

Bariş Burak KANBUR
Ali PINARBAŞI
Ali İhsan KOCA

Abstract:

In this study, the affect of wind loads was investigated numerically, within the framework of urban regeneration in Istanbul to observe the effects of wind loads acting on striking high-rise buildings, high-and low-rise buildings their interactions. Ansys Fluent Computational Fluid Dynamics (CFD) software package program is used in this examination, areas of turbulent kinetic energy, pressure and velocity variations results analyzed in perspective and evaluated the changes in the source.

Key Words:

Wind Loads; CFD, High Residential Buildings, Urban Transformation.

Aynı Bölgede Bulunan Yüksek ve Alçak Katlı Binalar Üzerindeki Rüzgâr Yükleri Etkisinin İncelenmesi

ÖZET

Bu çalışmada, İstanbul'da kentsel dönüşüm çerçevesinde son dönemlerde göze çarpan yüksek katlı binalara etkiyen rüzgâr yüklerinin etkileri incelenerek, yüksek ve alçak katlı binaların rüzgârdan dolayı olan etkileşimleri sayısal olarak gözlemlenmek istenmiştir. İncelemede Ansys Fluent Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) paket programı kullanılmış olup, analiz sonucunda, binaların çevresindeki bölgelerde türbülans kinetik enerji, basınç ve hız değişimleri perspektif olarak çıkarılarak, meydana gelen değişimlerin kaynağı yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr Yükleri, HAD, Yüksek Katlı Binalar, Kentsel Dönüşüm.

1. GİRİŞ

Değişen yaşam koşulları sonucunda insanların kentlerdeki yerleşim tercihleri farklılaşmaya başlamıştır. Özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde, insanların yaşam alanları yıllar geçtikçe değişmektedir. İstanbul başta olmak üzere büyükşehirlerin çoğunda, yüksek katlı binalar inşaa edilmekte ve gün geçtikçe bu binaların sayısı artmakta, yani yüksek katlı binalarda yaşayan insanların sayısında artışlar olmaktadır.

Yüksek katlı binaların yaygınlaşması, bu binalara etkiyen aerodinamik etkilerin incelenmesinin önemini arttırmaktadır. Özellikle belirli alanda yoğunlaşan yüksek katlı binaların, birbiri üzerine farklı rüzgâr yönleri ve hızları sonucunda oluşturdukları yükler önem kazanmaktadır. Bunun yanı sıra, alçak katlı binaların, yüksek katlı binalardan ne derece etkilendiği bir önem arz etmektedir. Alçak katlı binalardaki insanların, yüksek yapıların çevresindeki düzensizliklerden dolayı olumsuz etkiler altında kalması insanların sağlık durumunu etkileyeceğinden, yüksek katlı yapılar üzerindeki yük analizleri, sadece yüksek yapılar için değil, aynı zamanda kendi çevresindeki yapılar için de önemlidir. Bütün bu etkiler göz önüne alındığında, yüksek yapılar üzerine etkiyen aerodinamik etkilerin incelenmesinin önemi, birden

fazla alanda insanları ilgilendirmektedir.

Roberson ve Crowe [1] türbülanslı akış şartı için, bir binadaki basınç dağılımlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Ahmad ve Kumar [2], alçak binalardaki rüzgâr yüklerini incelemiştir. Aynı yazarlar (Ahmad ve Kumar) [3], [2] numaralı çalışmadaki aynı alçak binalar için, geometrinin basınç üzerine etkisini incelemişlerdir. Aygün ve Başkaya [4], çok katlı bir bina etrafındaki rüzgâr akışının oluşturduğu yüzey basınçlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Mendis ve arkadaşları [5], yüksek katlı binalardaki rüzgâr yükünü, Avustralya şartlarına göre deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Holmes ve arkadaşları [6], Asya-Pasifik bölgesindeki 15 farklı bölge için, yüksek, orta ve düşük katlı binalardaki rüzgâr yüklerini araştırmışlardır. Şafak [7], rüzgâr yükü için statik ve dinamik yük hesaplarının ana yaklaşım ve kabullerinden bahsetmiştir. Huang ve arkadaşları [8], yüksek çelik konstrüksiyonlu binalardaki rüzgâr yüklerinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) vasıtasıyla sayısal analizini yapmışlardır. Liang ve arkadaşları [9], yüksek ve dikdörtgen binalardaki dinamik burulmaya etki eden rüzgâr yüklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Huang ve Chen [10], eş frekanslı basınç ölçümleri temel alınarak uzun binalardaki rüzgâr ve statik yüklerini incelemiştir. Tominaga ve arkadaşları [11], belirli bir bölge içindeki binaların çevresindeki rüzgâr etkileri HAD yöntemi ile incelemiştir. Huang ve arkadaşları [12], yüksek katlı binalar için, rüzgâr yükünün RANS metodu ile analizini ve kinematik simülasyonunu incelemiştir. Cheung and Liu [13], çalışmalarında yüksek katlı binalardaki havalandırma işleminin HAD analizini yapmışlardır. Blocken ve arkadaşları [14], Eindhoven Teknik Üniversitesi binalarını HAD ortamında modelleyerek, birbirleri üzerine etkileyen yükleri HAD analizi ile incelemişlerdir.

Bu çalışmada, İstanbul il sınırları

içerisinde, yüksek katlı yapıların sık ve birbirine yakın olduğu, aynı zamanda alçak katlı binaların, yüksek yapıların çevresinde bulunduğu bir bölge olan Şişli Cevahir AVM ve etrafındaki yüksek katlı yapıların bulunduğu bölge oluşturulmuş, bu bölge HAD yöntemi ile rüzgâr yükleri açısından incelenmiştir. ANSYS Fluent paket programı kullanılarak yapılan bu analizde, yüksek katlı yapıların etrafında oluşan basınç kayıpları, hız değişkenleri ve türbülans kinetik enerji ifadeleri başta olmak üzere çeşitli özellikler incelenmiştir.

2. SAYISAL YÖNTEMİN İNCELENMESİ VE UYGULANMASI

Bu çalışmada, ANSYS Fluent paket programı içerisinde, bölge için ideal çözüm ağları oluşturulmuş, analiz koşulları ve çözüm yöntemleri arasından, uygun olduğuna karar verilen çözüm yöntemi seçilerek bir analiz verilmiştir. Çalışmada analizi yapılacak olan alan, Şekil 1 ve 2'de uydu görüntüsü verilen bölge seçilmiştir.



