

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİ ARAÇLARININ İNŞAAT SEKTÖRÜ İŞ
KAZALARINDA KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Şükran DEMİRKOL KÜRKÇÜOĞLU
1900005401

Anabilim Dalı: Mimarlık
Program: Yapım Yönetimi ve Teknolojisi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Esra BOSTANCIOĞLU

HAZİRAN 2024

T.C.

İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİ ARAÇLARININ İNŞAAT SEKTÖRÜ İŞ
KAZALARINDA KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şükran DEMİRKOL KÜRKÇÜOĞLU

1900005401

Anabilim Dalı: Mimarlık

Program: Yapım Yönetimi ve Teknolojisi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Esra BOSTANCIOĞLU

Jüri Üyeleri: Doç.Dr. Gamze ALPTEKİN

Dr. Öğr. Üyesi Yaprak ARICI ÜSTÜNER

HAZİRAN 2024

ÖNSÖZ

Uzun ve zorlu geçen çalışma sürecimde bilgileri ve yönlendirmeleriyle bana destek olan tez danışanım Prof. Dr. Esra BOSTANCIOĞLU'na,

Desteklerini her zaman hissettiğim, her konuda yanımda olan annem, babam, kız kardeşim ve sevgili eşime,

Sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2024

Şükran DEMİRKOL KÜRKÇÜOĞLU

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TÜRKÇE ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1.GİRİŞ	1
1.1 Problemin Belirlenmesi.....	1
1.2 Konuyla İlgili Mevcut Literatürün Değerlendirilmesi	3
1.3 Çalışmanın Amacı	11
1.4 Kapsam ve Sınırlamalar	12
1.5 Yöntem	12
2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ	14
2.1 İnşaat Sektöründe İş Kazaları	15
2.2 İnşaat Sektörü İş Kazalarını Önlemeye Dayalı Yöntemler.....	19
2.2.1 Kişisel Koruyucu ve Donanımlar.....	19
2.2.2 Giyilebilir Teknoloji Araçları	22
3. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİ ARAÇLARI.....	22
3.1 Giyilebilir Teknoloji Araçları ve Kullanım Alanları	23
3.1.1 Akıllı Giysiler	23
3.1.2 Akıllı Saatler	24
3.1.3 Yaşam Kemer.....	25
3.1.4 Akıllı Gözlük.....	26
3.1.5 Akıllı Ayakkabılar.....	27
3.1.6 Akıllı Dövmeler	28
3.1.7 Drone (İnsansız hava aracı).....	29
3.2 Giyilebilir Teknoloji Araçlarının Kullanımının Değerlendirilmesi	30
3.3 Giyilebilir Teknoloji Araçlarına ilişkin Mevcut Literatür Değerlendirmesi 34	

3.4 Giyilebilir Teknoloji Araçlarına ilişkin Patent ve Faydalı model örnekleri.	44
3.5 Değerlendirme	51
4. İNŞAAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞ KAZALARI VE GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER (ÖRNEK OLAY ÇALIŞMASI)	55
4.1 Giyilebilir Teknoloji Araçlarının İnşaat Sektörü İş Kazalarında Kullanımı (Örnek Olay Çalışması)	55
4.1.1 Örnek olaylar.....	56
4.1.2 İnşaat Sektöründeki Kaza Nedenleri ve Kullanılabilecek Giyilebilir Teknoloji Araçları.....	59
4.1.2.1 Yüksekten düşme	60
4.1.2.2 Şantiye güvenliği.....	61
4.1.2.3 Kas ve İskelet sistemi bozuklukları.....	62
4.1.2.4 Fiziksel ve zihinsel yorgunluk	62
4.1.3 Örnek Olaylar Üzerinden Giyilebilir Teknoloji Araçlarının Analizi.....	63
4.2 Türk İnşaat Sektöründe Kullanılabilecek Giyilebilir Teknoloji Araçları....	70
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR	79

KISALTMALAR

SGK: Sosyal güvenlik kurumu

İSG: İş Sağlığı ve güvenliği

WHO: Dünya sağlık örgütü

ILO: Uluslararası çalışma örgütü

KKD: Kişisel koruyucu ve donanımlar

İHA: İnsansız hava aracı

ÇKKV: Çok kriterli karar verme

GPS: Küresel konumlama sistemi

RF: Radyo frekans

VR: Sanal gerçeklik

EEG: Elektroensefalogram

HDP: İşitme koruma cihazı

WSD: Giyilebilir algılama cihazı

HRV: Kalp atış hızı değişkenliği

MWL: Zihinsel iş yükü

PSM: Fizyolojik durum monitörü

DCA: Bağımlılık bileşeni analizi

SMS: Emniyet yönetimi sistemleri

HCI: İnsan-Bilgisayar arayüzü

HMI: İnsan-Makine arayüzü

3D: Üç boyutlu

RFID: Radyo frekanslı tanıma

MR: Manyetik rezonans

İHA: İnsansız hava aracı

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1 Uluslararası İş sağlığı ve güvenliği kongre başlıkları.....	4
Tablo 1.2 Uluslararası literatürün ülkelere ve kategorilere göre dağılımı.....	6
Tablo 1.3 Ulusal literatürün kategorilere göre dağılımı.....	10
Tablo 3.1 Giyilebilir teknoloji araçlarına yönelik uluslararası literatürdeki yayınların analizi.....	41
Tablo 3.2 Ulusal patent ve faydalı modeller ile sektörleri.....	51
Tablo 4.1 Örnek olay çalışması (Kaza örnekleri üzerinden analiz).....	70

Şekil 1.1 İnşaat sektöründe iş kazası geçiren sigortalı işçi sayısının yıllara göre değişimi.....	3
Şekil 1.2 Uluslararası literatürde yer alan yayınların kategorilere göre tekrarlanma sıklıkları.....	8
Şekil 1.3 İş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan çalışmaların ülkelere göre dağılımı	9
Şekil 1.4 Ulusal literatürde yer alan yayınların kategorilere göre tekrarlanma sıklıkları.....	11
Şekil 1.5 Yönteme ait akış şeması.....	13
Şekil 2.1 Sektörde iş kazası geçiren sigortalı işçi sayısı.....	18
Şekil 2.2 İnşaat sektöründe meydana gelen ölümlü iş kazalarının sebepleri.....	19
Şekil 2.3. Kişisel koruyucu ve donanımlar.....	22
Şekil 3.1 Akıllı giysi.....	25
Şekil 3.2 Akıllı saat.....	26
Şekil 3.3 Yaşam kemeri.....	27
Şekil 3.4 Akıllı gözlük.....	28
Şekil 3.5 Akıllı ayakkabı.....	29
Şekil 3.6 Akıllı dövme.....	30
Şekil 3.7 Drone (İnsansız Hava Aracı)	31
Şekil 3.8 Giyilebilir teknolojilere yönelik Uluslararası literatürün yıllara göre dağılımı.....	53
Şekil 3.9 Giyilebilir teknolojilere ilişkin ulusal patent ve faydalı modellerin sektörlere göre dağılımı.....	54
Şekil 3.10 Giyilebilir teknolojilere ilişkin ulusal patent ve faydalı model ürün sayısının yıllara göre dağılımı.....	55

Şekil 4.1 İnşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarının sebepleri ve önlenmesi için kullanılabilecek giyilebilir teknoloji araçları.....76



TÜRKÇE ÖZET

İnşaat sektörü ülkedeki hemen her sektörle ilişkili, bünyesinde birçok alt sektör barındıran dinamik bir sektördür ve ülke ekonomisinin lokomotif sektörlerinden biridir. İş kazaları sektörü olumsuz yönde etkilemektedir. İnşaat sektöründe iş kazaları konusundaki literatür incelendiğinde; kişisel koruyucu ve donanımların kullanılması, caydırıcı çalışma şartlarının ve yasaların bulunması vb. gibi alınan birçok önlem görülmektedir. İş kazaları sayılarının azalmaması, farklı önlemlere yönelmek ve teknolojiyen daha fazla yararlanmak gerektiğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında, konu ile ilgili literatür taranarak inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği konusunda tüm dünyada yapılmış olan çalışmalar içerik analizi yöntemi ile taranarak, literatürdeki boşluk belirlenmiştir. Dünyada her sektörde hızla yayılan giyilebilir teknoloji araçlarının iş kazalarının yaygın olarak yaşandığı inşaat sektöründe kullanımının yaygın olmayışı ve bu konuda Türkiye’de mevcut çalışmaların sınırlı olması, araştırmanın başlangıç noktası olmuştur. Mevcut ulusal literatürde, giyilebilir teknoloji alanında sağlık ve üretim gibi sektörlerde oldukça fazla çalışmaya rastlanırken, inşaat sektöründe çok az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. İnşaat sektöründe verimliliği arttırmak, iş kazalarını önlemek, işçi sağlığını koruma amacıyla, giyilebilir teknolojiler incelenerek Türkiye’de inşaat sektöründe gerçekleşen iş kazalarında giyilebilir teknolojilerin kullanımına yönelik öneriler sunulması hedeflenmiştir. Türk inşaat sektöründe gerçekleşmiş 19 iş kazasının hukuksal açıdan değerlendirildiği bir örnek olay çalışması ele alınarak analiz edilmiş ve kullanılabilecek giyilebilir teknoloji araçları açısından değerlendirilmiştir. Türkiye’deki istatistiki verilerden gerçekleşen iş kazası türleri belirlenerek, iş kazası türleri ile giyilebilir teknolojiler ilişkilendirilmiş ve konu ile ilgili öneriler sunulmuştur. Giyilebilir teknoloji araçlarının iş sağlığı ve güvenliği alanında kullanımının yaygınlaşması gerektiği düşüncesiyle kaza tiplerine göre kullanılacak giyilebilir teknoloji araçları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat sektörü, iş kazaları, giyilebilir teknoloji

ABSTRACT

The construction sector is a dynamic industry that is interconnected with almost every sector in the country and houses numerous sub-sectors. It is one of the locomotive sectors of the national economy. Workplace accidents negatively impact the sector. When examining the literature on workplace accidents in the construction industry, various measures such as the use of personal protective equipment, deterrent working conditions, and legislation can be observed. The lack of reduction in the number of workplace accidents indicates the need to adopt different measures and utilize technology more effectively.

In this study, the existing literature on occupational health and safety in the construction sector worldwide was reviewed using content analysis to identify gaps in the literature. The limited use of wearable technology devices, which are rapidly spreading across all sectors globally, in the construction industry where workplace accidents are common, and the limited studies on this topic in Turkey, formed the starting point of this research. While there are numerous studies in the national literature on wearable technology in sectors like health and production, very few studies were found in the construction sector. This study aims to examine wearable technologies and provide recommendations for their use in workplace accidents in the Turkish construction sector, with the goals of increasing productivity, preventing workplace accidents, and protecting worker health. 19 occupational accidents in the construction sector were analyzed with a case study and evaluated in terms of wearable technology tools that can be used. Existing incidents were evaluated and recommendations for wearable technology were made. By determining the types of workplace accidents from statistical data in Turkey, wearable technologies were linked with accident types and recommendations on the subject were provided.

Keywords: Construction sector, workplace accidents, wearable technology

1.GİRİŞ

İnşaat sektörü ülkedeki hemen her sektörle iletişimde ve etkileşimde bulunan, bünyesinde birçok alt sektör barındıran dinamik bir sektördür. İnşaat sektörü, ekonomiye kaynak sağlama, istihdam yaratma, diğer sektörleri harekete geçirme, doğal ve toplumsal çevreyi etkileme, katma değer kazandırma ve rekabet oluşturma gibi önemli işlevleri üstlenmiştir. Bu sebeple ülke ekonomisinde gerçekleşen olumlu ve olumsuz gelişmeler inşaat sektörünü doğrudan etkilediği gibi, sektörden kaynaklı olumlu ve olumsuz gelişmelerde ülke ekonomisini doğrudan etkilemektedir. İş kazaları sektörde meydana gelen olumsuz durumların başında yer almaktadır. Dolayısıyla iş sağlığı ve güvenliği konusunda gerekli önlemlerin alınması ve iş kazalarının önüne geçilmesi büyük önem taşımaktadır.

1.1 Problemin Belirlenmesi

İnşaat sektörü çalışan sayısının fazla olması, zorlu çalışma koşullarına sahip olması ve hareketli yapısının olması sebebiyle içinde birçok risk ve tehlike barındıran bir sektör haline gelmiştir. Sektörün yapısı nedeniyle; meydana gelen kazalar, yaralanmalar ve edinilen hastalıklar ciddi rakamlara ulaşmış ve insan hayatını, sektörü ve ülke ekonomisini maddi, manevi zarara uğratmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (ILO) ‘nün tanımına göre “İş kazası; önceden planlanmamış, çoğu kez kişisel yaralanmalara, makinaların, araç ve gereçlerin zarara uğramasına, üretimin bir süre durmasına yol açan bir olaydır”. (ILO). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)’nün tanımına göre ise; “Belirli bir zarara ya da yaralanmaya neden olan beklenmeyen ve önceden planlanmamış bir olaydır” (ILO).

SGK 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçiren, ölümlü iş kazası geçiren veya meslek hastalığına tutulan sigortalı sayılarının ekonomik faaliyete göre dağılım istatistikleri incelendiğinde; Türk inşaat sektörünün 2018-2022 yılları arasında maddi ve manevi binlerce kayıp verdiği tespit edilmiştir. Son beş yılda inşaat sektöründe toplam 291.453 kişi iş kazası geçirerek belirli gün sayısı boyunca iş göremez hale gelmiştir. Bununla birlikte toplam 2.114 kişi ise geçirdiği iş kazası sebebiyle hayatını kaybetmiştir (SGK,2024).

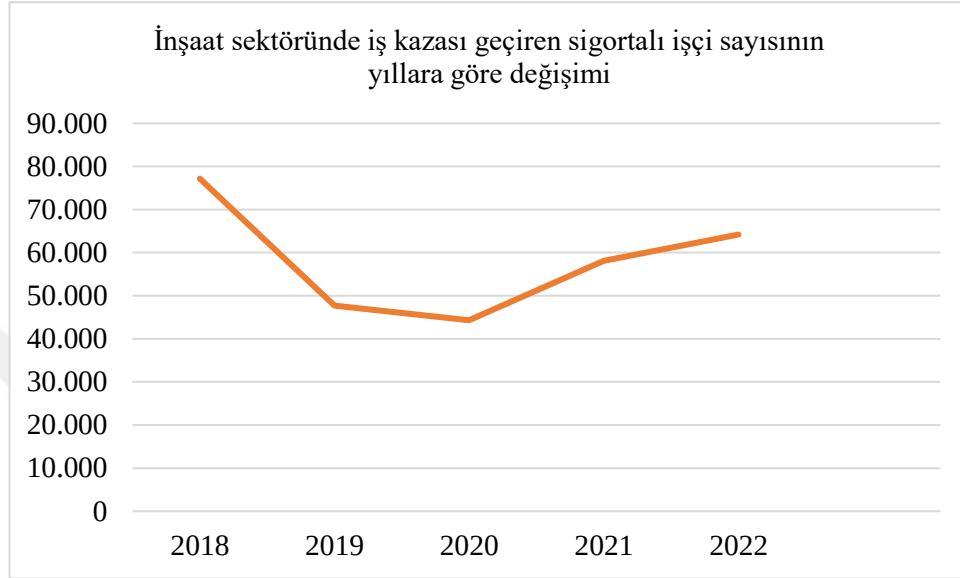
İş kazalarının işçilerin maddi ve manevi zarar görmelerinin yanı sıra hem işverene hem de devlete ağır ekonomik maliyet yüklemesi durumu da söz konusudur. Yapılan çalışmalar incelendiğinde iş kazalarını önlemek için alınan tedbirlerin maliyetinin, iş kazası gerçekleşikten sonra oluşan maliyetten çok daha az olduğu görülmektedir (Durdu,2014).

İş kazalarının oluşmasında üretim teknolojisi, üretim araçları, çevre koşullarının yanında sosyolojik, psikolojik, fizyolojik birçok etken rol oynamaktadır. Ancak, iş kazalarının oluşmasına neden olan etkenlerin tümü temel iki etkene indirgenebilir. Bunlar işyerlerindeki güvensiz durumlar ile çalışanların yaptığı güvensiz davranışlardır (MMO, 2012). Bu güvensiz durumlar ve çalışanların yaptığı güvensiz davranışların engellenmesi için alınan ve hukuki olarak alınması zorunlu olan önlemlere “iş sağlığı ve güvenliği önlemleri” denir.

2018-2022 yılları arasında inşaat sektöründe iş kazası geçiren sigortalı işçi sayısı (Şekil 1.1) değerlendirildiğinde, Türkiye’de alınan iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yeterli olmadığı, doğru bir şekilde uygulanmadığı veya yeterince denetlenmediği olasılıkları ortaya çıkmaktadır.

İş kazalarının ülke ekonomisine, maddi ve manevi kayıpların işçilere, işçi ailelerine ve işverene sosyoekonomik açıdan ciddi zarar verdiğini göstermektedir. İnşaat sektöründe iş kazaları sayısında azalma yaşanmaması, yaralanma ve ölümlerle sonuçlanma oranının yüksek olması alınacak önlemlerin arttırılması ya da farklı önlemler alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Dünyada her sektörde hızla yayılan

giyilebilir teknoloji araçlarının, iş kazalarının yaygın olarak yaşandığı inşaat sektöründe kullanımının yaygın olmayışı bu alanda çalışma yapılmasına yöneltmiştir. Kişisel koruyucu ve donanımlar, yaygın güvenlik önlemleri ile kullanılması gereken giyilebilir teknoloji araçlarının iş kazalarının önüne geçmede önemli bir çözüm olacağı düşünülmektedir.



Şekil 1.1 İnşaat sektöründe iş kazası geçiren sigortalı işçi sayısının yıllara göre değişimi (SGK, 2024)

1.2 Konuyla İlgili Mevcut Literatürün Değerlendirilmesi

Literatürde; 2011-2024 yılları arasında “İnşaat sektörü”, “İş sağlığı ve güvenliği” terimlerinin yer aldığı sağlık, sanayi, eğitim-öğretim, hukuk, işletme, mimarlık ve mühendislik alanlarında birçok çalışmaya rastlanmıştır. Mimarlık ve mühendislik alanlarında yayınlanan toplam 76 adet teze ulaşılmıştır. Web of science üzerinden yapılan taramada; 83 makale, 32 bildiri, 6 derleme makalesi, 5 makale-kitap bölümü olmak üzere toplam 126 kaynağa erişim sağlanmıştır.

İnşaat sektöründe “İş sağlığı ve güvenliği” alanında yapılmış çalışmalar içerik analizi yöntemi ile taranarak, iş sağlığı ve güvenliği konusundaki sorunlar ve bu sorunların literatürdeki tekrarlanma sıklıkları belirlenmiştir.

İçerik analizi; yazılı, sözlü veya görsel iletişim mesajlarını analiz etmenin bir yöntemidir (Cole, 1988). İçerik analizi kullanılarak kelimeleri içerikle ilgili daha az kategoride incelemek mümkündür. Aynı kategoride sınıflandırıldığında kelimelerin, ifadelerin ve benzerlerinin aynı anlamı ifade ettiği varsayılmaktadır (Cavanagh, 1997). Metin ve alan notlarının sistematik olarak incelenmesi; temaların tanımlanması ve gruplanması, kategorilerin kodlanması, sınıflandırılması ve geliştirilmesidir. Nitel içerik analizinde, sonuçlar kategori ve/veya temalar halinde sunulur (Graneheim vd, 2017)

Kategori başlıklarının belirlenebilmesi için; “Uluslararası İş güvenliği ve Çalışan Sağlığı Kongresi” ile “Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresinde” yer alan konu başlıkları ele alınmıştır (Tablo 1.1).

Tablo 1.1 Uluslararası İş sağlığı ve güvenliği kongre başlıkları (Kurkcuoglu ve Bostancioglu, 2022)

Uluslararası İş güvenliği ve Çalışan Sağlığı Kongresi (2024) https://www.isguvenligivecalisansagligikongresi.org/konular	Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi (2017) (http://www.iohsc2017.org/)
Acil Durum Yönetimi	Davranış Bilimleri ve İSG
Çalışan Güvenliği	Kimya Sektörü ve İSG
Çalışan Sağlığı	Acil Durum Yönetimi ve İSG
Çalışanlarda Beslenme	İSG’de Teşvik Mekanizmaları
Çalışanlarda Motivasyon ve Performans	Ergonomi ve İSG
Güvenlik Mühendisliği Uygulamaları	İSG’de İyi Uygulamalar
İSG Güvenliği	Teftiş ve Denetim Uygulamaları
İSG Acil Durum Haberleşmesi	İş Hijyeni
İSG de Risk Analizi	İş Ekipmanlarının Bakımı, Onarımı ve Periyodik Kontrolleri
İSG de Risk Yönetimi	Metal Sektörü ve İSG
İSG Eğitimi	İş Kazaları
İSG Maliyet Analizi	İş Sağlığı ve Meslek Hastalıkları
İSG Mevzuatı	İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri
İSG Veri Tabanı	İSG ve Hukuk
İSG İstatistiği	Kamu Kurum ve Kuruluşlarında İSG
İSG Yönetim Sistemleri	İSG Kültürü

İSG’de Endüstriyel Ürünler	İSG Bölgesel İş birlikleri ve Networkler
Kaza Analizi	İşyerinde İSG örgütlenmesi
Kontroller ve Düzenlenecek Belgeler (Dokümantasyon)	Tarım Sektöründe İSG
Madenlerde İSG	İnşaat Sektöründe İSG
Sağlık Bilişimi	Maden Sektöründe İSG
Sosyal Güvenlik Sistemi	Kimyasalların Kullanımında İSG
Tehlikeli Maddeler ve Atık Yönetimi	İSG Yönetim Sistemleri]
Teknoloji Yönetimi ve Kullanımı	Kişisel Koruyucu Donanımlar
Yangın Müdahale Teknikleri	Planlama ve Proje Tasarımında İSG
Yapı Sağlığı ve Güvenliği	Proses Güvenliği ve Yönetim Sistemleri
Yapı İşlerinde İSG	Risk Yönetimi
İş Hijyeni	Bilimsel ve Teknolojik Gelişmeler
İş Hukuku Çalışan Hakları	Sektörel İSG Uygulamaları
İş Sağlığı	Eğitim ve İSG
İş ve Kalite Yönetimi	Yüksekte Çalışma
İşletmelerde Ekipman Bakım Onarım	
İşyerinde Sağlık Yönetimi	

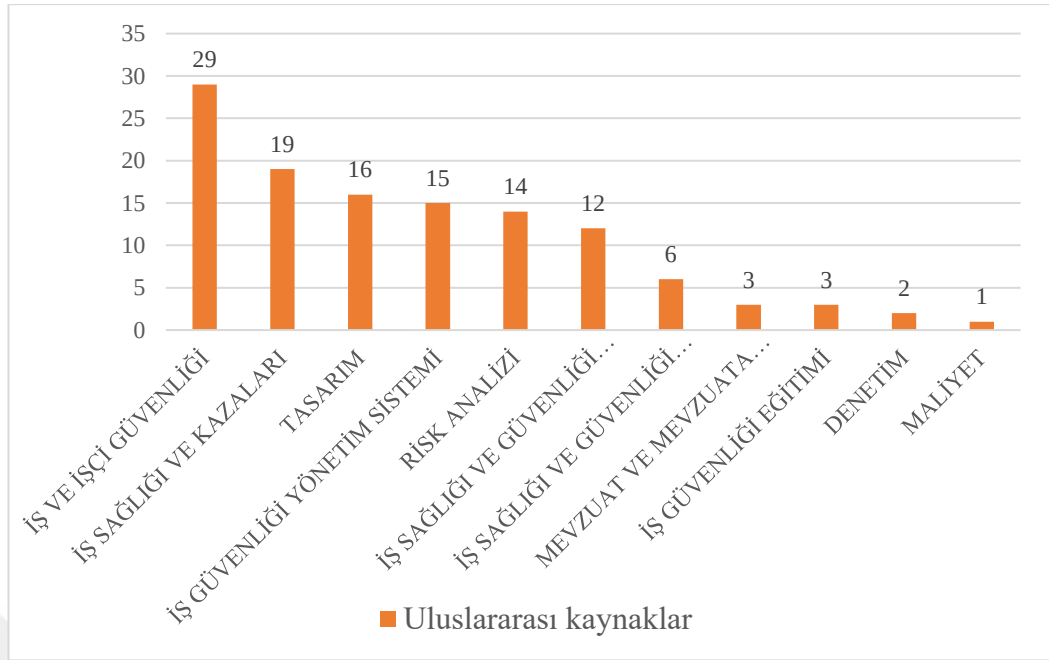
Mevcut literatürde taranan ulusal ve uluslararası yayınlar ile her iki kongrenin konu başlıklarının değerlendirilmesi sonucu; “İş ve işçi güvenliği”, “İş sağlığı ve kazaları”, “Tasarım”, “İş güvenliği yönetim sistemi”, “Kaza riskleri”, “İş sağlığı ve güvenliği kültürü”, “İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları”, “Mevzuat”, “İş güvenliği eğitimi”, “Denetim”, “Maliyet” olmak üzere toplam 11 kategori başlığı belirlenmiştir.

Belirlenen “İş ve işçi güvenliği”, “İş sağlığı ve kazaları”, “Tasarım”, “İş güvenliği yönetim sistemi”, “Kaza riskleri”, “İş sağlığı ve güvenliği kültürü”, “İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları”, “Mevzuat”, “İş güvenliği eğitimi”, “Denetim”, “Maliyet” kategorileri, yayınların içerik ve özetleri üzerinden analiz edilmiştir. Her bir kategorinin içinde yer aldığı yayınlar Tablo 1.2’de görülmektedir. Uluslararası literatürde kategorilerin tekrarlanma sıklıkları ise, Şekil 1.2’de yer almaktadır.

Tablo 1.2 Uluslararası literatürün ülkelere ve kategorilere göre dağılımı (Kurkcuoglu ve Bostancioglu, 2022)

Ülke	Kategori	Kaynak
ABD	İş ve işçi güvenliği	Hinze,Hallowell,Baud (2013),Gatti,Schneider. (2014), Park, Elsafty, Zhu. (2015), Bhoir,Esmaili.(2015),Choi,Hwang, Lee. (2017), Yang,Ahn,Vuran,Kim. (2017),Hindman vd. (2017),Lee,Lin,Seto.(2017),Kang. (2018), Hasanzadeh,Esmaili,Dodd. (2018), Cho,Kim,Ma,Ueda. (2018), Nnaji,Karahan(2020),Hasanzadeh,de la garza. (2020), Nath,Behzadan,Paal.(2020),Lee,Shariatfar,Rashidi. (2020), Zhang,Boukamp,Teizer. (2015)
	Risk analizi	Nguyen,Tran,Chandwinata.(2016),Jin,Gambatese,Liu. (2019), Bhandari vd. (2020)
	Tasarım	Young-Corbet. (2014), Tymvios,Gambatese.(2014),Tymvios,Gambatese. (2016), Zhao,Mccoy,Kleiner. (2016), Tello,Grau. (2018)
	İş sağlığı ve kazaları	Kang,Siddiqui,Suk,Chi,Kim.(2017),Hernandez,Dos Santos (2020)
	İş güvenliği yönetim sistemi	Hallowell,Gambatese.(2010),Hallowell. (2011), WanbergiHarper,Hallowell.(2013),Azhar.(2017)
	İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları	Melzner,Teizer,Zhang.(2013), Scanlon,Lloyd,Gray.(2015)
	İş güvenliği eğitimi	Marin,Roelofs.(2017),Ferrada,Masalan,Guarello,Nunez. (2019), Namian,Albrt,Zuluaga,Jaselskis.(2016)
Çin	İş ve işçi güvenliği	Yu,Li,Ynag,Kong,Luo. (2019), Yu,Umer,Yang,Antwi,Maxwell.(2021)
	İş sağlığı ve güvenliği kültürü	Fang,Wu.(2015),Chan,Javed,Lyu,Hon,Wong. (2016), Gao, Chan,Utama.(2017),Li,Leung,Au. (2018)
	Denetim	Liao,CW. (2015)
	Risk analizi	Bai, Xiao-Ping; Zhao, Yu-Hong (2020),Zhang,Mohandes(2020),Lu,Gong,Tang,Güneş,Li.(2021)
	İş sağlığı ve kazaları	Wong,Wang,Law,Lo.(2016),Leung,Liang,Olomolaiye. (2016), Chan,Yang,Darko.(2018),Wong,ChiangAbidoye,Liang. (2019)
	İş güvenliği yönetim sistemi	Yiu,Chan,Sze,Shan.(2019), Chan,Tatlim.(2016), Zhao.(2014)
	İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları	Zhao,Kzemi,Liu,Zhang.(2018), Antwi,Li,Wong,Johnny.(2019)
Malezya	İş ve işçi güvenliği	Yap,Chong,Skitmore (2020)
	İş sağlığı ve güvenliği kültürü	Zid,Kasim,Benseghir,Kabir,Bin İbrahim. (2018), Mohammad,Hadikusumo.(2020)
	Risk analizi	Al-anbari,Khalina,Alnuaimi,Normariah. (2015), Rupansinghe,Panuwatwanich.(2020),Abas,Blismas, Lingard (2021)
	Tasarım	İbrahim,Belayutham,Manu(2020),İbrahim,Belayutham. (2020), Ariffin,Mohd,Carmen,Kidam.(2020)
	İş sağlığı ve kazaları	Ayob,Shaari,Zaki,Munaaim.(2018),Zaini,Salleh,Hasmori,Abas.(2020)
	İş güvenliği yönetim sistemi	Salim,Salleh,Zawawi.(2016),Adnan,Yussof,Jaafar, Rashid. (2019), Mohd,Ariffin,Hamid,Kidam,İsmail.(2020)

Ülke	Kategori	Kaynak
Genel	İş ve işçi güvenliği	Dejus. (2013), Gündüz,Birgönül,Özdemir.(2017),Li,Wang,Umer,F u. (2019), Khoshnava, Rostami(2020), Fargnoli,Lombardi(2020)
	İş sağlığı ve güvenliği kültürü	Manu,Emuze,Saurin,Hadikusumo.(2020)
	İş sağlığı ve kazaları	Li,Poon,Ho.(2015), Alexander,Hallowell,Gambatese.(2017)
	Tasarım	Manu,Poğosyan,Mahamadu.(2019)
İspanya	İş ve işçi güvenliği	Rubio,Garcia.(2013),Forteza,Carretero,Sese(2020)
	Risk analizi	De los Pinos,Garcia.(2017)
	Tasarım	Arevalo. (2013), Lopez,Rubio.(2015),Casanovas,Armengou,Ramos.(2016)
	İş sağlığı ve kazaları	Hola, Szostak. (2017), Gerassiss,Martin,Garcia,Saavedra,Taboada.(2017)
	İş güvenliği yönetim sistemi	Fernandez,Montes.(2012)
	Risk analizi	Cortes,Prieto(2020)
Avustralya	İş ve işçi güvenliği	Sunindijo. (2015), Newaz,Jefferies,Davis(2020)
	İş sağlığı ve güvenliği kültürü	Oswald,Zhang,Lingard,Pirzadeh,Le.(2018)
	Tasarım	Pirzadeh,Lingard.(2017)
	İş güvenliği yönetim sistemi	Sunindijo,Zou.(2013)
	Maliyet	Lingard,Warmerdam,Shoosthtarian. (2019)
Litvanya	Tasarım	Dejus (2010), Simanaviciene,Liaudanskiene,Ustinovichius. (2014)
	İş sağlığı ve kazaları	Liaudanskiene,Ustinovichius.(2010)
	İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları	Liaudanskiene,Ustinovichius.(2010)
Portekiz	Risk analizi	Rodrigues,Antunes,Mats (2021)
	Tasarım	Rodrigues,Estrada,Antunes,Swuste. (2018)
	İş sağlığı ve kazaları	Couto,Ihale. (2020)
Türkiye	İş sağlığı ve güvenliği kültürü	Erdal,Işık,Fırat. (2018)
	Risk analizi	Gül,Ak. (2018)
	İş sağlığı ve kazaları	Ayhan,Tokdemir. (2020)
Güney Afrika	İş sağlığı ve kazaları	Agumba,Musonda. (2020)
	İş güvenliği yönetim sistemi	Okonkwo,Wium(2020)
	Mevzuat	Windapo,Olatunji,Umeokafor. (2020)
Endonezya	İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları	Gusti,Sien,Astawa,Ariany. (2019)
	İş güvenliği eğitimi	Endroyo,Yuwono,Mardapi. (2015)
Hindistan	İş sağlığı ve güvenliği kültürü	Deepak,Mahesh.(2019),Sharma,Mishra (2021)
İran	İş güvenliği yönetim sistemi	Mohammadfam,Kamalina,Momeni,Golmohammad i. (2016)
	İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları	Ghahramani. (2016)
Irak	İş ve işçi güvenliği	Karakhan,Rajendran,Gambatese,Nnaji. (2018)
Singapur	İş ve işçi güvenliği	Poh,Ubeynarayana.(2018)
İngiltere-Tayland	İş sağlığı ve güvenliği kültürü	Manu,Mhamadu,Hadikusumo. (2017)
Norveç	Denetim	(Suleiman, Abdulqadir Mohamad (2021)
Almanya	Risk analizi	Teizer,Cheng. (2015)
Slovakya	Risk analizi	Mesaros,Spisakova,Mačka. (2019)
Bangladeş	İş sağlığı ve kazaları	Ahmed. (2019)
Özbekistan	İş sağlığı ve kazaları	Sultanov,Nurimbetov,Zikriyoev. (2019)
Suriye	İş sağlığı ve kazaları	Abduljabbar,Saad. (2020)
Tayvan	İş güvenliği yönetim sistemi	Liao,Çan. (2017)
Gana	İş güvenliği yönetim sistemi	Asah,Manu,Booth,Mahamadu. (2020)
Nijerya	Mevzuat	Adeyemo,Smallwood. (2017)
Pakistan	Mevzuat	Qayoom,Hadikusumo. (2020)
Güney Kore	İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları	Choe,Leite. (2017)

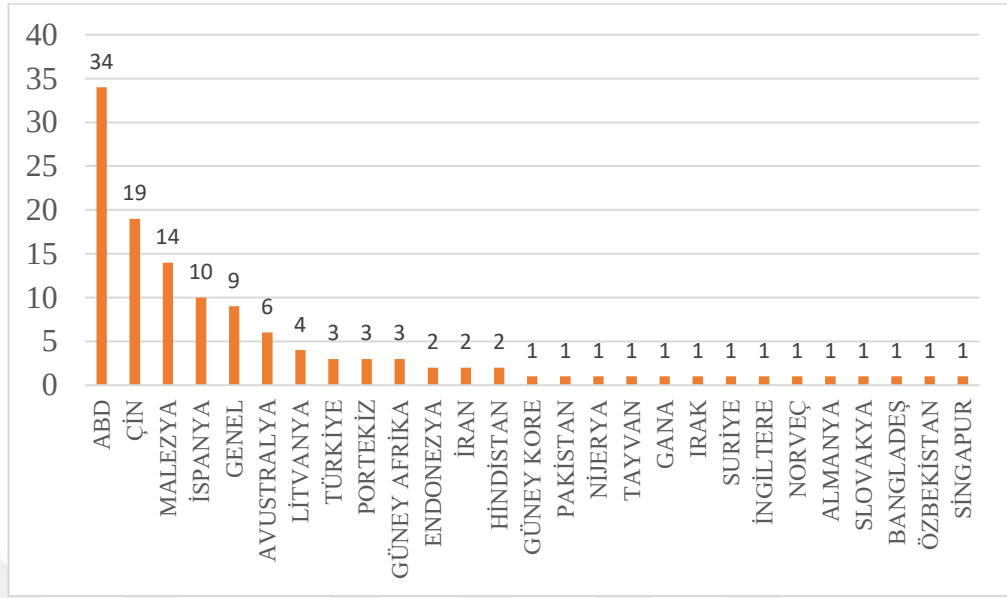


Şekil 1.2 Uluslararası literatürde yer alan yayınların kategorilere göre tekrarlanma sıklıkları (Kurkcuoglu ve Bostancioglu, 2022)

Web of Science’da yer alan 126 uluslararası yayında; iş ve işçi güvenliği, iş sağlığı ve kazaları, tasarım, iş güvenliği yönetim sistemi, risk analizi, iş sağlığı ve güvenliği kültürü kategorilerinde oldukça çalışmaya rastlanırken; iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları, mevzuat, iş güvenliği eğitimi, denetim ve maliyet alanında yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. (Şekil 1.2)

İş sağlığı ve güvenliği alanında yapılmış yayınların ülkelere göre dağılımı incelendiğinde 27 ülkeden yayınlara rastlanmıştır. (Şekil 1.3) ABD bu alanda 34; Çin 19; Malezya 14; İspanya 10; Avustralya 6, Litvanya 4; Türkiye 3; Portekiz 3; Güney Afrika 3; Endonezya 2; İran 2; Hindistan 2; Güney Kore 1; Pakistan 1; Nijerya 1; Tayvan 1; Gana 1; Irak 1; Suriye 1; İngiltere 1; Norveç 1; Almanya 1; Slovakya 1; Bangladeş 1; Özbekistan 1; Singapur 1 yayına sahiptir. Yayınların 9’u ülke bazlı değil, genel çalışmalardır. En fazla yayın yapılan ülkelerin sırayla ABD, Çin ve Malezya olduğu görülmektedir.

