



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE DOĞAL
HAVALANDIRMA YÖNTEMLERİNİN TOKİ
TİP KONUTLARI ÜZERİNDEN ANALİZİ**

Sümeyye Merve ACAR BİLGİLİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimarlık Anabilim Dalı**

**Ocak-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE DOĞAL HAVALANDIRMA YÖNTEMLERİNİN TOKİ TİP KONUTLARI ÜZERİNDEN ANALİZİ

Sümeyye Merve ACAR BİLGİLİ

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hatice Derya ARSLAN

2023, 101 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Hatice Derya ARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Sercan DOĞAN
Dr. Öğr. Üyesi Elif Tuğba YALAZ

Gün geçtikçe artan enerji tüketimi, küresel anlamda bir kirliliğe ve enerji kaynaklarının yüksek oranda azalmasına yol açmaktadır. Dünya genelinde enerji tüketiminin büyük bir kısmı yapı üretim sürecinde gerçekleşmektedir. Binalarda özellikle iklimlendirme için gereksinim duyulan enerji miktarı mekanik sistemlerce karşılandığında önemli ölçüde enerji tüketimine sebep olmaktadır. Enerji tüketimini azaltmak için ısıtma, soğutma yükleri ile enerji harcayan yapıların karşıtı olacak şekilde çevre dostu, yeşil sertifikalı, enerji etkin bina tasarımları hız kazanmaktadır. Böylece yenilenebilir kaynaklarca desteklenen sistemler yapı üretim sürecinde tasarım girdisi olarak değerlendirilmektedir.

Tez çalışması kapsamında; yapı tasarımına girdi olarak veri oluşturabilmek için doğal havalandırmanın farklı iklim bölgelerindeki mekânsal etkisi konu edinilmiştir. Bu doğrultuda doğal havalandırmada kullanılan rüzgârın toplu konut özelinde iç mekâna olan etkisini ve enerji kullanımındaki rolünü araştırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Türkiye’de en çok uygulanan TOKİ (Toplu Konut İdaresi)’ye ait 2+1 plan düzenine sahip tip konut projesi seçilmiş; beş farklı iklim bölgesine ait rüzgâr testleri, Solidworks programında yer alan Flow Simulation eklentisi kullanılarak yapılmıştır. Simülasyon sürecinde rüzgâr analizleri yapılırken çevre yapılar tarafında oluşan hava akımı etkisi göz ardı edilmiş, iç mekânlardaki hava sirkülasyonlarına odaklanılmıştır. Çalışmada öncelikle kavramsal alt yapıyı oluşturmak için detaylı literatür taraması yapılarak, enerji etkin tasarım kavramı ve kriterleri üzerinde durulmuştur. Enerji etkinlik kriterlerinin içinde yer alan doğal havalandırma sistemine değinilmiş, doğal havalandırmanın temel prensibi olan rüzgârın yapılar ile olan ilişki ve hava akımının oluşması için gerekli stratejiler aktarılmıştır. Binalarda pasif sistemlerin doğal havalandırma kapsamında cephede ve çatıda tasarımlara katkısına yer verilmiştir. Çalışmanın devamında yapılarda rüzgâr etkisinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine olanak sağlayan HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) simülasyon programları hakkında bilgi verilmiştir. Flow Simulation eklentisi kullanılarak beş farklı iklim bölgesi için yapılan analizler ışığında rüzgârın iç mekâna etkisi karşılaştırılarak değerlendirilmiş, doğal havalandırmanın etkin bir şekilde yapılarda nasıl kullanılabileceğine dair değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda iklim bölgeleri özelinde yaşama birimlerinde yeterli havalandırma sağlanırken özellikle mutfak biriminin havalandırmasının yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Sıcak iklim bölgesinde ihtiyaç duyulan serinletici etkinin balkon birimlerine alınmadığı soğuk iklim bölgesinde ise ısıtma yükünü artıran çözümlerin olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan tespitler doğrultusunda açıklıkların özellikle soğuk iklim bölgesinde direkt hâkim rüzgâra açılmaması önerilmektedir. Tasarımlarda bina yönelişi, formu, açıklıkların boyutları ve konumları rüzgâr enerjisinde yeteri kadar yararlanacak, rüzgârın olumsuz etkilerinden de korunacak şekilde çözümler içermelidir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Havalandırma, Enerji Etkin Bina, Hava akımı, Solidworks, Pasif İklimlendirme, Rüzgâr

ABSTRACT

MS THESIS

ANALYSIS OF NATURAL VENTILATION METHODS IN DIFFERENT CLIMATE ZONES ON TOKİ TYPE HOUSINGS

Sümeyye Merve ACAR BİLGİLİ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ARCHITECTURE**

Advisor: Assoc. Prof. Hatice Derya ARSLAN

2023, 101 Pages

Jury

Assoc. Prof. Hatice Derya ARSLAN

Asst. Prof. Sercan DOĞAN

Asst. Prof. Elif Tuğba YALAZ

Increasing energy consumption day by day leads to a global pollution and a high reduction of energy resources. A large part of the energy consumption in the world takes place in the building production process. When the amount of energy required for air conditioning in buildings is met by mechanical systems, it causes significant energy consumption. In order to reduce energy consumption, environmentally friendly, green certified, energy efficient building designs are gaining momentum as opposed to heating and cooling loads and energy consuming structures. Thus, systems supported by renewable resources are considered as design inputs in the building production process.

Within the scope of the thesis; the spatial effect of natural ventilation in different climatic regions is discussed in order to generate data as input to the building design. In this direction, it is aimed to investigate the effect of the wind used in natural ventilation on the interior space and its role in energy use, especially in the mass housing. For this purpose, the type housing project with 2+1 plan of TOKİ (Mass Housing Administration), which is the most applied in Turkey, was selected; Wind tests for five different climatic zones were conducted using the Flow Simulation plugin in Solidworks program. During the simulation process, the air flow effect created by the surrounding structures was ignored while the wind analyzes were carried out, and the air circulation in the interior spaces was focused. In the study, first of all, a detailed literature review was made to create the conceptual infrastructure, and the concept of energy efficient design and its criteria were emphasized. The natural ventilation system, which is included in the energy efficiency criteria, is mentioned, the relationship of the wind, which is the basic principle of natural ventilation, with the buildings and the necessary strategies for the formation of air flow are explained. The contribution of passive systems to the designs on the facade and roof within the scope of natural ventilation in buildings is included. In the continuation of the study, information is given about the CFD (Computational Fluid Dynamics) simulation programs that allow the comparative evaluation of the wind effect in buildings. In the light of the analyzes made for five different climate zones using the Flow Simulation plugin, the effect of the wind on the interior was compared and evaluated, and evaluations were made on how natural ventilation can be used effectively in buildings. In line with the data obtained, it has been determined that while adequate ventilation is provided in the living units, especially in the climate zones, the ventilation of the kitchen unit is insufficient. It has been observed that there are solutions that increase the heating load in the cold climate region, where the cooling effect needed in the hot climate region is not taken into the balcony units. In line with the determinations made, it is recommended that the openings should not be opened directly to the prevailing wind, especially in the cold climate zone. In the designs, the building orientation, form, dimensions and

locations of the openings should include solutions in such a way that they can benefit from the wind energy sufficiently and be protected from the negative effects of the wind.

Keywords: Natural Ventilation, Energy Efficient Building, Airflow, Solidworks, Passive Air Conditioning, Wind



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesi için bana yardım eden değerli bilgi ve deneyimleri ile bana yön veren danışman hocam; Doç. Dr. Hatice Derya ARSLAN'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan sevgili annem Döndü ACAR ve babam Servet ACAR'a, hayatta bana güç veren, beni cesaretlendiren, ufkumu açan abim Semih ACAR'a, ablam Semiha YAMAN'a, ikizim Abdullah Safa ACAR'a ve sevgileri ile çalışma azmimi tazeleyen eşim Nurullah BİLGİLİ 'ye sonsuz teşekkür ederim.

Sümeyye Merve ACAR BİLGİLİ
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Önemi.....	2
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.3. Çalışmanın Yöntemi.....	4
1.4. Kaynak Araştırması.....	5
2. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI VE DOĞAL HAVALANDIRMA	8
2.1. Enerji Etkin Bina Tasarım Parametreleri.....	8
2.2. Doğal Havalandırmada Yararlanılan Hava Akımının Prensipleri	17
2.3. Doğal Havalandırma Yöntemleri.....	24
2.4. Pasif Sistemler İle Doğal Havalandırma.....	30
3. RÜZGÂR ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK KULLANILAN HAD ANALİZ PROGRAMLARI.....	44
3.1. BBM Sistemleri	44
3.2. CFD Analiz Programları	48
3.2. Solidworks Flow Simulation	53
4. FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE TOKİ TİP KONUTLARI ÜZERİNDEN RÜZGÂR ANALİZ SİMÜLASYONLARI	62
4.1. Sıcak-Kuru İklim Bölgesi: Gaziantep İli Örneği	64
4.1.1. Projenin Özellikleri.....	65
4.1.2. Projenin Rüzgâr Analizi.....	66
4.2. Ilımlı Kuru İklim Bölgesi: Karaman İli Örneği	70
4.2.1. Projenin Özellikleri.....	70
4.2.2. Projenin Rüzgâr Analizi.....	71
4.3. Soğuk İklim Bölgesi: Van İli Örneği	75
4.3.1. Projenin Özellikleri.....	75
4.3.2. Projenin Rüzgâr Analizi.....	76
4.4. Sıcak- Nemli İklim Bölgesi: Mersin İli Örneği	80
4.4.1. Projenin Özellikleri.....	80
4.4.2. Projenin Rüzgâr Analizi.....	81
4.5. Ilımlı-Nemli İklim Bölgesi: Balıkesir İli Örneği	85
4.5.1. Projenin Özellikleri.....	85
4.5.2. Projenin Rüzgâr Analizi.....	86
4.6. Değerlendirme	90

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
6. KAYNAKLAR	97



Kısaltmalar

CAD: Computer Aided Design

CAE: Computer Aided Engineering

CFD: Computational Fluid Dynamics

HAD: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

BIM: Building Information Modelling

BBM: Bina Bilgi Modelleme

BDT: Bilgisayar Destekli Tasarım

TOKİ: Toplu Konut İdaresi



1. GİRİŞ

Dünyada meydana gelen çevresel sorunlar insan hayatını tehlike altına almaktadır. İnsanoğlunun çevreye verdiği zararlar gün geçtikçe artmaktadır. Bu sorunların büyük bir kısmı doğanın tahrip edilmesinden, kaynakların bilinçsizce tüketilmesinden ve enerji ihtiyacının yanlış kaynaklardan elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Sanayi Devrimi ile birlikte çevre; daha fazlasına sahip olma, güçlü olma, yönetme, hâkim olma arzuları ile zarar görmektedir. Artan nüfusun etkisiyle hızlı yapılaşma sürecinde doğadan uzak, enerji etkinlik kriterlerinden yoksun yapılar ile birlikte açığa çıkan atık miktarı artmaktadır. Hızlı ve seri yapı üretim sürecinde yenilebilir enerji kaynak kullanımını azalmakta, tüketilen enerji miktarı iklimlendirme ihtiyaçları ile birlikte artmaktadır. İhtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı soğutma ve ısıtma için harcanmakta, iklimlendirme noktasında mekanik sistemler kullanılmaktadır. Enerji korunumu ve tasarrufu sağlamayan sistemler; ekosistem ve sürdürülebilirlik için olumsuz etkilere ve önemli problemlere sebep olmaktadır. Bu bağlamda yapay ve doğal çevre verileri dikkate alınarak yenilenebilir kaynaklardan beslenen, negatif dışsallık oluşturmayan ve iklimle dengeli sistem tasarımları oluşturulmalıdır.

Yapıların sürdürülebilir olarak tasarlanması, mimarlığın temel ideallerinden biridir (Royal Jubilee Hospital Patient Care Centre Project, 2008; Sev, 2009). Bilindiği gibi enerji tüketiminin önemli bir bölümü binaların üretim ve yaşam süreçlerinden kaynaklanmakta ve binaların kullanım süresince harcanan enerji, yaşam döngüsü boyunca kullanılan enerjinin %65'ini oluşturmaktadır (Yeang, 2012). Bu durumda enerjinin etkin kullanılabilmesi etkili bir doğal iklimlendirme sistemi ve iklimle dengeli tasarımlar sayesinde mümkün olacaktır. Özellikle hiçbir enerji harcanmadan oluşan hava akımının beslediği doğal havalandırma sistemleri kullanılarak yapı içi iklim kontrolü sağlanması enerji etkin tasarım için önem kazanmaktadır.

Günümüz teknolojisinin artması ile doğal havalandırmanın kullanılabilir hale geldiği sistemler, cephe ve plan çözümleri geliştirilmektedir. Projeye ait verilerin işlendiği ve farklı disiplinlerin bir arada çalışabildiği, bilgisayar ortamına aktarılan kararlar ile enerji etkin tasarım çözümleri üretilebilmektedir. Çoğunlukla düşünülen sistemlere ait deney ortamları ve matematiksel hesaplamalar yazılımlarla proje aktörlerine sunulabilmektedir. Yazılımlar kurgusal olarak çeşitli veri girişlerine imkân tanımakta yapı çevresine ait doğal etkiler projeye uygulanabilmektedir. Sistem tasarımından mekânsal kurguya kadar iklimlendirme verilerinin görüldüğü ve revize

işlemlerin hızla yapıldığı yazılımlar geliştikçe analiz çalışmaları da hız kazanmaktadır. Analiz çalışmaları ile elde edilen veriler doğrultusunda alınan uygulama kararları enerji korunumunun artmasını sağlamaktadır. Sistemlerin harcadığı enerji miktarı ve çevreye attığı zararlı ürünler belirlenmekte, çeşitli parametrelere ait kararlar yapı formunun, mekân kurgusunun vb. oluşumu kararlarında etkili olmaktadır. Bu yazılımlar kullandıkları hesaplama yöntemi ve ara yüzleri ile farklılık gösterirken farklı mühendislik dallarına da hizmet verebilmektedir. Simülasyonların sunduğu görsel ve teknik çıktılar; farklı sistem tasarımları için veri oluşturmakta, güçlü bir bilgisayar sistemine ve ağ yapısına ihtiyaç duymaktadır. Piyasada uzman kişilerce kullanılan analiz programları online bir platform, program veya eklenti olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yazılım içeriği ile birlikte belgeler arası bağlantı sayesinde çeşitli düzlemlerde ve farklı meslek kullanıcılarında aynı anda veri değişikliği sağlanabilmektedir. Analiz çalışmaları ışığında proje üretim sürecinde disiplinler arası alanlar birbiriyle alışveriş halinde çalışmakta, doğal çevreye ait veriler dikkate alınarak enerji etkinliği sağlanmaktadır. Analiz programları ve modelleme sistemleri sayesinde; mühendislik ve mimari alanlara geçişte proje verileri arasındaki uzantı farklılıklarından doğan veri kaybının önüne geçilmektedir. Entegre şekilde gerçekleşen çalışma sistemi sayesinde iklimlendirme sistemleri ve yapı üretiminde enerji etkinlik kriterleri de dikkate alınabilmektedir. İklimlendirmeye ait tasarımlar, proje üretim sürecinde doğal yollar ile şekillendiğinde enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Yapılarda doğal havalandırmanın gerekliliği, doğal havalandırma yöntemleri, CFD (Computational Fluid Dynamics) Türkçe adı ile HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) bilgisayar simülasyon programları ve analizler çalışmanın odak noktasını oluşturmaktadır. Pandemi sürecinde önemi artan kapalı alanların doğal havalandırılması üzerine simülasyon programları yardımıyla enerji etkin tasarımlar için öneriler getirmek amaçlanmıştır.

1.1. Çalışmanın Önemi

Nüfus artışına paralel olarak artan konut üretimi çevre kirliliğine sebep olmakla birlikte enerji kullanımında büyük bir paya sahiptir. Konut üretiminde yapıya ait iklimlendirme sistemleri enerji kullanımında büyük rol oynamaktadır. Bu sistem tasarımlarında pasif yollar ve enerji gerektirmeyen kurgularla desteklenmelidir. Çalışmada; düzenli bir hava değişiminin enerji tüketimi gerektirmeden uygulandığı doğal havalandırmanın iç mekândaki kullanımı incelenmektedir. Doğal

havalandırmanın yapılan analiz çalışmaları ile proje üretim ve uygulama aşamalarına yön verecek şekilde değerlendirmesi, insan sağlığı ve yapı sektörü için önemlidir. Bina üretim sürecinde bilgisayar destekli yazılımların kullanımıyla teknolojik gelişmelerce sağlanan imkânların projeye hızlı geri dönüş vermesi analiz, simülasyon, sonuç ürün ekseninde yapının şekillenebilmesi ve değerlendirilmesi de çalışmanın önemli noktalarındandır. Çalışma, pasif sistemler ile doğal havalandırma özelinde iklimlendirmenin sağlanmasına dair stratejilerin geliştirilebilmesi açısından önem arz etmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Tez çalışması kapsamında enerji etkin tasarım parametrelerinden biri olan doğal havalandırma ve doğal havalandırmayı besleyen hava akımının analizler ile birlikte irdelenmesini ve rüzgâr kullanımının toplu konutlarda enerji üzerine etkisini araştırmak amaçlanmaktadır. Çalışma ile birlikte pandemi sürecinde önemi daha çok artan konutlarda ve kapalı alanlarda doğal havalandırmanın enerji etkin tasarımda önemi vurgulanmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda tip üretimleri olan TOKİ'nin Türkiye genelinde farklı iklim bölgelerinde en çok uyguladığı tip konut projesi belirlenmiştir. Belirlenen projenin plan ve yerleşimi üzerinden bina içinde ve dışında oluşan rüzgâr hareketinin ve doğal havalandırma etkinliğinin belirlenmesi için beş farklı iklim bölgesi özelinde analizler yapılmıştır. Vaziyette çevre yapılar tarafından oluşan hava akımı analize dâhil edilmeyerek konut ve iç mekâna odaklı veriler işlenmiştir. Ayrıca analiz programında sadece rüzgâr hızı ve yönüne ait veriler girilmiş, nem ve basınç değerleri çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Analiz yapılan programın oluşturduğu yüzeyler ve simülasyon süreci düşünülerek 2+1 plan düzlemi seçilmiş böylece yüksek güç gerektirmeden kısa sürede analizler alınabilmektedir. Seçilen projeler içinde bodrum, zemin ve dört katlı binaların (B+Z+4) diğer çeşitlerine oranla daha fazla uygulandığı gözlemlenerek bu tip konuta odaklanılmıştır. Kütleler modellenirken kapı ve pencere boşlukları ile birlikte kat boyunca devam eden shaft, havalandırma bacası gibi boşluklarda oluşturulmuştur. Yalın ve sade bir akış hacmi oluşturularak hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yazılımlarının yüksek güç gerektiren performans ihtiyacını azaltmak ve analiz sürecini hızlandırmak amaçlanmıştır. Dış mekânda olan rüzgâr etkisini görebilmek için zemin ve birinci kat boyunca rüzgâr tüneli testleri yapılmıştır. Analizler Solidworks programındaki Flow Simulation eklentisi ile gerçekleştirilmiştir.

Analizlerden elde edilen veriler doğrultusunda rüzgâr açısından konforlu mekânlar tasarlanması için tasarım sürecinde alınan kararların rüzgâr hareketlerini yönlendirmesi ile binanın tüketmiş olduğu enerji miktarını azaltan öneriler getirilmesi hedeflenmektedir.

Literatürde binaların enerji etkinliği üzerine yapılan konut yerleşimleri baz alınarak hava akışının kentsel ölçekteki etkisi ve niteliğini, tekil olarak tasarlanan yüksek katlı yapıların çevresindeki hava akımlarını konu alan çalışmalar yer almaktadır (Kılınç, 2015; Yuyucu, 2016). Bu çalışmalarda doğal havalandırmanın yüksek yapı örnekleri üzerinden incelenmesi, yapıda soğutma sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı bileşeni olarak kullanımı gibi konular literatür taraması, analiz programlarının kullanılması, hesap yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır (Darçın ve Balanlı, 2012). Bu çalışmada ise; doğal havalandırma tekniklerinin enerji etkinliğindeki yeri ve doğal havalandırmanın çeşitli iklim tiplerinde bulunan tip konutlar üzerinden karşılaştırmalı analizler ışığında yapılara olan etkisi incelenmektedir. Bu doğrultuda çalışma; teknolojik gelişmeler ile uygulanan sistem çözümleri, modern yapılaşmada enerji etkinliğinin sağlanması, doğal havalandırmanın önemi, bilgisayar destekli bina üretim süreçleri ve analiz çalışmaları çevresinde kurgulanmaktadır.

Çalışmada; bir yapının enerji kullanımı gerektirmeden hava sirkülasyonunun sağlandığı doğal havalandırma sistemlerinin irdelenmesi ve cephesel, mekânsal olarak analizleri konu edinilmiştir.

1.3.Çalışmanın Yöntemi

Çalışma kapsamında belirtilen amaç doğrultusunda ilk aşamada literatür taraması ile enerji etkin bina tasarımına ait kavramlar ve kuramsal bilgiler aktarılarak, enerji etkin bina tasarımında gerekli olan parametrelerden bahsedilmiştir.

İkinci aşamada ise enerji etkin bina tasarımı için yapma çevreye ilişkin veriler alt başlığı olan doğal havalandırmaya odaklanılarak, doğal havalandırma prensip ve yöntemleri aktarılmıştır. Doğal havalandırmaya imkân tanıyan pasif rüzgâr sistemlerinin yapı bileşeni olarak kullanımına dair örneklerle yer verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında Bina Bilgi Modelleme (BBM) sistemlerine ait yazılımlardan bahsedilmiştir. Deneyle ilgili bilgisayar ortamına aktarıldığı programlara ait bilgiler verilmiş, analiz çalışmasına katkı sağlayan, çeşitli yönleri ile birbirinden farklılaşan programlar ve özellikleri aktarılmıştır. Çalışma yönteminde, dış ortam rüzgâr hızı, basıncı, yönü gibi analizleri ile iç ortamda oluşan hava hareketlerinin simüle

edilmesi için Solidworks programındaki Flow Simulation eklentisi kullanılmıştır. HAD yazılımlarından biri olan Solidworks programındaki eklenti sayesinde 3 boyutlu simülasyonlar yapılmıştır. Analiz çalışmasında programa nem ve basınç değerleri girilmeyerek bu faktörler çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Programa ortalama rüzgâr hızı ve hâkim rüzgâr yönüne ait veri girişleri yapılarak sadece iç mekânda doğal havalandırma analiz sonuçlarına ulaşmak amaçlanmıştır.

Dördüncü aşamada, yapılan analizler üzerinden karşılaştırılmalı değerlendirmeler sonucunda etkin doğal havalandırma için sonuçlara ve önerilere ulaşılmıştır.

1.4.Kaynak Araştırması

Yenilenebilir bir kaynak olarak rüzgâr enerjisinin yapılarda kullanımı negatif dışsalık oluşturmeyen bina üretimlerini desteklemesi yönüyle oldukça önemlidir. Rüzgâr enerjisinin sebep olduğu hava akımı ile doğal havalandırma sistemleri binalara entegre edilerek, enerji etkin yapıların şekillenmesi sağlanmaktadır. Böylece doğal havalandırmaya ait akademik çalışmalar ve teknolojik gelişmeler gün geçtikçe artmaktadır.

Tez çalışması kapsamında literatür taraması ile birlikte; güncel sorunlar, materyal ve çalışma metoduna dair incelemeler yapılarak benzer çalışmalar değerlendirilmiştir. Bu alanda mimaride yapılan çalışmaları iki ana başlık altında ele almak mümkündür. Hava akımını konu alarak analiz hesap ve yöntemlerine odaklanan çalışmalar devamında ise hava akımının bina bileşenlerine ve iklimlendirme sistemlerine etkisinin araştırıldığı çalışmalar olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Rüzgâr enerjisi hakkındaki çalışmalarda, rüzgârın cephedeki basınç üzerine etkisi değerlendirilmekte ve yüksek katlı yapılar üzerinde oluşan doğal havalandırma incelenmektedir (Schulze, 2015; Karagöz, 2017; Türkmen, 2017). Doğal havalandırmada yararlanılan hava akımının özellikleri ve yapıda doğal havalandırma sağlanmasında etkili yöntemler; yapının biçimi, konumu, planı, yapıdaki boşluklar ile birlikte ele alınarak analiz çalışmaları yapılmaktadır (Darçın ve Balanlı, 2012; Türkmen, 2017). Rüzgârın yüksek yapılar ile olan ilişkisini görmek amacıyla seçilen farklı yapılara ait modeller ile Shangi kulesi gibi yüksek katlı yapılarda strüktür, yer, plan seçimi üzerinden aerodinamik formlu yapılarda rüzgârın olumsuz etkilerinin en az oranda görüldüğü aktarılmıştır (Karagöz, 2017; Aşçı, 2015). Yenilenebilir kaynak olan rüzgâr enerjisi doğal havalandırmada kullanılan hava akımına sebep olduğu için ilk olarak rüzgâr enerjisine ait konular ele alınmaktadır. Ayrıca günümüz yapılarında

yenilenebilir kaynak kullanımının temiz bir dünya için önemli kriter olarak karşımıza çıkacağı fiziksel ve yapılı çevre etmenleri bağlamında vurgulanmaktadır (Türkmen, 2017). Yenilenebilir enerji kaynaklarının irdelendiği çalışmalarda 21 ekolojik yapı üzerinden çatı ve cephe gibi yapı bileşenleri ölçeğinde enerji etkin binaların değerlendirilmektedir. Bunlara ilaveten gelişmiş ülkeler ile Türkiye’de rüzgâr enerjisinin mevcut durumunun aktarıldığı ve pasif sistemlerin yapılarda kullanımına ait değerlendirmelere yer veren çalışmalar da yer almaktadır (Erkınay, 2012; Çakır, 2003). Autodesk CFD, Revit ve Flow Design programı kullanılarak ve kent dokusu üzerinden analizlerin yapıldığı çalışmalarda sokak ve caddelerin oluşturduğu doku ve belirli bölgelerde yoğunlaşan yüksek yapılaşmanın rüzgâr ile olan ilişkisi incelenmektedir (Şabanoğlu, 2018; Yavaş, 2019).

Çalışmaların genelinde yapılar analiz edilirken farklı yön, form, çevresindeki yapılaşma oranı da analiz sonuçlarında vurgulanan noktalar olmuştur. Binaların enerji etkinliğindeki en önemli rolünün enerji kazanç ve kayıplarını istenilen seviyede tutmaya yönelik aktif ve pasif sistemlerin incelendiği diğer çalışmalarda pasif rüzgâr enerji sistemlerine odaklanılmıştır (Karıptaş ve Boduroğlu, 2012; Yeşilli, 2016; Zhai, 2006). İklimlendirme sistemlerinin çevre kirliliğindeki payına değinildikten sonra doğal havalandırma sistemlerinin geleneksel yapılarda ne şekilde bulunduğu örnekler ile anlatılmıştır (Yüksek ve Esin, 2011; Javadi, 2017). Havalandırmanın sağlanması için uygulanmış olan bina sistemleri, Beylikdüzünde bulunan dört adet proje seçilerek incelenmiş ve rüzgâr ile olan ilişkileri irdelenmiştir (Yuyucu, 2016). Mekânlara özelleşen çalışmalarda proje üretim sürecinde avlu ve atriumda oluşan rüzgâr etkisinin etkili bir doğal havalandırmaya katkısı irdelenmiştir (Yaşa, 2004; Kılınç, 2015).

Farklı bir konuya değinen çalışmada Kyoto ve Rio gibi iklimsel değişikliği ile alakalı sözleşmelerin incelenerek, sistem çözümlerinin geliştirilmesi gerekliliğini vurgulanmaktadır (Zargari, 2015). Çalışmanın sonucunda yüksek yapıların hâkim rüzgâra göre konumlanması ve form seçiminin birbirini desteklediği takdirde etkili bir doğal havalandırmanın sağlanabileceği tespit edilmiştir. Dikdörtgen ve üçgen forma sahip yapıların köşe noktaları hâkim rüzgâra çevrilmesinin üst katlarda rüzgârın şiddetini yumuşattığı görülmüştür. Çalışma sonucunda Türkiye’de rüzgâr enerjisi ile ilgili gelişmelerin İstanbul’da yaşandığı görülmüş, yapı sektöründen kaynaklı enerji tüketimini azaltmaya yönelik çıkarımlar tespit edilmiştir.

Kaynak araştırması sonucunda çalışmalarda, doğal havalandırma ve rüzgâr enerjisine ait teknik bilgilerin bulunduğu ve konut dışı kullanımı olan yüksek katlı

yapılara odaklanıldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte doğal havalandırmanın iç mekân kurgusuna ve konforuna etkisinin incelendiği çalışmaların eksikliği gözlemlenmiştir. Literatürdeki boşluğu doldurmak ve uygulamalarda rüzgâr enerjisinden faydalanmak amacı ile tez çalışması kapsamında farklı iklim bölgelerinden seçilen tip proje üzerinden hava akımının iç mekâna etkisi araştırılmıştır.



2. ENERJİ ETKİN BİNA TASARIMI VE DOĞAL HAVALANDIRMA

Günümüzde nüfusun hızlı artışına ve sanayileşmeye paralel olarak artan insan ihtiyaçlarını karşılamak adına mevcut olan kaynakların sorumsuzca kullanılması enerji tüketimini beraberinde getirmektedir. Fosil yakıt kullanımının artması ile yenilenebilir kaynak kullanımı azalmakta, enerji tüketimi sonucu açığa çıkan zararlı emisyonlar iklimsel değişikliğe sebep olarak ekolojik dengeyi olumsuz etkilemektedir. Dünyada; doğal kaynakların tükenmeye başlaması, teknolojik imkânların olumlu etkilerinin yansira çevre kirliliğinin ve kaynak tüketiminin artması sonucu yaşanan iklimsel değişiklikler toplumları her türlü alanda üretim ve tüketim anlayışına yeni bir yaklaşım getirmeye sevk etmektedir. Özellikle mimarlık alanında da çevreye duyarlı tasarımları geliştirmeye yönlendirmektedir. Yapılar, yaşam döngüleri ve üretim süreçleri boyunca farklı aşamalarda enerji kullanmaktadır. Enerji tüketimindeki rolü bakımından yapı üretim sektöründe enerjiyi etkin kullanma zorunluluğu çıkmakta, binalar ve enerji arasındaki önemli bağlantı noktaları sürdürülebilir bir gelişmeye ihtiyaç duymaktadır. 70’li yıllarda “çevresel tasarım”, 80’li yıllarda “yeşil tasarım”, 90’lı yıllardan bu yana ise “ekolojik” veya “sürdürülebilir tasarım” olarak adlandırılan bu mimarlık anlayışında yapılar konforlu, sağlıklı, çevre duyarlılığı yüksek ve enerji etkin özellikte üretilmektedir. Birleşmiş Milletler (1991) tarafından enerji etkin binalar, minimum enerji girişi miktarlarına sahip yapılar olarak tanımlanmaktadır.

2.1. Enerji Etkin Bina Tasarım Parametreleri

Enerjinin etkin kullanımı istenilen performans düzeyi, kalite ve konfor koşullarından ödün verilmeksizin bir hizmet elde etmek için gerekli olan enerji miktarının azaltılması olarak tanımlanabilir. Kısa dönemde kolaylıkla sonuçların alınabileceği bir alan olan enerjinin etkin kullanımı, ülkece üzerinde çözüm üretilmesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, bu konu enerji politikasının benimsemesi ve geliştirmesi gereken öncelikli bir ilke olmalıdır (Oral Koçlar, 2007). Üretilen enerjinin korunması, tüketiminin azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması bu mimari yaklaşımların odak noktasını oluşturmaktadır. Sürdürülebilir mimari başlığı altında tasarım yaklaşımının enerjiye odaklanması “enerji etkin tasarım” anlayışını ortaya çıkarmıştır (Durmuş, 2009).

Enerji etkin tasarım anlayışında yapı bileşenleri ve iklimlendirme sistemleri çevreye duyarlı olarak şekillenmektedir. Enerji etkin tasarım odaklı şekillenen

projelerde enerji korunumunu yükseltmek, yenilenebilir kaynak kullanımını özellikle iklimlendirme sistemlerinde kullanarak fosil yakıtların kullanımını azaltmak amaçlanmıştır. Bina tasarımında kullanılan enerjinin büyük bölümü yapı iç mekân kalitesini ve konforunu sağlamak amacıyla havalandırma, soğutma ve ısıtma gibi iklimlendirme sistemleri için kullanılmaktadır. Enerji etkin binalar; yenilenebilir kaynaklar ile beslenen sistemleri içererek ihtiyaç duyduğu enerjiyi pasif yollar ile karşılamaktadır. Yapının bulunduğu konuma ait verileri tasarım aşamasından yapım aşamasına kadar her basamakta kullanılması ile biçimlenmektedir.

Enerji etkin bina tasarımı, bina tasarımcılarının, iklim, yönelim, gün ışığından faydalanma ve çevresel kaliteyi tasarım kavramlarının bir parçası olarak düşünmelerini gerektirmektedir (Yeşilli, 2016; Durmuş Arsan, 2009). Gerekli aktörler tasarım aşamasında enerji verimliliğine dikkat ederek enerji kayıplarını en aza indiren yapılar tasarlayarak yapı sektörüne yön verebilmektedir.

Janssen (2004), enerji verimliliğinde yaşanacak bir iyileştirmenin, sağlanan hizmet seviyesini etkilemeden, üretim birimi başına enerji tüketim miktarlarını azaltan ve üretici veya enerji ürünlerini kullanan kişiler tarafından gerçekleştirilen herhangi bir işlem olarak kabul edildiğini öne sürer. Enerji etkin tasarımda yapıda dış çevreye ve binaya ilişkin parametreler olmak üzere iki grupta incelenmesi gereken faktörler bulunmaktadır. Dış çevreye ilişkin parametreler iklim ve iklimi oluşturan elemanlardır. Yapının iklimlendirilmesi için bulunduğu iklim bölgesi belli değerler sunmaktadır.

İklimsel konfor ve görsel konfor sağlanırken doğal ve yapay çevreye ilişkin verilerin kontrollü olarak mekâna alınması sağlanmaktadır (Watson ve Labs, 1993). Kontrolün sağlanmasında pasif ve aktif sistemler etkili rol oynamaktadır. Sistemlerin tasarımı ve detayları ile yapının enerji tüketimi ve üretimi açığa çıkmaktadır.

Yapı tasarımında enerji etkinliği sağlanırken pasif ve aktif sistemler kullanılmaktadır. Aktif sistemler için ihtiyaç duyulan enerji mekanik sistemler ile karşılanmakta ve enerji tüketimi pasif sistemlere göre daha fazla olmaktadır (Karaca ve Varol, 2012). Pasif sistemler enerji ihtiyacının doğal kaynaklardan karşılandığı, doğal ve yapay çevreye ait veriler dikkate alınarak oluşturulan sistemleri içermektedir. Binaların enerji etkinliğindeki en önemli rol tasarım aşamasında enerji kazanç ve kayıplarını istenilen düzeyde tutacak pasif sistemlerin oluşturulmasıdır (Erol, 2017; Berköz ve Küçükdoğdu, 1995). Pasif sistemler oluşturulurken incelenmesi gereken enerji performansını etkileyen parametreler ve enerji etkin tasarım ilkeleri bulunmaktadır.

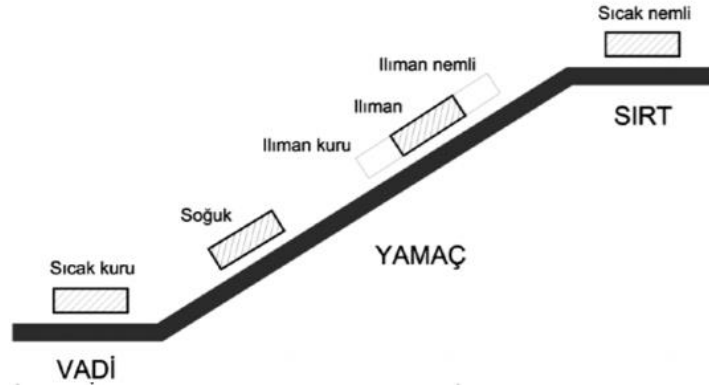
Yapıda gerekli olan enerjinin verimli ve minimum düzeyde kullanılması için fiziksel ve yapılı çevre etmenleri dikkate alınmalıdır. Enerji korunumunu sağlayan faktörler ve enerji tüketimini gerektiren etmenler enerji etkin binayı oluşturma aşamalarında incelenmelidir (Türkmen, 2017) (Şekil 2.1).

ENERJİ TÜKETİMİ GEREKTİREN FAKTÖRLER		ENERJİ KORUNUMUNU SAĞLAMAYA YÖNELİK ÖLÇÜTLER	
KULLANICI İKLİMSEL KONFORU	KULLANICI GÖRSEL KONFORU	DOĞAL ÇEVRE ETMENLERİ	YAPMA ÇEVREYE İLİŞKİN ETMENLER
KULLANICININ YAŞI	GÜN IŞIĞI	TOPOGROFİK ETMENLER	BİNA KONUMU
KULLANICININ GİYSİ TÜRÜ	MANZARA	İKLİMSEL ETMENLER	BİNA YÖNLENMESİ
KULLANICININ AKTİVİTE DÜZEYİ	FİZYOLOJİK GEREKSİNİMLER	Işınım	BİNANIN FORMU
KULLANIM SÜREKLİLİĞİ VE SÜRESİ	YÜZEYLERİN GÖRÜNÜMLERİ	Sıcaklık	BİNA ARALIKLARI
		Nem	BİNA KABUĞU VE YALITIM
		Rüzgar	DOĞAL HAV.VE GÜNEŞ KONTROL SİST.
		YEŞİL DOKUNUN ETKİSİ	MEKAN ORGANİZASYONU
			MALZEME SEÇİMİ VE KULLANIMI

Şekil 2.1. Enerji tüketimini gerektiren ve enerji korunumunu sağlayan faktörler (Türkmen, 2017)

Bina üretiminde enerji tüketimini gerektiren faktörler kullanıcının iklimsel ve görsel konforu için gerekli faktörleri içermektedir. Özellikle bileşen ve sistem tasarımında enerji korunumunun sağlanmasına yönelik ölçütler ise tasarımın ön karar aşamasında alınması gereken kararları içermekte ve bir yapının enerji etkinliği için önem arz etmektedir. Enerji korunumu sağlamaya yönelik ölçütleri, doğal çevreye ve yapma çevreye ilişkin etmenler olarak iki başlık altında incelemek mümkündür. Doğal çevreye ilişkin faktörler;

İklimle ilişkin veriler; enerji korunumu için etkin bir role sahip olan iklim elemanları, dış ortam sıcaklığı, nemlilik, güneş ışınım açısı süreleri ve rüzgârdır (Şabanoğlu, 2018; Yavaş, 2019). Binalar iklim özelliklerine göre farklı yüksekliklerde ve yönelmelerde yerleştirilmektedir (Zeren, 1978) (Şekil 2.2).



