



SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ

MULTİDİSİPLİNER BAKIŞ AÇISIYLA  
**TÜRKİYE'DE**  
**ENERJİ**

**Editörler**

**Prof. Dr. Hilmi ATASEVEN**

**Dr. Öğr. Üyesi Derya Betül ÜNSAL**

SİVAS2022

## CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ YAYINLARI NO: 243

12/05/2022 Tarih ve 7 Toplantı Sayılı Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yayın Kurulu Kararı ile 18/05/2022 Tarih ve 15 Toplantı Sayılı Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yönetim Kurulu Kararına istinaden basımı uygun görülmüştür.

### İNCELEME KOMİSYONU:

Prof. Dr. Özlem Pelin CAN

Prof. Dr. Turhan KURŞUN

Prof. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, SİVAS

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, SİVAS

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, KONYA



## SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ

MULTİDİSİPLİNER BAKIŞ AÇISIYLA "TÜRKİYE'DE ENERJİ"

### ISBN

978-605-7902-64-1

### Editörler

Prof. Dr. Hilmi Ataseven

Dr. Öğrt. Üyesi Derya Betül Ünsal

### Kapak ve İç Düzen

Abdulkadir Kocatürk

### Baskı

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Rektörlük Matbaası

Sertifika No: 40954

Sivas 2022

# İÇİNDEKİLER

## BÖLÜM 1

### ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI: BOR, JEOTERMAL, NÜKLEER ENERJİ ve VERİMLİLİK GELİŞMELERİ

<b>Bor Bileşiklerinde Hesaplamalı Kimya Metodlarıyla Enerji Verimliliği</b> Sultan Erkan, Ceylan Alkaya .....	13
<b>Nükleer Yakıt Çevrimleri</b> Meryem Seferinođlu .....	25
<b>Yeni Nesil Reaktörler</b> Ali Tiftikçi .....	35
<b>Füzyon Reaktörleri</b> Hüseyin Şahiner .....	47
<b>Türkiye'de Jeotermal Enerji Potansiyeli: Sivas İli İncelemesi</b> Sinan Sarp .....	57
<b>Jeoenerjinin Sağlıkta Kullanımı: Balneoterapi</b> Musa Polat .....	63
<b>Sivas'ın Termal Sağlık Turizmi Potansiyeli</b> Nurperihan Tosun .....	75

## BÖLÜM 2

### YENİLENEBİLİR ENERJİ VE SAĞLIK İLİŞKİSİ

<b>Enerji Kaynaklarının Sebep Olduğu Hava Kirliliğinin Akciğer Sağlığı Üzerine Etkileri</b> Serdar Berk .....	83
<b>Hastanelerde Enerji Verimliliği ve Tasarrufu Uygulamaları</b> Hilmi Ataseven .....	91
<b>Enerji Kaynaklarının Sebep Olduğu İklim Değişikliğinin Sağlığa Genel Etkileri</b> Şeyma Taştemur .....	101
<b>Enerji Kaynakları Tüketimiyle Artan Hava Kirliliğinin Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkileri</b> Şeyma Kıbrıslıoğlu Baykan .....	115

## BÖLÜM 3

### ENERJİ VERİMLİLİĞİ OPTİMİZASYONU, PİYASA VE MEVZUATLAR

<b>NARX ANN ile Sivas Organize Sanayi Bölgesi Elektrik Talep Tahmini</b> Yunis Torun, Uğur Atıcı, Seyit Keklikçi .....	125
<b>Enerji Verimliliğine Yönelik Teşvik Uygulamaları</b> Sinan Dündar .....	137

<b>Yapay Zeka Yaklaşımlarının Verimlilik Amaçlı Kullanım Yöntemleri</b>	
Serkan Akkoyun .....	143

<b>Verimlilik Amaçlı Yeni Bir Sıvı Seviyesi Ölçüm Tekniği</b>	
Hüseyin Canbolat .....	149

#### **BÖLÜM 4**

##### **ENERJİ VERİMLİ BİNALARDA SÜRDÜRÜLEBİLİR TEKNOLOJİLER**

<b>Isı Yalıtım Uygulamalarının Enerji Tasarrufuna Etkilerinin İncelenmesi</b>	
Ferhat Kılınç .....	157

<b>Yapı Elemanlarındaki Isı Kayıplarının Enerji Tasarrufu Açısından Değerlendirilmesi</b>	
Koray Karabulut, Ertan Buyruk .....	163

