



Yarış Bisikletlerinde Kullanılan Komponentlerin Aerodinamik Açından İncelemesi (Yol Bisikleti Aerodinamiği)

Onur ÖZTÜRK¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi. <https://orcid.org/0000-0002-7630-6861>

To cite this article/ Atf için:

Öztürk, O. (2021). Yarış bisikletlerinde kullanılan komponentlerin aerodinamik açıdan incelemesi (yol bisikleti aerodinamiği). *Uluslararası Bozok Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 169-176.

Özet

Bisiklet sporuna bakıldığında, bisikletçilerin kendi arasındaki fiziksel ve psikolojik mücadelelerinin yanında aynı zamanda kullandıkları ekipmanları ve bu ekipmanların bisikletçinin duruş pozisyonlarının iyileştirilmesiyle, bisikletle bütünleşerek yarışlarda rüzgar direncinin minimum düzeye indirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada yöntem olarak ilgili literatür ışığında, bisiklet sporcularının yol bisikleti yarışı içerisinde kullandıkları ekipmanlar ve kullanılan bu ekipmanların aerodinamik olarak mümkün olan en optimize şekilde rüzgar direncini nasıl azalttığı üzerinde yapılmış çalışmalar incelenerek derleme bir çalışma ortaya koyulmuştur. Özellikle bisikletin en prestijli yarışlarından kabul edilen üç büyük Grand Tour, Olimpiyat Oyunları ve Dünya Şampiyonası gibi müsabakalarda büyük hızlara çıkılması sporunun aerodinamik açıdan mümkün olduğunca az dirence sahip olan bisiklet ve ekipmanların kullanılmasını bir zorunluluk haline getirmiştir. Bu açıdan yarışçılara yol göstermesi için hangi iyileştirmelerin yapılması gerektiği noktasında bu çalışma oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Bisiklet, Aerodinamik, Ekipman

Aerodynamic Investigation of Components Used in Racing Bicycles

Abstract

When we look at the cycling sport, besides the physical and psychological struggles of the cyclists, it is necessary to minimize the wind resistance in the races by integrating with the bike, by improving the equipment they use and the cyclist's posture positions at the same time. In this study, in the light of the relevant literature as a method, a compilation study has been revealed by examining the equipment used by cyclists in road bike races and how these equipments reduce wind resistance in the most optimized way possible aerodynamically. Especially in competitions such as the three big Grand Tours, the Olympic Games and the World Championships, which are considered to be the most prestigious races of the bicycle, it has become a necessity for the athlete to use bicycles and equipment with as little aerodynamic resistance as possible. In this respect, this study was created at the point of what improvements should be made in order to guide the racers.

Keywords: Cycle, Aerodynamic, Equipment

GİRİŞ

Bisiklet sporunda aerodinamik her zaman bisikletçilerin ve üreticilerin dikkat ettikleri bir nokta olmuştur. Aerodinamik teknolojisinin kurulması ve uygulanması ile birlikte bisiklet performansı üzerinde kritik olmaya başladı (Barry, 2018).

Dünyanın en prestijli yarışı olarak kabul edilen Fransa Bisiklet Turu 1989 yılındaki yarışta Birleşik Amerikalı bisikletçi Greg Lemond'un en yakın rakibinden farklı olarak kulanmış olduğu aerodinamik özelliğe sahip olan Triathlon Bars (saate karşı bisikleti gidonu) ve disk (saate karşı jant) tekerlek sayesinde en yakın rakibinin etaplı Fransa Bisiklet Turunda geride olmasına rağmen bisikletinde oluşturduğu avantaj sayesinde rakibinin önünde Tur'u kazanmış oldu (Tew ve Sayers, 1999). Yine bir başka Fransa Bisiklet Turunda bir çok etaplar kazanmış bisikletçi olan Chris Boardman'a bakıldığında, Bisiklet yarışlarında aerodinamiğin önemi, aerodinamik açıdan optimize edilmiş, 1992 Olimpiyatlarında "Lotus" markasına ait olan "Superbike" ile zafere ulaşması ile bir kez daha dünyaya kanıtlanmış oldu (Tew ve Sayers, 1999).