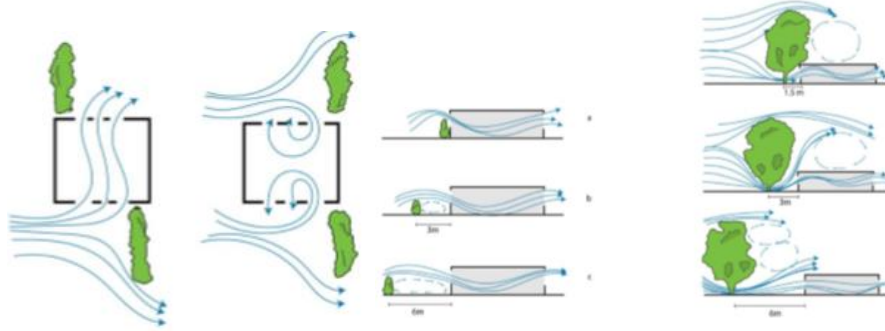
Şekil 2.2. Binaların iklim bölgesine göre konumlandırılması (Zeren, 1978)

Enerji etkin yapı kabuğu tasarlayabilmek için iklimsel koşulların kontrol altına alınması gerekmektedir. Örneğin; yapının bulunduğu iklimsel bölgeye göre güneşin ısıtıcı etkisinden yararlanma veya kaçınma durumu söz konusu olabilmektedir. Güneşten doğal aydınlatma kaynağı olarak maksimum oranda faydalanmak kamaşmaya neden olduğu için cephede güneş kırıcı gibi önlemler alınması gerekebilmektedir (Ceyrancı, 2020). Yapı tasarlanırken iklimsel verilerin olumlu etkileri yapı bileşenlerine sistem seçimlerine enerji etkinliği sağlayacak şekilde etki etmelidir. Enerji tüketiminin ve ısı kayıplarının fazla olacağı iklimsel şartlarda kuzeye bakan yönlerde sağırlaştırılmış cepheler kullanılmalı ve peyzaj elemanları ile olumsuz etkiler azaltılmaya çalışılmalıdır. Güney cephesinde ise ısı kaybı önleyici cam türleri ve güneye bakan çatı pencere açıklıkları oluşturularak enerji tüketimi azaltılabilmektedir.

Topoğrafyaya ait veriler; topoğrafya, yeryüzünün doğal engebe ve özellikleridir. Deniz seviyesinden yüksekliğe çıktıkça atmosferik değerlerde değişiklik olmakta, ışınım şiddetinde, havanın kalitesinde, basınç değerlerinde ve rüzgâr hızında artış olmaktadır (Andersen, 1995; Aşçı, 2015). Bu durumda bulunduğu iklim bölgesi ile birlikte iklimsel elemanların deniz seviyesinden çıktıkça değiştiği göz önüne alınmalıdır.

Bitki örtüsü; bina oluşturulurken çizilen peyzaj projesi detayları düşünülmeli, yapıya olumsuz etki oluşturan rüzgâr ve güneş etkisi azaltılmalıdır. Bir binanın çevresindeki peyzaj elemanlarından ağaç, çeşitli bitki örtüsü elemanları doğru şekilde seçilip konumlandırıldığında bu yerleşim ile ısıtma ve soğutma için harcanan enerji azaltılmaktadır. Tüm bunlar değerlendirildiğinde bitki örtüsü enerji etkinliğini sağlamada dikkat edilmesi gereken bir veridir. Yüksek ve sık ağaçlar rüzgâr akımının yönünü değiştirdiği için, rüzgârı binaya yönlendirmek veya istenmeyen rüzgârları

uzaklaştırmak için yapılan düzenlemeler ile kullanılabilir (Santamouris, 1998) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Ağaçların hava akımını yönlendirmesi (Santamouris,1998)

Yapma çevreye ilişkin tasarım parametreleri;





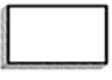



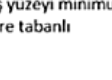

- Bina konumu
- Binanın yönlenmesi
- Binanın formu
- Bina aralıkları
- Bina kabuğu ve yalıtım
- Doğal havalandırma ve güneş kontrol sistemleri
- Malzeme seçimi şeklinde alt başlıklar içermektedir (Yuyucu, 2016).

Binanın konumu; içinde bulunduğu alana ait iklimsel ve topoğrafik veriler en az enerji tüketimi ve çevreye zararlı oluşumu azaltmak için değerlendirilmelidir. Binanın bulunduğu yere ait veriler ışığında çevre dostu yapılar oluşturmada etkilidir.

Binanın konumlandırıldığı yön; bulunduğu arazi koşulları iklim kontrolü ve hava kirliliği açısından önemli bir girdi oluşturmaktadır. Binanın yönlendirilmesine bağlı olarak değişen güneş ışınım şiddeti sayesinde yapı kabuğuna uygulanan ısı miktarı değişkenlik göstermektedir. Güneşe göre yönlendirilen yapıda enerji korunumu ile birlikte, istenilen yapı içi ısıl konfor ve kullanıcı memnuniyetini karşılayacak düzeyde sıcaklık elde edilmesini sağlamaktadır (Ceyrancı, 2020). Değişken veriler sonucunda kabuk tasarımı enerji yükünü hafifletici sistemler barındırabilmektedir. Yönlere göre rüzgârın serinletici etkisi, yüzeylerde oluşturduğu basınç, iç mekânlarda kullanılacak havalandırma sistemlerine katkısı, cephelerde ve yerleşimde oluşan hava akımı türü gibi etkilerden maksimum performans sağlayacak şekilde konumlanması gerekmektedir.

Güneş etkisi ve rüzgâr yükü değişkenine göre cepheler arasındaki farklı yaklaşımlar olması gerekmektedir (Ceyrancı, 2020) (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Bina formları ve yönlendiriliş durumları (Ceyrancı,2020)

İKLİM BÖLGESİ	BİNA FORMU	BİNA YÖNLENDİRİLİŞİ
sıcak nemli	dikdörtgene yakın yapı 	
sıcak kuru	avlulu kare tabanlı 	
ılımlı kuru	kareye yakın 	
ılımlı nemli	geniş yüzeyli 	
soğuk	dış yüzeyi minimum kare tabanlı 	





Binanın yönelişi; güneş ve rüzgâr gibi dış iklimsel etkiler ve yenilenebilir kaynakların enerji verimliliğine katkısı özellikle cephelerde ve plansal çözümlerde kendini göstermektedir (Awbi,1998; Lenchner, 1990).

Sıcak nemli bölgelerde, nemi rüzgâr etkisi ile önlemek için bina formunu hâkim rüzgâr yönünde dikdörtgen biçiminde yönlendirerek rüzgâr etkisinden daha çok faydalanılması sağlanmış ve nem oluşumu azaltılmıştır. Sıcak kuru iklimde ise ısı kazançlarını en aza indireyecek avlulu kompakt biçimler seçilmiştir. Sıcak nemli iklim bölgelerinde ise doğal havalandırmadan en fazla fayda sağlamak için, kütlelerin uzun cephesi hâkim rüzgâra göre yönlendirilmiş ince uzun dikdörtgen biçimlerde yapılara yer verilmektedir (Akande, 2010; Manioğlu ve ark., 2013).

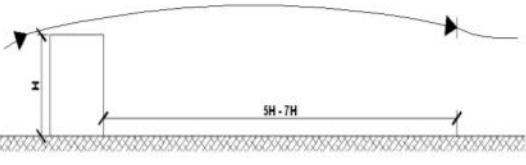
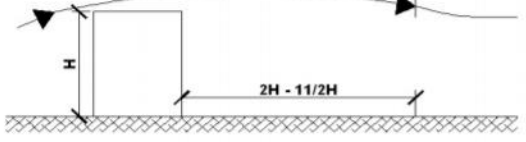
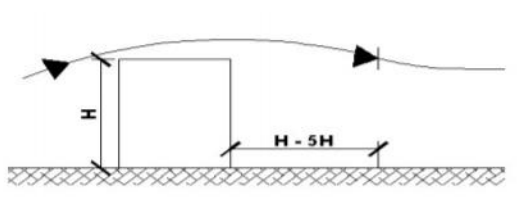
Binanın formu; bina uzunluğunun derinliğine oranı, çatı türü, cephe elemanları, malzeme cinsi, mekânları oluşturan yüzeylerin hacme oranı ve yapıya ait geometrik değişkenler aracılığıyla enerji üretimi ve korunumunu sağlayan parametrelerden biridir. Herhangi bir mekânı dış çevreden ayıran ve örten bina kabuğu biçimi tasarlanırken

binanın kabuğundaki alanı toplamı, farklı yönlere bakan cepheler, çatı yüzeylerindeki eğim, cephe ve çatı arasındaki orantı değişkenlik göstermekte, yapıya ait sistemleri şekillendirmektedir. Farklı iklim bölgeleri için bina formları şekillenmektedir (Kasmayı, 2003) (Tablo 2.2)

Tablo 2.2. İklim özelliklerine göre uygun bina formları (Kasmayı, 2003)

İKLİM BÖLGESİ	ÖZELLİKLER	BİNA FORMU
ILIMAN NEMLİ	Sıcak dönemde rüzgâra açık cepheler, serbest formlar.	
SICAK KURU	Avluya bakan cepheler, dışa kapalı kompakt formlar.	
SICAK NEMLİ	Rüzgâra açık cepheler, uzun formlar.	
SOĞUK	Minimum yüzey alanlı cepheler, kompakt formlar	

Binalar arasındaki mesafe; güneş ışınımı kazançlarının, yararlı rüzgâr etkisinin artırılmasına olanak sağlayacak şekilde yüksekliğe ve birbirine göre konumlarına dikkate alınarak oluşturulmalıdır (Özdemir, 2005). Bina aralıkları, yapıya gelen güneş ışınımının ısıtıcı etkisinden optimum derecede yararlanabilmeyi sağlamakta ve birbirinin güneşini kesmeyecek gölge oluşturmayacak şekilde olmalıdır. Ayrıca yerleşimin sonucu ortaya çıkan bina mesafeleri rüzgâr hızını ve hava akımının oluşturduğu çeşitli etkileri beslemektedir. Güneşlenmenin sağlanması için binalar birbirine düşürmeyecek şekilde konumlanmalıdır. Aynı zamanda güneş ışınımının istenmediği yerde binalar birbirini gölgeleme elemanı olarak da kullanılabilir (Özdemir, 2005) (Şekil 2.4). Örneğin sıcak-kuru iklim bölgesinde gölgeleme ile güneş ışığından korunma sağlanmalıdır (Lechner, 1991).

<p><u>Sıcak-Nemli İklim Bölgesi</u> (5H-7H)</p>	
<p><u>Sıcak Kuru İklim Bölgesi</u> (2H-5,5H)</p>	
<p><u>Ilımlı-Kuru, Ilımlı-Nemli ve Soğuk İklim Bölgesi</u> (H-5H)</p>	

Şekil 2.4. Farklı iklim bölgelerinde bina aralıklarının belirlenmesi (Özdemir, 2005)

Bina kabuğu ve yalıtım; dış kabuğunda kazanılan ve kaybedilen ısı miktarlarına göre bina içi iklimsel konfor düzeyi değişim göstermektedir. Aynı zamanda cephe elemanlarının ısı tutuculuğu, nem ve hava geçirgenliği gibi değerler enerji korunumunu etkilemekte, enerji üretimi içinde ilave bir kaynak oluşturabilmektedir. Dolayısıyla bina kabuğu iç ve dış mekânda farklı iklimsel etkilere sebep olmaktadır. Yapı yüksekliği arttıkça cephelerin maruz kaldığı rüzgâr etkisi artmakta, ısı kaybı fazlaşmaktadır (Lechner, 1990). Yapı yüksekliği zorunlu olarak tasarlanan projelerde hâkim rüzgâra göre konumlanma ile rüzgâr enerjisinden enerji üreten kabuk tasarımları oluşturulabilmektedir. Yoğuşma etkisi kontrolü gibi termofiziksel özelliklerin değişimine neden olan kabuk bileşenleri enerji etkinliğinde dikkate alınması gereken bir parametredir. Yapı kabuğunu oluşturan katmanların ısı iletim özellikleri, kabuğun hava sızdırmazlık düzeyi, pencerelerin konumlandırılması, doğramalar, kullanılan camların renk ve yansıtıcılıkları konutta enerji denetimi için önemli girdilerdir (Dikmen, 2016). Bina dış kabuğu tasarlanırken uygun oranlarda pencere, cam ve doğrama tipinin seçilmesi, saydam ve opak bileşenler arasındaki denge sağlanması gerekmektedir. Dış kabuktan geçen ısı miktarı kabuk iç yüzeyindeki sıcaklığını, iç ortamın iklimsel verilerini enerji korunumu ve tasarrufu açısından etkilemektedir. Bina kabuğu için iklim ve termofiziksel özellikler farklılık göstermektedir (Efe, 2009) (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. Bina kabuğu termofiziksel özellikleri (Efe, 2009'dan yararlanılarak oluşturulmuştur.)

İKLİM BÖLGESİ & BİNA KABUĞU	SICAK-NEMLİ İKLİM BÖLGESİ	SICAK-KURU İKLİM BÖLGESİ	ILIMLI İKLİM BÖLGESİ	SOĞUK İKLİM BÖLGESİ
DUVAR	-Güneş yansıtıcılığı yüksek -Açık renk -Isı depolama kapasitesi düşük	-Isıyı depolama kapasitesi yüksek	-Nem tutuculuğu az -Geniş açıklıklı	Güneş yansıtıcılığı düşük -Koyu renk -Isı depolama kapasitesi yüksek
PENCERE	-Güneş kırıcı olmalı -Camın yansıtıcılığı yüksek -Etkin havalandırma için konumları ayarlı	-Avlu cephesinde büyük açıklık -Cephe genelinde küçük açıklık	-Nem etkisini azaltan -Geniş açıklıklı	-Isı geçirgenliği düşük -Küçük açıklıklı
ÇATI	-Hava sirkülasyonuna izin verecek şekilde eğimli	-Düz çatılar	-Düz ve az eğimli çatılar	-İyi yalıtılmış çatılar

Isı kayıp ve kazançlarının yoğunlaştığı duvar ve çatı yüzeylerinin artması enerji verimini azaltmaktadır. Açıklıklar oluşturulurken yaz mevsiminde güneşin olumsuz etkisinden korunmak ve kış mevsiminde ise güneşin ısınım ve ışınlımından maksimum yararlanmak amacıyla pencereler güneye yönlendirilmelidir (Dikmen, 2016). Yapı kabuğu tasarımında minimum derecede mekanik sistemlere dayalı ısıtma ve soğutma enerjilerinin kullanılması amaçlanarak, konforlu iç mekân kalitesi oluşturulmaktadır.

Doğal havalandırma ve güneş kontrol sistemleri; doğal havalandırma, hava sirkülasyonun sağlandığı, taze havanın pasif bir sistemle mekâna dâhil edilmesidir. Isısal konforun sağlanmasında, ısıtma, soğutma ve havalandırma için ihtiyaç duyulan enerjinin azaltılmasında doğal havalandırmanın önemi büyüktür. Enerji tüketim kontrolünün zor olduğu ve ısı kaybının yaşandığı durumlarda güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri ile enerji verimliliği sağlanabilmekte, yapının doğu-batı ekseninde güney cephesi geniş tutularak doğrusal yerleştirilmesi önerilmektedir (İmik, 2017; Lawson, 1980).

Dış iklim koşulları ve önerilen sistem çözümü yapılarda oluşan doğal havalandırma koşulları ile ilişkilidir. Sıcaklık farkları, hava kütleleri arasındaki yoğunluk farklarına ve basınç farklılıklarına sebep olarak hava akımlarının yönünde, basınç bölgelerinin yerinde, hava akım hızında belirleyici rol oynamaktadır. Parametrelerin enerji tasarrufu açısından doğru değerleri belirlenmedikçe binadaki mekanik ve elektrik sistemlerinin otomasyonundan yeterli enerji verimi elde edilemez (Yılmaz, 2006). Enerji etkin bina tasarımı sürecinde etkili olan binanın konumu, bina aralıkları, binanın yönelişi, bina formu, bina kabuğu, doğal havalandırma düzeni gibi parametrelerden yararlanarak binaların pasif sistemlerce enerji etkin olarak tasarlanması mümkündür.

Güneş kontrolü ve doğal aydınlatma ilkeleri de aşağıdaki gibi sıralanabilir (İmik, 2017);

- Sıcak dönemde güneş ışınımından korunup, soğuk dönemde faydalanarak binanın aktif enerji ihtiyacının azaltılması,
- Peyzaj öğelerinin gölgelenme ve güneşlenmeye katkısı düşünülerek proje tasarımı ile entegre olarak şekillenmesi
- Mekânlardaki aydınlık seviyesi ve gün ışığının ulaşması kontrollü olması ve kamaşmanın önlenmesi

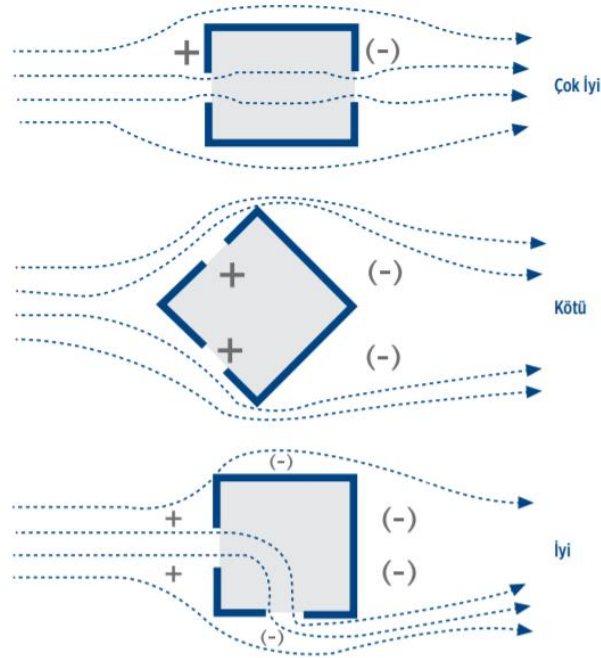
Enerji etkin binalarda temel amaç doğal yollar ile iklimlendirilmenin sağlanmasına imkân veren sistem çözümlerini yenilebilir kaynak kullanımıyla desteklemektir. İklimlendirme alt başlıklarından biri olan havalandırma için doğal çözümler getirmek çevre dostu yapılar oluşturmak enerji etkin bina tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken ilkelerden biridir. Yapıların doğal olarak havalandırması enerji yükünü azaltmakta, rüzgâr enerjine dayalı sistemlerin binalarda kullanımıyla enerji etkinliği sağlanabilmektedir. Doğal havalandırmada kullanılan rüzgâr akımı ile ilgili prensipler ışığında doğru tasarım kararları verilebilmektedir.

2.2. Doğal Havalandırmada Yararlanılan Hava Akımının Prensipleri

Gün geçtikçe uygulama alanları olarak rüzgâr santrallerinde kullanımı yaygın olan rüzgâr enerjisinin binalarda enerji üretmek ve enerji kaybını azaltmak için kullanımı artmaktadır. Bu anlamda rüzgâr enerjisinin yapılarda kullanımı önem kazanmakta ve rüzgâr enerjisi teknolojik gelişmeler ışığında yapı sistem ve bileşenlerine entegre edilmektedir. Yapılarda doğal havalandırma ve elektrik enerjisinin üretiminde kullanılan rüzgâr enerjisinden; pasif sistemler yolu ile doğal havalandırma,

aktif sistemler yardımıyla elektrik enerjisi elde edilebilmektedir. Doğal havalandırma, sadece doğal hava hareketine bağlı olduğundan sürdürülebilir ekonomik kalkınma için oldukça önemlidir. Gelişmiş ülkelerde projeler hava akımı, enerji kullanımı ve bina olarak üç başlık ile ilişkili olmaktadır. Çünkü bu şekilde mekanik havalandırma sistemlerine ve iklimlendirmeye duyulan gereksinimi azaltarak, fosil tabanlı enerji kullanımından önemli bir tasarruf sağlanmaktadır. En basit şekli ile “ısıyan hava yükselir” prensibine dayanan, sıcak ortam havasının soğuk ortam havasından daha hafif olması nedeniyle gerçekleşen konvektif akım yardımıyla mekânlar arasında yaz ve kış koşullarında olmak üzere hava dolanımı pasif ısıtma ve serinletme amaçlı kullanılabilir (Harputlugil ve Kılınç, 2016). Doğal havalandırma yoluyla iç mekânda oluşan kirli hava dışarı atılmaktadır. Hava kalitesini iyileştirirken aynı zamanda dış hava sıcaklığının iç hava sıcaklığından düşük olduğu durumlarda da soğutma sağlamaktadır.

Dış ortam rüzgâr akımının iç-dış ortam arasında yarattığı basınç farkı ve iç ortam ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkının yarattığı basınç farkından yararlanarak hava akışı sağlanmaktadır (Harputlugil ve Kılınç, 2016) (Şekil 2.5).

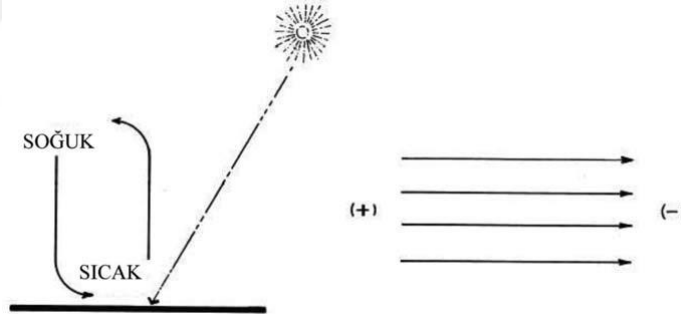


Şekil 2.5. Doğal havalandırma pozitif ve negatif basınç alanları oluşumu (Harputlugil ve Kılınç, 2016)

Doğal havalandırma, hava akımının prensiplerine dayalı olarak farklı tekniklerde karşımıza çıkmaktadır. Uygun tekniğin seçilmesi yapının bulunduğu alan verileri ve

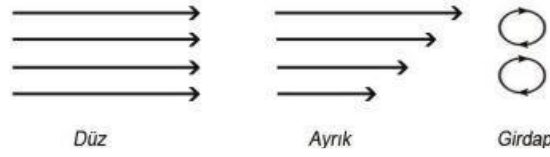
iklimsel koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Fizik kanunları ile tanımlanan doğal hava akımı rüzgâr basınç gibi çeşitli kuvvetler oluştururken onlardan beslenmektedir ve binaların tasarımında dikkate alınması gereken kriterlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılarda doğal havalandırma stratejilerinin etkin olarak kullanılması, hava akımının yapı içine alınması, yapı içinde izlediği yol ve yapıdan atılması kurgusunun oluşturulmasına dayanmaktadır. Yapının formu, kabuğu ve iç mekân kurgusu hava akımının yolu üzerinde doğrudan etkili olarak doğal havalandırma stratejisini oluşturmaktadır. Başka bir deyişle, bir yapının yapısal ve konstrüktif öğeleri doğal havalandırma stratejisi üzerinde etkin rol oynamaktadır (Kılınç, 2015; Xie ve ark., 2005). Doğal havalandırma yöntemlerinden yararlanabilmek için hava akımıyla ilgili temel prensipleri bilmek gerekir (Yüksek ve Esin, 2011).

Hava akımının nedenleri; hava akımları birbirinden farklı basınç bölgelerine bağlı olarak, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru hareket etmektedir. Aynı zamanda sıcaklıktaki farklılıklardan kaynaklı doğal konveksiyon yolu ile oluşmaktadır (Yüksek ve Esin, 2011) (Şekil 2.6).



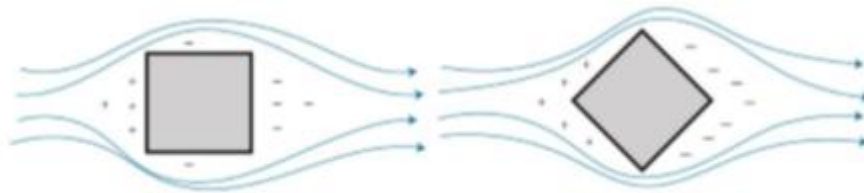
Şekil 2.6. Doğal konveksiyon nedeniyle ve basınç farklılıkları ile oluşan hava hareketleri (Yüksek ve Esin, 2011).

- **Hava akımının tipleri;** hava akımları üç çeşitte ayrılmaktadır. Bunlar; düzgün (laminer), ayrık ve girdap akımlarıdır. Şekil 2.7’de görülen diyagramlar rüzgâr tünellerinde dumanla elde edilen deney sonuçlarına benzer şekilde ifade edilmişlerdir (Yücel, 2010). Düz hava akımları sert bir engel ile karşılaştığında eğrisellik kazanarak türbülanslı bir hale gelmektedir. Çeşitli zamanlarda kayıt edilen rüzgâr akımlarında değişkenlik ve düzensizlik görülebilmektedir. Atmosferin alt katmanlarında bir engel veya ısı akışı nedeniyle de türbülans gerçekleşmektedir. Yükseklik arttıkça hava türbülansı azalmaktadır (Allard, 1998).



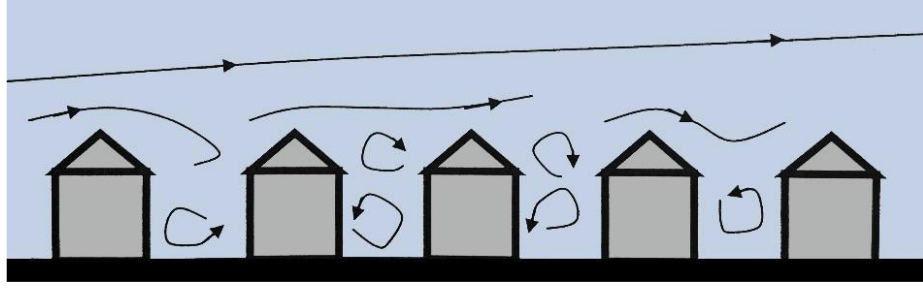
Şekil 2.7. Temel hava akımları (Yücel, 2010)

- **Atalet;** Hava bir miktar kütleyle sahip olduğundan, hareketli hava düz bir çizgide gitme eğilimindedir. Yönünü değiştirmeye zorlandığında hava akımları eğriyi takip eder ve asla dik açıda olmaz (Yüksek ve Esin, 2011).
- **Hava Korunumu;** hava bulunduğu alanda var ediliyor, yok edilemez bu durumda enerji korunumu ilkesine göre yapıya yaklaşan ve yapıdan uzaklaşan hava miktarı aynıdır. Sonuç olarak hava hareketi süreklilik arz etmelidir (Yücel, 2010).
- **Yüksek ve Alçak Basınç Alanları;** hâkim rüzgârın etkisinde kalan cephelerin genişlikleri arttıkça alçak basınç etkisi olarak adlandırılan bir rüzgâr hareketi ile negatif basınç oluşmaktadır (Şekil 2.8). Yapıya çarpan rüzgâr ise akımının geldiği cephedeki bölümde aşağıya doğru yönelirken istenmeyen rüzgâr sirkülasyonu ve hız artışına neden olarak pozitif basınç oluşturmaktadır (Lenchner, 1990). Rüzgârın oluşturduğu basınç ile birlikte iç ortamdaki hava akışı saptanmakta hem mekânın hava kalitesi sağlanmakta hem de ısınmaya gereksinim duyulmayan zamanlarda termal konfor oluşturulmaktadır (Aşçı, 2015).



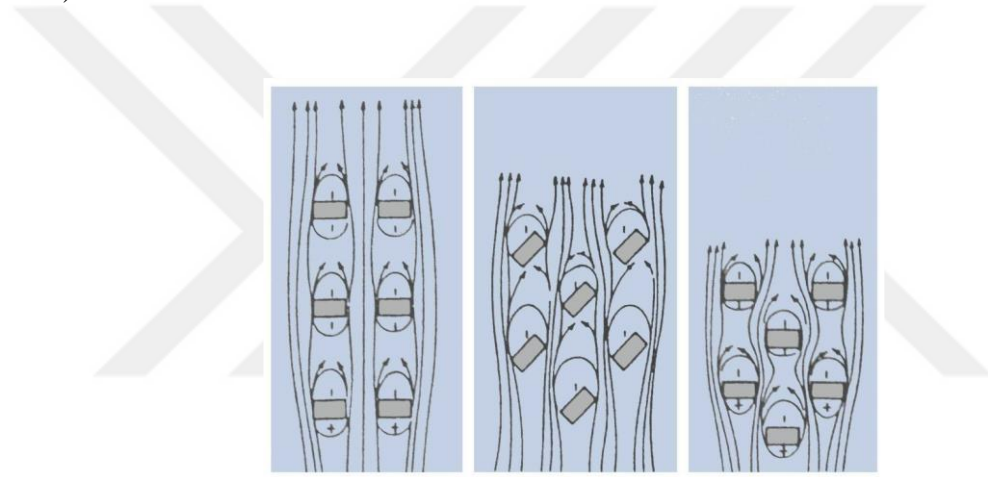
Şekil 2.8. Rüzgâr etkisiyle bina çevresinde oluşan basınç bölgeleri (Lenchner, 1990)

Yapılı çevre için alana eklenen her kütle bölgeye etki eden rüzgâr karakterini etkilemekte, yakın çevresinde rüzgârın olumsuz etkilerine maruz kalmasına sebep olabilmektedir. Yapıların hâkim rüzgâr yönünde sıralı olarak dizilmesiyle daha düzgün hava akımları sağlanabilmektedir (Kılınç, 2015) (Şekil 2.9).



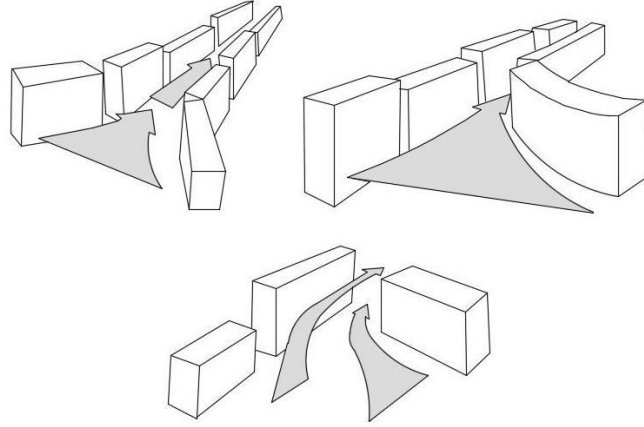
Şekil 2.9. Ayrık hava akışı (Kılınç, 2015)

Yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerde düzenli hava akımı örüntüleri istenmeyen rüzgâr bölgeleri oluşturmaktadır. Bu bölgelerin oluşmasını engellemek amacıyla dağınık bir yerleşim planı seçilmelidir (Andersen, 1995; Kılınç, 2015) (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Yoğun yapılaşmada rüzgârın olumsuz etkisini azaltmaya yönelik yerleşim (Kılınç, 2015)

- **Bernoulli Etkisi;** Binaların arasında geniş bir boşluktan dar bir boğaza giren rüzgâr, huni etkisi adı verilen olumsuz bir rüzgâr ortamı oluşturur (Bennett, 2007) (Şekil 2.11). Zeminden yukarı doğru yükseldikçe havanın hızı artar. Böylece çatı seviyesindeki basınç zemindeki pencere seviyesindeki basınçtan düşüktür. Sonuç olarak, ventüri tüpü geometrisinin yardımı bile olmadan Bernoulli etkisi ile çatı açıklıkları arasından hava dışarı verilir (Yüksek ve Esin, 2011).



Şekil 2.11. Hava akımları ile oluşan ventüri etkisi (Bennett, 2007).

Akışkanların hızı ve basıncı arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Hava akımının hızı arttıkça basınç düşmektedir. Ventüri tüpünde daralan bölgedeki açıklıklar negatif basıncı oluşturmaktadır. Rüzgâr basıncının etkin olduğu doğal havalandırma sistemlerinde, Bernoulli etkisinin uygulandığı çözümler görülmektedir. Örneğin çatı menfezleri ventüri tüpü şeklinde tasarlanarak rüzgâr hızının yer seviyesinden yükseldikçe hızlanması sonucunda bu etki doğal havalandırmada kullanılmaktadır (Lencher, 1990) (Şekil 2.12).

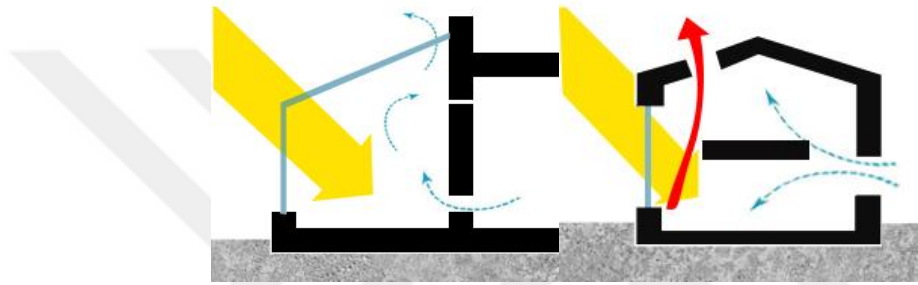


Şekil 2.12. Çatı açıklıklarında Bernoulli etkisiyle sağlanan doğal havalandırma (Lenchner, 1990)

- **Baca Etkisi;** rüzgârın esmediği ya da yapının rüzgâr almadığı durumlarda baca etkisi ile doğal havalandırma sağlanabilmektedir. Sıcaklık ve nem farkından dolayı havanın öz kütlesindeki değişim konveksiyonel bir hareket oluşturmaktadır. Baca etkisi, Bernoulli etkisi gibi bir yapı etrafında bir hava hareketine gereksinim duymaması noktasında avantajlıdır. Yaz günlerinde, zayıf bir kuvvet olması ve havanın çok hızlı hareket edememesinden dolayı özellikle iyi bir dikey havalandırma yaratmak için, yukarıda bahsedilen bernoulli ve ventüri etkisiyle kombine edilerek birbirini desteklemelidir. İç ortamdaki hava hareketlerini sağlayan bir diğer faktör sıcaklık farkından dolayı oluşan baca

etkisidir. Rüzgârla kıyaslandığında daha düşük hava akım değerlerinin elde edildiği baca etkisiyle, iç ortamdaki sıcak hava, çeşitli açıklıklardan dışarıya atılabilmektedir (Çakır, 2003).

Baca etkisinin temel olarak işleyişi, farklı sıcaklığa sahip hava kütlelerinin basınç ortamlarındaki farkı oluşturması, yüksek basınca sahip soğuk bölgeden alçak basınca sahip sıcak ortama hava akımının hareket etmesi şeklindedir. Isınarak yükselen havanın üst noktalarda bulunan açıklıklardan dışarı atılırken, aynı zamanda alttaki soğuk havanın içeri alınmasıyla iç termal konforun sağlanması baca etkisi ile sağlanmaktadır (Goulding ve ark., 1992) (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Doğal havalandırılmanın sağlanmasında baca etkisi (Goulding ve ark., 1992'den faydalanılarak düzenlenmiştir.)

Dezavantaj olarak bu etki zayıf kalabilmektedir. Bu durumda düşey açıklıklar oluşturup, büyük giriş çıkış açıklıkları ve açıklıkların birbirinden maksimum uzaklıkta olduğu düzen kurularak sistem desteklenmelidir. Yapıda istenen düzeyde havalandırmanın doğal yöntemlerle sağlanmasında hava deviniminin oluşumu, hızı, davranışı, biçimlenişi, yapı çevresinde ve içinde ortaya çıkardığı basınç bölgelerinin dağılımı ve basınç düzeyleri önemlidir (Darçın ve Balanlı, 2012) (Şekil 2.14).

Hava deviniminin oluşumu Havanın yüksek basınçlı bölgeden alçak basınçlı bölgeye akması	Hava deviniminin yönü Engelle karşılaşılan havanın yön değiştirmesi	Hava deviniminin doğrultusu Dar açılı engel hava akımını etkilemesi
Hava deviniminde burgaçlar Geniş açılı engel hava akımını etkilemesi	Bernoulli etkisi Engel nedeniyle akış hızının artması ve hava basıncında düşme	Venturi etkisi Sıkışma nedeniyle akış hızının artması ve hava basıncında düşme

Şekil 2.14. Hava akımlarının davranışları (Darçın ve Balanlı, 2012)

Doğal havalandırmaya yönelik tasarım stratejileri; hava akımı prensiplerine yüksek düzeyde dikkat edilmesi ve bu şekilde sistem verimliliğinin artırılmasını içermektedir. Tasarım yapılırken teknolojik imkânlar kullanılarak üç boyutlu rüzgâr analiz ve testleri yapılmalı, taban seviyesinde açıklıklar yatay tercih edilmeli, ılıman bölgelerde hava akımını artırıcı prensiplere yer verilerek baca ve ventüri etkisi kullanılmalıdır.

Hava akımının oluşumu için gerekli prensipler sağlanarak doğal havalandırma sistemleri beslenmektedir. Çeşitli yöntemler ile hava akış hızı, yönü ve binaya etki eden basınç miktarı değişim göstermekte, pasif sistemler bu şekilde üretilmektedir.

2.3. Doğal Havalandırma Yöntemleri

Tasarım aşamalarında doğal havalandırma sistem tasarımının ve yapı tasarımının bir bütün olarak ele alınması gerektiği görülmektedir. Doğal havalandırma prensipleri ve yöntemlerinin yapı-sistem tasarımına entegre edilmesi, mimari parametreler ile hava akımı arasındaki ilişki tasarımcılar tarafından bilinmelidir. Kullanılacak enerji ise yenilenebilir bir kaynak olan rüzgâr enerjisi ile desteklenmelidir. Yapılarda doğal havalandırma, açıklıklardan rüzgâr veya basınç farkı dolayısı ile oluşmaktadır. Hâkim rüzgâr yönünde konumlandırılan yapı ya da yapıların üzerindeki açıklıklardan sağlanan hava akımı ile havalandırma ve soğutma sağlanmaktadır. Doğal havalandırma yöntemlerinde dikkate alınan üç temel etken;

- **Rüzgâr ve ısısal kaldırma kuvveti veya rüzgâr ve ısısal kaldırma kuvvetinin birlikte kullanımı:** Bunlar havalandırmayı yönlendiren doğal kuvvetlerdir (Dikmen, 2016; Kleiven, 2003).
- **Havalandırma prensipleri:** Hacimleri havalandırmada doğal itki kuvvetlerini kullanır. Bu tek taraflı havalandırma, karşılıklı çapraz havalandırma veya baca havalandırması şeklinde olabilir.
- **Doğal havalandırmayı gerçekleştirmek için kullanılan karakteristik havalandırma elemanları:** En önemli karakteristik elemanlar rüzgâr kuleleri, rüzgâr yakalayıcıları, bacalar, çift cephe, atrium, ve gömülü kanallardır (Kleiven, 2003).

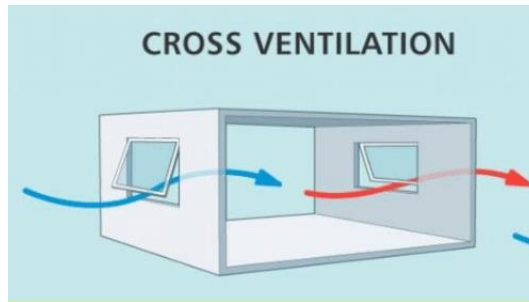
Doğal yöntemlerle havalandırılan bir bina, mekanik yöntemlerle havalandırılan aynı özellikteki binalara kıyasla %90'lara varan oranlarda enerji tasarrufu sağlayabilmektedir (Web İletisi-1). Havalandırma yöntemlerini; konfor havalandırması,

çapraz havalandırma, baca havalandırması, gece havalandırması, rüzgâr kulesi ile havalandırma şeklinde başlıklar altında incelemek mümkündür.