Türkiye yayın yapılan ülkeler arasında 8. sıradadır. (Kurkcuoglu ve Bostancioglu, 2022) Yapılan içerik analizi sonuçlarına göre; ABD, Çin, Malezya gibi ülkelere oranla Türkiye’de yapılan yayın sayısı tüm kategorilerde oldukça azdır. Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği alanında çok az sayıda yayın yapılmış olması yüksek kaza oranlarıyla örtüşen olumsuz bir durumdur. (Kurkcuoglu ve Bostancioglu, 2022).



Şekil 1.3 İş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan yayınların ülkelere göre dağılımı (Kurkcuoglu ve Bostancioglu, 2022)

Ulusal yayınlar YÖK Tez Merkezi üzerinden taranmıştır. Türkiye’deki mevcut 76 lisansüstü tezde; “İş ve işçi güvenliği” kategorisinde lisansüstü teze rastlanmazken, “İş sağlığı ve kazaları” kategorisinde 3, “Tasarım” kategorisinde 2, “İş güvenliği yönetim sistemi” kategorisinde 9 , “Kaza riskleri” kategorisinde 16, “İş sağlığı ve güvenliği kültürü” kategorisinde 7, “İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları” kategorisinde 15, “Mevzuat” kategorisinde 2, “İş güvenliği eğitimi” kategorisinde 11, “Denetim” kategorisinde 2, “Maliyet” kategorisinde ise 9 teze ulaşılmıştır. (Tablo 1.3)

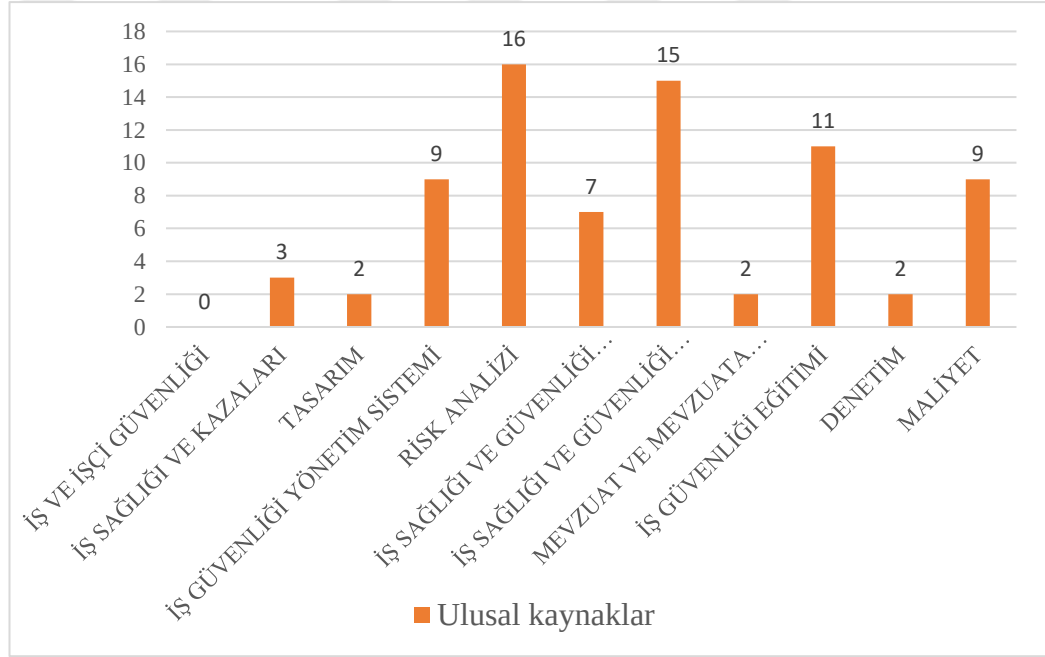
Tablo 1.3 Ulusal literatürün kategorilere göre dağılımı

(<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>)

Kategori	Kaynak
Mevzuat	Akkaş,2006; Baltacı,2015
Risk analizi	Karadağ,2010; Şahin,2012; Ceyhan,2012; Çörek,2014; Çebi,2014; Gezer,2015; Manisalı,2015; Kaya,2015 Mahçiçek,2015; Tozlutepe,2019 Küçük,2019; Çelebi,2019; Budak,2019; Demir,2013; Kılınç,2019; Perkel,2019
İş güvenliği yönetim sistemi	Metinsoy,2010; Naycı,2010 Tammam,2013; Ersöz,2016 Çeküç,2018; Karaosmanoğlu,2016 Sevim,2018; Biçkes,2019; Erdoğan,2019
Maliyet	Korkutan,2010; Cingilioğlu,2012 Dinç,2014; Manisalı,2015; Sarıçiçek,2017; Yılmaz,2018; Erkek,2019; Polat,2017; Yüksekova,2019
İş güvenliği eğitimi	Sofuoğlu,2012; Bostan,2012; Temel,2015; Yanık,2017; Saygılı,2016; Şen,2017; Aktay,2014; Bayrak,2019; Gürsoy,2019; Kırıl,2019; Gürbüz,2020
İş sağlığı ve güvenliği kültürü	Yüce,2014; Toğaçar,2015; Çodur,2017; Suröz,2017; Han,2015; Aktay,2014; Akdoğan,2019
Denetim	Kaya,2015; Gökçe,2015
Tasarım	Yaşar,2019; Tümerden,2015
İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları	Özen,2016; Şahin,2016; Çöl,2020; Tüzer,2012; Aksöz,2015; Kabaroğlu,2015; Ünsal,2019; Takva,2018; Bardakçı,2016; Koca,2019; Talay,2018; Temel,2017; Güvel,2016; Antmen,2013
İş sağlığı ve kazaları	Taşdöken,2015; Altıntop,2019; Kurt,2018

Mevcut uluslararası ve ulusal literatürde yer alan yayınların kategorilere göre tekrarlanma sıklıkları değerlendirildiğinde; dünyada çok sayıda ve her alanda çalışmaya rastlanırken, Türkiye’de çalışılan konuların az sayıda olması dikkat çekmiştir. (Şekil 1.4) Uluslararası literatürde çalışılan konular ile verilen öneriler ve alınabilecek önlemler değerlendirildiğinde, Dünyada iş sağlığı ve güvenliği ile iş sağlığı ve kazaları kategorilerinde özellikle ABD ve Çin devletinde yapılmış birçok yayın bulunmaktadır. Nüfusun ve üretimin çok olduğu devletlerde çalışma sayılarının fazla olması beklenen bir durumdur. Türkiye’de bu alanda yapılmış çalışma sayısı ise oldukça azdır fakat gerçekleşen iş kazası oranları bu alanda daha çok çalışmaya ihtiyaç

olduğunu göstermektedir. İş güvenliği eğitimi, risk analizi, iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları ve maliyet kategorilerinde Türkiye’de yapılmış çalışma sayısı diğer kategorilere oranla daha fazladır. İşçilerin eğitimi üzerinde durulması gereken önemli konulardan biridir. Bunun yanında risklerin belirlenmesi ve iş sağlığı ve güvenliği alanında yapılmış uygulamalarında incelenmesi ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği alanında ilerleme kaydedilmesi açısından da önemlidir. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin maliyet açısından değerlendirilmesi işverenlerin bu alanda bilinçlenmesi açısından oldukça önemlidir. İş güvenliği konusundaki yeni teknolojilerin inşaat sektöründeki kullanımı iş kazalarının azalmasını sağlayacaktır. Sektörün gelişmesi, işçi verimliliğinin artması ve iş kazalarının önlenmesi için; hem Dünyada hem de Türkiye’de teknoloji kullanımına yönelik geliştirilen çözüm önerilerinin artması gerekmektedir.



Şekil 1.4 Ulusal literatürde yer alan yayınların kategorilere göre tekrarlanma sıklıkları (Kurkcuoglu ve Bostancioglu, 2022)
(<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>)

1.3 Çalışmanın Amacı

Yıllık iş kazası istatistikleri incelendiğinde ülkemizdeki iş kazası oranlarının alınan önlemlere rağmen yıllar içerisinde olumlu gelişme göstermediği görülmektedir.

Mevcut ulusal literatürde, giyilebilir teknoloji alanında sağlık ve üretim gibi sektörlerde oldukça fazla çalışmaya rastlanırken, inşaat sektöründe çok az sayıda çalışmaya rastlanması; inşaat sektöründe giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımına yönelik çalışmaya yönlendirmiştir. Türkiye'nin lokomotif sektörlerinden olan inşaat sektöründeki verimliliği arttırmak, iş kazaların önüne geçmek, işçi sağlığını ve hayatını koruma amacıyla, giyilebilir teknolojilerin incelenmesi ve inşaat sektöründeki iş kazalarına yönelik olarak giyilebilir teknolojilerle ilgili öneriler sunulması hedeflenmiştir.

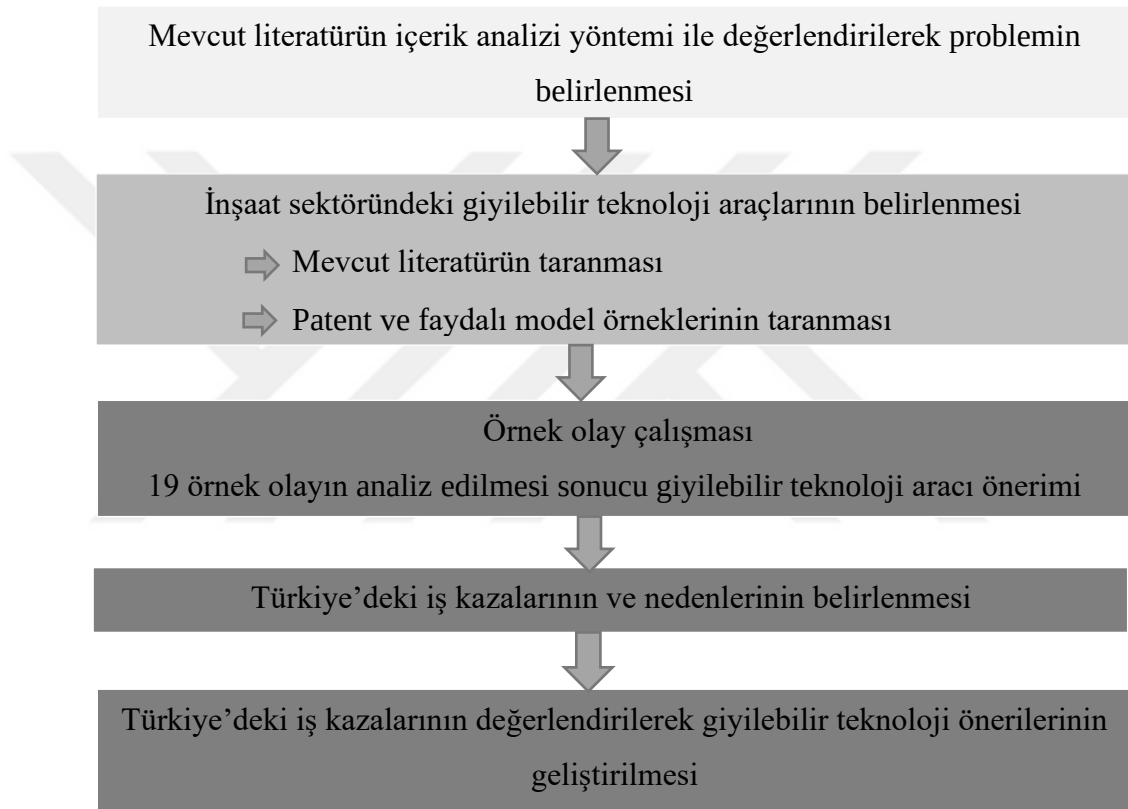
1.4 Kapsam ve Sınırlamalar

Çalışma kapsamında Türkiye'de inşaat sektöründeki iş kazalarının nedenlerinin belirlenmesi ve çözüm önerisi sunulabilmesi amacıyla, literatür değerlendirmesi ve Türk inşaat sektöründe gerçekleşmiş iş kazaları analiz edilerek örnek olay çalışması gerçekleştirilmiştir. İş kazalarını önlemede kullanılabilecek giyilebilir teknolojilere ilişkin literatür Web Of Science, YÖK Tez Merkezi ve Google Scholar üzerinden, patent ve faydalı modeller Türk Patent ve Marka Kurumu'ndan taranmıştır. Türkiye'deki iş kazalarının sebeplerinin belirlenmesi için SGK'nın istatistikleri kullanılmıştır. İş kazalarına yönelik giyilebilir teknoloji önerisi yapılabilmesi için, Türkiye'de inşaat sektöründe gerçekleşmiş iş kazaları analiz edilmiştir. Mevcut iş kazalarının analizi için, Türkiye'de gerçekleşmiş 19 iş kazasını hukuksal açıdan değerlendiren ve ilgili kazalara ilişkin bilgileri kamuoyuyla paylaşan bir çalışma kullanılmıştır.

1.5 Yöntem

Çalışma kapsamında, öncelikle inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği alanında uluslararası ve ulusal literatür taranmıştır. Uluslararası literatürde yer alan 126 ve ulusal literatürde yer alan 76 çalışma içerik analizi yöntemi ile değerlendirilerek, literatürde boşluk aranmıştır. Uluslararası literatürde yer bulmasına rağmen, ulusal literatürde sınırlı sayıda çalışmanın olduğu inşaat sektöründe iş kazalarının önlenmesinde kullanılabilecek giyilebilir teknoloji araçları araştırma konusu olarak belirlenmiştir. Konuya ilişkin mevcut literatür ile ulusal patent ve faydalı model

örnekleri araştırılmıştır. Çalışmanın devamında, Türkiye’de gerçekleşmiş 19 iş kazasının hukuksal açıdan değerlendirildiği bir örnek olay çalışması ele alınarak analiz edilmiş ve ilgili kazalar giyilebilir teknoloji kullanımı açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda, Türk inşaat sektöründeki iş kazalarına dair istatistikler değerlendirilmiş ve gerçekleşen iş kazası türlerine yönelik olarak kullanılabilecek giyilebilir teknolojiler ile ilgili öneriler sunulmuştur. Yönteme ait akış şeması Şekil 1.5’te görülmektedir.



Şekil 1.5 Yönteme ait akış şeması

2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

“İş yerinde çalışma koşullarından kaynaklanan çalışanlara yönelik tehlikelerin araştırılması ve önlenmesi amacıyla yapılan yöntemli çalışmaların tümüne iş güvenliği denir.” Bununla birlikte çalışanların sağlığını ve güvenliğini garanti altına almak, tehlikeleri ortadan kaldırmak ve onlara güvenli bir çalışma ortamı hazırlamak gibi önlemler de iş güvenliğine dahildir.

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)’ne göre ise iş güvenliği; “bütün meslek gruplarında çalışanların bedensel, ruhsal, sosyal durumlarını en yüksek seviyeye ulaştırmak, bu şekilde sürdürmek ve çalışanların çalışma koşullarının sebep olabileceği hastalıklardan korumak ve bu durumlarına en uygun mesleksen ortamlara yerleştirmek, çalışma sırasında sağlığa aykırı etmenlerden oluşan tehlikeleri önlemek, kısaca işin çalışana ve çalışanın kendi işine uyumunu sağlamaktır” şeklinde tanımlanmıştır (ILO, 2013) .

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) işçi sağlığını; çalışan tüm insanların fiziksel, ruhsal, moral ve sosyal yönden tam iyilik durumlarının sağlanmasını ve en yüksek düzeylerde sürdürülmesini; iş koşulları ve kullanılan zararlı maddeler nedeniyle çalışanların sağlığına gelebilecek zararların önlenmesini, ayrıca işçinin fizyolojik özelliklerine uygun yerlere yerleştirilmesini, işin insana, insanın işe yapmasını temel amaç olarak ele alan tıp bilimi olarak tanımlamıştır (Yiğit 2013).

İş sağlığı ve güvenliği kavramı Sanayi Devrimi sayesinde geçilen seri üretim sürecinde işçilerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi amacıyla ortaya çıkmıştır. İşyeri ve çalışanla sınırlı olmayıp bir işletmenin gerçekleştirdiği faaliyetlerden etkilenen tüm insanların (çalışanların, stajyerlerin, alt işveren çalışanlarının, müşterilerin), çevrenin ve işletmenin kendisinin sağlığına ve güvenliğine etki eden tehlikelerin ve tehlikeleri doğuran etmenlerin ortadan kaldırılması veya kabul edilebilir seviyelere indirgenmesine yönelik yapılan çalışmaların tümüne iş sağlığı ve güvenliği çalışmaları denir.

Teknolojinin gelişmesi, çalışma ve üretim sürecinin karmaşıklaşmasıyla birlikte çalışma hayatında birçok yeni risk etmeni oluşmuştur. Bu riskler iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınması ihtiyacını doğurmuştur. Güvenli çalışma koşulları oluşturmak, üretimin güvenliğini sağlamak ve işçiyi korumak iş sağlığı ve güvenliğinin asıl amaçlarındandır.

Günümüzde tüm ülkelerde iş sağlığı ve güvenliği konusuna yönelik birçok araştırma yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar; yasalar, anlaşmalar ve koruma önlemleri ile desteklenmiştir. Bu sayede çalışma hayatında “Güvenlik Kültürü” kavramı da oluşmaya başlamıştır. İş sağlığı ve güvenliği tüm sektörlerde azımsanamayacak ve göz ardı edilemeyecek kadar önem taşımaktadır. İnsan sağlığının söz konusu olması konunun önemini daha da arttırmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği tarihte ilk olarak antik Yunan’da başlamıştır. Hipokrat, madenlerde kuşun zehirlenmesi yaşanmasına karşın ilk kişisel korunma aracı olan deri maskeleri yapmıştır. Daha sonra bu gibi gelişmeler yaşanmaya devam etmiştir. İş sağlığı ve güvenliği kavramı yazılı olmayan kurallar ile uygulanmaya başlamıştır. 19.yüzyıldan sonra, iş sağlığı ve güvenliği yasaları ortaya çıkmaya başlamıştır. 1802 yılında “Çıraklık Sağlık ve Ahlak Yasası” ile çıraklar güvence altına alınmıştır. Türkiye’de 2012 yılında çıkarılan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanunu bu alanda yapılan temel hukuki düzenlemedir. Kanunun ardından bu alanda birçok yönetmelik çıkarılmıştır.

Sanayi devrimi ve sonrasında kalabalık ve dinamik çalışma ortamlarının oluşmasıyla, iş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan hukuki düzenlemelerin ve bilimsel çalışmaların sayısı artmaya başlamıştır. Ülkemizde bu alanda yapılan düzenlemeler tehlikeli ve yoğun çalışma koşullarının bulunması sebebiyle ilk olarak maden sektörüne yönelik geliştirilmiştir. Daha sonra birçok sektörde konuyla alakalı bilimsel çalışmalar ve hukuki düzenlemeler yapılmıştır.

2.1 İnşaat Sektöründe İş Kazaları

İş kazaları geçmişten bu yana çalışanlar, işverenler ve toplum için çalışma hayatının en büyük olumsuzluklarından biridir. Sosyal ve ekonomik açıdan yarattığı etki çok uzun zaman alabilmektedir.

ILO'ya göre iş kazası, işle ilgili faaliyetler sonucu ortaya çıkan, önceden planlanmamış, beklenmeyen, bilinmeyen ve kontrol altına alınmamış olan, bir veya birden fazla işçiyi etkileyen, kişisel bir zarar ya da yaralanmaya neden olan, etrafa zarar verici nitelikteki olaylardır. (ILO,2023)

ILO verilerine göre; Dünyada her sene neredeyse üç milyon işçi iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle hayatını kaybetmektedir (ILO,2023). İş sağlığı ve güvenliği kavramı ürün ve hizmetin olduğu her yerde geçerlidir. Bu sebeple bütün sektörlerde iş kazası ve meslek hastalığı bulunmaktadır. ILO verilerine göre; Türkiye ölümcül olmayan mesleki yaralanmalar bakımından Dünya sıralamasında 11.sırada iken, ölümlü iş kazası sayısı bakımından ise 15.sırada yer almaktadır. (ILO,2023)

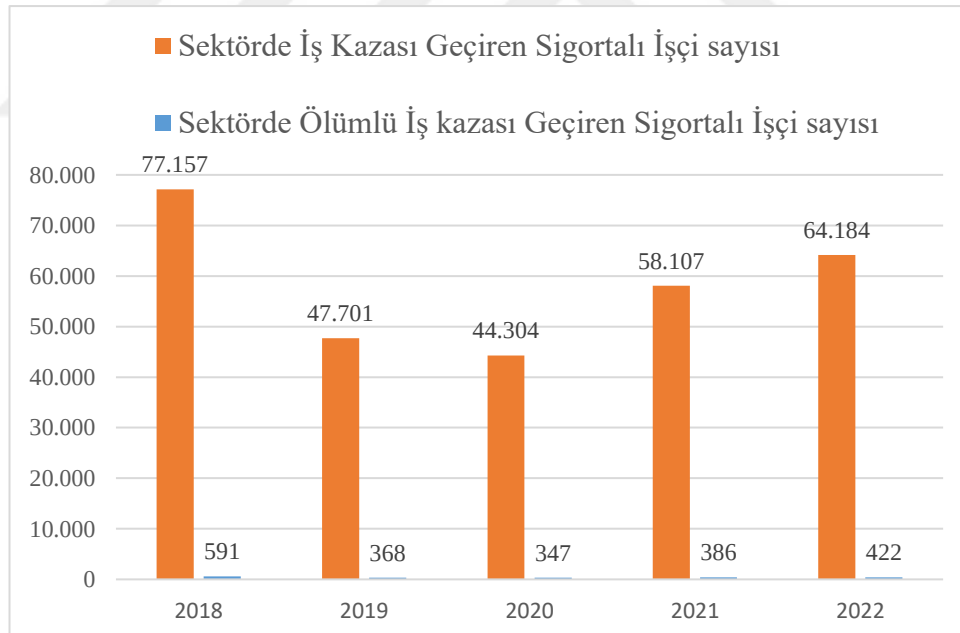
SGK verilerine göre imalat, makine/metal, taşımacılık, madencilik ve inşaat sektörü iş kazasının en sık yaşandığı ve dolayısıyla ölümlü iş kazası sayılarının fazla olduğu sektörlerdir. (SGK,2023)

İnşaat sektöründe iş kazalarının fazla olmasının sebebi, sektörün kendine has çalışma ortamı ve koşulları olmasından kaynaklanmaktadır. İnşaat sektöründe diğer sektörlerde olduğu gibi tek ve birbirinin tekrarı ürün üretimi yoktur. Her proje ve her hizmet kendine özgüdür, dolayısıyla her projenin de kendine özgü bir çalışma mekanizması vardır. Bu mekanizmaların farklılığı sektördeki tehlikeleri de arttırmaktadır. Çalışanlar bir fabrika çalışanının aksine her an farklı işlerde farklı projelerde çalışabilmektedirler. Projeler arasında yaşanan hareketlilik, çalışanların işe uyumunu zorlaştırarak tehlike ve risklerin oluşumuna neden olmaktadır. İnşaat sektöründe çalışmak için fiziken ve ruhen zorluklara ve güç durumlara alışkın olmak ve sektörde tecrübeli olmak çok önemlidir. Sektörde aynı anda farklı disiplinlerin çalışması da yapım sürecinde oluşan risk ve tehlikeleri arttıran bir diğer faktördür. Tüm bu sebeplerden dolayı, inşaat sektörü diğer sektörlerle nazaran daha çok risk ve tehlike barındırmaktadır (Baradan 2006).

İnşaat sektöründeki bu gerçek ve tehlike göz önüne alındığı zaman sektörde diğer sektörlerden farklı olarak bazı önemli özellikler göze çarpmaktadır; “Hareketlilik” çalışanların şantiyeler arası geçişleri ve değişen iş pozisyonlarından kaynaklı

özelliktir. Farklı paydaşların tek defaya özgü bir arada iş yapması, kurum kültürünün gelişmesine imkan olmaması kaza risklerini arttırmaktadır. “Yerinde yönetim” diye adlandırılan; her ne kadar önceden planlanmış ve her adımı düşünülmüş dahi olsa şantiyede karşılaşılan sorunlara işçilerin veya diğer kişilerin kendilerince çözüm üretme ve karar alma politikası uygulamaları söz konusudur. Bununla birlikte işçilerin eğitim seviyesi işin doğru yapımında, kurallara uyma noktasında oldukça önemli bir etkidir. Bu özellikler göz önüne alındığı zaman sektördeki etkin faktörün insan olduğu anlaşılmaktadır. Bu sebeple; inşaat sektöründe diğer sektörlere kıyasla güvenlik kültürünü sağlamak ve çalışma ortamını iyileştirmek çok daha zordur (Çakar 2008).

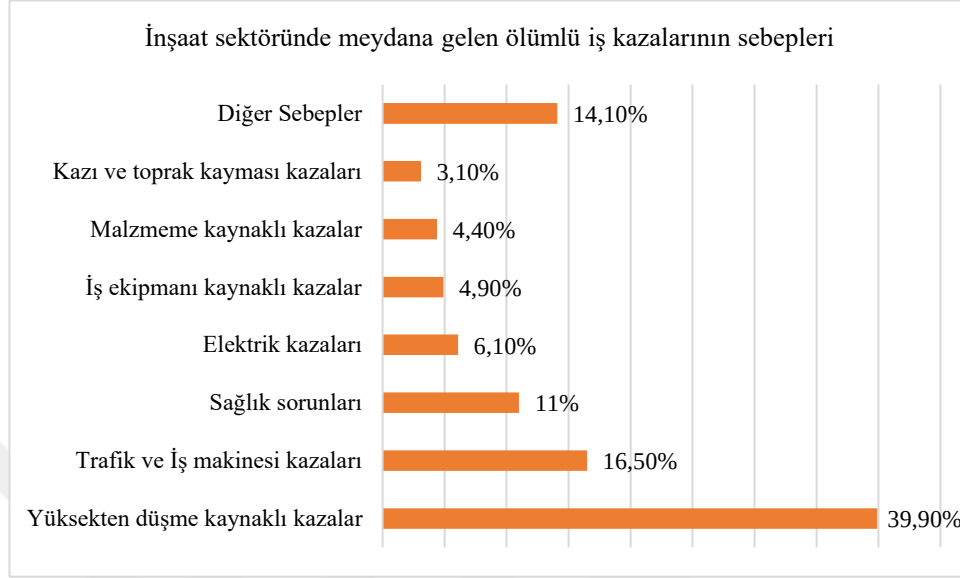
İnşaat sektöründe 2018-2022 yılları arasında yaralanma ve ölümle sonuçlanan iş kazası geçiren işçi sayılarına Sosyal Güvenlik Kurumunun (SGK,2024) yıllık istatistikleri aracılığıyla ulaşılmıştır. 2018-2022 yılları arasında inşaat sektöründe iş kazası geçiren 291.453 sigortalı işçi ile ölümlü iş kazası geçiren 2.114 işçi olduğu görülmektedir. (Şekil 2.1)



Şekil 2.1 Sektörde iş kazası geçiren sigortalı işçi sayısı (SGK,2024)

2020 yılında meydana gelen Covid-19 pandemi sürecinden kaynaklı iş kazası geçiren sigortalı işçi sayısındaki gözle görülür bir fark görülmektedir. Çalışma hayatının durması ve kapanma süreci iş kazası gerçekleşme durumunun geçici olarak azalmasına

neden olmuştur. Daha sonraki yıllarda pandeminin etkisinin azalması ile iş kazası geçiren işçi sayısının hızla artmaya devam ettiği görülmektedir. (Şekil 2.1)



Şekil 2.2 İnşaat sektöründe meydana gelen ölümlü iş kazalarının sebepleri
(<https://guvenliinssaat.csqb.gov.tr/#about-us>)

İnşaat sektöründe gerçekleşen ölümlü iş kazalarının temel sebeplerinin belirlenmesi amacıyla 2013-2020 yılları arasında yaşanan 3.884 ölümlü iş kazasına ilişkin Sosyal Güvenlik Kurumuna yapılan kaza bildirimleri incelenmiştir. (Şekil 2.2) Yüksekten düşme kaynaklı kazalar %39,90 oranıyla ilk sırada yer almaktadır. Gerçekleşen kazaların yarısına yakınının yüksekten düşme kaynaklı olması bu konuda şantiyelerde ciddi bir ihmal olduğunu göstermektedir. Çatı aydınlıkları, yanlış zemine basma, statik hesaplamalar yapılmadan kurulan iskeleler yüksekten düşme kaynaklı kazaların çoğunluğuna sebep olan durumlardır. Kişisel koruyucu ve donanımların kullanımı bu noktada oldukça önemlidir. Trafik ve iş makinesi kazaları %16,50 oranıyla ikinci sırada yer almaktadır. Özellikle şantiye alanlarında iş makinesi operatörlerinin eğitilmiş ve deneyimli olması ile şantiye içerisindeki uyarı ve ikaz levhalarına uyulması bu tür kazaların önlenmesinde önemli adımlardır.

2.2 İnşaat Sektörü İş Kazalarını Önlemeye Dayalı Yöntemler

İnşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarının sosyal ve ekonomik açıdan yarattığı tahribat çalışanlar, işverenler ve devlet açısından çok boyutlu bir olumsuzluktur. Dolayısıyla sektörde meydana gelen iş kazalarını önlemek amacıyla atılması gereken adımlar işçiler, işverenler, iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birimler tarafından atılmalıdır.

Örneğin; şantiyelerde kurallar açık ve net bir şekilde koyulmalı, bu kapsamda sıklıkla gerekli denetimler yapılmalı ve kurallara uyulmaması halinde caydırıcı yaptırımlar uygulanmalıdır. İşçileri iş sağlığı ve güvenliği alanında bilinçlendirmek ve gerekli eğitimleri vermek bu alanda atılması gereken en önemli adımlardan biridir. Bunun yanında işçiler tüm kurallara uymalı, kendi hayatlarını her şeyin üzerinde tutup hassasiyetle çalışmalı, verilen eğitimlerin ışığında dikkatli ve temkinli olmalılardır.

Türkiye’de Meslek liselerinde ve Üniversitelerde iş sağlığı ve güvenliği alanında eğitime önem verilmesi, bu alanda bilincin arttırılması da iş kazalarının önüne geçilmesini sağlayacaktır.