Vücut bisiklet üzerinde rüzgâra karşı daha az direnç gösterecek şekilde konumlandırma ve aerobar gibi ekipmanlar kullanmanın yanında, bir bisikletçinin yapabileceği en büyük iyileştirmelerinden biri, tam vücut derisi gibi üzerini tamamıyla saran mayo giymesidir. Normal vücuda yapışmayan kıyafetler vücudu tam olarak saran kıyafetler ile değiştirmek önemsiz görünse de, sıradan normal tayt ve mayo yerine dar giysiler giymeyi seçmek, yapılan çalışmalarda sürtünmede % 30'luk bir azalma sonucuna ulaşılmıştır (Pons ve Vaughan, 1989).

Yarış bisikletçisinin maruz kaldığı rüzgar direnci, bisikletçi üzerindeki toplam rüzgar direncine katkıda bulunan unsurlardandır. Bunlar, bisikletçinin taktığı kask, kullandığı ayakkabı, giydiği bisiklet mayosu gibi herhangi bir aerodinamik giysi de dahil olmak üzere bisikletçinin aerodinamiğine etkileri vardır (Tew ve Sayers, 1999).

Bisiklet mayolarına bakıldığında günümüzde "likralı" kumaştan üretilmiş, düşük sürtünme katsayısı ve elastik özellikleri nedeniyle bisiklet için tercih edilen bir malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır (Kyle ve Burke, 1984).

Aerodinamik yani hava direncinin daha az olabilmesi için üretilen ürünlere bakıldığında yalnız bisiklet sporu için değil, aynı zamanda başka alanlar üzerinde de etkisi olduğu görülmektedir. Havacılık endüstrisinin gelişmesi özellikle bisiklet sporunda son 30 yıla bakıldığında bisiklet kadroları ve ekipmanlarının aerodinamik olarak geliştirilebilmesindeki en büyük ilerleme olduğu söylenilebilir. Bisikletçi üzerinde ve yarışılan bisiklet üzerindeki hava akımı direncinin minimum düzeyde sporcuya direnç sağlaması amacıyla iyileştirilen, bisiklet üzerindeki duruş pozisyonları ve rüzgar direnci üzerine sonuçlarını bisikletçilerin hızlarını önemli ölçüde artırdığı ve teknik olmayan kişilere mühendisliğin sporda yeri olduğunu göstermiştir (Image ve Walch, 2019).

(Merkes, Menaspà ve Abbiss, 2018)'in yol bisikletçilerinde "sprint" pozisyonlarının aerodinamik sürtünmenin azaltılması üzerine yapmış oldukları çalışmada, sprinter özelliğe sahip olan sporcuların yarışın son metrelerinde "ileriye dönük" olarak adlandırılan sprint pozisyonu, sele üzerinde oturu pozisyonuna ve standart ayakta durma pozisyonuna kıyasla aerodinamik sürtünmede sırasıyla %23 ve %26 azalma olduğu sonucuna varmıştır.

Bisiklet Kadro Aerodinamiği

Bisiklet sporun da performans üzerine etki eden bir çok sayıda faktör olduğunu, yıllardır süren yarış tarihinde görmekteyiz. Biyomekanik, psikoloji, çevre şartları ve mümkün olan en üst düzeyde kullanılan materyallerin ve bisiklet sürüş pozisyonlarının geliştirilmesi amaçlanır (Oggiano, Leirdal, Sætran ve Ettema, 2008).

Bisiklet aerodinamiğinin çeşitli alanlarında bir çok araştırma olmasına karşın, (Kyle ve Burke, 1984)'un çalışmalarında odaklanmış olduğu bir yarış bisikletini geliştirmek, aerodinamik direnci azaltmaya yönelik çabaları sonucunda üç prototip pist bisikleti ve bunun yanı sıra aerodinamik özelliğe sahip bir yol bisiklet ürettiler. Çalışmada aerodinamik direncin azaltılması için üretilen bisikletin ya da kadrosunun aerodinamik olmasının yanı sıra sürücünün de bisiklet üzerindeki pozisyonunda ekili olduğunu tespit etmişlerdir.

Bisikletçinin vücudu yarış içerisinde maruz kaldığı aerodinamik direncin yaklaşık %70'lik kısmını oluşturmaktadır. Üzerindeki katılan toplam aerodinamik direncin gerir kalan kısmı ise %30'u bisiklet kadrosu ve bileşenlerinin oluşturduğu bilinmektedir (Oggiano vd., 2008; Blocken, Defraeye, Koninckx, Carmeliet, ve Hespel, 2013).