<b>Farklı Bina Kurulumları Etrafındaki Akış Yapıları</b>	
Deniz Gölbaşı, Ertan Buyruk, Koray Karabulut .....	171

<b>Güvenli Yeşil Binalar</b>	
Yusuf Gökşen .....	177

#### **BÖLÜM 5**

##### **ENERJİDE KARBON AYAK İZİ AZALTILMASI**

<b>Anaerobik Membran Reaktörler: Kullanım Alanları ve Enerji Eldesinin Değerlendirilmesi</b>	
Meltem Sarıoğlu Cebeci, Berk Köker .....	187

<b>Biyometanizasyonda Son Gelişmeler</b>	
Öznur Begüm Gökçek, Hamdi Muratçobanoğlu, Fatma Muratçobanoğlu, Ruhullah Ali Mert, Bilal Yıldırım, Sevgi Demirel .....	203

<b>Arıtma Çamurları ve Evsel Atıkların Anaerobik Stabilizasyonundan Enerji Eldesi</b>	
Turgay Bişgin, Meltem Sarıoğlu Cebeci .....	213

#### **BÖLÜM 6**

##### **YENİ NESİL, AKILLI, ELEKTRİKLİ SİSTEMLER**

<b>Akıllı Şebeke Haberleşme Teknolojileri ve Enerji Verimliliğine Katkıları</b>	
Zeynep Hasırcı Tuğcu .....	225

<b>Akıllı Bina Sistemlerinde IOT Uygulamaları ile Enerji Yönetimi</b>	
Derya Betül Ünsal, Zeynep Ceran Çamayaz .....	233

<b>Akıllı Şebekelerde Kullanılan Bina Sistemleri ve Erişilebilirlik Yönüyle AFAD Sivas Ofisi Uygulaması</b>	
Derya Betül Ünsal, İsmail Güneş .....	251

**Prof. Dr. Hilmi ATASEVEN**

1968'de Sivas'ta doğdu. 1985'de Sivas Kongre Lisesi'nden, 1991'de ise Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden mezun oldu. 1997 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak girdi. 2002 yılında İç Hastalıkları uzmanı oldu. 2003 yılında Türkiye Yüksek İhtisas Hastanesi Gastroenteroloji Kliniğinde Gastroenteroloji yan dal ihtisasına başladı ve 2007 yılında Gastroenteroloji uzmanı oldu. Erzurum'da mecburi hizmetini tamamladıktan sonra 2009 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı Gastroenteroloji Bilim Dalında öğretim üyesi olarak göreve başladı. 2011'de İç Hastalıkları (Gastroenteroloji) doçenti oldu. 2012'de Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Uygulama ve Araştırma Hastanesinde başhekim yardımcılığı; daha sonra da Tıp Fakültesi dekan yardımcılığı; 2014 yılında Sivas Numune Hastanesi Yöneticiliği/Başhekimliği; 2015 yılında Malatya Kamu Hastaneleri Genel Sekreterliği; 2016 yılında Yozgat Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı görevlerinde bulundu. Halen Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak görev yapan Dr. Hilmi Ataseven Cumhuriyet Üniversitesi Rektör Yardımcısı görevini yürütmektedir.

