

Latin Kare Tasarımı ile Farklı Sektörlerdeki İş Kazalarının Analizi

Analysis of Occupational Accidents at Different Sectors with Latin Square Design

Fatma ÇİÇEK¹, Ayça ATA^{2*}, Bikem ÖVEZ²

¹ Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, 35100, İzmir, Türkiye

² Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye

Öz

Dünya nüfusundaki artış ile doğru orantılı olarak artan üretim, ekonomik büyüme ve teknolojik gelişmeler ile petrol, kömür, doğal gaz, nükleer, hidrolik gibi gerek fosil gerekse yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep de artmaktadır. Kömür rezerv değerleri göz önüne alındığında, global olarak kömür üretim ve tüketimine yönelik teknolojik gelişmelerin devam edeceği öngörülmektedir. Türkiye için de, sera gazı salınımları doğrultusunda alınan önlemlere göre kömüre dayalı elektrik üretimi azalım gösterse de, dünya genelindeki enerji arz paylarındaki artış ile trende uyum göstermesi beklenmektedir. Ülkemizdeki ekonomik yeri ve üretim sürecinin doğası gereği en riskli iş kollarından biri madencilik sektörüdür. Avrupa bazında, bu sektörde yaşanan can kayıplarının %59'unun Türkiye'de olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, 17 farklı Avrupa ülkesi için ILOSTAT verileri ile tarım, üretim, inşaat, maden ve diğer sektörlerde 2009 – 2019 yıllarında meydana gelen iş kazalarında yaşanan can kayıpları incelenmiştir. Tarım dışında tüm sektörlerde Türkiye en çok kayıp veren ülke olmuştur. İş kazası riski göz önünde tutularak kömür üretimine sahip ve madencilik sektöründe en çok kayıp veren Türkiye, Polonya, Çek Cumhuriyeti ve Almanya verileri Latin Kare Tasarım deneysel düzeninde, yıl, ülke ve sektör değişkenleri ile Genel Doğrusal Model ile istatistiksel olarak incelenmiştir. ANOVA analizi ile her değişkenin tekil ve ikili etkileşimleri ($p < 0,05$) önemli bulunmuştur. Model içerisindeki en önemli değişken ülke iken; modelin belirleme katsayısı (R^2) %99,1, düzeltilmiş (R^2_{Adj}) ve kestirimli (R^2_{Pred}) belirleme katsayısı değerleri ise sırasıyla %97,9 ve 95,2 olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak, ülke bazında can kaybı riski sıralaması, Türkiye, Almanya, Polonya ve Çek Cumhuriyeti şeklinde azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kömür, Latin Kare Tasarım, ILOSTAT, İş Kazası, Ekonomik Faaliyet Sınıfı.

Abstract

Within the increase in production, growth and technological developments related directly to an increase in world population, demand for both fossil and renewable energy sources such as oil, coal, natural gas, nuclear and hydraulics is also increasing. The predictions show that technological developments for global coal production and consumption will progress by considering the coal reserves. Although the coal-based electricity production has gradually decreased in Turkey due to the precautions taken to reduce greenhouse gas emissions, an increase is expected due to energy supply in the world. Mining sector has the highest risk for casualty due to its economic value and nature of the production processes and 59% of deaths of this sector occurred in Europe were reported by Turkey. In this study, the ILOSTAT data for casualties in occupational accidents in agriculture, production, construction, mining and other sectors for 17 different European countries between 2009-2019 were examined. Turkey was determined as the country with highest casualty for all sectors except agriculture. Considering the occupational accident risk, Turkey, Poland, Czech Republic, and Germany data, that have coal production was analyzed statistically with Latin Square Design layout using year, country and sector variables, by using the General Linear Model. According to the ANOVA results, the singular and binary interactions have been determined as significant ($p < 0,05$). The most significant variable was found to be the country, R^2 , R^2_{adj} , and R^2_{pred} regression coefficients were determined as 99.1%, 97.9%, and 95.2%, respectively. Statistically, the risk of casualty decreases as Turkey, Germany, Poland and Czech Republic on a country basis.

Keywords: Coal, Latin Square Design, ILOSTAT, Occupational Accident, Economic Activity Class.

I. GİRİŞ

Dünya genelinde, gerek gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesinde gerekse uluslararası politikaların temelinde enerji önemli bir yere sahiptir. Gelişmişlik düzeyine paralel olarak yaşanan teknolojik gelişmeler ile birlikte enerji tüketimi hızlanmaktadır. Artan enerji taleplerinin karşılanmasında, yenilenebilir (hidrolik, jeotermal, rüzgar, gelgit, güneş enerjisi, nükleer ve biyoyakıt ve atık) ve yenilenemeyen (petrol, kömür, ve doğalgaz) birincil enerji kaynakları kullanılmaktadır. Dünya birincil enerji arzı 1971 ve 2013 yılları arasında iki kattan fazla artarak 13541 mtep (milyon ton eşdeğer petrol) düzeyine ulaşmıştır. [1, 2]. 2019 yılına gelindiğinde ise bu değer %6,4 düzeyinde bir artış ile, 14406 mtep (milyon ton eşdeğer petrol) olmuştur. Şekil 1'de dünya genelinde, 1971-2019 yılları arasında birincil enerji kaynaklarının değişimi verilmiştir. Bu süreçte, yenilenemeyen (fosil) enerji kaynaklarının payı %86,8 seviyesinden %80,9 değerine gerileyerek birincil enerji

tüketiminde fosil yakıtlara bağımlılığın devam etmekte olduğunu göstermektedir [3]. Enerji tüketimi açısından dikkat çeken bir diğer olgu ise, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin gittikçe artmasıdır. Şekil 1’de görüldüğü gibi, hidrolik, nükleer ve biyoyakıt gibi kaynaklar dışında alternatif kaynaklar da enerji ihtiyacının karşılanmasında değerlendirilmektedir.

Dünya’da fosil enerji kaynaklarına baktığımızda rezerv değerleri, kömür, doğalgaz ve petrol sıralamasında azalmaktadır. Rezervler açısından asıl sorun ise; özellikle petrol ve doğalgaz kaynakları açısından dünya yüzeyinde coğrafi anlamdaki “eşitsiz” dağılımdır. Kömür için ise, diğer iki fosil kaynağa göre çok daha “dengeli” bir dağılım vardır ve bu özelliği de kömürün, özellikle arz güvenliği açısından, stratejik bir avantajını oluşturmaktadır [5]. Şekil 2’de dünya genelinde; 2009-2020 yılları arasındaki TWh eşdeğerliğindeki kömür üretimi (Şekil 2a) ve tüketimi (Şekil 2b) ile ortalama kömür fiyatları dağılımı (Şekil 2c) gösterilmiştir.

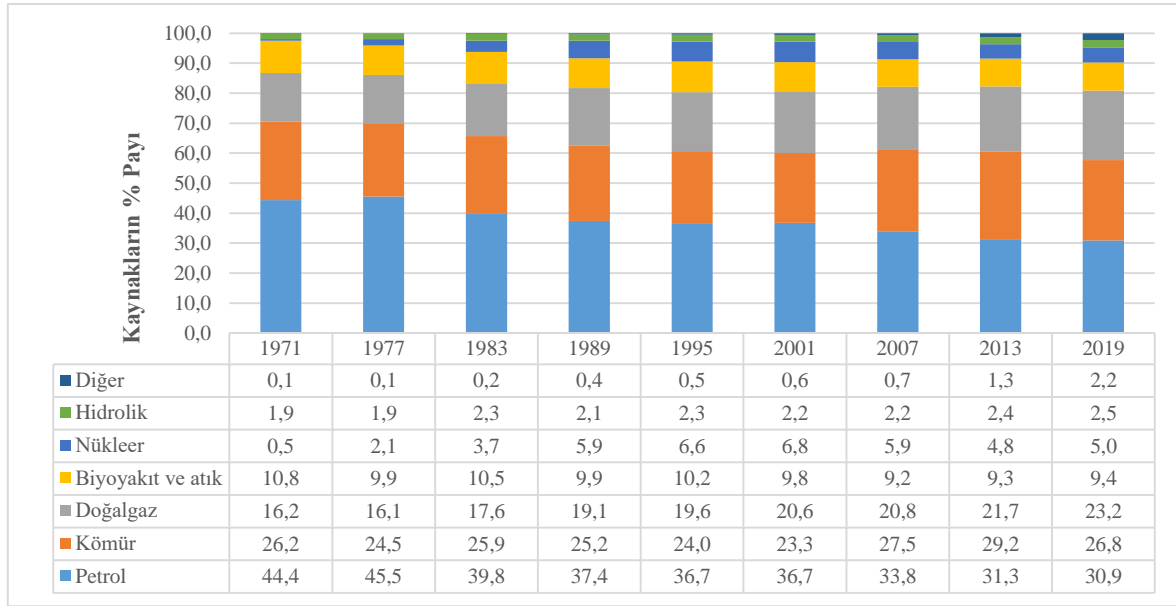
Özellikle 2013-2016 yılları arasında üretim ve tüketim değerlerinde bir düşüş gözlenirken sonrasında yeniden artış eğilimi görülmüştür. Buna göre ortalama 45000-46000 TWh (Saat başına terawatt) üretime karşılık, 44000 TWh tüketim görülmüştür. Ayrıca dünya genelinde ağırlıklı olarak kömür fiyatları ton başına 70\$ civarındadır. Kömürün enerji kaynağı olarak değerini artıran en önemli sebeplerden biri de ikincil enerji kaynağı olarak elektrik üretimindeki yeridir. 2019’da global olarak 26942 GWh (saat başına gigawatt) elektrik enerjisinin %36,6’i kömür, %23,4’ü doğal gaz, %2,9’u petrol, %10,4’ü nükleer, %15,9’u hidrolik ve 10,8’i hidrolik harici yenilenebilir kaynaklardan üretilmiştir. Yenilenebilir kaynakların toplam payı sadece %26,7 olmuştur [7]. Uluslararası Enerji Ajansı’nın (IEA) yapmış olduğu çalışmalara göre, dünyada birincil enerji kaynakları tüketiminin 2035 yılında 18676 Mtep’e ulaşması öngörülmekte ve birincil enerji kaynakları içinde kömür tüketiminin %30 pay ile ilk sırada yer alması beklenmektedir [8]. Kömür tüketimindeki artış, elektrik enerjisi üretiminin yanı sıra çelik üretimi ile çimento endüstrilerindeki gelişmelere bağlanabilmektedir [9]. 2009 yılında Avrupa Birliği Ülkelerinden başta Almanya olmak üzere, Polonya, Birleşik Krallık, İspanya, Çek Cumhuriyeti, Yunanistan, Bulgaristan ve Slovenya gibi ülkelerde de kömürden elde edilen elektrik enerjisi, ülkelerin toplam elektrik enerjisi üretimlerinin % 60’ından fazlasına denk geldiği görülmektedir [10].

