebilir. Bu durumda havadan havaya ısı

transferi sağlayan sistem donarak hava akışını engelleyebilir ve sisteme zarar verebilir. Bu durumu önlemek için temiz hava mutlaka -4 ile 0°C arasında bir sıcaklık değerine ulaştırılmalıdır. Temiz havanın ısı dönüştürücüye ulaşmadan ön ısıtmasının yapılması toprak altı sistemi ile mümkündür. Sistemde ısı transferi hava kanalları yoluyla direkt olarak topraktan havaya ısı geçişi şeklinde olabilirken, hidrolik sistem aracılığıyla toprak, su ve hava arasında ısı transferi şeklinde dolaylı olarak da sağlanabilir [39]. Şekil 3.21’de toprak altı boru sistemi ile ısı geri kazanımlı havalandırma örneği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.21 : Pasif evlerde toprak altı boru sistemi ile ısı geri kazanımlı havalandırma [32].

3.1.3.2 Eysel sıcak su sistemi

Eysel sıcak su sistemi güneş enerjisi bazlı uygulamalar arasında en yaygın olanıdır. Gelişme sürecini tamamlamış ve ulaşımı kolay sistemlerdir. Eysel ve kullanım amaçlı sıcak su üretimine yönelik güneş enerjisi bazlı çeşitli sistemler vardır. Bu sistemler termosifon, entegre depolu, direkt, endirekt ve hava sirkülasyonlu olarak bilinmektedir. Dünya üzerinde kullanılan evsel sıcak su sistemlerinin %90'ı termosifon bazlıdır. Kollektör açısından da en yaygın olarak düz plakalı olanlar tercih edilmektedir [40].

Kullanılan güneş kollektörleri ile güneş enerjisi soğrularak ve yoğunlaştırılarak ısı enerjisi haline dönüştürülmektedir. Bu ısı yardımıyla sıcak su üretimi (en yaygın kullanım), kurutma (findık, odun vb.), doğrudan ısıtma (sera, ev ısıtması, iklimlendirme, ısı, pompaları vb.) ve soğutma işlemleri yapılmaktadır [41].

Diğer konut yapılarında olduğu gibi pasif evlerde evsel sıcak su sisteminin sağlanması oldukça önemlidir. Bu sistemin enerji etkin özellikte olması, düzenli kontrolünün yapılması ve ihtiyacı karşılayabilecek kapasitede olması gerekmektedir. Pasif evlerde sıcak su sistemi, genellikle odun sobası, güneş kollektörü, ısı pompası, gaz veya yağ kazanı (yoksa doğrudan elektrik) gibi ısı kaynakları ile birleştirilerek oluşturulmuştur. Birincil enerji kullanımını ve CO₂ emisyonlarını azaltması sebebiyle pasif evlerde daha çok güneş kollektörleri tercih edilmiştir. Uygun bir güneş kontrolü sistemi kullanımıyla binanın yıllık toplam sıcak su ihtiyacı %60'a varan oranda karşılanmaktadır. Fakat güneşe dayalı su ısıtma sistemi olmadan da pasif ev standartlarına ulaşılabilirdiği görülmektedir [42].

3.1.3.3 Güneş kontrolü

Enerji etkin bina tasarımının bir parçası olan güneş kontrolü sistemi, iç mekanda görsel ve ısısal konforun sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Özellikle ılımlı ve sıcak iklim bölgelerinde yaşama alanında oluşan kamaşmayı azaltma ve soğutma döneminde güneş enerjisi aracılığı ile ısı kazanımını önlemek ve dolayısıyla soğutma yüklerini azaltmak için uygulanan yöntemlerden biridir.

Pencere boyutları ve baktığı yön, güneşin gün ve yıl içindeki pozisyonu ve iklim verileri gibi pek çok değişken dikkate alınarak binaya uygun güneş kontrolü sistemi tasarlanır ve bu yolla binanın enerji verimliliği sağlanır [43,44].

3.2 Enerji İhtiyacının Hesaplanması

Pasif evlerde enerji ihtiyacının hesaplanmasında Pasif ev planlama paketi (PHPP-Passive house planning package) kullanılmaktadır.

3.2.1 Pasif ev planlama paketinin (PHPP) tanıtılması

PHPP, pasif ev tasarımına yönelik özel hesaplama yöntemlerinin geliştirilmesi amacıyla Passivehaus Enstitüsü tarafından geliştirilmiş bir planlama programıdır. Programın son güncelleştirmesi 2007 yılında yapılmış ve tez kapsamında yapılan tüm çalışmada bu sürüm kullanılmıştır.

Pasif ev planlama Paketi (PHPP) pasif ev planlama ve binanın pasif ev standartlarına uygunluğunu doğrulama üzerine hizmet eden temel tasarım aracıdır. Enerji değerlerinin hesaplanmasında sonuçlar $\pm 0.5\text{kWh}$ hata payına sahiptir [45].

Program, ısı yalıtım, hava sızdırmazlık, ısı köprüleri, pasif ev pencereleri, havalandırma gibi tüm pasif ev planlama detaylarını desteklemektedir. PHPP programı ile binaya ait aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir;

- Isıtma enerji ihtiyacı: Yıllık alan ısıtma ihtiyacı
- Birincil enerji ihtiyacı: Isıtma, soğutma, sıcak su ve elektrik için gerekli toplam enerji ihtiyacı
- Yazın oluşan aşırı ısınma yüzdesi: Mekanadaki sıcaklığın $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerine çıkma yüzdesi
- Soğutma enerji ihtiyacı: Yıllık alan soğutma ihtiyacı

Pasif evler için özel olarak geliştirilmiş bu program güçlendirme yapılan tarihi binalar da dahil olmak üzere tüm binalar için kullanılabilecek bir tasarım aracıdır.

3.2.2 Paketin çalışmasında kullanılan metod

PHPP hesaplamalarında kullanılan metodlar Avrupa standardı EN 13790 (DIN EN ISO 13790) esas alınarak oluşturulmuştur. Bu metodla hesaplanan yıllık ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2.2.1 Binanın yıllık ısıtma ihtiyacının hesaplanması (Q_H)

Pasif ev standardında belirtilen hesap metodunda, iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınarak yıllık toplam ısıtma ihtiyacı hesaplanmaktadır. Programda binanın ısıtma ihtiyacı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır [46].

$$(Q_T + Q_V) - [(Q_I + Q_S) \times \eta_G] = Q_H \quad (3.2)$$

İletim yoluyla oluşan ısı kayıpları (Q_T)

Binanın ısıtma ihtiyacını belirleyen faktörlerden birisi olan yapı elemanlarında iletim yoluyla oluşan yıllık ısı kayıpları aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$Q_T = A \times U \times f_t \times G_T \quad (3.3)$$

A : Yapı elemanı alanı, (m^2)

U : Yapı elemanı U değeri, ($W/(m^2K)$)

f_t : Sıcaklık indirgeme faktörü

G_T : Isıtma derece saati, (kKh/a)

Isı köprülerinin neden olduğu iletim yoluyla oluşan ek ısı kayıpları ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$Q_T = \Psi \times l \times f_t \times G_T \quad (3.4)$$

l : Isı köprüsü uzunluğu, (m)

Ψ : Isı köprüsü ısı kaybı katsayısı (yapı elemanları dış ölçüleri dikkate alınır), (W/mK)

f_t : Sıcaklık indirgeme faktörü

G_T : Isıtma derece saati, (kKh/a)

Havalandırma yoluyla oluşan ısı kayıpları (Q_V)

Havalandırma yoluyla oluşan ısı köprüleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$Q_V = V_{RAX} \times n_v \times c \times G_T \quad (3.5)$$

V_{RAX} : Havalandırılan alan hacmi, (Taban alanı ile kat yüksekliği çarpımı), (m^3)

n_v : Ortalama hava değişim oranı, (konut için belirlenen standart değer $0.4 h^{-1}$ dir.)

c : Hava ısı kapasitesi, ($0.33 Wh/(m^3K)$)

G_T : Isıtma derece saati, (kKh/a)

İç ısı kazancı (Q_I)

Binanın iç ısı kazancını (Q_I), ısıtma dönemi boyunca iç ısı üreten elektrikli cihazlar ve kullanıcı gibi iç ısı kazançlarının toplamı oluşturur.

Konutlarda standart yaşam koşulları için belirlenen iç ısı kazancı 2.1 W/m^2 dir.

Solar ısı kazancı (Q_S)

Binanın güneş enerjisinden elde ettiği ısı kazancı aşağıdaki bağlantı yoluyla hesaplanır.

$$Q_S = r \times g \times A_w \times G \quad (3.6)$$

r : İndirgeme faktörü

g : g-değeri, (W/m^2)

A_w : Pencere alanı, (m^2)

G : Toplam radyasyon, ($\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$)

Isı kullanım faktörü (η_G)

Isı kullanım faktörü aşağıdaki bağlantı yoluyla hesaplanır.

$$\eta_G = (1 - (Q_F/Q_L)^5) / (1 - (Q_F/Q_L)^6) \quad (3.7)$$

Q_F = İç ısı ve solar ısı kazancı toplamı

Q_L = İletim ve havalandırma yoluyla oluşan toplam ısı kaybı

3.2.2.2 Binanın soğutma ihtiyacının hesaplanması (Q_K)

Pasif ev standardında belirtilen hesap metodunda, iletim ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınarak yıllık toplam soğutma ihtiyacı hesaplanmaktadır. Programda binanın soğutma ihtiyacı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır [46].

$$(Q_S + Q_I) - [(Q_T + Q_V) \times \eta_G] = Q_K \quad (3.8)$$

Solar ısı kazancı (Q_S)

Binanın güneş enerjisinden elde ettiği ısı kazancı aşağıdaki bağlantı yoluyla hesaplanır.

$$Q_s = r \times g \times A_w \times G \quad (3.9)$$

r : İndirgeme faktörü

g : g-değeri, (W/m²)

A_w : Pencere alanı, (m²)

G : Global radyasyon, (kKh/a)

İç ısı kazancı (Q_i)

Binanın iç ısı kazancını (Q_i), ısıtma dönemi boyunca iç ısı üreten elektrikli cihazlar ve kullanıcı gibi iç ısı kazançlarının toplamı oluşturur.

Konutlarda standart yaşam koşulları için belirlenen iç ısı kazancı 2.1 W/m²dir.

İletim yoluyla oluşan ısı kayıpları (Q_T)

Binanın soğutma ihtiyacını belirleyen faktörlerden birisi olan yapı elemanlarında iletim yoluyla oluşan yıllık ısı kayıpları aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$Q_T = A \times U \times f_t \times G_T \quad (3.10)$$

A : Yapı elemanı alanı, (m²)

U : Yapı elemanı U değeri, (W/(m²K))

f_t : Sıcaklık indirgeme faktörü

G_T : Isıtma derece saati, (kKh/a)

Havalandırma yoluyla oluşan ısı kayıpları (Q_v)

Havalandırma yoluyla oluşan ısı kayıpları aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$Q_v = Q_{L, \text{ext}} + Q_{L, \text{ground}} + Q_{L, \text{summer}} \quad (3.11)$$

$Q_{L, \text{ext}}$: Dış ortam ısı kaybı, (kWh/a)

$Q_{L, \text{ground}}$: Zemin ısı kaybı, (kWh/a)

$Q_{L, \text{summer}}$: Yazın havalandırma yoluyla oluşan ısı kaybı, (kWh/a)

Isı kullanım faktörü (η_G)

Isı kullanım faktörü aşağıdaki bağlantı yoluyla hesaplanır.

$$\eta_G = (1 - (Q_F/Q_L)^5) / (1 - (Q_F/Q_L)^6) \quad (3.12)$$

Q_F = İç ısı ve solar ısı kazancı toplamı

Q_L = İletim ve havalandırma yoluyla oluşan toplam ısı kaybı

3.2.2.3 Binanın birincil enerji ihtiyacının hesaplanması

Pasif ev standardında belirtilen hesap metodunda, binanın yıllık toplam ısıtma, soğutma, sıcak su, elektrik ve aydınlatma sistemleri metrekare başına gerekli enerji ihtiyacı toplanarak binanın birincil enerji ihtiyacı hesaplanmaktadır.

