



RÜZGAR ENERJİSİ SAHALARINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ÇALIŞMALARI

Bayram KÖSE^{1*}

¹ İzmir Bakırçay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, İzmir, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-0256-5921>

Can UZUN²

² İzmir Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, İzmir, ORCID No : <http://orcid.org/0009-0008-9527-0009>

Ahmet Orhan İNCİ³

³ İzmir Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği, İzmir, ORCID No : <http://orcid.org/0009-0004-7565-5818>

Anahtar Kelimeler

Öz

Rüzgâr enerji sahaları, iş sağlığı ve güvenliği, risk değerlendirmesi, korelasyon analizi

Son yıllarda artan nüfus ve enerji talebi nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hızla artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları tesisleri arasında önemli bir yere sahip rüzgar enerjisi santralleri (RES) iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışma, rüzgar enerjisi santrallerinde karşılaşılan İSG ile ilgili, iş kazası ve meslek hastalıklı risklerinin değerlendirilmesini ele almaktadır. Betimsel araştırma yöntemi kullanılarak yapılan incelemeler sonucunda, iş kazaları konusundaki istatistikler tartışılmış ve korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Rüzgar enerjisi santralleri alanında iş sağlığı ve güvenliği (İSG) kapsamında iş kazası ve meslek hastalığı riskleri ile alınması gereken tedbirler incelenmiştir. Bu alanda çalışanlara yönelik eğitimlerin artırılmasının gerekli olduğu tespit edilmiştir. Büyüyen sektörle birlikte, artan iş sağlığı eğitimleri ve tedbirler sayesinde iş kazaları durağan ve azalan bir eğilim göstermektedir.

* bayram.kose@bakircay.edu.tr
doi : 10.46399/muhendismakina.151599

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY PRACTICES IN WIND ENERGY FIELDS

Keywords

Wind energy fields, occupational health and safety, risk assessment, correlation analysis

Abstract

In recent years, the use of renewable energy sources has been increasing rapidly due to increasing population and energy demand. Wind power plants (WPPs), which have an important place among renewable energy resources facilities, have a critical importance in terms of occupational health and safety (OHS). This study addresses the assessment of occupational accident and occupational disease risks related to OHS in wind power plants. Using descriptive research methodology, statistics on occupational accidents are discussed and evaluated by correlation analysis. The risks of occupational accidents and occupational diseases and the measures to be taken within the scope of occupational health and safety (OHS) in the field of wind power plants are analyzed. It is determined that it is necessary to increase trainings for employees in this field. With the growing sector, occupational accidents show a stable and decreasing trend thanks to increased occupational health trainings and measures.

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi : 06.07.2024

Kabul Tarihi : 26.11.2024

Research Article

Submission Date : 06.07.2024

Accepted Date : 21.11.2024

Extended Abstract

In line with the increasing energy demand and sustainable energy policies in recent years, the use of renewable energy sources is rapidly expanding. Among these sources, wind energy stands out due to its low operating costs and environmental friendliness. However, wind power plants (WPPs) are important work sites not only in terms of energy production but also in terms of occupational health and safety (OHS). This study deals with the classification and statistical analysis of occupational accidents encountered in WPPs and measures to reduce the risks encountered.

In the study, the statistics of occupational accidents occurring in WPPs were analysed by using descriptive research method and evaluated by correlation analysis. The data obtained show that the most common types of accidents in WPPs are turbine blade damages, fires, structural accidents, icing-related incidents and site transportation accidents. According to the data between 2000 and 2023, while an increase in WPP occupational accidents was observed over time, a relative stagnation in accident rates was achieved with the increase in occupational health and safety measures, especially after 2013. However, it has been determined that most of the occupational accidents are caused by factors such as the newness of the sector, inexperience of the employees and insufficient prediction of the risks.

Different risk factors stand out in the production, installation, maintenance-repair and dismantling processes of wind power plants. Epoxy resins, chemicals and nano-materials used in the production phase have negative effects such as respiratory diseases and occupational diseases. In the installation and maintenance processes, physical risks such as falling from height, electric shock, lightning strike, fire and icing come to the fore. In the dismantling phase, accidents that may occur during the recycling of turbine blades and other parts constitute an important problem. In this context, it is necessary to increase occupational safety measures at WPP sites and to raise awareness of employees against these risks.

The research also comprehensively addresses the measures that can be taken to prevent occupational accidents at WPP sites. According to the findings of the study, it is of great importance to increase occupational health and safety trainings, to increase the frequency of risk assessments and to audit the applicability of existing OHS legislations at WPP sites. In addition, the European Union and Turkey legislations are discussed comparatively and it is emphasised that WPPs are in the 'very hazardous class' and the mandatory measures to be taken within the scope of the legislation are discussed. This study aims to provide a comprehensive assessment of occupational health and safety issues in the wind energy sector and to develop solutions to reduce occupational accidents. The results of the study are important for businesses operating in the wind energy sector, decision makers and policy makers.

1. Giriş

Dünyada hızlı bir biçimde artan nüfus ve günden güne gelişen teknolojik gelişmeler sebebiyle enerjide üretim tüketim dengesi giderek olumsuz bir biçimde etkilenmektedir. Artan nüfus ile doğru orantılı şekilde artış gösteren küresel enerji tüketimleri geçmiş yıllardaki istatistiklere bakıldığında iki kat ve ilerleyen yıllara göre incelendiğinde ise üç kat artacağı tahmin edilmektedir.

Yer altından çıkarılan fosil kökenli ve rezerv kısıtlı enerji kaynakları çevreye yaydığı zararlı atıklar sebebi ile yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Alternatif enerji kaynakları üzerinde çalışmalar yapılmakta olup, bu kaynaklardan rüzgâr enerjisi öne çıkmaktadır.

Rüzgâr enerji santralleri (RES), ekolojik ve sera gazı emisyonunun olmadığı enerji tesisleridir. Özellikle Avrupa Birliğinde, fosil yakıtlar azaltılırken rüzgâr enerjisi üzerine yapılan yatırımlar ve kullanımı hızla artmaktadır. Bunun en büyük sebepleri, rüzgâr enerjisinin hammadde gerektirmemesi ve düşük işletme maliyetleridir (Öztürk, Şimşek ve Altuntaş, 2021).

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ve Avrupa yeşil mutabakatı hedefleri doğrultusunda rüzgâr enerji santralleri kurulumları dünya çapında artarak büyümeye devam etmektedir ve böylece fosil yakıt kullanımları geleceğimizin dünyasında iyice azalacaktır. Türbin ve çevresel ekipmanların üretimi, taşınması, işletmesi ve söküm-hurdaya kaldırma süreçlerinde oluşan kazalar, hastalıklar ve tedavileri göz önüne alındığında, rüzgar enerjisi sektörünün getirdiği önemli sorunlardan birinin işçi sağlığı ve güvenliği olduğu görülmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), iş kazalarını, planlanmamış, genellikle bireysel yaralanmalara yol açan, makine, araç ve gereçlerin hasarlanmasına ve üretimin durmasına neden olan olaylar olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde iş kazaları her sektörde meydana gelmekte olup bu kazaların insan hatası, makine arızaları veya doğal afetlerle tetiklendiği gözlenmektedir. Ayrıca, işin niteliğine bağlı olarak ortaya çıkan meslek hastalıkları da önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Aydın, 2020).

Rüzgâr enerji santralleri sahalarında iş kazaları ve meslek hastalığı problemleri, sektörün gelişimiyle orantılı olarak artmaktadır. Çalışan sayısının her geçen gün artmasıyla birlikte, gelişen teknolojiler ve santral yapılarındaki değişiklikler iş kazası risklerini artırmaktadır. Risklerin artmasının temel nedenleri arasında, sektörün yeni olması, çalışanların deneyim eksikliği ve potansiyel risklerin boyutlarının öngörülememesi yer almaktadır (Aydın, 2020).

