

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN GÖKDELEN MİMARİSİNE
ETKİSİNİN TİPOLOJİK İNCELENMESİ**

Mimar Recep SEMİZOĞLU

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Mimari Tasarım Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Seda TÖNÜK

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
1.2 Çalışmanın Kapsamı	2
1.3 Çalışmanın Yöntemi	3
2. TEZDE KULLANILAN KAVRAMLARIN AÇIKLANMASI.....	4
2.1 Ekoloji ve Sürdürülebilirlik	4
2.2 Enerji ve Enerji Kaynakları	6
2.2.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	7
2.2.2 Yenilenebilir (Temiz) Enerji Kaynakları.....	8
3. RÜZGAR ENERJİSİNİN TANIMI, TARİHÇESİ VE TEKNOLOJİSİNİN İNCELENMESİ.....	11
3.1 Rüzgâr ve Rüzgar Kullanımının Tarihçesi	11
3.2 Rüzgar Türbinlerinin Yapısı Ve Çeşitleri.....	15
3.2.1 Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri	16
3.2.2 Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri.....	18
3.2.3 Rüzgar Türbinlerinin Avantaj ve Dezavantajları.....	20
4. YÜKSEK BİNALARDA RÜZGAR ENERJİSİNİN KULLANIMININ ÖRNEKLENEREK İRDELENMESİ.....	23
4.1 Yüksek Binaların Rüzgar Bağlamında Tasarım Sorunları	29
4.2 Yüksek Binaların Enerji İhtiyaçları ve Bu Binaların Enerji Kazanım Yöntemleri.....	34
4.3 Rüzgar Türbini Kullanan Yüksek Bina Örneklerinin Yerleşme Özellikleri ve Form Bakımından Kıyaslanması	36
4.3.1 Bahrain World Trade Center	36
4.3.2 Pearl River Tower	41
4.3.3 Clean Technology Tower (Tip Proje).....	45
4.3.4 The Lighthouse Tower.....	47
4.3.5 Castle House London.....	49
4.3.6 Dynamic Tower Dubai (Tip Proje).....	52
4.3.7 Anara Tower	57
4.3.8 Dubai City Tower (Konsept Proje).....	59

4.3.9	Burj Al-Taqa (Konsept Proje)	63
4.3.10	Skyhouse London (Konsept Proje).....	64
4.3.11	COR Florida (Konsept Proje).....	66
5.	SONUÇ.....	67
KAYNAKLAR.....		72
İNTERNET KAYNAKLARI		73
EKLER		74
Ek 1 Rüzgar Türbini Kullanan Yüksek Binaların Künyesi		75
Ek 2 Binaların Coğrafi Konumları ve Binadaki Yerine Göre Rüzgar Türbini Seçimleri		76
ÖZGEÇMİŞ.....		77

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1.	Sürdürülebilirlik mimarlık şeması (AUTEXIER, 2007).....	6
Şekil 3.1.	Deniz seviyesinden 50 m yukarısına göre Dünya rüzgar atlası (1)	12
Şekil 3.2.	Pers Tipi Yel Değirmeni (Spera, 1994)	13
Şekil 3.3.	Vitruvius dişli mekanizması (Spera, 1998).....	14
Şekil 3.4.	Paul La Cour'un 1897'de Danimarka'da Askov Halk Okulu'nda ki iki deney türbini (3)	15
Şekil 3.5.	Rüzgar türbini bileşenleri (4)	16
Şekil 3.6.	2kW'lık Dunlite tipi yatay eksenli rüzgar türbini (5)	17
Şekil 3.7.	Kenya ve Pakistan'da su pompalamakta kullanılmış yatay eksenli rüzgar türbini (5)	17
Şekil 3.8.	Darrieus tipi dikey rüzgar türbini (6)	18
Şekil 3.9.	Etiyopya'da kullanılmış Savonius tipi rüzgar türbini (5)	19
Şekil 3.10.	Turks and Caicos adalarında kullanılmış dikey rüzgar türbini (5)	20
Şekil 3.11.	Rüzgar türbinlerinin elektromanyetik dalga kırma etkisi (Söylemez, 2006)....	22
Şekil 4.1.	Monadnock Binası (8).....	24
Şekil 4.2.	Empire State Binası 381m yüksekliği ile inşa edildiği tarih olan 1931 yılından 1968 yılına kadar en yüksek bina ünvanını elinde tutmuştur (9).....	25
Şekil 4.3.	Sears Tower (11).....	26
Şekil 4.4.	Taipei Tower (12)	27
Şekil 4.5.	Burj Dubai (13)	28
Şekil 4.6.	Rüzgar hız eğrisi şeması, (a) atmosferik sınır tabakası, (b) yükseklikle bağlantılı rüzgar hız değişimleri (Aysu, 1999)	29
Şekil 4.7.	Bir binanın etrafındaki esinti alanları (Aynsley, 1977)	30
Şekil 4.8.	Rüzgarın, basitleştirilmiş, iki boyutlu akış şeması (Taranath, 1988).....	32
Şekil 4.9.	Köşeli plan formları dairesel plan formlarına nazaran rüzgar yüküne karşı daha verimlidir (Aysu, 1999).	32
Şekil 4.10.	Bina yüzeyine açılan delik çapraz rüzgar etkisini azaltmakta büyük rol oynar. (Aysu, 1999)	33
Şekil 4.11.	500m ve 1000m lik iki kulenin ortalama sıcaklıkları (Leung, 2008)	35
Şekil 4.12.	Bahrain World Trade Center (Smith, 2007)	36
Şekil 4.13.	Bahrain World Trade Center Vaziyet planı	37
Şekil 4.14.	Üç türbinde de rüzgardan alınan verim yaklaşık olarak birbirine eşittir	38
Şekil 4.15.	Bahrain W.T.C.'ın en üstteki rüzgar türbinine göre yapılmışhava akım şeması	

	(Smith, 2007)	40
Şekil 4.16.	Pearl River Tower (Hansen, 2007)	41
Şekil 4.17.	Pearl River Tower Vaziyet Planı	42
Şekil 4.18.	Pearl River Tower ‘da Kullanılan Darrieus Rüzgar Tipi Türbini ve Tasarım Yaklaşımı (16)	43
Şekil 4.19.	Pearl River Tower Rüzgar Akım Analizi, Bina Boşluklarında Oluşan Rüzgar Basıncını Göstermektedir (17).....	44
Şekil 4.20.	Clean Technology Tower (solda) ve köşe kısmındaki türbinleri gösteren şematik kesit (sağda) (18)	45
Şekil 4.21.	Clean Technology Tower rüzgâr akım şemaları (18)	46
Şekil 4.22.	The Lighthouse Tower gece görüntüsü görselleştirmesi [20].....	47
Şekil 4.23.	The Lighthouse Tower Vaziyet Planı	48
Şekil 4.24.	Lighthouse Tower Rüzgar Akım Şeması.....	49
Şekil 4.25.	Castle House Görselleştirmesi (22).	50
Şekil 4.26.	Castle House Vaziyet Planı.....	51
Şekil 4.27.	Castle House rüzgar akım diagramları (23).	52
Şekil 4.28.	Dynamic Tower Dubai (24)	53
Şekil 4.29.	Dynamic Tower prefabrik inşa sistemi (24)	54
Şekil 4.30.	Dynamic Tower rüzgar türbinleri çalışma şeması (Fisher, 2007).....	55
Şekil 4.31.	Dynamic Tower rüzgar türbinleri çalışma şeması (Fisher, 2007).....	56
Şekil 4.32.	Anara Tower (26).....	57
Şekil 4.33.	Anara Tower Vaziyet planı.....	58
Şekil 4.34.	Anara Tower rüzgar akış diagramı	58
Şekil 4.35.	Anara Tower devasa rüzgar türbini ve çatı restoranı (25)	59
Şekil 4.36.	Dubai City Tower görüntüsü canlandırması.	60
Şekil 4.37.	Dubai City Tower vaiyet planı.....	61
Şekil 4.38.	Dubai City Tower ekolojik yaklaşım şeması.	62
Şekil 4.39.	Burj Al-Taqa kulesi görselleştirmesi	63
Şekil 4.40.	Skyhouse London projesi.....	65
Şekil 5.1	Rüzgar türbinini kullandıkları yere göre sınıflandırılmış yüksek bina tipleri... 68	
Şekil 5.2	Türbinlerinde rüzgar hızı ve kazanılan elektriği gösterir tablo (Smith&Killa, 2007).	69
Şekil 5.3	Manhattan Adası’nda oluşan rüzgar akış diagramı (26)	70

EKLER

Ek 1 - Rüzgar Türbini Kullanan Yüksek Binaların Künyesi

Ek 2 - Binaların Coğrafi Konumları Ve Binadaki Yerine Göre Rüzgar Türbini Seçimleri

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi çalışmalarım boyunca, manevi desteği, hoşgörüsü ve sabrı ile bu çalışmayı gerçekleştirmemde büyük payı olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Seda Tönük'e ;

lisans ve yüksek lisans çalışmalarım boyunca yanımda olan tüm arkadaşlarıma;

desteklerini esirgemeyen tüm yakınlarıma;

maddi ve manevi destekleri ile her zaman yanımda olan, sevgili annem, babam ve kardeşime;

sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Temmuz 2009

Recep Semizoğlu

ÖZET

Son dönemlerde fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, hızlı nüfus artışı ve toplumlardaki tüketim eğilimlerinin artması gibi nedenlerle karbondioksit, metan ve dioksit monoksit gazlarının atmosferdeki yığılması artış göstermiştir. Bilim adamlarına göre bu küresel ısınmaya neden olan etkidir. Küresel ısınmanın hızla artması ekolojik dengeyi bozarak insan ve canlı geleceğini tehlikeye sokmaktadır. Bu soruna çözüm olarak, kullandığımız fosil yakıtların tüketimini azaltmamız gerekmektedir. Harcadığımız enerjinin %40-%50 civarını binalar harcamaktadır. Giderek artan enerji ihtiyacımızı karşılayabilmek için, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisinin kullanımı son yıllarda giderek önem kazanmıştır. Gökdelenlerin rüzgâr potansiyelinden faydalanabilmek için bu binaların tasarımında rüzgar türbinlerinin kullanımı gündemdedir.

Bu çalışmada; henüz tasarım veya yapım aşamasında olan, tasarımında rüzgar türbini kullanılmış gökdelenlerin dizaynında, rüzgardan maksimum faydalanabilmek için bina formunun nasıl etkilendiği irdelenmeye çalışılmıştır. Birinci bölümde, çalışmanın amacı ve kapsamı belirtilmiştir. İkinci bölümde, enerji kavramının tanımı yapılmış, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları incelenmiş ve rüzgâr enerjisinin önemi vurgulanmıştır. Üçüncü bölümde, rüzgar enerjisi hakkında bilgi verilmiş ve rüzgar türbinleri incelenmiştir. Dördüncü bölüm, yüksek binaları ve bu binaların tasarım sorunlarını ele almış, bu sorunlar arasında rüzgarın yeri hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, tasarımı veya yapımı devam eden bu tip yüksek yapılar örneklenmiştir. Son bölümde bu yapıları coğrafi konumlarına ve rüzgar türbinlerinin yapıda kullanıldıkları yere göre tabloda kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar türbinleri, ekoloji, yüksek binalar

ABSTRACT

Last years, because of using fossil fuels, losing our forests and rising human population, atmospheric gases which are dioxit monoxide, carbon dioxide and metan have increased. According to scientists, the factors that cause global warnings are these gasses. Disrupt the ecological balance of global warming by rapidly increasing, human and alive future is jeopardized. As a solution to this problem, we shouldn't use fossil fuels too much anymore. Thus we know that buildings which we live in spend 40-50 percent energy of human consumption. To meet the growing energy needs of mankind, use of wind energy, which is a renewable source, has become increasingly important. To be able to take advantage of the wind potential of skyscrapers, in designing of these buildings, using wind turbines is agenda.

In this work; yet in design or under constructing skyscrapers which use wind turbines are examined in how wind turbines effect designing of form. The first part, the purpose and scope of work is specified. The second section, definition of the concept of energy, renewable or unrenearable energy sources are examined, and the importance of wind energy are highlighted. In the third section, information about wind energy is given and wind turbines are investigated. In the fourth chapter, the design of high buildings and the building problems are addressed, information about what is the role of wind in these problems are given. Moreover, section gives examples about skyscrapers ongoing designed or constructed. Last chapter includes tables which compares these skyscrapers according to geographical location or wind turbine usings.

Key words: wind turbines, ecology, skyscrapers

1. GİRİŞ

Karbon emisyonlarının ve toksik atık oranlarının artması, doğal kaynakların giderek yok olması, küresel ısınmanın giderek artması, hava ve su kirliliği ve bunların ekolojik dengeyi bozması sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu global bir sorundur ve bu sorunu çözmek için, uygulamak üzere ortak kararlar alınması, bu kavram etrafında birleşmesi şarttır. Doğal kaynakların korunması için yeniden kullanımın ve dönüşümlü malzemelerin kullanımının arttırılması, enerji ve doğal kaynak verimliliğinin sağlanması da sürdürülebilir global toplumların oluşturulması için gerekli anahtar çalışmalardandır.

Binalar ana enerji tüketim kaynaklarından biri olarak, verimli alanların yok olmasına, doğal kaynakların tüketilmesine, kirliliğe ve karbon emisyonlarına sebep olmaktadır. Çevresel politika analizinde, kentsel planlamadan başlayıp daha alt birimlere, çevre, bina ve iç mekan tasarımına kadar inilmesi gerekmektedir. Buna sürdürülebilirlik ve mimarlık olarak bakmak gerekirse, bina çevresinin, iç mekanların, malzemelerin insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkilerini incelemek gerekir. Bina malzemelerinin üretiminden, taşınmasına ve kullanılmasına kadar geçen süre içerisinde harcanan enerji o malzemenin çevresel performansının göstergelerinden biridir. Bunun içindir ki bina malzemelerinin hayat süreçlerinin değerlendirilmesi önemlidir. Teknolojik gelişmeler sonucu ortaya çıkan modern binalar yaşam standartını yükseltmesinden ziyade pek çok çevresel problem ortaya çıkartmaktadır. Sentetik malzemeler, zararlı kimyasal maddeler bunlardan bazılarıdır. Endüstriyel ekoloji kavramı, endüstriyel gelişme sürecinde karşımıza çıkar ve endüstriyel ürünlerin ve proseslerin tasarımı ve üretimi sırasında çevresel kaygıların ön plana çıkmasını içerir. Amacı malzemelerin yaşamsal döngüleri yani hammadde oluşumundan atık oluşumuna kadar geçen süre içindeki enerji seviyelerini optimize etmek, atık ve kirlilik oluşumunu en aza indirmektir.

Ekolojik dengeyi koruma ve doğal kaynakları hesaplı tüketme zorunluluğu tasarımcıları ve yatırımcıları yeni önlemler almaya yöneltmekte, ekolojik tasarım ilkelerini göz önünde bulunduran binaların yapımı hızlanmaktadır. Bu anlamda mimarlığın konumu önemlidir; zira

- Dünya genelinde tüketilen enerjinin % 50'si,
- Suyun % 42'si bina yapımında ya da kullanım süreçlerinde harcanmaktadır.
- Küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının % 50'si,
- İçme sularındaki kirlenmenin % 40'ı,

- Hava kirliliğinin % 24'ü, CFCs ve HCFCs emisyonlarının % 50'si yapılarla ilişkili faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Eryıldız, 2003).

Her ne kadar doğru bina formu ve doğru malzeme seçimi, binaların ısıtma ve soğutma maliyetini azaltmada etkili olsa da günümüz teknolojisinin getirdiği elektrik ihtiyacını karşılamada ek enerji üreteçlerine gereksinin duyulmaktadır. Bu bağlamda tam bir enerji sömürgeci olan gökdelenlerin tasarımında, gökdelenlerin yüksek rüzgar performansından yararlanılan rüzgar türbinlerinin kullanımına son yıllarda bir eğilim olmuştur.

1.1 Çalışmanın Amacı

Yenilebilir kaynaklarımızın hızla tükendiği bu dönemde, yeniden gündeme gelen ve hatırlanan rüzgar türbini teknolojisi hızla gelişmeye başlamıştır. Daha önceleri ses sorunları nedeni ile tercih edilmeyen bu ekonomik ve doğayla barışık teknoloji şimdilerde yüksek binalar ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek binaların her geçen gün artan yükseklikleri ile bu binaların rüzgar enerjisi potansiyelleri de artmaktadır. Bunu değerlendirmek isteyen tasarımcılar yüksek binalara bütünleşmiş rüzgar türbinleri kullanarak, enerji kullanım maliyetleri çok yüksek olan bu binaların enerji sarfiyatından tasarruf etme çabasıdadır.

Bu çalışmanın öncelikli amacı; son zamanlarda yüksek yapılarda popüler bir tasarım elemanı haline gelen rüzgar türbinlerinin, yapıların mimarisini nasıl etkilediğini mercek altına almak ve rüzgar türbini kullanan yüksek yapı örneklerini incelemektir. Bu tür binaların yerleşim özellikleri, rüzgarı nasıl kullandıkları, hangi çevre şartları dikkate alınarak rüzgar türbini seçimlerinin yapıldığını tablolar ile açıklamaktır. Ayrıca, diğer bir amaç; rüzgar türbininin maksimum verimde çalışabilmesi için binanın formunun nasıl ve neye göre şekillendiğini gözlemlemek ve bu formun binanın enerji ihtiyacına getireceği katkıyı göstermektir. Son olarak şu an mevcut çevre şartlarına göre tasarlanan bu yüksek yapıların gelecekte mimari açıdan nasıl şekillenebileceğini tartışmaktır.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Çalışma; rüzgar türbini kullanan yüksek yapıların analizini yaparak bu yapılarda kullanılan rüzgar türbinlerinden nasıl faydalandığını içerir. Bu yapıları incelemeye geçmeden önce giriş bölümünde enerji, ekoloji ve sürdürülebilir mimarlık hakkında temel bilgi verilmektedir.

Sonraki bölüm rüzgar türbini teknolojisinin daha detaylı bir araştırmasını içerir. Bu bölümde türbin teknolojisinin nasıl geliştiği, avantajlarının ve dezavantajlarının neler olduğuna değinilmiş, yüksek binalarda kullanımının getireceği dezavantaj ve tehlikelerden bahsedilmiştir.

Diğer bölüm ulaşılmak istenilen araştırmanın diğer önemli bir bileşeni olan yüksek binalar hakkındadır. Yüksek yapıların tarihine değinildikten sonra bu yapıların tasarım sorunları arasında öncelikli rolü oynayan rüzgar etkisi hakkında bilgi verilmiştir. Yine bu bölümde yüksek binaların enerji sarfiyatlarının ne denli fazla olduğu örneklenerek açıklanmıştır.

4. bölümde rüzgar türbini kullanan yüksek bina örneklerinin türbine göre nasıl tasarlandığı şekillerle beraber irdelenmiştir. Vaziyet yerleşke özelliklerinden başlanarak binanın rüzgara karşı nasıl konumlandırıldığı, aerodinamik açıdan nasıl tasarlandığı açıklanmıştır. Ayrıca bu binaların rüzgar türbinden elde ettikleri kazançlar yüzdelerle belirtilmiştir.

Sonuç bölümü bu tür rüzgar türbini kullanan yapı örneklerini tablolar vasıtası ile sınıflandırır ve bu yapıların gelecekları hakkında öngörude bulunur. Ayrıca bu bölüm bütün tez sonunda elde edilen verileri özetleyen bir bölümdür.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Araştırmaya yönelik olan bu çalışmada öncelikle bu konuyla alakalı olan tez örnekleri incelenmiş ve bu tezlerden alınan notlar çeşitli kaynak kitaplarla desteklenerek bu çalışmaya aktarılmıştır. Yüksek yapı örnekleri araştırması internet ve makalelere dayanmaktadır. Araştırma sürecinde:

- Yapılacak araştırmalar çerçevesinde araştırmayı yönlendirecek soruların sorulması
- Konuyla alakalı olan rüzgar enerjisi ve yüksek bina kavramların incelenmesi ve bu kavramlarla ilgili bugüne kadar karşılaşılmış sorunların açıklanması
- Rüzgar türbini kullanan yüksek bina örneklerinin şemalarla anlatılması
- Sonuçların tablolar vasıtası ile değerlendirilmesi, yüksek bina örneklerinin sınıflandırılması ve gelecek kullanım potansiyelleri üzerine öngörüler gerçekleştirilmeye çalışılacaktır.

2. TEZDE KULLANILAN KAVRAMLARIN AÇIKLANMASI

İnsanın yaşamını sürdürebilmesi için doğaya karşı verdiği çaba sonucu, hızlı yapılaşma, plansız kentleşme, ekolojik yapının bozulmasına ve enerji kaynaklarının tükenmesine yol açmaktadır. Enerji kaynaklarının büyük bir bölümünün ise binalar tarafından tüketildiği bilinmektedir. 60 ve 70 li yıllarda meydana gelmiş küresel enerji krizinden sonra, mimarlıkta da ekoloji, sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji kaynakları gündeme gelmiştir. Üzerinde sıklıkla durulan ekoloji, sürdürülebilirlik kavramları, enerji ve enerji kazanım yöntemleri şöyledir:

2.1 Ekoloji ve Sürdürülebilirlik

Dünya Çevre Kalkınma Komisyonu, sürdürülebilir gelişmeyi, bugünün gereksinimlerini, gelecek kusakların da kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanagından ödün vermeksizin karşılamak biçiminde tanımlamıştır. Bu tanıma dayanarak sürdürülebilir kalkınma şöyle anlaşılabılır; Bu günün gereksinimlerini karşılama yöntemi olarak kalkınma etkinlikleri gerçekleştirilirken, gelecek kusakların, kendi kalkınmalarını gerçekleştirmek için kullanacakları dogal varlık tabanının korunması ya da azaltılmaması; kalkınmanın yeniden üretiminin kosulu olan dogal varlıkların geleceğe aktarılmasıdır. Daha genis biçimde sürdürülebilirlik, iki alanda yeniden üretim sürecinin sürekliliğinin güvenceye alınmasıdır. Bunlardan biri, kalkınmanın yeniden üretimidir. ikincisi de, dogal varlıkların kendini yeniden üretme kapasitesidir.

“Sürdürülebilir Kalkınma” kavramı ilk kez, 1983 yılında Norveç Başbakanı G.H.Brundtland'ın başkanlığında kurulan Birleşmiş Milletler Çevre ve Gelişme Komisyonu'nun, 1987 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kuruluna sundukları “Ortak Geleceğimiz” raporunda tanımlandığında, çevre ve kalkınma arasındaki dengenin de bölüşüm yoluyla yeniden sağlanabileceği yaklaşımı egemenliğini kuruyordu. “Ortak Geleceğimiz” adlı raporda sürdürülebilir kalkınma “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların da kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin karşılamak” biçiminde tanımlanıyordu. Yine bu rapora göre:

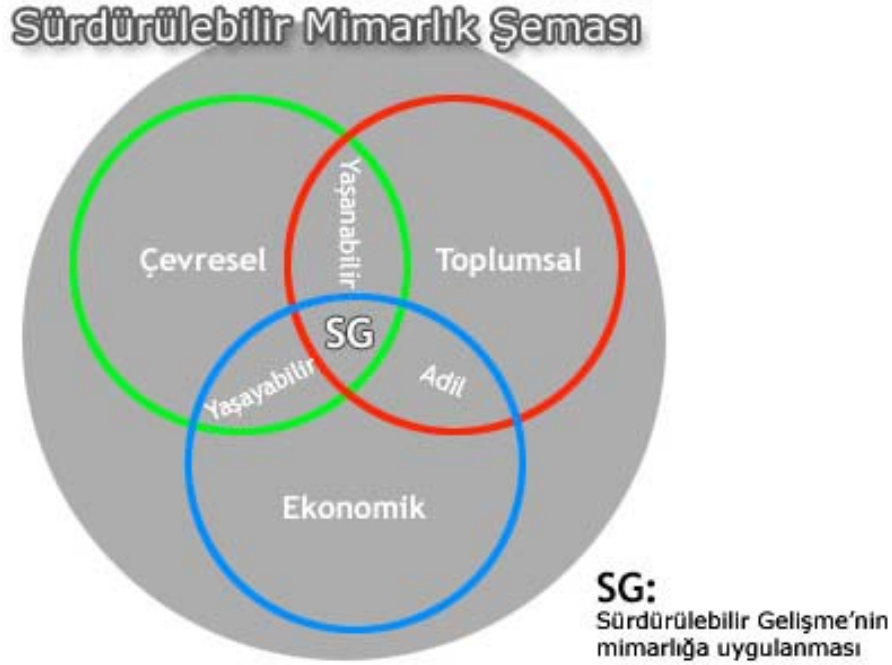
- Nüfus artışı hemen durdurulmalı,
- Gıda maddelerinin sağlanması sürekli duruma getirilmeli,

- Eko sistemin ve tür çeşitliliğinin yok edilmesi süreci durdurulmalıdır;
- Enerji tüketiminde yenilenemez enerji kaynaklarının yoğun kullanımından kaçınılmalı, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmelidir.
- Doğal kaynaklara ve çevreye zarar vermeyen teknolojiler geliştirilmeli, büyük kentlerin denetimsiz büyümeleri önlenmelidir.
- Enerji kentlerde, yapılarda üretilmeli; toplum yeni bir örgütlenmeyle daha az enerji kullanmalı.
- Çevreye etkinin azaltılması için yeraltı ve yer üstü kaynakları daha az kullanılmalı.
- İnsanlar çalışma hayatlarından vazgeçerek, gereksinimlerini sağlayacak yeterli enerji ve gıdayı, yaşadıkları alanlarda, “ekokent”lerde üretebilirler. Konutlarında ürettikleri sanat, kültür ürünlerini topluma sunmalı.
- İşbölümü, uzmanlaşma sayesinde insanlar daha az çalışmalı, daha özgür olmalı, daha yaratıcı alanlarda üretken olmalı.
- Daha çok tüketen değil, az tüketen değerli olmalıdır. (Akın, 2007)

Sürdürülebilirlik mimarlık alanında ilk gündeme geldiği dönemde “güneş mimarlığı” olarak adlandırılmakta ve doğal kaynakların en az düzeyde kullanımı amacına yönelik olarak, güneş enerjisinin aktif ve pasif yöntemlerle depolanmasını öngörmekteydi. Bu tasarım yaklaşımının zaman içinde gelişmesi, günümüzdeki “sürdürülebilir mimarlık” kavramının temellerini atmıştır. Son yıllarda mimarlık alanında sürdürülebilir tasarım stratejilerinin yoğun olarak gündeme gelmesi yüksek bina tasarımcılarının da dikkatlerini bu konu üzerine yöneltmiştir (Sev & Özgen, 2003).

Günümüz dünyasının pragmatik amaçları doğrultusunda, gelişme ve çevre kavramlarının birbirinden tamamen zıt iki kavram olarak görülmesinin zamanı geçmiş bulunuyor. Bu amaçlar, ekonomik, toplumsal ve çevresel düzene göre şekilleniyor. Sürdürülebilir Gelişme anlayışı da, tam olarak bu üç boyutu ön plana çıkarıyor. Kısaca açmamız gerekirse, yalnızca ekonomik – çevresel bir gelişimi yalnızca « yaşayabilir », toplumsal – çevresel bir gelişimi « yaşanabilir », toplumsal – ekonomik bir gelişmeyi ise « eşitlikçi » olarak adlandırabiliriz.

Sürdürülebilir Gelişme de, uygulanma biçimine göre, bu üç kavramdan biriyle tanımlanabilir. Ancak, bu anlayış, kesinlikle global dünyamızın ortak sorun alanlarına bir tür çözüm arayışıdır.



Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik mimarlık şeması (AUTEXIER, 2007)

Geniş anlamıyla çevre, doğal, toplumsal ve ekonomik denge, toplumsal ve insani gelişimin temelini oluşturur. Bugün, her alandaki insan aktivitelerinin hızlı gelişimi yüzünden büyük tehlike altındayız. Sürdürülebilir Gelişme çerçevesindeki üçlü bileşkede, çevre, kaynaklar ve kirlilik konularında yaşamı oldukça yoğun biçimde etkilemektedir. Bu problemler, kimi zaman yerel politikaların konusu olurken, kimi zaman da, çevre konusunda da küreselleşmeye başlamamız sebebiyle, uluslararası politikaların konusu olmaktadır. Çevreyle ilgili bu sorun alanları, genelde diğer problemlerden izole edilmiş ve noktasal çözümlerle sonlandırılmaya çalışılırken, aslında oldukça büyüklerdir. (AUTEXIER, 2007)

2.2 Enerji ve Enerji Kaynakları

Enerji; “maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç” olarak tanımlanır. Bir başka biçimdeki tanımı ise “organizmanın etkin gücü” dür (Türkçe Sözlük, 1988). Ancak en basit ve anlaşılabilir tanımıyla enerji “iş yapabilme gücüdür” denilebilir ve enerji elde etmenin birçok değişik yolu vardır. Fizik bilimine göre enerji maddenin soyutlaşmış

biçimidir. Enerji her yerdedir ve evren; enerjiden, onun birbirlerine dönüşümünden, birbirleriyle yaptıkları danstan oluşmaktadır. Evrende gördüğümüz, göremediğimiz, algıladığımız, hissettiğimiz her şey enerjidir. Bizler de enerjiden oluşmaktayız.

Evrendeki toplam enerji sabittir ve enerji yok edilemez. Enerjinin korunumu yasası olarak da bilinir. Bu yasaya göre enerji değişik formlarda bulunabilir. Isı, ışık, radyasyon, kimyasal, mekanik, elektrik, güç, ses, renk, düşünce, sevgi, yaşam, hareket vb. enerji çeşitlerine örnek olarak sayılabilir. Sayılan enerji çeşitleri birbirlerine dönüşebilir. Tüm doğal ve teknik enerji dönüşüm süreçleri tersinmezdir ve bu süreçlerin yönü hep olasılığı yüksek olan duruma doğrudur. Isı enerjisi, sıcaklığı yüksek olan cisimlerden düşük olanlara doğru akar. Bu süreç tersinmezdir. Yani dışarıdan yardım olmadan ısı, düşük sıcaklıktaki cisimden yüksek sıcaklıktaki cisme ısı aktarmak mümkün olmaz. Isı enerjisi hiçbir zaman tümüyle bir diğer enerji formuna, örneğin mekanik enerjiye dönüşmez. Ancak bu saptamadan, dönüşüm süreci esnasında, enerjinin bir kısmının yok edildiği anlamı çıkarılmamalıdır. Çünkü enerji yok edilemez. Bunun anlamı; ısı enerjisinin bir kısmının iş üretme yeteneğinden yoksun kalmasıdır. Potansiyel enerji, kinetik enerji, elektrik enerjisi gibi "daha kaliteli" olan enerji formları dönüşüm esnasında; "düşük kaliteli" enerji formuna, örneğin ısı enerjisine dönüşür (Künar, 2003).

Günümüzde birçok alanda en önemli ihtiyaç haline gelen enerji, üretim-tüketim ve talep doğrultusunda birincil ve ikincil kaynaklar olarak sınıflandırılır. Birincil kaynaklar doğada mevcut kaynaklardır. Bunlar fosil yakıtlar, güneş ve türevleri, uranyum, toryum, jeotermal enerji, su enerjileri vb. şeklindedir. İkincil enerjiler ise doğada var olmayan fakat doğada var olan başka bir enerji yolu ile elde edilen enerji kaynaklarıdır. Örneğin elektrik enerjisi, havagazı, briket, kok kömürü gibi (Bozdoğan, 2003). Ancak ekoloji kapsamında enerji kaynakları yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki grup altında incelenir.

2.2.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları kapsamına kömür, petrol, doğalgaz, turba, petrollü kayalar ve nükleer enerji gibi fosil yakıt olarak bilinen, güneş enerjisinin milyonlarca yıl öncesinden depolanması ile oluşan enerji kaynakları girmektedir. Endüstri devrimi ile beraber, 18. yüzyılda buhar makinelerinin ortaya çıkması sonucu dünya, enerji gücünün temini için termodinamik işlemlere dayanan makinelerden yararlanmaya başlamıştır. Bu makinelerin

kullanımıyla beraber fosil yakıtlara eğilim artmıştır. Fosil yakıtların istenildiği zaman kullanılarak enerji sağlayabilmesi bu eğilimin artmasındaki büyük etkindir.

1987 yılı tüketimi itibariyle dünya fosil yakıt rezervlerinin %70.4'ünü oluşturan katı yakıtların 226 yıl, %16.3'ünü oluşturan petrolün 41 yıl ve %13.3'ünü oluşturan doğal gazın 59 yıl içinde tükeneyeceği varsayılmaktadır. 1974 ve 1979 yıllarında yaşanan enerji krizlerinin ardından, dünya ülkeleri petrolün yerini alabilecek yakıt ve yeni enerji kaynaklarına yönelimin gerekliliğini kavramaya başlamışlardır (Bozdoğan, 2003). Böylece yenilenebilir, yani temiz enerji kaynaklarının kullanımına eğilim başlamıştır.

2.2.2 Yenilenebilir (Temiz) Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları : Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarıdır (resmi gazete, 2005). Bu tarz kaynakların kullanımı için insanoğlu çeşitli buluşlar yapmıştır. Güneş enerjisini direkt olarak kullanmayı hedefleyen güneş kolektörleri yapılmıştır. Bu kolektörlerin basit yapıda olanları sadece su ısıtmak amacı ile kullanılırken, daha karmaşık bir yapıdaki kolektör teknolojisi ile elektrik elde edilmektedir. Dalga, akıntı, gel-git enerjileri de elektrik enerjisi elde etmekte kullanılmaktadır. Biokütle enerjisi ile ısı enerjisine dönüştürülebilen yakıt türevlerini elde etmek mümkündür.

İklimsel veriler hangi enerjinin kullanımına uygun olduğunun belirlenmesinde baskın rolü oynar. Zira direk güneş enerjisinin kullanılması amaçlandığında dünyamızın güneşe daha yakın olan ekvator kuşağına yakın olan bölgeler avantajlı konuma geçmektedir. Ancak bu bölgelerin dışında kalan bölgelerde ise güneş enerjisinin dolaylı bir kazanımı olan rüzgar enerjisi kullanımı ön plandadır. Rüzgar türbini teknolojisinin gelişmesi ile günümüzde bu teknolojiye kazanılan enerjide de büyük oranda artma vardır. İleriki bölümlerde bu enerji çeşidine ayrıntılı olarak değinilecektir.

Enerji üretme işlemi, insanoğlunun en önemli varoluş süreçlerinden birisidir. İnsanların en eski enerji üretim yöntemi odunun yakılmasıdır. Akan suyun gücüyle değirmen çalıştırmak, rüzgârın gücüyle gemileri yürütmek, yine rüzgârla yeraltından su çıkarmak, birbiri peşi sıra insanların günlük yaşamına girmiş ve süreç içerisinde geliştirilmiştir.

Teknolojideki ilerlemeler, insan sayısının artması, insanın dünyaya egemen olma düşüncesi enerjiye olan talebi hızlandırıyor. Dünyada enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık % 4-5 oranında

artmaktadır. Buna karşılık bu ihtiyacı karşılayan fosil yakıt rezervi ise, çok daha hızlı bir şekilde azalmaktadır. Ayrıca gelecek nesiller için fosil yakıt yataklarından, kömürün 250 yıl petrolün ise 50 yıl sonra tükeneceği düşünüldüğünde bunların yerine yeni enerji kaynaklarının yapılandırılmasının ne kadar gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır. (Çağlar, 2008)

Fosil yakıtların çoklukla kullanılması nedeniyle dünyamız küresel ısınma tehdidi altındadır. Küresel ısınmanın hızla artması ekolojik dengeyi bozarak insan ve canlı geleceğini tehlikeye sokmaktadır. Eriyen buzullar yüzünden dünyanın deniz seviyesinde bulunan birçok adasında yerleşim alanları boşaltılmıştır. En kısa zamanda önlem alınmaması durumunda yakın gelecekte deniz kenarındaki birçok şehir sular altında kalacaktır. Bununla birlikte, şehirlerimizde, kullanılan fosil yakıtların atıkları insanoğlu için büyük tehdit oluşturmaktadır. Bu soruna çözüm olarak, kullandığımız fosil yakıtların tüketimini azaltmamız gerekmektedir.

Bilinçli mimari tasarım ile yapı ısıtma ve havalandırmasında kullanılan enerjinin yarıya indirilmesi mümkündür. Bunun maliyete getirdiği % 10 luk fark ise enerji kullanımının azalması nedeniyle kısa sürede kendisini finanse etmektedir. Bu konuda politika üretilirken; yapılaşma ve enerji ile ilgili devlet ve yerel yönetim birimleri işbirliği içinde olmalıdır. Özellikle edilgen enerjili ve bulunduğu çevreye uyumlu yapılaşma araştırmaları yanında örnek ve öncü uygulamaların desteklenmesi temiz enerji politikalarının başarısı yolunda önemlidir. Yaşamı yeniden “dayatılana alternatif” olarak kurma düşüncesiyle yola çıkmak, kuşkusuz ki yöntemleri ve araçları da sorgulamaktan geçer. Planlama ve mimari tasarımda ekolojik ilkeler yani doğal döngülerin sağlanması çıkış noktasıdır. Bu ilkeler arasında; yapılarda alternatif enerji kullanımını (güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle, biyogaz, biyo-diesel v.b.), atık suların yeniden kullanımını, yağmur sularının toplanmasını ve tekrar kullanımını, kompost gübrenin kullanımını, çevreci malzeme kullanımını ve yenilebilir peyzaj tasarımını sayabiliriz. Biraz daha açmak gerekirse;

Güneş enerjisi; güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ısıma enerjisidir, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Ana enerji kaynağımız güneştir. Pasif yada aktif yöntemlerle güneş enerjisinden faydalanma yöntemleri vardır. Aktif olarak güneşten, fotovoltaiik paneller vasıtası ile elektrik üretimi yapılabilmektedir. Pasif yöntemlerle ise direkt olarak güneşten faydalandığımız gibi, dolaylı yoldan da güneşin dönüştürülmüş enerjilerinden faydalanırız. Mesela, rüzgarlar, deniz dalgaları ve okyanus akıntıları güneş enerjisinin dönüşümleridir.

Hidroelektrik enerjisi; güneş enerjisinin etkisi ile çevrim sırasındaki bir kısım enerjinin açığa çıkmasıdır. Yağan yağmurların ardından buharlaşan yağmur suyunun geri kalanı, denizlere doğru hareket etmektedir. Bu akarsu enerjisi, su türbinlerini çevirerek elektrik elde edilmesini sağlamaktadır.

Hidrojen enerjisi; doğada var olan hafif ve temiz bir element olan hidrojenin çeşitli yollarla kullanılarak enerji üretilmesidir. Depolanıp ısıtma ve ulaşımında kullanılabilir, termal, mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürülebilir ve motorlarda yakıt olarak kullanılabilir.

Biyokütle enerjisi; yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu meydana gelen biyolojik kütle ve buna bağlı organik madde kaynaklarından elde edilen enerjidir. Modern biyokütle kaynakları, enerji ormancılığı ürünleri, orman ve ağaç endüstrisi atıkları, bir yetiştirme sezonu sonunda ürün alınan enerji bitkileri tanımı, tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıklarıdır.

Jeotermal enerji; yer kabuğunun derinliklerinde olağan dışı birikmiş ısınn oluşturduğu bir enerji türüdür. Bu ısı yeryüzüne bazen doğal olarak, bazen de sondajlarla sıcak su, sıcak su-buhar veya buhar şeklinde çıkmaktadır.

Deniz enerjileri; gel-git enerjisi ve dalga enerjisi olarak sıralanabilir. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi yeryüzünün $\frac{1}{4}$ 'ünü kaplayan sularla kaplı yüzeyler tarafından emilerek, ısıya dönüşür ve buna bağlı olarak oluşan yoğunluk ve tuzluluk tabakalaşması, gel-git ve dalga enerjisine dönüşür (Bozdoğan, 2003).

Ana enerji kaynağımız olan Güneş'in yaydığı enerjinin yeryüzünde enerjinin dönüşüm yasasına bağlı olarak değişim geçirmesi ile oluşan bu yenilenebilir enerji kaynaklarına ek olarak bir de rüzgar enerjisini sayabiliriz. 3. bölüm rüzgar enerjisi teknolojisi hakkında bilgi vermektedir.

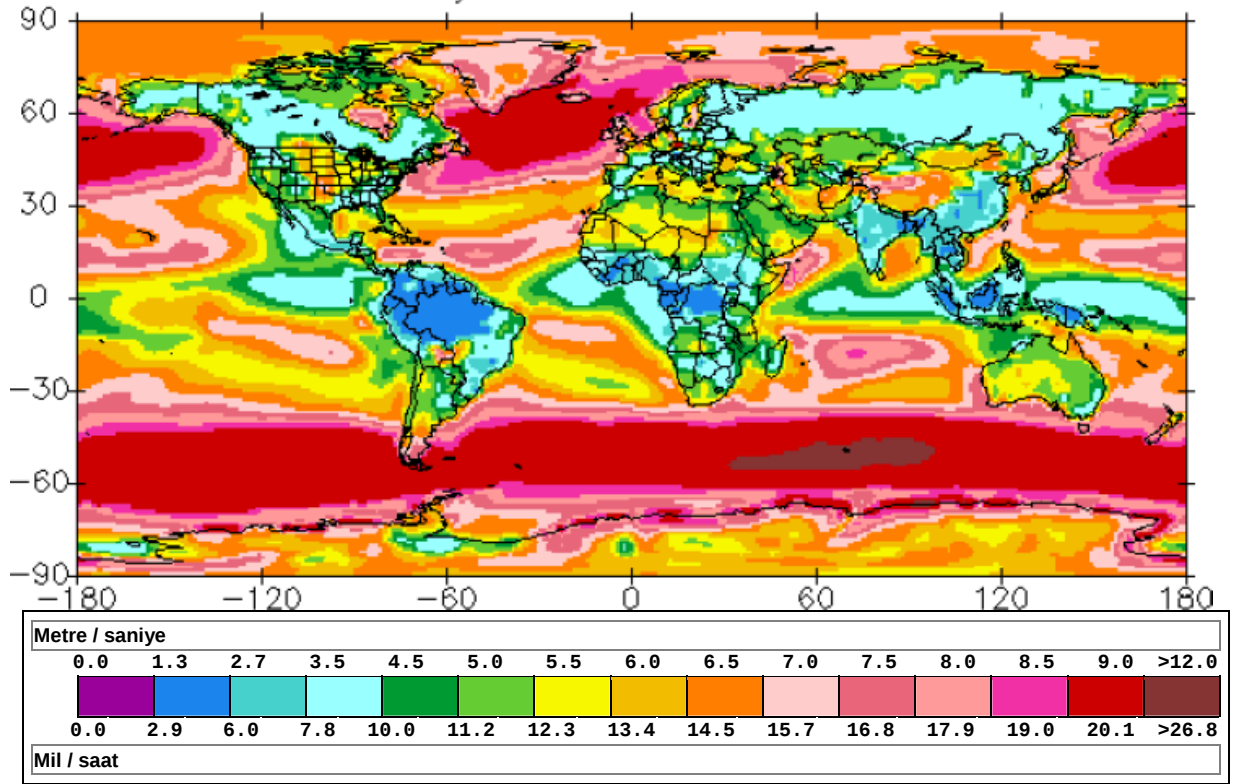
3. RÜZGAR ENERJİSİNİN TANIMI, TARİHÇESİ VE TEKNOLOJİSİNİN İNCELENMESİ

İnsanoğlu rüzgardan binlerce yıldır çeşitli yollarla yararlanmasını bilmiştir. Geçen yüzyıllara kadar ise sadece basit mekanik aletlerin kullanılmasında destek güç olarak kullanılan rüzgar, rüzgar türbinlerinin icadı ile alternatif enerji kaynağı olarak yerini almıştır. Bugün, teknolojisinin gelişimi ile çok daha fazla verim ve fonksiyonellikle çalışabilen rüzgar türbinleri alternatif enerji kaynakları arasında giderek popüler hale gelmektedir. Türbin teknolojisini incelemeye geçmeden önce rüzgarı ve rüzgarın eskiden nasıl kullanıldığını inceleyelim.

3.1 Rüzgâr ve Rüzgar Kullanımının Tarihçesi

Rüzgâr, güneş radyasyonunun yer yüzeyini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeylerinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da havanın hareketine neden olur. Dünya yüzeyi düzensiz bir şekilde ısınır ve soğur, bunun sonucu atmosferik basınç alanları oluşur, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına hava akışı yapar. Bu hava akışına rüzgâr denir (Aronin, 1953). Doğal olarak Dünya'nın güneşe daha yakın olan ekvator kısmı daha fazla ısınır. Ekvatordaki sıcak ve hafif olan hava yükselerek atmosferin dış bölgelerine yani kutuplara doğru yol alır. Bu hava sirkülasyonu ayrıca dünyanın dönmesi ile oluşan Coriolis güçlerinin de etkisi altında kalır. Atmosferin yeryüzünden 100 m kadar yukarı olan kısmı yüzey katmanı olarak bilinir ve bu katmandaki rüzgarlar düzensiz güçlerin etkisinde kalır. Bu güçlerin etkisi ile farklı frekanslarda ve şiddette çok çeşitli rüzgârlar oluşur. Bu rüzgarlar yerel rüzgarlar olarak adlandırılır (D. Bianchi F, De Batista H, J. Mantz R, 2007). Eğer tüm arazi düz ve pürüzsüz olsa idi, bir yerden diğerine rüzgar değişimi çok küçük olurdu. Tepelerin, vadilerin, akarsu vadilerinin, göllerin katılması ile bir karmaşık ve değişken rüzgar rejimi oluşur. Küçük ölçekte ağaçlar ve binalar da bu karmaşıklığa ilave edilir.

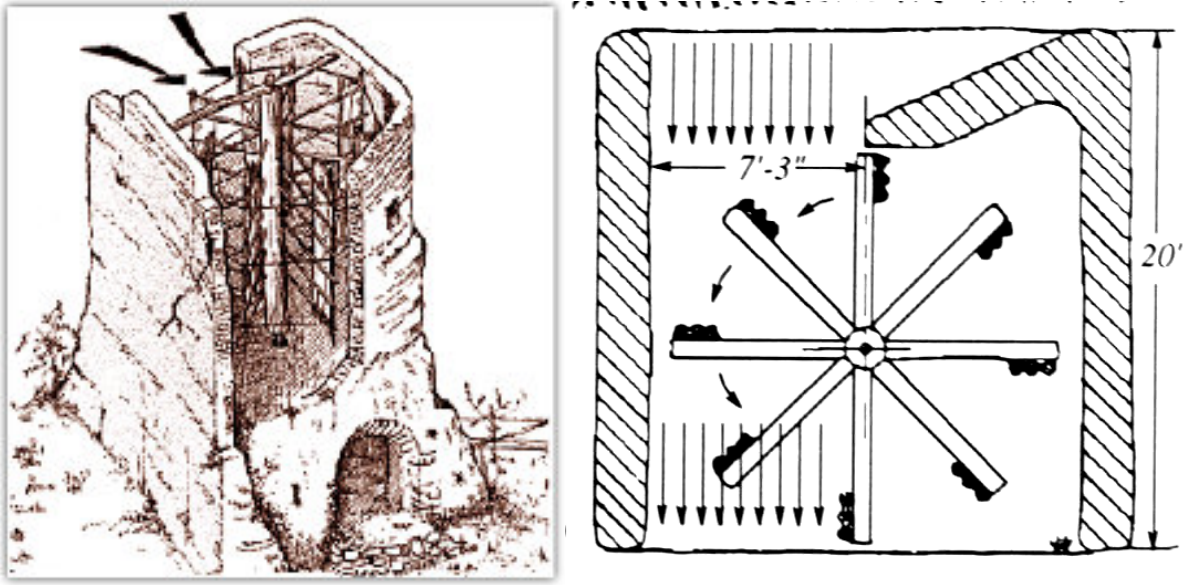
Rüzgâr hızı karada, düz bölgelere göre tepelerde daha yüksektir. Bu sebepten tepe bölgelere yerleştirilen rüzgâr türbinleri uygun miktarda rüzgar toplayabilir. Bununla birlikte, rüzgâr karşısına çıkan engeller arasından geçerken de hızında artma görülür. Bu artma yaklaşık %40 civarına kadar ulaşabilir. Bu etkiye tünel etkisi denir (Söylemez, 2006).



Şekil 3.1. Deniz seviyesinden 50 m yukarısına göre Dünya rüzgar atlası (1)

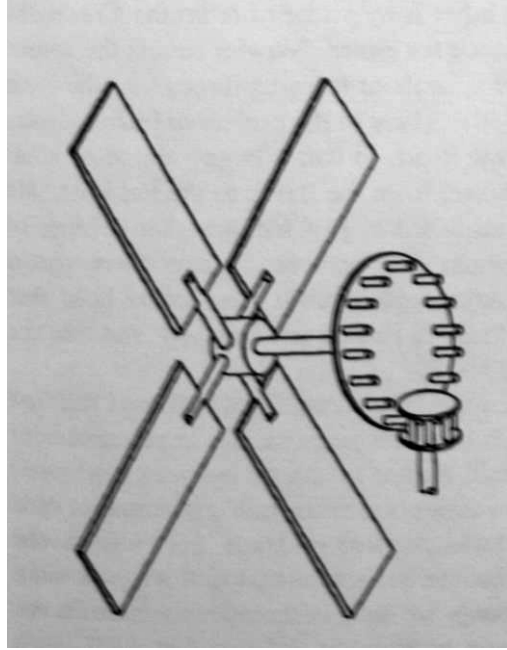
Yüzyıllar boyunca insanoğlu rüzgardan çeşitli yollarla faydalanmaktadır. Tarihte rüzgarın gücünden faydalanılmasına ait ilk kayıtlar doğu ülkelerinden gelmektedir. Hindistan, Tibet, Afganistan ve İran'da rüzgardan çok eskiden beri faydalandığına dair kayıtlar bulunmuştur (Söylemez, 2006). Rüzgâr gücünden ilk olarak yelkenli ve yel değirmenleri ile tahıl öğütmede yararlanılmıştır. 1. yüzyılda yaşayan İskenderiye'li Heron, Pneumatika adlı kitabında org çalmak için rüzgar gücünden faydalandığını belirtmektedir. ABD'de 1956'da yayınlanan bir kitabında Wulff'un belirttiğine göre, 10. yüzyılda İran'ın doğusundaki Sicistan bölgesinde persler düşey eksenli yel değirmenleriyle hem öğütme, hem de suların yükseltilmesiyle sulama yapılmaktaydı. (şekil 3.2). 13. yüzyılda Şam'da yaşayan El Dimişki adlı bilim adamının düşey eksenli yel değirmeni çizimleri mevcut olup, bu tip değirmenlerin o yöredeki örneklerine 1963 yılında bile rastlamak mümkündür (Ayvaz, 2006).

Bir rivayete göre pers tipi rüzgar değirmenlerinin ilk kullanımı Çinlilere dayanmaktadır. Çinliler bu tip değirmenleri 2000 yıl önce kullanmışlardır, ancak kullandıklarına dair ilk yazılı kaynaklar 1300 lü yıllara dayandığından bu rivayet pek desteklenememektedir (2).



Şekil 3.2. Pers Tipi Yel Değirmeni (Spera, 1994)

Rüzgar gücü kullanımı Asya'dan Avrupa'ya 10.yüzyıl civarında geçmiştir. Bu geçişin ilk belirtileri olarak 11. ve 12. yüzyılda İngiltere'de rüzgâr millerinin (kuyulardan su çekmekte kullanılan rüzgar değirmeni) kullanıldığı bilinmektedir. Mesela, 1190'lı yıllarda alman haçlılarını rüzgâr millerini Suriye'ye getirmiştir (Tümerdem, 2002). Perslerin kullandıkları dikey eksenli rüzgar millerinin aksine, yatay eksenli rüzgar milleri (yel değirmeni) Pers'lerden çok sonraları Avrupa'da kullanılmaya başlanmıştır. İlk örneklerle Almanya, Fransa, İngiltere ve İber Yarımadası'nda rastlanır. Bulgulara göre Avrupa'da bu aletler 1180-1190 yıllarından itibaren kullanılmaya başlanmıştır (Söylemez, 2006). Yel değirmenleri 19. yüzyılın başlarına kadar kullanımını sürdürmüştür. Perslerin yel değirmeninden farklı olarak burada yatay eksenli yel değirmeni kullanılmıştır. Eksenin farklı olması 3 adet sorunu beraberinde getirmiştir. Bunlardan ilki gücün yatay eksenden düşey eksene taşınmasıdır. Bu sorun Şekil 3.3'de görülen sistemler kullanılarak çözülmüştür. İkinci sorun değirmenin rüzgar yönünde dönebilmesidir ve bunu çözebilmek için sistemin merkezdeki ağır kiriş etrafında dönmesi sağlanmaktadır. Son sorun ise rotoru gereken durumlarda durdurmaktır. Bu da sisteme frenleme mekanizması takviyesi ile çözülmüştür. Yatay eksenli yel değirmeni daha karmaşık bir sisteme sahiptir, fakat dikey eksenliye göre daha verimlidir.



Şekil 3.3. Vitruvius dişli mekanizması (Spera, 1998)

Günümüzde rüzgarın en önemli kullanım alanı elektrik üretimidir. Rüzgar enerjisinden elektrik üretmeyi düşünen ilk kişi Poul La Cour (1846-1908)'dir (Tümerdem, 2002). 1891'de Danimarka'da Poul La Cour üç kanatlı pervaneye sahip yatay eksenli rüzgâr mili ile ilk kez elektrik üretime başlamıştır. Bu 25–35 kW'lık küçük elektrik üreticisiydi (Ayvaz, 2006). Bilime yaptığı önemli katkılardan biri de elektrikle hidrojen üretilip bunu aydınlatmada kullanmayı başarmasıdır.

Rüzgar türbinlerinde oluşan kinetik enerji jeneratör yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Bir türbinin kapasitesi 50 kW'tan başlayarak 5 MW'a kadar farklı olabilir. Ancak en ekonomik olanları 500 kW'lık türbinlerdir (Söylemez, 2006). Rüzgâr türbinlerinin bir çoğunun bir arada kullanılmasıyla rüzgâr santralleri oluşturularak elde edilen elektrik enerjisi şehir şebekesine bağlanarak ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır.

Günümüzde teknolojinin gelişimi ile yapısı gittikçe karmaşık bir hal alan rüzgar türbinlerinin yapısına basitçe değinelim.



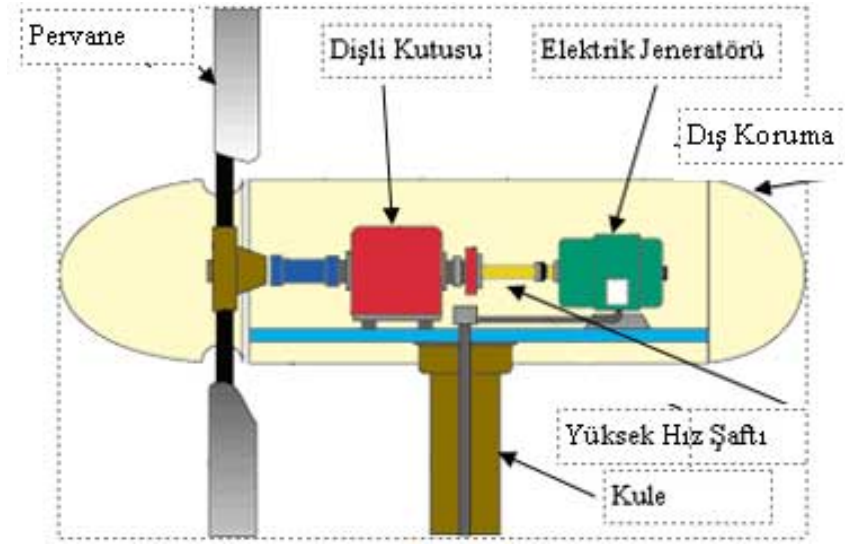
Şekil 3.4. Paul La Cour'un 1897'de Danimarka'da Askov Halk Okulu'nda ki iki deney türbini (3)

3.2 Rüzgar Türbinlerinin Yapısı Ve Çeşitleri

Günümüz modern rüzgar türbinleri, 1970 lerdeki petrol krizini takiben 1980 lerin başında gelişmeye başlamıştır (wind energy-the facts, volume 1). Modern rüzgâr türbinleri yatay eksenli ve düşey eksenli olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Her iki tipte aerodinamik yapı nedeniyle rüzgâr enerjisinden faydalanabilirler. Türbinlerde alt sistemler olarak:

- Kanatların, göbek ve şaftın monte edildiği bir rotor,
- Dişli kutusu ve generatörün bulunduğu mekanizma,
- Rotor sistemini taşıyan bir kule,
- Kontrol sistemleri,
- Diğerleri (Elektriksel bağlantılar, servis kolaylığı sağlayan teçhizat, taşıyıcı yapı)

bulunmaktadır. Türbinler kanat sayısı olarak da tek kanatlı, iki kanatlı ve çok kanatlı olarak yapılmaktadır (Taşgetiren, 1998).