4. PASİF EV UYGULAMASININ TÜRKİYE İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Bu bölümde; Orta Avrupa soğuk iklim koşullarına göre belirlenmiş pasif ev standartlarının Türkiye'nin

- II. derece-gün bölgesinde bulunan ve ılımlı nemli iklim koşullarına sahip İstanbul ili
- III. derece-gün bölgesinde bulunan ve ılımlı kuru iklim koşullarına sahip Ankara ili
- I. derece-gün bölgesinde bulunan ve sıcak nemli iklim koşullarına sahip Antalya ili

olmak üzere üç farklı iklim bölgesinde değerlendirilmesine yönelik bir çalışmanın adımları açıklanmıştır. Uygulama çalışmasında tasarlanan yapı seçeneklerinin enerji hesaplamaları, pasif evler için geliştirilmiş PHPP (Passive House Planning Package) programı yardımıyla yapılmıştır. Türkiye'nin ılımlı ve sıcak iklim bölgelerinde uygulanan pasif evin yalıtım kalınlıkları değiştirilerek oluşturulan yapı seçeneklerinin enerji performansı değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, pasif ev standardında verilen maksimum alan ısıtma ihtiyacı olan yıllık 15kWh/m² değerinin sağlanması için gerekli yalıtım kalınlığı, binanın uygulandığı iklime bağlı olarak hesaplanmıştır. Tez kapsamında ele alınan yapı seçenekleri için alternatif opak yapı kabukları geliştirilmiş, mevcut binanın formu (biçim faktörü, bina boyutları, çatı türü, vb.) bina yönlendiriliş durumu gibi tasarım parametre değerleri sabit tutulmuştur. Uygulamada izlenen adımlar aşağıdaki gibidir.

- İklimsel verilerin belirlenmesi
- Binaya ilişkin tasarım parametrelerinin belirlenmesi
- Binada kullanılan aktif sistemlere ilişkin değerlerin belirlenmesi
- Yıllık enerji giderlerinin hesaplanması
- Hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması

4.1 İklima İlişkin Parametrelerin Belirlenmesi

İklimsel faktörler binanın ısıtma ihtiyacının, ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanmasında önemli rol oynar. Bu bölümde iklimsel faktörler; aylık ortalama

dış hava sıcaklığı, yatay yüzeye gelen aylık ortalama global güneş ışınlam değerleri, düşey yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınlam değerleri, aylık çığ noktası ve gökyüzü sıcaklıkları ele alınmaktadır.

Pasif evlerde istenen koşullarının sağlanabilmesi için belirlenen iç hava sıcaklığı konfor değeri 20 °C dir. Yaz aylarında soğutmanın istendiği dönemde bu değer maksimum 25 °C olarak belirlenmiştir. Uygulamada, binadaki iklimlendirme yapılan tüm hacimlerde iç hava sıcaklığının eşit olduğu varsayılmıştır [34].

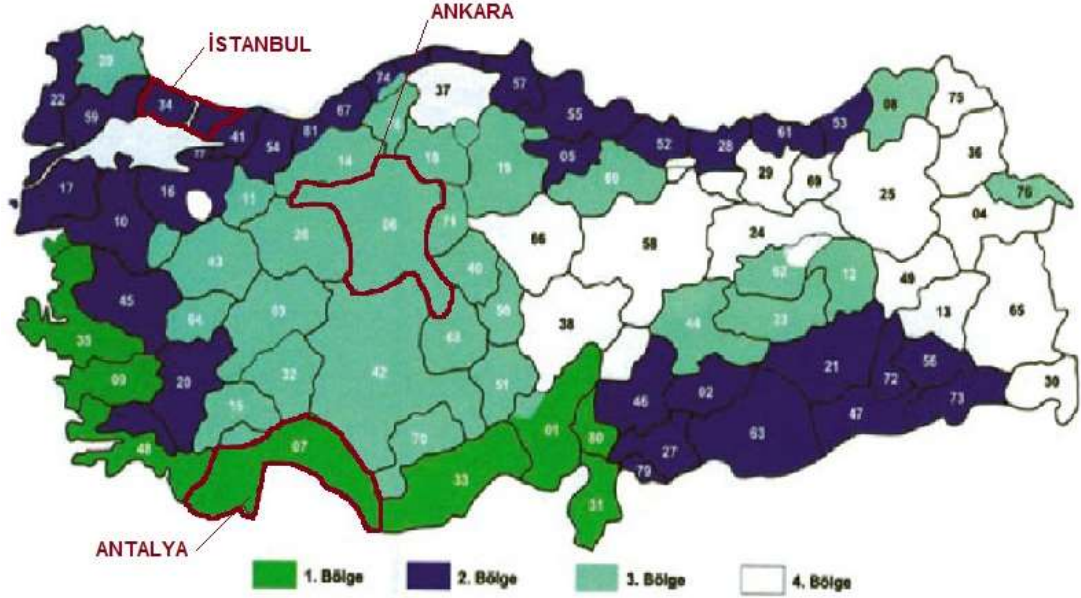
Çalışmada değerlendirilmesi amaçlanan İstanbul, Ankara ve Antalya illerinin iklimsel verileri Meteonorm 6.1 simülasyon programı yardımıyla hesaplanmıştır. Simülasyon programı sonucu belirlenen iller için elde edilen iklimsel faktörler PHPP’de kullanılmıştır. Bu veriler Ek A' da görülmektedir.

4.2 Binaya İlişkin Tasarım Parametrelerinin belirlenmesi

İklimsel konfor ve enerji korunumunda rol oynayan yapma çevreye ilişkin başlıca tasarım parametreleri beş ana maddede ele alınmıştır.

4.2.1 Binanın yerinin belirlenmesi

Çalışmada pasif evin, Türkiye’nin II. derece-gün bölgesinde bulunan ve ılımlı iklim koşullarına sahip İstanbul ilinde, Türkiye’nin III. derece gün bölgesinde bulunan ve ılımlı kuru iklim koşullarına sahip Ankara ilinde ve Türkiye’nin I. derece gün bölgesinde bulunan ve sıcak nemli iklim koşullarına sahip Antalya ilinde uygulanması amaçlanmıştır. Pasif evin uygulandığı bölgeler Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1 : Pasif evin uygulandığı bölgeler.

4.2.2 Binanın diğer binalara göre konumunun belirlenmesi

Çalışmada pasif eve uygun tasarlanan referans bina için seçilen arazinin yoğun yapılaşmadan uzak tutulması amaçlanmıştır. Buna göre seçilen arazide binaya gölge verecek tek bir yapının olduğu kabul edilmiştir. Bina üzerindeki güneş ışıını kazancı hesaplanırken bu yapının referans bina üzerindeki gölgeleme etkisi Passive House Planning Package (PHPP) programı yardımıyla her iki kat için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamada aşağıdaki veriler kullanılmıştır.

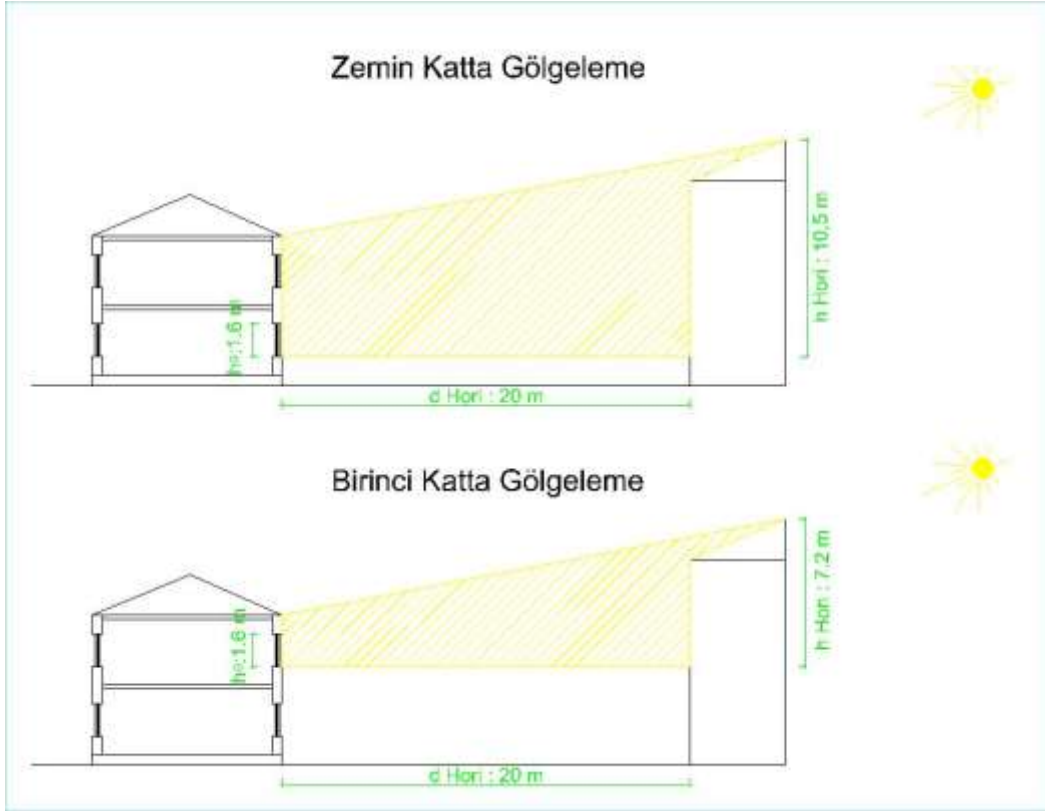
h_G: Referans bina pencere yüksekliği: 1,6m

h_{Hori}: referans binanın zemin kat penceresini gölgeleyen bina yüksekliği: 10,5m

h_{Hori}: referans binanın birinci kat penceresini gölgeleyen bina yüksekliği: 7,2m

d_{Hori}: Gölgeleyen bina ile referans bina arası yatay mesafe: 20m

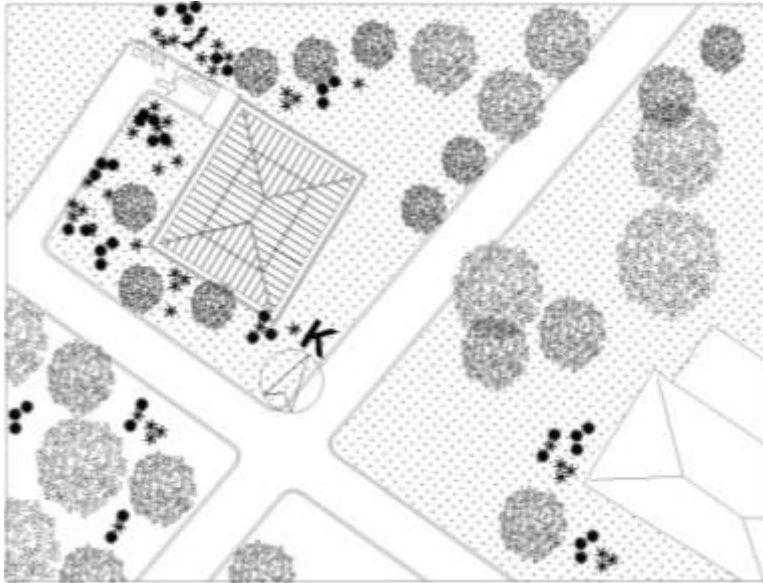
Binaların yükseklikleri ve birbirlerine göre konumları Şekil 4.2’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.2 : Komşu binanın referans bina üzerinde gölgeleme etkisi.

4.2.3 Binanın yönlendiriliş durumunun belirlenmesi

Çalışmada İstanbul, Ankara ve Antalya illerinde yapılması planlanan uygulama, yoğun yapılaşmadan uzak tutulmuştur. Binanın yönlendiriliş durumu Şekil 4.3’de vaziyet planında verilmektedir.



