

## Araştırma Makalesi

### Otonom araçların akıllı ulaşım politikaları üzerindeki etkileri

Sinem Akkaya<sup>1,\*</sup>, Harun Özbay<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bandırma Onyedi Eylul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Teknolojileri, Bandırma, Türkiye

<sup>2</sup> Bandırma Onyedi Eylul Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Mühendisliği, Bandırma, Türkiye

\*Correspondance: [sinemakkaya@ogr.bandirma.edu.tr](mailto:sinemakkaya@ogr.bandirma.edu.tr)

DOI: 10.51513/jitsa.1160891

**Özet:** İçinde bulunduğumuz şu günlerde nüfus yoğunluğu ve araç sayısı her geçen gün artmaktadır. Araç kullanımının hızla artmasıyla birlikte yükselen fosil yakıt tüketimi, bununla beraber oluşan sera gazı etkisi ve iklim değişiklikleri, halk sağlığını tehdit eder duruma ulaşmıştır. CO<sub>2</sub> emisyonu sebebiyle oluşan çevre kirliliği ve trafik sıkışıklığının çözülmesi gereken boyuta gelmesi otomotiv üreticilerini yeni arayışlara itmiştir. İlk dönemlerde akıllı ulaşım sistemleri ile başlayan bu süreç daha da iyileştirilmiş ve sonraki safhada otonom araç teknolojileri çalışılmaya başlamıştır. Araç performansından ödün vermeden geliştirilebilecek daha çevreci teknolojiler araştırılmaya başlanmıştır. Otonom araçların aynı zamanda mobiliteye erişilebilirliği artıracakları öngörülmektedir. Bu çalışmada genel çerçevede otonom araçların akıllı ulaşım politikaları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu araçların, günümüzde dünyada sahip olduğu ve gelecekte kazanacağı öneme değinilmiştir. Aynı zamanda otomotiv firmaları tarafından yapılan ilgili çalışmalardan bahsedilmiştir. Sürücüsüz araçların oluşturabileceği risk ve kolaylıklar göz önünde bulundurularak toplum sağlığına hangi boyutlarda etkileri olacağı araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı ulaşım sistemleri, otonom araçlar, ulaşımında toplum sağlığı

### The effects of autonomous vehicles on intelligent transportation policies

**Abstract:** The population density and the number of vehicles are increasing day by day. With the rapid increase in vehicle use, increasing fossil fuel consumption, the greenhouse gas effect and climate changes that occur together with it, have reached a situation that threatens public health. The environmental pollution and traffic congestion caused by CO<sub>2</sub> emissions have pushed automotive manufacturers to search for new choices. This process, which started with smart transportation systems in the first periods, was further improved and autonomous vehicle technologies were started to be studied in the next phase. More environmentally friendly technologies that can be developed without loss of vehicle performance have begun to be researched. It is predicted that autonomous vehicles will also increase accessibility to mobility. In this study, the effects of autonomous vehicles on smart transportation policies are examined in general terms. The importance of these tools in the world today and that they will gain in the future has been mentioned. At the same time, related studies carried out by automotive companies are mentioned. Considering the risks and conveniences that driverless vehicles can create, it has been investigated in what extent they will affect public health.

**Keywords:** Intelligent transportation systems, autonomous vehicles, public health in transportation

\* Corresponding author.

E-mail address: [sinemakkaya@ogr.bandirma.edu.tr](mailto:sinemakkaya@ogr.bandirma.edu.tr)

ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-1233-4724, <sup>2</sup>0000-0003-1068-244X

Received 11.08.2022; accepted 30.09.2022

Peer review under responsibility of Bandırma Onyedi Eylul University.

## 1. Giriş

Hava ve çevre kirliliğinin dramatik düzeylerde artması sonucu dünya nüfusunun ortalama %92 si kirli hava solumaktadır. Yine bu sebeple maalesef her yıl beş milyonun üzerinde insan kirlilikten dolayı hayatını kaybetmektedir. Günlük hayatımızda kullanımı yoğunlaşan fosil yakıtlı özel otomobillerimizin de bu kirlilikte payı oldukça büyüktür. Hava kirliliğinin yanı sıra egzoz gazı emisyonları iklim değişikliklerine de yol açmaktadır (Ur11, 2022). Günümüzdeki enerji tüketimine bakıldığında da ilk kaynak olarak ve en yüksek ölçüde(%85) fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Bununla birlikte taşımacılık ve ulaşımında kullanılan yakıt miktarı, dünya genelinde oluşan sera gazının ortalama %14'ü ve ortaya çıkan CO<sub>2</sub> emisyonlarının da %23'ünü oluşturmaktadır (Ozbay et al., 2020).

Araç sayısı fazlalığı nedeniyle trafik sıkışıklıkları oluşup trafik güvenliği azalmakta ve ölümlü trafik kazaları da meydana gelmektedir. Otomotiv üreticileri de bu duruma kayıtsız kalmamış ve kirliliği azaltıp trafik güvenliğini artıracak çalışmalara başlamışlardır. Bahsi geçen konularda sanayideki çalışmaların yanı sıra akademik çalışmalar da gerçekleştirilmiş ve halen gerçekleştirilmektedir (Ozbay ve diğ., 2020).

