

Dijital Dönüşüm Sürecinde Akıllı Kent Uygulamalarının Çevresel Sürdürülebilirliğe Etkisi

The Impact of Smart City Applications on Environmental Sustainability in the Digital Transformation Process

Ahmet Kayan¹ 
İsmail Mardinli^{2*} 

¹ Harran Üniversitesi, Kamu Yönetimi
Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye,
akayan2002@gmail.com,
ror.org/057qfs197

² Bağımsız Araştırmacı,
Şanlıurfa, Türkiye,
ismailmardinli63@gmail.com

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author



Geliş Tarihi/Received: 07.08.2025
Kabul Tarihi/Accepted: 25.12.2025
Yayınlanma Tarihi/ Available Online:
30.12.2025

Öz: Dijital dönüşüm, günümüz bilgi çağında sunduğu olanaklar ve sağladığı kolaylıklar doğrultusunda, vazgeçilmez bir süreç olarak öne çıkmaktadır. Sanayileşme, kentleşme ve nüfus artışının hız kazanmasıyla birlikte doğal kaynaklara olan talep önemli ölçüde artmıştır. Bu artan talep, doğanın kendini yenileme kapasitesini aşacak şekilde karşılanmış ve bunun sonucunda çeşitli çevresel problemler ortaya çıkmıştır. Bu çalışmanın temel amacı, bilgi toplumu çağında yaşanan dijital dönüşüm sürecinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ortaya koymaya çalışmaktır. Ayrıca araştırmada, dijital dönüşüm süreciyle birlikte gelişen akıllı kent uygulamalarının çevresel sürdürülebilirliğe katkısı hem dünya genelinden hem de Türkiye'den örnek uygulamalarla incelenmektedir. Araştırma bulguları, günümüz dijital dönüşüm sürecinde hayatın birçok alanında bilinçsiz teknoloji kullanımının giderek arttığını ve bu durumun çevreyi, dolayısıyla tüm canlı yaşamını tehdit ettiğini göstermektedir. Bu bağlamda, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için yenilikçi dijital çözümlerin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Özellikle sera gazı emisyonlarının yoğun olduğu ve çevresel faktörlerden bağımsız düşünülemeyecek kentlere odaklanması büyük önem taşımaktadır. Bu da dijital dönüşüm sürecinin bir parçası olan akıllı kent uygulamalarını çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında ön plana çıkarmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Dijital Dönüşüm, Akıllı Kent, Çevre Sorunları, Çevresel Sürdürülebilirlik

Abstract: Digital transformation stands out as an indispensable process in today's information age, given the opportunities it offers and the conveniences it provides. With the acceleration of industrialisation, urbanisation and population growth, demand for natural resources has increased significantly. This growing demand has exceeded nature's capacity to renew itself, resulting in various environmental problems. The main objective of this study is to examine the impact of the digital transformation process in the information society on environmental sustainability. The research also examines the contribution of smart city applications, which have developed alongside the digital transformation process, to environmental sustainability, using examples from both around the world and Turkey. Research findings indicate that in today's digital transformation process, unconscious technology use is increasing in many areas of life and that this situation threatens the environment and, consequently, all living things. In this context, innovative digital solutions must be implemented to ensure environmental sustainability. It is particularly important to focus on cities where greenhouse gas emissions are high, and which cannot be considered independently of environmental factors. This brings smart city applications, which are part of the digital transformation process, to the forefront in ensuring environmental sustainability.

Keywords: Digitalisation, Digital Transformation, Smart City, Environmental Issues, Environmental Sustainability

Extended Abstract

Urbanisation, industrialisation, population growth and technological developments, which gained momentum after the Industrial Revolution, have led to a significant increase in energy consumption. Over time, the rapid depletion of natural resources and environmental degradation reaching levels that threaten human life have brought to the fore the need to protect resources and adopt an environmentally conscious approach. Due to industrialisation and increasing population density, the

rise in greenhouse gas emissions has made cities key areas of intervention in ensuring environmental sustainability. Furthermore, the fact that more than half of the world's population now lives in cities, and that most environmental problems are related to cities, necessitates the establishment of a close relationship between urbanisation and environmental problems. In this context, it is of great importance that efforts towards environmental sustainability are supported by innovative strategies that are in line with the requirements of the digital information age rather than traditional methods. In this context, smart city applications covering areas of critical importance for sustainability, such as waste management, recycling and renewable energy, are coming to the fore. The environmental problems brought about by the ever-increasing urban population make the use of innovative technological solutions inevitable. Indeed, numerous smart city applications are being used both globally and in Turkey to support environmental sustainability. The fact that the requirements for ensuring environmental sustainability are largely concentrated in cities has made it necessary to address smart city applications in this study. In this context, smart city applications implemented to support environmental sustainability have been included, and an attempt has been made to reveal the contributions of these applications to environmental sustainability. After the Industrial Revolution, cities continued to receive large numbers of migrants and became centers of industrialisation, which led to various environmental problems in these cities. This situation led to the emergence of a city model that provided solutions to environmental problems. The concept of smart cities, which emerged in this context, refers to cities where information and communication technologies are used to ensure urban sustainability. With more than half of the world's population living in cities, the urban population continuing to grow day by day, environmental problems in cities increasing steadily, and the demands of city dwellers growing day by day, it is clear that the cities of the future must be smart cities, a version of digital transformation, in order to develop effective and appropriate solutions to these problems. This is because technology-based innovative applications implemented within the scope of smart city applications offer significant advantages in terms of ensuring environmental sustainability, as they do in many other areas. Smart city applications, which offer significant advantages in terms of environmental sustainability, have begun to be used as a solution both globally and in our country. When considering smart city projects implemented in Turkey to achieve environmental sustainability goals, it is evident that these projects generally involve the gradual reduction of fossil fuels, water management, recycling, waste management, and renewable energy production. In this context, when looking at smart city applications around the world, these applications are integrated into the structure of the city in line with smart city goals to ensure environmental sustainability and are also adopted as a way of life by individuals in the city. It has been observed that these applications are successfully implemented in all areas that are prerequisites for environmental sustainability, such as the protection of biological diversity and renewable energy, and that they provide significant advantages in terms of environmental sustainability. When implementing these initiatives, Turkey, like many other countries around the world, faces numerous obstacles. The main challenges include high initial costs, maintenance and repair expenses, lack of technological infrastructure, and shortages of qualified personnel. To overcome these obstacles, each city must first determine its smart city strategy in line with its capabilities. These strategies must include the elements that form the infrastructure of a smart city. Public participation is crucial to the success of these applications. Therefore, steps must be taken to raise public awareness, such as digital literacy training. Additionally, projects developed in collaboration with universities' specialised units in urban environmental issues should be established to allocate resources to this field, and support should be sought from national and international project financing institutions. Together with public institutions in cities, civil society organisations, voluntary organisations, local communities and citizens should be encouraged to participate voluntarily in finding solutions to urban environmental problems.