Konfor havalandırılması; nemi buharlaştırarak, fizyolojik olarak soğutma etkisi yaratır. Bu pasif soğutma tekniği, hava sıcaklıklarının orta derecede sıcak olduğu ve iç hava nem kontrolünde havalandırmanın gerekli olduğu, pek çok iklimde belirli periyotlar için kullanışlıdır (Yüksek ve Esin, 2011). Pek çok iklim şartlarında gerekli hava akımı ve hızının oluşturulması yeterli olmadığı için konfor havalandırılması da nadiren pasif olarak karşımıza çıkmaktadır. Gereken koşullara ulaşmak için rüzgâr fanlarının cephede veya tavanlarda kullanılması, açılır kapanır pencere sistemleri cephenin diğer kalanıyla aynı oranda olması gerekmektedir. İç ortam hava sıcaklığı ve neminin dış hava koşullarının üstünde olduğu zamanlar konfor havalandırması için en uygun durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

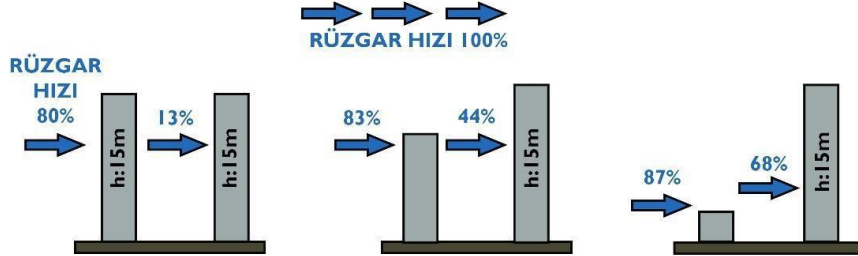
Güneşin ısıtma etkisi ve bina içindeki ısı kaynakları nedeniyle sıklıkla söz konusu olmaktadır. Ancak dış ortam iç ortamdaki sıcak olduğunda, dış hava sıcaklığı ile yapının ısınmasını önlemek için pencereler kapalı tutulmalıdır. Daha soğuk iç havayı dölaştirmek için tavan vantilatörleri kullanılabilir.

Çapraz havalandırma; hava akımı bir yapıya yönlendiğinde binanın temas ettiği yüzey ve alçakta kalan yüzeyler arasında farklı basınç değerleri oluştururlar. Yapı kesitinin tasarımı ve çeşitli stratejiler ile hava giriş çıkış alanları binanın negatif ve pozitif yönleri arasında bir çapraz hava sirkülasyonuna sebep olurken iç hava deviniminin sürekliliği sağlanabilmektedir (Aşçı, 2015; Santamouris, 2013). Bir binanın çevresindeki hava akımları, rüzgârın geldiği cephede yüksek basınç bölgeleri oluştururken, diğer cephede alçak basınç bölgeleri oluşturur. Yüksek basınç bölgesindeki alana girişler ve alçak basınç bölgesine çıkışlar yerleştirildiğinde en etkili çapraz havalandırma sağlanır (Yüksek ve Esin, 2011) (Şekil 2.15) .



Şekil 2.15. Çapraz Havalandırma Uygulaması (Yüksek ve Esin, 2011)

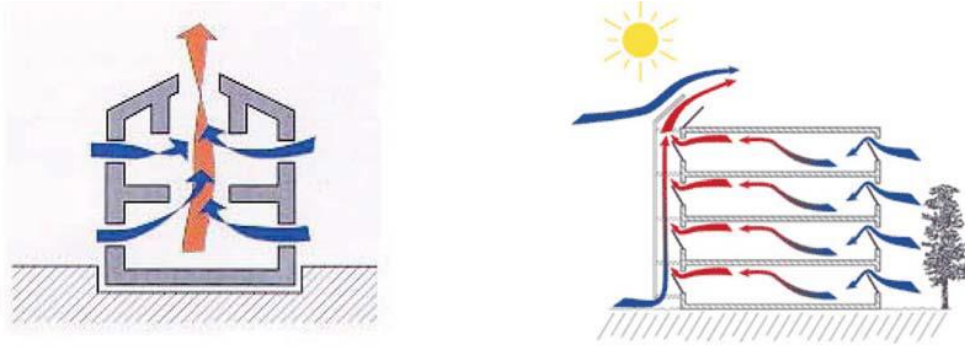
alanlarının olumsuz etkileri çapraz havalandırma sistem çözümleri ile çözülebilmektedir (Aldeberky, 2004) (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. Yapı yüksekliklerinin rüzgâr hızına etkisi (Aldeberky, 2004)

Yapı cephesine çarpan rüzgâr bina formuna göre yayılmakta ve rüzgâr hızında artışa veya azalışa sebep olabilmektedir. Cephe arkasında kalan bölgede ise hava akımı tipi değişmekte ve kontrolü zor olan girdap etkileri oluşturabilmektedir. Seçilen havalandırma yöntemlerinden çapraz havalandırmada içeren sistemler, bina formu ve yüksekliği dikkat edilerek tasarlanmalıdır.

Baca havalandırılması; binanın iç ve dışındaki sıcaklık ve yükseklik farkının sebep olduğu yoğunluk farkları sebebiyle bir hava akımı oluşmaktadır. Yapının etrafında bir hava hareketine gereksinim duymayan baca havalandırması, benzer bir serinletici etki yapar. Bu uygulama aynı zamanda yönlendirmeden bağımsız olma gibi bir avantaja sahiptir (Kasmayi, 2023). Bu yöntemle ısınan hava yükselerek iç mekânda üst noktada bulunan bir açıklığa yönlenerken dışarı çıkar, alt kotta serin hava akımı yapı içine tasarlanan açıklıklardan alınmaktadır (Şekil 2.19). İç mekânda hava hareketi kotlar arasında bu şekilde devam ettirilerek gerekli havalandırma sağlanmaktadır. Baca havalandırılması için gerekli hava akım hızını hava akımı prensiplerinden bernoulli ve ventüri etkisi bir arada kullanılarak daha iyi performans veren bir sisteme dönüştürülebilmektedir. Baca havalandırması sistemleri ile uzaklaştırılması gerek sıcak hava kütlesi atrium veya kış bahçeleri ile ortamdan uzaklaştırılabilmektedir. Yapının ön cephesinin; güneş ışınımı sonucu ısınmasıyla gölgeli alanlara doğru hava hareketi oluşmaktadır. Bu hava hareketi bina iç ortamındaki mekânları serinletmektedir (Web İletisi-2).



Şekil 2.19. Baca Havalandırma Uygulaması (Web İletisi-2)

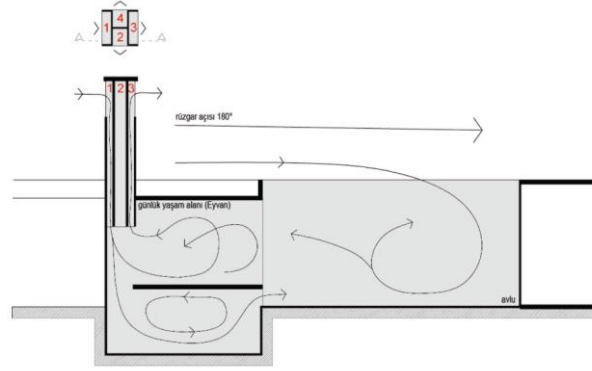
Güçlü bir baca etkisinin oluşması için iç ve dış hava arasındaki sıcaklık farklı olmalı, iç mekânda oluşan hava sirkülasyonunu etkileyecek engeller bulunmamalıdır. Yüksek basınca sahip hava binanın üst bölgelerinde toplanmakta ve tepe açıklıklarından hava dışarı itilmektedir. Rüzgârın olmadığı durumlarda yapı içine hava akımını baca destekli olarak sağlamak için dış mekân sıcaklığının iç mekân sıcaklığından az olması gerekmektedir (Wood ve Salib, 2013).

Rüzgâr kuleleri ile havalandırma; rüzgâr kuleleri çalışmak için rüzgârın ve güneşin enerjisini kullanarak hava akışı ve kule alanı arasındaki basınç farkını kullanırlar. Ortamların iklimlendirilmesi için kullanılan doğal mimari bir çözüm olarak badgirler sıcak havayı dışarı atarak dışarıdan içeriye taze hava almaktadır. Badgirlerde sürekli hava akışı olmaktadır. Her binada iyi bir rüzgâr geçişinin elde edilmesi için hava akımı doğrultusunda rüzgâr kulelerinin yönlendiği önemlidir (Zargari, 2015).

Rüzgâr bacaları iki şekilde çalışır:

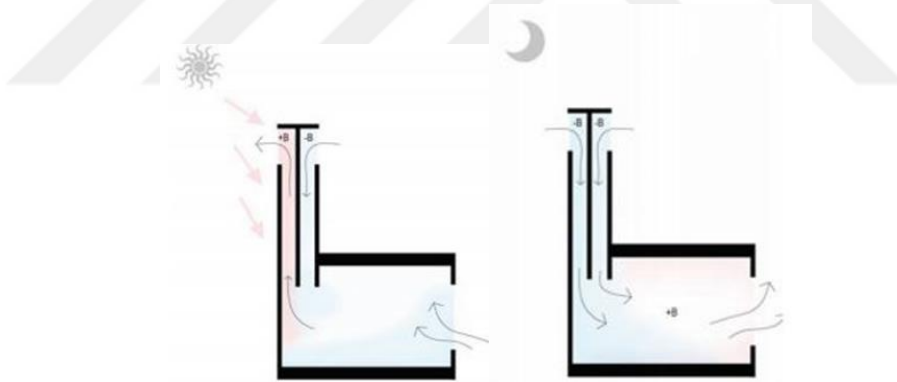
1. Yüksek ve düşük basınç bölgeleri arasındaki hava dolaşımı (Şekil 2.20)
2. İç ve dış mekân arasındaki sıcaklık farklılığı (Şekil 2.21)

Yüksek basınç bölgeleri arasında hava dolaşımı ile rüzgâr akışının karşısında olan hava girişinde yüksek basınç, ters tarafta ise düşük basınç oluşmaktadır. Bu prensibe göre bacanın içinde hava dolaşımı sağlanmaktadır. Isınan havanın hava yükselmesiyle rüzgâr yönünde olan baca çıkışlarından dışarıya atılmaktadır (Zarandi, 2015; Javadi, 2017).



Şekil 2.20. Basınç farklılığına dayanan hava dolaşımı (Zarandi, 2009)

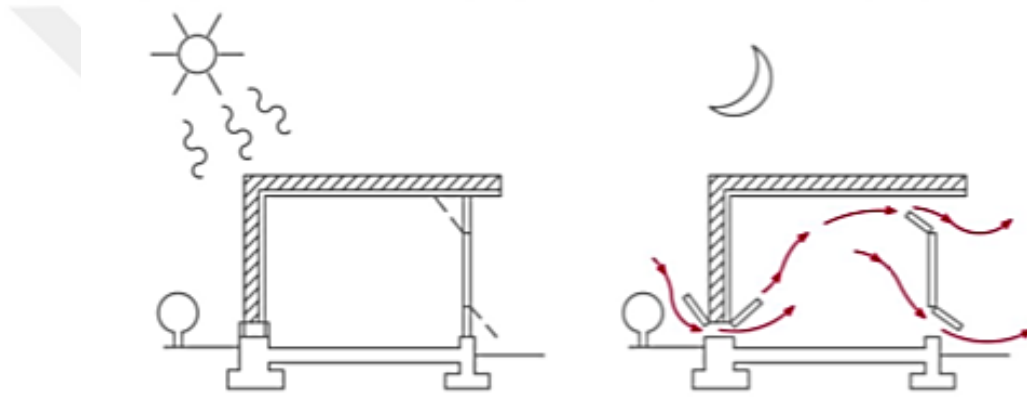
İç dış mekân arasındaki sıcaklık farklılığı ile güneş ışınları nedeniyle baca duvarları ısınır, sıcak hava yükselir ve çıkışlardan dışarıya atılmaktadır. Hava devinimi oluşturulan basınç ayırımı ile sağlanmaktadır. Gündüz bacanın güney cephesi ısınarak içinde olan havayı dışarı atmaktadır, kuzey açıklıklardan da serin hava iç mekâna girmektedir. Güneşin batmasıyla hava soğumakta ve iç mekândaki ısınmış hava pencere açıklığından dışarı atılırken baca yolu ile hava dolaşımı sağlanmaktadır.



Şekil 2.21. Sıcaklık farklılığına dayanan hava dolaşımı (Zarandi, 2009)

Gece havalandırılması; sabah ışığını emen yapı strüktürünü, gece düşük hava sıcaklıklarının olduğu zamanlarda soğutup, yapının gündüz sahip olacağı sıcaklığa düşürülmesiyle sağlanmaktadır. Bu strateji ile gece havalandırılan yapıdan istenmeyen gazlar uzaklaştırılmakta, mekanik sistemler daha az ve verimli şekilde kullanılmaktadır. Çoğunlukla nemli iklim bölgelerinde gece sıcaklığı gündüz sıcaklığından düşüktür. Gecenin soğuk havası yapının kütesinden ısının uzaklaştırılmasında kullanılır. Önceden soğutulmuş kütle ertesi gün boyunca ısıyı emerek bir soğutucu olarak hareket edebilmektedir. Havalandırma ısıyı yapının kütesinden gece boyunca

uzaklaştırdığından, zamana bağlı bu pasif teknik gece havalandırması olarak adlandırılmıştır. Gece havalandırması iki aşamada gerçekleşmektedir (Şekil 2.22). Gece gelen soğuk hava akımı iç kütle ile temas etmekte ve kütle soğutmaktadır. Gündüz ise pencereler sıcak hava ile teması kesmek için kapalı tutulmaktadır. Kütle soğutucu bir etki oluşturarak iç hava sıcaklığını korumaktadır. Bu havalandırma tekniğinde termal kütle önem kazanmakta gündüz saatlerinde yapıyı soğutan ısı emilimi için aktif rol oynamaktadır. Gece havalandırması günlük sıcaklık değişimlerinin 17°C 'yi geçtiği sıcak ve kuru iklimlerde en iyi çalışır, ancak günlük sıcaklık farklarının 11°C 'nin üzerinde olduğu nemli bölgelerde de etkili olmaktadır. Fakat iyi bir ısı transferi sağlamak için gece hava akımı kütle üzerine yönlendirilmelidir (Yuyucu, 2016).



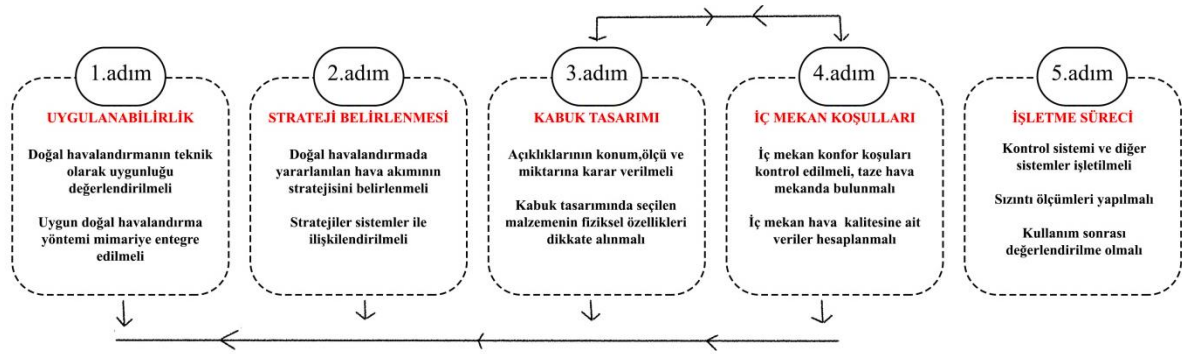
Şekil 2.22. Gece havalandırmasının işleyişi (Yuyucu, 2016)

Geceleri soğuyan strüktür gündüzleri yapının en sıcak zamanlarının daha hafif atlatılmasını sağlar. Böylece yapay iklimlendirme gereçleri daha verimli kullanılır ve yapı içindeki ısı dalgalanmaları engellenir. Bu stratejinin bir başka getirisi gece havalandırılan yapıdan istenmeyen kirli gazların atılmasıdır (Wood ve Salib, 2013).

2.4. Pasif Sistemler İle Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma, tarih boyunca deneyimlere dayalı olarak kapalı mekân üretimiyle açığa çıkmıştır. Geleneksel pasif soğutma sistemlerini ilham kaynağı olarak kullanan havalandırma sistemleri günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Az enerji tüketimi, yenilenebilir kaynak kullanımı ile sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla özellikle modern binalarda pasif sistemlere ilgi artmaktadır. Teorik ve deneysel teknikler ile desteklenen doğal havalandırma sistemlerince kullanılan rüzgârın ve hava akımının akışkan modellemesi yapılabilmektedir. Analiz edilen rüzgâr etkisi ile sistem

tasarımları gelişim göstermektedir. Doğal havalandırma sistem tasarımlarında kullanıcı faaliyetleri ve hava akımının özellikleri irdelenmeli, gerekli aşamalara uyularak projelendirme yapılmalıdır. İklimlendirilmesi doğal havalandırma sistemlerini içerecek bir yapı tasarımında izlenilmesi gereken yol Şekil 2.23’de gösterilmektedir (Etheridge, 2012).



Şekil 2.23. Doğal havalandırma sistem tasarım aşamaları (Etheridge 2012’den faydalanılarak düzenlenmiştir.)

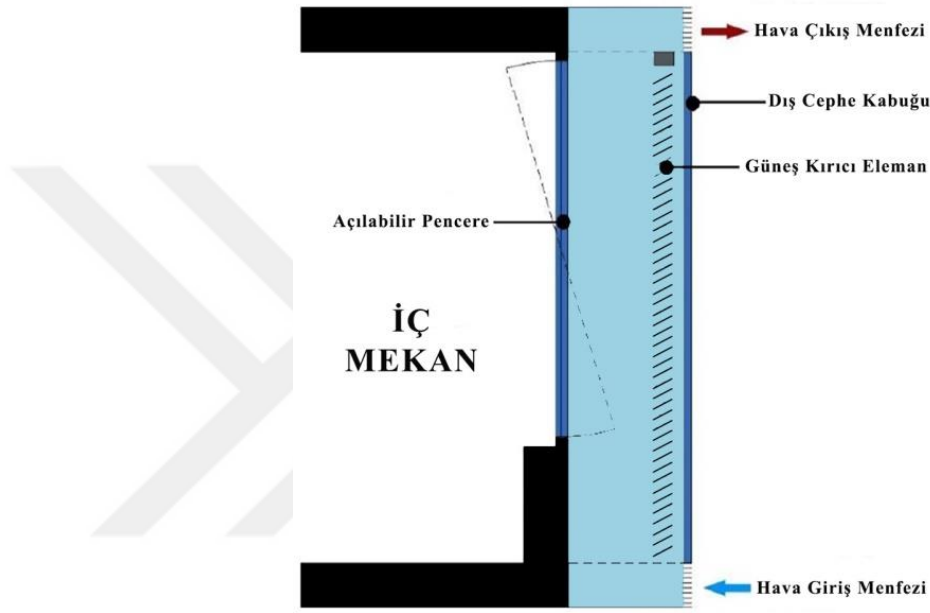
Günümüzde uygulama alanları genellikle rüzgâr santralleri olan rüzgâr enerjisinin binalarda enerji üretmek için kullanılması gün geçtikçe artmaktadır. Gelişmiş ülkelerin çoğu bina-rüzgâr ilişkisine önem vererek konuyu projelere yansıtmaktadırlar.

Mimaride rüzgâr enerjisinden enerji elde etme sistemleri pasif ve aktif sistemler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Yapı içindeki öğeler ile doğal havalandırma stratejisinin etkili olduğu sistemler için gök bahçeler, atriumlar, bacalar ve servis çekirdekleri kullanılabilir (Aksamija, 2013; Gedik, 2009). Yapı tasarımında kullanılan çeşitli bileşenler ile doğal havalandırma sağlanmaktadır. Bu bileşenler cephede çift cidar uygulamaları, havalandırma bacası, atrium, fan ve rüzgâr kulesi kullanımları ile çatıda ventüri bacası ve rüzgâr kepçesi uygulamaları ile sağlanmaktadır (Şabanoğlu, 2018; Straube ve Straaten, 2001) (Tablo 2.4).

Tablo 2.4 . Pasif rüzgâr enerji sistemlerin yapı bileşenlerinde kullanımı (Şabanoğlu, 2018)

Yapı bileşeni	Cephede	Çatıda	Döşemede
<i>Pasif Rüzgâr Enerji Sistemleri</i>	Çift tabakalı cephe	Ventüri bacası Rüzgâr kepçesi	-
	Havalandırma bacası ve Atrium		
	Fanlar		
	Rüzgâr kuleleri		

Çift cidarlı cephe; Yapılarda çift cidarlı cephe düzenleri doğal havalandırmanın sağlamlasında etkili bir yöntem olarak yapı bileşenlerinde yerini almaktadır. Tek kabuktan oluşan bir cephe, hava boşluğu, dış atmosfer ile temas eden ek bir cephe kabuğundan oluşmaktadır. İçte yer alan kabukta çeşitli gölgelendirme elemanları ve dış kabukta mekanik sistemlerce kontrol edilen çeşitli cephe elemanları kullanımı yaygın olarak görülmektedir (Alakavuk, 2009; Babilolyaei, 2016) (Şekil 2.24).



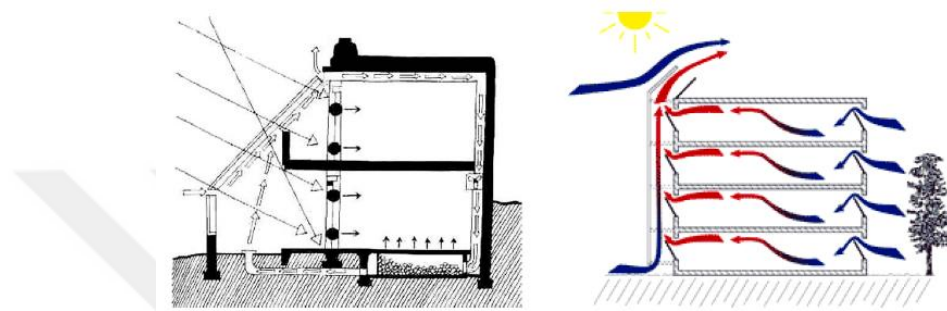
Şekil 2.24. Çift cidarlı cephe sistemleri (Alakavuk, 2009'dan esinlenerek düzenlenmiştir.)

Az enerji tüketerek iç mekânda optimum koşulların sağlanması fikrinden yola çıkılarak geliştirilen çift cidarlı cephelerin performansını etkileyen parametreleri Arslan Kılınç (2015);

- Cephede bulunan açıklıklar,
- Cephe yapısı,
- Boşluğun derinliği ve yüksekliği,
- Kullanılan güneş denetleme ürününün türü,
- Cephe cidarlarının özellikleri şeklinde sıralamıştır.

Yüksek katlı binalarda rüzgâr basıncının fazla olmasından dolayı çift cidarlı cepheler projelendirilmekte ve iç hava ortamının doğal yolla havalanabilmesi için iç ortama açılan pencereler kullanılmaktadır. Yüksek katlı yapılarda görülen çift cidarlı

cepheler baca etkisiyle gerçekleşen doğal havalandırmaya örnek gösterilebilir. Dıştaki cam kabuk ise ya tamamen sağır bırakılmakta ya da havanın kontrollü bir şekilde boşluğa alınmasını sağlayan kanallar kullanılmaktadır (Arslantatar, 2006). Havalandırma için bırakılan bu kanallar kışın kapatılarak boşluk ısı yalıtımı görevini üstlenmekte, yazın ise özellikle geceleri açık bırakılarak bina pasif olarak soğutulabilmektedir. Böylece kışın ısı kayıpları, yazın ise soğutma yükü azaltılabilmektedir (Göksal Özbalta, 2007) (Şekil 2.25) .

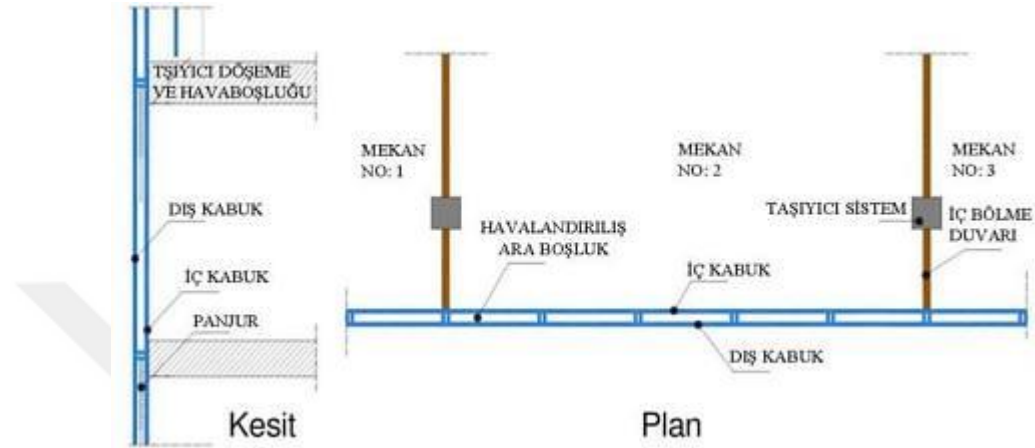


Şekil 2.25. Sera ve çift kabuk cephelerde doğal havalandırma (Göksal Özbalta, 2007)

Çift cidarlı cephe sistemlerinin işleyişi, alt kısımdan boşluğa alınan havanın burada ısınarak yükselmesi ve soğuk mevsimlerde ısınan havanın ısı kayıplarını önleyici bir termal tampon oluşturmasıdır. Isınan hava hibrid sistemler kullanılarak mekân içine alınabilmektedir. Sıcak günlerde ise ısınan hava cephe arasından dışarı atılarak iç ortama aktarılmadan yapıdan uzaklaştırılmaktadır (Barbosa ve Ip, 2014). Çift cidarlı cephe sistemleri farklı sınıflandırma kriterleri ile literatürde değişik gruplara ayırmıştır. Compagno (1999)'a ve Alakavuk (2009)'a göre, çift cidarlı giydirme cephe sistemleri havalandırma şekillerine göre kat yüksekliğinde havalandırma kanallı, bina yüksekliğinde havalandırma kanallı ve şaft giydirme çift cidarlı cephe sistemleri olmak üzere üç farklı grupta incelenebilir. Kat yüksekliği boyunca devam eden çift cidarlı cepheleri, kutu pencereler, şaft-kutu cepheler ve koridor cepheler olarak üç ana başlıkta toplarken, bina yüksekliği boyunca devam eden çift cidarlı cepheleri; çok katlı çift cidarlı cepheler ve çok katlı panjurlu çift cidarlı cepheler olarak iki ana başlıkta toplamak mümkündür (İnan ve Başaran, 2014).

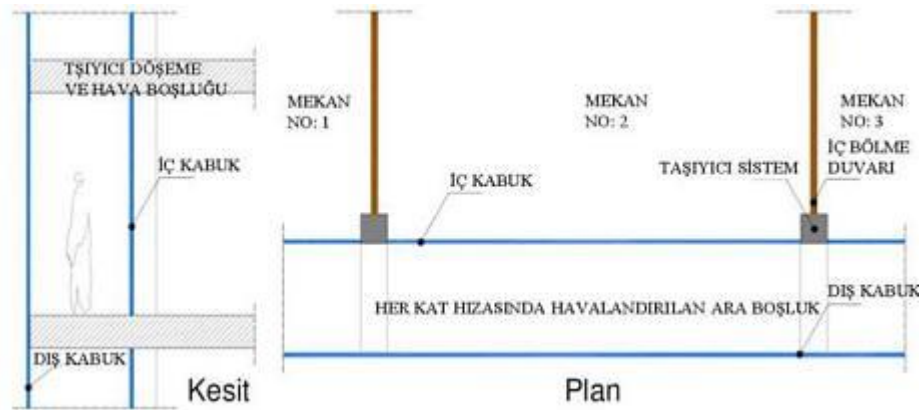
Ayçam (2011)'e göre ise çift cidarlı cepheler dört gruba ayrılmaktadır. Bunlar, kutu tipi çift cidarlı cepheler, koridor tipi çift cidarlı cepheler, çok katlı çift cidarlı cepheler, şaft kutu tipi çift cidarlı cephelerden oluşmaktadır.

Kutu tipi çift cidarlı cepheler, içte çift, dışta ise tek camdan oluşan kutu şeklinde bir panel sistemi içermektedir. Sitemdeki boşluklar yatay ve dikey olarak bölmelere ayrılmaktadır. Her bölmenin altında ve üstünde bulunan hava menfezleriyle oluşturulan baca etkisi ısınan havanın hareket etmesini ve atılmasını sağlamaktadır (Bavilolyaei, 2016) (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Kutu tipi çift cidarlı cephe (Sahraei, 2013)

Koridor tipi çift cidarlı cephelerde, her katta yatay elemanlarla bir koridor oluşturulur. Böylece her katın boşluğu ayrılarak, temiz havayı içeri alan ve kirli havayı atan kanallar yerleştirilmektedir. Kanallar birbirinden bağımsızdır ve üst üste bulunurlar. Her bölmede, dış cephede üste ve altta olmak üzere iki adet menfez bulunmaktadır (Web İletisi-3) (Şekil 2.27) .



Şekil 2.27. Koridor tipi çift cidarlı cephe (Sahraei, 2013)

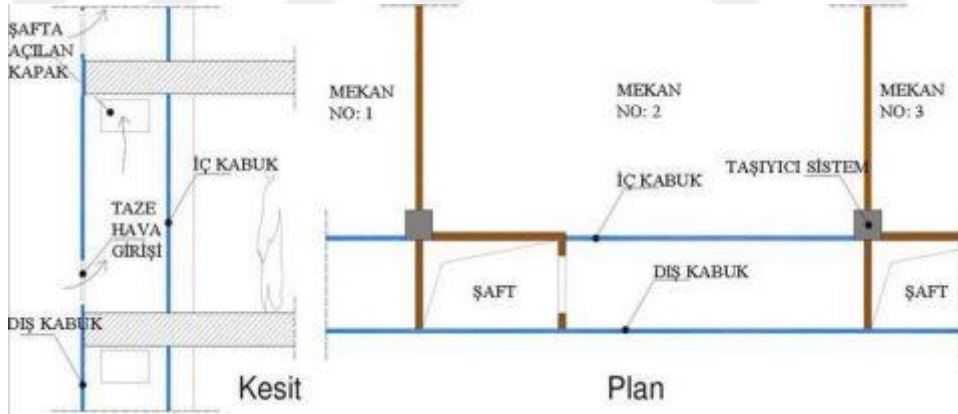
Çok katlı çift cidarlı cephelerde, hava boşluğu kesintisiz bir şekilde tüm katlarda devam etmekte bir bölümlendirme yapılmamaktadır. Alt menfezden alınan

hava güneş ışığı etkisiyle ısınarak boşlukta oluşan baca etkisiyle birlikte yukarı çıkmakta ve üst menfezden atılmaktadır (Sahraei, 2013) (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Çok katlı çift cidarlı cephe (Sahraei, 2013)

Şaft kutu tipi çift cidarlı cephelerde, katlardaki koridor tipi hava boşlukları bina boyunca düşeyde bulunan bir hava boşluğuna açılmaktadır. Taze hava alt menfezden alınmakta ve ısınarak şaft boşluğuna tahliye edilmektedir. Şafttan da yükselerek bina dışına atılmaktadır (Bavılıyaei, 2016) (Şekil 2.29).

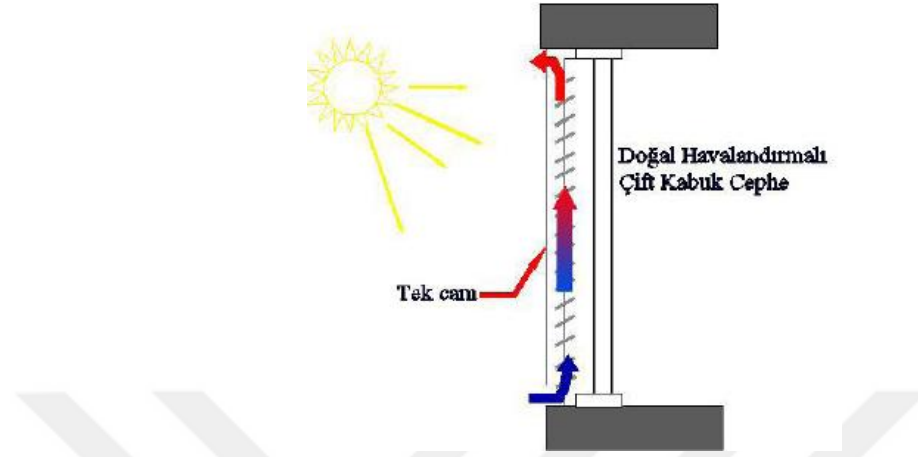


Şekil 2.29. Şaft kutu tipi çift cidarlı cephe (Sahraei, 2013)

Genel olarak çift cidarlı cephe sistemlerine ait bileşenler iklime duyarlı ve enerji etkinliği olan kurgulardan oluşmaktadır. Bu çerçeveden doğal havalandırmaya yönelik tasarım ön plana çıkmaktadır.

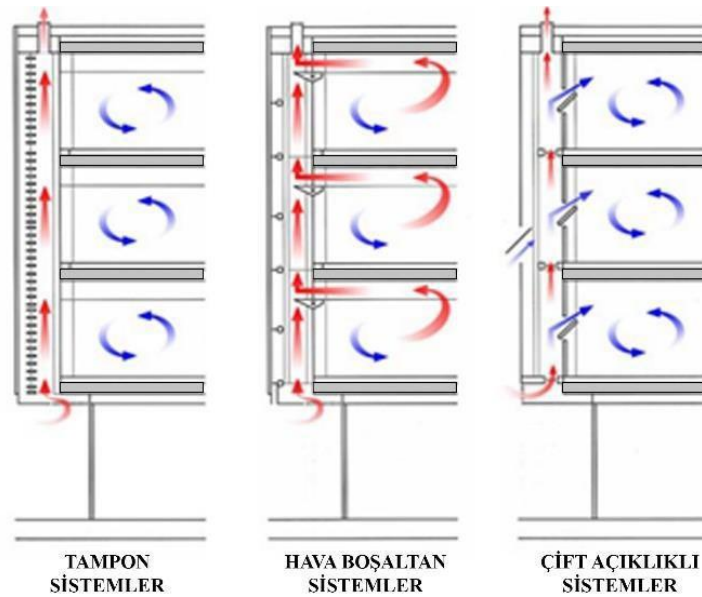
Rüzgâr ve yoğunluk farklılıkları baca etkisi ve çift cidarlı cephe arasındaki hava hareketlerini etkileyen iki önemli faktördür. Yapı içindeki sıcaklığın dış ortamdan daha fazla olduğu durumlarda düşük yoğunluğa sahip ılık hava yükselerek üst kotlardan

dışarıya çıkmakta, serin ve taze hava alt kotlardan girmesi ile hava sirkülasyonu sağlanmaktadır. Yoğunluk farkının oluşturduğu bu etkiye baca etkisi denmektedir (Web İletisi-4) (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. Doğal havalandırılmalı cephe sistemlerin işleyişi (Web İletisi-4)

Doğal havalandırılmış çift cidarlı cephenin kurulduğu yerdeki iklimsel koşulların soğuk ya da ılıman olması durumunda baca etkisi oluşabilmektedir. Sıcak iklim bölgelerinde ise baca etkisi oluşması ihtimali daha zayıftır. Bu nedenle sistemi baca etkisine bağlı olan çift cidarlı cepheler, genel olarak sıcak iklimlere uygun değildir (Dikmen, 2016). Çift cidarlı cepheler doğal havalandırmaya imkân verirken şaftlar ve baca etkisini de kullanabilmektedir. Döşeme ve tavanlara yakın olarak kurgulanan hava menfezleri veya hava sirkülasyon aksları çift cidarlı cephe arasındaki hava boşluğuna bağlanarak farklı bir çözüm sunabilmektedir. Bu çözümde ses geçişleri fazla olmakta ve ses yalıtımı ihtiyacı yüksek oranda hissedilebilmektedir. Yatay kotlarda bölünmüş cephe ve kat düzenleri sayesinde üst katlara ısınarak çıkan hava akımından kaynaklanan aşırı ısınma problemi engellenebilmektedir. Cephelerdeki yapısal kurgular, seçilen formlar ve oluşturulan boşluklar ile farklı çift cidarlı sistem tasarımları oluşturulabilmektedir. Tampon bölgesi, hava aktarımlı, çift açıklı sistemler olarak sınıflandırılan çift cidarlı cephe sistemleri doğal havalandırma ekseninde bakıldığında gelişme ve güncelliklerini korumakta, yüksek yapılarda tercih edilmektedir (Boake, 2003) (Şekil 2.31).



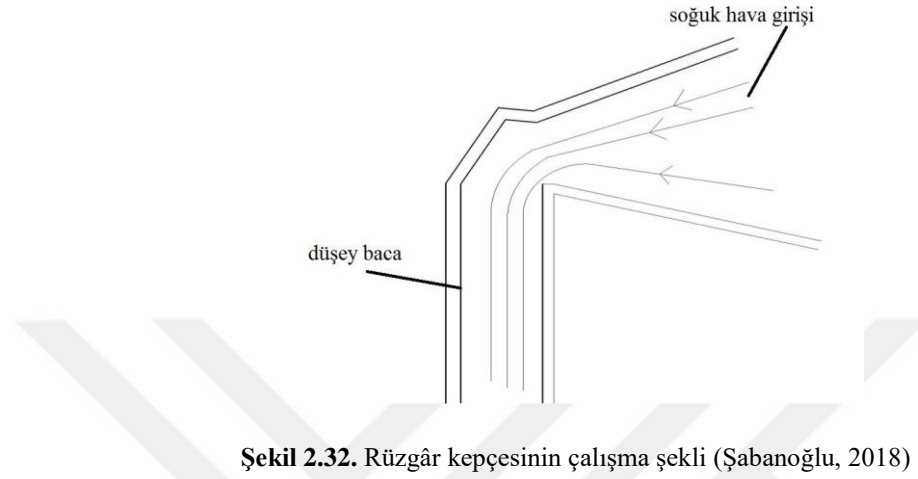
Şekil 2.31. Çift cidarlı cephe sistemlerinin çeşitleri (Boake, 2003).

Çift cidarlı cephelerde iç ve dış kabuğa gerekli eklemeler yapım sonrasında eklenebilir ve revize edilebilir şekilde olabilmektedir. Böylece kullanım performansına ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre şekillenebilmektedir. İç kabukta gölgelendirme elemanlarının yoğunluğu ve çeşitliliği artırılarak istenmeyen güneş etkisi ve ısıya dayalı basınç farklarından oluşan hava akımları önlenebilmektedir. Cidarlar arasında kullanılan gölgeleme elemanlarının doğal havalandırmada verimlilik sağlamak ve enerji verimliliği konusunda etkili bir rol oynamaktadır (Jiru, 2011). Kullanılan camların türü ve malzemesi yapılarıdaki boşluk içindeki ısı artışı tarafından sağlanan hava akım hızını etkilemektedir. Bununla ilişkili olarak camların türleri boşlukta oluşan hava akım tipini, hızını ve sıcaklığı değiştirmekte ve hava akımının dengelenmesi açısından önem arz etmektedir.

Rüzgâr bacaları ve Rüzgâr kepeşi; iç mekân havalandırılması sağlıklı ve konforlu mekân üretiminde oldukça önemli bir faktördür. Geleneksel yapılarda görülen ve havalandırma, soğutma gibi iklimlendirme faaliyetlerinde oldukça etkili olan rüzgâr bacaları mekânsal olarak kapalı bir alana ulaşabilir veya eyvan denilen mekânların yardımı ile avluya açılarak havalandırmayı sağlar. Rüzgâr bacaları bazı şehirlerde sarnıçlarda yani su depolarında yer almaktadır. Konut özelinde rüzgâr bacalarına baktığımızda eyvan mekânı önem kazanmakta, bacalar eyvan orta aksında veya kenarına konumlanmaktadır (Zarandi, 2015; Zargari, 2015).