Elektrikli araçların fosil yakıtlı araçların sebep olduğu kirliliği azaltma yardımcı olabileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte otonom araçların hem hava kirliliğini azaltacağı hem de trafik güvenliğine katkı sağlayacağı düşünülerek bu alanda da yoğunlaşmıştır.

Bu çalışmada klasik ve elektrikli araç teknolojilerine değinilmiş, üçüncü bölümde otonom araç teknolojilerinin tarihi ve mevcut durumu incelenmiş, dördüncü bölümde dünyada otonom araçların bulunduğu yer ve gelecek projeksiyonu ele alınmıştır. Sonraki kısımlarda ise otonom araçların avantaj ve dezavantajları, bu tip araçlarda kullanılan izleme cihazları ve sürücüsüz araçların toplum sağlığı üzerine etkilerinden bahsedilmiştir.

### 1.1. Klasik ve elektrikli araç teknolojileri

Günümüzde artan araç sayısı ve nüfus oranı ile birlikte, sera gazı olan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve bunun etkisiyle küresel ısınma hızla artmaktadır. İklimde değişikliklere sebep olan bu durum alternatif araç sistemlerini gündeme getirmiştir. Fakat alternatif olarak kabul edilebilecek araçlarda yatırım maliyetinin yüksek olması ve menzil sınırı birer dezavantaj olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, güvenlik konuları, yüksek yakıt dolmaliyetleri, kısıtlı şarj istasyonları gibi aşılması gereken sorunların da olduğu dikkate alınması gerekmektedir.

Çevre kirliliğinin artması, otomotiv üreticilerini performansı düşürmeden geliştirilebilecek daha çevreci arayışlara sürüklemiştir. Bu arayışlar içerisinde; daha az silindir hacmi ile düşük sürtünme ve ağırlık, daha düşük silindir hacmi ile hareketli kütlelerin azaltılması, torkun geniş devir bandına yayılması, turbo ve kompresör kullanımıyla turbo boşluğunun azaltılması ya da tamamen yok edilmesi, değişken supap zamanlaması, dur-kalk sistemleri, daha hafif malzemeler kullanılarak ağırlığın azaltılması, geliştirilmiş enjeksiyon sistemleri, sürtünme oranı düşük yağlayıcılar, motorda sürtünmelerin azaltılması, silindirlerin devre dışı bırakılması, kampsız supap iletimi, direk benzin enjeksiyonu (GDI), otomatikleştirilmiş manüel şanzıman teknolojileri ve 8-10 ileri kademeli manüel şanzımanların kullanımı, entegre marş-alternatör üniteleri, araçta akıllı ısı yönetimi, dizel motorlu araçlarda piezo-enjektör kullanımı (piezo-injectors), bir çevrimde birden çok enjeksiyon (split injection) gibi konular üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmektedir (Demir, 2010).

Bu gelişmelerin yanı sıra, üretici ve geliştiriciler otonom araç seviyesine ulaşabilmek için ara teknoloji araştırmalarına da devam etmektedirler. Şerit takip asistanı, otomatik fren, Wi-Fi, navigasyon ve otomatik bagajlar ara teknolojiler arasında yerini almaktadır.

### 1.2. Otonom araç teknolojilerinin tarihi ve mevcut durumu

Araçların otonomlaştırılması fikri 1920'lere dayanmaktadır. 1925 yılında Fransız bir elektrik mühendisinin radyo kontrollü bir araç sürmesi ile gündeme gelmiştir. Bu aşamadan sonra 1939 yılında General Motors ve Amerika Sarnoff Laboratuvarı'nın ortak araştırma geliştirme faaliyetleri sonucunda New York Dünya Fuarı'nda otonom araç düşüncesi ilk kez halka sunulmuştur. Sergilenen otonom araç fikri aynı zamanda aracı asiste edecek bir otoyol sistemini de içermekteydi. 1958'de bu tip araçları test etme işlemleri ilk kez yapılmış ve kendi kendini yönetebilen bir otonom otomobilin testleri yapılmıştır.

1964'ten 2003'e kadar da otonom hale getirilmiş otobüs ve kamyonlar, süper akıllı araç sistemleri ve sürüş video görüntü işlemlerini geliştirmek için ABD, Avrupa ve Japonya'da başka birkaç Araştırma geliştirme faaliyeti ile kullanılmıştır (Faisal ve diğ., 2019). Şekil 1'de bir otonom aracın iç tasarımı görülmektedir (Url2, 2022).



**Şekil 1.** Otonom araçlarda iç sistem

1977 yılında otonom araçların yapılandırılması ile ilgili bir proje olarak Japonya Tsukuba Mekanik Mühendisliği Laboratuvarı tarafından geliştirilen araç 32.2 km/sa hıza ulaşmış ve aynı zamanda yoldaki beyaz yol işaretlerini takip ederek yol almıştır. Otonom araçların ilerleme kaydettiği önemli aşamalardan biri ise 1980'li yıllarda Münih Bundeswehr Üniversitesi'nde Ernst Dickmanns liderliğindeki ekibin hazırladığı Mercedes-Benz prototip araçtır. Bu araç trafiğe kapalı bir alanda 63 km/sa hıza ulaşabilmiştir. Sonrasında 1987-1995 yılları arasında EUREKA oldukça büyük bir bütçe ile otonom araçlar için PROMETHEUS (Avrupa En Yüksek Verimlilik ve Eşi Görülmemiş Güvenlik Trafiki Programı) Projesini başlatmıştır. Bu proje sayesinde iki kamera vasıtasıyla bilgi aktarımı yapılabilme yetkinliğiyle başlayan araç tasarlama teste hazır hale gelmiştir. Bu sunum 2004 yılında gerçekleştirilen DARPA Mücadelesi' ne kadar ABD'de en çok ilgi gören akıllı ulaşım sistemleri etkinliği olmuştur.

