TC

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNA MONTE VE BİNA ENTEGRE RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN MİMARİ KÜTLEDEKİ KONUMLARININ İNCELENMESİ

CHOUSEIN GIOUSOUF

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. PINAR KISA OVALI

EDİRNE-2021

CHOUSEIN GIOUSOUF'in hazırladığı **"BİNA MONTE VE BİNA ENTEGRE RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN MİMARİ KÜTLEDEKİ KONUMLARININ İNCELENMESİ"** başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **MİMARLIK** Anabilim Dalında bir **Yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri : İmza

Doç. Dr. Pınar KISA OVALI

Dr. Ögr. Üyesi Selin ARABULAN

Dr. Ögr. Üyesi Gülcan YELER

Tez Savunma Tarihi: 29 / 11 / 2021

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Pınar KISA OVALI
Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

29 / 11 / 2021
Chousein Giousouf

Yüksek Lisans Tezi

Bina Monte ve Bina Entegre Rüzgar Türbinlerinin Mimari Kütledeki Konumlarının İncelenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Binaların yapım, bakım, kullanım ve yıkım süreçleri boyunca harcadığı enerjilerin büyüklüğü ve çeşitliliği; yapılı çevrenin oluşturulmasında etkin görev alan mimarları günümüz sürdürülebilirlik anlayışı içinde, enerjisinin tümünü veya bir kısmını tasarım özellikleri ile karşılayan binalar tasarlamaya yöneltmektedir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının bir enerji kaynağı olarak binalarla entegre çalıştığı mimariler, çevre kirliliği yaratan fosil tabanlı enerjilerin azaltılması bakımından öne çıkmaktadır. Bu bağlamda araştırmanın konusu, yenilenebilir enerji kaynağı olarak rüzgarın binalarda kullanım şekillerinin araştırılması ve rüzgar türbinlerinin kütle oluşumundaki konumlarının sorgulanmasıdır.

Kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren rüzgar türbinleri ekolojik mimarlık içinde kullanımı her geçen gün yaygınlaşan sistemlerdendir. Çalışma kapsamında, öncelikle bina monte ve bina entegre rüzgar türbinlerinin çalışma ilkeleri açıklanmakta, birbirinden farkları tanımlanmakta ve sistemlerin bina kütlelerindeki konumları asal formun dönüşüm türleri içerisinde parçalama, eklemeli ve eksiltmeli organizasyon tespit edilmektedir. Sonrasında bina-monte ve bina-entegre rüzgar türbinlerinin kütle oluşumundaki konumları dünya genelinden seçilen örnekler üzerinde, belirlenen sınıflama kapsamında karşılaştırmalı olarak analiz edilmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre rüzgar enerjisi sistemlerinin mimari kütledeki konumları açısından üstten eklemeli organizasyonun öne çıktığı belirlenmiştir. Rüzgar enerji sistemleri içinde ise Bina-entegre sistemlerin tercih edildiği ve bu kapsamda çoğunlukla dikey eksenli rüzgar türbinlerinin kullanıldığı görülmüştür.

Yıl : 2021

Sayfa Sayısı : 119

Anahtar Kelimeler : Rüzgar Enerjisi, Kütle oluşumu, Bina Monte Rüzgar Türbinleri, Bina Entegre Rüzgar Türbinleri, Dikey Eksenli, Yatay Eksenli

Master Degree Thesis

Building Mounted and Building Integrated Wind Turbines Investigation of Locations in Architectural Mass Formation

Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Architecture

ABSTRACT

The magnitude and variation of energies consumed during the construction, maintenance, usage and demolition progress; in today`s sense of sustainability, architect whom have been actively involved in the creation of the building environment aim to design buildings with all or some of the energy that meets all design specifications. Especially, architectures where renewable energy source do stand out in terms of reducing fossil-based energies that cause environmental pollution. In this context, the subject of the research is the ways wind is being used in buildings and it is questioning of the location in the mass formation of wind turbines.

Wind turbines that convert kinetic energy into electrical energy is a system that has become widespread in ecological architecture. Within the scope of work, firstly the working principles of building mounted and integrated building wind turbines are being explained, their difference from each other are indentifed and the detected positions of the system in the building masses within the types of the prime form are fragmentation, additive and substactive organization. Afterwards the position of building mounted and building entegrated wind turbines in mass formation is analised comparatively in the contex of the determined classification using selected samples from around the world. According to the results of the study it has been determined that in terms of the position of wind energy system in the architectural mass add on top organization comes to the fore. In wind energy systems integrated building system are preferred and in this context it has been observed that mostly vertical axis wind turbines are used.

Year : 2021

Number of Pages : 119

Keywords : Wind Energy, Mass Formation, Building Mounted Wind Turbines, Building Integrated Wind Turbines, Vertical Axis, Horizontal Axis

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **viii**

KISALTMALAR ..... **xi**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**

ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xv**

BÖLÜM 1 ..... **1**

GİRİŞ **1**

1.1. Çalışmanın Amacı 2

1.2.Çalışmanın Kapsamı ve Sınırlılıklar 2

1.3. Çalışmanın Yöntemi 3

BÖLÜM 2 ..... **5**

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK RÜZGAR VE KULLANIM OLANAKLARI **5**

2.1. Rüzgar Enerjisi: Tanımı ve Tarihçesi 6

2.2. Dünyada Rüzgar Enerjisi Potansiyeli 14

2.3. Rüzgar Türbin Türleri ve Çalışma Prensipleri 15

2.3.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri (YERT) 18

2.3.2. Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri (EERT) 19

2.3.3. Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri (DERT) 20

2.3.3.1. Darrieus Türbinleri 21

2.3.3.2. Savonius Türbinleri 21

2.4. Coğrafi Konumlarına Göre Rüzgar Türbinleri 22

2.4.1. Karada Konumlanan Türbinler 22

2.4.1.1. Adalarda Konumlanan Türbinler 23
2.4.1.2. Kıyılarda Konumlanan Türbinler 24
2.4.2. Denizde Konumlanan Türbinler 25
2.4.3. Havada Uçan Türbinler 26
2.5. Rüzgar Türbinleri için Kabul Edilen Ses - Gürültü Düzeyleri ve Etkileri 27
2.6. Rüzgar Türbinlerinin Avantaj ve Dezavantajları 29
BÖLÜM 3 32
MİMARİ KÜTLE OLUŞUMUNDA TEMEL YAKLAŞIMLAR 32
3.1. Uzay Geometrinin Asal formları: Mimari Kütle Oluşumu 32
3.2. Asal Formun İşlenerek Kullanılması 40
3.2.1. Asal Formun Parçalanması 40
3.2.2. Asal Formun Deformasyonu 41
3.2.3. Asal Formun Dönüşümü 42
3.2.3.1. Boyutsal Dönüşümü 42
3.2.3.2. Eklemeli Dönüşüm 43
3.2.3.3. Eksiltmeli Dönüşüm 45
3.2.4. Asal Formun Birleşimi veya Bütünleştirme 47
3.3. Bina Formu Rüzgar İlişkisi 49
BÖLÜM 4 54
BİNALARDA RÜZGAR TÜRBİNİ KULLANIMLARI 54
4.1 Bina Bağımsız (Ayrık) Rüzgar Türbinleri 55
4.2. Bina Monte Rüzgar Türbinleri 56
4.3. Bina Entegre Rüzgar Türbinleri 57
4.3.1. Bina Mesnetli Türbinler 59
4.3.2. Bina Mesnetsiz Türbinler 60

4.4. Binalarda Kullanılan Rüzgar Türbinlerinin Avantaj ve Dezavantajları 60

BÖLÜM 5 62

MİMARİ KÜTLE ORGANİZASYONUNDA TÜRBİN KONUMLARININ ÖRNEKLER ÜZERİNDEN İNCELENMESİ 62

5.1. Kütle Organizasyonunda Türbinlerin Konumları 63

5.1.1. Eklemeli Organizasyonlar 64

5.1.1.1. Üstten Eklemeli Türbinler 64

5.1.1.2. Yanal eklemeli türbinler 71

5.1.2 Eksiltmeli Organizasyonu 74

5.1.2.1. Üstten Eksiltmeli Organizasyon 74

5.1.2.2. Yanal eksiltme Organizasyonu 76

5.1.3 Parçalanma Organizasyonu 80

5.1.3.1 Dikey Parçalanma Organizasyonu 80

5.1.3.2 Yatay Parçalanma Organizasyonu 81

BÖLÜM 6 83

DEGERLENDİRME ve SONUÇ 83

KAYNAKLAR 89

KISALTMALAR

AB : Avrupa Birliği
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
BAT : Buoyant Airborne Turbine
CENT : Kuruş
CO : Karbonmonksit
CO_2 : Karbondioksit
dB : Desibel
dBA : Desibel A-weighting (Ses seviyesi birimi)
DERT : Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri
DİFC : Dubai Internatıonal Finacial Centre
ECO : Ecological
EERT : Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri
EPA : Amerikan Çevre Koruma Ajansı
EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GW : Gigawatt
h : Saat
kW : Kilowatt
kWh : Kilowatt saat
MCH2 : Melbourne Council House 2
MÖ : Milattan Önce
MS : Milattan Sonra
MW : Megawatt
NOX : Nitrojen Oxides (Nitrikoksit)
ODTÜ : Ortadoğu Teknik Üniversitesi
OMRF : Oklahoma Medical Research Foundation
PVC : Polyvinyl Chloride (Polivinil Klörür)
SO_2 : Kükürtdioksit
SPA : Selus Per Aqua (Su ile Gelen Sağlık)
TDK : Türk Dil Kurumu
TWh : Terrawatt saat
USA : United States of America
YERT : Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri
WHO : World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yöntem Akış Diyagramı 4
Şekil 2.1. Binalarda kullanılan yenilebilir enerjiler. 5
Şekil 2.2. Heron'un ilk rüzgarla çalışan aleti (Supompası). 9
Şekil 2.3. İlk İran (Pers) (Dikey Eksenli) rüzgar yel değirmeni. 10
Şekil 2.4. Ak deniz ve Ege bölgelerinden tipik (Yatay Eksenli) rüzgar yel değirmeni. . 10
Şekil 2.5. Tipik yatay eksenli rüzgar yel değirmenin çalışma şekli. 11
Şekil 2.6. Charles F. Brush (1887) Türbini. 11
Şekil 2.7. Paul la Cour (1891) Yel değirmeni. 12
Şekil 2.8. Putnam rüzgar türbini. 12
Şekil 2.9. Johannes Juul (1950) Rüzgar Türbini 13
Şekil 2.10. Günümüzde kullanılan tipik rüzgar türbini (Orjinal) 14
Şekil 2.11. Dünyadaki 50 m yükseklikteki alanların rüzgar hızları 15
Şekil 2.12. Rüzgar türbin sınıflandırılması. 15
Şekil 2.13. Yatay Eksenli Rüzgar Türbini (YERT) Çalışma Şekli. 16
Şekil 2.14. Rüzgar Türbinini oluşturan parçalar 16
Şekil 2.15. Yatay eksenli türbinleri 18
Şekil 2.16. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinin oluşturan kısımlar 19
Şekil 2.17. Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri 20
Şekil 2.18. Dikey Eksenli Türbin FLOWİND Örneği. 20
Şekil 2.19. Darrieus Düşey Eksenli Türbin Örnekleri 21
Şekil 2.20. Savonius Tipi Rüzgar Türbinleri. 22
Şekil 2.21. Ormanlık alanda/ Almanya. 23
Şekil 2.22. Tarım alanında/Hollanda. 23
Şekil 2.23. Midilli Adası Yunanistan. 23
Şekil 2.24. Mikonos Adası 24
Şekil 2.25. Kıyı Boyunca Konumlanmış Rüzgar Çiftligi/ Hollanda 24
Şekil 2.26. Yüzen Rüzgar Tipi Örnekleri. 25
Şekil 2.27. London Array Deniz Üstü (off-shore) Rüzgar Santrali. 25
Şekil 2.28. Japonya Fukuşimada 2015 yılında Mitsubishi tarafından inşa edilen 7 MW'lık türbin. 26

Şekil 2.29. ABD Limestone, Maine. 27
Şekil 3.1. Organik form örnerği. 34
Şekil 3.2. Geometrik form örneği Frank L.loyd Wright'ın. 35
Şekil 3.3. Ching, Krier ve Schulz'a göre temel biçimler. 38
Şekil 3.4. Binaların Tasarımında Kullanılan Geometrik Formlar. 38
Şekil 3.5. Asal Geometrik Formlar. 39
Şekil 3.6. Wooden house local Plus. 40
Şekil 3.7. Asal Forma Bağlı Parçalama. 41
Şekil 3.8. Italy Pavillion for Shanghai Expo 2010. 41
Şekil 3.9. Asal formun deformasyonu. 41
Şekil 3.10. Asal formun deformasyon örneği. 42
Şekil 3.11. Asal formun Dönüşümü. 42
Şekil 3.12. Küp, yüksekliği, genişliği yada derinliği kısaltılıp uzatılarak benzer prizmatik biçimlere dönüştürülmesi örneği. 43
Şekil 3.13. Küre kendi ekseni boyunca uzatılarak istenilen oval ya da eliptik biçime dönüştürülebilir. 43
Şekil 3.14. Asal formun dönüşümüne genel örnek. 43
Şekil 3.15. A Yanal ekleme; B Üstte ekleme; C Kapsamlı Ekleme. 44
Şekil 3.16. Yanal Eklemeli Örneği Wozoco Housing. 44
Şekil 3.17. Üstten Eklemeli Örneği Şakirin Camii – Üsküdar/İstanbul. 44
Şekil 3.18. Kapsamlı Ekleme Örneği Reichstag Parlamento Binası Berlin/Almaya. 45
Şekil 3.19. A.Yanal Boşaltma, B. Üstten Boşaltma, C. Hem Yanal Hem Üstten Eksilteme Örnekleri. 45
Şekil 3.20. Stack-Cube House Yandan Boşaltma Örneği. 46
Şekil 3.21. Pentagon Binası Üstten Boşaltma Örneği 46
Şekil 3.22. Visual Arts Building at the University of Iowa Binası Kapsamlı Boşaltma Örneği. 46
Şekil 3.23. Bitiştirme 47
Şekil 3.24. Bağlama 47
Şekil 3.25. Giriştirme 47
Şekil 3.26. Bitiştirme Örneği Olarak BIG Selected to Design a Socially Engaging Hub for the Johns Hopkins University 47

Şekil 3.27. Bağlama Örneği Elephant Building Bankok/Taylant. 48
Şekil 3.28. Giriştirme Örneği Dans Eden Ev Prag/Çekoslovakia. 48
Şekil 3.29. Rüzgar hızının yüzey dokusuna göre değişimi. 49
Şekil 3.30. Bina formu, rüzgar ilişkisi. 50
Şekil 3.31. Rüzgar ile ısı kaybı. 50
Şekil 3.32. Konumlarına göre binaların rüzgar dağılımına etkisi. 51
Şekil 3.33. Hakim rüzgara göre konumlanan binalarda hava hareket yönü ve negatif basınç alanı ilişkisi. 52
Şekil 3.34. Farklı bina formlarında oluşan rüzgar etkisi ve negatif basınç alanları. 52
Şekil 3.35. Rüzgarın soğutma etkisini artırmak amaçlı bina yerleşim türleri 52
Şekil 3.36. Rüzgar enerjisinden Aktif sistem olarak faydalanılması Exosphere Binası Dominik Cumhuriyeti 53
Şekil 4.1. Binalarda Rüzgar Türbini Entegrasyon Sistemleri. 54
Şekil 4.2. Edirne–İpsala'da bulunan Yaşar makina çeltik işleme tesisi (Orjinal). 55
Şekil 4.3. "Harlequin 1" Sky Stüdyo, Veri Merkezi Londra 56
Şekil 4.4. Arizona Eyalet Üniversitesi, Küresel Sürdürülebilirlik Enstitüsü 56
Şekil 4.5. Almanya Hamburg, Hafencity'deki Greenpeace binasının çatısındaki dikey eksenli rüzgar türbini kullanımı. 57
Şekil 4.6. Tower of power. Taywan örneği 58
Şekil 4.7. Strata Tower. London. 58
Şekil 4.8. Bionic Arc binası Tayvan. 59
Şekil 4.9. Bina – mesnetsiz rüzgar türbinleri, farklı bina ilişki kombinasyonları. 60
Şekil 5.1. Bina monte rüzgar türbinlerin montaj şekilleri. 62
Şekil 5.2. Asal formun Organizasyonunda türbin konumları sınıflaması 63
Şekil 6.1. Binalarda rüzgar türbinlerinin kullanım oranların incelenmesi 86
Şekil 6.2. Asal formun işlenmesine göre rüzgar türbinlerinin kullanım grafiği 86

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Tipik yatay eksenli rüzgar türbinini oluşturan parçaların tanımlanması. ... 17
Çizelge 2.2. Almanya ve Türkiye Çevre İdaresi tarafından yapılan gürültü dereceleri ve düzeylerine göre etkileri. ... 28
Çizelge 2.3. Avrupa Sabit Gürültü – Limitleri. ... 29
Çizelge 5.1. Hollanda Pavyonu ... 65
Çizelge 5.2. CSI Tower ... 65
Çizelge 5.3. Near North Apartmanları ... 66
Çizelge 5.4. Melbourne Council House 2. ... 66
Çizelge 5.5. Hilton Florida ... 67
Çizelge 5.6. Lincoln Financial Field Philadelhia Eagles Binaları ... 67
Çizelge 5.7. Logan Iternational Airport ... 68
Çizelge 5.8. Palestra Binası ... 68
Çizelge 5.9. Wuham Energy Center Binaları ... 69
Çizelge 5.10. Phare Tower ... 69
Çizelge 5.11. Manta-Ray ... 70
Çizelge 5.12. Sustainable mix complex Cairo Binaları ... 70
Çizelge 5.13. Desert Winds ECO SPA Binası ... 71
Çizelge 5.14. Kinetica Binası ... 72
Çizelge 5.15. Greenway Self Park ... 72
Çizelge 5.16. Publi Utilities Commission's Heardquaters Building ... 73
Çizelge 5.17. Tower of Power ... 73
Çizelge 5.18. Lotte World Tower ... 74
Çizelge 5.19. Oklahoma Medical Research Faundation ... 75
Çizelge 5.20. Beehive Tower ... 75
Çizelge 5.21. Lightthouse Binası ... 76
Çizelge 5.22. Bionic ARC Binası Taywan ... 77
Çizelge 5.23. SRG Tower ... 77
Çizelge 5.24. Shanghai Tower ... 78
Çizelge 5.25. Eiffel Tower ... 78
Çizelge 5.26. COR Tower ... 79

Çizelge 5.27. Exosphere Binası 79
Çizelge 5.28. Lilypad Yüzen Bina 80
Çizelge 5.29. World Trade Center Bahteyn Dünya Ticaret Merkezi 81
Çizelge 5.30. Pearl River Tower Binası 82
Çizelge 6.1. Binalarda rüzgar türbinlerinin kullanım şekline göre sınıflandırılması 84

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması ve buna paralel olarak teknolojinin insanların ihtiyaçlarını karşılamak için aynı hızda değişmesi ve yenilenmesinden dolayı enerji ihtiyacına olan talep artmıştır. Bu talepteki artış kendini 19 yy ortalarından sonra daha fazla göstermeye başlamıştır. 19 yy ortalarına kadar enerji ihtiyacı karşılanması için odun ve kömür kaynaklarından faydalanılırken, 19 yy ortalarında dünyanın birçok noktasında bulunan petrol yatakları ve rezervleri enerji üretiminde kendini birinci sıraya çıkarmıştır. 1987 yılında 5 milyar olan dünya nüfusu, bugün 8 milyara yaklaşmıştır Wikipedia, 2019). Bu da bize gösteriyor ki artan nüfus artan enerji ihtiyacı demektir. Bu ihtiyacı da dünyaya ve insanlığa en az zarar ile karşılanması gerekir. Ancak yeraltı kaynaklarından kullanılan fosil yakıtların çevreye vermiş olduğu ve verebileceği zararların geri dönüşü olmadığından alternatif yakıt ve enerji üretimine yönelinmiştir.

Dünyadaki bütün teknolojik gelişmeler göz önünde bulundurulduğunda, bu gelişmelere uyum sağlayabilmek için en önemli ihtiyacın enerji olduğu ortaya çıkmıştır. İnsanların daha konforlu yaşama isteği bu enerji kaynaklarının bir gün bitebileceği sorununu ortaya çıkarmıştır. Sonsuz olmayan enerji kaynaklarının daha bilinçli, ekonomik ve verimli kullanılması gerektiğinin benimsenmesinden sonra alternatif enerjilerinin yani yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanması tüm dünyada benimsenip önem kazanmıştır. Endüstriyel işletmelerde üretim kalitesi ve binalarda yaşam kalitesini arttırmak için en etkili yollardan biri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları karbon emisyonlarını azaltmaktadır. Çevre dostu olarak söyleyebileceğimiz en önemli yenilenebilir enerji kaynaklardan bir tanesi de rüzgardır. Doğaya zararlı emisyon salmayan temiz bir enerjidir.

Rüzgarın oluşumunu Günel, Işgın ve Sorguç (2007) “Suda ve toprakta değişik yüzeylerde güneş ışınlarının farklı oranlarda soğutulması ve yansıtılması, atmosferdeki ısı farklılıklarına neden olmaktadır. Sıcak havanın da yükselmesiyle dünya yüzeyindeki atmosfer basıncı düşerek, soğuk olan hava kütleleri, yükselen havanın yerini almakta ve rüzgarı oluşturmaktadır” olarak tanımlamaktadırlar. Günümüzde yenilenebilir, temiz,

tükenmez ve maliyeti sıfır olan rüzgar enerjisi dünya için önemli enerji kaynaklarından bir tanesidir. Günümüzde rüzgardan üretilen 1kWh'lık elektrik enerjisi ile 2,114 gr Karbondioksit (CO_2), 7.1 gr Sülfürdioksit (SO_2), 2,8 gr Azotoksit (NOx), 09 gr Karbonmonoksit (CO) ve 0,18gr külün atmosfere karışması önlenmiş olunmaktadır.

Rüzgar genellikle binalarda doğal havalandırma, soğutma ve ısıtma olarak kullanılarak, uygun formu seçerek, doğru noktada yerleştirmek ve binanın doğru bir şekilde yönlendirilmesi ile yukarıdaki gibi pasif sistemler, binanın yüksek oranda enerji harcamalarını azaltmada etkilidir. Ancak enerji etkin bir binada pasif sistemler tek başına yeterli olmayabilir. Enerji etkin binada pasif ve aktif sistemlerin rüzgar türbinleri ile birlikte kullanılması çevre üzerindeki olumsuz etkilerini minimuma indirmek ve enerji etkin binalarda enerji giderlerinin azaltılmasında büyük oranda kazanımlara yol açacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Sürdürülebilir, ekolojik bina tasarımlarında rüzgar enerjisinin verimli kullanımını incelemek ve mimari kütle oluşumunda konumlarını belirlemek, kullanım alternatiflerini, bilimsel araştırmalara ve uygulamalara dayanarak ortaya koymak bu tezin temel amacını oluşturmaktadır. Rüzgar türbinlerinin kütle oluşumu, ekonomik (enerji kazanımı) getiri ve alternatif kullanımları (yapı) açısından sağladığı avantajları ve dezavantajları incelemek yanında bina-monte veya bina-entegre sistemlerin yaygınlaşmasını sağlamak da önemsenmektedir. Farklı konulu yapılar ve büyüklükler içindeki binalarda yapılacak olan inceleme, öncü örneklerin görüldüğü yüksek yapılar dışında da rüzgar enerji sistemlerinin etkin biçimde binalarda kullanılabileceğini göstermektedir. Geleceğin tasarım anlayışları içinde etkin yere sahip olacak rüzgar enerjili bina tasarımlarının özellikle mimarlar tarafından bilinmesi ve tasarım aşamasında sistemin bir bileşeni olarak ele alınması açısından önemlidir. Bu yapısıyla çalışma, tasarımcıları özgün arayışlara yönlendirecektir.

1.2.Çalışmanın Kapsamı ve Sınırlılıklar

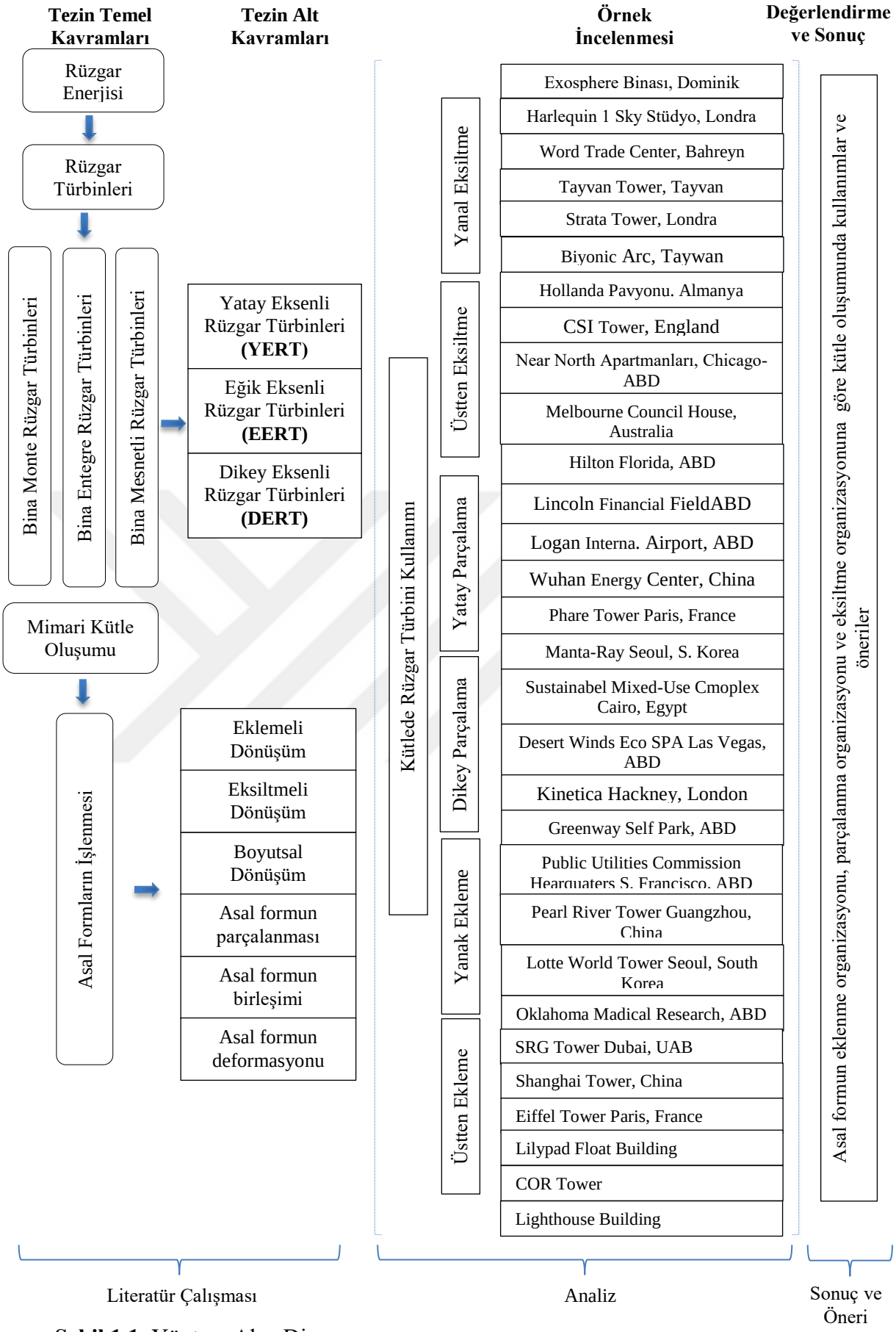
Günümüz mimarlık ortamında sürdürülebilir yapıların büyük çoğunluğunda güneş enerjisi sistemlerinin ağırlıklı kullanılıyor oluşu enerji tüketimlerinin azaltılması açısından elbette önemlidir. Ancak rüzgar enerjisi sistemleri de güneş enerji sistemleri gibi binalarda kullanılabilecek bir diğer yenilenebilir enerji sistemidir ve tasarımcılar

tarafından etkin olarak kullanılmalıdır. Mimarlık ortamında yeni tasarımlara dahil edilmeye başlanılan bina-monte ve bina-entegre rüzgar enerji sistemlerinin kütle oluşumunda rüzgar türbinlerinin bir öge olarak ele alınma çeşitliliği her iki sistem için ayrı ayrı araştırılmaktadır.

Bu bağlamda tez kapsamında rüzgar enerjisi ele alınarak tarihsel gelişimine değinilmekte, rüzgar enerji sistemleri detaylandırılmakta ve çalışma prensipleri açıklanmaktadır. Mimari kütlenin oluşumu konusu asal formun eklemeli organizasyonu, eksiltmeli organizasyonu ve parçalanma organizasyonu başlıkları içerisinde ele alınmaktadır. Asal formun deformasyonunda alt başlıklar altında bulunan asal formun boyutsal dönüşümü, asal formun birleşimi, ve asal formun deformasyonu tezin ana konusu olan bina-monte ve bina-entegre sistemler üzerinde doğrudan etkisi bulunmadığından ve sınırlıkları bakımından konu dışında tutulmaktadır. Asal formun üzerinde doğrudan etkisi olan pasif sistemler (Rüzgar bacaları, Kepçeleri vb.), konu dışında tutularak, aktif sistemler ele alınarak bina monte ve bina entegre sistemleri içinde Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri (YERT), Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri (DERT) ve Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri (EERT) ağırlıkta ele alınmaktadır. Kütle oluşumunda etkisi bulunmayan bina bağımsız sistemler ve sınırlılıkları bakımından konu dışında tutulmaktadır. Ayrıca seçilen örnekler dünya geneline dağılmakta, sınıflama yapılabilmesi adına farklı strüktürlerdeki farklı konulu yapılar üzerinden karşılaştırılarak genellemelere ulaşılmaktadır.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Nitel araştırma yöntemlerinin kullanıldığı bu tez çalışmasında literatür taramaları sonucu rüzgar enerjisinin binalarda kullanım çeşitliliğine ilişkin elde edilen teorik bilgiler analiz edilerek, kütle oluşumunda kullanım şekillerine ilişkin özgün sınıflama önerilmiştir. Önerilerin geliştirilmesinde enerji kazanımları da göz önünde bulundurularak, sınıflama yapma olanağı sağlayacak çeşitlilikte tutulup, geliştirilen öneriler çizimler aracılığıyla görselleştirilmiştir (Şekil 1.1).