İş kazalarının önüne geçmek ya da kaza riskini en aza indirmek için alınması gereken önlemler arasında kişisel koruyucu ve donanımları eksiksiz ve doğru bir şekilde kullanmak en önemli yöntemlerdendir. Bunu yanında şantiye alanında riskli bölgeler şeritlerle sınırlandırılmalı, gereken her yerde uyarı levhaları kullanılmalı bu levhalar geceleri de rahatlıkla görülebilir olmalıdır.

Bu yöntemlerin yanında; her gün gelişen ve yenilenen teknolojiyi özellikle inşaat sektöründe kullanmak verimliliği arttırmada, iş kazalarını önlemede çok büyük bir yarar sağlayacaktır. Bu teknolojiler arasında günümüzde sosyal yaşamda kullanımı oldukça yaygınlaşan giyilebilir teknoloji araçları da bulunmaktadır.

2.2.1 Kişisel Koruyucu ve Donanımlar

İş kazası sıklıklarının azaltılmasına yönelik olarak 6331 sayılı İş Güvenliği Kanunu; işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz

edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla risk değerlendirmesi yapılmasını zorunlu kılmaktadır (6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2012). Kontrol tedbirlerinin kararlaştırılmasında ise risk kontrol hiyerarşisi dikkate alınmaktadır. Kontrol hiyerarşisine göre yapılacak olan uygulamalar; ortadan kaldırma, değiştirme, mühendislik kontrolleri, idari kontroller ve kişisel koruyucu donanım kullanımıdır. (28512 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, 2012). (Akboğa, Eskisar,2021)

Kişisel koruyucu ve donanımlar iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılan ekipmanlardır. (Şekil 2.3) İşyerindeki kaza risklerine karşı korunma amacıyla kullanılan kişisel koruyucu ve donanımlar yapılan işin türüne ve kaza risklerine bağlı değişmektedir. Yaygın olarak kullanılan bazı kişisel koruyucu ve donanımlar şunlardır;

Baş koruyucu ekipmanlar: Çarpmalara ve düşmelere karşı başın darbe almasını önleme amacıyla kullanılan baret, sert şapka gibi ekipmanlardır. Özellikle yüksekten düşme ve başa cisim çarpması gibi kazalarda baretin kullanımı oldukça önemlidir.

Vücut koruyucu ekipmanlar: Vücudu darbelere, çarpmalara ve kesilmelere karşı koruyan iş önlüğü gibi ekipmanlardır.

Solunum koruyucu ekipmanlar: Toz, gaz, buhar, duman veya aerosoller gibi solunabilir partiküllere karşı koruma sağlamak için kullanılan maske vb. ekipmanlardır.

Kulak koruyucu ekipmanlar: Yüksek gürültü seviyelerin sahip çalışma koşullarında işitme kaybını önleme amacıyla kullanılan kulaklık veya kulak tıkacı gibi ekipmanlardır.

İş eldivenleri: Kimyasallara, kesilmelere, delinmelere, yanmalara veya ısıya karşı koruma sağlamak için kullanılan ekipmanlardır.

İş ayakkabıları: Darbelere, kaymalara ve kesilmelere karşı ayakları koruyan kaymaz tabanlı veya çelik burunlu ekipmanlardır.

İş gözlükleri: Gözleri uçan cisimler, toz, duman, kimyasal sıçramaları ve zararlı ışınlar gibi tehlikelerden korumak için kullanılan ekipmanlardır.

Emniyet kemerleri: Yüksekten düşmeye karşı koruma sağlamak amacıyla kullanılan ekipmanlardır. Emniyet kemerlerinin yaşam hatlarına bağlanması ve çalışılan her alana taşınması çok önemlidir. İşçinin bu konudaki özverisi çok önemlidir.

Korkuluk: Yapım esnasında özellikle yüksekten düşmeyi önlemek amacıyla çalışılan alanın çevresine takılan koruyucu ekipmandır.

Güvenlik ağı: Çalışılan her alana taşınması gereken, yüksekten düşme ihtimalinde işçinin düşeceği genelde örgü fileden yapılan koruyucu ekipmandır. Güvenlik ağlarının kurulması ve çalışılan alana taşınması iş güvenliği uzmanı ve işveren tarafından sık sık denetlenmelidir. Aksi takdirde güvenlik ağı işlevini yerine getiremez ve verimli bir şekilde kullanılamaz.

Yaşam hattı: Yapının cephesine dikey veya yatay olarak ankraj edilen emniyet kemerlerinin bağlanacağı hatlardır. Emniyet kemerlerinin kullanıldığı fakat yaşam hattına bağlanmadığı durumlarda kemer işlevini yerine getirememekte ve dolayısıyla işçinin sağlığı ve güvenliği açısından bir faydası da olamamaktadır. Şantiyelerde yaşam hatlarının mutlaka kurulması gerekmektedir.



Şekil 2.3. Kişisel koruyucu ve donanımlar

2.2.2 Giyilebilir Teknoloji Araçları

Giyilebilir teknolojiler elektronik bir sisteme veya insan bedenine kolaylıkla entegre edilebilecek araçlardır. Giyilebilir teknoloji araçları, gerçek zamanlı olarak bilgi aktarımı ve takibi için kullanılmaktadır. Gündelik aktivitelerinizin anlık bilgisini alan, bu bilgileri dizüstü bilgisayarlarla veya mobil cihazlarla senkronize eden hareket sensörlerine sahiptir. Akıllı telefonların icadından sonra teknoloji dünyasındaki en büyük yeniliklerin giyilebilir araçlar olduğu söylenebilmektedir (Aydın,2019).

Giyilebilir teknoloji araçlarının inşaat sektöründe kullanımı yapılan işin verimi, takibi açısından oldukça faydalı olacaktır. Aynı zamanda şantiye güvenliğini sağlamak, iş kazalarını önlemek amacıyla da kullanılır. Giyilebilir teknoloji araçları 3. Bölümde detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

3. GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİ ARAÇLARI

Giyilebilir teknolojinin tarihçesine bakıldığında ilk giyilebilir teknoloji aracının 13.yüzyılda icat edilen gözlük olduğu görülmektedir. Daha sonra 1960'lı yıllarda giyilebilir ilk bilgisayar Edward Thorp tarafından icat edilmiştir. İlk hesap makinesi kol saati 1975 yılında üretilmiş olup, ardından 1979 yılında Sony Walkman üretilmiştir. 1980 yılında ise ilk dijital iştirme cihazları piyasaya çıkmıştır.

Giyilebilir teknoloji 2002 yılında ortaya çıkan Bluetooth kulaklıkla popülerlik kazanmıştır. 2006-2013 yılları arasında giyilebilir teknoloji araçları Nike+ Fitbit ve Google Glass piyasaya çıkmıştır. Bu yeniliklerin ardından 2014 yılı “Giyilebilir Teknoloji Yılı” olarak ilan edilmiştir. Ardından Apple saatler de piyasadaki yerini almaya başlamıştır (Grace Collage,2016).

21 yüzyılda sağlık, eğlence ve iletişim için tasarlanan, neredeyse hayatın her alanında insanlara hizmet eden birçok giyilebilir teknoloji aracı geliştirilmiştir. Giyilebilir teknolojinin aksesuar olarak kullanılabilinen ve kıyafetlere gömülebilen, pratik bir araç biçimi olmasıyla daha çok spor yapan insanların aktif sağlık ve hareket verilerinin

takibi amacıyla akıllı saatler kullanılmıştır. Kullanıcılar, hareket halindeyken kullanışlı ve daha az karmaşık olması sebebiyle büyük ve taşınması zor cihazlar yerine giyilebilir teknoloji araçlarını kullanmayı tercih etmektedirler (Robins, 2017).

3.1 Giyilebilir Teknoloji Araçları ve Kullanım Alanları

Günümüzde birçok giyilebilir teknoloji aracının bulunduğu görülmektedir. Her alanda olduğu gibi giyilebilir teknoloji araçlarının da avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Sektörler ve tüketiciler tercih edecekleri cihazı seçerken bu durumları göz önüne almaktadırlar.

3.1.1 Akıllı Giysiler

Kullanıcıların fiziksel koşullarını izlemeye yarayan elektronik bir cihaz olan akıllı giysiler; gömlekler, çoraplar, pantolonlar, ayakkabılar ve kasklar gibi çeşitli ürünlerden oluşmaktadır (Şekil 3.1). Akıllı giysiler; kalp ritmi, nabız hızı, vücut sıcaklığı gibi sağlık verileri ile fiziksel aktiviteleri ölçen biyosensörlere sahiptir Akıllı giysiler; akıllı saatler ve akıllı bileklikler gibi giyilebilir araçlar gibi dikkat çekici değildir. İnsan vücuduna ait birçok veriyi toplamak, değişimleri algılamak ve gerektiğinde tepki vermek için tasarlanabilen akıllı giysiler, vücudun giysiyle temas etme oranı dikkate alındığında, diğer giyilebilir teknolojilere göre daha fazla kişisel veri toplayabilmektedir. İnsan teninin %90' ı giysilerle temas edebilmektedir (Axisa vd., 2003).



Şekil 3.1 Akıllı Giysi (<https://tekstiltekstil.com/akilli-giysiler/>)

3.1.2 Akıllı Saatler

Akıllı saatler, kol saatine benzeyen formda giyilebilir bir teknoloji aracıdır. (Şekil 3.2) Kullanıcılar gelen çağrılara cevap vermek, e-posta ve mesajları okumak, fiziksel aktiviteleri ölçmek, zindelik ve sağlıkla ilgili aktiviteleri izlemek, müzik dinlemek, nabız ve kalp atışını ölçmek, tüketilen kalori miktarını hesaplamak gerekirse acil durum çağrısı yapmak amacıyla akıllı saat kullanmaktadırlar. (Morrell, 2016)



Şekil 3.2 Akıllı Saat (<https://www.pexels.com/tr-tr/>)

3.1.3 Yaşam Kemerı

Yaşam kemeri; hastaların, işçilerin, yaşlıların ve aslında ihtiyaç duyan her bireyin fiziksel sağlığını izleyen giyilebilir bir cihazdır (Şekil 3.3). Hastalıkların hastane ortamında veya ev ortamında yapılan tedavilerinde hastayı uzaktan takip etmek için kullanılan yaşam kemeri; yalnız yaşayan yaşlıların sağlık durumlarının aileleri ya da doktorları tarafından takip edilmesinde, işçilerin fiziksel sağlığının iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birim tarafından takip edilmesinde de kullanılmaktadır. Yaşam kemeri herhangi bir komplikasyonun oluşması durumunda, kullanıcılara ve takip merkezlerine uyarılar göndermektedir. Böylece hem kullanıcının sağlığı kontrol altına alınabilmekte, hem de olası iş kazalarının önüne geçilebilmektedir. Ayrıca, yaşam kemeri hastanelerin yükünü azaltmak için önemli bir rol oynamaktadır (Jamadar, 2016).



Şekil 3.3 Yaşam kemeri (<http://www.isguvenligi-ins.com/yasam-hatti-emniyetkemerins31.php>)

3.1.4 Akıllı Gözlük

Akıllı gözlükler, dış dünyadaki yüksek çözünürlüklü ekranları içeren küçük bir bilgisayar gibidir (Pradeep, 2013). Akıllı gözlükler tablet ve telefonlarda yapılabilen her işlemi yapabilen giyilebilir cihazlardır. Her türlü elektronik cihazdan, telefondan ve bilgisayarlardan veri toplama mekanizmasına sahiptir. (Şekil 3.4) Akıllı gözlükler aynı zamanda GPS, Wi-Fi ve Bluetooth'u destekleyen kablosuz bağlantı özelliklerine de sahiptir. Kullanıcılar akıllı gözlükler üzerinden internete bağlanabilmekte, tarama yapabilmekte, video izleyebilmekte ve web ile ulaşılabilen her türlü veriye erişebilmektedirler. Bazı akıllı gözlüklerde yüz tanıma sistemi de bulunmaktadır.

Akıllı gözlük kullanıcılarının gördükleri birini tanımaması halinde, yüz tanıma sistemi gördükleri kişiyi tanımalarında yardımcı olabilmektedir (Schweizer, 2014). Kullanıcılara çevreleri hakkında bilgi verme özelliği olan akıllı gözlükler, görme engelli bireyler için de kullanılabilmektedir. Bu sayede kullanıcıların çarpma veya düşme ihtimalleri azalmış olmaktadır. Duyma engelli bireylerin sesleri ayırt etmede akıllı gözlük kullandığı da görülmektedir (Schweizer, 2014). Tüm bunların yanında,

işçilerin çalıştıkları alanların güvenliğini sağlamak amacıyla da kullanılabilecek olan akıllı gözlükler sayesinde iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birimlerin şantiyenin durumu ve çalışma şartlarını takip etmesi oldukça kolaylaşacaktır.



şekil 3.4 Akıllı Gözlük (<https://www.trendyol.com/s/akilli-gozluk-nedir-blog>)

3.1.5 Akıllı Ayakkabılar

Akıllı ayakkabılar; ayakkabı tabanının, kullanıcının bedeni, fiziksel aktiviteleri ve sağlık verilerini bir akıllı telefon uygulaması veya bilgisayar aracılığıyla gerekli birimlerle paylaşabilen, takip edebilen giyilebilir teknoloji cihazıdır (şekil 3.5). Akıllı ayakkabılar özellikle kilo ve egzersiz takibinde kullanılmaktadırlar. Bunun yanı sıra, en çarpıcı özelliğinin kullanıcıların yürürken ve koşarken yönlerini bulmaları için Google haritalar ile birlikte alışan Bluetooth özelliğinin olduğu söylenilebilir (Legend Power, 2015). Akıllı ayakkabıların mevsim şartlarına uyarlanması halinde, dış ortam sıcaklığına göre ayakları ısıtma ve soğutma özelliği de bulunmaktadır. Alman araştırmacılar tarafından üretilen akıllı ayakkabılar sayesinde yürürken güç üretmek ve üretilen enerjiyi diğer giyilebilir teknoloji araçlarını şarj etmek için kullanmak mümkündür (Legend Power, 2015).

Bunun yanı sıra akıllı ayakkabılar özellikle inşaat sektöründe çalışan işçiler için oldukça kullanışlı bir giyilebilir teknoloji aracıdır. Akıllı ayakkabıların tabanlarındaki hassas sensörler sayesinde işçiyi tehlikeli zemin şartlarından korumak mümkün olabilmektedir. Ayak dengesinin sağlanması, zeminin kaygan olması, boşluğa

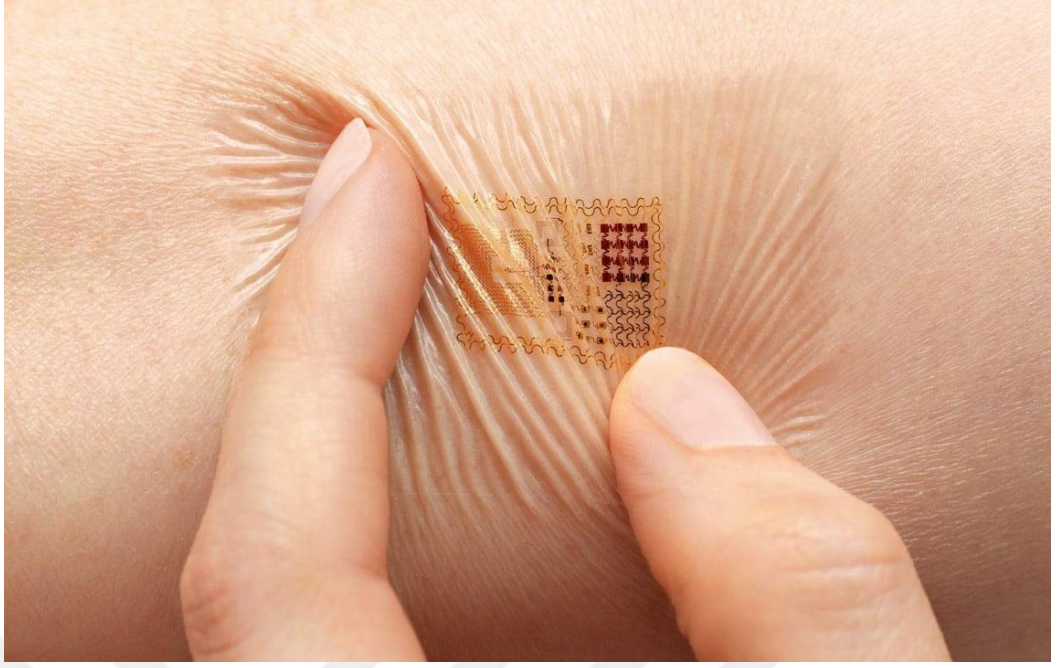
doğru ayağın atılması gibi durumlarda verdiği titreşim ve basınçla işçiyi uyaran, aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birime de uyarı gönderen akıllı ayakkabılar düşme ve kayma sonucu meydana gelen iş kazalarının önlenmesinde oldukça etkilidir.



Şekil 3.5 Akıllı Ayakkabı (<https://www.cnnturk.com/teknoloji/en-akilli-ayakkabilar?page=1>)

3.1.6 Akıllı Dövmeler

Akıllı dövmeler, mobil cihazların arayüzüne ulaşabilen dokunmatik yüzeyler olarak kullanılabilirken, vücut sıcaklığı ve çeşitli beden indekslerini gösterebilen göstergeler veya elektronik kimlik olarak da kullanılabilmektedir (McFarland, 2016) (Şekil 3.6), Tüm dünyada giyilebilir teknoloji araçlarının çeşitliliği oldukça artmıştır. Günlük yaşamın vazgeçilmez araçları olmaya doğru giden giyilebilir araç teknolojisi her geçen gün daha da gelişmekte ve vücutla olan bütünleşmiş çeşitliliği de artmaktadır.



Şekil 3.6 Akıllı Dövme (<https://www.dijitalhabitat.com/akilli-dovmeler-sagligimizi-takip-edecek/>)

3.1.7 Drone (İnsansız hava aracı)

İnsansız Hava Aracı (İHA) “içerisinde insan bulunmayan otonom olarak veya yönlendirilebilen uzaktan kumandalı uçaklar” olarak tanımlanmaktadır (Glover, 2014). (Şekil 3.7) Dronelar, askeri alanda çok fazla kullanım alanı bulan uzaktan kumandalı pilotsuz hava araçlarıdır. Son dönemlerde çok çeşitli sivil (askeri olmayan) uygulamalarda kullanılmaya başlanmış ve büyük bir potansiyele sahiptir. Drone teknolojisi hızla gelişmekte ve önümüzdeki yıllarda iş ortamlarını önemli ölçüde değiştirecektir (Otto vd., 2018). Günümüzde dronelerin kullanımı dünya çapında giderek daha popüler hale gelmektedir. Günlük hayatımızda drone'lar hem kişisel hobiler için hem de ticari faaliyetler için kullanılmaktadır. Endüstriyel sektörlerde, dronelar tesis denetimi, elektrik hattı denetimleri, ilkyardım, yangın ve sel izleme amaçlı kullanılmaktadır. Kullanım alanları incelendiğinde akla gelebilecek hemen hemen her sektörde drone'ların kullanıldığı göze çarpmaktadır (Ayrancı, 2017).



Şekil 3.7 Drone (İnsansız Hava Aracı) (<https://www.rembeltech.com/dronelar-ih-uas-uav-ve-rpas-arasindaki-fark-nedir/>)

3.2 Giyilebilir Teknoloji Araçlarının Kullanımının Değerlendirilmesi

Giyilebilir teknoloji araçları 2021 yılı itibarıyla büyümekte olan bir sektördür. Statista şirketinin yayınladığı verilere göre; bluetooth kulaklık, akıllı saatler, akıllı bileklikler gündelik hayatta oldukça fazla yer bulmaktadır. (Statista, 2016).

Günümüzdeki giyilebilir teknoloji araçları nabız hızı, vücut sıcaklığı, kas aktiviteleri ve vücut yağ kompozisyonunu ölçebilmektedir. Gelecekte vücut ile daha yakından etkileşimde bulunacak olan giyilebilir teknoloji araçlarındaki sensör sayıları arttırılabilecektir. Bu sayede vücuttaki her değişikliğin ölçülebileceği, kan şekeri, böbrekten geçen mineral ve besinlerle alınan vitamin miktarı gibi birçok konuda giyilebilir teknoloji araçlarının bilgi verebileceği öngörülmektedir (İş Bankası, 2020).

Giyilebilir teknoloji araçlarının bugüne kadar olan kullanımından bazı avantaj ve dezavantaj durumları ortaya çıkmıştır. Bu durumlar; kullanıcının isteklerine, ekonomik şartlara, teknolojinin geldiği noktaya bağlı olarak değişmektedir. Giyilebilir

teknoloji araçlarının kullanımının avantajlı yönleri; kolaylık, kayıt özelliği, iletişim, sürekli bağlantı, güvenilir veri akışı ve verimlilik olarak belirlenmiştir.

Kolaylık

Giyilebilir teknoloji aracı kullanıcıları çağrı alma, mesaj ve e-posta gönderme işlemlerini akıllı saatlerinden hızlı bir şekilde yapabilmektedir. Bunun yanı sıra fiziksel aktivitelerini, kalori yakımlarını, kalp atış hızlarını yani neredeyse tüm sağlık verilerini anlık olarak takip edebilmekte ve paylaşmak istedikleri kişilerle paylaşabilmektedirler. Örneğin spor yapan bir birey bilgisayarı veya telefonu ile yapabileceği işlemleri cebinde telefon, yanında bilgisayar taşımaya gerek kalmadan akıllı saatiyle yapabilmektedir. Bu da giyilebilir teknoloji araçlarının tercih edilme sebepleri arasındadır (Robins, 2017).

Kayıt Özelliği

Giyilebilir teknoloji araçları, kullanıcıların izin verdiği her türlü bilgiye erişip onları kayıt altına alabilmektedir. Kullanıcının sağlık durumu, fiziksel hareketlilik seviyesi, uyku saati ve kalitesi gibi verileri analiz etme amacıyla gerçek zamanlı güncellemeleri kaydetmektedir. Bu özellik sayesinde kullanıcılar not almaya gerek duymadan her zaman ve her yerde bu bilgilere erişebilmektedirler (Robins, 2017).

İletişim

Giyilebilir teknoloji araçları sayesinde iletişim kanallarının sayısı artmaktadır. Kullanıcıların iletişim kurma yöntemlerine dair daha fazla seçeneğe sahip olmaları onlara daha özgür ve konforlu bir yaşam sunmaktadır. Klasik iletişim cihazlarını kullanırken karşılaşılan sorunlar varsa, giyilebilir teknoloji araçları bu sorunları gidermede yardımcı olabilmektedir. (Robins, 2017).

Sürekli Bağlantı

Giyilebilir teknoloji araçları, telefonlar ile kurduğu sürekli bağlantı sayesinde telefonu kontrol etmeye gerek kalmadan mesaj, e-posta ve aramalar için kullanıcıyı uyatabilmektedir. Telefon veya bilgisayarların kaybolması halinde bulunmalarını

sağlamaktadır. Aynı zamanda ev ve ofislerdeki elektronik cihazların uzaktan yönetimini sağlamaktadır (örneğin ışıkları yakmak veya ısıtma sistemini açmak gibi). Giyilebilir teknoloji araçlarının daha fazla kolaylık ve bağlanabilirlik özellikleri bulunmaktadır (Heitner, 2016).

Güvenilir Veri Akışı

Giyilebilir teknoloji araçları, çok çeşitli kullanıcı kitlesine sahiptir. Günlük kullanımın yanı sıra hastalar, işçiler, çalışanlar ve sporcular gibi veri takibi amacıyla kullanan kitleler bulunmaktadır. Dolayısıyla elde edilen verilerin takip edilen birimlere doğru ve güvenli aktarımı şarttır. Örneğin; itfaiyeciler, madencilik, petrol ve gaz çalışanları gibi yüksek riskli işlerde çalışan bireyler, kalp krizi veya düşme gibi tehlikesi bulunan hastalar veya yaşlılar için güvenilir veri akışı hayati önem taşımaktadır. Giyilebilir teknoloji araçları sayesinde bunun sağlanması önemli bir avantajdır (Heitner, 2016).

Verimlilik

Giyilebilir teknoloji araçları hayatlarımızı daha güvenli ve daha verimli hale getirecek şekilde tasarlanmışlardır. Örneğin, ambalajlama deposunda çalışan personel ambalajlama evrelerini düzene koymakta ve taşınmakta olan ürünler için en verimli rotayı söyleyebilecek GPS (Global Positioning System) etiketleri takabilmektedir. Bu sayede zamandan ve enerjiden tasarruf edilebilmektedir. Aynı zamanda kalp pillerinin, dedektörlerin ve diğer tıbbi giyilebilir teknoloji araçlarının, kaza veya tehlike durumunda internet üzerinden kolayca bağlanabilmeleri sayesinde uygun ve doğru müdahale gerçekleştirilebilmektedir (Heitner, 2016).

Avantajları sayesinde hayatlarımızı oldukça kolaylaştıran ve güvenli hale getiren giyilebilir teknoloji araçlarının elbette bazı dezavantajlı yanları da bulunmaktadır. Giyilebilir teknoloji araçları verilerin gizliliği açısından yüzde yüz güvenilir değildir. Bazı verilerin şifrelenmemiş olması ve giyilebilir teknoloji araçlarının çoğunun veri aktarımı için Wi-Fi ve Bluetooth ağlarını kullanması, siber suçluların bu verilere ulaşabileceği anlamına gelmektedir. Bu verilerin şirketler veya dolandırıcılar tarafından toplanma ve üçüncü kişiler ile paylaşılması da söz konusu tehlikelerdendir. Günümüzde giyilebilir teknoloji araçlarının elde ettiği veriler siber suçluların elde

etmeye ihtiyaç duyacağı kadar değerli ve önemli bilgiler değildir. Teknoloji geliştikçe elde edilen verilerin değeri ve özeli arttıkça bu konu siber suçluların hedefi haline gelebilecektir (GCF Global, 2019). Giyilebilir teknoloji araçlarının dezavantajlı yönleri; maliyet, batarya, güvenlik ve radyo frekansı olarak belirlenmiştir.

Maliyet

Giyilebilir teknoloji araçları için yapılan araştırmaların çoğu, tüketicilerin giyilebilir teknolojiyi pahalı bulduklarını göstermektedir. Bu araçların kullanımının popülerleşmesi ile markalar giyilebilir teknoloji araçları için oldukça yüksek fiyat belirlemeye başlamışlardır. Giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımı arttıkça, rakip marka sayısı arttıkça maliyetlerin düşmesi söz konusudur fakat bugün bu araçlar lüks olarak görünmektedir (GCF Global, 2019).

Batarya

Giyilebilir teknoloji araçlarının çoğunun bataryalarının günlük olarak şarj edilmeleri gerekmektedir. Ne yazık ki batarya ömrü diğer teknolojilerle aynı hızda gelişmemektedir (GCF Global, 2019).

Güvenlik

Kullanıcı verilerinin giyilebilir teknoloji araçları arasında senkronize edildiği bilinen bir durumdur. Bu durum gizlilik güvenliği için riskler barındırmaktadır (Robins, 2017)

Risklerden biri, aktivite takip cihazlarından elde edilen sağlık verileri, sigorta şirketlerine kullanıcıya özel fiyatlandırma yapılması amacıyla satılmasıdır. Akıllı saat, akıllı bileklik gibi giyilebilir teknoloji araçlarının boyut olarak küçük olması her ne kadar avantaj gibi görünse de aynı zamanda bu araçları kaybetmeyi kolaylaştıran bir dezavantajdır. Bazı uzmanlar, gelecekte, şirketlerin çalışanlarının üretken saatlerini ve çalışma günlerinde nerede olduklarını izlemek için giyilebilir teknolojiyi kullanabileceğine inanmaktadırlar. Tüm bu riskler kişisel verilerin mahremiyeti açısından sakınca oluşturmaktadır.

Radyo Frekansı

Giyilebilir teknoloji araçlarının birbirleriyle veya internet ve akıllı telefonlarla olan veri akışı düşük güçlü radyo frekans (RF) vericileri sayesinde gerçekleşmektedir. Aslında, giyilebilir teknolojiye RF vericileri, diğer teknolojik araçlara kıyasla sığ bir güç seviyesinde çalışır fakat anlık veri akışlarında sıklıkla sinyal gönderir. Bu da kullanıcının zaman içinde minimum radyasyon seviyelerine maruz kalmasına sebep olmaktadır (Robins, 2017).

3.3 Giyilebilir Teknoloji Araçlarına ilişkin Mevcut Literatür Değerlendirmesi

Giyilebilir teknoloji araçlarının inşaat sektöründe iş güvenliği amacıyla kullanımının değerlendirilebilmesi için, uluslararası ve ulusal literatür taranmıştır. 2014-2023 yılları arasında “İnşaat Sektörü”, “İş Sağlığı ve Güvenliği”, “İş Kazaları”, “Giyilebilir Teknoloji” anahtar kelimeleri ile yapılan aramada; Uluslararası literatür Web of Science üzerinden taranmış ve 29 yayına ulaşılmıştır. Ulusal literatür Google Scholar ve YÖK Tez merkezi üzerinden taranmış ve 12 çalışmaya ulaşılmıştır.

Gonsalves, Akanmu, Gao, Agee ve Shojaei, (2023) çalışmalarında boru tesisatı yapan işçilerin sürekli eğilmeden kaynaklı sırt ağrıları ve duruş bozukluğu için kullanılan sırt destekli giyilebilir dış iskeletin işlevselliği, işçiyi rahatsız etme düzeyi, faydaları, benimsenmesinin önündeki engelleri belirlemek ve tasarım değişikliği için fikirler üretmeyi amaçlamışlardır.

Çuf, Lee, Kim ve Choi (2023); yüksekte düşmeyi önlemek için giyilebilir sensörler aracılığıyla ivme ve jiroskopik sinyaller ile işçilerin rakımlarını tahmin eden ve bu tahmine göre işçinin emniyet kancasının sıkılık durumunu belirleyerek, buna göre işçiyi uyaran bir sistem tasarlamışlardır.

Abwarda, Mustafa, Oetomo, Hegazy ve Morita (2022) çalışmalarında; inşaat ve sağlık sektörlerindeki akıllı giyilebilir cihazların kullanımındaki gelişmeleri değerlendirmek için 173 makaleyi kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir. Pei, Guo ve Lo (2023) çalışmada mekânsal şemaların kullanıcı deneyimi üzerindeki etkisini önceden

değerlendirmek için sanal gerçeklik (VR) ve sensörler ile giyilebilir teknolojiyi birleştiren bir yöntem önermiştir

Wu, Hou, Zhang ve Chen (2022), inşaat sektöründe yapım aşamasında ekipman ve malzemelerin sık sık yer değiştirmesi sonucu tehlike durumlarının da sık sık değiştiğine değinmişlerdir. Değişen bu dinamik düzende inşaat güvenliğini sağlamak amacıyla; dijital ikiz, derin öğrenme ve karma gerçeklik teknolojilerini yeni geliştirilen gerçek zamanlı görsel uyarı sistemine entegre etmişlerdir. Bu sayede işçilerin güvenlik durumlarını belirlemeyi ve kazaları önlemeyi amaçlamışlardır.

Antwi, Qarout, Herzallah, Anwer, Umer, Zhang ve Manu (2022) çalışmasında, inşaat işçilerinin sıklıkla maruz kaldıkları kas ve iskelet sistemi bozukluklarına değinmişlerdir. Geliştirilen giyilebilir teknolojilerin işçilerin rahatsızlığına, sistemik dengesizliğine ve sınırlı iş yapabilme durumuna yol açabileceğini savunmuşlardır. Çalışmada, bu sınırları ve sorunları ortadan kaldırmak için giyilebilir iç taban basınç sistemi ve tekrarlayan sinir ağı modellerini kullanarak yeni bir yaklaşım önermişlerdir.

Gao, Mu, Lyu, Wang ve Yi (2022); 2005-2021 yılları arasındaki inşaat güvenliğinde giyilebilir teknolojilere ilişkin yayınlamış makalelerin objektif ve kapsamlı bir bibliyometrik analizini yapmışlardır. Çalışma kapsamında 169 makale incelenmiştir.

Awolusi, Martinez, Nnaji, Alamaniotis ve Sulbaran (2022); giyilebilir algılama cihazlarının inşaat sahalarındaki çevresel tehlikelerle ilişkili yaralanmaları, hastalıkları ve kazaları tahmin etme ve önlemedeki rolünü karakterize etmeyi amaçlayan iki aşamalı bir araştırma yaklaşımı sunmuşlardır. Goh ve Alzraiee (2022) çalışmalarında; otoyol projeleri gibi karmaşık projelerin güvenlik planlamasını ve uygulamalarını iyileştirmeye yönelik proaktif bir çözüm sistemi önermişlerdir. Sistem inşaat başlamadan önce potansiyel tehlikeleri azaltacak ve güvenlik görevlilerinin saha değişikliklerini izlemesine imkan tanıyacaktı.

Sulbaran ve Awolusi (2022) çalışmalarında; inşaat sektöründe güvenlik yönetimi açısından kendisine sınırlı uygulama alanı bulan nesnelerin interneti tabanlı giyilebilir cihazların kullanımını yaygınlaştırmak adına cihazın seçilmesine yönelik bir karar verme süreci uygulamasının pilot program sonuçlarını sunmuşlardır. Saedi, Fini, Kahnzadi, Wong, Sheikhhoshkar ve Banaei, (2022); iş sağlığı ve güvenliğini iyileştirmek amacıyla işyerindeki bireylerin psikofizyolojik durumlarını incelemeye yardımcı olacak giyilebilir bir elektroansefalogram (EEG) üzerinde çalışmışlardır.

İnşaatların riske açık, dinamik ve karmaşık yapısı ile baş etmeye yardımcı olacak EEG'nin son teknolojiye sahip donanımını, algoritmalarını ve uygulamalarını sunmuşlardır.

