



Farklı girdap üreteçlere sahip bir aracın aerodinamiğinin sayısal incelenmesi

Numerical investigation of aerodynamic of a car with various vortex generators

Onur Yemenici^{1,*} , Halit Kasap² 

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye

² Üçel Kauçuk A. Ş., 16159, Bursa, Türkiye

Öz

Bu çalışmada 1:5 ölçekli yamuk ve kavisli kanat girdap üreteçlere sahip binek bir aracın aerodinamik özellikleri nümerik olarak araştırılmıştır. Araç tasarımı CATIA V5R21 ile yapılırken, geometrik düzenlemeler, sayısal çözüm işlemleri ve ağ örme için ANSYS programı kullanılmıştır. Hava hızı 100 km/h olarak sabit tutulmuş ve akış alanının çözümü realizabl k-ε türbülans modeli ile yapılmıştır. 8 adet girdap, basınç dağılımları ve aerodinamik katsayılar incelenerek, girdap üretici kullanılmamış durumdaki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar aracın arka kısmındaki akış alanının ve aerodinamik karakteristiklerin girdap üreteçlerin varlığından ve yapısından etkilendiğini göstermiştir. Kavisli kanat girdap üreticinin kullanılması sürüklenme katsayısında %2.87 oranında bir azalmaya sebep olurken, yamuk kanat girdap üreticinin kullanılması durumunda bu oran %2.20 olarak tespit edilmiştir. Kaldırma katsayısındaki maksimum artış %3.3 olarak yamuk kanat girdap üreteç kullanılması ile elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Girdap üreteçleri, Sürüklenme katsayısı, Binek araç, Kaldırma katsayısı

1 Giriş

Günümüzde sanayileşmenin ve fosil yakıt kullanımının artması ile iklim krizi ciddi boyutlara ulaşmıştır. Araç aerodinamiği yakıt tüketimi, konforu ve yol tutuşunu doğrudan etkileyen bir faktör olduğundan literatürde bu konuyla ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Araştırmalar genel olarak, araç üzerindeki akış yapısı ve aerodinamik katsayıların incelenerek sürüklenme direncini düşürmek ve negatif kaldırma kuvvetini arttırmak üzerine yoğunlaşmıştır (Bruneau vd. [1], Lienhart ve Becker [2], Hesse ve Morgans [3], Sivaraj vd. [4], Ebrahim ve Dominy [5]). Böylece yakıt tüketimini düşürmek, aracın stabilitesini arttırmak ve aerodinamik gürültü seviyesini iyileştirmek amaçlanmaktadır. Araç arkasındaki akış ayrılmaları sürüklenme direncini arttırdığından, bu ayrılmaları geciktirmek amacıyla da girdap üreteçler kullanılmaktadır. Örneğin, Palanivendhan vd. [6], bir sedan araç üzerine eşit aralıklarla girdap üreteçleri yerleştirmiş, hücum açılarını ve üreteçlerin sayılarını farklı seçerek aerodinamik direnci

Abstract

In this study, the aerodynamic characteristics of a 1:5 scale passenger car with trapezoidal and curved wing vortex generators was investigated numerically. The vehicle design was made with the CATIA V5R21 and the ANSYS was used for the geometric, numerical solution and meshing. The air velocity was kept constant at 100 km/h and the solution of the flow field was completed with the realizabl k-ε turbulence model. Eight vortex generators at 100 mm intervals were placed 15 mm ahead of the flow separation point formed at the back of the vehicle roof. The flow structure of the vehicle with vortex generators was examined with velocity distributions, pressure distributions and aerodynamic coefficients, and compared with the results without the vortex generator. The results showed that the flow field and aerodynamic characteristics behind the vehicle were affected by the presence and structure of vortex generators. The use of the curved wing vortex generator caused a 2.87% reduction in the drag coefficient, while this rate was determined as 2.20%, in the model using trapezoidal wing vortex generator. The maximum increase in the lift coefficient was found in the model with the trapezoidal wing vortex generator of 3.3%.

Keywords: Vortex generators, Drag coefficient, Passenger car, Lift coefficient

azaltmayı amaçlamıştır. Analizler sonucunda sürüklenme değerlerinde %12 ile %15 arasında iyileştirme tespit edilmiştir. Beaudoin ve Aider [7], pasif akış kontrolü için Ahmed modeline girdap üreteçleri ekleyerek deneyler yapmıştır. Girdap üreteçleri aralarındaki mesafe, üreteçleri ile yüzey arasındaki açı, üreteçlerin konumu ve akış hızı gibi farklı parametrelerin etkisi belirlenmiştir. Kaldırma katsayısında ve sürüklenme direncinde sırasıyla maksimum %60 ve %12 azalma elde etmiştir. Selvi Rajan vd. [8], çalışmasında 1:10 ölçekli ahşap malzemeden üretilen farklı konumlara yerleştirilmiş iki tip girdap üretece sahip bir araç modeli kullanmıştır. Aracın tavanının ön bölümüne girdap üreteç yerleştirilmesi direnç katsayısında kayda değer bir azalmaya neden olmuş ve sürüklenme katsayısında %22 oranında düşüş elde edilmiştir. Subbiah vd. [9], farklı tiplerde girdap üreteç ve spoiler kullanılan bir binek otomobilin aerodinamik karakteristiklerini incelemiştir. Sonuçlar girdap üreteçlerin varlığının sürüklenme dirençlerini azalttığını ve bu dirençlerin vorteks üreteç

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: oseekin@uludag.edu.tr (O. Yemenici)