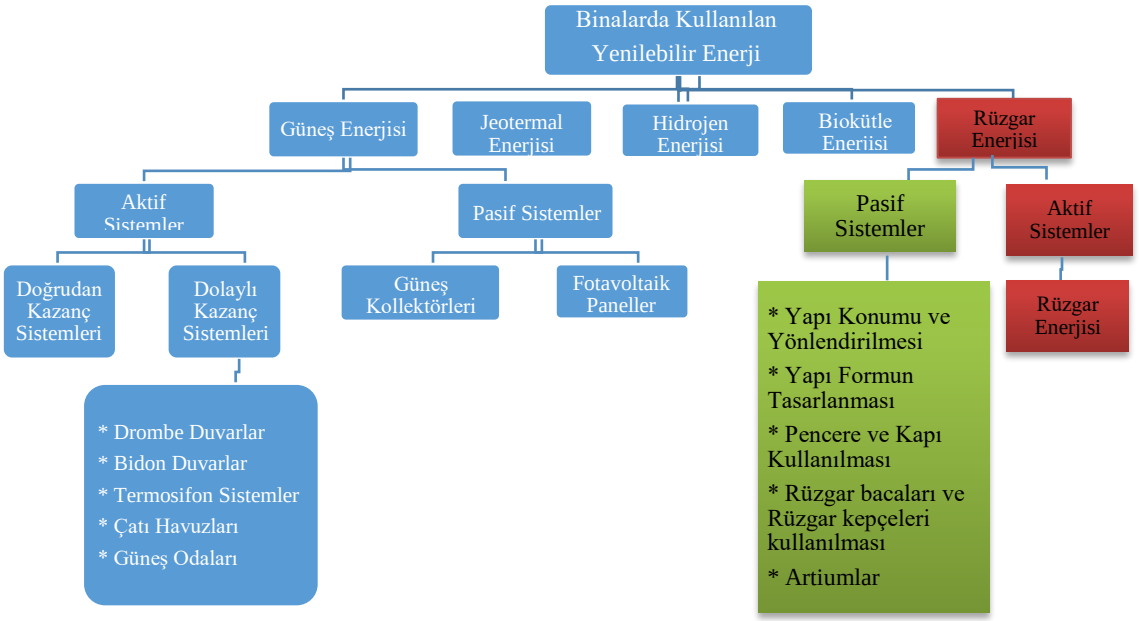
Şekil 1.1. Yöntem Akış Diyagramı

BÖLÜM 2

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK RÜZGAR VE KULLANIM OLANAKLARI

Üretilen enerjilerin büyük bir bölümünün yapı sektöründe kullanılması nedeni ile binalarda enerjinin geri dönüşümüne olanak sunacak ve enerjinin doğru bir şekilde sektörün kullanımına imkan verecek teknolojiler ile ilerletilmesi öncelikli görüşülecek konular haline getirilmiştir. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak, enerjinin bu kaynaklardan sağlanması yönünde birçok metot ve sistem kullanılmaktadır.

Günümüzde bilinen yenilenebilir enerji kaynakları olarak rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, hidrojen enerjisi, jeotermal enerji ve biokütle enerjisi binalarda ve endüstrilerde çeşitli şekilleri ile kullanılmaktadırlar (Şekil 2.1). Yenilebilir enerji kaynaklarının çeşitliliğinden ve çokluğundan asli çalışmanın rüzgar enerjisi olması dolayısı ile: Güneş enerjisi, Jeotermal enerjisi, Hidrojen enerjisi ve Biokütle enerjisi tezin sınırlıkları içinde konu dışı tutulmaktadır. Ayrıca Rüzgar enerjisi Pasif Sistemleri tezin sınırlılıkları içinde konu dışı tutulmaktadır.



Şekil 2.1. Binalarda kullanılan yenilebilir enerjiler (Günel, 2007).

2.1. Rüzgar Enerjisi: Tanımı ve Tarihçesi

Atmosferdeki sıcak tabakaların ve hava basınç kitlelerinin pozisyon ve yer değiştirme olayı rüzgar olarak tanımlanmaktadır. Ya da güneş ışınlarının (enerjisinin) değişime uğramış haline rüzgar enerjisi olarak tanımlayabiliriz. Rüzgar; istikrarlı, zararsız ve sürekli bir enerji kaynağıdır (Akkaya ve Dağdaş, 2002).

Güneş ışınları atmosfer sayesinde belirli oranda dünyaya yansımaktadır. Bunun sonucunda farklı özgül sıcaklara sahip olan karalar ve denizler farklı basınç seviyeleri oluşmaktadır. Yer kürede oluşan sıcaklık ve basınç farkları sonucunda rüzgarın oluşmasına sebep olmaktadır. Yüksek basınç havanın alçak basınçlı alanlarına hareket etmesi de rüzgar olarak isimlendirilmektedir.

Rüzgar, güneşten gelen enerjinin karalara, denizlere ve atmosfere her noktada eşit bir şekilde ısıtmamasından dolayı oluşan basınç farklılıklarının meydana getirdiği hava akımlarıdır. Güneş enerjisinin ekvatorda ve çevresinde güneş ışınlarının emilmesine kutuplara göre daha fazladır. Dünyanın bütün yüzeyi güneş ısısına eşit tepki göstermez. Denizlerin ısınması veya soğuması kara parçalarından daha yavaştır. Isınma ve soğuma hızlarındaki farklılıktan dolayı deniz ve kara alanlarının nem ve sıcaklıklarıyla beslenmiş büyük hava kütleleri oluşmaktadır. Karalarda gündüzleri sıcak hava yükselerek yerini deniz üzerinden gelen daha soğuk havaya bırakmaktadır. Böylece gündüzleri denizden karaya doğru deniz meltemleri adı verilen rüzgarlar, geceleri ise karadan denize doğru kara meltemleri adı verilen rüzgarlar oluşur. Deniz meltemleri 3-8 m/s arasında hızlarla eserken kara meltemleri 2-4 m/s arasında hızlarla eserler. Kara parçalarında bulunan vadiler ve dağlarda rüzgar oluşumu hemen hemen meltemler gibi benzer şekilde oluşmaktadır. Dağlık bölgelerde dağ ve vadi meltemleri adı verilen rüzgarlar oluşur. Günün ilk ışınları ile vadilerde bulunan soğuk havanın ısınması dağlara doğru yükselmesine ve dağlara yükselen sıcak havanın gün ışınlarının kaybolması ile hızlı bir şekilde soğumasına neden olmaktadır. Soğuyan dağ havası özgül ağırlığından dolayı alçalarak ve yeniden vadilere iner. Ancak bu gibi rüzgarlar hızlı basınç değişiklerine maruz kalmadıklarından dolayı bazı bölgelerde enerji kaynağı olarak yetersiz bulunmaktadırlar (Koç, 2002).

Rüzgarın tesirinde etkili olan dört özelliği vardır.

- Rüzgarın hızı
- Rüzgarın yönü
- Rüzgarın frekansı
- Yüzeyden yükseklik

Kara parçalarının yerel yüzey yapılarına ve düzgün olmayan ısınmalarına bağlı olarak rüzgar farklı özellikler ve zamansal farklılıklar gösterir. Rüzgarın tesirini etkili kılan en önemli özellikler rüzgar hızı, coğrafi konum, yüzeyin yapısı ve yüzeyden olan yükseklik farkıdır.

Atmosferde sıcaklıkların ve basınçların değişimleri ile hava iki şekilde hareket etmektedir.

1. Artan ve alçalan hava akımları şeklinde
2. Yatay hava akımları şeklinde

Şen'e göre (2003), bu akımların yanı sıra, okyanus ve kıtaların düzensiz dağılımı, düzensiz arazi, günlük sıcaklık değişimleri ve mevsimsel değişiklikler de hava olaylarını etkileyerek rüzgar oluşumunu sağlamaktadır. Rüzgarlar; sürekli, mevsimlik ve yerel rüzgarlar olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır (Sohrabi, 2015).

- Sürekli (yıllık) Rüzgarlar: sürekli yüksek basınç alanlarından sürekli alçak basınç alanlarına doğru esen rüzgarlardır. Sürekli rüzgarlar ise üç farklı şekilde oluşmaktadır.
    1. Alize Rüzgarları: 30˚ kuzey ve güney enlemlerindeki dinamik yüksek basınç alanlarından, ekvatordaki termik alçak basınç alanlarına esen rüzgarlardır.
    2. Batı Rüzgarları: 30˚ enlemlerindeki dinamik yüksek basınç alanlarından 60˚ enlemlerindeki alçak basınç alanlarına esen rüzgarlardır.
    3. Kutup Rüzgarları: 90˚ termik yüksek alanlarından 60˚ dinamik alçak basınç alanlarına esen rüzgarlardır.
- Mevsimlik Rüzgarlar: Kıta ve okyanusların farklı ısınmaları ve soğumaları sonucu oluşan rüzgarlardır. Yaz mevsiminde okyanuslardan kara içlerine esen yaz

musonları, kış mevsiminde karaların iç kesiminden okyanuslara doğru esen kış musonları mevsimlik rüzgarların çeşitlerini oluşturmaktadır.

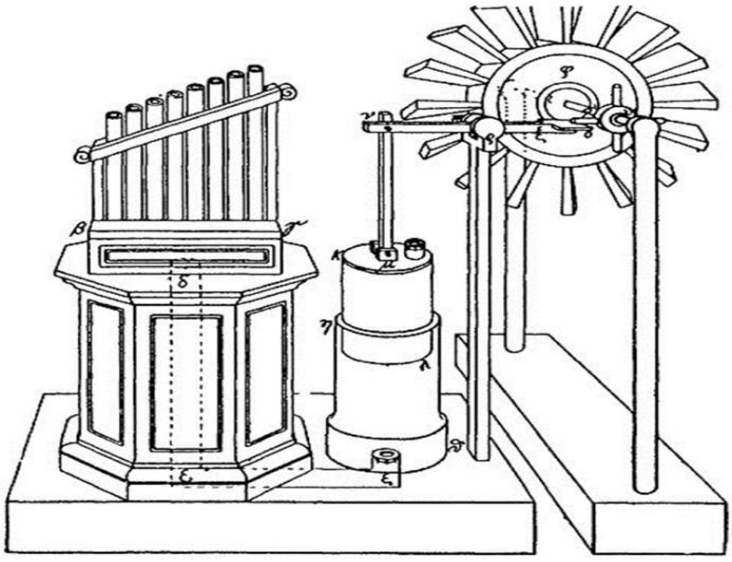
- Yerel Rüzgarlar: Kısa süre içerisinde esen ve etki alanları kısıtlı olan rüzgarlardır. Yerel rüzgarlar: meltem rüzgarları, sıcak yerel rüzgarlar, soğuk yerel rüzgarlar ve tropikal rüzgarlar olarak çeşitlenir (Sohrabi, 2015).

Meltem rüzgarları, gün boyunca oluşan sıcaklık ve basınç farklarından oluşan rüzgarlardır. Deniz ve Kara meltemleri, vadi ve dağ meltemleri meltem rüzgarlarının oluşma şekilleridir. Sıcak yerel rüzgarlar, kuzey yarım kürede güneyden, güney yarım kürede kuzeyden esen, etkiledikleri alanları sıcak hava getiren rüzgarlardır. Soğuk bölgesel rüzgarlar kış aylarında kendini gösteren soğuk, dağlık bölgelerden ılık sahillere doğru esen rüzgarlardır. Bora, krivetz, etezien yurt dışında rastlanan soğuk rüzgar türlerdir (Erkınay, 2012). Türkiye'de görülen soğuk yerel rüzgarlar karayel, yıldız, poyraz rüzgar türleridir. Dünyada görülebilen yüksek hızlı olan rüzgarlardan tayfun, hurricane, tornado gibi tropikal rüzgarlar bulunmaktadır. Bu gibi rüzgarlar içindeki hızlı basınç değişimleri ve rüzgar hız oranlarının yüksek olması nedeniyle, çevreye ve insan sağlığına tehlikeli olan rüzgarlardır. (Erkınay, 2012).

Yenilenebilir enerji olarak günümüzde ve gelecekte en önemli kaynaklardan bir tanesi rüzgar enerjisidir. Rüzgar kaynağı güneş olan ve güneş ışınların zararlı gaz oluşumuna sebep olmadıkları için çevreye zarar vermeyen, maliyeti düşük ve doğa ile uyumlu enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi bitmeyen bir kaynağa sahip ve temiz bir üretim yoludur. Uygun rüzgar alanlarında, uygun yatırımlar yapılarak fosil bazlı yakıtlar ve nükleer enerji üretimli santraller ile rekabet edebilme gücündedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile çevreyi tehdit eden ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen N (Azot), S (Kükürt), Hg (Civa) gibi gazlardan korunma sağlanmış olmaktadır (Mangan, 2006).

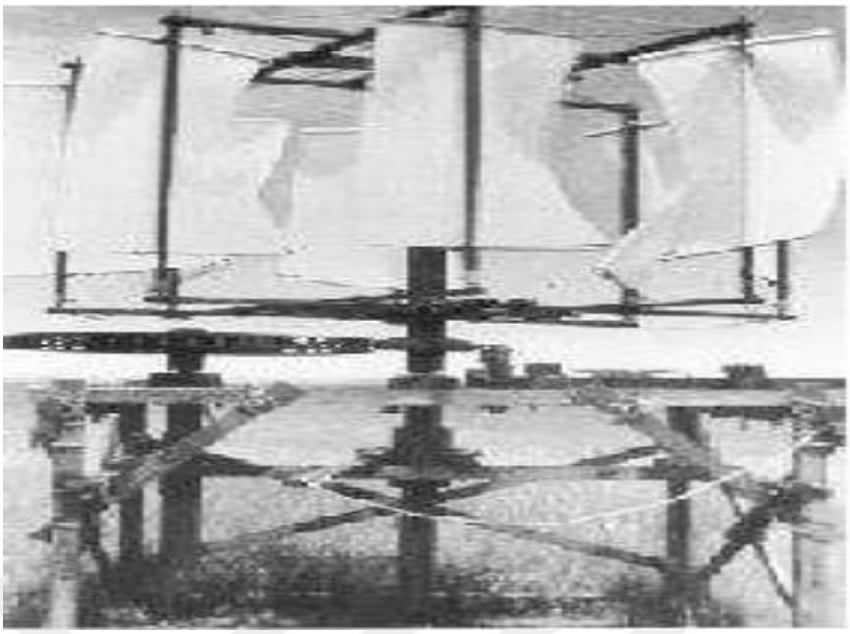
Rüzgarın kinetik enerjisinden faydalanılması öncelikli olarak yelkenli gemilerde ve yel değirmenlerinde görülmektedir. Rüzgar enerjisi çok eski tarihlere dayanmakta olup tarihi bulgulara göre Mısırlıların MÖ. 3400 yıllarında yelkenli kayıkları ve gemileri hareket ettirmek için Nil nehrinde kullanmışlardır. Ancak yel değirmen sistemini ilk olarak Yunan mühendisi Heron MS. 1 yy'ın başlangıcında rüzgar enerjisinin kullanımını tanımlamış olmasına rağmen sistem geliştirilmemiştir (Şekil.2.2). Yel değirmeni

sisteminin kullanımı tarihi bulgulara göre ilk olarak M.S 6 yüzyılın ortalarında İran-Afganistan Seistana bölgesinde, tahılların öğütülmesinde (Dikey eksenli) rüzgar yel değirmeni kullanılmasıyla görülmektedir (Şekil 2.3; Heron of Alexandrea., Wikipedia 2018).



Şekil 2.2. Heron'un ilk rüzgarla çalışan aleti (Supompası) (Wikipedia 2018).

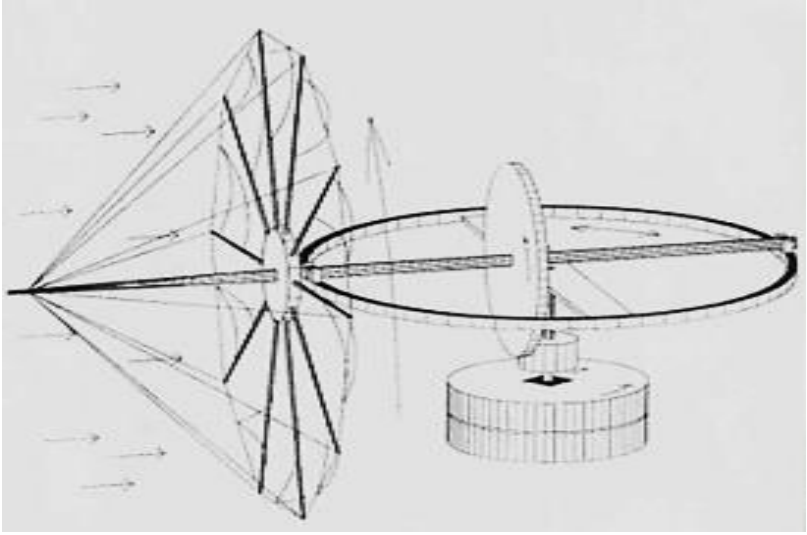
6 yüzyılın sonlarında Çin'de pirinç tarlalarına su pompalamak için yel değirmenlerinden faydalandığı görülmektedir. Avrupa'ya yel değirmenleri ilk kez 8. yüzyılda İspanya'da sulamada ve su seviyelerini ayarlamak için su pompası olarak kullanıldığı görülmektedir (Şekil 2.4). Avrupa'nın diğer bölgelerine 12. yüzyılda Haçlı seferleri sonrasında Ege sahillerinde, adalarında ve Akdeniz sahillerinde tahıl öğütmede ve su pompaları olarak kullanımı hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır (Şekil 2.5).



Şekil 2.3. İlk İran (Pers) (Dikey Eksenli) rüzgar yel değirmeni (Sideri, 2008).

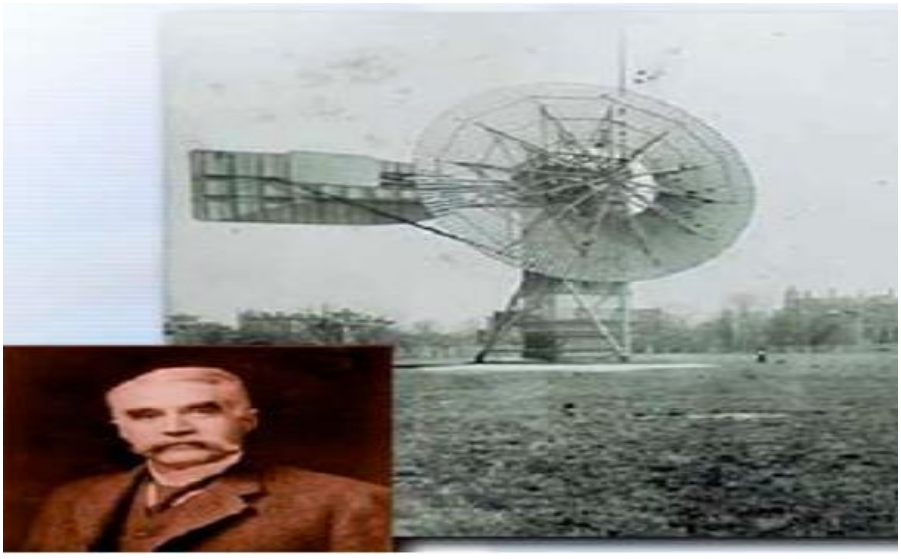


Şekil 2.4. Ak deniz ve Ege bölgelerinden tipik (Yatay Eksenli) rüzgar yel değirmeni (Emeis. 2020).



Şekil 2.5. Tipik yatay eksenli rüzgar yel değirmenin çalışma şekli (Moment-expo. 2012).

1887 ortalarında İskoç akademisyen profesör James Blyth rüzgar enerjisi ile elektrik üreten ilk yel değirmenini inşa ederek, 1891'de İngiltere'de patentini almıştır. Aynı yıllarda ABD'de, Charles Francis Brush, 1900 yılına kadar evinin ve laboratuvarının elektriğin karşılamak için James Blyth'in yel değirmeninden daha büyük bir yel değirmeni inşa ederek (Şekil 2.6) ve üzerinde daha fazla mühendislik çalışmaları yaparak elektrik üretmiştir.



Şekil 2.6. Charles F. Brush (1887) Türbini (Moment-expo. 2012).

Poul La Cour 1891'de Danimarka Hükümetinin desteğiyle Askov'da ilk deneysel elektrik üretimi yel değirmenini inşa etmiştir (Şekil 2.7). Ayrıca Poul La Cour elektrik üreten yel değirmenlerinin regülatörü olan Kratostate'i icat ederek sürekli bir güç kaynağı

üretme sorununu çözmüştür. Poul La Cour günümüzün modern elektrik üreten rüzgar türbinlerinin ve modern aerodinamiğin öncüsüdür.



Şekil 2.7. Paul la Cour (1891) Yel değirmeni (Çeyrek mühendis, 2021).

1939 yılında ABD, Vermont, Granpa's Knob'da 53 m. çapında 1,25 MW'lık Smith Putnam rüzgar türbini kurulmuştur.



Şekil 2.8. Putnam rüzgar türbini (Uçar, 2007).

Danimarka İkinci Dünya Savaşı sırasında yakıt sıkıntısı çekmiştir. Juul, bu nedenle 1947'de ona dünya çapında ün kazandıracak rüzgar türbini projesine başlamıştır.

Rüzgar tünelleri ile yapılan çok deneyden sonra, iki kanatlı ve 10 kW enerji üreten ilk türbini, 1950'de geliştirildi ve Zelanda'nın güneyindeki Vester Egesborg'da kuruldu.



Şekil 2.9. Johannes Juul (1950) Rüzgar Türbini (Rüzgar Enerjisinin Gelişimi ve Tarihi, Wikipedia 2018).

İkinci dünya savaşından çıkan Avrupa'nın yeniden inşası için çok fazla enerji ihtiyacı oluşmuştur. Yeraltı kaynaklarının bilinçsizce kullanılması hızlı bir şekilde tükenmesine ve çevrenin hızlı bir şekilde kirlenmesine sebep olmakta idi. Çevreci aktivistlerin baskıları Avrupa'nın yeraltı kaynakları dışında alternatif enerji kaynaklarına yönlenmesine neden olmuştur. 1970'lere gelindiğinde Danimarka'da alternatif enerji üretimi olarak 20-30 kW'lik ilk modern türbinlerinin üretimini başlamıştır. 1991'lere gelindiğinde ilk (offshore) deniz üstü rüzgar türbinleri kullanılmaya başlanmış olup ilk defa Danimarka Looland adası yakınlarında kurulmuştur. 2014'te teknolojinin sürekli gelişmesine paralel olarak uçan rüzgar türbinlerinin kullanılmasına ve üretilmesine başlanmıştır. 2015 itibariyle 7 MW'lık rüzgar türbinleri üretilmeye başlanmış olup teknolojilerini ve üretim kapasitelerini yükselterek günümüzde 10 MW'lık rüzgar türbinleri kurulmaya başlanmıştır.

Günümüzde rüzgar türbinleri, ev bahçelerinde, yapılara monte veya entegre edilerek, parklarda, akü depolamalı mini sistemleri kullanarak ışıklandırmada kullanılmakta, fabrikalara elektrik sağlamakta olup üretilen fazla elektrik enerjisini

şebekelere dağıtan orta ölçekli işletmelere, yerleşim ve sanayi alanlarına elektrik sağlayan santrallere kadar her ölçekte uygulama alanları bulunmaktadır.



Şekil 2.10. Günümüzde kullanılan tipik rüzgar türbini (Orjinal)

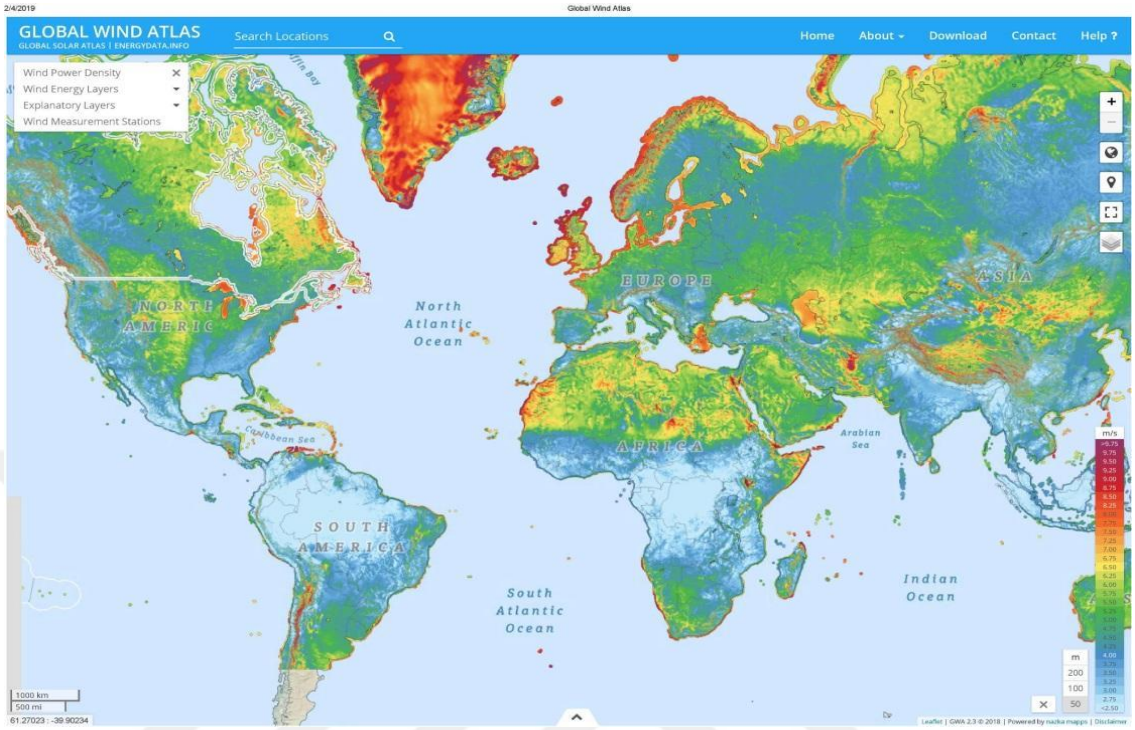
2.2. Dünyada Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Dünya rüzgar enerji potansiyelinin, 50° kuzey ve güney enlemleri arasındaki alanda 9.000 TWh/yıl kullanılabilir kapasiteye sahip olduğu hesaplanmaktadır. Dünya karasal alanları toplamının %27'sinin yıllık ortalama 5,1 m/s'den daha yüksek rüzgar hızının etkisi altında kaldığı belirtilmektedir. Bu rüzgar enerjisinden yararlanma imkanının olabileceği varsayımıyla 8 MW/km^2 üretim kapasitesi ile 240.000 GW kurulu güce sahip olunacağı hesaplanmaktadır (Kıncay, Yumurtacı ve Bekiroglu, 2017).

Günümüzde 7000 kW gücünde çalışan rüzgar türbinleri tek ünite olarak çalışmaktadır. Teknolojinin devamlı yenilenmesi ile bu hacim devamlı olarak yükselmektedir. Bir rüzgar türbininin elektrik enerjisi üretebilmesi için rüzgar hızının türbine ait çalıştırma değerinden büyük olması gerekmektedir. Fakat üretimin ekonomik olması için rüzgar hızı en az 3,5 ile 4 m/s olmalıdır (Kıncay vd., 2017).

Ancak dünyanın her noktasında rüzgar türbinleri kurulabileceği gibi, en verimli bölgelerin ve alanların doğru bir şekilde seçilmesi önem arz etmektedir. Aşağıdaki verilen

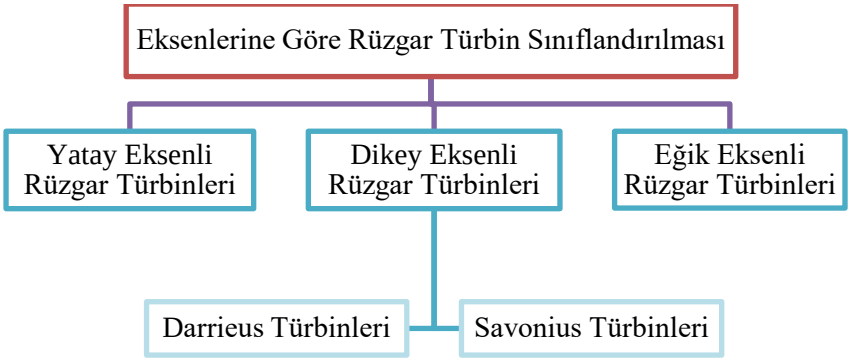
dünya haritasında minimum 50 m yüksekliğe sahip alanlardaki rüzgar hızı ortalaması ele alınarak, kıtalardaki ortalama rüzgar hızları gösterilmektedir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Dünyadaki 50 m yükseklikteki alanların rüzgar hızları. (Global windatlas)

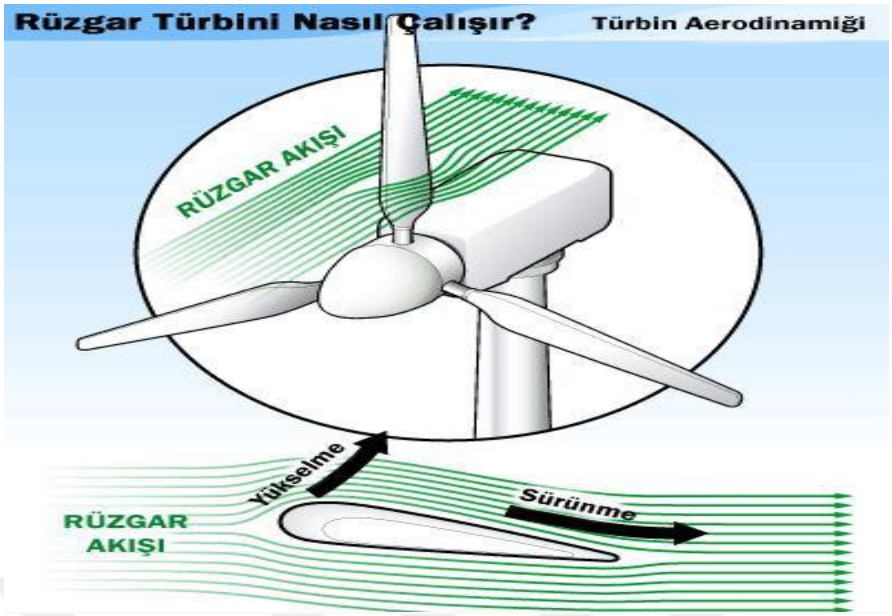
2.3. Rüzgar Türbin Türleri ve Çalışma Prensipleri

Rüzgar türbinleri türleri olarak günümüzde kendi aralarında eksenlerine göre sınıflandırılmıştır (Şekil 2.12).