**Dr. Öğr. Üyesi Derya Betül ÜNSAL**

2011 yılında tamamladığı Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Lisans Programı'ndan onur, 2014 yılında tamamladığı İngilizce Tezli Yüksek Lisans Programı'ndan yüksek onur, 2018 yılında tamamladığı Elektrik ve Elektronik Mühendisliği İngilizce Doktora programından ise bölüm birincisi dereceleriyle mezun olmuştur. "Akıllı Elektrik Şebekeleri Haberleşme Teknolojileri" konusunda tamamladığı yüksek lisans boyunca Tübitak Öncelikli Alan Çalışmaları desteği almıştır. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi ve Abdullah Gül Üniversitesi ile ortak çalışmalar içerisinde yürütülen, Tübitak Öncelikli Alan Çalışmaları Desteği aldığı doktora çalışmalarını ise "Akıllı Elektrik Şebekelerine Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Dağıtık Üretim ile Entegrasyonu'nun Haberleşme Teknolojileri ile Kontrolü" üzerine tamamlamıştır. Mühendislik bakış açısına disiplinlerarası katkılar sağlayabilmek amacıyla aldığı İşletme Lisans Eğitimini de 2013 yılında tamamlamıştır. 2015 yılında C.Ü Robot Programlama Eğitmeni ve 2020 yılında Bilkent Üniversitesi Yapay Öğrenme Eğitimlerini de tamamlayan Dr. Ünsal, interdisipliner bakış açısını geliştirebilmek amacıyla halen Felsefe Yüksek Lisans Eğitimine de devam etmektedir. 2011 yılından itibaren Enerji Bilimi ve Teknolojisi ABD'de Doktor Öğretim Üyesi olarak devam etmektedir. 30'u aşkın bilimsel çalışması bulunup, 2021 yılı Ocak ayından itibaren Yenilenebilir Enerji Araştırma Merkez Müdürlüğü görevini yürütmektedir. Çeşitli uluslararası indexli dergilerde hakemlik ve yayın kurulu üyeliği görevleri bulunmakta, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Savunma Teknolojileri ve Enerji Bilimi ve Teknolojisi Mühendisliği bölümlerindeki Yüksek Lisans ve Doktora öğrencilerine danışmanlık yapmaktadır. Uzmanlık ve ilgi alanları, Akıllı Şebekeler, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Elektrik Şebeke Güvenliği, Güç şebekelerini saldırılardan koruma yöntemleri, Güç Hatları İleşimi Haberleşmesi ve Mikro Şebekeler'dir. 2007 yılından beri IEEE-Women in Engineering, IEEE Communication ve Power System Society üyesidir.

## ÖN SÖZ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi olarak, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı dahilinde, göreve geldiğim ilk günden itibaren kendi enerjisini kendi üreten bir üniversite olabilmek hedefiyle çalışmalar gerçekleştirerek çalışmaktayız. Ülkemizde, enerji ihtiyacını karşılamada kullanılan fosil yakıtlara erişim, kullanım noktasında karşılaşılan sıkıntılar ve olumsuzluklar, ülkelerin enerji politikalarına yansımakta ve ülkeleri alternatif enerji kaynakları kullanmaya yönlendirmektedir.

Güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, hidrojen ve biyokütleden elde edilen enerjinin, çevre dostu, sürdürülebilir ve düşük maliyetli olduğu görülmüştür. Nükleer enerji de bu kapsamda yenilenebilir enerji kategorisi içerisinde yer almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, asla tükenmeyecek olmasıyla, çevreye zararının olmamasıyla ve maliyetinin fosil yakıtlara oranla çok çok daha az olmasıyla önem kazanmaya başlamıştır. Enerji ihtiyacını karşılama konusunda sadece kaynakların var olması değil, ayrıca kaynakların güvenilir, çevre dostu, sürdürülebilir ve düşük maliyetli olması da çok önemlidir.

Dünya üzerinde birçok ülke enerji sektörüne gün geçtikçe daha büyük yatırımlar yapmaya başlamıştır. İçinde bulunduğumuz salgın sürecinin olumsuz etkilerine rağmen Enerji sektörü, ülkemizde de böyle bir dönemden büyüyerek çıkmıştır.

Uluslararası Enerji Ajansı 2020 Mayıs Ayı Enerji Piyasası raporunda enerji sektöründeki artış oranını %7 olarak öngörüyordu ancak yıl sonu raporlarında bu oran revize edilerek %18 olarak düzenlenmiştir. Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan 2021 yılı elektrik kurulu gücümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının yüzde 52,3'e ulaştığını ve bu oranla Avrupa'da 6, dünyada 13'üncü sırada yer aldığımızı açıklamış ve ülkemiz bu sayede yenilenebilir enerjide dışa bağımlılıktan kurtulmak üzere olduğunu belirtmiştir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerjide bu şekilde hızlı adımlarla büyümesi, Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınma hedefleri için de hayati önem arz etmektedir.

"Sayın Cumhurbaşkanımız, 2023 yılında 66,6 milyon ton karbondioksit emisyon azaltımı hedefini ortaya koymuş, ve benzer ekonomik seviyedeki ülkelerle eşit şartlarda olmak kaydıyla küresel iklim eylemine katkı sunmaya devam edeceğimizi açıklamıştır.