Geliş / Received: 12.01.2023 Kabul / Accepted: 23.03.2023 Yayımlanma / Published: 15.04.2023

doi: 10.28948/ngumuh.1232871

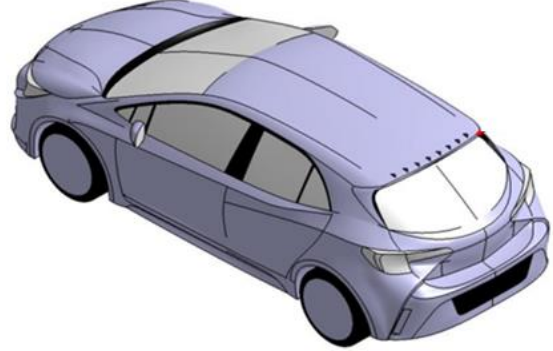
tasarımlarından etkilendiğini göstermiştir. Huminic ve Huminic [10], eliptik ve dairesel gövde altı difüzörlere sahip küt bir cismin aerodinamiğini difüzörler açısı ve uzunluğu etkisinde incelemiş ve elde edilen sonuçlar düz gözde altı difüzörü için elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır. Kavisli difüzörlerin kullanılması yere basma kuvvetinde %20 artışa neden olmuş ve bu difüzörler düzlem difüzörlere göre daha düşük sürüklenme değerlerine yol açmıştır. Aider vd. [11], Ahmed modelinin arka bölümünde bulunan farklı yerlerdeki kanatçıkların tesirini farklı serbest akış hızlarında incelemiştir. Kanatçıkların aracın arka eğiminin üst kısmına ve yan kenarlarına yerleştirilmesi sürüklenme kuvvetinde sırasıyla maksimum %15 ve %17.6 azalmaya neden olmuştur. Sonuçlar uygun düzenlemelerle kaldırma ve sürüklenme katsayılarında sırası ile %107 ve %25 değerinde azalma sağlanabileceğini göstermiştir. Verma vd. [12], dudak biçiminde rüzgârlığa sahip bir binek araç üzerinden akışta rüzgârlık açısı ve yüksekliğinin sürüklenme ve kaldırma kuvvetleri üzerine etkisini incelemiştir. Sonuçlar sürüklenme kuvvetinin rüzgârlık açısının artması ile azaldığını göstermiş ve kaldırma ve sürüklenme kuvveti için en uygun açının 6° - 10° arasında olduğunu belirtmişlerdir. Buscariolo vd. [13], 0° ve 25° eğimli gövde altı difüzörlere sahip bir Ahmed modeli için yere basma kuvvetini difüzör açısı etkisinde incelemiştir. Maksimum sürüklenme ve negatif kaldırma kuvvetleri arka üst eğim 0° ve difüzör açısı 30° olduğunda elde edilirken, 30° difüzör açılarda akış difüzörden ayrılmıştır. Koike vd. [14], akış ayrılma noktasının yukarı akışına üçgen kanat ve yumru girdap üreteçleri ekleyerek aerodinamik sürüklenmeyi azaltmayı hedeflemişlerdir. Üçgen kanat girdap üreteçleri kullanılarak yumru girdap üreteçlerine göre daha verimli sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca sürüklenme ve kaldırma katsayısında en fazla 0.006 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Gilliéron ve Kourta [15], bir araç modelinin arka ve ön tarafına çeşitli açılarda dikey ayırıcılar ekleyerek sürüklenme kuvvetini azaltmayı hedeflemişlerdir. Dikey ayırıcının sıfır eğrilik açısı ile aracın ön kısmında olduğu durumda yaklaşık %28'lik bir azalma tespit edilmiştir. Dikey ayırıcıların aracın arka kısmında olduğu zaman ise Reynolds sayısının artması ile direnç azalması artmıştır.

Bu çalışmada yamuk ve kavisli kanat girdap üreteçlere sahip 1:5 ölçeğe sahip binek bir aracın aerodinamik incelemesi nümerik olarak yapılmıştır. Girdap üreteçler binek aracın tavanın arka kısmında gerçekleşen akış ayrılma noktasının önüne yerleştirilmiş ve sonuçlar girdap üreteci kullanılmamış araç sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Hava hızı 100 km/h olarak sabit tutulmuş ve akış alanının çözümü realizabl k- ϵ türbülans modeli ile yapılmıştır.

2 Materyal ve metot

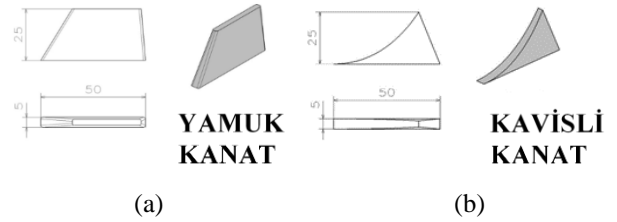
Bu çalışmada ticari bir binek aracın katı modeli CATIA V5R21 programı ile orijinal ölçüleri referans alınarak yapılmıştır. Öncelikle tel çerçeve modülündeki eğrilerle aracın genel hatları oluşturulmuş ve ardından aracın dış formları yüzey komutları ile verilerek katı modele geçilmiştir. Analizlerde aracın alt kısmı tasarım zorluğu ve bilgisayar kapasitesinin verimli kullanılması nedeniyle düz bir biçimde tasarlanmıştır. Modelin arka kısmındaki akışı

kontrol ederek aerodinamik sürüklenme direncini iyileştirmek için yamuk ve kavisli girdap üreteçler kullanılmıştır. Oluşturulan bu girdap üreteçlere sahip modelin izometrik görünüşü Şekil 1' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Girdap üreteçlere sahip modelin izometrik görünüşü

