



Kömürlü Termik Santrallerdeki İSG Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Nagihan ERSOY¹, Nuri BİNGÖL², İsmail EKMEKÇİ^{3*}

¹⁻²İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Üsküdar Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

³ Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 24.06.2022

Kabul: 30.08.2022

Yayın: 30.08.2022

Derleme Makalesi

Öz- Bu çalışmanın temel amacı, kömürlü termik santrallerdeki iş sağlığı ve güvenliği (İSG) faktörleri literatürünü özetlemektir. 2009-2021 seneleri arasında yayınlanmış çalışmalar için ResearchGate, Middlesex University London, EBSCO discover, JSTOR journals, ProQuest Dissertations & Theses GlobalPub, Science Direct, SemanticScholar, Scopus, Green FILE, Web of Science, academia.edu gibi ilgili veri tabanları üzerinde detaylı ve kapsamlı araştırma yapılmıştır. Çalışmamız ana özellikleri (yazarlar, yıl ve dergi), yayın türü, incelenen yayın cinslerine göre kullanılan metotlar dahil olmak üzere bir dizi parametre kullanılarak değerlendirilmiştir. Literatürdeki yöntemler uygulanarak 8 nicel, 15 nitel ve 11 karma yöntem ile detaylı kapsam çalışması yapılmıştır. Kömür yakıtlı termik santraller iş kazası ve meslek hastalığına potansiyel olarak sebep olacak birçok risk faktörleri bulundurmakta; buna bağlı olarak bu santrallerde elektrik üretim sürecinde iş sağlığı ve güvenliğine daha fazla önem verilmesi gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Enerji santrallerinde risklerin fazla ve yüksek olması, bu kurumlarda güvenlik kültür düzeyinin artırılmasına yönelik çalışmaların önemini artırmaktadır. Bu işletmelerde literatür sonuçlarına bakıldığında iş güvenliği bilinci seviyesi ile iş kazası sayılarının orantılı olduğu görülmektedir. Enerji sektöründe elektrik üretiminde önemli payı olan milli ve yerli yeraltı kaynaklarımızı kullanan kömürlü termik santrallerin mevcut durumu analiz edilmelidir. Analiz sonucunda belirlenen İSG faktörlerinin çalışanlara ve çevreye olan etkisi ölçülmeli gerekli düzeltici çalışmalar yapılmalıdır. Problemin çözümü için bu işyerlerinde mesleki risk faktörlerini belirleyip İSG ilişkili olumsuz sonuçları önlemek ve süreçleri izleyip somut ve kanıta dayalı bir yaklaşım oluşturabilmek açısından literatür taramaları ve çıkarılan sonuçlar gerekli olmaktadır. Bu makalenin kömürlü termik santrallerle ilgili araştırmacılara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler – Enerji 1, iş kazaları 2, iş sağlığı ve güvenliği 3, kömürlü termik santral 4, meslek hastalıkları 5,

Evaluation of OHS Studies in Coal-Fired Thermal Power Plan

Nagihan ERSOY¹, Nuri BİNGÖL², İsmail EKMEKÇİ^{3*}

¹⁻² Department of Occupational Health and Safety, Uskudar University, Istanbul, Turkey

³ Department of Industrial Engineering, Istanbul Commerce University, Istanbul, Turkey

Article History

Received: 24.06.2022

Accepted: 30.08.2022

Published: 30.08.2022

review article

Abstract – The main purpose of this study is to summarize the literature in the field of Occupational Health and Safety (OHS) in Coal Power Plants. For studies published between 2009-2021, a detailed scope study was conducted by searching ProQuest Dissertations & Theses, Scopus, Web of Science, Yök Thesis Center, and Tübitak Ulakbim Ekual databases. Our study was evaluated using a number of parameters, including the main characteristics (authors, year and journal), publication type, methods used according to the types of publications examined. By applying the methods in the literature, a detailed scope study was carried out with 8 quantitative, 15 qualitative and 11 mixed methods. Coal-fired thermal power plants have many risk factors that will potentially cause work accidents and occupational diseases; Accordingly, it is concluded that more importance should be given to occupational health and safety in the electricity generation process in these power plants. The fact that the risks are high and high in power plants increases the importance of efforts to increase the level of safety culture in these institutions. When we look at the literature results in these enterprises, it is seen that the level of occupational safety awareness and the number of occupational accidents are proportional. The current situation of coal-fired power plants, which use our national and domestic underground resources, which have a significant share in electricity production in the energy sector, should be analyzed. The effect of the OHS factors determined as a result of the analysis on the employees and the environment should be measured and necessary corrective actions should be taken. In order to solve the problem, literature reviews and conclusions are necessary in order to identify occupational risk factors in these workplaces, to prevent negative OHS-related consequences, and to follow the processes and create a concrete and evidence-based approach. It is thought that this article will shed light on researchers about coal-fired power plants.