Anwer, Li, Antwi, Umer, Mehmood, Al-Hussein ve Wong (2021); inşaatta çubuk bükme ve sabitleme işleri sırasında fiziksel yorgunluğu izlemek amacıyla kullanılan tekstil bazlı giyilebilir sensörlerin mutlak ve göreceli güvenilirliğini ölçmüşlerdir. Yakınsak geçerliliği göstermek için fizyolojik parametreler ile subjektif yorgunluk skorları veya kan laktat seviyeleri arasında korelasyon kurmuşlardır.

Ghandi, Blaisdell ve İsmail (2021) çalışmasında; biyolojik ve nörolojik verilere dayalı olarak insanların duygularına gerçek zamanlı tepkiler verebilen siber-fiziksel uyarlanabilir bir mimari mekân geliştirmeyi amaçlamışlardır. Hacim, renk ve ışıktaki değişiklikler aracılığıyla biliş-duygu-mekân etkileşimini incelemişlerdir.

Huang, Trinh ve Le (2021); mesleki işitme kaybı riskine rağmen, gürültüye maruz kalan birçok inşaat işçisinin, çevresel seslerin işitilebilirliğinin azalması konusundaki endişeleri nedeniyle işitme koruma cihazlarını (HDP'ler) takmak konusunda isteksiz olduklarını belirlemiştir. İşçilerin inşaat ortamında arttırılmış HDP'leri kullanma niyetini belirleyen faktörleri araştırmış ve uygulamayı arttırmaya yönelik önerilerde bulunmuşlardır.

Lee, Lin, Johnson ve Seto (2022); yorgunluk durumunun belirlenmesi ve yorgunluğun azaltılmasına yönelik erken müdahaleyi gerçekleştirebilecek giyilebilir sensörleri araştırmışlardır. Elektrokardiyogram ve aktigrafi sensörleri gibi yaygın giyilebilir sensör teknolojilerini kullanarak, giriş seviyesi inşaat işçileri arasında mesleki yorgunluğu ölçmek için en ilgili değişkenleri belirlemeyi amaçlamışlardır.

Okpala, Nnaji, Awolusi ve Akanmu (2021); güvenlik ölçümü ve izlemeyi iyileştirme konusunda güçlü potansiyele sahip, uygulanabilir araçlar sınıfı olarak yavaş yavaş ortaya çıkan iş sahası güvenliğini optimize edebilen giyilebilir algılama cihazlarının (WSD'ler), bazı endüstrilerde kullanımının yoğunlaştığını fakat inşaat sektöründe yeterince kullanılmadığını tespit etmişlerdir. Bunun üzerine birden fazla tamamlayıcı çerçeve ve teoriyi kullanarak ilk WSD başarı modelini oluşturmuşlardır.

Anwer, Li, Antwi, Umer ve Wong (2021); inşaat işçilerindeki fiziksel yorgunluğu değerlendirmek için görüşmelere ve/veya anketlere dayanan geleneksel yöntemin yeterli olmadığını savunarak inşaat işçilerinin fiziksel yorgunluğunu gerçek zamanlı olarak ölçmek için kullanılan mevcut yöntemleri özetlemeyi amaçlamıştır. Bu incelemede ilgili çalışmaları belirlemek için sistematik araştırmalar kullanılmış ve inşaat işçilerinin fiziksel yorgunluğunun ölçülmesinde fizyolojik ölçümlerin uygulanmasını eleştirel olarak değerlendirmişlerdir.

Okpala, Nnaj ve Awolusi (2021); inşaat sahası çalışanlarının giyilebilir algılama cihazlarını (WSD'ler) kullanma niyetlerini ve kullanım davranışlarını ölçmek için hibrit bir kavramsal model önermişlerdir. İnşaat WSD kabulünün anlaşılmasında ve geliştirilmesinde etkili olan değişkenleri tanıtmışlardır

Nwaogu ve Chan (2021) çalışmalarında; iş baskısının fizyolojik sağlık üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlamıştır. Bu amaca ulaşmak için giyilebilir teknolojileri kullanan 56 inşaat personelinden HRV (Kalp atış hızı değişkenliği) ve uyku sağlığı verileri toplayıp, ardından deney sonrası görüşme yapmışlardır. Deneysel veriler, tanımlayıcı istatistikler ve doğrusal regresyon analizi kullanılarak analiz edilmiştir.

Sakhakarmi, Park ve Sing (2021); işçilerin zorlu inşaat ortamlarında (sınırlı görme ve işitme) potansiyel risklerin farkına varmada zorluk yaşadıklarını tespit etmişlerdir. Bu sebeple, çalışanların tehlike algısını iyileştirmek için giyilebilir dokunsal tabanlı bir sistemle yeni bir iletişim yöntemini araştırmışlardır.

Sakib, Chaspari ve Behzadan (2021) çalışmalarında; inşaat projelerinde sürükleyici sanal gerçeklik eğitiminde ve dış mekân konuşturmasında performansı, zihinsel iş yükünü (MWL) ve stresi tahmin etmek için drone operatörünün fizyolojik endekslerini ve öz değerlendirmelerini kullanmanın güvenilirliğini araştırmışlardır. Daha sonra giyilebilir cihazlar kullanılarak fizyolojik verilerin toplanması ve genel popülasyon ile gruba özel tahmin modellerinin tasarlanması için bir kullanıcı çalışması gerçekleştirmişlerdir. Calvetti, Meda, Gonçaves ve Sousa (2020) çalışmalarında; iş gücü üretkenliği değerlendirmesinin bir incelemesini sunmakta ve öncelikle inşaat zanaat işçilerinin hareket takibine odaklanan yöntemler sunmaktadırlar. Zanaatkarların iş gücü hareket üretkenliği çerçevesi 4.0 görev süreçlerinin değerlendirilmesi ve mekanizasyon düzeyini kolaylaştırmak için bir akış şemasına entegre edilmiş dokuz farklı süreci sunmuşlardır.

Pillsbury, Clevenger, Abdallah ve Young (2020); inşaat faaliyetlerinin inşaat işçilerini fiziksel olarak nasıl etkilediğine dair sınırlı verinin bulunduğunu tespit etmişlerdir. İnşaat faaliyetlerinin, bireysel özelliklerin ve çevresel faktörlerin inşaat işçisi fizyolojisi üzerindeki etkisini değerlendirmek için fizyolojik durum monitörlerinin (PSM'ler) kullanımını araştırmışlardır

Zuluaga, Albert ve Winkel (2020) çalışmalarında son zamanlarda çok dikkat çeken bir güvenlik sorunu olan, otoyol ve köprü çalışanlarının köprü tabliyelerinde çalışırken düşmesi olayını ele almışlardır. Çalışanları korumak için birkaç ulaşım kurumu, bariyer yüksekliğini geçici olarak artırmak amacıyla korkuluklara takılabilen pasif düşme koruma sistemi sunmuşlardır.

Awolusi, Nnaji ve Okpala (2020) çalışmalarında; inşaat sektöründe güvenlik ve sağlığın izlenmesine yönelik giyilebilir algılama cihazlarının uygulanmasına yönelik başarı faktörlerini araştırmışlardır. Li, Li, Umer, Wang, Xing, Zhao ve Hou (2020); inşaat ekipmanı operatörlerinin çoklu zihinsel yorgunluğunu doğru bir şekilde tespit edebilecek objektif bir yöntemin önerilmesi gerektiği inancıyla, giyilebilir göz izleme teknolojisini kullanarak operatörün çok seviyeli zihinsel yorgunluğunu tanımlamak ve sınıflandırmak için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir.

Giyilebilir teknolojilerdeki son gelişmeler sayesinde çalışanların zihinsel durumları, elektroensefalogram (EEG) sinyallerindeki beyin dalgalarının modelleri incelenerek izlenebilmektedir. Liu, Haibbnezdah, Jebelli Asadi ve Lee (2020) çalışmalarında, bağıntılı sinyal yapaylıklarını tespit etmek için bir bağımlılık bileşeni analizi (DCA) yöntemi uygulayarak, önerilen yöntemin performansını incelemek için birden fazla inşaat sahasında toplanan dokuz inşaat işçisinin beyin dalgalarını kullanmışlardır.

Okpala, Parajuli, Nnaji ve Awolusi (2020) çalışmalarında; güvenlik performansını iyileştirme potansiyeline sahip olan mesnelerin internetinin (IoT) bir alt sistemi olan giyilebilir algılama cihazları (WSD'ler) ile nitel ve nicel yöntemlerin bir kombinasyonunu kullanmışlardır. İlk olarak, WSD'ler ve emniyet yönetimi sistemleri (SMS) arasındaki sinerjinin yanı sıra, inşaat sektöründe WSD destekli SMS'nin uygulanmasına ilişkin algılanan faydalar ve engelleri ortaya çıkarmak için bir literatür taraması yapmışlardır. İkinci olarak, belirlenen faydalara ve engellere dayanarak,

SMS'deki WSD'lerin yararlılığını değerlendirmek için 212 uygulayıcının katılımıyla bir anket yaparak değerlendirmişlerdir.

Mevcut uluslararası çalışmaların içeriğinin incelenmesinden sonra; araştırmaların hangi “ölke” de yapıldığı; hangi “giyilebilir teknoloji aracına” yönelik olduğu; bu araçların hangi “hedef kitle” için kullanıldığı; aracın çalışma prensibinde yer alan “sinyal alınan duyu” ve bu aracın “kullanım alanı” analiz edilmiştir. Yapılan analiz Tablo 3.1’de görölmektedir.



Tablo 3.1 Giyilebilir teknoloji araçlarına yönelik uluslararası literatürdeki yayınların analizi

Kaynak	Ülke	Giyilebilir Teknoloji Aracı	Hedef Kitle	Sinyal Alınan Duyu	Kullanım Alanı
Gonsalves vd. (2023)	ABD	Sırt destekli dış iskelet	Boru işçileri	Sırt ve eklem hareketleri	Sırt yaralanmaları
Choo vd. (2023)	Kore	Akıllı sensör	Yüksekte çalışan İnşaat işçileri	Rakım	Düşme riski
Abuwarda vd. (2022)	Kanada	Giyilebilir cihaz	İnşaat işçileri	Nabız, hareket, göz sinyalleri.	İş ergonomisi, işçi stresi ve sağlığı.
Pei vd. (2022)	Çin	Akıllı sensör	Mekân kullanıcıları	Nabız, göz sinyalleri.	Mekânsal şemaların kullanıcı deneyimi üzerindeki etkisini önceden değerlendirmek.
Wu vd. (2022)	Avustralya	Giyilebilir MR cihazı	İnşaat işçileri	Hareket, konum bilgisi.	İnşaat sektörünün dinamik yapısından kaynaklı oluşan iş kazaları.
Antwi-Afari vd. (2022)	İngiltere	Giyilebilir iç taban	İnşaat işçileri	Ayak tabanı basıncı.	Kas ve İskelet sistemi bozuklukları
Gao vd. (2022)	Çin	Genel	İnşaat işçileri	-	-
Awolusi vd. (2022)	ABD	Giyilebilir algılama cihazı	İnşaat işçileri	-	Çevresel tehlikeler sonucu oluşan yaralanma, hastalık.
Goh,Alzraiee. (2022)	ABD	İnsansız hava aracı	Sürücüler ve otoyol projelerinde çalışan işçiler	Hareket	Otoyol projeleri gibi karmaşık projelerin güvenliğini sağlamak ve takip etmek.
Sulbaran,Awolusi (2022)	ABD	Nesnelerin interneti tabanlı giyilebilir cihaz	İnşaat işçileri	Hareket	Şantiye güvenliğini sağlamak.
Saedi vd. (2022)	Avustralya	Giyilebilir elektroensefalogram	İnşaat işçileri	Beyin sinyalleri.	Genel iş kazalarını önlemek.
Anwer vd. (2021)	Çin	Akıllı sensör	Çubuk bükme ve sabitleme işinde çalışan inşaat işçileri	Nabız, solunum hızı, vücut sıcaklığı	Fiziksel yorgunluk seviyesini takip etmek.
Ghandi vd. (2021)	ABD	Yapay zekâ	Genel	Beyin sinyalleri, göz hareketleri.	İnsanların duygularına gerçek zamanlı tepkiler verebilen siber-fiziksel uyarlanabilir bir mimari mekân geliştirmek.

Suen vd. (2021)	Çin	3D maske	İnşaat işçileri, itfaiyeciler ve tıbbi personeller.	Solunum	Havadaki bakteri ve virüsleri solumayı engellemek.
Huang vd. (2021)	ABD	İşitme koruma cihazı	İnşaat işçileri	Kulak	İşitme kaybı
Lee vd. (2022)	ABD	Akıllı sensör	İnşaat işçileri	Nabız	Fiziksel yorgunluk kaynaklı iş kazaları.
Okpala vd. (2021)	ABD	Giyilebilir algılama cihazı	İnşaat işçileri	Nabız, konum, hareket.	Şantiye güvenliğini sağlamak.
Anwer vd. (2021)	Çin	Genel	İnşaat işçileri	Nabız, hareket.	Fiziksel yorgunluk kaynaklı iş kazaları.
Okpala vd. (2022)	ABD	Giyilebilir algılama cihazı	İnşaat işçileri	-	İnşaat işçilerinin giyilebilir teknolojiyi kullanma niyetlerini ölçmek ve değerlendirmek
Nwaogu,Chan. (2021)	Çin	Genel	İnşaat işçileri	HRV ve uyku sağlığı.	İş baskısının oluşturduğu fizyolojik sağlık problemleri.
Sakhakarmi vd. (2021)	ABD	Dokunsal tabanlı sistem	İnşaat işçileri	Görme, işitme.	Çarpışma tehlikeleri.
Sakib vd. (2021)	ABD		Drone Operatörü	Nabız, vücut duruşu, hareket.	Zihinsel iş yükü ve stresini tahmin etmek.
Calvetti vd. (2020)	Portekiz	Hareket takipli giyilebilir cihaz	Zanaat işçileri	Hareket, görme.	Zanaat işçilerinin hareket takibi.
Pillsbury vd. (2020)	ABD	Fizyolojik durum monitörü	İnşaat işçileri	Nabız, hareket, vücut sıcaklığı.	İnşaat faaliyetlerinin, bireysel özelliklerin ve çevresel faktörlerin inşaat işçisi fizyolojisi üzerindeki etkisini değerlendirmek.
Zuluaga vd. (2020)	ABD	Dört farklı düşme koruma sistemi	Otoyol ve köprü çalışanları	Anket	Düşme riski.
Awolusi vd. (2020)	ABD	Giyilebilir algılama cihazı	İnşaat işçileri	Anket	Şantiye güvenliğini sağlamak.
Li vd. (2020)	Çin	Giyilebilir göz izleme teknolojisi	İş makinesi operatörü	Nabız, göz hareketleri.	İş makinesi operatörlerinin zihinsel yorgunluk sebebiyle oluşturduğu veya maruz kaldığı iş kazaları.
Liu vd. (2020)	ABD	Giyilebilir elektroensefalogram kulaklığı	İnşaat işçileri	Göz hareketleri	Stres ve zihinsel yorgunluk sebebiyle oluşan veya maruz kalan iş kazaları.
Okpala vd. (2020)	ABD	Giyilebilir algılama cihazı	İnşaat işçileri	Anket	Risk yönetimi, emniyet politikası modeli.

Tablo 3.1’de görüldüğü gibi, giyilebilir teknoloji araçları inşaat sektöründe iş kazalarını önleme amaçlı olarak pek çok yayına konu olmuştur. Bu alanda yapılmış yayınların neredeyse hepsini dünyanın teknolojik ilerlemelerine ev sahipliği yapan ABD ve Çin devletinin yapmış olması, iki ülkenin giyilebilir teknoloji alanına verdiği önemi göstermektedir. Bu durum giyilebilir teknoloji araçlarının yakın zamanda tüm Dünyada inşaat sektöründe interaktif bir şekilde kullanılacağı düşüncesini desteklemektedir. Literatür taraması “İnşaat sektörü” çerçevesinde yapıldığı için çalışmaların çoğunda hedef alınan kitle inşaat işçileri olmuştur. Bunun yanında iş makinesi operatörleri, otoyol ve köprü inşaatında çalışan işçiler, drone operatörleri, çubuk bükme ve sabitleme işinde çalışan inşaat işçileri ve boru işçileri özelinde de çalışmalar yapılmıştır. Giyilebilir hareket takipli cihazlar, yapay zeka araçları, dış iskeletler gibi teknoloji araçları kullanılarak hedef kitlelerin nabız, tansiyon, beyin sinyalleri, konum ve hareket bilgileri, duruş pozisyonları, göz hareketleri ve vücut sıcaklıkları ölçülmüştür. Çalışmaların genelinde amaç, işçinin fiziksel ve ruhsal sağlığını korumak, şantiye güvenliğini sağlamak, işçilerin uzun vadede yakalandıkları hastalıkları engellemek, yüksekte düşme kazalarını engellemek, kısacası olası tüm iş kazalarının önüne geçmektir. İşçilerin beyin sinyallerini ve göz hareketlerini incelemek amacıyla kullanılan giyilebilir elektroensefalogram sayesinde işçilerin zihinsel iş yükleri tahmin edilebilir, stres seviyeleri ölçülebilmekte ve buna bağlı sağlık verilerinin de takibi yapılabilmektedir. Bunun yanında yapılan bir örnek çalışmada inşaat işçilerinin giyilebilir algılama cihazı kullanmasıyla işçilerin nabız, konum ve hareket bilgilerinin takibi yapılmış bu sayede şantiye güvenliği sağlanmıştır.

Çubuk bükme ve sabitleme işinde çalışan inşaat işçilerine yönelik yapılan çalışmada, akıllı sensörler ile işçilerin nabız, vücut sıcaklığı gibi verileri takip edilerek fiziksel yorgunluk seviyelerinin tespiti yapılmıştır.

Yüksekte çalışan işçilere yönelik yapılan çalışmada, üretilen akıllı sensör teknolojisi ile işçilerin rakımı belirlenerek iş sağlığı ve güvenliği birimlerine veri aktarımı yapılmakta bu sayede işçilerin düşme riski hesaplanmakta ve işçi uyarılmaktadır. Bir başka çalışmada, iş makinesi operatörlerinin göz hareketleri giyilebilir göz izleme cihazı ile incelenerek operatörlerinin zihinsel yorgunluk sebebiyle oluşturduğu veya maruz kaldığı iş kazalarının önüne geçmek amaçlanmıştır.

Web of Science’de yapılan araştırmada Türkiye adresli yayına rastlanmamıştır. Ulusal literatürde konu ile ilgili 6 makale, 6 lisansüstü teze erişilmiştir.

Tunca, Yanık, Erden, Yaylagül ve Razin (2019) alışmalarında giyilebilir teknoloji ürünü olan akıllı saatin kullanımı ile çalışanların fiziksel ve biyolojik verilerini ölçerek, elde edilen veriler üzerinden psikolojik tahminlerde bulunmuşlardır. Bu tahminlerin tutarlılığı, anket yoluyla elde edilen veriler arasındaki korelasyon ile analiz edilmiştir.

Deringz, Danışan ve Eren (2021), endüstriyel alanda kullanılabilecek en uygun akıllı gözlük seçimi problemini ele almıştır. 7 farklı akıllı gözlük alternatifinin değerlendirilmesi için; ürünün maliyeti, pil ömrü, ergonomik olması, dahili bellek kapasitesi ve görüş alanı özelliklerini değerlendirme kriterleri olarak belirlemişlerdir. Bu kriterler doğrultusunda alternatifler, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

Sağbaş, Ballı ve Yıldız (2016), giyilebilir teknolojilerin günümüze kadar olan gelişimi incelemiş ve gelecekte karşımıza çıkabilecek giyilebilir teknoloji ürünleri hakkında bilgi vermiştir. Turan’ın (2017) alışmasında çalışanın belindeki bir hareket algılayıcısı ünitesini kullanan düşme saptama ve düşme yn sınıflandırma algoritmaları sunulmuştur.

Altıntaş, Tüfek, Yalçın, Li ve Bahadır (2022), giyilebilir sensörlerden alınan verileri kullanarak, derin öğrenme yöntemleri ile çalışanların davranışlarını ngrmştir. Köseoğlu (2022) alışmasında giyilebilir teknoloji ürünleri aracılığıyla kişinin istemsiz hareketinin tespitini ve uyarılmasını incelemiştir.

Çiftçi’nin (2021) alışmasında, şanlıurfa ilinde yaşayan insanların günlük hareket verileri giyilebilir teknoloji kullanılarak ölçülmüş ve bu veriler insanların demografik özellikleri ile karşılaştırılmıştır. akır, Aytekin, Tminin (2018) alışmalarında giyilebilir ürünlerinin kullanım alanlarını, bu ürünleri kullanmanın avantajları ve dezavantajlarını incelemişlerdir.

Orul’ın (2014) alışmasında, makinelerde ve otomasyon sistemlerde karşılaşılan hareketli makine parçalarının neden olduğu iş kazaları ve bu iş kazalarına neden olan

riskler araştırılmıştır. Çalışanları bu risklere karşı korumak amacıyla kullanılan sensör ve benzeri algılayıcıları içeren elektronik koruyucu ekipmanlar incelenmiştir.

Aladağ (2022) çalışmasında Türk inşaat sektöründe yer alan firmaların dijital dönüşüm uygulamalarına adaptasyonlarını etkileyen unsurların bulunmasını amaçlamıştır. Akbay (2021) çalışmasında yapının tasarım aşamasında Yapı Bilgi Modelleme süreçlerinde modellenen bilgilerin sahaya aktarılmasında rol alan teknolojileri belirlemiş ve sahadaki iş akışına sağladığı katkıyı incelemiştir. Açıkgöz (2019) çalışmasında yenilikçi tüketim ürünü olan akıllı saatler üzerine inceleme yapmıştır.

Ulusal yayınlarda; akıllı saat, akıllı gözlük gibi giyilebilir teknoloji araçlarının çalışanların fizyolojik ve biyolojik verilerini takip etmede kullanıldığı görülmektedir. Bunun yanında derin öğrenme ve ÇKKV (Çok kriterli karar verme) yöntemleri kullanılarak çalışanların davranışlarının öngörüldüğü sistemler geliştirilmiştir. Ulaşılan bir çalışmada giyilebilir teknoloji araçlarının avantaj ve dezavantajlarının değerlendirildiği de görülmektedir.

Uluslararası ve ulusal düzeyde yapılan tüm bu çalışmaların hayata geçirilmesi ve şantiyelerde kullanılmasıyla, iş kazası oranlarında ciddi düşüş sağlanacağı düşünülmektedir.

3.4 Giyilebilir Teknoloji Araçlarına ilişkin Patent ve Faydalı model örnekleri

İnşaat sektöründe giyilebilir teknoloji araçlarına ilişkin yapılan literatür analizinin ardından, Türk Patent ve Marka Kurumu'ndan alınan verilerle patent ve faydalı model örnekleri incelenmiştir. Ülkemizde sektör bazlı olmaksızın giyilebilir teknoloji ile ilgili 170 adet patent ve faydalı modele erişilmiştir. Çalışmalar arasından sektörle ilgisi olan veya sektöre uyarlanabilir olan 42 çalışma irdelenmiştir (Tablo 3.2). Patent ve faydalı model örneklerinin inşaat sektörü özelinde analiz edilmemesinin sebebi, farklı bir sektör için geliştirilmiş patent veya faydalı modelin inşaat sektörüne uyarlanabilme ihtimalidir. İlerleyen bölümlerde giyilebilir teknoloji ile ilgili incelenen bu örneklerin inşaat sektörü ile ilişkilendirilmesine de çalışılacaktır.

Patent, bir buluşu ve yeni bir ürünü ortaya çıkaran kişiyi veya kişileri ürünün satılması, çoğaltılması ve pazarlanması gibi konularda hak sahibi ilan eden, ürün üzerindeki tüm

hakları yasal olarak buluşu yapan kişilere veren ve hak sahiplerini güvence altına alan sistemdir. Faydalı model kapsamına giren buluşları patentten ayıran özellik ise buluşun veya ürünün koruma süresinin daha az olması, patent kriterlerinde geçen tekniğin bilinişliği kriterinin aşılmasının aranmaması ve faydalı modelin patente oranla daha kısa sürede daha az maliyetle sonuçlanmasıdır. (turkpatent.gov.tr. ,2017)

Çögenli, (2022) çalışanın/işçinin, sağlık, çalışma ortamı ve konum verilerinin alınması ve bu verilerin değerlendirilmesi ve izlenebilmesi için kullanılan bir akıllı sistem geliştirmiştir. Aydın (2022), giyenin fizyolojik ve biyolojik sinyallerini ölçerek anlamlı bir duygu-durum skalası çerçevesinde ikinci ve üçüncü kişilere yansıtılmasını sağlayan bir sistem geliştirmiştir. Çögenli (2022) ve Aydın (2022) çalışmaları inşaat işçilerinin fizyolojik ve biyolojik verilerini takip etmede, bu verileri gerekli birimlere aktarmada kolay ve konforlu bir şekilde kullanılabilecektir.

Çalış (2021); otomotiv, savunma, makine, lojistik, tarım ve benzer sektörlerde tekrarlı iş yapılan uygulamalarda kullanılabilecek giyilebilir bir kol destek sistemi geliştirmiştir. Birçok sektörde kullanılmak amacıyla geliştirilen bu ürün inşaat malzemelerinin üretimi alanında kullanılabilecek ve bu sayede işçiler zamandan ve enerjiden tasarruf sağlayabilecektir. Ayakta vd. (2021), giyilebilir ürünlerden / giysilerden veri toplama ve değerlendirme sistemi geliştirmişlerdir.

Eryiğit vd. (2020), farklı amaçlar için kullanılan giyilebilir bilgisayarın irtibatlanacağı giysi üzerine montajını, giysi üzerinde sabit ve/veya yeleğe bağlı olmadan tek elle kullanılabilmesini ve herhangi bir ek alet kullanmadan giysiden sökülebilmesi sağlayan giyilebilir bilgisayar montaj yapısı geliştirmişlerdir. Koca (2020) sanal gerçeklik eldiveni vasıtasıyla sanal dünyadan gerçek dünya arasında sıcaklık, vibrasyon gibi verilerin ve gerçek dünyadan sanal dünyaya ise elin uzaydaki konumunun ve hareketlerinin aktarıldığı giyilebilir bir cihaz geliştirmiştir. Bu ürün yapı üretim sürecinin tasarım aşamasında inşa edilecek olan mekanın fiziksel durumunu öngörmede kullanılabilecek bir üründür.

Şentürk ve Doğan (2020) komuta kontrol sistemlerinde kullanılan, birden fazla haberleşme cihazının bağlanabildiği ve birden fazla haberleşme cihazı bağlandığında konum ve/veya zaman bilgisine göre hangi haberleşme cihazının ilk kullanılacağını belirleyen ya da kullanıcının belirlemesine izin veren ve haberleşmenin devamlılığını

sağlayan giyilebilir bir teknoloji sistemi geliştirmişlerdir. Takashi (2023) giyilebilir teknolojik cihazların üretim yöntemlerini içeren bir sistem tasarlamıştır.

Kara (2019) kumaş, giysi ya da aksesuar üzerine dikilmiş/monte edilmiş programlanabilir elektronik platform ve sensörler aracılığı ile kullanıcının fiziksel etkileşimlerinin dijital ortama kablosuz bağlantı üzerinden aktarılması, bu etkileşimlerin dijital ortamda işlenerek kullanıcıya geri bildirim verilmesi ve bu sistemden yararlanılarak eğitsel özellik taşıyan etkileşimli yazılım/oyun vb. uygulamaların geliştirilmesi amacıyla bir eğitim sistemi geliştirmiştir. İş sağlığı ve güvenliği biriminin işçileri her açıdan rahatlıkla takip edeceği, tüm sağlık verilerine ulaşabileceği bir sistem olabilecektir.

Aras ve Boyacı (2019), fiziksel çalışma koşullarında çalışanların maruz kaldığı aydınlatma, nem, sıcaklık, gürültü, basınç, zararlı gaz, havadaki toz ve titreşim değerlerinin üzerinde sekiz farklı sensör bulunan baret kullanılarak ölçülmesini sağlayan giyilebilir bir cihaz tasarlamışlardır. İşçilerin çalışma şartlarının değişimi ve takibinin yapılabilmesi amacıyla kullanılabilecek bu ürün olası solunum yolu zehirlenmelerinin, sıcaklık sonucu değişen nabız veya tansiyon verilerinin takibinde kullanılabilecektir.

Golpalvar ve Yapıcı, (2019), elektro-okülogram temelli farklı kurulumlarda makinelerle iletişim kurmayı sağlayan ve kolaylaştıran bir insan-bilgisayar etkileşim/insan-makina arayüzü (HCI/HMI) sistemi geliştirmişlerdir. Bursoy, (2019) kullanıcı tarafından bir ağırlığın kaldırılması sırasında taşınan yüke, kontrollü bir dengeleyici kuvvet oluşturarak kullanıcının kollarına destek olarak yükü yatay ve dikey ekseninde karşı bir dirence maruz kalmadan, cismin ağırlığı yokmuşçasına hareket ettirebilmeyi sağlayan giyilebilir kuvvet destek sistemi tasarlamıştır. İşçilerin maruz kaldığı kas ve iskelet sistemi bozukluklarının önüne geçmede kullanılabilecek olan bu sistem sayesinde işçilerin doğru yük kaldırımı ve doğru pozisyonlarda çalışması desteklenebilecektir.

Aksoy vd. (2019) buluşlarında kullanıcının vücuduna takılmaya uygun bir gövdede nabız sensörü, hareket algılayıcı, algılama birimi ve GPS (Global Positioning System) modülü bulunan Giyilebilir bir izleme ve alarm sistemi ve buna ilişkin bir çalışma yöntemi geliştirmişlerdir. Bu ürün inşaat işçilerinin sağlık verilerini takip etmede ve olası bir olumsuzlukta uyarı vermede kullanılabilecektir.

Akben, (2018) üzerinde yer alan güneş paneli sayesinde ihtiyacı olan enerjiyi kendine sağlayan ve bu enerji ile GPS sayesinde ürünün yeri hakkında bilgi vermek amacıyla alıcıya uydu aracılığıyla sinyal gönderen bir ürün geliştirmiştir. Akman, (2018) başka bir cihaza bağımlı olmadan ilgili sunucularla iletişim sağlayarak gerekli verileri iletebilen, giyilebilir nitelikte akıllı bir güvenlik cihazı tasarlamıştır. Akben (2018) ve Akman (2018) 'ın çalışmaları ile inşaat işçilerinin taşıdıkları giyilebilir teknoloji araçları kendi enerjisini kendileri üretebilir ve ilgili birimlere gerekli verileri başka bir cihaza bağlı kalmadan iletebilecektir.

Çobanoğlu vd. (2022) Bir insan vücudunun düşük voltaj dalgalanmalarına veya insan vücudunda indüklenmiş statik elektrik varyasyonuna indüklenmiş voltaj maruziyetinin belirlenmesi için giyilebilir bir cihaz ve bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu ürünün kullanımı şantiyelerde elektrik çarpması kaynaklı iş kazalarının önüne geçmede kullanılabilecek bir yöntemdir. Özbay, Çubukçu, (2017) Bir görüntünün bir kullanıcıya görüntülenmesine yönelik bir ekranı içeren bir giyilebilir elektronik cihaz ve bu cihazın kontrol edilmesine yönelik bir yöntem geliştirmişlerdir.

Kımkak, Ceylan, (2017) çalışma esnasında kişiyi rahatsız etmeyen, kullanıcının yere düşmesi durumunda algılayıp çarpmadan önce tehlikeyi bertaraf etmek için hızlıca şişebilen giyilebilir bir hava yastığı tasarlamışlardır. Yüksekten düşme kazalarında işçinin üzerinde tehlikeyi fark edip şişen bir yeleğin olması işçinin hayatını kurtarabilecek bir çözüm olabilecektir. Hans, Luft (2021) bir kullanıcı ekipmanı cihazına bağlı bir giyilebilir cihazın bir mobil iletişim ağı ile iletişim kurmasına izin vermeye yönelik bir yöntem geliştirmişlerdir. İşçilerin üzerindeki tüm giyilebilir teknoloji araçları bir mobil iletişim ağı sayesinde birbirleriyle entegre edilebilir ve her türlü veriyi iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birim takip edebilecektir.

Çobanoğlu vd. (2022) Bir kullanıcının bacakları için bir giysi, bir kapasitif elektrot ve bir mikro denetleyici içeren giyilebilir bir adım sayacı sistemi geliştirmişlerdir. Andressen, (2020) Kompozit, koruyucu bir kumaştan üretilen insan tarafından giyilebilir bir eldiven tasarlamıştır. Şantiye içerisine eldiven takılması gereken yerlerde daha kullanışlı ve konforlu bir seçenek olabilecektir.

Öneş vd. (2016) giyilebilir cihaz üzerinde oluşan verilerin mobil cihaz entegrasyonu ile alınmasını, mobil şebeke üzerinden alınan konum, zaman gibi veriler ile ilişkilendirilerek zenginleştirilmesini ve değerlendirilmesini sağlayan bir sistem

geliştirmişlerdir. Bu tasarım sayesinde inşaat işçilerinin kendi çalışma alanında olup olmadığının kontrolü sağlanabilir. Aynı zamanda işçilerin güvenliği açısından konum verileri takip edilebilecektir. Maas, Cornelissen, (2019) giyilebilir bir nesne ve giyilebilir bir nesnenin üretilmesi için bir yöntem geliştirmiştir.

Inoue, (2020) tek kullanımlık giyilebilir eşyalar için üretim cihazı ve üretim yöntemi geliştirmiştir. Sato, (2019) Taşıma cihazı ve aynısını kullanan tek kullanımlık giyilebilir ürün üretim yöntemi geliştirmiştir. Taş, (2016) akıllı saat, bileklik ve benzeri giyilebilir teknoloji ürünleri için ihtiyaç duydukları gücü sağlayacak, çevreci, tabiatta var olan enerji ile ihtiyacımız olan gücü elde etmemize böylelikle elektrik enerjisinden tasarrufa ve giyilebilir teknolojiler için enerji ihtiyacı ve şarj ihtiyacı olmaksızın kullanıma olanak sağlayan bir güç kaynağı tasarlamıştır.

