

Giyilebilir Teknolojilerin İş Sağlığı ve Güvenliği Alanındaki Rolü

Lale Karasu¹

Özet

Teknolojinin hızlı gelişimi, iş yaşamında köklü değişimlere neden olmuş ve bu dönüşümün en dikkat çekici unsurlarından biri giyilebilir teknolojiler olmuştur. Giyilebilir teknolojiler, çalışanların fizyolojik ve çevresel verilerini gerçek zamanlı olarak izleyerek iş sağlığı ve güvenliği (İSG) uygulamalarında proaktif bir yaklaşımın gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, giyilebilir teknolojilerin iş sağlığı ve güvenliği alanındaki işlevleri, kullanım alanları, avantajları ve sınırlılıkları literatür taraması yöntemiyle incelenmiştir. Bulgular, sensörlü eldivenler, akıllı giysiler, kemerler, akıllı saatler ve artırılmış gerçeklik gözlükleri gibi cihazların çalışanların fiziksel ve psikolojik sağlıklarının korunmasında önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca bu teknolojilerin, iş kazalarının azaltılmasına, ergonomik risklerin en aza indirilmesine ve iş performansının artırılmasına katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kişisel verilerin sürekli izlenmesi çalışanlarda mahremiyet ihlali ve psikolojik baskı algısı oluşturabilmektedir. Sonuç olarak, giyilebilir teknolojilerin iş sağlığı ve güvenliği alanında güvenliği artıran etkili araçlar olduğu, ancak etik, hukuki ve kişisel veri koruma ilkeleri çerçevesinde dikkatli şekilde kullanılmaları gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu doğrultuda, dijitalleşmenin hız kazandığı günümüzde, çalışan sağlığını önceleyen, veri güvenliği temelli ve insan merkezli teknolojik entegrasyon stratejilerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

GİRİŞ

Günümüz iş dünyası, dijitalleşme ve otomasyonun hız kazandığı bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda çalışan sağlığının ve güvenliğinin korunmasına yönelik yaklaşımları da köklü biçimde değiştirmektedir. Endüstri 4.0'ın temel

1 Öğr. Gör., Erciyes Üniversitesi, lalekarasu@erciyes.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9278-8779>

bileşenleri arasında yer alan sensör teknolojileri, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ ve veri analitiği gibi gelişmeler, İSG alanında proaktif ve veri temelli uygulamaların yaygınlaşmasına imkân tanımıştır. Bu teknolojik yeniliklerin en somut örneklerinden biri ise giyilebilir teknolojilerdir. Giyilebilir cihazlar; çalışanların fizyolojik, biyomekanik ve çevresel verilerini gerçek zamanlı olarak izleyebilmesi sayesinde iş kazalarının önlenmesinde, ergonomik risklerin belirlenmesinde ve sağlık sorunlarının erken teşhisinde önemli bir araç haline gelmiştir (Awolusi vd., 2018; Eurofound, 2019).

Giyilebilir teknolojiler, işçilerin yalnızca fiziksel durumlarını değil, aynı zamanda psikolojik stres düzeylerini ve yorgunluk seviyelerini de takip edebilmesiyle işyeri güvenliğini bütüncül bir yaklaşımla ele almayı mümkün kılar. Nabız, terleme, kalp atım hızı veya hareket takip sensörlerinden elde edilen veriler, çalışanların aşırı yüklenme, tükenmişlik ya da riskli davranış sergileme eğilimlerini ortaya çıkararak önleyici stratejilerin geliştirilmesinde kritik rol oynar (Kalantari, 2017). Bu kapsamda akıllı saatler, sensörlü eldivenler, artırılmış gerçeklik (AR) gözlükleri, akıllı kemerler ve akıllı tekstiller gibi çeşitli cihaz türleri, İSG uygulamalarının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Aksüt vd., 2024; Alp & Doğan, 2021).

İşyeri koşullarının değişken ve çoğu zaman risklerle dolu olduğu sektörlerde giyilebilir teknolojilerin kullanımı çok daha kritik bir önem taşımaktadır. İnşaat, madencilik, kimya ve ağır sanayi gibi yüksek riskli iş kollarında çalışanların anlık sağlık verilerinin takip edilmesi, tehlikeli durumlar ortaya çıkmadan önce müdahale etmeyi kolaylaştırmakta; böylece iş kazalarının sayısını azaltmaktadır (Awolusi vd., 2018). Örneğin, sensörlü eldivenler tekrarlayan hareketlerin neden olduğu kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarını erken belirleyebilirken, akıllı kemerler çalışanlara duruş bozukluğu konusunda anlık uyarılar vererek ergonomik iyileşme sağlayabilmektedir (Callejas Sandoval & Kwon, 2019). Bu yönüyle giyilebilir teknolojiler, hem güvenlik odaklı hem de üretkenlik merkezli yenilikçi çözümler sunmaktadır.

Öte yandan, giyilebilir teknolojilerin iş yaşamına entegrasyonu yalnızca teknik bir dönüşüm değil, aynı zamanda sosyoteknik bir süreçtir. Çalışanlar, sürekli olarak izleniyor olma hissi nedeniyle mahremiyet kaygıları yaşayabilmekte, veri güvenliği konusundaki endişeler ise etik ve hukuki tartışmaları beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte, işverenlerin topladıkları verileri nasıl işleyeceği, saklayacağı ve kullanacağı da kişisel verilerin korunması mevzuatı kapsamında ele alınması gereken önemli bir konudur. Bu nedenle teknolojik yenilik ile çalışan haklarının korunması arasındaki hassas dengeyi gözeten bütüncül bir yaklaşımın benimsenmesi gerekmektedir (Eurofound, 2020; Thiel & Boyle, 2016).

Giyilebilir teknolojilerin İSG alanında giderek yaygınlaşması, bu teknolojilerin iş kazalarını azaltmadaki etkinliğine ilişkin bilimsel araştırmaların artmasına da katkı sağlamıştır. Literatürdeki birçok çalışma, gerçek zamanlı izleme sistemlerinin hem çalışan davranışlarını olumlu yönde dönüştürdüğünü hem de işyerlerinde risk değerlendirme süreçlerini daha bilimsel ve ölçülebilir hale getirdiğini göstermektedir (Jülicher & Delisle, 2018). Ayrıca AR tabanlı akıllı gözlüklerin bakım-onarım süreçlerinde hata oranlarını düşürmesi (Saker, 2023) veya akıllı saatlerin yorgunluk kaynaklı kazaları önlemede kullanılması gibi örnekler, giyilebilir cihazların operasyonel başarısını ortaya koymaktadır.