Keywords – Energy 1, occupational accidents 2, occupational health and safety 3, coal-fired thermal power plant 4, occupational diseases 5,

¹ nagihanersoy89@gmail.com Orcid id:0000-0002-9807-9786

² nuri.bingol@uskudar.edu.tr Orcid id:0000-0001-6208-7277

³ ismail.ekmekci@gmail.com Orcid id:0000-0002-2247-2549

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: nagihanersoy89@gmail.com, Üsküdar üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Atf Bilgisi: Ersoy, N. , Bingöl, N. & Ekmekci, İ. (2022). Kömürlü Termik Santrallerdeki İSG Çalışmalarının Değerlendirilmesi . OHS ACADEMY , 5 (2) , 103-130 . DOI: 10.38213/ohsacademy.1135505Giriş

Bir ülkenin gelişmişlik düzeyi, o ülkenin kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi ve enerji yoğunluğuyla belirlenir. Kişi başına elektrik enerjisi tüketimi yüksek olması ülkelerin gelişmişlik, kalkınma ve refah düzeylerinin yüksekliğini gösterir. Gelişmiş ülkelerde, enerji verimliliğini arttırmak, enerji yoğunluğunu azaltmak ve kişi başına düşen enerji tüketimini arttırmak enerji politikalarının temelini oluşturmaktadır.

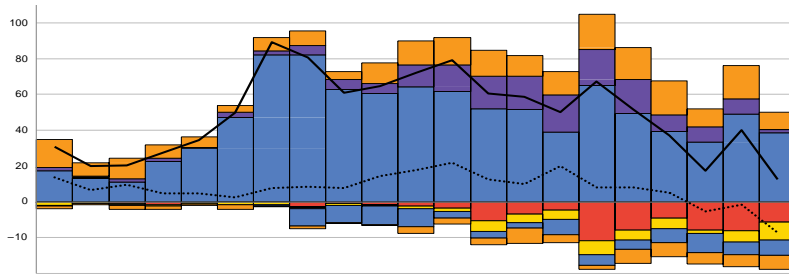
OECD'ye (Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü) göre, Türkiye genç nüfusu ve hızla büyüyen ekonomisi nedeniyle en hızlı büyüyen ekonomilerden birine sahiptir. Bu nedenle ülke enerji arzının artırılmasını talep etmektedir. Türkiye'de sanayileşme hızına paralel olarak enerji taleplerinde yıllık ortalama %6 enerji artışı görülmektedir. Çin'den sonra, Türkiye en yüksek hızlı enerji talebi ve kullanım büyümesine sahiptir, ancak geçmiş politikalarla ilgili olarak, enerji dış kaynaklarına son derece bağımlıdır. Türkiye'de enerji kaynakları sınırlı olduğu için enerji verimliliği önemlidir.

Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarını artırırken mevcut eski kömürlü termik santrallerini iyileştirerek kullanmak zorundadır. TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim AŞ) verilerine göre, Türkiye'nin elektrik kurulu gücü 100.334,0 MW olmuştur (Mart 2022). Aynı dönemde elektrik üreten toplam santral sayısı 10.631 dir. Toplam elektrik enerjisi kurulu gücünde ilk sırada HES'ler (akarsu, barajlı) yer alırken doğal gaz santralleri ikinci sırada yer almaktadır. TEİAŞ verilerine göre, elektrik üreten santral sayısı sıralamasında güneş enerjisi santralleri (GES) ilk sırada yer almaktadır. Kurulu güçte 3. sırada ise kömür santralleri (ithal, yerli) bulunmaktadır. Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de önemlidir. Artan elektrik talebi ile ilgili olarak, yeni PP (enerji santralleri) inşası için bir gereklilik vardır.