(Capelli, Rosa, Butti, Ferretti, Veicsteinas ve Di Prampero, 1993)'ün aerodinamik olarak optimize edilmiş bisiklet sürmenin avantajları üzerine yapmış olduğu çalışmada, aerodinamik kadroların geleneksel olarak üretilmiş kadro dizaynlarından yapılmış olanlara göre yaklaşık olarak %3 oranında daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur.

Bisiklet Jant Aerodinamiği

Bisiklette aerodinamik açıdan, üreticiler tarafından bisiklet kadrosu kadar gelişen bir diğer donanım ise janttır. Bisiklet jantları bisiklet kadrolarında ve bisiklet mayolarında olduğu gibi bisikletin bütünsel olarak aerodinamiğini oluşturan en önemli bileşenlerinden biridir. Bisiklet üzerindeki hava akışını ve buna bağlı olarak bisiklet üzerinde oluşan hava direncini başlı başına etkileyen bir unsur olarak görülmektedir (Lukes, Chin ve Haake, 2005). Tamamıyla aerodinamik jant teknolojisinin gelişmeye ve kullanılmaya başlamadan önce ilk olarak, jantın bütünsel yapısını oluşturan ara bağlantı elemanları olan jant telleri ile çalışılmış ve sürtünmesini azaltmaya yönelik öncü çabalar sarf edildiği görülmektedir (Zdravkovich, 1992).

Jant tellerinin yuvarlak normdan daha yassı norma geçmesinin yanında jant teli başlarının yine jant çemberinin içine yerleştirilerek hava akışının jant yüzeyinde daha pürüzsüz olarak akışını sağlamaktadır. Özellikle kompozit malzemelerin bisiklet piyasasına jant üretim materyali olarak girmesiyle seksenlerin ortalarında yeni tekerlekler şekillenmeye ve gün yüzüne çıkmaya başladı (Kyle, 1989).

Tüm gelişmeler ışığında, geleneksel 18 mm lastikli jantlara kıyasla “disk” adı verilen tel barındırmayan “kapak” (disk) şeklindeki jantlar ve üç kollu jantlar daha düşük aerodinamik sürtünmeye sahip olmalarından dolayı tercih edilir oldu (Lukes, Chin ve Haake, 2005). Günümüz yarışlarında özellikle saate karşı etaplarda ve triathlon müsabakalarında vazgeçilmez aerodinamik ekipman olarak kullanıldığı görülmektedir.

Bisiklet Fren Aerodinamiği

Bisikletçi sahip olduğu saha koşullarında sürüş yaparken aerodinamik ve yuvarlanma dirençleri, tahmini bir bisikletçiye etki eden direnç kuvvetlerinin çoğunluğunu açıklamak mümkündür (Bertucci, Rogier ve Reiser, 2013). Buna ek olarak birde frenleme direnci mevcuttur. Bu nedenle, toplamı aerodinamik sürtünme, yuvarlanma direnci ve frenlerde karşılaşılan direnç, her frenleme sırasında bisiklet sürücüsü sisteminden çıkarılan ölçülebilir enerjinin temel göstergesidir (Miller, Fink, Macdermid, Perry ve Stannard, 2017).

Yol bisikletlerinde özellikle saate karşı bisikletlerde kullanılan frenlerin optimize edilerek bisikletin kadro bütünlüğünü bozmayacak şekilde kullanılması amaçlanmaktaydı. Bu alanda en önemli gelişmelerden birisi Campagnolo firmasının üretmiş olduğu “delta” frenlerdir. Şekil itibarıyla o dönemlerde kullanılan frenler içerisinde en aerodinamik olanı olması, başarılı bisiklet üreticileri ve bisikletçiler tarafından yoğun olarak tercih edilen bir fren olmuştur. Geleneksel mantıkla üretilmiş frenlerin yanında fren performansında çoğu yönden daha etkili olduğunu kabul ediliyordu. Ancak merkezden çekişlerin sisteminin en özel avantajı aerodinamik olmasıydı ve tüm bu özellikler rakipler dikkat çekmeye başarmaktaydı (Vanderbilt, 2019).