Dijitalleşme ile birlikte giyilebilir teknolojilerin iş sağlığı ve güvenliğinde kullanımında en önemli dönüşümlerden biri, bu cihazlardan elde edilen verilerin yapay zekâ (YZ) ve veri madenciliği teknikleriyle analiz edilmesidir. Özellikle makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları, ivme, duruş, kalp atım hızı, oksijen saturasyonu gibi çok boyutlu sensör verilerini işleyerek riskli durumları olay gerçekleşmeden önce tahmin etmeye olanak tanımaktadır. İnşaat sektörü gibi yüksek riskli alanlarda yapılan derleme çalışmaları, giyilebilir sensörler ile YZ tabanlı analizlerin, çalışanların fizyolojik durumunun ve güvenlik performansının gerçek zamanlı izlenmesinde güçlü bir karar destek mekanizması sunduğunu ortaya koymaktadır (Awolusi vd., 2018; Chen vd., 2023; Gao vd., 2022).

Sonuç olarak, giyilebilir teknolojiler İSG alanında devrim niteliğinde bir dönüşüm yaratmakta; veri temelli, gerçek zamanlı ve önleyici güvenlik stratejilerini mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojilerin etik, hukuki ve psikolojik etkilerinin de analiz edilmesi; çalışan odaklı, güvenilir ve sürdürülebilir kullanım modellerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Dijitalleşmenin iş yaşamının her alanına nüfuz ettiği günümüzde, giyilebilir teknolojilerin İSG uygulamalarına entegrasyonu artık bir tercih değil, zorunluluk hâline gelmiştir. Bu çalışma, giyilebilir teknolojilerin İSG kapsamındaki fonksiyonlarını literatür ışığında inceleyerek hem akademik hem de pratik alana katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

1. Giyilebilir Teknolojiler ve İş Sağlığı-Güvenliği İlişkisi

1.1. Giyilebilir Teknolojilerin Tanımı ve Kapsamı

Giyilebilir teknolojiler, kullanıcıların vücuduna entegre edilebilen, giyilebilir formda taşınabilen veya günlük yaşam aktivitelerine entegre olacak şekilde tasarlanan elektronik sistemlerdir. Bu teknolojiler; sensörler, mikroişlemciler, veri toplama modülleri, kablosuz iletişim birimleri ve güç kaynaklarından oluşan bütünlük yapıları aracılığıyla hem kullanıcıdan hem

de çevresel ortamdan veri toplayarak bunları anlamlı bilgiye dönüştürür (Kalantari, 2017). Literatürde giyilebilir teknolojiler, “kişisel veri izleme ve karar destek aracı” olarak değerlendirilen yapılar olup, sağlık takibinden iş güvenliğine, spor performansı ölçümünden askeri operasyonlara kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir (Jülicher & Delisle, 2018).

Günümüzde giyilebilir teknolojilerin en yaygın kullanım alanları sağlık, spor, savunma ve endüstriyel üretim sektörleridir (Aksüt vd., 2024). Özellikle endüstriyel alanlarda kullanılan akıllı bileklikler, akıllı giysiler, gözlükler ve sensörlü eldivenler, çalışanların fizyolojik (nabız, sıcaklık, oksijen saturasyonu) ve çevresel (ısı, nem, gaz yoğunluğu, hareket) verilerini gerçek zamanlı olarak takip edebilmektedir (Awolusi vd., 2018). Hareket, nabız, stres ve uyku düzeni gibi parametrelerin ölçülmesiyle çalışanların sağlık durumuna ilişkin erken uyarı sistemleri geliştirilebilmekte; bu da iş kazalarının önlenmesine ve iş verimliliğinin artırılmasına katkı sağlamaktadır.

Endüstriyel üretimde akıllı giysilerin ve sensör temelli cihazların kullanımı, çalışanların çevresel etmenlere verdikleri tepkilerin analiz edilmesini mümkün kılar. Örneğin, akıllı tekstiller aracılığıyla yüksek ısıya maruz kalma, kimyasal temas, oksijen düşüklüğü veya titreşim artışı gibi risk faktörleri erken aşamada tespit edilebilmektedir (Eurofound, 2019). Bu teknolojiler yalnızca güvenlik amaçlı değil, aynı zamanda üretkenliği artırmaya yönelik ergonomik düzenlemelerde de kullanılmaktadır. Böylece giyilebilir cihazlar, hem güvenlik hem de performans artırıcı özellikleriyle işyerlerinde dijital dönüşümün temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir.

1.2. İş Sağlığı ve Güvenliği Bağlamında Giyilebilir Teknolojiler

İSG, çalışanların fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam iyilik hâlini koruma amacını taşıyan disiplinler arası bir alan olup, teknolojik gelişmelerin etkisiyle önemli bir değişim sürecine girmiştir (ILO, 2023). Geleneksel İSG yaklaşımları büyük ölçüde reaktif olup, olay gerçekleşikten sonra müdahaleyi esas alırken; giyilebilir teknolojiler aracılığıyla İSG uygulamaları giderek proaktif bir yaklaşım benimsemeye başlamıştır.

Çalışanların nabız, vücut sıcaklığı, stres düzeyi ve hareket kalıplarını ölçen sensör temelli bileklikler ve akıllı saatler, potansiyel sağlık risklerinin erken tespit edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Aksüt vd., 2024). Örneğin kalp atım hızında ani artış, oksijen seviyesinde düşüş veya durağanlık sürelerinin uzaması gibi biyofizyolojik göstergeler, çalışanların yorgunluk, stres veya rahatsızlık durumlarını önceden tahmin edebilme olanağı sağlar (Awolusi vd., 2018). Bu durum özellikle vardiyalı çalışma sistemlerinde yorgunluğa bağlı iş kazalarını azaltmada son derece etkilidir.