Bu aşamada önemli olan bir diğer husus ise; enerji kaynaklarının yeryüzündeki dağılımı ve bu enerji kaynaklarının çevresel boyutlarıdır. Dünya genelinde ve Avrupa ülkelerinde kömür rezervlerinin dağılımı ve kömür, yağ, gaz, çimento, alevlenme ve endüstri kaynaklı CO₂ emisyonları Şekil 3’de verilmiştir. Şekil

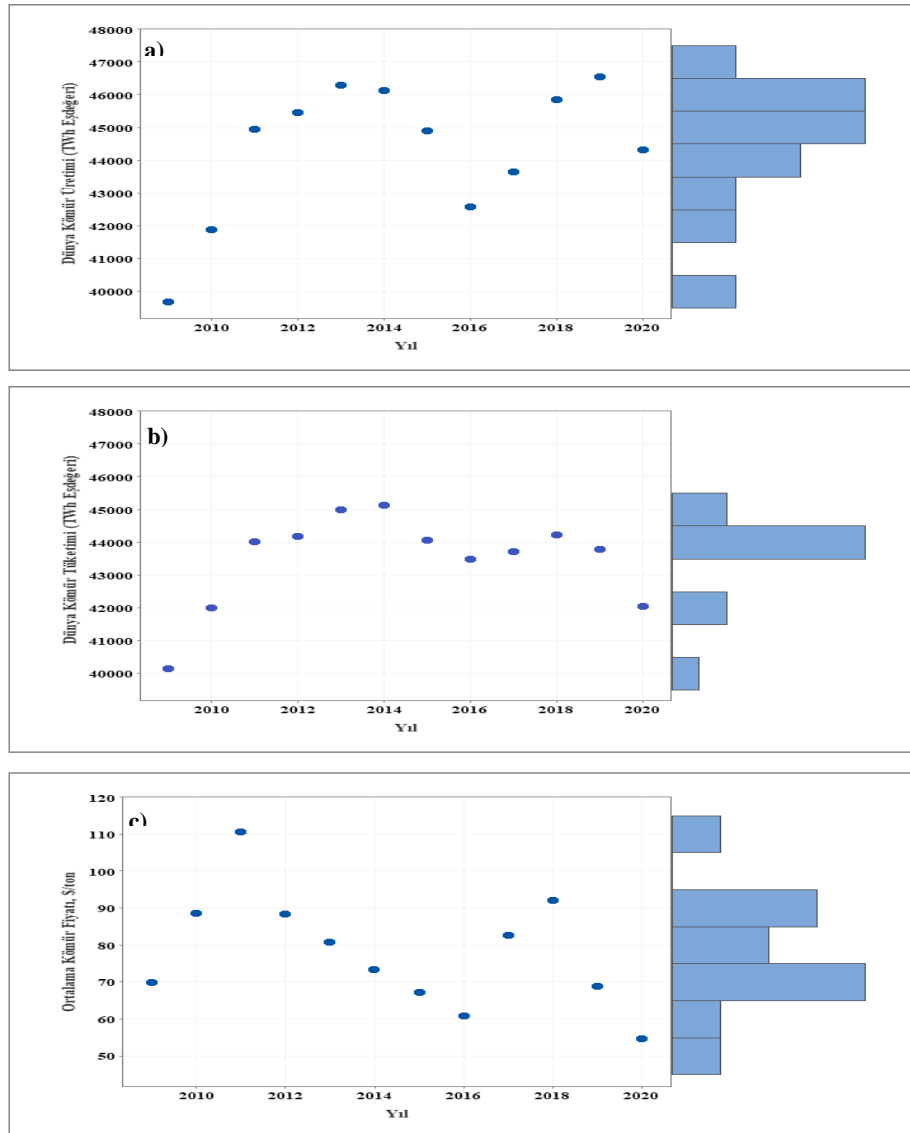
3a’da gösterildiği gibi, 2020 yılı itibarıyla dünya genelinde kömür rezervleri yaklaşık 1070 milyar ton seviyesinde iken, en önemli rezerv kaynağı 459,75 milyar ton ile Asya Pasifik bölgesidir. Ardından 256,73 milyar ton ile Kuzey Amerika ve 190,66 milyar ton ile Bağımsız Devletler Topluluğu (CIS) gelmektedir. Ülke bazında ise rezerv açısından ilk sırayı %23,3 ile ABD (248,9 milyar ton) almakta, bu ülkeyi Rusya (162,2 milyar ton), Çin (143,2 milyar ton) ve Hindistan (111,1 milyar ton) takip etmektedir. Avrupa genelindeki kömür rezervi ise; 137,2 milyar ton seviyesinde olup, dünya genelindeki payı %12,8’dir. Şekil 3b’de gösterildiği gibi; Almanya 35,9 milyar ton ile birinci sırada yer alırken; Polonya ise 28,4 milyar ton kömür rezervine sahiptir. Türkiye’nin kömür rezervi ise 11,5 milyar ton civarındadır. İsveç, İtalya, Finlandiya, Avusturya, Fransa, Norveç ve Portekiz ülkeleri için herhangi bir rezerv verisi bulunmamaktadır [6].

Son yıllarda ve özellikle Kyoto Protokolünün AB Ülkeleri tarafından kabul edilmesi ve bu kapsamda enerjide farklı politikaların gelişmesi, toplumlarda kısa sürelerde var olan ve özellikle fosil yakıt kökenli enerji kaynaklarından vazgeçileceği gibi bazı algılar oluşturmuş ancak gerçekte pek çok ülke kendi öz kaynakları başta olmak üzere ağırlıklı olarak fosil yakıtları kullanmaya devam etmiştir [10]. Fosil kaynakların neden olduğu küresel iklim değişikliği ve daha farklı çevre sorunları sonucu karbon emisyon oranları karşılaştırıldığında, ortalama 15 milyon ton CO₂ emisyonu ile kömür ilk sırada yer almaktadır (Şekil 3c). CO₂ emisyon sıralamasında, kömürü yağ ve gaz kaynakları sonrasında çimento, baca gazları ve diğer endüstrilerden kaynaklı salımlar takip etmiştir. Bu değerler kapsamında, karbon emisyon oranı yüksek olan gelişmiş ülkelerin Kyoto Protokolü’ndeki taahhütlerine bağlı olarak bu emisyonları azaltmaları gerekmekte ve yenilenebilir enerji arayışları öne çıkmaktadır. [11].

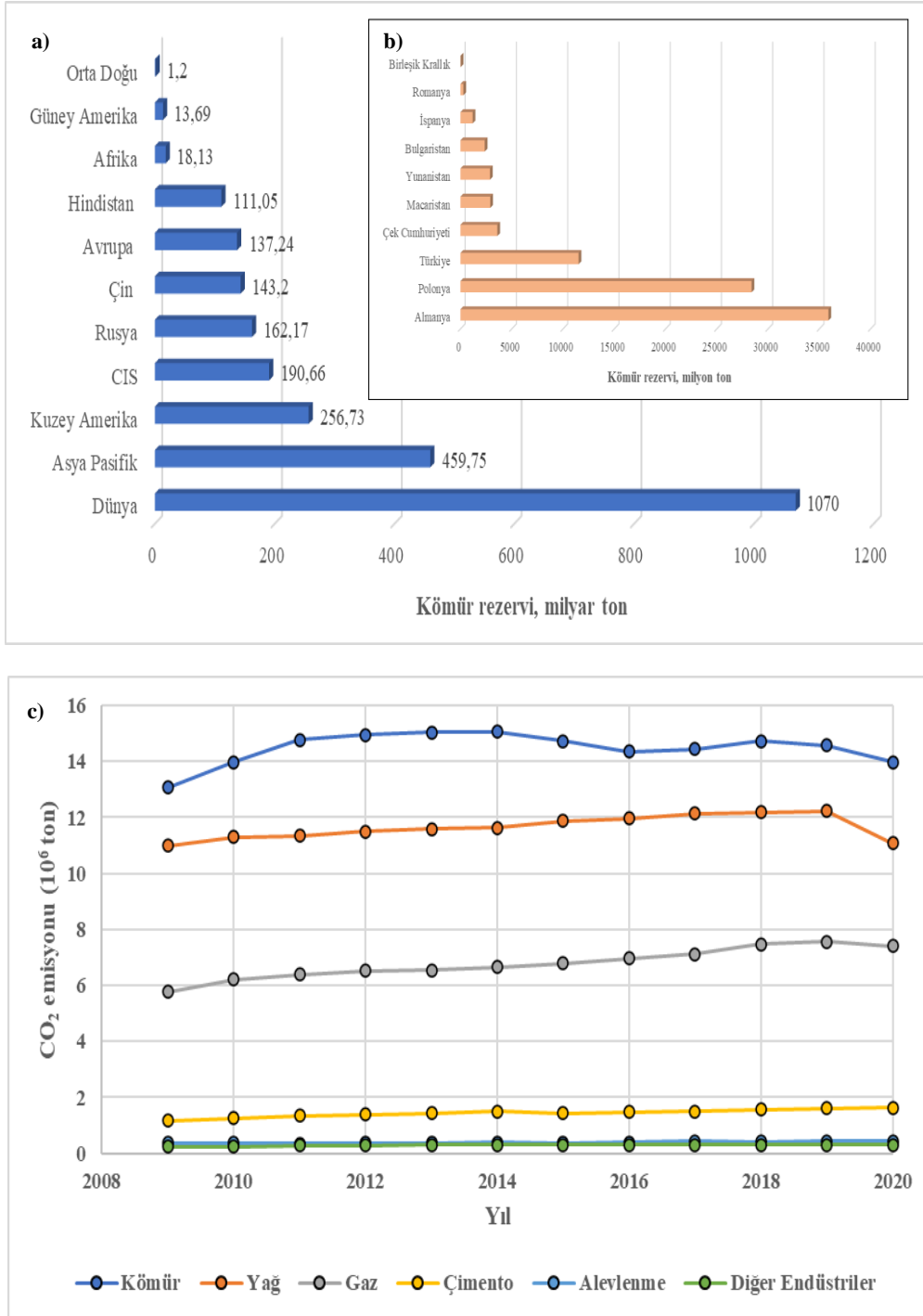
Kömür için dünya bazında yapılan değerlendirmenin bölgesel bazdaki değişimi göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 4’de 2009-2020 yılları arasındaki Asya, Amerika, Avrupa, Afrika, Bağımsız Devletler Topluluğu (CIS) ve Orta Doğu olarak bölgesel bazda kömür üretim, tüketim değerleri ve fiyat değişimi incelenmiştir. Bölgesel kömür üretimi (Şekil 4a) ve tüketimi (Şekil 4b) incelendiğinde Asya ülkelerinin öncülüğü ortaya çıkmaktadır. Kömür üretimi ve tüketimi noktasında, Asya, Kuzey Amerika ve Avrupa sıralaması görülmekte, 2018 ve sonrasında Kuzey Amerika’nın kömür üretim ve tüketimindeki bağlı katkısının düştüğü, Avrupa içinde kömür üretimi düşerken tüketim değerinin korunduğu görülmüştür. Kömür fiyatları için genel olarak üç bölge içinde benzer trendler gözlenmekte, 2018 sonrası kömür fiyatlarındaki global düşüş dikkat çekmektedir (Şekil 4c).