Günümüzde, yarışarda kullanılan bisikletlerin neredeyse tamamında “disk fren” görmekteyiz. Gelişen teknolojilerin ışığında fren üreticileri aerodinamik yönü daha iyi bisikletler oluşturabilmek için disk kaliperleri tasarlayarak ve disk fren rotorlar üzerinde yapılan çalışmaları, rotor tasarımlarının daha da iyileştirmelerini göreceğiz. Jantlar ve göbekler, daha aero bir seçeneğin taleplerini karşılamak için değiştirilecek ve geliştirilecektir (Brett, 2013).

(Coggan, 2012)’nin disk fren alanında yapmış olduğu çalışmada triathlon ve yol bisikletleri için üretilmiş olan normal fren sistemlerine göre, aerodinamik özelliğe sahip olan frenlerin, aerodinamik direncinin anlamlı derecede düşük olduğunu bulmuştur.

Bisiklet Mayo (Jersey) Aerodinamiği

Alanda ünlü bisiklet giyim markalarına bakıldığında, son zamanlarda aerodinamik açıdan bisiklet mayolarında iyileştirme yönünde adım atmakla beraber farklı tekstil kumaşlarından üretilmiş olan mayoları tam ölçekli test merkezlerinde test etmektedirler ve kişiye özel olarak dizayn edilmiş, bisikletçinin üzerini saran mayolar üretilmektedir (Bioracer, 2021).

Özellikle mayo üreticileri, sporcular için mayolarda kullanılan materyalde doğru tekstil ürünü tercihi, aerodinamik avantajlar elde etme noktasında son derece önemlidir (Chowdhury, Alam, Subic, 2010). (Spurkland, Bardal, Sætran ve Oggiano, 2015)’in bisiklet aerodinamik özelliğe sahip olan bir bisiklet mayosu tasarlayıp ve test etme projelerinde, geliştirilen bisiklet mayosu geleneksel bir kiten önemli ölçüde daha düşük sürtünme direncine maruz kaldığını ortaya koymuşlardır. Bu çalışmalar ışığında bisiklette mayo tercihi aerodinamik açıdan tamamlayıcı ve vazgeçilmez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bisiklet Gidon Aerodinamiği

(Zdravkovich, 1992)’un bisiklet aerodinamiği üzerine yapmış olduğu çalışmada, bisikletin kadro aerodinamiğine gidonun yaklaşık olarak %10 katkı sağladığını tespit etmiştir. Gidonun aerodinamik bir yapıda üretilmesinin sadece rüzgar direncini düşürülmesi değil aynı zamanda

sürücüsüne daha geniş ve düz bir temas noktası sağladığı için konfor noktasında da artış olduğu üreticiler ve bisikletçiler tarafından bilinmektedir.

(Capelli vd., 1993)'in veledromda yani pist bisikleti kadroları üzerindeki rüzgar direnci konusunda yapmış oldukları çalışmada, aerodinamik yönünün çok göz önünde bulundurmadan geleneksel olarak üretilmiş kadrolara kıyasla, aerodinamik olarak optimize edilmiş kadrolar %3 daha az sürtünme direncine sahip olduklarını ortaya koymuştur.

Bisiklette kuralları gereği bisikletçinin bisikletin gidonunu tutar pozisyonda iken, avuç içlerinin gidona temas etmesi gerekmektedir. Bu bağlamda sporcu kendi duruş pozisyonunu daha aerodinamik olmasını sağlarken sporcunun eğer avuçlarının haricinde ön kol veya dirsekleri ile gidonu tutarsa yarıştan diskalifiye olmasıyla neticelenecektir (UCİ, 2021). Günümüzde özellikle düz etapların kullanıldığı yarışlarda sporcular normal ölçülerinden farklı olarak süper dar gidonlar kullanılması aerodinamik gidon noktasında gelişmelerin devam ettiği görülmektedir.