Şekil 1. Paket Programda Modellenek Bölgenin Uydu Görüntüsü



Şekil 2. Rüzgâr Yönlerinin Uydu Görüntüsü Üzerinden Tarifi

Makale

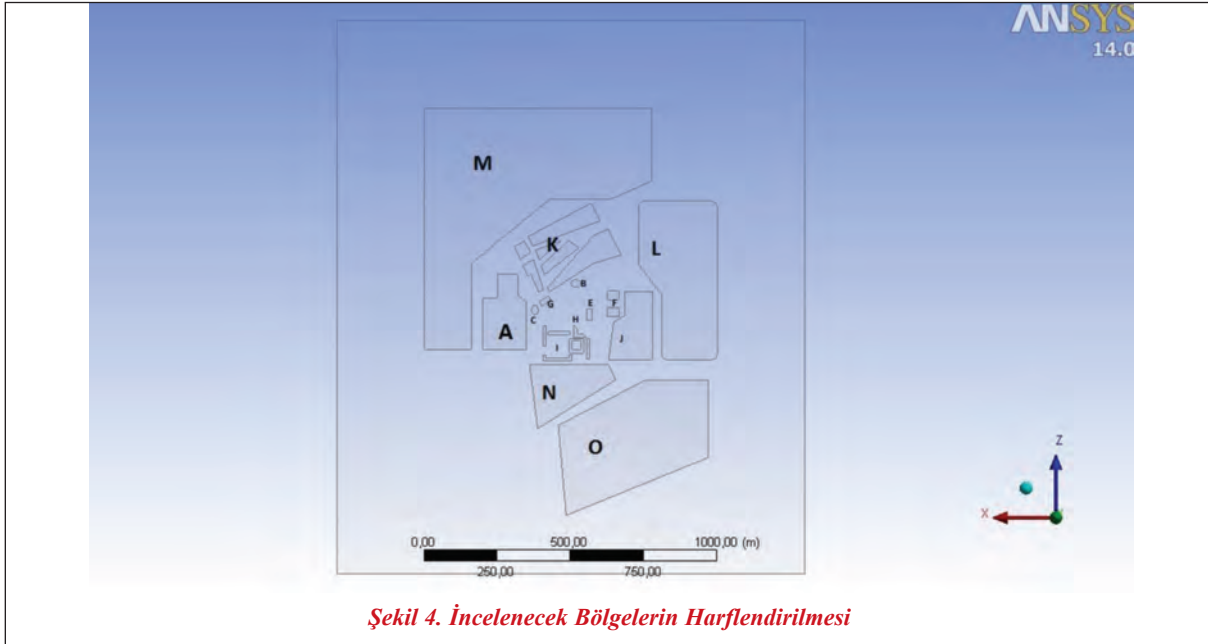
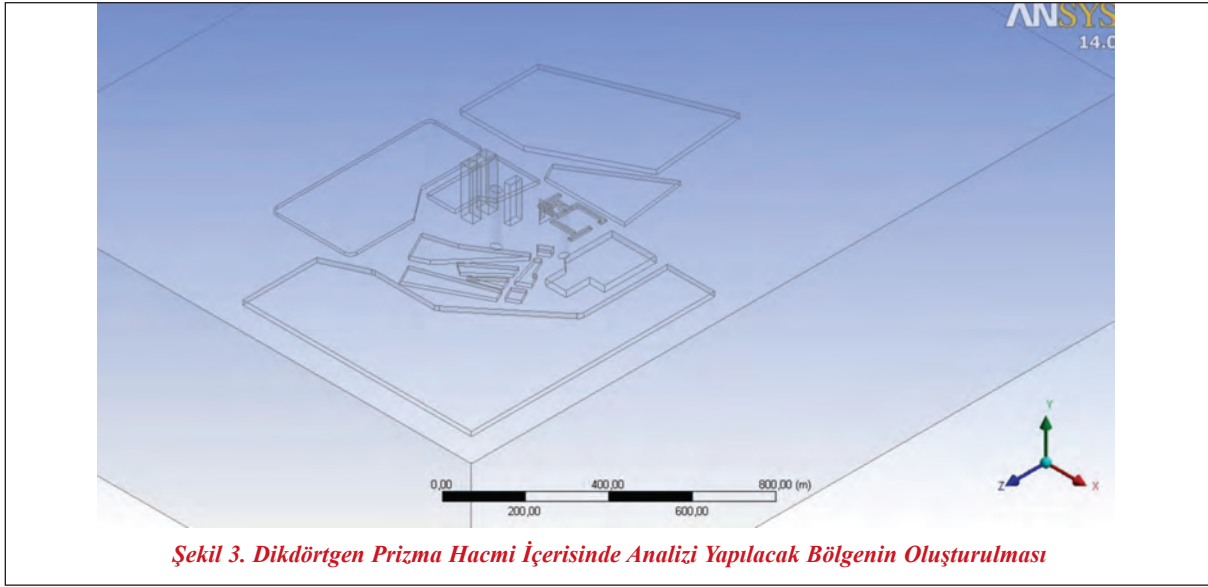
2.1. Bölgenin Modellenmesi

Bölgenin uydudan alınan görüntüleri ve ölçekli haritalara göre binalar arası mesafelere göre ölçüler belirlenmiş ve geometriler oluşturulmuştur. Alçak katlı binaların birbirleri arasındaki mesafeleri ve ara sokakların genişlikleri genel geometriye göre ihmal edilebilecek kadar küçük olduğundan, alçak katlı binaların birbirleri arasındaki mesafeler ve ara sokaklar ihmal edilerek, alçı katlı binaların bulunduğu bölgelerde tek bir katı hacim gibi gösterilmiştir.

Design Modeller modülünde hazırlanan bölgenin

yakından görünümü Şekil 3'de görülmektedir. Analizi yapılacak bölge, kendisinden belirli bir ölçüde büyük olan bir dikdörtgen prizma hacmin içinde oluşturulmuştur. Prizmanın 4 farklı yanal yüzeyi, farklı rüzgâr yönlerini temsil edecektir ve bu yüzeylerden rüzgâr hızları uygulanabilecektir.

Bölge modellendikten sonra incelenmesi gereken her bir katı hacim için çeşitli harfler atanmıştır. Bu harfler, analiz aşamasında, bölgelerdeki değişkenleri görmemiz amacıyla bize kolaylık sağlayacaktır (Şekil 4).



Harflendirilen bu hacimlerin yükseklik değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. İncelenecek Bölgedeki Bina Yükseklikleri

Bölge Adı	Yükseklik (m)	Bölge Adı	Yükseklik (m)
A	20	H	30
B	170	I	6
C	140	J	12
E	120	K	12
F	160	L	10
G	20	M	15
N	12	O	15