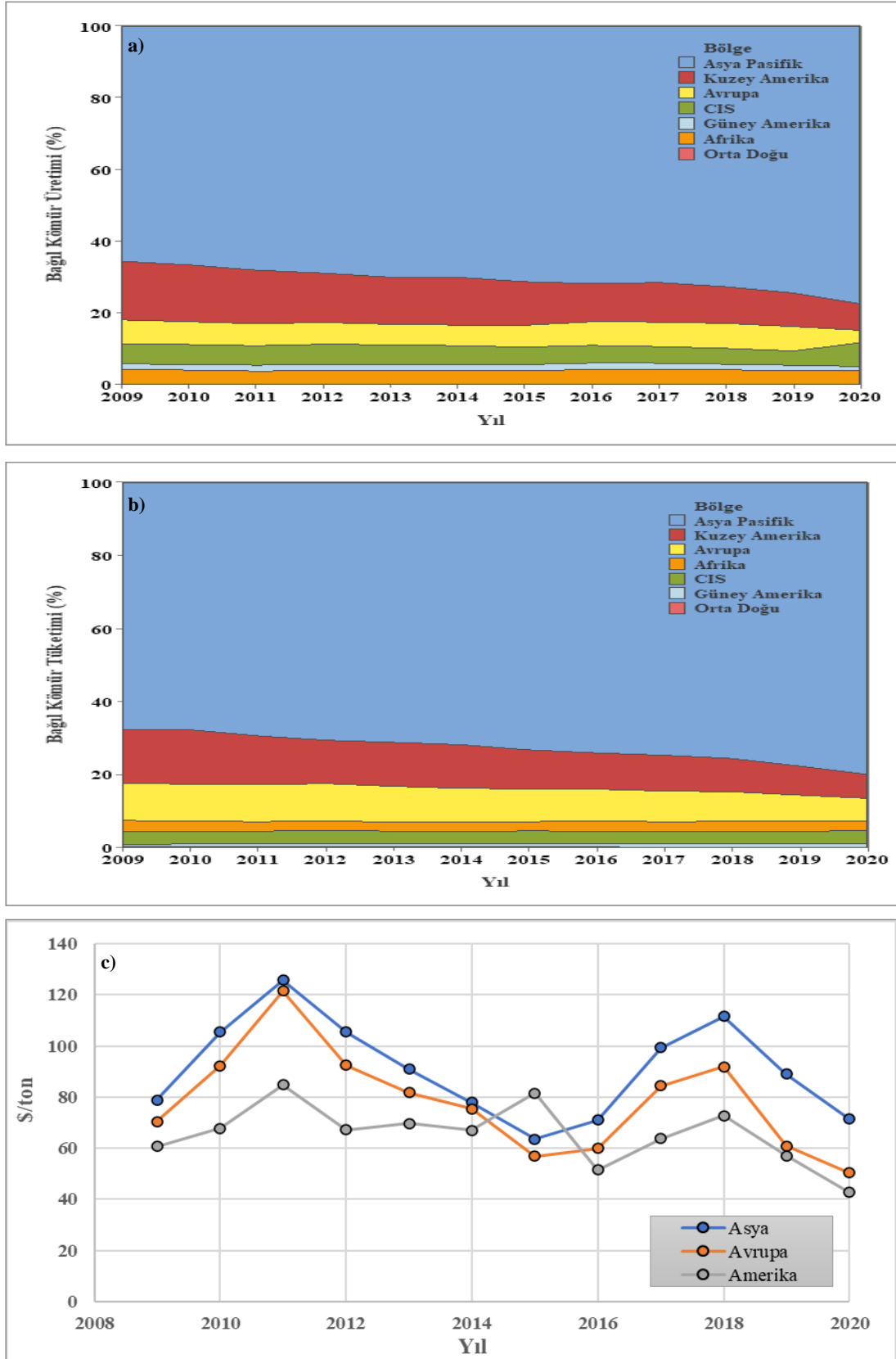
Şekil 1. Dünya birincil enerji kaynaklarının payları (%) [1-3-4]



Şekil 2. 2009-2020 yılları arasında dünya genelinde TWh eşdeğerlikli a) kömür üretimi b) kömür tüketimi c) ortalama kömür fiyatı (\$/ton) değişimi [6]



Şekil 3. a) Dünya genelinde ve farklı ülkelerde kömür rezervleri, b) Avrupa ülkelerinde kömür rezervleri, c) farklı kaynaklar için CO₂ emisyonları [6]



Şekil 4. 2009-2020 yılları arasında bölgesel olarak bağli a) kömür üretimi b) kömür tüketimi c) kömür fiyat (\$/ton) değişimi [6]

Tablo 1’de verildiği gibi; Avrupa genelinde ise; kömür üretiminde Polonya, Almanya, Çek Cumhuriyeti, Türkiye sıralaması görülürken; tüketim noktasında Almanya, Polonya, Türkiye ve Çek Cumhuriyeti şeklinde bir sıralama geçerlidir. İsveç, İtalya, Finlandiya, Avusturya, Fransa, Norveç ve Portekiz ülkeleri için 2016 yılı ve sonrasında kömür üretimi görülmektedir [6].

Ülkemiz özelinde ise; mevcut fosil enerji kaynakları içerisinde en önemli ekonomik pay kömüre aittir. Bu paya paralel olarak, yaklaşık 6,5 milyon kişi kömür madenciliği, işleme ve dağıtımında çalışmakta iken, tahmini 2,5 milyon kişi de kömürle elektrik üretimi ve ilgili alanlarda çalışmaktadır [9].

Sadece ülkemizde değil tüm dünyada, kömürün yerel bir kaynak olarak ekonomiye kazandırılması yanında iş kazalarını ve riskleri de getirmektedir. Kömür endüstrisinin en tehlikeli bölümü olan kömür madenciliğinde can kayıplarının en fazla görüldüğü (%70) ülke, en büyük kömür üreticisi (22171 TWh) olan Çin’dir [6, 12]. Türkiye’de Türkiye Maden Mühendisleri Odası verilerine göre, 2010 – 2015 döneminde toplam 404 kömür madeni kazası meydana gelmiş olup bunların 232’si ölümcül kazalar olmuştur ve bu kazalarda 544 can kaybı, 374 yaralanma vakası belirlenmiştir. 2014 yılında Soma – Eynez kömür madeni kazası, yaşanan 301 can kaybı ile Türkiye Cumhuriyeti tarihi boyunca madencilik sektöründe yaşanan en büyük teknolojik afettir [13]. Dolayısıyla, kömür enerji payı ile dünya genelinde önemini korurken, politik, ekonomik, çevresel ve toplumsal boyutları ile uzun yıllar daha tartışılmaya devam edecektir.

Madencilik sektöründe yaşanan can kayıplarının boyutları göz önüne alınarak farklı sektörel iş kazalarındaki can kayıplarının değerlendirilmesi adına yıl, ülke ve sektör değişkenlerine göre bu çalışmada, bir deneysel tasarım uygulamasına da yer verilmiştir. Deneysel Tasarım, genellikle ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve süreç verimliliğini geliştirmek amacıyla kullanılan bir istatistik uygulama metodolojisidir. Bu metodolojide, çalışmayı etkileyen faktörler sistematik bir şekilde değiştirilerek, çıktıların iyileştirilmesi ve kontrollü hedeflenmektedir.

Değişkenlere bağlı olarak kontrollü ve kontrol olanağının kısıtlı olduğu deneysel düzenler kullanılır. Kontrollü deney tasarımlarında, test öncesi ve test sonrası kontrol gruplu veya Solomon Deneysel Düzenleri uygulanabilir. Ancak, canlıların değişken olarak yer aldığı çalışmalarda kontrol olanağı kısıtlı olup, bu tip çalışmalarda en sık kullanılan düzenler

arasında Latin Kare Tasarımı vardır [14]. Literatür çalışmalarında da görüldüğü üzere (Tablo 2), Latin Kare Tasarım düzeni çok farklı çalışma alanlarında uygulanabilmekte ve özellikle gerçek hayat ile insan faktörünün temel olduğu çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir.

Latin Kare Tasarım düzeni sadece mühendislik problemlerinde değil [15, 17], aynı zamanda farklı sosyal problemlerde de kullanılabilir [21, 22]. Örneğin, Johanson ve diğ. (2012) tarafından inme veya travmatik beyin hasarından (TBH) sonra meydana gelen zihinsel yorgunluk, işe dönme ve sosyal aktiviteleri sürdürme zorluklarına karşı OSU6162 adlı monoaminerjik stabilizatör denemesi Latin Kare tasarım düzenine göre çalışmıştır [15]. Sharif ve diğ. (2020) yılında ise, farklı polietilen mavi ekranların *Stomoxys calcitrans* tuzaklamasındaki etkinliğini incelemiştir [24]. Roque ve diğ. (2019) yılında ise inekler üzerinde yaptığı çalışmada *Asparagopsis armata* adlı yosunun beslenmeye eklenmesi ile metan emisyon değişimi 3x3 lük bir Latin kare tasarım düzeninde incelemiştir [25]. Raju ve diğ. (2021) farklı trafik ihlallerinin yıl bazlı kaza sayısına etkisini [23], Önder ve Abacı (2020) ders başarısını etkileyen faktörlerin belirlenmesinde [20], Çınar (2019) ise promosyonlu ürünlerin tüketicilerin karar alımlarına etkisinde Latin Kare Tasarım düzenlerini uygulamışlardır [26].

Latin Kare Tasarım düzenlerinde, istatistiksel analiz doğruluğunu artırmak için tekrarlar yöntemi de uygulanmaktadır. Örneğin aynı birey ve aynı periyot içerisinde farklı gözlemler elde ediliyor ise Tip 1 [16], özellikle laboratuvar hayvanlarının kullanıldığı her denemenin farklı deneklerle gerçekleştirildiği deneysel süreçlerde; Tip 2 tekrarlar yöntemi uygulanmaktadır [19]. Sonuç üzerindeki incelenecek faktör sayısının çok fazla olduğu çalışmalarda Tip 3 tekrarlar yöntemi uygulanmaktadır. Örneğin, Macedo ve diğ. (2021) yılında yaptıkları çalışmada farklı hormonların doz ve zaman değişkenlerine bağlı olarak inekler üzerindeki etkisini incelemiştir [20]. Tip 4 tekrarlar düzeni için ise, her değişken farklı seviyelerindeki değişimler esas alınarak farklı örnekleme gruplama üzerindeki etkiler incelenmektedir. İlaç denemeleri bu tip tekrarlar düzenlerine örnek verilebilmektedir.

Bu çalışmada, birincil enerji kaynağı olarak kömürün çevresel, ekonomik, ve toplumsal boyutları incelenip, ILOSTAT ekonomik faaliyet sınıflandırılmasına göre, 2009 – 2019 yıllarında meydana gelen iş kazalarında can kayıplarının Latin Kare Tasarım düzeninde istatistiksel analizi hedeflenmiştir.

Tablo 1. 2009-2019 yılları arasında Avrupa ülkelerindeki TWh eşdeğerliğinde kömür üretimi ve tüketimi

Ülke	Kömür Üretimi (TWh)						Kömür Tüketimi (TWh)					
	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2009	2011	2013	2015	2017	2019
Türkiye	202	208	180	149	175	202	359	394	367	404	459	488
Romanya	76	77	54	55	52	46	88	95	69	70	63	58
Polonya	656	648	665	616	579	519	603	639	621	566	579	516
İspanya	44	31	20	14	13	18	110	149	133	159	156	44
İtalya	>1	>1	>1	>1	0	0	144	178	157	143	112	78
Çek Cumhuriyeti	243	244	207	197	178	156	212	215	197	190	181	167
Bulgaristan	54	72	56	68	66	57	74	94	68	76	71	59
Almanya	540	543	525	498	458	331	834	911	963	915	836	624
Portekiz	0	0	0	0	0	0	33	26	31	38	38	15
Birleşik Krallık	128	134	93	63	24	18	346	366	430	268	105	60
Fransa	0	0	0	0	0	0	125	114	134	100	106	74
Norveç	22	11	15	9	0	0	7	10	9	9	10	9
Yunanistan	95	87	78	66	53	60	98	92	81	65	56	60
Avusturya	0	0	0	0	0	0	33	40	38	38	37	33
Finlandiya	0	0	0	0	0	0	62	64	58	44	47	41
Macaristan	18	19	19	18	15	12	30	32	27	27	26	21
İsveç	0	0	0	0	0	0	23	29	25	23	23	23

Tablo 2. Latin Kare Tasarım düzeni ile farklı araştırma uygulamaları ve değişkenleri