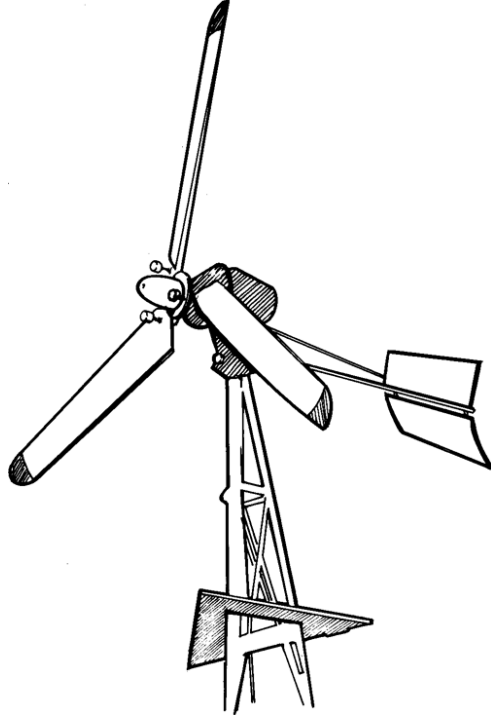
Şekil 3.5. Rüzgar türbini bileşenleri (4)

Rüzgâr türbinleri, dönme ekseninin konumuna göre yatay eksenli ve dikey eksenli rüzgar türbinleri olmak üzere iki tip olarak ele alınırlar.

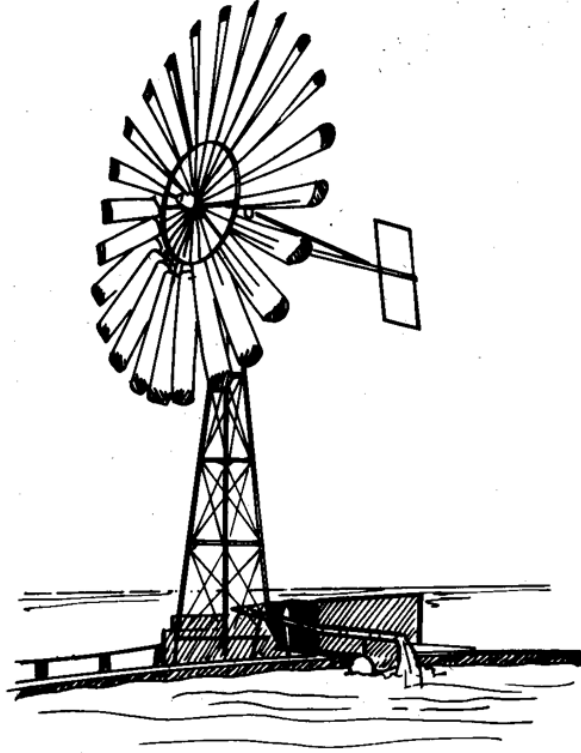
3.2.1 Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Günümüzde verimleri nedeniyle ticari uygulamalar için yatay rüzgar kullanılmaktadır. İsminden de anlaşılacağı üzere yatay türbinlerin rotor milleri yere yatay olacak şekilde yerleştirilir. Bu türbinlerde dikey türbinlerden farklı olarak rüzgara karşı bakma zorunluluğu vardır. Sürekli rüzgara dönmek için yatay türbinlerde elektromekanik bir bölüm vardır. Bu sistem sayesinde rüzgar türbini rüzgarın yönünü tayin eder ve pervanelerin o yöne bakması sağlanır. Yatay türbinlerde rüzgarı en iyi şekilde almak için pervanelerin yüksek kulelerin üzerine monte edilmesi gerekir. Ne kadar yükseğe erişilirse o kadar kuvvetli rüzgarlara ulaşılabacaktır. Rüzgardaki bu artışta daha fazla enerji anlamına gelecektir.

Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin, rüzgarı önden ve arkadan alan tasarımlar olmak üzere iki tipi mevcuttur. Rüzgarı önden alan (upwind) tasarımlar günümüzde daha çok kullanılmaktadır. Rüzgarı arkadan alan (downwind) tasarımların yaygın bir kullanım alanı yoktur (Altun, 2004).



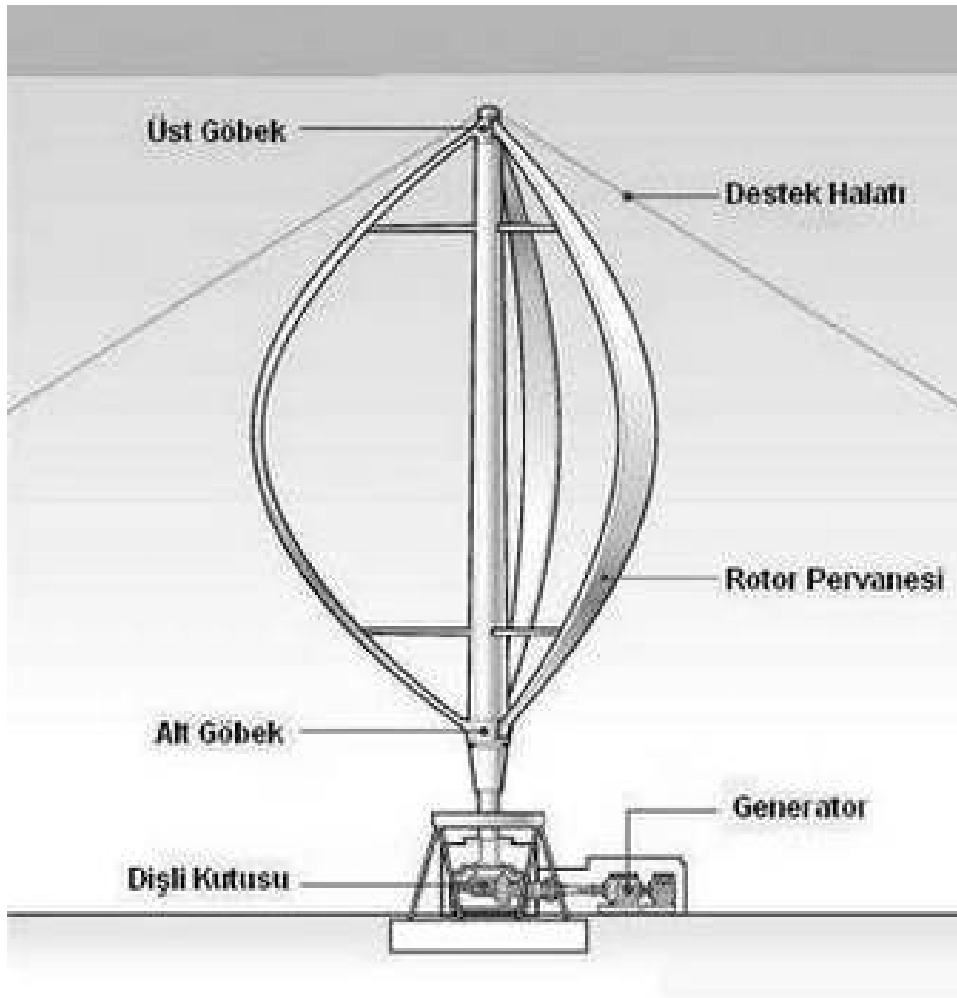
Şekil 3.6. 2kW'lık Dunlite tipi yatay eksenli rüzgar türbini (5)



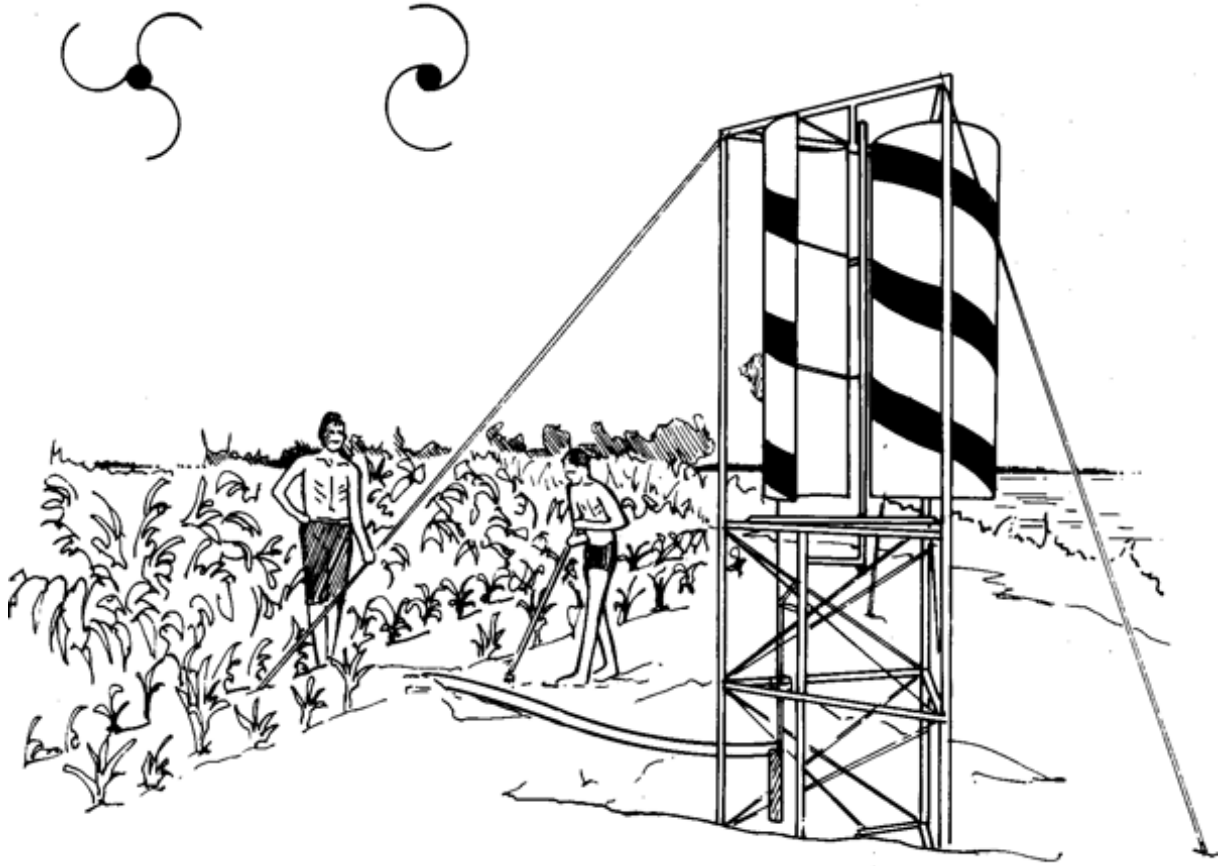
Şekil 3.7. Kenya ve Pakistan'da su pompalamakta kullanılmış yatay eksenli rüzgar türbini (5)

3.2.2 Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Dikey rüzgâr türbinlerinde rotor mili yere dikey olarak yerleştirilir. Dikey türbinlerin, yatay türbinlerde olduğu gibi rüzgâra göre ayarlanma zorunluluğu yoktur. Çünkü her yönden rüzgar alabilir. Ancak dikey türbinin dönmeye başlaması için harici bir kuvvet uygulamak gerekir. Destek için kule yerine destek kablosu gerekmektedir. Yere yakın olduğu için kurulumu ve bakımı kolaydır. Dezavantajı yatay türbinlere göre daha verimsiz olmasıdır. Ancak Darrieus tipi dikey rüzgar türbinleri yüksek verimleri ile diğer dikey eksenli türbinlerden ayrılır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Darrieus tipi dikey rüzgar türbini (6)



Şekil 3.9. Etiyopya’da kullanılmış Savonius tipi rüzgâr türbini (5)

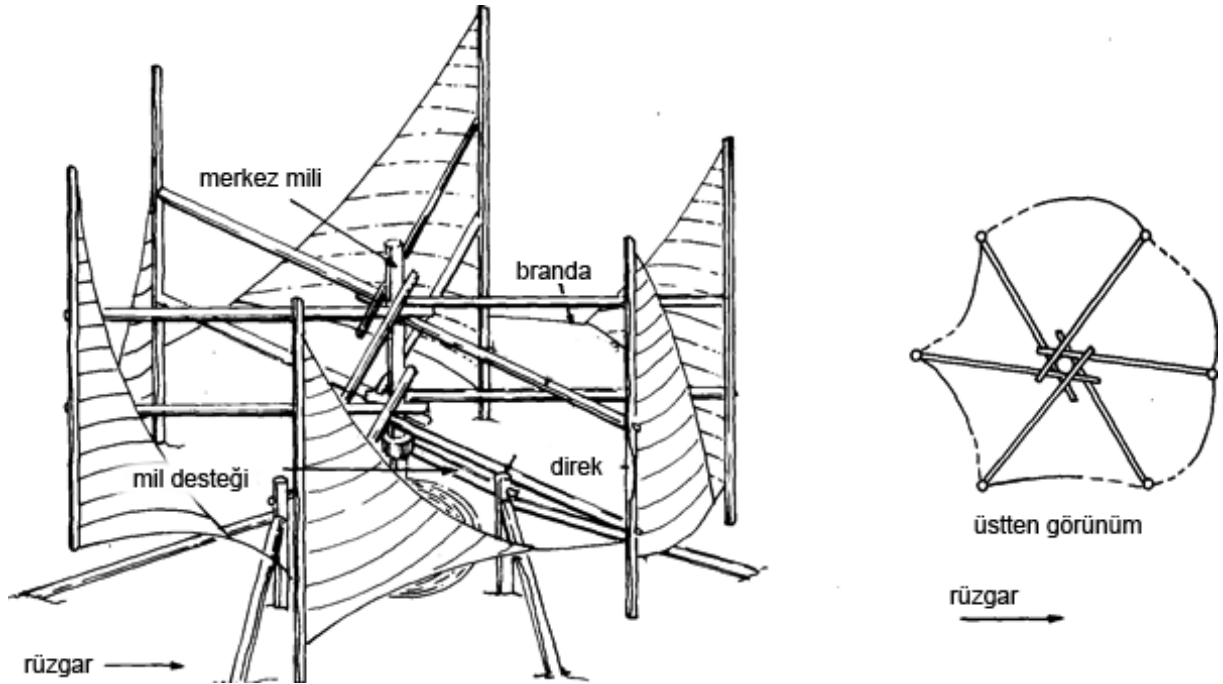
Bu türbinlerin üstünlükleri ve dezavantajları şöyle sıralanabilir:

- Jeneratör ve dişli kutusu yere yerleştirildiği için, türbini kule üzerine yerleştirmek gerekmez, böylece kule masrafı olmaz.
- Türbini rüzgâr yönüne çevirmeye, dolayısıyla dümen sistemine ihtiyaç yoktur.
- Türbin mili hariç diğer parçaların bakım ve onarımı kolaydır.
- Elde edilen güç toprak seviyesinde çıktığından, nakledilmesi daha kolaydır.

Sakıncaları ise şöyledir:

- Yere yakın oldukları için alt noktalardaki rüzgâr hızları düşüktür.
- Genel olarak bu türbinlerin verimi düşüktür. Ancak Darrieus tipi dikey türbinlerin verimleri diğer dikey türbinlere üstünlük sağlamaktadır.
- Çalışmaya başlaması için bir motor tarafından ilk hareketin verilmesi gerekir, bu yüzden ilk hareket motoruna ihtiyacı vardır.
- Ayakta durabilmesi için tellerle yere sabitlenmesi gerekir, bu da pek pratik değildir.

- Türbin mili yataklarının değişmesi gerektiğinde, makinenin tamamının yere yatırılması gerekir.



Şekil 3.10. Turks and Caicos adalarında kullanılmış dikey rüzgar türbini (5)

3.2.3 Rüzgar Türbinlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Rüzgar türbinlerinin avantajları şunlardır;

1. Fosil kaynaklı yada başka bir organik veya inorganik yakıtı olmayan temiz ve emisyonsuz bir enerji kaynağıdır. Emisyonu olmadığı için sera gazları oluşturmaz ve küresel ısınmaya katkı yapmaz.
2. Rüzgar enerjisinde ulaştırma masrafları yoktur. Doğadaki rüzgar direkt olarak kullanılabilir.
3. Çevresel koşullar uygun olduğunda sürekli enerji üretebilen bir kaynaktır.
4. İlk yatırım maliyetleri çok olmasına rağmen, uzun dönemde periyodik bakım dışında masrafları yoktur. Bu nedenle uzun dönemde bakıldığında yatırım maliyetleri azdır.
5. Rüzgar türbinleri karmaşık makinalar değildir. Gayet basit bir şekilde operatöre

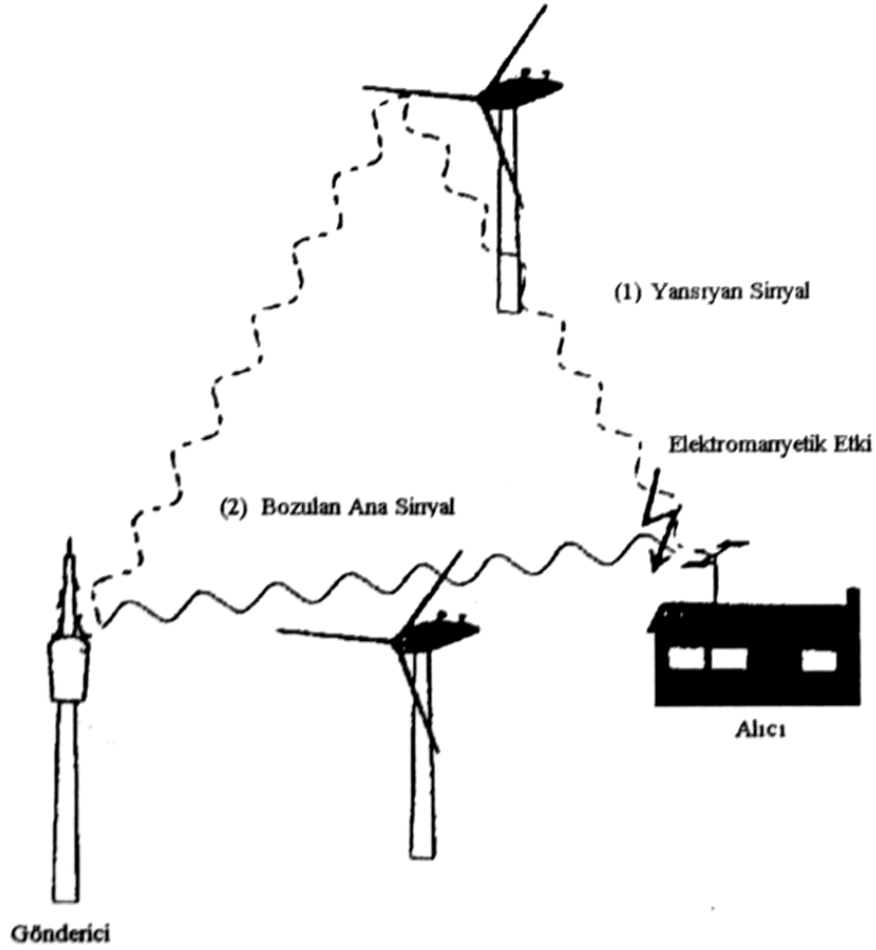
ihtiyaç duyulmadan çalışabilmektedirler. Tamamen otomatik olarak çalışabilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Ayrıca bu şekilde sadece periyodik bakımlarının yapılması ile 20-30 yıla kadar çalışabilmektedirler.

6. Rüzgar enerjisi işgücü ve istihdam demektir. Yarattığı iş imkanları ile ülke ekonomisine ayrıca destek vermektedir. Örnek olarak New York'da yapılan bir çalışmaya göre, rüzgar enerjisinden üretilen 10 milyon kWh elektrik enerjisinin yine aynı elektrik miktarını üreten kömür santraline göre %27 daha fazla ve gene doğal gaz kombine çevrim santralinden de %66 daha fazla iş imkanı sağlamaktadır (Tümerdem, 2002).
7. Radyoaktif ışınım veya radyasyon tehlikesi yoktur.
8. Kullanım sonrasında tasfiye edilmeleri diğer enerji tesislerin göre çok kolaydır.
9. Rüzgar türbinleri modüler olduğundan istenilen büyüklükte imal edilebilmekte ve tek olarak ya da gruplar halinde kullanılabilir.

Rüzgar türbinlerinin dezavantajları ise şu şekildedir;

1. İlk yatırım maliyetleri çoktur. Ancak her geçen gün türbin fiyatları düşmektedir.
2. Enerji üretimi rüzgâra bağımlı olduğundan rüzgarın azalması ile enerji kaybı oluşur.
3. Türbin parçalarını dönerken kanatlarının kopması tehlike arz edebilir.
4. Türbinlerin yarattığı hava akımı kuş ölümlerine neden olmaktadır.
5. Türbinler elektromagnetik dalgaları dağıtabilir veya yön değiştirebilir. Bu nedenle radyo, TV vericilerine uzak olması tercih edilir. (şekil 3.11)

Rüzgar türbinlerinin yüksek binalarda kullanılması enerji kazancı açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Ancak şehrin merkezinde bulunmaları nedeni ile yüksek yapılarındaki türbinlerin bir takım dezavantajları daha da ön plana çıkmaktadır. Bunların günlük hayatı en fazla etkileyebilecek olanı türbinlerin radyo, tv ve cep telefonu sinyallerini bozmasıdır. Bu bina kullanıcılarını önemli ölçüde etkileyebilecek bir etkidir. Zira bazı rüzgar türbini kullanan yüksek binalardaki türbinler bina kullanıcılarına çok yakındır. Ayrıca yüksekliğin artması ile artan rüzgar hızına bağlı olarak türbinlerin dönüş hızlarında artış gösterecektir. Böylece elektromagnetik dalgaları kırma etkisi daha da güçlenecektir.



Şekil 3.11. Rüzgar türbinlerinin elektromanyetik dalga kırma etkisi (Söylemez, 2006)

Yüksek binalarda türbinlerin ön plana çıkacak diğer bir dezavantajı ise türbinden kopan parçaların yaratacağı tehlikedir. Şehirle içi içe olan bu yapılarda yüz metrelerce yükseklikteki türbinden kopabilecek en ufak bir parça bile yeryüzüne hafife alınmayacak bir hızla düşecek ve dolayısı ile yaratacağı hasar çok daha ciddi olacaktır. Oluşacak kaza maddi hasara neden olabileceği gibi can kayıplarına da yol açabilir.

Bir diğer problem ise türbinlerin hava vakum alanına kuşların kapılması ile kuş ölümleri oluşmasına sebep olmasıdır. Binanın formu ile oynanılarak türbinden geçen hava akımının hızı ve miktarında kat kat artış sağlanabilmektedir. Buna bağlı olarak oluşacak olan vakum alanı da büyüyecek ve güçlenecektir. Kuşlar için ciddi bir sorun yaratacak olan bu vakum alanına karşı elektronik kuş savar ürünleri mevcuttur. Ancak bu ürünlerin bu türden bir sorun karşısında ne denli etkili olabileceği henüz kanıtlanamamıştır.

4. YÜKSEK BİNALARDA RÜZGAR ENERJİSİNİN KULLANIMININ ÖRNEKLENEREK İRDELENMESİ

Yüksek Bina ve Şehir Habitatı Konseyi (CTBUH) yüksek binaları, New York şehrinde itfaiyecilerin ulaşabildiği yükseklik sınırı olan 10 kat ve üstündeki binalar olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde itfaiyeciler 10 katın üzerine ulaşabiliyor olsalar da hala bu tanım kullanılmaktadır (Yeang, 1996). Amerika Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Kurumu'nun (ASHRAE) tanımına göre ise, yüksekliği rüzgarı kapsayan genişliğinin üç katından daha fazla olan binalar yüksek binalardır (Yeang, 1996). Morhayım'a (2003) göre: "Altan Öke, 'İstanbul'un geleceği ve gökdelenler' panelinde yaptığı konuşmada yüksek yapıları şöyle sınıflandırmaktadır: ...Birinci kategori: Yüksek olmayan 8-12 kat arası binalardır. Bugün teknolojinin gelişmesine paralel olarak kalfaların imal edebildikleri ve Türkiye'de çok örneğini gördüğümüz binalardır. İkinci kategori aslında; 12-20 kat arası iken biraz yukarı çekilerek 15 kat a kadar zorlanabilen, 12-25 kat arası binalardır. Üçüncü kategori; 25 ile 50-55 kat sınırı arasındaki binalardır ki, bu binalar özel tedbirlerin alınmaya başlandığı yapı türleridir. Dördüncü kategorideki binalar 55-75 kat sınırı arasındaki binalardır. Ve nihayet, 75 katın üzerindeki binalar, "süper gökdelen" olarak adlandırılırlar. Kat adedi 70-110 arasında değişen bu binaların sayısı halen dünyada 10'u geçmemektedir. Bu bakımdan ben gökdelen kelimesinin, eğer kullanılacaksa üçüncü kategoriden, yani 25 kat sınırının üzerinden itibaren kullanılmasını doğru buluyorum. Oksa doğrusu, yüksek binadır."

Sözlük anlamı olarak gökdelen kelimesini irdelediğimizde "Büyük kentlerin özeğinde yer alan, kentin ekin, tecim ve işgörü etkinliklerinin genişliği ve yoğunluğu oranında sayıları çoğalan, kentözeğine, yükseklikleri yüzünden özel bir görünüm ve özyapı kazandıran çok yüksek yapılara verilen ad (Türk Dil Kurumu, 1986)" gibi bir açıklama karşımıza çıkmaktadır. Gökdelen kelimesine karşılık gelen "skyscraper" yada "high-rise" kelimeleri ise İngilizce sözlüklerde "çok katlı, asansörlü yüksek yapı" olarak anlam bulmaktadır (7).

Bir yüksek binayı gökdelen olarak tanımlayarak ayırmak zordur. Her şeyden önce dış görünüş itibari ile uzunluk göreceli bir kavramdır. Sıradan bir 5 katlı bina bile uzun gözükebilir. Avrupa'daki bir şehirde yer alan 20 katlı bina orası için gökdelen sayılabilir. Fakat Chicago ve Manhattan gibi çok sayıda gökdeleni olan şehirler için 70-100 katlı binalar ancak komşularıyla kıyaslandığında gökdelen sayılabilir. Özetle, gökdelenlerin kat sayılarına göre tanımlanması zordur (Taranath, 1988)

Bütün insanlık tarihinde, beklide insanoğlunu yüksek bina (gökdelen) inşa etmekten daha fazla cezbeden bir şey yoktur. Antik strüktürlere baktığımızda, motivasyonda başlıca rol oynayan binalar; Babil kulesi, Hindistan'daki Qutb minaresi, İskenderiye feneri, Mısır ve Maya Piramitleri'dir. Binaların yüksekliği üzerindeki ego ve yarış halen devam etmektedir, ancak diğer sosyal ve ekonomik faktörler (örneğin; kentlerdeki arazi fiyatlarının pahalılaşması, popülasyondaki artış) yüksek binaların sayısının artmasında etkilidir. Bir zamanlar bir Amerika fenomeni olan durum şimdilerde hemen her ülkede ve hatta küçük kasabalarda bile görülebilmektedir. Dünya kentlerinin gökyüzleri devamlı farklı, değişik ve bir dağ kadar yüksek binalarla delinmektedir (Taranath, 1988).