Dünya'da, 2020 yılında işletmeye alınan 50,3 GW kömür kapasitesi bir önceki yıla göre yüzde 34 düşüş göstermiştir. Çin, 2020'de faaliyete geçen kömürlü termik santral kapasitesinin %76'sını oluşturan 38,4GW kapasiteyi tek başına işletmeye almış (Şekil 1, mavi); bunun yanında 37,8GW kömürlü termik santral işletmesini ise durdurmuştur. Amerika 11,3GW ve Avrupa Birliği 10,1GW kapasiteli kömürlü termik santrallerini kapatmıştır (noktalı çizgi); fakat Dünya'da kömürlü santrallerde 12,5GW'lık net bir büyüme yaşanmıştır (siyah çizgi).

Çin, 2016'dan bu yana her yıl ortalama 34 GW'lık yeni kömür santrali kurmakta; burada devreye alınan kömürlü termik santral sayısındaki ani yükseliş, 2020'de Dünya'nın geri kalanından kapatılan rekor sayıdaki termik santrali gölgelemiştir. 2020'de planlama aşmasında olan 87,4 GW kömürlü termik santral kapasitesinin yüzde 85'ini bulduran Çin, Dünya'daki kömür santrallerinin yatırımcısı olarak öne çıkmıştır.

Çin haricindeki kömür kurulu gücü 2018'den bu yana azalmasına rağmen küresel kurulu güçte, Çin'deki kapasite artışlarına bağlı olarak Paris antlaşmasının imzalandığı 2015'ten beri 2020'de ilk kez artış yaşanmıştır. Çin hariç tutulduğunda, küresel kurulu güç 2020 yılında 17,2 GW'lık tarihi bir küçülme yaşamıştır.



Şekil 1. 2000–2020 Yılları Arası Dünyada Yeni İşletmeye Alınan Kömürlü Termik Santraller, İşletmesi Durdurulan Kömürlü Termik Santraller İçin GW Olarak Net Fark

Çin = mavi, Hindistan = mor, diğer = turuncu,

ABD = kırmızı, AB = sarı

Net fark = siyah çizgi, Çin hariç net fark = çizgili siyah nokta

Dünya'daki elektriğin yaklaşık %38'i ve Türkiye'deki elektriğin yaklaşık %33'ü şu anda kömürlü enerji santralleri tarafından üretilmektedir.

Kömür yakıtlı termik santraller iş kazası ve meslek hastalığına sebep olacak potansiyel olarak birçok risk faktörlerini içermektedir. Kömürlü termik santrallerde enerji üretim sürecinde, düşük otomasyon seviyesinde, işçiler enerji kaynaklarına daha fazla maruz kalmaktadırlar. Kömürlü termik santrallerde elektrik üretim sürecinde iş güvenliğine daha fazla dikkat etmek gerekmektedir.

Kömürlü termik santrallerde yanma sonucu ortaya çıkan kükürt oksit SO_x, azot oksit NO_x kirletici emisyonları azaltmak için ilave baca gazı desülfürizasyon (BGD) tesislerinin kurulması gerekmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin ve sera gazlarının CO₂ emisyonlarının önemli ölçüde azaltılması için temiz kömür teknolojileri uygulanmalıdır.

Bu çalışmanın amacı;

1. Mevcut literatürü kapsam ve gözden geçirme yöntemiyle raporlamak,
2. Geçmişteki ve mevcut vaziyeti tespit etmek ve değerlendirmek,
3. Gelecekte yapılacak araştırmalara kömürlü termik santrallerinde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili öneri ve tespitlerde bulunmaktadır.