Otonom araçlar için çok önemli olan bir diğer gelişme ise 1997 yılında Kaliforniya otoyolunda yapılan ve çok sayıda otonom araç içeren etkinliktir (James M. Anderson ve diğ. 2014). 2000'li yıllarda otonom araçlar yarışabilir hale gelmiştir ve ilk olarak 2004 yılında ABD tarafından ödüllü bir DARPA Büyük Yarışı başlatılmıştır. Bu yarışta 15 otonom araç yarışmış ve en iyi araç 7 mil kadar yol almıştır. Bu gelişmenin de ışığında General Motors, Audi, Ford, Volvo gibi büyük otomotiv firmaları sürücüsüz araç sistemleri ile ilgili gelecek planlarını ve test sürüşlerini yapmaya başlamıştır.

2014 yılında Tesla, ilk oto pilot modeli Model S aracını tanıtmıştır. Bu araç, direksiyon ve fren kontrolü ve aynı zamanda görüntü işleme algoritmaları sayesinde şerit kontrolü yapabilmekteydi. 2015 yılında Uber şirketi de otonom araç sektörüne dâhil olduğunu açıklamış ve çalışmalarına başlamıştır. Otomotiv firmaları halen otonom seviyeye ulaşmak için ara teknolojiler üretmeye devam etmektedir. Geliştirilen her bir teknoloji otonom sisteme doğru atılan adımlardan biridir. Bu teknolojiler arasında fren kilitlemeyi önleme sistemi (ABS), şerit takip sistemi (lane departure warning) (Şekil 2)(Url3, 2022), hız kontrol sistemi (Cruise Control) (Şekil 3)(Url4, 2022), park sensörü (parking sensors), otomatik acil fren destek sistemi (automatic emergency braking), elektronik denge kontrol sistemi (electronic stability control) gibi sistemler yer almaktadır (Yiğit ve diğ., 2020).



**Şekil 2.** Şerit takip sistemi



Şekil 3. Hız kontrol sistemi

## 2. Dünyada otonom araç projeksiyonu ve gelecekteki yeri

Günümüzde otonomlaştırılmış araçlar hususunda çalışmalarını devam ettiren birçok şirket vardır. Büyük otomotiv firmaları yapılan çalışmalar arasında dev projeleri ile yerini almaktadır. Bahsedilen projeler içinde Guardian (Toyota), Piloted Driving Program(Audi), Driverless Car Project (Google), Automated Fusion Hybrid (Ford), Drive Me projesi (Volvo) gibi birçok çalışma bulunmaktadır. Şekil 4'te Google projesi kapsamında geliştirilen Waymo isimli otonom araç görülmektedir (Url5, 2022).



Şekil 4. Google projesi kapsamında geliştirilen otonom araç Waymo

Mercedes-Benz, otonom araç proje çalışmalarının yanı sıra Uber yolcu taşımacılığı hizmeti gibi farklı hizmetleri de vermeyi hedefleri arasına almıştır. Car2go ve MyTaxi bu projelerin başlıcalarındandır. Uber firması da 2015 yılında otonom araç testlerini başlatarak sürücüsüz araç teknolojileri üreten otomotiv üreticileri arasında yerini almıştır. Otonom araç çalışmaları yapan şirketlerin çoğunlukla gelişmiş düzeydeki belli başlı bazı ülkelere ait olduğu görülmektedir. Gelişimin bu şekilde ilerlemesi de sonraki aşamalarda otonom araç üretiminde tekel oluşma ihtimalinin ortaya çıkabileceği göstergesidir (Webb ve diğ., 2019).

İleriki zamanlarda otonom araçların hem özel hem de ticari araç olarak faaliyete geçmesi beklenmektedir (Faisal ve diğ., 2019). Nüfusun büyük bir kısmı daha büyük şehirlere göç ettikçe, herkesin hususi araca sahip olması yoğunluğu artıracaktır. Geleceğin akıllı şehirlerinde otomatik sürüş ve kablosuz bağlantı gibi yeni teknolojiler seyahat için önemli olacak ve otonom araç ve kamyon filoları, entegre bir ulaşım sisteminin parçası olarak şehirlerde kişisel hareketliliği sürdürmek için bir çözüm olarak öngörülmektedir.

Litman (2017), karayolu taşımacılığındaki otonom araçların büyük bir payının 2040-2060 yılına kadar enerji tasarrufuna katkıda bulunacağını tahmin etmektedir. Yapılan araştırmalar, araç otomasyonunun yakıt tüketiminde en az %30 en çok %45 olmak üzere tasarruf sağlayabileceğini belirtmektedir. Kişisel araba yerine toplu taşıma ile birlikte otonom araçlar kullanıldığında %37'lik bir enerji tasarrufunun mümkün olacağı öngörülmektedir (Moorthy, A., ve diğ., 2017).