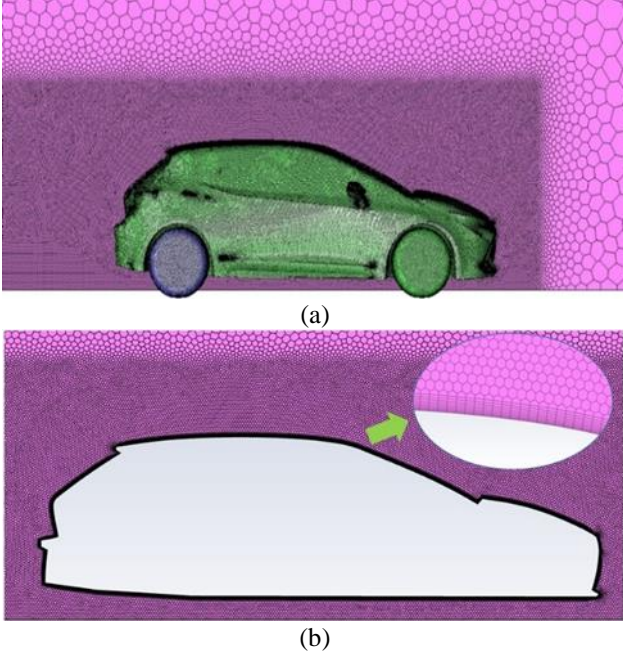
Çalışmada kullanılan yamuk ve kavisli girdap üreteçlerin ölçüleri Şekil 2 (a) ve (b)' de sırasıyla gösterilmiştir. 8 adet girdap üreteci aracın arka bölümündeki ayrılma noktasının 15 mm uzaklıktaki yukarı akımına 100 mm aralıklarla yerleştirilmiştir.



Şekil 2. (a) Yamuk ve (b) kavisli kanat girdap üreteç

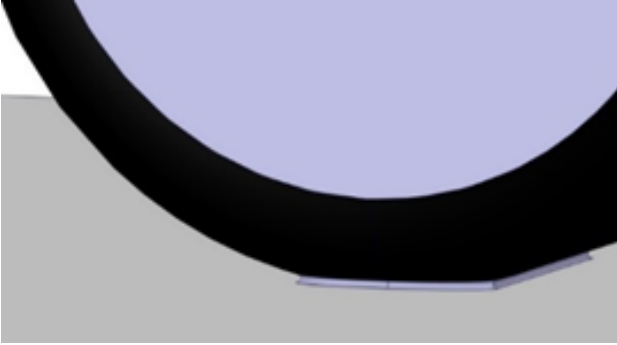
Aerodinamik analizler ANSYS FLUENT programı ile yapılmıştır. Donanımların ve çözüm sürelerinin optimum kullanımı için modelin sadece yarısının analizi yapılmıştır. Çözüm için oluşturulan akış alanının ölçüleri blokaj etkileri göz önünde tutularak seçilmelidir. Blokaj oranı modelin projeksiyon alanının test bölümünün kesit alanına oranıdır. Düşük blokaj oranı gerçek sürüş koşullarına daha yakın simülasyonlara ve test sınırlarının akışa etkisinin azalmasına neden olur. Bu çalışmada çözüm için oluşturulan akış alanının boyu 27 m, yüksekliği 6.5 m ve genişliği 6.5 m olarak seçilirken, art izi bölgesinin boyutları sırasıyla 10 m, 2 m ve 1.5 m olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu ölçülere göre çalışmadaki blokaj değeri %2.6' dır ve Arabacı [16] tarafından blokaj oranı için verilen maksimum %7.5 değerinden azdır.

Şekil 3 (a) ve (b)' de çözüm alanı ağ yapısı detayları verilmiştir. Akış alanında art izi ve katı yüzey etrafındaki bölgelerdeki ağın oluşturulması doğru modellenme için çok önemli olduğundan, araç etrafındaki ve art izi bölgesinde hacim kaynağı ile hücre sayısı arttırılmıştır. Tekerlekler, tekerleklerle yerin birleştiği ve araç gövdesinde de hücre sayıları arttırılmıştır. Analizlerin doğruluğunu arttırmak için duvara yakın bölgede sınır tabaka katmanları kullanılmıştır.



Şekil 3. Akış alanı ağ yapısı

Yer ile tekerleklerin temas ettiği alandaki ağı iyileştirmek için bu bölge Şekil 4' te gösterildiği gibi revize edilmiştir.



Şekil 4. Tekerleğin yer ile temas ettiği bölge

Analizlerde kullanılan ağ yapısı 3464701 karışık hücre ve 12442656 yüzeyden oluşmaktadır ve oluşturulan bu ağ yoğunlukla poligonal hücrelerden oluşmaktadır. Çalışmada oluşturulan ağın minimum ortogonal kalitesi ve çarpıklık oranı sırasıyla 0.31 ve 0.71 olarak elde edilmiş ve bu oranlar Arabacı [16] tarafından verilen değerlere göre iyi seviyededir. Havanın giriş hızı ve türbülans yoğunluğu sırasıyla 100 km/h ve %15 olarak seçilirken, çıkış atmosferik ortam olarak ele alınmıştır. Aracın gövdesi hareketsiz kabul edilirken, tekerlekleri dönel hareketli ve zemin öteleme hareketli sınır şartı olarak tanımlanmıştır.

Sıkıştırılamaz, sürekli bir akış alanının çözümü için süreklilik ve momentum denklemleri Denklem (1) ve (2)' de sırasıyla verilmiştir.