Aşağıdaki nedenlerle kömürlü termik santrallerde iş sağlığı ve güvenliği üzerine odaklanılmıştır:

1. Kömürlü termik santrallerde iş sağlığı ve güvenliği konusundaki kapsam belirleme ve gözden geçirme çalışmaları yeterince ele alınmamıştır.
2. İş kazaları ve meslek hastalıklarını önlemek için kömürlü termik santrallerde çalışanlara ve çevreye etki eden olumsuz İSG riskleri detaylı şekilde ele alınmamıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bir araştırma çalışmasının literatür taraması önemli bir bölümdür. Literatür taraması ile ilgili literatür, olası araştırma boşluklarını bulmak amacıyla değerlendirilir ve analiz edilir. Birbirine benzer çalışmalar elendikten sonra, toplam 95 tane literatür çalışması belirlenmiştir.

Özetler ve başlıklar, esas alınarak, aşağıdaki inceleme faktörlerini karşılamayanları dahil etmemek için taranmıştır: Hakemli bilimsel dergilerde İngilizce veya Türkçe olarak yayınlanmış olan Kömürlü Termik Santraller ve İş Sağlığı ve Güvenliği konularına odaklanan 29 tane nitel, 16 tane nicel, 15 tane karma makale, 19 tane nitel derleme makale, 1 tane nitel, 5 tane nicel, 1 tane karma doktora tezi, 1 tane nitel, 1 tane nicel, 1 karma araştırma raporu belirlenmiştir (Şekil 7).

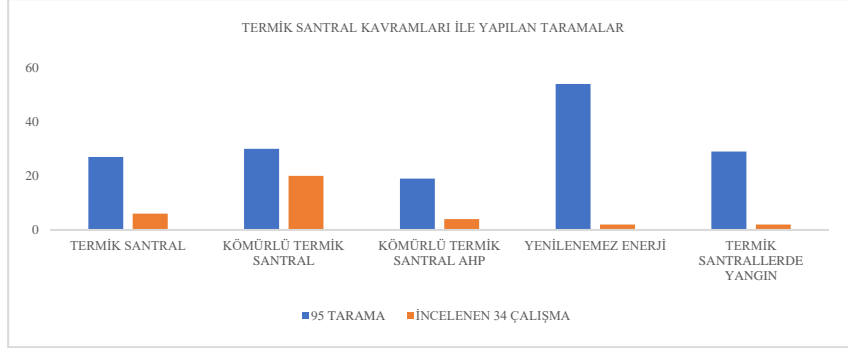
Daha sonra, ilgili tüm makaleler tam olarak okunmuş ve aşağıdaki faktörler uygulanarak ikinci bir seçim yapılmıştır: Taranan nitel, nicel ve karma çalışmalar:

- Kömürlü Termik Santraller, iş ve sağlık arasındaki ilişki,
- Kömürlü Termik Santrallerde çalışanların arasında iş sağlığı ve güvenliği,
- Kömürlü Termik Santrallerde çalışanların sağlık durumu,
- Kömürlü Termik Santraller, iş kazaları istatistikleri
- Kömürlü Termik Santrallerdeki çevresel etkilere bağlı sağlık riskleri
- Kömürlü Termik Santraller ve riskler

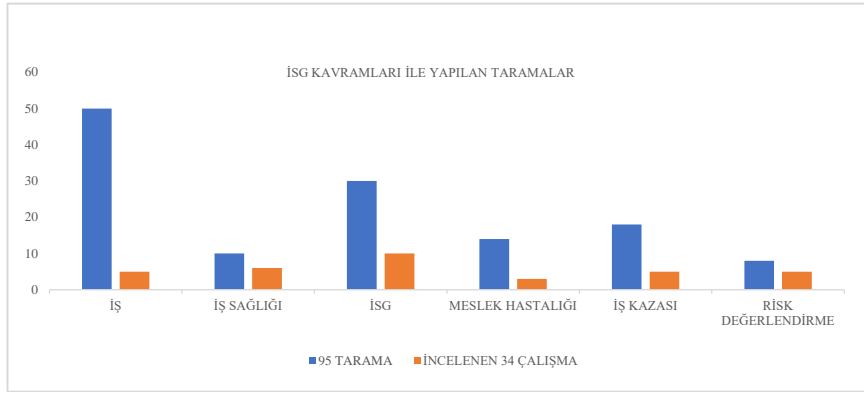
Son olarak, dâhil edilen çalışmaların her biri, çalışmanın ana özellikleri (yazarlar, yıl ve dergi), yayın türü, incelenen yayın cinslerine göre kullanılan metotlar dahil olmak üzere bir dizi parametre kullanılarak değerlendirilmiştir:

2009-2021 seneleri arasında yayınlanmış çalışmalar için ProQuest Dissertations & Theses, Scopus, Web of Science, Yök Tez Merkezi, Tübitak Ulakbim Ekual veri tabanları araştırılarak detaylı kapsam incelemesi çalışması yapılmıştır. Bilgi toplama tekniği, ana sonuçlar, sınırlamalar (varsa); ve sonuçlar konuyla ilgisine göre filtrelenmiştir. Daha sonra, potansiyel olarak ilgili çalışmaların 61 tanesi taramada özetlere ve başlıklara bakılarak elenmiş ve 34 çalışma inceleme için dâhil edilmiştir. Literatürdeki yöntemleri kullanarak detaylı kapsam çalışması yapılmış ve Tablo 1'de 34 çalışma gruplara ayrılmıştır.

Veri tabanlarında termik santraller ile ilgili terimleri, sonra iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili terimleri taranmıştır:

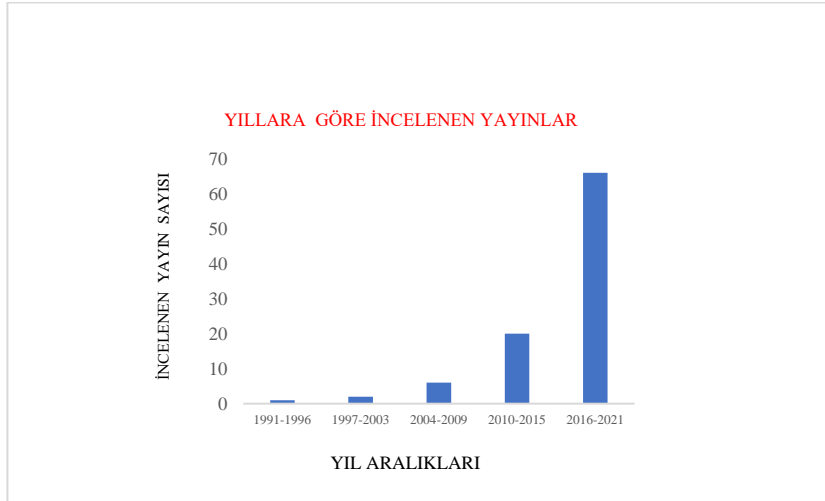


Şekil 2. Termik Santral Terimleri ile Yapılan Taramalar

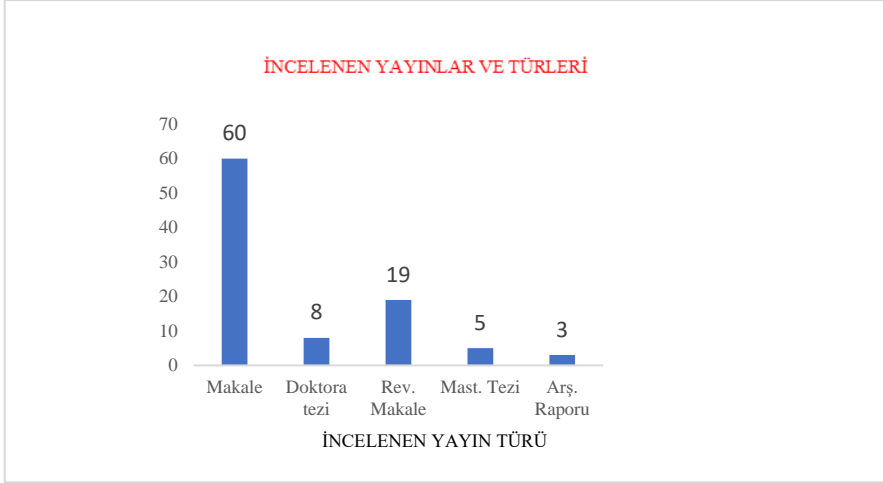


Şekil 3. İSG(OHS) Terimleri ile Yapılan Taramalar

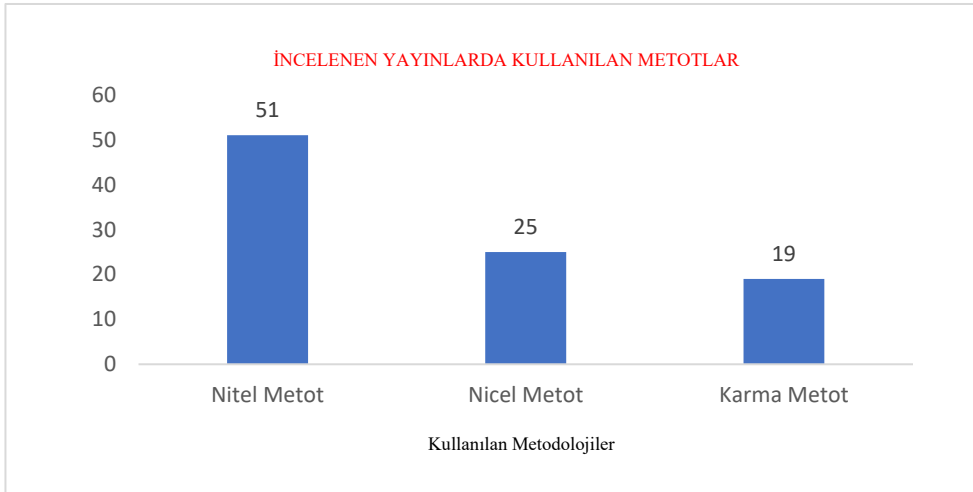
Son yıllarda kömürlü termik santrallerde İSG alanında yayınlanan makaleler açısından bir artış ve 2004 yılından 2021 yılına kadar gözlenen bir yükseliş olduğu görülmektedir (Şekil 4).



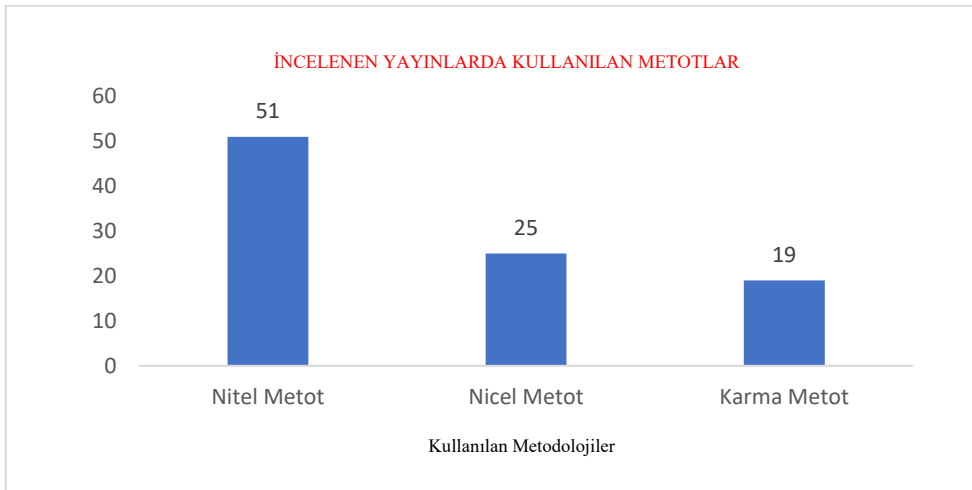
Şekil 4. Yıllara Göre İncelenen Yayınlar