Bunun yanı sıra sensörlü eldivenler ve hareket takip sistemleri, çalışanların el ve kol hareketlerini analiz ederek tehlikeli davranışları veya ergonomik olmayan hareketleri önceden belirleyebilir. Özellikle inşaat, kimya ve madencilik gibi yüksek risk içeren sektörlerde sensör destekli izleme sistemleri, iş kazalarının azaltılmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Alp & Doğan, 2021). Giyilebilir sensörlerin bir diğer önemli işlevi ise bulaşıcı hastalık semptomlarının izlenebilmesidir. Örneğin vücut sıcaklığının sürekli takibi, pandemi gibi dönemlerde erken uyarı mekanizması olarak kullanılabilmektedir (Eurofound, 2020).

Bu yönüyle giyilebilir teknolojiler, iş güvenliği kültürünü dijitalleşme ile bütünleştirerek daha sistematik ve ölçülebilir bir yapıya dönüştürmekte; kurumlarda proaktif risk yönetimini güçlendirmektedir. Böylece çalışanların güvenliği sürekli izlenebilir hâle gelir, risk değerlendirmeleri anlık verilere dayalı olarak yapılabilir ve iş kazalarının önlenmesine yönelik daha etkili stratejiler geliştirilebilir.

1.3. Giyilebilir Teknolojilerin Dayandığı Sistemler

Giyilebilir teknolojiler, çok bileşenli teknik altyapıların bir araya gelmesiyle işlev kazanan bütünselik sistemlerdir. Bu cihazlar temelde beş ana bileşen üzerine kuruludur: sensörler, veri işleme birimi, iletişim teknolojileri, güç kaynağı ve yazılım uygulamaları (Kopp & Sokoll, 2015).

a. Sensörler

Sensörler, hem fizyolojik hem de çevresel parametreleri algılayan temel bileşenlerdir. Kalp atış hızı, vücut sıcaklığı, hareket ivmesi, oksijen seviyesi, titreşim, gaz yoğunluğu, nem ve ışık gibi çok çeşitli verileri algılayabilirler. Giyilebilir teknolojilerin sağladığı gerçek zamanlı veri takibi, sensörlerin doğruluğu ve hassasiyetine bağlıdır. Bu nedenle son yıllarda sensör teknolojilerinin daha küçük, daha hızlı ve daha enerji verimli hâle geldiği görülmektedir.

b. Veri İşleme Birimi

Sensörlerden gelen ham veriler, veri işleme birimi tarafından analiz edilir, filtrelenir ve anlamlı bilgilere dönüştürülür. Bu işlem cihazın kendi mikroişlemcisi tarafından ya da mobil uygulamalar ve bulut tabanlı sistemler aracılığıyla gerçekleştirilebilir (Thiel & Boyle, 2016). Veri işleme birimi, giyilebilir cihazın “akıllı” yönünü belirleyen en kritik bileşenlerden biridir.

c. İletişim Teknolojileri

Giyilebilir cihazlar, veri iletimini kablosuz ağlar üzerinden gerçekleştirmektedir. Wi-Fi, Bluetooth, NFC ve ZigBee gibi iletişim protokolleri, cihazdan mobil uygulamalara, iş güvenliği merkezlerine veya bulut sistemlerine veri aktarımını mümkün kılar. Bu sayede işyeri hekimleri ve yöneticiler çalışanların durumunu anlık olarak takip edebilir.

d. Güç Kaynağı

Giyilebilir teknolojiler, enerji verimliliği yüksek batarya sistemlerine ihtiyaç duyar. Şarj edilebilir lityum iyon bataryalar en sık kullanılan güç kaynaklarıdır. Bazı gelişmiş modellerde kinetik enerji, vücut ısısı veya güneş enerjisinden yararlanan alternatif enerji teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır.

e. Yazılım ve Uygulamalar

Toplanan verilerin görselleştirilmesi, raporlanması ve yorumlanması yazılım bileşeni tarafından gerçekleştirilir. Mobil uygulamalar ve bulut tabanlı platformlar, sensör verilerini kullanıcı dostu ara yüzlere dönüştürerek analiz etmeyi kolaylaştırır (Jülicher & Delisle, 2018). Son yıllarda yazılım bileşenleri yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmalarıyla desteklenmekte, böylece risk öngörüsü yapabilen gelişmiş güvenlik sistemleri ortaya çıkmaktadır (Callejas Sandoval & Kwon, 2019). Bu beş bileşenin entegre çalışması, giyilebilir teknolojilerin yalnızca veri toplayan cihazlar olmaktan çıkıp, karar destek mekanizmalarının ve öngörüsül güvenlik analizlerinin önemli bir parçası hâline gelmesini sağlamaktadır.

f. Yapay Zekâ Destekli Veri Analitiği

Giyilebilir teknolojilerden elde edilen yüksek hacimli veri, iş sağlığı ve güvenliği bağlamında anlamlı hâle gelebilmesi için gelişmiş veri analitiği yöntemleriyle bütünleştirilmek zorundadır. Sağlık ve ergonomi alanındaki çalışmalar, giyilebilir sensör verilerinin YZ ve veri madenciliği teknikleriyle analiz edilmesinin anomali tespiti, erken uyarı ve karar verme süreçlerini önemli ölçüde geliştirdiğini göstermektedir (Banaee et al., 2013). Özellikle ivmeölçer, basınç sensörleri ve biyosinyal sensörleri (EKG, PPG vb.) ile toplanan veriler, makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak ergonomik açıdan riskli duruşların, aşırı yüklenmenin ve yorgunluk düzeylerinin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe yapılan çalışmalar, giyilebilir taban basınç sistemleri ve derin öğrenme ağları kullanılarak, işçilerin uygunsuz çalışma postürlerinin ve buna bağlı kas-iskelet sistemi risklerinin otomatik olarak tanımlanabildiğini; bunun da sahadaki risk değerlendirme

süreçlerini daha nesnel ve sayısal hâle getirdiğini ortaya koymuştur (Antwi-Afari vd., 2018, 2022; Gao vd., 2022).

2. İş Sağlığı ve Güvenliği Alanında Geliştirilmiş Giyilebilir Teknolojiler

Dijitalleşmenin hız kazandığı modern endüstriyel ortamlar, çalışan güvenliğini sağlamak amacıyla daha gelişmiş ve proaktif yöntemlerin uygulanmasını zorunlu hâle getirmiştir. Bu kapsamda giyilebilir teknolojiler, İSG alanında en hızlı gelişim gösteren yenilikçi sistemlerden biri hâline gelmiştir. Giyilebilir cihazlar; işçilerin fizyolojik verilerini, çalışma ortamındaki risk unsurlarını ve ergonomik davranış kalıplarını gerçek zamanlı olarak analiz ederek iş kazalarının önlenmesine, meslek hastalıklarının erken teşhisine ve çalışan performansının iyileştirilmesine önemli katkılar sunmaktadır (Aksüt vd., 2024; Awolusi vd., 2018).