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial u_i u_j}{x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) + \rho \frac{\partial}{\partial x_j} (-\overline{u'_i u'_j}) \quad (2)$$

Burada $-\overline{u'_i u'_j}$ terimi Reynolds gerilmesini ifade etmektedir. Deneysel sonuçlara yakın sonuçlar verdiği için araç dışı aerodinamik akışların modellenmesinde sıklıkla yararlanılan realizable k-ε türbülans modeli ile analizler yapılmıştır. Çalışmada standart duvar koşulları kullanılmış ve yakınsama kriteri 1×10^{-6} olarak alınmıştır.

Ayrıca sayısal çözümde bağlaşıklık çözüm şeması ve ikinci dereceden ayrıklaştırma yöntemi kullanılmıştır. k ve ε sırasıyla türbülans kinetik enerji ve yayılım ifade etmektedir ve transport denklemleri Denklem (3) ve (4)' te verilmiştir.

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \rho \frac{\partial}{\partial x_i} (k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k + P_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \epsilon) + \rho \frac{\partial}{\partial x_i} (\epsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S_\epsilon - \rho C_2 \frac{\epsilon^2}{k + \sqrt{\nu \epsilon}} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon^2}{k} C_{3\epsilon} P_b + S_\epsilon \quad (4)$$

Burada P_k ve P_b sırasıyla hız gradyanları ve kaldırma kuvvetinden kaynaklanan türbülans kinetik enerji üretimi iken, türbülansın tüm yayılma hızına oranı Y_M ile ifade edilmiştir. Ayrıca $C_1 = \max \left[0.43, \frac{\eta}{\eta + 5} \right]$, $\eta = S \frac{k}{\epsilon}$, $S = \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}}$ and $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right)$ ile tanımlanır ve $C_{1\epsilon}$, $C_{2\epsilon}$, σ_k ve σ_ϵ değerleri sırasıyla 1.44; 1.9; 1.0 ve 1.2'dir.

Sürüklenme ve kaldırma katsayıları sırasıyla Denklem (5) ve (6) ile hesaplanmaktadır.

$$C_d = F_d / (0.5 \rho U_\infty^2 A) \quad (5)$$

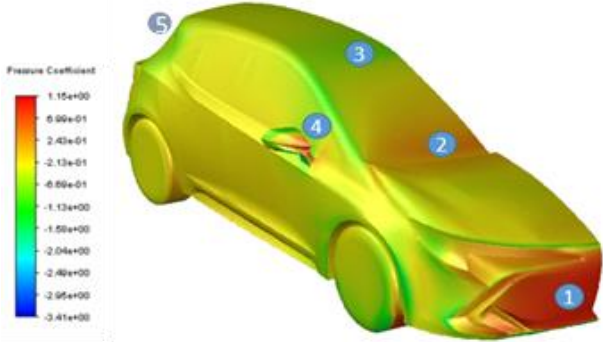
$$C_l = F_l / (0.5 \rho U_\infty^2 A) \quad (6)$$

Bu eşitliklerde ρ akışkanın yoğunluğu, U_∞ serbest akış hızı, A aracın hava akışına dik kesit alanı, F_d sürüklenme kuvveti ve F_l kaldırma kuvvetidir.

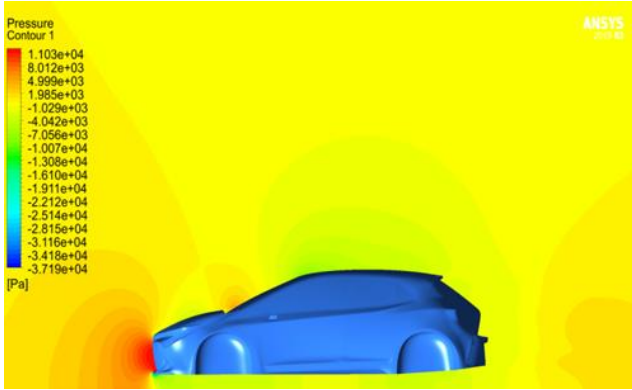
3 Bulgular ve tartışma

Bu bölümde girdap üretici kullanılan ve kullanılmayan modellerin etrafındaki akış alanı hız dağılımları, basınç dağılımları ve aerodinamik katsayılar ile incelenmiştir. Araç etrafındaki akışın yapısını daha iyi tanımlamak için modelin hem simetri hem de $z=0.5h$ -xy düzlemindeki görselleri elde edilmiştir. Tüm analizler %5 türbülans yoğunluğu ve 100 km/s akış hızı için yapılmıştır. Şekil 5' de girdap üreticisiz araç üzerindeki basınç değişiminin izometrik görünümü verilmiştir. Aracın ön kısmında ızgaraların olduğu bölge (1) ve dikiz aynasının ön kısmı (4) durma noktasıdır. Bu bölgelerde yüksek pozitif basınçlar elde edilmiştir. Kaputun ön tarafından sileceklere kadar olan kısımda (2) de tekrar bir basınç artışı tespit edilmiştir. Tavanın ön tarafında (3) ise negatif basınç değerleri elde edilmiş ve tavanın arka tarafına

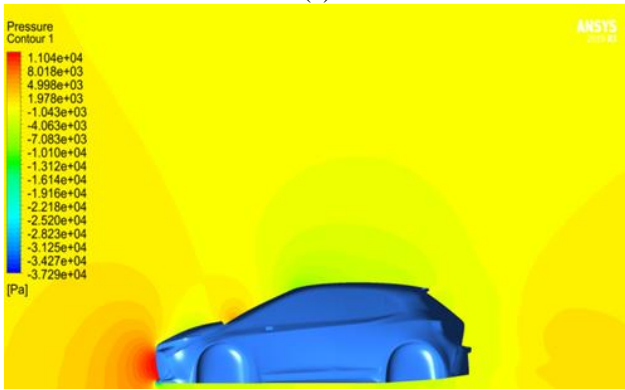
doğru basınç tekrar artmıştır. Aracın arka tarafına (5) ilerlenmesi ile basıncın arttığı, aracın arka bölgelerinin ise negatif basıncın etkisinde olduğu görülmektedir. Aracın arka ve ön tarafındaki bu basınç değişimleri Ebrahim ve Dominy [5]' nin araştırmasında elde edilen dağılımlarla uyumludur.