1. Giriş

Yüzyıllar boyunca doğa, insanlar tarafından tükenmez bir kaynak olarak görülmüş ve bu doğrultuda bilinçsizce kullanılmıştır. Doğanın uzun süre sorumsuz ve bilinçsizce kullanılması çevresel anlamda ciddi sorunlara yol açmıştır. Sanayi Devrimi sonrası ivme kazanan kentleşme, sanayileşme, nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler, enerji tüketiminde ciddi bir artışa yol açmış; bu da teknoloji kullanımının giderek artmasına ve çevresel sorunların daha da derinleşmesine neden olmuştur. Ancak bu sorunlar başlangıçta yeterince dikkate alınmamıştır. Zamanla doğal kaynakların hızla tükenmesi ve çevresel bozulmanın insan yaşamını tehdit edecek düzeye ulaşması, kaynakların korunması ve çevreye duyarlı bir yaklaşımın benimsenmesi gerektiği düşüncesini gündeme getirmiştir (Topal, 2011, s. 139). 1954 yılında bir hafta içinde Londra'da 4000'den fazla insanın ölmesi, İskandinav ülkelerinde asit yağmurlarından dolayı denizlerde kitlesel olarak balıkların ölmesi, sanayileşmiş Batı Avrupa ülkelerinde asit yağmurlarının ormanlara, eşyalara ciddi zarar vermesi gibi gelişmeler, doğal kaynakların etkin ve sürdürülebilir bir biçimde kullanılmasını esas alan çevresel sürdürülebilirliğin küresel ölçekte temel bir ilke olarak benimsenmesini sağlamıştır.

Çevresel sürdürülebilirlik; yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı, atık yönetimi, su kaynaklarının etkin kullanımı ile iklim değişikliğiyle mücadele gibi çok sayıda unsuru kapsayan ve doğal kaynakların devamlılığını sağlamayı amaçlayan bütüncül bir yaklaşımdır. Bu unsurların etkilerinin büyük ölçüde kentlerde yoğunlaşması, çevresel sürdürülebilirlik çalışmalarının kentsel ölçeğe odaklanmasını gerekli kılmıştır. Özellikle sanayileşme ve artan nüfus yoğunluğu nedeniyle sera gazı emisyonlarında yaşanan artış, kentleri çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında temel müdahale alanları olarak öne çıkarmaktadır (Tuğaç, 2019, ss. 51-52). Ayrıca günümüzde dünya nüfusunun yarısından fazlasının kentlerde yaşaması, çevre sorunlarının çoğunun kentlerle ilintili olması kentleşme ile çevre sorunları arasında yakın ilişki kurulmasını gerektirmektedir. Bu çerçevede, çevresel sürdürülebilirliğe yönelik çabaların geleneksel yöntemlerden ziyade dijital bilgi çağına gerekliliklerine uygun yenilikçi stratejilerle desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda; atık yönetimi, geri dönüşüm ve yenilenebilir enerji gibi sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahip alanları kapsayan akıllı kent uygulamaları ön plana çıkmaktadır.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin sunduğu olanaklarla geliştirilen akıllı kent uygulamaları, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve kentsel yaşam kalitesinin artırılmasında kritik bir rol üstlenmektedir. Sürekli artan kentsel nüfusun beraberinde getirdiği çevresel sorunlar, yenilikçi teknolojik çözümlerin kullanımını kaçınılmaz kılmaktadır. Nitekim hem küresel ölçekte hem de Türkiye'de çevresel sürdürülebilirliği desteklemek amacıyla çok sayıda akıllı kent uygulamasının kullanıldığı gözlemlenmektedir (Eremia vd., 2017, s. 13).

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik gereksinimlerin büyük ölçüde kentlerde yoğunlaşması, bu çalışmada akıllı kent uygulamalarının ele alınmasını gerekli kılmıştır. Bu bağlamda, çevresel sürdürülebilirliği desteklemek amacıyla hayata geçirilen akıllı kent uygulamalarına yer verilmiş ve söz konusu uygulamaların çevresel sürdürülebilirliğe olan katkıları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. Dijital Dönüşüm

Dijital dönüşüm sürekli ve dinamik bir süreci ifade eder. Bu nedenle dijital dönüşümün genel olarak ne olduğu ve neleri kapsadığına ilişkin üzerinde fikir birliğine varılan bir tanımlaması bulunmamaktadır (Haffke vd., 2016, s. 2). Dijital dönüşüm, bir süreç olarak ele alındığında, dijital teknolojiler kullanarak yeni fırsatlar ve değerler oluşturmaya, aynı zamanda sosyal yapıları bu teknolojiler aracılığıyla güçlendirerek daha verimli hâle getirmeyi amaçlayan dinamik bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda dijital dönüşüm, insan, süreç ve teknoloji adaptasyonunu temel bileşenler olarak içeren bir süreç tasarımı şeklinde değerlendirilmektedir. Söz konusu bileşenlerin çeşitliliği, dijital dönüşümü

sistem yaklaşımı çerçevesinde açıklamayı gerekli kılmaktadır. Zira dönüşüm, mevcut düzenden tam anlamıyla kopmayı değil; sistemin değişime uyum sağlayarak varlığını sürdürebilmesini hedefleyen bir uyarılma sürecidir. Bu çerçevede, dönüşüm sürecinin temel bileşenleri arasındaki ilişkide; insan özne, teknoloji nesne ve süreç ise bu iki unsur arasındaki etkileşimi tanımlayan yüklem olarak konumlandırılmaktadır (Bozkurt vd., 2021, s. 40).

Dijital dönüşüm, yalnızca teknik bir değişim süreci olmanın ötesinde; kurumların iş görme becerilerini, hedeflerini ve temel ilkelerini etkileyen, çok aşamalı ve çok yönlü bir dönüşüm sürecini ifade etmektedir. Bu süreç, teknik unsurların yanı sıra sosyal boyutları da kapsamakta ve kurumların tüm yapısal dinamiklerini yeniden şekillendirmeyi amaçlamaktadır (Kane vd., 2015, s. 5). Dolayısıyla dijital dönüşümü birkaç teknolojiye indirgeyerek ele almak eksik olacaktır. Bu teknolojiler, yalnızca teknik ilerlemeleri değil, aynı zamanda toplumsal ve kurumsal yapılar üzerinde derinlemesine etkiler oluşturan kapsamlı bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Bilgi çağı olarak nitelendirilen bu dönemde dijitalleşme süreci teknolojik gelişmeler sayesinde tek yönlü olmaktan çıkarak interaktif bir hal almıştır. Bu açıklamalardan hareketle dijital dönüşüm, dijitalleşme sürecinin her geçen gün ilerleme gösteren teknolojilerin sağladığı imkânlar ve çeşitlilik gösteren toplumsal talepler kapsamında daha etkin hizmet sunabilmek ve faydalanıcıların memnuniyetini sağlayabilmek amacıyla insan, iş süreçleri ve teknoloji unsurlarında gerçekleştirmiş olduğu kapsamlı bir dönüşümü ifade etmektedir (Yankın, 2019, s. 15).

Dijital dönüşümün günümüz bilgi çağında sunmuş olduğu imkânlar ve kolaylıklar göz önüne alındığında artık vazgeçilmez bir süreç olduğu açıktır. Dolayısıyla dijital dönüşüm kapsamında karşılaşılan engelleri aşmak büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda dijital dönüşümün ilgili sistemin yalnızca belirli unsurlarında değil, tüm unsurları kapsayacak şekilde gerçekleşmesi halinde başarıya ulaşabileceğini söylemek yanlış olmayacaktır.

3. Çevresel Sürdürülebilirlik

Çevrenin değişimi ve şekillenmesi uygarlığın ilk dönemlerinden itibaren başlamıştır. Bu dönemde, çevre üzerindeki insan kaynaklı tahribatlar başlangıçta sınırlı düzeyde kalmış olsa da zamanla insanların artan tüketim arzusu, çevrenin daha fazla tahrip edilmesine yol açmıştır. İnsan faaliyetleri ve çevresel değişimler birbirlerine neden sonuç ilişkisi açısından bağlı olan iki kavramdır (Balteanu & Dogaru, 2011, s. 1). Nitekim insanların çevreye karşı yapmış oldukları eylemler, çevre sorunlarının temel kaynağını oluşturmaktadır (Keleş, 2015, s. 134).