Bölgesel düzeyde, araç otomasyonunun mesafe iyileştirmeleri ve ulaşım maliyetini düşürmesi sayesinde aynı zamanda metropol kent merkezleri çevresinde yeşil kentsel yayılımlara da yol açması beklenmektedir (Bagloee ve diğ., 2016).

Önceki akıllı araç teknolojilerinin (otomatik şanzıman ve hibrit-elektrikli sürücü gibi) benimsenmesine dayalı olarak, tahminen, otonom araç mevcudiyetinin araç satışlarının yaklaşık %50'sini, araçların %30'unu ve 2040'a kadar seyahat edecek tüm araçların %40'ını oluşturması beklenmektedir. Bu nedenle, bu tür olasılıklara hazırlıklı olmak ve ortaya çıkan fırsatları değerlendirmek ileride karşılaşılabilecek zorlukları anlamak açısından önem arz etmektedir (Litman T, 2015).

### 2.1. Otonom araçların avantaj ve dezavantajları

Ulaşım, toplumların refah seviyesini artırmak için geliştirilmiş olmasına rağmen, ulaşım araçlarının sayıca artması maalesef ki kirlilik, kazalar ve bunlara bağlı insan kayıpları gibi bazı olumsuz durumları da ortaya çıkarabilmektedir. Bahsi geçen durumlar, fiziki etkilerinin yanı sıra maddi olarak da toplumlara bazı dolaylı maliyetler yükleyebilmektedir. Bunlar, ulaşımın doğrudan getirdiği yakıt maliyeti, araç bakımı, araç tescili, sigortalandırma, ruhsatlandırma veya toplu taşıma biletleri gibi maliyetlerden farklıdır. Dolaylı maliyet, bir bütün olarak topluma dayatılan gizli bir maliyettir; güvenlik kadar trafik sıkışıklığı, kazalar ve çevrenin bozulması gibi maliyetleri de içerir. Genel olarak, otonom araç teknolojisinin büyük ölçüde bu mevcut olumsuz durumların çoğunu önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip olacağı düşünülmektedir (Bagloee ve diğ., 2016).

Otonom otomobilin, kullandığımız klasik otomobile göre bakıldığında avantaj ve esnekliklerinden biri, ailenin tüm üyeleri arasında aynı anda kullanılabilmesidir. Ticari otonom araçlar taksi, otobüs ve nakliye hizmetleri olarak işletilebilir (Faisal ve diğ., 2019). Otonom özel araba veya taksinin konuşlandırılması, kentsel merkez konumlarında park talebini azaltabilir, bu alanları diğer ekonomik faaliyetlerin kullanımı için yeniden kullanılabilir ve karşılığında, merkezi iş bölgesi konumlarında kentsel yoğunluğu artırmaya yönelik hareket edebilir (Bagloee ve diğ., 2016). Buna karşılık, güvenilirlik, konfor ve zamanın algılanan değeri, uzun yolculuk mesafelerini teşvik edebilir, kentsel yayılmaya katkıda bulunabilir ve eski kentsel alanlarda emlak değerlerini etkileyebilir (Faisal ve diğ., 2019).

Otonom araçların vale veya otomatik pilot park özelliğinin yolcu indirdikten sonra ucuz veya ücretsiz park yerleri bulması beklenmektedir. Bu durum da yolcular aşağıdakileri gerektirmediğinden seyahat süresinden veya maliyetinden tasarruf sağlar:

- Park yeri için seyir;
- Almak için araca yürümek;
- Pahalı park yeri için ödeme yapmak.

Vale park hizmetinin ayrıca geleneksel insan güdümlü otoparka göre bir takım teknik avantajları vardır.

- ✓ Dinamik engellerden kaçınma;
- ✓ Dar geçit park alanlarında hareket etmek;
- ✓ Daha dar bir alana park etmek;
- ✓ Vites değişimlerinin optimizasyonunun sağlanması;
- ✓ Kaza meydana gelmesini önlemek;
- ✓ En hızlı ve en kısa park yolunu bulmak;
- ✓ Park yeri arama süresinin en aza indirilmesi (Faisal ve diğ., 2019).

Otonom araçların işgücü piyasasındaki yayılma etkileri, trafik polisliği ve sigorta satışları gibi belirli ilgili işlerdeki düşümlere sebep olabilir. Ayrıca daha az sayıda aracın bulunduğu bir gelecek, otomotiv endüstrisinde daha az işe yol açacaktır (Snyder, 2016). Fakat inşaat, yollar ve otoyolların modifikasyonu, BT ürün ve hizmetleri ile ilgili otopark tesislerinin dönüşümünde %15'e varan oranda üç sektörde potansiyel istihdam kazanımları olacağı öngörülmektedir (Faisal ve diğ., 2019).

Bunun yanı sıra otonom aracın otomasyon düzeyine, özelliklerine, kullanım türüne ve politika müdahalesine bağlı olmak üzere sera gazı emisyon düzeyini hemen hemen yarıya kadar azaltabilir (Faisal ve diğ., 2019).