Araştırma Konusu	Değişkenler	Kaynak
İnme veya Travmatik Beyin Hasarı (TBH) Sonrası Stabilizatör Denemesi	Stabilizatör Çeşidi, Tedavi ve Tedavi Sıralaması	[15]
Omuz Kas Yorgunluğunda Fiziksel ve Zihinsel Etmenler	İş Yükü, Tedavi ve Tedavi Sıralaması	[16]
Cam Elyaf Takviyeli Polipropilen Tampon Kirişlerin Optimizasyonu	Et Kalınlığı, Kütle, Sarkaç Etkileri	[17]
Travmatik Beyin Hasarından Sonra Nörorehabilitasyonun Zamanlaması ve Yoğunluğu	Tedavi Süresi, Tedavi Yoğunluğu, Tedavi Türleri	[18]
İneklerde Kisspeptin ile İndüklenen LH Salınımı Güçlendirilmesi	Tuzlu su, Murin, Kisspeptin bazı Estradiol Benzoat (EB) Tedavileri ve Süreleri	[19]
Fareler Üzerinde Anksiyete Kontrolü ve Tedavisi	Klordiazepoksit (CDZ) Dozu ve Etkileşimleri	[20]
Farklı Risk Faktörlerinin Mesleki Yaralanma ile İlişkilendirilmesi	Farklı Denek Grupları, Davranış Testi Aşamaları	[21]
Latin Kare Tasarımlarının Eğitim, Öğretim ve Psikolojik Araştırma Kullanımı	Farklı Eğitim Setleri, Aydınlatma Seviyeleri, Görsel Örneklemeler	[22]
Trafik İhlallerinin Kaza Sayısına Etkisi	Yıl, Bölge, İhlal Türü	[23]
Farklı Polietilen Mavi Ekranların <i>Stomoxys calcitrans</i> Tuzaklamasındaki Etkinliği	Farklı Polietilen Mavi Ekranlar, Yansıma Etkinliği, Zamanlama	[24]
İneklerde <i>Asparagopsis armata</i> 'nın Beslenmeye Etkileri	Eklenme Oranı	[25]
Alışveriş Süreçlerinde Promosyon Etkileri	Ürün Varyasyonları, Popülasyon Özellikleri	[26]
Peroksi-Elektrokoagülasyon ve Fotokatalitik İnsektisit Giderimi	Elektrod, Voltaj, Giderim Methodu	[27]
İnekler Üzerinde Sineklerin Isırma Davranışlarının İncelenmesi	Farklı Boyama Desenleri	[28]
Ağızda Dağılan Metformin Tabletlerde Yardımcı Maddelerin Etkisi	Farklı Yardımcı Maddeler (Parçalayıcılar, Seyreltici, Şeker Bazlı Yardımcı Maddeler vb.)	[29]
Gemilerin Karaya Oturmasında Tehlike Tanımlaması	Geminin Hızı ve Trim Açısı, Kaya Ucu Eksantrikliği, Uzunluğu, Genişliği ve Yüksekliği	[30]
İş kazalarında Can Kayıplarının Değerlendirilmesi	Yıl, Ülke, Sektör	Bu çalışma

II. MATERYAL VE METOT

2.1. Verilerin Eldesi ve İşlenmesi

Çalışmada, ILOSTAT tarafından düzenlenen ISIC Rev. 4 (Tablo 3) ekonomik faaliyet sınıflaması ile birlikte Türkiye Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından düzenlenen NACE Rev. 2 ekonomik faaliyet sınıflamasından alınan iş kazalarındaki can kayıpları sayısı verileri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan tüm iş kazası verileri ILOSTAT veri tabanından alınmış, Türkiye için ise kullanılan tüm veriler ayrıca Sosyal Güvenlik Kurumu verileri ile karşılaştırılmıştır. ISIC Rev. 4 ekonomik faaliyet sınıflamasına göre, tarım, madencilik, üretim ve inşaat sektörleri sırasıyla 3, 5, 24 ve 3 farklı iş kolundan oluşmaktadır. Bunlar dışındaki herhangi bir iş kolunda yaşanan iş kazası diğer faaliyet sınıflamasında değerlendirilmiştir.

Ayrıca, kömür rezervi ve fiyatı ile yıllara göre üretim ve tüketim değerleri, farklı kaynakların CO₂ emisyonu, ülkelerin nüfus ve yüzölçümü gibi araştırma verileri Global Change Data Lab projesi olan Our World In Data [6] kaynağından alınmıştır.

2.2. İstatistiksel Analizler

2.2.1. Latin Kare Deney Tasarımı

Deney tasarımı aşamasında, her faktörün satır ve sütunlarda bir kez kullanıldığı, gözlem sayısının ise faktör sayısının karesi kadar olduğu Latin Kare matris düzeni kullanılmıştır. Satır faktörü olarak ülke (Çek Cumhuriyeti, Türkiye, Polonya ve Almanya), sütun faktörü olarak yıl (2010, 2013, 2016 ve 2019), gözlem olarak ise sektörel iş kazalarındaki can kayıpları (tarım, üretim, maden ve inşaat) tanımlanmıştır. Diğer faaliyet sınıflamalarında yer alan iş kazalarına; sektörel bazlı analizin daha sağlıklı yapılabilmesi adına matris düzeninde değerlendirilmemiştir. Latin Kare Deney Tasarımının seçilmesinin temelinde, yöntemde kontrol grubu kullanılmaması ve yöntemin deneme sonrası ölçüme dayanması yatmaktadır. Ayrıca, değişkenliğin kontrolünün sağlanması adına sütun randomizasyonu sağlanmıştır. Latin Kare Deney Tasarımlarında, hata serbestlik derecesini

düşürmemek ve analiz sonuçlarında çıkabilecek anlamlı farklılıkları gözden kaçırmamak adına denemeler tekrarlanabilmektedir [31]. Dört farklı tipte gerçekleştirilebilecek bu tekrar düzenlerinde, satır ve sütun değişken seviyeleri sabit tutularak gözlem varyasyonu yapılabildiği gibi, satır ve sütun değişken seviyeleri de değiştirilebilir [32]. Örneğin, farklı satır (X) ve sütun (Y) değişken seviyelerinde, A ve B gibi iki farklı gözlem için oluşturulabilecek tekrarlı matris düzen örneklemeleri Tablo 4'te verilmiştir.

Aynı ülke ve aynı yıl değişken seviyelerinde farklı sektörel iş kazalarındaki can kayıplarının randomizasyonu ile deney tasarım matrisi tekrarlanmış ve toplam 64 farklı deneme verisi kullanılmıştır. Deney tasarımında her bir sektörel iş kazalarındaki can kayıpları, yıl ve ülke faktörlerine göre bir kez incelenmiş, tasarıma ilişkin kullanılan veriler Tablo 5'te sunulmuştur. Tablo 5 içerisindeki A, B, C ve D sırasıyla tarım, üretim, maden ve inşaat ekonomik faaliyet gruplarını ifade etmekte olup, bu gruplarla ilişkili iş kazalarındaki can kayıpları ise parantez içerisinde verilmiştir.

2.2.2. Analizler

İstatistiksel analizlerde Minitab® 19.2020.1 programı kullanılmıştır. Tablo 5'de verilen, Latin Kare Tasarımına göre oluşturulan verilere %95 güven seviyesinde Genel Doğrusal Model ile varyans (ANOVA) analizi uygulanmıştır. Yıl, ülke, ve sektör değişkenlere bağlı olarak, F ve p değerleri ile kareler toplamı ve ortalama hata değerleri hesaplanmıştır. Varyans analizine bağlı olarak değişkenlerin tekil ve ikili etkileşimlerinin değişimi grafiksel olarak incelenmiştir. Elde edilen modelin uygulanabilirliği, belirleme katsayısı (R²) ile düzeltilmiş (R²_{Adj}) ve kestirimli belirleme katsayısı (R²_{Pred}) ile belirlenmiştir. İstatistiksel analizin ikinci aşamasında ise; Fisher metodu kullanılarak yıl, ülke ve sektör değişkenlerin iş kazalarındaki can kaybı sayısına etkisinin ikili karşılaştırması ve anlamlı fark seviyelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Tablo 4. Farklı Latin Kare Deney Tasarım tiplerine ilişkin tekrarlı matris düzen örnekleri

Tip 1			Tip 2		
Matris 1	Y ₁	Y ₂	Matris 1	Y ₁	Y ₂
X ₁	A	B	X ₁	A	B
X ₂	B	A	X ₂	B	A
Matris 2	Y ₁	Y ₂	Matris 2	Y ₁	Y ₂
X ₁	B	A	X ₃	A	B
X ₂	A	B	X ₄	B	A
Tip 3			Tip 4		
Matris 1	Y ₁	Y ₂	Matris 1	Y ₁	Y ₂
X ₁	A	B	X ₁	A	B
X ₂	B	A	X ₂	A	B
Matris 2	Y ₃	Y ₄	Matris 2	Y ₃	Y ₄
X ₁	A	B	X ₃	A	B
X ₂	B	A	X ₄	A	B

Tablo 5. Latin Kare Tasarımına göre veri örnekleme

Yıl Ülke	2010	2013	2016	2019
Çek Cumhuriyeti	D(27)	A(13)	B(19)	C(1)
Türkiye	A(22)	B(284)	C(83)	D(368)
Polonya	B(73)	C(18)	D(52)	A(10)
Almanya	C(5)	D(80)	A(76)	B(61)
Çek Cumhuriyeti	A(15)	B(25)	C(5)	D(0)
Türkiye	B(267)	C(87)	D(496)	A(31)
Polonya	C(26)	D(71)	A(10)	B(30)
Almanya	D(85)	A(89)	B(67)	C(2)
Çek Cumhuriyeti	C(4)	D(21)	A(9)	B(2)
Türkiye	D(475)	A(23)	B(262)	C(48)
Polonya	A(19)	B(52)	C(27)	D(44)
Almanya	B(99)	C(6)	D(73)	A(94)
Çek Cumhuriyeti	B(25)	C(4)	D(19)	A(84)
Türkiye	C(125)	D(521)	A(26)	B(205)
Polonya	D(114)	A(12)	B(50)	C(19)
Almanya	A(94)	B(81)	C(4)	D(70)

*A: Tarım, B: Üretim, C:Maden, D:İnşaat

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Ekonomik Faaliyet Gruplarında İş Kazalarındaki Can Kayıplarının İncelenmesi

Çalışmada öncelikle, Türkiye ile bazı Avrupa ülkelerinde tarım, maden, üretim, inşaat ve diğer ekonomik faaliyet gruplarında 2009 – 2019 yılları arasında meydana gelen iş kazaları sonucu yaşanan can kayıpları incelenmiştir (Şekil 5).

ILOSTAT veri tabanından alınan veriler ışığında, tarım sektöründe 2009 – 2019 yılları arasında yaşanan iş kazalarını incelediğimizde İtalya, Almanya ve Avusturya da yaşanan can kayıplarının ilk üç sırada olduğu görülmüştür (Şekil 5). İtalya’da yapılan bir çalışmada 2012 – 2017 yılları arasında tarım sektöründe meydana gelen iş kazaları incelenmiştir. Yaralanmaların nerede ve ne zaman meydana geldiği, olaya karışan kişilerin sosyo – demografik profilleri (yaş, cinsiyet, uyruk dahil) araştırılmış ve bu olaylar tarımsal uygulamalarla ilişkilendirilerek ortaya konulmuştur ve bulunan sonuçlar doğrultusunda, tarımda çalışanları ilgilendiren riskler konusunda farkındalığı artırmak için eğitim programlarının planlanması gerektiği ortaya çıkarılmıştır [35].