Giyilebilir teknolojilerin İSG alanındaki öneminin artmasında birkaç temel faktör belirleyicidir:

- Erken uyarı sistemleri sayesinde çalışanların tehlikeye maruz kalmadan önce bilgilendirilmesi,
- Veri odaklı karar verme süreçlerinin güçlenmesi,
- İnsan hatası kaynaklı kazaların azaltılması,
- Ergonomik risklerin hızlı tespiti,
- Yorgunluk ve stres gibi görünmez risklerin izlenebilir hâle gelmesi.

Bu bağlamda geliştirilen giyilebilir cihazlar; sensörlü eldivenler, akıllı kemerler, akıllı giysiler, AR gözlükleri, biyosensörlü bileklikler ve konum takip cihazları gibi geniş bir ürün yelpazesine sahiptir (Alp & Doğan, 2021; Eurofound, 2019). Her bir teknoloji, çalışan güvenliğine farklı boyutlarda katkı sunmaktadır.

2.1 Sensör Tabanlı Eldivenler, Akıllı Giysiler ve Akıllı Kemerler

Sensörlü eldivenler, çalışanların el hareketlerini ve kuvvet uygulama düzeylerini analiz ederek ergonomik riskleri belirlemede kritik bir rol oynar. İvmecölçer, basınç sensörü ve aç sensörü gibi bileşenlerle donatılan bu eldivenler, tehlikeli veya tekrarlayıcı hareketleri otomatik olarak tespit edebilmekte; böylece kas-iskelet sistemi yaralanmalarının önüne geçilmesini sağlamaktadır (Awolusi vd., 2018).

BMW Group'ta kullanılan ProGlove sistemi, barkod okuma operasyonlarında iş süresini yüzde 40'a kadar azaltarak hem iş güvenliğini hem de verimliliği artırmıştır (Kerner, 2022).



Resim 1. ProGlove.

Bu tür eldivenlerin avantajları:

- Ergonomik yanlış hareketleri tespit eder.
- Kuvvet aşımına karşı uyarı verir.
- Operasyon sürelerini azaltır.
- Yorgunluğu ve zorlanmayı ölçebilir.

Bu nedenle sensörlü eldivenler, özellikle üretim ve montaj hatlarında giderek standardize edilen bir teknolojidir.

Bu eldivenler, iş süreçlerinin kolaylaştırılmasının yanı sıra, tekrar eden el hareketlerinden kaynaklanabilecek kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının önüne geçilmesinde de etkili bir rol oynamaktadır (Awolusi vd., 2018).

Akıllı giysiler ve akıllı tekstiller ise, vücut sıcaklığı, kalp atış hızı, nabız veya terleme oranı gibi fizyolojik göstergeleri ölçen sensörlerle donatılmıştır. Bu cihazlar, çalışanların fiziksel yüklenme düzeyini analiz ederek potansiyel riskleri erken dönemde belirleyebilir (Eurofound, 2019).

Örneğin, endüstriyel ortamlarda kullanılan akıllı giysiler, yüksek sıcaklık veya kimyasal maruziyet durumlarını tespit ederek kullanıcıyı anında uyarabilmektedir (Kalantari, 2017).

Akıllı kemerler ise çalışanların duruş bozukluklarını algılayarak titreşimli uyarılarla düzeltici geri bildirim sağlar. Bu teknoloji, özellikle lojistik

ve inşaat sektörlerinde çalışanların bel ve sırt yaralanmalarını önlemede kullanılmaktadır (Sandoval & Kwon, 2019).

PepsiCo ve Iron Mountain gibi şirketlerde yürütülen uygulamalarda, akıllı kemerlerin çalışanların postürlerini iyileştirdiği ve iş kazası oranlarını azalttığı gözlemlenmiştir (Alp & Doğan, 2021).



Resim 2. Titreşimli ve Sesli Hatırlatıcılı İndüksiyon Duruş Düzeltici Kemer.

2.2. Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Ses Tabanlı Sistemler

AR teknolojileri, iş süreçlerinde görsel rehberlik ve uzaktan destek sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Microsoft Hololens gibi akıllı gözlükler, bakım-onarım ve üretim süreçlerinde çalışanlara sanal talimatlar sunarak hata oranlarını azaltmaktadır (Saker, 2023). Örneğin, Thyssenkrupp şirketinde bakım teknisyenleri Hololens kullanarak asansör arızalarını gerçek zamanlı olarak analiz etmiş ve sorun çözüm süreçlerinde ciddi bir düşüş sağlanmıştır. Buna ek olarak, ses tabanlı akıllı kulaklık sistemleri çalışanların el serbest çalışmasını kolaylaştırarak verimliliği artırmaktadır.



Resim 3. Microsoft HoloLens.

Lufthansa tarafından geliştirilen bu sistemlerde, teknisyenlere bakım kontrol listeleri sesli olarak iletilmekte ve yapılan işlemler otomatik olarak dijital ortama aktarılmaktadır. Bu sayede, iki kişilik bakım görevleri tek kişiyle tamamlanabilir hale gelmiştir (Eurofound, 2020).

Sesli komut sistemleri aynı zamanda çalışan yorgunluğunu azaltmakta ve insan hatasını minimize etmektedir (Awolusi vd., 2018).

2.3. Akıllı Saatler ve Veri Takibi

Akıllı saatler, çalışanların kalp atış hızı, stres düzeyi, uyku kalitesi, adım sayısı ve kan oksijen seviyesi gibi parametreleri izleyen sensörlerle donatılmıştır. Bu veriler, hem çalışanların sağlığını korumak hem de potansiyel yorgunluk kaynaklı iş kazalarını önlemek için kullanılmaktadır (Thiel & Boyle, 2016). Örneğin, Zensorium adlı şirketin geliştirdiği akıllı bileklikler, kan basıncında ani artış tespit ettiğinde kullanıcıya ara verme veya nefes egzersizi yapma önerileri sunmaktadır. Bu cihazlar, toplanan biyometrik verileri bulut tabanlı sistemler üzerinden işleyerek gerçek zamanlı analiz imkânı sağlar. Böylece hem işyeri hekimleri hem de yöneticiler, çalışanların fiziksel durumlarını izleyerek iş ortamlarını buna göre düzenleyebilirler.