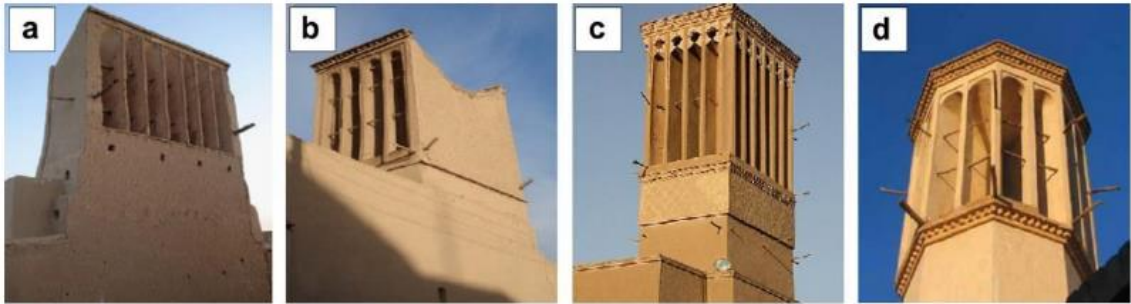
Doğal havalandırmayı sağlamak amacıyla çatıda uygulanan sistem olarak rüzgâr kepeşi pasif yararlanılan bir yöntemdir. Esen rüzgâr, ağzı daraltılmış huni benzeri bir

düzenekten geçerken hızlanmaktadır. Rüzgâr kepçesi, oluşan esintinin düşey yöndeki kanal aracılığı ile iç mekâna girmesini sağlamaktadır (Şekil 2.32). Rüzgâr yakalayıcılarının yüzeyindeki açıklık miktarı ve rüzgâra açılması gibi kararlar alınırken rüzgâr tüneli testleri yapılmalıdır (Şabanoğlu, 2018).



Şekil 2.32. Rüzgâr kepçesinin çalışma şekli (Şabanoğlu, 2018)

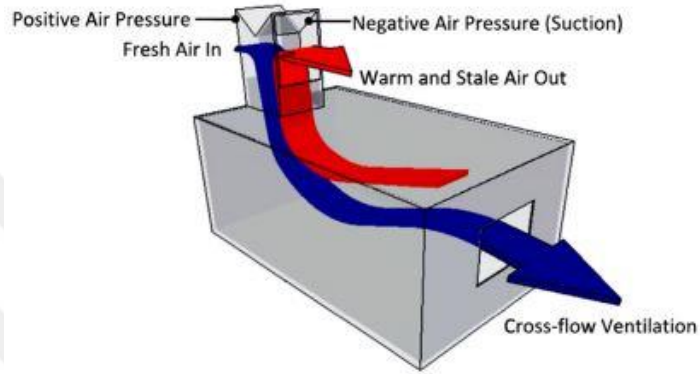
Rüzgâr kuleleri tek yönlü, iki yönlü, dört yönlü, altı yönlü ve sekiz yönlü olarak tasarlanabilir (Şekil 2.33). Kulelerin birden fazla şaft barındırması ve çok yönlü olması kulenin hâkim rüzgâr yönünden bağımsız olarak verimli çalışabilmesine olanak tanımaktadır (Hughes ve ark., 2012). Çok fazla bölmeden oluşan küllerden bir bölüm temiz havayı içeri alırken bir kısım ise kirli havayı dışarı atmaktadır.



Şekil 2.33. Farklı açıklıklara sahip geleneksel rüzgâr kuleleri (Hughes ve ark., 2012)

Rüzgâr bacası işleyişinde; ısınan sıcak hava yükselerek bacadan dışarı atılmaktadır. Böylece mekânlar arasında sıcaklık farkına dayalı basınç farkı oluşarak hava dolaşımı mekânlar arasında sirküle edilmektedir. Rüzgâr bacalarına giren havanın yoğunluğuna bağlı olarak baca yüksekliği değişmektedir. Rüzgârın esmediği zamanlarda kule kanallarında hava akımı aşağı doğru olmakta, estiğinde ise rüzgâr giriş

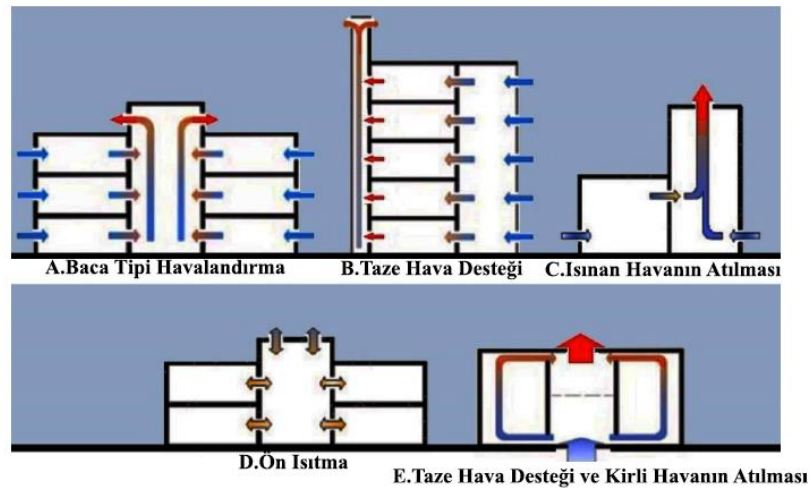
ağzında hava akım miktarı artmaktadır. Bu kuleler, yazın ve kışın farklı çalışarak iki koşulda doğal vantilasyona hizmet edebilmektedir. Hem görsel açıdan hem işlevsel açıdan yapı tasarımı katkı sağlamaktadır. Rüzgâr kulelerinin temel prensipleri Ortadoğu, Kuzey Afrika ve Hindistan gibi sıcak ve kuru iklime sahip coğrafyaların geleneksel tasarımlarına/mimarilerine dayanmaktadır (Etheridge, 2012). Rüzgâr kulelerinin en önemli özelliklerinden biri işletme/çalışma enerjisine gerek duymadan çalışabilmeleridir (Hughes ve ark., 2012) (Şekil 2.34).



Şekil 2.34. İki yönlü rüzgâr kulesi çalışma prensibi (Hughes ve ark., 2012)

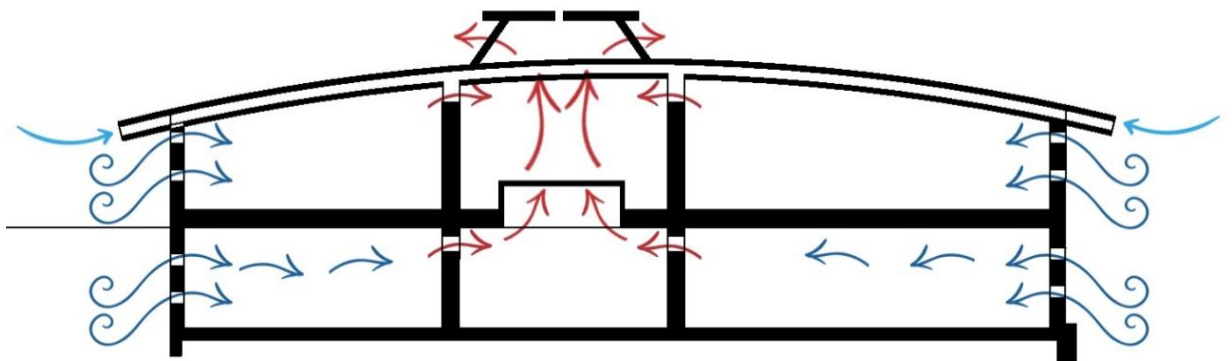
Rüzgâr bacalarının plan tipleri, boyutları, detayları, iç bölmeleri, görünüşleri ile birlikte tasarımsal farklılıkları özgün mimari için bir simge niteliğindedir. Hemen her bölgede zaman ile kendi tipolojileri oluşmuş ve biçim kazanmıştır. Tipolojik anlamda malzeme teknolojisinin ve yapım üretim süreçlerinin gelişmesi ile modern çizgiler içeren yeni tipler tasarlanmaktadır. Hâkim rüzgâr esaslı çalışan kulelerin açıklıkları, iç bölmelerin sayısı ve yönleri ile aktif olarak havalandırma sağlanmakta, verimli bir sistem kurgulanabilmektedir. Etkin havalandırmanın sağlanması için rüzgâr bacaları güçlü bir mimari eleman olarak karşımıza çıkmakta, sürdürülebilirlik ve enerji etkinliği ekseninde modern üretim yapılabilmektedir.

Havalandırma bacası ve Atriumlar; bina içinde hâkim rüzgâr yönünde bir atrium tasarlanarak pasif yollarla mekân havalandırılabilir. Atrium yapı içinde hava hareketinin hızını değiştirerek ve hava hareketini yönlendirerek doğal havalandırmaya katkıda bulunmaktadır. Atrium kullanımı sırasında oluşan da basınç farkına dayalı olarak bir baca etkisi yaşanmaktadır (Şekil 2.35). İstenmeyen baca etkisi katlar arasında bölümlendirme yapıp kontrollü bir şekilde hava geçişi sağlanarak giderilebilmektedir (Yaşa, 2004; Kılınç, 2015).



Şekil 2.35. Atrium kullanılarak oluşturulan hava hareketi (Kılınç, 2015)

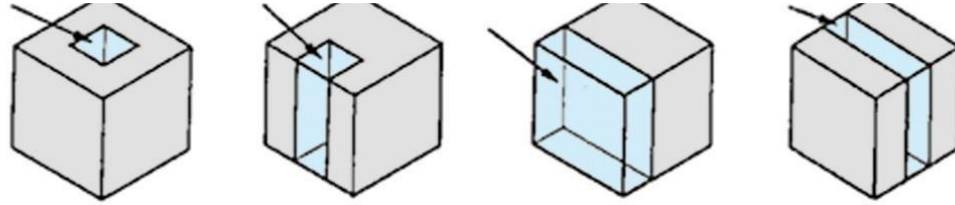
Hâkim rüzgâr yönü düşünülerek tasarlanan atriumlar sayesinde hava sirküle edilmekte ve etkili bir biçimde doğal havalandırılma sağlanmaktadır. Bina içine alınan soğuk havanın sirkülasyonu, karşılıklı açılan boşluklar sayesinde sağlanmakta, ısınan hava ise atrium içine alınmaktadır. Bu arada hava genişmekte, yükseltmekte ve bu doğal sirkülasyon kulesinden dışarı atılmaktadır (Boduroğlu ve Kariptaş, 2011). Isınan hava atrium içine alınmakta ve atrium da genişen ve ısınarak yükselen hava bina ortasındaki galeriden yükselerek tavan açıklığından dışarı aktarılmaktadır (Şekil 2.36). Bina iç ortamına giren soğuk havanın sirkülasyonu, karşılıklı açılan boşluklar sayesinde sağlanmakta, ısınan hava ise atrium içine alınmaktadır (Bekar, 2007).



Şekil 2.36. Binanın atrium ve doğal havalandırma şeması (Bekar, 2007)

Atriumlar, plansal anlamda çeşitli geometrik şekillerde ve konumlarda kullanılarak yapı içinde stratejik olarak kurgulanmakta, sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği ekseninde gelişmekte ve güncelliğini korumaktadırlar. Yapının etrafındaki

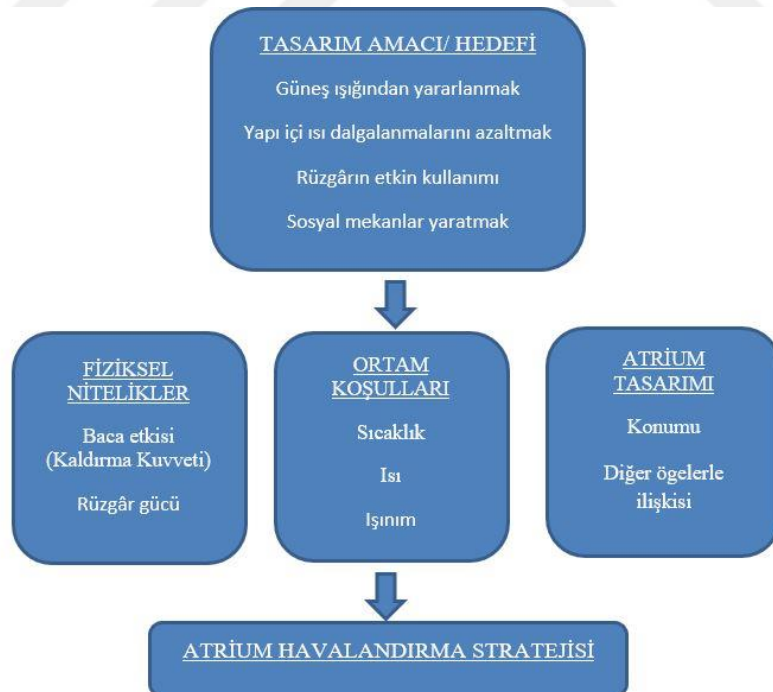
iklimsel etkileri iyileştirmede ve iç mekân kullanıcı konfor düzeyinin istenilen düzeyde olmasında etkili rol oynamaktadır. Yapı içindeki hava akımlarını güçlendirmek amacıyla farklı konumlarda mekân organizasyonları düzenlenmektedir (Yaşa, 2004; Hung ve Chow, 2001) (Şekil 2.37).



Şekil 2.37. Bina içindeki farklı atrium konumları (Hung ve Chow, 2001)

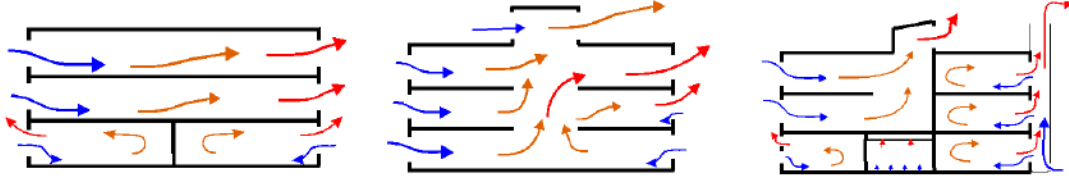
Atriumlar, tasarlanırken çeşitli parametreler, bileşen formları ve malzemesi dikkate alınmalıdır. Atrium, baca etkisi ve rüzgâr etkisi oluşturmakta iç mekân sıcaklığı, güneş ışınımı rüzgâr gibi çeşitli parametrelerden etkilenmektedir (Kılınç, 2015) (Tablo 2.5).

Tablo 2.5 Atrium havalandırma stratejileri üzerinde etkili parametreler (Kılınç, 2015)



Hâkim rüzgâr yönü doğrultusunda yerleştirilen binalar arasında ve içinde oluşan koridorlar sayesinde pasif rüzgâr enerjisiyle yapı soğutulabilmektedir. Boşluklar yapı

içerisindeki hava sirkülasyonunu sağlayacak biçimde yerleştirilmeli ve tasarlanmalıdır (Boduroğlu ve Karıptaş, 2012). Bina içinde koridorlar aracılığıyla havalandırma ancak karşılıklı duvarlarda boşluk açılıp sağlanabilmektedir (Şekil 2.38).



Şekil 2.38. Baca etkisi ve koridor ile doğal havalandırma (Web İletisi-5)

İstenmeyen baca etkisini önlemek için çeşitli kotlarda bölümlendirme yapılarak olumsuz hava akımı kontrol edilebilmektedir. Yapılarda kullanılan çekirdek birimleri baca etkisi oluşturabilmekte ve yalıtılması gerekmektedir. Doğal havalandırma sistemleri teknolojinin gelişmesi aktif rol oynamakta, küresel anlamda çeşitli disiplinler çalışma ile yapı üretim sürecine yansımaktadır.

Doğal havalandırma sistemleri, yapının tasarım aşamasında mimari elamanlar aracılığıyla karşımıza cephe ve çatı bileşenleri olarak çıkmakta, çevresel analizlerin ışığında konum ve yön gibi veriler ile potansiyelinin yapı kümelerine ve kendisine entegrasyonu sağlanmaktadır. Doğal havalandırma için en yaygın olarak kullanılan yöntem yapı cephesinde bırakılan açılabilir boşluklardır. Cephede oluşturulan açıklıkların konumuna, büyüklüğüne ve basınç değerlerine bağlı olarak iç ortamdan geçen hava akımının karakteri ortaya çıkmaktadır (Pektaş, 2008). Hava akımının karakteri doğal havalandırma sistem tasarımı için önemli bir veri olarak karşımıza çıkmaktadır. Sistem tasarımı yapılırken hava akımının hızı, çeşidi gibi konularda daha önceden bilgi sahibi olmak etkin bir doğal havalandırma için önemlidir. Tasarım öncesinde ve projelendirme aşamasında çeşitli analiz programları ile yapıya etki eden rüzgâr enerjisinin oluşturduğu etkiler simüle edilebilmektedir. Bu programların çalışma stili çeşitli denklemler ve numaratik kodlamalar ile eş zamanlı olarak görsel anlamda bir veri sunan yazılımsal mantığa dayanmaktadır. Genellikle mühendislik alanında kullanılan akışkanlar dinamiği hesaplama yöntemi programların alt yapısını oluşturmaktadır ve bu mantık ile çalışan programlar bütününe Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) analiz programları denmektedir (Zhai, 2006) . Bina bilgi modelleme sistemlerinin gelişmesi ile analiz, simülasyon, üç boyut ve iki boyuttaki etkiler görülebilmektedir. Mimari tasarımda enerji etkinliği sağlayan yapıların ortaya çıkması için Bina Bilgi Modelleme (BBM)

ortamları yazılımları ortaya çıkmış ve kütle tasarımları analiz edilmiştir. Simüle edilebilen kütleler ve tasarım girdilerinin oluşturduğu, farklı değerler girilerek etkilerin görüldüğü sanal ortamlar tasarımcılara projenin erken tasarım aşamasında birçok veri aktarmaktadır. Bu bağlamda tasarımcılar, varsayımsal bilgiler ve analiz sonuçları ile sınanabilen yapılar için verilen iklimlendirme, açıklık miktarı, mekân organizasyonu gibi kararlar ile çalışmayı sürdürülebilirlik ekseninde değerlendirme imkânı elde etmektedir. Doğal havalandırma özelinde bu tür etkilerin çeşitli disiplinlerarası çalışma alanlarının her aşamasında kullanılmasıyla enerji verimliliği sağlayan iklimlendirme sistemleri oluşturmak mümkündür.



3. RÜZGÂR ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK KULLANILAN HAD ANALİZ PROGRAMLARI

Son dönemde gelişmekte olan teknolojik imkânlar ile yazılım ve programcılığa ait ilerlemeler mimarlık sektöründe de gün geçtikçe önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Yapı sektöründe kullanılmak üzere oluşturulan programlar sayesinde bina ve yere ait veriler analiz edilmekte ve enerji etkinliği ile ilgili kararlar alınabilmektedir. Enerji sarfiyatının ve kirliliğinin günden güne artması ile yapılaşma hızı ve yapı üretim süreçlerinin doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu olumsuz durumu giderebilmek adına çeşitli model ve analiz yazılımları geliştirilmektedir. Yapı endüstrisi genelinde ortaya çıkan negatif durumlar mimari tasarım sürecine indirildiğinde, erken tasarım sürecine odaklanılmak gerekmektedir. Erken tasarım süreci, mevcut ortam hazırlayan ve dolayısıyla çözüm üretebilecek olan en önemli çalışma alanlarından biri olarak belirlenmiştir. Bu durumun temel nedeni, erken tasarım sürecin işlevsel, estetik ve mali kaygılar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilirken, bu kriterlerle enerji etkinlik kriterleri ve çevresel faktörlerin ilişkisinin eş güdümlü olarak değerlendirilmesinin tasarımcılar için zorlayıcı olması olarak saptanmıştır (Radford ve Gero, 1980). Enerji verimliliği sağlanırken enerjinin korunması için binaya ait sistemlerden mekân kurgusuna kadar, yapının bulunduğu konumun şartları içinde modellenerek gerçekte var olan etkiler görülebilmektedir.

3.1. BBM Sistemleri

Günümüzde Bina Bilgi Modelleme (BBM) adıyla çeşitli yazılımlar geliştirilerek bilgisayar destekli tasarım programları aracılığıyla analiz yapabilmek imkânı bulunmaktadır. Baykal ve Aydın'ın (2015), BIM sistemleri için tanımı ise şu şekildedir: "BIM, Building Information Modeling'in kısaltmasıdır. Türkçe'ye; Bina Bilgi Modelleme (BBM) veya Yapı Bilgi Modelleme olarak da kullanılmaktadır. Dilimizde artık yaygın biçimde Bina Bilgi Modelleme olarak kullanılmaktadır. Bu sistem, tasarım ve yapım sürecinde yer alan tüm disiplinlerin, bir arada ve tam bir uyum içinde çalışabilmesini sağlamayı amaçlar. BBM, süreci dijital ortamda istenilen formatta bilgi alışverişi ve sayısal, kavramsal, grafiksel sonuçlara ulaşılan farklı bir modelleme sistemidir. Bina Bilgi Modellemesinin (BBM) farklı tanımları incelendiğinde;

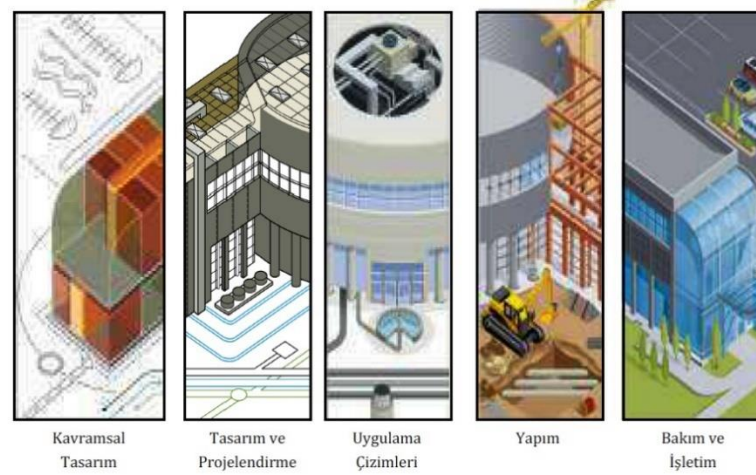
- Tasarım ve inşaat halindeki bir proje hakkında koordineli, kendi arasında tutarlı ve hesaplanabilir bilgi oluşturulması, kullanılmasına

olanak sağlayan bir bina tasarım ve dokümantasyon metodolojisidir (Web İletisi-6).

- Bina ile ilgili geometrik ve biçim gibi grafik veriler ile malzeme, maliyet, gibi sayısal verilerden oluşturulan üç boyutlu bir modelin farklı disiplinlerden uzmanlarca ortak kullanımını sağlayan sistemler bütünüdür (Web İletisi-6).

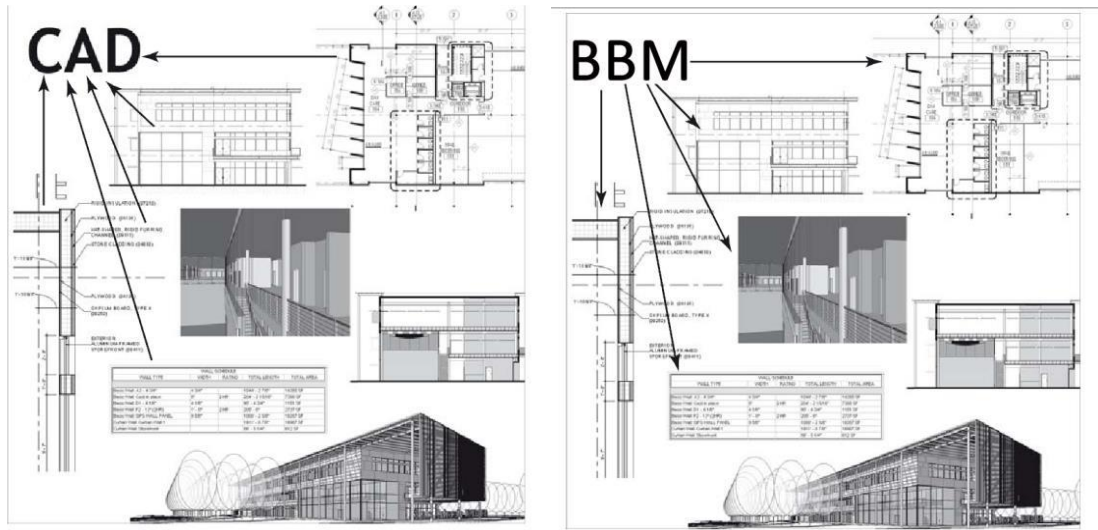
BBM bazı ülkelerde ulusal hükümetlerin yönlendirmesi, yatırımcı şirketlerin baskısı, sözleşmelerde BBM kullanılmasının talebi, çalışılan firmanın BBM kullanması gibi birçok sebepten ötürü daha yaygın kullanılmaktadır (Akipek ve İnceoğlu, 2007). Norveç, Finlandiya, Danimarka 2007 yılından itibaren kamu yapılarında BBM kullanılırken, Hollanda 2012, İngiltere’de 2016 yılında BBM kullanımı kamu projelerinde zorunlu kılınmıştır. Fransa 2017, İspanya 2018 yılında BBM kullanımı artmış ve Almanya’da 2020 yılından itibaren kamu projelerinde BBM kullanılması zorunlu olmuştur. Diğer ülkeler ise bu geçişten etkilenmiş, BBM konusunda farkındalık artmıştır (Öktem, 2016).

Mimarlık alanında BM’nin kullanılması, kesitsel ve izometrik anlamda detayların anlaşılır şekilde ifade edilmesine, ek detayların incelenmesine ve veri tabanında işlenen etkilerce şekillenen yapı ile ilgili değişikliklerin yapılmasına imkân sağlamaktadır. Yani; tüm model için bir veri havuzu üretilmekte ve bir yapı modeli oluşturulmaktadır. Tasarım ve analiz uygulamaları tek bir modelden üretilen kesitler, görünüşler ve planlar yükleniciler, mal sahipleri, tasarımcılar ve mühendisler için eş zamanlı ve tutarlı bir ortamda görülebilmektedir. BBM sistemleri farklı proje aşamalarında, farklı uzmanlıklara sahip insanların entegre olarak çalışabilmesi, sonuç ürünün herkesçe eş zamanlı olarak görülmesi ve belli tasarım kriterleri için verilen kararların yansımalarının analiz edilmesi gibi olanakları içermektedir (Ofloğlu, 2014) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. BBM'nin farklı evrelerde disiplinlerarası çalışma ortamlarına imkân sağlaması (Ofloğlu, 2014)

Binanın hayat döngüsü boyunca binadaki işlemler ve bakım için canlı bir belge işlevi görerek bir yapının tasarımı ve yapımı boyunca ilave bilgileri göstermek mümkün olmaktadır (Howell ve Batcheler, 2005). Bina Bilgi Modelleme (BBM) çalışma mantığında bütün bilgiler modelin içerisinde alınabilirken, geleneksel metot olan CAD (Computer Aided Design), Türkçe olarak Bilgisayar Destekli Tasarımda (BDT) bütün çizimler (kesitler, görünüşler, perspektifler) tek tek oluşturulmaktadır (Krygiel ve Nies, 2008) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Cad ve BBM sistemlerinin çalışma mantığı (Krygiel ve Nies, 2008)

BBM, projelerin verimli sistemler içermesini ve uygulanabilirliğini artırmaktadır. Binanın tasarım aşamasında yapım aşamasına kadar projeyi etkileyecek

olan bölgedeki veriler analiz edilebilmektedir. Böylece yapım aşaması bittikten sonra çıkan çeşitli sorunlar engellenmekte veya minimum düzeye indirilebilmektedir.

BBM, ortaya çıkması projenin ilk fikirleri ile başlamaktadır. Oluşturulan iki ve üç boyutlu modeller bina hakkında güvenilir bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Model tamamlandığında farklı birimlere istenilen formatta aktarılmakta, finansörlere ve yatırımcılara gönderilmektedir (Scahulze, 2015). Revize edilmesi gereken etkiler kaliteli görselleştirme ve açıklayıcı sunum tarzı ile yetkililere aktarılabilir. Oluşturulan model, projelendirme sürecinde ve analiz sonuçlarına göre değişkenlikleri planlamak ve uygulamak için kaynak niteliğindedir. BBM, projenin her aşamasına müdahale edebilecek geri dönüşler ile sürekli olarak verilerin toplanması ve bilgi geliştirilmesini kapsamaktadır.

Modellemeye ait yazılımlar, enerji tüketimine ait grafikler sunarak maliyet hesaplarının yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bina tasarım aşamasında enerji verimliliği için alınan kararlar, pasif ve aktif sistemlerin yapıya olan etkileri, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının cephe formu ve mekân kurgusuna etkisi simülasyon sonuçları ile tespit edilmektedir. Bir yapıya ait çevresel etmenlerin yapı dış çevresindeki elemanlardan iç mekândaki mekânsal kurguya kadar etkisi konfor şartlarını belirlemektedir. Özetle; BBM kolon, duvar, pencere gibi yapı bileşenleri ile binanın tümü arasındaki ilişkiyi sorgulayan, mevcut görev ve işleyişleri ile ilgili bilgilerin analiz edildiği sistemler bütünü oluşturmaktadır. Çeşitli sistem tasarımları için kullanılan bu modelleme yazılımları özellikle iklimlendirme sistem kararlarının alınmasında güvenilir bir kaynak oluşturmaktadır. Yapının iklimlendirilmesi, enerji etkinliği ile birlikte insan sağlığı için oldukça önemli bir konudur. Özellikle doğal havalandırma sağlanmalı, temiz ve taze hava yapı içinde en az enerji gerektirerek sirküle edilebilmelidir. İç ve dış mekân arasındaki hava transferleri de analiz edilerek projelerin bu doğrultuda şekillenmesi sağlanmalıdır.

Yapı profesyonellerinin her şeyden önce yeni olanaklar hakkında bilgi sahibi olmaları ve sektörün yeni sistemlere uyum sağlamak için dönüşümünün çeşitli platformlarda tartışılması gerektiği belirtilmektedir (Pektaş, 2008). Tasarımın ilk aşamasında binanın şekli, bina kabuğu, strüktür seçimi, çevresel ve iklimsel etkiler ile ilişkisi gibi kararlar ile enerji etkinliği sağlanabilmektedir. Bu bağlamda tasarımın ilk evresindeki proje performansının ölçülebilmesi ve analiz edilebilmesi ekolojik anlamda zararlı olabilecek etkileri indirmede tasarımcıya destek olmaktadır. Enerji etkinliğinin

sağlanmasında sorumlu aktörler istekleri doğrultusunda sistemleri sınavarak geliştirebilmektedir.

3.2. CFD Analiz Programları

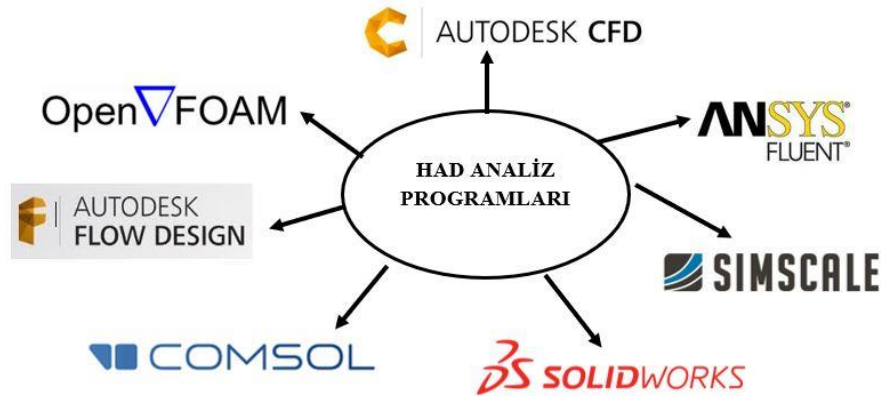
Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), İngilizcesi “Computational Fluid Dynamics (CFD)”, Akışkanlar Mekâniği konusunun bir alt dalı olarak günümüzde değerlendirilmektedir. Herhangi bir akış alanının incelenmesi için akışa ait yönetici denklemler olarak bilinen kütle, momentum ve enerjinin korunumu denklemlerinin çözülmesi gerekmektedir (Kaplankıran ve Ünal, 2009). CFD yöntemi ile analitik yönden hesaplaması zor olan denklemler yazılımlar aracılığıyla bilgisayar ortamında çözümlenerek görsel animasyon sonuçları çıkarılmaktadır. Özellikle 1990’lardan sonra HAD metodu kullanımının giderek arttığı gözlenmektedir. Bunun ana sebepleri, bilgisayarların günden güne kapasitelerinin artması, deney ve test düzeneklerinin yüksek maliyeti, deney ve test ile ürün tasarım sürecinin uzun zaman almasıdır (Wislicenus 1964; Ferziger ve Peric, 2002).

Bilgisayar teknolojisinin ve yazılım alanında güncel değişiklikler olmasıyla, çeşitli analizlerin yapıldığı HAD, yöntemini kullanan simülasyon ortamları dijital alanlara aktarılmaktadır. Yüksek maliyet gerektiren deney ortamlarında yapılan testler yerini sanal düzeneklere bırakarak deney sürecinin hız kazanması sağlanmıştır. Uçak, otomobil, endüstriyel tasarım gibi alanlarda üretim yapılırken ürünün dayanıklılığı, basınç miktarları gibi veriler için bu analizler kullanılmaktadır. Analizlerin gerçekleştirilmesi, geri beslemelerin değerlendirilmesi ve tasarımın geliştirilmesi süreçleri döngüsel olarak sürdürülebilme; tatminkar çözüm arayışında estetik, işlev ve performans gelişiminin eşgüdümlü olarak sürdürülebilmesi sağlanmaktadır (Gülhan, 2019; Schade ve diğ., 2011). Bu sayede tasarımcılar bina performans gereksinimlerini üretilmiş modeller üzerinden ilgili HAD hesaplama yöntemleri ile çalışan simülasyon programları ve sonuçların karşılaştırılması ile belirleyebilmekte, enerji verimliliğini sağlayabilmektedir. Bilgisayar teknolojisinin artması ile simülasyon modelleri gelişmekte, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemini kullanan yazılımlar rüzgâr analizlerinde aktif olarak rol almaktadır. Rüzgâr hareketlerini kontrol edebilmek, kullanıcı konfor düzeyini belirlemek, açık ve kapalı alandaki hava akımının mimari tasarım sürecinde olumsuz etkilerini iyileştirebilmek için HAD analiz programları tercih edilmektedir (Hensen, 2033; Yuyucu, 2016). Günümüzde HAD analiz programları enerji etkin tasarımlarda etkili doğal havalandırmanın sağlanabilmesi için mimari

tasarım sürecinde iç ve dış mekânda rüzgâr hareketlerini tespit etmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat bu analizlerin sonuçları tasarımcılar ve mühendisler tarafından projelendirmenin son aşamasında kullanılmakta, geriye dönüşler ve bulunan çözümlerin kalitesi uygulama aşamasına işlenmemektedir. Yapı içinde ve dışında yapılan analiz çeşitleri ile farklı sonuçlara ve iyileştirme çözümlerine gidilmekte ve rüzgâr enerjisi gibi kaynakların tasarıma etkisi incelenebilmektedir.

İç mekânlarda yapılan rüzgâr analizleri sonucunda, rüzgâr hızının düşük olduğu, havalandırma açısından problemlili alanlar tespit edilmektedir (Şabanoglu, 2018). Pencere, kapı boşlukları ilave edilerek veya kat planlarının şemaları değiştirilerek, tasarımda doğal havalandırmaya ait farklı senaryolar üretilebilmektedir. Böylece iklimlendirme sistemleri için harcanan enerji en aza indirilmektedir. Dış mekânlarda yapılan rüzgâr analizi çalışmalarında, binanın çevresinde oluşan rüzgâr hareketleri incelenmektedir. Bina çevresinde oluşan rüzgâr hareketlerine göre yerleşim planları optimize edilmekte veya bina formları ve yükseklikleri değiştirilmektedir. Özellikle toplu konut yerleşimlerinde sanal ortamda tanımlanan simülasyon modeli oluşturulup, rüzgâr hareketleri görsel olarak üretilerek açık alandaki kullanıcı konforu değerlendirilebilmektedir. Bu tür çalışmalar ile rüzgâr tüneli deneyi gibi analiz ortamlarının maliyet ve zaman sorunu ortadan kaldırılmakta, yenilenebilir bir kaynak olan rüzgâr enerjisi sistemlerce kullanılarak enerji etkinliği sağlanabilmektedir.

Doğal havalandırma için kullanılan hava akımının tipi, hızı ve bina çevresinde oluşturduğu etki HAD analiz programları ile tespit edilmekte, etkiler sistem tasarımları için performans özelliklerini artırmada kullanılabilir. Kullanılan programlarda, akışkan olarak tanımlanan rüzgâr için iç ve dış mekânda oluşturulduğu etkiler analiz edilirken birçok ağ yapısı oluşturulmakta ve analiz süreçleri uzamaktadır. Bu nedenle iç ve dış mekânlar ayrı ayrı modellenerek ve analiz edilerek daha sağlıklı sonuçlara kısa vadede ulaşılabilir. Yapılan çalışmalar ile elde edilen sistemler bina kabukları ve açıklıklar gibi sonuç üründe kullanılan bileşenlerde enerji kaybını ve atık miktarını yüksek oranda azaltarak enerji korunumu sağlamaktadır. Rüzgâr analizleri için sıklıkla kullanılan programlar Simscale, OpenFOAM, ANSYS Fluent, Comsol ve Autodesk CFD, Solidworks Flow Simulation, Flow Design programlarıdır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. HAD Analiz programları

Simscale, online bir veri tabanına sahip web sayfasından oluşmaktadır. Web sayfasında oluşturduğunuz hesapla giriş yapıldıktan sonra, programa; oluşturulan model yüklenerek analiz yapılmaktadır. Simscale, akustik, termodinamik ve akışkanlar için analiz ortamlarını ve sanal gösterimleri modern bir tarayıcı üzerinden sunmaktadır. Ücretli ve ücretsiz seçenekleri sunan bulut bileşimine sahip bir uygulamadır. Simscale dezavantajlarından biri halka açık olması ve analiz çalışmalarının gizliliğinin olmamasıdır. Çevrimiçi bir platforma dönüştürülmüş Simscale, tüm standart 3D dosyalarını destekleyerek CAD sistemini kullanmaya devam etme imkânı sunmaktadır. Platform içinde bir takım simülasyon şablonu yer almakta ve kullanıma hazır online veriler ile iş akışı kolaylaştırılmaktadır. Süreç boyunca adım adım rehberlik eden bir sanal ortam akışı sunmaktadır. Gerçek zamanlı olarak yanıt alabildiğiniz kullanıcı gereksinim ve teknik problemlere karşı deneyimli bir mühendis ekibi bulunmaktadır. Hızlı bir şekilde birçok tasarım paralel olarak test edilebilmekte ve gerçek zamanlı simülasyon sonuçlarına hızlı bir şekilde ulaşılabilir (Web İletisi-7).

OpenFOAM, sürekli ortamlar mekânîği simülasyonu programıdır. OpenFOAM, diğerlerinin yanı sıra karmaşık geometrilerin içinde ve çevresinde veri işleme ve görselleştirme için araçlar içermektedir. OpenFOAM, ısı transferi, kimyasal reaksiyonlar, yanma, sıvı akışkanlar ve aeroakustik gibi alanlarda simülasyon imkânı sunmaktadır. Karmaşık geometrilerin işlenmesi ve görselleştirilmesi için araçlar içermektedir. Kullandığı denklemlerin kökeni hesaplamalı akışkanlar mekânîğidir ve farklı sayısal yöntemleri içermektedir (Web İletisi-8).

ANSYS, ürün ve yarı iletkenleri dizayn etmek, ürünlerin sağlamlığı, akış hareketleri, elektromanyetik özelliklerini test etmek için kullanılan bir yazılımdır.