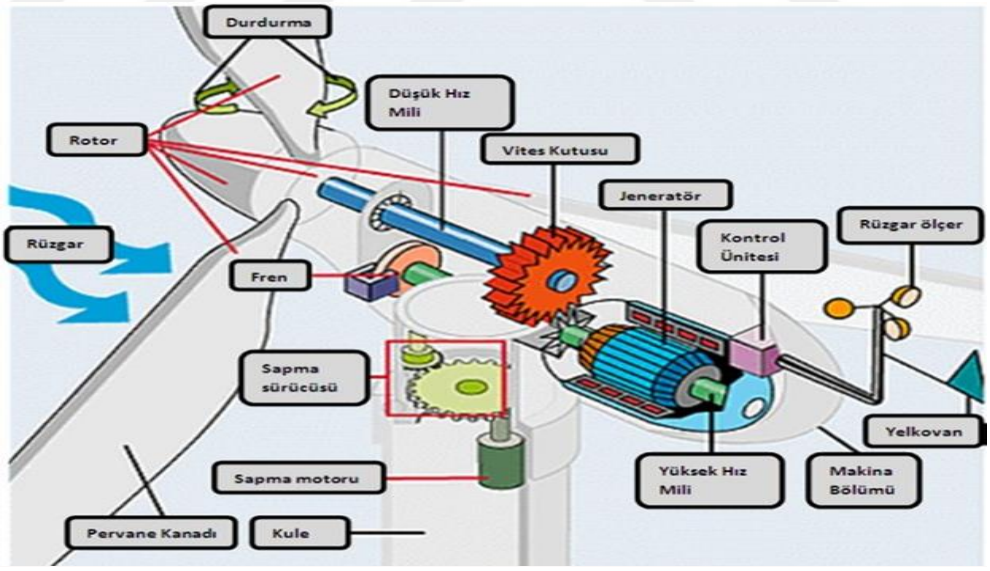
Şekil 2.12. Rüzgar türbin sınıflandırılması.

"Rüzgar türbinleri: Rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir" (Şekil 2.13) (Uyar, 2016).



Şekil 2.13. Yatay Eksenli Rüzgar Türbini (YERT) Çalışma Şekli (Kıncay vd., 2017).

Şekil 2.14'te tipik yatay rüzgar türbinini oluşturan ve çalıştıran ana parçaları ve mekanizmaları ile verilip her bir mekanizmanın tanımları yapılmaktadır (Çizlge 2.1).



Şekil 2.14. Rüzgar Türbinini oluşturan parçalar (Uyar, 2016).

Çizelge 2.1. Tipik yatay eksenli rüzgar türbinini oluşturan parçaların tanımlanması (Uyar, 2016).

Rotor	Kanatların bağlandıkları (Monte) dişli kutusunun bulunduğu dönen bölümdür.
Kanatlar	Rotor miline bağlı, rüzgarın çarpmasıyla rotorun dönmesini sağlayan elemanlardır. Kanatlar fiber-glass veya poliesterenden hafif ve dayanıklı malzemelerden üretilir.
Dişli Kutu	Rüzgar enerjisi ile rotorun dönme hızını arttıran dişli kutusudur. Bu dişli kutusu, rüzgarın döndürme hızını daha da arttırarak jeneratör için gerekli hıza ulaştırır.
Rüzgar ölçer (Anemometre)	Türbinleri en yüksek noktasında bulunur. Rüzgarın hızını ölçer ve rüzgar ile bilgileri kontrol bilgi sistemine aktarır. Amacı rüzgar hız verileri ile türbinin çalışma kontrolünü sağlamak.
Rüzgar Vanası	Rüzgar yönünü belirleyip, rüzgarın değişimine göre sapma motoru ile rüzgar türbininin yönünü değiştiren mekanizmadır.
Sapma Motoru	Rüzgar türbininin yönünü değiştirmek için mekanik motor.
Jeneratör	Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren kısımdır.
Fren	Acil durumlarda rotoru yavaşlatarak durduran sistemdir. Rüzgar türbinlerin de frenler genelde mekanik, elektriksel veya hidrolik olarak kullanılır.
Yönetici	Rüzgar türbinlerini, rüzgarın yönüne çeviren kısımdır.
Transformatör	Jeneratörde üretilen elektrik enerjisinin voltajını şebekeye vermek için uygun voltaj seviyesine yükselten kısımdır.
Kule	Rüzgar türbinin ana taşıyıcı gövdesidir. Rüzgar türbinlerini gövdeleri türbin modeline ve yüksekliğine göre bir çok bölümden oluşabilirler ve genellikle silindiriktirler.
Şebeke Bağlantı Sistemleri	Rüzgar enerjisi ile rüzgar santrallerinde üretilen elektrik enerjisini mevcut şebekeye aktaran sistemlerin tümüdür.

2.3.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri (YERT)

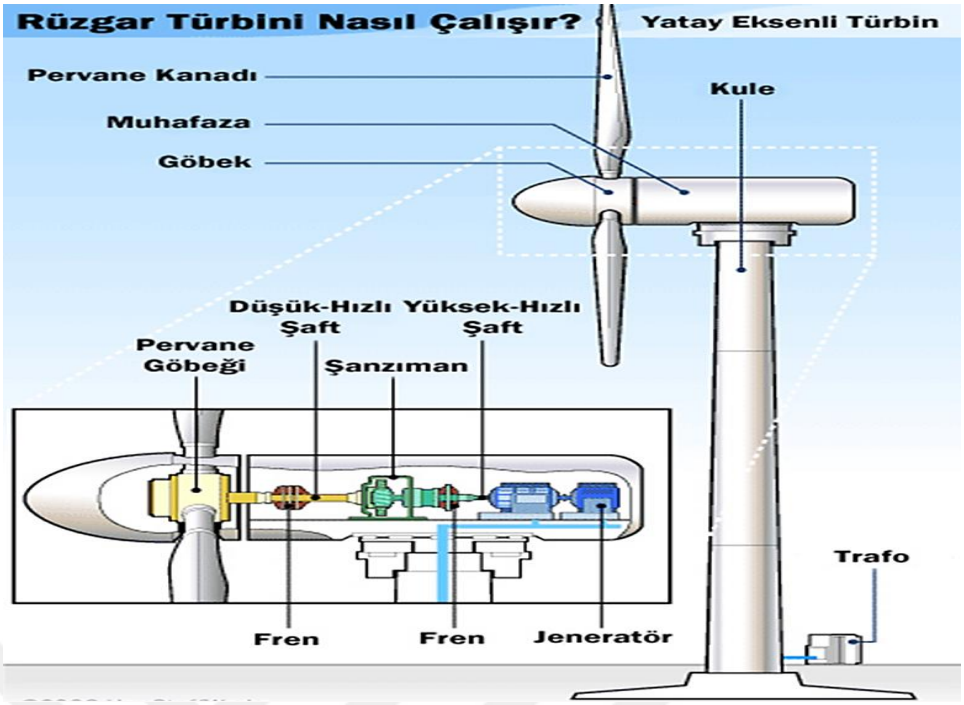
Rotoru yatay eksende çalışan türbinlere denilmektedir. Yatay eksenli rüzgar türbinlerinden en yüksek seviyede enerji elde edebilmek için rotorların rüzgar akış istikametinde olması gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için de rotorlar kule üzerinde otomatik olarak rüzgar yönünde yönlenmeleri gerekmektedir. Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin rüzgar yönüne dönme hareketi iki çeşittir. Birincisi rüzgarı önden alanlar, ikincisi ise rüzgarı arkadan alanlardır. Eğer kanatlar, rüzgarı ön taraftan alıyorsa rotorun arka tarafına kontrol kılavuz kanat yerleştirilir. Ancak, kanatlar, rüzgarı arka taraftan alıyorsa pervaneler konik şeklinde yapılır. Böylece rüzgar enerjisi sistemi devamlı olarak rüzgar tarafına doğru döner ve rüzgardan en yüksek verim alınır (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Yatay eksenli türbinleri (Elibüyük ve Üçgül, 2014)

Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin kullanımı, genellikle diğer doğal kaynaklarının az bulunduğu veya çok sınırlı olan bölgelerde enerji temini veya yatırım amaçlı rüzgar gülü çiftliklerinde tercih edilmektedir. Çünkü bu tür rüzgar türbinlerinin rüzgar enerjisi üretim kapasiteleri yüksektir ve maksimum verim bu şekilde elde edilir.

Yatay eksenli rüzgar türbinlerin 4 ana kısımdan oluşurlar. Bu bölümler kanatlar, jeneratör, kule ve elektronik aksamlardır. Bir yatay eksenli rüzgar türbinini meydana getiren tüm bölümler şekil 2.16'de sırasıyla gösterilmektedir (Uyar, 2016).

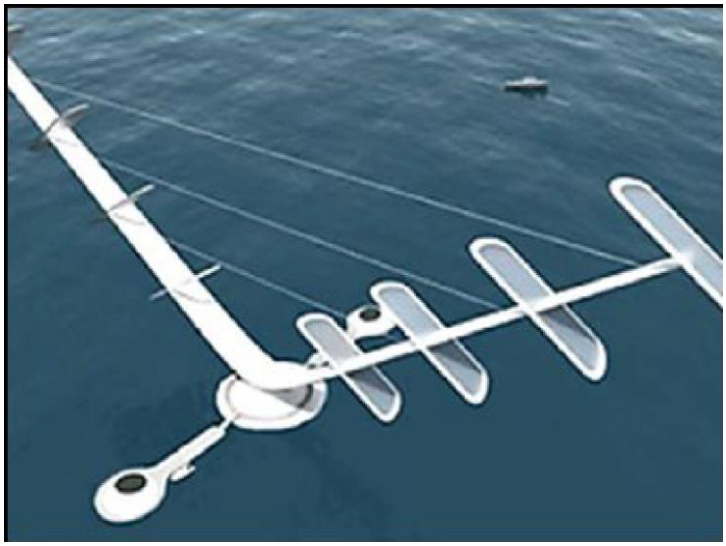


Şekil 2.16. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinin oluşturan kısımlar (Kıncay, 2017)

Yatay eksenli rüzgar türbinleri genel olarak pervane, pervane kanatları, nacelle (muhafaza), nacelle içinde hız dönüştürücüleri, fren sistemi, jeneratör, elektrik-elektronik sistemler ve kuleden oluşmaktadır. Rüzgarın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Pervane milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanarak veya doğrudan ana şebekeye verilir.

2.3.2. Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri (EERT)

Eğik eksenli rüzgar türbinlerinde dönme eksenleri belli bir açı ile yerleştirilmektedir. Pervaneleri ile dönme eksenleri arasında belli bir açı bulunmaktadır (Şekil 2.17). Elverişli ve maksimum seviyede çalışabilmeleri için geniş alanlara ihtiyaç olduğundan kullanım yerleri sınırlıdır. (Ünal, 2014)



Şekil 2.17. Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri (Elibüyük, 2014)

2.3.3. Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri (DERT)

Dikey eksenli rüzgar türbinlerinde jeneratör ve rotor mili dikey olarak konumlandırılmıştır. Bu şekilde yerleşmenin avantajları, kanatların rüzgarı yakalamak için yönlendirilmeye ihtiyacı bulunmamasıdır. Çünkü yatay biçimde esen rüzgar her durumda kanatları döndürecektir (Şekil 2.18). Rüzgar hızı düşük bölgelerde ve rüzgar istikametinin çok fazla önemsenmediği uygulamalarda bu tür rüzgar türbinleri oldukça kullanışlı ve elverişlidir (Ünal, 2014).

Dikey eksenli rüzgar türbinlerinin kendi içlerinde de çeşitliliği mevcuttur. Darrieus, Darrieus H, Helisel Darrieus ve Savonis rüzgar türbinleridir. Bunların arasında en çok kullanılan Darrieus ve Savonislerdir.

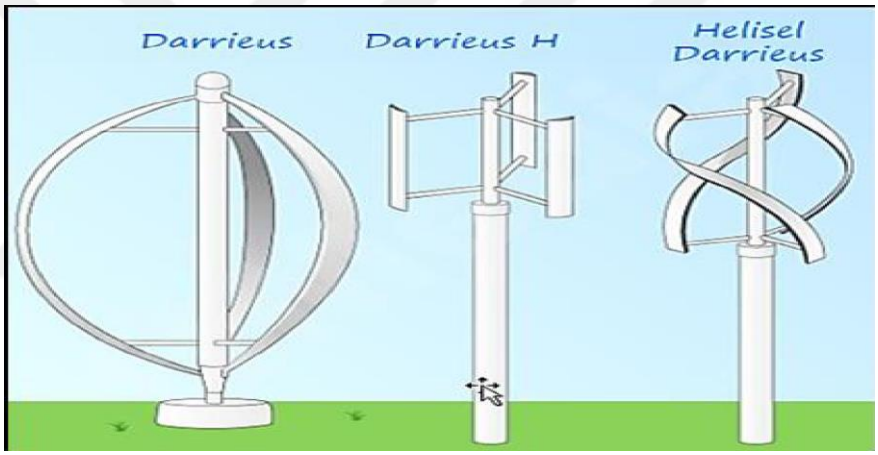


Şekil 2.18. Dikey Eksenli Türbin FLOWIND Örneği (Günel, M.H. 2008).

2.3.3.1. Darrieus Türbinleri

Darrieus düşey eksenli rüzgar türbini; mil, vites kutusu, rulman, jeneratör, koni, bağlantı aksesuarları, temel veya kasa, kanat bağlantıları ve kanatlardan oluşup tüm parçaları dikey şekilde yerleştirilmektedirler. Darrieus türbinlerinin kanat yüzeylerinin iç bükey ve dış bükey şeklinde olması ile çekme kuvveti oluşturarak dönme hareketini oluştururlar. Ayrıca Darrieus türbin kanatlarının geometrik tasarımı ve aerodinamik profile sahip olması performanslarını yükseltmektedir.

Darrieus tübinlerinde iki veya üç kanatlı olarak kullanılmaktadırlar. Şekil açısından iki devir başına maksimum tork elde edilmektedir. Günümüzde Darrieus türbinlerinin üç modeli bulunmakta olup bunlar; Darrieus modeli, Darrieus H modeli ve Helisel Darrieus modeli olup Şekil 2.19'de görülebilmektedir (Uçar, 2007).



Şekil 2.19. Darrieus Düşey Eksenli Türbin Örnekleri

2.3.3.2. Savonius Türbinleri

Savonius türbinleri; Sigurd Johannes Savonis isimli Finlandiyalı mühendis tarafından 1922 yılında icat edilmiştir. Savonius 1922-1925 yılları arasında türbinler üzerinde deneyler yaparak devamlı geliştirerek 1925'te ABD'de ilk defa patent müracaatı yapmıştır. Savonius türbinlerin kanatları iki yarım silindir şeklinde olup iki yatay disk arasında yerleştirilmiştir. Günümüzde genellikle ''S'' şeklini andıran iki kanatlı modelleri veya üç kanatlı modelleri kullanılmaktadır (Şekil 2.20).

Savonius rüzgar türbinlerini diğer rüzgar türbinlerinden ayırt eden önemli özellikleri vardır. Bunlardan en önemlileri; düşük rüzgar hızlarında kendi kendine

harekete geçmesi, rüzgarı her yönden bağımsız şekilde alabilmesi, düşük malüyetlere sahip olması gibi (Casini, 2016).



Şekil 2.20. Savonius Tipi Rüzgar Türbinleri (Casini, 2016).

2.4. Coğrafi Konumlarına Göre Rüzgar Türbinleri

Türbinler rüzgarın verimli olduğu her bölgede her ortamda konumlanabilirler. (yerleşim bölgeleri içinde veya dışında). Bu bölüm içinde coğrafi konum kapsamında sınıflama yapılmakta olup, binalarda konumlanan türbinler dördüncü bölüm içinde detaylı ele alınmaktadır. Coğrafi konumlarına göre türbinler.

- Karada konumlanan türbinler
  - Kıyılarda konumlanan türbinler
  - Adalarda konumlanan türbinler
- Denizlerde konumlanan türbinler
- Havada uçanlar türbinler olarak 3 ana gruba ayrılmıştır.

2.4.1. Karada Konumlanan Türbinler

Karada konumlanan türbinlerin devamlı ve sürekli rüzgar almaları, nakliyenin daha rahat olması, kurulumları kısa sürede olması, bağlantılarının ve bakım maliyetlerinin daha ucuz olması daha çok tercih edilmelerine sebep olmaktadır. Genellikle yerleşim yerlerinden uzakta kurulmaları tercih edilmektedir (Şekil 2.21 ve Şekil 2.22).



Şekil 2.21. Ormanlık alanda/ Almanya (Auswea, 2019).



Şekil 2.22. Tarım alanında/Hollanda (Auswea, 2019).

2.4.1.1. Adalarda Konumlanan Türbinler

Adalarda tarım ve hayvancılığın fazla elverişli olmaması, ana karalardan uzak konumları, turizmin gelişmesi ve devamlı enerjiye ihtiyaçlarının olması nedeni ile rüzgar enerjisinden faydalanmaya yönlendirilmiştir.(Şekil 2.23 ve Şekil 2.24)



Şekil 2.23. Midilli Adası Yunanistan. (Prenecon arşivi)



Şekil 2.24. Mikonos Adası (Prenecon arşivi)

2.4.1.2. Kıyılarda Konumlanan Türbinler

Deniz ve göl kıyılarında kurulan rüzgar türbinleri, sahillerde deniz meltemleri ve kara rüzgar meltemlerinin yıl boyunca sürekli olmaları rüzgar enerjisi üretimi maksimum şartlarda rüzgarları çalışmaktadır. Rüzgar türbinlerinin çevreye kirlilik yaratmamaları (görüntü kirliliği dışında), sahillerin yerleşim bölgelerinden uzak mesafelerde olmaları, kurulumları, bakımları ve ulaşılabilme kolaylıkları nedeni ile tercih edilen bölgelerdir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Kıyı Boyunca Konumlanmış Rüzgar Çiftligi/ Hollanda (Auswea, 2019).

2.4.2. Denizde Konumlanan Türbinler

Başlangıçta yüksek fizibilite maliyeti olmasına rağmen, deniz rüzgarlarının daha elverişli olması, türbinlerin yerleşim kısıtlaması olmaması, daha büyük yapılmaları, yerleşim bölgelerinden uzak olmaları ve elektrik kablo teknolojisinin gelişimi deniz yüzeyinde konumlanan türbinlerin kullanımını artırmıştır. Böylelikle denizde üretilen rüzgar türbin enerjileri büyük kayıplara uğramadan karaya ulaştırılmakta, maliyetleri azalmakta ve kısa vadede yatırımını amorti etmektedir. Teknolojinin son yıllarda hızlı bir şekilde gelişmesiyle yeni tekniklerin uygulanmasına ve denizlerde konumlanan türbinlerinde gelişmesiyle denizlerde sabit konumlanan rüzgar türbinleri (Şekil 2.26) yanında yüzen rüzgar türbinleri ile de daha yüksek elektrik enerjisi üretimi sağlanmaya başlanmıştır (Şekil 2.27 ve Şekil 2.28) (Çabuker, 2016).



Şekil 2.26. Yüzen Rüzgar Tipi Örnekleri (Çabuker, 2016).



Şekil 2.27. London Array Deniz Üstü (off-shore) Rüzgar Santrali (Auswea, 2019).



Şekil 2.28. Japonya Fukuşimada 2015 yılında Mitsubishi tarafından inşa edilen 7 MW'lık türbin (Çabuker, 2016).

2.4.3. Havada Uçan Türbinler

Havada uçan rüzgar türbini, havada kalabilmesi ve türbini monte edebilmek için gaz kaçırmayan, sağlam ve dayanıklı kumaş malzemeden yapılmış olan patentli kabuk helyum gazı ile şişirilip havalanması sağlanan türbin çeşididir. Halatlar vasıtasıyla havalanan türbinin kontrolu sağlanabilmektedir. Bu sistem türbinlerin kurulum maliyetlerini azaltmaktadır. Çünkü yeryüzünde kurulumu için büyük alanlara ihtiyaç duyulmaması, mobil platformların olması yeterlidir. Uçan rüzgar türbinleri, karada konumlanan aynı özellikli rüzgar türbinlerinden daha fazla elektrik enerjisi üretebilmektedir. Bunun nedeni ise uçan rüzgar türbinlerinin herhangi bir yükseklikte hava akımlarına doğru yönlendirilebilmesidir. Uçan rüzgar türbinlerinin en büyük avantajları; yeryüzünde bulunan rüzgar türbinlerinden daha hızlı olan ve sürekli rüzgarları barındıran daha yüksek seviyelerde kurulabilmeleri, yeryüzünde bulunan rüzgar türbininin ürettiği elektrik enerjisinden iki kat daha fazla elektrik enerjisi üretilebiliyor olmalarıdır (Şekil 2.29) (Buyant, 2014).



Şekil 2.29. ABD Limestone, Maine (3eelectrotech, 2018).

2.5. Rüzgar Türbinleri için Kabul Edilen Ses - Gürültü Düzeyleri ve Etkileri

Dünya sağlık örgütü (WHO) bir insanın sağlıklı kabul edilebilmesini şu şekilde tanımlamaktadır: "İnsanın fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden kendini iyi hissetme durumudur". Bu tanımlamaya göre insanların genellikle çevre kaynaklı sorunlardan etkilendiği kabul edilmektedir. Bunların arasında çevre kirliliği ve gürültü gibi sorunlardan kaynaklanan ve bunların sonucunda insanların psikolojik etkilenme, fiziksel performans düşüklüğü, duyu sisteminin etkilenmesi gibi sorunları oluşturduğu bilinmektedir.

Bilimsel çalışmalar farklı fizyolojik etkiler ve bu etkilerin az ve kronik dahili hastalıklara dönüşmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Gürültünün insan üzerindeki etkileri; iletişim ve dikkat dağınıklığı, dinleme ve anlama güçlüğü oluşturma, uyku düzensizliği olarak sayılabilir. Yüksek ses ve gürültü, işitme yeteneğinde geçici veya kalıcı fizyolojik sorunlara neden olabilmektedir. (Fıçıcı, Dursun ve Gökçöl, 2007).

Yapılan araştırmalarda rüzgar türbinlerinin ortalama ses düzeyleri dikey eksenli türbinlerde; 46,12 dBA, yatay eksenli rüzgar türbinlerde ise ortalama; 62,39 dBA olarak hesaplanmıştır. (Chantelle, Gary ve Frederik, 2011).

Almanya ve Türkiye çevre idaresi tarafından yapılan araştırmalara göre gürültü düzeylerine karşı olumsuz etkilere bağlı olarak gürültü dereceleri ve düzeyleri Çizelge 2.2'de verilmektedir.

Çizelge 2.2. Almanya ve Türkiye Çevre İdaresi tarafından yapılan gürültü dereceleri ve düzeylerine göre etkileri (Fıçıcı, 2007).

Sınıflandırma	**Gürültü Düzeyi (dBA)**	**Gürültü Kaynakları**	**Gürültü Etkileri**
1 Derece	30 - 65	Saat Tıkırtısı - Sessiz Oturma Caddesi - Ana Trafik Caddesi (Gece) - **300-kw rüzgar· türbini (yerleşime olan mesafe 150m) - 10-kw küçük rüzgar türbini (yerleşime olan mesafe 100m)**	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kırgınlık, uyuma zorluğu ve konsantrasyon bozukluğu, haberleşme sorunu
2 Derece	65 – 90	Ana Trafik Caddesi (Gündüz) - Aşırı Çalışan Otoban - Hızar ve Motosiklet	Fizyolojik tepkiler, kan basıncının artması, kalp atışı ve solunum hızlanması, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler, duyma hasarları
3 Derece	90 - 120	Araçlar – eğlence merkezleri	Fizyolojik tepkilerin artması, baş ağrıları, duyma hasarları
4 Derece	120 - 140	Jet uçakları	İç kulakta sürekli hasar ve dengenin bozulması
5 Derece	>140		Ciddi beyin tahribatı

Uygun bir gürültü değerlendirme çalışması aşağıdaki üç önemli bilgiyi içermelidir:

- Mevcut ortama ilişkin geçmiş gürültü seviyeleri için bir araştırma
- Bölgede ve bölge civarında türbin(ler)in oluşturduğu gürültü seviyesinin ölçümü
- Türbin gürültü seviyeleri kabul edilebilirlik değerlendirmesi (Fıçıcı, F., 2007).

Dünyada var olan kesinleşmiş ve uluslararası anlaşmalara dayanarak kesin bir uygulama standartları henüz oluşturulmamıştır. Bazı ülkeler Dünya Sağlık Örgütünün (DSÖ) tavsiye ettiği ses ve gürültü düzeylerini yönetmeliklerine alarak uygulamaya çalışmaktadırlar. Gürültü limitleri ülkeden ülkeye gece ve gündüz değişiklik göstermektedir ve belirlenmektedir. Çizelge 2.3'de görüldüğü gibi bazı Avrupa ülkelerinde sabit gürültü limitleri standarttır. Yönetimleri federal olan ülkeler bile eyaletler arasında farklı standartları uygulamaktadırlar, örnek olarak ABD'nin federal hükümetinin herhangi bir gürültü yönergesi bulunmamasına karşın Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) gürültü yönergesi yayınlamıştır (Fıçıcı, 2007).

Çizelge 2.3. Avrupa Sabit Gürültü – Limitleri (Fıçıcı, 2007).

Ülke	Ticari	Karışık	Yerleşim	Kırsal
Almanya				
Gündüz	65	60	55	50
Gece	50	45	35	35
Hollanda				
Gündüz		50	45	40
Gece		40	35	30
Danimarka			40	45

Rüzgar enerji sistemlerinde gürültü meydana geliş düzeyleri farklı olmaktadır. Rüzgar türbinlerinde titreşimden sakınma konusunda elde edilen mühendislik bilgileri ışığında mekanik gürültü minimum düzeylere indirilmiştir. Ancak bu çalışmanın rüzgar türbinlerinin mimari kütle oluşumundaki konumlarının belirlenmesi konusuna odaklanması nedeni ile ölçüm gerektiren ve mekanik işleyiş ağırlıklı gürültü ve titreşim etkileri araştırma dışında tutulmuştur.

2.6. Rüzgar Türbinlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Yüzyıllardır insanların kullandığı temiz bir enerji sağlayan ve her zaman var olan rüzgarı, elektrik enerjisine çeviren türbinlerin avantajları şöyle sıralanabilir; (Uyar'dan aktaran Sayın, 2006; Sancar, 2006).

- Temiz ve emisyonsuz bir enerji kaynağıdır.

- Yapımlarında ağır metaller kullanılmadığından ve emisyonları olmadığı için sera gazları oluşturmaz ve küresel ısınmaya katkı yapmaz.
- Var olan rüzgar akışlarını kullanarak elektrik enerjisi üreten sistemler olduklarından, var olan rüzgar akışlarını engellemeyerek doğal dengeyi etkilememektedirler (Kiziroğlu, 2011).
- Yakıt maliyeti yoktur.
- İşletme masrafları; günlük bakım, kontrol ve mekanik sistemlerin bulunmaması otomasyon sistemlere dayalı olması merkezi noktadan kontrol olanağı sağladığından insan gücü ve ekipman ihtiyacı minimuma indirgediği için işletme masraflarını yüksek bir oranda azaltmaktadır.
- Dışa bağımlı olmayan ve çevresel koşullar uygun olduğunda sürekli enerji oluşturan bir kaynaktır.
- Uygulamaları modüler şekilde tek veya grup olarak planlanmakta ve herhangi bir büyüklükte üretilebilmektedir.
- Geçmişe bakıldığında güvenlik açısından başarılıdır ve istenmediğinde rahatlıkla sökülebilmektedirler (Sayın, 2006).
- Rüzgar türbinleri karmaşık olmayan otomatik makinalardır ve periyodik bakımlar sonucu 20-30 yıllık ömürleri boyunca sorunsuz çalışırlar.
- Kullanım ömürleri tamamlanınca geri dönüşüme uygun olup, dönüştürülen malzemeleri farklı yapı sektörlerinde veya kamu alanlarında kullanılabilmektedirler.
- İşletmeye almak ve kullanmak üç ay gibi kısa bir sürede mümkün olabilmektedir.

Rüzgar türbinlerinin avantajları olduğu gibi dezavantajlarının da bulunduğu bilinmektedir. Günümüzün devamlı gelişen teknolojisi ile aşağıda belirtilen bu dezavantajların minimum seviyelere indirilmesine çalışılmaktadır (Hayli, 2001).

- Rüzgarın kesilmesi veya azalması durumunda enerji üretim kaybı oluşmaktadır.
- Kurulum alanlarına göre, rüzgar türbin maliyetleri farklılaştırmaktadır.

- Yüksek rüzgar türbinleri çevrede bulunan faunanın etkilenmesine sebep olabilmektedir.
- Rüzgar türbinlerinin kanatlarından çıkan sesler çevrede gürültü olarak yansıyabilmektedir.
- “Türbinler; elektromanyetik dalgayı etkileyebilmektedir.” (Nurbay ve Çınar, 2005).