Bugünün gökdelenlerinin tasarımında öncü rolü oynayan tarihi yüksek strüktürler genellikle doğada sembolik veya koruma maksatlı kullanılmışlardı. Maya ve Mısır Piramitleri başlıca solid yapıda idi ve kullanımdan çok anıtsallık ön plandaydı. Zira o zamanın yapım teknikleri bu kadarına el veremekteydi. Zamanla insanoğlu binaların inşaatında yeni malzemeler kullanmaya başlamıştır.



Şekil 4.1. Monadnock Binası (8)

Yüksek bina tarihinde bir kilometre taşı olarak kabul edilen Chicago'daki Monadnock binası 1891 yılında inşa edilmiştir. O zamanlar taş strüktür olarak inşa edilebilen en yüksek bina idi. 1885 yılında, Amerikalı bir mühendis olan William LeBaron Jenny yüksek yapı inşaatında çelik strüktürleri kullanmaya başlayarak günümüz modern strüktürlerin önünü açmıştır. Ancak o zamanlar çok yüksek olarak inşa edilemeyen çelik strüktürler, günümüz çelik ve asansör teknolojisinin gelişimi ile bina yüksekliğinde sınırları kaldırmıştır ve yüksek binaların uzunluk yarışını başlatmıştır. 1913 yılındaki en yüksek bina 60 kat ve 242 m ile Manhattan'daki Woolworth binası idi. Gothik Catedral stilindeki bina havalandırma ve asansör eklentisi ile halen kullanımdadır. Yüksek bina inşaatında 1. dünya savaşı sırasında bir duraklama dönemi olsa da, savaştan sonra yükseklik yarışı yenilenmiş bir güçle geri gelmiştir. Savaş sonrası en Newyork'ta inşa edilen dikkat çekici gökdelenler şunlardır; 66 katlı (290 m) 60 Wall Tower binası, 71 katlı (283 m) Cities Service binası ve 77 katlı (319 m) ile Chrysler binası'dır. Şirketlerin ofis binalarının yüksekliği üzerine yaptıkları güç gösterisi gökdelenlere olan ilgiyi arttırmıştır. 1930'larda inşa edilen Empire State Building anteni hariç 381 m yüksekliği ile bu güç gösterisi yarışına bir süreliğine dur demiştir. Ancak bu ara 1968 de Chicago'daki John Hancock Center binasının inşaatı ile sonlanmıştır. Bu bina 105 m olan televizyon anteni hariç 344 m idi. Bunu takiben Newyork'ta yükselen World Trade Center bir süreliğine en yüksek bina ünvanını kazanır. (Taranath, 1988).



Şekil 4.2. Empire State Binası 381m yüksekliği ile inşa edildiği tarih olan 1931 yılından 1968 yılına kadar en yüksek bina ünvanını elinde tutmuştur (9)

Amerika kıtasında son olarak akıllarda yer eden en yüksek yapı Chicago'daki Sears Tower'dır. Bu 110 katlı anteni ile birlikte 527m yüksekliğindeki ofis yapısı 1974 yılında inşa edilmiştir. Halen anteni ile birlikte dikkate alındığında dünyanın en yüksek yapımı tamamlanmış binası ünvanını elinde bulunduran bina, anteni hariç 442m yüksekliği ile dünya sıralamasında 4. sırada yer almaktadır (10).



Şekil 4.3. Sears Tower (11)

90'lı yıllarda Çin, Dubai, Tayvan gibi ülkelerde inşa edilen gökdelenler ilginç formları ile dikkat çekmişlerdir. Malezya'nın Kuala Lumpur şehrinde 1992 yılında yapımına başlanan ve

yapımı 6 yıl süren Petronas Towers en yüksek bina ünvanını 7 yıllığına elinde tutabilmiştir. 452m yüksekliğindeki bina betonarme konstrüksiyonu ile de adından çokça söz ettirmiştir. Zira, o zamana kadar bir betonarme strüktür için imkansız gözü ile bakılan yükseklik Petronas Towers ile olanaklı hale gelmiştir (10).

Şu an çatı yüksekliği olan 448m (anteni ile 508m) ile dünyanın en yüksek binası ünvanını elinde bulunduran Taipei 101'dir (10). Yapımı 2004 yılında tamamlanmıştır. Kat sayısı olan 101 rakamı binanın ismine de yansıtılmıştır. Yöresel mimariye uygun dizayn edilmiş gökdelen içerisinde dünyanın en hızlı asansörlerini bulundurmaktadır. Ayrıca, yapının içerisinde yüksek şiddetlerdeki rüzgarlar sonucu eğilmelere karşı ve içerde bulunan insanların rahatsız olmalarını engellemek amaçlı yapının ağırlık merkezinde bulunan, uçlarında 6 tondan fazla ağırlık taşıyan 8 hidrolik bulunmaktadır. Bu hidrolikler rüzgarın etkisini azaltacak şekilde ağırlığı ve dolayısıyla bütün yapıyı hareket ettirir [12].



Şekil 4.4. Taipei Tower (12)

Yapımına 2004 yılında başlanan ve 2009 yılında bitmesi planlanan Burj Dubai dünyanın en yüksek yapısı ünvanını Taipei'den alacaktır. Konstrüksiyonu henüz bitmemiş olan yapının şu anki yüksekliği 818m'dir ve hedeflenen yükseklik açıklanmamaktadır. Yapının şu ana kadar kırdığı rekorlar şunlardır;

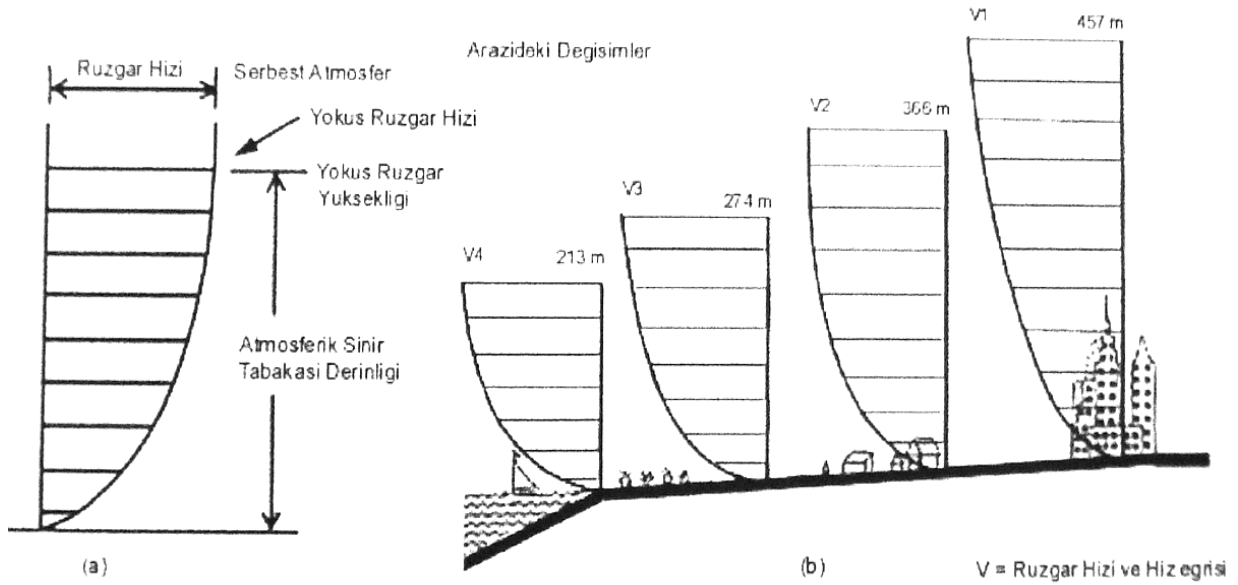
- En yüksek strüktür: 818m (öncesinde KVLV-TV tower-628.8m)
- En yüksek serbest duran strüktür: 818m (öncesinde CN Tower-553.3m)
- En çok katlı bina: 160 kat (öncesinde Sears Tower / World Trade Center-110 kat)
- En yüksek Betonarme Strüktür: 601m (öncesinde Taipei 101- 449.2m) (13)



Şekil 4.5. Burj Dubai (13)

4.1 Yüksek Binaların Rüzgar Bağlamında Tasarım Sorunları

Rüzgarlı havalar yeni bir gökdelende binanın mimarisini ve statığını zorlayan bir çok problem oluşturur. Rüzgarın bina üzerinde yaptığı etki bina yüküklüğü ile doğru orantılıdır. Statik rüzgar etkisi bina yüksekliğinin karesi ile doğru orantılıdır. Örneğin; 1970-80 lerin 300m lik bir gökdeleni, 1940'ların 60m yüksekliğindeki bir gökdeleninden 25 kat daha sağlam olmalıdır (Taranath, 1988). Dahada fazlası, rüzgarın hızı yükseklerle çıktıkça artar ki, yaptığı basınç hızının karesi ile orantılıdır. Bu nedenle diyebiliriz ki, yüksek binalarda rüzgarın etkisi yüksekliğin artması ile artar.

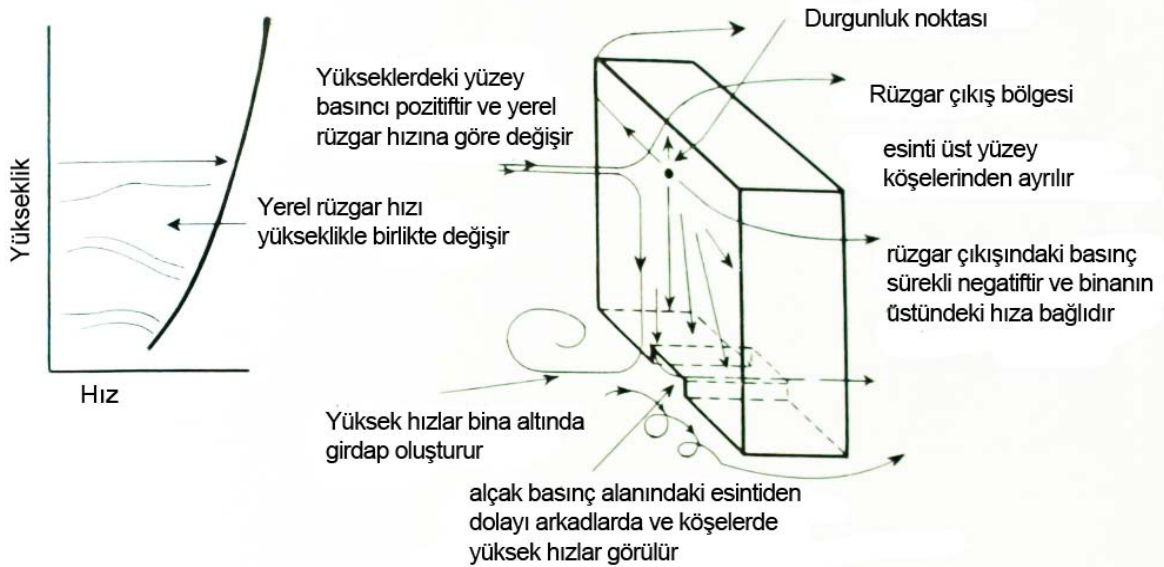


Şekil 4.6. Rüzgar hız eğrisi şeması, (a) atmosferik sınır tabakası, (b) yükseklikle bağlantılı rüzgar hız değişimleri (Aysu, 1999)

Yüksek yapılarda rüzgar tasarımı, şu iki bilgiye dayanır; taşıyıcı sistemin tasarımı sırasında dikkate alınması gereken toplam rüzgar etkileri ve bina dış kabuğunun belirlenebilmesi için binanın bulunduğu bölgenin yerel rüzgar etkileri. Rüzgar akışkandır ve çevresel etkenler yönü ve hızına etki etmektedir. Rüzgâra göre tasarım söz konusu olduğunda, bir bina çevresinden bağımsız düşünülemez. Komşu binalar ve arazi şartları önemli bir etki yaratır. Bu nedenle, bu rüzgar etkilerini bina üzerinde yaptığı aerodinamik etkiyi belirlemek için genelde rüzgar tüneli testi kullanılmaktadır (Aysu, 1999).

Kanıtlanmış bir gerçektir ki; güçlü rüzgârlar gökdelenler üzerinde ciddi hasarlar oluşturmaktadır. Ayrıca, bugün daha popüler olan yüksek dayanımlı malzemeler ve hafif

duvar elemanları kullanan modern gökdelenler eski gökdelenlere nazaran salınım yapmaya daha fazla eğilimlidirler. Rüzgâr hareketi bugün gökdelen tasarımcılarının en önemli sorunudur. Bu salınım ile üst katlardaki objeler titrer, kapılar sallanır, duvar resimleri yanlanır, kitaplıktan kitaplar düşer ve sürekli bir rüzgâr fısıltısı duyulur. Eğer ki bina dönme hareketine mehilli ise kullanıcı dışarısının hareket ettiği hissine kapılabilir. Bütün bunlar kullanıcılar üzerinde ciddi psikolojik rahatsızlıklar yaratır (Taranath, 1988). Yüksek bir binanın en üst seviyesindeki sallantı yoldan geçenler tarafından algılanamayabilir, fakat binanın üst kat kullanıcıları tarafından rahatsız edici bir biçimde hissedilebilir ki bu kullanıcılarda “hareket hastalığı” olarak bilinen bir hastalığı oluşturur.



Şekil 4.7. Bir binanın etrafındaki esinti alanları (Aynsley, 1977)

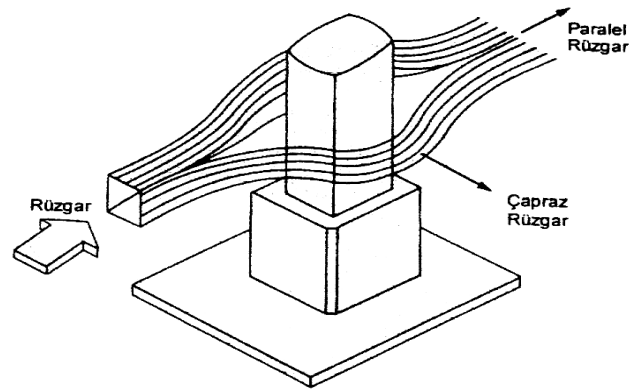
Ulaşılmaması zor olan ana amaç, binanın yüksek katlarında oluşan bu sorunları kabul edilebilir limitler içerisinde tutmaktır. Mühendisler, binayı rijit hale getirmek için taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların ölü yüklerini arttırmak yerine, yeni, hafif elemanlardan oluşan sistemler üretmeye başlamışlardır. Binanın düşey yüklerinin hesabı kolaydır. Hareketsiz yükler değişmez. Hareketli yükler ise yavaş yavaş değişir. Fakat rüzgârın hızı, yönü ve şiddeti her an değişmektedir. Rüzgârın yükü, hiç bitmeyen bir deprem gibi düşünülebilir. Yüksek binaların rüzgara göre tasarımı söz konusu olduğunda, aşağıdaki önemli faktörler söz konusu olur ve bunlara göre tasarım yapılmalıdır:

- Strüktürel sistemlerin sağlamlık ve dayanıklılığı.

- Değişken rüzgarın yapı bileşenleri üzerinde yarattığı yorulma problemi.
- Aşırı yan yatma veya dönme ile oluşacak bina bölmelerindeki, giydirme cephesindeki çatlaklar, mekanik sistem ve kapıların kayması ve buna benzer oluşması muhtemel deformasyonlar.
- Binanın salınım hareketinin sıklık ve şiddetinin bina kullanıcıları üzerinde yapacağı olumsuz etkiler.
- Binayı sıyıran rüzgarın yön ve hız değiştirmesi ile komşu binalar üzerinde yaptığı etkiler.
- Yayalar üzerinde yarattığı etkiler.
- Akustik sorunları arttırması.

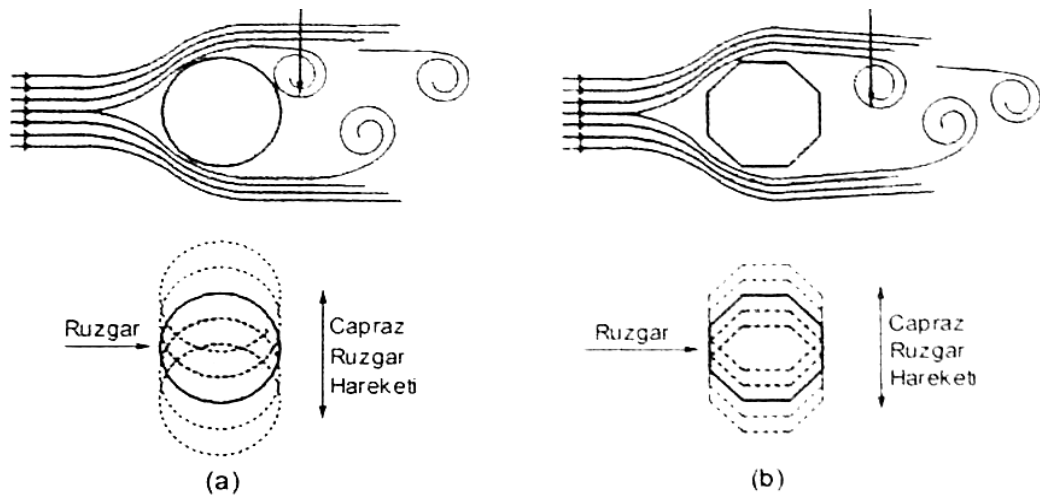
Bütün bunları dikkate aldığımızda binaların tasarımında üç ana faktör ön plana çıkar; dayanıklılık, rijitlik ve denge. Yüksek binaların taşıyıcı sistemide bu üç ana faktörü sağlamalıdır. Alçak binalarda dayanıklılık, bu üç faktör arasında daha baskın olan tasarım etkenidir. Ancak, yükseklik arttığında rijitlik ve denge tasarımda daha önemli olur. Strüktürel açıdan önemli olan bu iki gereksinimi karşılamak için iki ana yol izlenebilir. İlki, dayanım gerektiren yöndeki yapı elemanlarının sayısını arttırmaktır ki; bu yöntem ekonomik değildir ve ancak belli bir limite kadar yararlı olabilir. İkinci ve daha etkili yol ise binanın formunu daha rijit ve sağlam bir forma dönüştürmektir.

Genel olarak, bir kütleyle karşılaşan rüzgar, kütle üzerinde kaldırma kuvveti ve üç dik yönde moment yaratır. Rüzgar mühendisliğinde, rüzgarın bazı kuvvet özellikleri çok az olduğundan, örneğin kaldırma kuvveti, rüzgar üç boyutlu değil iki boyutlu varsayılır. Paralel rüzgar, rüzgarın ta kendisidir. Çapraz rüzgar ise, bir çok yüksek binada daha dominant olan, paralel rüzgara dik konumdaki rüzgardır. Paralel rüzgar bina üzerinde sürüklenme etkisi yapar ve taşıyıcı sistemi inanılmaz stresler altına sokar. Çapraz rüzgar ise, daha önce bahsedilen salınım, sarsıntı, gibi bina ve insanlar üzerindeki olumsuz etkileri yaratır. Bu yüzden rüzgar tasarımı aşamasında, yüksek binalarda yaşayan insanların rahatı için, dikkate alınması gereken en önemli rüzgar etkisi çapraz rüzgar etkisidir (Taranath, 1988).



Şekil 4.8. Rüzgarın, basitleştirilmiş, iki boyutlu akış şeması (Taranath, 1988).

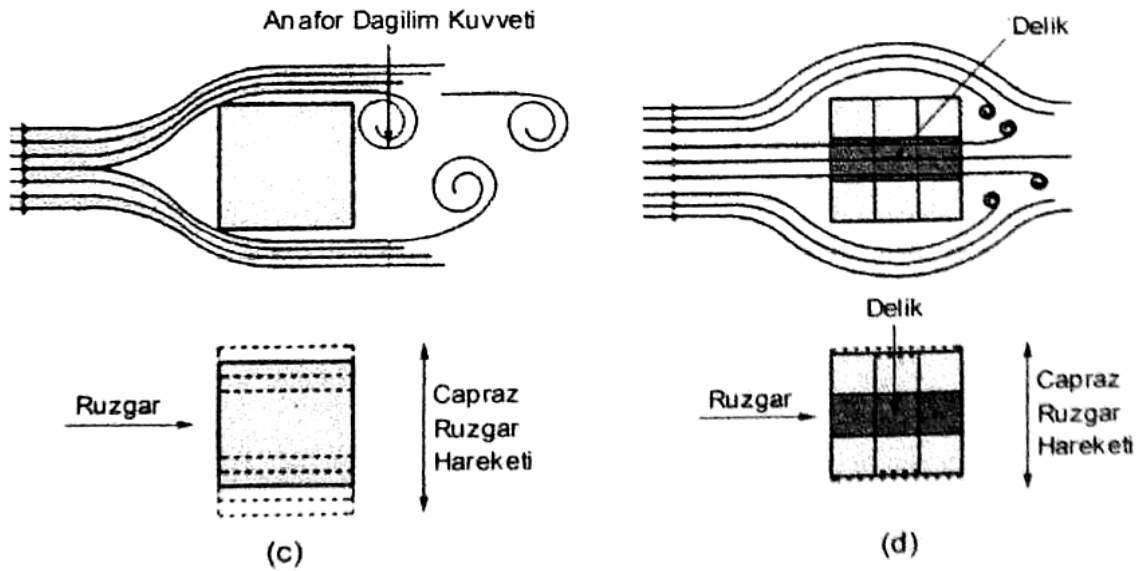
Çapraz rüzgar etkisini azaltmanın başlıca yollarından biri doğru plan formu seçimidir. Her plan formu, rüzgar yükleri etkisi altında değişik davranışlara sahiptir. Seçilen plan formu için bir taşıyıcı sistem çözümü ortaya çıkacaktır ve binanın, bu yüklere karşı dayanıklı olmasını sağlayacaktır. Karşılaşılan sorun binanın aerodinamik özelliklerinin ne ölçüde rüzgar etkilerine duyarlı olduğudur. Yapılan araştırmalar, rüzgar tüneli testleri, köşeli plan formlarının yuvarlak plan formlarına nazaran daha verimli olduğunu göstermektedir (Şekil 4.9). Yapının rüzgara karşı plan formu tasarımındaki ana amaç, binayı etkisi altına alan rüzgarı şaşırtmaktır. Yuvarlak bir plan formunda rüzgar, hangi yönden eserse essin, binaya dik olacaktır. Bu da binanın çapraz rüzgar yönünde her koşulda bir salınımının olacağını ortaya koymaktadır. Binada rüzgarın etkileyebileceği ne kadar çok yüzey varsa, binanın rüzgara karşı plan formu verimi o kadar azalmaktadır (Aysu, 1999)..



Şekil 4.9. Köşeli plan formları dairesel plan formlarına nazaran rüzgar yüküne karşı daha verimlidir (Aysu, 1999).

Bina üzerinde çeşitli aralıklarla delikler açılabilir. Açılan delikler, rüzgarın etkileyebileceği bina yüzeyinin büyüklüğünü azaltmaktadır (Şekil 4.10). Şekildedeki görüldüğü üzere binanın yüzeyine açılan delik, binanın çapraz rüzgar yönünde geliştirdiği harekete ters bir yük ortaya çıkarmıştır. Bu yük binanın üst katlarının, çapraz rüzgar yönündeki salınımını azaltacaktır. Fonksiyonel bir açıdan bakıldığında bırakılan boşluklar alan kaybı olarak düşünülebilir. Fakat, bu boşluklar, binanın rüzgara karşı olan dayanıklılığını ve verimin büyük ölçüde arttırmaktadır (Aysu, 1999).. Zira bu boşluklar ileride örneğini detaylı bir şekilde göreceğiniz, Pearl River Tower'daki gibi bu boşluklara rüzgar türbini yerleştirilmesi ile değerlendirilebilmektedir.

Rüzgar yüküne karşı, yükseldikçe bina kullanılabilir kat alanının azaltılması da başka bir çözümdür. Yükseldikçe bina kat alanının azaltılması, binanın kabuğunun eğimli olmasına sebep olacaktır ve bu eğim sayesinde rüzgarın yükü doksan derece yerine farklı açılarda binaya etki edecektir. Dubai'de yapılması öngörülen The Lighthouse Tower'da bu anlayış ile dizayn edilmiştir. Piramidal yapısı sayesinde rüzgar çatıdaki türbin boşluklarına doğru ilerler ve buradan tahliye edilir.



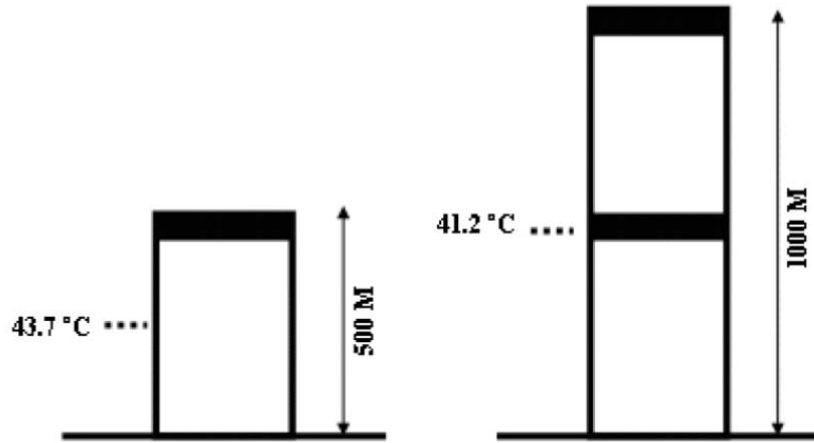
Şekil 4.10. Bina yüzeyine açılan delik çapraz rüzgar etkisini azaltmakta büyük rol oynar. (Aysu, 1999)

4.2 Yüksek Binaların Enerji İhtiyaçları ve Bu Binaların Enerji Kazanım Yöntemleri

Yüksek binaların enerji ihtiyaçlarıyla, yüksek olmayan binaların enerji ihtiyaçlarını karşılaştırdığımızda, yüksek binaların diğer binalardan farklı olarak ısıtma-soğutma, mekanik havalandırma maliyetleri büyük bir oran kaplamaktadır. Sıcak bölgelerde belli bir yüksekliğe kadar yapılabilen doğal havalandırma, gittikçe artan yüksek bina yükseklikleri karşısında önemini yitirmiştir. Günümüzde kilometrelerce yükselebilen binalarda doğal havalandırma yapmak mümkün değildir. Ancak mekanik havalandırma ve soğutmaya tabi olan yüksek binaları göz önüne aldığımızda yüksekliğin artmasının birtakım faydaları vardır.

Yükseklikle birlikte değişen çevresel faktörler yüksek binaların yıllık ısıtma ve soğutma maliyetlerinde etkilidir. Bir binanın yıllık ısıtma ve soğutma maliyetindeki azalma çevresel etkilerle yaklaşık olarak %13'e kadar azalabilir yada artabilir. Binanın çevre ve yapısı göz önüne alındığında bu yüzde havanın basıncına, nemine, yoğunluğuna göre artabilir. Gölgeleme kendi başına en büyük etkidir. Not edilmelidir ki bir binayı çevreleyen gölgeleme elemanları ile enerji kazancı %9'a kadar olabilir.

Genel olarak her binanın zemin katındaki çevresel faktörler aynıdır. Burada binanın yüksekliğinin önemi yoktur. Ancak, bir sıcak nemli bölgede yer alan yüksek binanın, yükseldikçe ortalama ısısı düşer ve bu da enerji harcamasından kazanç demektir. Dubai bölgesi buna güzel bir örnektir. 500m yüksekliğindeki bir binanın ortalama ısısı 43,7 °C iken 1000m yüksekliğindeki binanın ortalama ısısı 41,2 °C ye düşer (şekil 4.11). havanın nem ve yoğunluğu da aynı etkiyi gösterir. Çevresel unsurlara odaklandığımızda, soğutma maliyeti yüksek olan sıcak bölgelerdeki binalar enerji kazanımında daha elverişli bir ısı ortalaması sunarlar. Isıtma maliyetli bir binada da bu tam tersi olabilir. Dubai'deki yüksek binalar yükseldikçe soğuyan ve kuruyan havanın avantajlarından faydalanır. Örneğin; zemin düzleminde yaz sıcaklığının 46.1 °C olduğu dönemde 1 km yüksekliğindeki bir binanın tepesindeki sıcaklık zemine göre 9.78 °C/km düşer ve 36.3°C olur. 23 °C olan iç mekân konfor sıcaklığına göre, iletilen ısıdan kazanç %46'ya kadar aşağıya çekilebilir (Leung, 2008).