Bu gelişmeler, yenilenebilir enerji sektöründe motivasyonu daha da artırmıştır. "Biz de Sivas Cumhuriyet Üniversitesi olarak, ülkemizin daha yeşil bir ekonomi hedefine ulaşabilmesi noktasında çalışmalarımızı sürdürüyoruz"

Covid-19 Salgınına rağmen elde edilen başarının gelecek yıllarda da artarak devam edeceği beklentisi içerisindeyiz. İnşallah ülkemiz ve üniversitemiz yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında çok daha büyük adımlarla, daha hızlı bir şekilde ilerlemeye devam edecektir.

**Prof. Dr. Alim Yıldız**  
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi  
Rektör

## FARKLI BİNA KURULUMLARI ETRAFINDAKİ AKIŞ YAPILARI

Deniz Gölbaşı<sup>a</sup>, Ertan Buyruk<sup>b</sup>, Koray Karabulut<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

<sup>b</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

<sup>c</sup> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü

### ÖZET

Enerji tasarrufu için önlemler alma sürecinde, şehirlerin kontrolsüz büyümesi kentsel bölgelerin havalandırma performansını olumsuz olarak etkilerken, soğutma ve ısıtma yüklerinde artışa neden olmuştur. Planlanmamış bina yüksekliği/sokak genişliği oranları, devasa yatay alanlar gibi eski şehir merkezlerindeki büyük yatay mimarili binalar kentsel alanlarda havalandırma verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenlerle bu çalışmada, Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçüm Yöntemi (PIV) ile deneysel ve kanala teker teker yerleştirilmiş 5x5x5cm ölçülerinde çatısız ve 30° eğime sahip çatılı model binalar etrafındaki akış yapıları incelenmiştir. Binalar etrafındaki akım çizgileri, vektör alanları, çevrinti eğrileri ve zaman ortalamalı hız bileşenleri dağılımları görselleştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Enerji Tasarrufu, Bina Kurulumları, Akış Yapıları

### ABSTRACT

In the process of taking measures to save energy, the uncontrolled growth of cities negatively affected the ventilation performance of urban areas and caused an increase in cooling and heating loads. Large horizontal architecture buildings in old city centers such as unplanned building height/street width ratios, huge horizontal areas adversely affect ventilation efficiency in urban areas. For these reasons, in this study, the flow structures around the experimental and 5x5x5cm roofless model buildings with 30° inclination roofs placed one by one in the channel were investigated with the Particle Imaging Velocity Measurement Method (PIV). Streamlines, vector fields, swirl curves, and time-averaged velocity components distributions around the buildings are visualized.

**Keywords:** Energy Saving, Building Installations, Flow Structures

### GİRİŞ

Hızlı kentleşme kentlerin içyapısında kontrolsüz büyümeye neden olmuştur. Bu sorun enerji tasarrufu hususlarına ek olarak bir kentsel alanın havalandırma performansını etkilemektedir. Plansız ve yoğun yapılaşmış kentsel alanlar, rüzgarın şehir üzerindeki etkisini engellemektedir. Bunun bir sonucu olarak, trafiğin neden olduğu giderek artan seviyede kirlenici içeren ve azalan yeşil alan oranı ile nefes alamayan şehirler daha fazla ısınmakta ve

kentsel ısı adası etkisi artmaktadır [1], [2]. Ayrıca, özellikle gece vakitlerinde CO konsantrasyonu ile kentsel ısı adası yoğunluğu arasında güçlü bir ilişki olduğu bilinmektedir. Bu durum, yoğun yapılaşmış kentsel alanlarda doğal havalandırmanın önemini artırmaktadır [3].