Bisiklet Kask Aerodinamiği

Bisiklet yarışlarında, bisikletçi üzerindeki dışarıdan gelen etkenlere bağlı olarak uygulanan aerodinamik direnci minimum düzeyde tutabilmek için 1980' den beri günümüze de uzanan bir süreçte kaskların sporcuyla kazadan ve yaralanmalardan koruyabilmesinin yanında aerodinamik yönden geliştirilmiş kasklar kullanılmaktadır. Yıllar geçtikçe gelişen kask üretim materyalleri ile birlikte yarış bisiklet kasklarının aerodinamik verimliliğini ve özelliğini artırmak için önemli tasarımlar olduğu görülmektedir. Tüm bu gelişmeler doğrultusunda hareketle daha fazla iyileştirme talebi, bisiklet kaskı üreten firmaları ve tasarımcılarını kademeli olarak yeni tasarımlar sunmaya zorlayan bir hal almış oldu (Alam, Chowdhury, Wei, Mustary ve Zimmer, 2014).

Yarışlarda kullanılan kask, kurallar gereği zorunlu ekipmanlardan biridir. Kaza meydana geldiğinde binici kafasında oluşabilecek olan, yaralanmayı azaltmak amacı ile kullanılır (F. Alam vd., 2010). Bisiklet kaskı günümüzde hava geçirgenliği sayesinde sporcunun kafasının hava alabileceği kanallara sahip özellikte üretilirken, aerodinamik özeliği artan kaskların kanallardan ziyade havanın daha pürüzsüz akıcılığını sağlayabilmek açısından özerklikle saate karşı yarışılan etaplarında kullanılan kasklara bakıldığında hava kanalı bulunmayan tasarımlar göze çarpmaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu alanda yapılan çalışmalara bakıldığında, çalışmaların son dönemlerde daha çok bisiklet jant ve kask aerodinamiği üzerine yoğunlaştığı görülmektedir (Martin, Douglas, Cobb, McFadden ve Coggan, 1998), (Kyle ve Burke, 1984)'e göre yapılan çalışmalar aerodinamiğin 15 km/s 'nin üzerindeki hızlarda bir bisikletli üzerinde baskın direnç biçimi olduğunu göstermiş, 45 km/s hızlara doğru çıkıldığında ise bu direncin 80–90% oranında atletin güç uygulaması gerektiği görülmektedir.

Bisikletçiyi yarış esnasında bisiklet ve sporcunun üzerinde taşıdığı ekipmanları bir bütün olarak düşünüp ele alındığında bisikletin her bileşeninin ve sporcunun kullandığı her ekipmanın ayrı olarak rüzgar testleri yapılarak hava direncinin azaltılması toplam olarak sporcuya avantaj sağlamaktadır.

(Tew ve Sayers, 1999)' un yapmış oldukları çalışmada disk şeklindeki jantları kullanmak, çapraz rüzgarın çok az olduğu koşullarda bisiklet sürerken daha da büyük avantajlara sahiptir, ancak düşük aksenal hızlarda yüksek çapraz rüzgar koşullarında kullanılamaması gerektiği sonucuna varmıştır.

(Alam, Chowdhury, Elmira, Sayogo, Love ve Subic, 2010), (Alam, Subic, Akbarzadeh ve Watkins, 2007), (Chowdhury vd., 2012) ve (Bruhwiler, Buyan, Huber, Bogerd, Sznitman, Graf ve Rosgent, 2006)' nın aerodinamik ve klasik kasklar üzerine yoğunlaştıkları çalışmalarında, sonuç olarak çalışma göstermiştir ki, klasik yapıdaki kaskların aerodinamik olan saate karşı etaplarda kullanılan kasklara kıyaslandığında aerodinamik direnç yaklaşık olarak %40-50 oranında daha düşük olduğunu tespit edilmiştir.

(Alam vd., 2014)' nin rüzgar tüneninde yaptığı çalışmada, golf topu şeklinde ve klasik kasklar arasında kıyaslama yapmıştır. Bu iki kask arasında farklı açılarda değerlendirildiğinde anlamlı bir aerodinamik fark bulamamıştır.