Tarım dışındaki üretim, inşaat, maden ve diğer ekonomik faaliyet sınıflarındaki yaşanan iş kazalarında toplam can kayıpları sayısının en fazla olduğu ülke Türkiye olarak belirlenmiştir. Yirmi dört farklı iş kolunun yer aldığı üretim sektöründe ise, Türkiye (%31), İtalya (%12) ve Fransa (%10) ülkelerinin can kayıplarının ilk üç sırada yer aldığı görülmüştür. İnşaat sektörü için de aynı sıralama geçerli olmuştur. (Şekil 5). Türkiye – İstanbul’da yapılan bir çalışmada inşaat sektöründeki iş kazalarının %67’sinin gerekli iş güvenliği önlemlerinin alınmasına rağmen kurallara uymamak olarak tanımlanan “güvensiz davranış”lardan kaynaklı ortaya çıktığı görülmüştür. Yapılan çalışmada, inşaat sektöründe iş kazası görülme oranının en az % 6,5 olduğu gözlemlenmiştir. Bu oranın Türkiye’de ve tüm Avrupa ülkelerinde diğer sektörlerle göre 6 – 10 kat fazla olduğu görülmüştür [36].

Beş farklı iş kolunun yer aldığı maden sektöründe yaşanan iş kazalarındaki can kayıplarında ise, Türkiye’yi sırasıyla Polonya ve Romanya ülkeleri izlemiştir (Şekil 5). Türkiye, Polonya ve Romanya ülkelerinde sırasıyla %59, %13,4 ve %4,1 oranlarında iş kazası kaynaklı can kaybı meydana geldiği görülmüştür. Madencilik sektöründeki can kayıpları açısından bu üç ülkenin ardından ise sırasıyla;

İspanya, İtalya, Çek Cumhuriyeti, Bulgaristan ve Almanya gelmektedir. Sektördeki iş kazaları genellikle kömür ve linyit madenciliği iş kolunda yani yeraltı kömür madeni ocaklarında meydana geldiği için; çalışmanın devamında yoğun olarak kömür ve linyit madenciliği yapan ülkeler üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Yeraltı kömür madeni ocaklarında yaşanan iş kazaları ile ilgili yapılan bir çalışmada, ölümlü bir kaza gerçekleşinceye kadar geçen sürenin analizinde işçi sayısı, havalandırma, gaz ölçüm koşulu ve kömür tozu miktarı değişkenlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur [37]. Türkiye’de ekonomik faaliyet sınıflarında, meydana gelen toplam iş kazalarını incelediğimizde en fazla iş kazasının 2018 yılında meydana geldiği ve yaşanan iş kazalarındaki toplam can kayıpları sayısını incelendiğinde, en fazla can kaybının 2011 yılında meydana geldiği görülmüştür [33, 34]. Benzer şekilde; 2003- 2015 yılları arasındaki ülkemizdeki iş kazaları incelendiğinde ise; 2003-2012 yılları arasında iş kazası sayılarında, inişli- çıkışlı bir trend gözlenirken; 2012 sonrasında iş kazası ve can kayıplı iş kazalarının iki kattan fazla arttığı vurgulanmıştır [38].

ILOSTAT ISIC Rev.4 sınıflandırmasına göre Türkiye’de iş kazalarında en fazla can kaybının diğer ekonomik faaliyet sınıflarından sonra sırasıyla inşaat, üretim, maden ve tarım ekonomik faaliyet sınıflarında olduğu görülmüştür.

İspanya içinde gözlenen benzer iş kazaları dağılımı ile ilgili Fernandez- Muniz ve ark., yiyecek ve içecek hizmetleri, bina hizmetleri, konaklama gibi diğer faaliyet sınıfına ait iş kolları başta olmak üzere 14 farklı iş kolunu kritik sektörler olarak belirlemiştir. 1994-2014 yılları arasında İspanya’da gerçekleşen bu iş kollarına ait; iş kazalarını ve ekonomik döngüyü incelemiştir. 2001 yılında görülen ekonomik kriz ile birlikte, iş kazalarında düşüş gözlenirken; ekonomik iyileşmeler ile birlikte iş kazalarının arttığı ve İspanya’da ekonomik büyümenin büyük bir iş kazası maliyeti getirdiği ayrıca vurgulanmıştır [39].

3.2. Madencilik Faaliyet Sınıflamasına göre İş Kazalarının Değerlendirilmesi

Madencilik sektöründe, özellikle kömür ve linyit madenciliği yapan 4 farklı ülkenin güncel kömür üretimi ve nüfus bilgileri ile yüzölçümü verileri değerlendirilmiştir. Yüzölçümü olarak Türkiye ilk sırada yer alırken, kömür üretimi açısından ise

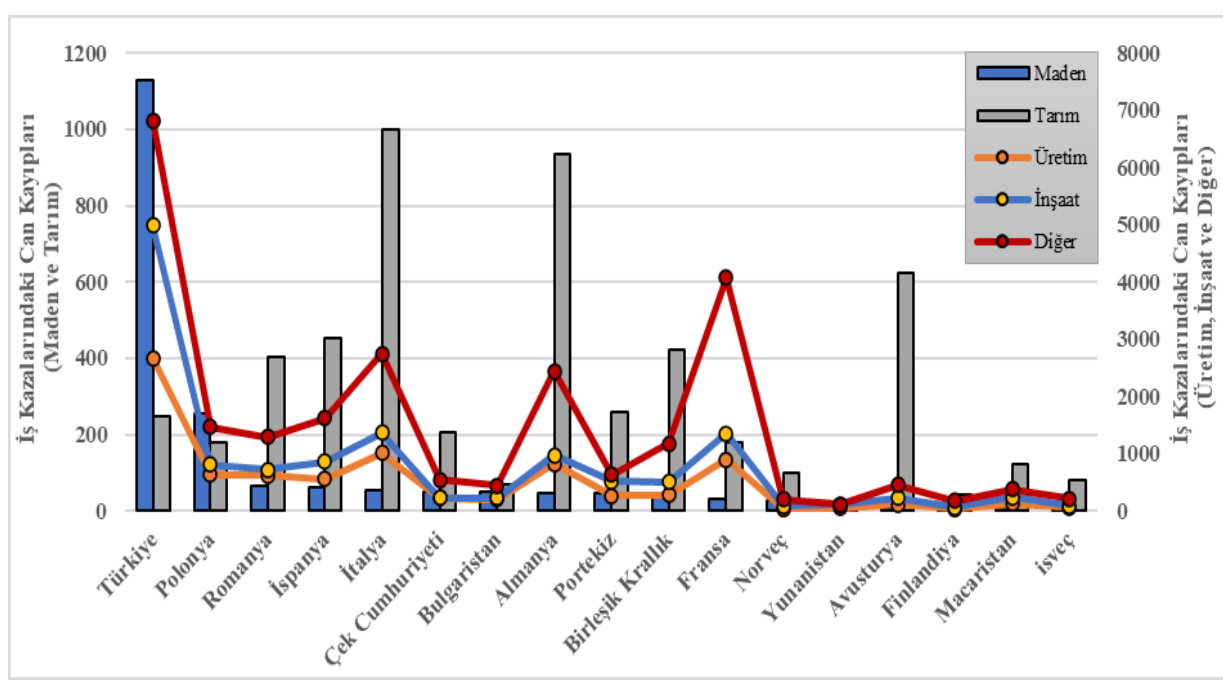
Almanya ilk sırada yer almıştır. Kişi başı kömür üretiminde ise; Çek Cumhuriyeti ve Polonya ilk sıralarda yer alır iken bu ülkeleri Almanya ve Türkiye izlemiştir. Şekil 6’da verilen değerlere göre, Polonya, Almanya, ve Çek Cumhuriyeti için maden sektöründe iş kazası sonucu can kaybı yüzdeleri hesaplandığında sırasıyla % 13,4, 2,6, ve 2,7 değerlerine ulaşılmıştır.

Şekil 7’de ise Türkiye, Polonya, Almanya, ve Çek Cumhuriyeti için kömür üretimi, tüketimi ve can kayıplarının % değişimi verilmiştir. 2009-2019 yılları arasında kömür üretimi ve tüketimi değişimi Şekil 7a ve Şekil 7b’de verilmiştir. Buna göre 2015 yılı ve sonrasında Türkiye için gerek üretim gerekse tüketim trendindeki artış dikkat çeker iken, diğer ülkeler için ise tam tersi olduğu görülmüştür. Bir TWh eşdeğerliğinde kömür üretimi için yaşanan can kayıpları, **Eşitlik 1**’de gösterildiği gibi can kaybının yıllık üretime oranlanması ile bulunmuştur ve ülkemizde yaşanan durumun boyutları açıkça görülmüştür (Şekil 7c).

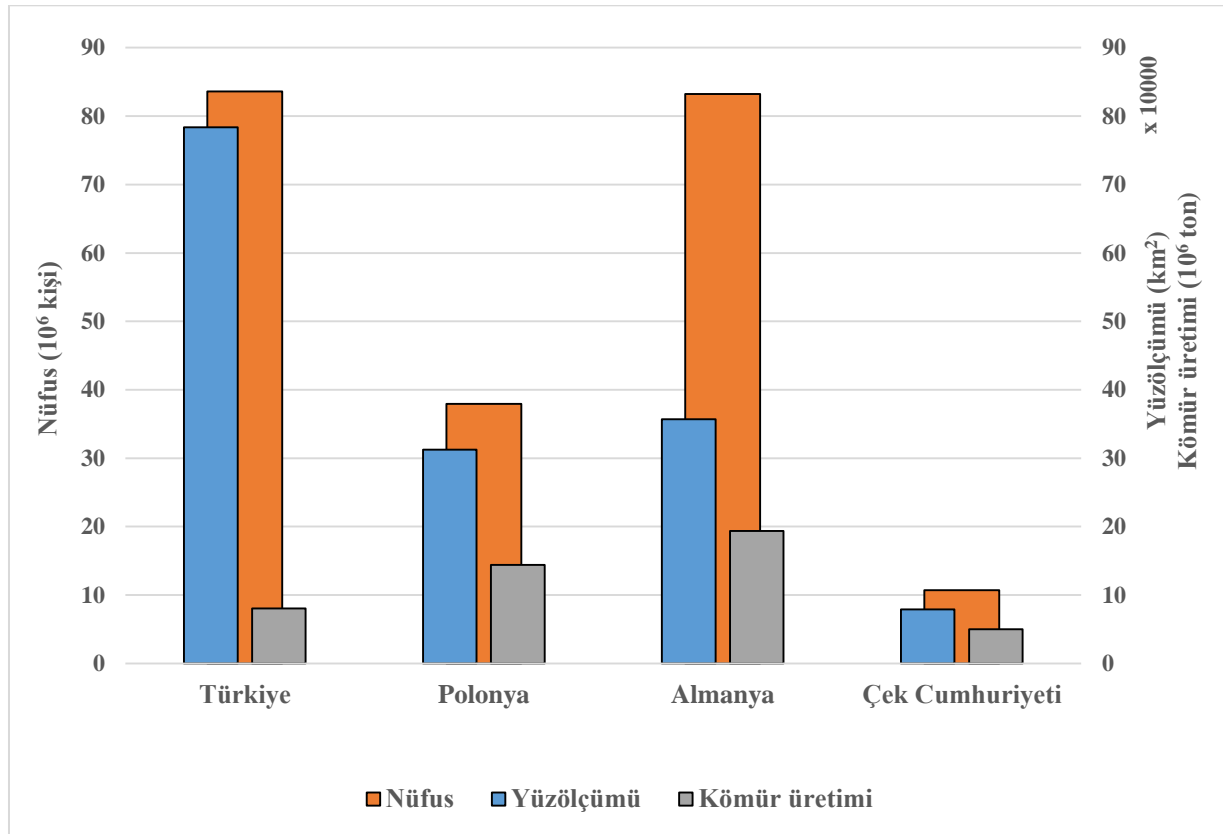
$$\% \text{ Can Kaybı} = \frac{\text{Can Kaybı}_i}{\text{Kömür Üretimi(Twh)}_i}, i: \text{yıl} \quad (1)$$

Soma – Eyzek kömür madeni faciasının yaşandığı 2014 yılında can kaybı oranı %201,05 olarak hesaplanmıştır. Şekil 7c’de görüldüğü gibi; diğer ülkeler için ise bu oranın 2009-2019 yılları arasında %6,25 bandını aşmadığı, en çok kömür üreten ülkelerden olan Polonya’da yıllar içerisinde bu oranın %3,25 değerine gerilediği görülmektedir. 2009-2019 yılları arasında bir TWh eşdeğerliğinde kömür üretimi için yaşanan ortalama can kayıpları yüzdesi ise Türkiye, Polonya, Çek Cumhuriyeti ve Almanya için sırasıyla 54,7, 3,8, 2,2, ve 0,9 olarak hesaplanmıştır.