İnsanların göçebe yaşam tarzından yerleşik hayata geçmesiyle hız kazanan çevresel bozulma, sanayileşme hareketleri ve teknolojik gelişmelerle daha da hızlanmıştır. İnsan kaynaklı çevresel değişimler 19. yüzyıl itibarıyla bariz bir şekilde ortaya çıkmıştır. Sanayileşme ve gelişen teknoloji sayesinde insanlar çevre üzerinde hâkimiyet kurmaya başlamış ancak bu hâkimiyet sonucunda çevrenin olumsuz cevabı ile karşı karşıya kalmıştır. Bunun sonucunda insanların çevreye karşı farkındalığı artmış ve çevre sorunlarına karşı önlem alınmadığı takdirde gelecekte çok daha büyük sorunların ortaya çıkabileceği düşüncesi insanlarda çevre bilincinin oluşmasına neden olmuştur (Menteşe, 2017, s. 382).

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme hızındaki artış çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olan en önemli üç etkeni oluşturmaktadır (Kayan, 2018, s. 305). Başlangıçta hızlı nüfus artışının en büyük etken olduğu düşünülse de sanayileşme ve kentleşme ile birlikte insanoğlunun yaşayış biçiminin değişmesi asıl neden olarak karşımıza çıkmaktadır (Topal, 2011, s. 139). Özellikle de aşırı tüketim anlayışı en temel etkidir. Çünkü insanlar daha fazla kazanma arzusuyla doğal kaynakların kendilerini yenileyebilmesine imkân tanımayacak şekilde tüketim gerçekleştirmektedir. Bu tür gelişmeler çevre üzerindeki tahribatın artmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

Teknolojik ilerlemeler, beraberinde büyük ölçekte enerji tüketimini ve elektronik atık oluşumunu getirmiş; bu süreç çevre üzerinde çeşitli olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Çevresel sorunların giderek artması ve daha görünür hâle gelmesi, ekolojik dengenin bozulmasına ve buna bağlı

olarak da sağlık sorunlarının yaygınlaşmasına yol açmıştır. Bu gelişmeler, çevresel sürdürülebilirlik ilkesinin önemini gündeme getirmiştir. Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların devamlılığını sağlamayı amaçlayan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Kaypak, 2011, s. 26). Başka bir tanıma göre ise, toplumun gereksinimlerini karşılarken, ekosistemin taşıma kapasitesini aşmayacak ve biyolojik çeşitliliğe zarar vermeyecek şekilde kaynak kullanımını mümkün kılan dengeli bir durum olarak açıklanmaktadır (Morelli, 2011, s. 5). Çevresel sürdürülebilirlik hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen doğal kaynakların kullanımına yönelik belirli sınırlamalar öngörmektedir. Bu sınırlamalar, çevrenin uzun vadeli korunmasını ve sürdürülebilirliğini sağlamayı amaçlamaktadır. Çevresel sürdürülebilirliğin etkin bir şekilde sağlanması, genel olarak aşağıda sıralanan temel koşulların hayata geçirilmesine bağlıdır (Güner, 2020, s. 25):

Şekil 1

Çevresel Sürdürülebilirliğin Koşulları



Kaynak: (Güner, 2020)

Çevresel sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınmanın ayrılmaz bir parçasıdır. Bu kapsamda sürdürülebilir kalkınma açısından çevresel sürdürülebilirliğin temel ilkelerini şu şekilde belirtmek mümkündür (Moldan vd., 2012, s. 6):

- Doğal kaynakları verimli şekilde yöneterek ekosistemin bütünlüğüne zarar vermemek,
- Sağlıklı ve doğru bilgilere dayanarak karar almak,
- Sosyal ve çevresel ara yüz oluşturmak,
- Atıkları geri dönüşüme kazandırmak,
- Yenilenemeyen kaynakları etkin ve verimli kullanmak,
- Yapılan geri dönüşlere önem vermek,
- Çeşitli ölçeklerin önemsenmesi,
- Değişen durumlara karşı gerekli tepkiyi verebilmek,
- Çevreye ve biyolojik çeşitliliğe saygı duymak.

4. Dijital Dönüşüm ve Çevresel Sürdürülebilirlik İlişkisi

Dijital dönüşüm sürecinin en yoğun etkileşim içinde olduğu alanlardan biri de çevredir. Teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla birlikte elektronik araçların kullanımında meydana gelen artış, elektrik tüketiminin ve enerji talebinin yükselmesine, buna bağlı olarak da yoğun karbondioksit salınımına neden olmuştur. Ortaya çıkan çevresel olumsuzluklar, ülkelerin dijital dönüşüm süreçlerini çevresel sürdürülebilirlik ilkesini gözeterek yürütmelerini zorunlu hâle getirmiştir. Zira çevresel sürdürülebilirliğin göz ardı edildiği dijital dönüşüm girişimleri, ilk etapta olumlu görünse de uzun vadede gelecek nesiller için yaşanabilir bir çevrenin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Şeker, 2021, s. 373). Bu gerçekliği kabul eden ülkeler, ekonomik faaliyetlerin devamlılığını sağlayacak ve çevresel sorunları da asgari düzeye indirecek teknolojik uygulamaları hayata geçirmeye başlamıştır. Bu bağlamda, atık üretimini en aza indiren, üretim ve tüketim aşamalarında çevreye zarar vermeyen çevreci teknolojilere özel önem verilmektedir. Özellikle gelişmiş ülkeler, eski teknolojilerin sebep olduğu çevresel sorunlardan kaçınmak ve ekonomik verimlilik ile çevresel sürdürülebilirliği eş zamanlı olarak sağlamak amacıyla çevre dostu teknolojilerin kullanımını teşvik etmektedir. Birçok ülkede hükümetler ve yerel yönetimler, çevresel problemlere karşı çözüm üretmek adına çevreci teknolojilere yönelmiştir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde karbon bazlı fosil yakıtların yerine bitkisel kaynaklardan üretilen biyoyakıtların kullanımı, ekonomik yararından ziyade çevresel katkısı nedeniyle ön plana çıkmaktadır (Kayaer, 2013, s. 140).

Bu kapsamda dijital dönüşüm sürecinin çevresel sürdürülebilirlik üzerinde oluşturmuş olduğu olumsuz etkileri asgari düzeye çekebilmek için yapılması gerekenleri şu şekilde belirtmek mümkündür:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma,
- Geri dönüşümde yenilikçi çözümlerin geliştirilmesi,
- Çevre dostu yenilikçi uygulamalara geçişin sağlanması,
- Akıllı uygulamalar aracılığıyla çevre konusunda bilincin artırılması.

Günümüzde çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması, birçok unsuru içerisinde barındıran temel yaşam alanları olarak kentlere odaklanılmayı gerekli kılmaktadır. Ayrıca 2050 yılına gelindiğinde dünyadaki nüfusun %68'inin kentlerde yaşayacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla geleceğin kentlerinde yüksek nüfus ile birlikte atık üretimimin de artması beklenmektedir. Nitekim yapılan araştırma kentleşmede yaşanan artışın atık üretiminin artmasına neden olduğunu ortaya koymuştur (Marmara Belediyeler Birliği, 2015). Bu kapsamda kentteki atık miktarının çevrenin taşıma kapasitenin altında olmasına ve kentteki tüketim düzeyinin ise mevcut doğal kaynakların sağlayacağı imkanların altında tutulmasına dikkat edilmelidir. Bunun için ise kentteki altyapı ve atık sistemlerinin doğru şekilde planlandığı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı ve çevresel sürdürülebilirliğin ön planda olduğu akıllı kent uygulamaları büyük önem arz etmektedir.