Jiang, (2020) İnternet teknolojileri alanıyla ve özellikle bir kullanıcının kimliğini doğrulamak için bir yöntem ve aparat ve giyilebilir bir cihazı kaydettirmek için bir yöntem ve bir aparat tasarlamıştır. Bu ürün sayesinde şantiye alanlarına giriş ve çıkışı takip ederken aynı zamanda çalışma saatlerinin takibi ve verimi de kontrol edilebilecektir. Demir, (2016) üzerinde güneş paneli bulunan şarj cihazı vazifesi gören giyilebilir tekstil ürünleri ve aksesuarlar tasarlamıştır. Şantiye alanları genelde açık ve büyük alanlar olması sebebiyle işçilerin uzun süreli güneş altında çalışma durumu söz konusudur. İşçilerin hareketlini kısıtlamayacak, üzerine ağırlık yapmayacak ve hayati tehlike oluşturmayacak biçimde yeleklerine entegre edilen güneş panelleri sayesinde güneşten enerji elde edilebilir. İşçilerin üzerinde bulunan tüm giyilebilir teknoloji araçları bu paneller sayesinde şarj edilebilecektir.

Tıberi vd. (2017) giyen kullanıcının hareket vb. etkileşimini algılayan giyilebilir bir kontrol cihazı geliştirmişlerdir. Ulusoy, (2015) kişinin sahip olduğu ve çeşitli görsel içeriklerin bulunduğu görüntüleme sağlayan dijital ekranlı giyilebilir bir tekstil ürünü tasarlamıştır. Bu ürünler inşaat sektöründe çok tehlikeli şantiyelerde işçilerin her an gözlemlenebilmesi ve iş sağlığı ve güvenliği birimi tarafından her an sesli ikazda bulunabilmesi için kullanılabilecektir.

Toyoshi, (2022) tek kullanımlık giyilebilir ürün üretimi için bir yöntem geliştirmiştir. Olgun, (2015) bilgisayar kullanımı olan her yerde ve Smart TV, akıllı tahta vb. teknolojik alt yapıya sahip tüm cihazlar ile kullanım olanağına sahip, kullanıcı odaklı renk ve desene sahip, parmaklara geçirilerek ele kısa süre içinde takılabilen ve

kullanıcı isteğine göre genişliği ayarlanabilen, el bileğinin doğal duruşunu bozmaksızın uzun süre Mouse kullanımına olanak sağlayan, algılayıcı teknolojisi sayesinde herhangi bir yüzeye temas olmadan farenin kontrolünü el hareketleri ile yapılmasını sağlayan ve giyilebilir bir Mouse yapılanması tasarlamıştır. İnşaat yapım sürecinin saha operasyonlarını düzenleyen, uzun saatler mouse kullanmak zorunda olan ofis çalışanları için oldukça konforlu ve yararlı olabilecek bir üründür.

Kobayashi, (2018) Giyilebilir giyim nesnesi ve bunu üretmek için metot geliştirmiştir. Kunzendorf, Feustel, (2017) iyileştirilmiş aydınlatma kontrolüne ve ayarlanabilirliğe sahip giyilebilir kafa lambaları tasarlamışlardır. Bu tasarım şantiyede aydınlatmanın yetersiz olduğu alanlarda konforlu bir aydınlatma biçimi olabilecektir.

Yavuz, (2011) insanların üzerinde taşıyabildikleri giyilebilir, dokunmatik ekranlı, anket ve reklam cihazı tasarlamıştır. Rıgo vd. (2014) tedavi amaçlı ışık kontrol cihazı, giyilebilir cihazı ve ışık sistemi tasarlamışlardır. Lee, Huang, (2015) giyilebilir 3D (üç boyutlu) bir elektrot seti tasarlamışlardır. Uysal vd. (2018) RFID (Radyo frekanslı tanıma) kullanılarak bir etiketli nesnenin, nesne hareket ettiğinde otomatik olarak sorgulanması için bir düzenek ve yöntemler geliştirmişlerdir. Tasarlanan bu ürünler inşaat sektörünün üretim ve yapım aşamasında kullanılabilir. Örneğin; giyilebilir reklam cihazları işçi yeleklerinin üzerine uyarı ve ikaz levhaları olarak kullanılmak amacıyla yerleştirilebilecektir.

Otsubo, Sugito, (2013) ürün kullanımı sırasında ön ve arka bel bölgelerinin birbirinden istem dışı olarak ayrılması ihtimalini ortadan kaldırmak üzere geliştirilen bir tek kullanımlık giyilebilir ürün tasarlamışlardır. Bu ürün inşaat sektöründe çok sık karşılaşılan kas ve iskelet sistemi bozukluklarının önüne geçilmesinde kullanılabilecektir.

Tablo 3.2 Ulusal patent ve faydalı modeller ile sektörleri

(<https://www.turkpatent.gov.tr/arastirma-yap?form=patent¶ms=%257B%2522title%2522%253A%2522giyilebilir%2520teknoloji%2522%257D&run=true>)

Buluş başlığı	Sektör	Yıl
Giyilebilir, dokunmatik ekranlı, anket ve reklam cihazı (Yavuz, 2011)	Dijital	2011
Tek kullanımlık giyilebilir ürün (Otsubo,sugito, 2013)	Sağlık	2013
Işık Tedavi amaçlı kontrol cihazı, giyilebilir cihazı ve ışık sistemi (Rıgo Vd. 2014)	Sağlık	2014
Her türlü görseli gösteren giyilebilir tekstil ürünü (Ulusoy, 2015)	Dijital	2015
Giyilebilir mouse (Olgun, 2015)	Dijital	2015
Giyilebilir nesne ve bunu üretmek için metot (Iwasaki, Kobayashi, 2015)	Genel	2015
Üç boyutlu giyilebilir elektrot setli giysi (Lee, Huang, 2015)	Genel	2015
Giyilebilir cihaz verilerinin mobil şebeke üzerinden zenginleştirilmesini sağlayan bir sistem (Öneş Vd. 2016)	Dijital	2016
Bağımsız hareket etmeyi sağlayan giyilebilir yüksekte çalışma aparatı (Yılmaz, 2016)	İşçi Sağlığı ve Güvenliği	2016
Giyilebilir teknoloji için güç kaynağı yapılanması (Taş, 2016)	Enerji	2016
Üzerinde güneş paneli bulunan şarj cihazı vazifesi gören giyilebilir tekstil ürünleri ve aksesuarlar (Demir, 2016)	Enerji	2016
Giyilebilir giyim nesnesi ve bunu üretmek için metot (Iwasaki, Kobayashi, 2016)	Genel	2016
Mobil uygulamalı, bluetooth modüllü, giyilebilir postür takip ve uyarı cihazı (Çalışkan Vd. 2017)	Sağlık	2017
Giyilebilir elektronik cihaz ve bir giyilebilir görüntüleme cihazının kontrol edilmesine yönelik yöntem (Özbay, Çubukçu, 2017)	Sağlık	2017
Tens tedavi yönteminde kullanılan giyilebilir tekstil ürünü (Yeşilpınar Vd. 2017)	Sağlık	2017
Giyilebilir hava yastığı (Kımkak, Ceylan, 2017)	Güvenlik	2017
Etkileşim algılayan giyilebilir kontrol cihazı (Tıberi Vd. 2017)	Dijital	2017
Giyilebilir kafa lambası (Kunzendorf, Feustel, 2017)	Enerji	2017
Giyilebilir akıllı güvenlik cihazı (Akman, 2018)	Genel	2018
Giyilebilir izleme ve alarm sistemi. (Aksoy Vd. 2018)	Genel	2018
Bedensel hareketlerle kontrol edilen giyilebilir teknoloji destekli bir eğitim sistemi (Kara,2019)	Genel	2019
Fiziksel çalışma koşullarının değerlendirilmesi için giyilebilir test cihazı (Aras, Boyacı 2019)	İşçi Sağlığı ve Güvenliği	2019
Giyilebilir grafen tekstil temelli elektro-oküler izleme ve nesne etkileşim sistemi (Golpalvar, Yapıcı, 2019)	Dijital	2019
Üst uzuvlar için giyilebilir kuvvet destek sistemi (Bursoy, 2019)	Genel	2019

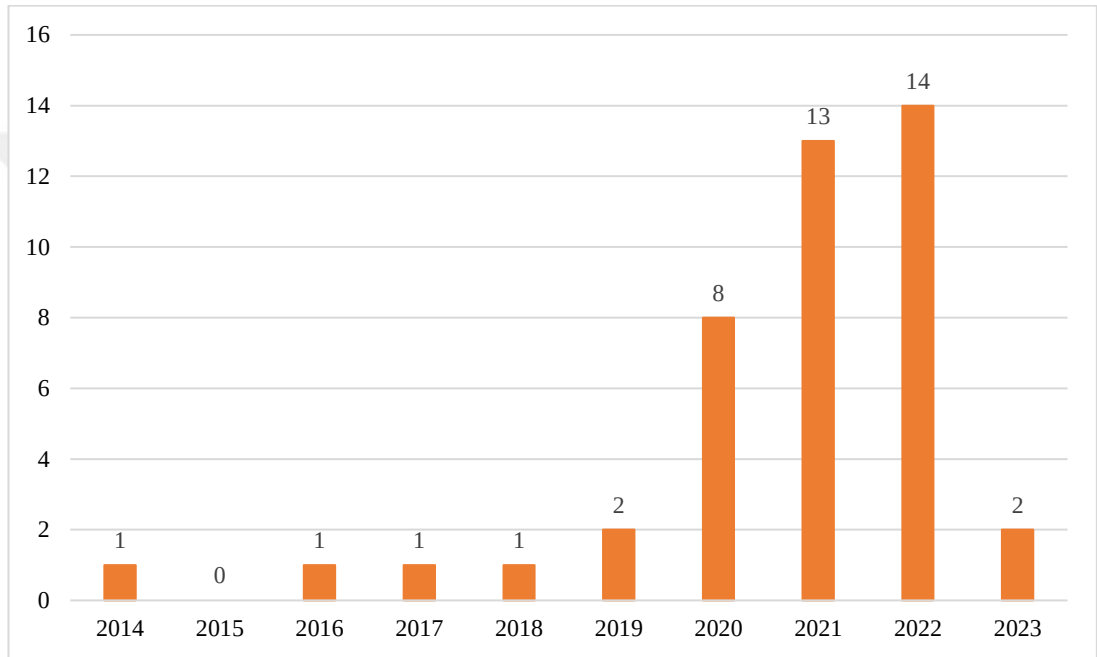
Giyilebilir izleme ve alarm sistemi ve buna ilişkin bir çalışma yöntemi (Aksoy Vd. 2019)	Genel	2019
Giyilebilir bir ürün ve giyilebilir bir ürünün üretilmesi için bir yöntem (Maas, Cornelissen, 2019)	Genel	2019
Taşıma cihazı ve aynısını kullanan tek kullanımlık giyilebilir ürün üretim yöntemi (Sato, 2019)	Genel	2019
Giyilebilir bilgisayar montaj yapısı (Eryiğit Vd. 2020)	Genel	2020
Sanal gerçeklik uygulamaları için giyilebilir bir cihaz (Koca, 2020)	Dijital	2020
Giyilebilir teknoloji sistemi (Şentürk, Doğan, 2020)	Genel	2020
Kompozit, koruyucu bir kumaştan üretilen insan tarafından giyilebilir eldiven (Andressen, 2020)	Genel	2020
Tek Kullanımlık giyilebilir eşyalar için üretim cihazı ve üretim yöntemi (Inoue, 2020)	Genel	2020
Kullanıcının kimlik doğrulanması için yöntem ve aparat, giyilebilir cihaz kaydetmek için yöntem ve aparat (Jiang, 2020)	Dijital	2020
Giyilebilir bir kol destek sistemi (Çalış, 2021)	Genel	2021
Giyilebilir ürünlerden veri toplama ve değerlendirme sistemi (Ayakta Vd. 2021)	Sağlık	2021
Giyilebilir cihazların bağlantısı (Hans, Luft 2021)	Dijital	2021
Çalışan sağlığı ve güvenliği için giyilebilir teknolojiler ile koruma, denetleme, müdahale ve önleyici tedbir alma sistemi (Çögenli, 2022)	İşçi Sağlığı ve Güvenliği	2022
Bir giyilebilir cihaz ve bir insan vücudunun rf radyasyonuna ve statik elektrik varyasyonuna indüklenmiş voltaj maruziyetinin belirlenmesine yönelik bir yöntem (Çobanoğlu Vd. 2022)	Enerji	2022
Giyilebilir adım sayar sistemi (Çobanoğlu Vd. 2022)	Spor	2022
Tek kullanımlık giyilebilir ürün üretimi için yöntem (Toyoshi, 2022)	Genel	2022
Giyilebilir eşyaya yönelik üretim yöntemi (Takashi, 2023)	Genel	2023

Sektörlere göre kategorize edilen patent ve faydalı model örneklerinin çoğunluğunun “Dijital” alanında olduğunu söylemek mümkündür. Aynı zamanda çoğu sektörde kullanımı mümkün olan çalışmalar “Genel” kategorisine dahil edilmiştir. Doğrudan işçi sağlığı ve iş güvenliği alanında tescillenmiş 3 patent çalışması bulunmaktadır. “Genel” kategorisinde değerlendirilen patent ve faydalı model örnekleri çoğu sektöre uyarlanması mümkün olan özellikle İnşaat sektöründe kullanabilecek örneklerdir. Bunu yanında spor ve enerji alanında da çalışmalar bulunmaktadır. (Tablo 3.2)

3.5 Değerlendirme

Giyilebilir teknolojilere ilişkin mevcut literatürde, iş kazalarının direkt ya da dolaylı sebebinin inşaat işçileri olması sebebiyle çoğu çalışmada inşaat işçilerinin hedef

alındığı görülmektedir. Kullanım ve temin edilme kolaylığı açısından, çalışmalarda daha çok akıllı saat ve akıllı bilekliklere yer verilmiştir. Bu araçların sinyal aldığı duyular çoğunlukla nabız, göz hareketleri ve beyin sinyalleridir. Çalışmaların çoğu ABD ve Çin’de gerçekleştirilmiştir. Türkiye’de yapılan çalışma sayısının az sayıda oluşu da dikkat çeken noktalardan biridir. Bununla birlikte son yıllarda yapılan çalışma sayısı hızla artmaktadır (Şekil 3.8). Bu da geleceğe yönelik olarak iş kazalarının azalması yönünde bir umut doğurmaktadır.

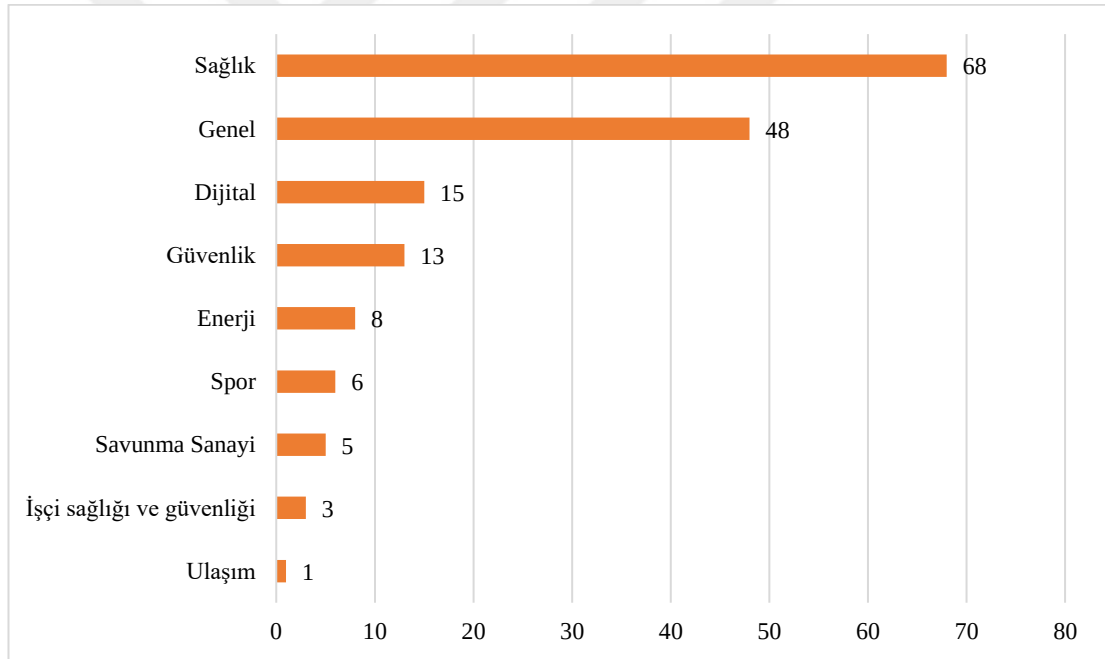


Şekil 3.8 Giyilebilir teknolojilere yönelik Uluslararası literatürün yıllara göre dağılımı (Web of science)

2011-2024 yılları arasında tescillenen ulusal patent ve faydalı modellerin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde, tescillenen ürün sayısının en fazla olduğu sektörün 68 ürünle “Sağlık” sektörü olduğu görülmektedir. Bu alanda hasta-doktor iletişimini kolaylaştıracak, hastane yönetimine fayda sağlayacak, hastalıkların önlenmesine olanak sağlayacak birçok giyilebilir teknoloji ürünü tasarlanmıştır. Sağlık sektörüne en yakın giyilebilir teknoloji ürününün tasarlandığı sektör “Genel” diye adlandırdığımız her sektörde kullanıma açık toplamda 48 ürünün tasarlandığı sektördür.

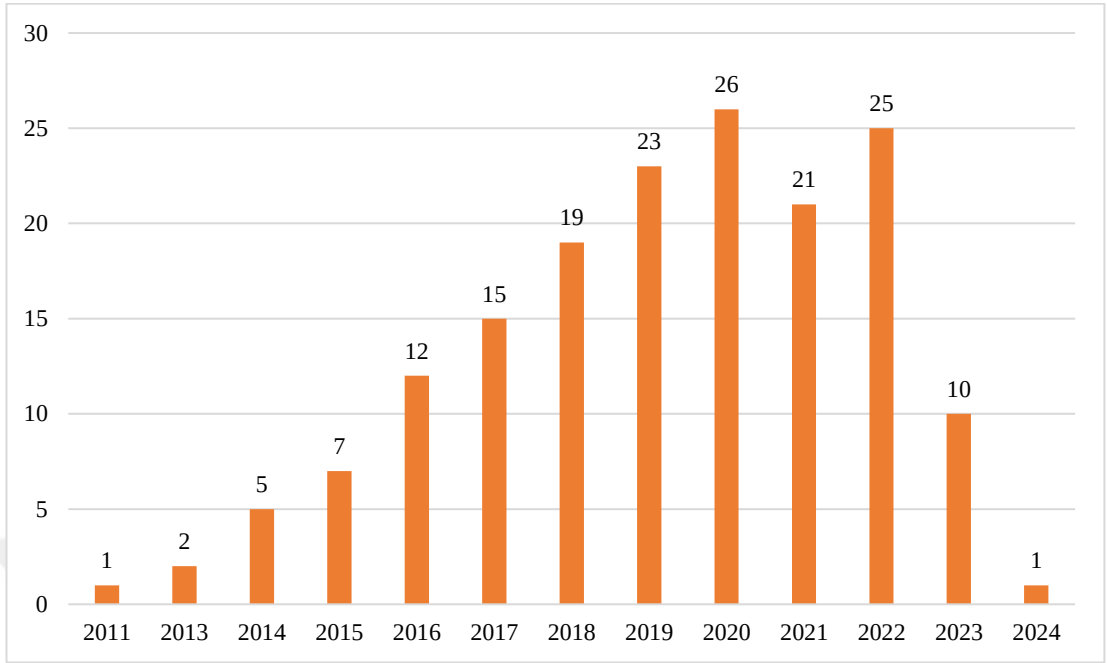
Bilgisayar kullanımında, oyunların daha gerçekçi ve gelişmiş oynanmasında kolaylık sağlayacak 15 tescilli ürün “Dijital” sektörüne aittir. “Güvenlik” sektöründe ise 13 ürün tescillenmiştir. “Enerji” sektörü olarak nitelendirilen, yenilenebilir enerji ve elektrik enerjisi alanlarında tescillenen 8 ürün bulunmaktadır. Profesyonel veya amatör biçimde spor yapan herkes için kolaylık ve yenilik sağlayacak 6 ürün ise “Spor” sektöründe yer almaktadır.

Nişan alma, askeri mühimmatı konuşlandırma gibi durumlara yardımcı olmaya yönelik tasarlanan ve tescillenen 5 ürün “Savunma Sanayii” sektöründe bulunmaktadır. “İşçi sağlığı ve güvenliği” alanında 3 adet giyilebilir teknoloji ürünü bulunurken, “Ulaşım” sektörüne hizmet etmeye yönelik 1 giyilebilir teknoloji ürünü bulunmaktadır. (Şekil 3.9)



Şekil 3.9 Giyilebilir teknolojilere ilişkin ulusal patent ve faydalı modellerin sektörlere göre dağılımı (2011-2024)

Tescillenen ulusal patent ve faydalı model ürün sayısının yıllara göre dağılımı incelendiğinde 2011 yılında başlayan ve hala devam eden bir süreç olduğu görülmektedir. Ürün sayısının 2021 yılına kadar düzenli bir şekilde arttığı; 2023 yılında ciddi bir düşüş yaşadığı görülmektedir. (Şekil 3.10)



Şekil 3.10 Giyilebilir teknolojilere ilişkin ulusal patent ve faydalı model ürün sayısının yıllara göre dağılımı (2011-2024)

Patent ve faydalı model ürün sayısının son yıllarda düşmesinin sebebinin artan maliyetler olduğu düşünülmektedir. Bu durumda sürecin kolaylaştırılması, maliyetler için destek ve teşviklerin çıkarılması ürün sayısının yeniden artması için olanak sağlayabilir.

Uluslararası ve ulusal literatür ile ulusal patent ve faydalı model örneklerinin incelenmesi sonucunda, uluslararası yayınlar arasında Türkiye’de yapılan çalışmaya rastlanmaması dikkat çekicidir. Ulusal patent ve faydalı modeller arasında da, iş sağlığı ve güvenliği alanında çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu alanda Türkiye’de daha çok bilimsel çalışma yapılması, patent ve faydalı model geliştirilmesi iş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alma, iş kazalarının önüne geçme ve giyilebilir teknoloji kullanımına hızlı bir şekilde adapte olma konusunda oldukça etkili olacaktır.

4.İNŞAAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞ KAZALARI VE GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER (ÖRNEK OLAY ÇALIŞMASI)

İş kazaları her sektörde neredeyse her gün karşılaşılan bir durumdur. İşçiyi ve işvereni maddi ve manevi anlamda zarara uğratan iş kazalarının tüm dünyada verilen eğitimlerle, yapılan denetimlerle, alınan önlemlerle engellenmesi beklenmektedir. Birçok ülkede yürürlüğe giren yasalarla, işçi ve işverenin hakları korunmaya alınmış ve bununla birlikte iş kazalarının da önüne geçilmek istenmiştir.

Bu bölümde Türkiye’de gerçekleşmiş 19 iş kazasının hukuksal açıdan değerlendirildiği bir örnek olay çalışması ele alınarak analiz edilmiş ve ilgili kazalar giyilebilir teknoloji kullanımı açısından değerlendirilmiştir. (Atabey, V. 2019) Daha sonra incelenen kaza örnekleri üzerinden iş kazası türlerine göre kullanılabilecek giyilebilir teknoloji araçları önerilecektir.

4.1 Giyilebilir Teknoloji Araçlarının İnşaat Sektörü İş Kazalarında Kullanımı (Örnek Olay Çalışması)

Örnek olay yöntemi, sorunun gerçek hayatla ilişkili olduğu durumlarda kullanılan bir yöntemdir (Yin, 2005). Genel tarama yöntemlerinden daha ayrıntılı ve gerçeğe yakın bilgiye ulaşmak mümkündür. Genel taramanın yetersiz olduğu zamanlarda, durum çalışmasına yönelik taramalar yapılmaktadır (Karasar, 2003, s.86) Bu yönünden dolayı örnek olay çalışması, olayları detaylı olarak araştırma imkanı sunmaktadır (Merrian, 1998)

Kaza örneklerine ait raporda, olayın nasıl gerçekleştiği, gerçekleşmesinin sebepleri ve sonuçlarına dair bilgiler bulunmaktadır. İncelenen örneklerde kaza gerçekleşirken alınması gereken iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin alınıp alınmadığına, işçinin ve

işverenin haklılık payına, kişisel koruyucu ve donanımların kullanım durumları değerlendirilmiştir. Daha sonra gerçekleşen kazalar sebeplerine göre ayrıştırılarak, kullanılabilecek kişisel koruyucu ve donanımlar ile giyilebilir teknoloji araçlarına dair öneriler sunulacaktır.

4.1.1 Örnek olaylar

Giyilebilir teknoloji kullanımı açısından değerlendirilecek iş kazası örnekleri; hukuksal açıdan değerlendirilmesi yapılmış ve bilgileri kamoyu ile paylaşılmış çalışmalardan alınmıştır (Atabey, V. 2019). Çalışma kapsamında analiz edilecek 19 iş kazasına ilişkin bilgiler aşağıda paylaşılmıştır.

1. Kaza Örneği:

21.05.2009 tarihinde Sarıyer-Çayırbaşı arasında inşa edilen tünelde, kalıp açma işinde çalışmakta olan N. Ç. isimli işçi 5 metre yüksekliğindeki platformdan beton zemin üzerine düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019'a)

2. Kaza Örneği:

2.10.2012 tarihinde bir sosyal tesisin kaba inşaat yapım işleri sırasında 7 m uzunluğundaki kirişin kalıbına beton dökümü sırasında kalıbın çökmesi ile orada bulunan iki işçi hayatını kaybetmiştir. Kazada 2 ölü ve 1 yaralı bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019a).

3. Kaza Örneği:

18.10.2012 tarihinde bir şantiyede kalıp işçisi olarak çalışan A. A. İsimli işçi 6 m yükseklikteki iskeleden düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019b).

4. Kaza Örneği:

09.04.2014 tarihinde dış cephe işlerinde kullanılacak sepetin kurulumu sırasında, bir işçi sepeti aşağıya indirmek amacıyla sepete binmiştir. Sepetin bağlı olduğu yerden kopmasıyla işçi sepetle birlikte düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019a).

5. Kaza Örneği:

24.10.2014 tarihinde S. K. isimli işçi 13.katta sökülen kalıp malzemelerinin kule vinç platformuna yerleştirmesi sırasında, platformun çökmesi sonucu platformla birlikte düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019a).

6. Kaza Örneği:

09.09.2013 tarihinde çatıda çalışan H. A. isimli işçi 7. Kattan düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019a).

7. Kaza Örneği:

16.09.2007 tarihinde H.A. isimli işçi sosyal tesisin iskelesinde kat parapet kalıplarını sökerken dengesini kaybederek düşmüş ve hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019a)

8. Kaza Örneği:

Cami kubbe betonunun dökümü sırasında kalıp iskelesinin çökmesi ile yüksekten düşen 11 işçi kalıp sisteminin altında kalmış, 1 işçi hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü ve 10 yaralı bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019a).

9. Kaza Örneği:

04.04.2009 tarihinde, N.K. isimli işçi bir inşaatın 5. katında beton kalıbı yaparken aşağıya düşerek yaralanmıştır. Kazada 1 yaralı bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019a).

10. Kaza Örneği:

20.12.2008 tarihinde, bir fabrikaya sundurmalarındaki betonların onarılması için gelen S. A. isimli işçi çatıyı tamir etmek amacıyla çatıya çıkmış, bastığı eternitlerin kırılması sonucu düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019a).

11. Kaza Örneği:

05.03.2012 tarihinde, bir inşaatta çalışmakta olan S. E. isimli işçi iki kubbe arasından merdiven omzuna takılı vaziyette geçmek isterken dengesini kaybederek 10 m. yükseklikten aşağıya düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019a).

12. Kaza Örneği:

07.03.2009 tarihinde inşaatta çalışmakta olan D.T. isimli işçi yağın yağmur dindikten sonra ipe bağlanan demirleri yukarı çekerken bastığı sac panonun kayması sonucu yaklaşık 7 metre yükseklikten düşerek yaralanmıştır. Kazada 1 yaralı bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019b).

13. Kaza Örneği:

27.06.2012 tarihinde inşaatta 2. katta kalıp sökümü işi yapmakta olan S. D. isimli işçi yüksekten düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019b).

14. Kaza Örneği:

13.10.2012 tarihinde, apartmanın dış cephesini mantolama işi sırasında bir işçi havalandırma boşluğu üzerindeki sarı plastik aydınlığa bastığında, bu parçanın kırılması sonucu yüksekten düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019b).

15. Kaza Örneği:

02.09.2011 tarihinde 40 metre yükseklikteki inşaatın 8. katında beton dökülen kısmın çökmesi sonucu yüksekten düşen M. T. isimli işçi hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019b).

16. Kaza Örneği:

28.06.2007 tarihinde duvarın boyanması için kurulan iskelede boya yapan Y. Ö. isimli işçi bastığı kalasın kırılması sonucunda düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019b).

17. Kaza Örneği:

07.09.2012 tarihinde, inşaatla çalışmakta olan A. C. isimli işçi giriş kattaki dairede merdiven boşluğundan düşerek hayatını kaybetmiştir. 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019b).

18. Kaza Örneği:

03.08.2008 tarihinde, 10 katlı bina inşaatının çatısında kiremit altı tahtaları çakmakta olan H.Ö. isimli işçi dengesini kaybederek düşmüş ve hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019b).

19. Kaza Örneği:

06.06.2008 tarihinde M. A. isimli işçi çatı üzerinde çalışırken, 19 metre uzunluğunda ve 2 metre enindeki aydınlatma boşluğundan 13 metre aşağıya beton zemine düşerek hayatını kaybetmiştir. Kazada 1 ölü bulunmaktadır. (Atabey, V. 2019b).

4.1.2 İnşaat Sektöründeki Kaza Nedenleri ve Kullanılabilecek Giyilebilir Teknoloji Araçları

Literatürde yapılmış olan çalışmalar kapsamında giyilebilir teknoloji araçlarının kullanım alanları incelenmiştir. Mevcut çalışmaların çoğu işçi sağlığı ve güvenliği alanında yapılmıştır. Çalışmalarda hedef kitle; inşaat işçileri, imalat sektöründe çalışan işçiler, endüstriyel alanda çalışan işçiler, otoyol ve köprü projelerinde çalışan işçiler, zanaat işçileri, drone ve iş makinesi operatörlerinden oluşmaktadır. İşçi kitlesi haricinde yaşlı ve yalnız yaşayan insanlar, trikotillomani takıntılı bireyler, mekân kullanıcıları ve işletmeler üzerine de çalışmalar yapılmıştır.

Tüm bu çalışmalar incelendiğinde; akıllı saat, akıllı bileklik, akıllı gözlük, akıllı çorap, akıllı eldiven, akıllı kemer, akıllı sensör, giyilebilir dış iskelet, iç taban, MR cihazı, Elektroensefalogram, 3D maske, işleme koruma cihazı, göz izleme cihazı gibi giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımı görülmektedir.

İncelenen çalışmalar sonucunda giyilebilir teknoloji araçlarının kullanım ve üretim nedenlerine bakıldığı zaman, özellikle yüksekten düşme sonucu meydana gelen iş

kazalarını önleme amacıyla araçlar önerildiği görülmektedir. Toplu koruma yöntemleri ile kişisel koruyucu ve donanımların kullanılmaması sonucu meydana gelen ölümlü iş kazaları incelendiğinde görüldüğü üzere kazaların en çok gerçekleşme sebebi yüksekte düşmedir. Bunun yanı sıra şantiye içi güvenliği sağlamanın, denetimleri daha doğru ve anlık bir şekilde yapabilmenin de birçok iş kazasının önüne geçebileceği görülmektedir. Bahsedilen bu anlık takibi sağlayabilmek amacıyla literatürde bazı öneriler olduğu görülmektedir.

İşçilerin kas ve iskelet sistemi sağlıkları uzun saatler boyu çalışabilmek, sakatlanmamak, daha dinç ve dinamik olmak açısından oldukça önemlidir. Tüm bu şartlar altında çalışan işçinin kas ve iskelet sistemi sağlığını koruyabilmek adına literatürde bazı öneriler olduğu görülmektedir. Bununla birlikte çalışma şartları ne kadar iyi olursa olsun; bir işçinin dikkatli, verimli, kendisini ve şantiyeyi ihmal etmeden çalışması için fiziksel ve zihinsel anlamda sağlıklı ve dayanıklı olması gerekmektedir. Tansiyon, şeker, uykusuzluk vb. herhangi bir sağlık problemi yaşayan işçinin hem kendisini hem de iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birimi uyaracak giyilebilir teknoloji araçlarını kullanımı önerilmektedir.

4.1.2.1 Yüksekten düşme

Ölümlü iş kazalarının sebeplerine bakıldığında zaman en fazla yüksekten düşme sebepli kazaların olduğu görülmektedir. Kişisel koruyucu ve donanımlarla büyük oranda engellenebilecek olan yüksekten düşme kazaları inşaat sektöründe en sık karşılaşılan kaza türü iken aynı zamanda en büyük riskler arasındadır.

Turan (2017), yaşlı ve yalnız yaşayan insanların bel hareketleri inceleyen ve kişileri anormal hareket hallerinde düşme riskine karşı uyarı veren giyilebilir algılayıcı cihaz geliştirmiştir. Choo vd. (2023) yaptıkları çalışmada; yüksekte çalışan inşaat işçilerinin yüksek rakımlara ulaşması halinde işçiyi ve şantiye güvenliğinden sorumlu birimi uyarı veren üzerlerinde taşıyacakları akıllı sensör geliştirmişlerdir. Zuluaga vd. (2020) yaptıkları çalışmada, otoyol ve köprü çalışanlarının yüksekten düşme riskine karşı

dört farklı düşme koruma sistemi geliştirmiş ve anket yoluyla sistemlerin kullanımlarını değerlendirmiştir.