Şekil 4.11. 500m ve 1000m lik iki kulenin ortalama sıcaklıkları (Leung, 2008)

Yüksek binaların enerji harcamalarını diğer binalarla kıyaslamak için şöyle bir örnek daha verilebilir. Londra'nın göbeğinde yer alan 50m ye 50m ebatlarında ki kat planına sahip ekolojik olmayan bir bina yılda metrekare başına 1000 kWh/m² enerji kullanır. Bu değer yaklaşık olarak 115W/m² ($1000/(24 \times 365) \text{ W/m}^2$)'ye eşittir. Yüksek bir bina bunun iki katı kadar enerji kullanır, yaklaşık olarak 250W/ m² veya 62.5MW. tipik bir İngiliz güç istasyonu bugün 1 gigawatt enerji üretim kapasitesi ile çalışır. Sonuç olarak her 16 yeni gökdelenin enerji ihtiyacını karşılamak için bir tane daha 1 MWlık güç istasyonu inşa edilmelidir (Roaf, 2005).

4.3 Rüzgar Türbini Kullanan Yüksek Bina Örneklerinin Yerleşme Özellikleri ve Form Bakımından Kıyaslanması

Son yıllarda büyük bir çıkış yapan rüzgar enerjisi teknolojisi gökdelenlerle birlikte kullanıldığında çevre şartlarına göre binanın tasarımını etkilemektedir. Entegre rüzgar türbinlerinden en yüksek verimi elde edebilmek için tasarımcılar vaziyet planı yerleşimi ve bina formunda rüzgarın aerodinamiğini dikkate almalıdırlar. Bu nedenle, yapılan her yapı birbirinden çok farklı özellikler gösterir. Rüzgar türbinini kullanan ilk yüksek yapı Bahrain World Trade Center'dır.

4.3.1 Bahrain World Trade Center

Rüzgar türbini kullanan binalara baktığımızda akla ilk gelen, rüzgar türbinlerini binada ilk kez kullanarak yeni başlayan bir akıma öncülük yapmış olan Bahrain World Trade Center'dır. Bu bina, Bahrain'ın ana iş merkezi üstü olan ve Arap körfezine bakan Manama'da , var olan bir otel ve alışveriş merkezinin yenileme projesini kapsayan master projesinin odak noktasında yer alır. Bu iki 50'şer katlı yelken şeklindeki ofis kuleleri, 240m'şer yüksekliğe ulaşır ve aralarında her biri 29m çapında ki 3 adet yatay eksenli rüzgar türbinini barındırır. Baza kısmında yeni bir alışveriş merkezi, restoran, iş merkezi ve araç parkı bulunur (Smith, 2007).

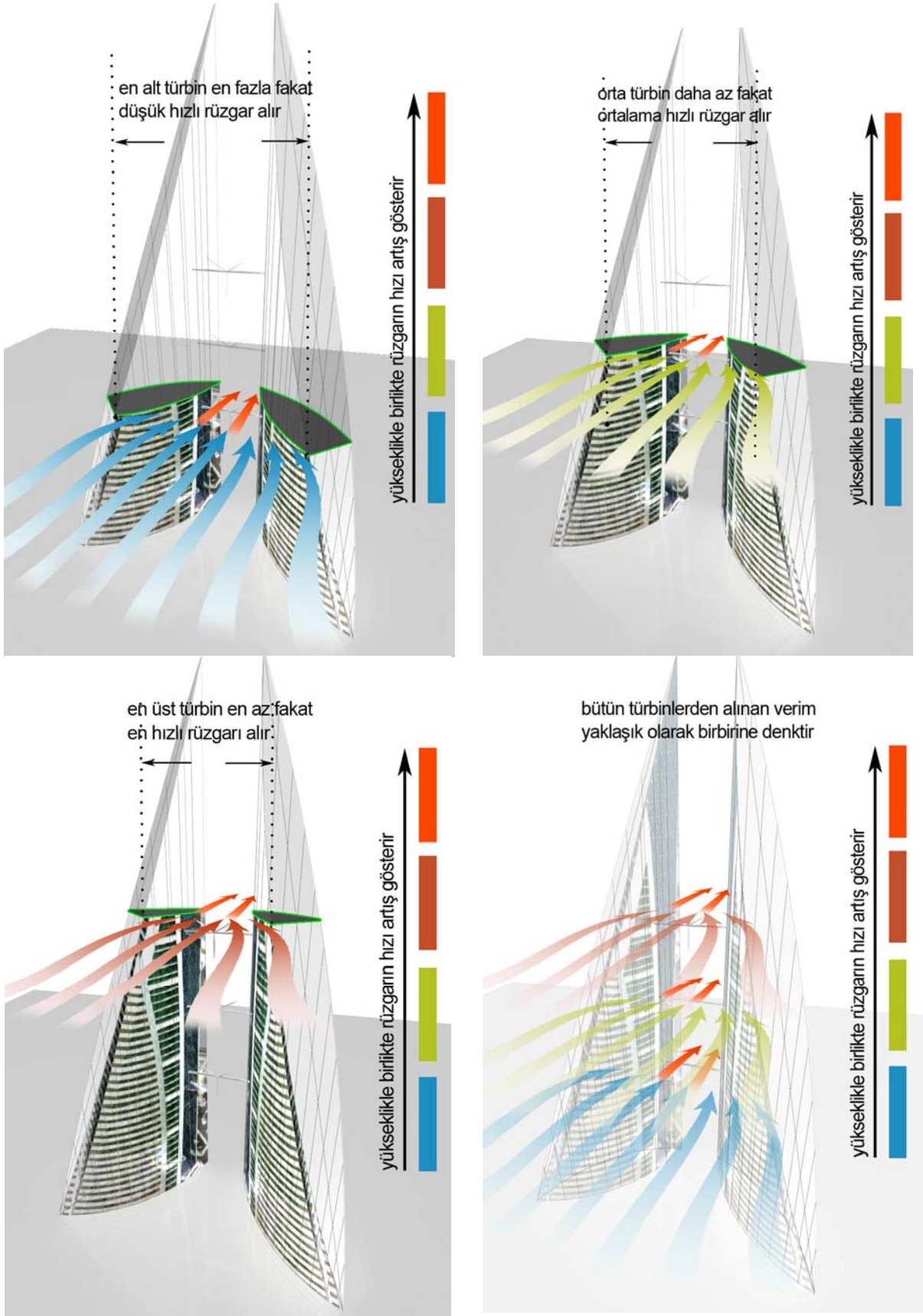


Şekil 4.12. Bahrain World Trade Center (Smith, 2007)



Şekil 4.13. Bahrain World Trade Center Vaziyet planı

Eliptik plan formundaki iki kule planda V oluşturacak biçimde yerleştirilmiştir ve körfezden gelen esintiyi arasına alacak biçimde konumlandırılmıştır (Şekil 4.13). Eliptik plan ve yelkensi formu, binaların önünde pozitif ve arkasında negatif basınç yaratarak körfezdeki esintiyi iki kule aransa çeker ve rüzgarın hızını artırır. Aynı zamanda kulelerin formu düşeyde de hava akımını artırır. Yukarıya doğru daralan bina formu binaların arasındaki hava akım hızını azaltır. Yükseklikle beraber rüzgarın hızının da arttığını göz önüne alırsak her üç türbinde de nerdeyse eşit hava akımı oluşur (Şekil 4.14). türbinlerden yapılan enerji kazançları şöyledir; 1. türbin; 340-400 MWh / yıl, 2. türbin; 360-430 MWh / yıl, 3. türbin 400-470 MWh / yıl (Smith, 2007). Ortadaki türbinin %100 üretim yaptığı düşünülürse üstteki türbin %109, alttaki türbin ise %93'le üretim yapar (14) Bu türbinlerden kazanılan enerji yılda 1100 ila 1300MWh, bu da yaklaşık olarak kulelerin yıllık enerji ihtiyacının %11–15 ini karşılamaktadır. Karbon emisyon ölçümüne göre bu değer 2900kg K (yağ yakan güç istasyonu) veya 2000kg K (gaz yakan güç istasyonu) değerlerine karşılık gelmektedir (Smith, 2007)



Şekil 4.14. Üç türbinde de rüzgardan alınan verim yaklaşık olarak birbirine eşittir

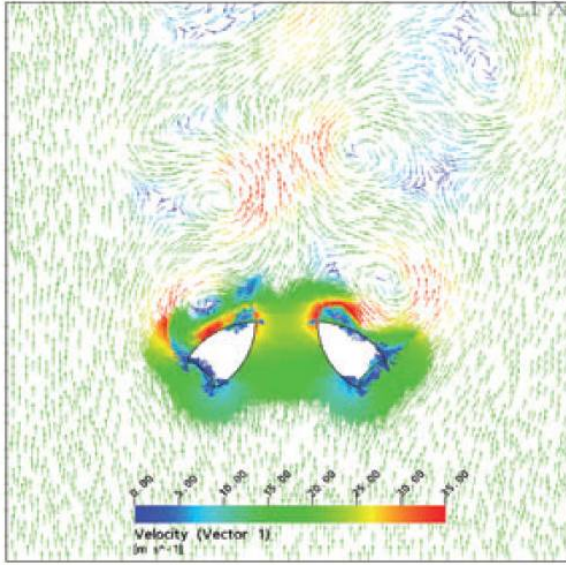
Bu projede kullanılan yatay eksenli rüzgar türbinleri aşağıdaki önemli bileşenleri içerir;

- Şanzıman, jeneratör ile muhafaza dahil motor yeri, sistem ve ilişkili kontrol soğutma sistemleri.
- rotor
- Köprü
- Kontrol, izleme ve güvenlik sistemleri
- Elektrik bina ara yüzü
- Motor kutusu ve rotor

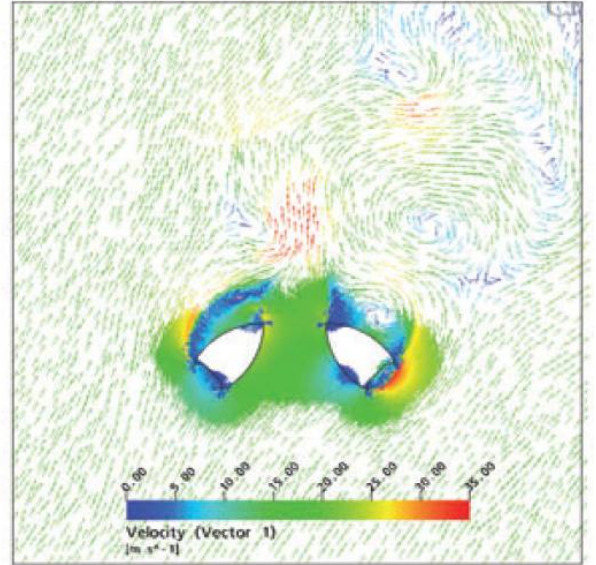
Tasarımın ana problemi oluşturan noktası köprülerin tasarımında olmuştur. Pervanelerdeki yüklerin motor kutusuna, oradan köprüye, oradan da binaya yaptığı basınç, dolayısı ile binaların strüktür sistemlerinin tasarımı önemli bir etkendi. Bu proje için yükleri hesaplama yaklaşımı rüzgar türbini üreticisi ile birlikte köprünün tasarım danışmanı tarafından yapılmıştır.

Motor kutusu türbinin fonksiyonelliği için köprünün içinden ise üstünde tasarlanmıştır. Türbinler standart hız kontrollü tiplerdir. Rotor pervaneleri akslarına sabit bir açı ile yerleştirilmiştir ve pervanelerin kesiti çok yüksek hızlı rüzgar geldiğinde pervanelerde türbülans yaratarak kaldırıcı (aksı) koruyacak biçimde tasarlanmıştır.

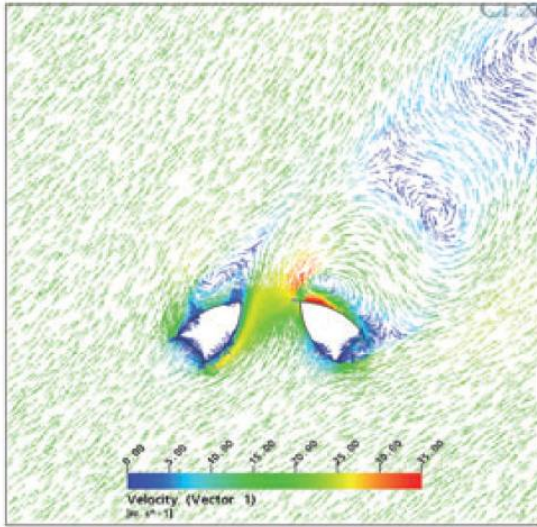
Başlangıç mühendislik hesapları gösteriyor ki rüzgar türbinleri hakim rüzgar doğrultusuna göre 270° ile 360° arasında yerleştirilmelidir. Bununla beraber, risklerde dikkate alındığında bu değerlerin dahada dar bir aralıkta 285° ile 345° arasında alması gerektiği görülmüştür. Bu derecelerin dışındaki bütün rüzgarlar türbinde etkisiz rüzgar özelliği göstermektedir. Şekil 4.15’de de görüldüğü üzere, rüzgarın türbinlerinin doğrultusuna 15° açı ile gelmesi durumunda hava akımı S çeklini alarak binanın formunun doğruluğunu kanıtlar (Şekil 4.15). Kulelerin formu, aralarından geçen hava akımını %30’a kadar arttırmada etkilidir (Smith, 2007).



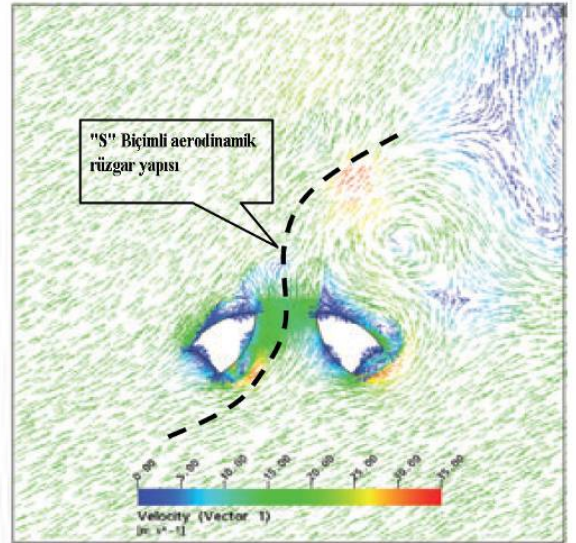
rüzgar yönü 315° (simülasyon 90°)



rüzgar yönü 345° (simülasyon 60°)



rüzgar yönü 360° (simülasyon 45°)



rüzgar yönü 15° (simülasyon 30°)

Şekil 4.15. Bahrain W.T.C.'in en üstteki rüzgar türbinine göre yapılmış hava akım şeması (Smith, 2007)

4.3.2 Pearl River Tower

Yeşil enerji tüketmeyi amaçlayan dikkat çekici projelerden bir diğeri hiç kuşkusuz “Skidmore Oving & Merrill” (SOM) mimarlık ofisi tarafından tasarlanan, Çin’in Guangzhou şehrindeki “Pearl River Tower” dır. Proje 10,635 m² arsa alanı üzerine 214,100 m² olarak inşaa edilmiştir ve ofis binası olarak hizmet verecektir. Planlanan bitiş yılı 2010 yılıdır. Bina 71 kattan oluşur ve 309,60 m yüksekliğe ulaşır. Proje şimdiden birçok ödül almıştır. Zira tasarım ekibi yapının bütün enerjisini kendisinin karşılayabileceğini savunmaktadır (Hansen, 2007).



Şekil 4.16. Pearl River Tower (Hansen, 2007)

Burada binaya gelen güçlü kuzey rüzgarından en iyi şekilde faydalanılması amaçlanmıştır. Yapının plan düzlemindeki konkav formu rüzgarı bina cephesinde toplayacak biçimde tasarlanmıştır ve bu konkav form hakim rüzgar yönüne, yani kuzeye doğru yönlendirilmiştir (Şekil 4.17). Ayrıca bu form ile gelen rüzgarın yönünün sapmasına karşı da bir önlem alınmıştır. Böylece yapı cephesinde toplanan rüzgar, binanın ortasından geçen boşluklara doğru cephe hareketleri ile aktarılmış ve burada bulunan rüzgar türbinlerine hızlanmış bir

şekilde ulaştırılmış olur. (Şekil 4.18). Bununla beraber binanın konkav formu nedeni ile güney cephesinde düşük basınç etkisi oluşur. Bu da boşluklardan geçen hava akımının hızını arttıran diğer bir etkidir. Yapıda kullanılan darrieus tipi rüzgar türbinleri yılın bazı zamanlarında yön değiştiren ve güneyden esen rüzgardan da faydalanmayı sağlamaktadır.



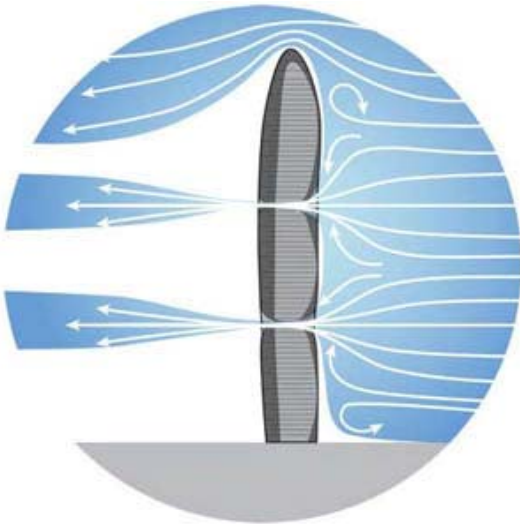
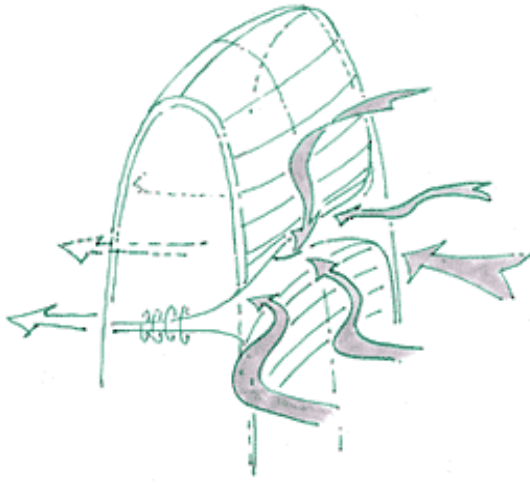
Şekil 4.17. Pearl River Tower Vaziyet Planı

Projenin sahibi SOM'dan ekolojik bir gökdelen tasarlanmasını istemiş. SOM'un ekoloji bölümünün başında olan "Roger Frechette" tamamen kendi kendine yetebilen, enerjisini ekolojik yollardan kazanmayı hedefleyen bu projeyi öne sürer. Elbetteki bina bunu yerleşim, koruma, enerjinin tekrar kullanımı ve depolanması, güneş enerjisi ve rüzgar enerjilerini bir arada kullanarak sağlar. Bina sıfır enerjiye aşağıdaki 5 ana yöntemi kullanarak ulaşır.

- Bina güneye yönlendirilerek gün ışığından maksimum yarar sağlanmıştır.
- Güney cephesindeki çift katmanlı "low-e-glass" cephe sistemi ısı enerjisini dönüştürür.
- Kule, her bir katın atık havasını binanın güneyindeki çift katmanlı cephe boşluğuna gönderir. Bu sıcak kuru havadan oluşan termal bariyer mekanik katta pasif nem alma

işleminde kullanılarak yeniden değerlendirilmiş olur.

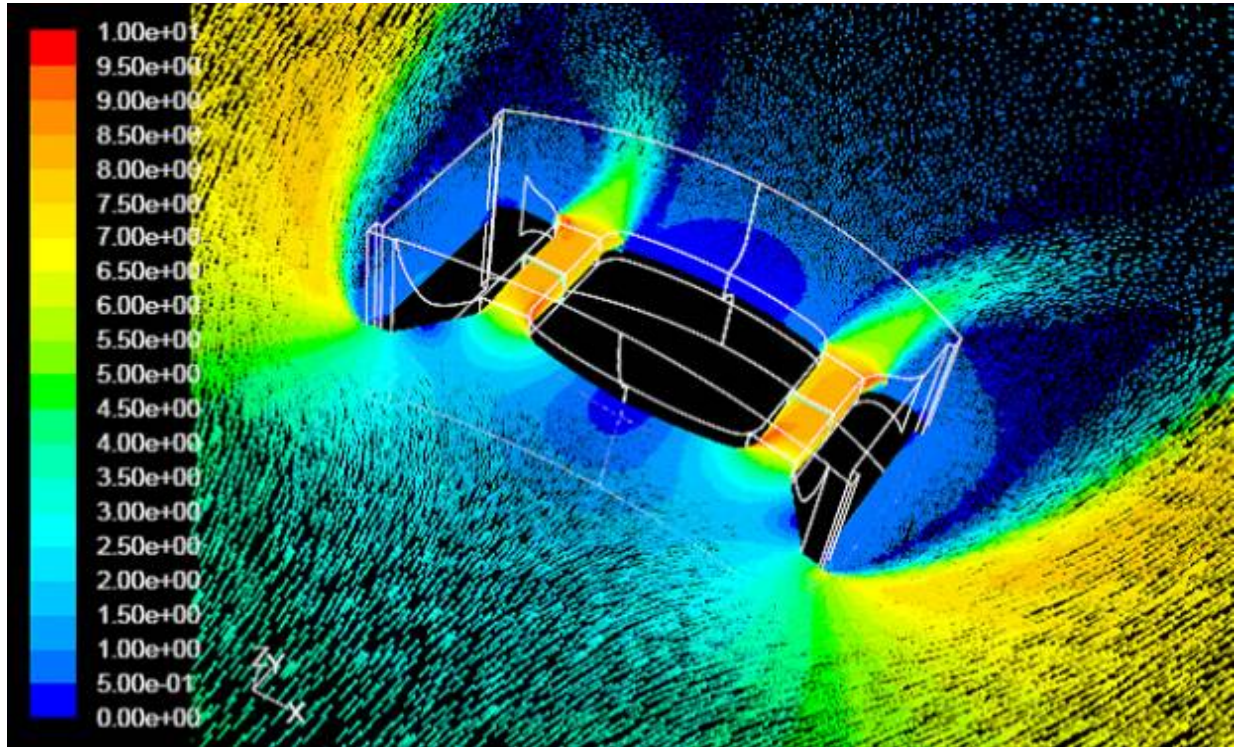
- Normal ofis katlarında kullanılan soğuk taş volta döşeme güneşliği ile ısınır ve enerji depolar. Ayrıca döşeme altındaki ventilasyon sisteminde biriken havada soğutulur. Bu sistem geleneksel soğutma sistemlerine nazaran %40 daha az enerji harcar.
- Bir jeotermal ısı çukuru su soğutmada kullanılır, böylece 100 Fahrenheit derecedeki mekanik sistemin döngüsü 75 Fahrenheit'a kadar soğutulur binanın soğutulmasında kullanılır. Bu sistem mekanik sistemden %30 kazanç sağlar. (15)



Şekil 4.18. Pearl River Tower 'da Kullanılan Darrieus Rüzgar Tipi Türbini ve Tasarım Yaklaşımı (16)

Bu 5 ana strateji binanın tüm enerji sarfıyatının %65'ini sağlar. Geri kalan enerjiyi sağlamak için bina rüzgar enerjisi, fotovoltaik paneller ve mikotürbinlerden yararlanır. Bu kapsamda binanın cephesinde 4 ayrı boşluk tasarlanmıştır. Bu boşluklar binayı düşeyde 3 parçaya ayrılmıştır. Bu ayrı bölümlerin arasına 8 adet (her boşluğa 2 şer adet) rüzgar türbini yerleştirilmiş ve binanın formu bu rüzgar türbinlerine gelen rüzgarı toplayacak biçimde şekillendirilmiştir. Bina formunun bu şekilde tasarlanması ile rüzgarın hızının 2.5 kat daha artırılması sağlanmıştır ki, bu da rüzgar türbinlerinden 15 kat daha fazla enerji kazancı sağlamak demektir (Hansen, 2007).

Bina cephesine açılan boşluklar strüktürel açıdan yapının rüzgara karşı direncini artırırken aynı zamanda bu boşluklara yerleştirilen rüzgar türbinleri ile de yapı rüzgar enerjisinden faydalanmaktadır. Cephe hareketlerinin gelen rüzgarı bu boşluklara yönlendirecek şekilde tasarlanması ile de türbinlerden kazanılan enerji kat ve kat arttırılabilmektedir. Özetle yüksek bina tasarımlarının önemli sorunlarından biri olan bina cephesinde oluşan rüzgar yükü burada başarılı şekilde avantaja dönüştürülmüştür.



Şekil 4.19. Pearl River Tower Rüzgar Akım Analizi, Bina Boşluklarında Oluşan Rüzgar Basıncını Göstermektedir (17).

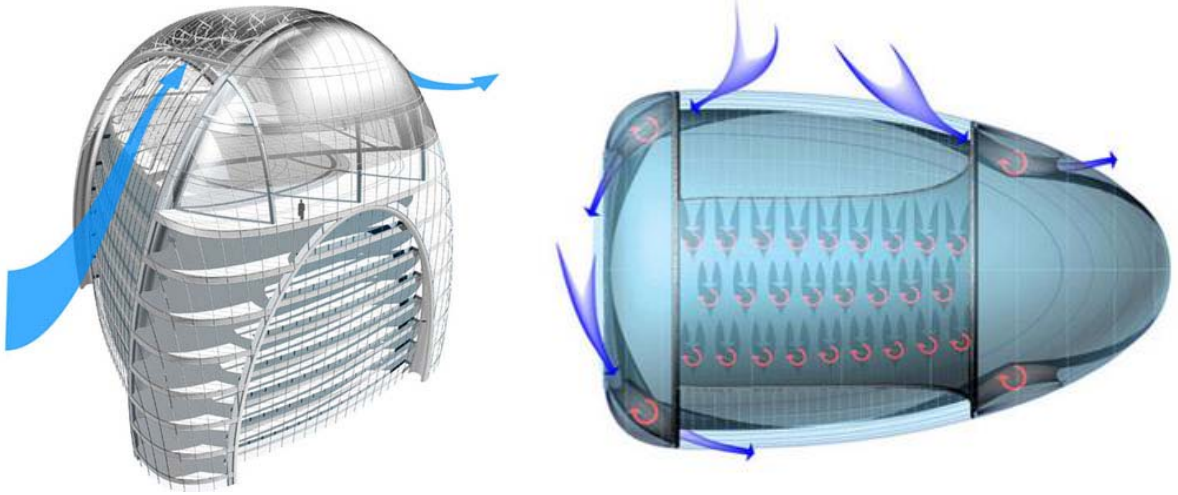
4.3.3 Clean Technology Tower (Tip Proje)

Pearl River Tower projesindeki rüzgarı toplayan cephe fikrini bir adım daha öteye götüren bu proje Adrian Smith & Gordon Gill tarafından tasarlanmıştır. Konsept proje olması nedeniyle henüz yükseklik, inşaat alanı, nerde yapılacağı gibi dataları bilinmemektedir. Ancak ilkinin Chicago’da inşaa edilmesi planlanan bu tip ofis binasında, rüzgar türbinleri köşelere konularak, yüksek binalarda tasarımsal bir sorun olan köşelerdeki rüzgar yükü avantaja dönüştürülmeye çalışılmıştır. Pearl River’da cephede kullanılan büyük rüzgar türbinlerinin aksine bu projede daha küçük türbinler kullanılarak rüzgarın hızından maksimum derecede faydalanılması istenmiştir. Projede rüzgarın ters yönden gelebilmesin ihtimali göz önünde bulundurularak dikey eksenli rüzgar türbinleri kullanılmıştır (18). Yapının cephesinin rüzgarı türbinlere çekecek şekilde biçimlenmesi dikkat çeken unsurdur. Ayrıca yapının yüksek bölümlerinde ki baskın olan rüzgar yükünden kazanılan faydayı artırmak için bu bölgelerde türbinlerin sayıları arttırılmıştır.