Rüzgâr türbini üretim süreçlerinde, epoksiler, kimyasal malzemeler, metal işçiliği ve boya işleri gibi birçok riskli işlem yer almaktadır. Son yıllarda, türbin dayanıklılığını artırmak ve maliyetleri düşürmek amacıyla bu reçinelere nano-

malzemelerin de dahil edildiği gözlemlenmektedir (Beyan ve diğ. 2019). Nano-malzemelerin solunum sistemi, merkezi sinir sistemi ve bağışıklık sistemi gibi birçok vücut sistemi üzerinde olumsuz etkileri olduğu, yapılan hayvan deneyleriyle ortaya konmuştur (Papp, Schiffmann, Weiss, Castranova, Vallyathan, Rahman, 2008)..

İnsan ve çevre sağlığı bakımından odaklanması gereken bahse değer önemli diğer bir husus ise rüzgâr türbinlerinden kaynaklanan hurda ve kaza atıklarıdır. 2050 yılına kadar, dünya genelinde bu tür atıkların toplamda 43 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir (Liu ve Barlow, 2017). Bu atıkların bertaraf edilmesi, ciddi ekonomik maliyetler yaratmasının yanı sıra, çevre sağlığı açısından da önemli sorunlara yol açacaktır.

Görünür makro atıkların yanı sıra, sıvı epoksi reçinelerinin doğada biyolojik olarak kolayca parçalanamaması ve su ortamında biyolojik birikim yapabilmektedir. Bundan dolayı Avrupa Birliği çevre koruma standartlarına göre "tehlikeli" olarak sınıflandırılmaktadır. İnsan ve çevre sağlığı açısından potansiyel riskler oluşturan bu ve benzeri durumlar, gelecekte daha sık tartışılacak konular arasında yer alacaktır (Beyan, Bahadır, Çımrın, 2019).

Rüzgâr enerjisi santrallerinde (RES) iş sağlığı ve güvenliği (İSG) konusunun artan önemi, bu sektörde karşılaşılan yeni risklerle daha da belirgin hale gelmektedir. Özellikle üretim, inşaat, bakım, onarım ve bertaraf süreçlerinde kullanılan kimyasal maddeler, nano-malzemeler ve epoksi reçineler gibi zararlı maddelerin insan sağlığına ve çevreye olan etkileri üzerine yapılan çalışmalar, İSG politikalarının geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, RES'lerde karşılaşılan başlıca iş kazası riskleri detaylı bir şekilde ele alınmakta ve sektörde artan tehlikeler karşısında alınması gereken tedbirler vurgulanmaktadır.

Bu makale, hem iş kazalarını hem de meslek hastalıklarını kapsayan geniş bir İSG perspektifi sunarak, rüzgâr türbini üretim ve işletme süreçlerinde karşılaşılan risklerin değerlendirilmesi açısından literatüre özgün bir katkı sağlamaktadır. Çalışma, aynı zamanda rüzgâr enerjisi sektöründeki büyümenin İSG üzerindeki etkilerini korelasyon analizi ile ilişkisel olarak analiz etmekte ve gelecekte bu alanda yapılacak iyileştirme çalışmaları için önemli bulgular sunmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Tarihte insanlar, rüzgâr enerjisini suyun yükseltilmesi ve buğday öğütülmesi gibi amaçlarla kullanmışlardır. Son yüzyıl içerisinde ise elektrik üretmek için rüzgar enerjisi santrallerini geliştirmişlerdir. Günden güne çoğalan rüzgâr enerji santralleri beraberinde yeni iş kazalarını getirmektedir. Bu sebeple, lojistik kazaları, montaj kazaları gibi birçok farklı iş kazaları ortaya çıkmakta ve bunlara çeşitli önlemler alınarak insan sağlığı ve güvenliği ön planda tutulmaktadır.

The Caithness Wind Farm Information Forum (CWIF) 2000 ile 31 Mart 2023 arası veriler incelendiğinde; dünyamızın değişik bölgelerinde rüzgâr enerji sahalarında 3287 iş kazası kayıt altına alınmıştır (You, Shaik, Rokonuzzaman, Rahman, Tan, 2023). Bu çerçevede Türkiye ve Dünya’da rüzgar enerji santrallerinin tarihsel gelişimi ve iş sağlığı ve güvenliği (İSG) alanındaki gelişmelere kısaca inceleyerek araştırmaya başlamakta fayda olacaktır.

2.1 Rüzgâr Enerji Santrallerinin Tarihsel Gelişimi

İlk insanlar rüzgârı tahıl öğütme ve yelkenli gemilerde kullanmışlardır. Eski Yunan ve Romalılar, rüzgârı sadece yelkenli gemiler için kullanırken, Orta ve Doğu Asya toplulukları (İran, Pakistan, Afganistan, Doğu Asya ve Çin) dairesel yel değirmenlerinden faydalanmışlardır (Yakan, 2021).

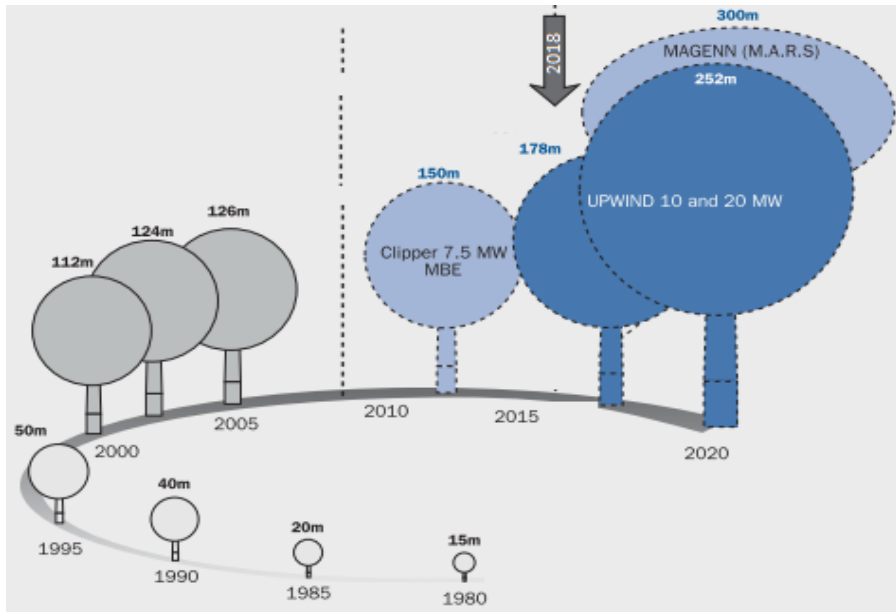
Rüzgâr enerjisinin kullanımı ilk olarak Çin, Tibet, Hindistan ve İran gibi Doğu Medeniyetlerinde kullanılmıştır. M.Ö. 1700’lü yıllarda Babillilerin Mezopotamya’da sulama amaçlı yel değirmenleri kullandığı da bilinmektedir. MÖ. 700’lerde İran’da dikey eksenli yel değirmenleri kullanıldığı kanıtlanmıştır (Yakan, 2021; Köse, 2018; Durak, ve Özer, 2012). Bu konuda yazılı bulgu ise MS 700 yıllarda İran’da elde edilmiştir. MÖ. ikinci yüzyılda yatay eksenli yel değirmenlerinin kullanıldığına dair yazılı kaynaklar mevcuttur. Rüzgâr gücünün Avrupa’ya geçişi 10. yüzyılda olmuş ve bu geçişin en eski kanıtı İngiltere’deki yel değirmenleridir. 1190’larda Alman Haçlıları, yel değirmenlerini Suriye’den ülkelerine taşımışlardır (Yakan, 2021; Köse, 2018; Durak, ve Özer, 2012).

Sanayi Devrimi ve buhar makinesinin icadı sonrasında enerji üretiminde fosil yakıtlar (petrol, gaz, kömür) öne çıkmış ve rüzgâr enerjisinin kullanımı azalmıştır. Fosil yakıtlar, istenildiğinde kullanılabilirler için daha avantajlı hale gelmiştir (Demir, ve Yakışık, 2024).