4.1.2.2 Şantiye güvenliği

Şantiye güvenliği inşaat sektörünün çalışma yapısından dolayı çok sayıda kazaya sebebiyet veren bir durumdur. Multidisipliner bir çalışma sisteminin olması, işçilerin eğitimsiz olması, şantiye içi hareketliliğin fazla olması güvenliği azaltan olgular arasındadır. Şantiye güvenliğinin sağlanması adına özellikle uyarı ve ikaz levhalarının eksiksiz yerleştirilmesi, iş güvenliğinden sorumlu birimin sıklıkla ve taviz vermeden denetimlerini gerçekleştirmesi, işçilerin düzenli olarak eğitimlere tabi tutulması ve giyilebilir teknoloji aracı olan Drone sayesinde çalışma ortamının iş güvenliği ekipleri tarafından anlık takip edilmesi ve uyarı verebilen bütünleşmiş bir sistem ile verilerin de takip edilmesi gerekmektedir.

Wu vd. (2022) yaptıkları çalışmada inşaat sektörünün dinamik yapısından kaynaklı oluşan iş kazalarını önlemek amacıyla işçiler için giyilebilir MR (Manyetik rezonans) cihazı geliştirerek hareket ve konum bilgilerine ulaşmışlardır. Goh ve Alzraiee (2022) yaptıkları çalışmada, otoyol projeleri gibi karmaşık projelerin güvenliğini sağlamak ve takip etmek amacıyla sürücüler ve otoyol projelerinde çalışan işçiler için hareket takibi yapan insansız hava aracı (İHA) geliştirmişlerdir.

Sulbaran, Awolusi (2022) yaptıkları çalışmada, şantiye güvenliğini sağlamak amacıyla inşaat işçilerine yönelik nesnelerin interneti tabanlı giyilebilir cihaz geliştirerek hareket takibi sağlamışlardır. Saedi vd. (2022), genel iş kazalarının önlenmesi ve şantiye güvenliğinin sağlanması için inşaat işçilerinin beyin sinyallerini ölçen ve şantiye güvenliğinden sorumlu birime bu bilgileri aktaran giyilebilir elektroensefalogram cihazı geliştirmişlerdir.

Okpala vd. (2021), şantiye güvenliğini sağlamak amacıyla inşaat işçilerinin nabız, konum ve hareket takibini yapan giyilebilir algılama cihazı geliştirmişlerdir. Awolusi vd. (2020) yaptıkları çalışmada, şantiye güvenliğini sağlamak için inşaat işçileri için giyilebilir algılama cihazı geliştirmişlerdir.

4.1.2.3 Kas ve İskelet sistemi bozuklukları

Kas ve iskelet sistemi bozukluklarının işçilerin hayatına kattığı en olumsuz durumlardan biri olduğunu söylemek mümkündür. Sürekli olarak aynı işi yapmak, iş yaparken doğru duruş pozisyonuna dikkat etmemek, yanlış yükleri yanlış pozisyonlarda kaldırmak başlıca kas ve iskelet sistemi bozukluklarıdır. Bu durumun engellenebilmesi adına çalışmalar arasında giyilebilir dış iskelet, ayakkabı gibi giyilebilir teknoloji araçları görülmektedir.

Gonsalves vd. (2023), boru imalatında çalışan işçilerin sırt yaralanmaları, kas ve iskelet sistemi bozukluklarını önlemek amacıyla sırt ve eklem hareketlerini kontrol altında tutan bir dış iskelet geliştirmişlerdir. Antwi-Afari vd. (2022) yaptıkları çalışmada, inşaat işçilerinin kas ve iskelet sistemi bozukluklarını önlemek amacıyla ayak tabanı basıncını ölçen ve değerlendiren giyilebilir iç taban geliştirmişlerdir.

4.1.2.4 Fiziksel ve zihinsel yorgunluk

Fiziksel ve zihinsel yorgunluk her iş alanında karşılaşılan olumsuzluklar arasında olsa bile tehlikeli çalışma ortamlarında hayati tehlike oluşturan bir durumdur. Ağır işlerde, gürültü içerisinde çalışmanın, sürekli olarak hareket halinde ve kalabalık bir ortamda çalışmaktan kaynaklı kaçınılmaz olan bu yorgunluk hali nabız, vücut sıcaklığı, solunum hızı gibi sağlık verileri ile takip edilebilir. Bu verilerin takibi için yapılan çalışmalarda akıllı saat, akıllı bileklik gibi giyilebilir teknoloji araçlarının geliştirildiği görülmektedir.

Anwer vd. (2021), fiziksel yorgunluk seviyesini takip etmek amacıyla çubuk bükme ve sabitleme işinde çalışan inşaat işçileri için nabız, solunum hızı ve vücut sıcaklığını ölçen akıllı sensör geliştirmişlerdir. Lee vd. (2022), fiziksel yorgunluk kaynaklı iş kazalarını önlemek için inşaat işçilerine yönelik nabız ölçen akıllı sensör cihazı geliştirmişlerdir. Nwaogu ve Chan. (2021), iş baskısının oluşturduğu fizyolojik sağlık problemlerini engellemek amacıyla inşaat işçilerinin nabız sayısı değişikliği (HRV) ve

uyku sağlığını ölçen bir cihaz geliştirmişlerdir. Sakib vd. (2021), Drone operatörlerinin zihinsel iş yükü ve stresini ölçmek amacıyla nabız, vücut duruşu ve hareketleri takip eden bir cihaz geliştirmişlerdir.

Li vd. (2020), iş makinesi operatörlerinin zihinsel yorgunluk sebebiyle oluşturduğu veya maruz kaldığı iş kazalarını önlemek için nabız ve göz hareketi takibi yapabilen giyilebilir göz izleme teknolojisi geliştirmişlerdir. İnşaat işçilerinin stres ve zihinsel yorgunluk sebebiyle maruz kaldığı iş kazalarını önlemek amacıyla giyilebilir Elektroensefalogram kulaklığı geliştirmişlerdir.

4.1.3 Örnek Olaylar Üzerinden Giyilebilir Teknoloji Araçlarının Analizi

Türkiye’de gerçekleşmiş örnek iş kazalarının hukuksal açıdan değerlendirildiğı ve iş kazalarına ilişkin bilgilerin kamuoyu ile paylaşıldığı çalışmadan, 19 iş kazasının nedenleri ile kullanılan mevcut koruyucu ekipmanlar belirlenmiştir (Atabey, V. 2019). İlgili kazalar analiz edilerek, kazaların önlenmesi için kullanılabilecek kişisel koruyucu ve donanımlar ile giyilebilir teknoloji araçları önerilmiştir (Tablo 4.1).

1. kaza örneğinin kaza sebepleri incelendiğinde; işçinin eğitimsiz olması, doğru tip emniyet kemerinin kullanılmaması, emniyet kemerinin takılması için uygun ankraj yerlerinin bile bulunmadığı görülmektedir. Giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımından önce kişisel koruyucu ve donanımlar ile alınması gereken iş sağlığı ve güvenliği önlemleri dahi alınmamıştır. Öncelikle inşaat firmasının çalıştırdığı işçilere düzenli aralıklarla iş sağlığı ve güvenliği eğitimi vermesi, kişisel koruyucu ve donanımlarının kullanımı konusunda özverili ve denetleyici olması gerekmektedir. Bununla birlikte; işçinin akıllı yaşam kemeri ve taban basınç hassasiyetli akıllı ayakkabı kullanımı önerilmektedir. Bu sayede işçinin ayak bastığı zeminlerin güvensiz olması durumunda iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birime uyarı verilebilecek, düşme gerçekleşse dahi akıllı yaşam kemeri sayesinde işçi yaşam hattında asılı kalabilecektir. Denetlemenin doğru ve kolay gerçekleşmesi amacıyla drone kullanılması gerekmektedir. Bu sayede şantiyedeki olumsuz durum ve davranışların iş sağlığı ve güvenliği birimi tarafından kolaylıkla takip edilebilir.

2. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; inşaat firmasının çalıştırdığı işçilere düzenli aralıklarla iş sağlığı ve güvenliği eğitimi vermesi, çalıştırdığı her işçinin mesleki yeterlilik belgesinin bulunması, statik hesapların doğru yapılması, güvenlik ağının mutlaka kurulması, doğru tip emniyet kemeri ve yaşam hatlarının bulunması gerekmektedir. Şantiye içerisinde başlıca iş sağlığı ve güvenliği önlemleri yerine getirildikten sonra yüksekte çalışan işçiler için akıllı yaşam kemeri kullanılması, mutlaka güvenlik ağı kurulması, yaşam hattı kurulması, güvenlik önlemlerine uymayan işçilerin tespiti amacıyla Drone kullanılması tüm bu bilgilerin iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birime aktarılması ve işçilerin bu sayede uyarılması önerilmektedir.

3. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; işçilere gerekli eğitimlerin verilmesi, gerekli denetim ve gözetim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi, korkuluk ve ağ sistemlerinin kurulması, bulunmasına rağmen takılmayan emniyet kemerinin drone ve/veya sensör aracılığıyla tespit edilmesi ve işçinin uyarılması gerekmektedir.

4. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; monoray iskele sisteminin kurulumdan önce, kurulum sırasında ve sonrasında hiçbir teste ve denetime tabi tutulmadığı görülmektedir. Bununla birlikte kaza geçiren kişinin mesleki yeterlilik belgesi de bulunmamaktadır. İşçiye verilen emniyet kemerinin bağlanacağı dikey yaşam hattının olmaması da kazayı kaçınılmaz hale getirmiştir. Emniyet kemerlerinin akıllı olması durumunda, işçilerin kemeri takmaması halinde Drone veya sensör aracılığıyla tespit edilebilecek, iş sağlığı ve güvenliği birimine uyarı iletilebilecektir. Bununla birlikte takılı kemerlerin dikey yaşam hattına bağlanmaması halinde kemer işçinin vücudunu sıkarak titreşim oluşturabilmektedir. Dolayısıyla işçinin çalışmasını engelleyerek uyarıda bulunabilmektedir.

5. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; çalışılan platformların çökme ihtimaline karşılık öncelikle akıllı yaşam kemeri ve bu kemerin bağlanacağı dikey yaşam hatları kullanılmalıdır. Yani işçinin kemeri yaşam hattına bağlamaması halinde işçiyi sıkarak ve titreşim vererek uyarması gerekmektedir. Ne yazık ki projede uyarının iletileceği bir iş sağlığı ve güvenliği birimi bile bulunmamaktadır. Bununla birlikte; özellikle yüksekte düşme, platform çökmesi gibi kazalarda taban basınç hassasiyetli ayakkabıların kullanılması işçinin ayağını sağlam zemine basmadığında uyarılması ve daha dikkatli olması konusunda oldukça etkili olacaktır.

6. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; işçiye kişisel korucu ve donanımların kullanımı eğitiminin verilmediği görülmektedir. Bu eğitimi dahi almayan bir işçinin giyilebilir teknoloji araçlarıyla çalışmasını ve çalışması gerektiği bilincinde olmasını beklemek doğru olmaz. İş alanında uyarı ve ikaz levhalarının varlığı Drone sayesinde tespit edilebilmekte ve ilgili birimlere uyarıda bulunulabilmektedir. Bununla birlikte; işçilere iş alanına girmeden önce takılacak akıllı saat işçinin yorgunluk seviyesini, çalışma süresini ve yaptığı işe göre dikkat etmesi gereken kuralları hatırlatabilmekte ve bu sayede işçi kendisinin, yoğunluğunun ve yaptığı işin tehlikelerinin bilincinde olabilmektedir.

7. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; diğer kaza sebeplerinde de görüldüğü gibi işçilere eğitim verilmemiş olup iş alanları da denetlenmemiştir. Bununla birlikte iskele gerekli korkuluklara sahip değildir. Alınan tek önlemin kişisel koruyucu ve donanımlar (KKD) olduğu görülmektedir. Sonuç olarak; sadece kişisel koruyucu ve donanımların iş sağlığı ve güvenliğini sağlamada yeterli olmadığı görülmektedir. Kullanılan KKD'nin denetiminin yapılması için sensör ve drone kullanılabilir. İşçinin düşmesine sebep olan etken tansiyon, nabız veya başka bir hastalık olabilmektedir. Bunun önüne akıllı saat kullanımı ile geçmek mümkündür. İşçinin sağlığında ters giden bir durum olması halinde hem işçiyi hem de gerekli iş sağlığı ve güvenliği birimini uyaran bir akıllı saat kullanılabilecektir.

8. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; daha dikkatli olunması gereken yüksekte çalışma alanlarında hiçbir önlem alınmamıştır. Statik hesapları yapılmadan, eğitimsiz kişiler tarafından kurulan iskele ölümlü kazayı kaçınılmaz hale getirmiştir. Akıllı yaşam kemeri ile, doğru kurulan bir iskelede işçinin düşmesi halinde asılı kalabilme yaşam hattına tutunabilme ihtimali yüksektir.

9. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; düşmeyi önleyici paraşüt tipi emniyet kemeri kullanıldığı fakat kemerin bağlanacağı bir yaşam hattı veya ankraj noktası oluşturulmadığı görülmektedir. Öncelikle projede düşmeyi önleyici toplu koruma önlemleri (güvenlik ağı, yaşam hattı) uygulanmalıdır. Yaşam hattına bağlı olmadığı zaman işçiyi verdiği titreşimle uyaran akıllı yaşam kemeri yine bununla birlikte işçinin düşmesine sebep olma ihtimali olan nabız değişiklikleri, tansiyon gibi problemleri sezip hem işçiyi hem de iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birimi uyaran akıllı saat kullanılabilecektir.

10. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; çatı tamiri için gerekli çatı merdiveninin bulundurulması, işçilerin eğitilmesi ve denetlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte taban basınç hassasiyetli ayakkabıların kullanımı sayesinde işçinin bastığı zeminin sağlamlığı ölçülerek; işçiye akıllı saat veya giydiği ayakkabı yoluyla dikkatli davranması konusunda uyarı verilebilecektir. Aynı zamanda yine yüksekte çalışma için akıllı yaşam kemeri sayesinde işçi düşse dahi yaşam hattına asılı kalabilmektedir.

11. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; işçinin merdiven taşıyarak korkuluk veya ağ sistemi kurulmayan bir alandan geçtiği ve işçinin eğitimsiz olduğu görülmektedir. Taban basınç hassasiyetli ayakkabı kullanımı ile işçinin vücuduna ekstra binen yük fark edilebilip, işçi uyarılabilecektir. Ayrıca; işçinin akıllı yaşam kemeri kullanması ile işçi düşse dahi yaşam hattında asılı kalması sayesinde ölümlü kazanın önüne geçilebilecektir.

12. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; yağmur yağması sonucu çalışmaya devam eden işçinin kaygan saç panoya basması sonucu kaydığı ve 7 metre yükseklikten düştüğü görülmektedir. İşçiye ve iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birime kaygan zemin uyarısı veren akıllı ayakkabı sayesinde bu durum önlenilebilecektir. Ayrıca, işçinin akıllı yaşam kemeri kullanması sayesinde işçi yaşam hattında asılı kalabilecektir.

13. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; kişisel koruyucu ve donanımların sağlandığı ve toplu koruma önlemlerinin de alındığı görülmektedir. Fakat sonrasında işçiler denetlenmemişlerdir. İş alanının büyüklüğü ve dinamizminden dolayı denetlemeler zorlaşabilmektedir. Drone aracılığıyla sürekli ve zahmetsiz denetlemelerin yapılması ile işçilerin sık sık uyarılması, bu gibi kazaların önüne geçilmesinde etkili olacaktır.

14. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; işçinin emniyet kemerinin olmaması, eğitimsiz olması ve iş sırasında denetlenmemesi ölümlü kazaya sebebiyet vermiştir. Bastığı plastik aydınlığın kırılması sonucu yüksekten düşüp ölen işçinin basınç hassasiyetli ayakkabı giymesi ile, bastığı zeminin sağlam olmadığı işçiye ve iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birime uyarı vererek engellenebilirdi. Ayrıca, işçinin akıllı yaşam kemeriyle çalışması halinde, düşme gerçekleşse dahi yaşam hattında asılı kalması ile ölümlü kazanın önüne geçilebilecekti.

15. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; işçilerin eğitimsiz olması, emniyet kemeri verilmediği için kullanılmaması, denetimlerin yapılmaması sebepler arasında yer almaktadır. Aynı zamanda yüksek katlı yapılarda kurulması gereken ağır yük iskele sisteminin kullanılmaması kazaya sebebiyet vermiştir. İskele sisteminin gerekli statik hesaplamalarla kurulmuş olması ve akıllı yaşam kemeri bağlantısının yapılacağı yaşam hatlarının bulunması kazayı önleyebilecekti.

16. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; iskele üzerinde boya yapan işçinin bastığı kalasın kırılması sonucu öldüğü görülmektedir. İşçinin eğitimsiz olması, iş alanının denetlenmemesi, kişisel koruyucu ve donanımlarının kullanılmaması, toplu koruma önlemlerinin alınmaması bu ölümlü kazaya sebebiyet vermiştir. İşçinin taban basınç hassasiyetli ayakkabı kullanarak bastığı zeminle alakalı uyarılması, drone ile iş alanlarının denetlenmesi ve akıllı yaşam kemeri kullanılması bu kazanın önlenmesini sağlayabilecekti.

17. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; çalışma alanlarında gerekli boşlukların kapatılmaması, aydınlatmanın yetersiz olması, iş güvenliği işaret ve uyarı levalarının yerleştirilmemesi ölümlü kazaya sebebiyet vermiştir. Drone kullanılamayacak kapalı çalışma alanlarında; işçilere takılacak akıllı gözlük sayesinde hem iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birim çalışma alanını seyreterek gerekli denetimleri yapabilecek, hem de gözlüğün aynı zamanda ışıklı olmasıyla aydınlatmanın yetersiz olduğu yerlerde görüş kalitesi artırılabilir.

18. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; yüksek katlı yapıda çalışan işçinin dengesini kaybederek düştüğü ve öldüğü görülmektedir. Yüksek katlı yapılarda denetimin kolaylaşması için drone kullanılabilir. Aynı zamanda akıllı yaşam kemeri ve bu yaşam kemerinin bağlantısının yapılacağı toplu koruma önlemlerinden olan ağların kurulması alınabilecek önlemlerdendir. Bununla birlikte denge kaybının sebebi işçinin değişen tansiyonu veya nabızı da olabilir. Bunun gibi durumların önüne geçmek için akıllı saat kullanılması, işçinin sağlığındaki değişimleri iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birime aktarması ve sonucunda gerekli önlemlerin alınması kazanın oluşumunu engelleyebilecektir.

Tablo 4.1 Örnek olay çalışması (Kaza örnekleri üzerinden analiz)

	İş kazalarının sebepleri (Mevcut rapor değerlendirilmesi)	Mevcut koruyucu ekipman	Kullanılması gereken koruyucu ekipman	Kullanılabilecek giyilebilir Teknoloji araçları
1.Kaza Örneği	Denetimin gerçekleştirilmemesi Vücut tipi emniyet kemeri kullanılmaması Yaşam hattı bulunmaması Korkuluk ve güvenlik ağlarının bulunmaması	Emniyet kemeri	Baret Yaşam hattı Korkuluk Güvenlik ağı	Akıllı yaşam kemeri Akıllı ayakkabı Drone
2.Kaza Örneği	Beton dökümünden önce yapılması gereken statik hesabın yapılmaması Vücut tipi emniyet kemeri kullanılmaması Yaşam hattı bulunmaması Güvenlik ağlarının bulunmaması	Emniyet kemeri	Baret Yaşam hattı Güvenlik ağı	Akıllı Yaşam kemeri Drone
3.Kaza Örneği	Denetimin gerçekleştirilmemesi Korkuluk ve güvenlik ağlarının bulunmaması Emniyet kemeri yanında olmasına rağmen işçinin takmaması	Emniyet kemeri	Baret Korkuluk Güvenlik ağı	Akıllı yaşam kemeri Drone
4.Kaza Örneği	Testleri yapılmamış monoray iskele sistem sepetinin düşme, montaj ve test işlemleri tamamlanmadan sepete insan çıkması Kaza geçiren işçinin üzerindeki emniyet kemerini bağlayabileceği dikey bir yaşam hattının olmaması Kaza geçiren işçinin mesleki eğitim belgesinin bulunmaması.	Emniyet kemeri	Baret Yaşam hattı	Drone Akıllı yaşam kemeri
5.Kaza Örneği	Platformun çökmesi veya çalışanların düşmesi durumlarında, çalışanları askıda tutacak özellikte yaşam hat sistemi bulunmaması. Platformun bağlantı noktalarının sağlam olmaması Emniyet kemeri kullanılmaması Denetim gerçekleştirilmemesi	Emniyet kemeri	Baret Yaşam hattı	Akıllı yaşam kemeri Drone
6.Kaza Örneği	İşçilerin yeterli eğitim verilmeden işe başlatılması İş alanında uyarı ve ikaz levhalarının bulunmaması Kişisel koruyucuların kullanılmaması Denetimin gerçekleştirilmemesi	-	Baret Emniyet kemeri	Akıllı ayakkabı Akıllı saat Drone
7.Kaza Örneği	Denetimin gerçekleştirilmemesi İşçilere gerekli eğitimlerin verilmemesi İskelenin korkuluklarının olmaması	Baret Emniyet kemeri	Korkuluk	Akıllı Saat Akıllı Yaşam kemeri Drone
8.Kaza Örneği	İskelenin statik hesabının yapılmaması İskelenin dengesinin sağlanması için yeterli sayıda ve uygun ankraj yapılmamış olması Yaşam hatlarının olmaması.	-	Baret Emniyet kemeri Yaşam hattı Korkuluk Güvenlik ağı	Akıllı Yaşam kemeri

9.Kaza Örneği	İşçilere eğitim verilmemesi Emniyet kemeri verilmemesi Yaşam hattının bulunmaması Güvenlik ağının bulunmaması	-	Baret Emniyet kemeri Yaşam hattı Güvenlik ağı	Akıllı saat Akıllı Yaşam kemeri
10.Kaza Örneği	İşçiye çatı merdiveni ve emniyet kemeri verilmemesi Denetimin gerçekleştirilmemesi İşçilere eğitim verilmemesi	-	Baret Emniyet kemeri	Akıllı ayakkabı Akıllı yaşam kemeri Drone
11.Kaza Örneği	Çatısız damın çevresinde korkuluk ve güvenlik ağının bulunmaması İşçilere eğitim verilmemesi	-	Baret Emniyet kemeri Korkuluk Güvenlik ağı	Akıllı ayakkabı Akıllı Yaşam kemeri
12.Kaza Örneği	Emniyet kemeri kullanılmaması Döşeme kenarlarında korkuluk ve güvenlik ağının bulunmaması Döşeme boşluklarının kapatılmaması İşçilere eğitim verilmemesi.	-	Baret Emniyet kemeri Korkuluk Güvenlik ağı	Akıllı ayakkabı
13.Kaza Örneği	Denetimin gerçekleştirilmemesi İşçilere eğitim verilmemesi Güvenlik ağlarının çalışma alanlarına göre düzenli taşınmaması	Baret Emniyet kemeri	Güvenlik ağı	Akıllı Yaşam kemeri Drone
14.Kaza Örneği	Denetimin gerçekleştirilmemesi Çalışma sırasında kırılma riskine karşı, kalas, çatı merdiveni, tahta yürüme platformu ve benzeri uygulamaların yapılmaması Emniyet kemeri verilmemesi	-	Baret Emniyet kemeri	Akıllı ayakkabı Akıllı yaşam kemeri Drone
15.Kaza Örneği	Denetimin gerçekleştirilmemesi İşçilere eğitim verilmemesi İskele sisteminin statik hesaplamalarının yapılmamış olması İşçiye emniyet kemeri verilmemesi	-	Baret Emniyet kemeri	Akıllı yaşam kemeri Drone
16.Kaza Örneği	Denetimin gerçekleştirilmemesi İşçiler eğitim verilmemesi Baret ve Emniyet kemeri kullanılmaması Korkuluk ve güvenlik ağının bulunmaması	-	Baret Emniyet kemeri Korkuluk Güvenlik ağı	Akıllı ayakkabı Akıllı yaşam kemeri Drone
17.Kaza Örneği	Denetimin gerçekleştirilmemesi Merdiven boşluğunu kapatacak korkuluk ve güvenlik ağının bulunmaması Yeterli aydınlatmanın yapılmaması İş güvenliği uyarı ve ikaz levhalarının bulunmaması	-	Baret Emniyet kemeri Korkuluk Güvenlik ağı	Akıllı gözlük Akıllı yaşam kemeri Drone
18.Kaza Örneği	Denetimin gerçekleştirilmemesi Emniyet kemerinin bulunmaması Çatı kenarı korkuluğu, iskele ve güvenlik ağının bulunmaması	Baret	Emniyet kemeri Korkuluk Güvenlik ağı	Akıllı yaşam kemeri Drone
19.Kaza Örneği	Aydınlık boşluğunun açık olması Kaza geçiren işçinin kemer takıp ancak emniyet kemerini halata bağlamaması	Emniyet kemeri	Yaşam hattı	Akıllı yaşam kemeri Drone

19. kaza örneğinin sebepleri incelendiğinde; kapalı olması gereken aydınlatma boşluğunun açık olması, yüksekte çalışan işçinin deneyimsiz ve eğitimsiz olması sonucunda oluşan kazanın ölümle sonuçlandığı görülmektedir. İşçinin akıllı yaşam kemeri kullanması, toplu koruma önlemleri arasında olan ağ sisteminin olması ile kaza engellenebilecektir.

Yapılan analiz ve değerlendirme sonucu, meydana gelen iş kazalarının çoğunda iş sağlığı ve güvenliği alanında alınması gereken önlemlerin başında gelen kişisel koruyucu ve donanımların kullanımında dahi ciddi oranda eksiklik görülmektedir. Birçok inşaat işçilerin baret ve emniyet kemeri kullanmadığı ya da işveren tarafından temin edilmediği açıktır. Tüm bu analizler sonucu meydana gelen birçok kazanın kişisel koruyucu ve donanımlarla önlenebileceği fakat giyilebilir teknoloji araçlarıyla önlenmesinin çok daha kolay, hızlı, verimli ve etkili olacağı görülmektedir.

4.2 Türk İnşaat Sektöründe Kullanılabilecek Giyilebilir Teknoloji Araçları

Türk inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarına ait istatistikler incelendiğinde, sektörün maddi ve manevi açıdan zarar gördüğü açıktır. Gerçekleşen her kazanın; işçiye, işverene, sektöre ve devlete büyük zararı olmaktadır. Kaza sonrası oluşan doğrudan maliyetlerin yanında kazayı geçiren işçinin kalan hayatındaki verimli çalışma durumu, kazaya şahit olan işçilerin motivasyon kaybı ve işverenin motivasyon kaybı gibi dolaylı maliyet oluşturan durumlar da söz konusudur.

İncelenen iş kazası istatistiklerine göre; son 5 yılda Türk inşaat sektöründe toplamda 291.453 sigortalı işçi iş kazası geçirmiş, 2.114 işçi ise geçirdiği iş kazası sonucu hayatını kaybetmiştir (SGK, 2024) Meydana gelen iş kazalarının birçoğunun işçilere verilecek eğitimlerle, işçilere ve şantiyeye yapılacak fiziki denetimlerle ve giyilebilir teknoloji araçlarının kullanılmasıyla önlenebileceği düşünülmektedir. Özellikle ölümlü iş kazalarının sebepleri arasında %39,90 oranında yüksekte düşme olayı görülmektedir. Yüksekte düşme kazalarının, işçinin yanlış zemine basması veya bastığı zeminin sağlam olmaması gibi sebeplerden kaynaklandığı görülmektedir. Her ne kadar alışkın olsalar da yüksekte çalışma şartları işçilerde bazı sağlık problemlerine yol açabilmektedir. Örneğin; işçi heyecanlanabilmekte, korkabilmekte, nabız ve

tansiyon durumunda değişiklikler olabilmektedir. Tüm bunların ölçümünü yapıp hem işçiyi hem de şantiyenin iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu olan birimini uyaran akıllı saat, akıllı bileklik ile ilgili birimle iletişim kurması için kullanılan akıllı kulaklık sayesinde işçinin anlık sağlık verileri takip edilerek önlem alınabilmektedir.

Yüksekten düşme nedenli kazaların ardından %16,5 oran ile, trafik ve iş makinası kazaları gelmektedir. Şantiye içerisine konulması gereken uyarı ve ikaz levhalarıyla ve şantiyenin her an gezici drone ile denetlenmesiyle önlenebilecektir. İşçilerin sağlık sorunları sonucu gerçekleşen iş kazaları %11 oranı ile 3. sırada yer almaktadır. Akıllı saat ve akıllı bileklik kullanımı sayesinde işçilerin her an sağlık takiplerinin yapılmasıyla bu kazalar önlenebilecektir.

Bunun yanı sıra kaza sebepleri arasında yer alan elektrik kazaları, iş ekipmanı kaynaklı kazalar, malzeme kaynaklı kazalar, kazı ve toprak kayması kazaları ve diğer sebepler ise önceki sebeplerde de olduğu gibi; işçilerin yeterli eğitimleri alması, şantiyenin yetkili kişilerce hem fiziki hem de gezici drone aracıyla denetlenmesi, ihmal ve ikaz uyarılarının sıklıkla yapılması ve en önemlisi giyilebilir teknoloji araçlarının kullanılması ile önlenebilecektir. Teknolojinin bu denli geliştiği günümüzde, iş kazası sayılarının hala çok yüksek olması, inşaat sektöründe bu konunun yeterince önemsenmediğinin bir göstergesidir.

Örnek olay çalışmasında analiz edilen 19 kaza örneğinde; kazanın gerçekleşme durumu, sebepleri ve sonuçları ile incelenmiştir. Yapılan analizlerde de görüldüğü üzere, kişisel koruyucu ve donanımlar, işçilerin eğitimi ve denetlenmeleri iş kazalarının önlenmesindeki başlıca önlemlerdir. Bu önlemlerin alınmadığı çalışma ortamlarında giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımı söz konusu olamaz. Ne yazık ki yaralanma veya ölümle sonuçlanan bu kaza örneklerinde alınması zorunlu olan ancak zor olmayan basit önlemler ile kazaların önüne geçilebileceğini görmekteyiz. Örneğin; şantiyede takılması zorunlu olan alanlarda emniyet kemeri takmayan işçi yeterince eğitim almadığı ve yeterince denetlenmediği için takmamaktadır. Eğitimlerin sıklıkla, kararlılıkla ve katılım zorunluluğu şartıyla yapılması

gerekmektedir. Buna rağmen emniyet kemeri takmayan işçi yapılan fiziki denetimlerle tespit edilmelidir.

Bununla birlikte; emniyet kemerlerinin bağlanması gereken dikey ve yatay yaşam hatları olmak zorundadır. Emniyet kemeri bağlı olan işçinin düşme durumunda asılı kalabileceği yaşam hatları ile kazaların ölümle ve hatta yaralanma ile sonuçlanmasının önüne geçilebilecektir. Yüksek ve korunaksız yerlerde çalışmanın şartı olan güvenlik ağlarının gerilmesi yaygın güvenlik önlemleri arasındadır. Basit, kurulumu kolay ve maliyeti düşük olan bu yöntem sayesinde mutlaka birçok kaza önlenmiş ve ölümle sonuçlanan iş kazalarının önüne geçilmiştir.

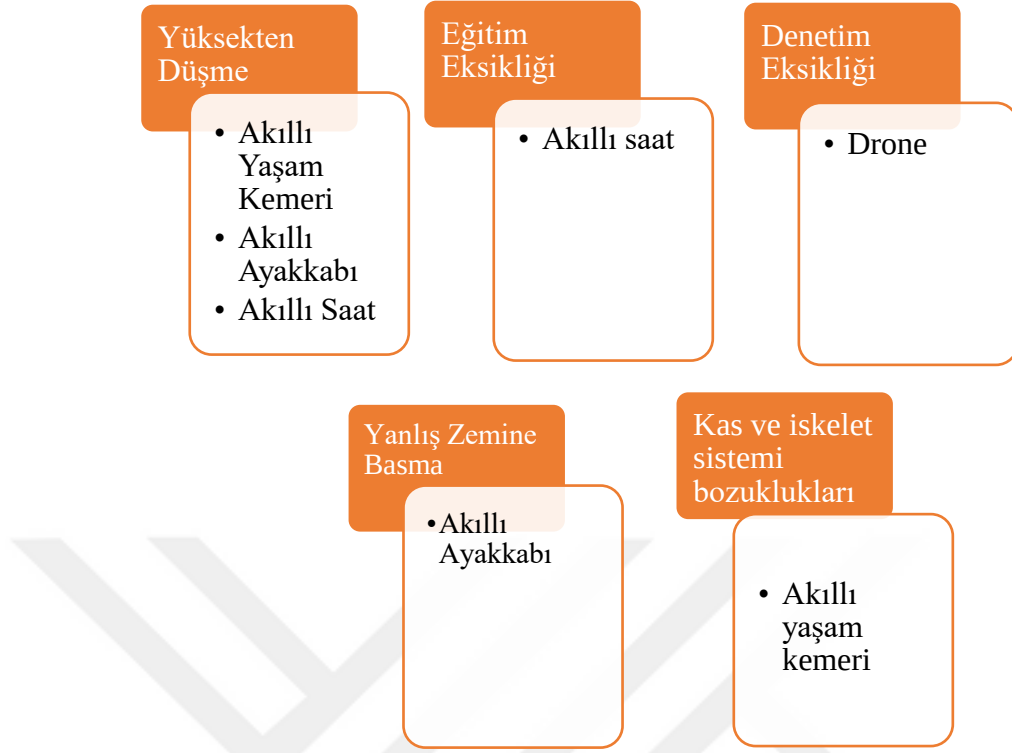
Yaygın güvenlik önlemleri ve kişisel koruyucu ve donanımların kullanımının doğru ve eksiksiz yerine getirildiği şantiyelerde kolay ve zahmetsiz olması açısından gündeme gelen giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımı giderek artmaya başlamıştır. İncelenen kaza örneklerinde de görüldüğü gibi giyilebilir teknoloji araçları ile şantiye takibi, uyarı sistemleri çok daha kolay ve doğru olmaktadır.

