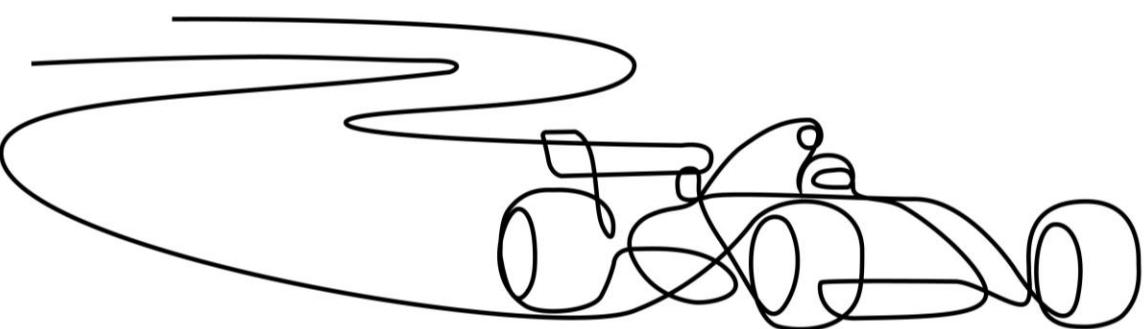


LITERATÜR TARAMASI



KONU TANITIMI:

- F1 araçları, maksimum hıza ve yol tutuşuna ulaşabilmek için havayı özel biçimlerde yönlendirecek şekilde tasarılanır. Ancak bu aerodinamik tasarımlar aracı hızlandırırken arkasından gelen rakip araçlar için türbülanslı ve düşük enerjili bir hava akımı yani “kirli hava (dirty air)” oluşturmaktadır. Bu durum, takip eden aracın yere basma kuvvetini (downforce) azaltarak geçiş yapmasını zorlaştırır ve yarışların rekabet seviyesini düşürür. Bu projede; Formula 1 araçlarında performans artışı sağlamak amacıyla kullanılan aerodinamik tasarımların, yarışabilirlik üzerindeki olumsuz etkileri incelenmektedir. Ayrıca FIA tarafından yapılan teknik düzenlemelere rağmen bu sorunun neden hâlâ çözülemediğini araştırılmaktadır.

KONUNUN ÖNEMİ:

- Formula 1'de aerodinamik tasarımların yalnızca performansı değil, yarışların adilliğini ve rekabet seviyesini de etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Dirty air problemi, günümüzde hala çözülememiş önemli bir mühendislik sorunudur. Bu araştırma, yarışta “daha hızlı olmak” ile “yarışılabilirliği korumak” arasındaki çelişkiyi ortaya koyması açısından önemlidir.

TEMEL KAVRAMLAR:

1. Aerodinamik

Aracın havayla etkileşimiini inceleyen ve hız ile yere basma kuvvetini artırmayı amaçlayan mühendislik dalı.

2. Outwash (Hava Dışa Akışı)

Ön kanat aracılığıyla havanın tekerleklerden ve aracın yanından dışarı yönlendirilmesi.

3. Dirty Air (Kirli Hava)

Öndeki aracın arkasında bıraktığı turbülanslı, düşük enerjili hava akımı.

4. Downforce (Yere Basma Kuvveti)

Aracın havanın etkisiyle yola bastırılmasını sağlayan kuvvet; artarsa virajlarda hızlanmayı kolaylaştırır.

5. Slipstream (Hava Koridoru)

Öndeki aracın arkasında oluşan düşük dirençli hava boşluğu, takip eden aracın hız kazanmasını sağlar.

6. Bencil Tasarım (Selfish Design)

Aracın kendi performansını artırırken, arkadaki aracın performansını kasıtlı veya dolaylı olarak düşüren tasarım yaklaşımı.

7. Regülasyon (Kurallar / Yasaklar)

FIA tarafından araçların tasarım ve aerodinamik sınırlarını belirleyen teknik kurallar.

8. Yer Etkisi (Ground Effect)

Aracın altındaki hava akışının, aracı yola bastırarak yere basma kuvvetini artırması.

9. CFD Simülasyonu

Akışkanların hareketini yöneten fizik denklemlerinin bilgisayar ortamında çözüлerek hava akışının analiz edilmesini sağlayan sayısal bir yöntemdir.