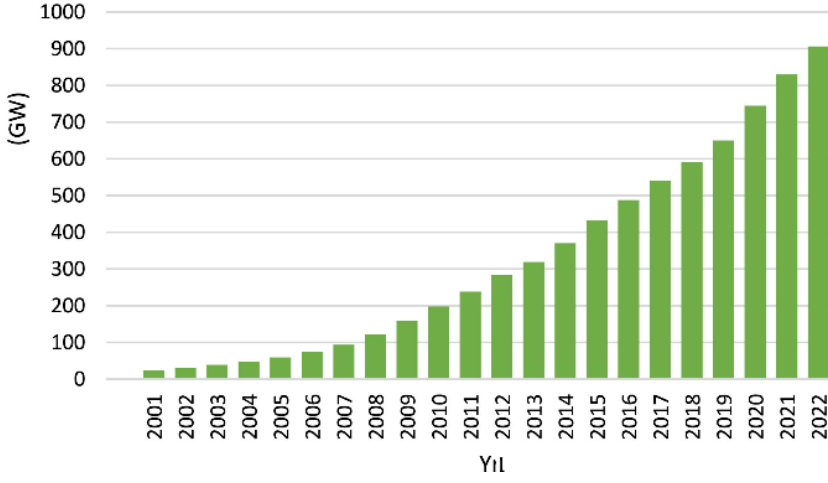
Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi için Danimarka’da meteorolog Paul La Cour ilk rüzgâr santralini kurmuştur. Modern rüzgâr enerjisi teknolojisinin ilklerinden 200 kW kapasiteli Gedser rüzgâr santrali, 1956’da Danimarka’da kurulmuş ve 11 sene süreyle bakım yapılmaksızın çalışmıştır (Yakan, 2021; Köse, 2018).

Rüzgâr enerjisi teknolojisinde büyük bir gelişme 1970’lerdeki petrol krizine kadar yaşanmamıştır (Demir, ve Yakışık, 2024). Ancak, kriz sonrasında yeni enerji kaynakları arayışına girilmiş ve bu çerçevede rüzgâr enerji alanında santrallerinin gücü ve pervane çaplarının büyümesine önem verilmiştir. Rüzgâr santrallerinin gücü 1995’ten sonra KW seviyelerinden MW seviyelerine çıkmıştır. Günümüzde 6 MW gücünde rüzgâr enerji santralleri bulunmaktadır. Aynı zamanda, rüzgâr türbinlerinin pervane çapları da dikkat çekici şekilde büyümüştür. 1980’lerde pervane çapları 20 metre civarındayken, 2000’lerde 100 metreye, günümüzde ise 150-200 metreye ulaşmıştır (TUBA,2019). Ticari olarak elektrik elde etmek

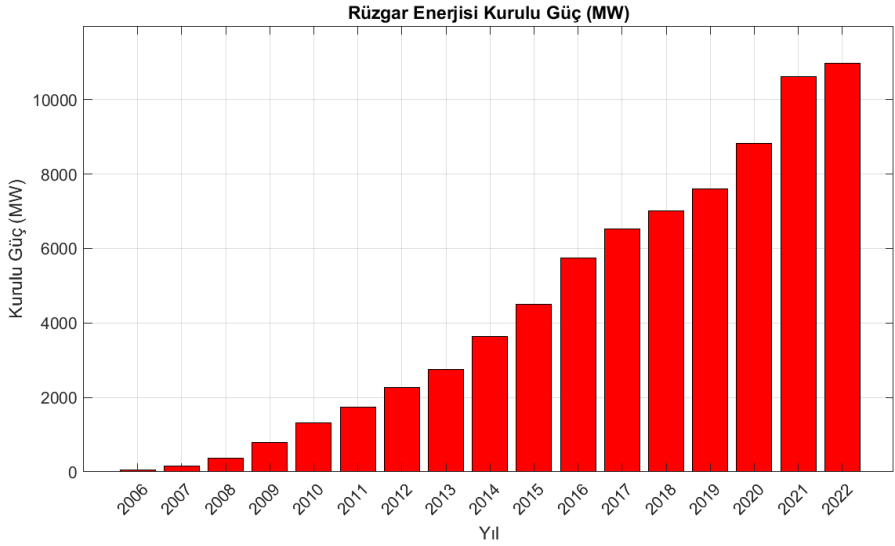
için üretilen rüzgar türbinlerindeki büyüklük güç artışı Şekil 1’de gösterilmektedir (Köse, 2018). Dünya rüzgar enerjisi birikimli kurulu gücündeki artış Şekil 2’de verilmektedir ve 2005’te 59 GW güçten 2019’larda 659 GW güce ve 2022 de 900 GW’a ulaşmıştır. Türkiye’de rüzgâr enerjisi, 1998 yılında Çeşme’de kurulan Germiyan Rüzgâr Enerjisi Santrali (RES) ile başlamıştır. 500 kW gücünde üç türbinden oluşan bu tesis, başlangıçta otoprodüktör olarak kurulmuş, sonradan lisanslı projeye dönüştürülmüştür. Aynı yıl, yine Çeşme’de 600 kW gücünde 12 türbinli ARES RES firması işletmeye alınmıştır. Takvim 2000 yılını gösterdiğinde ise Bozcaada’da 600 kW güce sahip 17 türbinli Bozcaada RES kurulmuştur. Her iki tesis de Yap-İşlet-Devret modeliyle inşa edilmiş ve 20 yıl sonunda devlete devredilecektir. 2003 yılında İstanbul Hadımköy’de iki türbinli Rüzgâr Santrali kurulmuş ve halen işletilmektedir. 2005’te çıkarılan Yenilenebilir Enerji Kanunu ile rüzgâr enerjisine alım garantisi getirilmiş, bu da sektöre olan ilgiyi artırmıştır. Bu yıllardaki Türkiye rüzgar enerjisi birikimli kurulu gücü grafiği Şekil 3’te verilmiştir (TUBA,2019; Köse ve Özgören 2010).



Şekil 1. Zamana Göre Türbin Güç ve Büyüklük Artışı



Şekil 2. Dünya Rüzgar Enerjisi Birikimli Kurulu Gücü



Şekil 3. Türkiye 2006-2022 Rüzgar Enerjisi Birikimli Kurulu Gücü

2.2 İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Çalışmalarının Tarihsel Gelişimi

Tarihsel kayıtlara göre iş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili çalışmaların ilk olarak Mısır'da başladığı, ardından Eski Yunan ve Roma'da gelişerek sürdüğü görülmektedir. Eski Mısır'da piramitlerin yapımı sırasında çalışanların sağlık sorunlarına yönelik bazı tedbirler alındığına dair bulgular mevcuttur. M.Ö. 2000'lerde ise, tarihin ilk yazılı yasalarından biri olan Hammurabi Kanunlarında iş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili hükümler yer almaktadır (Turgut, 2022).

Tarihçi ve filozof Herodot, çalışanların verimliliğini artırmak için yüksek enerjili gıdalarla beslenmelerinin önemini vurgulayan ilk kişidir. Hipokrat ise kurşunun zararlı etkilerinden bahsederek kurşun zehirlenmesi üzerine önemli bulgular sunmuştur. Roma döneminde gladyatörlerin başhekimisi olarak görev yapan Pergamonlu Dr. Galen, gladyatörlerin beden hareketlerinin sağlık için önemini vurgulamış ve modern spor hekimliğinin öncüsü olduğunu ortaya koyduğu görülmüştür (Turgut, 2022; Çiçek, ve Öçal, 2016).

Sanayi Devrimi ile birlikte makineleşmenin artması, makine kaynaklı iş sağlığı ve güvenliği problemlerinin çıkmasına sebep olmuştur. Üretim artış odaklı süreçte, işçilerin daha ciddi sorunlarla karşılaştığı ve bu konuda çalışmaların yapıldığı görülmüştür. XVII. ve XVIII. yüzyılda ağır işlerden işçileri yıprandığı ve meslek hastalıklarına sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan iş verimliliğini artırmak için mesleki sağlık işlerinin iyi organize edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Yine XVIII. yüzyılda Tissot, meslek hastalıklarının tedavisi için hastanelerde özel bölümler kurulmasını öneren ilk kişi olmuştur (Turgut, 2022).