BÖLÜM 3

MİMARİ KÜTLE OLUŞUMUNDA TEMEL YAKLAŞIMLAR

İnsan içinde bulunduğu fiziksel ve kültürel çevreyi biçimlerle algılar ve karşılıklı etkileşimler içerisine girerek çevreyi tanımaya çalışır. Ancak yaşanan çevrelerin dinamik bir yapıya sahip olması sürekli bir değişim ve gelişimi de beraberinde getirmiştir. Bu etkileşim esnasında mimari kütle bütünü yani mimari biçim, değişime uğrayarak insan ve çevre arasında aracı nesne konumunda yer almıştır. Bir anlamda mimari biçim, üç boyutlu estetik bütünlüğün yanında insanın kültürel değerlerinin yansıması olan sembolik ve simgesel değerleri de ön plana çıkarmıştır.

Mimarlık, tarihi süreç içinde, farklı üslupların etkisi altında genellikle biçim ve işlev ilişkisi çerçevesinde tartışılmıştır. Bu tartışmalarda ana tema, işlevin biçime anlam verdiği ve biçimin de işlevi yansıttığı üzerine odaklanmıştır. Oysaki bugün gelinen noktada, biçimin insanla görsel olarak birinci derecede ilişki kurması açısından önemi ön plana çıkmış ve tartışmaların odak noktasında yer almasını gerektirmiştir.

Mimarlık, modern hareketle başlayan ve günümüze kadar uzanan çeşitli akımların etkisi altında varlığını sürdürmektedir. Post-Modernizm ile birlikte tarihsel seçmecilik ve eklektisizm içeri alınarak çoğulcu (plüralist) yaklaşımların kapısı açılmıştır. Bu çoğulculuk yaklaşımları ile oluşan mimarlık, formun üç boyutlu bütünselliğinden hareketle tartışılmış ve yorumlanmıştır. Gerçekte var olan ideolojilerin ve anlayışların neyi nasıl içerdiği ve biçimsel olarak insan-çevre arasındaki iletişimin ne şekilde gerçekleştiği araştırmacıların dikkatini çekerek mimari forma yani mimari kütle oluşumuna yönlenmelerini sağlamıştır (Tavşan, C. 2000).

3.1. Uzay Geometrinin Asal formları: Mimari Kütle Oluşumu

İnsanların barınma ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ilk buldukları mekan mağaralardır. Mekan insan odaklı olup, tüm çevresel faktörleri kapsayan bir yaşam alanıdır. İlk çağlardaki mağaralara bile bakıldığında bir dağı yani bir kütleyi ifade ederler. Böylece iç mekan ve kütle kavramı ortaya çıkmıştır. Daha sonraki dönemlerde insanların ziraata başlaması sulak bölgelerin yanında olma ve yerleşik hayata geçme isteklerinin

artmasıyla, saman, ahşap ve taş gibi doğal malzemelerle yeni mekanlarda yaşam alanları oluşturmaya başlamışlardır (Telyakar, 2018).

İnsanlığın gelişimi ile barınma kavramı da sürekli gelişmiştir. Merdiven toprak yapılarda kullanılmaya başlanmıştır. İnsanların ihtiyaçları ve teknolojinin gelişmesiyle barınma kavramı da değişmeye başlamıştır. Bireysel konut mekanları dışında farklı amaçlı mekanlar inşa edilmeye ve oluşturulmaya başlanmıştır. Bundandır ki yeni ihtiyaçlar için yeni kütleler geliştirilmiştir. Zelanski'ye göre "Kütlenin, üç boyutlu hacim veya kütle gibi gözükmesi de form olarak adlandırılabilir" (Zelanski, 1984). Tarihsel süreç içindeki değişim aynı anda formal değişimi de getirmiştir.

Mekan için F.L.Wright'ın mantalitesini, Bozkurt şu şekilde yorumlamaktadır: "Mimari, işlevi, maksadı belli olarak belirlenmiş, örtülmüş ve düzenlenmiş bir mekandır". Bu açıklama ışığında form ve boşlukları belirli biçimlerde tasarlayarak fonksiyonel sınırlandırılması mimarlık olarak adlandırılabilir. Bu sınırlandırmaların sonucunda, insanların içinde yaşadığı üç boyutlu mekanlar oluşturulmuştur. İç mekan, kütle ve ilişkileri geçmiş yüzyıllar boyunca şekil değişimine uğramışlardır. Günümüzde cephe ise, iç mekanda mekanı sınırlayan ve kütlenin formunu belirleyen duvarlar ve dış mekanda tek başına yada başka yapılarla birlikte oluşturdukları kent mekanını tanımlayan bir ara kesittir. Bununla birlikte bu ara kesit kişinin kent mekanı içerisinde kütleyi algılamasına yardımcı olmakta ve iç mekanı belirlemektedir (Bozkurt'tan aktaran Telyakar, Z. 2018).

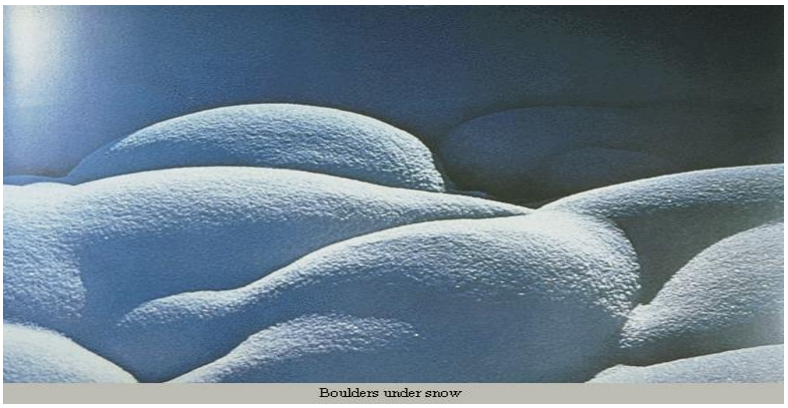
Sanat Kavramları ve Terimleri Sözlüğünde bir hacmin strüktürünü ve dış hatlarını tasvir etmekte kullanılan form terimi; "Bir nesnenin görme ya da dokunma duyu organıyla algılanabilmesini sağlayan kendine özgü gerçekliğidir." şeklinde ele alınmıştır. Bu tanımlamaya göre form sanat ve tasarım bölümünde, çoğunlukla bir eserin çevresel görüntüsünü tanımlamak için kullanılmaktadır. Bir formun dış kenarları veya bir hacmin boyutu ile ilişkilidir. Formun kavranabilmesi, objeyi arka plandan ayıran dış çizgileri boyunca takip edilen veya şekli ile onun çevresinde kendini gösteren görsel karşıtlık ölçüsüne bağlıdır. Değişebilir bir perspektif veya bakış açısı, kütlenin değişik tarzlarını veya şekillerini ortaya koyar (Sanat K. ve Terimleri S. 2001).

İnsan ve toplum, sürekli etkileşim ve değişim içinde bulunduğu fiziksel ve kültürel çevre içinde farklı zaman aralıklarında çeşitli yaşam şekillerini sergilemişlerdir.

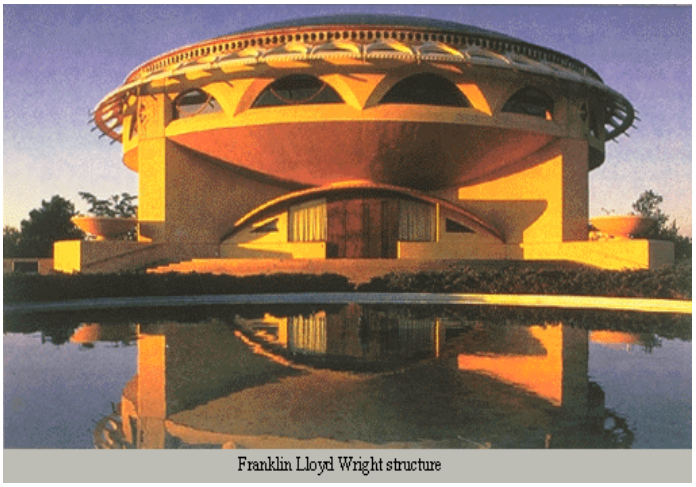
Bu yaşama şekilleri mimariye çeşitlilik getirmiş, bu çeşitlilikler mimari formlara ve bu yüzden de mekanlara yansıtılmıştır. Bu yansımada esas olan biçim, içinde bulunduğu çevrelerin göstergesi olarak önemli öge konumunda yerini almıştır. Sözlük anlamı ile kütle; katı maddelerin büyük parçası, küme, yığın anlamındadır (Türkçe Sözlük, 2019).

Kütle, mimaride, genel şeklin ve biçimin yanı sıra bir binanın büyüklüğünün algılanması anlamına gelen bir terimdir (Jacoby, 2016). Kütle, öklid (uzay) geometrisi ile tanımlanabilen üç boyutlu gövdeyi tanımlamaktadır. Kütle "Form", üç boyutlu kütleyi ya da hacmi ifade etmek için kullanılırken, "biçim" bu hacmin çizgi ya da kontur olarak sınırlarını oluşturmaktadır (Çordan, 2002). Form ve şekil, uzayda nesneleri tanımlayan alanlar veya kütlelerdir. Form ve şekil uzayı ima eder; gerçekten de boşluk olmadan var olamazlar. Form ve şekli sınıflandırmanın çeşitli yolları vardır. Form ve şekil, iki boyutlu veya üç boyutlu olarak düşünülebilir. İki boyutlu form genişlik ve yüksekliğe sahiptir. Ayrıca üç boyutlu nesnelerin yanılsamasını yaratabilir. Üç boyutlu şekil, derinlik, genişlik ve yüksekliğe sahiptir (Art, Design and Visual Thinking, 2019).

Biçim ve şekil, organik veya geometrik olarak da tanımlanabilir. Bu karla kaplı kayalar gibi organik formlar tipik olarak düzensiz ve genellikle asimetriktir (Şekil 3.1). Organik formların çoğunlukla doğal olarak oluştuğu düşünülür. Geometrik formlar, kareler, dikdörtgenler, daireler, küpler, küreler, koniler ve diğer normal formlar gibi adlandırılmış normal şekillere karşılık gelen formlardır (Form, Shape and Space, 2019). Frank L.loyd Wright'ın bu örneği gibi (Şekil 3.2). Mimari genellikle geometrik formlardan oluşur. Bu tip formların çoğunlukla inşa edilmiş veya yapılmış olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1. Organik form örnerği (Cornell. 2019).



Şekil 3.2. Geometrik form örneği Frank L.loyd Wright'ın (Cornell, 2019).

Sözlük anlamı ile Form; “biçim-şekil” anlamındadır. (TDK, Türkçe Sözlük, 2019) Form, ögelerin her çeşit çevresel üç boyutlu şekillerini tanımlamaktadır. Formu daha iyi anlamak için aşağıdaki görüşlere yer vermek gerekir.

Onat; "bir nesnenin genel biçimini belirleyen genel sınırlarının sürekliliği ile oluşan biçimsel düzenini ifade eder" söylemi ile formun soyut anlamlarını dikkate almadan tanımlama yapmaktadır. (Onat, 2017).

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

Wong'e göre form, "Üç boyutlu uzay içinde bir yer, bir hacim kaplayan her türlü öğedir. Böylece oluşan her görsel eleman form olarak adlandırılır." (Wrong, W., 1972)

Zelanski-Fisher, "îki boyutlu sanatta dış yapının, üç boyutlu hacim veya kütle gibi gözükmesi de form olarak adlandırılabilir" ifadesi ile formun üç boyutlu tanımlanmasının yanında, iki boyutlu yapısının sanata olan ilişkisini de açıklamaktadır. (Zelanski ve Fisher, 1987).

Form kavramı, mimarlık ürününün fiziksel ve toplumsal çevresiyle ilişkilerini belirleyen, işlevsel, mekânsal, tinsel, simgesel, anlamsal vb. yüklemlerle dolu bir olgudur. (Onat, 2017).

Mimarlıkta form kavramı, yapının dış kütlesini ifade etmekte kullanılan “kütlesel form" ve mekana hacimsel niteliğini kazandıran “mekansal form” kavramını ifade etmek için kullanılan bir kavramdır. (Çordan, 2002).

Form, genel anlamı ile bir şeyin şeklini belirler ve ona cismani bir nitelik kazandırır. Bir başka deyişle, doğal ya da yapay her nesnenin dışsal görünümüdür. Form kavramı, herhangi bir varlığın doğal sınırlan ile belirlenişi anlamında doğal ve resim, sanat vb. alanlardaki ele almışı ile yapay formları ifade etmek için kullanılmaktadır (Çordan, 2002).

Mimari form, kütle ve mekan arasındaki temas noktasıdır. Mimari formlar, dokular, materyaller, ışık ve gölge modülasyonu, renk, hepsi bir araya getirilen kaliteyi, güzelliği ve ruhu enjekte etmek için birleşir. Mimarinin kalitesi, tasarımcının bu unsurları hem iç mekanlarda hem de bina çevresindeki mekanlarda kullanma ve ilişkilendirme becerisiyle belirlenir (Edmund, 1974)

Binaları düşündüğümüzde, bir parça takımı görüyoruz, boşlukları oluşturan ve boşlukları tanımlayan katı şeyler. Parça listesi, çizgi, oran, renk, ışık, denge hiyerarşisi, form, malzeme ve hatta kültürü içerecek şekilde daha derine uzanan elementlere ayrılabilir. Bunun ötesinde, mimari kimliğe adanmış bütün bir kelime var. Bu görsel sözlüğe göre, sadece bu alanları tanımlayan değil, aynı zamanda binalarımızla ayrılmaz bir şekilde bağlantılı olan 'kütle' kelimesi ve kavramıdır. Diğer bir deyişle, kütle, " hangisi olmadığını " tanımlayan " ve " hatta daha fazlasıdır (Keating, 2012).

Mimari tasarımın bir kütlenin incelemesiyle başlandığını yaygın olarak kabul edilmektedir. Mimari detaylar veya süslemeler, kütleyi güçlendirmeye hizmet eder. Bir binanın yarattığı görsel etkiyle doğrudan bir ilişkisi olduğu için, kütle oluşturma en önemli mimari tasarım hususlarından biridir (Jacoby, 2016).

Mimari formlar; genellikle kütlenin kullanımı için gerekli koşullarla birlikte kültürel, ruhsal, dinsel, çevresel ve simgesel yönleri ile fikirlerin de şekillenmiş birer modellenmesidir. Aynı şekilde, formun veya mekanın sahip olduğu biçimin bütünsel, genel düzenidir (Onat, 2017).

Mimaride son aşama olan form, insanların algıladığı, görebildiği ve değerlendirebildiği, kütlenin dış kenarlarıyla sınırlanan ölçütleriyle ve cephelerdeki yüzeylerin şekilleri ile oluşmaktadır. Böylece meydana gelen ürün ile mimari alanındaki

tüm görüş farklılıklarından ortaya çıkan durumların form temeline dayandırılarak yapılmasına sebep olmuştur.

Onat'ın deyimi ile mimari form kavramı, "nesnenin (kütlenin) veya boşluğun genel düzenidir. Kütlenin veya mekanın formundan söz edilebileceği gibi, parçaların ya da elemanların formundan da söz edilebilir (çatı formu, cumba formu vb.). Bu çalışmada; "mimari form" kavramı, "kütlesel form " ile özdeş tutulmaktadır.

Mimari form, mimarlığın ürünü olan yapıların kütlesel, dış biçimlerinin düzenidir. Bu düzeni biçimsel açıdan etkileyen kalıcı, temel unsurlar şöyle sıralanmaktadır. (Onat, 2017).

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

Form kararı, mimari tasarlamayı etkileyen çeşitli faktörlere ve kriterlere bağımlıdır. Yatırımın amaçları, işlevsel gerekler, kullanıcı eğilimleri, arsa ve çevre verileri, teknoloji, finansman, kaynakları, standartlar, imar kuralları, imar kuralları vb. pek çok belirleyicinin yanı sıra; mimarın bilgisi, kültürü, yeteneği, dünya görüşü, değer yargıları, amacı, psikolojisi gibi faktörler de form kararlarında ağırlıklı rol oynar. Form kararı verecek olan her mimarın da geniş bir form kavramına sahip olması; tasarımı ve kısıtlayan faktörlere karşın alçak gönüllülük sınırları içinde bile, çeşitli ve zengin form seçeneklerine sahip olduğunu bilmesi gereklidir (Onat, 2017).

Form-geometri-mimarlık bağlamında, antik dönemlerde, kare, daire ve üçgen, ön plana çıkan biçimler olmuşlardır. Bu biçimlerden türetilen formlar olmuştur. Bu formlar tasarımlarda güzel kabul edilmiştir. Asal geometrik formlar bu ve benzeri nedenlerle antik dönem mimarisine egemen olan formlardır. Platon temel geometrik formları, kolay tanımlanabilen formlar olarak göstermektedir. Platon'a göre bu formlar; daire, küre, silindir, üçgen, koni, piramit, kare ve küp'tür (Ching, 2007).

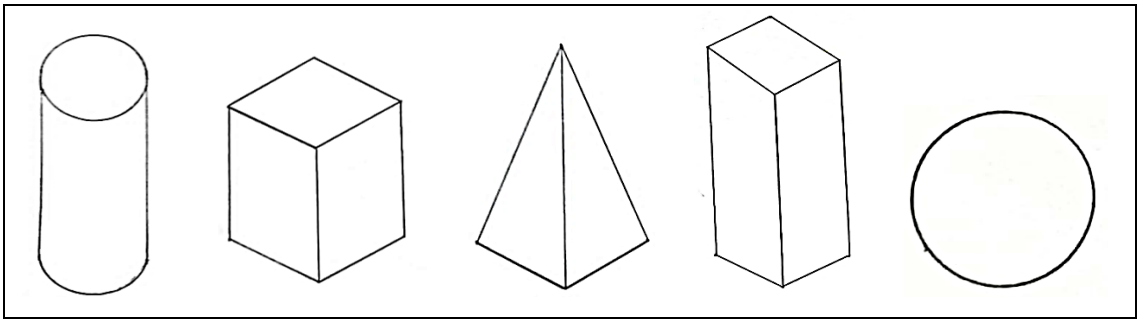
Formun, soyut-anlamsal yönünü anlayabilmek için onun dizimsel özelliklerini bilmek bir başka deyişle, formun görünür nitelikleri üzerinde durmak gerekir. Formun görünür yönünü oluşturan görsel özellikleri, genellikle onun geometrik biçimi ile özdeş tutulmaktadır (Çordan, 2002).

Uzay veya üç boyutlu geometri, üç boyutuyla açıklanabilen, dolayısıyla belirli bir hacime sahip olan ve katı cisimler diye de isimlendirilen nesneleri konu edinmiştir. Asal sözcüğünün anlamı ise "başlıca" , "temel" , "ötekilerin ondan üretildiği temel veya asıl unsur" dur. Ching, Krier ve Schulz'a göre (Şekil 3.3) kare, üçgen ve daire temel biçimlerdir (Çordan, 2002).



Şekil 3.3. Ching, Krier ve Schulz'a göre temel biçimler (Ching, 2007).

Mimar her zaman saf form hayal eder, tüm dengesizlik ve düzensizliğin dışlandığı nesneler üretmeyi hayal eder. Binaların tasarımında basit geometrik formlar ele alarak inşa edilirler. Küpler, silindirler, küreler, koniler, piramitler ve bunları kararlı topluluklar halinde birleştirmek (Şekil 3.4), herhangi bir formun bir başkasıyla çelişmesini önleyen kompozisyon kurallarına uyarak, hiçbir şekilde başka birini çarpıtmaya izin verilmez. Formlar birleşmiş bir bütüne uyumlu bir şekilde katkıda bulunarak, bu ünsüz geometrik yapı binanın fiziksel yapısı haline gelir: biçimsel saflığı olarak görülür ve yapısal dengeyi garanti eder (Jonson ve Wigley, 1988).

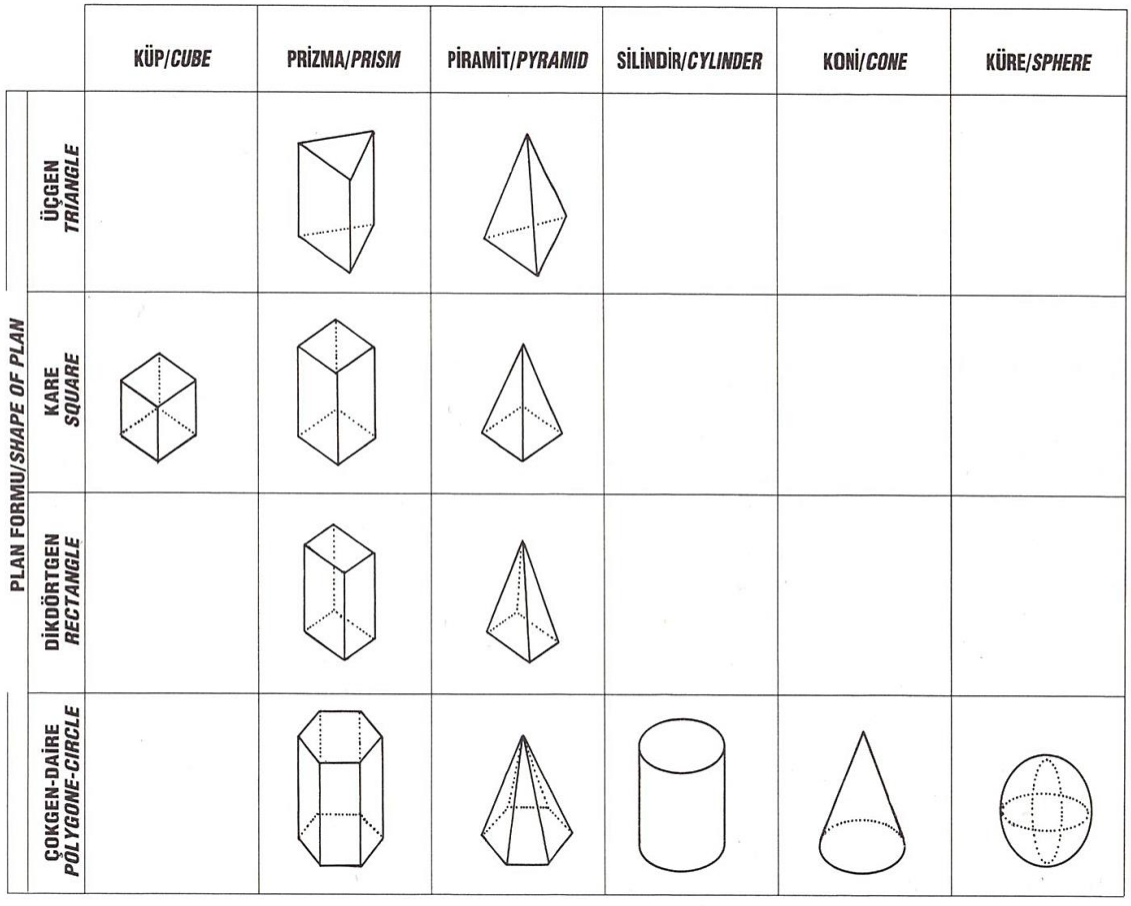


Şekil 3.4. Binaların Tasarımında Kullanılan Geometrik Formlar (Jonson ve Wigley, 1988).

Onat'ın değerlendirmesine göre: "Asal formlar kare, üçgen ve çokgen gibi geometrik yüzeylerin birbirlerini bütünleyerek kapanacak biçimde bir araya getirilmesiyle oluşan, çok yüzlü cisimlerdir". Bu biçimler, küp, prizmalar, piramitler, silindir, koni ve kürelerdir (Şekil 3.5; Onat, 2017).

Geometrik asal formlar işlenerek mimari formlara dönüşmektedir. Formun işlenmesinde ki hedef, mimarın tasarlamayı ve kütlesel düzeni etkileyen sebeplere bağlı olarak, sağlanmak istenen anlamsal etkilere göre, asal formu değiştirerek, bir heykeltıraş gibi ona özel bir şekil kazandırılmasıdır. Bu hedef doğrultusunda, doluluğa sahip olan biçimlerde yontmalara, eksiltmelere veya parça eklemelere gidilebilir. Bunlar işlev, yer, çevre, strüktür gibi koşulların çerçevesinde belirlenir (Onat, 2017).

Onat'ın da dediği gibi çeşitli nedenlerle asal biçimler değişerek yerini yapı formuna bırakmaktadır. Onat'ın asal formdaki bu değişimlere dair başlıkları ve bazı örnekleri Şekil 3.5'de görülmektedir.



Şekil 3.5. Asal Geometrik Formlar (Onat, E. 2017).

3.2. Asal Formun İşlenerek Kullanılması

Asal formlar orijinal bir kütlenin şeklini, boyutunu veya yapısını yeni bir form üretmek için kütleye başka bir elementin eklenmesi veya var olan kütleden belirli bir kısmının çıkartılması ile formun dönüştürülme durumudur.

Geometrik asal formların mimarı tasarım ürünlerine dönüştürülmesinde, asal formların az veya çok işlenmesi söz konusudur. İşlemek ile kastedilen, mimarın tasarlayacağı binanın işlevine ve vermek istediği mesaja bağlı olarak tasarımında form açısından sağlamak istediği görsel ve anlamsal etkiler için asal formu bir heykeltıraş (şekil 3.6) gibi değiştirerek özel bir biçim kazandırılmasıdır (Kısa Ovalı, P. 2020).

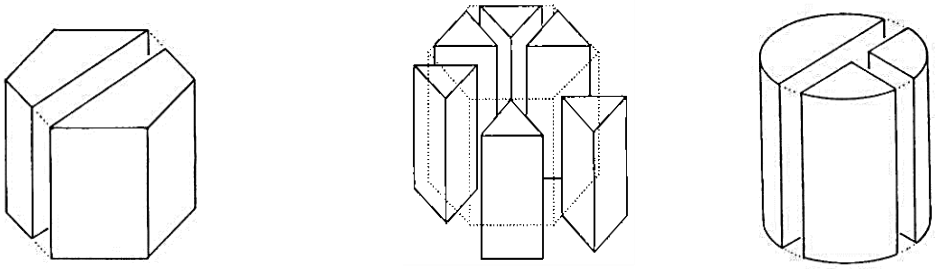
Asal formlar, çoğunlukla tek başlarına işlenerek ve birçok formun aynı anda kullanılmalarına karşın, tek başlarına herhangi bir işlemden geçirilmeden veya küçük değişikliklere uğratılarak saf şekilleriyle kullanıldıkları görülmektedir. Asal formun dönüşümü Esen Onatın "Mimarlık, Form ve Geometri" çalışmasındaki alt başlıklar üzerinden incelenmektedir.



Şekil 3.6. Wooden house local Plus (Archdaily. 2020).

3.2.1. Asal Formun Parçalanması

Bir asal formun bütünlüğünden herhangi bir deformasyona uğratılmadan birden fazla parçaya bölünebilmesidir (Şekil 3.8). Diğer bir anlamda formun belirli noktalarından başlanarak boyutsal boşaltma veya boşaltmalar yapılarak, asal formun sınırları içerisinde kalınarak yapılan parçalanmalardır.



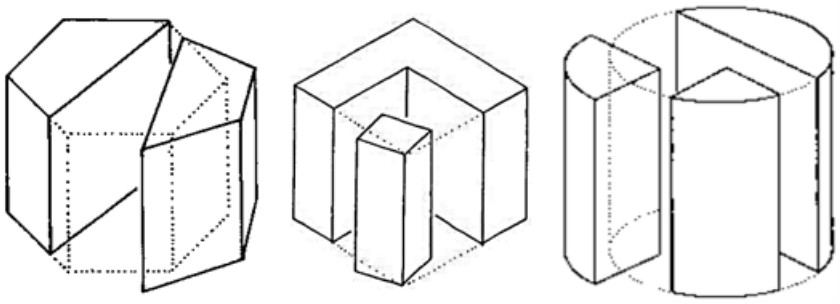
Şekil 3.7. Asal Forma Bağlı Parçalama (Onat, E. 2017).



Şekil 3.8. Italy Pavillion for Shanghai Expo 2010 (Shangai Expo. 2010).

3.2.2. Asal Formun Deformasyonu

Asal formun, kendi sınırları içerisinde bütünlüğünü koruyarak ve boyutsal parçalanmasından oluşan parçaların bir veya birkaçının yerlerinin belirli açılarla yeniden konumlandırılmasıdır (Şekil 3.10; Onat, E. 2017).



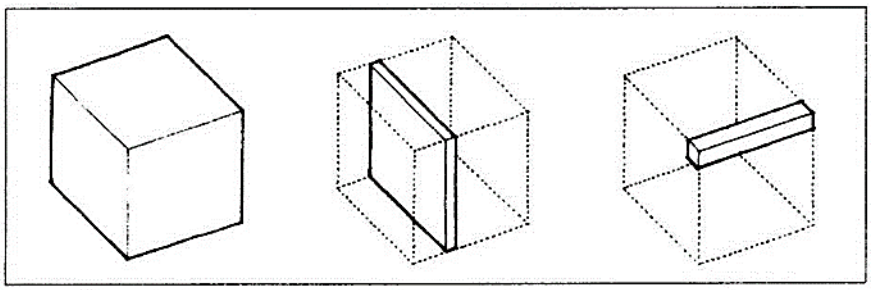
Şekil 3.9. Asal formun deformasyonu (Onat, E. 2017).



Şekil 3.10. Asal formun deformasyon örneği (Humayyapı. 2010).

3.2.3. Asal Formun Dönüşümü

Formun başlangıç boyutunun değiştirilmesi bir veya birden fazla şekilde boyutunun değiştirilmesi forma eklemeler veya eksiltmeler yapılarak formda oluşturulan varyasyonlardır (Fdarchitect. 2014).

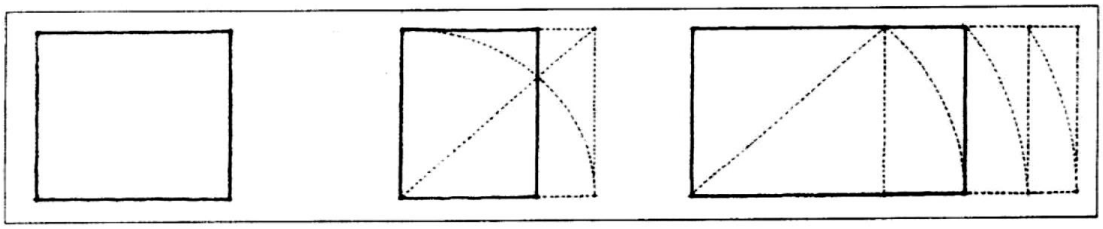


Şekil 3.11. Asal formun Dönüşümü (Fdarchitect. 2014).