Sanayi Devrimi'nden sonra kentlerin yoğun göçler almaya devam etmesi ve sanayileşmenin merkezi olmaları, söz konusu kentlerde çeşitli çevresel sorunlara neden olmuştur. Bu durum çevresel sorunlara çözüm getiren kent modellerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. İşte bu kapsamda ortaya çıkan akıllı kent kavramı, bilgi iletişim teknolojilerinin kentsel sürdürülebilirliği sağlamak için kullanıldığı kenti ifade etmektedir. Ayrıca atık yönetimi ve şehir trafiği gibi sorunların çözümü için kentsel verilerin kullanıldığı kent olarak da tanımlanmaktadır (Varol, 2017, s. 44).

2050 yılına kadar dünyada kentsel nüfusun iki katına çıkacağı düşünülmektedir. Bu da aşırı artan kentsel nüfus nedeniyle kentlerdeki enerji tüketiminin daha da artmasına ve buna bağlı olarak da çevresel sorunların yaygınlaşmasına neden olacaktır. Bu sorunların ve diğer çevresel sorunların çözümünde akıllı kent uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Akıllı kentler çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve daha kaliteli bir kentsel yaşam oluşturabilmesi için 6 temel bileşene sahiptir. Bunlar (Uçar vd., 2017, s. 1788):

Şekil 2*Akıllı Kentin Temel Bileşenleri*

Kaynak: (Uçar vd., 2017, s. 1788)

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemli avantajlar içeren akıllı kent uygulamaları ülkeler açısından bir çözüm aracı olarak kullanılmaya başlamıştır. Dolayısıyla çalışmanın bu bölümünde yukarıda belirtilmiş olan şartlar bağlamında çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması konusunda hem dünyada hem de Türkiye’de hayata geçirilen akıllı kent uygulama örneklerine yer verilmiştir.

Dünyada nüfusun yarısından fazlasının kentlerde yaşaması, kentsel nüfusun gün geçtikçe artmaya devam etmesi, kentlerdeki çevre sorunlarının giderek artış göstermesi ve kent halkının taleplerinin gün geçtikçe artması karşısında sorunlara etkin ve amaca uygun çözüm önerileri geliştirmek için geleceğin kentlerinin dijital dönüşümün bir versiyonu olan akıllı kent olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

5. Dünya’da Çevresel Sürdürülebilirliğin Sağlanması Kapsamında Uygulanan Akıllı Kent Uygulama Örnekleri

Dijitalleşme, 21. yüzyılın başlarından itibaren toplumsal, ekonomik ve yönetsel yapılarda köklü bir dönüşüm sürecini beraberinde getirmiştir. Özellikle nesnelerin interneti, yapay zekâ vb. teknolojilerin hızlı gelişimi ve küresel ölçekte benimsenmesi, yalnızca üretim süreçlerinde değil, yaşamın pek çok alanında da yapısal değişikliklere yol açmıştır. Bu dijital teknolojiler; ulaşım sistemlerinden akıllı şehir uygulamalarına, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımından atık yönetimine kadar birçok çevresel sürdürülebilirlik alanını da doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla dijitalleşme, yalnızca teknolojik bir evrim olarak değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda çevresel, toplumsal ve yönetsel dönüşümlerin temel bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir.

Dijitalleşmenin itici gücünü teknoloji oluşturmaktadır. Dolayısıyla dijitalleşmenin etki ettiği alanlarda teknoloji tabanlı değişimler meydana gelmektedir. Bu kapsamda akıllı kent uygulamaları en tipik örnekler olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıllı kentler, insan müdahalesi olmadan birbiriyle iletişim kurabilen sensörler ve akıllı ulaşım gibi teknolojik uygulamaların yer aldığı, yaşam kalitesine, kentlerin ve çevrenin sürdürülebilirliğine önem veren, insan odaklı yaşam alanlarını ifade etmektedir (Uysal Şahin, 2021, s. 236). Akıllı kentler, bilgi ve iletişim teknolojilerinin yoğun biçimde kullanılması yoluyla kentsel yaşam kalitesinin artırılmasını ve sürdürülebilirliğin sağlanmasını amaçlayan bütüncül bir kentleşme yaklaşımını ifade etmektedir. Dolayısıyla yalnızca teknolojik altyapının varlığı değil; kurumsal yapılar, büyük veri yönetimi ve insan faktörü de akıllı kentlerin inşasında belirleyici unsurlar

arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda, yönetim anlayışı, bireylerin eğitim düzeyi ve teknolojiyi etkin kullanma kapasiteleri de akıllı kentlerin başarısı açısından kritik öneme sahiptir. Zira akıllı kentler, sadece teknolojik donanımıyla değil, aynı zamanda bilinçli, katılımcı ve dijital okuryazarlığa sahip bireylerin oluşturduğu toplumsal yapı ile de tanımlanmaktadır (Özer, 2020, s. 53). Akıllı kent uygulamaları kapsamında hayata geçirilen teknoloji tabanlı yenilikçi uygulamalar birçok alanda olduğu gibi çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından da önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu kapsamda dünyada çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli faydalar sağlayan akıllı kent uygulama örneklerine aşağıda yer verilmiştir.

İsveç'in Stockholm Belediyesi, "Smart Och Uppkopplad Stad" (Akıllı ve Bağlı Kent) sloganıyla akıllı kent vizyonunu benimseyerek, kentsel yaşam kalitesini artırmayı ve sürdürülebilir bir kentsel çevre oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, kent yönetimi özellikle kent sakinlerinin yaşamını kolaylaştıracak yeni teknolojilerin entegrasyonu ve bu teknolojilere herkesin eşit erişimini sağlama yönünde çeşitli çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmaların temel hedefi; yenilikçiliğin sürekliliğini sağlayan, çevresel etkileri asgari düzeye indiren ve tüm bireylerin dijital hizmetlerden eşit şekilde faydalanabildiği bütüncül ve sürdürülebilir bir kent yapısı inşa etmektir. Stockholm Belediyesi, bu kapsamda 2040 yılına kadar dünyanın en akıllı kenti olma hedefini ortaya koymuştur (Şahin & Yılmaz, 2019, s. 2906). Stockholm, akıllı kent uygulamaları bakımından küresel ölçekte öncü konumda bulunmaktadır. Kent, dünyanın en geniş fiber optik altyapısına sahip şehirlerinden biri olup, 60'tan fazla e-hizmet ve 30'dan fazla mobil uygulama ile dijital kamu hizmetleri sunmaktadır. Bu uygulamalar arasında, dijital kapsayıcılığı artırmayı amaçlayan "e-öğrenme" programı dikkat çekmektedir. Söz konusu uygulama aracılığıyla, kentte yaşayan öğrenciler, çalışanlar ve özel sektör temsilcilerine teknoloji kullanımı ve dijital beceriler konusunda çevrim içi eğitimler verilmektedir (Angelidou, 2016, s. 25). Bu yaklaşım, Stockholm'ün yalnızca teknolojik altyapıya değil, aynı zamanda dijital okuryazarlık ve toplumsal katılımcılığa da önem verdiğini göstermektedir.