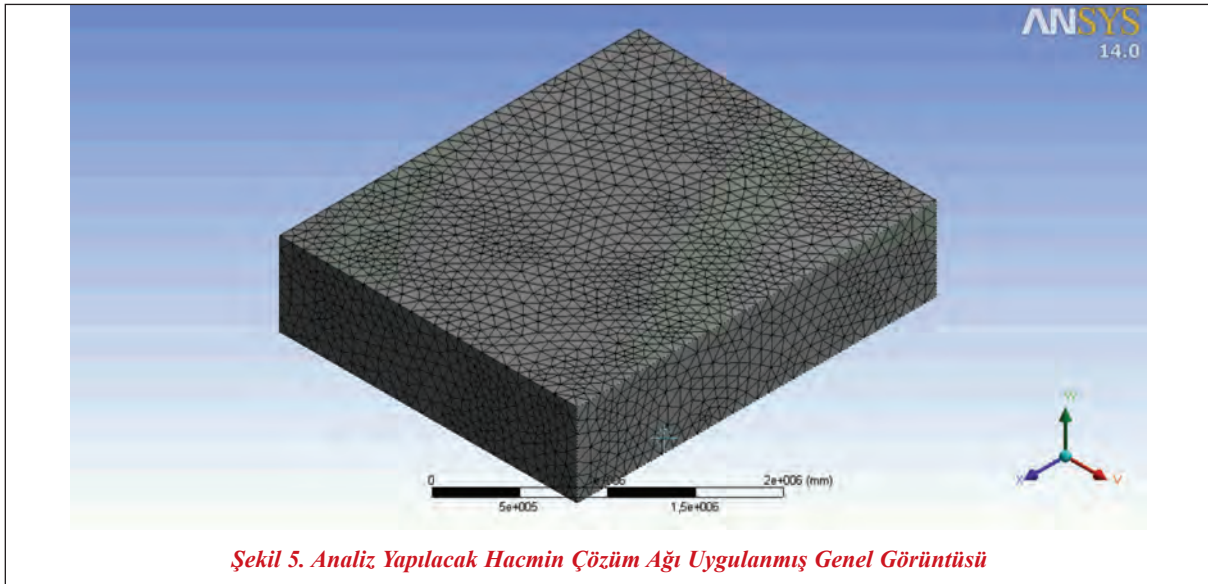
2.2. Çözüm Ağı

Oluşturulan geometrinin analizi için, geometriyi,

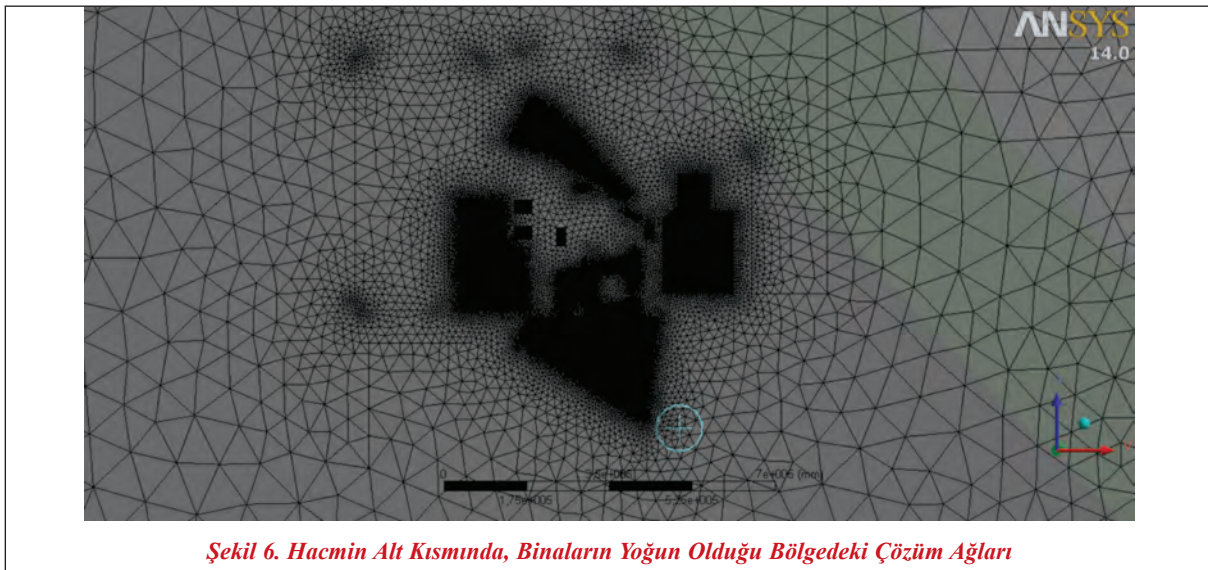
düzgün bir şekilde örmesi için bir çözüm ağına ihtiyaç vardır. Bu çözüm ağı farklı metotlarla ANSYS Meshing modülünde oluşturulabilir. Bu çalışmada da ANSYS Meshing modülünde bir çözüm ağı oluşturulmuş ve ağ kalitesi de istenen kalite sınırları içerisinde elde edilmiştir. Şekil 5 ve Şekil 6’da, geometriye uygulanan ağların sırasıyla izometrik ve alttan görünümü gösterilmiştir.

2.3. Analiz

Çözüm ağının uygulanmasından sonra, ANSYS Fluent paket programı içerisinde analiz işlemine hazır hale gelmiştir. Modeli düşündüğümüzde, hacmin üzerine farklı yönlerden gelecek olan rüzgâr hız-



Şekil 5. Analiz Yapılacak Hacmin Çözüm Ağı Uygulanmış Genel Görüntüsü



Şekil 6. Hacmin Alt Kısmında, Binaların Yoğun Olduğu Bölgedeki Çözüm Ağları

Makale

ları ve bu hızların etki ettiği yönler en önemli iki parametredir.

Rüzgâr hızları için, Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) referans alınmıştır. REPA'nın 100 m yükseklikteki hız değerlerini verdiği Türkiye haritası değerlendirildiğinde, (Şekil 7) İstanbul bölgesi için bir hız değeri okunabilmektedir.

REPA haritasına göre İstanbul için belirlenen hız değerleri, 100 m yükseklik için geçerli olduğundan, bizim modelimizdeki 100 m üzeri yüksekliğe sahip binalar için hız değerleri aşağıdaki formülasyon ile bulunabilir [16].

$$v = v_{ref} \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)} \quad (1)$$

v = yerden z seviyesindeki rüzgâr hızı (m/s)

v_{ref} = z_{ref} seviyesinde referans rüzgâr hızı (m/s)

z = bulunacak rüzgâr hızının (v) estiği yükseklik (m)

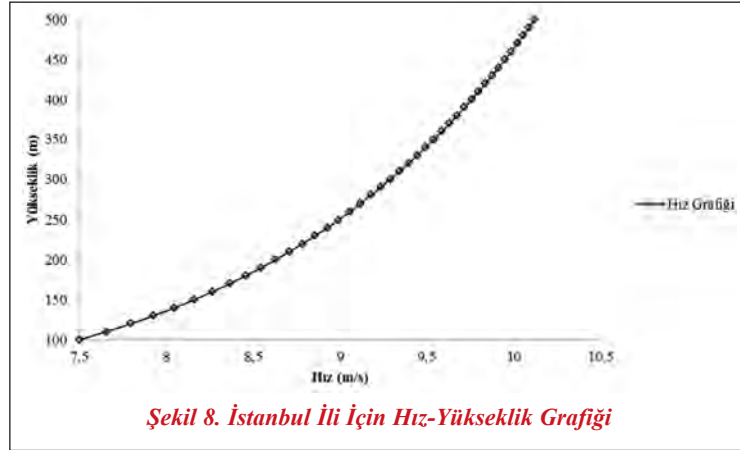
z_0 = rüzgâr yönündeki pürüzlülük uzunluğu (m)

z_{ref} = referans (v_{ref}) hızı ile esen rüzgârın yüksekliği (m)

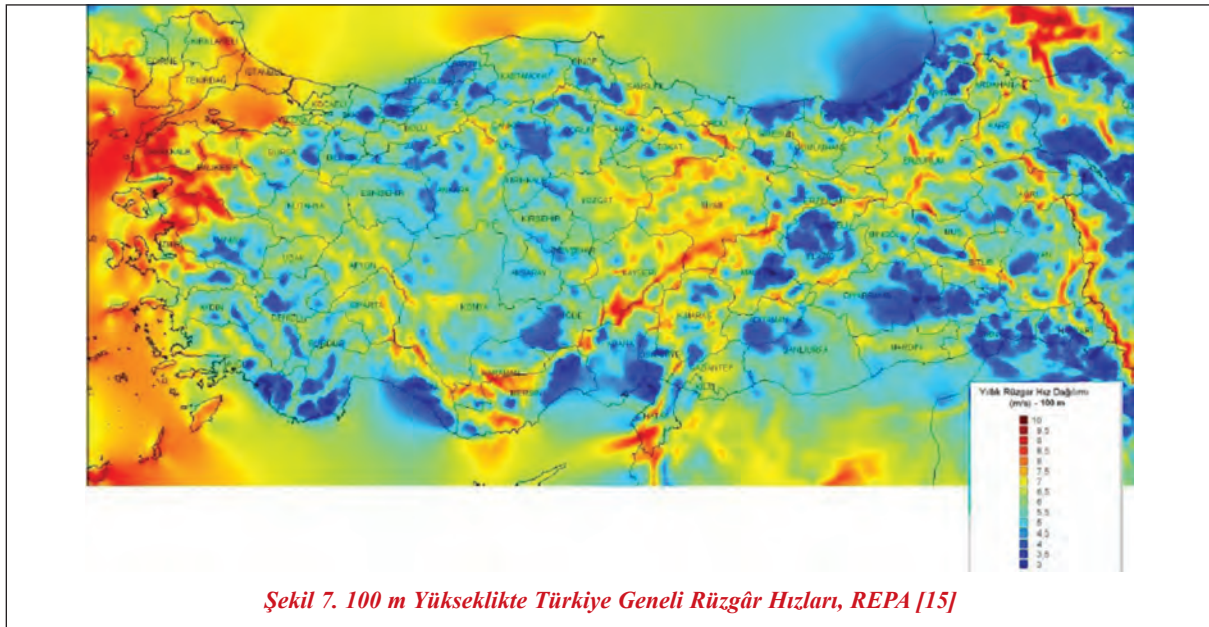
Pürüzlülük uzunluğu (z_0) şehir merkezleri ve 15 m üzeri yapılarla katlı alanlar için 1 (bir) olarak belirlenmiştir [7].