Bir şehrin mikro iklimi üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olan havalandırma performansı, bir kentsel alanda doğrudan kentsel yapı düzeni ve sokak ağları ile ilgilidir [4]. Birçok çalışma kentsel alanlarda doğal havalandırma performansını değerlendirmek için cfd simülasyonları ve yapı düzenleme senaryolarını birleştirmenin iyi bir yöntem olduğunu göstermektedir. Liu ve ark. ayrıntılı ve kabaca modellenmiş iki farklı yapılandırılmış ve çevre binayı göz önünde bulundurarak cfd kullanılmasıyla bir binanın etrafındaki rüzgar akışını araştırmıştır [5]. Bir cfd simülasyonu ile doğru bir rüzgar akışı tahmini için çevredeki binaların yapısal modelinin dikkate alınması gerektiğini belirlemişlerdir. Azizia ve Javanmardi, cfd simülasyonlarını kullanarak Sanayee, Tahrán' da bir kentsel adanın doğal yapı üzerindeki etkisini incelemişler ve kentsel ada yüksekliği ve ek yolların genişlikleri rüzgar basıncı farklarını etkileyen iki ana faktör olduğu belirlenmiştir [6]. Wise ve ark. doğruluk tahmini yapabilmek için ortalama giriş rüzgar yönündeki küçük değişikliklerin cfd simülasyon sonuçları üzerindeki etkisini araştırmışlardır [7]. Cheng ve ark. yaptıkları çalışmada matematiksel olarak iyi tasarlanmış yüksek Re sayılı simülasyon yöntemini önererek kullanılan diğer modellerdeki hataları azaltmayı ve hesaplama yöntemini kolaylaştırmayı hedeflemişlerdir [8]. Yüksek çözünürlüklü simülasyon yöntemi ile ortalama ve dalgalanan rüzgar basıncını nesnel ve kolay bir şekilde yeniden üretebilir ve yerinde ölçülen dağılımlar olarak model özelliklerini belirlemişlerdir.

Daha iyi kentsel havalandırma, daha iyi hava kalitesi ve ısı konfor olmak üzere iki ana amaç göz önünde bulundurularak sağlanmalıdır. Akış hızı, amaç hava kalitesi olduğunda ana parametre olurken, amaç ısı konforu sağlamak olduğunda rüzgar hızı ana parametre olmaktadır. Bu nedenle, çalışmalarında simülasyon sonuçlarını değerlendirmek için yaya seviyesinde rüzgar hızı oranı olarak adlandırılan bir parametre olan ısı konforu değerlendirmişlerdir [9].

### **Deneysel Yöntem**

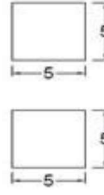
Deneylerin yapıldığı Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçüm Yöntemi (PIV), kapalı çevrimli açık yüzeyli bir su kanalıdır (Şekil 1). Su kanalı, iki adet su deposu ve bu depolar arasında bulunan şeffaf akrilik deney kanalından oluşmaktadır. PIV ile hız ölçüm tekniği, görselleştirme ve görüntü işleme adımlarından oluşmaktadır. Deney kanalına akışı takip edebilmek için mikrometre boyutunda parlak parçacıklar eklenmektedir. Parçacıklar, lazer ışık kaynağı tarafından küçük zaman aralıklarında iki sefer aydınlatılır. İki aydınlatma arasında geçen sürede parçacıklar akışkanın hızında hareket etmektedir. Bu esnada parçacıklardan yayılan ışık da deney sistemine dik olarak konumlandırılan yüksek çözünürlüğe sahip bir kamera ile kaydedilir. Elde edilen PIV görüntüleri, bir tarayıcı ile dijital hale dönüştürülerek bilgisayara nakledilmektedir [10].



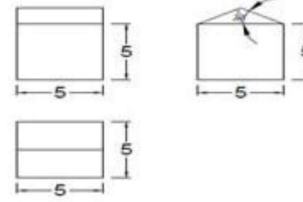


Şekil 1. PIV deney kanalı

Deneyler sırasında su kanalındaki su yüksekliği sabit 0.45 m ve akış hızı da 210 mm/s olarak alınmıştır. Deneyler sırasında kullanılan 5x5x5cm boyutlarında çatısız ve 30° eğime sahip çatılı model binalara ait görünüşler sırasıyla Şekil 2 ve 3’ de verilmektedir.