İncelenen kaza örneklerinin birçoğunda gördüğümüz işçilerin eğitimsizliği konusu oldukça önemlidir. İşçiler işe başlamadan önce, iş değişiminde mutlaka eğitilmelidir. İşçi yapacağı işi tehlikeleriyle birlikte tanımalı ve dikkatli olmalıdır. Örneğin; işçilere verilen ve takılması zorunlu tutulan akıllı saatlere yapılan iş bilgisinin işçi tarafından girilmesi durumunda, işçi aynı zamanda kulağındaki akıllı kulaklık ile yaptığı iş hakkında uyarılabilmekte, alması gereken güvenlik önlemlerini tekrar tekrar dinleyebilmektedir. Bu sayede işçinin ihmal seviyesi azalabilmektedir. Şantiye alanları fiziki takibin zor olduğu, dinamiği yüksek alanlardır. Dolayısıyla kaza örneklerinin çoğunda görüldüğü üzere, denetim faaliyetleri doğru yürütülememektedir. Giyilebilir teknoloji araçlarından olan drone sayesinde şantiyeler oldukça kolay denetlenebilmekte ve uyarılması gereken işçinin bildirimini iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birime görüntü ile aktarabilmektedir. Bu sayede önemli ölçüde kazaların önüne geçilebilmektedir.

Kazaların birçoğunda gördüğümüz sağlam olmayan zemine basma, boşluğa basma gibi kazaların önüne geçmek amacıyla, taban basınç hassasiyeti olan ayakkabıların kullanılması gerekmektedir. İşçiyi bastığı zemin konusunda uyararı, kaygan zemin uyarısı veren ayakkabılar sayesinde önemli ölçüde kazanın önüne geçilebilmektedir.

Neredeyse tüm kazaların önüne geçebilecek olan akıllı yaşam kemerlerinin kullanımı sayesinde çalışırken kemerin kancasını yaşam hatlarına bağlamayan işçinin vücudu kemer tarafından titreşim ve basınç sayesinde rahatsız edilebilerek, çalışmasının önüne geçilebilecektir. Bu sayede işçi kemerini yaşam hatlarına bağlayarak, daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanmış olacaktır.

Sonuç olarak tüm bu kaza örneklerinde görüldüğü gibi; giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımından önce zorunlu olan kişisel koruyucu ve donanımların kullanılmadığı, yaygın ve toplu güvenlik önlemlerinin alınmadığı, işçilerin yeterince eğitilmediği ve şantiyelerin denetlenmediği görülmektedir. İnşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarının sebepleri ve önlenmesi için kullanılabilecek giyilebilir teknoloji araçları Şekil 4.1 'de görülmektedir.



Şekil 4.1 İnşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarının sebepleri ve önlenebilmesi için kullanılabilecek giyilebilir teknoloji araçları

Yüksekten düşme iş kazalarının sebepleri arasında en çok ölümle sonuçlanan kaza çeşididir. Bunun önüne geçmek için kişisel koruyucu ve donanımlarla ile giyilebilir teknoloji araçları bir arada kullanılmalıdır. Baret, emniyet kemeri kullanılabilecek koruyucu ekipmanlardandır. Bununla birlikte akıllı yaşam kemeri, yanlış zemine basma durumlarında işçiyi ayağa yaptığı baskı veya titreşim sayesinde uyararak akıllı ayakkabı, bu iki giyilebilir teknoloji aracıyla entegre bir biçimde çalışan işvereni ve işçiyi tüm tehlikeli durumlarda uyararak akıllı saat kullanımı ile yüksekten düşme kazalarının büyük oranda engellenebileceği düşünülmektedir.

Şantiye işçilerinin eğitimsiz olması, iş sağlığı ve güvenliğine verilen önemi oldukça etkilemektedir. İşçinin hem kendi alanında hem de iş sağlığı ve güvenliği alanında eğitilmiş olması kazaları önlemede etkili bir çözüm yöntemidir. İşçilerin aynı zamanda akıllı saat ile sürekli uyarılmaları da eğitimi destekleyen bir unsurdur. Şantiyeler

hareketli ve dinamik ortamlardır dolayısıyla denetlenmesi gerekli olduğu kadar da zordur. Drone kullanımı ile şantiyeler işveren ve iş sağlığı ve güvenliği birimi tarafından denetlenebilir. Aynı zamanda işçilerin taktığı akıllı saatler ile entegre edilen bu sistem işçiyi uyarabilir ve kaza oranlarını azaltabilir.

Kas ve iskelet sistemi bozuklukları işçilerin ağır yük kaldırma, yanlış pozisyonlarda çalışma hatalarından dolayı uzun vadede karşılaştıkları bir durumdur. Ergonomik bir ürün olan akıllı yaşam kemerleri işçiler çalışırken onları doğru pozisyonlara yönelterek doğru çalışma pozisyonu sağlar. Bu sayede olası kas ve iskelet sistemi bozukluklarının önüne geçilebilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de inşaat sektöründe meydana gelen iş kazası sayılarının oldukça fazla olması, alınan iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yeterli olmadığı kanısının oluşmasına neden olmuştur. Dünyada hızla gelişmekte olan giyilebilir teknoloji araçlarının, iş kazalarının yaygın olarak yaşandığı inşaat sektöründe kullanımının yaygınlaşmaması bu alanda araştırma yapılmasının başlangıç noktası olmuştur. Çalışma kapsamında mevcut literatürün değerlendirmesi ve örnek olay çalışması yapılarak, inşaat sektöründe giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımına dair var olan örnekleri görmek ve iş kazası türlerine göre kullanılabilecek giyilebilir teknoloji araçlarını belirlemek hedeflenmiştir. Uluslararası ve ulusal literatürde iş sağlığı ve güvenliği konusunda çalışılan konular değerlendirildiğinde, Türkiye’de ilgili alanda teknoloji kullanımına yönelik yayınların azlığı dikkat çekmektedir. İş güvenliği konusundaki yeni teknolojilerin inşaat sektöründeki kullanımının iş kazalarının azalmasında etkili

olacağı düşünülmektedir. 2011-2024 yılları arasında yapılan çalışmalar incelendiğinde, 2020 yılına kadar giyilebilir teknolojilere ilişkin çok az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. 2020 yılından sonra bu sayının hızla artışı konunun önemini göstermektedir.

İnşaat sektöründe giyilebilir teknoloji konusunda, Dünyada ve Türkiye’deki literatür ile patent ve faydalı model örnekleri incelendiğinde, giyilebilir teknolojinin Türkiye’de henüz istenilen önem seviyesine ulaşamadığı görülmektedir. Ulusal patent ve faydalı model örneklerinin çoğunluğu “Sağlık” sektörüne hizmet eden ürünler olmuştur. “İş Sağlığı ve Güvenliği” alanında sadece üç ürün bulunmaktadır. Bu alanda yapılacak ürün çalışmalarına ağırlık verilmesi, “Genel” kategorisinde yer alan ürünlerin “İş Sağlığı ve Güvenliği” alanına uyarlanması ve kullanılması iş kazalarının önlenmesinde etkili bir adım olacaktır. ILO verilerine göre; Dünyada her sene 395 milyon işçi ölümcül olmayan iş kazasına maruz kalmaktadır. Neredeyse 3 milyon işçi ise meslek hastalıkları ve iş kazaları sebebiyle de hayatını kaybetmektedir. (ILO,2023) Türkiye’de inşaat sektöründe ise 2018-2022 yılları arasında iş kazası geçiren 297.453 sigortalı işçi ile ölümlü iş kazası geçiren 2.114 işçi olduğu görülmektedir. (SGK, 2024) Bu sebeple inşaat sektöründe iş kazaları konusu üzerine daha fazla düşünülmesi ve çalışılması gereken bir konudur.

Çalışmada, inşaat sektöründe meydana gelen iş kazaları türleri, sebepleri, sonuçları, mevcutta alınmış önlemler ve alınabilecek önlemler ortaya konarak değerlendirilmiştir. Gerçekleşen iş kazalarının sebeplerine bakıldığı zaman; çoğu kazanın yüksekten düşme, şantiye güvenliği, kas ve iskelet sistemi bozuklukları ile fiziksel ve zihinsel yorgunluk sebebiyle gerçekleştiği görülmektedir.

Türkiye’de gerçekleşmiş 19 iş kazasının nedenleri ve kaza sırasında kullanılan koruyucu ekipmanlar, kazaların hukuksal açıdan değerlendirildiği ve kazalara ilişkin bilgilerin kamuoyu ile paylaşıldığı bir çalışma aracılığıyla belirlenerek; ilgili kazalar analiz edilmiş ve kullanılabilecek kişisel koruyucu ekipman ve giyilebilir teknolojiler önerilmiştir. Önerilen giyilebilir teknolojiler ile, kazaların nasıl önenebileceği ile

ilgili bilgiler verilmiştir. Mevcut istatistiklerde, Türkiye'deki ölümlü iş kazalarının %39,90'ının yüksekten düşme olayından kaynaklandığı görülmektedir. (SGK,2024) Yapılan analizlerde yüksekten düşme kazalarının, işçinin yanlış zemine basması veya bastığı zeminin sağlam olmaması gibi nedenlere dayandığı tespit edilmiştir. Yüksekten düşme nedenli kazaların ardından %16,5 oranı ile trafik ve iş makinası kazaları 2. sırada, işçilerin sağlık sorunları sonucu gerçekleşen iş kazaları %11 oranı ile 3. sırada yer almaktadır. Trafik ve iş makinası kazaları, şantiye içerisine konulması gereken uyarı ile ikaz levhalarıyla ve şantiyenin her an gezici drone ile denetlenmesiyle önlenebilecektir. İşçilerin sağlık sorunları sonucu gerçekleşen iş kazaları da akıllı saat ve akıllı bileklik kullanımı sayesinde işçilerin her an sağlık takiplerinin yapılmasıyla kontrol altına alınabilecektir.

Bunların yanı sıra; elektrik kazaları, iş ekipmanı kaynaklı kazalar, malzeme kaynaklı kazalar, kazı ve toprak kayması kazaları ve diğer sebepler de ölümlü iş kazaları sebepleri arasında yer almaktadır. İşçilerin yeterli eğitimleri alması, şantiyenin yetkili kişilerce hem fiziki hem de gezici drone aracıyla denetlenmesi, ihmal ve ikaz uyarılarının sıklıkla yapılması ve teknoloji araçlarının kullanılması kazaların önlenmesini sağlayabilecektir.

Örnek olay çalışmasında da görüldüğü üzere; işçiler tarafından kişisel koruyucu ve donanımların kullanılmaması, işçilerin eğitimsizliği ve denetim yetersizliği iş kazalarının oluşmasına neden olmuştur. Giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımı ile, bu sorunlara da çözüm bulunması gerekmektedir. Örneğin; şantiyede işçiler takılması zorunlu olan alanlarda emniyet kemeri takmamaktadır. Bu da eğitimin ve denetimin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Eğitimlerin sıklıkla, kararlılıkla ve katılım zorunluluğu şartıyla yapılması gerekmektedir. İşçi karşılaşacağı tehlikeli durumları tanımalı ve dikkatli davranmalıdır.

Şantiyelerde emniyet kemerlerinin bağlanması gereken dikey ve yatay yaşam hatları bulunması, emniyet kemeri bağlı olan işçinin düşme durumunda asılı kalabilmesini sağlayacaktır. Yüksekte ve korunaksız yerlerde çalışma durumlarında, güvenlik ağlarının gerilmesi kazaların ölümle sonuçlanmasını engelleyecektir.

Giyilebilir teknoloji araçları ile şantiye ve işçilerin takibi çok daha kolay olmaktadır. Akıllı yaşam kemerlerinin kullanımı sayesinde; kemerini yaşam hatlarına bağlamayan işçinin vücudu kemer tarafından titreşim ve basınç sayesinde rahatsız edilebilerek,

alışmasının önüne geçilebilecektir. Kazaların birçoğunun sebebi olan sağlam olmayan zemine basma, boşluğa basma gibi olayları engellemek amacıyla, taban basınç hassasiyeti olan ayakkabılar kullanılabilir. İşçiyi bastığı zemin konusunda uyarıcı, kaygan zemin uyarısı veren ayakkabılar, oluşacak kazanın engellenmesini sağlayacaktır. Şantiye denetimlerinde kullanılabilir drone'lar sayesinde denetim kolaylaşacak, uyarılması gereken işçinin bildirimi iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu birime görüntü ile aktarabilir. Ayrıca, işçilerin takibinde akıllı saat ve akıllı bileklik de kullanılabilir. Bu sayede önemli ölçüde kazaların önüne geçilebilir.

Giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımının yaygınlaşması, bu alanda yapılacak araştırma sayısının ve toplum bilincinin artması ile gerçekleşebilir. Buna yönelik olarak;

- Giyilebilir teknoloji araçlarına yönelik Türkiye'deki araştırmaların artması ve desteklenmesinin,
- Toplum bilincinin artması için kamu spotlarında iş güvenliği ve giyilebilir teknolojilere yer verilmesinin,
- Kamu inşaat projelerinde giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımının teşvik edilmesinin,
- Bu araçların kullanımı sayesinde engellenen iş kazalarının analizlerinin halk ve işverenlerle paylaşılmasının,
- Mali sebeplerden ötürü giyilebilir teknoloji araçlarının kullanımına mesafeli olan firmaların iş kazası maliyetlerinin giyilebilir teknoloji aracı kullanımına dair maliyetlerden daha fazla olduğuna resmi veriler ile ikna edilmesinin,
- Projelerinde giyilebilir teknoloji aracı kullanacak olan firmalara maddi destek, vergi desteği sağlanarak teşvik edilmesinin,

İş kazalarının önüne geçilmesinde, toplumun ve işverenin bilinçlenmesinde, giyilebilir teknoloji araç kullanımının artmasında oldukça faydalı adımlar olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abas, N. H., Blismas, N., & Lingard, H. (2021). Development of risk assessment tool using damaging energy and argumentation theory for evaluating construction occupational safety and health risks. *Engineering Construction and Architectural Management*, 28(10), 2967-2993.

Abduljabbar, T. S., & Saad, F. H. (2020). The Distribution of Accidents and Work Injuries using GIS technique: Baghdad as a Case Study. 4th International Conference on Buildings, Construction and Environmental Engineering, 737, 012233.

Abuwarda, Z, Mostafa, K. Oetomo, A. Hegazy, T. Morita, P. Wearable devices: cross benefits from healthcare to construction, *Autom. Constr.* 142 (2022), <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104501>, pp. 104501-1-104501-13.

Açıkgöz, Osman Erkan. (2019) “Yenilikçi tüketime etki eden faktörler: Giyilebilir teknoloji üzerine bir araştırma” Yüksek Lisan Tezi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Adeyemo, O., & Smallwood, J. (2017). Impact of Occupational Health and Safety Legislation on Performance Improvement in the Nigerian Construction Industry. İçinde M. Hajdu & M. E. Skibniewski (Ed.), *Creative Construction Conference 2017*, Ccc 2017 (C. 196, ss. 785-791). Elsevier Science Bv.

Adnan, H., Yussof, F. N. M., Jaafar, F. W., Rashid, Z. Z. A., Abidin, Z. Z., & Bakhary, N. A. (2019). Safety Manager Competencies In Managing Construction Projects In Malaysia. İçinde S. A. Salleh, N. Yusuwan, N. Hashim, & R. Yaman (Ed.), 4th International Conference on Research Methodology for Built Environment and Engineering 2019 (C. 385, s. 012057). Iop Publishing Ltd.

Agumba, J. N., & Musonda, I. (2020). Occupational accidents predicting early retirement of construction workers in South Africa. İçinde P. Manu, F. Emuze, T. A. Saurin, & B. H. W. Hadikusumo (Ed.), *Construction Health and Safety in Developing Countries* (ss. 270-284). Routledge.

Ahmed, S. (2019). Causes and Effects of Accident at Construction Site: A Study for the Construction Industry in Bangladesh. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 10(2), 18-40.

Akbay, R meysa Bet l. (2021) “Türk inşaat sektöründe yapı bilgi modellemesinin şantiyede kullanımına yönelik bir inceleme” Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eēitim Enstitüsü, İstanbul.

Akdoēan, Zeynep. (2019) “Küçük ve orta ölçekli inşaat firmalarında iş g venliēi kültürü” Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Akkaş, Zehra Zerrin. (2006) “Türkiye’de yapı üretiminde işçi saēlıēı ve iş g venliēi çalışmaları ve toplu konut sektörüne yönelik bir araştırma” Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Aksöz, Abdullah. (2015) “Türkiye ve gelişmiş ülkelerdeki inşaat sektöründe iş g venliēi uygulamaları” Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Aktay, Necdet. (2014) “İş saēlıēı ve g venliēi eēitiminin iş g venliēi kültürüne etkisi” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Aladaē, Hande (2022) “Türk inşaat sektöründe dijital dönüşüm uygulamaları üzerine bir araştırma” *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(3), 973 – 986, 2022

Al-Anbari, S., Khalina, A., Alnuaimi, A., Normariah, A., & Yahya, A. (2015). Risk assessment of safety and health (RASH) for building construction. *Process Safety and Environmental Protection*, 94, 149-158. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2015.01.009>

Altıntop, Ayşe Selda. (2019) “Asbestli s k m işlerinde asbest maruziyetinin İş saēlıēı ve g venliēi y n nden deēerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Alexander, D., Hallowell, M., & Gambatese, J. (2017). Precursors of Construction Fatalities. I: Iterative Experiment to Test the Predictive Validity of Human Judgment. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(7), 04017023.

Antmen, Burak. (2013) “İnşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği bağlamında şantiye şeflerinin görev ve sorumlulukları” Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Antwi-Afari, M. F., Li, H., Wong, J. K.-W., Oladinrin, O. T., Ge, J. X., Seo, J., & Wong, A. Y. L. (2019). Sensing and warning-based technology applications to improve occupational health and safety in the construction industry A literature review. *Engineering Construction and Architectural Management*, 26(8), 1534-1552.

Antwi-Afari, M. F., Y. Qarout, R. Herzallah, S. Anwer, W. Umer, Y. Zhang, and P. Manu. 2022. “Deep learning-based networks for automated recognition and classification of awkward working postures in construction using wearable insole sensor data.” *Autom. Constr.* 136 (Apr): 104181. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104181>

Anwer S, Li H, Antwi-Afari MF, et al. Test-retest reliability, validity, and responsiveness of a textile-based wearable sensor for real-time assessment of physical fatigue in construction bar-benders. *J Build Eng.* 2021;44:103348. doi: 10.1016/j.jobe.2021.103348

Anwer, S., Li, H., Antwi-Afari, M.F., Umer, W., Wong, A.Y.L., 2021. Evaluation of physiological metrics as real-time measurement of physical fatigue in construction workers: state-of-the-art review. *J. Constr. Eng. Manage.* 147 (5), 03121001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002038](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002038)

Arevalo, C. (2013). Prevention through design: Relation to construction fatalities, analysis of legal requirements, conceptual foundations and international development. *Informes De La Construcción*, 65(531), 325-334.

Ariffin, H. L. T., Mohd, N. I., Carmen, N. N. S. L., Kidam, K., Ismail, M., Ali, K. N. B., Mustaffa, N. E., Rohani, J. M., Abdullah, S., Ali, N. B. M., & Fetri, M. S. A. M. (2020). Occupational safety and health in construction industry management (OSHCIM) implementation—Academician’s perspectives. 4th International Conference on Construction and Building Engineering & 12th Regional Conference in Civil Engineering (Iconbuild & Rcce 2019), 849, 012017.

Asah-Kissiedu, M., Manu, P., Booth, C., & Mahamadu, A.-M. (2020). Towards the development of an integrated safety, health and environmental management capability

maturity model (SHEM-CMM) for uptake by construction companies in Ghana. İçinde P. Manu, F. Emuze, T. A. Saurin, & B. H. W. Hadikusumo (Ed.), Construction Health and Safety in Developing Countries (ss. 116-127). Routledge.

Atabey, Volkan (2019) “İş kazası örnekleri ve raporları”
<https://volkanatabey.com.tr/is-kazasi-ornekleri/>
<https://volkanatabey.com.tr/is-kazasi-raporlari/>

Axisa, F., Dittmar, A., and Delhomme, G. (2003). Smart clothes for the monitoring in real time and conditions of physiological, emotional and sensorial reactions of human. In Engineering in Medicine and Biology Society, IEEE Proceedings of the 25th Annual International Conference, vol. 4, pp. 3744-3747.

Awolusi I Nnaji C Okpala I 2020 Success factors for the implementation of wearable sensing devices for safety and health monitoring in construction Construction Research Congress 2020: Computer Applications Tang P Grau D El Asmar M American Society of Civil Engineers Reston, VA, USA 1213 1222

Ayhan, B. U., & Tokdemir, O. B. (2020). Accident Analysis for Construction Safety Using Latent Class Clustering and Artificial Neural Networks. Journal of Construction Engineering and Management, 146(3), 04019114.

Ayranci, Z.B. (2017). Use of Drones in Sports Broadcasting, Entertainment and Sports Lawyer, Spring, 33(3), 79.

Ayob, A., Shaari, A. A., Zaki, M. F. M., & Munaaim, M. a. C. (2018). Fatal occupational injuries in the Malaysian construction sector- causes and accidental agents. 4th International Conference on Civil and Environmental Engineering for Sustainability (Iconcees 2017), 140, 012095.

Azhar, S. (2017). Role of visualization technologies in safety planning and management at construction jobsites. İçinde T. C. Tim, T. Ueda, & H. S. Mueller (Ed.), 3rd International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials—Sustainable Structures for Future Generations (C. 171, ss. 215-226). Elsevier Science Bv.

Bai, X.-P., & Zhao, Y.-H. (2021). A novel method for occupational safety risk analysis of high-altitude fall accident in architecture construction engineering. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 20(3), 314-325.

Baltacı, Yusuf. (2015) “İş güvenliği konusunda yeni mevzuatların inşaat sektöründe algılarına bilirliliğinin Trabzon ölçeğinde araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Bardakçı, Güneş. (2016) “Uluslararası inşaat projelerinde ulusal kültürün iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına olan etkisinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Bayrak, Esra. (2019) “İnşaat iş sağlığı ve güvenliği eğitim metotlarının incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bhandari, S., Hallowell, M. R., Van Boven, L., Welker, K. M., Golparvar-Fard, M., & Gruber, J. (2020). Using Augmented Virtuality to Examine How Emotions Influence Construction-Hazard Identification, Risk Assessment, and Safety Decisions. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(2), 04019102.

Bhoir, S., & Esmaeili, B. (2015). State-of-the-Art Review of Virtual Reality Environment Applications in Construction Safety. İçinde C. H. Raebel (Ed.), *Aei 2015: Birth and Life of the Integrated Building* (ss. 457-468). Amer Soc Civil Engineers.

Biçkes, Burak. (2019) “İşçi sağlığı ve iş güvenliği yönetim sistemi ile inşaat iş programı entegrasyonu için bir yöntem” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (2020) “Giyilebilir Teknolojiler” Sektörel Araştırma ve Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.

Bostan, Hakan. (2012) “İnşaat sektöründe iş güvenliği: Yeni nesil öğrenim tekniği” Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Budak, Musa (2019) “In tunneling work assessment of risks to be encountered in occupational health and safety and hazard analysis” Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

Calvetti, D.; Mêda, P.; Chichorro Gonçalves, M.; Sousa, H. Worker 4.0: The future of sensed construction sites. *Buildings* 2020, 10, 169.

Can, Rengin Su. (2021) “İnşaat sektörünün geleceği” Yüksek Lisans Tezi, MEF Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Carpio de los Pinos, A. J., & Gonzalez Garcia, M. de las N. (2017). Critical analysis of risk assessment methods applied to construction works. *Revista De La Construccion*, 16(1).

Ceyhan, Cumhur. (2012) “Occupational health and safety hazard identification, risk assessment, determining controls: case study on cut-and-cover underground stations and tunnel construction” Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Chan, A. P. C., Javed, A. A., Lyu, S., Hon, C. K. H., & Wong, F. K. W. (2016). Strategies for Improving Safety and Health of Ethnic Minority Construction Workers. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(9).

Chan, A. P. C., Yang, Y., & Darko, A. (2018). Construction Accidents in a Large-Scale Public Infrastructure Project: Severity and Prevention. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(10), 05018010.

Cavanagh, S. “Content Analysis: Concepts, Methods and Applications.” *Nurse Researcher*, 4, (1997):5-16.

Che Ibrahim, C. K. I., & Belayutham, S. (2020). A knowledge, attitude and practices (KAP) study on prevention through design: A dynamic insight into civil and structural engineers in Malaysia. *Architectural Engineering and Design Management*, 16(2), 131-149.

Cho, Y. K., Kim, K., Ma, S., & Ueda, J. (2018). A Robotic Wearable Exoskeleton for Construction Worker’s Safety and Health. İçinde C. Wang, C. Harper, Y. Lee, R. Harris, & C. Berryman (Ed.), *Construction Research Congress 2018: Safety and Disaster Management* (ss. 19-28). Amer Soc Civil Engineers.

Choe, S., & Leite, F. (2017). Construction safety planning: Site-specific temporal and spatial information integration. *Automation in Construction*, 84, 335-344.

Choi, B., Hwang, S., & Lee, S. (2017). What drives construction workers' acceptance of wearable technologies in the workplace?: Indoor localization and wearable health devices for occupational safety and health. *Automation in Construction*, 84, 31-41.

Choi, B., Lee, S., 2022. The psychological mechanism of construction workers' safety participation: the social identity theory perspective. *J. Saf. Res.* 82, 194–206. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.05.011>.

Cıngıllıoğlu, Şafak. (2012) “Health and safety cost evaluation in construction projects case study: oman dmia project” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çodur, Büşra. (2017) “İnşaat şantiyelerinde çalışan işçilerin iş sağlığı ve güvenliği konusundaki tutum ve algılarının değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Cole, F.L. "Content Analysis: Process and Application", *Clinical Nurse Specialist*, 2(1), (1988):53-57.

Couto, J. P., & Tender, M. (2020). Analysis of work accidents and occupational diseases in tunnelling as a support for risk management. *Revista Ingenieria De Construccıon*, 35(2), 182-191.

Çebi, Aslıhan. (2014) “Şantiyelerde iş sağlığı ve güvenliği açısından risk değerlendirmesinde bulanık çıkarım tekniğinin kullanımı” Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Çeküç, Sefa. (2018) “İşçi sağlığı ve iş güvenliği bakış açısıyla bir alt yüklenici seçim ve değerlendirme yöntemi ve saha çalışması” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çelebi, Halil. (2019) “Yapım işlerinde iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi: Burdur ili Adnan menderes ilköğretim okulu örneği” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Çiftçi, Ahmet. (2021) “Giyilebilir teknolojilerde akıllı bilekliğin kullanımı ve Şanlıurfa iline ait bir araştırma” Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Çöl, Emre. (2020) “İnşaat sektöründe iş sağlığı ve iş güvenliği uygulamaları: Isparta ili örneği” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Çörek, Ercan. (2012) “İş sağlığı ve güvenliği açısından risk değerlendirme metodu önerisi ve bir işletmede uygulaması” Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Demir, Müjdemil. (2013) “Yapı üretiminde iş sağlığı ve güvenliği risk yönetimi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Deepak, M. D., & Mahesh, G. (2019). Developing a knowledge-based safety culture instrument for construction industry Reliability and validity assessment in Indian context. *Engineering Construction and Architectural Management*, 26(11), 2597-2613.

Dejus, T. (2010). Features of Preparing of Safety Solutions in Technological Projects and Possibilities to Use Multi-Criteria Decision Making Methods in Construction Design Stage. İçinde P. Vainiunas & E. K. Zavadskas (Ed.), *Modern Building Materials, Structures and Techniques*, 10th International Conference 2010, Vol I (ss. 391-+). Vilnius Gediminas Technical Univ Press, Technika.

Dejus, T. (2013). Typical Solutions for the Construction Site Employees’ Safety. İçinde A. Juozapaitis, P. Vainiunas, & E. K. Zavadskas (Ed.), *Modern Building Materials, Structures and Techniques* (C. 57, ss. 238-243). Elsevier Science Bv.

Del Mar Casanovas-Rubio, M., Armengou, J., & Ramos, G. (2016). Design for Safety in Construction Work Iccs16. İçinde J. C. Galvez, A. A. DeCea, D. FernandezOrdonez, K. Sakai, E. Reyes, M. J. Casati, A. Enfedaque, M. G. Alberti, & A. DeLaFuente (Ed.), *11th International Conference on Concrete Sustainability—Iccs16* (ss. 983-994). Int Center Numerical Methods Engineering.

Dinç, Kamuran. (2014) “Konut projelerinde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının yapım maliyeti üzerine etkileri” Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Durdu, H. İb. (2014) İş kazalarının ekonomik analizi ve bazı sektörler bazında değerlendirilmesi. *Sosyal Güvence*, 5,67-67.

Deringöz A., Danışan T, Eren T. “Endüstriyel giyilebilir teknolojilerin ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilmesi ve seçimi” Ergonomi 4(1), (2021)

Endroyo, B., Yuwono, B. E., Mardapi, D., & Soenarto. (2015). Model of learning/training of Occupational Safety & Health (OSH) based on industry in the construction industry. İçinde Antoni, I. Muljati, & D. Hardjito (Ed.), Civil Engineering Innovation for a Sustainable (C. 125, ss. 83-88). Elsevier Science Bv.

Erdal, M., Isik, N. S., & Firat, S. (2018). Evaluation of Occupational Safety Culture in Construction Sector in the Context of Sustainability. İçinde S. Firat, J. Kinuthia, & A. Abu-Tair (Ed.), Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium (isbs 2017), Vol 2 (C. 7, ss. 361-365). Springer International Publishing Ag.

Erdoğan, Barış. (2019) “Yüklenici firmaların iş güvenliği ve işçi sağlığı birimleri için başarımlar tabanlı bir bütünlük ölçme – değerlendirme modeli” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erkek, Kağan. (2019) “Üst yapı projelerinde imalat iş planı temelli risk ile maliyet odaklı iş güvenliği planı hazırlanması yaklaşımı” Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ersöz, Nergis. (2016) “Alt işverenlik hizmetlerinde, alt işveren iş güvenliği yükümlülüklerinin, “iş sağlığı ve güvenliği otomasyon yazılımı” ile denetlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Fang, D., Wu, C., & Wu, H. (2015). Impact of the Supervisor on Worker Safety Behavior in Construction Projects. Journal of Management in Engineering, 31(6), 4015001.

Fargnoli, M., & Lombardi, M. (2020). Building Information Modelling (BIM) to Enhance Occupational Safety in Construction Activities: Research Trends Emerging from One Decade of Studies. Buildings, 10(6), 98.

Fernandez-Muniz, B., Manuel Montes-Peon, J., & Jose Vazquez-Ordas, C. (2012). Occupational risk management under the OHSAS 18001 standard: Analysis of perceptions and attitudes of certified firms. Journal of Cleaner Production, 24, 36-47.

Ferrada, X., Masalan, P., Guarello, M., & Nunez, P. (2019). Training workers and reducing the rate of accidents: A proposal inspired by the chronic care model. *Revista De La Construcción*, 18(2), 364-374.

Forteza, F. J., Carretero-Gomez, J. M., & Sese, A. (2020). Safety in the construction industry: Accidents and precursors. *Revista De La Construcción*, 19(2), 271-281.

Gao, R., Chan, A. P. C., Utama, W. P., & Zahoor, H. (2017). Workers' Perceptions of Safety Climate in International Construction Projects: Effects of Nationality, Religious Belief, and Employment Mode. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(4), 04016117.

Gao, R., B. Mu, S. Lyu, H. Wang, and C. Yi. 2022. "Review of the application of wearable devices in construction safety: A bibliometric analysis from 2005 to 2021." *Buildings* 12 (3): 344. <https://doi.org/10.3390/buildings12030344>.

Gatti, U. C., Schneider, S., & Migliaccio, G. C. (2014). Physiological condition monitoring of construction workers. *Automation in Construction*, 44, 227-233.

Gerassis, S., Martin, J. E., Taboada Garcia, J., Saavedra, A., & Taboada, J. (2017). Bayesian Decision Tool for the Analysis of Occupational Accidents in the Construction of Embankments. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(2), 04016093.

Gezer, Mehmet Ömür. (2015) "Toplu konutlarda çalışan yüklenici ve müşavirlerin iş sağlığı ve güvenliği kapsamında bulanık mantıkla risk analizi" Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

GCF Global (2019). Pros and cons of wearable technology, Available: <https://edu.gcfglobal.org/en/wearables/pros-and-cons-ofwearable-technology/1/>.

Ghandi, M., Blaisdell, M., & Ismail, M. (2021). Embodied empathy: Using affective computing to incarnate human emotion and cognition in architecture. *International Journal of Architectural Computing*, 19(4), 532–552. <https://doi.org/10.1177/147807712111039507>

Ghahramani, A. (2016). Factors that influence the maintenance and improvement of OHSAS 18001 in adopting companies: A qualitative study. *Journal of Cleaner Production*, 137, 283-290.

Glover, John M. (2014). *Drone University*, DroneUniversity, Edition. ISBN-10: 0692316035; ISBN13: 978-0692316030.

Grace College (2016). Rapid Growth: The Past, Present and Future of Wearable Technology, Available: <https://online.grace.edu/news/business/the-past-present-futureof-wearable-technology/>.

Graneheim, U.H., B. Lindgren, B. Lundman. "Methodological Challenges in Qualitative Content Analysis: A Discussion Paper." *Nurse Education Today*, 56, (2017):29-34.