REPA Türkiye haritası referans alındığında; 100 m referans yükseklik ve o yükseklikteki haritadan okunan hız değerleri değerlendirildiğinde Şekil 8'de ki yüksekliğe göre değişiklik gösteren hız grafiği elde edilir.

Hız değerinin elde edilmesinin ardından, yönlerin de tayin edilmesiyle analiz aşamasına geçilmiştir. Rüzgâr hızının, türbülanslı olduğu Şekil 8'de elde görülen parabolik eğriden bir ortalama hız değeri belirlenerek ve belirlenen ortalama hız değeri için



Şekil 8. İstanbul İli İçin Hız-Yükseklik Grafiği



Şekil 7. 100 m Yükseklikte Türkiye Geneli Rüzgâr Hızları, REPA [15]

model boyutuna göre Reynolds sayısı hesaplanarak anlaşılmıştır. Rüzgar hızı, analizlerde 4 farklı yönden (kuzeybatı, kuzeydoğu, güneybatı ve güneydoğu) verilmiştir. Bu yönlerden esen rüzgarın türbülanslı model HAD analizi ise Large Eddy Simulation (LES) yöntemi ile yapılmıştır.

HAD analizinde, süreklilik denklemi ve her 3 kartezyen koordinat doğrultusu için momentum denklemleri;

Süreklilik Denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0 \quad (2)$$

x yönünde momentum denklemi:

$$\rho \left[u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right] = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] \quad (3)$$

y yönünde momentum denklemi

$$\rho \left[u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right] = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right] \quad (4)$$

z yönünde momentum denklemi

$$\rho \left[u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right] = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right] \quad (5)$$

2, 3, 4 ve 5 numaralı temel denklemler HAD analizinin temelini oluştururken, LES modeli, türbülanslı, daha doğru bir analiz yapılmasını sağlar. Rüzgarın hızının oluşturduğu akış türbülanslı bir akış olduğu için, bu akışın incelenmesini sağlayan türbülans kinetik enerji denklemi aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho \frac{\partial}{\partial x_j} (U_j k) = \tau_{ij} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \mu \frac{\partial u'_i \partial u'_i}{\partial x_k \partial x_k} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \frac{\partial}{\partial x_j} - \frac{1}{2} \rho \overline{u'_i u'_i u'_j} - \rho' u'_j \right) \quad (6)$$

LES türbülans modeli, gerçeğe daha yakın sonuçlar vermekle birlikte, zamana bağlı olması ve RANS'a göre çok daha çözüm ağı gerektirdiğinden analizi daha çok zaman almakta ve endüstriyel uygulamalarda RANS'a göre daha az tercih edilmektedir. Bu çalışmada, binalar etrafındaki değişimleri daha iyi

görmek ve daha doğru sonuçlar almak için LES türbülans modeli kullanılmıştır. Çalışmada, binalar etrafındaki basınç, hız ve türbülans kinetik enerjileri, farklı yönlerden etki eden rüzgar hızlarının göre incelenmiştir.

4. ANALİZ SONUÇLARININ İNCELENMESİ

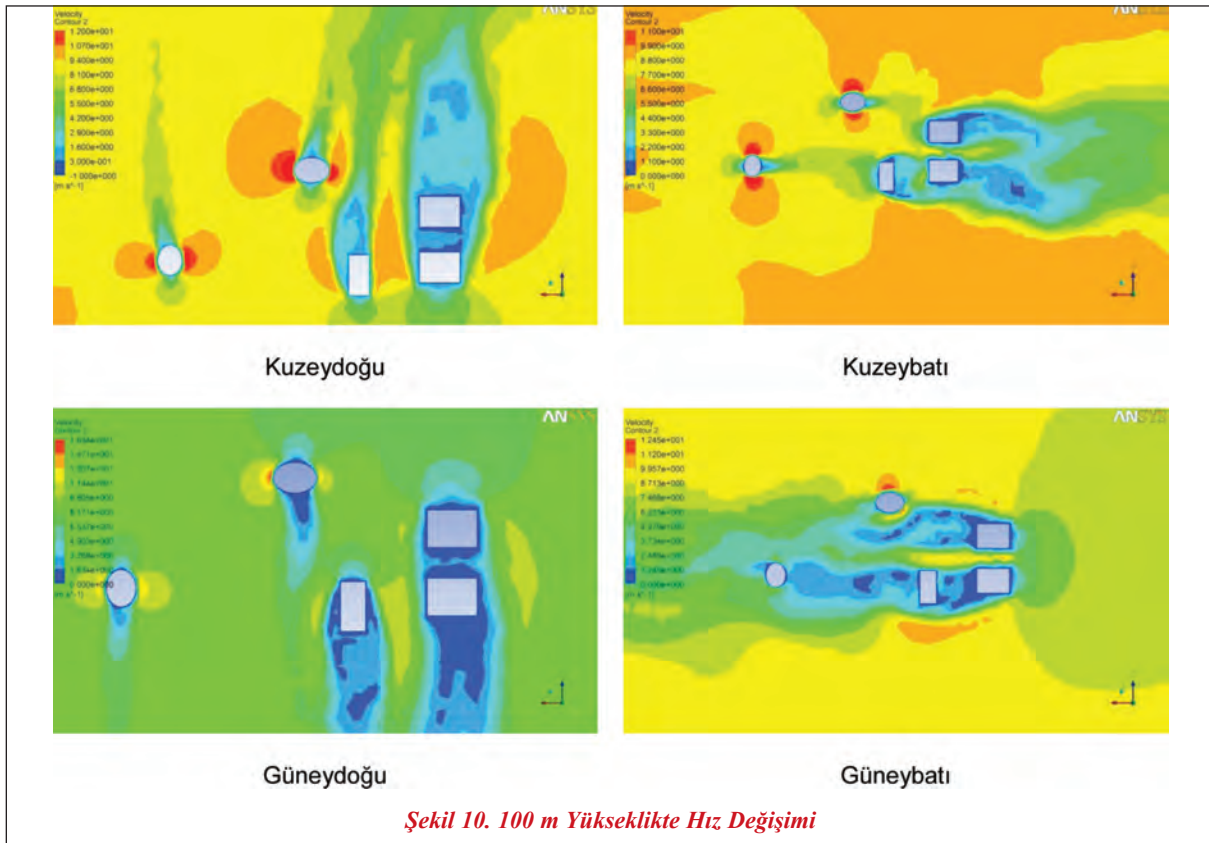
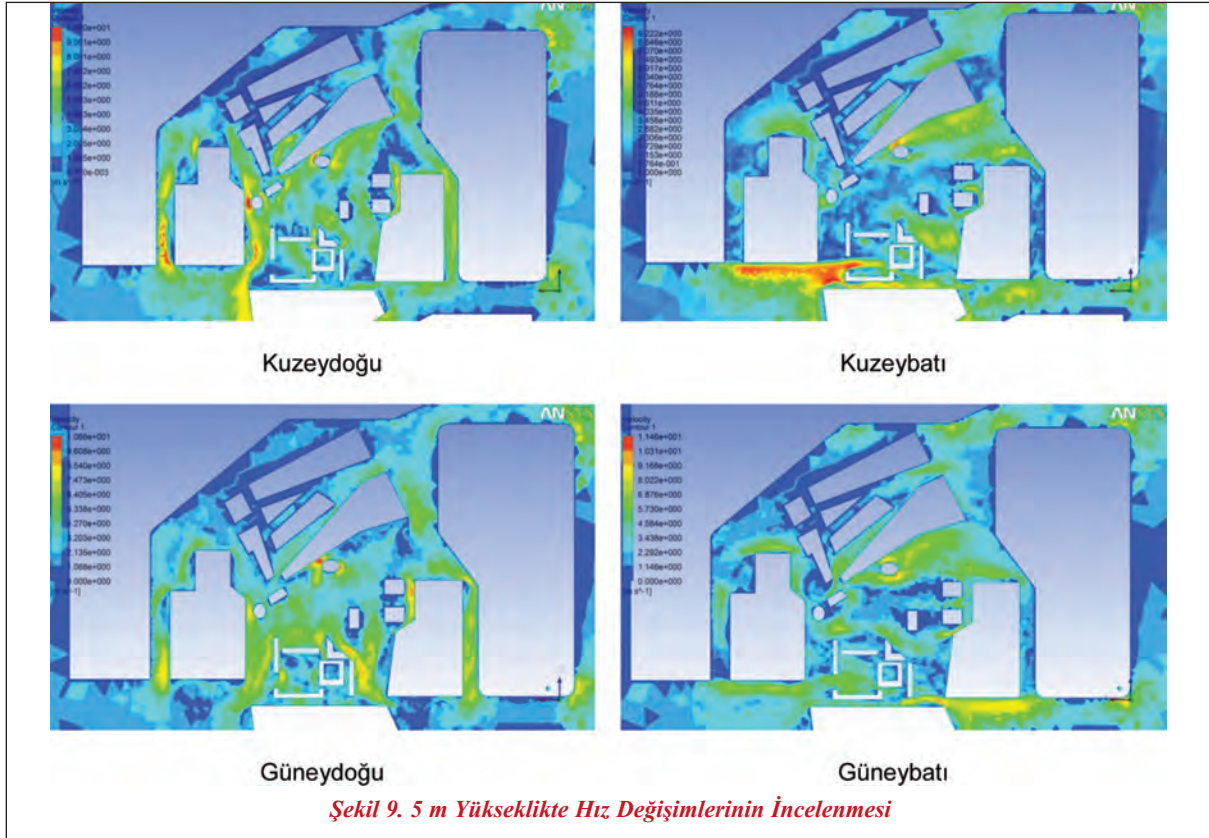
Analiz sonuçları ANSYS CFD Post modülünde incelenmiştir. Kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı yönlerinde, basınç, türbülans kinetik enerji ve hız değerleri incelenmiştir. Analiz edilen geometri göz önüne alınarak, yerden 5 m yükseklikte ve yerden 100 m yükseklikte incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmada A, M, K, L, O ve N geometrilerinin arasında bulunan C, B, G, E, F, H, I ve J geometrilerinin birbirleri etrafında olan değişimleri incelenmiştir.