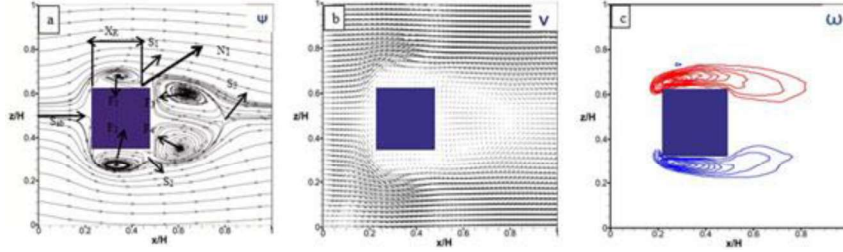
Şekil 2. Çatısız bina



Şekil 3. Çatılı bina

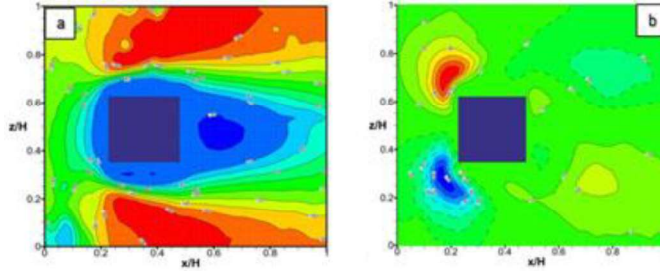
### Deneysel Sonuçlar

Şekil 4’ de tekli çatısız 5x5x5 cm ölçülerindeki bina modeline ait hız vektörleri ( $V$ ), akım çizgisi ( $\Psi$ ) ve eş yüzey eğrileri ( $\omega$ ) incelenmiştir. Akış, modelin ön durma noktasından ( $S_{ab}$ ) itibaren yukarı ve aşağı yönlü olarak ikiye ayrılmaktadır (Şekil 4a). Yukarı doğru ayrılmış olan akış, modelin sol yan köşesinden ayrılarak  $F_1$  girdap bölgesini meydana getirmektedir. Bu girdap merkezinin koordinatları  $x=58.36\text{mm}$  ve  $z=154.90\text{mm}$  noktasında bulunmaktadır. Bu oluşan girdabın sağ tarafında  $S_1$  durma noktası ( $x=82.45\text{mm}$ ,  $z=154.06\text{mm}$ ) meydana gelmiştir. Modelin sol tarafındaki ayrılma bölgesi,  $N_1$  noktası olup,  $X_R=29.1\text{mm}$  uzunluğunu ve  $10.1\text{mm}$  ise kalınlığını belirtmektedir. Ayrılma noktasında basınç enerjisine göre kinetik enerjinin yoğunluğunun düşük olması akışın yüzeyden ayrılmasının sebebidir. Aşağı doğru ayrılan akış, modelin sağ yan tarafında merkezi  $x=58.11\text{mm}$ ,  $z=98.15\text{mm}$  olan  $F_2$  girdap merkezini oluşturmaktadır. Oluşan bu girdabın sağ tarafında oluşan durma noktası  $S_2'$  nin merkezi  $x=82.45\text{mm}$ ,  $z=104.9354\text{mm}$  dir. Saat yönünde hareket eden  $F_3$  girdabının merkezi  $x=108.42\text{mm}$ ,  $z=143.61\text{mm}$  noktasında iken  $F_4'$  ün merkezi  $x=102.16\text{mm}$ ,  $z=108.88\text{mm}$  dir. Model ardında oluşan ayrılma bölgesinin mesafesi  $50\text{mm}$  dir (Şekil 4b). Ayrıca,  $F_3$  ve  $F_4$  girdaplarının büyüklükleri eşit olduğundan durma noktası orta kısımda meydana gelmiştir.  $F_3$  girdap merkezi, aynı zamanda negatif çevrinti bölgesi olup eş çevrinti eğrileri kırmızı çizgiyle belirtilmiştir (Şekil 4c)



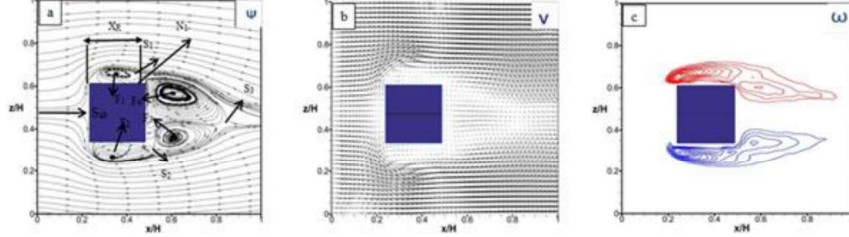
**Şekil 4.** Üstten görünüş çatısız bina modeli etrafındaki akış için  $y/h=0.5$  yüzeyindeki a) akım çizgileri  $\langle \psi \rangle$  b) vektör alanı  $\langle V \rangle$  c) çevrinti eğrileri  $\langle \omega \rangle$ , minimum ve çevrinti eğrileri artış değeri  $\langle \omega_{min} \rangle = \pm 4s^{N(-1)}$  ve  $\Delta \langle \omega \rangle = 2s^{N(-1)}$

Şekil 5 a) ve b) de bina arkasında oluşan ayrılmış akış bölgesi  $x/H=0.71$  noktasındadır. Düşey doğrultudaki hız bileşeni  $v$  değerlendirildiğinde yukarı yönlü akış alanı düz çizgiler ile belirtilirken, aşağı yönlü akış alanı kesik çizgiler ile sergilenmektedir. Binanın alt yan kısmında aşağı yönlü akış baskın olup daha yüksek enerjilidir. Bununla birlikte binanın üst arka tarafında aşağı akış bölgesi varken yukarı akış bölgesi alt kısmında bulunmaktadır.