Şekil 4.20. Clean Technology Tower (solda) ve köşe kısmındaki türbinleri gösteren şematik kesit (sağda) (18)

Rüzgarın maksimum olduğu en yüksek noktada çift katmanlı tasarlanan çatı konstrüksiyonu rüzgarı içine çekerek türbinlere ulaşır (Şekil 4.21). Türbinlerden dolayı oluşan negatif basınç iç mekanların havalandırılmasında kullanılacaktır. Fift katman arasına yerleştirilen türbinler küçük bir rüzgar türbini tarlası oluşturur. Yine burada da kullanılan dikey formlu türbinler gelen rüzgarın yönünü önemsiz kılar. Ayrıca çatının üst katmanına yerleştirilecek olan fotovoltaik panellerde yapının enerji kazancına katkıda bulunacaktır.



Şekil 4.21. Clean Technology Tower rüzgâr akım şemaları (18)

Yapı köşelerde ve çatı arası türbin boşluklarında darrieus tipi rüzgar türbini kullanmaktadır. Yapı köşe kısımlarında cith katmanlı tasarlanmış ve rüzgarı içerisine alacak, toplayacak biçimde cephe hareketleri sağlanmıştır. Konsept projede yapının dörtbir köşesine de rüzgar türbinleri yerleştirilmiştir.. Burada dikkat çeken unsur şudur ki; tip proje olarak tasarlanan projenin gelecek olan rüzgarı hangi yönden alacağı kesin değildir. Bu nedenledir ki yapının dört köşesine de türbin konuşlandırılmıştır. Ancak rüzgarın yapıya çapraz gelmesi durumunda arka köşede düşük basınç oluşacaktır ve buradaki türbinlerden herhangi bir kazanç sağlanamayacaktır. Bu da buradaki türbinler için extra yatırım maliyeti demektir ki, bu gökdelen gibi yüksek bütçeli yapı türünde hiç de istenilen bir şey değildir. Öte yandan ilk prototipinin yapılacağı Chicago Illinois bölgesindeki yapı yoğunluğu düşünüldüğünde başarılı bir projedir. Zira bu yapının etrafındaki gökdelenlerin yapının rüzgarını kesmesi gibi bir sorunu yoktur. Sonuçta bina etrafından dolaşabilen her türlü rüzgar akımından kendine bir fayda sağlamayı bilmektedir.

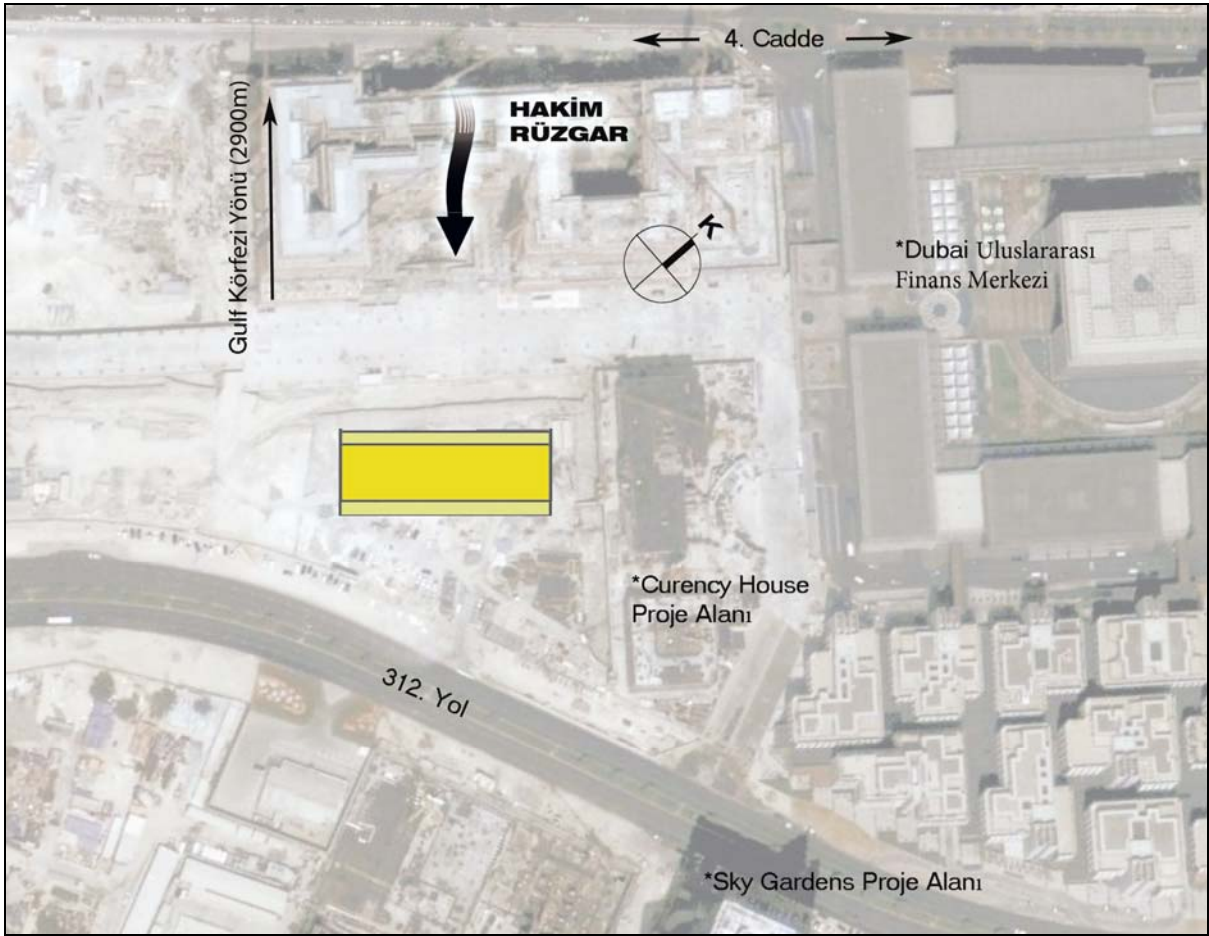
4.3.4 The Lighthouse Tower

The Lighthouse Tower Dubai’de yer alacaktır. Dubai International Finans Center’da inşa edilmesi beklenmektedir. 84000m² kapalı alana sahip olacak projenin 2010 yılında tamamlanması, yüksekliğinin 400m ve kat sayısının 66 kattan oluşacağı açıklanmıştır. Kule iki ayrı bina olarak yükselir, 10. katta köprü ile bağlanır ve 300m yüksekliğe kadar bu köprü devam eder. 300 ila 400 m arasında 3 adet yatay rüzgar türbini yerleştirilmiştir. Strüktür ayrıca birkaç gök bahçesini de barındırır (19).



Şekil 4.22. The Lighthouse Tower gece görüntüsü görselleştirmesi [20]

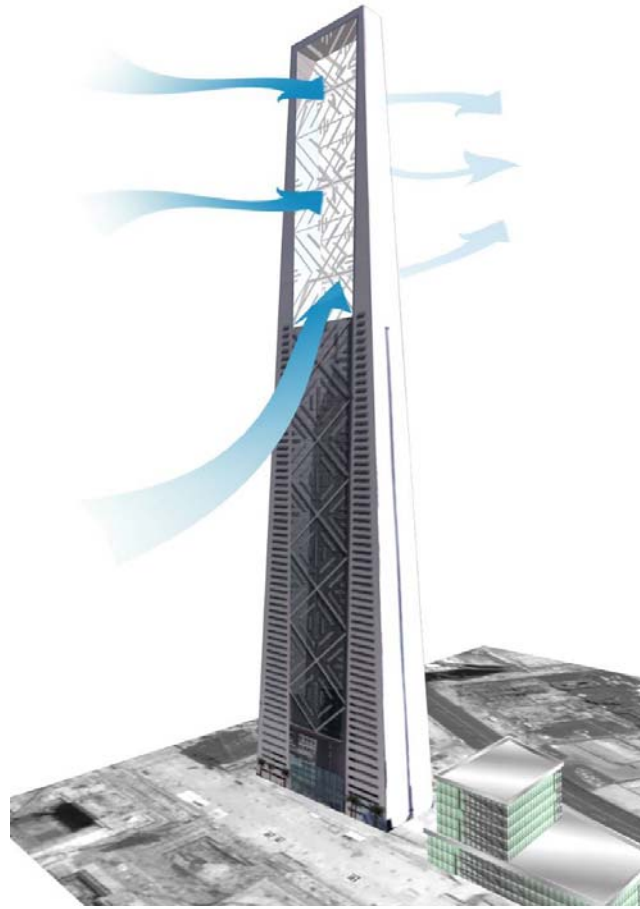
Yapı uzun cepheleri kuzey-batı güney doğu aksına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu şekilde kuzey batıdan gelecek olan Gulf Körfezi esintisini karşılayabilecektir ki bu da yapıda kullanılan yatak eksenli türbinlerin doğrultusuna karşılık gelmektedir. Bina körfeze yaklaşık 3 km uzaklıktadır. Yapının çevresinde genellikle alçak katlı çevre binalar yer almaktadır.



Şekil 4.23. The Lighthouse Tower Vaziyet Planı

Tasarım ekibi Atkins, düşük karbon tüketimli bir ticaret binası yapmayı amaçlar. Bina Dubai bölgesindeki diğer yapılara nazaran enerji harcamasını %65, su harcamasını ise %40 azaltmayı hedefler. Yapının yüksekliği ve formu bu düşük enerji harcamasındaki en önemli rolü oynar. Bu projede 3 adet, 29m çapında 225 kW'lık rüzgar türbini bulunacaktır. Bu türbinler kazanılan enerjiyi maksimize etmek için yalpalanmaya elverişli olacaktır. Kulenin güney cephesinde 4000 adet güneş paneli de elektrik üretmede kullanılacaktır. Projenin dikkat çekici diğer bir özelliği ise yapım malzemelerinin tümünün geri dönüşümlü malzemeden seçileceğinin iddia edilmesidir (21).

Plan olarak uzun dikdörtgen formundaki bina 3. boyutta piramidal bir form alır. Bu piramidal form rüzgarın yapının üst kısmında, yani çatısında yer alan türbinlere ulaşmasını sağlar (Şekil 4.24). Binanın $\frac{1}{4}$ lük kısmını bu rüzgar türbinleri kaplamaktadır. Burada türbinlerin performansının artırılmasından ziyade ikonikleştirilmeleri ön planda tutulmuştur. Ornamental bir dizayna sahip olan bina yöresel mimarinin etkilerini taşımaktadır.



Şekil 4.24. Lighthouse Tower Rüzgar Akım Şeması

Etrafı binalarla kaplı bu yapı rüzgarı direkt olarak karşılamaktadır. Gelecekte, rüzgarın geldiği yöndeki komşu parselde yapılacak olan bu binanın yüksekliğinde veya daha yüksek bir yapı Lighthouse Tower'ın rüzgarını kesecektir. Tasarım ekibi bunun için bina formuna dair hiçbir önlem almamıştır. Böyle bir durum karşısında binanın türbinlerden elde edilen enerji kazancında büyük oranda kayıp olacağı aşikardır.

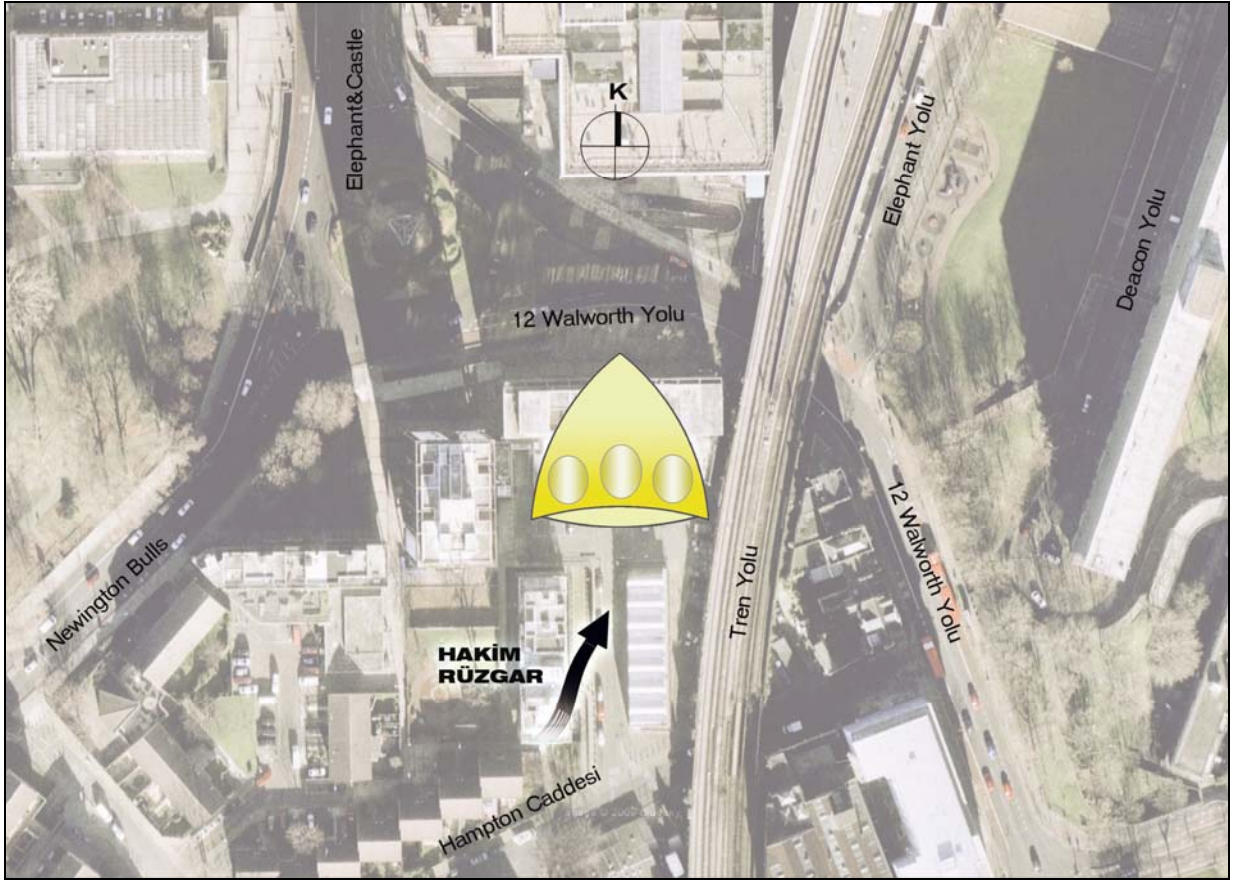
4.3.5 Castle House London

Hamiltons Londra ekibi tarafından hazırlanan bu proje Londra'nın Elephant & Castle bölgesinde yer alır. Bütün kompleks iki binadan oluşacaktır. Çatısında 3 tane 9m çapında türbin bulunan 43 katlı bu kule ve 5 katlı pavilyon binası. Projenin 2009 yılında tamamlanması amaçlanmaktadır. Tamamlandığında 310 apartman dairesi ve giriş katında bir alışveriş merkezi yeracaktır. Binanın total yüksekliği 147m olacaktır. Total inşaat alanı 25.000m² 'dir (22).



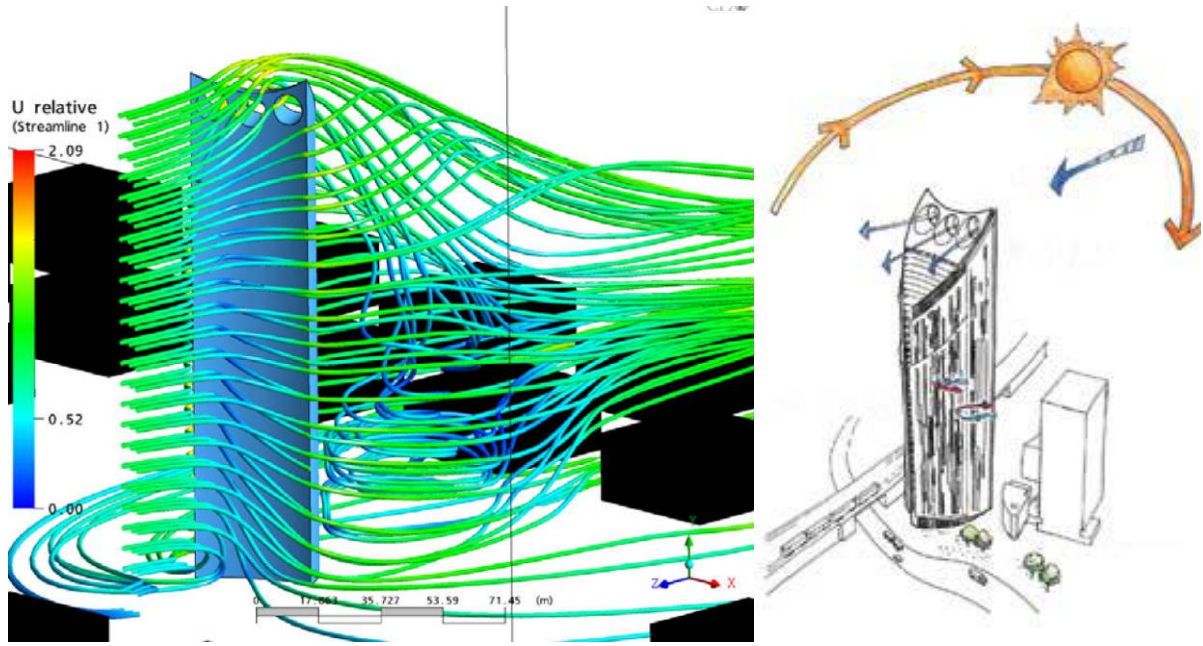
Şekil 4.25.Castle House Görselleştirmesi (22).

Temel olarak oluşturulmuş rüzgar yaklaşım prensibi Pearl River Tower'a benzemektedir. Yine burada da güneyden esen hakim rüzgarın geldiği yönde oluşturulmuş konkavımsı plan formu rüzgarı toplayıcı özellik göstermektedir. Burada toplanan rüzgar çatıdaki boşluklara yerleştirilmiş rüzgar türbinlerine aktarılmaktadır. Yapı Pearl River kadar yüksek olmadığından cephede oluşan basınç çatı boşlukları ile tahliye edilebilmektedir. Ancak bu yapıda rüzgar alan cephenin arkasında kalan cephede oluşacak alçak basınç, planda tasarlanmış gemi burnu formu ile engellenmiştir. Böylece rüzgarın binaya yapacağı basınç etkisi azaltılmıştır. Ancak bu form çatıdaki türbin boşluklarının olduğu kısımdaki özel dizaynı ile bu kısımda alçak basınca izin vermekte, böylece türbinlerden geçen hava akımı artmaktadır.



Şekil 4.26. Castle House Vaziyet Planı

Yapı ekoloji bağlamında topraktaki jeotermal enerjiyi ve rüzgar türbinlerini kullanacaktır. Rüzgar türbinlerinin yılın %85 lik kısmında aktif olması beklenmektedir. Yapının yarım elips şeklindeki plan formu negatif basınç etkisi yaratır ve planın rüzgarı karşıladığı kısmındaki konkav yapı pozitif etki yaratarak rüzgarın çatıdaki türbinlere ulaşmasını sağlar. Tasarım prensibi gayet basit ve etkilidir. Ancak bu projede de gelecekte oluşabilecek olan çevre binaların değişebileceği olasılığı gözardı edilmiştir. Tek yönden rüzgarı alma prensibine dayalı bu projenin rüzgarı aldığı yönde yapılacak olan bir binanın yapının türbinlerinden elde edilecek enerji kazancını kesmesi bile muhtemeldir. Çünkü bu yapı Lighthouse Tower kadar yüksek değil ve de bulunduğu çevrenin kent dokusu daha da sıkışık yapıdadır.



Şekil 4.27. Castle House rüzgar akım diagramları (23).

4.3.6 Dynamic Tower Dubai (Tip Proje)

İlkinin Dubai’de inşaa edilmesi planlanan farklı konsepti ile dikkat çeken bu tip proje gökdelen inşaatına prefabrik üretim mantığı getirmeyi amaçlıyor. Aynı zamanda da bütün katların binanın çekirdeği etrafında ayrı hızlarda ve ayrı yönlerde dönebileceğini ileri sürüyor. Böylece her daim formu değişen dinamik bir mimari ortaya çıkıyor. Bu aynı zamanda katlar için yaz kış değişen sıcaklıklara göre kullanıcının yönünü seçmesine de imkan vermektedir.

İnşaatı süren dubai’deki yapı; tasarlanmasının yanı sıra inşa sistemi ile de olağanüstü devrimci özellikler içermektedir. Beton çekirdekten ayrı olarak fabrikada üretilen bitmiş halde ögelerle üretilmiş bir yapıdır. Tüm her türlü tesisat boru, elektrik, havalandırma sistemlerini içeren her şeyiyle bitmiş birimler fabrikadaki bant üretimini takiben şantiyede üretilen beton çekirdeğe monte edilmektedir. Bu hazır yapım şekli, yüksek kalite bitiş malzemeleri, yüksek kalite kontrolü ve can kaybını önleyen, maliyet, zaman tasarrufu sağlayan daha az işçi çalıştırma olanağı sunmaktadır. Bunun yanı sıra, birbirinden ayrı tek katlardan oluşan bu mimari yapı, herhangi bir normal yapıdan daha yüksek sismik dayanım gücüne de sahiptir. Hazır yapım teknolojisi ve rüzgara uygun hareket etmesi yapıyı, 1.3 oranında depreme daha fazla dayanıklı

kılmaktadır. Yapının bir fabrika da üretilip daha sonra şantiyede bir araya getirilmesi, şantiyedeki işçi sayısını da 2000'den 90'a indirmektedir. hazır yapım teknolojisi çok hızlı bir tamamlanma süreci sağlamaktadır; yapı süresi 30 aydan 18 aya düşmüştür (24).



Şekil 4.28.Dynamic Tower Dubai (24)

Proje betonarme bir çekirdek etrafında yer alacak olan rayları kullanarak, önceden inşa edilmiş olan katlar yerlerine yerleştirilecektir. Üniteler fabrikada tamamen bitirilmiş ve tüm tesisat ve elektrik sistemleri ile donatılmış ve yerden tavana, banyolar, mutfaklar, dolaplar, aydınlatma ve mobilyalar dahil olmak üzere tamamen bitirilmiş bir şekilde hazırlanacak. Sahada sadece mekanik olarak birbirine bağlanıp çok kısa bir zamanda bitmiş bir bina ortaya çıkaracak. Böylece binanın normal inşaat süresinin 3 katı daha hızlı inşa edilmesi planlanıyor. Ayrıca, bu yöntemle bu binalarda bakımı kolaylıkla yapabilirsiniz...çünkü tüm parçalar kolaylıkla kontrol edilip tamir edilebilecekler. Binalar bu nedenle dayanıklı, diğer çağdaş binalardan daha uzun ömürlü olacaklar...yine sürdürülebilirlik ön plandadır (Fisher, 2007).



Şekil 4.29. Dynamic Tower prefabrik inşa sistemi (24)

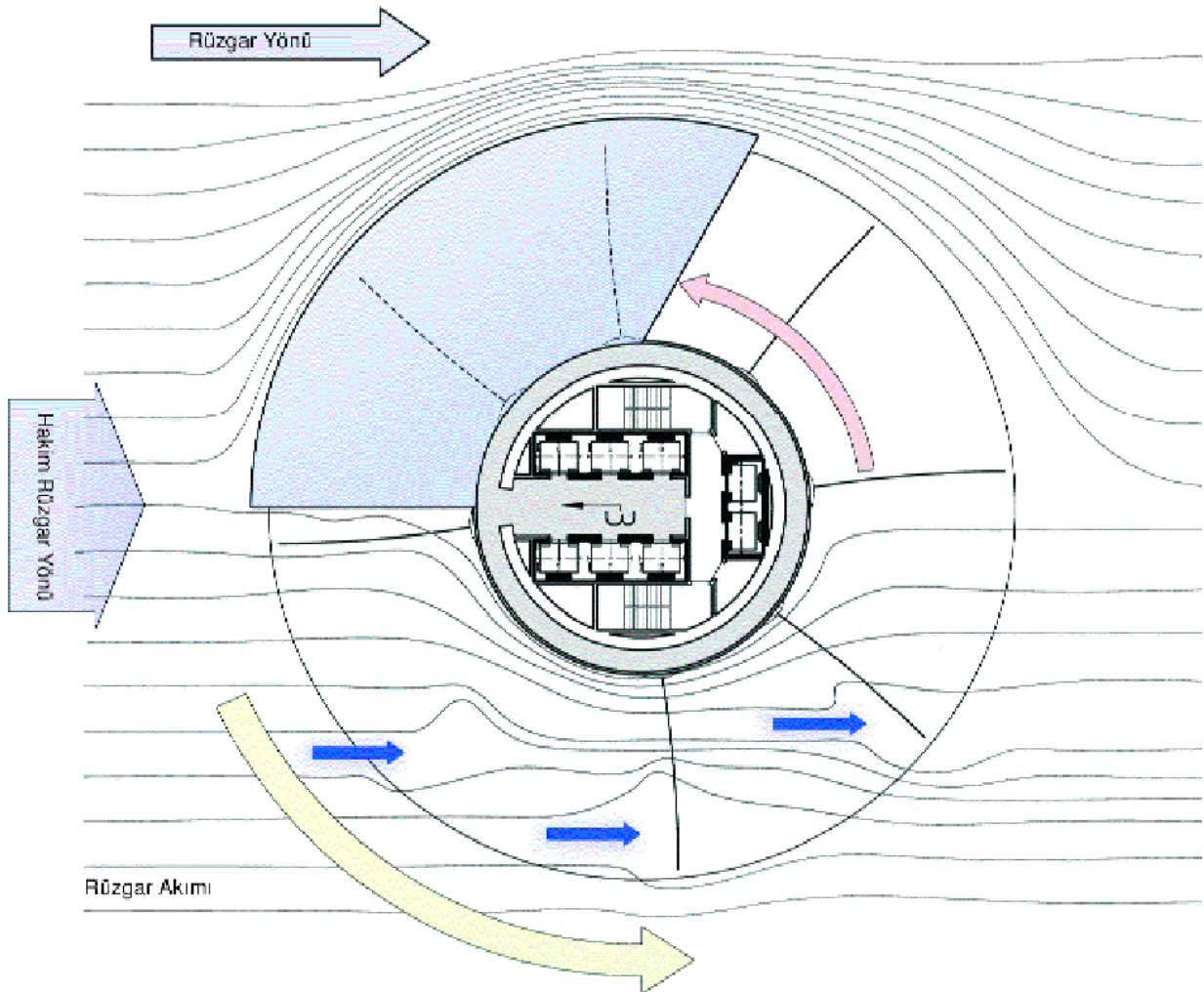
Her bir dönen kata foto-voltaik hücreler yerleştirilecek. 80 katlı bu binada 80 tane de var. Çatının sadece %20'si güneşe veya ışığa maruz kalmasına rağmen bu binada 80 tane %20 vardır. Yani bu binaların çatı alanı 10 binanınkine eşittir. Bunun yanı sıra, dönme sistemi sayesinde, foto-voltaik hücreler güneşe maksimum derecede maruz kalabilecekler. iklimlendirme için solar konvektörler kullanılacaktır (Fisher, 2007)..

Dönen Kule, katların arasına yatay olarak yerleştirilmiş rüzgar tribünleri sayesinde elektrik üretebilir. Geleneksel dikey rüzgar tribünlerinin çevreye bazı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Görünüm, büyüklük, kurulum, bunların inşa edileceği yollar ve bakım. Tüm bu konular katlar arasına yerleştirilmiş yatay tribünlerde karşımıza çıkmamaktadır. Binaların ihtiyaçları için gerekli enerjiyi sağlayacak ve komşuları için de daha fazla çevre dostu enerji sağlayabilecek. Tribünler karbon telden yapılmış özel şekilleri nedeniyle sessiz olacaklar. Rüzgar türbinleri şuanda, gelecekte Dinamik mimarili kulelere monte edilmek üzere İtalya'daki Dönen Kuleler teknoloji fabrikasında geliştirilmektedirler (24).