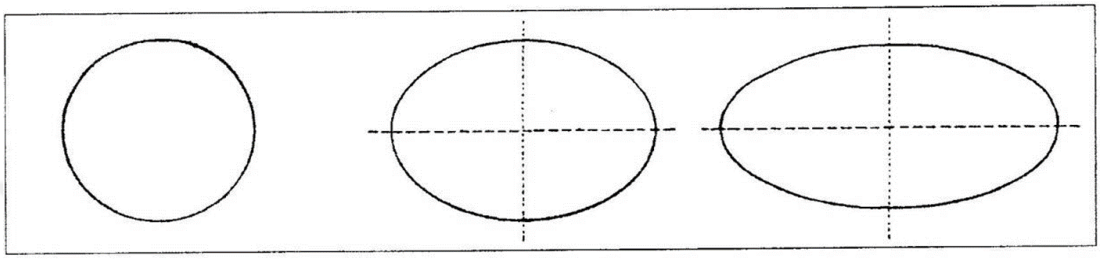
Asal formun dönüşümü eklemeli dönüşüm, eksiltmeli dönüşüm ve boyutsal dönüşüm olarak üç şekilde gerçekleşmektedir.

3.2.3.1. Boyutsal Dönüşümü

Bir formun yüksekliği, genişliği ya da derinliğinin kısaltılıp veya uzatılarak benzer prizmatik formlara dönüştürülmesidir (Şekil 3.12) ve (Şekil 3.13). Ya da başlangıç boyutlarını değiştirerek, formun farklı prizma biçimlerine dönüştürülebilmesi veya sıkıştırarak dışarıya gererek lineer hale getirilmesidir (Şekil 3.14; Ching, 2007).



Şekil 3.12. Küp, yüksekliği, genişliği ya da derinliği kısaltılıp uzatılarak benzer prizmatik biçimlere dönüştürülmesi örneği (Ching, 2007).



Şekil 3.13. Küre kendi ekseni boyunca uzatılarak istenilen oval ya da eliptik biçime dönüştürülebilir (Ching, 2007).

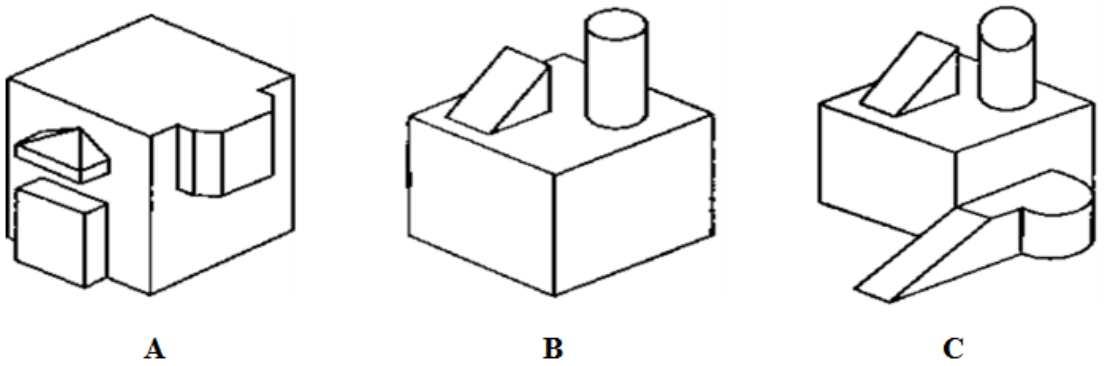


Şekil 3.14. Asal formun dönüşümüne genel örnek (Humayyapı. 2010).

3.2.3.2. Eklemeli Dönüşüm

Boşaltma veya eksiltmenin tersi bir yaklaşım olan ekleme, asal forma başka bir geometrik asal parçanın, saf veya işlenmiş olarak eklenmesidir. Ekleme etkisinde en önemli faktör; eklenen parçanın ana forma oranla küçük olması ve parça etkisi yapmasıdır.

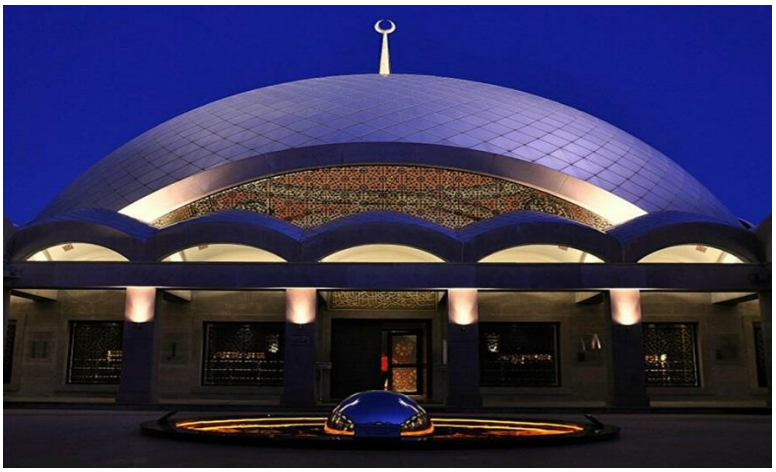
Mimarın boşaltma veya ekleme yoluyla sonuca varma kararı, bireysel yaklaşımına bağlıdır. Formda ekleme yapılırken; A- Yanal, B- Üstten C- Kapsamlı (yani yanal ve üstten) eklemeler yapılabilir (Şekil 3.15, 3.16, 3.17, 3.18; Onat, 2017).



Şekil 3.15. A Yanal ekleme; B Üstte ekleme; C Kapsamlı Ekleme (Onat, 2017).



Şekil 3.16. Yanal Eklemeli Örneği Wozoco Housing (Pinderest, 2020).



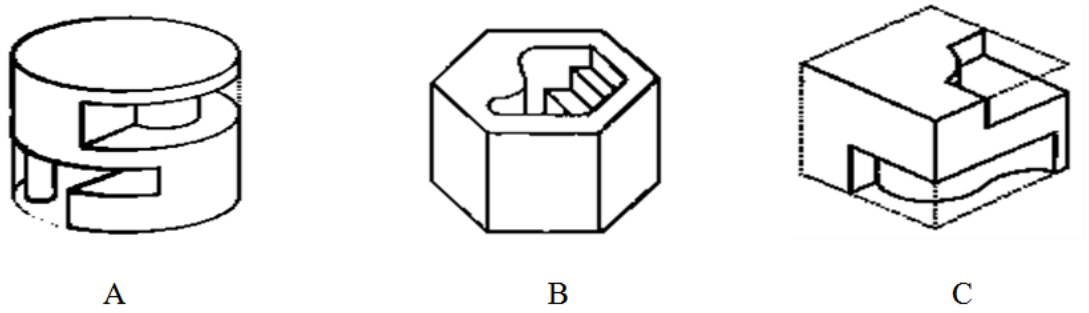
Şekil 3.17. Üstten Eklemeli Örneği Şakirin Camii – Üsküdar/İstanbul (Tosun, 2014).



Şekil 3.18. Kapsamlı Ekleme Örneği Reichstag Parlamento Binası Berlin/Almaya (Kavakoğlu, 2017).

3.2.3.3. Eksiltmeli Dönüşüm

Eksiltme veya boşaltma, asal formun ana kütlesinden bir veya daha çok parçanın yontularak çıkarılmasıdır. Boşaltma işlemi, formun yalnızca yanal yüzeylerini (A), yalnızca üst yüzeyini (B) veya hem yanal hemde üst yüzeyinden (kapsamlı) (C) etkileyecek şekilde yapılabilir (Şekil 3.19, 3.20, 3.21, 3.22; Onat, 2017).



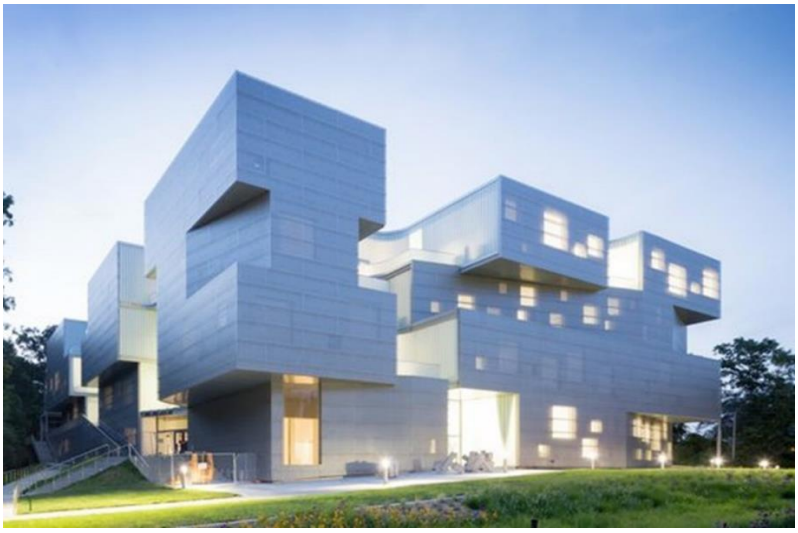
Şekil 3.19. A.Yanal Boşaltma, B. Üstten Boşaltma, C. Hem Yanal Hem Üstten Eksilteme Örnekleri (Onat, 2017).



Şekil 3.20. Stack-Cube House Yandan Boşaltma Örneği (Archdaily, 2020).



Şekil 3.21. Pentagon Binası Üstten Boşaltma Örneği (Zamanmühendisi, 2014).

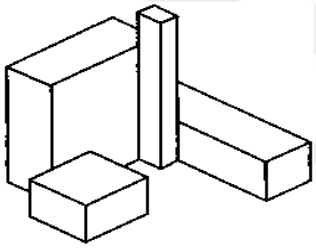


Şekil 3.22. Visual Arts Building at the University of Iowa Binası Kapsamlı Boşaltma Örneği (Pinderest, 2020).

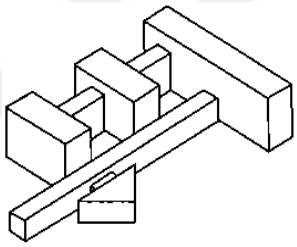
3.2.4. Asal Formun Birleşimi veya Bütünleştirme

Mimari formların oluşturulmasında tek bir asal form olduğu gibi (saf biçimiyle) ya da işleyerek kullanmanın yanı sıra, birden fazla asal formu kullanarak bir bütüne ulaşmak da olasıdır. Bu durumda asal formların bir arada kullanılarak bütünleştirilmelerinde (ayrık düzenlemeler bir yana bırakılırsa) üç temel yaklaşımdan söz etmek olasıdır. Bunlar bitiştirme, bağlama-ekleme ve giriştirme olarak sıralanabilir (Şekil 3.23, 3.24, 3.25, 3.26, 3.27, 3.28; Onat, E. 2017).

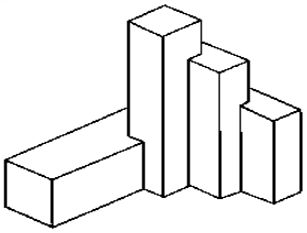
- Bitiştirme; bir çeşit eklemedir. Bir formun başka bir forma yanal olarak eklenmesi ile uygulanır.
- Bağlama-Ekleme; birbirinden bağımsız konumdaki ara formlar veya elemanlarla birbirine bağlanır.
- Giriştirme; iki veya daha çok sayısa asal formun kısmen birbirleri içine sokularak bütünleştirilmeleridir (Onat, 2017).



Şekil 3.23. Bitiştirme



Şekil 3.24. Bağlama



Şekil 3.25. Giriştirme



Şekil 3.26. Bitiştirme Örneği Olarak BIG Selected to Design a Socially Engaging Hub for the Johns Hopkins University (Archdaily, 2020).



Şekil 3.27. Bağlama Örneği Elephant Building Bankok/Taylant (Akdağ, 2019).



Şekil 3.28. Giriştirme Örneği Dans Eden Ev Prag/Çek Cumhuriyeti (Pinterest, 2020).

Bu bölümde asal formun dönüşümüne ilişkin sınıflandırmalar verilmiştir. Bu sınıflandırmalarda tez içerisinde detaylı örnekleri ile Onat'ın asal formun dönüşümü başlıkları içinde eklemeli dönüşüm, eksiltmeli dönüşüm, boyutsal dönüşüm, asal formun parçalanması, asal formun birleştirilmesi ve asal formun deformasyonu sınıflanması ele alınmaktadır. Bina formunun bu oluşumu tezin ana konusu olan rüzgar enerjisi ile ilişkilendirilmektedir. Tezin bu aşamasından sonra bina formu ve rüzgar ilişkisi ele alınmaktadır.

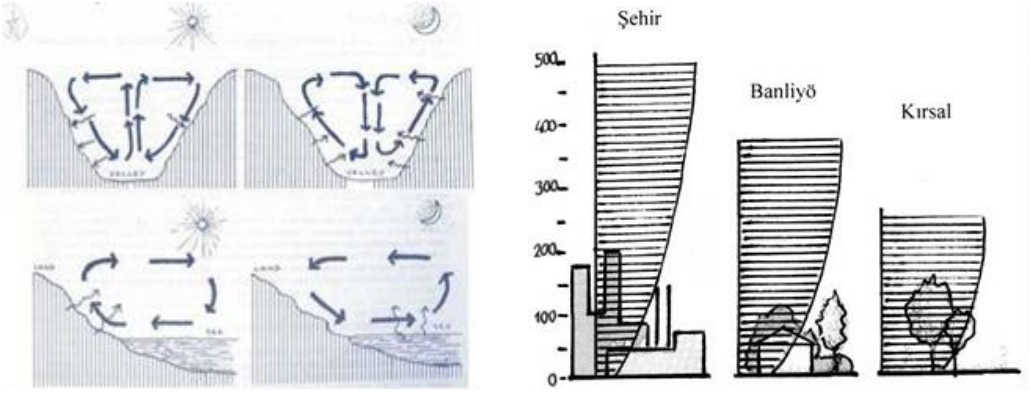
3.3. Bina Formu Rüzgar İlişkisi

İklimsel olaylarda oluşan basınç farklılıklarının bir ürünü olan rüzgar, iklimsel rahatlık açısından kontrolü sağlamada önem verilmesi gereken bir faktördür. Rüzgarın yapılar üzerinde statik olarak basınç, kar yükü, dinamik olarak titreşim, çevresel olarak sağlık, konfor açısından ısı geçişi, kirlilik ve gürültü dağılımı, yangın yayılımı, yağmur ve hava sızıntısı gibi etkileri bulunmaktadır (Yılmaz, 2005).

Rüzgarın yapılar üzerindeki bu etkileri;

- Esme yönüne ve karakterine (sıcak-soğuk, kuru-nemli),
- Hızına (basınç artıkça hız artar),
- Esme süresine,
- Yapının zeminle ilişkisine (zeminden yükseltilmiş, gömülmüş veya hem zemin),
- Yapı biçimine (kompakt, avlulu veya serbest düzende boşaltılmış),
- Çevre yapıların, topografyanın ve yeşil dokunun niteliğine,
- Etkilediği yüzeyin dokusuna (pürüzlülük) bağlı olarak değişmektedir (Yılmaz, 2005).

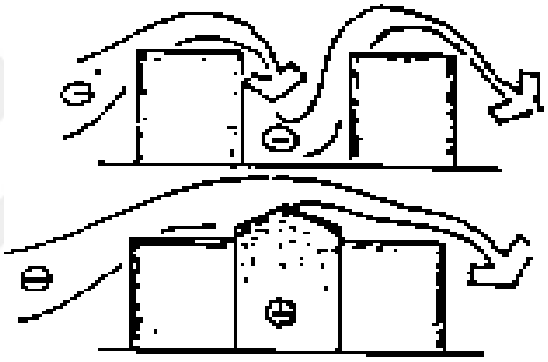
Rüzgarın hızı, yükseklik ve zemin pürüzlülüğü arttıkça artmaktadır. Çevre yapıların, topografyanın ve yeşil dokunun etkisi artıkça rüzgarın şiddeti artmaktadır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Rüzgar hızının yüzey dokusuna göre değişimi (Yılmaz, 2005).

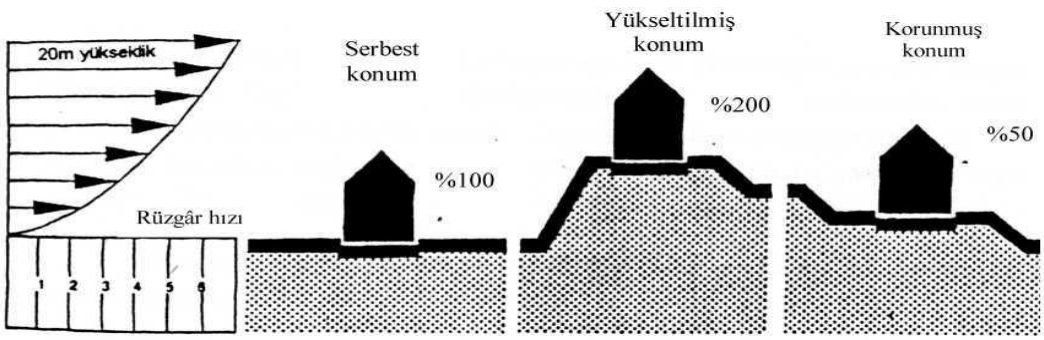
Çevresel ve iklimsel parametreler, diğer tasarım parametreleri gibi birbirine paralel olarak formun çevresel faktörlerden faydalanma veya korunma seviyesini ve enerji performansını belirleyen parametrelerdir. Çevresel etkenler, farklı iklimsel özellikler, mimari tasarımda formun önem kazandığını bize geleneksel mimari tasarım örneklerin de kendini açık bir şekilde göstermektedir (Yılmaz, 2006).

Bina biçimi, çevre arazi şartları ve rüzgar etkisi yapının mikroklimasını oluşturan önemli etkenlerdir. Binaya düşen gölgeler, çevresindeki yeşillikler, sıcak hava yalıtıcı kütleler ve etken rüzgarlar çoğunlukla önemsenen faktörlerdir. Rüzgara uygun yapı formu sayesinde dış cephelerde de ısı geçirgenlik katsayısı düşmekte ve ayrıca bina çevresindeki sıcak hava tabakaları ısı yalıtıcı faktör olarak, diğer bina formlarına göre daha fazla kalabilmektedir (Dörter, 1994).



Şekil 3.30. Bina formu, rüzgar ilişkisi (Dörter, 1994).

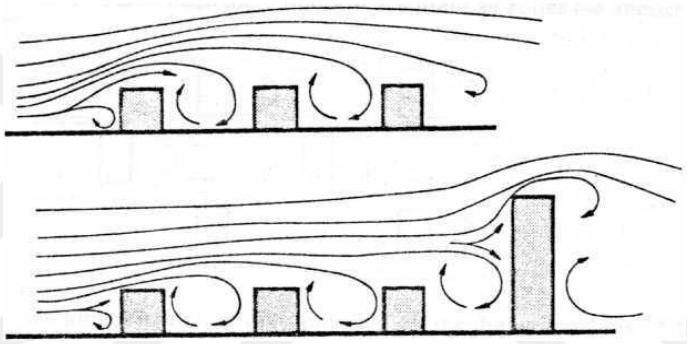
Rüzgarın hızının yükseklik artıkça artması binaların ısı kaybetmelerine neden olmaktadır. Şekil 3.31'de rüzgarın hızına bağlı olarak, tepe üzerinde konumlanan bir binanın ısıtma enerjisi gereksinimi % 100 artarken, rüzgardan korunmuş bir yerde konumlanan binanın enerji gereksiniminin % 50 azaldığı görülmektedir (Dörter,1994).



Şekil 3.31. Rüzgar ile ısı kaybı (Dörter, 1994).

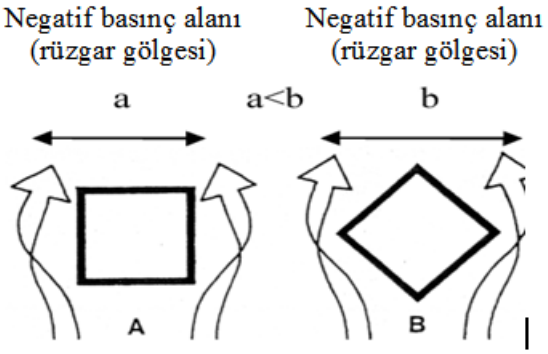
Bu bakış açılarından bakılarak, kütle (form) ister serbest konum, ister yükseltilmiş konum ister korunmuş bir konuma yerleştirilsin iklim şartları ne olursa olsun rüzgar enerjisinden her şekilde faydalanabileceğimizi göstermektedir.

Bu amaçla yapılı çevre organizasyonunda, formların birbirlerine göre yerleşimleri ve bu iklim öğesinin hakimiyetini kolaylaştıran veya zorlaştıran enerji tüketimini düşüren veya yükselten özellik taşımaktadır. Binaların birbirlerine, yerleşimlerine göre rüzgarın tesiri binaların yükseklikleri ve bina formların arasındaki ilişkiye bağlı olarak değişmektedir. Hakim rüzgar yönünde olmak üzere yüksek binaların alçak binaların önünde yer alması hava akışını bozmaktadır. Tersi durum doğal hava akımının her iki yapıya ulaşması açısından olumlu olmaktadır (Şekil 3.32; Dörter, 1994).



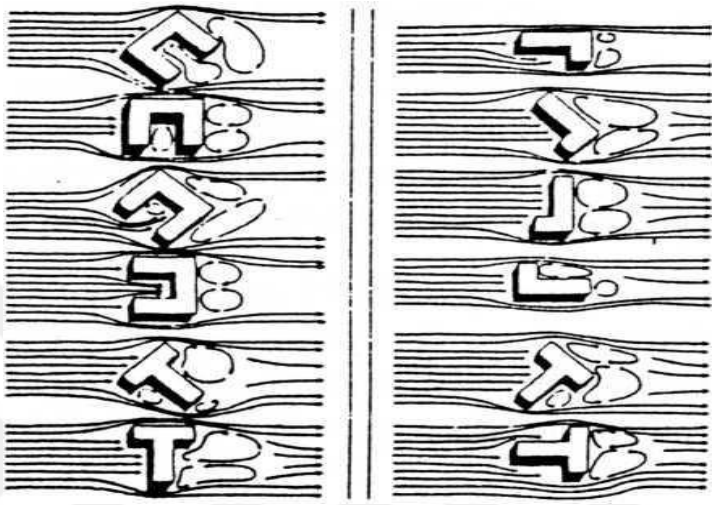
Şekil 3.32. Konumlarına göre binaların rüzgar dağılımına etkisi (Koenigsberger'ten aktaran Kısa Ovalı, 2009).

Binaların iç hava akımlarının artırılması veya azaltılmasında etkili bir diğer ölçüt binaların hakim rüzgar yönüne göre konumlanmasıdır. Hakim rüzgar yönüne dik yerleştirilen kare formlu bir binanın rüzgara açık yüzeyleri tümüyle rüzgar etkisindeyken, rüzgar doğrultusuna 45°'lik açıyla yerleşen binalarda rüzgarın negatif basınç alanı büyümekte ve rüzgar hızı %50 oranında azalmaktadır (Şekil 3.33; Kısa Ovalı, 2009).



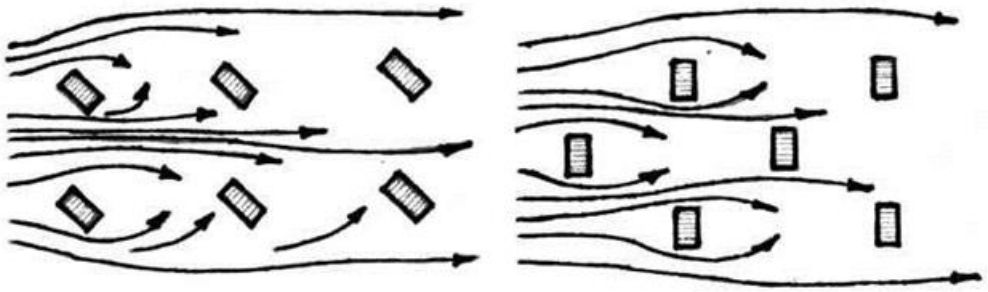
Şekil 3.33. Hakim rüzgara göre konumlanan binalarda hava hareket yönü ve negatif basınç alanı ilişkisi (Watson ve Labs' tan aktaran Kısa Ovalı, 2009).

Şekil 3.34'de farklı formlara sahip binaların hakim rüzgar yönüne göre konumlanmaları sonucunda arkalarında oluşan negatif basınç alanı görülmektedir. U tipi avlu plan şeklinin hakim rüzgara göre 45° açıyla yerleşiminde bina arkasında kalan negatif alan büyüklüğü dikkat çekicidir. (Kısa Ovalı, 2009).



Şekil 3.34. Farklı bina formlarında oluşan rüzgar etkisi ve negatif basınç alanları (Dörter'ten aktaran Kısa Ovalı, 2009).

Bina yerleşim alanı tasarımında rüzgarın soğutma etkisinden faydalanabilmek için binaların birbirinin negatif basınç alanı içinde kalmayacak mesafelere konumlanması gerekmektedir. Hava akımının devamlılığının sağlanması bakımından birbirine paralel ardışık diziler yerine, şaşırtmalı dizilerin organizasyonu konfor koşullarının oluşturulmasında olumlu sonuçlar vermektedir (Şekil 3.35; Kısa Ovalı, 2009).



Şekil 3.35. Rüzgarın soğutma etkisini artırmak amaçlı bina yerleşim türleri (Kısa Ovalı, P. 2009).

Rüzgar yukarıda belirtilen niteliklerden ötürü bina tasarımlarında korunulması ve

yararlanılması gereken bir karakter ortaya koymaktadır. Son yıllarda enerji etkin kavramının gelişmesi ve ilerlemesi, bilinçli yapılaşma konusundaki yatırımların artmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda kullanım yöntemleri farklı sistemleri beraberinde getirmiştir. Enerji etkin tasarım parametresinin bir girdisi olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için bir diğer yöntem de yapı kabuğunun aktif sistem elemanı olarak ele alınması olmalıdır. Burada hedef iç mekanda gerekli olan konfor koşulların sağlanmasında yani başlıca ihtiyaç olan ısıtma, soğutma, aydınlatma enerjisinin tükenebilir, maliyeti yüksek kaynaklardan elde edilmesini önlemek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılara uyarlanmasını gerçekleştirebilmektir. Günümüzde rüzgar enerjisinden ise rüzgar türbinleri vasıtasıyla aktif sistemler olarak bina kütlelerinde farklı biçimlerde yararlanılmaktadır (Şekil 3.36; Ulusoy ve Altın, 2014).



Şekil 3.36. Rüzgar enerjisinden Aktif sistem olarak faydalanılması Exosphere Binası Dominik Cumhuriyeti

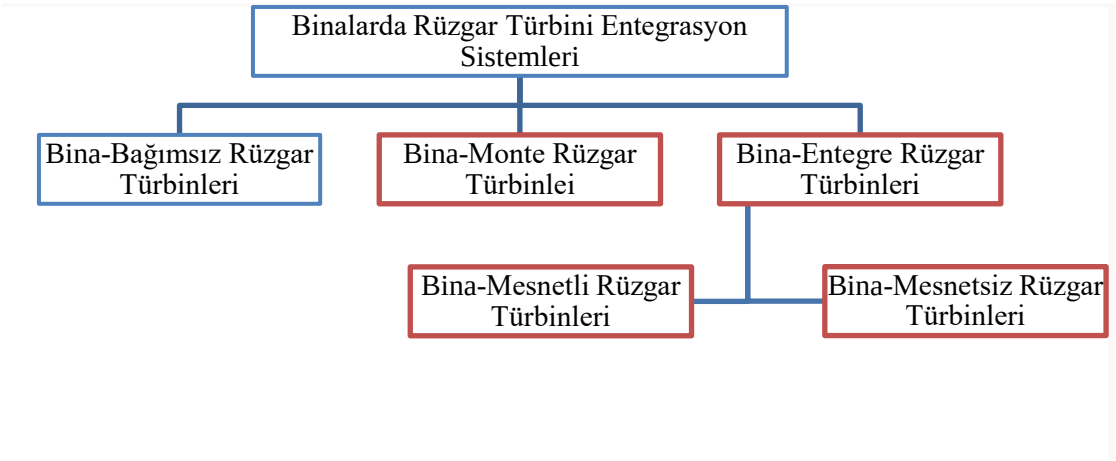
(*https://inhabitat.com/futuristic-power-plant-generates-clean-power-through-wind-solar-and-geothermal-energy/exosphere-dominican-republic/*)

BÖLÜM 4

BİNALARDA RÜZGAR TÜRBİNİ KULLANIMLARI

Günlük yaşamımızın bir parçası haline gelen enerji, yaşam tarzımızın olmazsa olmazı haline gelmiştir. Yaşam alanlarından binaların ve endüstrinin hızlı teknolojik değişimlere uğraması, var olan enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde tükenmesine neden olmaktadır. Genel olarak devamlı gelişmekte ve değişmekte olan yaşam alanlarındaki sistemler ve teknolojiler enerji tüketiminde yüksek oranlara sahiptir. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisi gibi doğal olan ve tükenmeyen enerji kaynağının enerji etkin tasarımlara dahil edilip şekillenmesi gerekmektedir. (Ulusoy, S. 2014).

Enerji etkin yapı kavramının gelişmesi ve sürdürülebilir ekolojik yapılaşma ışığında, yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgarın bina kütle veya kabuk oluşumunda kullanım yöntemleri farklılıklar göstermektedir (Şekil 4.1). Bu tez çalışmasında bina bağımsız türbinler kütle oluşumunu doğrudan etkilememesi, bina entegre türbinlerden bina mesnetsiz türbinler ise günümüzde uygulama olanağı sunmaması ve teorik gelişmesi nedeni ile konu dışında tutulmaktadır.



Şekil 4.1. Binalarda Rüzgar Türbini Entegrasyon Sistemleri (Günel, H.M. 2008).