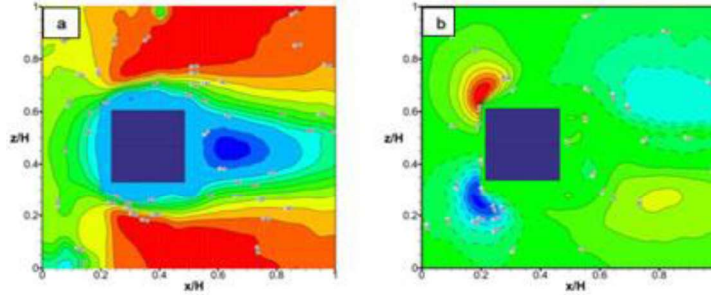
**Şekil 5.** Çatısız bina çevresindeki akış için zaman ortalamalı hız bileşeni dağılımı a)  $\langle u \rangle$  b)  $\langle v \rangle$

Şekil 6' da  $5 \times 5 \times 5$  cm boyutlarında ve  $30^\circ$  eğimli çatıya sahip bina modeli etrafındaki akış yapısı araştırılmıştır. Genel itibarıyla, akış yapısı çatısız bina modelinkine benzemektedir, bazı farklılıklar dikkati çekmektedir.  $30^\circ$  eğimli bina çatısı nedeniyle model ardında oluşan girdaplardaki simetrik yapı bozulmuştur. Modelin ön kısmında durma noktasından ( $S_{ab}$ ) itibaren yukarıya doğru ayrılmış olan akış, model sol yan köşesinde ve  $x=58.99$  mm ve  $z=152.64$  mm noktasında  $F_1$  merkezli girdap noktasını oluşturmaktadır (Şekil 6a).  $N_1$  noktası, ayrılma bölgesinin uzandığı noktadır ki uzunluğu  $X_R=26.28$  mm ve kalınlığı 10.1 mm' dir. Aşağı doğru ayrılan akış, modelin sağ yan köşesinden ayrılarak  $x=58.45$  mm ve  $z=97.59$  mm merkezli  $F_2$  girdabını oluşturmaktadır. Bina ardındaki girdap çiftinden üst kısımda yerleşmiş ve saat yönünde dönmekte olan  $F_3$  girdabının merkezi  $x=104.04$  mm ve  $z=139.37$  mm' dir. Bu bölge, negatif çevrintili olup kırmızı renkli kısım eş çevrinti eğrileridir (Şekil 6c). Alt kısımda saatin tersi tarafta dönmekte olup, pozitif çevrintili  $F_4$  girdap merkezinin koordinatları  $x=103.95$  mm ve  $z=109.73$  mm' dir.  $S_3$  durma noktası merkezi,  $x=144.44$  mm,  $z=119.05$  mm noktasıdır (Şekil 6b). Bina ardında oluşan girdapların boyutlarındaki farklılığın, çatı nedeniyle oluşan sınır tabaka gecikmesi olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 6.** Üstten görünüş 30° eğimli çatılı bina modeli etrafındaki akış için  $y/h=0.5$  yüzeyindeki a) akım çizgileri  $\langle \psi \rangle$  b) vektör alanı  $\langle V \rangle$  c) çevrinti eğrileri  $\langle \omega \rangle$ , minimum ve çevrinti eğrileri artış değeri  $\langle \omega_{min} \rangle = \pm 4s^{-1}$  ve  $\Delta \langle \omega \rangle = 2s^{-1}$

Şekil 7’de 30° eğimli çatılı bina etrafındaki akış için yatay ve düşey yönlere  $\langle u \rangle$  ve  $\langle v \rangle$  hız bileşenleri için zaman ortalamalı hız dağılımları gösterilmektedir. Bina ardında  $x/H=0.75$  noktasına kadar bir ayrılmış akış bölgesi görülmektedir. Binanın ön tarafında, bina yan üst kısmına doğru yukarı yönlü akış bölgesi görülmektedir. Binanın alt yan kısmında ise aşağı yönlü akış daha baskındır. Binanın arka tarafındaki düşey yönlü hız profilleri ( $\langle v \rangle$ ), geriye doğru yönlenecek uzanmıştır. Aşağı ve yukarı akış alanları sırasıyla binanın üst arka tarafında ve alt tarafında bulunmaktadır.