Mühendisliğin birçok alanında kullanılan ANSYS, programı, anlaşılması zor ve analizleri uzun süren problemlerin modellenmesi için hizmet vermektedir. 1970 yılında Dr. John A. Swanson tarafından ANSYS (Swanson Analysis Systems) sonlu elemanlar yazılımı geliştirilmiştir (Kibar ve Öztürk, 2012). ANSYS yazılımı 1970 yılında statik, dinamik ve ısısal sorunlara dayalı olarak yapısal, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD), elektronik ve elektromanyetik, tasarım optimizasyonundan oluşan sonlu eleman programı olarak 2000'den fazla uzman mühendis tarafından geliştirilmiş ve bilgisayar tabanlı mühendislik simülasyonlarında kullanılan sonlu eleman yazılım programıdır (Anonymous, 2012). ANSYS, yazılımları dışarıdan diğer CAD datalarını alabilmekte, girilen veriler ile geometri ortaya çıkarabilmektedir. Sanal ortamdaki üç boyutlu model sayesinde performans belirlenmekte, olası zayıf noktalar tespit edilmekte, kullanım ömrü hesaplanabilmekte ve gerekli iyileştirme kararları alınabilmektedir. En az maliyetli ve yüksek kaliteli sonuç ürün elde etmek için gerekli tasarım girdileri program aracılığıyla bulunabilmektedir. ANSYS, programının çalışma mantığında modelin tüm dış hacmi belirlenip sınırlandırılmakta ve yükler her noktaya dağıtılarak analiz yapılmaktadır. Analiz sürecinde modele uygulanan kuvvetler ve etki eden yükler altındaki davranışı bir animasyon şeklinde aktarılmaktadır. Ayrıca ANSYS programı ile üç boyutu oluşturan bütün elemanlara malzeme atanması gerekmektedir (Kibar ve Öztürk, 2012). ANSYS yazılımları eklenti imkânları sunmakta analiz yöntem ve tercihleri kullanıcıya bırakılarak hazır şablonlar yazılım paketi içinde yerini almaktadır. ANSYS, ilk olarak uydu görüntüleri vb. veriler ile bölgenin modellemesini, oluşturulan şekli tam olarak örmekte ve kütle haline getirmesi için çözüm ağı oluşturmakta ve ANSYS Fluent eklentisi ile akışkanlar için analiz imkânı sunmaktadır.

Comsol, gerçek dünya uygulamaları düşünülerek tasarlanmış bir çeşit simülasyon ortamını içermektedir. Mühendislik ve bilimsel bağlamda olması için akustik, elektromanyetik, kimyasal reaksiyonlar, mekanik akışkanlar gibi çoklu fizyolojiyi barındırmaktadır. Denklem tabanlı, ağ oluşturma ve fizik tabanlı modellemeye dayalı ürün geliştirme amaçlı bir simülasyon programıdır (Web İletisi-9).

Autodesk CFD, Autodesk'in ürünlerinden biri olup daha hassas ve kapsamlı simülasyonlar oluşturulurken kullanılmaktadır. Cad sistemleri ile bağlantı kurularak akış ve termal analizler yapılabilmektedir. Autodesk CFD programında modelin düzensiz bir kütle olarak programa aktarılması programın analizi gerçekleştirilememesine neden olmakta bu nedenle masif kütleler için analizler oluşturulmaktadır (Yuyucu, 2016). Autodesk CFD programı kullanıldığında pencere, kapı gibi açıklıklar ve iç

mekânlara etkisi gözlenememekte veya bu etkiler için yüksek bilgisayar kapasitesi gerekmektedir. Model programa aktarıldıktan sonra rüzgâr hızı ve yönü gibi etkiler girilmekte sabit bir türbülans modeli seçilmektedir (Web İletisi-10). Program, otomatik örgü teknolojisi ile hassas çözümler getirmektedir. Geometri ve çözüm tabanlı örgü otomasyonu kaliteli işlemcilerle sahip bilgisayara ihtiyaç duymaktadır.

Flow Design, Autodesk tabanlı analiz programlarından biri olup direkt olarak rüzgâr analizi için özelleşmiş ve bu amaç doğrultusunda şekillenmiş bir program olarak karşımıza çıkmaktadır. 3 boyutlu pikseller aracılığıyla oluşturulmuş rüzgâr tüneli testleri hacim pikselleri ile simülasyona döken bir yazılım olan Flow Design akışkanlardaki net görselleştirilmesi ile tercih edilmektedir (Oflluoğlu, 2014). Fakat servis imkânı Autodesk tarafından kapatılmıştır.

Solidworks, iki ve üç boyutlu bilgisayar destekli tasarım için kullanılan bir programdır. Aynı zamanda program hem modelleme imkânı hem de analiz performansı vermektedir. Program içerisinde farklı eklentiler bulunmakta özellikle rüzgâr için Flow Simulation eklentisi kullanılmaktadır (Web İletisi- 11). Solidworks, taslak oluşturma, parça tasarımı, montaj tasarımı, teknik resimlerin çıkarılması, analiz, simülasyon gibi projenin her aşamasında kullanılabilir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. HAD Analiz programlarının karşılaştırılması

PROGRAMIN ADI	KULLANIM AMACI	ÇALIŞMA ALANI	TASARIM MODELLEME	VERİ TABANI	ANALİZ TİPLERİ
SIMSCALE	Simülasyon ve Analiz	Mühendislik Mimarlık Endüstri	3D Model	Online-Sanal Bulut Bilişim	Akustik Termodinamik Akışkanlar
OPENFOAM	Simülasyon, Analiz, Veri Analizi ve Modelleme	Mühendislik Endüstri	2D Çizim 3D Model	Program-Yazılım	Kimyasal Reaksiyonlar Sıvı Akışkanlar Isı Transferi Aeroakustik
ANSYS	Simülasyon, Analiz, Grafik ve Modelleme	Mühendislik Mimarlık Endüstri	2D Çizim 3D Model	Program-Yazılım	Elektromanyetik Özellikler İletkenlik Akışkanlar Statik
COMSOL	Simülasyon Ve Analiz	Mühendislik Endüstri	3D Model	Program-Yazılım	Akustik Kimyasal Reaksiyonlar Elektromanyetik Özellikler Mekanik Akışkanlar
AUTODESK CFD	Simülasyon, Analiz, Veri Analizi ve Modelleme	Mühendislik Mimarlık Endüstri	2D Çizim 3D Model	Program-Yazılım	Termal Akışkanlar
FLOW DESIGN	Simülasyon, Analiz, Veri Analizi ve Modelleme	Mühendislik Mimarlık Endüstri	3D Model	Program-Yazılım	Akışkanlar
SOLIDWORKS	Simülasyon, Analiz, Veri Analizi ve Modelleme	Mühendislik Mimarlık Endüstri	2D Çizim 3D Model	Program-Yazılım	Elektromanyetik Termodinamik Özellikler İletkenlik Akışkanlar Statik Isı Transferi

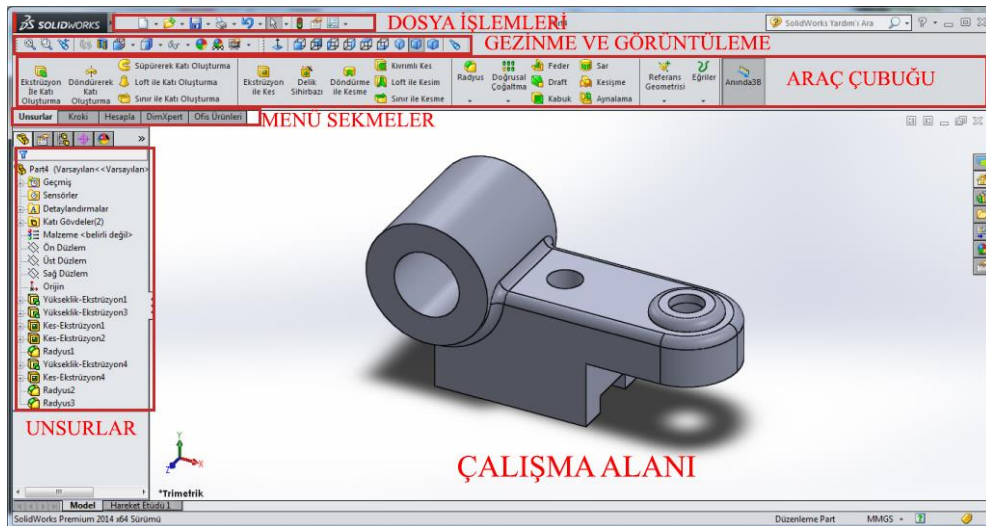
HAD programları ile tasarımın fiziksel özelliklerinin ve tasarıma ait kararların analiz edilmesi, çeşitli parametrelere bağlı olarak simülasyonun yapılması sağlanmaktadır. Böylece yapı iç ve dış mekânında maruz kaldığı yükler, mekân içerisindeki iklimlendirme, aydınlatma koşulları, enerji kazanç ve kayıp miktarları, rüzgâr simülasyonları gibi verilere ulaşılabilir. Tez çalışması kapsamında hem 2d hem 3d modelleme imkânı sunması, rüzgâr analizi için özelleşmiş eklentiye sahip olması, hızlı simülasyon sonuçları verebilmesi, diğer programlar ile olan kolay bilgi alışverişi nedenlerinde dolayı Solidworks programında bulunan Flow Simulation eklentisi seçilmiş ve program hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

3.2. Solidworks Flow Simulation

Simülasyon ve analiz araçlarının son üyesi hesaplama sistemlerinin değişmesi ve akışkanlara ait matematiksel gelişmeler ile akışkanlar dinamiği simülasyonlarıdır. Programların doğruluğu gün geçtikçe artmakta projelendirilen yapının çevresindeki hava hareketleri, binaya etki eden rüzgâr yükü ve hava akımının tipi görülebilmektedir (Jonuskaite, 2017).

Akışkan olarak hesaplanan ve değerlendirilen bu yöntem ile sıvı ve gazlar için farklı deneyler yapılabilmektedir. Genellikle mühendislerin kullandığı ve ileri düzey modeller ortaya koyduğu Solidwork programı akışkan testlerinin de yapılmasına olanak verecek şekilde gelişmekte ve eklentiler üretilmektedir. 2d ve 3d katı modelleri ortaya çıkaran Solidworks 1965 yılından günümüze kadar kendini geliştirmekte, mühendislik ve endüstriyel tasarım alanlarında sıklıkla kullanılan bir program olarak karşımıza çıkmaktadır. Solidworks, havacılık ve uzay, otomotiv, elektronik, inşaat, medikal ürünler, ürün dizaynı, HVAC teknolojileri gibi çeşitli alanlara hizmet vermektedir (Web İletisi-11).

Bilgisayar destekli dizayn (CAD) ve bilgisayar destekli mühendislik (CAE) programıdır. Bu yazılım diğer programlar ile karşılaştırıldığında oldukça kullanışlı bir ara yüze sahiptir (Şekil 3.4).

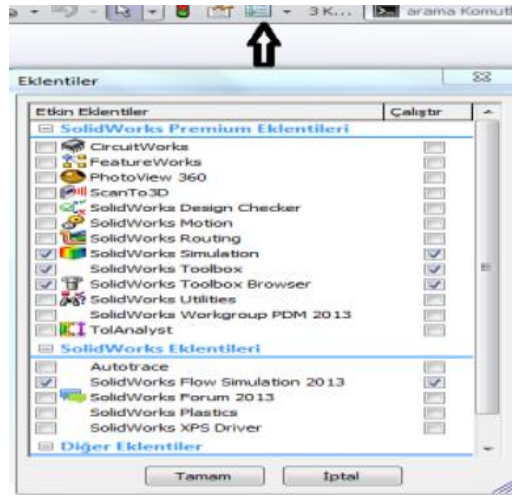


Şekil 3.4. Solidworks ara yüzü

Program içerisinde simülasyon, hareket, modelleme, montaj, araç kutusu, Photoview 360, e-drawings ve dwg editör gibi çeşitli modüller bulunmaktadır. Solidworks aracılığıyla hemen hemen her nesnenin katı modellemesi yapılabilmekte, ürün üretim sürecinde tasarım, geliştirme ve iyileştirme aşamaları hızlı bir şekilde işlemektedir (Jonuskaite, 2017). Ürün davranışı ve kalitesine dair anlamlı teknik bilgi sağlarken prototip geliştirme, prototipin sayısını artırma ve test maliyetlerini azaltma imkânı vermektedir. Solidworks'un avantajları şu şekilde sıralanabilmektedir;

- Sade ve karmaşadan arınmış bir ara yüze sahip olması ile birlikte ileri düzeyde modelleme imkânı sunması
- Tasarım ürünü modelleyerek bu model üzerinden analiz ve simülasyon yapabilmek
- Çok sayıda bileşeni olan endüstriyel parçaların tasarımı ve birleşiminin farklı modüller ile sağlanması
- Sonuç görselleri, renklendirme yöntemi ile zenginleştirerek sunma
- Tasarım dosyalarını farklı formatlarda kaydedip Comsol, ANSYS vb. analiz programlarına yükleyebilmek
- Analiz, animasyon, simülasyon, tasarım, modelleme gibi birçok imkanı barındıran yüksek performans ve düşük maliyetli bir yazılım olması

Solidworks aracılığı ile dış ortam rüzgâr hızı, basıncı, yönü gibi analizler ve iç ortamda oluşan hava hareketlerin simüle edilebilmektedir. Solidwork Flow Simulation eklenti olarak kullanılmakta, Solidworks yüklü ise menü çubuğundan aktif edilebilmektedir (Şekil 3.5).



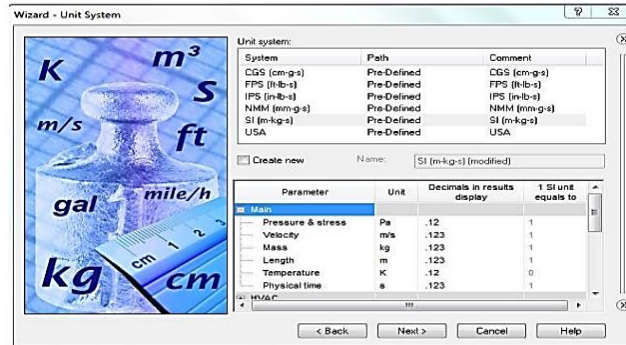
Şekil 3.5. Solidworks eklenti etkinleştirme

Solidworks ile entegre biçimde çalışan bu eklenti sayesinde analizler kolay ve hızlı şekilde yapılabilmektedir. Flow Simulation bölümüne tıkladıktan sonra sol üst kısımda bulunan wizard kısmıyla analiz sihirbazı çalıştırılabilmektedir (Şekil 3.6).



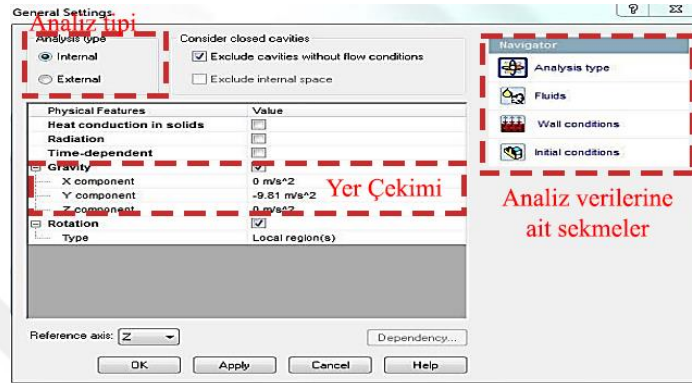
Şekil 3.6. Analiz sihirbazını çalıştırma

Analiz sihirbazı çalıştırıldıktan sonra wizard-project name adlı sekme açılmaktadır. Bu penceredeki Project name kısmına analiz adı girilmektedir. Bu ayarlar yapıldıktan sonra ileriye tıklanarak ölçü ayarlarına geçilmektedir. Analizde kullanılmasını istenilen birim bu pencereden ayarlanmalıdır (Şekil 3.7).



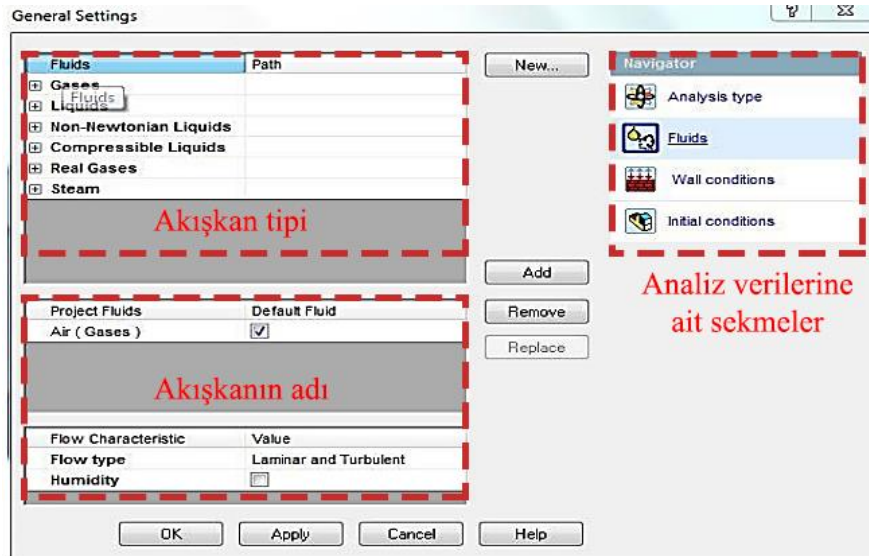
Şekil 3.7. Analizde kullanılacak ölçü birimlerinin ayarlanması

Analizde kullanılacak akış tipinin ayarlanması için diğer adıma geçilmektedir. İç veya dış akım seçilmekte ortama göre yerçekimi aktif hale getirilmektedir. Rotation bölümü pervane, kanat gibi dönme hareketi düşünülen parçalar için yer almaktadır. En önemli kısım akışı hangi eksende gönderileceğinin belirlenmesidir. Referans olarak z koordinatı seçilmelidir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Akışkan tipinin ve referans eksenin belirlenmesi

Analizde kullanılacak akışkan malzemesi bu ekranda yer alan 'Fluids' sekmesinden ayarlanmaktadır. Doğal havalandırma analizi yapılacağı için bu kısımda gazlardan hava seçeneğinin aktif hale getirilmesi gerekmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Akışkan analizinde kullanılacak akışkanın malzeme seçimi

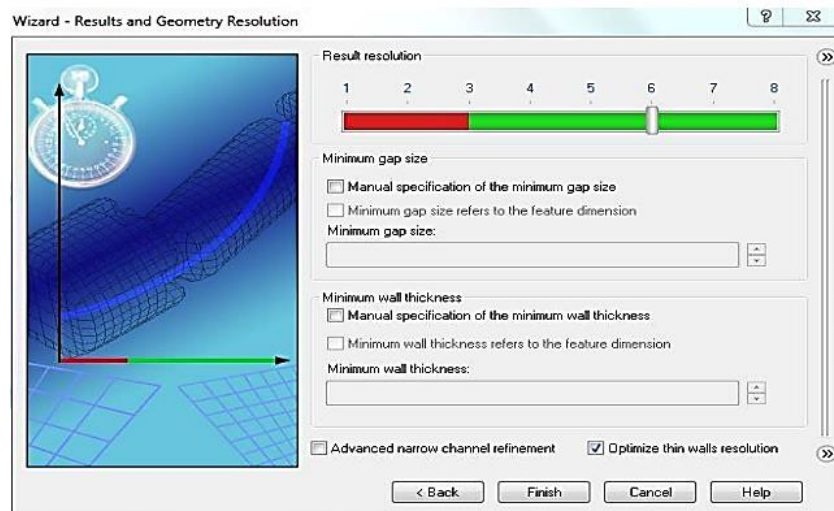
Diğer adımda analizde kullanılacak termodinamik özellikler, rüzgâr hızı, basıncı, türbülans değerleri gibi veriler sisteme girilmektedir. Bu verilerde değişiklik yaparak eş

zamanlı etkiler görülebilmektedir. Farklı iklim bölgeleri için analiz yapma imkânı bu veriler ışığında gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.10).



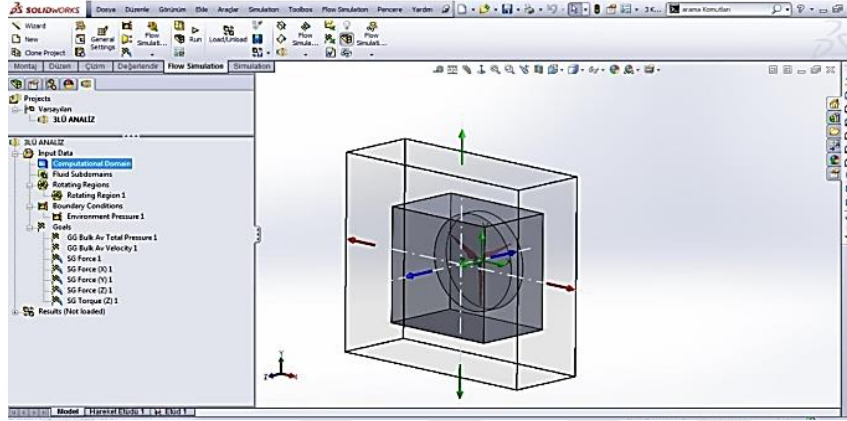
Şekil 3.10. Analize ait hız, basınç değerlerinin girilmesi

Yapılacak analizde oluşturulan yüzeyler analizin süresini belirlemektedir. Solidworks analizi yapılacak modeli bir ağ yapısı olarak üretmekte ve örgü sistemi ile katı modeli tanımlamaktadır. Result and Geometry Resolution sekmesinde ise ağ yapısının kalitesi belirlenmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Modeli oluşturan ağ yapısına ait ayarlar

Kontrol hacmi ayarı yapılarak analizin istenilen sınırlarda yapılması sağlanmaktadır. Bu adımda analizi yapılacak model sınırlı bir çerçeve içine alınmaktadır. İstenilen alan içerisinde rüzgâr etkisi görülmektedir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Kontrol alanının sınırlandırılması

Gerekli analiz ayarları goals sekmesinden yapıldıktan sonra analiz çalıştırılmakta ve sonuçları için bir süre beklenmesi gerekmektedir. Bitmiş analizde result kısmı çıkmakta, istenilen analizler bu sekmenin alt başlığından seçilerek görselleştirilmektedir (Şekil 3.13).



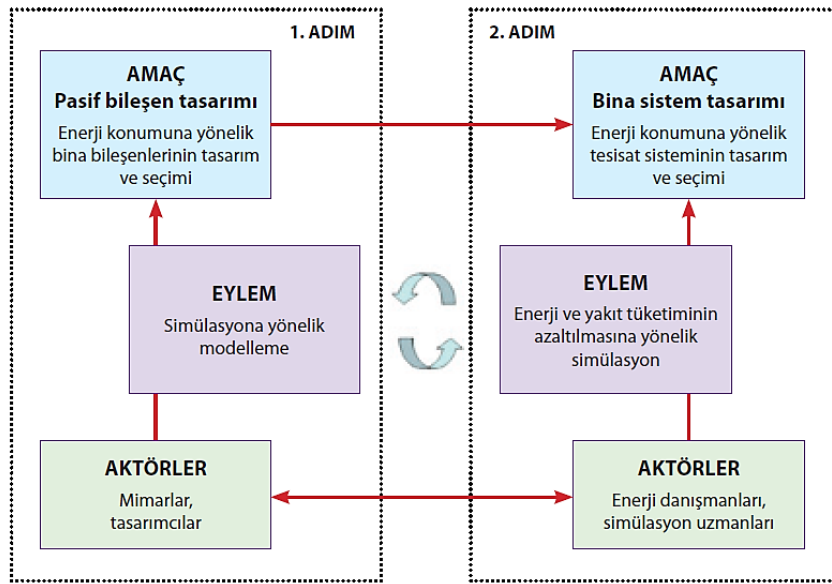
Şekil 3.13. Sonuç sekmesindeki ayarlar

Yapısal analiz, analiz gereksinimlerinin en büyük kısmını oluşturmaktadır. Fakat akışkanlar dinamiğinin ve davranışının tasarım performansını önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. HAD yazılımlarının ilk uygulamaları rüzgâr tünellerini sanal ortamda oluşturmaya odaklansa da gün geçtikçe soğutma, ısıtma, havalandırma gibi akışla ilgili sorunları değerlendirmek için büyük oranda kullanılmaktadır. Solidworks Flow

Simulation, doğal havalandırma amacıyla laboratuvar ortamında fiziksel olarak denenmiş olduğu rüzgâr tüneli etkisini sayısal ortama aktaran bir yazılım imkânı sunmaktadır. Solidworks, kullanıcının kendi istekleri doğrultusunda özelleştirme yapma imkânı sunmaktadır (Jonuskaite, 2017). Program sayesinde çeşitli modüller aracılığıyla spesifik işler yapılabilmektedir. Son derece hızlı bir yöntemle sanal ortamdaki akış modelini simüle etmektedir. Kullanıcı akışkanın yönlendirmesini değiştirerek analiz çalışmalarını gerçekleştirebilmektedir. Rüzgâr tünelinin geometrisi ve akışkanların şekil üzerinde oluşturduğu etki analiz sonucu olarak farklı uzantılar ile video şeklinde kaydedilmektedir. Böylece simülasyonlar ile yapıya etki eden rüzgâr ve rüzgârın kullanımının nasıl olması gerektiğine dair çıkarımlarda bulunmaktadır.

HAD programları kullanılıp denklemler bilgisayar ortamında analiz edilerek bina performansı ve çevresi ile ilgili çalışmalar kolaylaştırılmaktadır. Bu analizler bina tasarım süreçlerinde etkili olarak kullanılmakta, yazılımlar ile projelendirmeden yapım aşamasına kadar farklı noktalarda müdahaleye açık bir şekilde çalışılmaktadır. Bina yapım sürecindeki bu aşamalar; binanın konumunu belirleme, doğal havalandırma çalışmaları, HVAC sistemlerinin tasarımı, kirlilik dağılım ve kontrolleri gibi farklı aşamaları içermektedir. Bu gibi aşamalarda analiz sonucunda ulaşılan veriler, olumsuz şartları ortadan kaldırmaya, çevre kirliliğinin etkisini belirli oranda azaltmaya, iyi bir yerleşim ile konfor düzeyini artırmaya, doğal havalandırmayı artırarak enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Doğal havalandırma çalışmalarında bina çevresinde ve bina içerisinde oluşan hava hareketleri analiz edilerek optimum sonuca ulaşılır. İç mekân ve dış mekân arasında oluşan ölçek farkları nedeniyle, bu analizlerin aynı anda yapılması durumunda, çok sayıda grid sistemi oluşturulması gerekmektedir. Bu durum bilgisayarda yapılacak analizlerin süresini arttırmaktadır. Bu nedenle ayırma yaklaşımı kullanılarak iç mekân ve dış mekân analizleri ayrı yapılmaktadır (Zhai, 2006). Ayrı ayrı yapılan bu analizlerin verdiği geri beslemeler ile enerji etkin bir tasarım oluşturmak amaçlanmaktadır.

Binaların enerji performansı söz konusu olduğunda enerji etkin tasarım için; pasif bileşen tasarımı ve bina sistem tasarımından oluşan iki temel adım dikkate alınmalıdır (Şekil 3.14). Enerji danışmanları ve simülasyon ekipleri bu aşamalarda devreye girmekte, enerji ve kaynak tüketiminin azaltılmasına yönelik alınacak önlemler için simülasyon gerçekleştirmektedirler. Analizler sonucunda elde edilen ön bilgiler ile sürecin ilk aşamasında pek çok enerji etkin tasarım seçenekleri oluşturulabilmektedir (Harputlugil, 2011).



Şekil 3.14. Enerji Korunumunda İki Temel Adım (Harputlugil, 2011)

Enerji kaybının önlenmesi için bina bileşenlerinde kullanılan malzeme, biçim gibi elemanların enerji etkin olarak seçilmesi pasif bileşen tasarımı için önem arz etmektedir. Bileşen tasarımı ve seçimi yapılırken mimarlar, tasarımcılar ve mühendisler simülasyona yönelik çizim, modelleme verilerini bilgisayar ortamında oluşturmaktadır. Bina sistem tasarımına geçildiğinde enerji kayıp ve kazançları analiz edilerek görülmekte ve olumsuz şartların azaltılmasına yönelik simülasyon çalışmaları enerji danışmanları, simülasyon uzmanları ile değerlendirilmektedir. Bu çalışma süreçlerinde geri beslemeler ile iyileştirme çalışmaları tüm aktörlerin bilgisi ve müdahalesine imkân veren sanal ortamda yapılarak kaliteli sonuç ürüne çeşitli aşamalar ile ulaşılabilmektedir. Disiplinlerarası çalışma ve analiz ortamları akademik anlamda çalışmaya ihtiyaç duymaktadır. Üzerinde durulan enerji etkin tasarım kavramı ve aktörler arasında ilişki, değerlendirilerek yapı üretim süreçleri aktif olarak desteklenmelidir.

Solidworks Flow Simulation programının, cebri hava akışının kontrolünü sağlamak, ısıtma soğutma ve havalandırma sistemlerinin prototipini oluşturmak, sistemlerin nasıl işlediğini görmek, tasarım değişikliğinin performansa etkisini saptamak ve iyileştirme çözümlerini net şekilde elde etmek amacıyla yapı sektöründe kullanılması gerekmektedir. Analiz programlarının enerji etkin tasarımlar üretmek adına proje üretim süreçlerinde belirli yönetmeliklerce desteklenmesiyle ve çeşitli aktörler ile

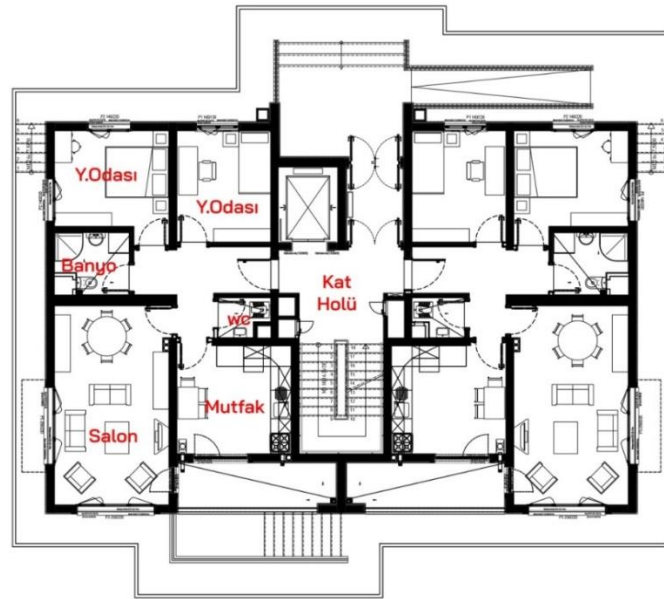
denetlenmesiyle enerji etkin tasarıma ilişkin net bir anlayış oluşturabilir. Solidworks mimaride kullanımı ile ilgili avantajlar şu şekildedir;

- Solidworks üç boyutlu çizimler ile entegre olarak çalışmaktadır.
- Yazılımsal yapısı gereği basitlik hız ve sağlamlık odaklı HAD çözümler sunmaktadır.
- Sonuçlar ile birlikte tasarım alternatifleri ve karşılaştırma gibi imkânlar sağlamaktadır.
- Arayüz tasarımı amacına uygun ve yönlendirici bir biçimde işlevsel olarak tasarlanmıştır.
- Farklı üç boyutlu tasarımları 3d geometri bilgilerini içeren .sat uzantısı ile açıldığında geometrik veri kaybı oldukça az olmaktadır.
- Farklı akım tipleri için özel kullanıcı girişi gerektirmemekte, hava akımları simüle edebilmektedir.
- Kısa kurulum süresine ve artırılmış model hassasiyetine sahiptir.

Bu çalışmada çeşitli analiz programlarının mimari süreç içinde etkin doğal havalandırma için nasıl kullanıldığı örnek yapılar üzerinden değerlendirilmiş, yapının cephesinde ve mekân içinde hava akımının oluşturduğu etkiler incelenmiştir. Çalışmanın devamında örnek yapılarda programın kullanımına ilişkin anlatımlar analiz aşamalarında yazılıma ait görseller ile desteklenerek aktarılmıştır.

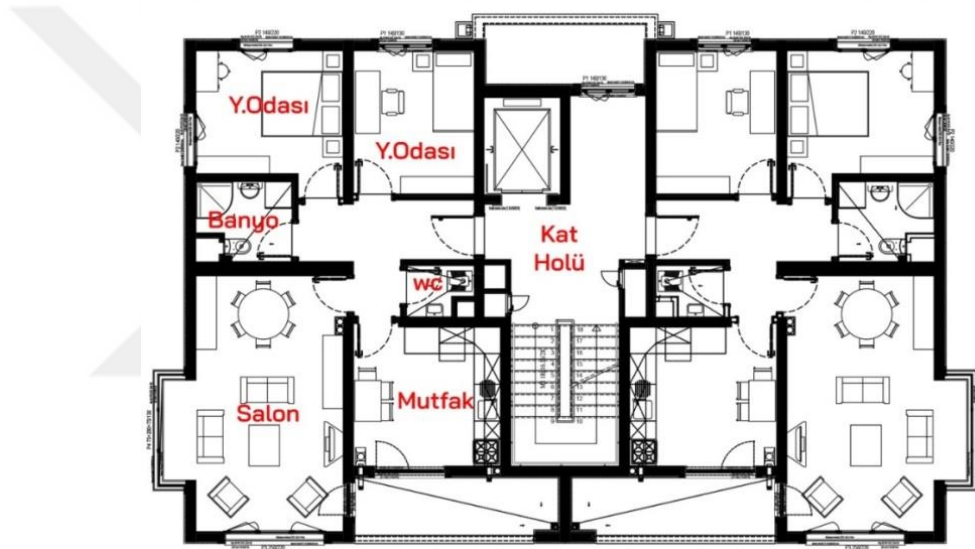
4. FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE TOKİ TİP KONUTLARI ÜZERİNDEN RÜZGÂR ANALİZ SİMÜLASYONLARI

Araştırma amacı doğrultusunda TOKİ tarafından Türkiye genelinde uygulanan toplu konut projeleri içinden tip proje seçilmiştir. Beş farklı iklim özelinde bakıldığında bodrum, zemin ve dört kat (B+Z+4) adedinin fazla uygulanmış olması nedeniyle çalışma bu kat adedi seçilerek sınırlandırılmıştır. Oluşan kütlelerin büyüklüğü ve programın taradığı yüzey alanı arttıkça analiz sürecinde artış olması nedeniyle seri bir şekilde simülasyon sonuçlarını görebileceğimiz 2+1 plan çözümüne odaklanılmıştır. Plan üç boyuta aktarılarak pencere açıklıklarının ve iç mekânlar arasındaki geçişi sağlayan kapı açıklıklarının yerleşimi üzerinden Türkiye iklim bölgeleri özelinde bina içinde ve dışında oluşan rüzgâr hareketi incelenmiştir. Solidwork programında bulunan Flow Simulation eklentisi yardımıyla beş farklı iklim bölgesindeki açıklıkların hâkim rüzgâr yönleri ile ilişkisi ve oluşan hava akımının; doğal havalandırmaya etkisi analiz sonuçları ile gösterilmiştir (Şekil 4.1). Programa rüzgâr hızı ve yönüne ait veriler girilmiş, nem ve basınç ile ilgili veriler çalışmada analiz kapsamına alınmamıştır. Vaziyette çevre yapılar tarafından oluşan hava akımı analize dâhil edilmeyerek konut-plan çözümüne odaklı karşılaştırma yapılmıştır. Böylece pandemi ile önem kazanan iç mekânların doğal havalandırması üzerine odaklanılarak literatürdeki boşluk giderilmeye çalışılmıştır.



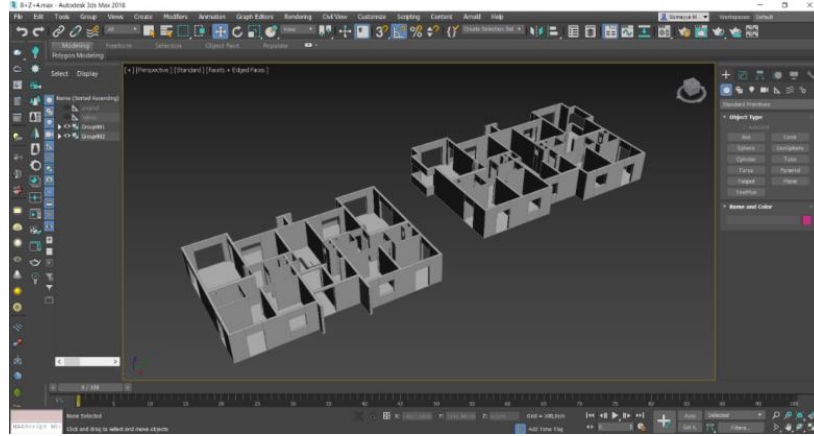
Şekil 4.1. Bodrum, zemin ve dört kat adetine (B+Z+4 Katlı) sahip konut tipi zemin kat planı

Zemin kat ve birinci kat arasındaki rüzgâr akışı ve katlar boyunca devam eden hava akımını analiz edebilmek için birinci katta analiz çalışmasına dâhil edilmiştir (Şekil 4.2). Katlar arasında açıklık oranında ve tipindeki farklılıklar analizlere yansımaktadır. Giriş kapısı ve pencere boşluğu rüzgârın iç mekâna alınmasında değişik etkiler göstermektedir. Zemin kattaki kat holü rüzgârlık alanı içerirken, birinci kat da pencere açıklığı yer almaktadır. Ayrıca salon birimindeki pencereler zemin katta cephe ile hem yüz iken, birinci katta cephe dışına çıkmıştır. Birinci kattaki merdiven kovası üst katlara çıkıldıkça baca etkisi oluştururken zemin katta merdiven başlangıcı nedeniyle kova boşluğu bulunmamaktadır.



Şekil 4.2. Bodrum, zemin ve dört kat adetinde sahip (B+Z+4 Katlı) konut tipi 1.kat

3dsmax programı yardımıyla katı modellemesi yapılan zemin ve birinci kat planları analiz edilmek üzere .sat uzantı olarak export edilmiştir (Şekil 4.3). Solidworks programı birçok uzantı ile çalışmaktadır. 3dsmax programından .sat uzantısı ile yüzeylerin tamamıyla programa tanımlı olarak aktarımı sağlanmaktadır.



Şekil 4.3. Kati kütlenin 3dsmax ortamında modellenmesi

Kütleler oluşturulurken kat yüksekliği 2,90 metre olarak alınmıştır. Pencere yükseklikleri mimari projeye uygun olarak modellenmiştir. Modellenen kati kütle Solidworks programına aktarılmıştır. Sonrasında iki kat montaj edilerek üst üste getirilmiş ve rüzgâr yönlerinin belirlemek için bir rüzgâr levhası çizilmiştir. Flow Simulation eklentisi çalıştırılarak çeşitli akış yörüngeleri oluşturulmuştur.

Farklı iklim bölgelerinde hava akımının etkisini görebilmek için rüzgâr hızı ve yönü ile ilgili verilerin programa aktarılması gerekmektedir. Ortalama rüzgâr yönü ve hızı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün internet sayfasından elde edilmiştir. Kati modelin oluşturulması, modelin analiz programına aktarılması, alınan rüzgâra ait bilgilerin gerekli programa girilmesi, ağ yapısı haline getirilen yüzeylerin hava akımına gösterdiği tepkinin simüle edilmesi aşamalarına dayanan bu çalışma sonucunda konut içerisine alınan hava akımının doğal havalandırmaya etkisi görülebilmektedir. Analiz sonuçları rüzgâr hızına ve rüzgârın bina iç mekânındaki hareketine göre değerlendirilmiştir.