Ulaşım güvenliğinin artırılmasında da otonom araçlar önemli bir rol oynamaktadır. Fakat bu avantajın yanında aracın iç güvenliğini ve emniyetini sağlama zorlukları bulunmaktadır. Eğer otonom araçta donanımsal bir arıza oluşur ya da siber saldırıya uğrarsa araç içinde iletişimi sağlayan ağ bu durumdan etkilenmektedir, etkilenen ağdan hatalı komut alan bilgisayar yanlış bir hareket gerçekleştirerek trafik güvenliğini riske atabilme durumu oluşabilmektedir. Örnek olarak aracın hatalı aldığı küresel konumlanma sistem verisi trafik düzensizliği ya da trafik kazalarına sebebiyet verebilmektedir. Dolayısı ile güvenlik, otonom araçlar için hayati önem taşımaktadır (Karaşahin & Kızıltaş, 2021). Bu konunun oluşabilecek sorunları önlemek için özellikle dikkatle değerlendirilip bu konular göz önünde bulundurularak geliştirilmesi gerekmektedir.

Otonom araçların trafik güvenliğini ve sürüş konforunu artıracığı; trafik kaosunu, çevre kirliliğini, fosil yakıt tüketimini azaltacağı, engelli ve yaşlı bireyler için ulaşım ve hareketlilik erişilebilirliğini kolaylaştıracağı öngörülmektedir. Ayrıca otonom sürüşün, kaza ve çarpışmaların sayısını azaltacağı da tahmin edilmektedir. Tablo 1’de elektrikli, hibrid ve otonom araçların avantajları ve dezavantajları açısından karşılaştırılması sunulmuştur.

**Tablo1.** Elektrikli, hibrid ve otonom araçların karşılaştırılması

Araç Teknolojileri	Avantajları	Dezavantajları
Elektrikli araç	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sıfır emisyon gazı</li> <li>Düşük yakıt ve işletme maliyeti</li> <li>Sessiz çalışma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Düşük menzil</li> <li>Altyapı eksikliği</li> <li>Batarya teknolojisinin geliştirilmesi</li> </ul>
Yarı elektrikli(hibrid)araç	<ul style="list-style-type: none"> <li>Düşük yakıt masrafı</li> <li>Az fosil yakıt kullanımı sebebiyle düşük emisyon</li> <li>Yakıt çeşitliliği</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>İki farklı motor kullanımından kaynaklı oluşabilecek donanımsal karışıklık</li> <li>Farklı teknolojilerin birlikte üretilmesi maliyetinin yüksek olması</li> </ul>
Otonom araç	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sıfır emisyon gazı</li> <li>Ulaşım erişilebilirlik yüksek</li> <li>Trafik güvenliği yüksek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Siber tehlike riski</li> <li>Altyapı eksikliği</li> <li>Bilgi eksikliği</li> </ul>

## 2.2. Otonom araçların sensör ve izleme sistemleri

Gelişen teknolojinin de etkisiyle birlikte araçlarda çoklu otomasyon sistemi çalışmaları yapılmaktadır. Şekil 5’te de görülen araç-altyapı (V2I) ve araç-araç (V2V) iletişimi gibi bağlantılı araç teknolojileri mevcut problemler için yeterli çözümü sunmaktadır (Url6, 2022). Araç altyapı (V2I) iletişimi; otonom araçlar ile tüm yol veya trafik teknik altyapısı, aynı zamanda sinyalizasyon arası veri akışı anlamına gelmektedir. Araç-araç (V2V) iletişimi ise, otomobilin şerit değişimi, sollama, hız değiştirme durumları için diğer araçlarla iletişime geçerek veri aktarımı ve alımını yapması durumudur. Tüm araçlar araç-altyapı iletişimine dahil olduğunda optimum trafik akışının da sağlanacağı öngörülmektedir (Snyder, 2016).



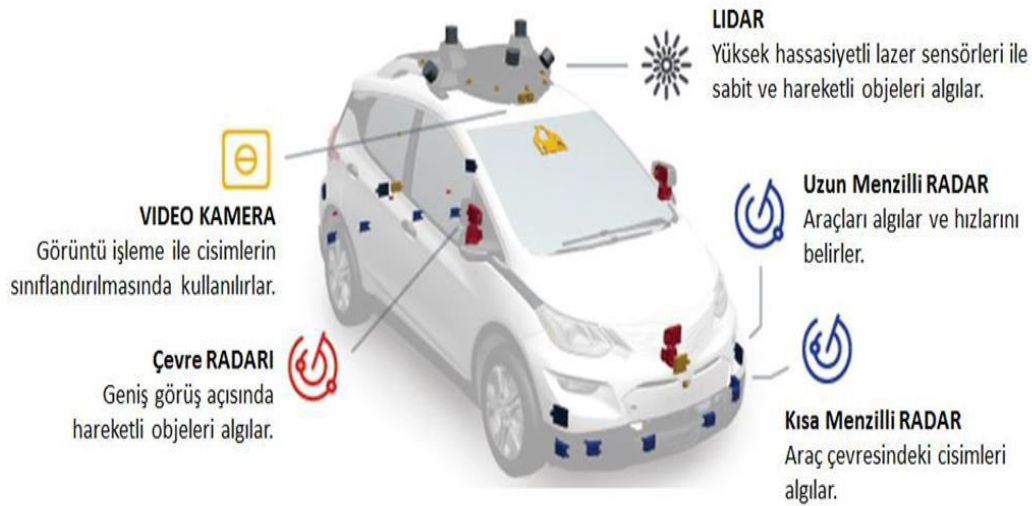
**Şekil 5.** Araç-Altyapı iletişimi (V2I)

Bu iletişimlerin yanı sıra araç üzerinde çevredeki durumu tarayarak izlemek için bazı teknolojiler bulunmaktadır. Bunlardan ilki çevre radarıdır. Bu radar kısa veya uzun menzilli olabilmektedir. Radar sensörler, 250 metre menzile kadar ve değişen hava koşullarında doğru sonuçlar vermektedir. Uzun menzil radar sistemleri ise, yoldaki diğer araçları tanımlamak için kullanılmaktadır (Shi, W., ve Liu, L., 2021). Elektromanyetik dalgalar yardımı ile çalışır. Öncelikli kullanım amacı, araç çevresinde bulunan nesne tespiti, çarpışma önleme, park yardımı ve kör nokta gözetimidir (Liu et al., 2020).