4.1 Bina Bağımsız (Ayrık) Rüzgar Türbinleri

Bu gibi rüzgar türbinleri, yapı veya binalarda mimari tasarımı veya strüktür ile herhangi bir bağlantısı olmayan ve bağımsız çalışan rüzgar türbinleridir. Genel olarak bu tür rüzgar türbinleri, rüzgar santralleri ve çiftliklerde kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda tekli olarak da bahçelerde enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamak için kuruldukları görülmektedir Şekil 4.2 ve 4.3'de örnek binalar üzerinden sistemler açıklanmaktadır.

Yaşar Makina İşletme Tesisi: Edirne İpsala ilçesinde bulunan çeltik fabrikasının enerji ihtiyacı karşılanmakta ve ana şebekeye bağlanarak enerji fazlalığı yatırım amaçlı Türkiye Elektrik Kurumuna satılmaktadır.



Şekil 4.2. Edirne–İpsala'da bulunan Yaşar makina çeltik işleme tesisi (Orjinal).

Harlequin 1: Londra'da bulunan "Harlequin 1" Sky'ın televizyon kanalının yayınının ve spor haber departmanları için kayıt, post prodüksiyon ve iletim tesislerini barındıracak bir televizyon prodüksiyon ve iletim tesisidir. Dünyada önde gelen sürdürülebilir teknolojiyi yansıtmaktadır. Doğal havalandırma bacaları ve bir adet rüzgâr türbini ile 21. yüzyıl için yeni bir etkin tasarım santrali mimarisi olarak gösterilmektedir. Bu yapı, İngiltere Londra'da hayata geçirilen başarılı sürdürülebilir proje olarak her yıl düzenlenen "Sürdürülebilirlik Ödülü"nü (2010 yılında) almıştır. (Şekil 4.3; Ulusoy, S. 2014).



Şekil 4.3. "Harlequin 1" Sky Stüdyo, Veri Merkezi Londra

(*https://www.archdaily.com/382951/harlequin-1-arup-associates*)

4.2. Bina Monte Rüzgar Türbinleri

Mevcut binalara sonradan monte edildiği gibi bina tasarım aşamasında iken formun herhangi bir biçim ve statik sorunu yaratmayan kullanımları kapsamında rüzgarın akış şekline göre binalara monte edilebilen rüzgar türbinleridir. Genel olarak binaların en yüksek noktalarında mimari tasarımına göre dikey eksenli veya yatay eksenli olmak üzere kullanılmaktadır. Şekil 4.4 ve 4.5'de örnekler üzerinden türbin kullanımları açıklanmaktadır.

Arizona Eyalet Üniversitesi, Küresel Sürdürülebilirlik Enstitüsü; 2008 yılında inşa edilen 4 katlı olan binanın terasında yenilenebilir enerji kaynağı olarak 6 adet yatay eksenli rüzgar türbini yer almakta ve binanın belirli enerji ihtiyacını karşılamaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Arizona Eyalet Üniversitesi, Küresel Sürdürülebilirlik Enstitüsü

(*https://yapidergisi.com/ruzgari-yakalayan-binalar/*)

Greanpeace binası; Almanya Hanburg-Hafencity şehrinde bulunan binanın terasında yenilenebilir enerji türü olan rüzgar enerjisinden faydalanılarak binanın terasında 3 adet dikey eksenli rüzgar türbini (Şekil 4.5) kullanılarak yapının belirli elektrik enerjisi karşılanmaktadır.



Şekil 4.5. Almanya Hamburg, Hafencity'deki Greenpeace binasının çatısındaki dikey eksenli rüzgar türbini kullanımı (Alamy. 2020).

4.3. Bina Entegre Rüzgar Türbinleri

Yapılacak olan binanın fikir aşamasında yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma amacı ile bina entegre rüzgar türbinleri tasarıma dahil edilmeli ve kütlenin biçimi türbin dikkate alınarak oluşturulmalıdır. Bina monte rüzgar türbinleri, rüzgarın yönünü, hızını veya yoğunluğunu değiştirmek ya da arttırmak amacı ile elde edilecek olan enerjiden faydalanma amacı ile tasarlanan rüzgar türbinleridir (Günel, 2007). Şekil 4.6 ve 4.7'de örnekler üzerinde türbinler tanımlanmaktadır.

Tower of Power: Tayvan'da bulunan binada, 2000 adet dikey eksenli rüzgar türbinleri entegre edilerek yaklaşık olarak 8 MW elektrik enerjisi üretmektedir. Kule gezi ve eğlence amaçlı tasarlanmış olup, türbinlerin görüntüsü ile ilginç bir sanat eserine dönüştürülmüştür. Bu tip kulelerin ve buna benzer binaların enerji üretebilen santrallere nasıl dönüştürülebileceğine ilişkin nitelikli bir örnek olarak görülmektedir.



Şekil 4.6. Tower of power. Taywan örneği.

http://www.nlarchitects.nl/slideshow/151/

Strata Tower: Londra'da bulunan 148 m. yüksekliğindeki gökdelen, 43 katlı rezidans olarak tasarlanmıştır. Fosil kaynaklı yakıt kullanımını minimuma indirgeme amacını taşıyan yapıda, doğal havalandırma bulundurularak, yüksek performanslı cam kullanılmıştır. Enerji etkin tasarımında çevresel etkileri azaltmak için bazı pasif yöntemler seçilmiştir. Binanın en üst katında 3 adet rüzgar türbini bina kütlesine entegre edilerek enerji ihtiyacının %8 karşılanmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Strata Tower. London.

(https://www.researchgate.net/figure/Strata-SE1-London-7_fig16_280597374)

4.3.1. Bina Mesnetli Türbinler

Bina-mesnetli rüzgar türbinleri, formun mimari tasarımına göre, mimari kütlenin en uygun noktalarına konumlanarak ve mesnetlenerek, var olan rüzgar potansiyelinden en yüksek seviyede istifade etmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Bina-mesnetli rüzgar türbinlerinin, mimari, strüktürel ve çevresel entegrasyonu bağlamında önemli noktaları aşağıda belirtilmiştir.

"Türbinlere yakın mekanlar, türbinlerin sebebiyet verebileceği, gürültü iletimi, dönen kanatlar yüzünden ışığın titreyerek yansıması, elektromanyetik parazit gibi olaylar yüzünden, çekiciliğinden ve ekonomik değerinden ödün verebilmektedir. Makul bir mekan organizasyonu kurgulayabilmek adına, türbinlerin yakınındaki yerler, sık kullanımı olmayan alanlara ya da servis mekanlarına (asansörler, merdivenler, çekirdek vb.) tahsis edilerek tampon bölgeler yaratılmaya çalışılmalıdır. Bu mekanlar, heyecan verici geçiş alanlarına ya da gök lobilerine (sky lobbies) dönüştürülebilmektedir" (Günel, 2007).

Bionic Arc Taiwan'da 2011 yılında yapılmış olan Bionic Arc binası taşıyıcı sistemin belirli noktalarından mesnetlenerek, entegre edilen rüzgar türbinleri sayesinde binanın tükettiği enerjinin bir kısmını rüzgar enerjisinden karşılamak amaçlanmıştır. Binanın gövdesindeki rüzgar türbinleri için gerekli rüzgar hızını arttırmayı amaçlayan tasarıma ve estetiğe sahiptir (Ulusoy, S. 2014). Şekil 4.8'de örnek üzerinden rüzgar türbini kullanımı detaylanmaktadır.



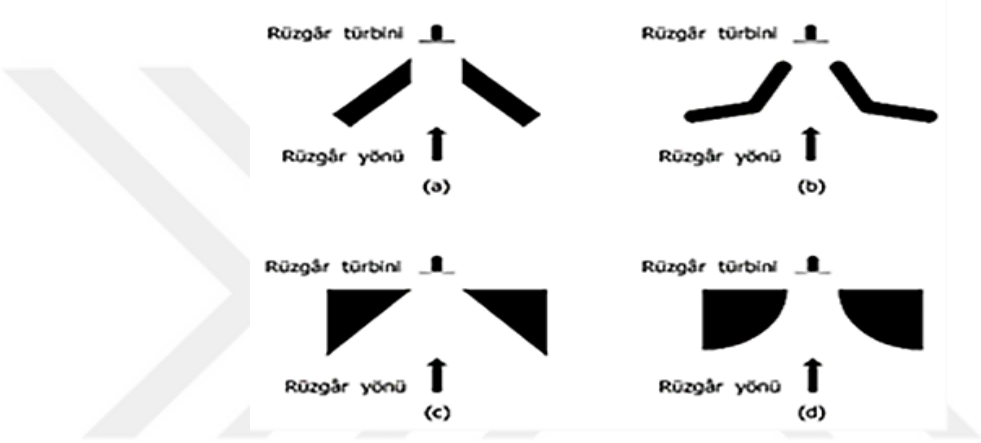
Şekil 4.8. Bionic Arc binası Tayvan.

(https://archello.com/project/bionic-arch-a-sustainable-tower)

4.3.2. Bina Mesnetsiz Türbinler

Bina mesnetsiz rüzgar türbinlerinin elverişli bir şekilde çalışabilmeleri için, var olan rüzgar akış potansiyelini yönlendirebilmeleri gerekir. Mimari kütle organizasyonunun, yani biçimlenişin bu tip rüzgar türbinlerinde mevcut mesnetlenme sisteminden faydalanması gereklidir. Ancak günümüzde teorik olarak herhangi bir uygulamaya rastlanmamaktadır.

Aşağıdaki çizimlerde bina formu ile rüzgar enerjisinin yönlendirilmesi ve etkisinin artırılması alternatifleri görülmektedir.



Şekil 4.9. Bina – mesnetsiz rüzgar türbinleri, farklı bina ilişki kombinasyonları (Günel, 2008).

4.4. Binalarda Kullanılan Rüzgar Türbinlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Binalarda kullanılan rüzgar türbinlerinin avantajları aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Günel, 2007).

- Binaların en üst noktalarına (teras veya çatı) monte edilen rüzgar türbinleri, genellikle rüzgar türbin kulesi olarak görüldüğünden rüzgar hızından maksimum şekilde faydalanılmaktadır.
- Bina monte rüzgar türbinleri en yakın şebekelere bağlandıklarından, rüzgar enerjisinin taşıma maliyetini düşürmektedir.
- Günümüzde en çok tüketilen enerjinin binalarda ve endüstrilerde olması dolayısıyla ülkelerde yenilenebilir enerji politikalarının uyum sağlamasına ve sürdürülebilir enerji bilincinin arttırılmasına sebep olmaktadır.

- Rüzgar türbinleri güneş enerji sistemleriyle beraber çalıştığında üretilecek olan enerjiyi arttıracak ve binanın enerjide dışa bağımlı hale gelmesini engelleyecektir. Rüzgar ve güneş enerji sistemleri birbirleri ile uyumlu bir şekilde çalışabilmektedirler.
- Binanın üreteceği CO_2 emisyonunu azaltıcı etkilere sahip olan rüzgar türbinleri, belirli bina formlarıyla rüzgarın akış hızını artırarak daha fazla temiz enerji üretebilirler.

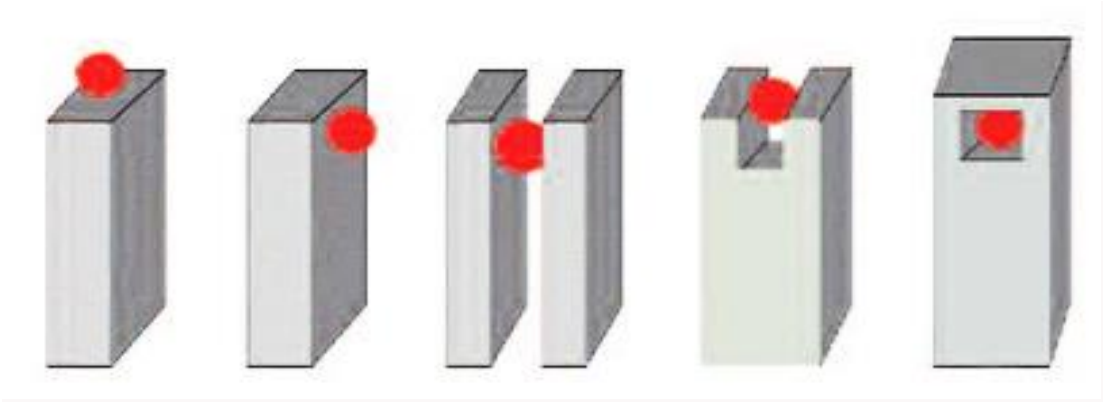
Bu gibi sistemlerin avantajların yanında dezavantajları da bulunmaktadır (Gipe, 2009).

- Binaların çatısında veya teraslarda kullanılan rüzgar türbinlerinin çalışma sırasında ilettiği titreşimin binanın strüktürüne zarar verme ihtimali bulunmaktadır.
- Şehirler düşük rüzgar alan korunaklı alanlara inşa edilmiş olduklarından, yapma çevredeki binalara entegre ya da monte edilen türbinler daha düşük rüzgar hızına sahip alanlarda bulunmaktadır. Rüzgar hızının yarıya düşmesi rüzgar gücünün 8 kat azalması anlamına geldiğinden rüzgar hızı az alanlarda kurulan türbinlerin verimleri düşük olmaktadır.
- Çevredeki binaların çatılarının yaratabileceği türbülanstan türbinin etkilenme olasılığı söz konusudur.
- Binalarda kullanılan türbinler rüzgar santrallerindekinin aksine yapılı çevrede bulunduklarından, çevresinde daha fazla insan yaşadığından daha dayanıklı tasarımları olmalıdır. Dayanıklılık ve güvenlik ile ilgili tüm sorunların önceden düşünülüp ona göre önlem alınması zorunluluğu bina entegre ve bina monte rüzgar türbinlerinin dezavantajlarındandır.

BÖLÜM 5

MİMARİ KÜTLE ORGANİZASYONUNDA TÜRBİN KONUMLARININ ÖRNEKLER ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

Bina-Monte ve Bina-Entegre rüzgar türbinlerinin binaların tasarım aşamasında bina veya formuna uyum sağlayacak biçimde mimar tarafından ele alınması gerekmektedir. Mimari kütle organizasyonunda estetik bir öğe olarak yer alması gereken türbinin aynı zamanda estetik açıdan binayı zedelememesi ve rüzgar hızını da doğru yönlendirilmesi enerji kazanımı açısından önemlidir. M.H. Günel ve H.E. Ilgın'a göre genellikle binalarda kule olarak kullanılmakta olup şekil 5.1'te türbinlerin binalara monte edilmesinde veya konumlanmasındaki genel sınıflama gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Bina monte rüzgar türbinlerin montaj şekilleri. (Günel, H. ve Ilgın H. E. 2008)

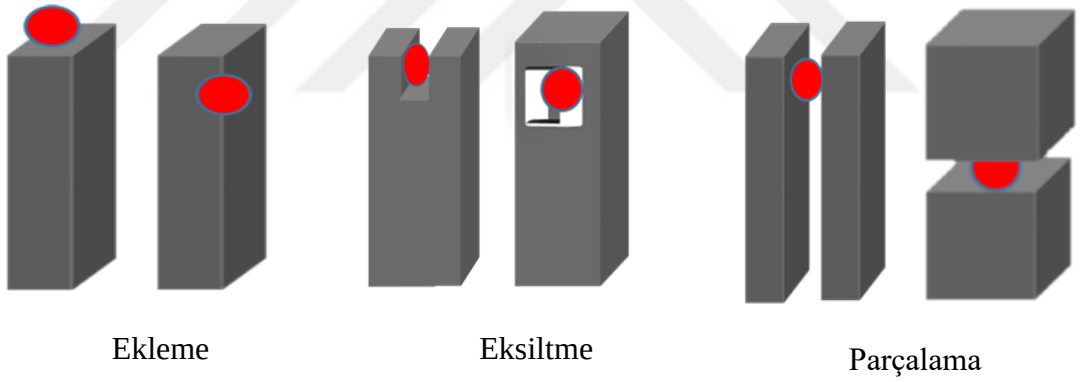
Rüzgar enerjisinin binalarda kullanımı noktasında, rüzgar potansiyeli belirlenirken bu enerjiye etki eden birçok parametrelerin bulunduğunu göz önüne alınmalıdır. Bu parametreler rüzgar enerjisinin kullanıldığı yapının yeri ve topografyası, yapının yüksekliği, binanın etrafındaki engeller ve yapının formu alınarak belirlenmelidir. (Bektaş, 2013).

Literatür kapsamında yapılan çalışmada Bina-Monte ve Bina- Entegre rüzgar türbinlerinin mimari kütledeki konumlarının beş noktada gösterildiği (Şekil 5.1) ve alındığı görülmüştür. Ancak mimari bakış açısıyla ele alınan bu tez kapsamında Bina-Monte ve Bina-Entegre rüzgar türbinlerinin asal formun transformasyonu konusu içinde sınıflanması gerekliliği ön görülmüştür. Aşağıda 6 konum noktası belirtilmek üzere, üç

temel sınıflamada; ekleme, eksiltme ve parçalanma başlıklarında örnekler üzerinden ele alınmaktadır. Dünyada en çok enerji etkin tasarımları ile bilinen, rüzgar enerjisi kullanımını ve üçüncü bölümde işlenmiş olan asal formların dönüşümlerini en uygun şekilde kullanan ve uygulanan etkili örnekler olarak ABD'den, Çin'den, Avustralya'dan, Almanya'dan, İngiltere'den, Tayvan'dan, Fransa'dan, Güney Kore'den ve gelecekte kullanılabilecek bazı konsept projeler seçilerek 30 örnek ile analiz edilmektedir.

5.1. Kütle Organizasyonunda Türbinlerin Konumları

İhtiyaç duyulan türbinlerin monte edilmesi ve uygulanması genellikle yapıların enerji gereksinimlerine ve mimari formlarının binalara uygunluğuna bağlı olup türbin çeşidi belirlenir. Türbinlerin entegre olması durumunda ise tasarımın düşünce aşamasında türbinin konumu belirlenmeli ve kütle oluşumu bu kapsamda geliştirilmelidir. Her iki durum için bina kütlesinde türbin konumları; asal formun organizasyonu kapsamında ele alınmaktadır. Bu bağlamda türbin konumları için ekleme, parçalanma ve eksiltme başlıklarında altı ayrı konum alternatifi üretilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Asal formun Organizasyonunda türbin konumları sınıflaması

Bölüm içinde bina fonksiyonları fark etmeksizin, dünya genelinden örnekler üzerinde bina monte ve bina entegre türbinlerin analizleri yapılarak kütle oluşumundaki konumları belirlenmeye çalışılmaktadır.

5.1.1. Eklemeli Organizasyonlar

Yapılarda rüzgar kullanımı, kırsal ve açık alanlara göre doğal olarak daha karmaşıktır. Yapılı çevrede rüzgar enerjisinden başarıyla yararlanabilmek için üç önemli konu söz konusudur. Bunlar;

- Rüzgar kaynaklarının iyi bir şekilde değerlendirilmesi,
- Binaların etrafında rüzgar analizlerinin yapılması,
- Yerleştirilecek rüzgar türbinlerinin binalarla yapısal entegrasyonu ve özel kentsel rüzgar türbini tasarımı yapılanmasıdır.

Rüzgar türbinlerinin yüksek türbülanslı yapılı çevreye güvenli ve güvenilir bir şekilde yerleştirilmesi (Uzman ve teknik açıdan) gereklidir. Bina ile ilgili ek gerekliliklere adapte edilmesi gerekir. Bu gereksinimlerden bazıları şiddetli gürültü kısıtlamaları ve binaların yapısal ve estetik bütünlüğüne uyulması mimari açıdan önemlidir.

Rüzgar türbini yerleştirme noktalarını belirlemek için önce binaların etrafındaki rüzgar akışları belirlenmelidir. İlk başta rüzgarın esme yönündeki arazinin topolojisine, yerel rüzgar yapısının ortalama rüzgar hızlarının belirlenmesine gereksinim vardır. Çünkü dikey gradyan ve türbülans şiddeti binanın kendisinin ve bitişik binaların topolojisi yerel yapıyı belirleyicidir. Bu özellikler göz önünde bulundurularak rüzgar türbinlerinin türüne ve yapıların formlarına uygun olarak üstte veya yanal montaj yapılmasına karar verilmesi daha uygun ve sağlıklı olur.

5.1.1.1. Üstten Eklemeli Türbinler

Genellikle var olan binaların veya yeni inşa edilecek binaların en üst noktalarında monte edilerek en yüksek rüzgar hızını kullanmak üzere en yüksek elektrik enerjisini elde etmek amacıyla eklenmektedirler. Aşağıdaki üstten eklemeli rüzgar türbinleri analiz edilmekte olup, kullanılan yapıların genel bilgileri ve kullanım amaçları verilmektedir.

Çizelge 5.1. Hollanda Pavyonu

Bina Adı	Hollanda Pavyonu, Expo 2000		
Bina Yeri	Hannover – Almanya		
Bina Kullanım Amacı	Fuar Alanı		
Mimar	MVRDV		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Yatay Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	5 adet 2,5 kW'lık türbin		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.2. CSI Tower

Bina Adı	CSI Tower – 1962, 2006		
Bina Yeri	Manchester - England		
Bina Kullanım Amacı	Ofis Binası		
Mimar	Gordon Tait - G. S. Hay		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Yatay Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	24 tane yatay türbin		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.3. Near North Apartmanları

Bina Adı	Near North Apartmanları 2007		
Bina Yeri	Chicago – ABD		
Bina Kullanım Amacı	Konut Bloğu		
Mimar	Murphy Jahn		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	8 x 1.5kW Dikey eksenli Aerotecture rüzgar türbinleri		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.4. Melbourne Council House 2.

Bina Adı	Melbourne Council House 2 (MCH2) 2006		
Bina Yeri	Melbourne – Australia		
Bina Kullanım Amacı	Municipal Office Building		
Mimar	Shane Power		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	6 adet dikey eksenli rüzgar türbin		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.5. Hilton Florida

Bina Adı	HILTON FLORIDA 2014		
Bina Yeri	FLORIDA– ABD		
Bina Kullanım Amacı	Hotel- Beach Resort		
Mimar	Murphy Jahn		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	6 x 4 kW'lık dikey eksenli rüzgar türbin		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

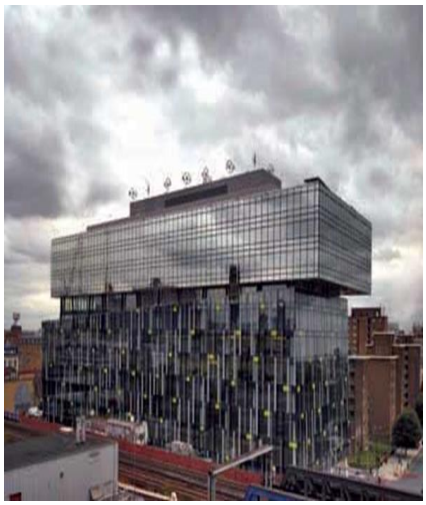
Çizelge 5.6. Lincoln Financial Field Philadelhia Eagles Binaları

Bina Adı	Lincoln Financial Field Philadelphia Eagles (LFFPE) 2003		
Bina Yeri	PHILADELPHIA– ABD		
Bina Kullanım Amacı	Stadyum		
Mimar	NBBJ		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	14 x 1 kW`lık dikey eksenli rüzgar türbin		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.7. Logan International Airport

Bina Adı	Logan International Airport.		
Bina Yeri	BOSTON - USA		
Bina Kullanım Amacı	Airport		
Mimar	-		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Yatay Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	20 x 1 kW'lık yatay eksenli rüzgar türbin		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

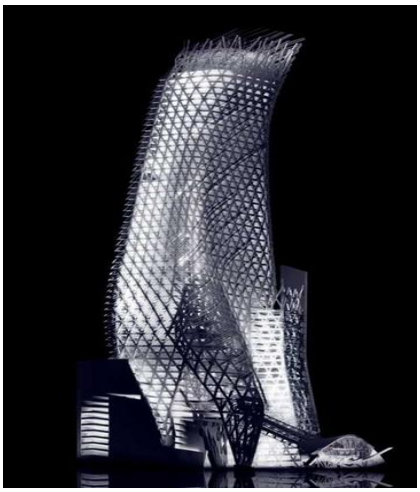
Çizelge 5.8. Palestra Binası

Bina Adı	Palestra - Will Alsop 2006		
Bina Yeri	Londra, İngiltere		
Bina Kullanım Amacı	Ofis, Kültür Merkezi		
Mimar	SMC Alsop		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	14 Dikey eksenli rüzgar türbin		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.9. Wuham Energy Center Binaları

Bina Adı	Wuhan Energy Centre 2013		
Bina Yeri	Wuhan, China		
Bina Kullanım Amacı	Office Building		
Mimar	Soeters Van Eldonk		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Entegre		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	1+ Dikey eksenli rüzgar türbinleri		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.10. Phare Tower

Bina Adı	Phare Tower or “Beacon Tower” Paris, 2015		
Bina Yeri	La Défense, Paris, France		
Bina Kullanım Amacı	Commercial office Building		
Mimar	Morphosis		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Entegre		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	Dikey eksenli rüzgar türbinleri		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.11. Manta-Ray

Bina Adı	Manta-Ray 2017. (Anaplan & Konsept)		
Bina Yeri	Seoul-South Korea		
Bina Kullanım Amacı	Ferry Terminal		
Mimar	Vincent Callebaut		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Entegre		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	36 Dikey eksenli rüzgar türbinleri		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.12. Sustainable mix complex Cairo Binaları

Bina Adı	Sustainable Mixed-Use Complex for Cairo 2019 (Konsept)		
Bina Yeri	Nasr City, Cairo Governorate, Egypt		
Bina Kullanım Amacı	Multi Complex		
Mimar	Vincent Callebaut Architectures		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	30 adet Dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.13. Desert Winds ECO SPA Binası

Bina Adı	DESERT WINDS ECO SPA, Design study 2008 (Konsept)		
Bina Yeri	Las Vegas - USA		
Bina Kullanım Amacı	SPA		
Mimar	Michael Jantzen		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Monte		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Üstü		
Rüzgar Türbini Adeti	6 adet Dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

5.1.1.2. Yanal eklemeli türbinler

Binaların yan yüzeylerinden esen mevsimsel rüzgarlardan faydalanmanın yanı sıra dar bölgelerde rüzgar akımlarından veya oluşan türbülanslı rüzgar akımlarından faydalanmak amacıyla kullanılmakta ve konumlanmaktadırlar. Aşağıdaki örnekler üzerinden yanal eklemeli rüzgar türbinler analiz edilmektedir.

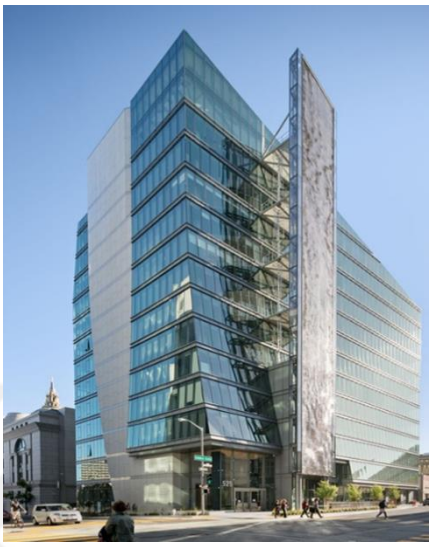
Çizelge 5.14. Kinetica Binası

Bina Adı	Kinetica 2010		
Bina Yeri	Hackney, London		
Bina Kullanım Amacı	Konut Bloğu		
Mimar	Waugh Thistleton		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Yanal Eklemeli		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Entegre		
Rüzgar Türbini Adeti	4 adet Quiet Revolution dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.15. Greenway Self Park

Bina Adı	Greenway Self Park 2009		
Bina Yeri	Chicago - ABD		
Bina Kullanım Amacı	Otopark, Perakente satış ve Restaurant		
Mimar	HOK		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Yanal Eklemeli		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Mesnetli		
Rüzgar Türbini Adeti	12 Helix S594 dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.16. Publi Utilities Commission's Heardquaters Building

Bina Adı	Public Utilities Commission's headquarters building (PUCHB) 2012		
Bina Yeri	San Francisco - ABD		
Bina Kullanım Amacı	Office Building		
Mimar	KMD Architects and Stevens Architects.		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Yanal Eklemeli		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Entegre		
Rüzgar Türbini Adeti	4 adet dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.17. Tower of Power

Bina Adı	Tower of Power 2010 (Konsept, Teklif)		
Bina Yeri	Taichung, Taiwan		
Bina Kullanım Amacı	Çok amaçlı kompleks		
Mimar	NL architects		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Yanal Eklemeli		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Entegre		
Rüzgar Türbini Adeti	2000 adet dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

5.1.2 Eksiltmeli Organizasyonu

Eksiltme organizasyonlarda genellikle formun yapısal özelliklerine bağlı kalınarak, formun belirli noktalarından eksiltmeler yapılarak oluşturulan boşluklara türbinler yerleştirilmektedir. Genellikle yapılarda yanal ve üsten eksiltmeler yapılmaktadır. Eksiltilen noktalarda kütlenin kullanım amacına, enerji ihtiyacına ve mimari estetiğine bakılarak en uygun rüzgar türbinleri yerleştirilmektedir.

5.1.2.1. Üstten Eksiltmeli Organizasyon

Üstten eksiltmeli organizasyonda formun genellikle üst kısmından belirli bir hacmin, mimari forma ve yapının ihtiyacına göre eksilterek rüzgar türbinler bu alanlara monte edilmektedir. Dünya genelinde seçilen örnekler (Çizelge 5.19, 5.20 ve 5.21) analiz edilerek üstten eksiltme çeşitliliği belirlenmektedir.