Sanayi Devrimi sonrasında iş sağlığı ve güvenliği konusunda yasal düzenlemelelere Avrupa'da İngiltere öncülük etmiştir. Percival Pott'un baca temizleyicisi çocuk işçilerin kansere yakalanma riskini araştırması sonucunda 1788'de Baca Temizleyicileri Kanunu çıkarılmıştır. Doktor Thomas Percival, özellikle yedi yaşın altındaki çocuklar ve genç işçilerin çalışma koşullarıyla ilgili araştırmalar yapmış ve bu çalışmaların sonucunda Çırakların Sağlığı ve Morali kanunu 1803 senesinde yürürlüğe girmiştir. Bu yasa, iş sağlığı ve güvenliği konusunda ilk hukuksal düzenleme olarak kabul edilir ve çırakları sağlık ve moral bakımını korumayı amaçlamaktadır (Turgut, 2022).

İngiltere'deki bu gelişmeler Avrupa'nın diğer ülkelerine de örneklik teşkil etmiş, İsviçre 1840'ta, Fransa 1842'de (Villermé Raporu), Almanya ise 1849'da iş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili kanunlar çıkarmıştır. 1919'da, Harvard Üniversitesi'nin ilk kadın öğretim üyesi Alice Hamilton'ın madenlerde ve suni ipek sanayinde yaptığı çalışmalar sonucunda ABD'de iş sağlığı ve güvenliği konusunda gelişmeler yaşanmıştır. Aynı dönemde Rusya'da Alexander Semashko, koruyucu sağlık hizmetlerine yönelik politikalar geliştirmiş ve bu politikaların uygulanması için birçok araştırma merkezi ve enstitü kurulmuştur. Dünya genelinde ise 1919'da kurulan Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), 1946'da BM ile yaptığı anlaşma ile bağımsız bir uzmanlık kuruluşu olmuştur (Turgut, 2022 ; Çiçek, ve Öçal, 2016).

2.3 Türkiye'de İSG Alanındaki Çalışmalar

Sanayi Devrimi çalışma süreleri, barınma koşulları ve işçi haklarıyla ilgili düzenlemelerin en önemli tetikleyicisidir. Bu alanda yapılan ilk düzenleme, 1865 yılında Tanzimat Dönemi'nde hazırlanan "Dilaver Paşa Nizamnamesi"dir. Ereğli Kömür Havzası'nda uygulanan bu tüzükte, işçilerin günlük çalışma süresi 10 saat

olarak belirlenmiş, dinlenme süreleri ve yatacak yer sağlanması ve işçilere çalıştırılmasalar bile işe hazır olmaları durumunda ücret ödenmesi kararlaştırılmıştır. "Maadin Nizamnamesi" ile 1869 tarihinde iş güvenliği kurallarının eksikleri giderilerek daha ayrıntılı hale getirilmiştir. 1876'da yürürlüğe giren "Mecelle Kanunu" ise işverenin, çalışanın zararlarını tazmin etme yükümlülüğünü getirmiştir (Turgut, 2022).

1921'de çıkarılan "Ereğli Havza-i Fahmiyesi Maden Amelesinin Hukukuna Müteallik Kanun" ile maden işçilerine yönelik düzenlemeler getirilmiş, işçilerin 18 yaşından küçük olmaması ve günlük çalışma süresinin 8 saatle sınırlandırılması gibi önemli kararlar alınmıştır (Çiçek ve Öçal, 2016). Cumhuriyet'ten sonra ise ilk çalışmalar 1923'te İzmir İktisat Kongresi'nde başlamış, 1924'te "Hafta Tatili Kanunu" ve 1925'te "Ulusal Bayram ve Genel Tatiller Hakkında Kanun" yürürlüğe girmiştir. 1926'da "Borçlar Kanunu" ile işverenlerin yükümlülükleri artırılmış ve işçinin karşılaşılabileceği tehlikelere karşı işverenin tedbir alması gerektiği hükme bağlanmıştır (Turgut, 2022).

1930'da yürürlüğe giren "Umumi Hıfzıssıhha Kanunu", kadın ve çocukların korunması, işyeri hekimlerinin bulundurulması ve büyük işyerlerinde sağlık hizmetlerinin sağlanması gibi konularda düzenlemeler getirmiştir. 1936'da çıkarılan "İş Kanunu" ise Türkiye'de bu alanda çıkarılan ilk kapsamlı kanun olup, iş sağlığı ve güvenliği konusunda birçok tüzük ve yönetmelik çıkarılmasına öncülük etmiştir (Turgut, 2022).

1971'de yapılan "1475" sayılı İş Kanunu ve buna dayalı tüzük ve yönetmelikler, iş sağlığı ve güvenliği alanında önemli adımlar atmıştır. 2003 yılında kabul edilen "4857" sayılı İş Kanunu ve buna dayalı olarak çıkarılan yönetmelikler, iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarını desteklemiştir. 2012'de Borçlar Kanunu'nda yapılan düzenleme ile işverenlerin iş sağlığı ve güvenliği için tüm gerekli önlemleri alması, işçilerin de bu önlemlere uyması yükümlülüğü getirilmiştir. Aynı yıl yürürlüğe giren "6331" sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, "4857" sayılı Kanun'daki yetersiz düzenlemelerin yerini alarak daha kapsamlı düzenlemeler getirmiştir (Turgut, 2022; Çiçek, ve Öçal, 2016).

2.4 Rüzgâr Enerji Santrallerinde İSG Çalışmaları Aşamaları

Rüzgâr enerji santrali (RES) alanındaki İSG ve işlemleri düşünüldüğünde temel beş düzeye veya aşamaya ayrılabilir ve detaylandırılabilir.

2.4.1 Rüzgâr enerji santrali ekipman üretim aşaması meslek hastalığı ve kazaları
Bu sektörde taşlama, kalıplama, reçine hazırlama gibi bölümlerde çalışan işçilerin epoksi, reçine, sertleştirici (izosiyanat), cam elyaf ve metal tozu gibi maddelere maruz kaldığı ve bu maruz kalımlar sonucunda cilt ve solunum yollarında mesleki hastalıklara yol açtığı görülmüştür.

2.4.2 Rüzgâr enerji santrali inşaat süreci ve kurulum kazaları

Kurulumlar genel olarak kule içi kanat içi gibi kapalı alanlarda yapılmaktadır. Bu nedenle çalışanların maske ve kulaklık gibi ekipmanları kullanması zorunludur. Çalışma alanlarındaki sıcak/soğuk hava koşulları göz önüne alınarak ortamdaki oksijen seviyesi sürekli izlenmelidir. Ayrıca kapalı çalışma alanlarının güvence altına alınması adına Acil Durum Eylem Planları yapılmalıdır.

2.4.3 Rüzgâr enerji santrali ekipmanları lojistik kazaları

Taşınan rüzgâr türbin parçalarının çok büyük ve ağır olmaları trafikte kaza yapma ihtimallerini yükseltmektedir. Araçların dönerken herhangi bir yere çarpması kanata zarar vereceği gibi çevreye, insanlara, araçlara da zarar verebilmektedir. Bu nedenle rüzgâr türbinin taşınmasına ilişkin gece saatlerinde ve trafiğin yoğun olmadığı, koruyucu aracın eşlik ettiği güzergahlarda taşınmalıdır. Ayrıca taşıma aracını kullanan personelin en fazla 8 saat aracı kullanması ve her saat 15 dakika mola vermesi gerekmektedir. Taşımayı yaparken dikkat dağıtıcı (telefon kullanımı, yeme-içme gibi) unsurlardan kaçınılmalıdır (Öztürk ve diğ., 2021). Bu hususlar iş sağlığı ve güvenliği kapsamında personellerin uyması gereken prosedürler arasındadır (Karayolları Trafik Yönetmeliği, mevzuat, 2014).