Otonom araçlar üzerinde bulunan bir diğer teknoloji ise LIDAR'dır. LIDAR, bir çeşit entegre optik tarayıcıdır ve bu frekans bandını kullanarak işleyen bir sistemdir. Bu sistemin avantajı yol üzerine yerleştirilen yol işaretleri, trafik sinyalizasyonu gibi nesnelerin yüksek çözünürlükte üç boyutlu imajını çıkarabilmesidir (Liu et al., 2020). Aynı zamanda ortam aydınlatması ile bağlı değildir. Doğruluk payı oldukça yüksek olan bu lazer tarayıcı sistemler 100 metre çaplı bir çevre taraması yapabilmektedir (Yiğit ve diğ., 2020). Bu sistemin dezavantajı hava muhalefetinin yoğun olduğu durumlarda performansının azalmasıdır.

Kamera tabanlı teknolojiler, araç etrafındaki nesne özellikleri ile ilgili ayrıntılı bilgi sağlar, fakat hava ve ışık koşulları kötüleştiğinde konum, hız ve yörünge belirleme performansı kısıtlı olmaktadır. Aynı zamanda yüksek maliyetleri sebebiyle daha çok üst segment araçlarda talep görmektedir. Ultrasonik sensörler, hedef engele gönderilen ve geri gelen ses dalgaları yardımıyla mesafeyi hesaplayan sensörlerdir (Xu ve diğ., 2018). Bu sistemin avantajı bahsedilen diğer teknolojiler arasındaki en uygun fiyatlı sensör sistemi olmasıdır. Dezavantajlarına bakıldığında ise menzili kısadır ve hava koşullarından çabuk etkilenir. Üreticiler bu sensör tipini park yardımında uzun yıllardır kullanmaktadır (Campbell ve diğ., 2018).

Bahsi geçen sensör teknolojileri, uygulama alanlarına göre kullanılmakta ve küresel konumlandırma sistemleri (GPS) ile birleştirilmektedir. Araçlar edindikleri görüntü vb. verilerin ilkinin bu sistemlerden almaktadır. Araç dışı bilgiler, araç ile haberleşmeyi sağlayan diğer sistemler tarafından alınmaktadır. Araç donanımında yer alan sensörler, GPS verileri ve araç haberleşme sistemleri tarafından alınan tüm veriler bir araya getirilerek trafik durumu tahmini yapılabilmektedir. Tüm bunlar dışında otonom araçlarda çarpışma önleme otomasyon sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler, olası bir kaza durumunda aracı ya frenleme ya da yön değiştirme şeklinde yönlendirmektedir. (Karasahin ve Kızıldağ, 2021). Şekil 6'da bir otonom araçta kullanılan sensörler ve izleme cihazları görülmektedir (Url7, 2022).



**Şekil 6.** Otonom araçlarda kullanılan sensör ve izleme cihazları

### 3. Otonom araçlar ve akıllı ulaşım sistemleri teknolojileri ile entegrasyonu

Otonom araçlar akıllı ulaşım sistemlerinde yer alan araç-altyapı veya araç-arac iletişim teknolojisinin kullanabilmektedir. Bu şekilde araç çevresiyle devamlı bir iletişim halinde kalabilmektedir. Dış çevrede yer alan engel veyahut nesnelere veri akışı sayesinde algılayabilmektedir. Aracın sınırları içerisinde aktif olan bağlantı, akıllı ulaşım sistemi (AUS) kurgusundaki anahtar kısımdır. Bahsi geçen ağ sayesinde araçlardan elde edilen veriler yardımıyla güvenlik, verimlilik ve hareketlilik için trafik yönetimini analiz ederek optimize edebilecektir. Örneğin, akıllı ulaşım sistemleri araçları trafik sıkışıklığı yaşanan bölgelere sevk edebilmektedir ve aynı zamanda trafiğin en yoğun olduğu zirve saatler ve bu saatler dışında karayolu hız sınırlarını ayarlayabilmektedir (Karaşahin ve Kızıldağ, 2021). Ayrıca otonom ve kooperatif teknolojileri yardımıyla birtakım özelliklerin yük ve otobüs hizmetlerine entegrasyonu yol kapasitelerinin artmasında hayati bir rol oynayabilir. Güvenilirlik, konfor ve zamanın algılanan değeri, uzun yolculuk mesafelerini teşvik edebilir (Faisal ve diğ., 2019).