Çizelge 5.18. Lotte World Tower

Bina Adı	Lotte World Tower 2016
Bina Yeri	Seoul Cıty, South Korea
Bina Kullanım Amacı	Komplex Kullanımlı Bina
Mimar	Kohn Pedersen Fox Associates
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Üsten Eksiltme
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Entegre
Rüzgar Türbini Adeti	8 adet dikey eksenli rüzgar türbini
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak





Çizelge 5.19. Oklahoma Medical Research Faundation

Bina Adı	OMRF. Oklahoma Medical Research Foundation 2009-2012		
Bina Yeri	Oklahoma City – ABD		
Bina Kullanım Amacı	Hastahane		
Mimar	Perkins + Will, Atlanta, Ga. and Houston		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Üsten Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Entegre		
Rüzgar Türbini Adeti	18 x 4,5 kW'lık dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

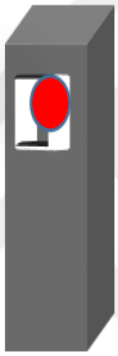
Çizelge 5.20. Beehive Tower

Bina Adı	Beehive Tower		
Bina Yeri	Londra, İngiltere		
Bina Kullanım Amacı	Yaşam Alanı		
Mimar	Rory Newel & Lucy Richardson		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Üsten Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Entegre		
Rüzgar Türbini Adeti	12 adet dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

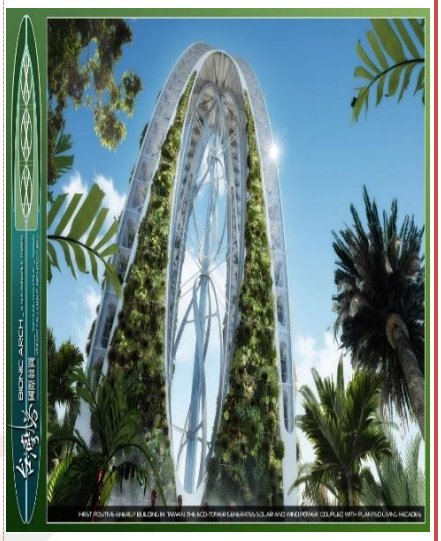
5.1.2.2. Yanal eksiltme Organizasyonu

Yanal eksiltme organizasyonda formun genellikle yan cephesinden belirli bir bölgesinin mimari forma veya konumuna göre eksiltme yapılarak türbinler konumlandırılmaktadır. Aşağıdaki örnekler üzerinde (Çizelge 5.22, 5.23, 5.24, 5.25, 5.26, 5.27, 5.28 ve 5.29) konum çeşitlilikleri görülmektedir.

Çizelge 5.21. Lightthouse Binası

Bina Adı	Lighthouse Building started 2009 – Not Completed		
Bina Yeri	DIFC, Dubai United Arab Emirates		
Bina Kullanım Amacı	Office		
Mimar	Atkins Design		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Yanal Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Yatay Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Mesnetli		
Rüzgar Türbini Adeti	3 adet Yatay Eksenli Rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

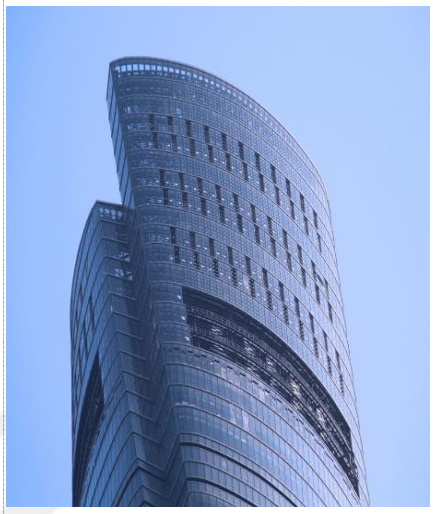
Çizelge 5.22. Bionic ARC Binası Taywan

Bina Adı	Bionic Arc Building, Taiwan 2016		
Bina Yeri	Taichung, Taiwan		
Bina Kullanım Amacı	Office, Museum		
Mimar	Vincent Callebaut		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Yanal Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Mesnetli		
Rüzgar Türbini Adeti	3 adet Dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.23. SRG Tower

Bina Adı	SRG Tower 2019-2022		
Bina Yeri	Dubai, United Arab Emirates		
Bina Kullanım Amacı	Residence		
Mimar	Killa Design		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Yanal Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Yatay Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Mesnetli		
Rüzgar Türbini Adeti	2 adet Yatay eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

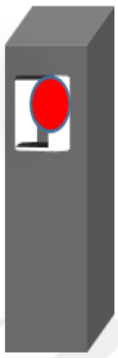
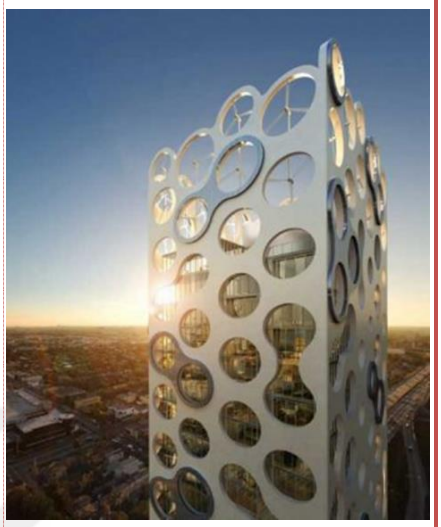
Çizelge 5.24. Shanghai Tower

Bina Adı	Shanghai Tower 2014		
Bina Yeri	Shanghai China		
Bina Kullanım Amacı	Bussines and Hotel		
Mimar	Gensler Design		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Yanal Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Entegre		
Rüzgar Türbini Adeti	270 adet Dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

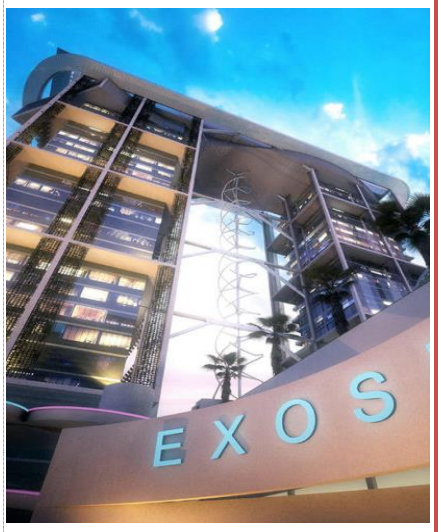
Çizelge 5.25. Eiffel Tower

Bina Adı	Eiffel Tower 2015		
Bina Yeri	Paris - France		
Bina Kullanım Amacı	Anıt - Sembol		
Mimar	Société d'Exploitation de la Tour Eiffel (SETE), UGE International Ltd.		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Yanal Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbin		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Monte		
Rüzgar Türbini Adeti	2 adet Dikey eksenli rüzgar turbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Anıtın birinci ticari katının elektiğini karşılamak		

Çizelge 5.26. COR Tower

Bina Adı	COR Tower 2009		
Bina Yeri	Miami-Florrida, USA		
Bina Kullanım Amacı	Karma kullanımlı Apartman Kompleksi		
Mimar	Oppenheim Architecture + Design		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Yanal Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Yatay Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Mesnetli		
Rüzgar Türbini Adeti	32 adet yatay eksenli rüzgar turbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.27. Exosphere Binası

Bina Adı	Exosphere Binası 2020		
Bina Yeri	Dominik Cumhuriyeti.		
Bina Kullanım Amacı	Multi Complex		
Mimar	Richard Moreta Castillo		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Yanal Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Mesnetli		
Rüzgar Türbini Adeti	4 adet dikey eksenli rüzgar turbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

Çizelge 5.28. Lilypad Yüzen Bina

Bina Adı	LILYPAD Yüzen Bina		
Bina Yeri	Okyanus		
Bina Kullanım Amacı	Çok amaçlı kompleks		
Mimar	Vincent Callebaut		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Yanal Eksiltme		
Rüzgar Türbin Türü	Yatay Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Entegre		
Rüzgar Türbini Adeti	Yatay eksenli rüzgar turbinleri		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

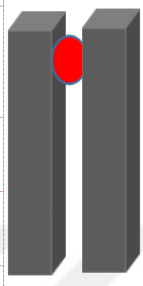
5.1.3 Parçalanma Organizasyonu

Genel olarak asal formun ana şekline sadık kalınarak formun dikey veya yatay biçimde parçalanması kapsamaktadır.

5.1.3.1 Dikey Parçalanma Organizasyonu

Mimari kütlenin temel biçimine bağlı kalınarak asal formun dikey yönlü parçalanmasına ve parçalar arasına rüzgar türbinlerin konumlanması ile oluşmaktadır. Yapılan rüzgar ölçümlerine göre rüzgar türbinleri belirlenmektedir (Çizelge 5.30).

Çizelge 5.29. World Trade Center Bahteyn Dünya Ticaret Merkezi

Bina Adı	World Trade Center Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi 2008		
Bina Yeri	Manama Bahreyn		
Bina Kullanım Amacı	Ticaret Merkezi		
Mimar	Atkins		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Dikey Parçalama		
Rüzgar Türbin Türü	Yatay Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Mesnetli		
Rüzgar Türbini Adeti	Yatay köprüler ile desteklenen üç adet 29 m'lik Yatay eksenli rüzgar türbini kullanılmıştır.		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

5.1.3.2 Yatay Parçalanma Organizasyonu

Mimari kütlenin temel biçimine bağlı kalınarak asal formun yatay yönlü parçalanması ve parçalar arasına rüzgar türbinlerin konumlanması ile oluşmaktadır. Yatay bölünme özellikle yüksek binalar için statik açıdan sorun yaratabilecek bir parçalama türü olduğundan büyük hacimli boşaltmalara pek rastlamamakta ve oluşan boşluğa göre türbin türü seçilmesi önem taşımaktadır (Çizelge 5.31).

Çizelge 5.30. Pearl River Tower Binası

Bina Adı	Pearl River Tower 2013		
Bina Yeri	Guangzhou - China		
Bina Kullanım Amacı	Komplex Kullanımlı Bina		
Mimar	Skidmore, Owings & Merrill LLP		
Rüzgar Türbini Entegrasyon Biçimi	Bina Yatay Parçalama		
Rüzgar Türbin Türü	Dikey Eksenli Rüzgar Türbini		
Rüzgar Türbini Montaj Şekli	Bina Entegre		
Rüzgar Türbini Adeti	8 adet dikey eksenli rüzgar türbini		
Rüzgar Türbini Kullanım Amacı	Yapının belirli elektrik enerjisini karşılamak		

BÖLÜM 6

DEGERLENDİRME ve SONUÇ

Dünyamızda devamlı artan günlük enerji ihtiyacı ve kullanımı, buna bağlı çevresel sorunların çözümünde en etkili yollarından biri temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Rüzgar enerjisi temiz ve yenilenebilir bir enerji türü olarak günümüzde ön plana çıkmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle bina türleri çeşitlenmiş, biçim dilleri değişmiş ve enerji ihtiyaçları da yükselmiştir. Bunun sonucunda, enerji ihtiyacının bir kısmını veya tamamını karşılamak için temiz ve yenilenebilir enerji sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bunların içinde ekosisteme (fauna ve flora) zararı düşük olan rüzgar enerjisi, en hızlı büyüyen ve en ekonomik alternatif enerji kaynağı olarak, binalarda konumlanmaya başlanmıştır.

Bu tez kapsamında bina-monte ve bina-entegre rüzgar türbinleri dünyanın değişik bölgelerinden ve çeşitli konulu yapılar (Oteller, alış veriş merkezleri, katlı oto parklar, finans binaları, tarihi yapılar, hava alanları binaları, stadyumlar, ekolojik yapılar, ütopyalar gibi) seçilerek 30 örnek üzerinden incelenmiştir. Bu incelemede tezin üçüncü bölümünde detaylı ele alınan asal formun işlenmesi ve dönüşümü kapsamında; üstten ekleme, yanal ekleme, üstten eksiltme, yanal eksiltme, dikey parçalanma ve yatay parçalanma sınıflaması içinde analiz edilmiştir. Beşinci bölümde analizleri yapılan örnekler Çizelge 6.1'de sınıflandırma ve karşılaştırmaları içermek üzere, var olan durumlara "X" işareti konulmak üzere tümleştirilmiştir. Rüzgar türbinlerinin kullanım şekillerini ve binadaki konumlarını içeren bu sonuç çizelgesinde yer alan "X" kodları matematiksel değer verilerek hesaplamalar yapılmıştır. Yüzdelik sistem üzerinden, elde edilen matematiksel değerler grafik anlatılara dönüştürülmüş Şekil 6.1 ve 6.2'de sunulmuştur.

Çizelge 6.1. Binalarda rüzgar türbinlerinin kullanım şekline göre sınıflandırılması

Binalarda Rüzgar Türbinlerinin Kullanım Şekline Göre Sınıflandırılması			İncelenen Yapı Örnekleri	Asal Formun İşlenmesi					
				Asal Formun Dönüşümü				Formun Parçalanması	
				Eklemeli Organizasyonu		Eksiltmeli Organizasyonu		Parçalanma Organizasyonu	
				Üstten Eklemeli	Yandan Eklemeli	Yanal Eksiltme	Üstten Eksiltme	Dikey Parçalama	Yatay Parçalama
	Bina Monte Rüzgar Türbinleri	Dikey Eksenli	Near North Apartmanları	X					
			Melbourne Council House	X					
			Hilton Florida	X					
			Lincoln Financial Field	X					
			Palestra-Will Alsop	X					
			Sustainable Mixed-Use Complex	X					
			Desert Winds ECO SPA	X					
			Eiffel Tower			X			
		Yatay Eksenli	Hollanda Pavyonu	X					
			CSI Tower	X					
			Logan International Airport	X					
		Eğik Eksenli	Bulunamadı	–	–	–	–	–	–
	Bina Entegre Rüzgar Türbinleri	Dikey Eksenli	Wuham Energy Center	X					
			Phare Tower	X					
			Manta-Ray	X					
			Kinektica		X				
			PUCH building		X				
			Tower of Power		X				
			Lotte World Tower				X		
			Oklahoma Medical Reserch				X		
			Beehive Tower				X		
			Shanghai Tower			X			
			Pearl River Tower						X
		Yatay Eksenli	LILYPAD Float Building			X			
		Eğik Eksenli	Bulunamadı	–	–	–	–	–	–
	Bina Mesnetli Rüzgar Türbinleri	Dikey Eksenli	Greenway Self Park		X				
			Bionic Arc Building			X			
			Exosphere Building			X			
		Yatay Eksenli	World Trade Center					X	
			Lighthouse Building			X			
			SRG Tower			X			
			COR Tower			X			
		Eğik Eksenli	Bulunamadı	–	–	–	–	–	–

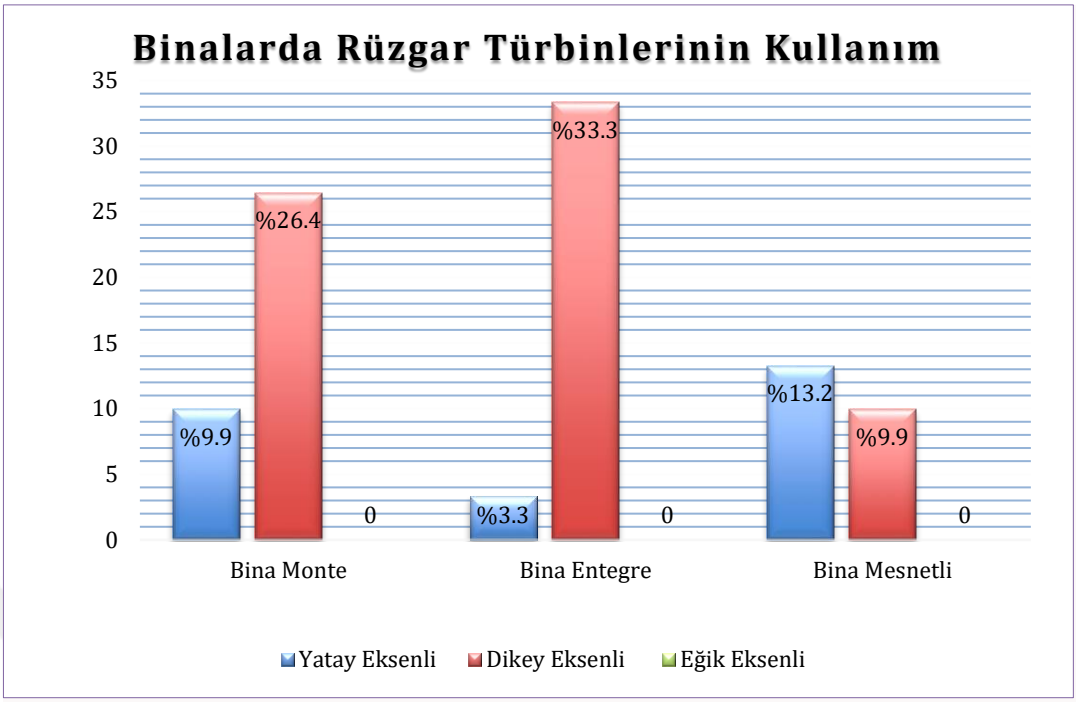
Bu kapsamda Çizelge 6.1'de incelenen bina örnekleri rüzgar türbinlerinin konumları üzerinden analiz edildiğinde;

- Asal formun işlenmesi konusu kapsamında, özellikle eklemeli organizasyon içinde üstten ekleme konum tercihinin rüzgar türbin türü fark etmeksizin 13 örnek ile öne çıktığı saptanmıştır.
- Sonrasında Eksiltmeli organizasyon konusu içinde yanal eksiltmeli konumun bina-mesnetli ve bina-entegre rüzgar türbinlerini kapsayan biçimde 8 örnek ile ikinci tercih edilen konum olduğu belirlenmiştir.
- Mimari kütle oluşumlarında Yandan eklemeli konum ile (4 örnek) Üstten eksiltmeli konumların (3 örnek) ile daha az tercih edildikleri görülmektedir.
- Parçalama tercihlerinin ise çok sınırlı olduğu (Dikey parçalama 1, Yatay parçalama 1 örnek) belirlenmiştir. Bunun nedenleri arasında; genellikle yatay parçalamadaki statik sorunlar ile, dikey parçalamadaki mekan organizasyon sorunlarının etkin olduğu düşünülmektedir.

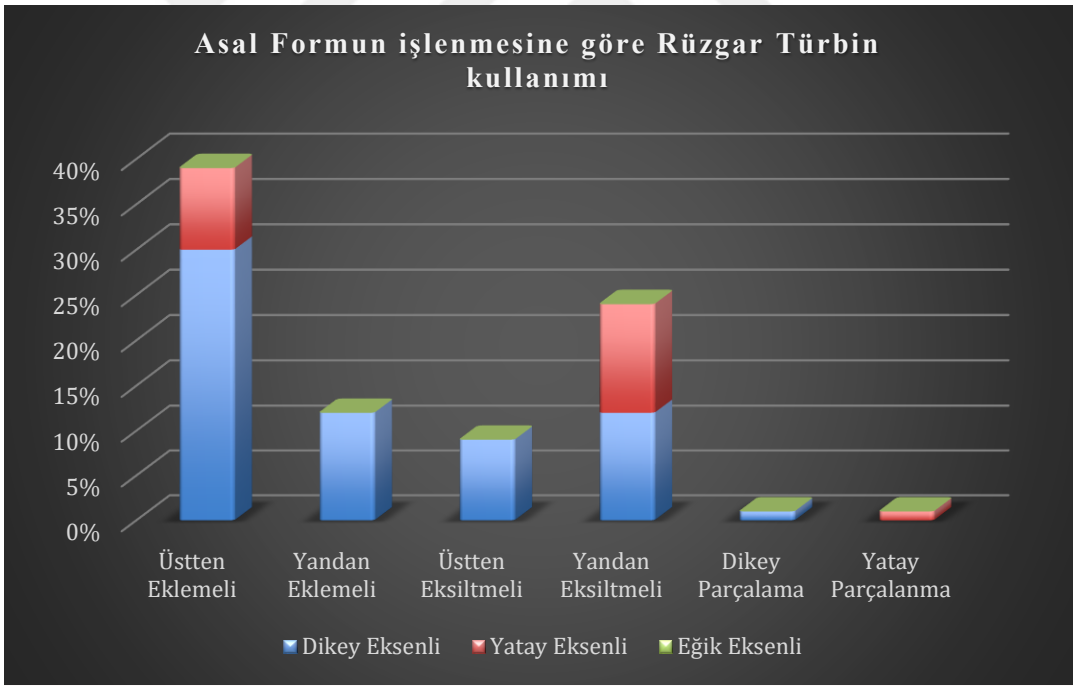
Çizelge 6.1'de rüzgar türbinlerinin kullanım çeşitliliğine göre analiz edildiğinde;

- Bina monte, Bina-Entegre ve Bina-Mesnetli rüzgar türbini kullanımları içinde dikey eksenli türbinlerinin (DERT) daha çok tercih edildiği belirlenmiştir.
- 12 örnek ile Bina-Entegre rüzgar türbini kullanımlarının özellikle yatay ve dikey eksenli rüzgar türbinleri içinde öncelikli tercih edildiği belirlenmiştir. İkinci sırada 11 örnek ile Bina-Monte rüzgar türbinleri yer almaktadır.
- Eğik eksenli rüzgar türbinlerinin ise hiç kullanılmadığı görülmektedir. Bunun nedenleri içinde bu türbinlerin konumlanma noktasında geniş alana ihtiyaç duymaları ve bu alanların binalarda sağlanmasının zorluğu yanında mekan kaybı yaratacak olmaları yer almaktadır.

Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 grafiklerine bakıldığında incelenen bina-entegre rüzgar türbinlerinin bina kütle oluşumunda kullanılarak %36,6'lık değer ile binalarda kullanımının daha yaygın olduğu görülmektedir. Bunun en önemli sebebi; yapı malzemeleri çeşitliliği, dayanıklılığı ve istenilen şekillerde üretilebilmesidir. Bu nedenden dolayı istenilen yüksekliklere ve istenilen açıklıklara daha kolay minimum maliyette yapılabilmesidir.



Şekil 6.1. Binalarda rüzgar türbinlerinin kullanım oranların incelenmesi



Şekil 6.2. Asal formun işlenmesine göre rüzgar türbinlerinin kullanım grafiği

Ayrıca bina-entegrede sistemler içinde % 33.3'luk değeri ile dikey eksenli rüzgar türbinleri kullanıldığı görülmektedir. Bunun sebebi bu tür rüzgar türbinlerin istenilen boyutlarda ve modellerde üretilebilmeleri, istenilen noktada konumlandırılmasıdır. Bunu takip eden %3,3 oranı ile yatay eksenli rüzgar türbinleridir. Bina-entegrede bu tür

rüzgar türbinlerinin oranı düşük olmasının sebeplerinden bazıları; istenilen noktalarda konumlandırılamaması, yatay eksenli rüzgar türbini yapı sistemi olarak standart olması istenilen boyutlarda üretilememesinden kaynaklanmaktadır.

İncelenen örnekler kapsamında bina-monte rüzgar türbinlerinin toplamda %36,3 sahip olduğu görülmektedir. Bunun başlıca sebebi; var olan mimari formdan alan kaybı olmaksızın ve formda herhangi bir döşüm ihtiyacı olmaksızın var olan alanları kullanarak üstten ekleme veya yanal ekleme olarak rüzgar türbini konumlandırılabilmesidir. Bina-monte rüzgar türbinleri içinde % 26,4'lük bir oranla dikey eksenli rüzgar türbinin kullanıldığı görülmektedir. Bunun başlıca sebeplerinden bina-entegrede olduğu gibi dikey eksenli rüzgar türbinin boyut ve model çeşitliliğidir. Bina-montede yatay eksenli rüzgar türbinleri %9,9'luk oranla daha az konumlandığı görülmektedir. Bunun başlıca sebeplerinden; bina-entegrede olduğu gibi yatay eksenli rüzgar türbini yapı sistemi olarak standart olması istenilen boyutlarda üretilememesi formda konumlandırılma noktalarının sınırlı olmasıdır.

Bina mesnetli rüzgar türbinlerinin kullanım oranı %23,1'lik bir değerde olduğu görülmüştür. Oranın düşük olması rüzgar türbinlerinin konumlandırılabilmesi için özel ve uygun şekilde tasarımların gerekliliği olması, ek maliyetlere sebep olması, binanın görünüş açısından ve kütlenin konumu açısından sorunlar yaratabilmektedir. Bina mesnetli rüzgar türbinleri olarak yatay eksenli rüzgar türbinleri %13,2 konumlandırma oranında olduğu görülmektedir. Bunun sebebi yatay eksenli rüzgar türbinlerinin üretim kapasitelerinin daha yüksek olmasıdır. Dikey eksenli rüzgar türbinleri %9,9'luk oranda olduğu görülmektedir. Bunun bazı sebepleri dikey eksenli rüzgar türbinleri daha fazla desteklere ihtiyaç duymaları ve enerji üretim kapasitelerinin yatay eksenli rüzgar turbinlerine göre daha az olmasıdır.

Binaların kütle organizasyonlarının oluşumu göz önünde bulundurulduğunda daha çok yüksek yapılarda bina-entegre rüzgar türbinlerine rastlandığı görülmüştür. Bina monte rüzgar türbin kullanımı var olan binalarda kullanıldığında, binaların çoğunda uygun noktaları bulunmadığından, var olan bina formlarının dönüşümleri yüksek maliyetlere neden olabileceğinden ve görünüş açısından estetik sorunlar oluşturma potansiyeli barındırması nedeni ile bina-monte rüzgar türbinlerinin ikinci sırada olduğunu göstermektedir.

Bina-mesnetli rüzgar türbinlerinin konumlanmalarında özel tasarımlar ve yüksek maliyetlere neden olduklarından üçüncü sırada olduğu görülmektedir. Ayrıca Bölüm 5'te analiz edilen örneklerde formun yapısına ve enerji karşılama ihtiyacına göre rüzgar türbin adeti çeşitlilik göstermektedir. Genel olarak bina formlarında rüzgar türbin kullanımı çeşitliliği bakımından dikey eksenli rüzgar türbinlerinin birinci sırada tercih edildiği görülmüştür. İkinci olarak yatay eksenli rüzgar türbinlerinin tercih edildiği ve kullanıldığı görülmekte olup, eğik eksenli rüzgar türbinlerinin tercih edilmediği görülmüştür.

Bu tez kapsamında bina-monte ve bina-entegre rüzgar türbinü çeşitlerinin mimari kütledeki konumları altı alt başlıkta ele alınarak ekleme, parçalama ve eksiltme türleri kapsamında incelenmiş ve sonuçlara varılmaya çalışılmıştır. Rüzgar enerjisi sistemlerinde önemli olan enerji sisteminden maksimum seviyede nasıl faydalanılacağının bilinmesidir. Dikey veya yatay rüzgar türbinlerinin kurulumundan önce, binalarda rüzgarın hızı ile ilgili ön çalışmalarını ve rüzgar datalarını iyi hesaplayıp, yapılar için doğru yönlendirme yapıp asal formların dönüşümlerine göre doğru türbinleri seçerek yerleştirmek gerekmektedir.

Uygulama aşamalarına geçildiğinde ise kurulum standartlarına, malzeme kalitelerine ve çevre güvenliğine dikkat edilmelidir. Kurulum tekniklerinin doğru bir şekilde ve sırası ile uygulanıp zaman ve maliyet açısından önemli kazanımlar elde edilebilir. Ayrıca uygulama esnasında çevreye göre gerekli tedbirlerin alınması ve korunması ekosistem açısından önemlidir. 21 yüzyılda binaların enerji ihtiyacına duyacağı gereksinim daha da artmaktadır. Bu nedenle yakın gelecekte ise enerji gereksiniminin daha çok artacak olması özellikle binalarda kullanılacak rüzgar enerji sistemlerini zorunlu kılmaktadır. Bu noktada tasarımcıların bina-monte ve bina-entegre rüzgar türbini sistemlerini bilmeleri ve tasarımlarına dahil etmeleri sürdürülebilir bir gelecek adına zorunluluktur.

KAYNAKLAR

Akkaya E. K. ve Dağdaş A.(2002)"Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi," IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Cilt 1, İstanbul, s. 37-43.

Aykal, F. D., Gümuş, B., Özbudak A. Y. B., (2009) 5.Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu "Bildiriler Kitabı". Diyarbakir "Elektrik Mühendisleri Odası" YEKSEM 2009. 12 Haziran 2019 tarihinde http://www.emo.org.tr/ekler/c85deffa0b8b7a7_ek.pdf adresinden ulaşıldı.

Akdağ,. A. (2019). Dünyadaki Değişik Yapılar. Elephant (Fil) Building (Bankok). 10 Ağustos 2021 tarihinde https://karmaturkiye.com/2019/07/13/dunyadaki-degisik-yapilar/ adresinden erişildi.

Alamy. (2020). GERMANY Hamburg, small wind turbine on roof of Greenpeace builing in the Hafencity - Image ID: PG73MR. 20 Mart 2020 tarihinde https://www.alamy.com/germany-hamburg-small-wind-turbine-on-roof-of-greenpeace-builing-in-the-hafencity-image216515511.html adresinden erişildi.

Altınok, M. T. ve Emeksiz, C. (2017). Dünyada ve Türkiyede Deniz Üstü Rüzgar Santrallerinin Durumu ve Genel Değerlendirilmesi. Mayıs 2017. Conference: 2. ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK KONGRESİ Project: 2.Uluslararası mühendislik tasarım ve mimarlık kongresi. 20 Mart 2020 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/319536652_DUNYADA_VE_TURKIYE'DE_DENIZ_USTU_RUZGAR_SANTRALLERININ_DURUMU_VE_GENEL_DEGERLENDIRMESI adresinden erişildi.

Akkaya, S., (2007). “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi ve Bir Rüzgâr Enerjisi Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2007

Archdaily,. (2020). Wooden house local plus suphasidh photo. 23 Ocak 2020 tarihinde https://www.archdaily.com/950850/wooden-house-local-plus-

suphasidh/5fa3196263c017564c000062-wooden-house-local-plus-suphasidh photo?next_project=no adresinden erişildi.

Archdaily,. (2020). Stack-Cube House 23 Ocak 2020 tarihinde https://www.archdaily.com/945859/stack-cube-house-touch-architect/5f3aa460b35765bee000030a-stack-cube-house-touch-architect-photo adresinden erişildi.

Archdaily. (2020). BIG Selected to Design a Socially Engaging Hub for the Johns Hopkins University https://www.archdaily.com/950923/big-selected-to-design-a-socially-engaging-hub-for-the-johns-hopkins-university?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

Auswea. (2019). Kıyılarda Rüzgar Türbinleri Konumlanması Hollanda. 05 Ağustos 2019 tarihinde www.auswea.com adresinden erişildi.

Bacon, E. N. (1974). The Design of Cities. Theory of Desing Form (Şehirlerin Tasarımı. Tasarım Formu Teorisi). 23 Eylül 2020 tarihinde http://www.frontdesk.co.in/forum/ https://www.slideshare.net/fdjaipur/theory-of-design-form adresinden erişildi.