10. Wake Koşulları

Bir aracın arkasında oluşan türbülanslı ve düşük enerjili hava akımı içerisinde başka bir aracın hareket etmesi durumudur.

11. Lateral Offset

F1 aracındaki bir bileşenin araç merkez hattına göre sağa veya sola olan yatay mesafesidir.

DEĞİŞKENLER:

Bağımlı Değişkenler

- Dirty air etkisi
- Geçiş zorluğu / yarışabilirlik
- Downforce miktarı
- Slipstream avantajı

Bağımsız Değişkenler

- Ön kanat tasarımı / kanat uçları (Endplates)
- Arka kanat tasarımı
- Araç hızı ve opsiyonu
- Regülasyon sınırlamaları

-LİTERATÜR TARAMASI 1-



Aerodynamic Study of the Wake Effects on a Formula 1 Car (A. Guerrero & R. Castilla – Energies 2020)

- Bu çalışma, bir F1 aracının aerodinamik performansını hem temiz hava koşullarında hem de başka bir aracın oluşturduğu wake akımında CFD simülasyonlarıyla değerlendirmiştir.
- Modern F1 araçları temiz hava akışında yüksek performans sağlarken, wake koşullarında downforce kaybı %23 ile %62 arasında değişerek takip eden aracın performansını ciddi şekilde düşürür.



Dikkat Çeken Bulgular:

- ✓ Downforce kaybı, takip eden aracın öne binen akışın türbülansına girdiğinde dramatik biçimde artıyor.
- ✓ Öndeki araca yakın takip oldukça olumsuz etkiler yaratıyor ve diffuser gibi kritik aerodinamik parçaların katkısı bu durumda neredeyse yok oluyor.
- ✓ Motor sporlarında düzenleme değişiklerinin (“2022 regülasyonları”) aerodinamik gerekçelerle haklı olduğu simülasyonla gösteriliyor.



-LİTERATÜR TARAMASI 2-



The Influence of Front Wing Pressure Distribution on Wheel Wake Aerodynamics of a F1 Car (D. Martins, J. Correia & A. Silva – Energies 2021)

- Bu makale, ön kanadın basınç dağılımının tekerlek arkasındaki wake akımı ve aerodinamik etkileşim üzerindeki etkisini üç boyutlu CFD simülasyonlarıyla incelemiştir.
- Ön kanattaki basınç dağılımı değişiklikleri, tekerlek ve wake bölgesindeki hava akışını ciddi şekilde değiştirerek wake yapısını ve aerodinamik kuvvetleri doğrudan etkiler.



Dikkat Çeken Bulgular:

- ✓ Kanat basınç dağılımı, vortex yapısını ve türbülansın tekerlek çevresindeki yayılımını değiştiriyor.
- ✓ Farklı kanat flap açılarıyla vortex güçleri, wake özellikleri ve aerodinamik yükler arasında önemli farklar ortaya çıkıyor.
- ✓ Bu çalışma, özellikle 2022 regülasyonları sonrası aerodinamik etkileşimleri modellemek için önemli bir referans sunuyor.

-LİTERATÜR TARAMASI 3-



Experimental Analysis of Formula 1 Cars Moving Under Wake Conditions (N. Menon – International Journal of Innovative Science and Research Technology 2025)

- Bu deneysel çalışma, ölçekli bir F1 modeli kullanılarak rüzgar tünelinde wake koşullarının downforce üzerindeki etkisini ölçmüştür.
- Wake turbülansı, takip eden aracın downforce'unu ölçülebilir biçimde (ör. ~%53 oranında) azaltır; bu etki mesafe ve offset'e bağlıdır.



Dikkat Çeken Bulgular:

- ✓ Wake ile takip eden araç arasında mesafe kısa olduğunda downforce kaybı dramatik biçimde artar.
- ✓ Lateral ofset arttıkça bu kayıp kısmen iyileşir, bu da yan yana geçişlerde aerodinamiğin önemini gösterir.
- ✓ Bu tür deneysel veriler, teorik CFD çalışmalarıyla birlikte aerodinamik problemlerin gerçek etkisini doğrular.