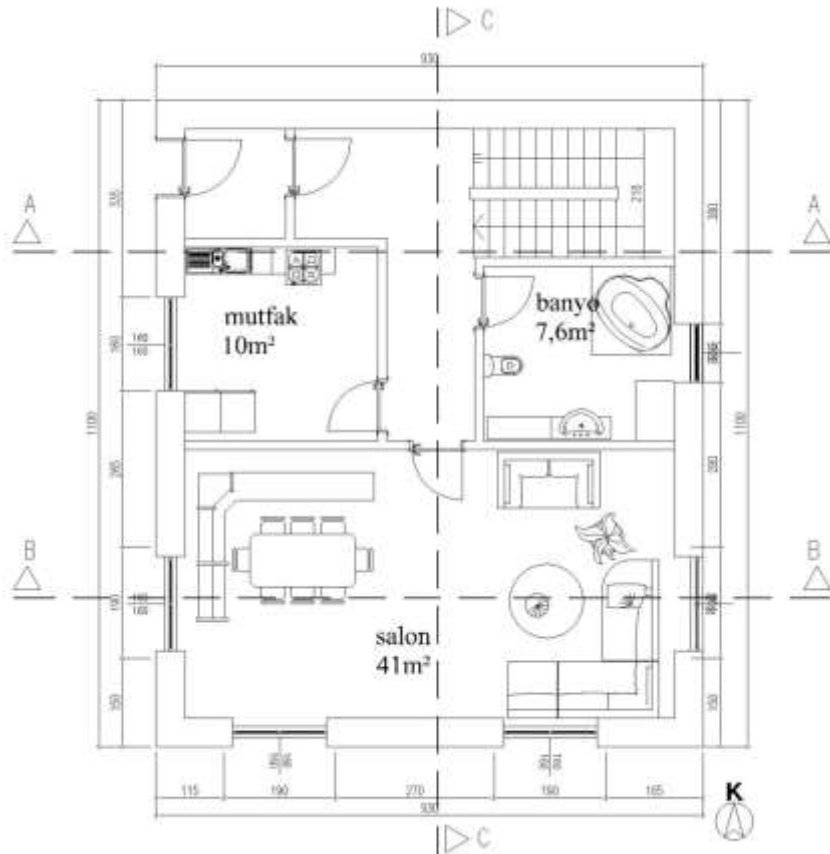
Şekil 4.3 : Vaziyet Planı.

4.2.4 Bina formunun belirlenmesi

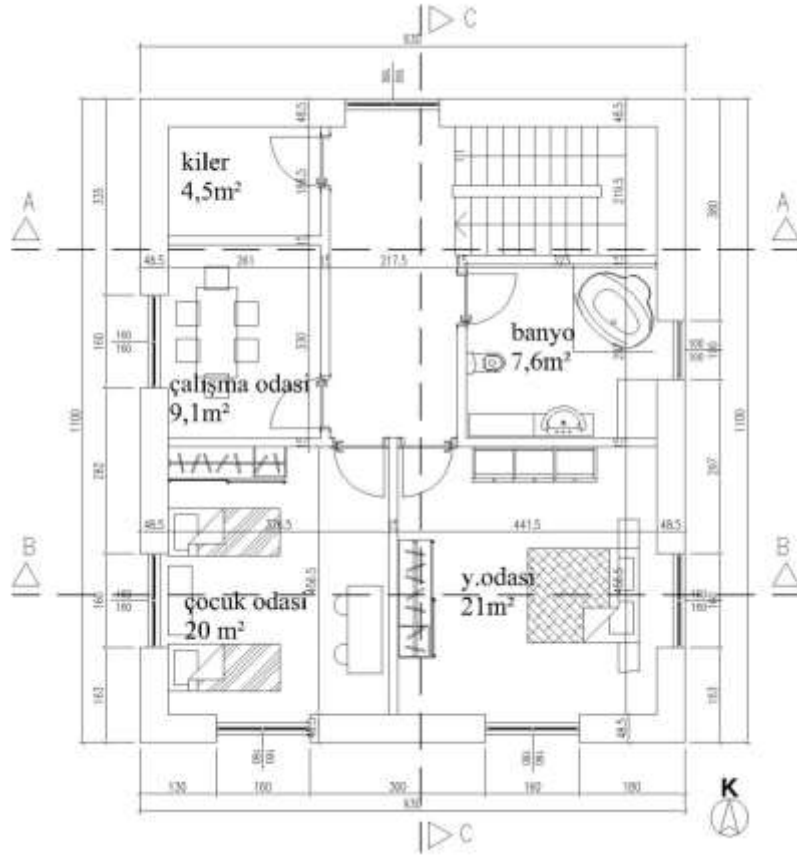
Pasif ev uygulamasına yönelik çalışmada biçim faktörü (binanın cephesi/binanın derinliği) 0,8 olan, kare forma yakın, zemin üzerine oturan iki katlı bir yapı kullanılmıştır. Her bir kat yüksekliği 3.40 m'dir. Bina servis odasının bulunduğu çatı katı yüksekliği 2 m'dir. Yapı, rüzgârın etkisini azaltabilmek amacıyla kompakt bir formda tasarlanmıştır. Böylece minimum dış yüzey alanı oluşturularak ısı kaybının azaltılması açısından avantaj sağlanmaktadır.

4.2.5 Hacim organizasyonunun belirlenmesi

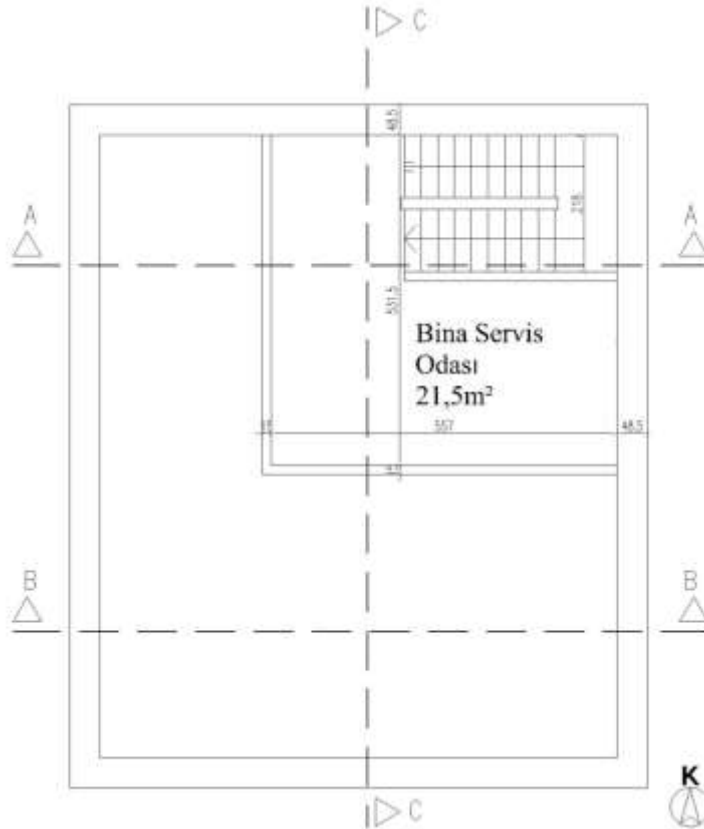
Güneşten maksimum faydalanma amaçlanarak yapıda kullanıcı aktivitesinin yoğun olacağı salon ve yatak odaları güneğe yönlendirilirken daha az kullanılacak olan mutfak ve banyo doğu ve batı yönlerine, kiler ve merdiven ise kuzeye yönlendirilmiştir. Belirlenen plan tipine ait kat planları ve kesitleri Şekil 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9'da verilmiştir.



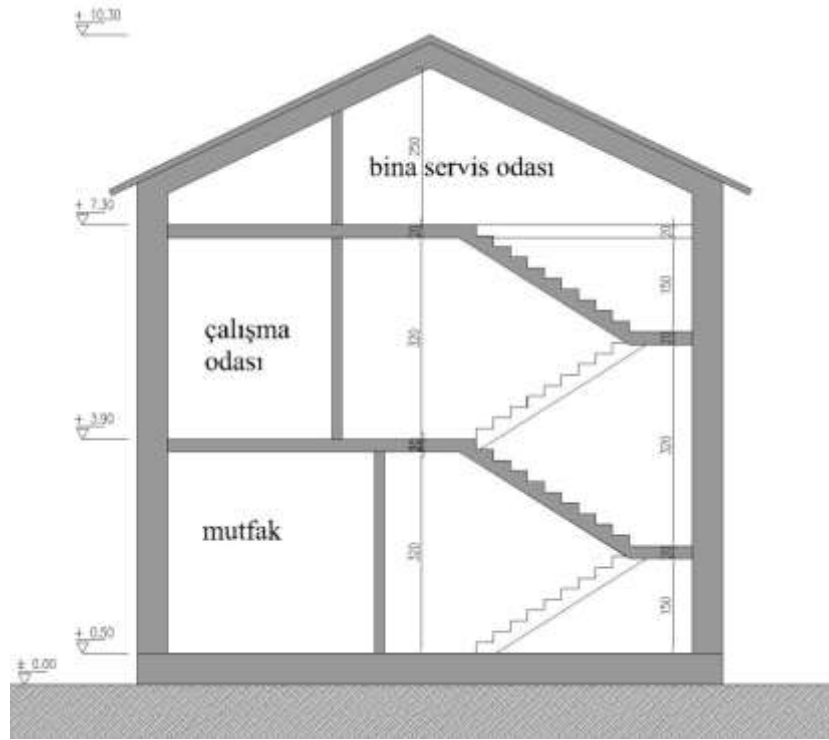
Şekil 4.4 : Plan tipine ait zemin kat planı.



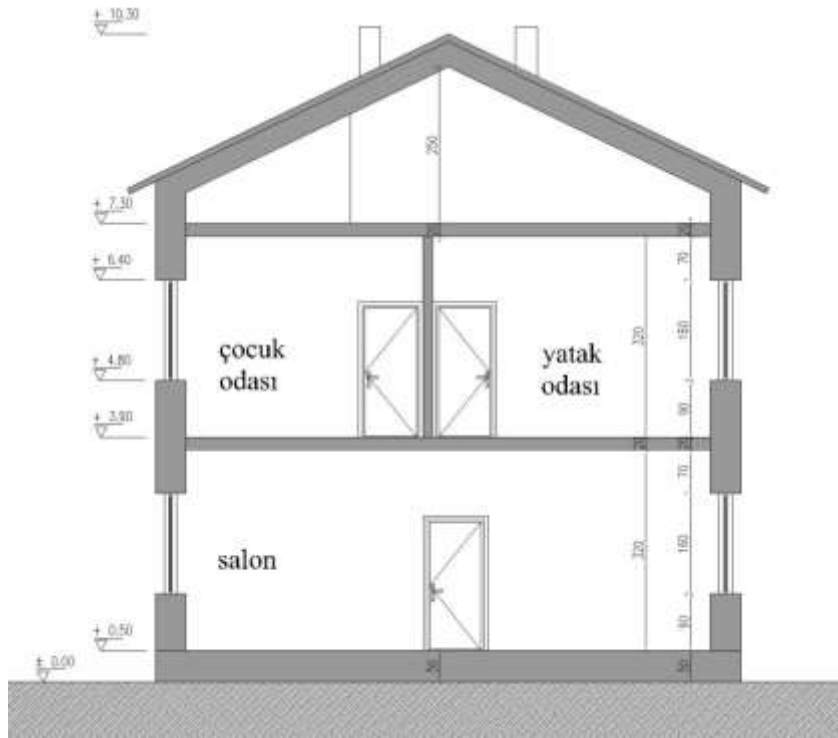
Şekil 4.5 : Plan tipine ait 1. kat planı.



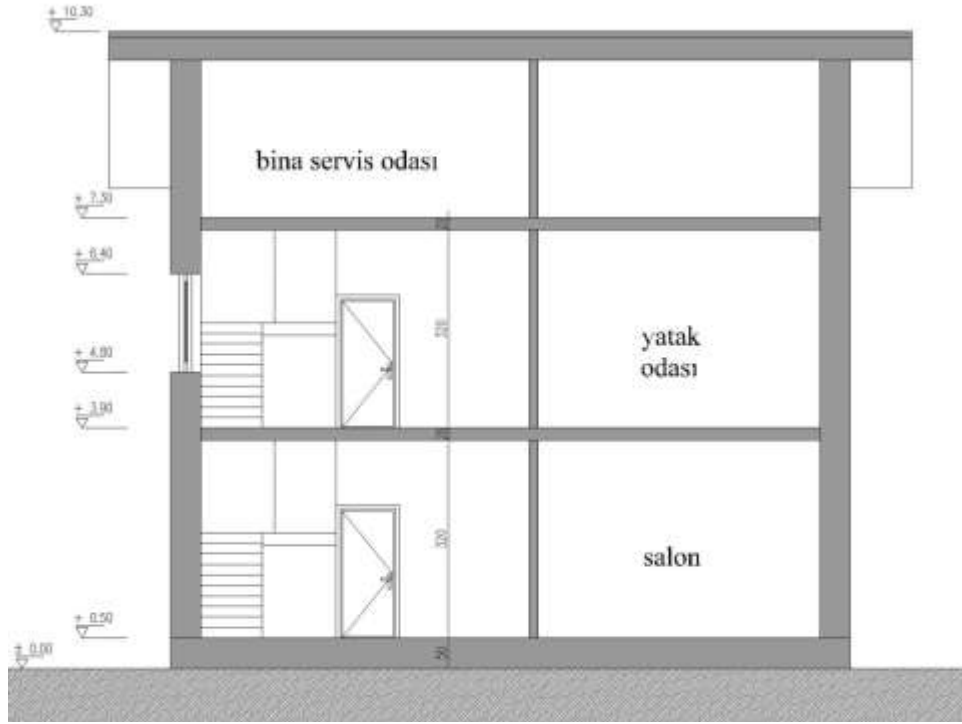
Şekil 4.6 :Plan tipine ait servis katı planı.