4.1. Sıcak-Kuru İklim Bölgesi: Gaziantep İli Örneği

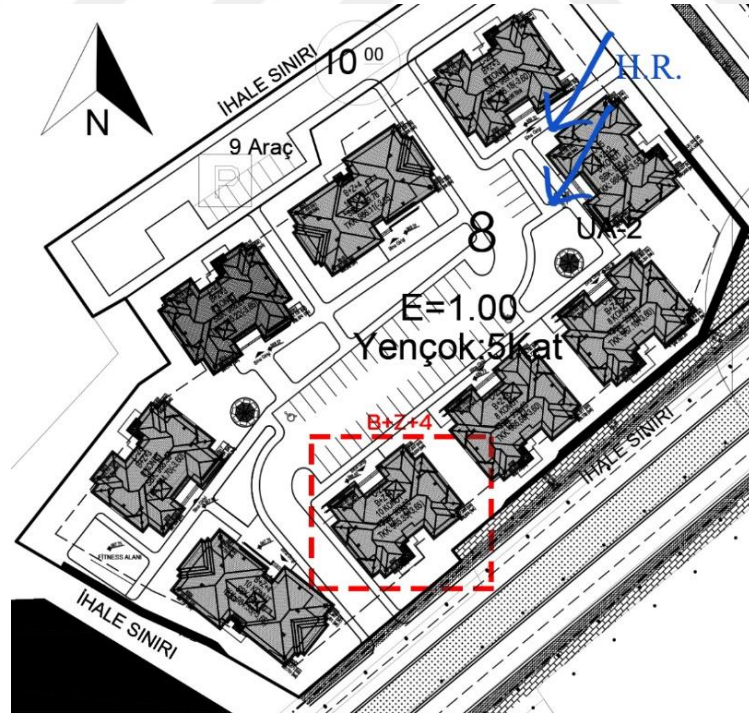
Çalışma alanı Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunan Gaziantep ilimizdir. Bu ile bağlı 9 ilçe bulunmaktadır. Analizi yapılacak proje Gaziantep İli, Şehitkamil İlçesi, Kuzeyşehir 5.Etap 646 Konut işini kapsamaktadır. Gaziantep, konumu nedeniyle iklimsel özellikler bakımından geçiş bölgelerine sahiptir. Akdeniz ve Karasal iklimin karışık halde bulunduğu ilde batıda Akdeniz ikliminin, doğuda Karasal iklimin etkileri hâkimdir. Hâkim rüzgâr Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün web sayfasından alınmıştır (Tablo 3.1). Rüzgâr yönü kuzey-doğu yönünde yaklaşık 6 km/sa'lik hız ile esmektedir. Hava akımının yönü ve hızı için değerler girilerek analiz yapılmaktadır.

Tablo 4.1. Gaziantep İli rüzgâr yönü ve hızına ait bilgiler

ŞEHİR ADI	RÜZGÂR HIZI	RÜZGÂR YÖNÜ	RÜZGÂR BASINCI
Gaziantep	6 km/sa	Kuzeydoğu	1018 hPa

4.1.1. Projenin Özellikleri

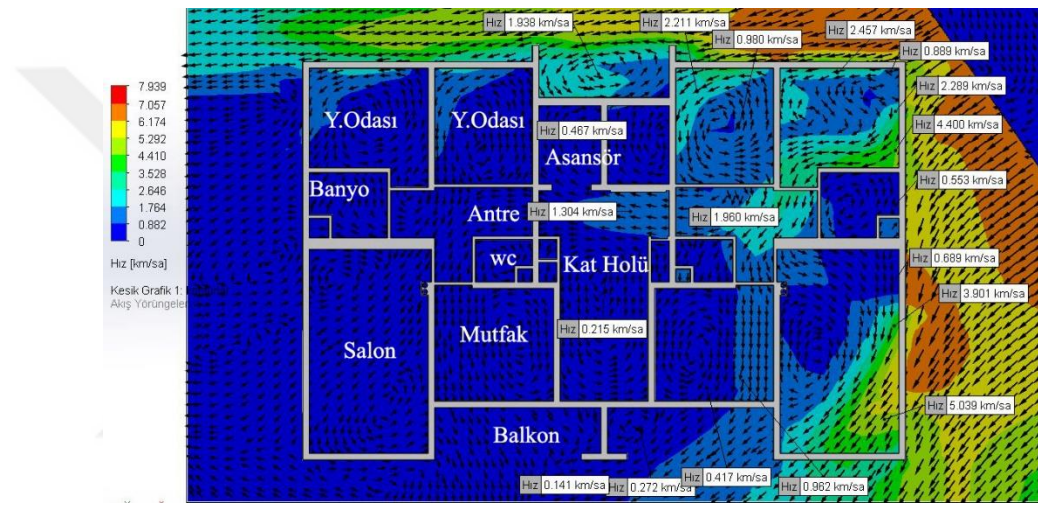
Proje mimari olarak; T.C. Toplu Konut İdaresi tarafından yaptırılan 5 bloktan oluşan konut işidir. TOKİ kapsamında Gaziantep ilinde farklı projeler yer almaktadır. Çalışmaya konu olan proje Gaziantep İli Şehitkamil İlçesi'nde Kuzeyşehir mevkiinde yer alan proje B+Z+2, B+Z+3, B+Z+4 olmak üzere 3 farklı kat adedine sahiptir. Projede A, B, C, D, E olmak üzere 5 blok bulunmaktadır. Araziye yakınlaşarak analizi yapılan projeye odaklanıldığı için tüm bloklara görselde yer verilmemiştir. Tüm detayları düşünülen bu projede mahalle kültürü yansıtılmak istenmiş ve yatay mimariye önem verilmeye çalışılmıştır (Şekil 4.4).

**Şekil 4.4.** Gaziantep İli Toki projesi vaziyet planı

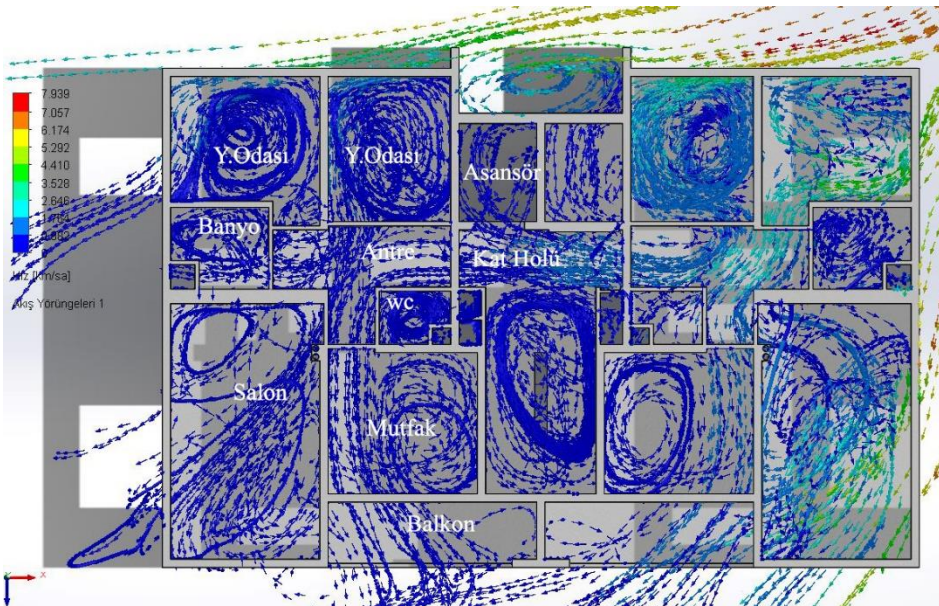
A, C, D blok içerisinde; B+Z+2, B+Z+3, B+Z+4; B, E blok içerisinde; B+Z+3, B+Z+4 adet kat adedinden oluşan binalar bulunmaktadır. Etkin doğal havalandırma için bu mimari öğeler birbiri ile ilişkili düşünülmelidir. Projede; 6 adet B+Z+2 katlı, 37 adet B+Z+3 katlı, 34 adet B+Z+4 katlı bina bulunmaktadır.

4.1.2. Projenin Rüzgâr Analizi

Projede zemin kat ve birinci kat arasında plan çözümünde farklılıklar bulunmaktadır. Bu nedenle katlar modellenerek ayrı ayrı analiz edilmiştir (Şekil 4.5 ve 4.6).

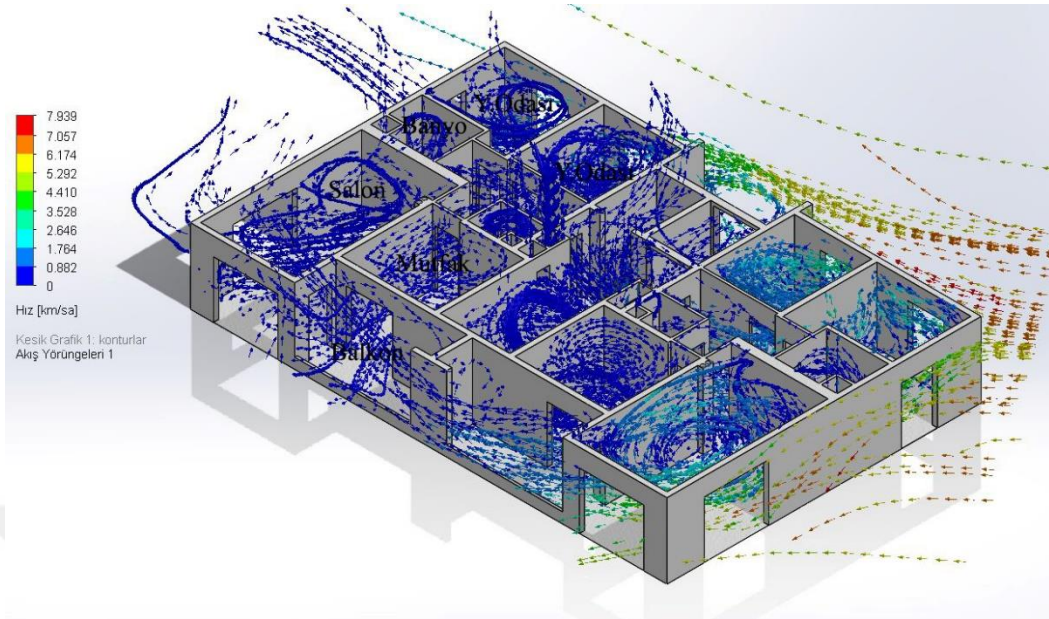


Şekil 4.5. Gaziantep İli Toki projesi zemin kat planı üzerinden düzlemsel rüzgâr analizi



Şekil 4.6. Gaziantep İli Toki projesi zemin kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi

Rüzgâr akışının görülebilmesi için perspektif açıdan da analiz görselleri alınmıştır (Şekil 4.7).



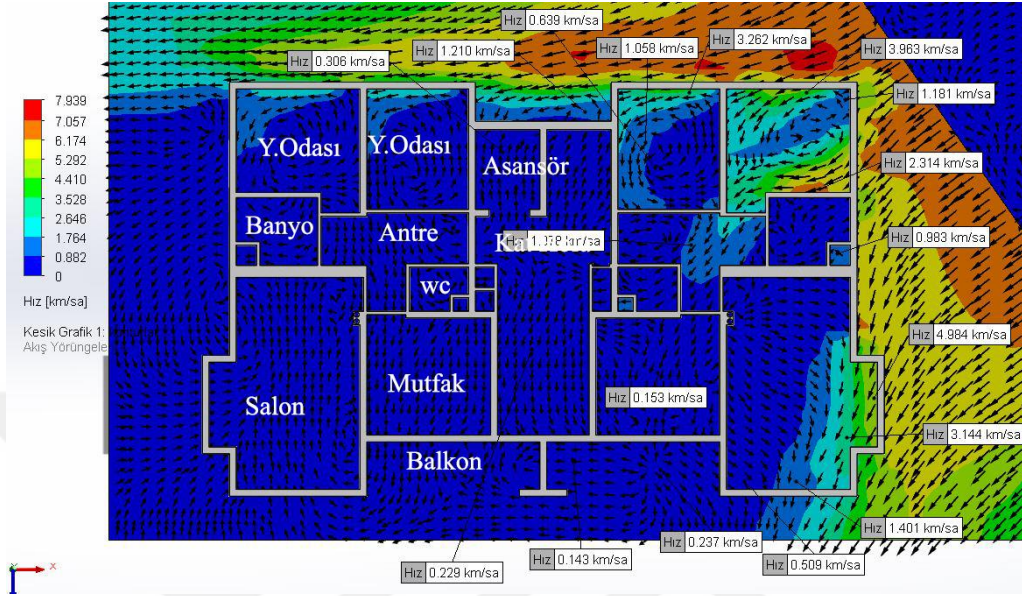
Şekil 4.7. Gaziantep İli Toki projesi zemin kat perspektifi rüzgâr analizi

Rüzgâr yönüne çapraz olarak yerleştirilen konutta sivri köşelere çarpan hava akımının yumuşatılmasını sağlamıştır. Böylece rüzgâr akımının cephe üzerindeki etkisi azaltılarak yan yüzeylerde cepheyi zorlayıcı etkisi ortadan kaldırılmıştır.

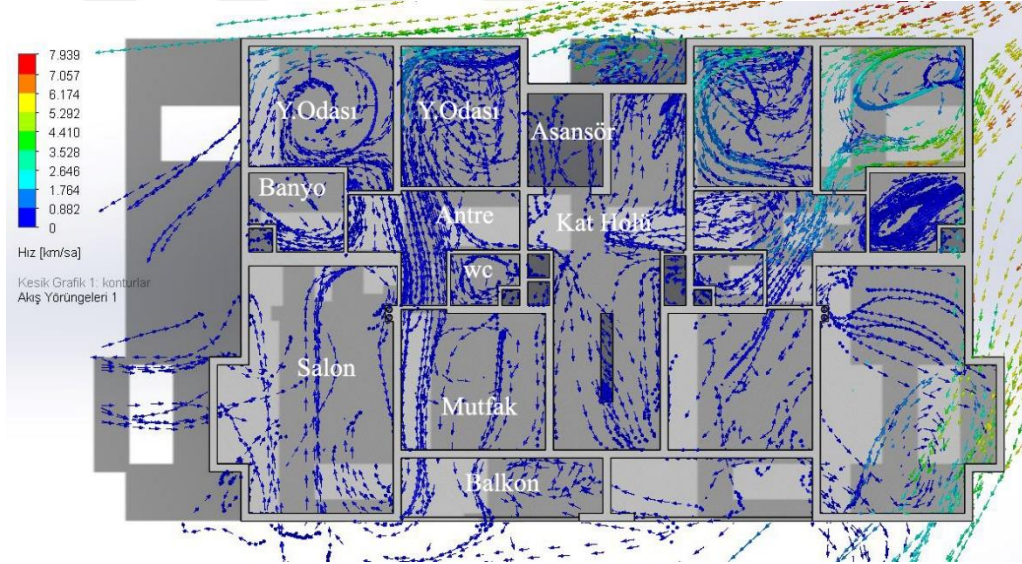
Bina girişi zemin katta hâkim rüzgâr yönüne direkt açılmamış ve rüzgârlık eklenerek kontrollü bir hava girişi sağlanmıştır (Şekil 4.6 ve 4.7). Girişe ulaşan hava yavaşlamakta ve girdap etkisi oluşturmaktadır. Böyle iklimin sıcak etkisi azaltılmakta, hızı düşen hava kuru etkiyi artırmamaktadır. Kat holüne geçen hava merdiven kovanındaki baca etkisi ve girişten gelen hava akımı ile birlikte girdap haline dönüşmektedir. Katlar arası havalandırma sağlanmaktadır.

Hava akımını çapraz olarak alan pencereler ve antreden kapı açıklığı ile mekâna ulaşan rüzgâr sayesinde salonda etkili bir doğal havalandırma sağlanmaktadır. Mutfak biriminde iç bükey hava akımlarının düzensizleştiği ve türbülans meydana geldiği görülmektedir. Antreden ve odalardan mutfak birimine yoğun hava akışı ulaşmakta balkondan doğrudan kirli hava atılmaktadır. Yatak odaları hakim rüzgârı iç mekâna alarak kapı açıklıkları ile antre gibi alanlara iletmektedir. Yatak odasındaki iki farklı pencereden alınan hava antreye aktarılmakta ve odanın her bölümüne dağılmaktadır. Banyoda hava akış hızı düşmekte ve mekân içerisinde hava çıkışı sağlanamamaktadır. Sıcaklığın etkisinde ihtiyaç duyulan yarı açık mekân olan balkon yeteri kadar rüzgârı

almamakta ve iç mekândan gelen hava akımını barındırmaktadır. Birinci kat planına bakıldığında bina girişi yeri pencere açıklığı ile kapatılarak salon birilerimde konsol oluşturulduğu görülmektedir (Şekil 4.8 ve 4.9).

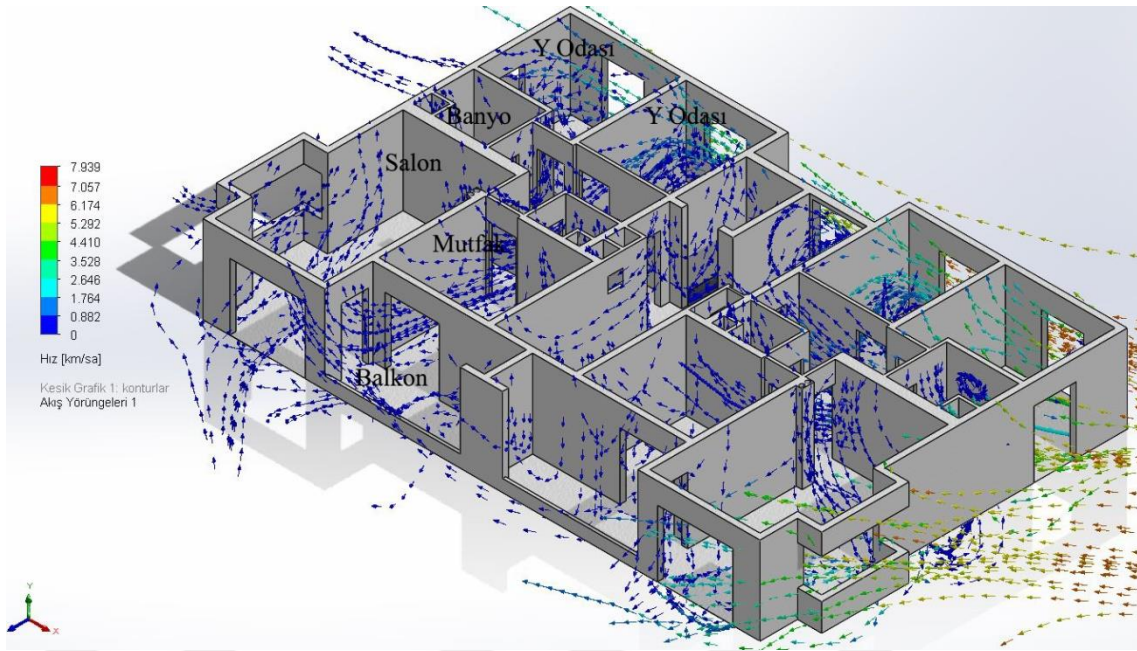


Şekil 4.8. Gaziantep İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden düzlemsel rüzgâr analizi



Şekil 4.9. Gaziantep İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi

Rüzgâr akışının görülebilmesi için perspektif açıdan da analiz görselleri alınmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Gaziantep İli Toki projesi birinci kat perspektifi rüzgâr analizi

Salon biriminde oluşturulan çıkımlar ve pencere açıklıkları rüzgârın 3 farklı yönden iç mekâna dâhil edilmesini sağlamakta, rüzgâr hızı direkt olarak mekâna alınmaktadır. Çapraz havalandırma ve karşılıklı havalandırma sayesinde hava akımının giriş çıkışı süreklilik kazanmaktadır (Şekil 4.10). Çıkımların döşeme altlarında oluşan hava akımı etkisiyle ısı kaybı ile birlikte şehir iklimine göre doğal olarak soğutma sağlanabilmektedir.

Yatma birimlerinde ise rüzgâr antreye aktarılarak, mekân içerisinde ise dairesel olarak dönmektedir. Mutfak birimi yatak odasında doğrudan ulaşan hava ile havalandırılmaktadır. Bu nedenle serinleme etkisi ve temiz hava mutfakta yetersiz kalmaktadır. Mutfak kullanım sürecinde çeşitli koku ve hava sıcaklığı oluşturduğu için doğal havalandırmaya ihtiyaç duyan bir mekândır. İç mekân birimlerinden gelen hava akımıyla bu birimde taze hava ihtiyacı karşılanamamaktadır. Balkon formlarından kaynaklı olarak rüzgâr yeteri kadar balkon birimlerine aktarılmamaktadır. Kat holünde pencere açıklığı bulunması ve katlar boyunca devam eden merdiven açıklığı, şaftlar ve havalandırma bacası sayesinde doğal havalandırma zemin kata oranla daha sağlıklı olarak gerçekleşmektedir.

Rüzgâr ve mekânlar arasındaki ilişkinin doğal havalandırmaya etkisi tablolaştırılarak karşılaştırma katlar arasında yapılmıştır (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Sıcak-kuru iklim bölgesi mekân- doğal havalandırma ilişkisi

<u>SICAK- KURU</u>	Giriş Holü & Kat Holü	Antre	Mutfak	Salon	Yatak Odası	Ç.Yatak Odası	Banyo	Balkon
Zemin Kat	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	X
1.Kat	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	X

Katlar arasında rüzgâr hızında ve mekâna alınmasında büyük farklılıklar görülmemekte, salon biriminde oluşturulan çıkma serinleme ihtiyacını karşıladığı için olumlu olarak değerlendirilmektedir.

4.2.İlımlı Kuru İklim Bölgesi: Karaman İli Örneği

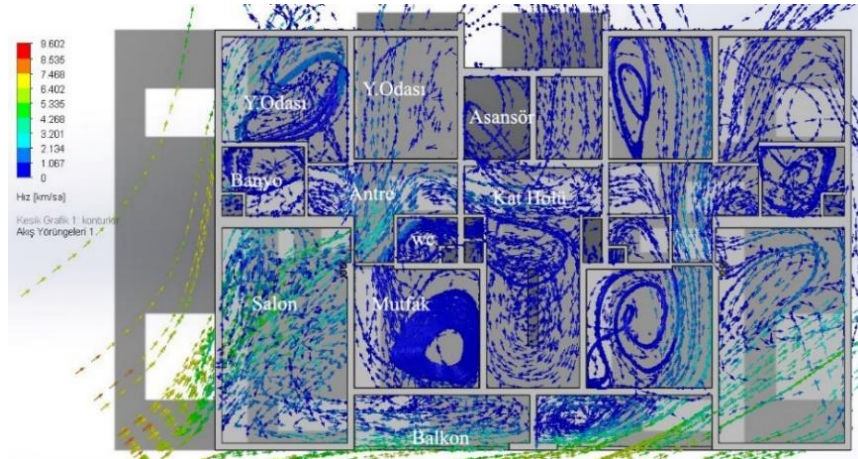
İlımlı kuru iklim bölgesi özelinde incelenen yapı Karaman İli Merkez İlçesi'nde yer almaktadır. Analizi yapılacak proje Karaman İli, Merkez İlçesi, Kırbağı Mahallesi 364 Konut+ 4Kd, 1 adet Ticaret Merkezi, 1 adet Cami işini kapsamaktadır. Analizler için gerekli hâkim rüzgâr verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün web sayfasından alınmıştır. Rüzgâr yönü güney-batı yönünde yaklaşık 7 km/sa'lık hız ile esmektedir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Karaman İli rüzgâr yönü ve hızına ait bilgiler

ŞEHİR ADI	RÜZGÂR HIZI	RÜZGÂR YÖNÜ	RÜZGÂR BASINCI
Karaman	7 km/sa	Güneybatı	1009 hPa

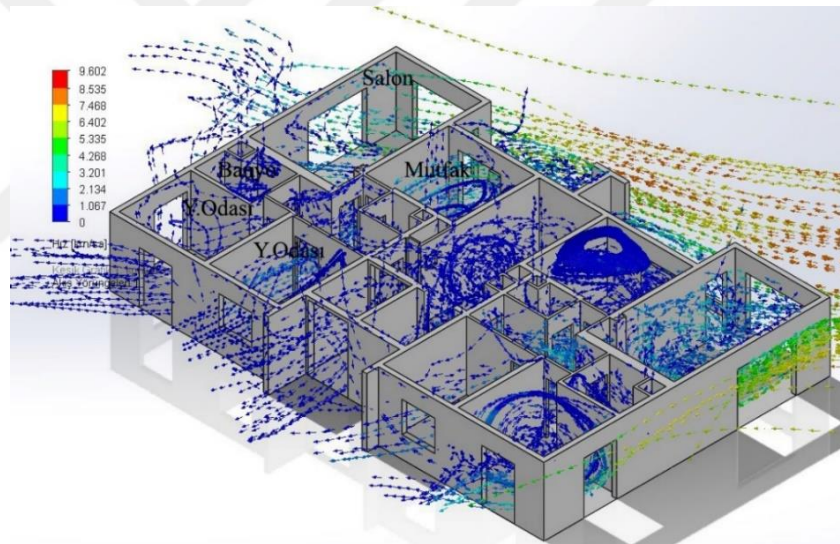
4.2.1. Projenin Özellikleri

Proje mimari olarak; T.C. Toplu Konut İdaresi tarafından yaptırılan 17 bloktan oluşan konut işidir (Şekil 4.11). Çalışmaya konu olan proje B+Z+4, B+Z+5 olmak üzere 2 farklı kat adedine sahiptir.



Şekil 4.13. Karaman İli Toki projesi zemin kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi

Perspektif olarak hazırlanan analiz ile hava akışının üç boyutlu etkisi görülmektedir (Şekil 4.14).

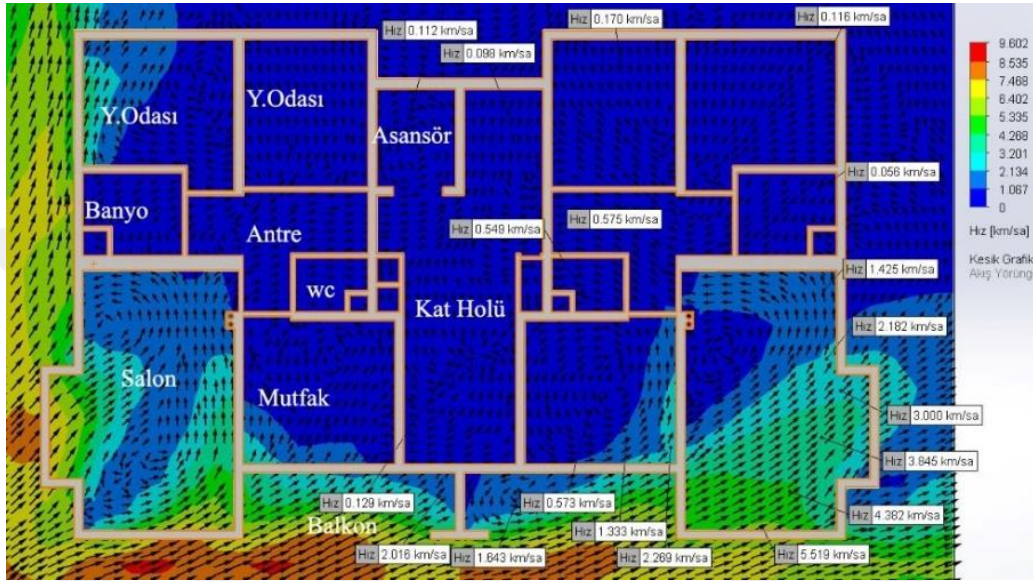


Şekil 4.14. Karaman İli Toki projesi zemin kat perspektifi rüzgâr analizi

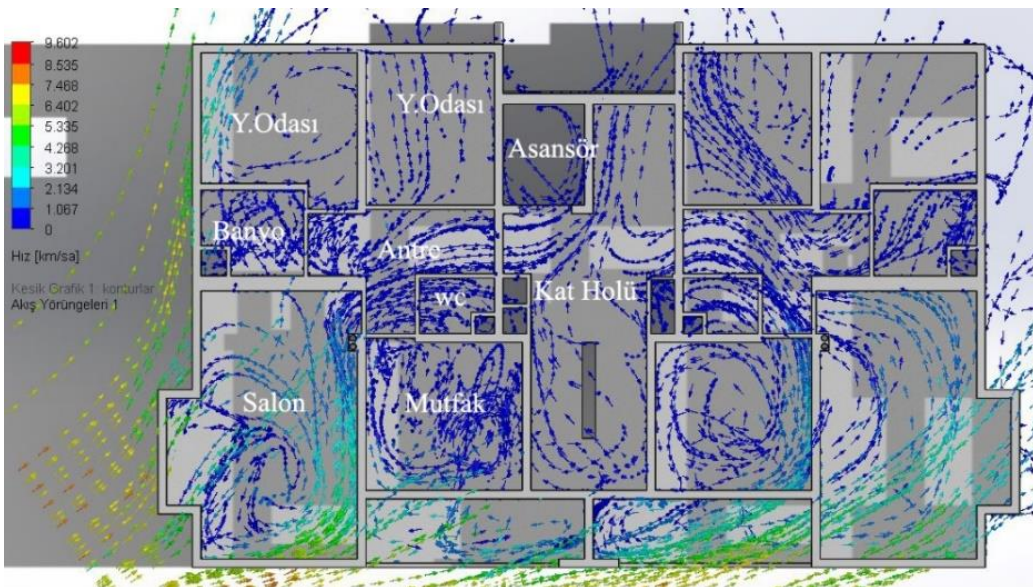
Bina girişi direkt olarak rüzgâr yönüne ters olarak kurgulanmış, iç mekândaki havayı dışarı atan bir nokta haline gelmiştir. Binaya giriş yapan kullanıcı iç mekândaki kirli havayı maruz kalabilmekte, yeteri kadar doğal havalandırma sağlanmadığı için koku oluşabilmektedir.

Balkon kapısında alınan taze hava, pencere boşluğundan çıkmakta çapraz havalandırma sağlanmaktadır. Ayrıca mekân içerisinde rüzgâr dolaşarak serinletici bir etki oluşturmaktadır. Hâkim rüzgâra açılan balkona doğrudan alınan hava akımı mutfak biriminde bölücü duvarlara çarparak türbülansa sebep olmakta ve rahatsız edici bir hava

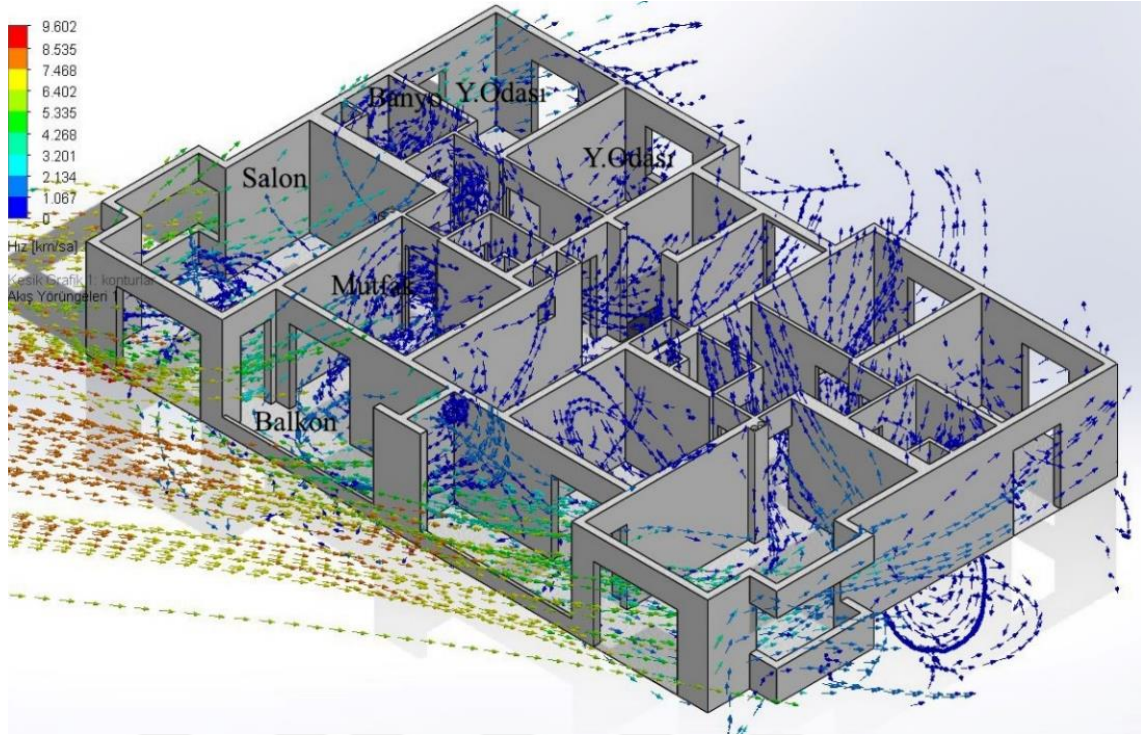
akımı görülmektedir. Mutfaktan yatak odalarına geçerken huni etkisiyle rüzgâr hızlanırken mutfaktaki koku ve sıcaklığı yatma birimlerini ulaştırmaktadır. Dairelerden kat holüne kirli hava akımı ulaşmakta ve kat boyunca taze hava katlar arasında sirküle edilememektedir. Banyo biriminde ise yeteri kadar havalandırma sağlanmamaktadır. Kat holleri arasındaki sirkülasyon daire iç mekânlarından, merdiven kovalarından ve şaftlar arasında gerçekleşen hava akımından sağlanmaktadır (Şekil 4.15 ve 4.16).



Şekil 4.15. Karaman İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden düzlemsel rüzgâr analizi



Şekil 4.16. Karaman İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi



Şekil 4.17. Karaman İli Toki projesi birinci kat perspektifi rüzgâr analizi

Çıkmalar ile farklı yönlerden hava akımını mekâna dâhil etmek kolaylaştırılmış ayrıca sivri köşeler ile rüzgâr akımı yumuşatılmıştır (Şekil 4.17). Salon biriminde farklı duvarlarda yer alan açıklıklar sayesinde hava mekân içerisinde dolaşabilmekte, hava akımı mekân içerisinde yön değiştirdiği için etkili bir doğal havalandırma sağlanabilmektedir. Yatak odasına diğer mekânlardan aktarılan hava akımının geliş yönüne açılan pencere sayesinde dışarıya atılması sağlanmaktadır. Mekânın kalan duvarları ve köşeleri hava akımından etkilenmemektedir. Yani yatma birimlerinde etkili bir doğal havalandırma sağlanmamaktadır.

Mutfak birimine bakıldığında balkon ve antreden ulaşan hava akımları burada bir girdap etkisi oluşturmakta, rahatsız edici hava akımına sebep olmaktadır. Hava sirkülasyonundaki karmaşa yoğun koku ve sıcaklık değişimine sahip mutfak mekânında olumsuz bir etki olarak değerlendirilebilmektedir. Kat hollerine açılan pencere açıklıklarıyla alınan, merdiven kovalarından baca etkisiyle aktarılan hava ve daire iç mekânından gelen hava akımı sayesinde bina ortak kullanım alanları doğal olarak havalandırılmaktadır. Kat arasında etkin doğal havalandırma farkını tabloda verilmektedir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Ilıman-kuru iklim bölgesi mekân- doğal havalandırma ilişkisi

ILIMLI- KURU	Giriş Holü & Kat Holü	Antre	Mutfak	Salon	Yatak Odası	Ç.Yatak Odası	Banyo	Balkon
Zemin Kat	X	✓	X	✓	X	X	✓	X
1.Kat	X	✓	X	✓	X	X	✓	X

Katlar arasında havalandırma farkı salon biriminde oluşmaktadır. Yüzeypden konsol olarak çıkan salon birimi ısıtmaya olan ihtiyacı artırdığından olumsuz olarak değerlendirilmektedir.

4.3. Soğuk İklim Bölgesi: Van İli Örneği

Çalışma alanı Doğu Anadolu bölgesinde bulunan Van ilimizdir. Van iline bağlı 13 ilçe bulunmaktadır. Analizi yapılacak proje Van İli, Başkale İlçesi, Yeni Mahallesi, 158 Ada 15 Parsel 69 Konut ve İlçe Emniyet Hizmet Binası işini kapsamaktadır. Van ili, konumu nedeniyle büyük orada yüksek engebeli ve dağlık alanlardan oluşmaktadır. Karasal iklimin etkisini gösterdiği bu bölgede kışları sert ve yoğun kar yağışı ile geçmekte, yazın ise kurak ve sıcak olmaktadır. Hâkim rüzgâr Meteoroloji Genel Müdürlüğünün web sayfasından alınmıştır (Tablo 4.5). Rüzgâr yönü güney-doğu yönünde yaklaşık 6 km/sa'lik hız ile esmektedir. Hava akımının yönü ve hızı için değerler girilerek analiz yapılmaktadır.

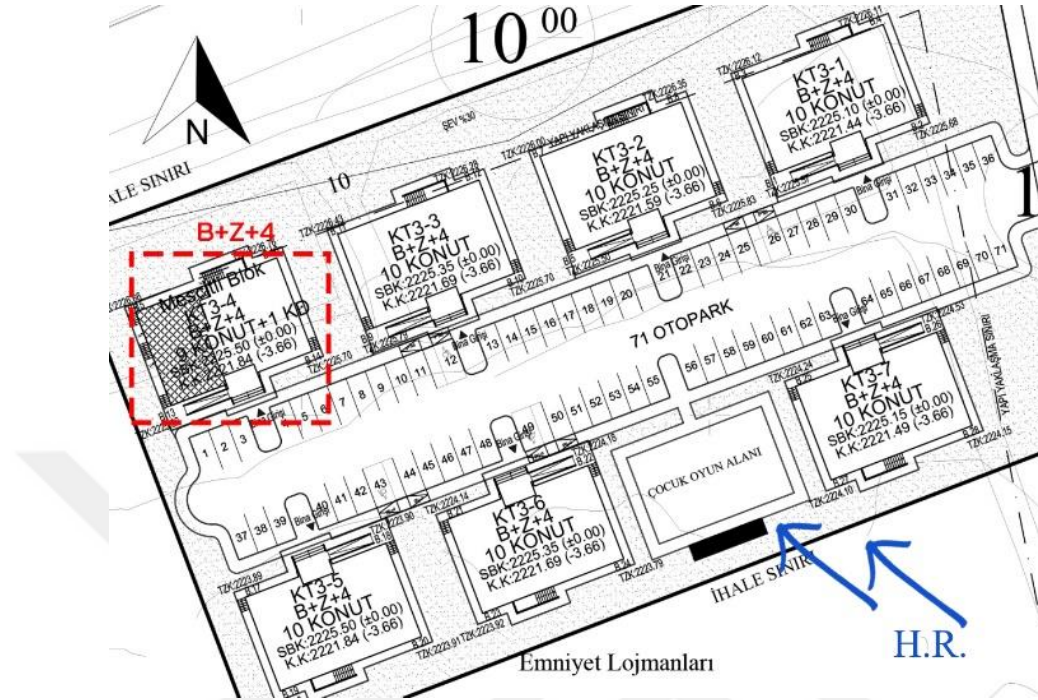
Tablo 4.5. Van İli rüzgâr yönü ve hızına ait bilgiler

ŞEHİR ADI	RÜZGÂR HIZI	RÜZGÂR YÖNÜ	RÜZGÂR BASINCI
Van	6 km/sa	Güneydoğu	1023 hPa

4.3.1. Projenin Özellikleri

Proje mimari olarak; T.C. Toplu Konut İdaresi tarafından yaptırılan 7 bloktan oluşan konut işidir. Çalışmaya konu olan proje Van İli Başkale İlçesi'nde yer alan proje tümüyle B+Z+4 kat adedine sahiptir. Arada bir otopark oluşturularak yapılar arsa

boyunca dizilmiştir. Parsel içerisinde konutlar ile birlikte emniyet hizmet binası, nizamiye ve güvenlik kulübesi yer almaktadır (Şekil 4.18).