Sürekli biçimini değiştiren dinamik mimari yapı, kendisi için gereken enerjiyi üretmektedir. Her bir döner katın arasına yerleştirilmiş 48 rüzgar türbiniyle birlikte, yapının çatısına yerleştirilmiş solar paneller, hava kirliliğine yol açmadan güneş ışığı ve rüzgardan enerji sağlamaktadır. Bu “güç istasyonu” nun bir yılda ürettiği toplam enerji maliyeti yaklaşık

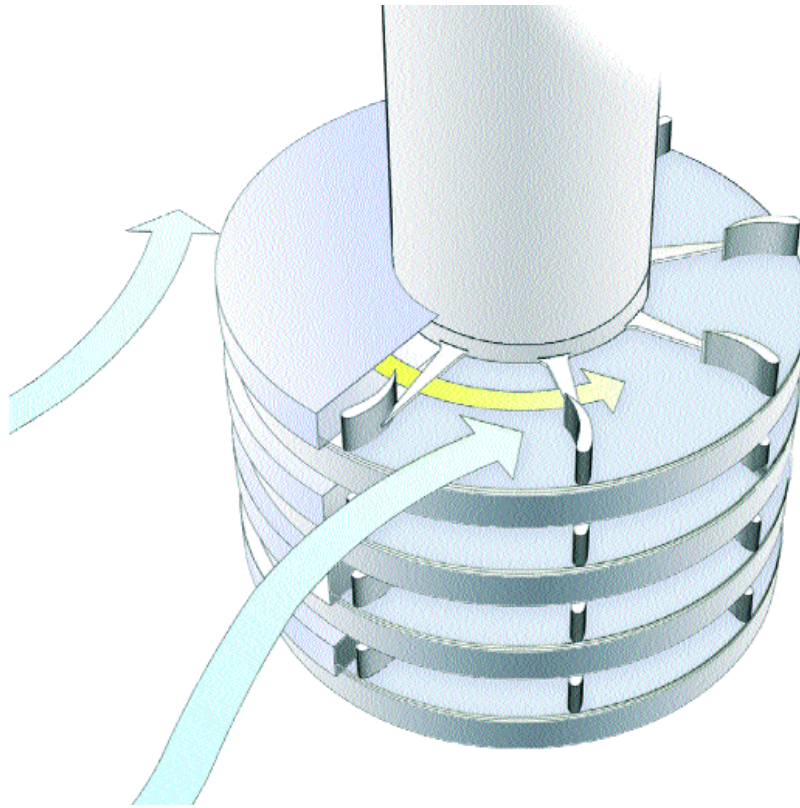
7milyon dolardır. Her türbin 0,3 megawattlık enerji üretebilmektedir. Buna karşılık , dikey bir trbinin(bir yeldeğirmenin) ürettiği elektrik 1-1,5 megawattır. Dubai’de yıllık 4000 rüzgar saati olduğu düşünülürse, yapıya entegre türbinler 1.200.000 kilowatt-saat enerji sağlayabilecektir (Fisher, 2007).

Bir ailenin yıllık enerji tüketimi 24.000 kilowatt-saat olarak hesaplanmaktadır. Her türbin yaklaşık 50 ailenin enerji tüketimini karşılamaktadır. Dubai’deki dinamik mimari kulede 200 apartman dairesi vardır ve bunların ihtiyacını karşılamaya 4 türbin yetmektedir. Kalan 44 türbinle sağlanan artı enerji, yapının yakın çevresinin aydınlatılmasını sağlamaktadır. Dubai’de ortalama rüzgar hızının 16km/h olduğu düşünülürse, 2 kat daha fazla türbin çalıştırmak gerekir. Bu da toplam 8 türbin demektir. Geriye kalan 40 türbin, neredeyse aynı büyüklükteki 5 gökdelenin enerji ihtiyacını karlılamaya yeter (Fisher, 2007).



Şekil 4.30. Dynamic Tower rüzgar türbinleri çalışma şeması (Fisher, 2007).

Dairesel bir formda inşaa edilecek olan yapıda uygulanacak olan türbin sistemi gayet anlaşılabilir bir mantıkla tasarlanmıştır. Dinamik Mimari Yapının yatay türbinleri, katların arasında yer almaktadır. Görünür değildir. Beton bir temele ihtiyaç duymamaktadır. Ana çekirdek şaftına yine katların monte edilme sistemine benzer bir mantıkla eklenecek olan türbin sisteminde alçak basınç alanı oluşturabilmek için rüzgarı engelleyici bir kalkan kullanılmıştır. Bu kalkan yılın belli zamanlarında yön değiştirebilerek, değişen rüzgar yönüne ayak uydurabilmektedir. Böylece ileride çevresinde inşaa edilebilecek diğer binalar tarafından rüzgarının kesilebilmesi gibi sorunu yoktur.



Şekil 4.31. Dynamic Tower rüzgar türbinleri çalışma şeması (Fisher, 2007).

Kullanıcının hemen yakınında bulundukları için türbinlerin bakımları çok daha kolaydır. Yapının özel tasarımı ve karbon elyafından kanatların özel biçimi, akustik düzenlemeye yardımcı olur. Yapının estetiğini bozmadan bu derece yüksek elektrik enerjisi üretmek, alternatif enerji kaynakları açısından devrimci bir adımdır. Yeşil enerjinin üretimi, çevre ve ekonomi üzerine olumlu bir etki yaratacaktır.

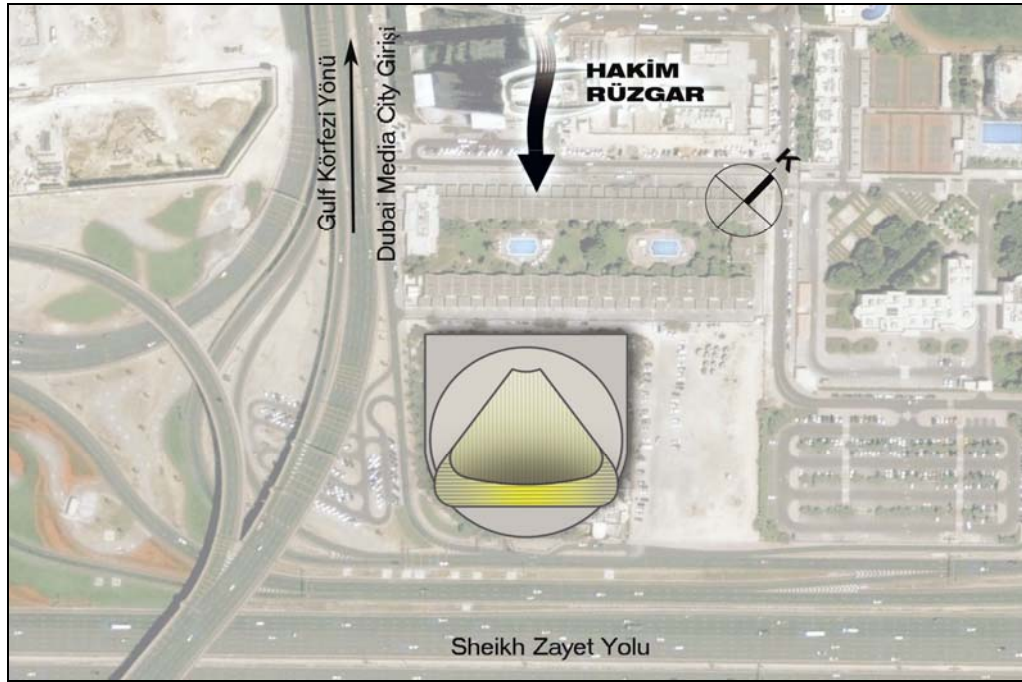
4.3.7 Anara Tower

Anara tower Dubai Media City'deki Sheikh Zahed yolunda yer alacaktır. 2009'un son çeyreğinde inşaatının başlaması öngörülmektedir. Bina totalde 125 katlı ve 600m üzeri yüksekliği olacaktır. Yapı çatısındaki büyük rüzgar türbini ile simgeleşecektir. Bu türbinin çekirdeğinde cam strüktürden bir restoran yer alacaktır. Dubai'nin en lüks projesi olacağı ileri sürülmektedir. Bina 250 oda ve 300 residanstan oluşan bir otel projesidir. Her 27 katta bir gök bahçesi yer alacaktır (25). 43,000 m² toplam inşaat alanına sahip olacaktır (26).



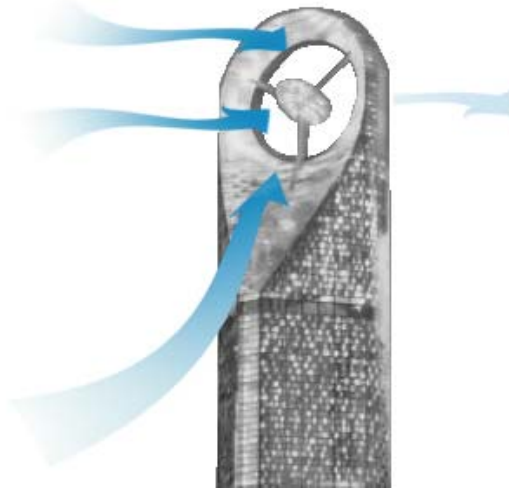
Şekil 4.32. Anara Tower (26)

Dikey formu, minarenin yeniden yorumu, antik fenerler, ve bugünün modern gökdelenlerinden esinlenilerek, Anara kulesi bölgesel, yerel ve mimari sahnede tanınabilir olacak bir form üretmek için çabalamıştır. İnşası başladığında proje LEED (enerji ve çevresel tasarım liderliği) ödülünü almayı planlamaktadır.



Şekil 4.33. Anara Tower Vaziyet planı

Üçgen bir plan formundan oluşan yapı, üçgenin sivri kısmı hakim rüzgara bakacak şekilde konumlandırılmıştır. Plan olarak Castle House'a benzeyen yapı, Castle House'un tersine yapının konkav formunu rüzgar altı yönünde konumlandırmıştır (Şekil 4.33). Burada ki amaç yapının rüzgar yüklerinden mümkün olduğunca az etkilenmesini sağlamaktır. Castle House'daki rüzgarı toplama fikri, binanın çok yüksek olması nedeni ile burada uygulanmamıştır.



Şekil 4.34. Anara Tower rüzgar akış diagramı

Proje rüzgardan, sadece üst kısmına denk gelen tarafı ile yararlanacaktır (Şekil 4.34). Buradaki türbinin etrafında huni biçimli tasarım rüzgarı toplayarak türbine etki eden rüzgar miktarını arttırmaktadır. Henüz bu büyüklükte bir türbin denenmemiştir. Projenin inşaa edilebilmesi durumunda kullanılacak olan türbin ile bir rekora imzaa atılacaktır. Henüz tasarım aşamasında olan proje hakkında yeterince bilgi verilmemektedir.



Şekil 4.35. Anara Tower devasa rüzgar türbini ve çatı restoranı (25)

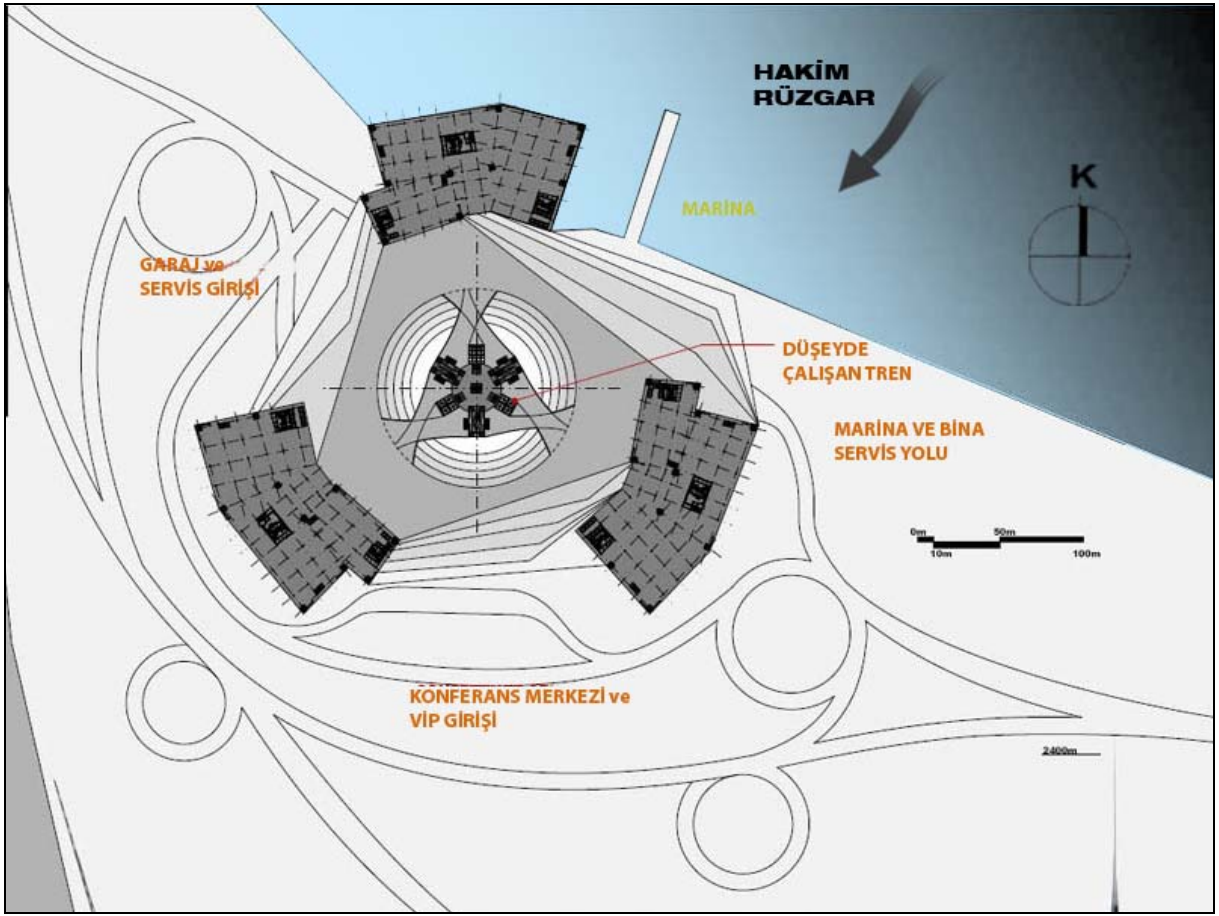
4.3.8 Dubai City Tower (Konsept Proje)

Dubai’de yer alan bu proje 400 yaşanılabılır kattan oluşur ve 400m si helezon şeklinde döner sarmal hareket yapan enerji üreten kısımdır. Kat yükseklikleri 5m den oluşur ve bina totalde 2400m olarak tasarlanmıştır. Bina Gulf Körfezi’nde büyük turist gemilerininide ağırlıyabilecek bir marina ile beraber inşaa edilecektir. 6 katı yer üstünde ve 15 katı yer altında olan bazasında kongre merkezi, alışveriş merkezi, otopark ve aktivite merkezi bulunur. Otopark alanından kazanç sağlamak için robotik sistem otopark düşünülmüştür. Binanın bütün baza kısmı tüm kompleksin 6 farklı binasının sınırları içerisinde tasarlanmıştır. Bu binanın genel görüntüsünü korumanın bir parçasıdır (28).



Şekil 4.36.Dubai City Tower görüntüsü canlandırması (27).

Bina bir merkez etrafında üçü saat yönünde üçü de saat yönü tersine doğru sarmalanarak dönen 6 ayrı binanın birleşmesinden oluşur. Binanın %65 lik kısmı ilk 100 katında yer almaktadır. Bütün kule her 100 katta bir ortak kullanım alanı ile bölünür. Bu merkezlerin her biri yeni bir şehir merkezi görevini üstlenir ki; gündelik hayatın tüm gereksinmelerini karşılar. Bu merkezlerin içinde yeşil alanlar, parklar, eğlence alanları, dükkanlar, kafeteryalar yapılması planlanmaktadır. Bu merkezleri birbirine bağlayan düşey hızlı trenler yer alacak ve her bir merkeze 10 dk da ulaşacaktır. İnsanlar bu merkezlerden asansörlerle transfer olacaktır. Ayrıca VIP kullanıcıları için süper hızlı asansör sistemleri de düşünülmüştür (27).

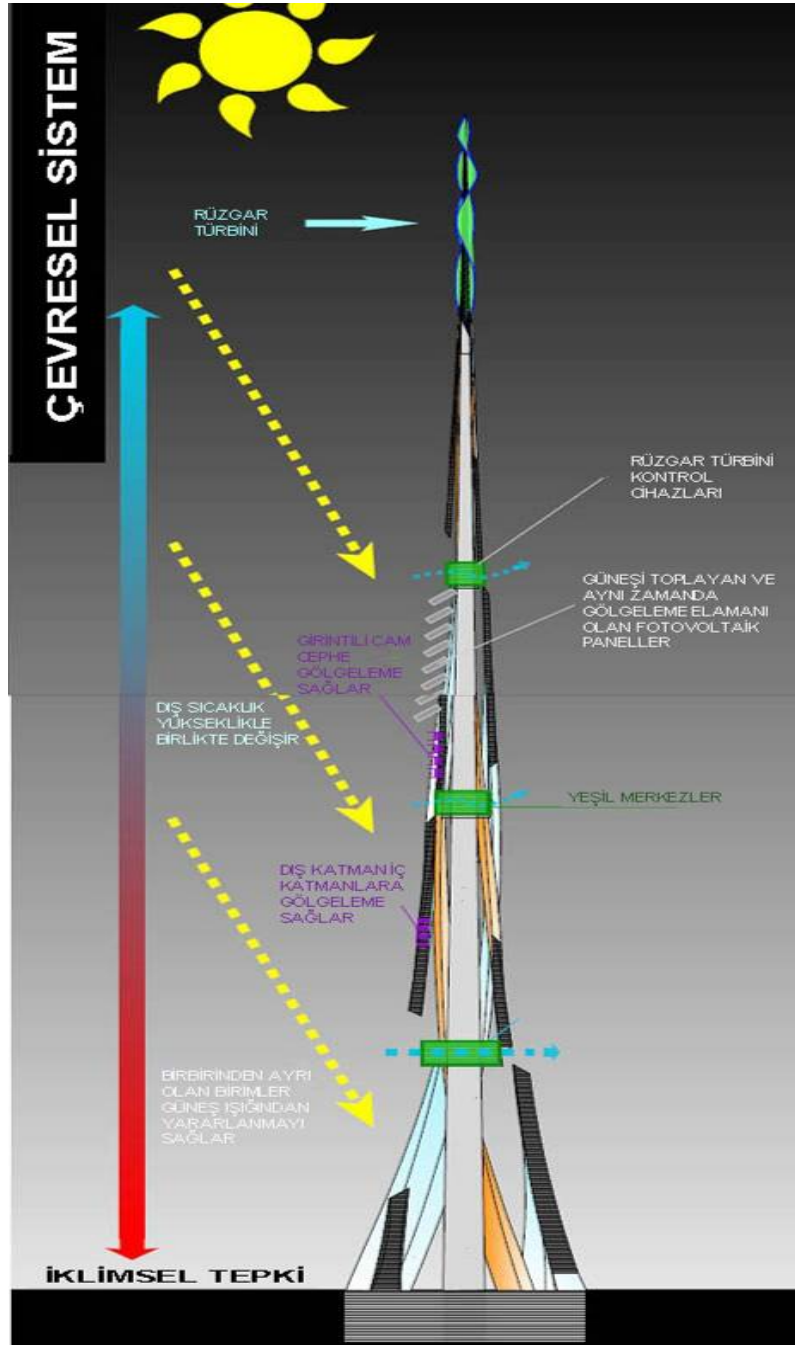


Şekil 4.37. Dubai City Tower vaiyet planı (27)

Bu her bir gök plazasının alt kısımlarında ana şaft ile bağlantılı elektrik, su ve çöp atık sistemi bulunur. Buralarda bina cephesinden toplanılan su, fotovoltaiik panel ve rüzgar türbinlerinden elde edilen elektrik enerjisi depolanır. Buna ilaveten arıtılmış su ve yeniden değerlendirilen çöp kullanılarak bu merkezlerde yer alan yapay bahçeler beslenir. Bütün çapa ve gayret bu merkezleri güvenilir ve yaşanılabilir yapmaya yöneliktir.

Bütün kompleks yer hareketlerine ve rüzgar yüklerine arşı bir bütün strüktür oluşturacak biçimde tasarlanmıştır. 2400m yüksekliğindeki bir bina kompleksi için en önemli strüktürel sorun rüzgâr ve deprem yükleridir. Rüzgar yüklerine karşı en başarılı form olan Eiffel Kulesi formu binaya uygulanmıştır. Dubai City Tower, bütün formunu bir merkez etrafında sarmalanan 6 ayrı bina kompleksinin Eiffel Kulesi formunu oluşturacak biçimde konumlandırması ile oluşturarak hem deprem, hem de rüzgâr yükünü karşılamayı hedefler. Her bir 100 kat, ayrı bir strüktürel sistem oluşturur. Her bir bina kendi içinde köşelerde süper

güçlü kolonla ve bu kolonları çevreleyen çaprazlardan oluşan strüktürel bir ağla taşınır. Yapının yere yakın olan katlarında ikincil bir kolon sistemi daha bulunur (27). Proje 400m yüksekliğinde dikey bir rüzgar türbini kullanmayı hedeflemektedir. Bu türbin aynı zamanda yapının anten işlevinide yerine getirecektir. Henüz konsept aşamasında olan proje hakkında pek bilgi verilmemektedir.



Şekil 4.38. Dubai City Tower ekolojik yaklaşım şeması (28).

4.3.9 Burj Al-Taqa (Konsept Proje)

Dubai de yer alması planlanan bu ofis kulesi 322m yüksekliğinde. 60 katlı ve 73000m² kapalı alana sahip. Bu ekolojik kule orta doğuda kullanılmış olan rüzgar kulelerinin geleneksel havalandırma mantığını günümüz teknolojisine uyarlamayı amaçlar. Kule %100 kendi enerjisini üretebilecektir. Geleneksel Arap mimarisinde yer alan bu havalandırma kulelerini yüksek teknolojiye gökdelenlere dönüştürmek için detaylı bir analiz çalışması gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığın 50°C yi aştığı bu bölgede, rüzgar kuleleri rüzgarın enerjisini kullanarak doğal havalandırma sağlar. Bu kuleler sıcak rüzgarı evin içinde bir meltem esintisine dönüştürürdü. Aynı mantıkla çalışan sistemle bu 60 katlı gelişmiş gökdelenin havalandırması sağlanmaktadır. Böylece kullanılmayan mekanik havalandırma maliyeti ortadan kaldırılarak binanın tüm enerji sarfiyatından %40'a kadar kazanç sağlanmıştır (29).

5m'lik atriyum bina boyunca yükselerek bütün binaya nemli ve taze hava aktarır. Bu baca etrafına asılan bitkiler havayı temiz ve nemli tutan öğelerdir. Bu çift katmanlı cephe sistemi bütün binayı kaplar ve binanın havasının tahliyesini sağlar. Doğal rüzgârları kullanarak çalışan bu sistemde, basınç farklılıkları ile oluşan hava akımı termal bir baca oluşturur.



Şekil 4.39. Burj Al-Taqa kulesi görselleştirmesi (29)

Binanın çatısı bir Darrieus tipi dikey rüzgâr türbini ile taçlandırılmıştır. Bu türbin aynı zamanda binanın ekolojikliğinin bir sembolü olarak da binaya hizmet vermektedir. Bu türbin rüzgardan direkt olarak faydalanabileceği gibi binanın iç kısmında yer alan havalandırma bacasındaki egzosu da kullanacaktır. Henüz konsept aşamasındaki proje hakkında yeterli bilgi verilmemektedir.

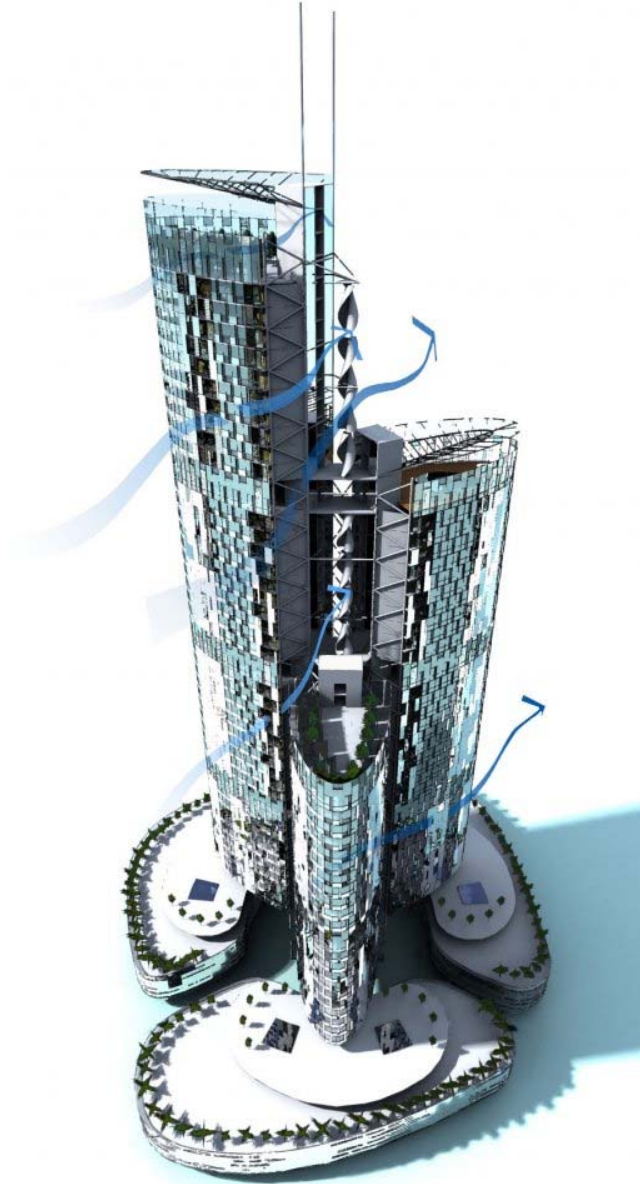
4.3.10 Skyhouse London (Konsept Proje)

Londra’da yer alan bu projede totalde 240-500 konut tasarlanması beklenmektedir. Zemin katta proje kentsel bir fabrika ile birleşerek okul, kütüphane, kafe ve dükkanları içeren karma bir kullanım önerir. Gökyüzü bahçeleri, havuzlar, jimnastik salonları binaya entegre edilerek kat bahçelerine yerleştirilmiştir. Marks Barksfield mimarlık ekibi tarafından tasarlanan bu yapı Londra’nın konut krizine bir ferahlama getirmeyi amaçlamaktadır (31).



Şekil 4.40. Skyhouse London kulesi görselleştirmesi (30).

3 yapraklı yonca şeklinde tasarlanan plan yapısında, ortada açık bir çekirdek etrafında birleşilir. Her biri farklı yüksekliklerde olan 3 ayrı elips formundaki ayrı bina plan yonca formu alacak biçimde birleşir. Bu yoncanın merkezinde yer alan dikey rüzgar türbini en üst kulenin çatısına kadar uzanır. Yoncanın kanatları arasına giren rüzgar dikey türbini çalıştırmaktadır. Türbin konsepti olarak Bahrain World Trade Center'a benzemektedir. Farklı olarak burada üç ayrı blok ve aralarında yatay yerine dikey türbin kullanılmıştır. Henüz konsept aşamasında olan proje hakkında yeterli bilgi verilmemiştir.



Şekil 4.41. Skyhouse London projesi rüzgar akım diagramı (31).

4.3.11 COR Florida (Konsept Proje)

America’da Florida Eyaleti’nin Miami şehrinde Design District’te yapılması planlanmaktadır. Yapı 40 kattan oluşacak, ticaret, ofis, fitness, konut gibi işlevleri bir arada sunacaktır. Toplam inşaat alanı 44,500 m² olacaktır. Yapının 2009 yılında tamamlanması planlanmaktadır. Tasarım ofisi Oppenheim yapıda kullanılan türbinlerin oluşturduğu dairesel formları cephede de kullanarak özgün bir tasarım oluşturmuştur.



Şekil 4.42. COR Florida görselleştirmesi (32).

COR; Miami, Florida’daki mimari, mühendislik ve ekoloji arasında dinamik bir sinerji sunan ilk sürdürülebilir, karma kullanımlı projedir. Design Bölgesi’nin COR gücünü; rüzgar türbinlerindeki en son teknolojiyi takiben fotovoltailer, güneş etkisi ile ısınan sıcak su jenerasyonu, sayesinde çevresinden alırken, bu sistemi kendi mimari kimliğine entegre etmektedir. Hiper-verimli bir dışkabuk binanın strüktürünü oluştururken, termal izolasyonunu da sağlar ve doğal serinleme amaçlı gölgelik meydana getirir. Terasları kuşatır, türbinlere armatür oluşturur (Happold, 2007).