Stockholm'de hayata geçirilen "Akıllı Aydınlatma Uygulaması", kentsel enerji verimliliğini artırmayı amaçlayan yenilikçi çözümlerden biridir. Bu sistem kapsamında, hareket sensörleriyle donatılmış yaya ve bisiklet yolları ile otomatik olarak kendini kontrol edebilen cadde aydınlatma sistemleri devreye alınmıştır. Söz konusu uygulama, kent genelindeki elektrik tüketiminde yaklaşık %50 oranında bir tasarruf sağlamıştır. Ayrıca, bu aydınlatma sistemini ev ve işyerlerinde kullanmak isteyen bireylere yönelik olarak vergi indirimi teşvikleri sunulmaktadır. Kentte öne çıkan bir diğer dijital uygulama ise "Akıllı Su Yönetimi" sistemidir. "iWater" adı verilen bu sistem aracılığıyla, Stockholm Belediyesi; özel sektör kuruluşları ve diğer kamu kurumlarıyla iş birliği içerisinde, kentteki su kalitesini sürekli olarak izlemektedir. Bu çerçevede su kalitesi ve tüketim düzeyine ilişkin veriler, bulut bilişim altyapısı kullanılarak dijital ortamda depolanmakta ve analiz edilmektedir. Bu uygulama, su kaynaklarının daha etkin ve sürdürülebilir yönetimi açısından önemli bir dijital çözüm örneği sunmaktadır (Şahin & Yılmaz, 2019, s. 2908). Bu sayede kıt bir kaynak olan suyun sürdürülebilir şekilde yönetimi sağlanmaktadır. Bu da hem insanlık için hem de çevre için hayati öneme sahip olan suyun daha akıllı ve ekonomik kullanılmasına imkân sağlamıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin New York kentinde belediye tarafından hayata geçirilen "akıllı çöp kutusu" uygulaması, nesnelerin interneti (IoT) teknolojisinin çevresel sürdürülebilirlik amacıyla kullanıldığı öncü projelerden biri olarak dikkat çekmektedir. Bu uygulama, atık yönetimi konusunda uzmanlaşmış Bigbelly firmasıyla iş birliği içerisinde geliştirilmiş ve kent sakinlerinin kullanımına sunulmuştur. Söz konusu çöp kutuları, üzerlerinde bulunan güneş panelleri aracılığıyla elektrik üretebilme kapasitesine sahiptir. Üretilen enerji, çöp kutusunun iç kısmında yer alan mekanizma tarafından çöpü sıkıştırmak ve bu işlem sonucunda oluşan atık suyu kanalizasyon sistemine iletmek için kullanılmaktadır. Ayrıca bu çöp kutuları, nesnelerin interneti donanımı sayesinde doluluk ve koku seviyelerini tespit edebilmekte ve belirli eşik değerlerinin aşılması durumunda merkezi sisteme otomatik bildirim gönderebilmektedir. Böylece temizlik ekipleri, hangi noktalardaki çöp kutularının

öncelikli olarak boşaltılması gerektiğine dair gerçek zamanlı bilgiye erişebilmekte ve atık toplama süreçlerini daha verimli bir şekilde yönetebilmektedir (Davutoğlu, 2021, s. 802). Bu uygulama sayesinde hem enerji tasarrufu sağlanmakta hem de kentsel çevre kirliliğinin önüne geçilerek çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmaktadır.

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önde gelen akıllı kentlerden biri de Amsterdam'dır. Amsterdam'da akıllı kent uygulamaları ile kentteki çevre sorunlarının çözülmesi ve tamamen sürdürülebilir bir kentsel çevre inşa edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Amsterdam'ın akıllı şehir stratejisi olan "New Amsterdam Climate" programında çevresel sürdürülebilirlik anlamında iki temel hedef belirlenmiştir. Bu hedeflerin ilki kentteki enerji israfının ve karbondioksit emisyonunun azaltılmasını sağlamaktır. İkincisi ise daha sürdürülebilir bir çevre için bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımını sağlayarak teknolojik yeniliğe dayalı sürdürülebilir bir ekonomik büyümeyi gerçekleştirmektir (Mora & Bolici, 2017, s. 255). Bu hedefler doğrultusunda kent yönetimi karbondioksit salınımını 1990 yılına oranla %4 azaltarak 2025 yılında dünyanın en sürdürülebilir kenti unvanını almayı amaçlamaktadır. Kentsel enerji dönüşümü kapsamında AB destekli "City-Zen" projesi ile fosil yakıtların yerine tamamen temiz enerji ile çalışan bir kent oluşturulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda proje ile yenilenebilir enerjilerin binalara, kentsel mekanlara ve insan yaşamına ne şekilde entegre edilebileceği ortaya konulmuştur. Ayrıca kentte atıkları ve kirliliği en aza indirebilmek ve geri dönüşümü sağlayabilmek için ise çeşitli uygulamalar hayata geçirilmiştir. Ulaşımda ise hava kirliliğini azaltmak amacıyla kentte 800 km'lik bisiklet yolu ağı oluşturulmuştur (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019, s. 182).

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla "çevreye dost", "sıfır emisyon" ve "enerji açısından kendine yetebilen" gibi hedeflerle akıllı kent uygulamalarını hayata geçiren diğer bir kent ise Barselona'dır. Bu kapsamda kentte çöpten biyogaz enerjisi üretme ve akıllı su yönetimi uygulamaları ile çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması amaçlanmıştır. Akıllı su yönetimi uygulaması ile kamusal arazilerdeki sensörler aracılığıyla su tüketiminin azaltılması sağlanmış ve böylelikle de su ve maliyetten tasarruf edilmiştir (Karakoç, 2020, s. 171). Ayrıca "Otomatik Atık Toplama Sistemi" isimli akıllı çevre uygulaması aracılığı ile kentteki çöplerin toplanmasında hidrolik vakumlama sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem atılan çöplerin hacimlerini basınçla azaltarak toplama merkezine ulaşmasını sağlamaktadır (Bulut & Aslan, 2019, s. 256). Uygulamaya konulan bu yenilikçi ve çevreci uygulama ile çöp kamyonlarının sayının azalması hem trafik yoğunluğunun hem de fosil yakıt kullanımına bağlı olan çevre kirliliğinin azalmasını sağlamaktadır. Bu da çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemli bir katkı sunmaktadır.

Sahip olduğu nüfus yoğunluğu nedeniyle Asya kıtasının en büyük kentlerinden biri olan Tokyo'da da çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla kaynakların etkin kullanımına imkân tanıyan akıllı uygulamalara geçilmiştir. Bu kapsamda kentte su yönetiminde etkinliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla nesnelerin interneti teknolojisi kullanılmaktadır. Bu teknoloji ile kurulan sensörler sürekli olarak ölçümler yapmakta, verileri merkeze iletmekte ve merkezde de bu veriler anlık olarak takip edilmektedir (Tadokoro & Uemura, 2017, ss. 52-55). Bu uygulama ile kentteki su akışı takip edilerek, kayıp, kaçak, sızıntı gibi durumların yanı sıra su yönetiminde insan sağlığı açısından gerekli olan parametrelerin de takip edilebilmesi önemli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle de dünyada sızıntıdan kaynaklı şebeke suyundaki kayıp oranının %50 olduğu ve 2030'a gelindiğinde şebeke suyuna olan talebin %40'ı geçeceği göz önüne alındığında şebeke suyundaki kayıpların önlenmesini sağlayan bu akıllı uygulamanın su kaynaklarının korunması ve dolayısıyla da çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemli kazanımlar sunduğu görülmektedir (Bulut & Aslan, 2019, s. 257).