Daha öncelerinde bisiklet üreticileri bisiklet üretiminde sınırlı malzeme kullanırlardı gelişen teknolojiler ile birlikte yeni ve daha kolay biçim verilebilen malzemeler sayesinde rüzgar direncinin de malzemeye verilen şekil kolaylığı sayesinde ideal dizayn boyutunda ürünler üretilerek bisikletçilerin kullanımına sunulmuştur. Özellikle kompozit malzemelerin bisiklet piyasasına jant üretim materyali olarak girmesiyle seksenlerin ortalarında yeni tekerlekler şekillenmeye ve gün yüzüne çıkmaya başladı (Kyle, 1989). Günümüzde bisiklet teknolojisi karbon fiber alaşımdan üretilmiş malzemeler domine etmiş durumdadır. İlk olarak kullanılmaya başlanılan çelik malzeme, daha sonraları kullanılan alüminyum malzeme, en sonunda güncel olarak karbon fiber ürünlerde karar kılınmış durumda. Karbondan üretilmiş bisiklet kadroları ve gidon, gidon boğazı, sele borusu ve jant gibi ekipmanlar daha kolay olarak istenilen şekiller verilerek yapılan ideal dizaynları uygulama fırsatını da bisiklet üreticilerine sağlamış olur. Karbon fiberin ortaya çıkışından itibaren bu yana yaklaşık olarak otuz yıl geçti ve malzeme yol bisikleti pazarının alt kesimleri dışında hepsine hakim olsa da, Bununla birlikte, kompozit bisiklet kadroları, özellikle yarışçılar için ortak bir seçim olmaya devam ediyor ve hafif bir özel aerodinamik bir bisiklet yapısı için tek seçenek olduğu görülmektedir (Wikstrom, 2015).

Bisikletin ve bisikletçinin kullanmış olduğu ekipmanların rüzgar direncinin mümkün olan en üst düzeyde optimize olarak yarışlarda kullanılmadığını görmekteyiz bunun en büyük nedeni UCI (Uluslararası Bisiklet Birliği) yarışların kurallarının koyucusudur. Gerek yarışçılar gerekse de bisiklet üreticileri yarışan takımlar için malzeme seçiminde ve kullanımında UCI kurallarının dışında hareket edebilmeleri olanaksız olduğundan dolayı bu kurallar dâhilinde kalmak durumundadır. Eğer UCI kuralları belirli bir oranda daha katıdan daha esnek bir yapıya evrilmesi mümkün olursa, bisiklete yeni rekorlar geldiği görülecektir. Gelişen teknolojiyle enerji verimliliğinin yükselmesine bağlı olarak daha fazla bisiklet sporuna ilginin ve bisiklet sporunu gerek profesyonel gerekse de amatör boyutta diğer sporlara kıyasla günümüzde olduğundan daha fazla cezbedici bir hal alması mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Alam, F., Chowdhury, H., Elmira, Z., Sayogo, A., Love, J. & Subic, A. (2010). An experimental study of thermal comfort and aerodynamic efficiency of recreational and racing bicycle helmets. *Procedia Engineering* 2(2), 2413–2418.
- Alam, F., Chowdhury, H., Wei, H. Z., Mustary, I. & Zimmer, G. (2014). Aerodynamics of ribbed bicycle racing helmets. *Procedia engineering*, 72, 691-696.
- Alam, F., Subic, A., Akbarzadeh, A. & Watkins, S. (2007). Effects of Venting Geometry on Thermal Comfort and Aerodynamic Efficiency of Bicycle Helmets in “The Impact of Technology on Sport II”. In: Fuss, F. K., Subic, A. Ujihashi, S. (Ed.). Taylor & Francis, UK, pp. 773–780.
- Barry N. (2018). A New Method for Analysing the Effect of Environmental Wind on Real World Aerodynamic Performance in Cycling. *Proceedings*; 2(6):211.
- Bertucci, W. M., Rogier, S., & Reiser, R. F. (2013). Evaluation of aerodynamic and rolling resistances in mountain-bike field conditions. *Journal of Sports Sciences*, 31, 1606–1613. doi:10.1080/02640 414.2013.792945.
- Bioracer, (2021). Bioracer Speedmaster, Medal Winning Technology. [Http://www.bioracer.com/En/News/318/Bioracer Speedmaster - Medal - Winning - Technology](http://www.bioracer.com/En/News/318/Bioracer%20Speedmaster%20-%20Medal%20-%20Winning%20-%20Technology). Erişim Tarihi:08.07.2021
- Blocken, B., Defraeye, T., Koninckx, E., Carmeliet, J. & Hespel, P. (2013). CFD simulations of the aerodynamic drag of two drafting cyclists. *Computers & Fluids*, 71, 435- 445.
- Brett, M., (2013). “Disc Brakes Vs. Rim Brakes: Which Are More Aero?” <https://road.cc/content/feature/83327-disc-brakes-v-rim-brakes-which-are-more-aero>.Erişim tarihi: 10.07.2021
- Bruhwiller, P. A., Buyan, M., Huber, R., Bogerd, C. P., Sznitman, J., Graf, S. F., & Rosgent, T. (2006). Heat transfer variations of bicycle helmets. *Journal of Sports Sciences* 24(9), 999–1011.
- Capelli, C., Rosa, G., Butti, F., Ferretti, G., Veicsteinas, A. & di Prampero, P. (1993) Energy cost and efficiency of riding aerodynamic bicycles. *European Journal of Applied Physiology*, 67 (1), 144–149.
- Chowdhury, H., Alam, F. (2012). Bicycle aerodynamics – an experimental evaluation methodology. *Sports Engineering* 15(2), 73–80.
- Chowdhury, H., Alam, F. & Subic, A. (2010). Spor tekstilinin aerodinamik performans değerlendirilmesi. *Procedia Mühendisliği*, 2 (2), 2517-2522.
- Coggan, A.R. (2012). Aerodynamic Testing of Bicycle Brakes. https://scholar.google.com/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=Coggan%2C+A.+R.+%282012%29.+Aerodynamic+Testing+of+Bicycle+Brakes&btnG= Erişim tarihi: 10.07.2021.
- D.J. Pons & C.L. Vaughan. (1989) “Mechanics of cycling,” *Biomechanics of Sport*, pp. 289–31.
- Image, V. L. ve Walch, R. (2019). The “Aero-Position”: Why Cyclists Study Aerodynamics.
- Kyle, C.R. (1989). The aerodynamics of helmets and handlebars. *Cycling Science* 1, 122–25.
- Kyle, C.R. (1984). Burke, E. Improving the Racing Bicycle. *Mech. Eng.*, 106, 34–45