**Şekil 7.** 30° eğimli çatısız bina çevresindeki akış için zaman ortalamalı hız bileşeni dağılımı a)  $\langle u \rangle$  b)  $\langle v \rangle$

### GENEL SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, 5x5x5cm boyutlarında ve tekli olmak üzere çatısız ve 30° eğimli çatıya sahip binalar çevresindeki akış yapıları, kapalı sistem çalışan yüzeyi açık su kanalı temelli Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçüm Yöntemi (PIV) ile deneysel olarak araştırılmıştır. Belirtilen bina modelleri için akım çizgileri, vektör alanı, çevrinti eğrileri ve zaman ortalamalı u ve v hız bileşenleri değerlendirilmiş ve aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir:

- Binaya temas eden rüzgarın binanın köşe ve kenarlarından ayrılması neticesinde binaların duvarları, önü, arkası ve çatı kısmı civarında ters akış kısımları oluşmaktadır.
- Bina modelinin arka tarafındaki ayrılma bölgesi kısmının uzunluğu, simetri ekseninden yan duvarlara doğru gidildikçe sınır tabaka kalınlığının azalması sebebiyle azalma göstermektedir.

- TKE (Türbülans Kinetik Enerji), simetri ekseninden yan duvar kısımlarına doğru ilerlendikçe yayılma bölgesini genişletmektedir. TKE düzeyleri, model ardından aşağı akım kısmına doğru ilerlendikçe artış sergilemektedir.
- Çatılı bina modelinde çatısız göre bina ardındaki girdap bölgelerinin simetri düzeni değişmektedir.

Sonuç olarak, binaların geometrik yapıları yakın ve uzak çevrelerindeki akış yapılarını ve buna bağlı olarak temiz ve kirli havanın civar çevre boyunca dolaşımını yakından etkileyecektir. Binaların mimari tasarımında bu husus gözden kaçırılmaması gereken önemli noktaların başında gelmektedir.

### KAYNAKLAR

- [1] Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Van Nostrand Reinhold, Newyork, Wiley.
- [2] Deng Qihong, He Guangxing, Lu Chan. Urban ventilation-a new concept and lumped model. *International Journal of Ventilation*, 2012; 11(2), 131-140.
- [3] Luo Zhiwen, Li Yuguo, Wei-Zhen Lu. 2011. Effects of urban ventilation patterns on the carbon monoxide concentration in a high-rise mega city. *International Journal of Ventilation*. 2011; 10 (3), 239-250.
- [4] Merlier L, Kuznik F, Rusaouen G. Derivation of generic typologies for microscale urban airflow studies. *Sustainable Cities and Society*. 2018; 36, 71-80.
- [5] Liu S, Pan W, Zhao X. Influence of surrounding buildings on wind flow around a building predicted by CFD simulations. *Building and Environment*. 2018;140, 1-10.
- [6] Azizia MM, Javanmardi K. The effects of urban block forms on the patterns of wind and natural ventilation. *Procedia Engineering*. 2017; 180, 541-549.
- [7] Wise DJ, Boppana VBL, Li KW. Effects of minor changes in the mean inlet wind direction on urban flow simulations. *Sustainable Cities and Society*. 2018; 37, 492-500.
- [8] Chang XX, Zhao L, Ge YJ. High-Reynolds-number effects simulations for wind effects on a cooling tower model in a wind tunnel based on a statistical approach. *Journal of Brazilian Society of Mechanical Science and Engineering*. 2021; 43 (99): 1-12.
- [9] Ng E, Cheng V. Urban human thermal comfort in hot and humid Hong Kong. *Energy and Buildings*. 2012; 51-65.
- [10] Gölbaşı D, Buyruk E, Şahin B. Değişik bina modelleri için akış alanlarının deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. *Tesisat Mühendisliği*, 2017; 162, 32-47.