Kentsel çevre ve yaşam kalitesine büyük önem veren ve Avrupa'nın en yeşil kentlerinden biri olan Kopenhag'da da çevresel sürdürülebilirlik anlamında önemli akıllı kent uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Daha yeşil bir kent oluşturmak ve kentsel yaşam kalitesini arttırabilmek için "Kopenhag

Bağlanıyor Projesi” hayata geçirilmiş ve bu proje ile 2014 yılında “Dünya Akıllı Kentler Ödülüne” layık görülmüştür. Kopenhag’ın akıllı kent uygulamaları kapsamında çevresel sürdürülebilirlik açısından en önemli hedefi 2025 yılına kadar dünyanın ilk nötr karbon başkenti olmaktır. Bu kapsamda “İklim 2025 Planı” hazırlanmıştır. Bu plan ile enerji üretimi ve tüketimi, yeşil hareketlilik ve şehir yönetimi gibi alanlarda temel hedefler belirlenmiştir. Söz konusu plan ile belirlenen bu hedeflere nasıl ulaşılabileceği açıklanmıştır. Bu plan dışında kentte akıllı ulaşım sistemi ve geri dönüşüm uygulaması gibi akıllı kent uygulamaları da mevcuttur. Nötr karbon başkenti olma hedefi doğrultusunda hayata geçirilen akıllı kent uygulamaları Kopenhag kentinde çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önemli avantajlar sağlamıştır. Akıllı kent uygulamaları çerçevesinde, kentte karbon dioksit emisyonları 180 bin ton düşürülmüş, su tüketimi 5,5 milyon metreküplük bir azalma göstermiş ve 1,7 milyon litre yakıt tasarrufu sağlanmıştır (Cömertler & Cömertler, 2021, s. 323). Kentsel çevre sorunlarının karmaşıklığı karşısında kent yönetimine bu tür avantajları dijital dönüşüm uygulamaları sağlamaktadır.

6. Türkiye’de Çevresel Sürdürülebilirliğin Sağlanması Kapsamında Uygulanan Akıllı Kent Uygulama Örnekleri

Türkiye’de birçok kent yönetimi tarafından çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla bilgi iletişim teknolojisi tabanlı akıllı kent uygulamaları kullanılmaya başlamıştır. Bu çerçevede Türkiye’deki 25 büyükşehir belediyesinin akıllı kent uygulamaları açısından hazırlanan “Türkiye Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu” verilerine göre akıllı kent kapsamında hayata geçirilen uygulamaların %36’sı ulaşım, %34’ü su, %21’i enerji ve %9’luk kısım ise coğrafi bilgi sistemleri ve elektronik ödeme alanındaki uygulamalardır (Türkiye Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu, 2016). Bu uygulamalar arasından çevresel sürdürülebilirlik anlamında olumlu sonuçlar ortaya çıkaran uygulama örneklerine aşağıda yer verilmiştir.

2029 yılına gelindiğinde “dünyanın yaşam kalitesine en çok katkıda bulunan akıllı şehri olma” hedefi olan İstanbul’da “Akıllı Şehir Yol Haritası” oluşturulmuştur. Bu kapsamda hayata geçirilen akıllı uygulamalardan biri “Çevre Kontrol Merkezi” uygulamasıdır. Bu uygulama, kentteki atıkların üretildiği noktadan bertaraf edilmesine kadar olan tüm aşamaların etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayan akıllı bir çevre yönetim uygulamasıdır. Bu uygulama ile kentteki her türlü atığın taşınmasında görev alan araçlara GPS takılarak takibinin yapılması sağlanmaktadır (Bulut & Aslan, 2019, s. 257). Kentteki bu akıllı çevre uygulaması ile kaçak dökümlerin önüne geçilmekte ve böylelikle etkin bir atık yönetiminin yapılması sağlanmaktadır. Bu da çevre kirliliğini azaltarak çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına önemli katkı sunmaktadır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından kent genelinde uygulamaya konulan bir diğer önemli çevre projesi ise “Akıllı Geri Dönüşüm Konteyneri” sistemidir. Bu uygulama, doğal kaynakların daha sürdürülebilir biçimde kullanılması ve geri dönüşüm bilincinin artırılması amacıyla geliştirilmiştir. Sistem kapsamında, plastik şişe ve alüminyum kutu gibi geri dönüştürülebilir atıklar toplanmakta ve her bir atık karşılığında, kent içi ulaşımında kullanılan ulaşım kartına kredi yükleme yapılmaktadır (Bulut & Adıgüzel, 2023, s. 203). Böylelikle, bir yandan geri dönüştürülebilir atıkların çevreye zarar vermesi önlenmekte, diğer yandan ise bireylerin çevresel farkındalık düzeylerinin artırılması hedeflenmektedir.

Kentteki çevreci diğer bir akıllı uygulama ise “Büyükçekmece Gölü Yüzer Güneş Enerji Santrali” uygulamasıdır. Söz konusu uygulama ile kentin enerji ihtiyacının karşılanmasında çevreci ve sürdürülebilir bir yöntem olan yenilenebilir enerji kaynağının kullanılması sağlanmaktadır. Göl üzerine kurulan güneş panelleri aracılığıyla elde edilen enerji, kentin enerji ihtiyacının çok azını karşılasa da çevreci bir yöntem olması çevresel sürdürülebilirlik anlamında önemli avantajlar sağlamaktadır. Uygulama sayesinde yılda 164 ton karbon dioksit salınımı önlenmektedir. Bu durum trafikten 135 aracın çıkarılması ve 4200 ağacın dikilmesiyle eşdeğer bir çevresel yarar yaratmaktadır. Ayrıca göl

üzerindeki güneş panelleri göldeki buharlaşma oranını azaltmakta ve bu da göldeki su seviyesinin düşüşünü yavaşlatmaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019, s. 43).

Ankara Büyükşehir Belediyesi de teknolojik gelişmelere ayak uydurarak kentte önemli akıllı uygulamalara imza atmıştır. Bu kapsamda söz konusu akıllı uygulamalardan biri de “SCADA” (Yönetmelik Denetim ve Veri Elde Etme Sistemi)’dir. Söz konusu uygulama, kent genelindeki çeşitli tesislerin denetimini merkezi bir sistem üzerinden gerçekleştirerek; su kaçaklarının ve şebekelerde meydana gelen arızaların anlık olarak tespit edilmesini ve bu sorunlara hızlı bir şekilde müdahale edilmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca, bu sistem aracılığıyla su kalitesinin belirlenen standartlarda ve istikrarlı bir düzeyde korunması sağlanmaktadır. Uygulama, ana kontrol merkezi ile çeşitli noktalarda konumlandırılmış dış istasyonlardan oluşmaktadır. Ana kontrol merkezinde ileri düzey bilgisayar sistemleri ve yazılımlar kullanılmakta; dış istasyonlardan iletilen veriler burada analiz edilerek değerlendirmeye tabi tutulmaktadır (Ankara Büyükşehir Belediyesi, 2025). Uygulama sayesinde su yönetiminde etkinlik sağlanarak su kaybının önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Kentteki diğer bir akıllı uygulama ise “Elektrik Enerji Takip Sistemi”dir. Bu sistem sayesinde belediye tesislerinde %75’e varan bir enerji tasarrufu sağlanması öngörülmektedir. Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından 2018 yılında belediyenin tüm birimlerinde “Sıfır Atık Uygulaması” başlatılmıştır. Bu uygulama sayesinde 12,3 MVs elektrik enerjisinden tasarruf edilmiş ve geri dönüşümde 3 ay süre ile toplanan cam atıklar sayesinde de 170 litre petrolden tasarruf edilmesi sağlanmıştır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019, ss. 61-62).