Resim 4. Akıllı Giyilebilir Teknolojiler Akıllı Saat.

Akıllı saatlerin yaygın kullanımı, özellikle yüksek tempolu üretim sektörlerinde stres kaynaklı kazaların önlenmesine katkı sağlamaktadır (Aksüt vd., 2024).

2. 4. İş Performansı ve Psikolojik İzleme Sistemleri

Giyilebilir teknolojilerin yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda psikolojik sağlık ve iş memnuniyeti açısından da kullanılabildiği görülmektedir.

Hitachi tarafından geliştirilen akıllı yaka kartları, çalışanların hareket düzeylerini ve sosyal etkileşimlerini analiz ederek mutluluk ile iş performansı arasındaki ilişkiyi incelemiştir.

Araştırma sonuçları, belirli hareket kalıplarının ve sosyal etkileşim sıklığının çalışanların iş memnuniyetini artırdığını ortaya koymuştur (Yano vd., 2015).

Benzer bir uygulama Amerikan Bankası tarafından çağrı merkezi çalışanları üzerinde gerçekleştirilmiş; çalışanların sosyal etkileşimlerinin verimlilikle doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucunda kurum, ara dinlenme sürelerine sosyal molalar ekleyerek çalışanların stres düzeylerini azalttığı ve verimliliği %10 oranında artırdığı gözlemlenmiştir (Fritz vd., 2013). Ayrıca, Fitbit gibi giyilebilir cihazların kullanımıyla çalışanların glikoz, kolesterol ve uyku düzeni gibi verileri izlenmiş; bu sayede hem iş gücü kayıpları hem de sağlık harcamaları azalmıştır (Eurofound, 2019). Bu bulgular, giyilebilir teknolojilerin yalnızca güvenlik değil, aynı zamanda

işyeri psikolojisi ve verimlilik yönetiminde de etkili araçlar haline geldiğini göstermektedir (Alp & Doğan, 2021).

Farklı birçok teknolojiyi içinde bulundurmasıyla birlikte işyerinde kullanılan giyilebilir teknolojileri aşağıdaki tabloda olduğu gibi kategorize etmek mümkün olabilmektedir:

Tablo 1. Giyilebilir teknolojilerin kategorik olarak sınıflandırılması ve özellikleri.

Cihaz	Özellikleri	Avantajları	Sınırları	Alarmları
Akıllı saat	Dokunmatik ve sesli komutla kullanım	İşçinin fiziksel sağlık durumunu takip	Pil ömrü ve zorlu arazilere dayanıksızlık	–
VR	Dokunmatik, sesli komutla, kafa ve el hareketleriyle	Koordinasyon kolaylığı, görüntü ve bilgi iletimi suretiyle iletişimde kolaylık	Siber hareket hastalığı, pil ömrü ve fiyatı	Düşme ve parçalanma alarmı
Akıllı giysi	Otomatik çalışma prensibi	Sağlık değerleriyle vücut durumunun takibi	Yıkama zorluğu ve parça ömrü	Yangın alarmıyla düşme ve parçalanma alarmı
Kulaklık	Dokunmatik ve sesli komutla kullanım	Gürültü engelleme, temassız arama yapma yoluyla çalışma takibi	Pil ömrü ve gücü	Düşme ve parçalanma alarmı
Bileklik	Dokunmatik ve sesli komutla kullanım ve sensörlerle veri işleme	Tehlike sensörü yoluyla tehlike anında ivedilikle müdahale	Pil ömrü ve gücü	Düşme ve parçalanma alarmı

Tablo 1’de de görüldüğü gibi araştırmalar, akıllı giysilerin diğer teknolojilere kıyasla daha gelişmiş olduğunu ve işçilere büyük faydalar sağladığını göstermektedir. Bu nedenle, yurtdışındaki işverenler tarafından tercih edilmektedir (Sandoval & Kwon, 2019).

Giyilebilir teknolojiler, sadece fiziksel parametrelerin değil, aynı zamanda işçinin psikolojik durumuyla ilgili de bilgi sağlayabilir. İşçinin psikolojik sağlığını anlamak için giyilebilir teknolojiler aracılığıyla anormal terleme veya kalp atış hızındaki hızlı artış gibi belirtiler tespit edilebilir. Bu belirtiler, işçinin psikolojik olarak kötüleştiğini gösterebilir. Bu tespitler sayesinde çeşitli önlemler alınarak işçinin psikolojik olarak rahatlaması ve ruh sağlığının korunması mümkün olabilir (Alp & Doğan, 2021).

3. Gereç ve Yöntem

Araştırma zaman bakımından retrospektif araştırma olup, literatür taraması yöntemi kullanılmış nitel bir çalışmadır. Nitel Araştırma; gözlem, görüşme ve doküman analizi (literatür tarama) gibi nitel veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı, algıların ve olayların doğal ortamda gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konmasına yönelik nitel bir sürecin izlendiği

araştırma olarak tanımlanabilir (Tekindal & Uğuz Arsu, 2020). Literatür taraması, bilimsel araştırma yapılırken kullanılan temel yöntemlerden biridir. Araştırmacının belirli bir konu veya sorunu incelemek için var olan literatürü taradığı ve mevcut bilgileri derlediği bir yöntemdir. Literatür taraması, daha önce yapılmış çalışmaların sonuçlarını, bulgularını ve yöntemlerini anlamak, mevcut bilgiyi özetlemek ve eksiklikleri belirlemek için kullanılır. Literatür taraması, mevcut araştırma boşluklarını belirlemek ve yeni araştırma soruları oluşturmak için önemli bir adımdır.

4. Bulgular ve Tartışma

Giyilebilir teknolojilerin İSG alanında kullanımı, işyerlerinde çalışanların sağlık durumunun izlenmesi ve iş ortamlarının güvenliğinin artırılması açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar çeşitli bulgular ortaya koymuştur:

İşçi Sağlığının İzlenmesi ve Tehlikelerin Tanımlanması: Sensörlü iş eldivenleri, bileklikler, akıllı saatler ve diğer giyilebilir cihazlar, işçilerin vücut sıcaklığı, kalp atış hızı, kan basıncı gibi fizyolojik parametrelerini sürekli olarak izleyerek olası sağlık risklerini belirlemede etkili olmuştur.