4.1. Hız Değişimlerinin İncelenmesi

Rüzgârın oluşturduğu hava akımı binanın yan yüzleri ve çevresi tarafından vortex kümeleri ile sarmalanır. Vorteksler değişken olarak, rüzgarın binaya çarptığı yüzeyin yanal yüzleri ile, akımın yüzeyden ayrıştığı bölgede meydana gelmektedir. Dolayısıyla vortekslerin yarattığı dinamik yükler de değişken yönlü olup rüzgâr akış yönüne dik doğrultuda etkiler. Vorteks yukleri çok belirgin ve dar bir frekans bandında etki ettiği için sinuzoidal bir yük olarak tanımlanabilirler. Vorteks yüklerinin frekansı, binanın rüzgara dik doğrultudaki doğal frekansına yakın ise yüksek binalarda bu doğrultuda büyük genlikli titreşimler oluşabileceği gibi, büyüklüğü aynı zamanda rüzgâr yönü ile de değişim gösterdiği bilinen bir gerçektir.

5 ve 100 m yüksekliklerdeki hız değişimleri sırasıyla Şekil 9 ve 10'da verilmekte olup, kuzeydoğudan esen rüzgar durumu için, M ile A geometrisi arasında hız değerlerinin maksimum olduğu görülmektedir (Şekil 9). Ayrıca, A ile C geometrisinin arasındaki bölgede de hız değeri maksimum değerini almaktadır. Kuzeybatıdan esen rüzgar incelendiğinde ise, I geometrisinin ortasından başlayarak; A, I ve N geometrilerinin baktığı bölgede ve sonra da A geometrisinin kuzeybatıya bakan tarafına paralel olarak gide-

Makale



cek şekilde, hızlardaki artış görülmektedir. Güneydoğu ve güneybatı bölgesi için genel olarak hız artışının önemli bir derecede yükseldiği veya düştüğü görülmemiştir.

Kuzeydoğudan esen rüzgar durumunda, F geometrisi çevresinde, E geometrisi etrafında hızların düşük olduğu, B ve C geometrilerinin kuzeydoğu ve güneybatıya bakan yüzeylerinde ise hızların yüksek değer aldığı görülmektedir (Şekil 10). Kuzeybatıdan esen rüzgar için; F ve E geometrilerinin güneybatıya bakan yüzeylerinin çevresinde hızların düştüğü, B ve C geometrilerinin kuzeybatı ve güneydoğuya bakan yüzeylerinde ise hız değerlerinin yükseldiği gözlemlenmektedir. Güneydoğu yönünden esen rüzgar incelendiğinde, minimum hız değerleri, tüm bina geometrilerinin kuzeybatıya bakan kısımlarında meydana gelmiştir. Diğer yönlerdeki hız değişimleri çok büyük değişimler göstermemekle birlikte düzenli hız değerlerine sahip oldukları söylenebilir. Güneybatıdan esen rüzgara bakıldığında; F geometrisi başta olmak üzere diğer tüm geometrilerin