Bektaş A. (2013). Binalarda Rüzgar Enerjisi Kullanımın Farklı Bölgeler Açısından Degerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma : Toki Tarımköy Projesi Örneği,. Mimarlık Anabilim Dalı Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı Yüksek Lisans Tezi . Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul 2013. 12 Mayıs 2019 tarihinde https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/8151 adresinden erişildi.

Beehive Tower is a Honeycomb Inspired Vertical Farm for London. Londra, İngiltere. 24 Nisan 2020 tarihinde https://inhabitat.com/beehive-tower-is-a-honeycomb-inspired-vertical-farm-for-london/ adresinden erişildi.

Bionic Arch, a Sustainable Tower 2016, Taichung- Taiwan. 24 Nisan 2020 tarihinde https://archello.com/project/bionic-arch-a-sustainable-tower adresinden erişildi.

Bilgiustam., (2018). Rüzgar Enerjisi Nedir Nasıl Çalışır. 20 Ekim 2018 tarihinde http://www.bilgiustam.com/ruzgar-enerjisi-nedir-nasil-calisir/ adresinden erişildi.

Budak, B. (2016)tarihli yazı. Dijital Sanayi. Rüzgar, güneş ve jeotermal enerji ile temiz enerji üreten santral. 03 Temmuz 2019 tarihinde https://webrazzi.com/2016/12/30/ruzgar-gunes-jeotermal-enerji-ile-temiz-enerji-ureten-santral/ adresnden erişildi.

Buyant, B. (2014) tarihli yazı. Airborne Turbine Uçan Rüzgar Türbini Altaeros Energies Yenilenebilir EnerjiRüzgar Enerjisi Renewable Energy Wind Energy. 26 Nisan 2019 tarihinde http://www.elektrikport.com/haber-roportaj/ucan-ruzgar-turbini-buoyant-airborne-turbine/11876#ad-image-0 adresinden erişildi.

Casini, M. (2016). Small Vertical Axis Wind Turbines for Energy Efficiency of Buildings. Journal of clean Energy Technologies, Vol. 4, No. 1, January 2016. 01 Mart 2019 tarihinde http://www.jocet.org/vol4/254-H0020.pdf adresinden erişildi.

Ching, F.D.K., (2007). Architecture: Form, Space & Order, Üçüncü Basım, John Wiley&Sons, New York, 2007.ISBN978-0-471-75216-5. 25 Ağustos 2020 tarihinde https://archive.org/details/FrancisD.K.ChingArchitectureFormSpaceAndOrder3rdEdition/page/n449 adresinden erişildi.

Chantelle M. C., Gary S., Frederik V., 2011. Nelson Mandela Metropolitan University Evaluation of Noise Levels of Micro-Wind Turbines Using a Randomised Experiment. 28 Ekim 2020 tarihinde https://www.crses.sun.ac.za/files/services/conferences/annual-student-symposium-2011/2-17nov_clohessy.pdf adresinden erişilmiştir.

CIS Tower, Manchester – England. 8 Kasım 2020 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/CIS_Tower adresisnden erişildi.

Cornell. (2019). Form, Shape and Space., (2019). Art, Design, and Visual Thinking. 09 Eylül 2019 tarihinde http://char.txa.cornell.edu/language/element/form/form.htm adresinden erişildi.

COR Tower Miami, USA. 22 Nisan 2019 tarihinde https://www.e-architect.com/miami/cor-condominium-miami https://inhabitat.com/new-green-tower-in-miami-the-cor-building/ adresinden erişildi.

Çabuker, A. C. (2016) tarihli yazı. Yüzer Rüzgar Türbinleri İnceleme. Theengineer.co.uk. 26 Nisan 2020 tarihinde https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/yuzer-ruzgar-turbinleri-inceleme/18658#ad-image-0 adresinden erişildi.

Çordan, Ö. (2002). Yüksek Mimar, Trabzon 2002. Mimari Formun Kavramsal Analizi. Doktora tezi 2002. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. Trabzon 2002.

Darren Quick 2011. Lilypad floating city concept. 24 Nisan 2021 tarihinde https://newatlas.com/lilypad-floating-city-concept/17697/ adresinden erişildi.

Desert winds eco spa, 15. Nisan 2021 tarihinde https://www.archilovers.com/projects/6740/desert-winds-eco-spa.html https://ecofriend.com/desert-winds-eco-spa-soothing-the-senses-in-a-natural-way.html adresinden erişildi.

Dörter, H., (1994). "Konutlarda Isıtma Enerjisi Korunumu Amaçlı Mimari Tasarıma Yön Verici İlkelerin ve Çözümlerin Belirlenmesinde Bir Yaklaşım Araştırması", İTÜ Fen Bil. Enst., Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul, 1994.

Elektrikmedya. (2018). Rüzgar Türbinlerine Girirş. 3e Electrotech Aylık Enerji, Elektrik, Elektronik Teknoloji Dergisi. 10 Eylül 2018 tarihinde http://elektrikmedya.com/ruzgar-turbinlerine-giris/ adresinden erişildi.

3eelectrotech. (2018). Uçan Rüzgar Türbinleri. E-yazı. 22 Temmuz 2018. 19 Ekim 2019 tarihinde http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/142-ucan-ruzgar-turbinleri/ tarihinde erişildi.

Elibüyük, U., & Üçgül, İ. (2014). Rüzgâr Türbinleri, Çeşitleri Ve Rüzgâr Enerjisi Depolama Yöntemleri. Süleyman Demirel Üniversitesi. YEKARUM e-DERGİ (Journal of YEKARUM) Yıl 2014/Cilt 2/Sayı 3. 30 Aralık 2019 tarihinde http://dergipark.gov.tr/download/article-file/204144 adresinden erişildi.

Ekolojist., (2018). Rüzgar Enerjisi Santrali Nasıl Kurulur. Ekolojist - e-dergi. 29 Kasım 2018 tarihinde https://www.ekolojist.com/enerji/ruzgar-enerjisi-santrali-nasil-kurulur/ adresinden erişildi.

Emeis. (2020). Anemomuloi tis Elladas. Fotograf (aurelielamotte) 24 Nisan 2020 tarihinde https://www.emeis.gr/i-anemomuloi-tis-elladas/ adresinden erişildi.

Enerjienstitusu., (2013). Siemensten Dünyanın En Büyük Deniz üstü Rüzgar Santrali. 11 Eylül 2018 tarihinde http://enerjienstitusu.com/2013/08/06/siemensten-dunyanin-en-buyuk-deniz-ustu-ruzgar-santrali/ adresinden erişildi.

Erkanoz., (2019). Rüzgar Yönleri ve Beaufor Skalası. 21 Mart 2019 tarihinde https://www.erkanoz.com/ruzgar-yonleri-ve-beaufort-skalasi/ adresinden erişildi.

Erkınay, P. Umre., (2012). Yüksek Lisans Tezi 2012. Yenilebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar Enerjisinis Türkiyede Binalarda Kullanımı üzerinde Bir İnceleme. T.C Çukuruva Ünıversitesi. Fen Bilimleri Enstıtisü. Mimarlık Anabilim Dalı. ADANA 2012.

Exosphere building. 24 Nisan 2020 tarihinde https://inhabitat.com/futuristic-power-plant-generates-clean-power-through-wind-solar-and-geothermal-energy/exosphere-dominican-republic/ adresinden erişildi.

Fıçıcı, F., Dursun, B. & Gökçöl, C. (2007). Rüzgar Enerjisi Sistemlerinden Kaynaklanan Gürültünün İncelenmesi. Gebze Yüksek Telaknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze/KOCAELÎ. SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, ll. Cilt, 1 . Sayı, s. 54-62, 2007. 26 Ağustos 2019 tarihinde http://www.saujs.sakarya.edu.tr/download/article-file/192838 adresinden erişildi.

Fdarchitect. (2014). Theory of Design Form. 10 Ağustos 2020 tarihinde https://issuu.com/fdarchitect/docs/theory_of_design_form adresinden erişildi.

Form. TDK, Türkçe Sözlük, 2019 Haziran 2019 tarihinde https://sozluk.gov.tr/ adresinden erişildi.

G.J.W. van Bussel1, S.M. Mertens. (2005). 2 Small wind turbines for the built environment. EACWE4 — The Fourth European & African Conference on Wind Engineering J. N´aprstek & C. Fischer (eds); ITAM AS CR, Prague, 11-15 July, 2005, Paper #210. 24 Eylül 2019 tarihinde

http://lr.home.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/LR/Organisatie/Afdelingen_en_Leerstoelen/Afdeling_AEWE/Wind_Energy/Research/Publications/Publications_2005/doc/2005Small_wind_turbines_for_the_built_environment.pdf adresinden erişildi.

Gipe, P., (2009). Wind Energy Basics (Rüzğar Enerjisinn Temelleri), Chelsea Green Publishing Company Yayınları,Vermont. 11 Eylül 2019 tarihinde http://www.wind-works.org/cms/index.php?id=640 adresinden erişildi.

Greenway Self Park'ta rüzgar türbini kullanımı. 19 Mart 2021 tarihinde https://inhabitat.com/chicago-parking-garage-harvests-energy-from-windy-city-gusts/ adresinden erişildi.

Globalwındatlas., (2019). Dünya Rüzgar Atlası, 22 Eylül 2019 tarihinde https://globalwindatlas.info adresinden erişildi.

Günel, H. M. ve Ilgın, E., (2007). The Role of Aerodynamic Modifications in the form of Tall Buildings Againist Wind Excitation METU JFA, Cilt 24, No 2, Ankara.

Günel, M. H.- Ilgın M. - Sorguç A. (2007). Rüzgar Enerjisi ve Bina Tasarımı.ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara, 85s.

Günel, H. ve Ilgın H. E. (2008). Y. Mimar. ODTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü. Bir Mimari Tasarım Kriteri Olarak Rüzgar Enerjisi Kullanımı: EGEMİMARLIK 2008/2 – 65

Gürer, L., (1990), Temel Tasarım, İTÜ Matbaası, İstanbul.

Gezer, H. (2014). MİMARİYİ YAŞAMAK. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl: 13 Sayı: 26 Güz 2014 s. 227-258. 29 Eylül 2019 tarihinde. http://www.ticaret.edu.tr/yayin/fen.htm adresinden erişildi.

Hassan, A. Y., &Hill, D. R.,(1986). Islamic Technology: An illustrated history, p. 54, Cambridge University Press, 1986. 12 Mayıs 2019 tarihinde http://tarihvemedeniyet.org/2009/08/irandan-hollandaya-yel-degirmeni.html adresinden erişildi.

Hayli, S. (2001) Yrd.Doç.Dr. Rüzgar Enerjisisnin Önemi, Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu. Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü. Elazığ

2001. 26 Ekim 2019 tarihinde http://web.firat.edu.tr/sosyalbil/dergi/arsiv/cilt11/sayi1/001 -026.pdf adresinden erişildi.

Harlequin 1 buildıng London. 22 Şubat 2021 tarihinde https://www.archdaily.com/382951/harlequin-1-arup-associates https://democraticservices.hounslow.gov.uk/documents/s55519/BSKYB%20gate%20house%20Harlequin%20Avenue%20-%20Report.pdf adresinden erişidi.

Hilton Fort Lauderdale Beach Resort Florida, USA. 20 Kasım 2020 tarihinde https://inhabitat.com/hilton-fort-lauderdale-beach-resort-installs-six-wind-turbines-on-its-hotel-rooftop/ adresinden erişildi.

Humayyapı. (2010). FARKLI İLGİNÇ MİMARİ TASARIMLAR. Humay Yapı İçmimarlık 2010. 10 Ağustos 2021 tarihinde http://www.humayyapi.com/?pnum=54&pt=FARKLI+%C4%B0LG%C4%B0N%C3%87+M%C4%B0MAR%C4%B0+TASARIMLAR adresinden erişildi.

Jacoby, S. (2016). Massıng; Drawing Architecture and the Urban. Chichester, West Sussex: Wiley. p. 52. ISBN 9781118879405. - Born, George Walter (2006). Preserving Paradise: The Architectural Heritage and History of the Florida Keys. Charleston, S.C.: History Press. p. 149. ISBN 9781596291522. 13 Haziran 2019 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Massing adresinden erişildi.

Johnson, P. And Wigley, M. (1988): Deconstructivist architecture. The Museum of Modern Art: Distributed by New York Graphic Society Books, Little Brown and Co. ISBN 087070298X. 24 Mart 2019 tarihinde www.moma.org/calendar/exhibitions/1813 adresinden erişildi.

Johannes Juul. Wikipedia. Johannes Juul Hayatı. 10 Mart 2019 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Johannes_Juul adresinden erişildi.

Karnkaıı, A., Oğuz, Y., & Riyad Şihab, R. (2015). Dünyada ve Türkiyede Binalarda Kullanılan Yenilebilir Enerji (GÜNEŞ VE RÜZGÂR) Sistemlerinin İncelenmesi_E.TOIR - ARALIK 2015 IWCEA ÖZEL SAYISI CİLT 2

Kavakoğlu, F., (2017). Çağdaş Sanata Varış 297/ Çağdaş Mimarlık 1. 09 Ağustos 2020 tarihinde https://kavrakoglu.com/cagdas-sanata-varis-297cagdas-mimarlik-1/ adresinden erişildi.

Keating, D. (2012). AIA Associate © 2012 Structural Environments, L.L.C. Mass Appeal The Lost Component Of Resıdentıal Archıtecture - Part 1. 20 Eylül 2020 tarihinde.http://www.structenv.com/wordpress/pdfs/Mass%20In%20Residential%20Architecture.pdf adresinden eirşildi.

Kıncay, O., - Yumurtacı, Z., - Bekiroglu, N. (2017). _ RÜZGAR ENERJİSİ. BÖLÜM 1_. 22 Mart 2019 tarihinde https://silo.tips/download/no-title-4269 adresinden erişildi.

Kısa Ovalı, P. (2009). Yüksek Mimar. Türkiyede İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistemetiğinin Oluşturulması. "Kayaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi". Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü. EDİRNE 2020.

Kısa Ovalı, P. (2020). Doç. Dr. Ögr. Üyesi. "Uzay Geometrinin Asal Formları / Biçimleri ve Biçim Dönüşümü". Temel Tasarım I Ders notları. Trakya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Ana Bililm Dalı. EDİRNE 2009.

Kiziroğlu İ. (2011). Prof. Dr. Hacettepe Üniversitesi Öğretim Üyesi. Hatay – Samandağ'da letmedeki Rüzgar Enerji Türbinlerine Ek Olarak İnşaası Planlanan Yeni Rüzgar Türbinlerinin Yörede Yaşayan ve Göçen Kuş Türlerine Etkileri ile İlgili Ornitolojik Değerlendirme Raporu. T.C. Hacettepe Üniversitesi Çevre Eğitimi, Kuş Arastırmaları ve halkalama merkezi. Ankara 2011.

Kmdarchitects., (2021). San Francisco Public Utilities Commission Headquarters. 25 Nisan 2021 tarihinde https://www.kmdarchitects.com/sfpuc adresinden erişildi.

Koç, M.Ünal. (2002). Makine Müh. Yenilebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye'de Yaz ve Kış Klimasında Uygulama Alanlarının Belürlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Makina Mühendisligi Ana Bilim Dalı. İSTANBUL 2002.

Lighthouse Tower. Dubai, Birleşik Arab Emirlekleri. 24 Nisan 2020 http://www.murphyintldev.com/website/content/publish/printer_norwin_dubai2.shtml https://en.wikipedia.org/wiki/Lighthouse_Tower https://www.skyscrapercenter.com/building/lighthouse-tower/219 adresinden erişildi.

Lincoln Financial Field, Philadelphia Eagles. 2003 PHILADELPHIA– ABD 20 Mart 2021 tarihinde https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Finhabitat.com%2F14-uge-wind-turbines-turn-philadelphia-eagles-home-field-into-nfls-greenest stadium%2F&psig=AOvVaw3UtLZkbGelje2SZ7STXQOd&ust=1611591238526000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqGAoTCLCo-aj7tO4CFQAAAAAdAAAAABCsAg adresinden erişildi.

Lotte World Tower. 24 Ocak 2021 https://www.chi-athenaeum.org/green-architecture-2018/2018/04/19/lotte-world-tower/ adresinden erişildi.

Mangan, S. D., (2006). Akıllı Binalarda Alt Sistem Değerlendirmesi:İstanbul Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. (YÖK)

Manta Ray, Ferri Terminal,. 2017. 11 Ekim 2020 tarihinde https://www.archdaily.com/873346/vincent-callebaut-imagines-forest-suspended-over-river-in-seoul-ferry-terminal?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects adresinden erişidi.

Melbourni Municipality Council Building 2. Australia. 20 Şubat 2021 tarihinde https://www.melbourne.vic.gov.au/building-and-development/sustainable-building/council-house-2/conserving-energy-water/pages/energy-generation.aspx https://c40-production images.s3.amazonaws.com/case_studies/images/33_melbourne_eco.original.pdf?1389916000 adresinden erişildi.

Michelle Froese., 2015. Eiffel Tower installs UGE wind turbines as part of monumental retrofit. 10 Ocak 2021 tarihinde https://www.windpowerengineering.com/eiffel-

tower-installs-uge-wind-turbines-as-part-of-monumental-retrofit/ adresinden erişildi.

Moment–expo. (2012). Geçmişten Geleceğe Yel Değirmenleri. 09 Eylil 2018 tarihinde http://www.moment-expo.com/gecmisten-gelecege-yeldegirmenleri-Şubat-2012,sayı:45 adresinden erişilmiştir.

Moment-expo. (2012). Makine tarihi, geçmişten geleceğe yel değirmenleri. Moment expo dergisi. Sayı 45. 26 Nisan 2021 http://www.moment-expo.com/gecmisten-gelecege-yeldegirmenleri-Şubat-2012,sayı:45 https://www.moment-expo.com/tr/dergiler/45/makine-tarihi/gecmisten-gelecege-yeldegirmenleri adresinden erişildi.

Nurbay, N., Çınar, A. (2005). Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması. Kocaeli Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü Umuttepe Yerleşkesi, Kocaeli 2005. 21 Nisan 2019 tarihinde http://www.emo.org.tr/ekler/4986d86a17424ee_ek.pdf adresinden erişildi.

Onat, E., Mayıs (2017). Mimarlık, Form ve Geometri, Architecture, Form and Geometry. ELİF YAYIN EVİ, Çankaya/ANKARA.

Oklahoma Medical Research Foundation, New Research Tower. 25 Nisan 2021 tarihinde https://inhabitat.com/venger-wind-unveils-worlds-largest-rooftop-wind-farm-in-oklahoma-city/ adresinden erişildi.

Oral, G.K., (2010). Enerji Verimli ve Çevre Dostu Konutlar. (YÖK). Asansör Dünyası, No. 98, 2016, ISSN: 1306-3227 (Özgün makaledir). 05 Mayıs 2019 tarihinde https://akademi.itu.edu.tr/search-results?st=ENERJ%C4%B0&cp=9&ps=20&et= adresinden erişildi.

Özdemir, B.B., (2005). Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Özer, S., (2004). "A feasibility study and evaluation of financing models for wind energy projects: A case study on Izmir Institute of Technology campus area", Yüksek lisans tezi, İzmir Institute of Technology, 2004,

Palestra - Will Alsop building London, England. 22 Mart 2020 tarihinde http://www.yapi.com.tr/haberler/ingiltere-palestra---will-alsop_95747.html

https://www.emporis.com/buildings/138137/palestra-london-united-kingdom adresinden erişildi.

Phare Tower. Paris. France 2011. 11 Ekim 2020 tarihinde http://urbanlabglobalcities.blogspot.com/2011/01/morphosis-phare-tower-construction-will.html adresinden erişildi.

Pinderest. (2020). Dans Eden Ev. 08 Ağustos 2020 tarihinde https://www.pinterest.dk/pin/279012139392497502/ adresinden erişildi.

Prenecon. (2018). Prenecon AŞ. Photo Archive. 18 Aralık 2018 tarihinde www.prenecon.com adresnden erişildi.

Poul La Cour (2018). Poul La Cour Kimdir? 2 Aralık 2018. Çeyrek Mühendislik soyal Medya Platformu. 27 Nisan 2021 tarihinde https://www.ceyrekmuhendis.com/poul-la-cour-kimdir/ tarihinde erişildi.

Rebeca Paul., (2008). LILYPAD: Floating City for Climate Change Refugees. 24 Nisan 2021 tarihinde https://inhabitat.com/lilypad-floating-cities-in-the-age-of-global-warming/ adresinden erişildi.

Rüzgar Santrallerinin Proje Süreci Ve Örnek Bir Uygulama. www.tedas.gov.tr - See more at: 09 Eylül 2018 tarihinde http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/ruzgar-santrallerinin-proje-sureci-ve-ornek-bir-uygulama#sthash.N1ug28KI.dpuf adresinden erişildi.

Sağlam Ö.,(2010).“Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgâr Enerjisi, Rüzgâr Santralinin Kurulum Maliyetinin ve Güç Analizinin Bulunmasını Sağlayan Matlab ve Simulink Paket Programı”, Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul 2010

Shangai Expo, (2010). Resim: Italy Pavillion for Shanghai Expo 2010. 15 Ağustos 2020 tarihinde https://www.archdaily.com/21180/italy-pavillion-for-shanghai-expo-2010-iodice-architetti?ad_source=search&ad_medium=search_result_all adresinden erişildi.

Sayın, S. (2006). (Yüksek lisans tezi) . Yenilebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları. T.C. Selçuk Üniversitesi. Fen bilimleri enstitüsü. Mimarlık ana bilim dalı.

Konya, 2006. 02 Ağustos 2019 tarihinde https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp adresinden erişildi.

Sideri, P. (2009). (ΣΙΔΕΡΗ ΠΗΝΕΛΟΠΗ.) ΤΜΗΜΑ: Α δ ΥΠΕΥΘΗΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: κα. ΓΑΛΛΙΑΝΔΡΑ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΤΟΣ: 2008- 2009 «ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ»ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑ. (Sideri Pinelopi. Bölüm: A d, sorumlu öğretmen: Sayın GİALLANDRA okul yılı: 2008-2009 "RÜZGARGÜLÜ" TEKNOLOJİ BİRİMİ: ENRJİ). 29 Kasım 2018 tarihinde http://sideris.de/Penelope/penelope_s.pdf adresinden erişildi.

Sohrabi, S. (2015). Ekolojik Mimarlık Kapsamında Çok Katlı Konut Yapılarının Tasarım Kriterleri. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü İçmimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı. Ankara 2015.

Sohou, A. Danışman Öğretmen: IR. NTOUSİS. Rüzğar Enerjisi: Rüzgar Yellerinden Rüzgar Enerjisine. 1' Ortaokulu ΑΓ.ΙΩΑΝ.ΡΕΝΤΗ okul dönemi: 2013-2014 sınıf Α6. (Αιολική Ενέργεια: Από τον ανεμόμυλο στις ανεμογεννήτριες. 1ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΑΓ.ΙΩΑΝ.ΡΕΝΤΗ Σχολικό Ετος : 2013-2014 ΤΑΞΗ Α6. Αλέξανδρου Σώχου, Καθηγητής : ΗΡ. ΝΤΟΥΣΗΣ). 16 Haziran 2018 tarihinde https://www.irantousis.gr/01_TEXNOLOGIA_A!_TAKSIS/04_grapti_ergasia_a/43_apo_ton_anemomilo_stin_anemogen_.pdf adresinden ulaşıldı.

SRG TOWER. 26 Nisan 2020 tarihinde https://www.wmeglobal.com/portfolio/srg/ adresinden erişildi.

Shanghai Tower. 09 Ocak 2021 tarihinde https://old.skyscraper.org/EXHIBITIONS/TEN_TOPS/shanghaitower.php adresinden erişildi.

Strata Tower, London, England. 10 Mart 2019 tarihinde https://www.researchgate.net/figure/Strata-SE1-London-7_fig16_280597374 adresinden erişildi.

Şen, Ç., (2003). Gökçeada'nın Elektrik Enerjisi İhtiyacının Rüzgar Enerjisi İle Karşılanması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, İzmir 2003.

Şenyurt, U. S., Altın, M. (2014). 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014 Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş – İstanbul. 06 Ekim 2019 tarihinde www.catider.org.tr/index.php?action=page&id=280 adresinden erişildi.

Tavşan, C. (2020) Yüksek mimar. Mimari Form Analizi için Bir Yöntem Araştırması: Çağdaş Mimarlık Akımlarına Bağlı Son Dönem Müze Yapılarında Uygulanması. Doktora Tezi 96717. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı. Trabzon 2020. 30 Ocak 2021 tarihinde https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp adresinden erişildi.

Telyakar, Z. Ankara, (2018). Mekan ve Form İlişkisinde İkonik bir Yaklaşım: Strachitecture TasarımAnlayışı. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü. İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı.

Tomilson, R. & Partners. (2014). Case Study Pearl River Tower, Guangzhou. CTBUH Journal, 2014 Issue II. 24 Mart 2019 tarihinde https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/1629-case-study-pearl-river-tower-guangzhou.pdf adresinden erişildi

Tosun, C., (2014). Modern Mimari ile Buluşan 7 Cami. 08 Ağustos 2021 tarihinde https://www.gzt.com/gztmzt/modern-mimari-ile-bulusan-7-cami-2798122 adresinden erişildi.

Tower of Power Taichung, Taiwan. 24 Nisan 2020 tarihinde http://www.nlarchitects.nl/slideshow/151/

https://www.designboom.com/architecture/nl-architects-tower-of-power/

adresinden erişildi.

Uçar, S., (2007). Rüzgar enerjisiyle Elektrik Üretimi ve Kayseri İli için Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Uyar, F. (2016). Rüzgar Enerjisi Nedir? Rüzgar Türbini Çeşitleri Nelerdir? 6 Mayıs 2016 yazısı. 15 Kasım 2018 tarihinde http://www.enerjibes.com/ruzgar-enerjisi-nedir-ruzgar-turbini-cesitleri-nelerdir/ adresinden ulaşıldı.

Ünal, M. F. 4 Kasım (2014). SU ALTI TÜRBİNLERİ. 03 Şubat 2019 tarihinde https://enerjiteknolojileri.wordpress.com/2014/11/04/su-alti-turbinleri/ adresinden erişildi.

Vertical Axis wind Turbine. Jan. – April 2017. Group 4. Supervisors: Ass. Prof.Dr. Mohamed Osman Abdalla. Dr. Yu Lih Juin. UCSI University, Faculty of Engineering, technology & Buit Enviromental EM419 Design Project. 16 Şubat 2021 tarihinde https://www.academia.edu/35128541/Design_Project_Vertical_Axis_Wind_Turbine?email_work_card=view-paper adresinden erişildi.

Vincent Callebaut. (2014). Designs Sustainable Mixed-Use Complex for Cairo" Cite: Sadia Quddus. 09 Nov 2014. ArchDaily. Accessed 11 Oct 2020. <https://www.archdaily.com/565550/vincent-callebaut-designs-sustainable-mixed-use-complex-for-cairo> ISSN 0719-8884. 11 Ekim 2020 tarihinde https://www.archdaily.com/565550/vincent-callebaut-designs-sustainable-mixed-use-complex-for-cairo?ad_source=search&ad_medium=search_result_projects adresinden erişildi.

Yapıdergisi. (2020). Arizona State University, Global Institute of Sustainability. 20. Mart 2020 tarihinde https://yapidergisi.com/ruzgari-yakalayan-binalar/ https://www.google.com/search?q=b%C4%B1na+monte+r%C3%BCzgar+t%C3%BCrbinleri&sxsrf=ALeKk022ZfDXFzpRL8Ff2q7A8spkuMTMQ:1624223906026&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=zjDAF5-D_KlsDM%252CFoeRbq2vMtIZlM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kRpAwSe_-0Spw7LOycWibjwMeowjw&sa=X&ved=2ahUKEwi_xtDHkafxAhUNhf0HHXrrBiEQ9QF6BAgKEAE#imgrc=Ht1Wz384qqicgM&imgdii=t6ZRJ52fhbf_qM adreslerinden erişildi.

Yılmaz, Z., (2005). "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 23-26 Kasım İzmir, s: 387-398. 18 Ekim 2019 tarihinde https://docplayer.biz.tr/8224269-Akilli-binalar-ve-yenilenebilir-enerji.html adresinden erişildi.

Yılmaz, Z., (2006). "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Birimi.Tesisat Mühendisliği Dergisi. Sayı: 91, s. 7-15 , 2006

Zelanski P. Fisher, 1984. Design Principles and Problems, Holt, Rinehart and Winston Inc., New York. 06 Temmuz 2019 tarihinde https://archive.org/details/designprinciples00zela adresinden erişildi.

Zelanski, P., Fisher, M.P., (1987). Shaping Space, Holt, Rinehart and Winston Inc., New York.

Zamanmühendisi. (2014). Pentagon nedir. 06 Haziran 2019 tarihinde http://zamanmuhendisi.blogspot.com/2014/10/pentagon-nedir.html adresinden erişildi.

Wikipedia. (2018). Rüzgar Enerjisinin Gelişimi ve Tarihi. (Heron of Alexandrea, from wikipedia) 09 Eylül 2018 tarihinde http://en.wikipedia.org/wiki/Heron_of_Alexandria adresinden erişilmiştir.

Wikipedia. (2019). Dünya nüfusu. 10 Aralık 2019 tarihinde https://tr.wikipedia.org/wiki/Dünya_nüfusu adresinden erişilmiştir.

Wright F. Lloyd (2019). Frank Lloyd Wright Eserleri Doğada Eriyen Mimarlık. 07 Haziran 2019 tarihinde https://archeetect.com/tr/frank-lloyd-wright/ adresinden erişildi.

Wrong, W., (1972). Principles of Two Dimensional Desing, Van Nostrand Reinhold, New York. 06 Temmuz 2019 tarihinde http://www.renejmarquez.com/129/principles_of_2D.pdf adresinden erişildi.

Wuhan Energy Centre Chine.,2013. 26 Nisan 2021 tarihinde https://aasarchitecture.com/2013/09/wuhan-energy-centre-by-grontmij-and-soeters-van-eldonk-architects.html/ adresinden erişildi.