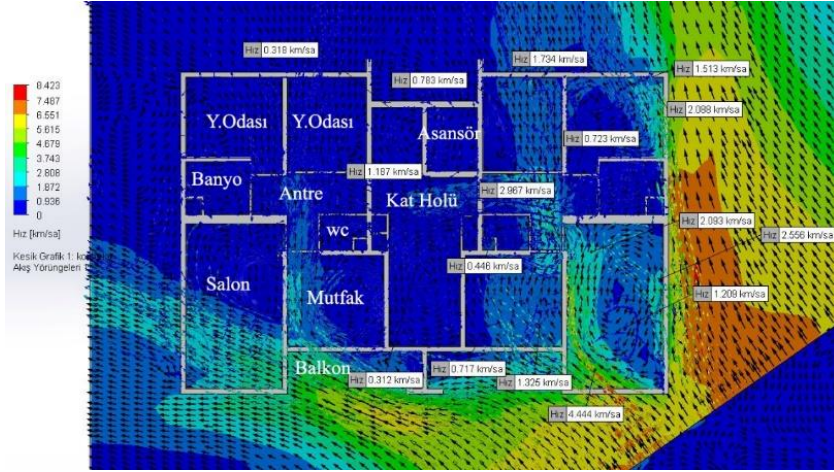


Şekil 4.18. Van İli Toki Projesi vaziyet planı

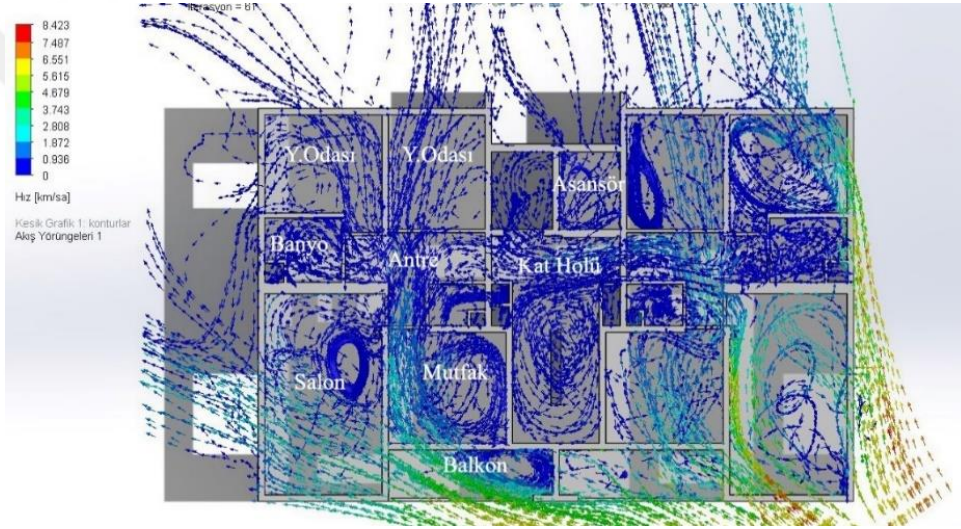
Projeye bakıldığında 7 blokta her katta iki adet daire toplam bir binada 10 adet daire bulunmaktadır. 6 blokta birbiri ile aynı şekilde plan çözümlemesi yapılırken tek blokta kapıcı dairesi ve mescit düşünülmüştür. Bina girişleri otopark yönünden alınmıştır.

4.3.2. Projenin Rüzgâr Analizi

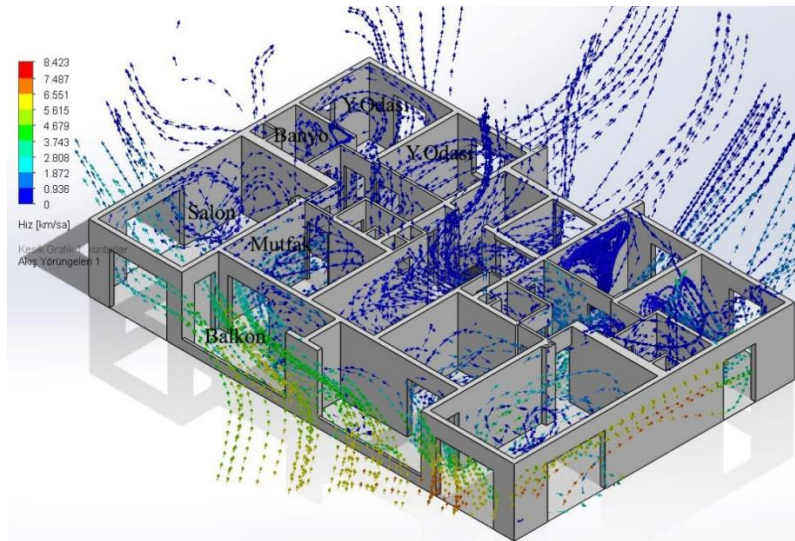
Projede zemin kat ve birinci kat arasında salon bölümünde oluşan çıkma ve kat holünün değişmesi nedeniyle katlar ayrı ayrı analiz edilmiştir (Şekil 4.19 ve 4.20).



Şekil 4.19. Van İli Toki projesi zemin kat planı üzerinden düzlemsel rüzgâr analizi



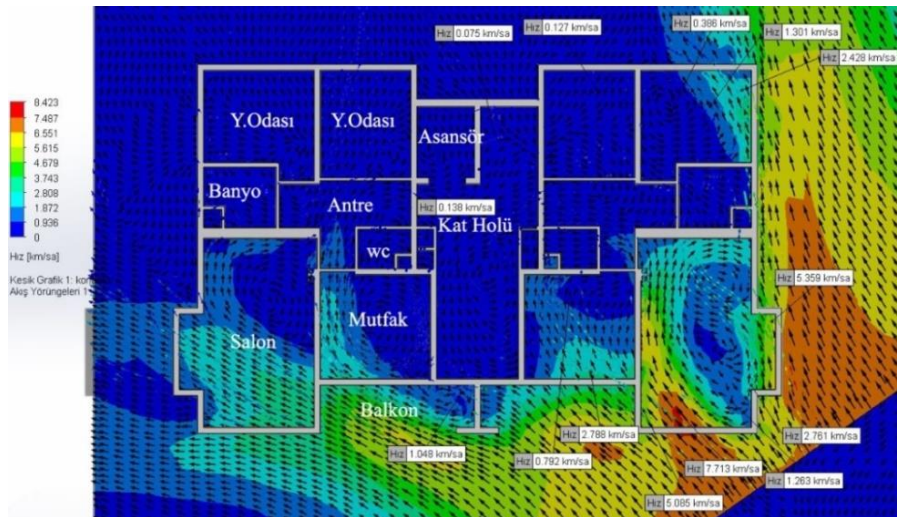
Şekil 4.20. Van İli Toki projesi zemin kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi



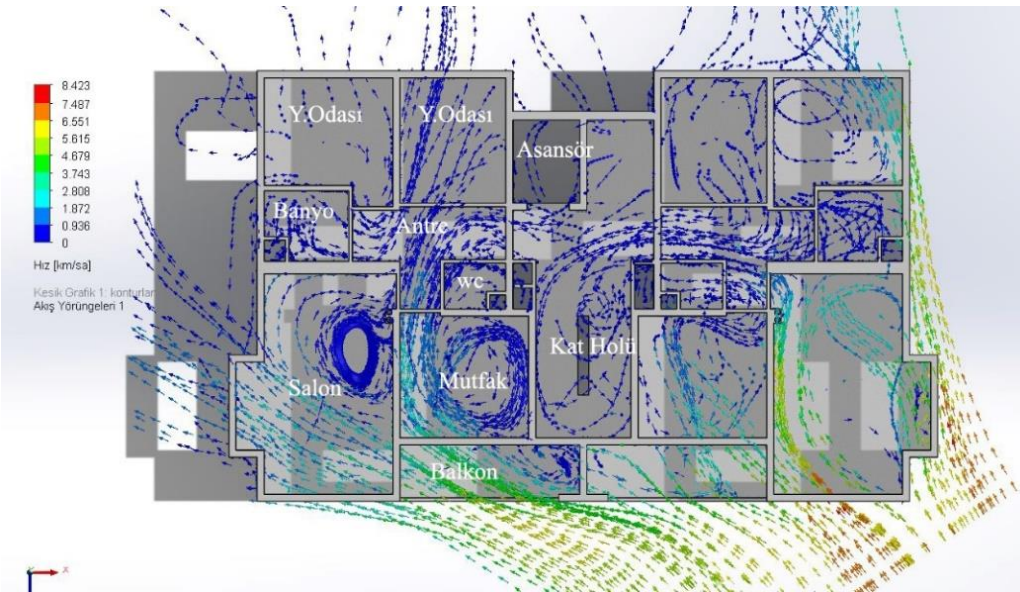
Şekil 4.21. Van İli Toki projesi zemin kat perspektifi rüzgâr analizi

Hâkim rüzgâr bina yüzeyine açı yapacak şekilde temas etmekte hava dairesel hareketler ile mekânın içerisine alınmaktadır (Şekil 4.21). Bina girişi hâkim rüzgâra göre arka cephede kalmakta, girişte negatif basınç bölgesi oluşmaktadır. Dairelerden ve kat holünden ısınarak gelen hava girişten çıkmakta ve soğuk zamanlarda konforlu bir alan oluşturmaktadır.

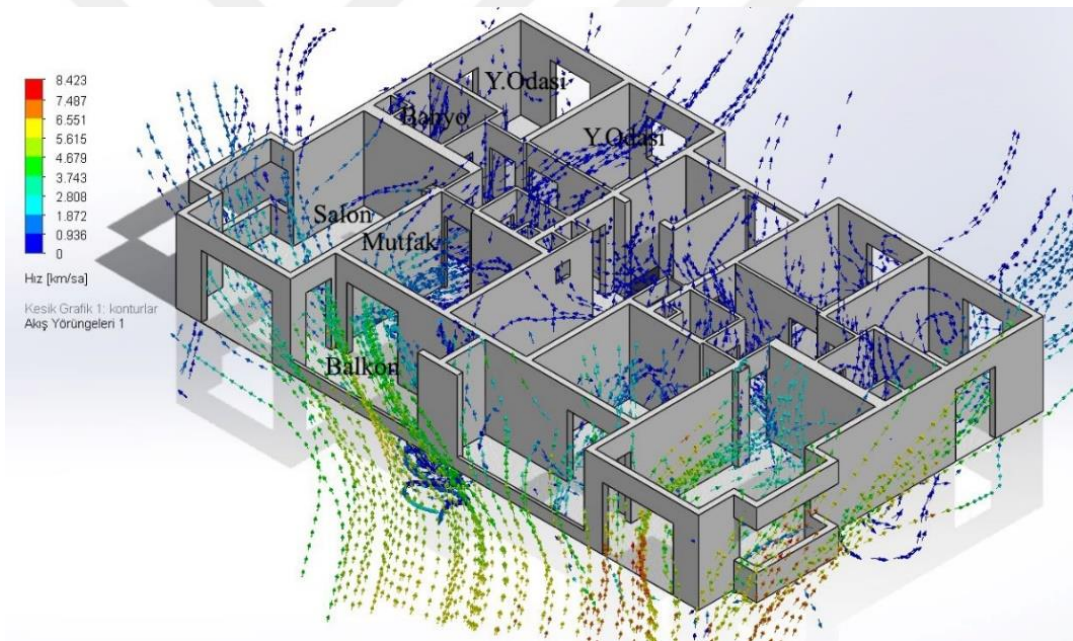
Balkon biriminin hâkim rüzgâra açık olması soğuk iklime sahip Van ilinin sert kış şartları nedeniyle dezavantaj olarak görülmektedir. Mutfak biriminde yeterli hava akımı mekâna giriş yapmakta ve her köşede etkili bir doğal havalandırma sağlanmaktadır. Salon birimindeki açıklıkların farklı konumlarda ve büyüklükte olması nedeniyle etkili bir doğal havalandırma sağlanmaktadır. Fakat rüzgâr hızı direkt olarak mekâna alındığı için serinletici etki oluşturmakta ve ısıtma yükünü artırmaktadır. Yatma birimlerinde hem iç mekândan hem pencereden alınan hava ile birlikte girdap etkisi oluşmaktadır. Çocuk yatak odasında hızı düşen hava akımı ile birlikte, çapraz olarak havalandırma sağlanması ve her köşeye ulaşması nedeniyle etkili bir doğal havalandırma sağlanmaktadır. Ebeveyn yatak odasında oluşan girdap etkisi ve hava hareketlerindeki hız değişimi kullanıcı konforunu olumsuz etkilemektedir. Banyoda düşük hızda hava akımı ve hava giriş çıkışları bulunduğu için yeterli bir şekilde havalanmaktadır (Şekil 4.22 ve 4.23).



Şekil 4.22. Van İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden düzlemsel rüzgâr analizi



Şekil 4.23. Van İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi



Şekil 4.24. Van İli Toki projesi birinci kat perspektifi rüzgâr analizi

Salon biriminde oluşturulan çıkma köşe noktalarda burgaçlar meydana getirmiştir (Şekil 4.24). Burgaçlar nedeniyle gürültü oluşumu görülebilmektedir. Gürültüde kullanıcı konforunu olumsuz etkileyen bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır. Kat hollerinde hava akışı düzenli bir şekilde hareket etmektedir. Diğer mekânlar zemin katta yapılan analiz değerlendirmesi ile benzerlik taşımaktadır. Kat arasında etkin doğal havalandırma farkı tabloda verilmektedir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Soğuk iklim bölgesi mekân- doğal havalandırma ilişkisi

SOĞUK	Giriş Holü & Kat Holü	Antre	Mutfak	Salon	Yatak Odası	Ç.Yatak Odası	Banyo	Balkon
Zemin Kat	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X
1.Kat	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X

Kat planları arasında, kat holü ve salon biriminde farklılıklar gözlenmektedir. Soğuk iklim bölgesinde ısınmaya dair ihtiyaç fazla olmaktadır. Rüzgârın serinletici etkisi salon ve bina girişlerinde ısı kaybına sebep olmakta ve doğal havalandırma etkili olsa da kullanıcı konforunu olumsuz etkilemektedir.

4.4. Sıcak- Nemli İklim Bölgesi: Mersin İli Örneği

Çalışma alanı, Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde bulunan bir liman kentidir. Analizi yapılacak proje TOKİ kapsamında Mersin ilinde farklı projeler yer almaktadır. Analizi yapılan proje; Mersin, Mezitli, Mezitli Mahallesi 262 Adet Konut inşaatını kapsamaktadır. Mersin'de çoğunlukla Akdeniz iklimi hâkimdir. İç kısımlara gidildikçe karasal iklimin etkisi de görülmektedir.

Yazları kıyılarda aşırı sıcak ve kurak, yüksek yerlerde ise serin ve kurak geçmektedir. Kışları ılık ve yağışlı olarak devam etmektedir. Hâkim rüzgâr Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün web sayfasından alınmıştır. Rüzgâr yönü batı yönünde yaklaşık 14 km/sa'lık hız ile esmektedir (Tablo 4.7). Hava akımının yönü ve hızı için değerler girilerek analiz yapılmaktadır.

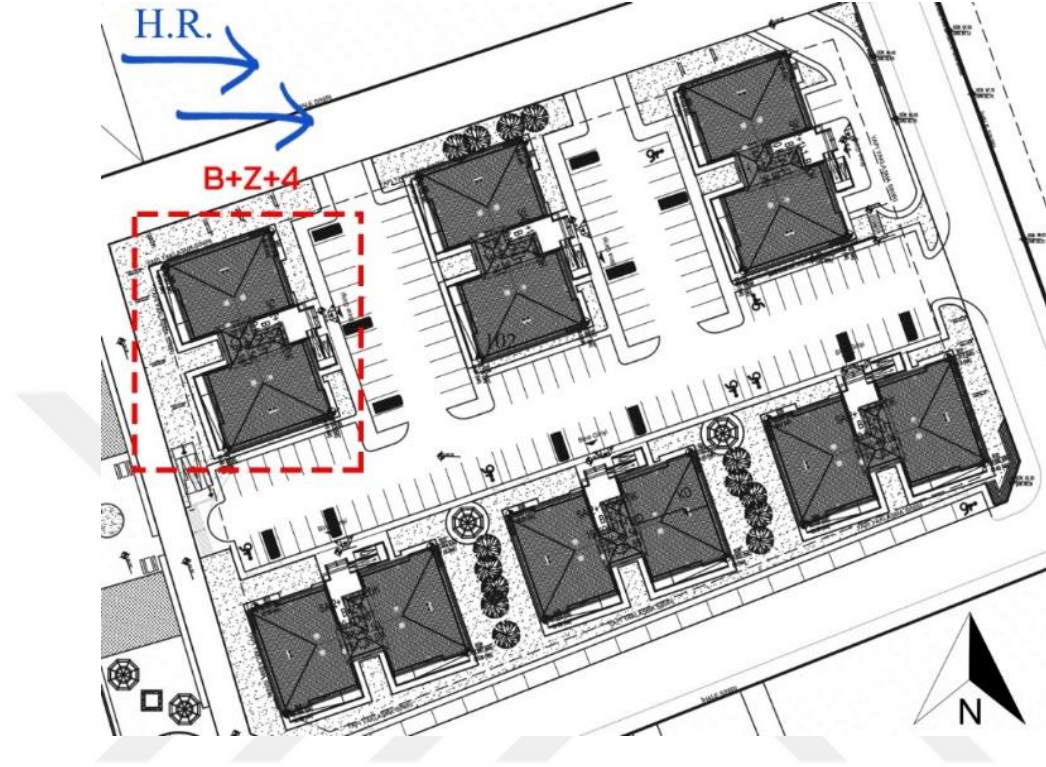
Tablo 4.7. Mersin İli rüzgâr yönü ve hızına ait bilgiler

ŞEHİR ADI	RÜZGÂR HIZI	RÜZGÂR YÖNÜ	RÜZGÂR BASINCI
Mersin	14 km/sa	Batı	1011 hPa

4.4.1. Projenin Özellikleri

Proje mimari olarak; T.C. Toplu Konut İdaresi tarafından yaptırılan 12 bloktan oluşan konut işidir (Şekil 4.25). Çalışmaya konu olan proje, B+Z+4, B+Z+5 olmak

üzere 2 farklı kat adedine sahiptir. Projede 2 adet ada bulunmaktadır. Ada-1 içerisinde tamamıyla B+Z+5, ada-2 içerisinde tamamıyla ise kat adedine sahip binalar yerleştirilmiştir.

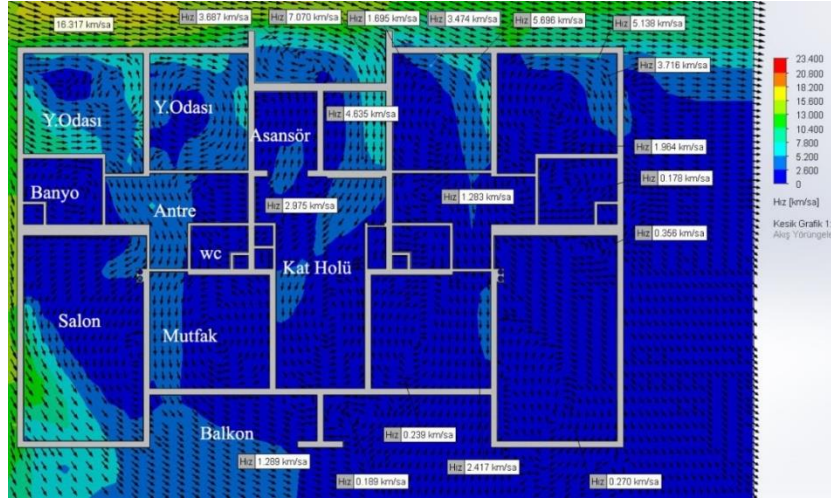


Şekil 4.25. Mersin İli Toki projesi vaziyet planı

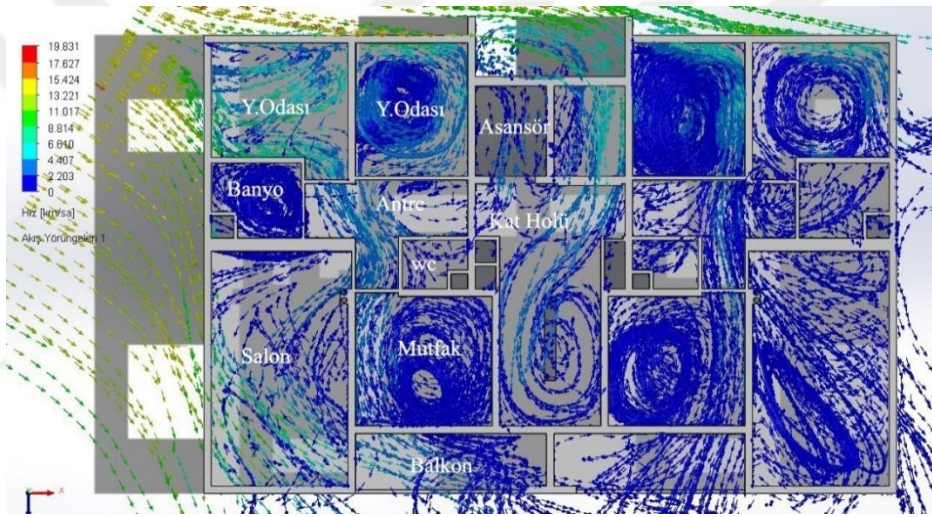
Vaziyet planı kapsamında 6 adet B+Z+4, 6 adet B+Z+5 kat adedine sahip binalar bulunmaktadır. Simetrik olarak çözülen yapılara otopark alanından bina girişleri verilmektedir. Hâkim rüzgâra göre farklı konumlanmalar mevcut olup, binaların uzun veya ince kenarları farklı rüzgâr etkisine maruz kalmaktadır.

4.4.2. Projenin Rüzgâr Analizi

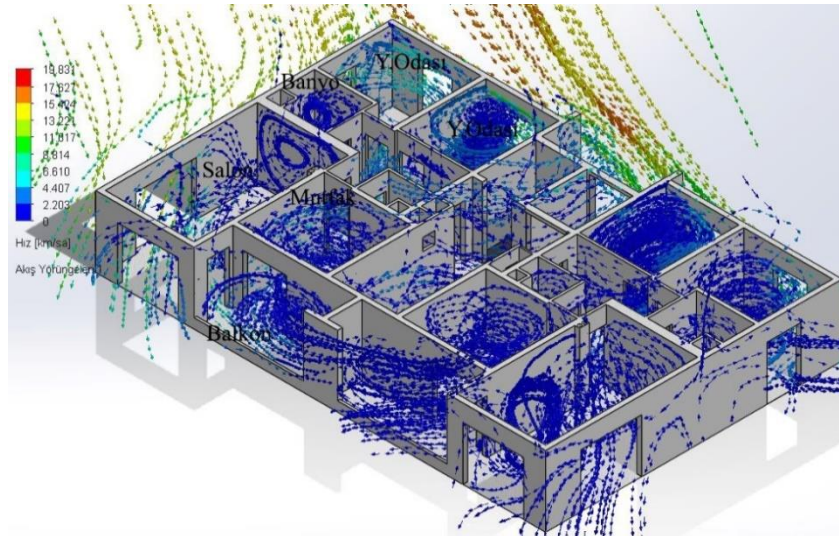
Katlar arasında çözüm farklılıkları nedeniyle planlar ayrı ayrı modellenip analiz edilmiştir. Mersin için rüzgâr yönü kuzey olarak girilmiş rüzgâr hızı ise 14 km/sa olarak girilmiştir (Şekil 4.26 ve 4.27).



Şekil 4.26. Mersin İli Toki projesi zemin kat planı üzerinden düzlemsel rüzgâr analizi



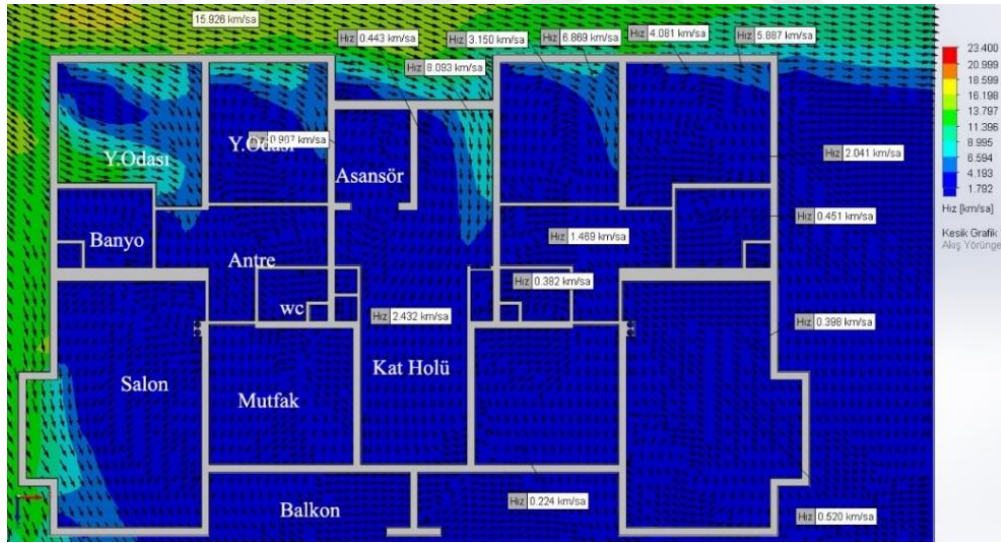
Şekil 4.27. Mersin İli Toki projesi zemin kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi



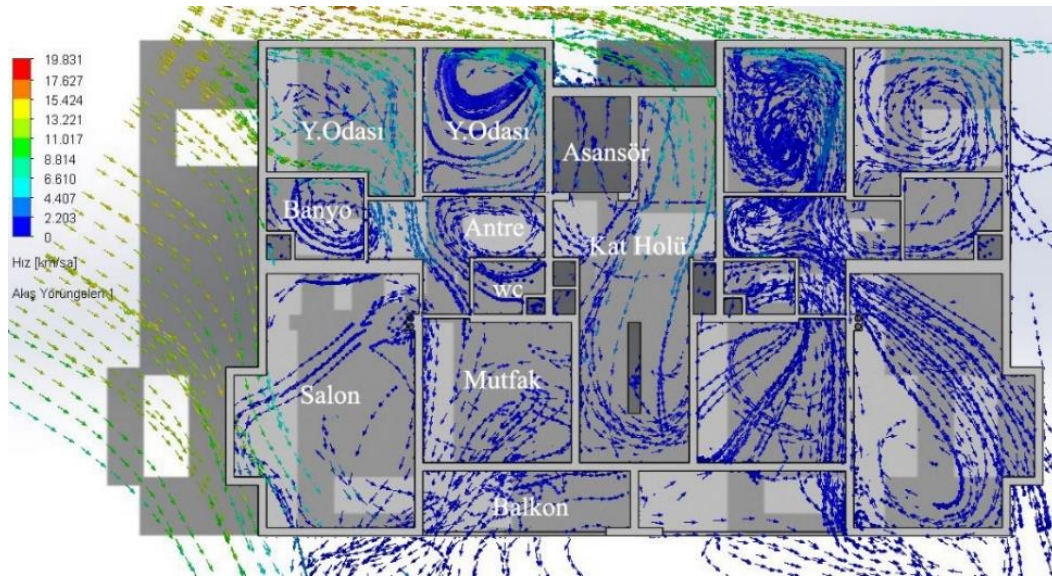
Şekil 4.28. Mersin İli Toki projesi zemin kat perspektifi rüzgâr analizi

Hâkim rüzgâr yapının sivri köşesine denk gelmekte ve rüzgâr buradan dağılmaktadır (Şekil 4.28). Bina girişi direkt hâkim rüzgâra açılarak sıcak iklimin bunaltıcı etkisi en aza indirilebilmektedir. Kat hollerine bina girişinden kontrollü alınan temiz hava aktarılmaktadır.

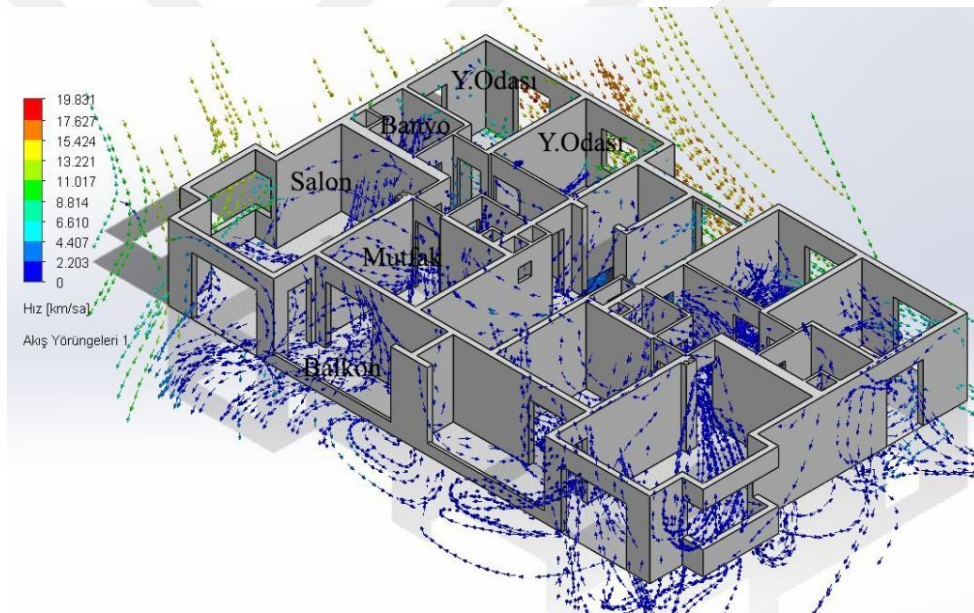
Salon biriminde pencere açıklıkları hâkim rüzgârı içeri almamaktadır. Diğer mekânlardan antreye ulaşan hava salona etki etmekte ve gerekli taze hava mekânda bulunmamaktadır. Mutfak birimi yatak odasından direkt gelen ve antreden toplanan hava ile havalanmaktadır. Rüzgâr hareket hızı yeterli olmamakta ve mutfak biriminde koku ve ısı oluşumu gibi etkiler meydana gelmektedir. Yatak odasında hava alışverişindeki süreklilik nedeniyle doğal havalandırma sağlanmaktadır. Ebeveyn yatak odası çapraz havalandırmaya sahip olduğu için sıcaklığın arttığı zamanlarda konforlu bir mekân olarak karşımıza çıkmaktadır. Yarı açık olan balkon birimine hava doğrudan ulaşmamakta, konforlu bir doğal havalandırma sağlanmamaktadır (Şekil 4.29 ve 4.30). Sıcak-nemli iklimin görüldüğü bu ilde balkon gibi yarı açık mekânların havalandırması önem kazanmaktadır. Banyo da hava çıkış ve girişlerinde düzenli bir aks görülmektedir.



Şekil 4.29. Mersin İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden düzlemsel rüzgâr analizi



Şekil 4.30. Mersin İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi



Şekil 4.31. Mersin İli Toki projesi birinci kat perspektifi üzerinden rüzgâr analizi

Birinci katta salon birimindeki farklılaşma ile birlikte diğer mekânlardan gelen hava direkt çıkmakta ve mekânda dolaşmamaktadır (Şekil 4.31). Bu yüzden doğal havalandırma her köşede sağlanamamaktadır. Kat holüne pencere açıklığından taze hava ulaşırken merdiven boşluğundaki baca etkisiyle zemin kattaki havada gelmektedir. Sıcak ve nemli bölgede katların havalandırılması ve dairelere dağılması önem kazanmaktadır. Analiz sonucunda bu etki olumlu değerlendirilmiştir. Diğer mekânlar zemin kat analizleri ile benzer sonuçlar vermektedir. Katlar arasında etkin doğal havalandırma farkı tabloda verilmektedir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Sıcak-nemli iklim bölgesi mekân- doğal havalandırma ilişkisi

SICAK- NEMLİ	Giriş Holü & Kat Holü	Antre	Mutfak	Salon	Yatak Odası	Ç.Yatak Odası	Banyo	Balkon
Zemin Kat	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	X
1.Kat	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	X

Zemin ve birinci kat için yapılan analiz sonuçlarında benzerlikler görülmekte, serinletici etki balkon, salon ve mutfak bölümlerinde yetersiz kalmaktadır. Taze hava akışı yaşama birimlerine giriş yapmamaktadır.

4.5. Ilımlı-Nemli İklim Bölgesi: Balıkesir İli Örneği

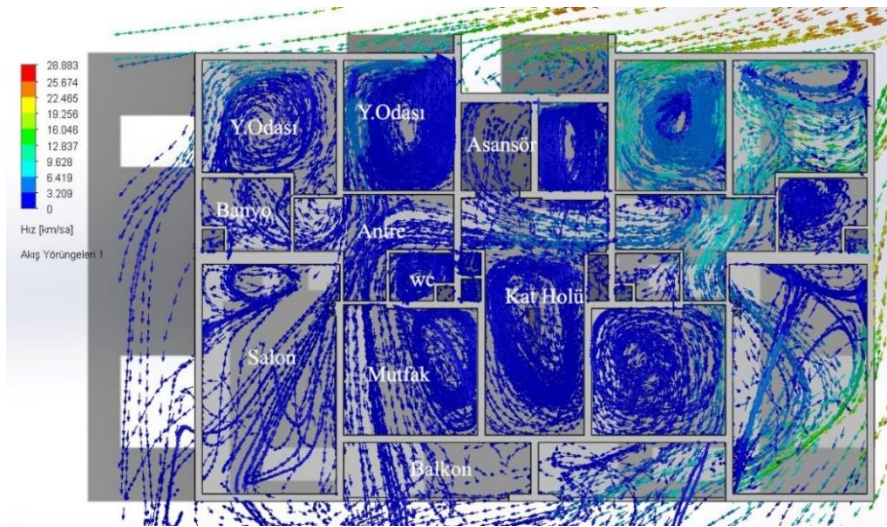
Çalışma alanı, Türkiye'nin Marmara bölgesinde Marmara ve Ege denizine kıyısı bulunan bir kenttir. Analizi yapılacak proje Balıkesir İli, Altıeylül İlçesi, Gaziosmanpaşa Mahallesi, 4.Etap 726 Konut, 10 Adet Dükkan işini kapsamaktadır. Balıkesir'de üç iklimin etkisi de görülmektedir. Ege kıyılarında Akdeniz, iç bölgelerinde karasal, kuzeyinde ise Marmara iklimi hâkimdir. Kıyılarda yaz kış arasındaki sıcaklık farkı azdır. Hâkim rüzgâr Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün web sayfasından alınmıştır (Tablo 4.9). Rüzgâr yönü kuzey-doğu yönünde yaklaşık 23 km/sa'lik hız ile esmektedir. Hava akımının yönü ve hızı için değerler girilerek analiz yapılmaktadır.

Tablo 4.9. Balıkesir İli rüzgâr yönü ve hızına ait bilgiler

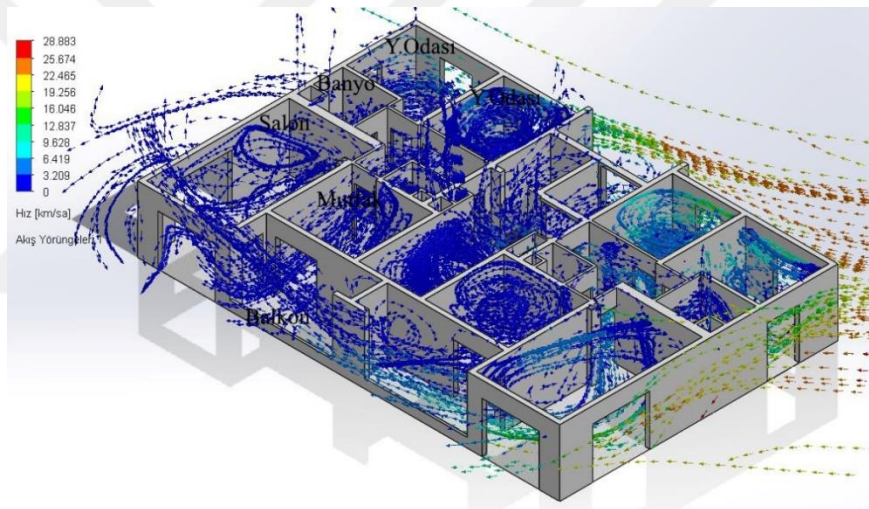
ŞEHİR ADI	RÜZGÂR HIZI	RÜZGÂR YÖNÜ	RÜZGÂR BASINCI
Balıkesir	23 km/sa	Kuzeydoğu	1012 hPa

4.5.1. Projenin Özellikleri

Proje mimari olarak; T.C. Toplu Konut İdaresi tarafından yaptırılan 34 bloktan oluşan konut işidir. Çalışmaya konu olan proje, B+Z+2, B+Z+3 ve B+Z+4 olmak üzere 3 farklı kat adedine sahiptir (Şekil 4.32).



Şekil 4.34. Balıkesir İli Toki projesi zemin kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi



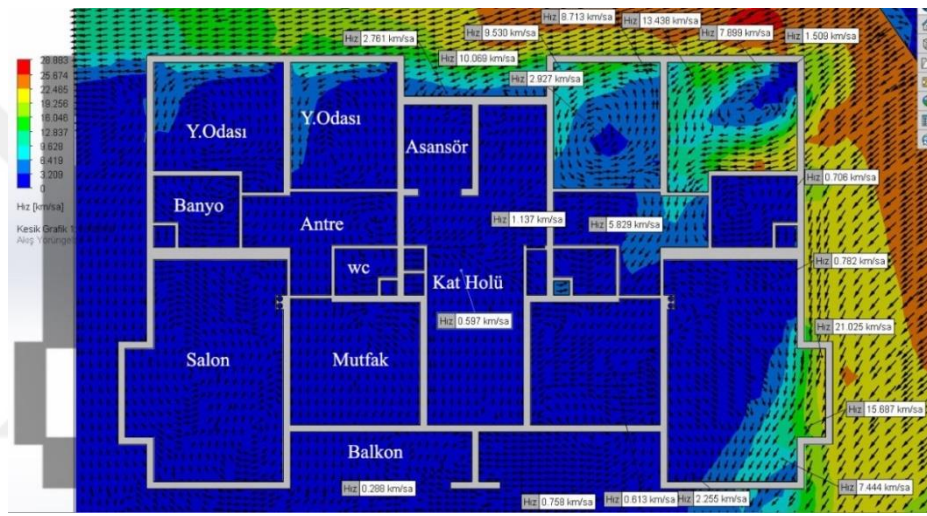
Şekil 4.35. Balıkesir İli Toki projesi birinci kat perspektifi rüzgâr analizi

Hâkim rüzgâr yönünde konumlanan bina girişi yapıya giriş esnasında kullanıcı konforunu etkilemektedir (Şekil 4.35). Bina girişindeki hâkim rüzgâra açık doğal ventilasyon, yazın nemin dağıtılması açısından olumlu bir yaklaşımdır. Rüzgârlık gibi bir mekânın yapılması kat holüne alınan hava akımının kontrol edilmesini sağlamaktadır.