ARAŞTIRMA BOŞLUĞU

- Literatürde Formula 1 araçlarında kirli hava (dirty air) ve wake etkisi, ağırlıklı olarak CFD simülasyonları ve rüzgâr tüneli deneyleri ile analiz edilmiştir. Bu çalışmalar, takip eden aracın downforce kaybını sayısal olarak ortaya koymakta başarılıdır. Ancak bu teknik veriler, özellikle eğitimsel ve kavramsal düzeyde, aerodinamik tasarım ile yarışabilirlik arasındaki ilişkiyi açık ve anlaşılır biçimde göstermekte yetersiz kalmaktadır.
- Ayrıca mevcut literatür, genellikle tek bir araç üzerinden aerodinamik performansa odaklanmakta; araçların birbirleri üzerindeki etkileşimlerini etik ve stratejik bir çerçevede (“bencil tasarım” yaklaşımı) tartışmamaktadır. FIA regülasyonlarının uygulanmasına rağmen kirli hava probleminin devam etmesi, bu konunun sadece teknik değil aynı zamanda kavramsal bir sorun olduğunu göstermektedir.

ARAŞTIRMA SORULARI

Soru 1: Formula 1 araçlarında performans artışı amacıyla kullanılan aerodinamik tasarımlar, arkadan gelen araçlar üzerinde nasıl bir kirli hava (dirty air) etkisi oluşturmaktadır?

Soru 2 : Ön kanat ve arka kanat tasarımlarının oluşturduğu outwash etkisi, takip eden aracın yere basma kuvvetini (downforce) hangi mekanizmalarla azaltmaktadır?

Soru 3 : Wake koşulları altında hareket eden bir Formula 1 aracının aerodinamik performansı, temiz hava koşullarına kıyasla nasıl değişmektedir?

Soru 4 : FIA'nın 2022 sonrası teknik regülasyonları kirli hava problemini azaltmada ne ölçüde etkili olmuştur?

Soru 5 : Takımların aerodinamik tasarımlarında “bencil tasarım” yaklaşımı, yarışabilirlik ve adil rekabet açısından nasıl sonuçlar doğurmaktadır?

**Dinlediğiniz için teşekkürler.
Hazırlayan : Z. Esin Yazıcı**

KAYNAKÇA

- [1] A. Guerrero and R. Castilla, "Aerodynamic study of the wake effects on a Formula 1 car," *Energies*, vol. 13, no. 19, 2020. [Online]. Available: [\[https://www.mdpi.com/1996-1073/13/19/5183\]](https://www.mdpi.com/1996-1073/13/19/5183)(<https://www.mdpi.com/1996-1073/13/19/5183>)
- [2] N. Menon, "Experimental analysis of Formula 1 cars moving under wake conditions," *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.* , vol. 10, no. 7, 2025. [Online]. Available:
[\[https://www.ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT25JUL932.pdf\]](https://www.ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT25JUL932.pdf)(<https://www.ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT25JUL932.pdf>)
- [3] D. Martins, J. Correia, and A. Silva, "The influence of front wing pressure distribution on wheel wake aerodynamics of a F1 car," *Energies*, vol. 14, no. 15, 2021. [Online]. Available:
[\[https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4v5rOPr7/\]](https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4v5rOPr7/)(<https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4v5rOPr7/>)
- [4] W. Toet, "Aerodynamics and aerodynamic research in Formula 1," *The Aeronautical Journal*, vol. 117, no. 1187, 2013. [Online]. Available: [\[https://www.cambridge.org/core/journals/aeronautical-journal/article/aerodynamics-and-aerodynamic-research-in-formula-1/28EC86A06970952DDCB17A3A670CAC90\]](https://www.cambridge.org/core/journals/aeronautical-journal/article/aerodynamics-and-aerodynamic-research-in-formula-1/28EC86A06970952DDCB17A3A670CAC90)(<https://www.cambridge.org/core/journals/aeronautical-journal/article/aerodynamics-and-aerodynamic-research-in-formula-1/28EC86A06970952DDCB17A3A670CAC90>)
- [5] D. Wong, "The state-of-art aerodynamic designs on the open wheel race cars," *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 2025. [Online]. Available:
[\[https://drpress.org/ojs/index.php/HSET/article/view/1339\]](https://drpress.org/ojs/index.php/HSET/article/view/1339)(<https://drpress.org/ojs/index.php/HSET/article/view/1339>)