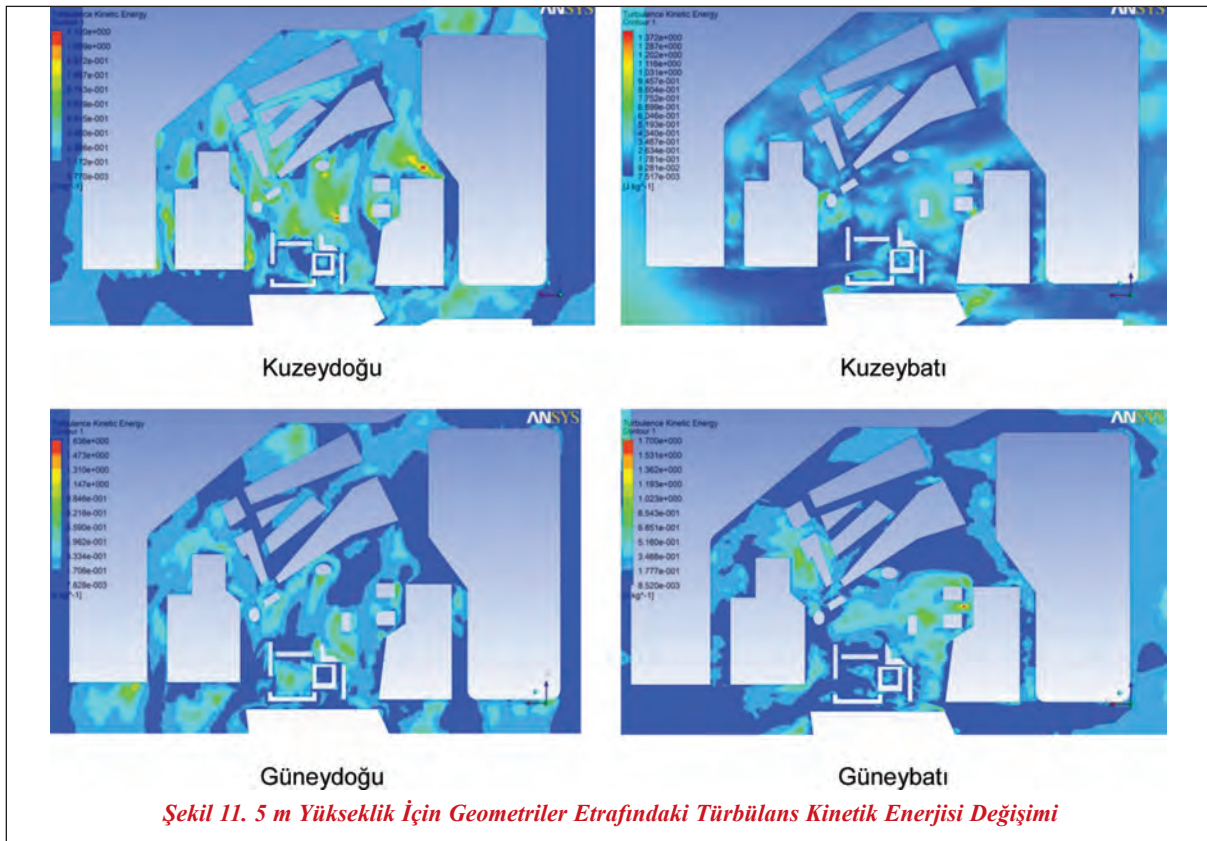
kuzeydoğuya bakan yüzeyleri ve çevrelerinde hızların düştüğü gözlemlenmektedir.

4.2. Türbülans Kinetik Enerji Değişimlerinin İncelenmesi

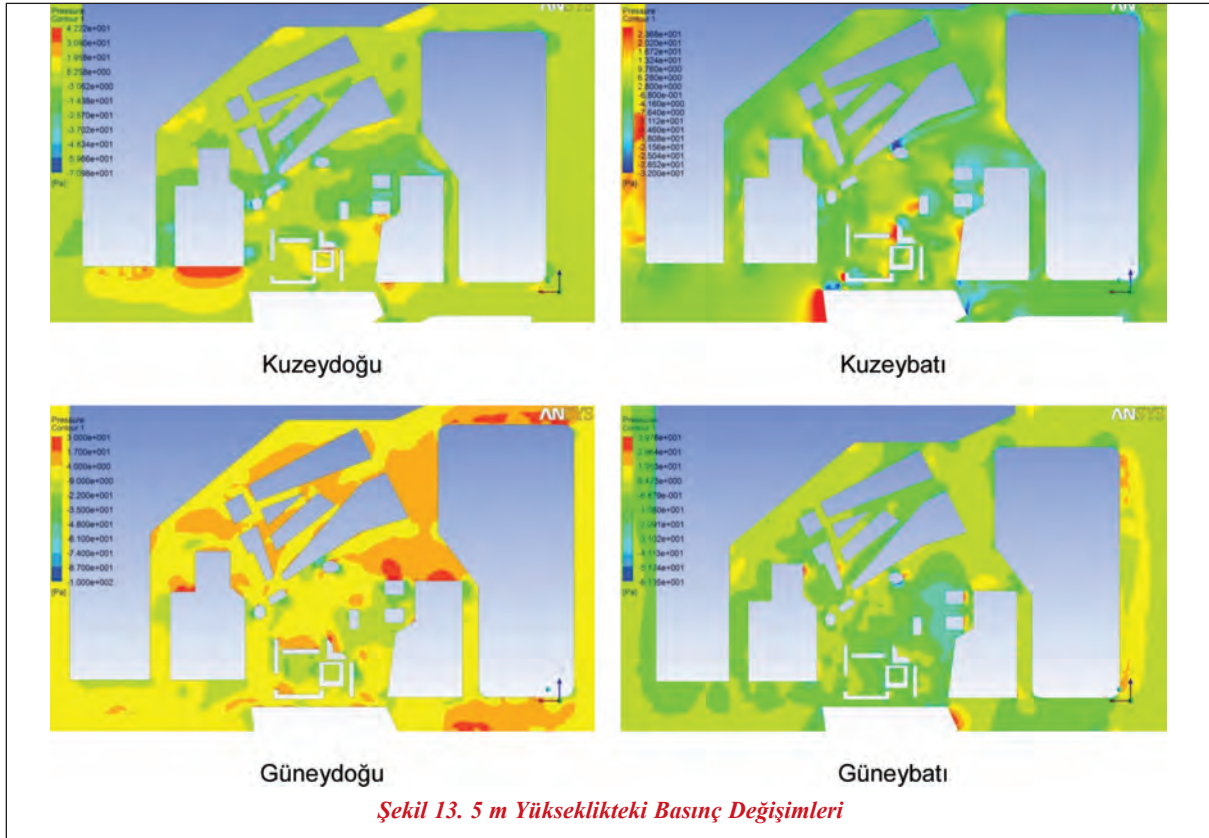
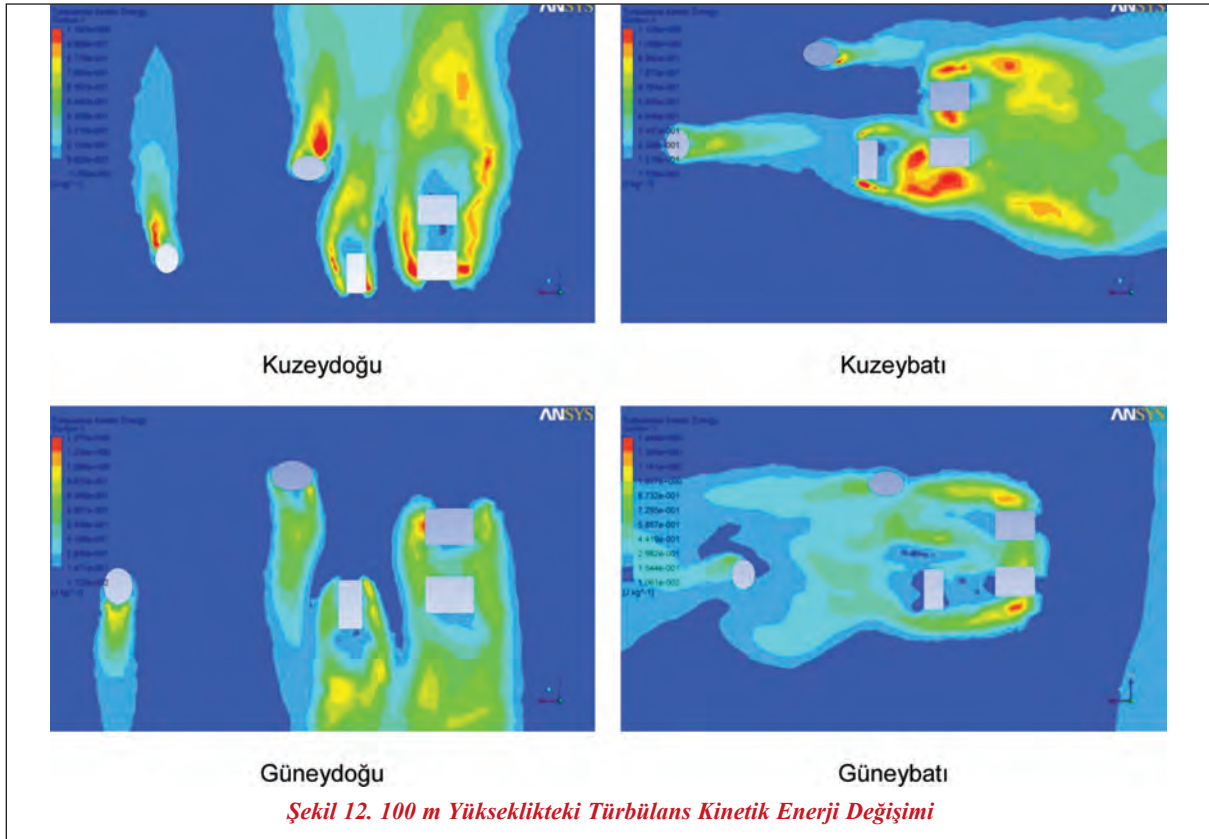
Şekil 12 ve 13’de sırasıyla 5 m ve 100 m yükseklikler için türbülans kinetik enerji değişimleri gözlemlenmiştir.