Şekil 4.7 : Plan tipine ait AA kesiti.



Şekil 4.8 : Plan tipine ait BB kesiti.



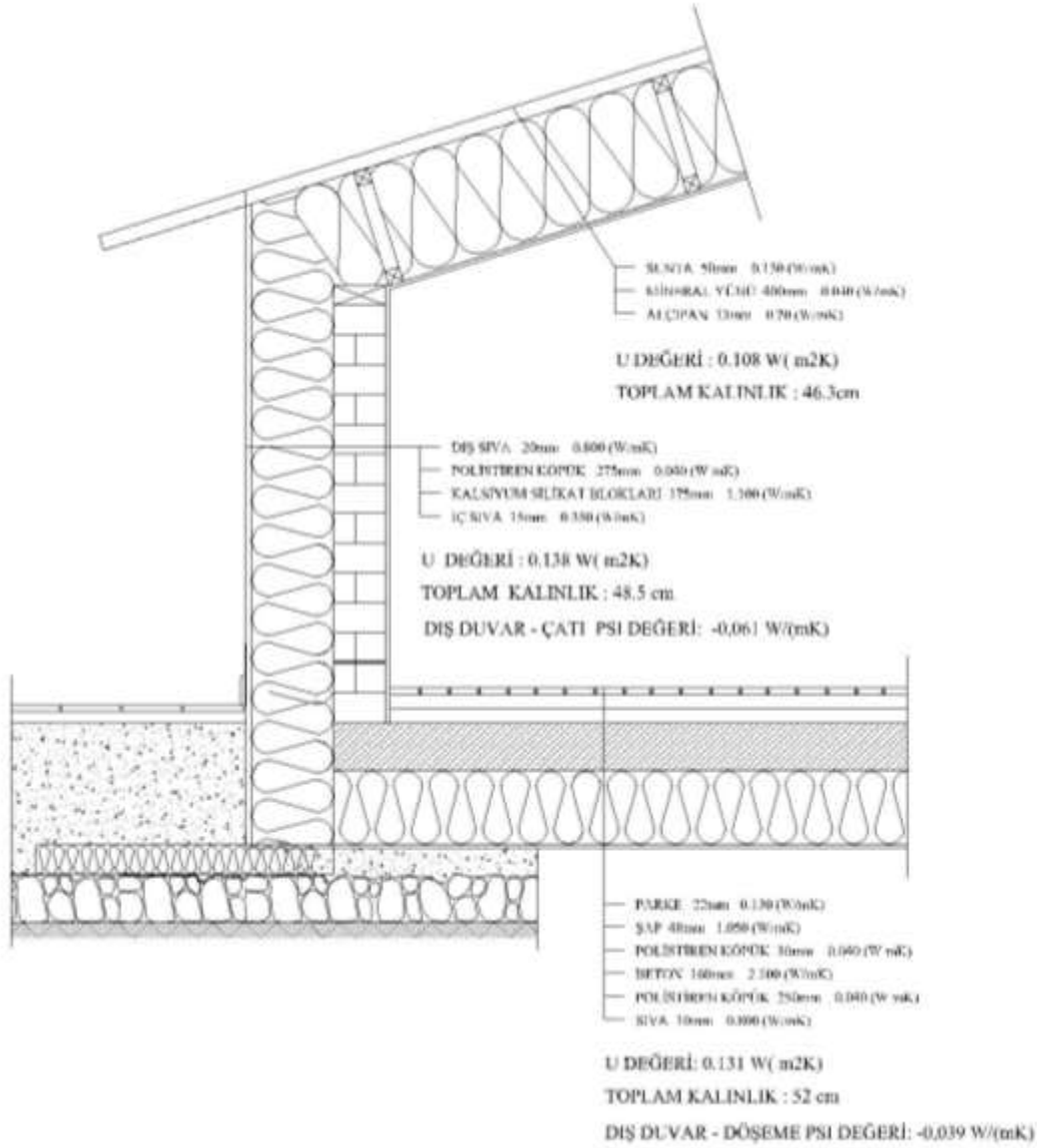
Şekil 4.9 : Plan tipine ait CC kesiti.

4.2.6 Bina kabuğunun belirlenmesi

Pasif ev uygulamasına yönelik çalışmada belirlenen tek tip plan tipine yalıtım kalınlıkları değiştirilerek 4 farklı kabuk alternatifi geliştirilmiştir. Bina kabuğundaki katmanlaşma, aynı yalıtım malzemelerinin farklı kalınlıkları kullanılarak farklı ısı geçirme katsayılarının elde edilmesiyle oluşturulmuştur. Geliştirilen 4 farklı kabuk alternatiflerinde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin ısı iletkenlik değeri ve kalınlıkları ve opak bileşenin ısı geçirme katsayısı Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bina kabuğu detayı Şekil 4.10’da verilmiştir. Yalıtım kalınlıkları belirlenen kabuk alternatiflerine göre değiştirilmiştir.

Çizelge 4.9 : Çizelge 4.1 : Opak bileşen katmanlaşma seçenekleri.

Yapı Bileşeni	Malzeme	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	1. Aternatif Kabuk		2. Aternatif Kabuk		3. Aternatif Kabuk		4. Aternatif Kabuk	
			Kalınlık (cm)	Udeğeri (W/m ² K)	Kalınlık (cm)	Udeğeri (W/m ² K)	Kalınlık (cm)	Udeğeri (W/m ² K)	Kalınlık (cm)	Udeğeri (W/m ² K)
Duvar	Dış Sıva	0,80	2	0,138	2	0,227	2	0,345	2	0,527
	Polistiren Köpük	0,04	27,5		16		10		6	
	Kalsiyum Silikat Blokları	1,10	17,5		17,5		17,5		17,5	
	İç Sıva	0,35	1,5		1,5		1,5		1,5	
Döşeme	Parke	0,13	2,2	0,134	2,2	0,227	2,2	0,345	2,2	0,527
	Şap	1,05	4,8		4,8		4,8		4,8	
	Polistiren Köpük	0,04	3		3		3		3	
	Beton	2,10	16		16		16		16	
	Polistiren Köpük	0,04	25		13		7		3	
	Sıva	0,80	1		1		1		1	
Çatı	Sunta	0,13	5	0,108	5	0,244	5	0,359	5	0,527
	Mineral Yünü	0,04	40		16		10		6	
	Alçıpan	0,70	1,3		1,3		1,3		1,3	



Şekil 4.10 : Bina kabuğu detayı.

Pasif ev uygulamasına yönelik bu çalışmada kabuller aşağıdaki gibidir.

Bina kabuğunun hava sızdırmazlık değeri istenilen aralıkta tutulmuştur. İç ortamdaki hava değişim oranı $0,5 \text{ h}^{-1}$ olarak alınmıştır. Bu değer DIN EN 13289 normuna göre 50 Pa basınç altında yeterli iç mekan kalitesine ulaşmak için kabul edilen max hava değişim oranının ($0,6 \text{ h}^{-1}$) altındadır.

Çalışmada ısı köprülerinin olmadığı kabul edilmiştir.

Tüm alternatiflerde üç camlı ahşap doğramalı low e kombinasyonlu tek tip saydam bileşen kullanılarak yüksek performanslı pencereler elde edilmiştir. Saydam bileşene ait özellikler aşağıda verilmiştir.

Üçlü low e kombinasyonlu camların ısı geçirgenlik katsayısı $U_c = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir.

Ahşap doğramaların ısı geçirgenlik katsayısı $U_{\text{ç}} = 0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir.

Çizelge 4.2'de hesaplamalarda kullanılan pencerelere ait termofiziksel özellikler verilmiştir.

Saydamlık Oranı: Tüm cephedeki saydam alanın opak alana oranı

Çizelge 4.2 : Pencerelere ait termofiziksel özellikler.

Yön	Pencere Boyutları	Pencere Sayısı	Pencere Alanı	U değeri	Saydamlık Oranı
Kuzey	80x80 cm	2	1,28 m ²	0,79	%1,8
Güney	120x220 cm	8	21,12 m ²	0,79	%31
Doğu	80x80 cm	4	4,56 m ²	0,79	%5,7
	100x100 cm	2			
Batı	80x80 cm	8	5,12 m ²	0,79	%6,4

4.3 Binada Kullanılan Alt Sistemlere İlişkin Parametreler

Pasif evlerde enerji etkin tasarım sürecinde rol oynayan aktif sistemlere ilişkin alınan kabuller havalandırma sistemi, evsel sıcak su sistemi ve güneş kontrolü başlıkları altında verilmiştir.

4.3.1 Havalandırma sisteminin belirlenmesi

Pasif ev standartlarına uygun yapılan bir binada yüksek verimli ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi kullanımı ile yüksek oranda ısı geri kazanımı elde edilerek kontrollü havalandırma sağlanır. Soğuk iklime sahip orta Avrupa bölgesinde ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi ile oldukça yüksek verimlilik elde edilirken ılımlı ve sıcak iklim bölgelerinde bu sistemin uygulanması durumunda ne ölçüde verimlilik elde edildiği bu bölümde incelenmiş ve elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Çalışmada ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi ile kontrollü havalandırmaya sağlanmıştır.

Soğutma ihtiyacının hesaplanmasında kontrollü havalandırma kullanılmıştır. Soğutma döneminde doğal havalandırma kullanılmamıştır.

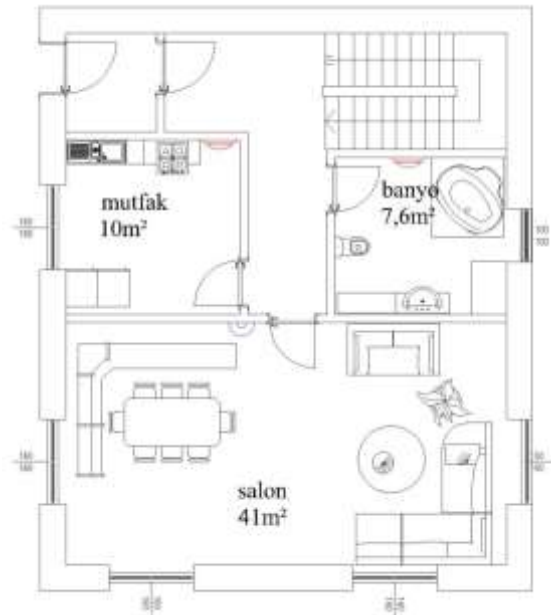
Çatı katında bina servis odasında bulunan ısı kazanımlı havalandırma sistemi, hava akımı ile konforlu bir alan ısıtması sağlamaktadır (Şekil 4.11). Havalandırma tesisatı

mutfaktan, banyodan ve tuvaletten kirli havayı direkt olarak emmektedir. Dışarıdan alınan temiz havayı ısıtmak ve diğer odalara ön ısıtımı yapılmış temiz hava vermek için kirli havada bulunan ısı kullanılmaktadır [47].

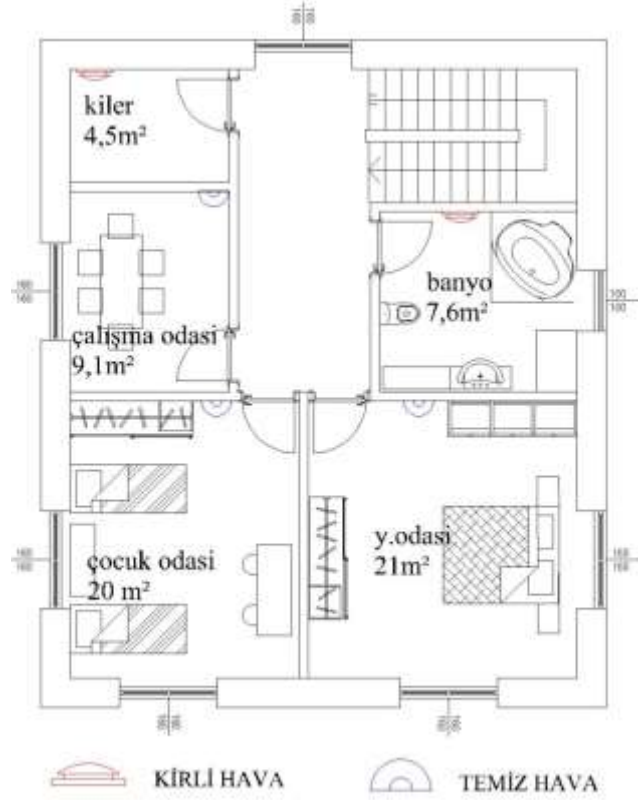


Şekil 4.11 : Bina servis katında bulunan ısı geri kazanımlı havalandırma ünitesi.