Sevkiyatta kullanılan araçlar araziye, yola uygun ve iklim şartlarına uygun lastikler seçilmelidir. Sürücünün psikoteknik kontrolleri ile araçların bakımları düzenli olarak yapılmalıdır. Sürücünün araç eğitimleri sağlanmalıdır. Taşınan parçaların kurulum ve bakım süreçlerinde de riskler bulunmaktadır. Kurulan parçaların çok büyük ve ağır olması, yükseğe montajları sırasında büyük tehlikeler oluşturmaktadır. Parçaların düşmesi, yangın çıkması ve oluşan gürültüler çalışanlar için risklerin artmasına neden olmaktadır (Karayolları Trafik Yönetmeliği, mevzuat, 2014).

2.4.4 Rüzgâr enerji santrali işletme ve bakım kazaları

Türbinlerin bakım süreçlerinde ise, türbinlerin tiplerine ve teknolojilerine göre farklılık gösterebilmektedir. Genelde rüzgâr türbinleri üç aylık zaman dilimlerinde bakıma sokulmaktadır. Ek olarak dört beş yılda bir, detaylı mekanik bakımları yapılmaktadır. Rüzgâr türbinlerinde buzlanma yüzünden de riskler bulunmaktadır. Rüzgâr türbinlerinin kurulduğu bölgeler yüksek, soğuk ve nemli olabilmektedir. Bu koşullar, türbin kanatlarında buzlanmaya neden olabilmektedir. Buzlanmaya karşı gerekli önlemler alınmadığı takdirde, oluşan buz kütlelerinin düşmesi veya fırlaması sonucu çevrede bulunan canlılara, tesislere ve ekipmanlara zarar verme riski bulunmaktadır.

Türbinlerin ve santrallerin yıldırımlara ve aşırı gerilimlere karşı korunabilmesi adına topraklama sistemi, eş potansiyel sistem, iç yıldırımlık ve dış yıldırımlık sistemleri tesislerde kullanılmaktadır. Kurulan bu sistemlerin düzenli olarak senede en az bir kez olmak üzere bakımları yapılmalıdır. Tesis devreye alındıktan son-

ra yönetim binasında az sayıda çalışan, güvenlik görevlileri ve planlı plansız bakımlar için bulundurulmuş ekipler dışında çalışan bulunmamaktadır. Tesiste genel olarak rutin kontroller ile uğraşan çalışanlar, yüksek risk altında olmamalarına karşın, yerleşim yerlerinden uzak oldukları için psikososyal zorluklar çekmektedirler. Ayrıca türbinlerin yaratmış olduğu gürültü yüzünden uykusuzluk ve baş ağrısı gibi problemlerde yaşamaktadırlar. Planlı plansız bakımdan sorumlu ekipler yüksekte çalışma, kötü hava koşulları gibi tehlikelerle mücadele etmektedir.

2.4.5 Rüzgâr enerji santrali söküm ve hurda taşıma kazaları

Rüzgâr enerji santrallerinde türbin kanatlarının ve parçalarının zor hava koşullarına karşı dirençli olması nedeniyle ülkemizde henüz hurdaya çıkmış olan bir türbin bulunmamaktadır. Hurdaya ayrılan türbinlerdeki parça sayılarının ağır ve çok olması taşırken farklı kazalara da sebebiyet verebilmektedir. Paslanma kaynaklı ve söküm sırasında sıkışan bağlantı noktalarına önlemler alınarak dikkatlice hurdaya ayırma işlemleri yapılmalıdır.

2.5 Rüzgâr Enerji Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatı

20 Haziran 2012 tarihli TBMM tarafınca yapılan "6331" Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 30 Haziran 2012'de Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Bu kanun, iş yerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğini teminat altına almayı hedefler ve işveren ile çalışanların hak ve sorumluluklarını düzenler. "6331" Sayılı Kanun, kamu ve özel işyerlerinde; işverenler, işveren temsilcileri, çalışan, stajyer ve asistanlar dahil olmak üzere herkes için geçerlidir (Öztürk ve diğ., 2021; İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu,2012).

Rüzgâr enerji santralleri, "35.11.19 NACE" kodu ile "elektrik enerjisi üretimi" kapsamında çok tehlikeli sınıftaki iş yerleri arasında yer almaktadır. Bu kapsamda, iş güvenliği uzmanları için hizmet süreleri, çalışan başına ve tehlike sınıfına göre sırasıyla 10 dakika, 20 dakika ve 40 dakika olarak belirlenmiştir. İşyeri hekimleri için bu süreler çalışan başına 5 dakika, 10 dakika ve 15 dakika şeklindedir. Vardiyalı çalışma yapılan işyerlerinde, işverenin vardiyalara uygun şekilde görevlendirme yapması gerekmektedir. Az tehlikeli sınıfta yer alan ve 50'den az çalışanı bulunan işyerlerinde hizmetlerin verilmesini kolaylaştırmak amacıyla, aylık hizmet sürelerinin birleştirilmesi mümkündür. Bu durum, hizmet sağlayıcının işveren ile anlaşması hâlinde uygulanabilir. Örneğin, iş güvenliği uzmanının işyerini yılda 2 saat veya altı ayda bir 1 saat ziyaret etmesi yeterli kabul edilmektedir (Öztürk ve diğ., 2021; İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu,2012;Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Direktifi, 2017).

Avrupa Birliği mevzuatında ise, rüzgâr enerji sektörüne dair doğrudan bir yasal düzenleme bulunmamaktadır. Ancak 2009/28/EC sayılı Yenilenebilir Enerji Direktifi, çevre dostu ve sürdürülebilir enerji politikalarının yaygınlaştırılması

amacıyla yenilenebilir enerji sektörünün gelişimini desteklemektedir (Öztürk ve diğ. 2021; Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Direktifi, 2017).

2.6 Rüzgâr Enerji Sektöründe Kayıtlara Geçmiş Bazı Kaza ve Olaylar

RES iş kazalarının 2000 ile 2014 yılları arasındaki RES iş kazaları sayıları gerçekleşme sebeplerine göre dağılımları Tablo 1’de verilmiştir (Muratdağı, 2025).

Tablo 1. 2000 ile 2014 Yılları Gerçekleşme Sebeplerine Göre RES İş Kazaları Dağılımı

Yıllar	Türbin Kanatları Hasarları	Yangın Kazaları	Kule Yapısı Hasarları	Buzlanma Kazaları	Saha Ulaşım Kazaları
2000	4	3	9	0	4
2001	6	2	3	0	-
2002	15	24	9	2	3
2003	13	17	7	2	6
2004	15	15	4	4	6
2005	12	14	7	4	11
2006	16	12	9	3	12
2007	22	21	13	0	13
2008	20	17	9	3	14
2009	26	17	16	4	19
2010	20	13	9	1	10
2011	19	20	11	1	11
2012	28	19	10	1	11
2013	30	23	14	0	24
2014	28	18	12	1	17

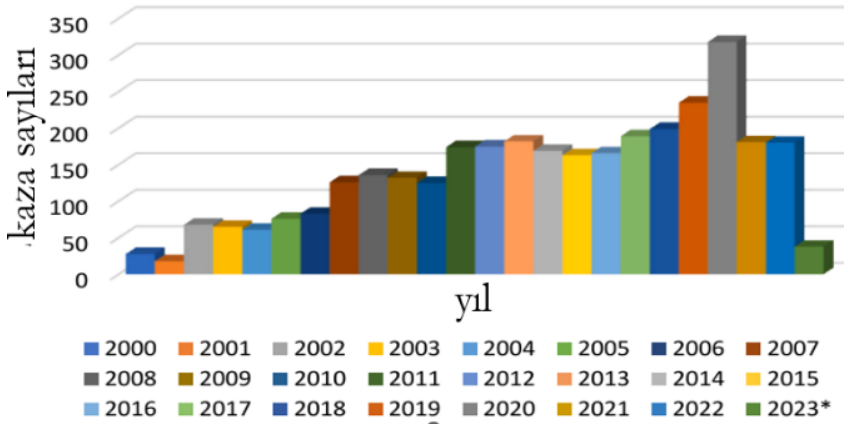
Türbin kanatları hasarları ve yangın kazaları zamanla artış gösterirken, özellikle 2013 yılında türbin kanatları hasarlarının zirveye çıktığı gözlemlenmektedir. Kule yapısı hasarları yıllar içinde dalgalanma göstererek 2013 yılında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Buzlanma kazaları ise genellikle düşük sayılarda seyretmiş ve küçük artışlar göstermiştir. Saha ulaşım kazaları da 2009 ve 2013 yıllarında önemli bir artış yaşamış ve tutarlı bir seyir izlemiştir. Bu veriler, türbin kazaları-

nın farklı alanlarda yoğunlaşabildiğini ve her bir kaza türünün farklı risk faktörleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 İstatistikler