Şekil 5. Girdap üreteç kullanılmayan model üzerindeki basınç katsayısı dağılımı



(a)



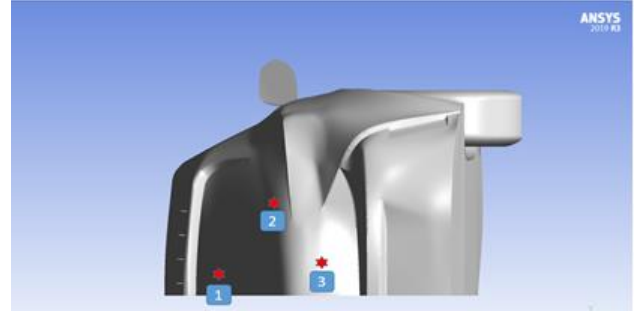
(b)

Şekil 6. (a) Yamuk ve (b) kavisli girdap üreteci kullanılan modelin simetri düzlemindeki basınç dağılımı

Şekil 6'da yamuk ve kavisli girdap üreteç kullanılması halinde simetri düzleminde elde edilen basınç dağılımı verilmiştir. Her iki modelin de ön kısmında pozitif basınç değerleri elde edilirken, yan ve arka kısımlarında negatif basınç değerleri izlenmiştir. Ön kaputun başladığı bölgede lokal negatif tepe basınç değerine ulaşılırken, bu bölgeden sileceklere kadar olan kısımda basınç artmıştır.

Sileceklerden tavanın ön kısmına kadar olan bölgede negatif basınç değerleri elde edilmiştir. Tavanın ön kısmında basınç minimum değerine ulaşmış ve aracın arka kısmının negatif basıncın etkisinde olduğu görülmüştür. Arka bölgedeki negatif basınçlar art izi bölgesindeki ters akış ve ayrılmalardan kaynaklanmaktadır.

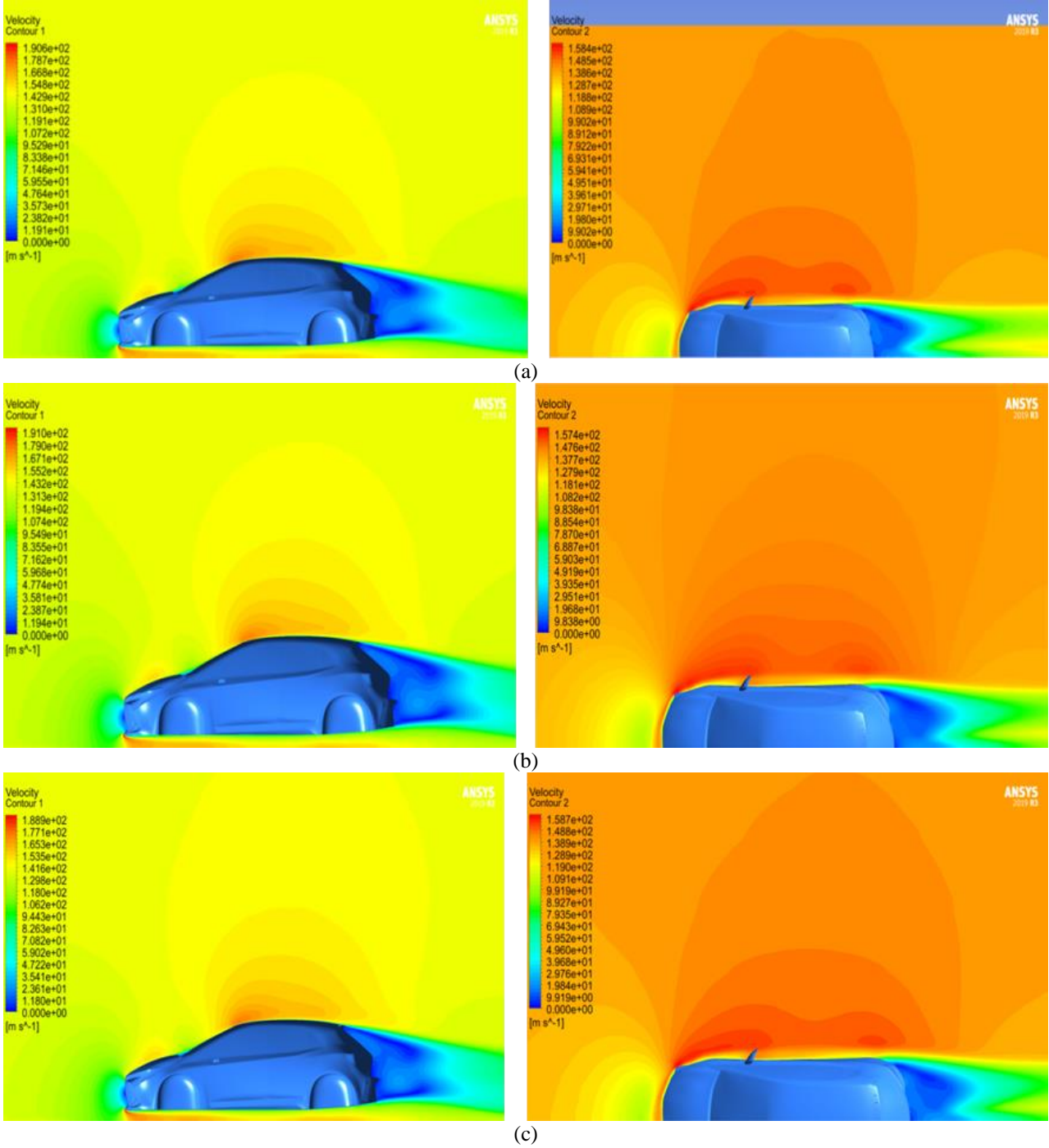
Girdap üreteçsiz model ile girdap üreteçli modellerin basınç dağılımları benzerlik gösterirken, bu modellerin arka bölgesindeki basınç değerleri Şekil 7'de gösterildiği gibi belirlenen noktalarla detaylandırılmıştır. Girdap üreteçlerinin varlığı aracın arka kısmındaki basınç değerlerinin artmasına neden olmuştur. Bu artış aracın ön ve arkasındaki basınç farkının azalmasına ve dolayısıyla aracın sürüklenme katsayısı değerlerinde iyileştirmelere neden olmuştur. En yüksek negatif basınç değeri -2470.19 Pa olarak girdap üreteç kullanılmayan modelin 2. noktasında elde edilirken, en düşük negatif basınç değeri yamuk girdap üreteçli araç modelinin 3. noktasında -1381.08 Pa olarak tespit edilmiştir. Minimum basınç artışı kavisli kanat girdap üreteçli modelin 3. noktasında %3.93 olarak elde edilmiştir.