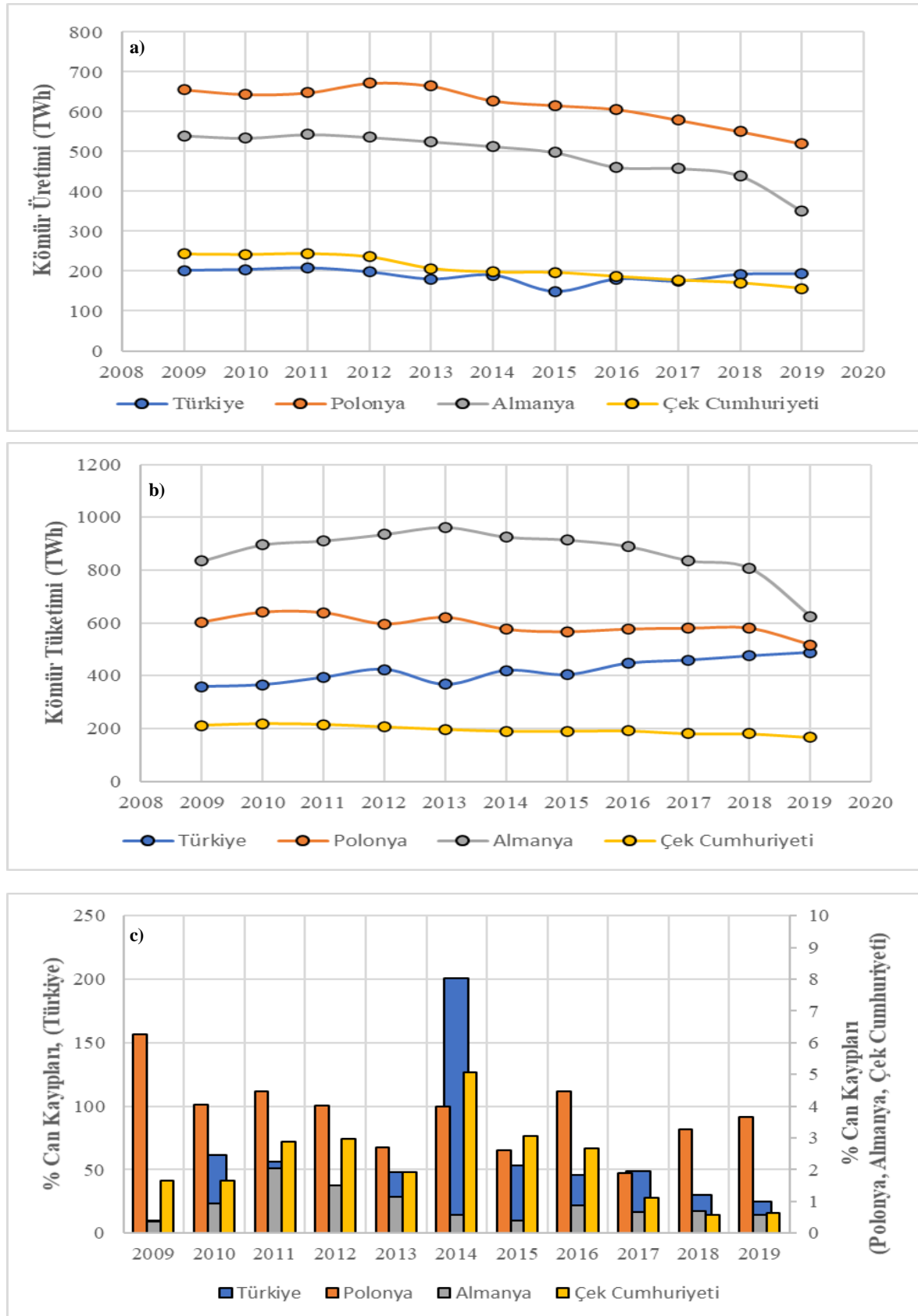
2002-2015 yılları arasında Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistik yıllıklarından elde edilen madencilik sektörü bazlı iş kazası verilerinin istatistiksel olarak incelendiği çalışma sonucunda da, mekanize yerine emek yoğun üretim süreçlerinin ölümlü iş kazası görülme sıklığını arttırdığı vurgulanmıştır [40]. Duarte ve ark., 2010 ve 2018 yılları arasında dünya genelinde madencilik sektörüne ait iş kazaları ile ilgili yürütülmüş araştırma sonuçlarını derlemiş, kömür madenciliğinde makine kaynaklı yüksek kaza riskini vurgulanırken, bu çalışma da olduğu gibi; özellikle yeraltı madenciliği ile ilişkili can kaybı yüksek kazalara dikkat çekmiştir [41].



Şekil 5. 2009-2019 yılları arasında Avrupa ülkelerinde farklı faaliyet gruplarında yaşanan iş kazaları sonucu can kayıpları [33-34]



Şekil 6. Madencilik sektöründe iş kazalarında en çok can kaybı veren ülkelerin nüfus, yüzölçümü ve kömür üretimi değerleri [6]



Şekil 7. 2009-2019 yılları arasında Türkiye, Polonya, Almanya, ve Çek Cumhuriyeti için a) kömür üretimi b) kömür tüketimi c) can kayıplarının değişimi (%)

3.3. İş Kazalarına Bağlı Can Kayıplarının Latin Kare Tasarımı ile Analizi

Ülke, yıl ve sektör değişkenlerine bağlı iş kazaları sonucu yaşanan can kayıplarının Latin Kare Tasarımı ile oluşturulan deneme planı Genel Doğrusal Model ile analizlenmiştir. Değişkenlerin tekil ve ikili etkileşimlerine ait elde edilen varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Model içerisindeki her bir terimin önemi p değeri ile, bu terimlerin önem seviyeleri ise F değeri ile belirlenmiştir.

Tablo 6. İş kazaları sonucu yaşanan can kayıplarının varyans analizi (ANOVA)

Değişkenlik Kaynağı	Hata Serbestlik Derecesi, DF	Kareler Toplamı	Ortalama Değer	F-Değeri	p-Değeri
Yıl	3	5751	1917	6,83	0,001
Ülke	3	356173	118724	422,91	0,000
Sektör	3	170104	56701	201,98	0,000
Yıl*Ülke	9	8197	911	3,24	0,008
Yıl*Sektör	9	8481	942	3,36	0,007
Ülke*Sektör	9	323424	35936	128,01	0,000
Hata	27	7580	281		
Toplam	63	879709			

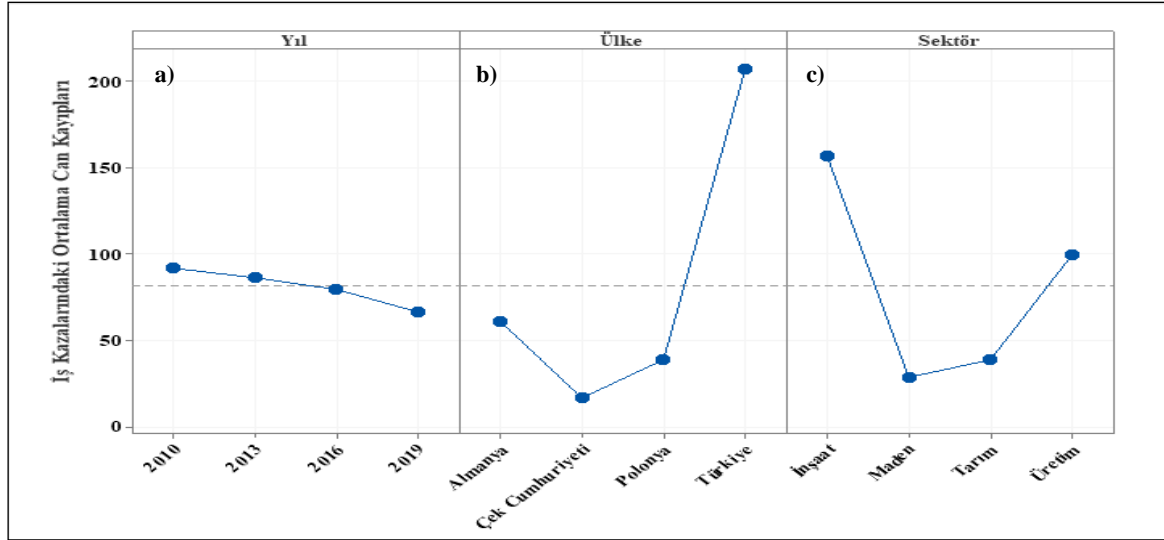
%95 güven aralığında yapılan varyans analizine göre, tekil değişkenler (yıl, sektör ve ülke) ve ikili değişken etkileşimlerinin p değerleri 0,05 değerinden küçük olduğu için istatistiksel açıdan anlamlıdır ve model denklem içerisinde yer verilmelidir. Değişkenlerin F-değerleri karşılaştırıldığında önem seviyeleri ise; ülke, sektör ve yıl şeklinde azalmaktadır. Buna göre, oluşturulan modelin belirleme katsayısı (R^2) %99,1 iken R^2_{Adj} ve R^2_{Pred} değerleri sırasıyla %97,9 ve 95,2 olarak hesaplanmıştır. İş kazalarındaki can kayıplarının, yıl ülke ve sektör değişkenlerine göre %97,9 oranında açıklanabilecek ve farklı değişken koşullarında %95,2 oranında sonuçların öngörülebilecektir.

Tekil değişkenlerin faktöriyel dağılımı Şekil 8'de verilmiştir. Buna göre; Şekil 8a'da ülke ve sektörden bağımsız olarak iş kazalarında can kayıplarında azalma eğilimi görülmektedir. Ülke olarak iş kazalarında can kaybı riski sıralaması, Türkiye, Almanya, Polonya ve Çek Cumhuriyeti olarak azalmaktadır (Şekil 8b). Şekil 8c'de görüldüğü üzere; sektörel bazlı risk sıralaması inşaat, üretim, tarım ve maden şeklinde azalmaktadır.