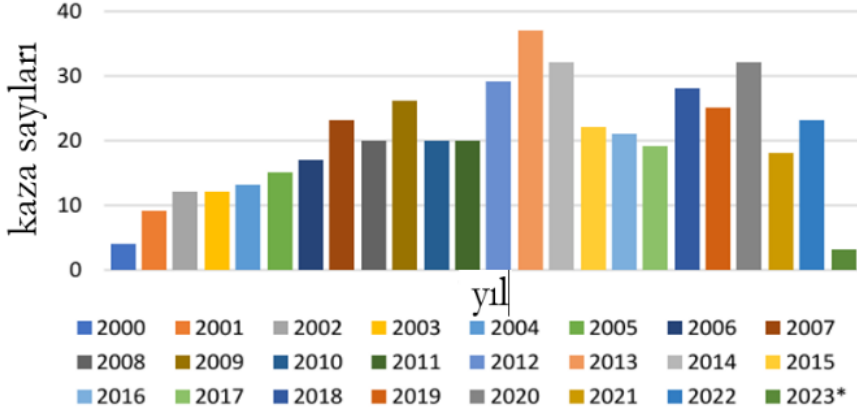
Dünya genelinde 1 Ocak 2000 yılı ile 31 Mart 2023 yılları arasında rüzgâr enerji sahalarında meydana gelen kazalara, Şekil 4'e baktığımızda yıllar içerisinde kaza sayıları 2020'ye kadar artmaktadır. Buradaki temel sebep devreye alınan santiral sayısındaki artış ve sektörde işe başlayan insan sayısıdır. Fakat son yıllarda iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri ile önlemlerinin artırılmasından dolayı, 2013 sonrası kaza sayılarında önceki yıllardaki artışa oranla düşüş görülmüştür. 31 Mart 2023 yılına kadar rüzgar enerji sahalarında yaşanan toplam kaza sayısı 3287 olup bu kazaların en önemli 3 türü: kanat parçalanması, yangın ve yapısal kazalardır. CWIF (Caithness Windfarm Information Forum) 2023 verilerine göre bahsedilen kaza grafikleri Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6 ile verilmiştir (Muratdağı, 2015; CWIF,2023).



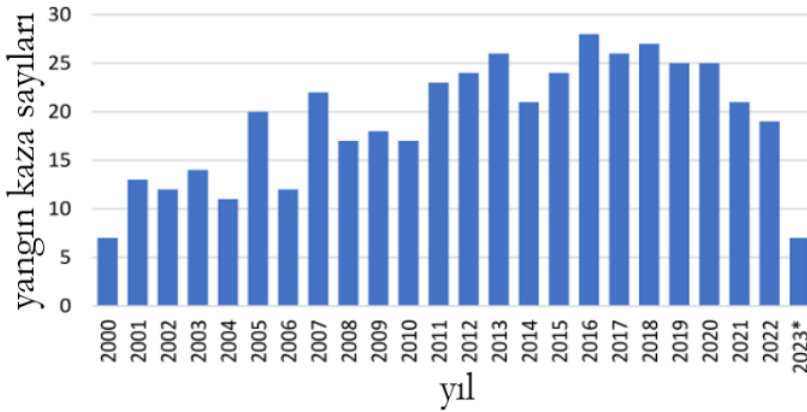
Şekil 4. 2000–31 Mart 2023 Arası Dünya’da Yaşanan Kaza Sayıları (CWIF,2023).

Kanat parçalanmasından kaynaklı 31 Mart 2023 tarihine kadar toplam 481 kazanın olduğu tespit edilmiştir (CWIF,2023). Bu kazaların yıllara göre sayıları aşağıda bulunan Şekil 5’de görülmektedir. Kanat arızası neticesinde türbinlerden kanat parçalanması ve parçaların etrafa saçılması riski bulunmaktadır. Bu konuya ilişkin ise 370 vaka tespit edilmiştir ve kanat parçalarının 1 mil kadar savrulduğu belgelenmiştir. Yaşanan kanat parçalanması üzerine ilişkin Almanya’daki olayda kanatlar insanların yaşadıkları binaların çatılarına düşmüştür. Bu sebeple rüzgar türbinlerinin yerleşim yerlerinden uzağa kurulması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Muratdağı, 2015).

Rüzgâr türbinlerindeki olaylarda ikinci sırada yangın kazaları yer almaktadır (You, Shaik, Rokonuzzaman, Rahman, ve Tan, 2023). Bu kazaların yıllara göre dağılımı Şekil 6'da görülmekte olup 31 Mart 2023 tarihine kadar toplamda 459 kazanın meydana geldiği görülmüştür (EWEA, 2009). Bu alanda en ölümlü iş kazaları Çin'de gerçekleşmiştir.

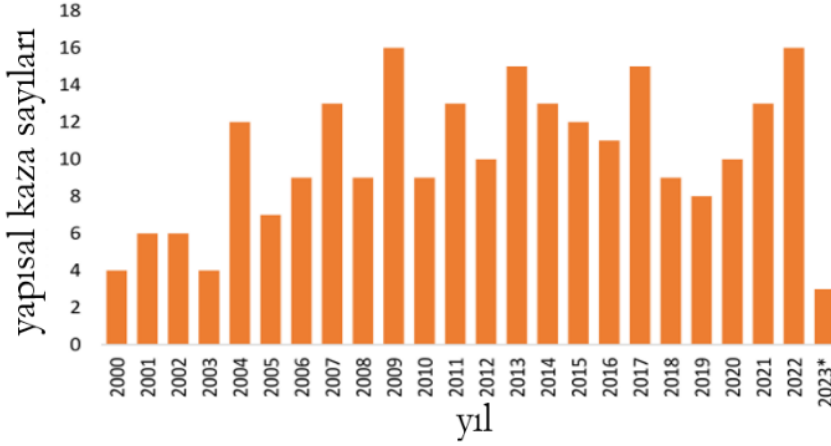


Şekil 5. 2000–31 Mart 2023 arası Dünya’da Yaşanan Kanat Parçalanması Kaza Sayıları Yıl (CWIF,2023)



Şekil 6. 2000–31 Mart 2023 arası Dünya’da Yaşanan Yangın Kaza Sayıları Yıl (CWIF,2023)

Rüzgâr enerji sahalarında üçüncü sırada en çok meydana gelen kaza türü olan yapısal kazalar ise Şekil 7’de görülmekte olup toplam kaza sayısı ise 243’tür (EWEA, 2009). Bu kazaların başlıca nedenleri olarak kurulum aşamasında yaşanan aksaklıklar, bakım onarım eksikliği ve kule çökmesi gibi sorunlar görülmektedir.



Şekil 7. 2000–31 Mart 2023 Arası Dünya’da Yaşanan Yapısal Kaza Sayıları Yıl (CWIF,2023)

Rüzgâr enerji sahalarındaki meslek hastalıkları üzerine 2012-2017 yılları arasında gerçekleşen ve kayıt altına alınan verilere bakıldığında, 2013 ve 2017 yıllarındaki vaka sayıları 2012 yılına göre yaklaşık 5 kat arasında artış göstermiştir. Veriler incelendiğinde 2013 verilerine göre vaka artışları kısmen azalırken 2017’de önemli bir artış söz konusu olmuştur. Vaka sayılarına ilişkin veriler Tablo 2’de görülmektedir (Gül, 2018).