Sistemde kullanılan açıklıklar sayesinde mutfak banyo ve tuvaletten kirli hava emilimi sağlanırken yatak odaları ve oturma odasına temiz hava verilmektedir. Her iki katta bulunan kirli hava emme ve temiz hava çıkış yerleri Şekil 4.12 ve 4.13’de verildiği gibi konumlandırılmıştır.



Şekil 4.12 : Zemin katta bulunan kirli hava emme ve temiz hava çıkış noktaları.



Şekil 4.13 : 1. Katta bulunan kirli hava emme ve temiz hava çıkış noktaları.

4.3.2 Evsel sıcak su sisteminin belirlenmesi

Pasif ev kriterlerinde kabul edilen günlük kişi başı 60 °C sıcak su ihtiyacı 25 litredir. Bu değer konut binalarında pasif ev standartlarını sağlayan standart bir değerdir. İçme suyu ortalama sıcaklığı ise 10 °C dir.

Sıcak su dağıtım sisteminde kullanılan borular 100 mm yalıtımlı 240 mm çapındadır.

Şekil 4.14’de görüldüğü gibi toplamda 490 litre olan sıcak su deposu çatı katında bulunan bina servis odasında bulunmaktadır.



Şekil 4.14 : Bina servis katında bulunan sıcak su deposu.

Çatıya yerleştirilen 5,30 m² düz plak güneş panelleri ile güneşten yararlanılarak sıcak su üretiminin sağlanması amaçlanmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 : Sıcak su üretimini sağlayan güneş kolektörleri.

4.3.3 Güneş kontrolü sisteminin belirlenmesi

Pasif evlerde soğuk iklim bölgelerine uygun tasarım kriterlerinin belirlenmesi sebebiyle güneş kontrolüne yönelik sistemlerin kullanımına gerek duyulmamıştır. Fakat güneş potansiyeli yüksek ve kuzey ülkelerine göre daha ılımlı iklime sahip ülkemizde pasif ev tasarımı düşünüldüğünde önerilen bölgelerin iklim özelliğine göre güneş kontrolü yapılması beklenmektedir.

4.4 Yıllık Enerji Giderlerinin Belirlenmesi ve Sonuçlarının Karşılaştırılması

İstanbul, Ankara ve Antalya iklim koşullarında, belirlenen tek tip plan tipine yalıtım kalınlıkları değiştirilerek 4 farklı kabuk alternatifi geliştirilmiştir. Bu bölümde, geliştirilen bu dört farklı alternatife ilişkin ortaya çıkan ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Pasif ev standartlarında belirlenen yıllık maksimum ısıtma ihtiyacı olan 15 kWh/m² sınırını veren kabuk alternatifi geliştirilmiştir.

4.4.1 Yıllık enerji giderlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntem

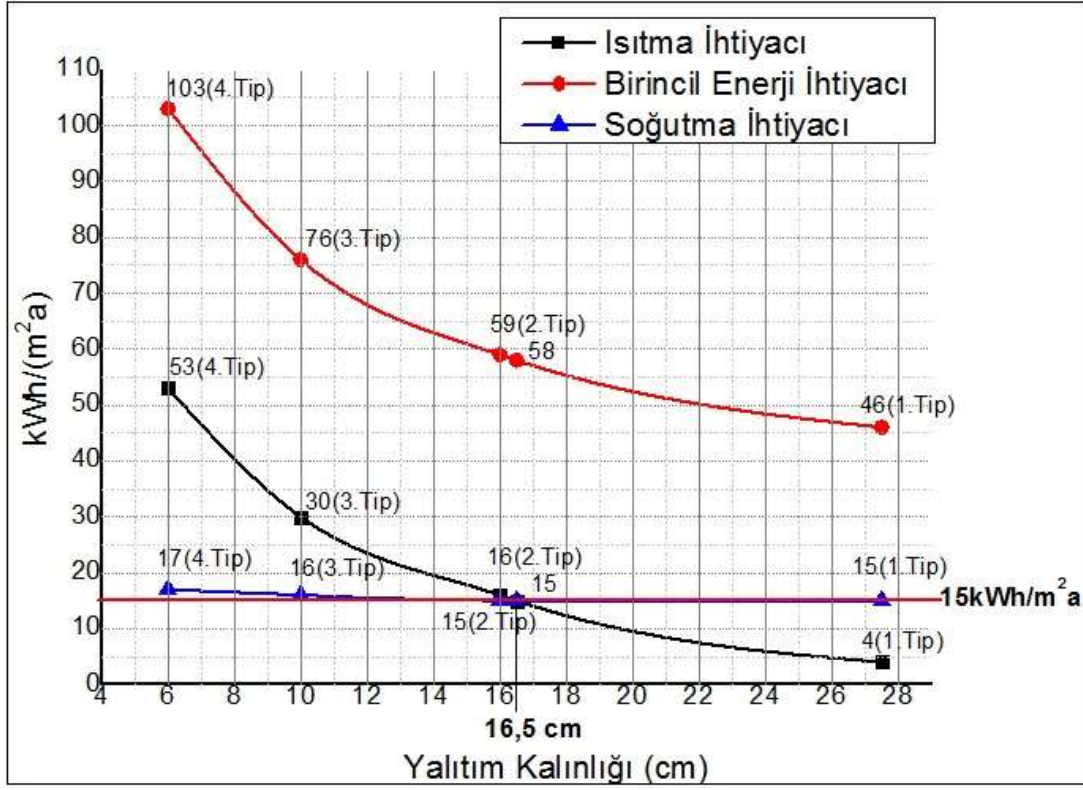
Pasif ev uygulamasına yönelik çalışmada enerji giderlerinin belirlenmesinde pasif ev planlama paketinin (Passive House Planning Package – PHPP) 2007 versiyonu kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

4.4.2 Hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması

Pasif ev uygulamasına yönelik çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan İstanbul, Ankara ve Antalya bölgeleri için hesaplanan ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyaçları karşılaştırılmıştır.

4.4.2.1 İstanbul ili verilerine göre ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı sonuçları

Bu bölümde pasif ev çalışması, Türkiye'nin II. derece-gün bölgesinde bulunan ve ılımlı nemli iklim koşullarına sahip İstanbul ilinde değerlendirilmiştir. Yalıtım kalınlıkları değiştirilerek oluşturulan yapı seçeneklerinin, belirlenen iklim koşulunda, ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Şekil 4.16'da İstanbul ilinde değerlendirilen çalışmada oluşturulan yapı seçeneklerinin ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı karşılaştırılmıştır.

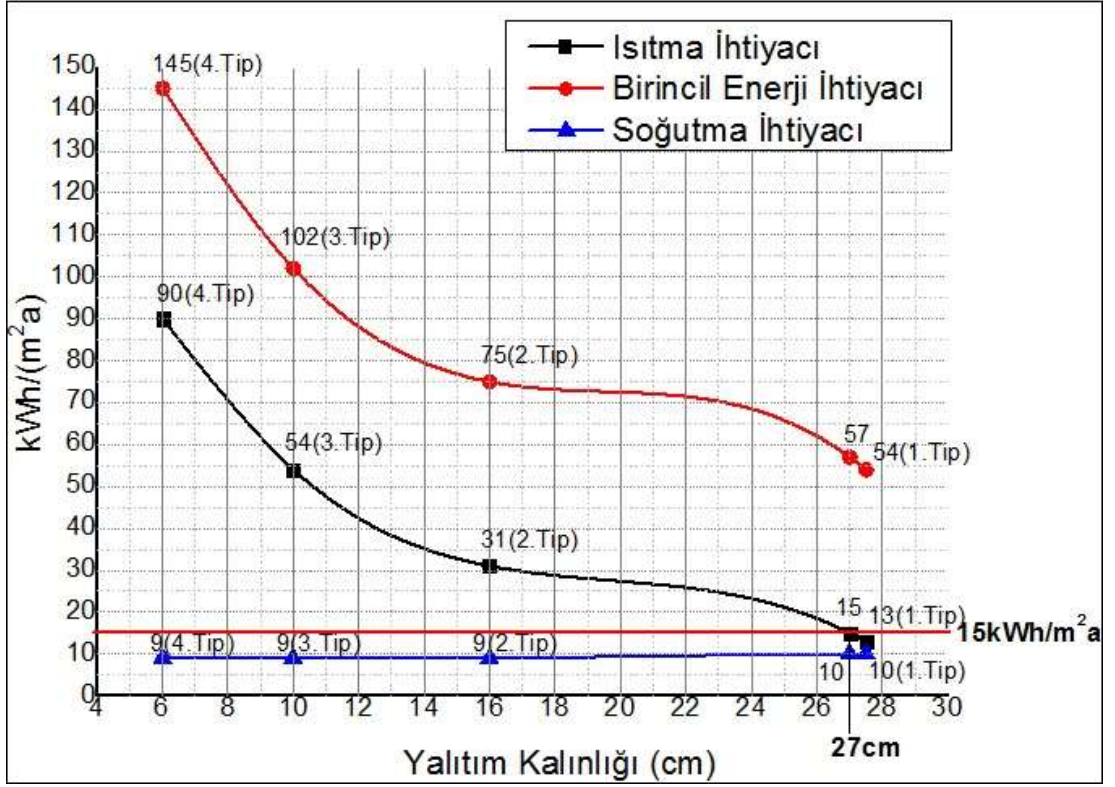


Şekil 4.16 : İstanbul ili verilerine göre yalıtım kalınlığının ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacına olan etkisi.

Pasif ev standartlarında daha önce de belirtildiği gibi yıllık maksimum ısıtma ihtiyacı 15 kWh/m²'dir. Bu değeri karşılayan yalıtım kalınlığının ise İstanbul koşullarında 16,5 cm olduğu görülmektedir.

4.4.2.2 Ankara ili verilerine göre ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı sonuçları

Bu bölümde pasif ev çalışması, Türkiye'nin III. derece-gün bölgesinde bulunan ve ılımlı kuru iklim koşullarına sahip Ankara ilinde değerlendirilmiştir. Yalıtım kalınlıkları değiştirilerek oluşturulan yapı seçeneklerinin, belirlenen iklim koşulunda, ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Şekil 4.17'de Ankara ilinde değerlendirilen çalışmada oluşturulan yapı seçeneklerinin ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı karşılaştırılmıştır.

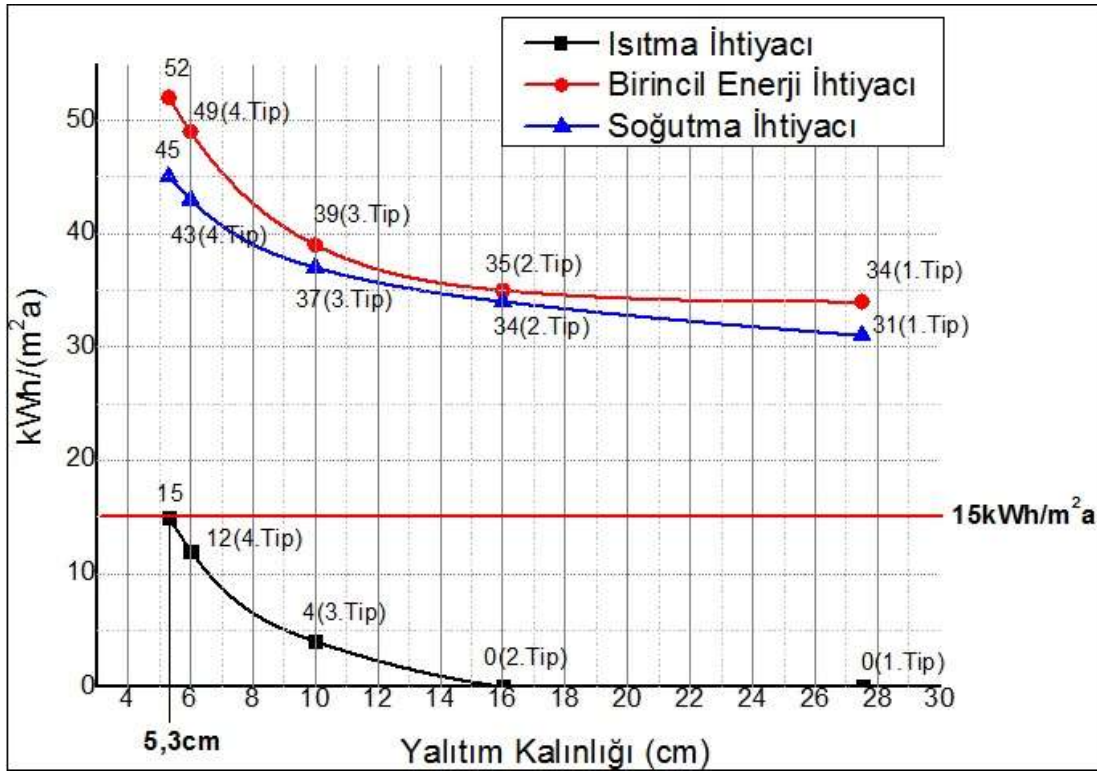


Şekil 4.17 : Ankara ili verilerine göre yalıtım kalınlığının ısıtma,soğutma ve birincil enerji ihtiyacına olan etkisi.