Çevreye duyarlı akıllı kent uygulamalarından biri de İzmir’de hayata geçirilmiştir. Kentte Büyükşehir Belediyesine bağlı ESHOT (Elektrik Su Havagazı Otobüs Trolleybüs) tarafından Türkiye’nin en büyük tam elektrikli otobüs filosu kurulmuştur. Bu otobüslerin elektrik ihtiyacı ise çatılara kurulan güneş enerji santrallerinden karşılanmaktadır (Karakoç, 2020, s. 175). Bu uygulama ile toplu taşımadaki fosil yakıt kullanımından kaynaklı hava kirliliğinin ve karbon dioksit salınımının azaltılması sağlanmıştır.

Antalya’da da çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi ve tüketimini arttıracak uygulamalara geçilmiştir. Bu kapsamda Antalya Stadyumu üzerine güneş enerji panelleri kurularak kentteki 575 hanenin enerji ihtiyacını karşılayabilecek enerji üretilmiştir. Bu uygulama sayesinde yıllık 1200 ton karbon dioksit salınımı önlenmiştir. Bu da 100 binin üzerinde ağacın kesilmesini önlemek ile eş değer çevresel yarar demektir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019, s. 88).

Türkiye’de çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak amacıyla uygulamaya konulan akıllı kent projeleri göz önünde bulundurulduğunda, genel olarak fosil yakıtların kademeli olarak azaltılması, su yönetimi, geri dönüşüm, atık yönetimi ve yenilenebilir enerji üretimi gibi alanlarda yapılan uygulamalar olduğu görülmektedir. Söz konusu bu uygulamaları hayata geçirirken dünyada olduğu gibi Türkiye’de de birçok engel ile karşı karşıya kalılabilmektedir. Bu uygulamaların kuruluş maliyetleri, bakım ve onarım giderleri, teknolojik altyapı eksikliği, nitelikli insan gücü eksikliği gibi sorunlar bu uygulamaların hayata geçirilmesinde ön plana çıkan temel engellerdir. Söz konusu engeller konu ile alakalı tüm aktörleri içerisine alan bir dijital dönüşüm stratejisinin belirlenip hayata geçirilmesi ile çözülebilir.

7. Sonuç

Günümüz dijital bilgi toplumu çağında değişim ve dönüşümün itici gücünü bilgi oluşturmaktadır. Bilginin her geçen gün geliştiği ve bilgi ekonomisinin dünyadaki güç dengesini belirlediği günümüz bilgi toplumu çağında hayatın her alanında dijital dönüşümün gerçekleşmesi kaçınılmaz olmuştur. Teknolojinin 21. yüzyıl itibarıyla büyük bir gelişme göstermesi ilk etapta insanların hayatını kolaylaştıran bir gelişme olarak algılansa da bunun doğal çevre üzerindeki yıkıcı etkisi sonradan anlaşılmıştır. Özellikle de ortaya çıkan enerji ve besin ihtiyaçlarının sınırlı olan doğal kaynaklarla karşılanması, teknolojik gelişmelerle birlikte artan enerji tüketimi çevre sorunlarının ortaya çıkmasına

neden olmuştur. Bu kapsamda doğal kaynaklar üzerindeki baskının artması ve bunların gelecek nesillere ulaştırılamayacağı endişesi çevresel sürdürülebilirlik ilkesini ortaya çıkarmıştır. Çevresel olumsuz etkilerin giderek artması ülkelerin dijital dönüşüm süreçlerinde çevresel sürdürülebilirlik ilkelerini göz önünde bulundurarak bir dönüşüm gerçekleştirmelerini zorunlu kılmıştır. Bu kapsamda gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri ışığında çevre dostu, çevreye zarar vermeyen ve doğal kaynakların etkin ve verimli kullanılmasına imkân tanıyan dijital uygulamalar kullanılmaya başlamıştır. Bu doğrultuda insana ve sürdürülebilir çevreye önem veren akıllı kent uygulamaları çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından yenilikçi birer çözüm aracı olarak kullanılmaya başlamıştır. Çünkü akıllı kent uygulamaları günümüz dijital bilgi toplumu çağında çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından yaşanan dijital dönüşümün somut birer çıktısını oluşturmaktadır.

Akıllı kent uygulamaları kapsamında hayata geçirilen teknoloji tabanlı yenilikçi uygulamalar birçok alanda olduğu gibi çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından da önemli avantajlar sağlamaktadır. Küresel çapta ve Türkiye’de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması anlamında hayata geçirilen birçok akıllı kent uygulaması bulunmaktadır. Bu kapsamda dünyadaki akıllı kent uygulamalarına bakıldığında bu uygulamaların çevresel sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla akıllı kent hedefleri doğrultusunda kentin yapısına entegre edildiği ve kentteki bireyler tarafından da bir yaşam biçimi olarak benimsendiği görülmektedir. Bu uygulamaların çevresel sürdürülebilirliğin şartları olan biyolojik çeşitliliğin korunması, yenilenebilir enerji vb. alanların hepsinde başarılı bir şekilde uygulandığı ve çevresel sürdürülebilirlik anlamında önemli avantajlar sağladığı görülmüştür. Ülkemizde ise çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla hayata geçirilen akıllı kent uygulamalarının genel olarak fosil yakıtların kademeli olarak azaltılması, atık yönetimi, su denetimi ve ulaşım alanında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu uygulamalar ise genellikle nüfus sayısının fazla olduğu büyükşehirlerde hayata geçirilmiştir.

Ülkemizde çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında yenilikçi bir çözüm olarak kullanılan akıllı kent uygulamalarının önünde bütçe sorunu, teknolojik altyapı yetersizliği ve nitelikli işgücü eksikliği gibi birtakım engeller bulunmaktadır. Bu engelleri aşmak için öncelikle her kentin imkânları doğrultusunda akıllı kent stratejisi belirlenmelidir. Bu stratejiler akıllı kentin altyapısını oluşturan unsurları içerisinde barındırmalıdır. Bu uygulamaların başarıya ulaşabilmesi için halkın katılımı büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu konuda dijital okur-yazarlık eğitimi gibi halkı bilinçlendirecek adımlar atılmalıdır. Ayrıca üniversitelerin kent çevre konusundaki uzman birimleriyle iş birliği halinde oluşturulacak projelerle bu alana kaynak aktarılmalı, ulusal ve uluslararası proje finansal kuruluşlardan destek sağlanmalıdır.

Son olarak dijital dönüşümün bir ürünü olan akıllı kent uygulamalarının çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından çevre sorunlarının çözümünde çok önemli avantajlar sağlasa da bunun sihirli bir değnek olduğu düşüncesine kapılmak yanlış olacaktır. Başka bir deyişle çevresel sürdürülebilirlik açısından çevre sorunlarının çözümü tamamen teknolojiye indirgenmemelidir. Böyle bir yaklaşım akıllı kent uygulamalarının çevresel sürdürülebilirlik açısından ortaya koyduğu olumlu ve olumsuz etkileri tam olarak okumamıza engel olacaktır. Dijital dönüşümden hareketle kentlerdeki kamu kurumları ile birlikte, sivil toplum kuruluşları, özel sektör, yerel halk ve vatandaşların gönüllü katılımı sağlanarak kentsel çevre sorunlarına çözüm yolları aranmalıdır.