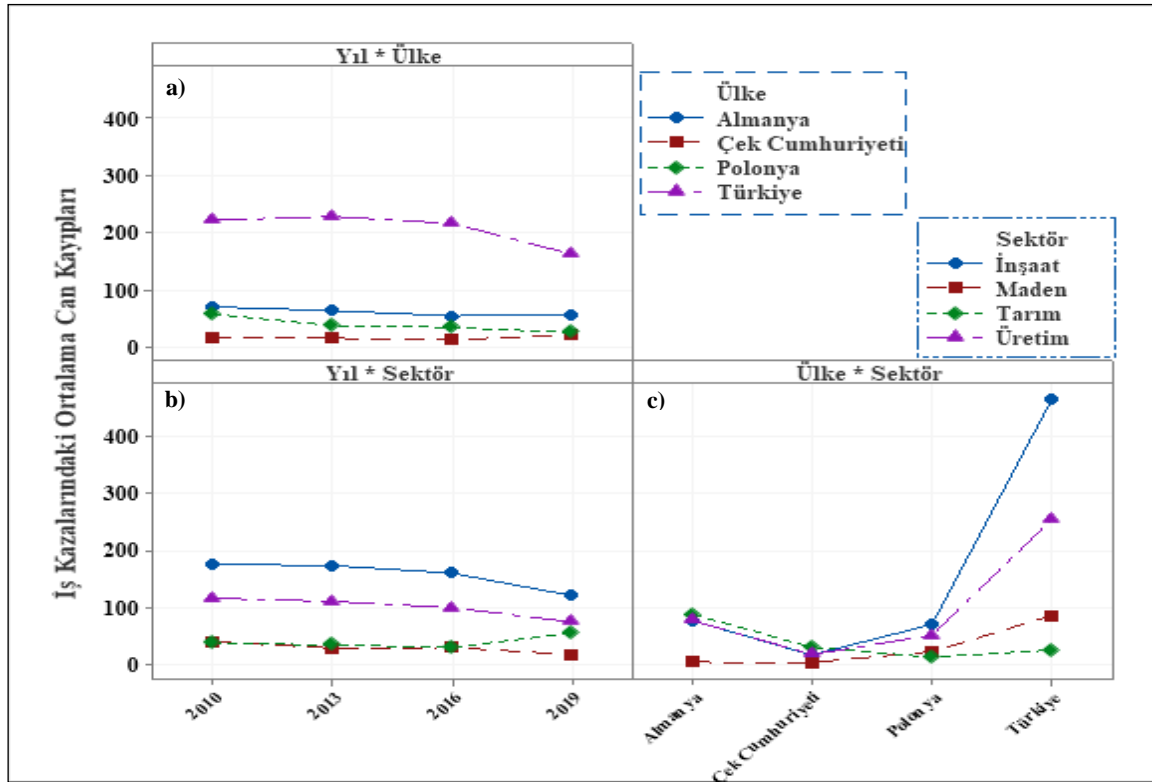
Yıl, ülke ve sektör için ikili değişkenlerin faktöriyel dağılımı Şekil 9'da gösterilmiştir. Yıl -ülke ikili etkileşim için (Şekil 9a), yıllara göre Türkiye'nin en fazla can kaybı veren ülke olduğu görülmektedir. Değerlendirilen süreçte iş kazalarındaki ortalama can kayıp sayılarında, Türkiye için 222,2 değerinden 163 değerine, Almanya için 70,75'den 56,8 değerine; Polonya için 52'den 25,8 değerine düşüş görülmüştür. Çek Cumhuriyeti için ise bu süreçte, 17,8 değerlerinde 21,8 seviyesine doğru can kayıplarında bir artış görülmüştür. Yıl-sektör ikili değişiminde (Şekil 9b), inşaat, üretim ve maden sektörlerinde azalma eğilimi gözlenir iken, tarım sektöründe artış gözlenmektedir. Yıl değişkeninden bağımsız olarak ülke ve sektörel ikili etkileşimi incelendiğinde (Şekil 9c), Türkiye ve Polonya için, sektörel can kayıplarının inşaat, üretim, maden ve tarım şeklinde azalarak gerçekleştiği görülmektedir. Almanya ve Çek Cumhuriyeti için ise, bu durum tarım, inşaat, üretim ve maden sıralamasında azalmaktadır.

İstatistiksel analizin ikinci aşamasında ise; Fisher metodu kullanılarak yıl, ülke ve sektör tekil değişkenlerin iş kazalarındaki can kaybı sayısına etkisi belirlenmiştir. Fisher metodunda tekil değişkenlerdeki (yıl, ülke, sektör) İş kazalarındaki ortalama can kayıpları gruplar (A, B, C, D) halinde incelenmiştir. Bu amaçla değişken seviyelerinde ikili karşılaştırma yapılarak, anlamlı fark seviyelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Yıl, ülke ve sektör değişkenlerinin Fisher metodu kullanılarak ikili grup verileri (Tablo 7) incelendiğinde, aynı grup içerisinde yer alan değişken seviyeleri istatistiksel olarak anlamsız kabul edilmiştir. Buna göre yıl gruplamasında 2010-2013, ve 2013-2016 etkileşimleri aynı gruplarda yer almıştır. Yıl bazında sırasıyla 2016 ve 2019 da görülen 79,9 ve 66,8 seviyeleri anlamlıdır. Ülke bazında ortalama can kayıpları sayısı dört farklı seviyede olup; dört farklı grupta değerlendirilmiştir. Dört sektör için iş kazalarındaki ortalama can kayıpları Türkiye, Almanya, Polonya ve Çek Cumhuriyeti şeklinde azalmıştır. Sektör bazında ise tarım (39,2)-maden (29) ikili etkileşimi istatistiksel olarak anlamsız görülmüştür. Fisher metodu sonuçlarına göre; değişkenlerin anlamlılık sırası ülke, sektör ve yıl olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, varyans analizindeki değişkenlerin F-değerleri ile verilen ülke (422,9), sektör (201,9), ve yıl (6,83) şeklinde azalan önem sıralaması ile uyumlu olmuştur.



Şekil 8. Model içerisindeki tekil değişkenlerin iş kazalarındaki ortalama can kayıpları ile ilişkisi a) yıl, b) ülke, c) sektör



Şekil 9. Model içerisindeki ikili etkileşimlerin iş kazalarındaki ortalama can kayıpları ile ilişkisi a) yıl-ülke, b) yıl-sektör, c) ülke-sektör

Tablo 7. Fisher Test ile ikili grup verilerinin anlamlılık durumu

Yıl			Ülke			Sektör		
Yıl	İş Kazalarında Ortalama Can Kayıpları	Grup	Ülke	İş Kazalarındaki Ortalama Can Kayıpları	Grup	Sektör	İş Kazalarındaki Ortalama Can Kayıpları	Grup
2010	92,2	A	Türkiye	207,7	A	İnşaat	157,3	A
2013	86,7	A, B	Almanya	61,6	B	Üretim	100,1	B
2016	79,9	B	Polonya	39,2	C	Tarım	39,2	C
2019	66,8	C	Çek Cumhuriyeti	17,1	D	Maden	29	C

Ülke, yıl ve sektör değişkenlerine bağlı iş kazaları sonucu yaşanan can kayıplarının istatistiksel analizine yönelik farklı örnek grupları ile benzer bir çalışma daha önce yapılmamıştır. Bu çalışmada da kullanılan canlı popülasyonu ve periyoda dayanan Latin Kare Tasarım deneme düzenlerinde yapılan çalışmaların çoğu özgün denemeler olup, tekrarlanabilirlik kısıtı nedeniyle farklı çalışmalar ile karşılaştırılması doğru sonuçlar vermemektedir. Yapılan çalışmaların bir kısmında değişkenler arasında anlamlı farklar elde edilir iken, bazı çalışmalarda anlamlı farklar elde edilemeyip deneysel tasarım düzeni değiştirilmiştir. Örneğin; *Moringa oleifera* yaprak özütlerinin, Nubiya keçileri üzerindeki yem kullanımını iyileştirmesi üzerine yapılan çalışmada; 88 günlük bir periyotta farklı dozlarda yapılan denemelerde değişkenler arasında anlamlı farklar elde edilmiştir [42]. Ancak; Pinna ve ark.'nın köpekler üzerinde diyet proteini ve fruktooligosakkaritlerin fekalfermentatif son ürünleri, fekal bakteriyel popülasyonlar ve sindirilebilirlik üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada, tek yönlü ANOVA analizi ile 21 ve 28 günlük her bir deneme sonrasında anlamlı farklar elde edilemediği bildirilmiştir [43].

İş kazalarının istatistiksel dağılımına ilişkin çalışmalarda ise; kazaların meydana gelme sıklığı, parametrik etkileşimler ve olasılık dağılımları incelenmiştir. Örneğin; Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK)'dan alınan İç Anadolu Bölgesi inşaat sektörüne ait 2005 - 2015 yılları iş kazası verileri, şehir, yaş, ay ve kazaların sebepleri gibi bilgilere göre istatistiksel olarak incelenmiş; Nisan-Kasım ayları arasında risk artışı gözlenirken; düşme, ekipman kontrol kaybı, patlama vb. tehlikelerin risk faktörü olarak öne çıktığı vurgulanmıştır [44]. Cavdar ve ark., ise Sosyal Güvenlik Kurumu'nun 2009-2019 yılları arasındaki verilerini; iş kazasının meydana geldiği saatlere ve cinsiyete göre dağılımını çıkarmak adına incelemiş; saat 11:00 ile 11:59 arası iş kazalarının en yüksek seviyede; 18:00-07:00 aralığında ise en düşük seviyede gözlemlendiği sonucuna ulaşmıştır [45].

Kömür madenciliği kaza verilerinin değerlendirilmesinde izlenebilecek bir diğer istatistiksel yaklaşım ise; Weibull, Poisson, Üstel Dağılım gibi farklı modellerin uyumunun incelenmesidir. Örneğin, iş kazası sayısı, kazalar arası süre, ve iş günü kaybı parametreleri ile yapılan bir çalışmada kaza sayısı Poisson, kazalar arası süre Üstel, iş günü kaybı Lognormal dağılıma uygun bulunmuştur [46]. Benzer şekilde yapılan farklı bir çalışma da ise; kaza sayısı Poisson dağılımına uygun bulunurken, kazalar arası süre ise Weibull dağılımı ile ifade edilmiştir [47]. Ülkemizde 1996-2009 yılları arasında yaşanan ve can kaybı ile sonuçlanmayan madencilik kazalarının ile Logistik model ile uyumlu olduğu sonucu ortaya konmuştur [48].