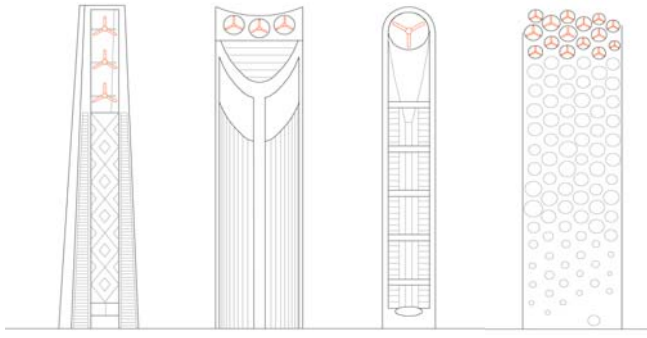
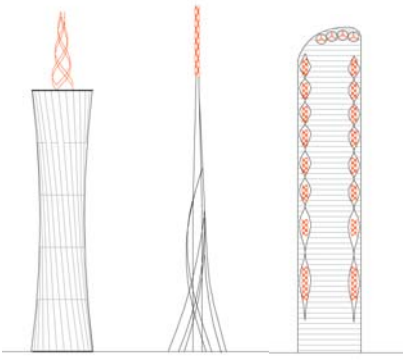
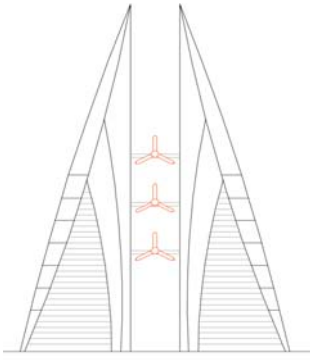
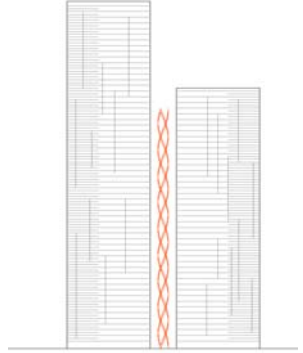
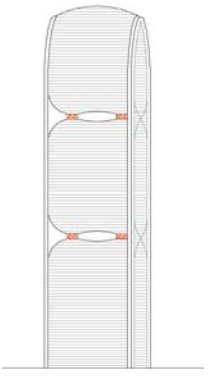
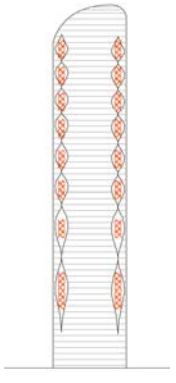
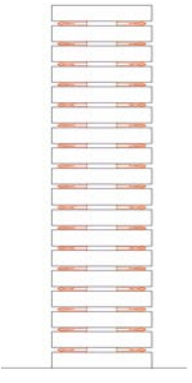
5. SONUÇ

Arsa alanlarının bu denli pahalı olduğu popüler şehirlerde kaçınılmaz olan yüksek binaların sayıları hızla artmaktadır. Aynı zamanda şirketlerin ve şahısların bir güç simgesi olan bu yapılardaki yükseklik rekabeti de gittikçe kızışmış durumdadır. Yüksekliklerinin artması ile birlikte bu yapılar doğal havalandırmaya elverişsiz hale gelmekte ve mekanik havalandırma maliyetleri de yükseklikle beraber artış göstermektedir. Yükseklikle beraber düşen sıcaklık Dubai gibi sıcak bölgelerde bir avantaja dönüşürken, soğuk bölgelerde de büyük oranda dikkate alınması gereken bir unsurdur.

Teknolojisinin gelişimi ile beraber gürültü sorunu ortadan kaldırılabilen rüzgar türbinleri kendisine büyük ve uygun kuleler bularak gökdelen mimarisi ile birleşmiştir. İlk olarak Bahrain WTC’da kullanılan yatay rüzgar türbinleri sonrasında değişen rüzgar yönünden etkilenmemek için yerini dikey tiplerin kullanımına da bırakmıştır. Yapının cephesindeki rüzgar basıncını avantaja dönüştüren bina tasarımları olduğu gibi bu basıncı binanın çatısına taşımayı amaçlayan tiplerde vardır. Ancak genel olarak çatıda kullanılan yatay türbinler günümüzde yaygın olarak gökdelen tasarımlarında kullanılmaktadır. Çatıda kullanılan dikey türbinler ise, aynı zamanda anten işlevini yerine getirdiğinden tercih sebebi olabilmektedir.

Bütün bu farklı kullanımları ele aldığımızda 7 farklı tip oluşmaktadır (Şekil 5.1). Bunlar Şekil 5.1’deki sırası ile ;

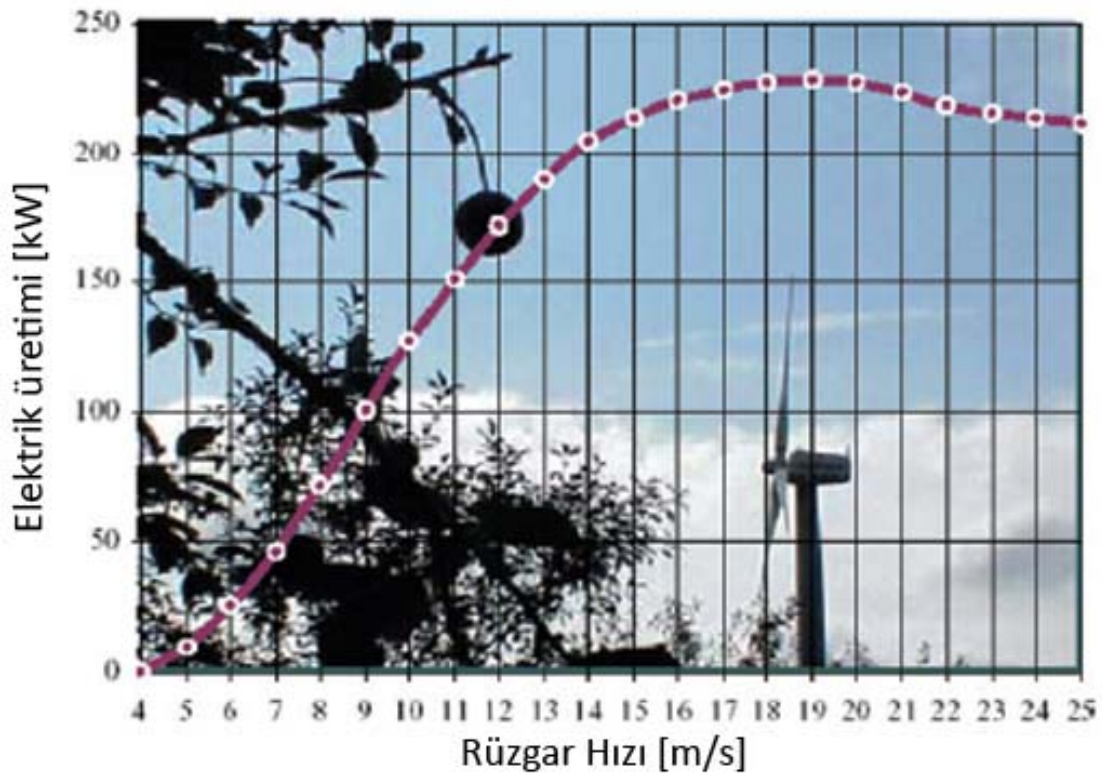
1. Yapının tepesinde (çatısında) yatay rüzgar türbini kullananlar; The Lighthouse Tower Dubai, Castle House london, Anara Tower, COR Florida
2. Yapının tepesinde dikey rüzgar türbini kullananlar; Burj Al-taqa, Vertical City Dubai, Clean Technology Tower
3. Bloklar arasında yatay rüzgar türbini kullanan; Bahrain W.T.C.
4. Bloklar arasında dikey rüzgar türbini kullanan; Skyhouse London
5. Bina cephe boşluklarında dikey rüzgar türbini kullanan; Pearl River Tower
6. Bina köşelerinde dikey rüzgar türbini kullanan; Clean Technology Tower
7. Bina kat aralarında dikey rüzgar türbini kullanan; Dynamic Tower Dubai

TEPEDE YATAY R. TÜRBİNİ KULLANAN		
		
TEPEDE DİKEY R. TÜRBİNİ KULLANAN	BLOK ARASINDA YATAY R. TÜRBİNİ KULLANAN	BLOK ARASINDA DİKEY R. TÜRBİNİ KULLANAN
		
BİNA CEPHE (İÇ) BOŞLUKLARINDA DİKEY R. TÜRBİNİ KULLANAN	BİNA KÖŞELERİNDE DİKEY R. TÜRBİNİ KULLANAN	BİNA KAT ARALARINDA DİKEY R. TÜRBİNİ KULLANAN
		

Şekil 5.1 Rüzgar türbinini kullandıkları yere göre sınıflandırılmış yüksek bina tipleri.

Rüzgâr türbinleri, gökdelenlerin tasarımında, formun şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Zira rüzgar türbinleri optimum rüzgar hızını yakaladıklarında verimlilikleri artmaktadır (Şekil 5.2). Bu optimum değerdeki rüzgar hızını yakalamayı amaçlayan tasarımcılar gökdelenin formunu rüzgarı toplayıcı ve hızını arttırıcı biçimde tasarlama yoluna

gitmişlerdir. Bunda gökdelenin rüzgar türbinini yapının neresinde kullandığı çok büyük bir etkidir. Bazı tasarımcılar yapının çatısında çok büyük türbinler kullanmayı tercih ederken, bazıları da daha küçük ölçekli türbinleri yapının cephesinde kullanmaktadır. Bahrain WTC’da kullanılan 27m çapındaki türbinler gündeme geldiğinde bu türbinlere devasa gözü ile bakılmış ve birçok kişi bu türbinlerin düzgün çalışmayacağını öne sürmüştü. Ancak Dubai City Tower’da kullanılacak 400m uzunluğundaki dikey rüzgar türbinine, Anara Tower’da kullanılacak olan yaklaşık 60 m çapındaki rüzgar türbini göz önüne alındığında rüzgar türbininin hızla gelişen yapısı gökdelenlerin tasarımında her geçen gün daha da baskın hale gelmektedir. Sınırları zorlayan mühendislik geleceğimiz mimarisini şekillendirmektedir. Türbinlerle beraber gökdelen mimarisinde aerodinamik önem kazanmış, binanın formunun tasarımı mimarların yanı sıra aerodinamik mühendisleri de alakadar etmeye başlamıştır.

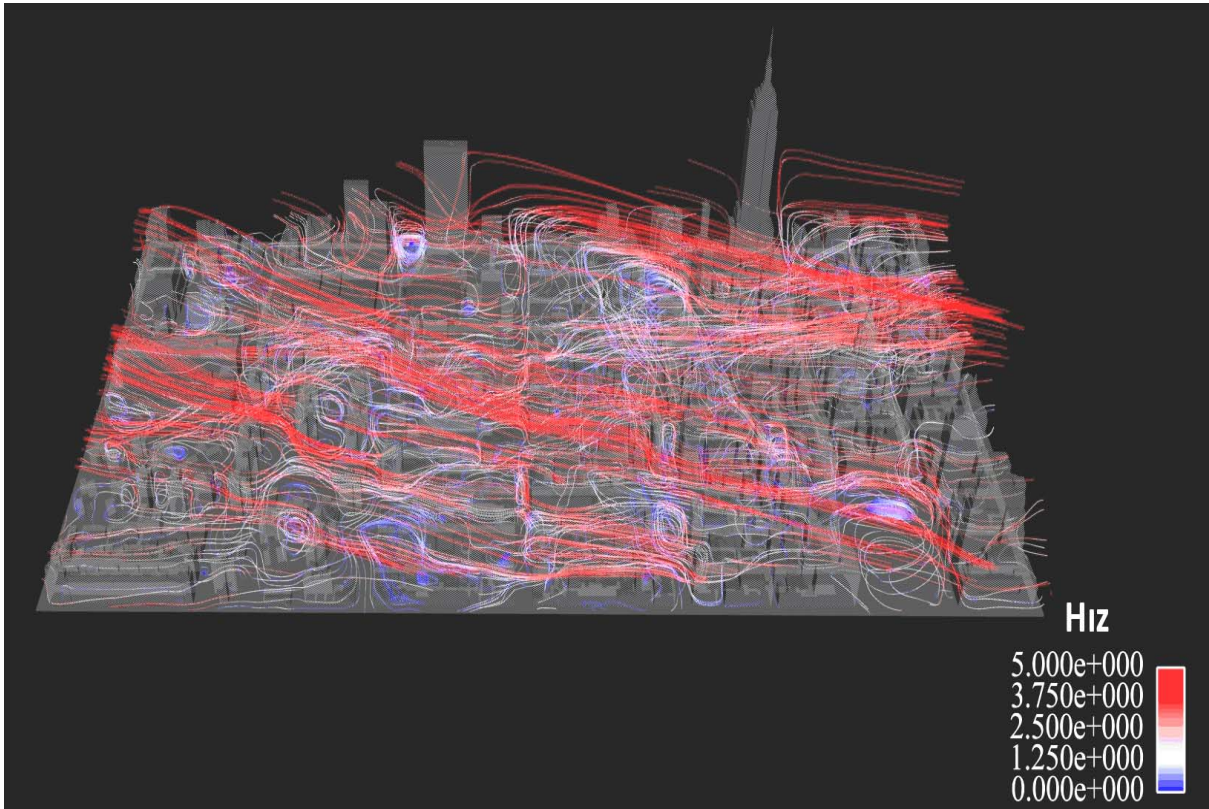


Şekil 5.2 Türbinlerinde rüzgar hızı ve kazanılan elektriği gösterir tablo (Smith&Killa, 2007).

Yüksek binalarda kullanılan rüzgar türbinleri sayesinde bu binaların enerji sarfıyatı önemli oranda bu türbinler sayesinde karşılanabilmektedir. Yüksek binalarda türbin kullanımı akımına öncülük etmiş ilk bina olan Bahrain World Trade Center, kullandığı 3 türbinle enerji

ihtiyacının %11-15 'ini karşılayabilmektedir. Yine diğer önemli bir proje olan Pearl River Tower'da ise rüzgar ve güneş enerjisi ile binanın enerji sarfiyatının %35'inin sağlanması planlanmaktadır. Bu projede, binanın formunun türbinlerden maksimum enerji sağlamak yönündeki tasarlanması ile türbinlerden elde edilen enerji kazancı 15 katına çıkarılabilmektedir. Kendi kullanacağı enerjiden çok daha fazlasını üretmeyi amaçlamakta olan Dubai Dynamic Tower'da katlar arasında kullanılacak olan 48 rüzgar türbini ile yapı, kendi boyutlarındaki 5 ayrı gökdelenin dahi enerjisini karşılayabileceğini savunmaktadır. Bütün bu bulgular göstermektedir ki; doğru bina formu tasarımı ve doğru türbin seçimi ile enerji sarfiyatı fazla olan yüksek binalar enerjilerinin büyük bir kısmını rüzgar enerjisi ile karşılayabilmektedir.

Gökdelenlerde rüzgar türbini kullanımı ayrıca, yüksek binaların strüktürel sistem tasarımında en önemli rolü oynayan rüzgara göre tasarıma da yardımcı olmaktadır. Hakim rüzgar doğrultusunda yerleştirilen rüzgar türbinleri ve rüzgarı türbinlere yönlendiren bina formu tasarımı, yapıda meydana gelen çapraz rüzgar etkisini de azaltmakta önemli oranda etkilidir. Bina kütlelerinde veya çatıda türbin yerleştirmek için açılan boşluklardan geçen hava daha önce de açıklandığı üzere çapraz rüzgar hareketine karşı binanın dayanıklılığını arttırmaktadır.



Şekil 5.3 Manhattan Adası'nda oluşan rüzgar akış diagramı (26)

Gerekli çevre şartları ve şu anki duruma göre rüzgar durumu hesaplanarak tasarlanan bu yüksek binaların değişen çevre şartlarına karşı nasıl bir tepki vereceği dikkatlerden kaçan önemli bir sorundur. Zira, bir gökdelenin rüzgarını kesebilecek diğer bir eleman yine bir gökdeldir. Şekil 5.3’de de görüldüğü gibi, bina yoğunluğu yüksek olan alanlarda oluşan rüzgar akışı çok çeşitli yönlerde ve hızlarda olabilmektedir. Ayrıca bu diagramda çevre binaların rüzgarın yönünü ve hızını nasıl değiştirdiği görülmektedir. Şu an çevresindeki mevcut yüksek binalara göre tasarlanılan ve rüzgar hesapları yapılan gökdelenler ileride etrafındaki yapılaşmanın artması ile binalarla çevrelendiğinde yapıyı etkileyen rüzgar rejimi değişecektir. Mevcut rüzgar rejimine göre tasarlanılan ve türbin hesabı yapılan binalar yeteri kadar rüzgar alamıyacak ve kullandığı rüzgar türbininden yeteri kadar verim elde edemeyecektir. Günümüzde çok yüksek maliyetli yatırımlarla inşaa edilen bu ekolojik gökdelenlerin ilerideki çevre şartları bilinmemektedir. Bu nedenle Clean Technology Tower ve Dynamic Tower gibi enerji üretimi rüzgarın yönüne bağlı olmayan tasarımlar geleceğe yönelik tasarımlardır.

KAYNAKLAR

- Akın, E. (2007), “ ‘Sürdürülebilirlik’ sürdürülebilir mi?”, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi Bülteni, sayı 51
- Altun, O (2004), “Türkiye Koşulları İçin Rüzgar Türbini Seçimi”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Aronin, J. E. (1953), “Climate and Architecture”, New York: Reinhold
- Aynsley M.R., Melbourne W., Vickery B.J., (1977), “Architectural Aerodynamics”, London: Applied Science Publishers Ltd
- Aysu, O. B. (1999), “Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemleri”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Ayvaz Z. (2006), “Ebu’l İz’de Günümüze Rüzgar Enerjisi”, Ekoloji Magazin, sayı:11
- Bozdoğan, B. (2003), “Mimari Tasarım ve Ekoloji”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Çağlar, İ (2008), “Enerji Kaynaklarında Çeşitlilik ve Çevre Sorunları”, Ekoloji magazin, sayı:18
- D. Bianchi F, De Batista H, J. Mantz R (2007), “Wind Turbine Control Systems”, London: Springer
- Eryıldız, D.I., Eryıldız, S.(2003) “Çevreci Mimarlık”, Ekoloji ve Mimarlık Bülteni, Mimarlar Odası Ankara Şubesi, Ankara
- Fisher, D. (2007),”Dinamik Mimari, Dubai Döner Kulesi”, Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, Sayı; 2007/259 Temmuz
- Hansen B. (2007), “China to Construct ‘Zero-Energy’ Skyscraper”, Civil Engineering Magazine, January 2007
- Happold B. (2007), “Ekoloji-Estetik-Mimari Bağlamında Bir Proje”, Tasarım Dergisi, sayı: 2007/04
- Künar A., “Enerji, Entropi, Kaos ve Aydınlanma”, Ekoloji ve Mimarlık Bülteni, Mimarlar Odası Ankara Şubesi, Ankara
- Leung L. & Weismantle P. (2008), “Sky-sourced Sustainability – How Super Tall Buildings Can Benefit From Height”, makale, SOM (Skidmore, Owings & Merrill)
- Özcan E. R., Kayman S., “Enerji Tüketimindeki Degisimin Küresel Isınmaya Etkisi ve ABD, AB ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye Karsılastırması: 1980-2004”,
- Resmi Gazete (2005)“Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”, Ankara
- Roaf S. (2005) “Adapting Building and Cities For Climate Change”, Burlington; Elsevier
- Sev A., Özgen A. (2003) “Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma”, Yapı

Dergisi, sayı 262, sayfa 92-99

Smith R. F. , Killa S. (2007) “Bahrain World Trade Center (BWTC): The First Large-Scale Integration Of Wind Turbines In a Building”, Structural Design Tall Spec. Build. , sayı:16

Söylemez, O (2006), “Rüzgar Türbinlerinin Kontrol Sistemlerinin Etüdü”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Spera D. (1998) “Wind turbine technology :fundamental concepts of wind turbine engineering”, New York: ASME

Taranath, B (1988), “Structural Analysis and Design of Tall Buildings”, U.S.A. ; McGraw-Hill Book Company

Taşgetiren S. (1998), “Rüzgâr Enerjisi”, Çev-Kor dergisi, cilt 8 sayı 29 (25–30)

Tümerdem, O (2002), “Rüzgar Enerjisi Teknolojisi ve Türkiye’nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Türk Dil Kurumu (1988), “Türkçe sözlük”, Ankara

Yeang, K. (1996), “The Skyscraper, Bioclimatically Considered”, Great Britain; Academy Editions

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.climate-charts.com/World-Climate-Maps.html>
- [2] <http://bonneville1.com/Early%20History%20through%201875.html>
- [3] <http://www.windpower.org/en/pictures/lacour.htm>
- [4] <http://www.batteryandcharger.com>
- [5] <http://www.fao.org/docrep/010/ah810e/AH810E10.htm>
- [6] <http://www.turksan.com/guvenlik/kinetik-enerji>
- [7] <http://www.websters-online-dictionary.org/definition/high-rise>
- [8] <http://www.viewpoints.com/Intelligentsia-Chicago-IL-review-570b>
- [9] http://tr.wikipedia.org/wiki/Empire_State_Binas%C4%B1
- [10] <http://skyscraperpage.com>
- [11] <http://www.nethizmet.org/2008/09/gkdelenler.html>
- [12] http://tr.wikipedia.org/wiki/Taipei_101
- [13] http://en.wikipedia.org/wiki/Burj_dubai
- [14] <http://www.e-architect.co.uk/architects/atkins.htm>

- [15] http://thefraserdomain.typepad.com/energy/2007/01/zero_energy_chi.html
- [16] <http://www.metropolismag.com/story/20060717/super-tall-and-ultra-green>
- [17] http://www.som.com/content.cfm/pearl_river_tower
- [18] <http://www.desihotmasala.com/2008/06/clean-technology-tower-chicago.html>
- [19] <http://www.inhabitat.com/2007/05/01/the-lighthouse-dubais-1st-low-carbon-commercial-tower/>
- [20] http://en.wikipedia.org/wiki/Lighthouse_Tower
- [21] http://www.e-architect.co.uk/dubai/difc_lighthouse.htm
- [22] <http://www.hamiltons-london.com/projects/project-194/>
- [23] <http://www.inhabitat.com/2007/08/16/castle-house-eco-skyscraper/>
- [24] <http://www.dynamicarchitecture.net/home.html>
- [25] <http://www.worldarab.net/content/anara-tower>
- [26] http://www.e-architect.co.uk/dubai/anara_tower.htm
- [27] http://www.realtyna.com/dubai_real_estate/dubai-city-tower.html
- [28] <http://i.gizmodo.com/5065406/the-plans-for-the-155+mile+high-skyscraper-in-you-guessed-it-dubai>
- [29] <http://www.gerberarchitekten.de>
- [30] <http://www.skyscrapernews.com/buildings.php?id=110&idi=Skyhouse&data=all>
- [31] <http://www.marksbarfield.com/project.php?projectid=8>
- [32] <http://www.oppenoffice.com/index2.htm>

EKLER

Ek 1 Rüzgar Türbini Kullanan Yüksek Binaların Künyesi

	BİNA YÜKSEKLİĞİ	TOPLAM İNŞA ALANI	KAT SAYISI	İŞLEVİ	MİMARİ	BİTİŞ TARİHİ	EKOLOJİK ÖZELLİKLERİ
BAHRAIN WORLD TRADE CENTER	240m	120.000 m ²	50	OFİS	SHAUN KILLA	2008	RÜZGAR TÜRBİNİ
PEARL RİVER TOWER	309.60 m	214.100 m ²	71	KONUT	SOM	2010	RÜZGAR TÜRBİNİ + GÜNEŞ PANELİ+JEOTERM AL E.
CLEAN TECHNOLOG Y TOWER	BİLİNMIYOR	197.000 m ²	BİLİN- MIYOR	OFİS	SMITH + GILL	BİLİN- MIYOR	RÜZGAR TÜRBİNİ
THE LIGHTHOUSE TOWER	402 m	140.000 m ²	66	OFİS	ATKINS	2010	RÜZGAR TÜRBİNİ + GÜNEŞ PANELİ
CASTLE HOUSE	147 m	25.000 m ²	43	KONUT	HAMILTONS	2009	RÜZGAR TÜRBİNİ + JEOTERMAL ENERJİ
DYNAMIC TOWER	420 m	110.000 m ²	80	KONUT	DAVID FICHER	2010	RÜZGAR TÜRBİNİ + GÜNEŞ PANELİ
ANARA TOWER	700 m	470.000 m ²	125	HOTEL	ATKINS	BİLİN- MIYOR	RÜZGAR TÜRBİNİ + SU ARITMA
DUBAI CITY TOWER	2400 m	BİLİN- MIYOR	400	KARMA KULLA- NIM	EMAAR	BİLİN- MIYOR	RÜZGAR TÜRBİNİ + GÜNEŞ PANELİ
BURJ AL- TAGA	322 m	73.000 m ²	60	OFİS	GERBER ARCHITECTE N	2010	RÜZGAR TÜRBİNİ + GÜNEŞ PANELİ
SKYHOUSE TOWER	BİLİNMIYOR	BİLİN-MIYOR	BİLİN- MIYOR	KONUT	MARKS BARFIELD	BİLİN- MIYOR	RÜZGAR TÜRBİNİ
COR FLORİDA	BİLİNMIYOR	44,500 m ²	40	KARMA KULLA- NIM	OPPENHEİM	2009	RÜZGAR TÜRBİNİ + GÜNEŞ PANELİ

Ek 2 Binaların Coğrafi Konumları ve Binadaki Yerine Göre Rüzgar Türbini Seçimleri

	DÜNYA KONUMU	ÜLKE KONUMU	ŞEHİR KONUMU	RÜZGAR TÜR. TİPİ	TÜRBİNİN YERİ	
BAHRAIN WORLD TRADE CENTER		BAHREYN	MANAMA	YATAY EKSENLİ TÜRBİN	KULELER ARASINDA	
PEARL RIVER TOWER		CHINA	GUANGZHOU	YATAY EKSENLİ TÜRBİN	BİNANIN CEPHE BOŞLUKLARINDA	
CLEAN TECH. TOWER		USA	CHICAGO	DİKEY EKSENLİ TÜRBİN	BİNA KÖŞELERİNDE VE ÇATISINDA	
THE LIGHTHOUSE TOWER		EMIRATES	DUBAI	YATAY EKSENLİ TÜRBİN	TEPEDE (ÇATIDA)	
CASTLE HOUSE		UNITED KINGDOM	LONDON	YATAY EKSENLİ TÜRBİN	TEPEDE (ÇATIDA)	
DYNAMIC TOWER		EMIRATES	DUBAI	DİKEY EKSENLİ TÜRBİN	KAT ARALARINDA	
ANARA TOWER		EMIRATES	DUBAI	YATAY EKSENLİ TÜRBİN	TEPEDE (ÇATIDA)	
DUBAI CITY TOWER		EMIRATES	DUBAI	DİKEY EKSENLİ TÜRBİN	TEPEDE (ÇATIDA)	
BURJ AL-TAGA		EMIRATES	DUBAI	DİKEY EKSENLİ TÜRBİN	TEPEDE (ÇATIDA)	
SKYHOUSE TOWER		UNITED KINGDOM	LONDON	DİKEY EKSENLİ TÜRBİN	BİNANIN ÇEKİRDEĞİ BOYUNCA	
COR FLORİDA		USA	FLORIDA	YATAY EKSENLİ TÜRBİN	TEPEDE (ÇATIDA)	

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi : 15.05.1981

Doğum yeri : Rize

Lise : 1995-1999 Rize Fener Süper Lisesi

Lisans : 1999-2004 İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü

Y. Lisans : 2006-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimari
Tasarım Programı

Mesleki Deneyimler;

Sehilart Mimarlık- İstanbul, 2005

Tabanlıoğlu Mimarlık- İstanbul, 2006

Trafo Mimarlar- İstanbul, 2007