Şekil 11’de, kuzeydoğu yönünde esen rüzgar için, E geometrisinin kuzeydoğuya bakan küçük bir yüzeyinde ve J geometrisinin güneydoğuya bakan yüzeyinden biraz uzak bir mesafede, türbülans kinetik enerjide artış görülmüştür.

Fakat bu artışın olduğu bölgeler çok küçük bir hacmi işgal etmektedir. Güneybatıdan esen rüzgar için ise F geometrisinin ortasından geçen hava hacmindeki küçük bir bölgede türbülans kinetik enerjide artış gözlemlenmiştir. Bu artışların olduğu bölgeler genel olarak incelenen hacimlere göre çok küçük olduğu için, farklı yönlerden esen rüzgara göre, tür-



Makale



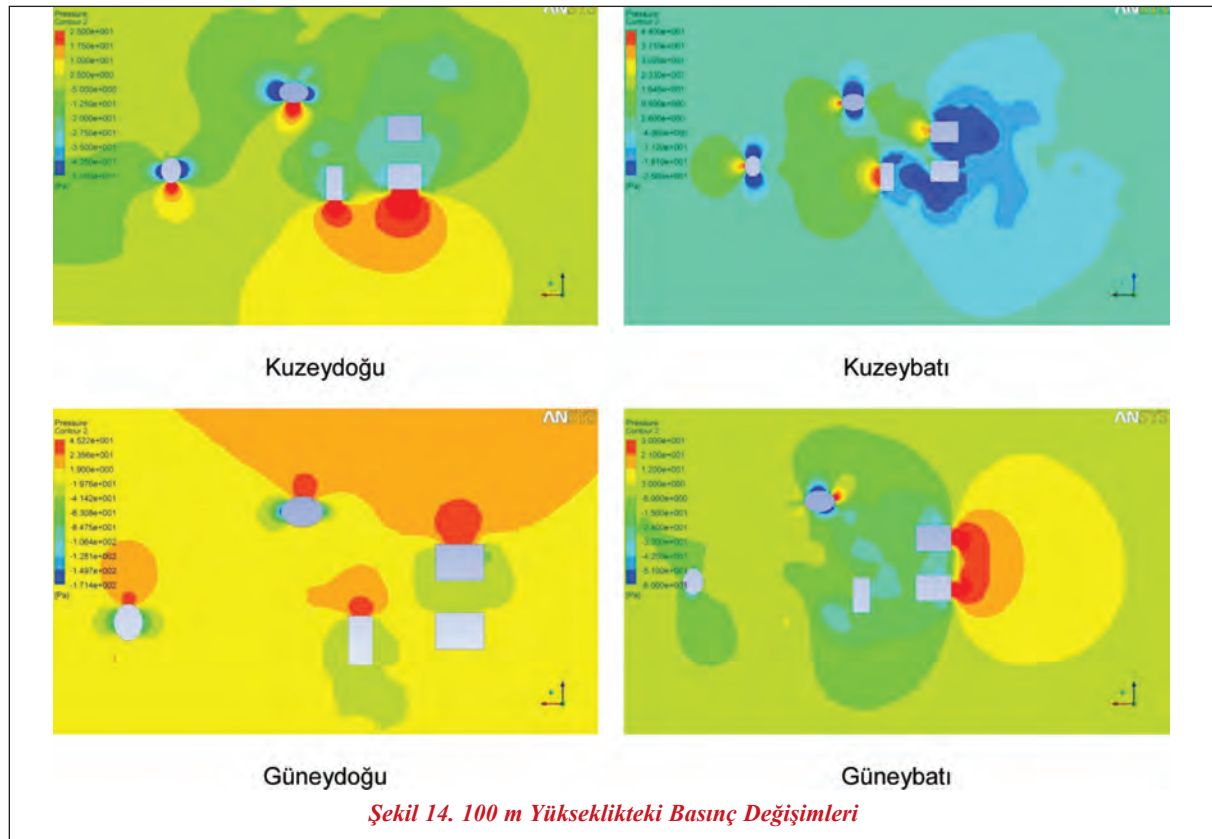
türbülans kinetik enerji değişiminde kayda değer farklılıkların gözükmediği söylenebilir.

Şekil 12’de, farklı yönden esen rüzgar yönleri için türbülans kinetik enerjinin artma ve azalma olan bölgelerinde değişim olduğu görülmektedir. Kuzeydoğudan esen rüzgar için F geometrisinin kuzeybatıya bakan kısmındaki yanal yüzeylerde ve B geometrisinin güneydoğuya bakan kısımlarında maksimum türbülans kinetik enerji değerleri gözükmektedir. Kuzeydoğudan esen rüzgara baktığımızda ise, maksimum türbülans kinetik enerji değerlerinin en fazla F geometrisi bölgesinde olduğu gözlenir. Güneydoğu ve güneybatıdan esen rüzgarlar için, türbülans kinetik enerji değişimleri tüm geometriler etrafında olmak ile birlikte değişimin, kuzeydoğu ve kuzeybatıdan esen rüzgarlardaki gibi yüksek kinetik enerji artışlarına sebep olmadığı gözükmektedir. Sene içerisinde, her bir farklı yönden rüzgar eseceği göz önüne alındığında, 100 m ve daha yüksek binalar da türbülans kinetik enerji değişimi her yönde etki edecektir.

4.1. Basınç Değerlerinin İncelenmesi

Şekil 13 ve 14’de sırasıyla 5 m ve 100 m yükseklik için 4 farklı yönden esen rüzgâr hızına göre elde edilen basınç değerleri gösterilmiştir.

Şekil 13’de görüldüğü gibi kuzeydoğu yönünden esen rüzgar sonucunda H geometrisinin kuzeybatı yönündeki kısmı I geometrisinin H geometrisine komşu olan yüzeyleri arasında maksimum basınç değişimi gözükmektedir. Benzer şekilde F geometrisi ile J geometrisinin belirli bölgesinde de basınç artımı gözlenmiştir. C geometrisinin A geometrisine bakan kısmında, C geometrisine temas eden hava hacminde minimum basınç değeri görülmektedir. Rüzgar kuzeybatı yönünde estiğinde ise, H geometrisinin kuzeydoğuya bakan yönü ile I geometrisinin H geometrisine komşu olan yüzeyi arasında maksimum basınç artışı görülmüştür. Benzer şekilde E geometrisinin kuzeydoğuya bakan yüzeyinde ise belirli bir basınç artışı görülmekte fakat bu artış, H yüzeyi ile I yüzeyi arasındaki basınç artışı kadar fazla olmamaktadır. Minimum basınç değeri, B geo-



Makale

metrisinin güneydoğuya bakan kısmında kendini belli etmektedir. Rüzgar güneydoğudan estiğinde ise maksimum basınçlar F ve J geometrisinin güneydoğuya bakan kısmında gözükmetedir. Güneybatıdan esen rüzgar durumunda ise, minimum basınç değeri B geometrisinin kuzeybatı yönündeki yüzeylerine yakın olan hava bölgelerinde oluşmaktadır. Önemli ölçüde bir basınç artışının görüldüğü bir bölgeye ise rastlanmamıştır.