IV. SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER

Çalışma kapsamında, enerjinin gerekliliği ortaya konmuş, ülkemiz açısından önemli bir rezerv olan kömür kaynağının global ve bölgesel üretim ve tüketim değerleri incelenmiştir. Kömürün farklı kaynaklarla CO₂ emisyonu ve farklı sektörlerle toplumsal açıdan iş kazalarındaki yeri karşılaştırılmıştır. Böylece, ulusal ve uluslararası perspektifte iş kazası verilerinin irdelenmesi ve farklı faktörler altında istatistiksel olarak değerlendirilmesi adına güncel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, 2009 – 2019 yılları arasında 17 farklı ülkeye ait iş kazalarındaki toplam can kayıplarının incelenmesi (ILOSTAT) sonucunda farklı sektörlerdeki ilk beş ülke sıralamaları aşağıdaki gibidir:

- Tarım ekonomik faaliyet sınıfı: İtalya>Almanya> Avusturya> İspanya> Birleşik Krallık
- Üretim ekonomik faaliyet sınıfı: Türkiye> İtalya>Almanya> Fransa>Polonya
- Maden ekonomik faaliyet sınıfı: Türkiye> Polonya> Romanya> İspanya> İtalya
- İnşaat ekonomik faaliyet sınıfı: Türkiye> İtalya>Fransa>Almanya> İspanya
- Diğer ekonomik faaliyet sınıfları: Türkiye> Fransa>İtalya>Almanya> İspanya

İncelenen on yedi ülkede, maden sektöründe yaşanan iş kazalarındaki can kayıpları Türkiye'de %59, Polonya da %13,4 iken diğer ülkelerde oran %2,5-3,5 aralığındadır. Ülkelerin nüfus, gelişmişlik düzeyleri, ekonomik şartları ve kişi başına düşen gelir oranları, iş güvenliği kurallarının uygulamaları iş kazalarının görülme sıklığının artmasındaki etmenler olarak düşünülebilir. Türkiye için 5 farklı ekonomik faaliyet sınıfında 10 yıllık periyotta iş kazalarındaki toplam can kayıpları sayısı sıralamasının; Diğer>İnşaat> Üretim> Maden> Tarım şeklinde olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmanın Latin Kare Tasarımı ile analizinde yıl, ülke ve sektör değişkenlerine göre iş kazalarındaki can kayıpları değerlendirilmiştir. Dört farklı sektör için Latin Kare tasarım düzeninde, can kayıpları analizleri incelenmiş, ANOVA ile model uyumluluğu, Fisher Testi ile ise ikili etkileşimler arasındaki anlamlı farklar belirlenmiştir. ANOVA analizi sonucunda, model içerisinde yer alan tekil ve ikili değişken etkileşimleri anlamlı bulunmuş ve değişkenlere bağlı elde edilen denklem ile yeni denemelerin %95,2 oranında öngörülebileceği sonucu çıkarılmıştır. İş kazalarında can kayıpları sıralaması ülke değişkenine göre Türkiye, Almanya, Polonya ve Çek Cumhuriyeti; sektör değişkenine göre ise inşaat, üretim, tarım ve maden sıralamasında azalmıştır. Yıl değişkenine göre, ortalama can kayıp sayısında düşüş trendi öngörülsede; Türkiye'de diğer ülkelere oranla 4 kat daha fazla kayıp verildiği görülmektedir.

Çalışmanın dayanağı olan güncel veriler ışığında; sektör, ülke, yıl gibi etkileşimlerin iş sağlığı ve güvenliği açısından sonuçları istatistiksel değerlendirmeler ile vurgulanmış olup, konunun ulusal ve uluslararası boyuttaki risk düzeyi açıkça ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamı, farklı sektörel karşılaştırmalar için genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] IEA (International Energy Agency) 2014. *Key World Energy Statistics 2014*, Paris, Fransa.
- [2] IEA (International Energy Agency) 2015. *Key World Energy Statistics 2015*, Paris, Fransa.
- [3] IEA (International Energy Agency) 2021. *Key World Energy Statistics 2021*, Paris, Fransa.
- [4] IEA (International Energy Agency) 2007. *Key World Energy Statistics 2007*, Paris, Fransa.
- [5] Pamir, A. N. (2003). Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları. *Metalurji Dergisi*, 134, 73-100.
- [6] Our World in Data, <https://ourworldindata.org> (Aralık, 2021).
- [7] Dünyada ve Türkiye’de Enerjinin Görünümü 2021, *MMO Enerji Köşesi*, <https://enerji.mmo.org.tr/sunumlar/>, (Kasım, 2021).
- [8] IEA (International Energy Agency) 2020. *Coal Information 2020*, Paris, Fransa.
- [9] Coal Facts, World Coal Association, <https://www.worldcoal.org/coal-facts/coal-mining/>, (Ekim, 2021).
- [10] Aktaş, M. (2011). Türkiye’de Kömür Madencilği ve Enerjideki Rolü. Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü 2011 Yılı Raporu, Ankara, Türkiye.
- [11] Yılmaz, M. (2012). Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.
- [12] Chen, H., Feng, Q., & Long, R. (2013). Focusing on coal miners’ occupational disease issues: a comparative analysis between China and the United States. *Safety Science*, 51, 217-222.
- [13] Derin, L., Varol, N., & Uymaz, S. (2017). Türkiye’deki kömür madeni kazalarına ilişkin değerlendirme. *Dirençlilik Dergisi*, 1(1), 47-53.
- [14] Wallis, W. D. (1988). *Combinatorial designs*, 1. Baskı, CRC Press, New York, USA, 179-207.
- [15] Johansson, B., Carlsson, A., Carlsson, M. L., Karlsson, M., Nilsson, M. K., Nordquist-Brandt, E., & Rönnbäck, L. (2012). Placebo-controlled cross-over study of the monoaminergic stabiliser (-)-OSU6162 in mental fatigue following stroke or traumatic brain injury. *Acta Neuropsychiatrica*, 24(5), 266-274.
- [16] Mehta, R. K., & Agnew, M. J. (2012). Effects of physical and mental demands on shoulder muscle fatigue. *Work*, 41 (1), 2897-2901.
- [17] Xue, Y., Zhao, H., Zhang, Y., Gao, Z., Zhai, D., Li, Q., & Zhao, G. (2021). Design and multi-objective optimization of the bumper beams prepared in long glass fiber-reinforced polypropylene. *Polymer Composites*, 42(6), 2933-2947.
- [18] Königs, M., Beurskens, E.A., Snoep, L., Scherder, E.J., & Oosterlaan, J. (2018). Effects of timing and intensity of neurorehabilitation on functional outcome after traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 99(6), 1149-1159.
- [19] Oberrauch, S., Sigrist, H., Sautter, E., Gerster, S., Bach, D. R., & Pryce, C. R. (2019). Establishing operant conflict tests for the translational study of anxiety in mice. *Psychopharmacology*, 236(8), 2527-2541.
- [20] Macedo, G. G., Batista, E. D. O. S., Santos, G. M. G. D., D’Occhio, M. J., & Baruselli, P. S. (2021). Estradiol Priming Potentiates the Kisspeptin-Induced Release of LH in Ovariectomized Cows. *Animals*, 11(5), 1236.
- [21] Craig, B. N. (2000). A prospective study of the relationship of potential personal, non-occupational, occupational, and psychosocial risk factors with occupational injury, Texas A&M University.
- [22] Önder, H., & Abacı, S. H. (2020). Determination of the factors affecting success in lesson of experimental design and analysis. *Black Sea Journal of Public and Social Science*, 3(1), 5-9.
- [23] Raju, A., Preethi, S. S., & M, Rajathi. (2021). Application of latin square design in the analysis of the effectiveness of four different traffic violation on road accidents: A study. *Compliance Engineering*, 12, 18-27.
- [24] Sharif, S., Liénard, E., Duvallet, G., Etienne, L., Mongellaz, C., Grisez, C., Franc, M., Bouhsira, E., & Jacquet, P. (2020). Attractiveness and Specificity of Different Polyethylene Blue Screens on *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *Insects*, 11(9), 575.
- [25] Roque, B. M., Salwen, J. K., Kinley, R., & Kebreab, E. (2019). Inclusion of Asparagopsis armata in lactating dairy cows’ diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*, 234, 132-138.
- [26] Çınar, D. (2019). Promosyonel ürünlerde yem etkisi: tüketici karar alım tarzları temelinde bir değerlendirme. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 2(2), 69-87.
- [27] Rangel-Peraza, J. G., Prado, M. A. R., Amabilis-Sosa, L. E., Bustos-Terrones, Y. A., & Ramírez-Pereda, B. (2020). Malathion Removal through Peroxi-Electrocoagulation and Photocatalytic Treatments. Optimization by Statistical Analysis. *International Journal of Electrochemical Science*, 15, 8253-8264.
- [28] Kojima, T., Oishi, K., Matsubara, Y., Uchiyama, Y., Fukushima, Y., Aoki, N., Sato, S., Masuda, T., Ueda, J., Hirooka, H., & Kino, K. (2019).

- Cows painted with zebra-like striping can avoid biting fly attack. *PLoS One*, 14(10), 0223447.
- [29] Mariana, D. (2018). Greco-Latin square design for selection of excipients in the development of metformin orodispersible tablets. *Asian Journal of Pharmaceutics*, 12(3).
- [30] Youssef, S. A. M., & Paik, J. K. (2018). Hazard identification and scenario selection of ship grounding accidents. *Ocean Engineering*, 153, 242-255.
- [31] Yıldırım, D.D., & Taşdelen, B. (2012). Deneysel araştırmalarda latin kare deneme düzenlerinin kullanımı. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(2), 1-6.
- [32] Hinkelmann, K., & Kempthorne, O. (2007). Design and analysis of experiments, Sayı 1: Introduction to experimental design, 2.baskı, John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 373-414.
- [33] Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK), SGK İstatistik Yıllıkları, 2009-2019, Ankara, Türkiye.
- [34] ILOSTAT, (2021). Cases of fatal occupational injury by economic activity, <https://ilostat.ilo.org/data/>, (Ekim, 2021).
- [35] Zambon, I., Piergentili, A., Salvati, L., Monarca, D., Matyjas-Lysakowska, P., & Colantoni, A. (2018). Applied research for a safer future: Exploring recent job accidents in agriculture, Italy (2012–2017). *Processes* 2018, 6(87).
- [36] Yılmaz, F. (2014). Analysis of occupational accidents in construction sector in Turkey. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 1(5), 421-428.
- [37] Çilengiroğlu Vupa, Ö. (2019). Orantılı hazard varsayımının maden kazalarında istatistiksel olarak incelenmesi. *Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety*, 3(1), 33-52.
- [38] Ozay, M.E., & Coskun, S. (2017). Analysis of occupational health and safety data between 2003-2015 in Turkey. *Journal of Business Economics and Finance*, 6(4), 375-385.
- [39] Fernández-Muñiz, B., Montes-Peón, J.M., & Vázquez-Ordás, C.J. (2018). Occupational accidents and the economic cycle in Spain 1994–2014. *Safety Science*, 106, 273-284.
- [40] Bayraktar, B., Uyguçgil, H., & Konuk, A. (2018). Türkiye Madencilik Sektöründe İş Kazalarının İstatistiksel Analizi. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 57, 85-90.
- [41] Duarte, J., Baptista, J. S., & Torres Marques, A. (2019). Occupational accidents in the mining industry—a short review. *Occupational and Environmental Safety and Health*, 61-69.
- [42] Kholif, A.E., Gouda, G.A., Anele, U.Y., & Galyean, M.L. (2018). Extract of Moringa oleifera leaves improves feed utilization of lactating Nubian goats. *Small Ruminant Research*, 158, 69-75.
- [43] Pinna, C., Vecchiato, C.G., Bolduan, C., Grandi, M., Stefanelli, C., Windisch, W., Zaghini, G., & Biagi, G. (2018). Influence of dietary protein and fructooligosaccharides on fecal fermentative end-products, fecal bacterial populations and apparent total tract digestibility in dogs. *BMC Veterinary Research*, 14(1), 1-10.
- [44] Erginel, N., & Toptancı, Ş. (2017). İş Kazası Verilerinin Olasılık Dağılımları İle Modellenmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5, 201-212.
- [45] Çavdar, U., Manyaslı, M., Akkaya, E., Sevener, D., & Tüfekçi, Z. (2022). Yaşanan İş Kazalarının Kaza Saatlerine ve Cinsiyete Göre İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi ve Yorumlanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(1), 360-368.
- [46] Sari, M., Selçuk, A.S., Karpuz, C., & Duzgun, H.S.B. (2009). Stochastic modeling of accident risks associated with an underground coal mine in Turkey. *Safety Science*, 47, 78-87.
- [47] Khanzode, V.V., Maiti, J., & Ray, P.K. (2011). A methodology for evaluation and monitoring of recurring hazards in underground coal mining. *Safety Science*, 49, 1172-1179.
- [48] Onder, S. (2013). Evaluation of occupational injuries with lost days among opencast coal mine workers through logistic regression models. *Safety Science*, 59, 86-92.