Pasif ev standartlarında daha önce de belirtildiği gibi yıllık maksimum ısıtma ihtiyacı 15 kWh/m²'dir. Bu değeri karşılayan yalıtım kalınlığının ise Ankara koşullarında 27 cm olduğu görülmektedir.

4.4.2.3 Antalya ili verilerine göre ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı sonuçları

Bu bölümde pasif ev çalışması, Türkiye'nin I. derece-gün bölgesinde bulunan ve sıcak nemli iklim koşullarına sahip Antalya ilinde değerlendirilmiştir. Yalıtım kalınlıkları değiştirilerek oluşturulan yapı seçeneklerinin, belirlenen iklim koşulunda, ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Şekil 4.18'de Antalya ilinde değerlendirilen çalışmada oluşturulan yapı seçeneklerinin ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı karşılaştırılmıştır.

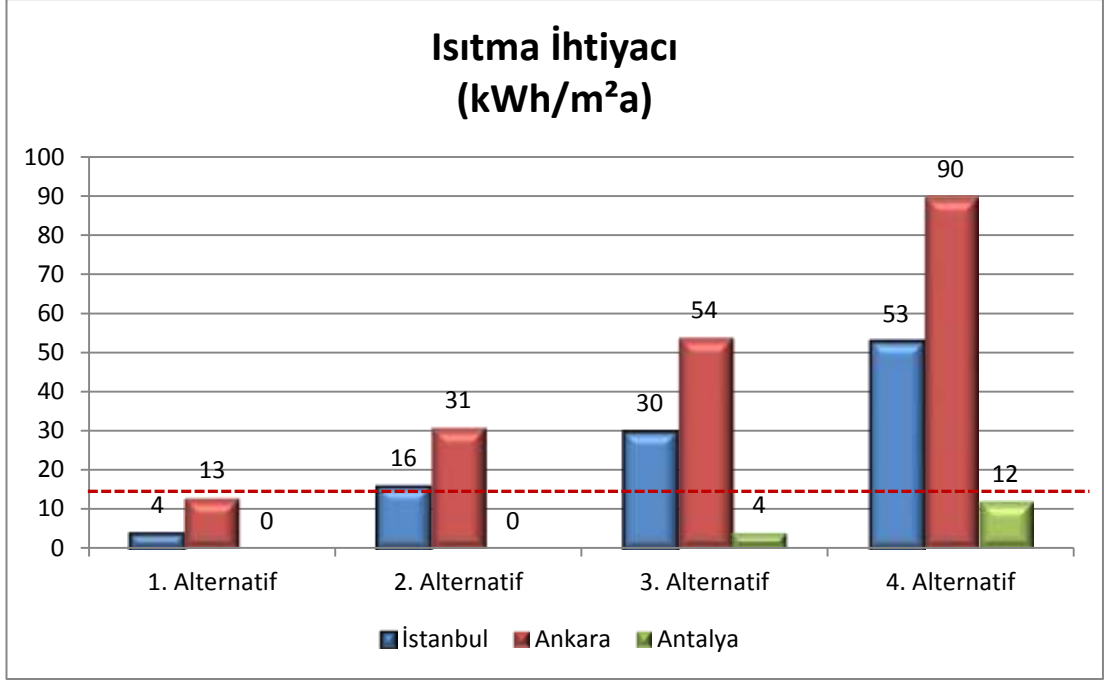


Şekil 4.18 : Antalya ili verilerine göre yalıtım kalınlığının ısıtma,soğutma ve birincil enerji ihtiyacına olan etkisi.

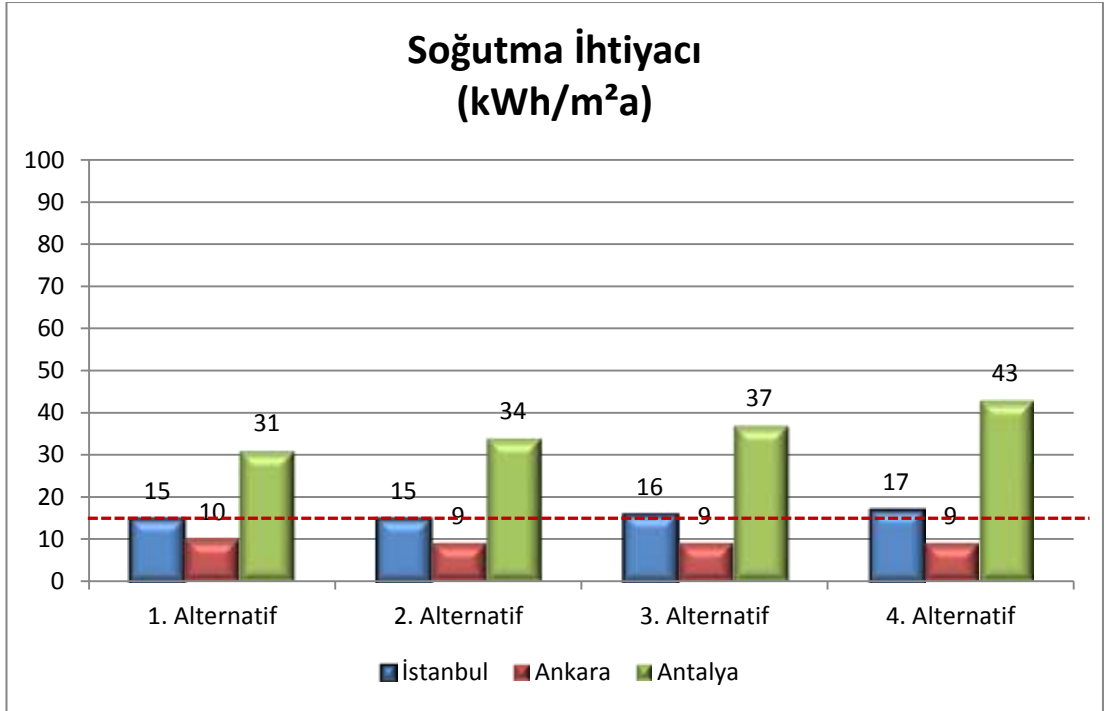
Pasif ev standartlarında daha önce de belirtildiği gibi yıllık maksimum ısıtma ihtiyacı 15 kWh/m²'dir. Bu değeri karşılayan yalıtım kalınlığının ise Antalya koşullarında 5,3 cm olduğu görülmektedir.

Grafiğe bakıldığında tüm alternatiflerin soğutma ihtiyacı sınır değeri olan 15 kWh/m²'yi aştığı görülmektedir.

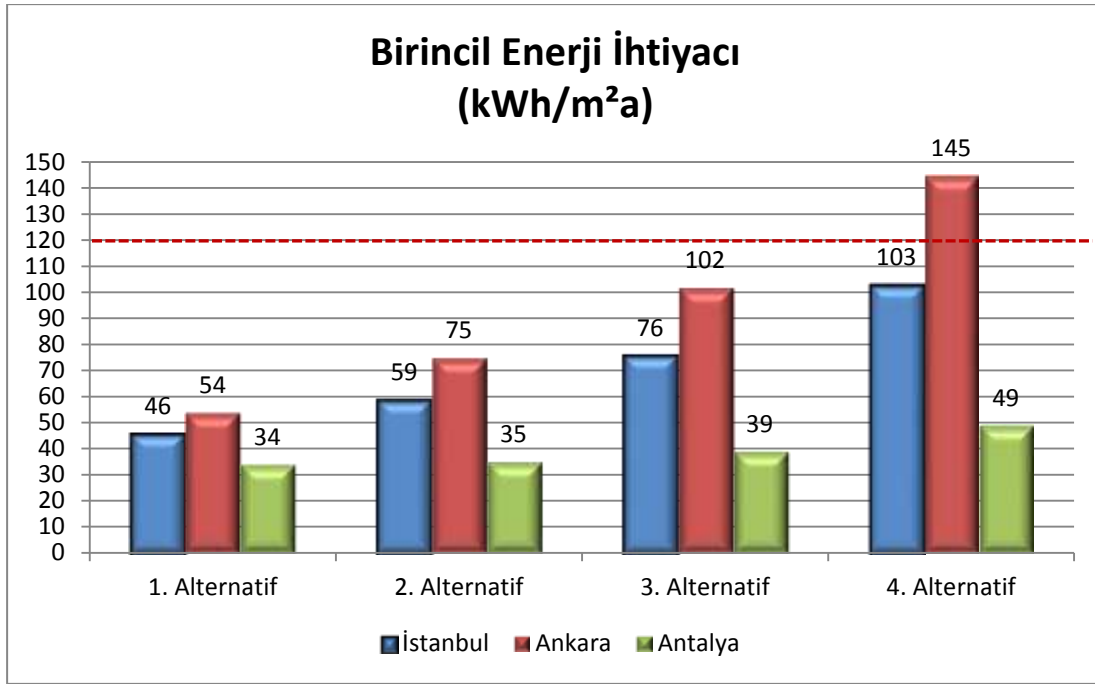
İstanbul, Ankara ve Antalya ili verilerine göre 4 kabuk alternatifine ait ısıtma, soğutma ve birincil enerji ihtiyacı sonuçları Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.19 : İstanbul, Ankara ve Antalya ili verilerine göre 4 kabuk alternatifine ait ısıtma ihtiyacı sonuçları.



Şekil 4.20 : İstanbul, Ankara ve Antalya ili verilerine göre 4 kabuk alternatifine ait soğutma ihtiyacı sonuçları.



Şekil 4.21 : İstanbul, Ankara ve Antalya ili verilerine göre 4 kabuk alternatifine ait birincil enerji ihtiyacı sonuçları.

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ağırlıklı olarak Almanya, Avusturya gibi kuzey Avrupa ülkelerinde uygulanan ve daha çok soğuk iklim bölgesine uygun tasarım kriterleri geliştirilerek oluşturulmuş pasif evler enerji etkin tasarım parametreleriyle, uygulandığı ülkelerde oldukça yüksek enerji performansı sağlamaktadır. Pasif ev kavramı yüksek ısı yalıtımı, ısı köprüsüz tasarım, hava sızdırmaz yapı, ısı yalıtım direnci yüksek pencereler ve yüksek verimlilik özelliğine sahip ısı geri kazanımlı yapma havalandırma sistemi ilkelerinden oluşmaktadır. Isıtma, soğutma ve havalandırmada minimum enerji harcama prensibine dayanan pasif ev standardında ısıtma ihtiyacı sınır değeri yıllık 15kWh/m^2 , soğutma ihtiyacı yıllık sınır değeri 15kWh/m^2 ve birincil enerji ihtiyacı sınır ihtiyacı 120 kWh/m^2 olarak belirlenmiştir.

Pasif ev kavramı, ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli düşünüldüğünde binalarda yüksek enerji verimliliği elde edilerek ülkemizin enerji kaynaklarının korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada pasif ev standartlarına dayalı bu kavramın ülkemizde uygulanabilirliği irdelenmiş ve bir simülasyon programı ile elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Uygulama çalışmasında yapının enerji hesaplamaları pasif evler için geliştirilen PHPP (Passive House Planning Package) programı ile yapılmıştır.