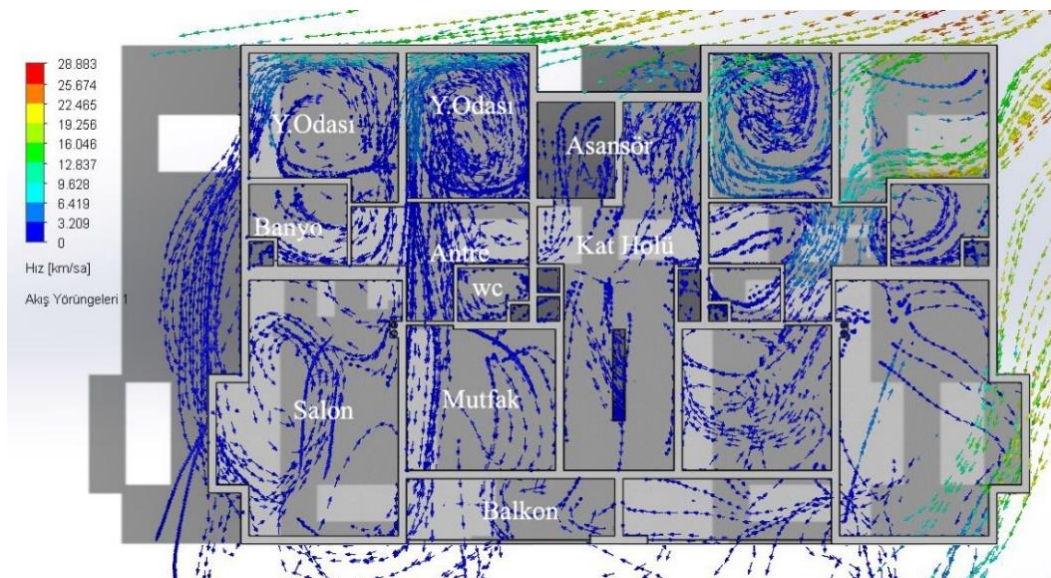
Salon birimi çapraz olarak havalanmakta, hava giriş çıkışı arasında etkili bir geçiş bulunmaktadır. Konforlu ve taze rüzgâr akımı mekâna girmekte ve kullanıcı için etkili doğal havalandırma sağlanmaktadır. Yatak odasında yere kadar inen pencere açıklığı hâkim rüzgâra açılmıştır. İki açıklıktan da mekâna taze hava akımı gelmekte ve kapı aracılığıyla antreye aktarılmaktadır. Çocuk yatak odasında, rüzgâr akımı girdap

etkisi oluşturmakta rüzgâr hızı bu mekânda sorun oluşturabilmektedir. Banyoda hava girdap haline gelmekte ve her yüzeye ulaşarak atılmaktadır. Böylece nemin giderilmesi sağlanabilmektedir.

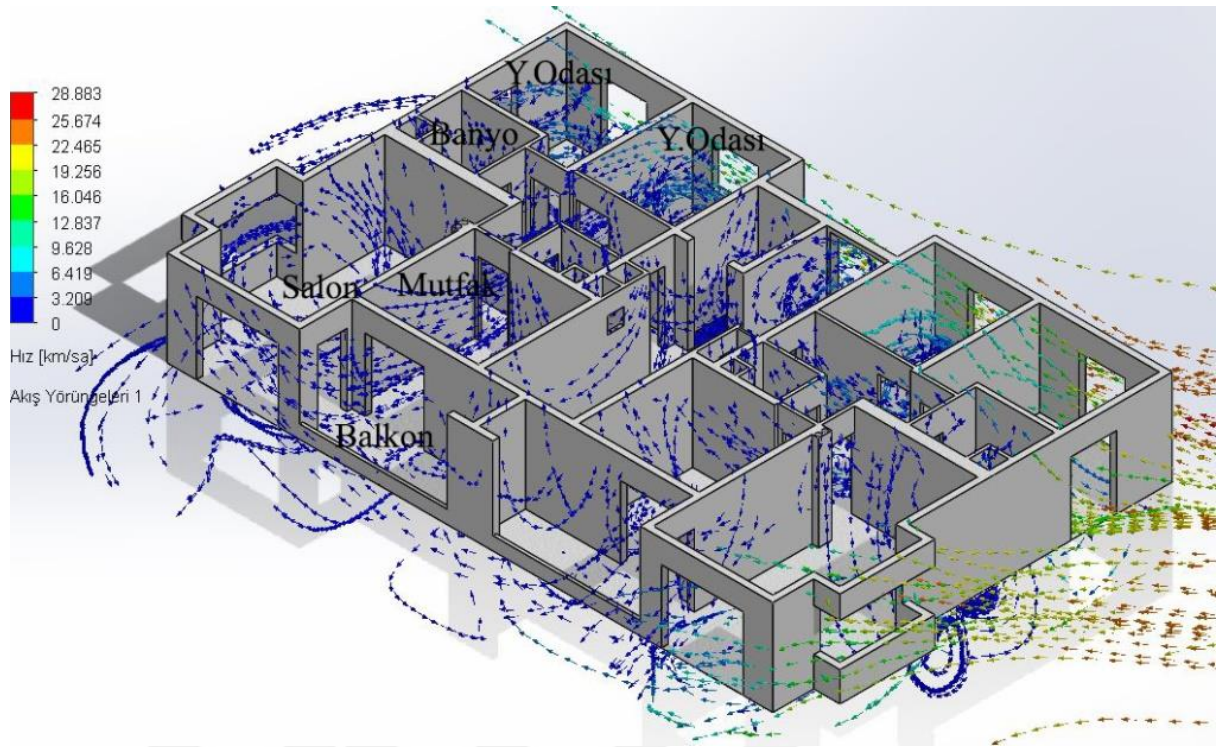
Mutfak birimi yeterli olarak havalanmamakta, antreden ulaşan hava ebeveyn yatak odasından çapraz olarak gelen hava ile üst düzey bir doğal ventilasyon sağlanmamaktadır (Şekil 4.36 ve 4.37). Fakat burada oluşan girdap etkisi ve balkon açıklığından atılan hava ile nemin ve kokunun giderilmesi sağlanabilmektedir. Balkon birimi korunaklı bir alanda bulunmaktadır. Ilımlı nemli iklim bölgesinde bulunan projede balkon birimi etkili bir doğal havalandırmaya sahip olmamaktadır.



Şekil 4.36. Balıkesir İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden düzlemsel rüzgâr analizi



Şekil 4.37. Balıkesir İli Toki projesi birinci kat planı üzerinden vektörel rüzgâr analizi



Şekil 4.38. Balıkesir İli Toki projesi birinci kat perspektifi üzerinden rüzgâr analizi

Salon biriminde taze hava zemin kata göre mekâna daha çok dâhil olmaktadır (Şekil 4.38). Mutfak birimindeki hava akışı zayıflamakta ve yetersiz kalmaktadır. Kat holüne pencere açıklığından ve merdiven kovanından yeteri kadar hava ulaşmamaktadır. Diğer mekânlardaki analiz sonuçları zemin kat ile benzerlik göstermektedir. Kat arasında etkin doğal havalandırma farkı tabloda verilmektedir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Ilımlı-nemli iklim bölgesi mekân- doğal havalandırma ilişkisi

<u>İLİMLİ- NEMLİ</u>	Giriş Holü & Kat Holü	Antre	Mutfak	Salon	Yatak Odası	Ç.Yatak Odası	Banyo	Balkon
Zemin Kat	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x
1.Kat	x	✓	x	✓	✓	✓	✓	x

Ilımlı-nemli iklim bölgesinde yaz aylarında hava akımının mekâna dâhil edilmesi önem kazanmaktadır. Uyuma ve yaşama birimlerinde doğal havalandırma etkili görülürken, balkon ve mutfak birimlerinde yetersiz kalmaktadır.

4.6. Değerlendirme

Seçilen projeler üzerinden analizler yapılarak mekânlara ait rüzgâr simülasyonları elde edilmiştir. Her iklim bölgesi için girilen veriler ışığında mekânlara ait farklı iç mekân kalitesi açığa çıkmıştır. Farklı iklim bölgelerine ait projeler doğal havalandırmanın sağlanması yönünden karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiş ve tablolaştırılmıştır (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Farklı iklim bölgelerindeki TOKİ projelerinin iç mekânlarındaki doğal havalandırma ilişkisi

		Giriş Holü-Kat Holü	Antre	Mutfak	Salon	Yatak Odası	Ç.Yatak Odası	Banyo	Balkon
Sıcak-Kuru İklim Bölgesi	6 km/sa	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	X
İlımlı-Kuru İklim Bölgesi	7 km/sa	X	✓	X	✓	X	X	✓	X
Soğuk İklim Bölgesi	6 km/sa	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X
Sıcak-Nemli İklim Bölgesi	14 km/sa	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	X
İlımlı-Nemli İklim Bölgesi	23 km/sa	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	X

Farklı rüzgâr hızına ve basıncına maruz kalan binaların vaziyet yerleşimleri benzerlik göstermektedir. Genel anlamda vaziyet planlarında otoparklara paralel yerleşim sağlanmakta ve girişler otopark yönüne göre düzenlenmektedir. Bu yerleşimde yapılara ulaşan rüzgâr yönüne dikkat edilmediği arazi eğimi veya otopark kurgusuna odaklanıldığı gözlenmiştir. Sıcak-kuru iklim bölgesindeki Gaziantep ilimizde giriş hâkim rüzgâr yönünde tasarlanarak etkili bir doğal havalandırma bina içine alınmaktadır. İlımlı-kuru iklim bölgesindeki Karaman ilinde yapı girişi hâkim rüzgârın tersinde kalmakta ve yapıya gerekli hava akımı ulaşmamaktadır. Yapı girişinin; soğuk-kuru iklim bölgesinde yer alan Van ilimizde tamamen hâkim rüzgâra kapalı bir şekilde tasarlanması don etkisi, kar yağışı, şiddetli rüzgâr gibi iklimin getirdiği koşulların olumsuz etkilerini gidermektedir. Sıcak-nemli iklim bölgesinde yer alan Mersin ilimizde rüzgâra açık bir giriş kurgulanarak taze hava katlara dağılmakta ve ısıtmanın istenmediği yaz döneminde havanın soğutucu etkisinden yararlanılmaktadır. İlımlı – nemli iklim bölgesinde yer alan Balıkesir’de ise yapı girişi hâkim rüzgâra açılarak hava akımı daire içlerine ve katlara ulaşmaktadır.

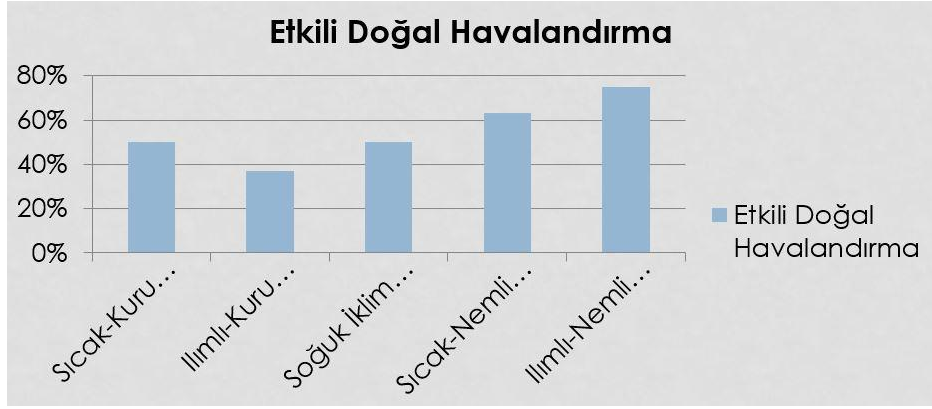
Sıcak-kuru, ılımlı-nemli iklim bölgelerinde daire içi hava sirkülasyonları antreye ulaşan ve antreden çıkan hava akış yönüne göre gerçekleşmekte, bina içi ve kat holü arasındaki basınç farkıyla da etkili doğal havalandırma sağlanmaktadır.

Van ili hariç diğer şehirlerimizde mutfak biriminde etkili doğal havalandırma sağlanmamakta mekanik havalandırma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Genel anlamda mutfak birimi doğal havalandırma özelinde olumsuz olarak değerlendirilmiştir.

İklim bölgelerinin genelinde yaşama birimlerinde konforlu mekânlar oluşturmaya dikkat edilmiştir. Pencere açıklığı, çapraz ve karşılıklı havalandırma seçenekleri olumlu olarak analize yansımıştır. Salon, yatak odaları gibi mekânlar taze havaya sahip olmakta insan sağlığını olumlu yönde etkileyen doğal havalandırma sağlanmaktadır. Fakat ılımlı-kuru ve soğuk iklim bölgesindeki illerde salon çıkmalarının altında oluşan hava akımı ısı kaybı oluşturabilmektedir. Döşeme altlarında ilave ısı yalıtım çözümlerine ihtiyaç duyulabilmektedir. Sıcak-nemli iklim bölgesindeki açıklıklar hâkim rüzgâra ters olarak konumlandığı için diğer mekânlardan ısınan ve kirlenen hava ulaşmakta ve yeterli havalandırma sağlanmamaktadır.

Banyo birimlerinde kapı açıklığı ve baca yeterli olmaktadır. Yatak odasında bulunan pencere açıklıkları iklim bölgelerinin genelinde hava akımını mekâna dâhil edecek şekilde cephede bulunmakta ve taze hava akımının mekân içinde sirkülasyonu sağlanmaktadır. Balkon birimleri ılımlı-nemli ve sıcak-nemli iklim bölgelerin serinleme ihtiyacını karşılamak adına ihtiyaç duyulan mekânlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Balkon birimlerinde konforlu mekânlar oluşmamakta, etkili bir doğal havalandırma sağlanmamaktadır. Soğuk iklim bölgelerinde balkon birimlerinin, direkt olarak hâkim rüzgâra açılması, sıcak-nemli ve ılıman bölgelerde ise arka planda kalması nedeniyle balkon birimi doğal havalandırma ihtiyacının karşılanması açısından olumsuz olarak değerlendirilmiştir.

Sıcak-kuru, ılımlı-kuru, sıcak-nemli ve ılımlı-nemli iklim bölgelerinde bitişik balkonlar arasındaki duvar çözümü hava akımını durdurmuş veya girintili bölümünde düzensiz hava etkisi oluşturarak kullanıcı konforunu olumsuz etkilemiştir. Kat hollerinde pencere açıklıkları bulunmakta, havalandırma bacası ve merdiven kovalarından düşey yönde hava akımı iletilmektedir. Şehirlerde hâkim rüzgâr şiddeti farklı olarak mekâna dâhil edilmektedir. Taze hava akışı sağlanırken ısıtma ve soğutma problemlerinin göz ardı edildiği görülmektedir. İklim bölgelerinde etkili doğal havalandırmayı yüzdelik dilime hesaplanarak grafik hale getirilmiştir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. İklim bölgelerinin etkili doğal havalandırma yüzdeleri oranları

Analiz sonuçlarında hâkim rüzgâra konumu, rüzgârın mekânlara dâhil edilmesi ve hava akışının sürekliliği bakımından en etkili doğal havalandırmanın Ilımlı-nemli iklim bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer iklim bölgelerinde etkili doğal havalandırma sağlanması için farklı yönelme, bina formu ve pencere açıklığı seçimi gibi çözümler getirilerek analiz sonuçları ışığında doğru tasarım kararı verilmelidir.

Binanın bulunduğu iklim bölgesinin ihtiyaçları belirlenerek yapılan tasarımlarda rüzgâr enerjisinde yeteri kadar yararlanacak, rüzgârın olumsuz etkilerinden de korunacak şekilde çözümler içermelidir. Hâkim rüzgârın serinletme ve havalandırma potansiyeli ile pasif sistemlerce binaya aktarmak enerji verimliliği içinde önemlidir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde çevresel sorunların ivme kazanarak artması ve teknoloji toplumu olarak tükettiğimiz enerji miktarındaki artış ile yaşanan enerji krizinin ve bulunduğumuz zamandan gelecek nesilleri de ilgilendiren küresel sorunların ortaya çıkışında yapı üretim faaliyetlerinin önemli oranda etkisi vardır. Yapılar, yapı malzeme hammaddesinin kaynağından başlayıp yapı ömrünün sona ermesine kadar geçen yaşam döngüsü boyunca, çevresel sorunların oluşumuna neden olmaktadır. Bunun başlıca nedeni, ısıtma-soğutma gereksiniminin fosil yakıtlardan karşılanması, özellikle yüksek yapı yoğunluğu fazla olan yerleşimlerde havalandırma amaçlı mekanik sistemlerin kullanılmasıyla açığa çıkan enerji tüketimi, yapılarda kullanılan sağlıksız malzeme ile insan sağlığının olumsuz etkilenmesi gibi sorunların bilinçsiz tasarıma sebebiyet vermesidir (Uslusoy, 2012). Türkiye’de yapı sektörü hızlanmakta, bu doğrultuda enerji israfı ve ithalatı artmaktadır. Yalıtım ve enerji etkin kullanım konularının dikkate alınması ve çözüm üretilmesi özellikle konut üretiminde önemli ölçüde enerji korunumunu artıracaktır.

Enerji etkin binalar, üretim sürecindeki her aşamada daha az enerji harcayan, kullanıcıya daha az enerji harcatan, çevre ve ekosisteme negatif dışsallık oluşturmayan, ihtiyaç duyduğu enerjiyi yenilenebilir kaynaklardan sağlayan yapılardır. Enerji etkin tasarımlar oluşturulurken yapıya ve çevresine ait bileşenlerin enerji tasarruf ve kaybına etkisinin incelenmesi adına BBM (Bina Bilgi Modelleme) veya HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) analiz programları kullanılması yaygınlaşmaktadır. Yazılım ve programcılık gibi uzmanlık alanlarının teknoloji ile paralel şekilde gelişmesi, farklı disiplinlerde bu tür uygulamaların kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Analiz programları, yapı sektörü içinde olan mühendislik ve mimarlık gibi farklı disiplinlere, projenin çizim sürecinden uygulama sürecine kadar her aşamada hızlı müdahale ve öngörü yeteneği kazandırmaktadır. Analizler yardımıyla çeşitli sistem tasarımları enerji etkinliği sağlayacak şekilde şekillenebilmektedir. Yapı tasarımında, ısıtma ve soğutma gibi iklimlendirme sistemlerine ait yükleri en az seviyede tutacak, enerji korunumunu sağlayacak pasif sistemlere odaklanması gerekmektedir. Böylece iklimlendirme için harcanan enerji en az ve verimli bir seviyeye getirilerek, enerji kazancı sağlanabilmektedir.

Tez çalışmasında Solidworks programının Flow Simulation eklentisiyle farklı iklim bölgelerinde toplu konut uygulamalarının mekân kurgusu analizleri üzerinden

rüzgâr enerjisinin, etkin doğal havalandırmaya olan katkısını incelemek amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Toki tip konutu üzerinden farklı iklim tiplerine ait veriler ile birlikte doğal havalandırmanın tasarımda aldığı rol irdelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle kavramsal altyapının kurgulanabilmesi için literatür taraması yapılmış; konuyla ilgili yüksek lisans ve doktora tezleri, makaleler, kütüphane kaynakları ve internet verilerinden yararlanılmıştır. Araştırma kurgusu kapsamında enerji etkin tasarım kavramı ve enerji etkin tasarımda pasif sistemlere yer verilmiştir. Ardından rüzgâr analizlerini yapmak için kullanılan yazılımlar tanıtılmıştır. Programın ulaşılabilir olması, Autodesk'in üç boyutlu programlarıyla entegrasyonu ve rüzgâr analizine odaklı yazılımsal kurguya sahip olması nedeniyle Solidworks programı içerisinde bulunan Flow Simulation eklentisi kullanılmış ve analizler bu program yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Analizler karşılaştırmalı olarak tablolaştırılmış ve öneriler getirilmiştir. Analizler ışığında etkili bir doğal havalandırma için tasarım kurgusunda dikkat edilmesi gereken noktalar tespit edilmiştir;

- Yeni bir tasarım yapılırken, rüzgârdan tam verim sağlanmaya çalışılmalı, bu doğrultuda cephedeki açıklıkların yerleşimi, boyutları, rüzgârın geliş yönü, yapısı, iç duvarların yerleşimi analizler ile değerlendirilerek gerekli imar mevzuatlarınca desteklenmelidir.
- Proje üretimi sırasında disiplinler arası çalışma gerçekleşmeli, tasarıma yön verecek kriterlerin işlendiği analiz programları ile süreç ilerlemelidir.
- Analizler programı aracılığıyla gelen geri beslemeler ile projenin enerji etkinliği denetlenmeli gerekli revizeler yapılmalıdır.
- İklim bölgelerinin ihtiyaçları doğrultusunda mekâna dâhil edilecek hava akımı kontrol edilmeli, soğuk ve ılımlı- kuru iklim bölgesinde hâkim rüzgâr yönüne doğrudan açık tasarımlara yer verilmemelidir.
- Bina yerleşiminde soğuk iklim bölgelerinde kareye yakın veya kısa kenarlar hâkim rüzgâra dönük olmalıdır. Böyle ısıtma yükünü artırıcı etki oluşması azaltılmış olur.
- Bina girişleri doğrudan hâkim rüzgâra açıldığında kontrollü olarak mekâna alınmalı, rüzgârlık gibi ara mekân ile binaya girilmelidir.
- Kat holünde merdiven kovanında oluşan baca etkisi cephede oluşturulan açıklık ile desteklenerek hava sirkülasyonu sağlanmalıdır.

- Ilıman-nemli ve sıcak-nemli iklim bölgelerinde ise binanın uzun tarafı hâkim rüzgâra dönük olmalı ve açıklıklar bu cephede oluşturularak doğrudan mekâna dâhil edilmelidir.
- Yapı içerisinde karşılıklı ve çapraz havalandırmayı güçlendirecek açıklıklar konumlandırılmalıdır.
- Sıcak-kuru ve sıcak-nemli iklim bölgelerinde rüzgârın serinletici etkisini mekâna dâhil etmek amacıyla hâkim rüzgâr doğrultusunda açıklıklar oluşturularak hava akımının mekânlarda dolaşması sağlanmalıdır.
- Mutfak birimlerinde havalandırma ihtiyacı en az mekanik sistem gerektirecek şekilde tasarlanmalı, çapraz havalandırma ile etkili doğal havalandırma sağlanmalıdır.
- Mekân içerisinde aynı yüzeyde oluşturulan pencere boşlukları hava hareketinin en az düzeyde tutulmasını sağlamakta ve hava akışı mekâna yayılmamaktadır. Bu yüzden hava çıkışının olduğu pencereleri yan duvara almak gerekmektedir.
- Baskın rüzgâr yönüne karşılıklı olarak açılan pencereler arasında hava akım hızı yüksek olabilmekte ve kullanıcı rahatsız olabilmektedir. Mekânın diğer bölümlerinde etkili havalandırma sağlanamamaktadır. Bu nedenle açıklık konumları iklim özelinde düşünülmelidir.
- Giriş kapıları karşısında açıklık tasarlanmamalıdır. Karşılıklı yüzlerde tasarlanan açıklıklar istenmeyen hava akımlarına sebebiyet verebilmektedir. İç mekân organizasyonunda böyle bir gereklilik var ise döner kapı kullanılmalıdır.
- Hava akımının cephe yüzeylerinde girdap oluşturduğu noktalarda burgaçlar cephenin aşınmasına ve cepheden malzeme kopmasına sebebiyet verebilmekte, bu noktalarda dayanıklı malzeme kullanılması gerekmektedir.
- Girdapların yoğunlaştığı bölgelerde rüzgâr sesinden kaynaklı gürültü oluşabilmekte ve kullanıcı konforunu olumsuz etkilemektedir. Akustik problemlerin bu noktalarda giderilmesi gerekmektedir.
- Binalarda keskin köşelere çarpan rüzgâr hızı düşünülmeli gürültü ve aşınma problemleri için uygun malzeme kullanılmalı ve form çözülmelidir.

Belirlenen konuya ilişkin literatür taraması yapıldığında doğal havalandırmanın, genellikle yüksek katlı yapılarda cephe ölçeğinde değerlendirildiği, bina yerleşimleri- cephe kabuğu- mekân organizasyonu arasındaki enerji aktarımına, birbiri üzerindeki etkilerinin nasıl bağdaştığına yer verilmediği tespit edilmiştir. Tez kapsamında çalışmada toplu konutların ve iç mekândaki hava akımlarının gösterilmesine olanak sağlayacak alan çalışmasının seçilmesi ile diğer çalışmalardan farklılaşmak ve gelişim göstermek amaçlanmıştır.

Rüzgâr hızı ve yönü girilerek yapılan bu analiz çalışması ve değerlendirmelerin bir sonraki çalışmalar için altlık oluşturmasıyla bundan sonraki çalışmalarda rüzgâr hızı ve yönü ile birlikte nem ve basınç değerleri girilerek iç mekân hava kalitesi anlamında çıkarımlar yapılabilir. Ayrıca açıklık konumları ve boyutlarındaki değişikliklerin çalışmada kullanılan eklenti ile değerlendirilerek pencere açıklığı ve doğal havalandırma ilişkisine farklı bir bakış açısı geliştirilebilir. Bundan sonra yapılabilecek çalışma önerileri haricinde tezde yapılan çalışmaların bundan sonra yapılacak toplu konut projelerine örnek teşkil etmesi, Solidworks programındaki eklentiler sayesinde programın mimari süreçte kullanılmasının artırılması, rüzgâr analizlerinin tasarım sürecine dâhil edilerek gerekli aktörlerce aktif bir şekilde kullanılmasının sağlanması da çalışmanın uygulamaya yönelik hedefidir.

6. KAYNAKLAR

- Akande, O. K. , 2010, Passive design strategies for residential buildings in a hot dry climate in Nigeria. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 128, 61-71.
- Aksamija, A., 2013, Sustainable Facades: Design Methodsfor High-Performance Building Envelopes.New Jersey:WILEY Press, 2013
- Akipek, F. Ö., İnceoğlu, N., 2007, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim Teknolojilerinin Mimarlıktaki Kullanımları. YTÜ Mimarlık Fakültesi E- Dergisi, Megaron, 2007
- Allard, F., 1998, Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook. James&James Ltd. London.
- Alakavuk, E., 2009, İzmir İli'nde Uygulanacak Olan Çift Tabakalı Akıllı Giydirme Cephelerin Cephe Tabakaları Arasındaki Boşluk Boyutlandırılması, Journal of Yasar University,4(16), 2729-2744
- Aldeberky, A. A., 2004, The influence of high-rise buildings on the environment. www.cpas-egypt.com/. 20 Temmuz 2014.
- Andersen, K., 1995. Natural Ventilation in Atria, Ashrae Transactions, 101, Part 2, 866-874.
- Arslan Kılınc, G., 2015, Doğal Havalandırma Tasarım Stratejilerinin Yüksek Yapı Örnekleri Üzerinden İncelenmesi Ve Türkiye İçin Tasarım Önerileri, T.C. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı, Haziran 2015
- Arslantatar, A.H., 2006, “Metal Çerçevesi Giydirmeye Cephelerin Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi”, GYTE FBE, Y.Lisans Tezi , 2006
- Aşçı,G., 2015, Yüksek Yapılarda Doğal Havalandırma Sistemlerinin Araştırılması, İstanbul Örneği Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Anabilim dalı, İstanbul,2015
- Awbi, H. B., 1998, Ventilation, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2.
- Ayçam, İ., 2011, Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi. 10. Ulusal Tesisat Kongresi, 13-16 Nisan, İzmir, Türkiye.
- Barbosa, S. and Ip., K., 2014. Perspectives of Double Skin Facades for Naturally Ventilated Buildings: A Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 40, 1019-1029.
- Baykal, G. ve Aydın, U., 2014, Temel Autodesk Revit Architecture: Pusula Yayın

- Bavilolyaei, Y., 2016, Çift Cidarlı Cepheelerde Farklı Havalandırma Koşullarında Duman Hareketinin Sayısal Yöntemle İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aralık, 2015
- Bekar, D., 2007, “Ekolojik Mimarlıkta Aktif Enerji Sistemlerinin İncelenmesi”, Y.T.Ü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2007
- Bennett,J., 2007, Wind Design Guide, pp 12-39
- Berköz, E., Küçükdoğan, M., Yılmaz, Z., 1995, Enerji Etkin ve Konut Yerleşme Tasarımı. İNTAG-201, TÜBİTAK, İstanbul.
- Boduroğlu,Ş., Kariptaş, S., 2010, Akıllı Binalarda Enerji Etkin Kabuk Tasarımı, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi 4-5 Mart 2010
- Boake, T.M., 2003, Understanding the general principles of the double skin facadesystem.https://www.academia.edu/3437914/Understanding_the_General_Principles_of_Double_Skin_Facade_Construction.pdf 25 Mart 2015
- Çakır, S., 2003, Binalarda Doğal Ventilasyon Sisteminin Değerlendirmesine Yönelik Bir Çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 2003
- Ceyrancı, Göral,N., 2020, Farklı İklim Bölgelerinde Yapı Kabuğunun Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım: Belediye Binası Tıp Projesi Örneği, Yıldız Teknik Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi , Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı
- Compagno, A., 1999, “Intelligent Glass Facades”, Birkhauser-Publishers For Architecture, 1999.
- Darçın, P. Ve Balanlı A., 2012, Yapılarda Doğal Havalandırma Sağlanmasına Yönelik İlkeler. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 128.sayı. 29.03.2016, <http://www.mmo.org.tr/>.
- Dikmen, M., 2016, Yüksek Konut Yapılarında Kullanılan Cephe Sistemlerinde Doğal Havalandırmanın İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul,2016
- Durmuş Arsan, Z., 2009, “Enerji Etkin Mimarlık Yaklaşımları Üzerine Bir Eleştiri”, Ege Mimarlık,S:1,Ocak,2009
- Etheridge, D., 2012, Natural Ventilation of Buildings: Theory, Measurement and Design. John Wiley&Sons Ltd. Nottingham.
- Gedik Z, G., 2009, Yapıda Soğutma Sistemleri, YTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınlanmamış Ders Notları
- Gülhan, Ö., 2019, Natural Ventilation Design For Historic Libraries With Cfd (Computational Fluid Dynamics) Simulation, A Thesis Submitted to the Graduate

School of Engineering and Science of in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master Of Science İn Energy Engineering

- Göksal Özbalta, T., 2007, “Mimari, Güneş ve Teknoloji İlişkisi”, Enerji ve Ekoloji Paneli, Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi, Türkiye.
- Goulding J., Lewis O., Steemers T., 1992, Energy Conscious Design- A primer for architects, Luxembourg, chapter 2.
- Harputlugil, G., Kılınç., B., 2016, Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri El Kitabı, Ankara, İdekaf Yayıncılık, Mayıs,2016
- Harputlugil, G., 2011, Enerji Performansına Dayalı Tasarımda Analiz ve Simülasyon, Megaron 2011;6(1):1-12
- Hensen, J.L.M., 2003, “Simulating building performance: just how useful is it?”, REHVA Journal, nr. 4, Federation of European Heating, Ventilating and Air-conditioning Associations- REHVA, Brussels, p. 18-24.
- Hung, W., and Chow, W., 2001, A review on architectural aspects of atrium buildings. Architectural Science Review, 44, 285-296.
- Howell, I., & Batcheler, B., 2005, “Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations”, The Laiserin Letter, No.24, 2005.
- Hughes, B. R., Calautit, J. K. and Ghani S. A., 2012, The development of commercial wind towers for natural ventilation: a review. Applied Energy, 92, 606-627.
- İmik, E., 2017, Enerji Etkin Binaların Tasarımı, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim dalı, Yüksek Lisans Tezi, Temmuz, 201
- İnan, T., Basaran, T., 2014, Çift Cidarlı Cepheler Üzerine Bir Araştırma, Megaron 2014;9(2):132-142 Doi: 10.5505/Megaron.2014.91885
- Janssen, R., 2004, Towards energy efficient buildings in Europe. London: The European Alliance of Companies for Energy Efficiency in Buildings
- Javadi, N., 2017, Mimari Tasarımda Güneş, Işık ve Doğal Havalandırma Uygulanması, İran Örneği, T.C. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,
- Jiru T. E., Yong-X T. and Haghight F., 2011, Airflow and heat transfer in double skin facades. Energy and Buildings, 43, 2760–2766
- Jonuskaite, A., 2017, Flow simulation with SolidWorks, Arcada University of Applied Sciences, Bachelor Thesis Plastics Technology

- Kasmayi, M., 2023, İklim ve Mimari, Baskı, Edebiyat, Mimarlık Yayıncılık, Tahran, İran, 2003
- Kaplankıran, Ö., Ünal, F., 2009, “Mini İnsansız Hava Aracı Etrafındaki Akışın Sayısal Olarak İncelenmesi”, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 3, Sayı 4, s. 1-12.
- Karaca, M. Varol, Ç., 2012, Konut Alanlarında Enerji Etkinliği: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (Toki) Toplu Konut Projeleri Üzerine Eleştirel Bir Değerlendirme, METU JFA 2012/2 127 (29:2) 127-141
- Kleiven, T., 2003, Natural Ventilation in Buildings: Architectural Concepts, Consequences and Possibilities. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- Krygiel, E., Nies, B., 2008, Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. USA: John Wiley & Sons
- Lawson, T., V., 1980. Wind Effects on Buildings, Vol. 1, Design Applications, Applied Science Publishers, London.
- Lechner N., 1990, Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects, Canada, chapter 8.
- Lechner, N., 1991, Heating, cooling, lighting - design methods for architects. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Manioğlu G., Gazioğlu, A. ve Akşit, Ş.F., 2013, Enerji Etkin Bina Tasarımında Isıtma Enerjisi Tüketimini Azaltmaya Yönelik Bir İyileştirme Çalışması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 136, s.41-52.
- Ofluoğlu, S., 2014, Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik. Mimarist, Erişim Yeri: <http://sayisalmimar.com/2013/12/ybm-gereksi-nim-ve-birlikte-calisabilirlik/> [Erişim Tarihi 14 Ocak 2022].
- Oral Koçlar, G., 2007, “Sağlıklı Binalar için Enerji Verimliliği ve Isı Yalıtımı”, VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bildiriler Kitabı, s.253-264, (25-28 Ekim 2007).
- Öktem, S., 2016, BIM’e Geçiş Sürecinin Organizasyonel ve Operasyonel Çerçevesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, B.B., 2005, Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Tasarlanması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 2005
- Pektaş, Ş.T., 2008, “Mimarlıkta Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamaları”, Mimarlık Dergisi, Sayı:346, Ankara, (2008).
- Radford, A.D. ve Gero, J. S., 1980, Tradeoff diagrams for the integrated design of the physical environment in buildings. Building and environment, 15(1), 3-15.

- Royal Jubilee Hospital Patient Care Centre Project, Pacific Green, http://www.viha.ca/nr/rdonlyres/6339cbb7-e799-44fca15da91cddae0c9d/0/7410011_pacificgreendefinedfinal.pdf, British Columbia 2008, (Erişim Tarihi 01.12.2018).
- Sahraei, S., 2013, Az Katlı Ofis Binaları için Modüler Çift Kabuk Cephe Sistemi Geliştirilmesi (yüksek lisans tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Santamouris, M., 1998, Natural Ventilation in Buildings a Design Handbook, Design Guidelines and Technical Solutions for Natural Ventilation Chapter 6, Ed: F. Allard, James & James Science Publishers, London.
- Schade, J., Olofsson, T. ve Schreyer, M., 2011, Decision-making in a modelbased design process. Construction Management & Economics, 29(4), 371-382. doi: 10.1080/01446193.2011.552510.
- Schulze, T., 2015, Natural Ventilation Of High-Rise Buildings A Methodology For Planning With Different Analysis Tools And Case-Study Integration, Istanbul Technical University, Graduate School Of Science Engineering And Technology, Department of Architecture - Construction Sciences Programme Department of Energy - Energetics Programme, Ph.D. Thesis, November, 2015
- Straube, J.F. and Straaten, R., 2001, The Technical Merit Of Double Facades For Office Buildings In Cool Humid Climates, University of Waterloo, <http://www.civil.uwaterloo.ca/beg/Downloads/DoubleFacadesPaper.pdf>, 02 Kasım 2015.
- Şabanoğlu, Ö., 2018, Toplu Konut Yerleşimlerindeki Açık Alanlarda Rüzgârın Kullanıcı Konforuna Etkisinin Analizi Ve Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bilişim Anabilim dalı, Mimari Tasarımda Bilişim Programı, Haziran, 2018
- Türkmen, E., 2017, Yapılarda Enerji Etkinliği Sağlayan Tasarım Kriterlerinin Geleneksel Mimari Bağlamında (Ayvalık) Küçükköy Örneğinde İncelenmesi, T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Programı
- Uslusoy, S., 2012, Yenilenebilir enerji kaynakları kullanan enerji etkin binaların yapı bileşeni açısından irdelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Yaşa, E., 2004, Avlulu Binalarda Doğal Havalandırma Ve Soğutma Açısından Rüzgâr Etkisi İle Oluşacak Hava Akımlarına Yüzey Açıklıklarının Etkisinin Deneysel İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Yeang, K., 2012, Eko Tasarım, YEM yayınları 193, İstanbul

- Yuyucu, İ., 2016, Bilgisayar Analiz Yöntemleriyle, Yapılarda Doğal Havalandırma Sistemlerinin Örnekler Üzerinden İncelenmesi, T.C. Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Bilim Dalı, İstanbul, 2016
- Yücel, M., 2010, Yüksek binaların yakın çevre bina yüzeylerindeki hava akışına etkileri-four wind örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Yüksek, İ., Esin, T., 2011, Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi, Tesisat Mühendisliği - Sayı 125 - Eylül/Ekim 2011
- Yeşilli, G., 2016, Gelişmiş Cephe Sistemlerinin Ekolojik Enerji Etkin Tasarım Çerçevesinde İncelenmesi, İklim Verilerine Göre Değişimi Ve Geleceğe Yönelik Öngörüler, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2016
- Zarandi, M., 2015, “Comparative analysis on architectural characters of Iranian wind catchers in hot arid (case study: Yazd & Bandar Lengeh)”, International Journal of Advanced and Applied Sciences, 2(8):17-22.
- Zarandi, M., 2009, “The Wind catcher as an Iranian Architectural Symbol”, Yazda Publisher, Tehran
- Zargari, S., 2015, Yeşil Binalarda Enerji Tasarrufu Ve Geleneksel Yöntem Olarak Rüzgâr Bacası, T.C. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Zeren, L., 1978, Mimaride Güneş Kontrolü, İTÜ Yayınları, İstanbul, 1978
- Zhai, Z., 2006, Application of Computational Fluid Dynamics in Building Design: Aspects and Trends, Indoor Built Environment, 15 (4), pp.307.
- Watson, D. and Labs, K., 1993, Climatic Building Design: Energy Efficient Building Principles and Practices, McGraw Hill, New York
- Wislicenus, G. F., 1964, "Fluid Mechanics of Turbomachinery", Dover Publications Inc.
- Wood A. and Salib R., 2013, Natural Ventilation in High-Rise Office Buildings. Routledge. London
- Xie, X., Huang, Z. and Wang, J., 2005. Impact of Building Configuration on Air Quality in Street Canyon, School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiao University, China.
- Web iletisi-1 : http://en.wikipedia.org/wiki/Eastgate_Centre,_Harare).Doğal
- Web İletisi-2 : http://www.dyerenvironmental.co.uk/natural_vent_systems.htm

Web İletisi-3: https://www.yapikatalogu.com/blog/cift-cidarli-cephelerin-calisma-sistemleri_308

Web İletisi-4 : <http://www.civil.uwaterloo.ca/beg/Downloads/DoubleFacadesPaper.pdf>

Web İletisi-5 : <http://www.edsl.net/main/Software/Designer/Evaluating.aspx>

Web İletisi-6 : <http://www.fmiresources.com/pdfs>

Web İletisi-7: <https://www.simscale.com/>

Web İletisi-8: <https://tr.wikipedia.org/wiki/OpenFOAM>

Web İletisi-9: <http://www.comsolturkiye.com/home.aspx>

Web İletisi-10: <https://inno-venture.com/autodesk-cfd/>

Web İletisi-11 : <https://www.solidworks.com/tr>