Tablo 2. 2012-2017 Arasında Gerçekleşen Meslek Hastalık Sayıları (Gül, 2018).

Yıllar	Meslek Hastalığı Vaka Sayıları
2012	6
2013	27
2014	19
2015	13
2016	17
2017	36

Tablo 3’de görüldüğü üzere yaşanan toplam 148 ölümcül kazanın sonucunda sektörden 195 kişi hayatını kaybetmiştir. Ayrıca diğer 73 kişi ise sektör dışı, santral civarında kazaya uğrayanlardır. Tablo 3’te 2005 ile 2012 arası veriler öncesi ve sonrası arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Burada aynı zamanda Türkiye ve dünyada 2005 ile 2012 yılları İSG kanunlarının gündem geldiği ve bu alandaki eğitimlerin yoğunlaşmaya başladığı aynı zamanda dünya rüzgâr ener-

jisi kurulumlarının nerdeyse üstel artışa geçtiği bir dönemi işaret etmektedir. Rüzgar enerjisi ve ilgili konularda daha detaylı bilgi için kaynaklar incelenebilir (EWEA, 2009; Durak, ve Özer, 2012; Aytekin, Toğral, Yılmaz, 2015; Çelik, ve Utlu.,2013;Muratdağı, 2025;Gül, 2018; Beyan ve diğ. 2019; Aslan, ve Büyükkıncı, 2018; Karabal, 2021;Eyüboğlu ve Özfirat, 2023; Genç, Gündoğan ve Girgin, 2023).

Tablo 3. Yıllara Göre Yaşanan Ölümlü ve Yaralanmalı Kaza Sayıları (Öztürk ve diğ., 2021;Gül, 2018).

Yıllar	Ölümlü Kaza Sayıları	Yaralanmalı Kaza Sayıları	RES Toplam Kaza sayıları
2000 Öncesi	24	5	109
2000-2004	12	11	243
2005	4	6	71
2006	5	10	83
2007	5	16	125
2008	11	18	131
2009	8	9	131
2010	8	14	120
2011	15	12	170
2012	17	15	168
2013	5	9	174
2014	3	9	164
2015	8	9	153
2016	6	10	164
2017	9	13	185
2018	3	4	194
2019	5	7	181

3.2 Analiz

Tablo 3'te verilen istatistiksel tüm veriler arasındaki ilişki korelasyon analizi ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Korelasyon analizi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre tüm veriler için, Ölümlü kaza sayıları ile yaralanmalı kaza sayıları arasındaki korelasyon 0,606'dır. Bu değer, pozitif bir orta düzeyde korelasyonu işaret eder. Yani ölümlü kaza sayıları arttıkça yaralanmalı kaza sayılarının da arttığı gözlemlenmiştir, ancak bu ilişki çok güçlü değildir.

Tablo 4'e göre vurgulanan kısım, 2005-2012 yılları arasındaki ölümlü kaza sayıları ile yaralanmalı kaza sayıları arasındaki korelasyon 0,433'tür. Ölümlü kaza sayıları arttıkça yaralanmalı kaza sayılarının da artma eğiliminde olduğunu gösterir, ancak bu ilişki zayıf olarak nitelendirilebilir. Aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği eğitim ve önlemlerinin hissedildiği dönem olup, sektördeki üstel büyüme ve RES-İSG eğitimi almış çalışanların piyasada olamaması ile de açıklanabilir.

Tablo 4. Yıllara Göre Yaşanan Ölümlü ve Yaralanmalı Kaza Sayıları Arasındaki Korelasyon Analizi

Yıl Aralığı		Ölümlü Kaza Sayıları	Yaralanmalı Kaza Sayıları
2005-2019	Ölümlü Kaza Sayıları	1	
	Yaralanmalı Kaza Sayıları	0,606117484	1
2005-2012	Ölümlü Kaza Sayıları	1	
	Yaralanmalı Kaza Sayıları	0,433131371	1
2013-2019	Ölümlü Kaza Sayıları	1	
	Yaralanmalı Kaza Sayıları	0,741440285	1

Tablo 4'e göre c kısmı, 2013-2019 yılları arasındaki ölümlü kaza sayıları ile yaralanmalı kaza sayıları arasındaki korelasyon 0,741'dir. Ölümlü kaza sayıları arttıkça yaralanmalı kaza sayılarının da arttığı gözlemlenmiştir ve bu ilişki oldukça güçlüdür. Bu da İSG önlemlerinin arttığı ama sektörde türbin boyutlarının büyüdüğü döneme karşılık gelmektedir. Bu kazaların ilk defa karşılaşılan durumlar olmasını göstermektedir.

Sonuç olarak tüm veriler arasında orta düzeyde bir korelasyon görülmektedir. Diğer taraftan 2013-2019 yılları arasında ise korelasyon güçlü ve ölümlü kazalar ile yaralanmalı kazalar arasında daha belirgin bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Bir bakımdan iş sağlığı ve güvenliği konusu düşünüldüğünde, enerji sektörü ve birçok sektörde o alanın sağlık biriminde ve bilimlerinde de uzmanlaşma ve gelişmesinin öngörülmesi gerekmektedir. Fakat sektörün yeni olması kendi özelinde olan farklı riskleri barındırması gelecekte bu sahalar için özel uzman istihdamını da gerektirebilir.

Bu alanda ortaya çıkabilecek zorluklara bakacak olursak; çalışma yerlerinden uzak olmaları, zor hava şartları, yüksekte çalışma, yabani hayvanlar ve işin yapılacağı alanlara ulaşım zorlukları vb. bulunmaktadır. Sağlık sektöründe ise RES iş kazalarına özgü ilkyardımdan tedavi ve rehabilitasyon için uzmanlıklar ele alınmalıdır. Bu konuda daha detaylı bilgi için verilen kaynaklar incelenebilir.

4. Sonuç

İnsanoğlunun artan enerji gereksinimi düşünüldüğünde, tüketilen fosil yakıtların gelecek yıllarda tükenerek olması ve bu yakıtların çevreye vermiş olduğu zararlardan ötürü yenilebilir enerji kaynaklarına yönelim sağlamıştır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan ve yatırımları hızla artan rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi ülkemizde de hızlı bir biçimde artış göstermiştir. Rüzgâr enerji sektöründe meydana gelen iş kazalarına baktığımızda; taşıma sırasında oluşan kazalardan, tesis-te kurulum aşamasında oluşan kazalara, buzlanma, yangın, yıldırım, elektriksel arızalar gibi birçok kaza türleri yaşanmaktadır. Bu kaza türlerinin yaşanmaması adına alınabilecek önlemlerden en temel olanı İSG eğitimlerinin personellere düzenli olarak verilmesinden geçmektedir. Eğitim alan çalışanların eğitim dışında, donanımlı olmaları da gerekmektedir. Verilen eğitimler ile çalışanların farkındalıkları artırılmalı ve oluşabilecek riskler minimum duruma düşürülmelidir.

Ayrıca rüzgâr türbininden elde edilen enerji, elektrik enerjisine dönüştürüldüğünden ekstra dikkatli olunması gerekmektedir. Bu sebeple yönetmelik ve kanunların dikkatlice incelenmesi ve denetimlerin sıklıkla kontrolü sağlanmalıdır. Çalışma şartları ve koşulları sürekli iyileştirmeli ve riskler en aza indirgenmelidir.

Rüzgâr türbin üretim aşamasında kullanılan malzemelerden kaynaklı yaşanabilecek olan meslek hastalıklarının önüne geçmek amacıyla koruma önlemi olması için nitril eldiven, uzun kollu iş tulumu, filtreli toz maskesi ve vücudun açıkta kalan yerlerini özellikle soğuk yanığı, güneş yanığı veya kimyasal maddelere maruz kalma gibi durumlara karşı bariyer kremler ile korumak önerilmektedir.