Pasif eve ait yüksek ısı yalıtımı, ısı köprüsüz tasarım, hava sızdırmaz yapı, ısı yalıtım direnci yüksek pencereler ve yüksek verimlilik özelliğine sahip ısı geri kazanımlı yapma havalandırma sistemi ilkelerine bağlı kalınarak bir plan tipi oluşturulmuş ve bu plan tipi için geliştirilen bina kabuğu detayı sadece yalıtım kalınlığı değiştirilerek 4 farklı kabuk alternatifi oluşacak şekilde tekrarlanmıştır.

Çalışma Türkiye'nin II. derece-gün bölgesinde bulunan ve ılımlı iklim koşullarına sahip İstanbul ili, Türkiye'nin III. derece-gün bölgesinde bulunan ve ılımlı kuru iklim koşullarına sahip Ankara ili ve Türkiye'nin I. derece-gün bölgesinde bulunan ve sıcak nemli iklim koşullarına sahip Antalya ili olmak üzere üç farklı iklim bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Pasif ev uygulamasına yönelik geliştirilen 4 farklı alternatif bina

kabuğuna ait yıllık ısıtma ihtiyacı, soğutma ihtiyacı ve birincil enerji ihtiyacı bulundukları iklim bölgelerine göre irdelenmiştir. Ayrıca, pasif ev standardında verilen maksimum ısıtma ihtiyacı olan yıllık 15 kWh/m² değerinin sağlanması için gerekli olan yalıtım kalınlığı, binanın uygulandığı her iklim bölgesi için hesaplanmıştır.

Hesaplama sonuçları İstanbul, Ankara ve Antalya illeri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. İstanbul ili verilerine göre elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, oluşturulan 4 bina kabuğu alternatifinden yalnızca 27,5 cm yalıtım kullanılan 1. alternatifin pasif ev standartlarında belirlenen sınır enerji ihtiyacı değerlerini karşıladığı görülmektedir. 1. alternatifin İstanbul ilinde ısıtma ihtiyacı 4 kWh/m², soğutma ihtiyacı 15 kWh/m², birincil enerji ihtiyacı 46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır.

Ankara ili verilerine göre elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, oluşturulan 4 bina kabuğu alternatifinden yalnızca 1. alternatifin pasif ev standartlarında belirlenen sınır enerji ihtiyacı değerlerini karşıladığı görülmektedir. Ankara ili için 1. alternatifin sağladığı ısıtma ihtiyacı 13 kWh/m², soğutma ihtiyacı 10 kWh/m², birincil enerji ihtiyacı 54 kWh/m² olarak hesaplanmıştır.

Antalya ili verilerine göre elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde ise, oluşturulan 4 bina kabuğu alternatifinin de pasif ev standartlarında belirlenen sınır enerji ihtiyacı değerlerini karşıladığı görülmektedir. Antalya ilinde 1. ve 2. alternatiflerin kullanılması durumunda binada ısıtmaya ihtiyaç duyulmamaktadır. 1. alternatifin kullanılması durumunda Antalya ilinde binanın soğutma ihtiyacı 31 kWh/m², birincil enerji ihtiyacı 34 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. 2. alternatifin kullanılması durumunda binanın soğutma ihtiyacı 34 kWh/m², birincil enerji ihtiyacı 35 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. 3. alternatifin kullanılması durumunda binanın ısıtma ihtiyacı 4 kWh/m², soğutma ihtiyacı 37 kWh/m², birincil enerji ihtiyacı 39 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. 4. alternatifin kullanılması durumunda binanın ısıtma ihtiyacı 12 kWh/m², soğutma ihtiyacı 43 kWh/m², birincil enerji ihtiyacı 49 kWh/m² olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre Antalya koşullarında tüm alternatiflerin soğutma enerjisi sınır değeri olan 15 kWh/m² 'yi aştığı görülmektedir.

Belirlenen 3 farklı iklim bölgesinde pasif ev standardı sınır ısıtma enerji ihtiyacını sağlayan yalıtım kalınlığı hesaplandığında pasif ev standardı kriterinin sağlanması için duvar, döşeme ve çatıda uygulanması gereken yalıtım kalınlığının;

- İstanbul ilinde 16,5 cm
- Ankara ilinde 27 cm
- Antalya ilinde ise 5,3 cm

olduğu görülmüştür.

Sonuçlar irdelendiğinde, pasif ev standartlarının Türkiye'nin ılımlı ve sıcak iklim bölgelerinde uygulanması durumunda binaların ısıtma enerji ihtiyacının oldukça düşük seviyelere çekildiği görülmüştür. Ancak, soğutma ihtiyacına bakıldığında sıcak iklime sahip Antalya ilinde yapılan hesaplamalar sonucunda yüksek soğutma ihtiyacı değerleri çıktığı görülmektedir.

Hesaplama sonuçlarında görüldüğü üzere soğuk ve ılımlı iklim bölgelerinde oldukça yüksek ısı yalıtım kalınlıklarının kullanılması ısıtma ihtiyacının azaltılmasını sağlamıştır. Ancak bu çalışmada bina enerji verimliliği açısından değerlendirme çalışmalarının önemli bir adımı olan maliyet faktörü ele alınmamıştır. Isıtma ihtiyacının azalması bina enerji kullanım maliyetlerini azaltacağı açıktır. Ancak binanın enerji verimliliği açısından değerlendirilmesinde hiç kuşkusuz, oluşum, ilk yatırım, bakım onarım maliyetleri büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, binanın enerji maliyetleri açısından değerlendirilerek pasif ev standardı kriterinin sağlanması için bu çalışmada oldukça fazla çıkan yalıtım kalınlıklarının ekonomik olup olmadığına karar verilmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında ele alınan soğuk iklim bölgelerine uygun geliştirilen pasif evler ısı geri kazanımlı yapma havalandırma sistemi ile kontrollü olarak havalandırılmaktadır. Türkiye iklim koşullarında doğal havalandırmanın yapılması halinde elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmalıdır. Benzer şekilde sıcak iklim bölgeleri için de maliyet analizlerinin yapılarak, soğutma ihtiyacını azaltacak enerji ve maliyet etkin seçeneklerin geliştirilmesi zorunludur. Üzerinde tartışılması gereken diğer bir konu da ülkemizin sahip olduğu zengin güneş enerjisi potansiyelinin binaların ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçları açısından doğru değerlendirilmesi gerekliliğidir. Ülkemizin iklim bölgeleri ve bu bölgelerdeki iklimsel koşullara bağlı olarak ısıtmanın istendiği dönemde güneş ışınlımından ısı kazancını maksimize, ısıtmanın

istenmediği dönemde minimize edecek enerji etkin seçeneklerin göz önünde bulundurulması ve bu tür seçenekleri dikkate alarak ülkemiz koşullarına uygun pasif ev kriterlerinin geliştirilmesi gereklidir. Bu nedenle bu tez çalışması ileride bu konuda yapılacak çalışmalara bir başlangıç olması açısından önem taşımaktadır. Benzer çalışmaların geliştirilmesinin, ülkemiz iklimsel bölgeleri, iklimsel ihtiyaçlar, yenilenebilir enerji potansiyeli temel alınarak geliştirilecek enerji ve maliyet etkin seçenekler ile oluşturulabilecek pasif ev standartlarının ülkemiz gündeminde büyük bir yeri olan enerji etkinliği çalışmalarına önemli bir destek sağlayacağı açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] http://www.passivhaustagung.de/Kran/First_Passive_House_Kranichstein_en.html, alındığı tarih, 27.11.2011.
- [2] <http://www.passivhaus.org.uk/standard.jsp?id=122>, alındığı tarih, 27.11.2011.
- [3] **Schnieders J., Hermelink A.**, 2006. CEPHEUS results: measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building, Energy Policy, Volume 34, Issue 2, 151-171.
- [4] http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/, alındığı tarih, 04.11.2011.
- [5] **Passivhaus Bauteilkatalog**, 2007. IBO - Austrian Institute for Healthy and Ecological Building, Details for Passive Houses - A Catalogue of Ecologically Rated Constructions, Sf. 14-33, SpringerWien, New York.
- [6] <http://www.passivehouse.us/passiveHouse/PassiveHouseInfo.html>, alındığı tarih, 01.12.2012.
- [7] **Schnieders, J.**, 2003. CEPHEUS – Measurement Results From More Than 100 Dwelling Units In Passive Houses, Ecee 2003 Summer Study-Time to Turn Down Energy Demand, 341-351.
- [8] http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/passive_house_avoiding_thermal_bridges.html, alındığı tarih, 17.11.2012.
- [9] http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/examples alındığı tarih, 13.01.2012.
- [10] **Feist, W.**, 2009. Certification as Quality Approved Passive House, Criteria for Residential-Use Passive Houses.
- [11] http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/passivehouse_definition.htm, alındığı tarih, 11.11.2011.
- [12] **Subaşı, Z. S.**, 2010. Enerji Verimliliği ve Pasif Evler, Yapı Dergisi, Sayı 341, 108-113.
- [13] http://www.passiv.de/07_eng/index_e.html, alındığı tarih, 11.11.2011.
- [14] **Özbalta, N., Göksal, T.**, 2001. Enerji Korunumunda 'Düşük Enerjili Bina' Tasarımları, TMMOB Makine Mühendisleri Odası II. Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul.
- [15] **Berköz, E.**, 1983. Güneş Işınımı Ve Yapı Dizaynı, Profesörlük Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 203-208.
- [16] **Zeren, L. Berköz, E., Küçükdoğan, M., Ok, V., Yılmaz, Z.**, 1987. Türkiye'de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeline İlişkin Çalışma, Çevre ve Şehircilik Uygulama-Araştırma Merkezi, İ.T.Ü., İstanbul.

- [17]**Koçlar, Oral, G.**, 2010. Güneş Enerjisi ve Yapı, TMMOB Mimarlar Odası, Diyarçık Bülten, 8-20.
- [18]http://www.seai.ie/Renewables/REIO/SEAI_REIO_2009_Events/PHPP_Workshop/Passive_House_Planning_Package_Introduction.pdf, alındığı tarih, 15.11.2012.
- [19]**Mazria, E.**, 1979. The Passive Solar Energy Book, Rodale Press, USA.
- [20]**Utkutuğ, G.**, 1996. Yüksek Lisans Programı Ders Notları, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [21]**Berköz, E., Küçükdoğan, M., Yılmaz, Z., Kocaaslan, G., Ve Diğerleri**, 1995. Enerji Etkin Konut Ve Yerleşme Tasarımı, Tübitak - İntag 201, Araştırma Raporu İstanbul.
- [22]**Weber, H.**, 1983. Energiebewusst planen, Energiebewusste Gebäudeplanung, Warmwasserbereitung, Heizung und SchwimmwasserEnvarmung Daten und Vorschriften, Callwey, Münih.
- [23]**Karagözlü, A. B.**, 2006. Konutlarda Enerji Giderlerinin Azaltılmasına Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [24]**ASHRAE, Standart**, 1981. Thermal Comfort Conditions For Human Occupancy, American Society Of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 55-81.
- [25]**Koçlar, Oral, G., Manioğlu, G.**, 2010. Bina cephelerinde enerji etkinliği ve ısı yalıtımı, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İzmir.
- [26]**Feist, W.**, 2001. CEPHEUS – Cost Efficient Passive Houses as European Standards, Projectinformation No:36, Final Technical Report.
- [27]http://www.izoder.org.tr/isiyalitimi/ts825/TS%20825_YARDIM.pdf, alındığı tarih, 24.11.2011.
- [28]**Kalpık Ö.**, 2006. Isı köprüleri için önerilen ısı kaybı hesap metotlarının Ülkemiz iklim şartları yapı konstrüksiyonları açısından değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [29]http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/insulation_passive_House.html, alındığı tarih, 14.11.2012.
- [30]http://passipedia.passiv.de/passipedia_de/grundlagen/bauphysikalische_grundlagen/waermeuebertragung/waermebrueckenvermeidung?rev=1295794838, alındığı tarih, 17.11.2012.
- [31]http://izoder.org.tr/isiyalitimi/ISIYALITIMI_GIRIS.pdf, alındığı tarih, 17.11.2012.
- [32]http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/_detail/picopen/passive_house_section_400.jpg?id=basics%3Awhat_is_a_passive_house, alındığı tarih, 12.01.2012.
- [33]http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/planning/airtight_construction/general_principles/blower_door_test, alındığı tarih, 31.11.2011.
- [34]**Türk Standartları Enstitüsü**, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008.