Kaynakça

- Angelidou, M. (2016). Four European smart city strategies. *International Journal of Social Science Studies*, 4(4), 18-30.
- Ankara Büyükşehir Belediyesi. (2025, Nisan). *ASKİ'nin MOBESE'si "SCADA Sistemi"* <https://www.ankara.bel.tr/haberler/askinin-mobese-scada-sistemi-4935>.
- Balteanu D. & Dogaru, D. (2011). Geographical perspectives on human-environment relationships and anthropic pressure indicators. *Rev. Roum. Géogr./Rom. Journ. Geogr*, 55(2), 1-12.
- Bozkurt, A., Hamutoğlu, N., Kaban Liman, A., Taşçı, G. & Aykul, M. (2021). Dijital bilgi çağı: Dijital toplum, dijital Dönüşüm, dijital eğitim ve dijital yeterlilikler. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 35-63.
- Bulut, A. & Adıgüzel, Ş. (2023). Akıllı kent yaklaşımı ve büyükşehirlerde uygulama imkânları: Gaziantep ve Hatay Büyükşehir Belediyeleri örnekleri. *Uluslararası Akademik Birikim Dergisi*, 6(2), 196-218.
- Bulut, Y. & Aslan, M. (2019). Kentlerdeki çevre sorunlarına yenilikçi çözümler: Akıllı kent uygulamaları. *Kayfor 2017*, ss. 252-260.
- Cömertler, S. & Cömertler, N. (2021). Akıllı kentlerde çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik, Kopenhag örneği. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 6(1), 317-333. <https://doi.org/10.30785/mbud.780116>
- Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2019). *Akıllı şehirler beyaz bülteni*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/cbs/menu/akillisehirlerkitap_20190311022214_20190313032959.pdf.
- Davutoğlu, A. N. (2021). Sanayi 4.0 uygulamalarının dünyadaki ve Türkiye'deki sektörler açısından detaylı analizi. *Journal of Social and Humanities Sciences Reserach*, 8(67), 795-811. <http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.2368>
- Eremia, M., Toma, L. & Sanduleac, M. (2017). The Smart city concept in the 21st Century. *Procedia Engineering*, (181), 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.357>
- Güner, U. (2020). *Çevresel sürdürülebilirlik*. TÜ Fen Fakültesi, (Versiyon 1.0.1.). https://unis.trakya.edu.tr/app_files/2023/07/KisiDokuman_Dosyalar_7_ef2fcdc8.pdf.
- Haffke, I., Kalgovas, B., & Benlian, A. (2016). The role of the CIO and the CDO in an organization's digital transformation. *ICIS 2016 Proceedings* (ss. 1-20) At Dublin, Ireland.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, not technology, drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press*, (14), 1-25.
- Karakoç, D. Y. (2020). Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında akıllı kent yaklaşımının değerlendirilmesi. E. Kef & E. Kovancı (Ed), *Yeni eko-tek dünya teknolojinin son sürümü*. İçinde (ss. 147-184). Ekin Yayınevi.
- Kayaer, M. (2013). Bilim ve teknolojinin çevrenin korunmasına katkısı. *Azerbaycan Vergi Jurnalı*, (6), 135-150.
- Kayan, A. (2018). Kentleşme sorunları kapsamında Şanlıurfa'nın çevre sorunları ve çözüm önerileri. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), 299-328.
- Kaypak, Ş. (2011). Küreselleşme sürecinde sürdürülebilir bir kalkınma için sürdürülebilir bir çevre. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 13(20), 19-33.

- Keleş, R. (2015). *100 soruda çevre, çevre sorunları ve çevre politikası*. Yakın Kitabevi.
- Marmara Belediyeler Birliği. (2015, Haziran) *Katı Atık yönetimi karşılaştırmalı eylem planı*, Marmara Belediyeler Birliği. <http://marmara.gov.tr/kati-atik-yonetimi-karsilastirmali-degerlendirme-raporu-7726>
- Menteşe, S. (2017). Çevresel sürdürülebilirlik açısından toprak, su ve hava kirliliği: Teorik bir inceleme. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 10(53), 381-389.
- Moldan, B., Janouskova, S. & Hak, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, (17), 4-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>
- Mora L. & Bolici R. (2017). How to become a smart city? Learning from Amsterdam. A. Bisello, D. Vettorato, R. Stephens & P. Elisei (Ed). In *Smart and sustainable planning for cities and regions* (ss. 251-266). Springer.
- Morelli J. (2011). Environmental sustainability: A definition for environmental professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 1(1). 1-9.
- Özer, Y. E. (2020). Akıllı şehir ve akıllı yönetim için bir araç: Yerel yönetimlerde kamuoyu yoklaması ve araştırması. C. Babaoğlu, L. Memiş & O. Erdoğan, (Ed). *Yerel yönetimlerde teknoloji ve katılım* (ss. 51-76) içinde. Orion Kitabevi.
- Şahin, A. & Yılmaz, H. F. (2019). Akıllı kent uygulamaları: Stockholm ve Bursa üzerinden bir değerlendirme. *Journal of Social and Humanities Sciences Reserach*, 6(43), 2897-2915. <http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.1420>
- Şeker, A. (2021). Sürdürülebilirlik ve dijitalleşme. İ. Erdoğan Tarakçı & Göktaş, B. (Ed.). *Dijital gelecek dijital dönüşüm*. İçinde (ss. 365-384). Efe Akademi Yayınevi.
- Tadokoro H. & Uemura K. (2017). Monitoring and control systems for the IoT in the water supply and sewerage Utilities. *Hitachi Review*, 66(7), 52-59.
- Topal, K. (2011). Çevre sorunlarının kaynağı olarak nüfus artışı mı? Tüketim mi? Neo-Malthüsyen düşünceye eleştirel bir yaklaşım. *Türk İdare Dergisi*, (470), 133-152.
- Tuğaç, Ç. (2019). *Türkiye’de kentsel iklim değişikliği için eko-kompakt kentler*. Ankara Üniversitesi Yayınları.
- Türkiye Bilişim Vakfı. (2016). *Türkiye Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu*. https://www.novusens.com/s/2462/i/Turkiye_Akilli_Sehirler_Degerlendirme_Raporu-WEB_TR_FINAL.pdf.
- Uçar, A., Şemşit, S. & Negiz, N. (2017). Avrupa Birliği akıllı kent uygulamaları ve Türkiye’deki yansımaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(KAYFOR 15 Özel Sayısı), 1785-1798.
- Uysal Şahin, Ö. (2021). Toplum 5.0 ve kamu hizmeti: Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Journal of Awareness*, 6(4), 229-246. <https://doi.org/10.26809/joa.6.4.05>
- Varol, Ç. (2017). Sürdürülebilir gelişmede akıllı kent yaklaşımı: Ankara’daki belediyelerin uygulamaları. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 26(1), 43-58.
- Yankın, F. B. (2019). Dijital dönüşüm sürecinde çalışma yaşamı. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi*, 7(2), 1-38.

Makale Bilgi Formu

Yazarların Katkıları: Makalenin giriş bölümünde problem durumu, alanyazını taraması; yöntem bölümünde verilerin analizinde, bulgular bölümünden, tartışma ve sonuç bölümünden Dr. İsmail MARDİNLİ sorumlu olmuştur. Makalenin giriş bölümünde literatürün yazılmasında; yöntem bölümünde araştırma modelinin ve çalışma grubunun yazılmasında; tartışma ve sonuç bölümlerine gerekli eklemelerden Doç. Dr. Ahmet KAYAN sorumlu olmuştur. Tüm yazarlar son metni okumuş ve onaylamıştır.

Çıkar Çatışması Bildirimi: Yazarlar tarafından potansiyel çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Yapay Zekâ Bildirimi: Bu makale yazılırken hiçbir yapay zeka aracı kullanılmamıştır

İntihal Beyanı: Bu makale iThenticate tarafından taranmıştır.