Geleneksel araç paylaşım hizmetinin önündeki engellerin, sürücüsüz araçların yaygınlaştırılmasıyla çözülebileceği öngörülmektedir. “Hizmet olarak mobilite” (MaaS) kavramı da yarı otonom araçların tanıtımı ile uyumlu hale getirilebilir. Sürücüsüz taksinin geleneksel toplu taşıma hizmetini tamamlayacağı ve potansiyel olarak özel otomobil ve taksilerin yerini alabileceği düşünülmektedir. Çünkü yarı otonom araçların daha ucuz olması ve yolculuk sırasında çoklu görevleri kolaylaştırması beklenmektedir (Faisal ve diğ., 2019).

### 4. Otonom araçların toplum sağlığı üzerindeki etkileri

Otonom araçların toplum sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri, otomasyon düzeyine, kullanım ve mülkiyet tipine, aynı zamanda motor tipine bağlı olarak değişebilmektedir (Rojas-Rueda ve diğ., 2019). Bununla birlikte, konuyla ilgili yapılan varsayımlar ilgili veri tabanına ve uzman görüşlerine dayanmaktadır (Winkle, 2016). Kaza veri tabanları incelendiğinde gerçekleşen çarpışmaların yaklaşık %93'ünün insan hatası nedeniyle meydana geldiğini göstermekte ve araçların tam otomasyonu durumunda bu rakamın tamamen göz ardı edilebileceği tahmin edilmektedir. Otonom araçların seviye 0 ve seviye 1 özellikleri bile trafik kazalarının üçte birini en aza indirme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir (Bagloee ve diğ., 2016). Mercedes-Benz üreticisi Daimler, 2010 yılında araç güvenliği ve çarpışma araştırmaları üzerine bir tahmin modeli yayınlamıştır ve bu model, artan otomasyonun kazaların 2020 yılına kadar %10, 2050 yılına kadar %50, 2060 yılına kadar %71 oranında azalmasıyla sonuçlanabileceğini öne sürmektedir (Winkle, 2016). ABD'de yapılan bir araştırma, ülkedeki araç filosunun %10 ve %90'ının otonoma dönüştürülmesinin yıllık kazaları sırasıyla 0,2 ve 4,2 milyon azaltacağını ve yılda sırasıyla 1.100 ve 21.700 insanın hayatını kurtarabileceğini öngörmektedir (Faisal ve diğ., 2019).



Otonom araçların toplum üzerindeki etkilerini doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayırmak mümkündür. “Doğrudan etkiler”, otonom araçları kullanan yolcuların karşılaştığı etkileri ifade eder. “Dolaylı etkiler”, otonom araçların yaygın şekilde uygulanmasından sonra ortaya çıkan ve daha geniş bir topluluğu etkileyen etkileri ifade eder (Rojas-Rueda ve diğ., 2019).

Trafik güvenliğinin artması, fiziksel aktivitenin artması ile sağlığın iyileşmesi, hava kirliliği emisyonu ve gürültünün azalması, elektromanyetik alanın artması, sürüş stresinin azalması, sosyal etkileşimleri artırması otonom araçların toplum sağlığı üzerindeki direkt etkileri arasındadır. Trafik sıkışıklığı, toplu taşıma üzerindeki etkisi, arazi kullanımı ve sağlıklı kentsel tasarım, sosyal eşitlik, ekonomi gibi konular da dolaylı etkiler olarak kabul edilmiştir. Genel olarak bakıldığında otonom araçlar, halk sağlığını etkileyecek yenilikçi bir ulaşım müdahalesidir. Trafik güvenliği ile ilişkili beklenen faydaların yanı sıra, otonom araçlar tamamen elektrikli (yenilenebilir kaynaklara bağlı olarak), araç paylaşımını bir formatta ve toplu ve aktif ulaşım modları ile entegre olarak uygulandığında, otonom araçlar halk sağlığı için büyük fırsatlar sunabilir.

## 5. Sonuç

Gelecekte nüfusun yarıdan fazlasının büyük kentlerde yaşaması beklenmektedir. Dolayısıyla gelişen teknolojiye ayak uydurmak suretiyle yaşam alanlarımızı daha kaliteli hale getirmek çok önemlidir. İleriki yıllarda oluşturulacak akıllı şehirlerde de gereken altyapıları hazırlamak bu uyumun ilk adımlarından olacaktır. Otonom sürüşün bu anlamda katkılarının büyük olacağı öngörülmektedir. Öncelikli olarak trafikte oluşan düzensizlik ve kaza oranını düşürmesi, trafik güvenliğini artırması, otopark alanlarının azalması sonucu yeşil alanların artması otonom araçların sağladığı katkılardan bazılarıdır. Bunların yanı sıra hava kirliliğini düşürmesi, dolaylı olarak ulaşım teknolojilerine ulaşmanın kolaylaşmasıyla şehirleşmeyi daha geniş bir alana yayması, yeni istihdam alanlarının açılması ve vatandaşların trafiğin rahatlaması ile psikolojik olarak daha sağlıklı hale gelmesi de sağlayacağı faydalar arasında bulunmaktadır.

Ayrıca sürücüsüz araçların lojistik, mobilite hizmeti gibi akıllı ulaşım sistemleri uygulamalarıyla entegre edilerek kullanılması başta engelli ve yaşlı bireylerin mobiliteye erişimini kolaylaştıracak ve bunun gibi birçok alanda hayat kalitemizi artıracaktır. Otonom araçların ve akıllı ulaşımın bazı dezavantajları ya da zorlukları olabilecektir. Ancak bu zorluklar, gerekli altyapı ve güvenlik önlemleri alındığı takdirde aşılamayacak problemler değildir. Bu gelişmelerin faydaları göz önünde bulundurulduğunda insanların yaşam kalitesini ortalamanın üstünde artıracığı öngörülmektedir.