Şekil 7. Modellerin arka kısmında belirlenen noktalar

Şekil 8 (a-c)'de girdap üreteçsiz, yamuk girdap üreteçli ve kavisli girdap üreteçli modellerin $z=0.5h-xy$ ve simetri eksenindeki hız konturleri sırasıyla gösterilmiştir. Tüm modellerde ızgaralıkların bulunduğu ön kısım durma noktası olduğu için bu bölgelerde düşük hız değerleri elde edilmiştir. Kaputun merkezinde akış hızlanmış ve en yüksek hız tavanın ön kısmında elde edilmiştir. Aracın yan tarafında serbest akış hız verilerinin üstünde hız değerleri elde edilmiştir. Aracın arka kısmında art izi bölgesi olarak adlandırılan bölgede elde edilen düşük hız değerleri bu bölgede oluşan akış ayrılması ve yeniden birleşme bölgeleri ile açıklanabilir. Bu sonuçlar basınç ve hız dağılımları sonuçlarının birbiriyle uyum içinde olduğunu göstermektedir.

Şekil 9 (a-c)'de girdap üretecin kullanılmadığı, yamuk ve kavisli girdap üreteçli araç modellerinin simetri eksenindeki hız vektörleri gösterilmiştir. Hava tüm modellerde aracın önüne çarpar ve akış çizgileri aracın orta düzlemi boyunca yüzey geometrisi ile değişir. Aracın ön kısmında basıncın yüksek olmasından dolayı akış çizgileri yüzeyden ayrılmıştır. Havanın çarptığı ön cam ile üst tavanının kesiştiği yerde ve ön tamponunun alt kenarında yüksek hızlar tespit edilmiştir. Aracın arka tarafında da akış çizgileri yüzeye tutunamamış ve akış ayrılması meydana gelmiştir. Bu ayrılma bölgesinde girdaplar oluşmuş ve bu girdap hareketleri aracın art izi bölgesinde geniş bir dolaşım bölgesi oluşturmuştur. Bu girdapların varlığı düşük hızlara neden