Rüzgâr enerji sahalarında kanat parçalanmasından dolayı parçaların çevreye saçılarak etrafındaki canlılara ve yapılara zarar gelmesinin önüne geçmek amacıyla CWIF, rüzgâr santrallerinin yerleşim alanından minimum 2 km uzağa inşa edilmesi bilgisi uygulanmalıdır. Böylece insanların güvenlik endişeleri giderilmelidir.

Kanatlarda meydana gelen buzlanma riskine karşı türbin kanatlarına ısı sensörleri yerleştirilmektedir ve buzlanmanın önlenmemesi durumunda türbin otomatik olarak durmaktadır. Buzlanmanın olabileceği hava koşullarında zorunlu olmadıkça çalışanlar türbin civarında çalışmamalıdır ve uyarı ikaz levhaları ile kazaların önlenmesi amaçlanmalıdır. Hurdaya ayrılacak türbin parçaları adına her ne kadar ülkemizde henüz hurda dönüşümü için uzun yıllar olsa da ülkemiz adına da hazırlıklar yapılmalıdır.

Rüzgâr enerjisi santrallerinde (RES), iş sağlığı ve güvenliği (İSG) kapsamında tedbirler, risk yönetimi ve ilgili mevzuat hakkında bilgilendirici eğitimler düzenlenmektedir. Ancak, marjinal rüzgâr hızları ve yıldırım risklerine ilişkin araştırmaların yanı sıra, kazalar üzerine yapılan incelemelerin daha kapsamlı hale getirilmesi ve güçlendirilmesi gerekmektedir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Bayram KÖSE, bilimsel yayın araştırması, modelin kurulması, makalenin oluşturulması, makalenin sonuçların analizi ve yorumlanması; Can UZUN, verilerin toplanması, Ahmet Orhan İNCİ, verilerin toplanması, bilgisayara ortamına aktarılması, konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynakça

- Aslan, E., & Büyükkakıncı, B. Y. (2018). Rüzgâr enerji santrallerinde çalışma güvenliği alanında verilen eğitimlerin personel üzerindeki etkileri. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 13(51), 1-15.
- Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Direktifi. (2009). 2009/28 / EC, Avrupa Birliği içinde yenilenebilir enerji kullanım seviyelerini zorunlu kılan bir Avrupa Birliği direktifi. (2009, 23 Nisan).
- Aydın, M. G. (2020). Rüzgâr enerji santrallerinde işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından riskler ve bir örnek alandaki risk değerlendirmesi , *YL tezi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*.
- Aytekin, A., Toğral, A., & Yılmaz, Ö. (2015). Epoksi Reçineleri ve Mesleki Dermatozlarla İlişkisi. *Ankara Medical Journal*, 15(2).
- Beyan, A. Coşkun., Bahadır, H., Çımrın, A. (2019). Rüzgar Tribünü Üretim İşİ Ve Meslek Astimi Riski: Yeşil Enerji Ne Kadar Yeşil? *İzmir Göğüs Hastanesi Dergisi*, 33(2), 103-109.
- CWIF, (2023). <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics> (erişim: Mayıs, 2024)
- Çelik, Ö., & Utlü., Zafer, (2013). Rüzgar Enerji Santrallerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Uygulamaları. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 5(19), 57-64.
- Çiçek, Ö., ve Öçal, M. (2016). Dünyada ve Türkiye’de İş Sağlığı ve İş Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi. *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 5 (11): 107-129. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/263389>
- Demir, Mehmet Ali., Yakışık, Harun (2024). *Enerjinin Tarihsel Gelişimi, İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 13 (3), 1333-1353. <https://doi.org/itobiad.1500506>

- Durak, M., Özer, S., (2012), Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama, https://enerji.mmo.org.tr/wp-content/uploads/2021/05/RUZGAR-ENERJISI-TEORI-VE-UYGULAMA_MURAT-DURAK-PDF.pdf
- EWEA. (2009). Krohn, S. (editor), Morthorst, P. E., and Awerbuch, S., "The economics of wind energy", A Report By The European Wind Energy Association, (2009).
- Eyüboğlu, A. K., & Özfirat, M. (2023). Rüzgâr Enerjisi Tesislerinde Başlıca Tehlikelerin HTEA Risk Analiz Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 1(1), 1-11.
- Genç, M., Gündoğan, M., Girgin, Ö. (2023). Rüzgar Türbini Temellerinde Sık Karşılaşılan Yapısal Problemler, 7. İzmir Rüzgâr Sempozyumu, 21-22 Eylül 2023, İzmir
- Gül, F. (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımında İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarının Araştırılması (Doctoral dissertation, *Necmettin Erbakan University* (Turkey)).
- Gül, Fatih., (2018), Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımında İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarının Araştırılması, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, YL tezi
- İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. (2012). Resmi Gazete (Sayı:28339) (30.06.2012), Kanun no:6331, İş Güvenliği Uzmanlarının Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkında Yönetmelik. (2012, 29 Aralık). Resmî Gazete (Sayı: 28512).
- Karabal, A. (2021). İş sağlığı ve iş güvenliği. *Uluslararası Batı Karadeniz Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 5(1), 1-21.
- Karayolları Trafik Yönetmeliği. (2014). Araç Kullanma Sürelerine Uyuma Mecburiyeti Ve Denetleme Esasları, <https://mevzuat.gov.tr/anayasa/MevzuatFihristDetayIframe?MevzuatTur=7&MevzuatNo=8182&MevzuatTertip=5> (erişim 4 Ekim 2024)
- Köse, B., (2018) Rüzgar Hız Ve Potansiyelinin Stokastik Süreçlerle Modellenerek Karabük İlinde Uygulanması, *Karabük Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Enerji Sistemleri Mühendisliği, Doktora Tezi*
- Köse, Faruk, Özgören, Muammer, (2010), Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Ölçümü ve Rüzgâr Türbini Seçimi, *Mühendis ve Makina - Cilt: 46 Sayı: 551*
- Liu, P., & Barlow, C. Y. (2017). Wind turbine blade waste in 2050. *Waste Management*, 62, 229-240.
- Muratdağı, Tolga, (2015), Rüzgar Türbinlerinin Kurulum ve Bakım Süreçlerin-

deki Risklerin Tespiti, Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerilerinin Sunulması Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi Ankara, 2015

Muratdağı, T. (2015). Rüzgar Türbinlerinin Kurulum ve Bakım Süreçlerindeki Risklerin Tespiti, Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerilerinin Sunulması. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi sayfa, 18-54.

Öztürk, E., Şimşek, H., Altuntaş, Ş. (2021). Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Bakımından Değerlendirilmesi. *İSG Akademik*, 3(1), 127-144.

Papp, T., Schiffmann, D., Weiss, D., Castranova, V., Vallyathan, V., Rahman, Q. (2008). Human health implications of nanomaterial exposure. *Nanotoxicology*, 2(1), 9-27.

Turğut, Melek Mengeş., (2022), Kalite Yönetim Sisteminin İş Sağlığı Ve Güvenliğinde Farkındalık Oluşturmaya Etkisi İstanbul Rumeli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,

TÜBA. (2019). TÜBA-Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri Raporu. [https://tuba.gov.tr/files/yayinlar/ raporlar/TÜBA-Rüzgâr%20Enerjisi%20 Teknolojileri%20 Raporu.pdf](https://tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/TÜBA-Rüzgâr%20Enerjisi%20Teknolojileri%20Raporu.pdf)

Yakan, Akın. (2021) Rüzgar Enerji Santrallerinin Çevre Üzerinde Etkileri ve Hukuki Değerlendirmesi, 20 Aralık 2021, <https://akinyakan.av.tr/ruzgar-enerji-santrallerinin-cevre-uzerinde-etkileri-ve-hukuki-degerlendirmesi/> (erişim 4 Ekim 2024)

You, F. , Shaik, S., Rokonuzzaman, M., Rahman, K. S. and Tan, W. S., (2023) "Fire risk assessments and fire protection measures for wind turbines: A review," *Heliyon*, vol. 9, no. 9, p. e19664, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19664.