Çalışan Performansının Takibi ve İyileştirilmesi: Giyilebilir teknolojiler, çalışanların performansını ölçmek ve artırmak için kullanılmaktadır. Örneğin, akıllı gözlükler veya akıllı bileklikler, işçilerin hareketlerini ve aktivitelerini takip ederek verimliliği artırmak için geribildirim sağlayabilir.

İş Kazalarının Azaltılması: Giyilebilir teknolojiler, iş kazalarını azaltmaya yönelik olarak kullanılabilir. Örneğin, VR teknolojisi, işçilere riskli iş ortamlarında sanal eğitimler sağlayarak pratik kazaların önlenmesine yardımcı olabilir.

Ergonomik Destek ve Postür İyileştirme: Akıllı kemerler ve benzeri giyilebilir cihazlar, işçilerin duruşunu izleyerek ve uyarılar göndererek ergonomik destek sağlayabilir, böylece ortopedik sorunların önlenmesine katkıda bulunabilir.

Çalışma Ortamının İyileştirilmesi: Giyilebilir teknolojiler, işçilerin çalışma ortamında maruz kaldıkları çevresel faktörleri izleyebilir ve bu bilgilerle işyeri koşullarının iyileştirilmesine katkıda bulunabilir. Bu bulgular, giyilebilir teknolojilerin İSG alanında çeşitli faydalar sağlayabileceğini ve işyerlerindeki sağlık ve güvenlik standartlarının artırılmasına katkıda bulunabileceğini göstermektedir.

Giyilebilir teknolojilerin faydalarının yanı sıra, işçiler üzerinde önemli bir baskı oluşturduğu görülmektedir. İşçilerin fiziksel ve psikolojik olarak

geliştirilmesi amaçlanmasına rağmen, sürekli izlenmeleri işçilerde ciddi bir baskı hissi yaratarak hem fiziksel hem de psikolojik etkilere neden olmaktadır. Bu durum, beklenmedik stres artışından performans düşüklüğüne kadar çeşitli etkilere sahip olabilir ve çeşitli sağlık sorunlarını da beraberinde getirebilir. Ayrıca, bu tür olumsuzlukların yanı sıra, kişisel verilerin korunması hukukundan kişilik haklarına kadar birçok alanda ihlal doğurma potansiyeli bulunmaktadır, ki bu da başka bir araştırmanın konusunu oluşturabilir.

Öte yandan, yeni teknolojilerin devreye girmesiyle birlikte, çalışanların güvensiz davranışlarından kaynaklanan risklerin yanı sıra dikkatsizlik ve yorgunluk gibi kişisel tehlikeler de azalacak, bu da güvensiz durumların ortadan kalkmasını sağlayarak iş kazalarının önemli ölçüde azalmasına yardımcı olacaktır. Dolayısıyla, işletmelerin güvenliği ve çalışanların sağlığı açısından etkili İSG teknolojileri için, tüm faktörler göz önünde bulundurularak dijital çağa uygun yeni yaklaşımlar ve süreçlerin geliştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, çalışanların üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmek için yeni teknolojilerin çalışan odaklı bir şekilde tasarlanması önemlidir (Kahraman vd., 2022).

Literatürdeki güncel bulgular, giyilebilir teknolojilerin YZ tabanlı analizlerle birlikte ele alındığında, hem iş kazalarının önlenmesinde hem de ergonomik risklerin azaltılmasında anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir. Biyomekanik sensörler ve taban basınç sistemleri kullanılarak yapılan çalışmalar, çalışanların yürüme ve duruş paternlerindeki küçük değişimlerin dahi otomatik olarak tespit edilebildiğini, böylece kas-iskelet sistemi hastalıklarının gelişmeden önce öngörülebileceğini ortaya koymuştur (Antwi-Afari vd., 2018). Diğer yandan bibliyometrik ve sistematik derlemeler, inşaat ve üretim sektörlerinde kullanılan bileklikler, akıllı giysiler ve başa takılan cihazlar aracılığıyla elde edilen fizyolojik ve çevresel verilerin, yapay zekâ temelli güvenlik yönetim sistemlerinde girdi olarak kullanıldığını; bu sayede yorgunluk, ısı stresi, dikkat azalması ve tehlikeli davranışlar gibi görünmez risklerin de izlenebilir hâle geldiğini göstermektedir (Chen vd., 2023; Gao et al., 2022). Böylece giyilebilir teknolojiler, geleneksel gözleme dayalı İSG uygulamalarını destekleyen değil, onları dönüştüren proaktif ve veri temelli bir güvenlik yönetim yaklaşımının parçası hâline gelmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Günümüz endüstriyel ortamlarında dijitalleşmenin hızlanması, çalışan sağlığı ve güvenliği yaklaşımlarının yeniden şekillenmesine yol açmıştır. Bu dönüşümün merkezinde yer alan giyilebilir teknolojiler, iş kazalarının azaltılması, ergonomik risklerin önlenmesi ve çalışanların fizyolojik-psikolojik durumlarının izlenmesi açısından güçlü bir araç olarak

görülmektedir. Literatür, bu teknolojilerin hem çalışan güvenliği hem de performans yönetimi üzerinde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymaktadır (Awolusi vd., 2018; Eurofound, 2019). Gerçek zamanlı veri toplama ve analiz yeteneği sayesinde giyilebilir cihazlar, geleneksel reaktif İSG anlayışını geride bırakarak proaktif, kanıta dayalı ve dijital odaklı bir güvenlik kültürü oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