### Araştırmacıların katkı oranı beyanı

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

### Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

### Çıkar çatışması beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Referanslar

- Anderson, J. M., Nidhi, K., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C., & Oluwatola, O. A.** (2014). Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers. Rand Corporation.
- Bagloee, S. A., Tavana, M., Asadi, M., & Oliver, T.** (2016). Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies. *Journal of Modern Transportation*, 24(4), 284–303. <https://doi.org/10.1007/s40534-016-0117-3>
- Campbell, S., O’Mahony, N., Krpalcova, L., Riordan, D., Walsh, J., Murphy, A., & Ryan, C.** (2018). Sensor Technology in Autonomous Vehicles: A review. 29th Irish Signals and Systems Conference, ISSC 2018. <https://doi.org/10.1109/ISSC.2018.8585340>

**Demir, Abdullah, et al.** (2012). Geçmişten günümüze otomobil teknolojileri. Mimar ve Mühendis Dergisi 64, 60-63.

**Faisal, A., Yigitcanlar, T., Currie, G., Journal, S., Use, L., & Yigitcanlar, T.** (2019). Understanding autonomous vehicles Linked references are available on JSTOR for this article : Understanding autonomous vehicles : A systematic literature re- view on capability , impact , planning and policy. Journal of Transport and Land Use, 12(1), 45–72.

**Özbay, H., Közkurt, C., DALCALI, A., & Tektaş, M.** (2020). Geleceğin ulaşım tercihi: Elektrikli araçlar. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 3(1), 34-50.

**Karasaşin, M., & Kızıltaş, M. Ç.** (2021). Otonom Araçların Teknolojik Gelişim Süreci ve Trafik Seyir Özelliklerinin İncelenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9,1374–1381. <https://doi.org/10.29130/dubited.908525>

**Litman, T.** (2017). Autonomous vehicle implementation predictions (p. 28). Victoria, BC, Canada: Victoria Transport Policy Institute.

**Liu, Z., Jiang, H., Tan, H., & Zhao, F.** (2020). An Overview of the Latest Progress and Core Challenge of Autonomous Vehicle Technologies. MATEC Web of Conferences, 308, 06002. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202030806002>

**Moorthy, A., De Kleine, R., Keoleian, G., Good, J., & Lewis, G.** (2017). Shared autonomous vehicles as a sustainable solution to the last mile problem: A case study of Ann Arbor-Detroit area. SAE International Journal of Passenger Cars-Electronic and Electrical Systems, 10(2).

**Rojas-Rueda, D., Nieuwenhuijsen, M. J., Khreis, H., & Frumkin, H.** (2019). Autonomous vehicles and public health. Annual Review of Public Health, 41(April), 329–345. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040119-094035>

**Shi, W., & Liu, L.** (2021). Autonomous Driving Simulators. In Computing Systems for Autonomous Driving (pp. 143-156). Springer, Cham.

**Snyder, R.** (2016). Implications of autonomous vehicles: A planner's perspective. Institute of Transportation Engineers. ITE Journal, 86(12), 25.

**Url1** <<https://tr.euronews.com/2016/09/27/dso-dunya-nufusunun-yuzde-92-si-kirli-hava-soluyor>>, erişim tarihi 21.09.2022.

**Url2** <<https://blog.dogasigorta.com/otonom-surucusuz-araclar-nedir-nasil-calisir.html>>, erişim tarihi 21.09.2022.

**Url3** <<https://motorlu.net/rehber/serit-takip-sistemi-nedir>>, erişim tarihi 21.09.2022.

**Url4** <<https://www.arabam.com/blog/danisman/adaptif-cruise-control-nediracc-ve-nasil-calisir/>>, erişim tarihi 21.09.2022.

**Url5** <<https://europe.autonews.com/article/20180508/ANE/180509829/in-self-driving-car-race-waymo-leads-traditional-automakers>>, erişim tarihi 21.09.2022.

**Url6** <<https://www.its.dot.gov/v2i/>>, erişim tarihi 21.09.2022.

**Url7** <<https://muhendisbilir.com/otonom-araclar-ve-calisma-prensibi/>>, erişim tarihi 21.09.2022.

**Webb, J., Wilson, C., & Kularatne, T.** (2019). Will people accept shared autonomous electric vehicles. A survey before and after receipt of the costs and benefits. Economic Analysis and Policy, 61, 118–135.

**Winkle, T.** (2016). Safety benefits of automated vehicles: Extended findings from accident research for development, validation and testing. In Autonomous driving (pp. 335-364). Springer, Berlin,

Heidelberg.

**Xu, W., Yan, C., Jia, W., Ji, X., & Liu, J.** (2018). Analyzing and Enhancing the Security of Ultrasonic Sensors for Autonomous Vehicles. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(6), 5015–5029.

**Yiğit, E., Oner, A. E., & Yöntem, O.** (2020). Otonom Araçların Otomotiv Sektörüne Etkileri ve Beraberinde Getirdiği Yenilikler. *European Journal of Science and Technology*, November, 181–186. <https://doi.org/10.31590/ejosat.820722>