Goh, T.H, Alzraiee, HS (2022) "Digital Safety Planning and Monitoring in Highway Construction Projects" *Construction research congress 2022: computer applications, automation, and data analytics* 307-313

Gonsalves, N., A. Akanmu, X. Gao, P. Agee, and A. Shojaei. 2023. "Industry Perception of the Suitability of Wearable Robot for Construction Work." *Journal of Construction Engineering and Management* 149 (5): 04023017. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-12762>.

Gökçe, Hamide Dicle. (2015) "İş sağlığı ve güvenliği denetimlerinin iş güvenliği bilinci oluşmasına etkisinin teftiş projesi örneği ile incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Gul, M., & Ak, M. F. (2018). A comparative outline for quantifying risk ratings in occupational health and safety risk assessment. *Journal of Cleaner Production*, 196, 653-664.

Gunduz, M., Birgonul, M. T., & Ozdemir, M. (2017). Fuzzy Structural Equation Model to Assess Construction Site Safety Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(4), 04016112.

Gürbüz, Elif. (2020) "Comparison of safety performances of students, construction workers and engineers in virtual safety training: an evaluation of using students as surrogates" Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gürsoy, Tuba. (2019) “Çalışanların iş sağlığı güvenliği eğitimlerinin değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Güvel, Tolga. (2016) “İş sağlığı ve güvenliği sisteminin yapım işlerinde uygulanmasında yaşanan sıkıntılar ve çözüm önerileri” Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Hallowell, M. R. (2011). Risk-Based Framework for Safety Investment in Construction Organizations. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(8), 592-599.

Hallowell, M. R., & Gambatese, J. A. (2010). Population and Initial Validation of a Formal Model for Construction Safety Risk Management. *Journal of Construction Engineering and Management-Asce*, 136(9), 981-990.

Han, İsmail. (2015) “İnşaat sektörü çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliğine yönelik farkındalıklarının belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Hasanzadeh, S., de la Garza, J. M., & Geller, E. S. (2020). Latent Effect of Safety Interventions. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 04020033.

Hasanzadeh, S., Esmaeili, B., & Dodd, M. D. (2018). Examining the Relationship between Construction Workers’ Visual Attention and Situation Awareness under Fall and Tripping Hazard Conditions: Using Mobile Eye Tracking. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(7), 04018060.

Hernandez, J., & dos Santos, J. N. (2020). Iberoamerican analysis and classification of labor accidents in the civil construction industry. *Revista Ingenieria De Construccin*, 35(2), 135-147.

Heitner, D. (2016). 6 Reasons Why Wearables Are the Future of Fitness, Available: <https://www.inc.com/darren-heitner/6-reasons-why-wearables-are-the-future-of-fitness.html>

- Hindman, D. P., Koch, L. M., Smith-Jackson, T., Morris, J. C., & Shields, L. D. (2017). Simulating Loads on a Roof Structure Caused by a Worker Falling from a Roof Edge. *Journal of Architectural Engineering*, 23(1), B6016001.
- Hinze, J., Hallowell, M., & Baud, K. (2013). Construction-Safety Best Practices and Relationships to Safety Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(10), 4013006.
- Hola, B., & Szostak, M. (2017). An Occupational Profile of People Injured in Accidents at Work in the Polish Construction Industry. İçinde O. Kaplinski, J. Paslawski, E. K. Zavadskas, & M. Gajzler (Ed.), *Innovative Solutions in Construction Engineering and Management: Flexibility in Sustainable Construction* (C. 208, ss. 43-51). Elsevier Science Bv.
- Huang, Y.; Trinh, M.T.; Le, T. Critical factors affecting intention of use of augmented hearing protection technology in construction. *J. Constr. Eng. Manag.* 2021, 147, 04021088.
- Jamadar, S. (2016). Applications of Smart and Interactive Textiles. Available: <https://textilelearner.blogspot.com/2013/04/applications-ofsmart-and-interactive.html>
- Jin, Z., Gambatese, J., Liu, D., & Dharmapalan, V. (2019). Using 4D BIM to assess construction risks during the design phase. *Engineering Construction and Architectural Management*, 26(11), 2637-2654.
- Kabaroğlu, Pınar. (2015) “Şantiye kurulumunda iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygunluğun değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kang, Y. (2018). Use of Fall Protection in the US Construction Industry. *Journal of Management in Engineering*, 34(6), 04018045.
- Kang, Y., Siddiqui, S., Suk, S. J., Chi, S., & Kim, C. (2017). Trends of Fall Accidents in the US Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(8), 04017043.
- Karadağ, Erol. (2010) “Türk inşaat sektörünün iş güvenliği açısından risk analizi” Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Karakhan, A. A., Rajendran, S., Gambatese, J., & Nnaji, C. (2018). Measuring and Evaluating Safety Maturity of Construction Contractors: Multicriteria Decision-Making Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(7), 04018054.

Karaosmanoğlu, Fatma. (2016) “İnşaat projelerinin iş sağlığı ve güvenliği performansının sözleşme ve sözleşmesel düzenlemeler aracılığı ile artırılmasına yönelik bir inceleme” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karasar, N. (2003). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Kaya, Melih Ünsal. (2015) “Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Alanında Çalışma Tipi ve Verilerine Uygun Risk Değerlendirme Yönteminin Seçimi ve Uygulamaları” Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Kaya, Seher. (2015) “Türkiye, Almanya, Fransa, İngiltere ve İsveç ülkelerinde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği denetim modelleri” Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Khoshnava, S. M., Rostami, R., Zin, R. M., Mishra, A. R., Rani, P., Mardani, A., & Alrasheedi, M. (2020). Assessing the impact of construction industry stakeholders on workers' unsafe behaviours using extended decision making approach. *Automation in Construction*, 118, 103162.

Kılınç, Bora. (2019) “A ftopsis based occupational health and safety risk management method for identifying optimal safety measures for building construction projects” Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kıral, Işık Ateş. (2019) “A model to evaluate the effectiveness of virtual construction safety training tool” Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Koca, Nevzat. (2019) “Bir karayolu şantiyesinin iş sağlığı ve iş güvenliği açısından değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Korkutan, Nesimi Teoman. (2010) “İşçi sağlığı ve iş güvenliği maliyetlerinin bina inşaatı toplam maliyetlerine etkisi” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Köseoğlu, Yasin. (2022) “Giyilebilir teknoloji ile istemsiz hareketin tespiti” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kurt, Güver. (2018) “İnşaat sektöründe çalışan iş sağlığı ve güvenliğinden sorumlu mühendislerin iş kazalarının önlenmesindeki etkileri” Yüksek Lisans Tezi, Tarsus Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarsus.

Küçük, İbrahim. (2019) “Konut sektöründe iş sağlığı ve güvenliği: çalışanların risk farkındalığı üzerine bir uygulama” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kurkcuoğlu, S. Bostancıoğlu, E. 7th International project an construction management conference, Assessment of Occupational health and safety problems in the construction sector in the world and in Turkey, 1410-1420

Lee, W., Lin, K.-Y., Seto, E., & Migliaccio, G. C. (2017). Wearable sensors for monitoring on-duty and off-duty worker physiological status and activities in construction. *Automation in Construction*, 83, 341-353.

Lee, Y.-C., Shariatfar, M., Rashidi, A., & Lee, H. W. (2020). Evidence-driven sound detection for prenotification and identification of construction safety hazards and accidents. *Automation in Construction*, 113, 103127.

Legend Power (2015). Smart Shoes: The Next Big Thing? New smart shoes can harvest your energy while you walk. Available: <http://legendpower.com/save-power/smart-shoes-the-next-bigthing/>.

Leung, M.-Y., Liang, Q., & Olomolaiye, P. (2016). Impact of Job Stressors and Stress on the Safety Behavior and Accidents of Construction Workers. *Journal of Management in Engineering*, 32(1), 04015019.

Li, J., Li, H., Wang, H., Umer, W., Fu, H., & Xing, X. (2019). Evaluating the impact of mental fatigue on construction equipment operators' ability to detect hazards using wearable eye-tracking technology. *Automation in Construction*, 105, 102835.

- Li, R. Y. M., Leung, T. H., & Au, T. W. C. (2018). Biometrics analysis on hazard awareness of construction workers. İçinde A. Askadskiy, A. Pustovgar, T. Matseevich, & A. Adamtsevich (Ed.), Xxi International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering Construction—The Formation of Living Environment (form 2018) (C. 365, s. 062041). Iop Publishing Ltd.
- Li, R. Y. M., Poon, S. W., & Ho, D. C. W. (2015). A Content Analysis on Static Digital Information About the Causes of Construction Accidents. İçinde Construction Safety and Waste Management: An Economic Analysis (ss. 47-60). Springer-Verlag Berlin.
- Liao, C. W., & Chiang, T. L. (2017). Safety management strategies for public infrastructure projects. İçinde J. C. M. Kao & W. P. Sung (Ed.), Civil, Architecture and Environmental Engineering, Vols 1 and 2 (ss. 507-510). Crc Press-Balkema.
- Liao, C.-W. (2015). Optimal Inspection Strategies for Labor Inspection in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(2), 04014073.
- Liu , Y, Habibnezhad M,. Jebelli H, Asadi H, Lee S, Ocular artifacts reduction in EEG signals acquired at construction sites by applying a dependent component analysis (DCA), in: Construction Research Congress 2020, American Society of Civil Engineers, 2020, pp. 1281–1289,
- Liaudanskiene, R., & Ustinovichius, L. (2010). Accident Trends in the Construction Companies of Lithuania. *Advanced Construction* 2010, 167-+.
- Lingard, H., Warmerdam, A., & Shooshtarian, S. (2019). Getting the balance right: Regulating occupational health and safety planning and coordination in the Australian construction industry. *Engineering Construction and Architectural Management*, 26(4), 599-617.
- Lopez-Arquillos, A., & Carlos Rubio-Romero, J. (2015). Proposed Indicators of Prevention Through Design in Construction Projects. *Revista De La Construccin*, 14(2), 58-64.
- Lu, Y., Gong, P., Tang, Y., Sun, S., & Li, Q. (2021). BIM-integrated construction safety risk assessment at the design stage of building projects. *Automation in Construction*, 124, 103553.

Mahçiçek, Senem. (2015) “İnşaat projelerinde süresel planlama ile bütünleşik aktivite tabanlı iş güvenliği risk değerlendirme yöntemi” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Manisalı, Ekrem. (2015) “İnşaat projelerinde iş sağlığı ve güvenliği risk faktörlerinin regresyon analizi ve maliyet fonksiyonunun tespiti” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Manu, P., Emuze, F., Saurin, T. A., & Hadikusumo, B. H. W. (2020). An introduction to construction health and safety in developing countries. İçinde P. Manu, F. Emuze, T. A. Saurin, & B. H. W. Hadikusumo (Ed.), *Construction Health and Safety in Developing Countries* (ss. 1-11). Routledge.

Manu, P., Mahamadu, A.-M., Hadikusumo, B., Leungbootnak, N., Gibb, A., & Bell, N. (2017). Can personal values help to manage workers’ occupational safety and health behaviour? İçinde M. Hajdu & M. E. Skibniewski (Ed.), *Creative Construction Conference 2017, Ccc 2017* (C. 196, ss. 911-918). Elsevier Science Bv.

Manu, P., Poghosyan, A., Mahamadu, A.-M., Mahdjoubi, L., Gibb, A., Behm, M., & Akinade, O. O. (2019). Design for occupational safety and health: Key attributes for organisational capability. *Engineering Construction and Architectural Management*, 26(11), 2614-2636.

Marin, L. S., & Roelofs, C. (2017). Promoting Construction Supervisors’ Safety-Efficacy to Improve Safety Climate: Training Intervention Trial. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(8), 04017037.

McFarland, M. (2016). This tattoo that controls a smartphone may be a glimpse of the future. Available: <http://money.cnn.com/2016/08/15/technology/mit-tattoo/>.

Melzner, J., Teizer, J., Zhang, S., & Bargstaedt, H.-J. (2013). Object-oriented safety planning of building construction by using Building Information Modeling. *Bauingenieur*, 88, 471-479.

Merriam, S. B. (1988). *Case Study Research In Education*. London: Jossey-Boss Publishers.

Mesaros, P., Spisakova, M., & Mackova, D. (2019). Analysis of Safety Risks on the Construction Site. International Scientific Conference People, Buildings and Environment 2018 (Pbe), 222, 012012.

Metinsoy, Tamer. (2010) “A method of evaluation of relationship between the safety management and overall safety performance in construction industry” Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Mohammad, M. Z., & Hadikusumo, B. H. W. (2020). Overview of safety behaviour and safety culture in the Malaysian construction industry. İçinde P. Manu, F. Emuze, T. A. Saurin, & B. H. W. Hadikusumo (Ed.), Construction Health and Safety in Developing Countries (ss. 218-233). Routledge.

Mohammadfam, I., Kamalinia, M., Momeni, M., Golmohammadi, R., Hamidi, Y., & Soltanian, A. (2016). Developing an integrated decision making approach to assess and promote the effectiveness of occupational health and safety management systems. Journal of Cleaner Production, 127, 119-133.

Mohd, N. I., Ariffin, H. L. T., Hamid, M. H. A., Kidam, K., Ismail, M., Ali, K. N. B., Mustaffa, N. E., Rohani, J. M., Sabrini, N. N., Abdullah, S., Ali, N. bin M., & Fetri, Morrell, S. (2016). Best Smartwatch for sports, Smartwatch Info Blog, Available: <http://smartwatchinfo.net/best-smartwatch-forsports/>.

M. S. A. M. (2020). Occupational safety and health construction industry management (OSHCIM): Current practice in Malaysia. 4th International Conference on Construction and Building Engineering & 12th Regional Conference in Civil Engineering (Iconbuild & Rcce 2019), 849, 012012.

Namian, M., Albert, A., Zuluaga, C. M., & Jaselskis, E. J. (2016). Improving Hazard-Recognition Performance and Safety Training Outcomes: Integrating Strategies for Training Transfer. Journal of Construction Engineering and Management, 142(10), 04016048.

Nath, N. D., Behzadan, A. H., & Paal, S. G. (2020). Deep learning for site safety: Real-time detection of personal protective equipment. Automation in Construction, 112, 103085.

Naycı, Haluk. (2010) “Bir toplu konut projesinde uygulanan iş güvenliği yönetim süreçlerinin OHSAS 18001 uygulamalarıyla karşılaştırılması” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Newaz, M. T., Jefferies, M., Davis, P. R., & Pillay, M. (2021). Managerial implications for construction practices as a consequence of using a psychological contract of safety. *Engineering Construction and Architectural Management*, 28(4), 1134-1155.

Nguyen, L. D., Tran, D. Q., & Chandrawinata, M. P. (2016). Predicting Safety Risk of Working at Heights Using Bayesian Networks. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(9).

Nnaji, C., & Karakhan, A. A. (2020). Technologies for safety and health management in construction: Current use, implementation benefits and limitations, and adoption barriers. *Journal of Building Engineering*, 29, 101212.

Nwaogu JM, Chan AP. 2021. Work-related stress, psychophysiological strain, and recovery among on-site construction personnel. *Autom Constr.* 125:103629. doi: 10.1016/j.autcon.2021.103629.

Okonkwo, P. N., & Wium, J. (2020). Health and Safety Management Systems within Construction Contractor Organizations: Case Study of South Africa. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 05020003.

Okpala, I., Nnaji, C., Awolusi, I., & Akanmu, A. (2021). Developing a success model for assessing the impact of wearable sensing devices in the construction industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(7), 04021060. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002064](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002064)

Okpala, I., Nnaji, C., & Awolusi, I. (2022). Wearable sensing devices acceptance behavior in construction safety and health: Assessing existing models and developing a hybrid conceptual model. *Construction Innovation*, 22, 57-75

Okpala, I., Parajuli, A., Nnaji, C., Awolusi, I., 2020. Assessing the feasibility of integrating the internet of things into safety management systems: a focus on wearable sensing devices, in: *Construction Research Congress 2020: Computer Applications*. pp. 236–245. <https://doi.org/10.1061/9780784482865.135>.

Orul, Tuna (2014) “Sensör ve benzeri algılayıcı sistemlerin iş kazalarının önlenmesi ve iş güvenliğinin sağlanması amacı ile kullanılması.” İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığı, İş sağlığı ve güvenliği genel müdürlüğü. Ankara.

Oswald, D., Zhang, R. P., Lingard, H., Pirzadeh, P., & Le, T. (2018). The use and abuse of safety indicators in construction. *Engineering Construction and Architectural Management*, 25(9), 1188-1209.

Otto, A., Agatz, N., Campbell, J., Golden, B., ve Pesch, E. (2018). Optimization approaches for civil applications of unmanned aerial vehicles (UAVs) or aerial drones: A survey. *Networks*, 72(4), 411-458.

Özen, İsmail. (2016) “İnşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları üzerine bir alan araştırması” Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ünsal, Fatih. (2019) “Muğla Sıtkı Kocaman Üniversitesi yurt ve öğrenci evleri inşaatının iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Park, M.-W., Elsafty, N., & Zhu, Z. (2015). Hardhat-Wearing Detection for Enhancing On-Site Safety of Construction Workers. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(9), 04015024.

Pedro Cortes-Perez, J., Cortes-Perez, A., & Prieto-Muriel, P. (2020). BIM-integrated management of occupational hazards in building construction and maintenance. *Automation in Construction*, 113, 103115.

Pei, W.; Guo, X.; Lo, T. Pre-Evaluation method of the experiential architecture based on multidimensional physiological perception. *J. Asian Archit. Build. Eng.* 2023, 22, 1170–1194.

Perkel, Hakan. (2019) “Yüksek yapılarda iş güvenliği” Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

PC Magazine (2016). Smart Clothes. Available: <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/68737/smart-clothes>.

Pillsbury, W., Clevenger, C.M., Abdallah, M. and Young, R. (2020), “Capabilities of an assessment system for construction worker physiology”, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, Vol. 34 No. 2.

Pirzadeh, P., & Lingard, H. (2017). Understanding the Dynamics of Construction Decision Making and the Impact on Work Health and Safety. *Journal of Management in Engineering*, 33(5), 05017003.

Poh, C. Q. X., Ubeynarayana, C. U., & Goh, Y. M. (2018). Safety leading indicators for construction sites: A machine learning approach. *Automation in Construction*, 93, 375-386.

Pradeep, C. (2013). Google Glass. Available: <https://www.slideshare.net/PRADEEPCHEEKATLA/googleglass-18054370>.

Qayoom, A., & Hadikusumo, B. H. W. (2020). A narrative review of occupational safety and health legislation in Pakistan. İçinde P. Manu, F. Emuze, T. A. Saurin, & B. H. W. Hadikusumo (Ed.), *Construction Health and Safety in Developing Countries* (ss. 43-58). Routledge.

Robins, W. (2017). Is Wearable Technology Safe? Available: <https://koolvip.com/is-wearable-technology-safe/>.

Rodrigues, F., Antunes, F., & Matos, R. (2021). Safety plugins for risks prevention through design resourcing BIM. *Construction Innovation-England*, 21(2), 244-258.

Rodrigues, F., Estrada, J., Antunes, F., & Swuste, P. (2018). Safety Through Design: A BIM-Based Framework. İçinde J. Calautit, F. Rodrigues, H. Chaudhry, & H. Altan (Ed.), *Towards Sustainable Cities in Asia and the Middle East* (ss. 112-123). Springer International Publishing Ag.

Rubio-Romero, J. C., Rubio, M. C., & Garcia-Hernandez, C. (2013). Analysis of Construction Equipment Safety in Temporary Work at Height. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(1), 9-14.

Rupasinghe, N. K. a. H., & Panuwatwanich, K. (2020). Extraction and analysis of construction safety hazard factors from open data. 4th International Conference on Construction and Building Engineering & 12th Regional Conference in Civil Engineering (Iconbuild & Rcce 2019), 849, 012008.

Saedi, S, Fini, AAF Khanzadi, M Wong, J Sheikhhoshkar, M, Banaei, M. (2022) “Applications of electroencephalography in construction” Automation in construction, volume: 133

Sağbaşı A., Ballı S., Yıldız T. “Giyilebilir Akıllı Cihazlar: Dünyası, Bugünü ve Geleceği” Adnan Menderes Üniversitesi, 749-756

Sakib M. N., Chaspari T., Behzadan A. H. (2022). A feedforward neural network for drone accident prediction from physiological signals. Smart and Sustainable Built Environment, 11(4), 1017-1041. <https://doi.org/10.1108/SASBE-12-2020-0181>

Salim, N. A. A., Salleh, N. M., & Zawawi, Z. A. (2016). Key Element Performance In Occupational Safety And Health Management System In Organization (A Literature). İçinde S. N. B. Kamaruzzaman, A. S. B. Ali, N. F. B. Azmi, & S. J. L. Chua (Ed.), 4th International Building Control Conference 2016 (ibcc 2016) (C. 66, s. 00121). E D P Sciences.

Saygılı, Uğur Mehmet. (2016) “İnşaat sektöründe iş güvenliği eğitimi” Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sarıçiçek, Selçuk. (2017) “İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin inşaat maliyetine etkileri” Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Scanlon, K. A., Lloyd, S. M., Gray, G. M., Francis, R. A., & LaPuma, P. (2015). An Approach to Integrating Occupational Safety and Health into Life Cycle Assessment Development and Application of Work Environment Characterization Factors. Journal of Industrial Ecology, 19(1), 27-37.

Sharma, R., & Mishra, D. K. (2021). An analysis of thematic structure of research trends in occupational health and safety concerning safety culture and environmental management. Journal of Cleaner Production, 281, 125346.

S. Sakhakarmi, J. Park, A. Singh, Tactile-based wearable system for improved hazard perception of worker and equipment collision, Autom. Constr. 125 (2021) 103613. <https://doi:10.1016/j.autcon.2021.103613>.

Schweizer, H. (2014). Smart glasses: technology and applications. Ubiquitous computing seminar, Available:

https://www.vs.inf.ethz.ch/edu/FS2014/UCS/reports/HermannSchweizer_SmartGlassesTechnologyApplications_report.pdf

Sevim, Merve. (2018) “Yarı otomatik kural tabanlı planlama esaslı iş güvenliği yaklaşımı” Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Simanaviciene, R., Liaudanskiene, R., & Ustinovichius, L. (2014). Assessing reliability of design, construction, and safety related decisions. *Automation in Construction*, 39, 47-58.

Sofuoğlu, Taylan. (2012) “İnşaat sektöründe iş güvenliği eğitimi” Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Suen, WS, Huang, GH, Kang, ZX, Gu, YH, Fan, JT Shou, DH (2021), “Development of wearable air-conditioned mask for personal thermal management” *Building and environment*, Volume:205 Doi10.1016/j.buildenv.2021.108236

Sulbaran, T Awolusi, I. (2022) “Early Pilot Deployment of a Decision-Making Framework to Select Wearable Internet of Things Devices for Safety on Construction Sites” *Construction research congress 2022: computer applications, automation, and data analytics* 422-432

Suleiman, A. M. (t.y.). Determining the prerequisites for effective workplace inspection by the occupational safety and health regulatory authority using cognitive work analysis. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*.

Sultanov, T., Nurimbetov, R., & Zikriyoev, A. (2019). Innovative health and safety standards is a sustainable development performance for the construction sector of Uzbekistan. İçinde A. Volkov, A. Pustovgar, T. Sultanov, & A. Adamtsevich (Ed.), *Xxii International Scientific Conference: Construction the Formation of Living Environment (orm-2019)* (C. 97, s. 03023). E D P Sciences.

Sunindijo, R. Y. (2015). Improving safety among small organisations in the construction industry: Key barriers and improvement strategies. İçinde Antoni, I. Muljati, & D. Hardjito (Ed.), *Civil Engineering Innovation for a Sustainable* (C. 125, ss. 109-116). Elsevier Science Bv.

Sunindijo, R. Y., & Zou, P. X. W. (2013). Conceptualizing Safety Management in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(9), 1144-1153.

Surözü, Gaye. (2017) “İnşaat sektöründe örgütsel iş güvenliği kültürü ve bilinçli farkındalık üzerine bir çalışma” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şahin, Ahmet. (2016) “İnşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları üzerine bir araştırma: Ankara ili örneği” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Şahin, Müzeyyen. (2012) “Betonarme, çelik ve hafif çelik binalarda iş güvenliği risklerinin karşılaştırmalı analizi” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şen, Neslihan. (2017) “İnşaatlarda mesleki eğitim ile iş sağlığı ve güvenliği” Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Takva, Yenal. (2018) “İnşaat sektöründe iş iskelelerinin iş sağlığı ve güvenliği kapsamında incelenmesi ve optimum çözümü” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Talay, Sefa. (2018) “Muş ili “mozaik kule” konut yapım işinin iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Tammam, Yosra. (2013) “Analysis of occupational safety and health practices on construction sites in turkey: field study” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Taşdöken, Ülkü. (2013) “İnşaat sektöründe yüksekte çalışmalarda iş sağlığı ve güvenliği ve yüksekten düşme iş kazalarının incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Teizer, J., & Cheng, T. (2015). Proximity hazard indicator for workers-on-foot near miss interactions with construction equipment and geo-referenced hazard areas. *Automation in Construction*, 60, 58-73.

Tello, L., & Grau, D. (2018). Design and Planning Opportunities for Effectively Minimizing Worker Exposure to Cumulative Health Hazards. İçinde C. Wang, C. Harper, Y. Lee, R. Harris, & C. Berryman (Ed.), Construction Research Congress 2018: Safety and Disaster Management (ss. 454-460). Amer Soc Civil Engineers.

Temel, Ceren Dilan. (2017) “İnşaat işçilerinin iş sağlığı ve güvenliği konusunda uygulama ve algılama düzeyi” Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Temel, Bayram Ali. (2015) “Trabzon il merkezindeki şantiyelerde çalışan işçilerin profilleri ile iş sağlığı ve güvenliği hakkındaki bilgi düzeylerinin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Toğaçar, Mesut. (2015) “Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği kültürünün yaygınlaştırılmasına yönelik web tabanlı uygulama” Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Tozlutepe, Fatih. (2019) “Yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği” Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.

Turan, Mustafa Şahin. (2017) “Fall detection and classification using wearable motion sensors” Yüksek lisans tezi, Bilkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Turgut, Muhammed & Şeker, Bilal (2022) “İnsansız hava araçlarının (İHA) taşımacılıkta kullanımına yönelik keşfedici bir araştırma: drone taşımacılığı ve uygulamaları” Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi Cilt:5 – Sayı:2

Tümerden, İpek. (2015) “Bina yapımında tasarım yoluyla iş güvenliği kavramının incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Türk Patent Araştırma sitesi, <https://www.turkpatent.gov.tr/arastirma->

Tüzer, Fatma Sibel. (2012) “İstanbul genelinde inşaat işlerinde iş sağlığı ve güvenliği üzerine bir araştırma” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tymvios, N., & Gambatese, J. A. (2016a). Perceptions about Design for Construction Worker Safety: Viewpoints from Contractors, Designers, and University Facility Owners. Journal of Construction Engineering and Management, 142(2), 04015078.

Tymvios, N., & Gambatese, J. A. (2016b). Direction for Generating Interest for Design for Construction Worker Safety-A Delphi Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(8), 04016024.

W. Lee, K.-Y. Lin, P.W. Johnson, E.Y.W. Seto, Selection of wearable sensor measurements for monitoring and managing entry-level construction worker fatigue: A logistic regression approach, *Eng. Constr. Archit. Manag.* 29 (8) (2022) 2905–2923, <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2021-0106>.

Wanberg, J., Harper, C., Hallowell, M. R., & Rajendran, S. (2013). Relationship between Construction Safety and Quality Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(10), 4013003.

Windapo, A., Olatunji, O., & Umeokafor, N. (2020). Contractors' compliance with occupational health and safety legislation in South Africa The benefits of self-regulation. İçinde P. Manu, F. Emuze, T. A. Saurin, & B. H. W. Hadikusumo (Ed.), *Construction Health and Safety in Developing Countries* (ss. 29-42). Routledge.

Wong, F. K.-W., Chiang, Y.-H., Abidoye, F. A., & Liang, S. (2019). Interrelation between Human Factor-Related Accidents and Work Patterns in Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(5), 04019021.

Wong, L., Wang, Y., Law, T., & Lo, C. T. (2016). Association of Root Causes in Fatal Fall-from-Height Construction Accidents in Hong Kong. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(7), 04016018.

Wu, S., Hou, L., Chen, H., Zhang, G., Zou, Y., & Tushar, Q. (2023). Cognitive ergonomics-based augmented reality application for construction performance. *Automation in Construction*, 149(1), 104802. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104802>

Yang, K., Ahn, C. R., Vuran, M. C., & Kim, H. (2017). Collective sensing of workers' gait patterns to identify fall hazards in construction. *Automation in Construction*, 82, 166-178.

Yanık, Sümeyra. (2017) “İnşaat sektöründe çalışan işçilerin profilleri ile iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Yap, J. B. H., Rou Chong, J., Skitmore, M., & Lee, W. P. (2020). Rework Causation that Undermines Safety Performance during Production in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(9), 04020106.

Yaşar, Özge. (2019) “İnşaat sahasında, iş kazalarının asarım aşamasında önlenmesine yönelik bir araştırma” Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Yılmaz, Mustafa. (2018) “Bina inşaatlarında iş sağlığı ve güvenliği maliyetlerinin tahmini için bir model önerisi” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yiu, N. S. N., Chan, D. W. M., Sze, N. N., Shan, M., & Chan, A. P. C. (2019). Implementation of Safety Management System for Improving Construction Safety Performance: A Structural Equation Modelling Approach. *Buildings*, 9(4), 89.

Yin, R. K. (2003). Case study research: Design and methods. *Applied Social Research Methods Serial*, 5 (3rd ed.)

Young-Corbett, D. E. (2014). Prevention through Design: Health Hazards in Asphalt Roofing. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(9), 06014007.

Yu, Y., Li, H., Yang, X., Kong, L., Luo, X., & Wong, A. Y. L. (2019). An automatic and non-invasive physical fatigue assessment method for construction workers. *Automation in Construction*, 103, 1-12.

Yu, Y., Umer, W., Yang, X., & Antwi-Afari, M. F. (2021). Posture-related data collection methods for construction workers: A review. *Automation in Construction*, 124, 103538.

Yüce, Hakan. (2014) “İnşaat firmalarında iş güvenliği kültürünün incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Yüksekova, Ufuk. (2019) “İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının inşaat projelerinin maliyetine etkisinin değerlendirilmesi” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Zaini, N. Z. M., Salleh, M. A. M., Hasmori, M. F., & Abas, N. H. (2020). Effect of Accident Due to Fall From Height at Construction Sites in Malaysia. *5th International*

Conference on Civil and Environmental Engineering for Sustainability (Iconcees 2019), 498, 012106.

Zhang, S., Boukamp, F., & Teizer, J. (2015). Ontology-based semantic modeling of construction safety knowledge: Towards automated safety planning for job hazard analysis (JHA). *Automation in Construction*, 52, 29-41.

Zhang, X., & Mohandes, S. R. (2020). Occupational Health and Safety in green building construction projects: A holistic Z-numbers-based risk management framework. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122788.

Zhao, D., McCoy, A. P., & Kleiner, B. M. (2016). Do Designers and Builders Share a Similar Understanding of Occupational Safety and Health Risks? İçinde J. L. Perdomo-Rivera, A. Gonzalez-Quevedo, C. Lopez DelPuerto, F. Maldonado-Fortunet, & O. I. Molina-Bas (Ed.), *Construction Research Congress 2016: Old and New Construction Technologies Converge in Historic San Juan* (ss. 2821-2830). Amer Soc Civil Engineers.

Zhao, T., Kazemi, S. E., Liu, W., & Zhang, M. (2018). The Last Mile: Safety Management Implementation in Construction Sites. *Advances in Civil Engineering*, 2018, 4901707.

Zid, C., Kasim, N., Benseghir, H., Kabir, M. N., & Bin Ibrahim, A. (2018). Developing an Effective Conceptual Framework for Safety Behaviour in Construction Industry. İçinde Y. F. Huang, K. W. Tan, L. Ling, & K. H. Leong (Ed.), *International Conference on Civil and Environmental Engineering (iccee 2018)* (C. 65, s. 03006). E D P Sciences.

Zuluaga CM, Albert A, Winkel MA. Improving safety, efficiency, and productivity: evaluation of fall protection systems for bridge work using wearable technology and utility analysis. *J Constr Eng Manag* 2020;146(2):04019107.

<https://www.statista.com/statistics/487291/global-connected-wearable-devices/>

yap?form=patent¶ms=%257B%2522title%2522%253A%2522Giyilebilir%2520teknoloji%2522%257D&run=true

<https://www.isguvenligivecalisansagligikongresi.org/konular>

[\(http://www.iohsc2017.org/\)](http://www.iohsc2017.org/)

(<https://ezproxy.iku.edu.tr:2902/wos/woscc/summary/3ec916a0-2ced-495f-99b8-3c55702c2b50-f49197c5/relevance/1>)

(<https://tr.wikipedia.org/wiki/Patent>)

(https://tr.wikipedia.org/wiki/Faydal%C4%B1_model)

<https://www.ilo.org/tr>

<https://www.mmo.org.tr/search/node/i%C5%9F%20g%C3%BCvenli%C4%9Fi>

(<https://guvenliinsaat.csgeb.gov.tr/#about-us>

<https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>

(<https://tekstiltekstil.com/akilli-giysiler/>)

(<https://www.pexels.com/tr-tr/>)

(<http://www.isguvenligi-ins.com/yasam-hatti-emniyetkemer-ins31.php>)

(<https://www.trendyol.com/s/akilli-gozluk-nedir-blog>)

(<https://www.cnnturk.com/teknoloji/en-akilli-ayakkabilar?page=1>)

(<https://www.dijitalhabitat.com/akilli-dovmeler-sagligimizi-takip-edecek/>)

<https://www.statista.com/>

<https://www.isbank.com.tr/blog/giyilebilir-teknoloji>