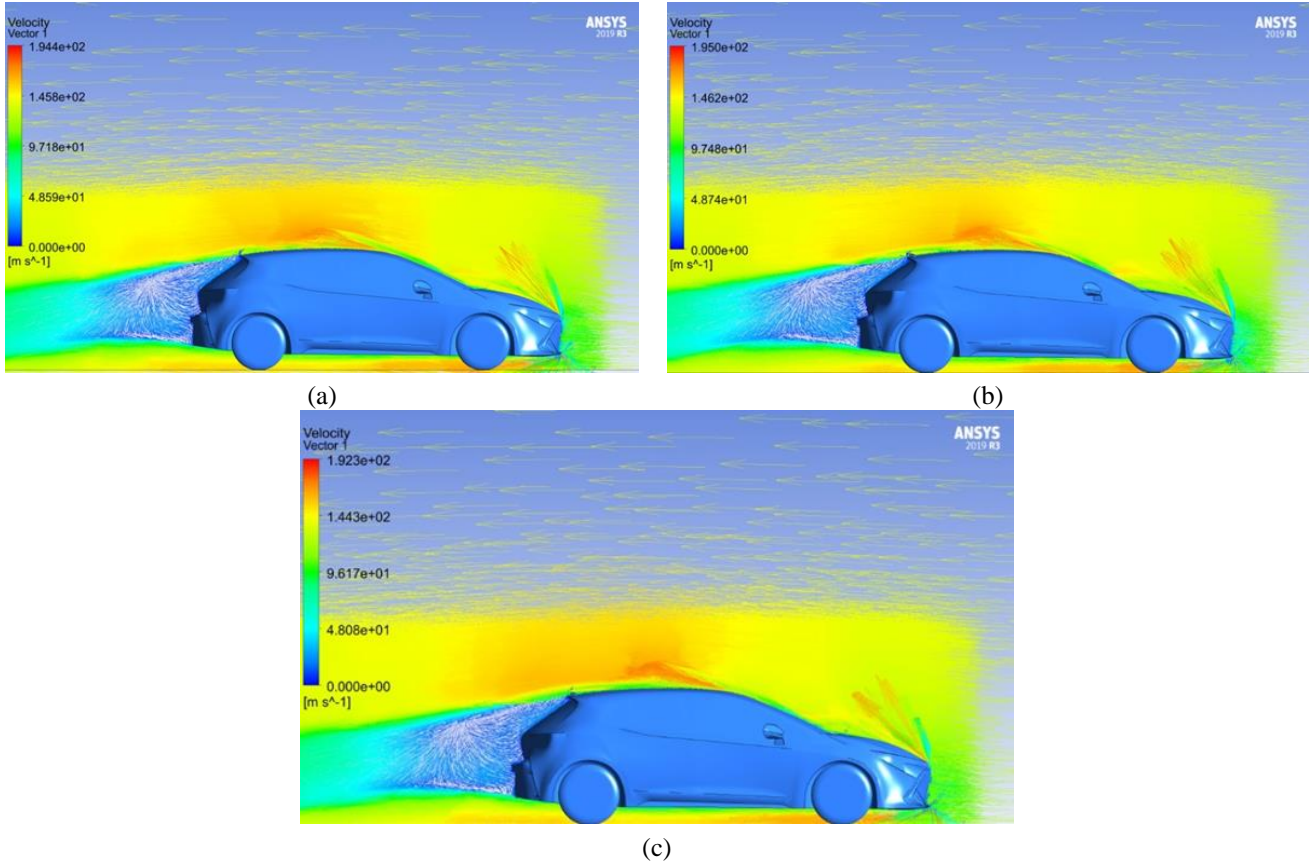


Şekil 8. (a) Girdap üretçisiz, (b) yamuk girdap üretci ve (c) kavisli girdap üretci kullanılan modelin simetri ve $z = 0,5h$ -xy düzlemindeki hız konturleri

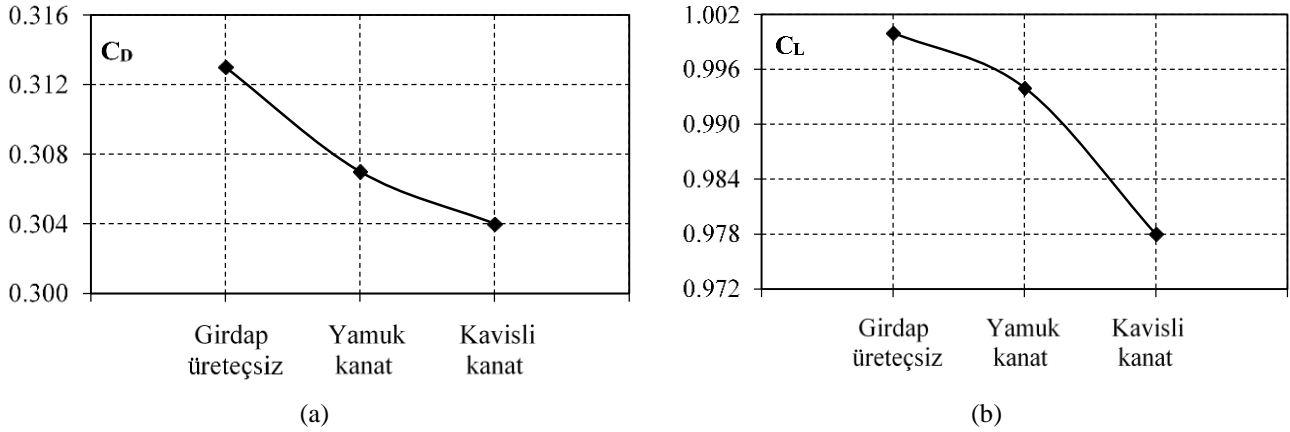
olmuş ve girdaplardan uzaklaştıkça hız değerleri artmıştır. Aracın art izi bölgesindeki akış çizgilerinin yapısı ve büyüklükleri girdap üretçilerinin geometrisine bağlı olarak değişmiştir. Minimum ve maksimum dolaşım bölgesi uzunlukları sırasıyla kavisli kanat girdap üretçili ve girdap üretçisiz modelde tespit edilmiştir.

Şekil 10 (a) ve (b)'de tüm modeller için sürüklenme ve kaldırma katsayıları sırasıyla verilmiştir. Girdap üretci kullanılmış modellerin hem sürüklenme hem de kaldırma katsayıları girdap üretci kullanılmamış modellere göre daha

düşük çıkmıştır. Minimum sürüklenme ve kaldırma katsayısı kavisli kanat girdap üretcinin kullanıldığı modelde tespit edilmiştir ve girdap kullanılmamış modele göre sırasıyla %2.96 ve %2.14 oranında bir iyileştirme elde edilmiştir. Yamuk kanat girdap üretci kullanılan modelde ise girdap üretçisiz model göre sürüklenme ve kaldırma katsayısında sırasıyla %1.95 ve %0.6'lık bir azalma sağlanmıştır. Ayrıca araç üzerinde oluşan sürüklenme kuvvetinin %89.9 oranındaki kısmının basınç kaynaklı kuvvetlerden oluştuğu belirlenmiştir.