- [35]http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/planning/thermal_protection/windows, alındığı tarih, 04.12.2012.
- [36]http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/ventilation, alındığı tarih, 08.01.2012.
- [37]<http://www.activethroughpassive.eu/userfiles/files/E-book-download.pdf>, alındığı tarih, 10.11.2012.
- [38]<http://www.sole-ewt.de/installationen/?lang=en>, alındığı tarih, 14.11.2012.
- [39]<http://www.sole-ewt.de/PDF/en/Sole-EWT-Info-en.pdf>, alındığı tarih, 10.01.2012.
- [40]**Kalogirou, S. A.**, 2004. Solar thermal collectors and applications, Progress in Energy and Combustion Science 30, 231–295.
- [41]**Kaan, Ö.**, 2006. Düzlemsel Kollektörlerde Performans Arttırma Ve Yöntemlerin Deneyisel Olarak İncelenmesi ve Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Makina Eğitimi Anabilim Dalı.
- [42]<http://www.sphc.co.uk/domestic-hot-water-solar-thermal>, alındığı tarih, 12.01.2012.
- [43]**Cirit, A.**, 2011. Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [44]**Yüceer, S. N.**, 2010. Gölgeleme Elemanı Tasarımına Yaklaşım ve Adana Örneği, METU JFA.
- [45]http://www.passivehouse-international.org/index.php?page_id=188, alındığı tarih, 10.01.2012.
- [46]**Feist, W., Pfluger, R., Kaufmann, B., Schnieders, J. ve Kah, O.**, 2007. Passive House Planning Package 2007, Darmstadt.
- [47]**Manioğlu, G.**, 2011. Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi, Tesisat Mühendisliği, Sayı 126, 35-47.
- [48]**Manioğlu, G.**, Geleneksel Mimaride İklimle Uyumlu Binalar: Mardin’de Bir Öğrenci Atölyesi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Teknolojik Araştırma Bildirisi, 79-92.
- [49]**Özdemir, B.**, 2005. Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [50]**Rumming, K.**, 2009. Hannover’de Ekolojik Yapılaşma, 1-15.
- [51]**Olgyay, V.**, 1992. Bioclimatic Design With Climate, Approach to Architectural Regionalizm, Newyork.
- [52]**Blomberg, T.**, 1996. HEAT2 – Heat Conduction in Two and Three Dimensions Computer Modelling of Building Physics Applications Report TVBH-100, Lund University, Sweden.
- [53]**PEP: Promotion of European Passive Houses**, Mayıs 2006: Passive House Solutions.

EKLER

EK A : İklimsel Verilerin Derlenmesi

EK A.1 : İstanbul iline ait iklimsel verilerin derlenmesi

EK A.2 : Ankara iline ait iklimsel verilerin derlenmesi

EK A.3 : Antalya iline ait iklimsel verilerin derlenmesi

EK A İklimsel Verilerin Derlenmesi

EK A.1 İstanbul iline ait iklimsel verilerin derlenmesi

Meteonorm simülasyon programı yardımıyla elde edilen İstanbul iline ait iklimsel veriler Çizelge A.1’de verilmiştir.

Çizelge A.1 : İstanbul’da değerlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen iklimsel faktörler.

İSTANBUL													
Ay	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Birim
Dış Sıcaklık	6,2	6,1	7,9	12,2	17,5	22,2	25,3	24,9	20,8	16,5	12,1	8,3	° C
Kuzey	15	18	28	35	48	53	52	40	28	23	15	14	kWh/m ² a
Doğu	34	38	60	88	116	116	123	104	71	56	31	29	kWh/m ² a
Güney	79	81	94	100	93	86	91	104	101	100	71	73	kWh/m ² a
Batı	35	43	64	86	108	108	110	102	77	56	34	31	kWh/m ² a
Global	52	65	105	152	193	201	204	180	122	88	51	45	kWh/m ² a
Çiğ Noktası	2,8	2,3	3,2	6,8	11,3	14,9	17,9	18,4	14,8	11,8	8,2	4,5	° C
Gökyüzü Sıcaklığı	-4,3	-4,7	-3,6	0,4	5	9,5	12,9	14	9,7	6,7	3	-1,8	° C

Dış Sıcaklık : Aylık ortalama dış hava sıcaklığı (° C),

Kuzey : Kuzey cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Doğu : Doğu cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Güney : Güney cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Batı : Batı cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Global : Yatay yüzeye gelen aylık ortalama global güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Çiğ Noktası : Aylık ortalama çiğ noktası (° C)

Gökyüzü Sıcaklığı: Aylık ortalama gökyüzü sıcaklığı (° C)

İstanbul’da değerlendirilen referans binanın yönlerine göre açık ve kapalı gök koşullarında ısıtma yükleri ve soğutma yükleri Çizelge A.2’de verilmiştir.

Çizelge A.2 : İstanbul’da değerlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen veriler.

İSTANBUL	Isıtma Yüğü		Soğutma Yüğü	Birim
	W1	W2		
Dış Sıcaklık	0,4	1,8	28,8	° C
Kuzey	21	18	67	W/m ²
Doğü	44	39	195	W/m ²
Güney	89	67	143	W/m ²
Batı	42	30	189	W/m ²
Global	63	52	331	W/m ²

Isıtma Yüğü: En soğuk dönem (W1)/en soğuk ve bulutlu dönem (W2) (W/m²),

Soğutma Yüğü: Ortalama değeri (W/m²)

Coğrafi faktörlerde, binanın bulunduğı bölgenin enlemi, boylamı ve deniz yüzeyinden yüksekliğı ele alınmaktadır. Çizelge A.3’de bununla ilişkili veriler verilmiştir.

Çizelge 4.10 : Çizelge A.3 : Pasif evin uygulandığı bölgenin coğrafi faktörleri.

İl	İstanbul
Semt	Florya
Enlem	40.5 °N
Boylam	28.5 °E
Yükseklik	2 m

EK A.2 Ankara iline ait iklimsel verilerin derlenmesi

Meteonorm simülasyon programı yardımıyla elde edilen Ankara iline ait iklimsel veriler Çizelge A.4’de verilmiştir.

Çizelge A.4 : Ankara’da değerlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen iklimsel faktörler.

ANKARA													
Ay	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Birim
Dış Sıcaklık	0,2	1,3	5	10,1	15,5	19,3	23,6	22,8	17,4	12	6,1	1,7	° C
Kuzey	14	18	28	33	48	54	53	36	28	24	16	14	kWh/m ² a
Doğu	35	43	69	95	125	126	143	125	101	73	49	28	kWh/m ² a
Güney	87	93	109	104	95	88	100	121	139	142	121	77	kWh/m ² a
Batı	34	50	73	91	108	129	136	123	99	78	51	36	kWh/m ² a
Global	54	71	121	159	203	225	243	218	165	117	72	47	kWh/m ² a
Çiğ Noktası	-3,4	-3,7	-2,3	2,5	6,7	8,8	10,3	10	6,8	3,9	0,6	-1,7	° C
Gökyüzü Sıcaklığı	-11,4	-12,7	-9,8	-4,5	0,3	3,1	4,6	5,5	1	-3	-7,6	-10,1	° C

Dış Sıcaklık : Aylık ortalama dış hava sıcaklığı (° C),

Kuzey : Kuzey cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Doğu : Doğu cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Güney : Güney cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Batı : Batı cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Global : Yatay yüzeye gelen aylık ortalama global güneş ışınlam değeri (kWh/m²a),

Çiğ Noktası : Aylık ortalama çiğ noktası (° C)

Gökyüzü Sıcaklığı: Aylık ortalama gökyüzü sıcaklığı (° C)

Ankara’da değerlendirilen referans binanın yönler göre açık ve kapalı gök koşullarında ısıtma yükleri ve soğutma yükleri Çizelge A.5’de verilmiştir.

Çizelge A.5 : Ankara’da değerlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen veriler.

ANKARA	Isıtma Yüğü		Soğutma Yüğü	Birim
	W1	W2		
Dış Sıcaklık	-6,9	-0,9	28,1	° C
Kuzey	22	15	68	W/m ²
Doğu	38	24	197	W/m ²
Güney	79	53	139	W/m ²
Batı	38	26	200	W/m ²
Global	64	43	340	W/m ²

Isıtma Yüğü: En soğuk dönem (W1)/en soğuk ve bulutlu dönem (W2) (W/m²),

Soğutma Yüğü: Ortalama değeri (W/m²)

Coğrafi faktörlerde, binanın bulunduğı bölgenin enlemi, boylamı ve deniz yüzeyinden yüksekliğı ele alınmaktadır. Çizelge A.6'da bununla ilişkili veriler verilmiştir.

Çizelge 4.11 : Çizelge A.6 : Pasif evin uygulandığı bölgenin coğrafi faktörleri.

İl	Ankara
Enlem	39,92 °N
Boylam	32,83 °E
Yükseklik	872 m

EK A.3 Antalya iline ait iklimsel verilerin derlenmesi

Meteonorm simülasyon programı yardımıyla elde edilen Antalya iline ait iklimsel veriler Çizelge A.7'de verilmiştir.

Çizelge A.7 : Antalya için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen iklimsel faktörler.

ANTALYA													
Ay	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Birim
Dış Sıcaklık	11,4	11,7	13	15,7	20,7	25,4	28,7	28,7	25,6	21,3	16,3	12,8	° C
Kuzey	18	21	29	35	46	56	54	36	28	24	19	17	kWh/m ² a
Doğru	46	59	84	104	117	127	133	119	108	77	54	45	kWh/m ² a
Güney	114	113	124	111	92	81	89	113	139	148	123	117	kWh/m ² a
Batı	48	55	83	102	116	123	130	119	104	83	51	43	kWh/m ² a
Global	74	92	138	178	213	224	235	217	177	130	84	70	kWh/m ² a
Çiğ Noktası	3,9	3,2	5,2	9,3	13,6	15,5	18,2	19	15	11,2	8,3	5,8	° C
Gökyüzü Sıcaklığı	-1,8	-3,1	-0,9	2,9	7,8	9,9	13,3	15,4	9,9	6,8	3,4	0,6	° C

Dış Sıcaklık : Aylık ortalama dış hava sıcaklığı (° C),

Kuzey : Kuzey cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlm değeri (kWh/m²a),

Doğru : Doğru cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlm değeri (kWh/m²a),

Güney : Güney cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlm değeri (kWh/m²a),

Batı : Batı cephesindeki aylık ortalama güneş ışınlm değeri (kWh/m²a),

Global : Yatay yüzeye gelen aylık ortalama global güneş ışınlm değeri (kWh/m²a),

Çiğ Noktası: Aylık ortalama çiğ noktası (° C)

Gökyüzü Sıcaklığı: Aylık ortalama gökyüzü sıcaklığı (° C)

Antalya’da değ erlendirilen referans binanın yön lere göre açık ve kapalı gö k koş ullarında ısı tma yük leri ve soğ utma yük leri Ç izelge A.8’de verilmiştir.

Ç izelge A.8 : Antalya’da değ erlendirilen referans bina için Meteonorm 6.1 programıyla elde edilen veriler.

ANTALYA	Isıtma Yükü		Soğ utma Yükü	Birim
	W1	W2		
Dış Sıcaklık	7,2	10,1	33,5	° C
Kuzey	23	22	69	W/m ²
Doğ u	69	47	192	W/m ²
Güney	145	73	125	W/m ²
Batı	46	28	192	W/m ²
Global	93	63	337	W/m ²

Isıtma Yükü: En soğ uk dönem (W1)/en soğ uk ve bulutlu dönem (W2) (W/m²),

Soğ utma Yükü: Ortalama değ er (W/m²)

Coğ rafi faktörlerde, binanın bulunduğ u bölgenin enlemi, boylamı ve deniz yüzeyinden yüksekliğ i ele alınmaktadır. Ç izelge A.9’da bununla ilişkili veriler verilmiştir.

Ç izelge 4.12 : Ç izelge A.9 : Pasif evin uygulandığı bölgenin coğ rafi faktörleri.

İ l	Antalya
Enlem	36,89 °N
Boylam	30,70 °E
Yükseklik	0 m

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Banu Demirel

Doğum Yeri ve Tarihi: Akşehir - 07.02.1985

E-Posta: banudmrl@gmail.com

Lisans: İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (2004-2009)

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi (2009-2012)

Yüksek Lisans: Viyana Teknik Üniversitesi (2012)

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Alp yapı – ofis ve şantiye mimarı

Aves proje – proje mimarı

Medmim – proje mimarı

Fe Architects – proje mimarı