Araştırmalar, sensörlü eldivenler, akıllı giysiler, akıllı kemerler ve AR gözlüklerinin iş ortamında ergonomik hataları azalttığını, fiziksel zorlanmayı minimize ettiğini ve iş süreçlerindeki hata oranlarını düşürdüğünü göstermektedir (Kerner, 2022; Saker, 2023; Sandoval & Kwon, 2019). Bununla birlikte akıllı saatler ve biyosensörlü bileklikler gibi cihazların çalışanların stres seviyelerini, nabız değişimlerini ve yorgunluk düzeylerini izleyerek fizyolojik risklerin erken tespit edilmesine olanak tanıdığı görülmektedir (Aksüt vd., 2024; Thiel & Boyle, 2016). Bu bulgular, giyilebilir teknolojilerin iş kazalarını ve meslek hastalıklarını azaltmada kritik bir role sahip olduğunu göstermektedir. Ancak literatür, bu teknolojilerin kullanımının etik ve hukuki sonuçlarını da dikkatle değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır. Sürekli izleme ve veri toplama süreçleri çalışanlarda mahremiyet kaygılarını artırabilmekte; işveren-çalışan ilişkilerinde güven sorunlarına neden olabilmektedir (Eurofound, 2020). Özellikle biyometrik verilerin işlenmesi, hem Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) hem de ulusal kişisel veri koruma mevzuatları bağlamında “özel nitelikli veri” kapsamında değerlendirildiğinden, işverenlerin bu verileri minimum düzeyde, belirli amaçlarla ve şeffaflık ilkesi doğrultusunda işlemesi gerekmektedir (Thiel & Boyle, 2016). Ayrıca veri güvenliğinin sağlanamaması, işçilerin fiziksel ve psikolojik güvenliğinin yanı sıra kişisel haklarının ihlal edilmesine yol açabilecek riskler taşımaktadır.

Çalışmanın bulguları, giyilebilir teknolojilerin işyerlerinde önemli fırsatlar sunduğunu ancak doğru yönetilmediğinde çalışanların üzerinde izlenme baskısı, stres artışı ve psikolojik yük oluşturabileceğini göstermektedir (Alp & Doğan, 2021). Bu nedenle giyilebilir cihazların tasarımı, uygulanması ve izleme mekanizmaları çalışan odaklı bir yaklaşım temelinde yürütülmelidir.

Giyilebilir teknolojilerin İSG uygulamalarında sürdürülebilir ve çalışan odaklı biçimde kullanılabilmesi için örgütlerin yalnızca donanım yatırımı yapması yeterli değildir; aynı zamanda veri yönetişi, etik ilkeler ve yapay zekâ modellerinin şeffaflığına dayalı bütüncül bir strateji geliştirmeleri gerekmektedir. Sistematik derlemeler, giyilebilir cihazlar ve YZ tabanlı analizlerin, çalışanların fizyolojik göstergelerini izleyerek güvenlik performansını artırabildiğini, ancak yanlış tasarlandıklarında aşırı gözetim

hissi, stres ve mahremiyet kaygılarını da tetikleyebildiğini vurgulamaktadır (Banace vd., 2013; Chen vd., 2023).

Eurofound'un dijitalleşme ve çalışan izleme pratiklerine ilişkin raporu ise, dijital izleme araçlarının güç dengelerini işveren lehine kaydırabildiğini, bu nedenle veri minimizasyonu, amaçla sınırlılık ve şeffaflık ilkelerinin özellikle vurgulanması gerektiğini ortaya koymaktadır (Eurofound, 2020). Bu çerçevede, örgütlerin giyilebilir teknolojileri yalnızca performans denetimi için değil, çalışan sağlığını önceleyen, katılımcı ve insan merkezli bir İSG stratejisinin bileşeni olarak konumlandırmaları, hem güvenliği artıracak hem de dijitalleşmenin etik ve hukuki risklerini azaltacaktır.

5.1. Öneriler

Giyilebilir teknolojilerin İSG uygulamalarında etkin, güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmesi için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

Etik ve Hukuki Çerçevenin Güçlendirilmesi

- İşverenler, giyilebilir cihazlardan elde edilen tüm verilerin işleme amacını, kapsamını ve saklama sürelerini çalışanlara açık bir şekilde bildirmelidir (Eurofound, 2020) (Eurofound, 2020).
- Sağlık verileri, GDPR ve KVKK kapsamında “özel nitelikli veri” olarak işlendiğinden, işverenlerin açık rıza, veri minimizasyonu, amaçla sınırlılık ve güvenli saklama ilkelerine titizlikle uyması gerekmektedir (Thiel & Boyle, 2016).
- Veri kötüye kullanımının önlenmesi amacıyla bağımsız etik kurullar veya İSG teknoloji değerlendirme komiteleri oluşturulmalıdır.

Çalışan Odaklı Teknoloji Tasarımı ve Uygulaması

- Giyilebilir teknolojilerin işletmeye entegre edilmesinde, çalışanların katılımı ve geri bildirimi temel alınmalıdır (Kalandari, 2017).
- Sürekli izlenme hissini yarattığı psikolojik baskıyı azaltmak için yalnızca gerekli veriler toplanmalı; sosyal etkileşim gibi çalışan bireysel olarak damgalayabilecek verilere dikkatle yaklaşılmalıdır (Yano vd., 2015).
- Akıllı kemer, akıllı giysi ve biyosensörlü bileklik gibi cihazların tasarımında çalışanların konforu, ergonomisi ve hareket özgürlüğü gözletilmelidir.

İş Sağlığı ve Güvenliğinde Proaktif Risk Yönetimi

- Giyilebilir cihazlardan elde edilen veriler, yalnızca bireysel performans değerlendirmesi için değil, aynı zamanda kurumsal risk haritalarının

oluşturulması, tehlikeli bölgelerin tanımlanması ve ergonomik düzenlemelerin yapılması için kullanılmalıdır (Awolusi vd., 2018).

- İşyerleri, gerçek zamanlı verileri analiz eden yapay zekâ tabanlı İSG yönetim sistemlerine yatırım yaparak risklerin erken tespitini güçlendirmelidir (Sandoval & Kwon, 2019).
- Yorgunluk, stres ve mikro-uyku gibi görünmez risklerin tespit edilmesi için biyometrik sensörlerin kullanımına öncelik verilmelidir.

Eğitim, Farkındalık ve Organizasyonel Uyarılama

- AR gözlükleri ve VR simülasyonları gibi teknolojiler, işbaşı eğitimlerinde, tehlikeli durumların simülasyonunda ve güvenlik farkındalığının artırılmasında daha etkin kullanılmalıdır (Saker, 2023).
- Çalışanlara veri gizliliği, teknolojinin amacı ve kişisel hakları hakkında düzenli eğitimler verilmelidir.
- İşverenler, giyilebilir teknoloji kullanımını sadece denetim aracı olarak değil, çalışan refahını artıran bir destek sistemi olarak konumlandırmalıdır.

Teknolojik Altyapı ve Güvenlik İyileştirmeleri

- Veri depolama sistemlerinde çok katmanlı siber güvenlik uygulamaları kullanılmalıdır.
- Cihazların pil ömrü, dayanıklılığı ve veri doğruluğu artırılmalı; karışık çalışma ortamlarına uygun şekilde tasarlanmalıdır.
- Giyilebilir cihazların iş süreçleriyle entegrasyonunda IoT altyapıları güçlendirilmelidir.