Şekil 9. (a) Girdap üreticinin kullanılmadığı, (b) yamuk ve (c) kavisli girdap üreticili modellerin simetri eksenindeki hız vektörleri



Şekil 10. Çalışmada kullanılan tüm modellerin (a) sürüklenme ve (b) kaldırma katsayıları

4 Sonuçlar

Bu çalışmada yamuk ve kavisli girdap üretice sahip 1:5 ölçekli binek araç modellerinin aerodinamik karakteristikleri sayısal olarak incelenmiş ve sonuçlar girdap üretici kullanılmayan model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

- Araç etrafındaki akış alanının yapısı ve aerodinamik karakteristikler girdap üreticilerinin varlığından ve geometrisinden etkilenmiştir.

- Araç modelleri üzerinde en yüksek pozitif basınçlar ön kısımda ızgaraların olduğu bölge ve dikiz aynasının önünde elde edilirken, araçların arka tarafları negatif basıncın etkisindedir.
- Tüm modellerde ızgaralıkların bulunduğu ön kısımda ve aracın arka kısmındaki art izi bölgesinde düşük hız değerleri elde edilmiştir. Araçların arka tarafında meydana gelen ayrılma bölgesinde girdaplar oluşmuş ve bu girdap hareketleri aracın art izi bölgesinde geniş bir dolaşım bölgesi oluşturmuştur. Kavisli kanat

girdap üreticisine sahip model üzerinden akışta minimum dolaşım bölgesi uzunluğu elde edilirken, girdap üreticisiz modelde minimum uzunluk tespit edilmiştir.

- Kavisli ve yamuk kanat girdap üreticinin kullanıldığı modelde sürüklenme katsayısında girdap kullanılmamış modele göre sırasıyla %2.96 ve %1.95 oranında bir iyileşme elde edilmiştir.
- Kaldırma katsayısında kavisli ve yamuk kanat girdap üreticisi kullanılan modelde girdap üreticisiz modele göre sırasıyla %2.14 ve %0.6'lık bir azalma sağlanmıştır.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): %9

Kaynaklar

- [1] C. H. Bruneau, E. Creusé, P. Gilliéron and I. Mortazavi, Effect of the vortex dynamics on the drag coefficient of a square back Ahmed body: Application to the flow control. *European Journal of Mechanics, B/Fluids*, 45, 1–11, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.euromechflu.2013.11.003>.
- [2] H. Lienhart and S. Becker, Flow and turbulence structure in the wake of a simplified car model. *Journal of Passenger Car: Mechanical Systems Journal*, 112, 785-796, 2013. <https://about.jstor.org/terms>.
- [3] F. Hesse and A. S. Morgans, Simulation of wake bimodality behind squareback bluff-bodies using LES. *Computers and Fluids*, 223, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2021.104901>.
- [4] G. Sivaraj, K. Parammasivam, M. Prasath, P. Vadivelu and D. Lakshmanan, Flow analysis of rear end body shape of the vehicle for better aerodynamic performance. *Materials Today: Proceedings*, 47, 2175-2181, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.521>.
- [5] H. Ebrahim and R. Dominy, Wake and surface pressure analysis of vehicles in platoon. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 201, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104144>.
- [6] M. Palanivendhan, J. Chandradass, P. K. Banaravuri, J. Philip and K. Shubham, Aerodynamic simulation of optimized vortex generators and rear spoiler for performance vehicles. *Materials Today: Proceedings*, 45, 7228–7238, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.537>.
- [7] J. F. Beaudoin and J. L. Aider, Drag and lift reduction of a 3D bluff body using flaps. *Experiments in Fluids*, 44, 491–501, 2008. <https://doi.org/10.1007/s00348-007-0392-1>.
- [8] S. Selvi Rajan, P. Harikrishna, S. Senthilkumar and K. M. Parammasivam. Aerodynamic drag reduction on a sedan car by provision of vortex generators through wind tunnel studies. *Conference: National Conference on wind tunnel testing*, pp. 1-7, Thiruvananthapuram, 2013.
- [9] G. Subbiah, A. S. Allaudeen, H. Janarthanam, P. Mani, S. Gnanamani, K. S. S. Raja and T. A. Raja, Computational investigation and design optimization of vortex generator for a sport utility vehicle using CFD. *AIP Conference Proceedings*, 2311, Fame, 2020.
- [10] A. Huminic and G. Huminic, G., Aerodynamics of curved underbody diffusers using CFD. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 205, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104300>.
- [11] J.-L. Aider, J.-F. Beaudoin, J. Eduardo Wesfreid and J. Eduardo. Drag and lift reduction of a 3D bluff-body using active vortex generators. *Experiments in Fluids*, 5, 771–789, 2010. Doi: [10.1007/S00348-009-0770-Y](https://doi.org/10.1007/S00348-009-0770-Y)
- [12] R. P. Verma, N. Kumar Chaudhary and S. Avikal, Effect of direction of lip spoiler on the aerodynamic performance of a small passenger vehicle. *Materials Today: Proceedings*, 46, 10301-10305, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.448>
- [13] F. F. Buscariolo, G. R. S. Assi and S. J. Sherwin, Computational study on an Ahmed Body equipped with simplified underbody diffuser. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 209, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104411>
- [14] M. Koike, T. Nagayoshi and N. Hamamoto, Research on aerodynamic drag reduction by vortex generators, *Mitsubishi Motors Technical Review*, No: 16 N., 2004.
- [15] P. Gilliéron and A. Kourta, Aerodynamic drag reduction by vertical splitter plates. *Experiments in Fluids*, 48(1), 1–16, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00348-009-0705-7>
- [16] S. Arabacı, Canlılardan esinlenerek kara taşıtlarının aerodinamik tasarımlarının iyileştirilmesi. *Doktora Tezi*, Celal Bayar Üniversitesi, Türkiye, 2016.