Şekil 14'e göre; rüzgar kuzeydoğudan estiğinde maksimum basınçlar, 100 m ve üstü yüksekliğe sahip binaların kuzeybatı yönlerinde oluşmaktadır. Minimum basınç değerleri ise eliptik bir geometriye sahip olan B ve C binalarının kuzeydoğu ve güneybatı yönlerinde oluşmaktadır. Kuzeybatı yönünden esen rüzgar ise E geometrisinin kuzeydoğuya bakan yüzeyinde basınç artışı fazlayken, E geometrisinin diğer yüzeylerinde basınç düşüşleri gözlenmekte olup, bu basınç düşüşleri F geometrisi üzerinde etki oluşturur ve F geometrisinin neredeyse tüm yüzeyinde düşük basınçlar meydana gelir. Benzer şekilde eliptik geometrilere sahip B ve C geometrilerinin kuzeydoğuya bakan yönünde basınç artışı görülmek ile birlikte kuzeybatı ve güneydoğuya bakan taraflarında ise basınç düşüşleri gözlenmektedir. Güneydoğu yönünden esen rüzgar için, tüm geometrilerin güneydoğuya bakan yönlerinde basınçlar artmaktadır. Genel olarak geometrilerin diğer yüzeylerinde basınç düşüşleri meydana gelmektedir. Güneybatıdan esen rüzgar hızı için, F geometrisinin güneybatı yönlerinde ve B geometrisinin güneye bakan yüzeyinin küçük bir kısmında basınçlar maksimum değerlerine ulaşmaktadır. B geometrisinin kuzeybatı ve güneydoğu yönlerine bakan yüzeylerine yakın olan yerlerde ise basınçlar minimum değerini almaktadır. Sene içerisinde, tüm yönlerden rüzgarın esebileceği düşünüldüğünde, 100 m yükseklik için bina geometrilerinin tüm yüzeyleri düşük ve yüksek basınçlara maruz kalmaktadır.

SONUÇLAR

1. Bu çalışmada İstanbul ili Şişli ilçesinde bulunan yüksek katlı binalardaki rüzgar etkileşimleri, yönleri de dikkate alarak CFD paket programı kulla-

arak LES analizi kullanmak suretiyle sayısal olarak incelenmiştir.

2. CFD analizinden elde edilen 5 ve 100 m yükseklikteki hız değişimlerinden de görüldüğü üzere, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerinde, etkin bir şekilde sirkülasyon hakim olduğu ve bunun sonucu olarak yüksek katlı binaların çevresini bir sarmal şeklinde, salınımların yoğun olduğu tabakalı akım görülmektedir. Özellikle düşük enerjili vortex hareketlerinin sergilendiği bina çevresi akımların, bitişik binalarda etkileşimleri sönümlenmiş olarak görülsede, ayrı binalarda dinamik yükler olarak karşımıza çıkmaktadır.
3. Türbülans kinetik enerji salınımları özellikle kuzeydoğu ve kuzeybatı yönünde yüksek değerlerde görülmekle birlikte, bunun sebepleri olarak belirtilen yönlerdeki düşük hız gradyanından dolayı meydana gelen wake tarzı türbülans salınımların sebep olduğu düşünülmektedir.
4. Özellikle basınç değişimlerinin rakım yükseldikçe kuzeydoğu yönünde maksimum değerlerde, kuzeybatıda ise minimum seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın düşük rakımda (5 m) maksimum basınç seviyesi güneydoğu yönünden esen rüzgardan etkilenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Roberson, J. A., Crowe, C. T., "Pressure Distribution on Model Buildings at Small Angles of Attack in Turbulent Flow", Proc. 3rd U.S. Natl. Conf. on Wind Engineering Research, University of Florida, 1978.
- [2] Ahmad, S., Kumar, K., "Interference effect of Wind Loads on Low-Rise Hip Roof Buildings, Engineering Structures", 2001.
- [3] Ahmad, S., Kumar, K., "Effect of Geometry on Wind Pressures on Low-Rise Hip Roof Buildings, Journal of Wind Engineering and Industrial", Aerodynamics, 2002.
- [4] Aygün, C., Başkaya, Ş., "Çok Katlı Bir Bina Etrafındaki Rüzgar Akışının Oluşturduğu Yüzey Basınçlarının Deneysel Olarak İncelenmesi", Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 2003.
- [5] Mendis, P., Ngo, T., Haritos, N., Hira, A., Samali, B., Cheung, J., "Wind Loads on Tall

- Buildings”, “Ejse Special Issues:Loading on Structures”, 2007.
- [6] Holmes, J. D., Tamura, Y., Krishna, P., “Wind Loads on Low, Medium and High Rise Buildings by Asia-Pacific Codes”, The 4th International Conference on Advances in Wind and Structures, 2008.
- [7] Şafak, E., “Yüksek Yapılardaki Rüzgar Yüklerinin Hesabı”, İnşaat Mühendisleri Odası 4. Ulusal Çelik Yapılar Sempozyumu, 2011.
- [8] Huang, S., Li, Q. S., Xu S., “Numerical Evolution of Wind Effects on a Tall Steel Building by CFD”, Journal of Constructional Steel Research, 2006.
- [9] Liang, S., Li, Q. S., Liu, S., Zhang, L., Gu, M., “Torsional dynamic wind loads on rectangular tall buildings”, Engineering Structures, 2004.
- [10] Huang, G., Chen, X., “Wind Load Effects and Equivalent Static Wind Loads of Tall Buildings Based on Synchronous Pressure Measurements”, Engineering Structures, 2007.
- [11] Tominaga, Y., Mochida, A., Yoshie, R., Kataoka, H., Nozu, T., Yoshikawa, M., Shirasawa, T., “AIJ Guidelines for Practical Applications of CFD to Pedestrian Wind Environment Around Buildings”, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2008.
- [12] Huang, M. F., Lau, I. W. H., Chan, C. M., Kwok, K. C. S., Li, G., “A hybrid RANS and Kinematic Simulation of Wind Load Effects on Full Scale Tall Buildings”, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2011.
- [13] Cheung, J. O. P., Liu, C. H., “CFD Simulations of Natural Ventilation Behaviour in High-Rise Buildings in Regular and Staggered Arrangements at Various Spacings”, Energy and Buildings, 2011.
- [14] Blocken, B., Janssen, W. D., van Hoof, T., “CFD Simulation For Pedestrian Wind Comfort and Wind Safety in Urban Areas: General Decision Framework and Case Study For the Eindhoven University Campus”, Environmental Modelling & Software, 2012.
- [15] Malkoç, Y., “Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Enerji Pofilimizdeki Yeri”, Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, http://130.226.17.201/extra/web_docs/turkey/TurkishWindData.pdf
- [16] Ağçay, M., Attay, F., “Türkiye’nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgar Elektrik Santrali Tasarımı RES’in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink ile Yazılan Programda Yapılması”, Y.T.Ü Bitirme Tezi-EMO Proje Yarışması, 2007.
- [17] ANSYS Fluent Turbulence Modeling Overview, ANSYS Inc., 2012.