5.2. Genel Değerlendirme

Sonuç olarak, giyilebilir teknolojiler İSG alanında hem fırsatlar hem de zorluklar sunan çok boyutlu araçlardır. Etkili kullanıldığında çalışan sağlığını koruyan, iş kazalarını azaltan ve verimliliği artıran güçlü bir potansiyele sahiptirler. Ancak bu teknolojilerin kontrolsüz, amaç dışı veya veri güvenliğini ihlal edecek biçimde kullanılması çalışanlar açısından ciddi riskler oluşturabilir. Bu nedenle, giyilebilir teknolojilerle ilgili tüm süreçlerde insan merkezli, etik temelli, hukuka uygun ve bilimsel kanıtlara dayalı bir yaklaşım benimsenmesi gerekmektedir. Uzun vadede giyilebilir teknolojilerin, işyerlerinde daha güvenli, daha verimli ve daha sürdürülebilir çalışma ortamları oluşturacağı öngörülmektedir.

Kaynakça

- Aksüt, G., Eren, T., & Alakaş, H. M. (2024). Using wearable technological devices to improve workplace health and safety: An assessment on a sector base with multi-criteria decision-making methods. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(2). <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2023.102423>
- Alp, M., & Doğan, S. (2021). Giyilebilir Teknolojiler ve İş İlişisine Etkileri. *Çalışma ve Toplum*, 4(71), 2599–2632. <https://doi.org/10.54752/CT.1155408>
- Antwi-Afari, M. F., Qarout, Y., Herzallah, R., Anwer, S., Umer, W., Zhang, Y., & Manu, P. (2022). Deep learning-based networks for automated recognition and classification of awkward working postures in construction using wearable insole sensor data. *Automation in Construction*, 136. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2022.104181>
- Awolusi, I., Marks, E., & Hallowell, M. (2018). Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices. *Automation in Construction*, 85, 96–106. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2017.10.010>
- Banaee, H., Ahmed, M. U., & Loutfi, A. (2013). Data Mining for Wearable Sensors in Health Monitoring Systems: A Review of Recent Trends and Challenges. *Sensors 2013, Vol. 13, Pages 17472-17500*, 13(12), 17472–17500. <https://doi.org/10.3390/S131217472>
- Chen, H., Mao, Y., Xu, Y., & Wang, R. (2023). The Impact of Wearable Devices on the Construction Safety of Building Workers: A Systematic Review. *Sustainability (Switzerland)*, 15(14), 11165. <https://doi.org/10.3390/SU151411165/S1>
- Eurofound. (2019). Digital Age: Wearable devices: Implications of game-changing technologies in services in Europe. *Publications Office of the European Union*, 81–91. www.eurofound.europa.eu
- Eurofound. (2020). Employee monitoring and surveillance: The challenges of digitalisation. *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2806/424580>
- Antwi-Afari, M. F., Li, H., Yu, Y., & Kong, L. (2018). *Wearable insole pressure system for automated detection and classification of awkward working postures in construction workers*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.004>
- Fritz, C., Ellis, A. M., Demsky, C. A., Lin, B. C., & Guros, F. (2013). Embracing work breaks. Recovering from work stress. *Organizational Dynamics*, 42(4), 274–280. <https://doi.org/10.1016/J.ORGADYN.2013.07.005>
- Gao, R., Mu, B., Lyu, S., Wang, H., & Yi, C. (2022). Review of the Application of Wearable Devices in Construction Safety: A Bibliometric Analysis from 2005 to 2021. *Buildings 2022, Vol. 12, Page 344*, 12(3), 344. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12030344>

- ILO. (2023). *Global strategy on occupational safety and health | International Labour Organization*. <https://www.ilo.org/resource/policy/global-strategy-occupational-safety-and-health>
- Jülicher, T., & Delisle, M. (2018). Step into “The Circle”—A Close Look at Wearables and Quantified Self. *Big Data in Context Legal, Social and Technological Insights*. Springer: <http://www.springer.com/series/10164>
- Kahraman, Z., Yürüten Özdemir, K., Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İ., Bilimleri Enstitüsü, E, Üniversitesi, K., Bilimler Bölümü, T., & Ürünleri Fakültesi, S. (2022). Dijitalleşmenin İş Sağlığı ve Güvenliğine Entegrasyonu ve Uygulanabilirliği. *OHS ACADEMY*, 5(3), 208–221. <https://doi.org/10.38213/OHSACADEMY.1128402>
- Kalantari, M. (2017). Consumers’ adoption of wearable technologies: Literature review, synthesis, and future research agenda. *International Journal of Technology Marketing*, 12(3), 274–307. <https://doi.org/10.1504/IJTMKT.2017.089665>
- Kerner, S. (2022). Evaluation of Manually Completed Manufacturing Assembly Processes Through a Wearable Force and Motion Sensing System Integrated Into a Glove. *All Theses*. https://open.clemson.edu/all_theses/3875
- Saker, K. C. (2023). *Smart Glasses For Maintenance*. <http://hdl.handle.net/20.500.12380/307225>
- Sandoval, S., & Kwon, S. (2019). Smart Wearable Technologies to Promote Safety in Aging Construction Labor. *Creative Construction Conference 2019*, 733–738. <https://doi.org/10.3311/CCC2019-100>
- Tekindal, M., & Uğuz Arsu, Ş. (2020). Nitel Araştırma Yöntemi Olarak Fenomenolojik Yaklaşımın Kapsamı ve Sürecine Yönelik Bir Derleme. *Ufku Ötesi Bilim Dergisi*, 20(1), 153–172. <https://asosindex.com.tr/index.jsp?modul=articles-page&journal-id=907&article-id=470325>
- Thiel, S., & Boyle, N. (2016). *Wearables at work: Data privacy and employment law implications*. DLA Piper. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=111fced-7b1c-4941-be37-943be3b254be>
- Yano, K., Akitomi, E. T., Ara, K., Watanabe, E. J., Tsuji, E. S., Sato, N. M., Hayakawa, N., & Moriwaki, E. (2015). Measuring Happiness Using Wearable Technology-Technology for Boosting Productivity in Knowledge Work and Service Businesses. *Hitachi Review*, 64(8).