- Lukes, R. A., Chin, S. B., & Haake, S. J. (2005). The understanding and development of cycling aerodynamics. *Sports engineering*, 8(2), 59-74.
- Martin, J.C., Douglas, M.L., Cobb, J.E., McFadden, K.L. & Coggan, A.R. (1998). Validation of a mathematical model for road cycling power. *J. Appl. Biomech*, 14, 276–291.
- Merkes, P. F. J., Menaspà, P., & Abbiss, C. R. (2018). Reducing Aerodynamic Drag by Adopting a Novel Road Cycling Sprint Position. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–20. doi:10.1123/ijsp.2018-0560.
- Oggiano, L., Leirdal, S., Sætran, L. & Ettema, G. (2008). Aerodynamic optimization and energy saving of cycling postures for international elite level cyclists. ISEA Conference, Biarritz.
- Oggiano, L., Leirdal, S., Sætran, L. & Ettema, G. (2008). Aerodynamic optimization and energy saving of cycling postures for international elite level cyclists. *Eng. Sport*, 7(1), 597-604.
- Spurkland, L., Bardal, L. M., Sætran, L., & Oggiano, L. (2015). *Low Aerodynamic Drag Suit for Cycling*. In *Design and Testing*. Conference: International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support.
- Tew, G. S., ve Sayers, A. T. (1999). Aerodynamics of yawed racing cycle wheels. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 82(1-3), 209-222.
- Tew, G. S., ve Sayers, A. T. (1999). Aerodynamics of yawed racing cycle wheels. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 82(1-3), 209-222.
- UCI, (2021). Constitution and Regulations, <https://www.uci.org/inside-uci/constitutions-regulations/regulations> Erişim tarihi:09.07.2021
- Vanderbilt, T., (2019). “The Greatest Worst Brake Ever” <https://www.bicycling.com/bikes-gear/a28578374/campagnolo-delta-brake/> Erişim tarihi:
- Wikstrom, M., (2015). What Is The Lifespan Of A Carbon Frame?, <https://cyclingtips.com/2015/08/what-is-the-lifespan-of-a-carbon-frame/>Erişim tarihi:09.07.2021
- Zdravkovich, M. M. (1992). Aerodynamics of bicycle wheel and frame. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 40(1), 55-70.