Şekil 5. İncelenen Yayınlar ve Türleri



Şekil 6. İncelenen Yayınlar da Kullanılan Metotlar

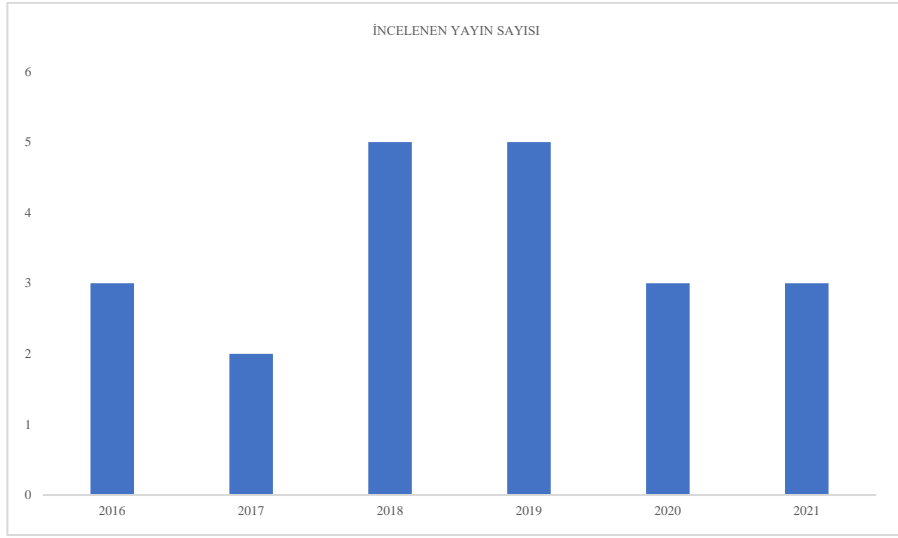


Şekil 7. İncelenen Yayın Cinslerine Göre Kullanılan Metotlar

3. Araştırma Bulguları

3.1. Yayınların Yıllara Göre

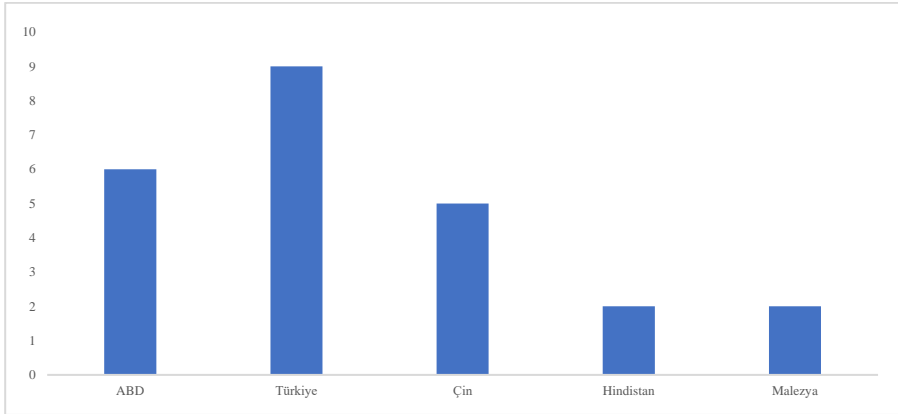
İncelememize dahil ettiğimiz 34 çalışmanın yıllara göre dağılımı şekil 8’de görülmektedir. Bu dağılıma göre 2016 yılından itibaren yayınlanan makale sayısında artış olduğu ve 2016-2021 yılları arasında 21 çalışmanın yayınlandığı gözlenmektedir.



Şekil 8. Yıllara Göre İncelenen Yayınlar

3.2. Yayınların Ülkelere Göre Analizi

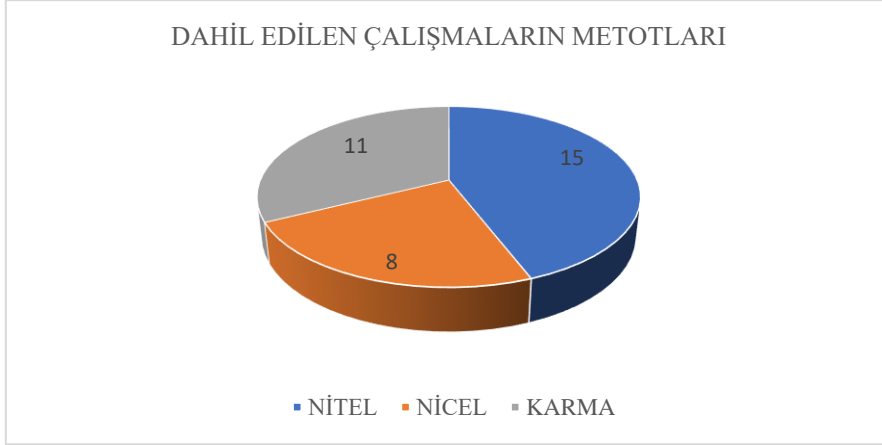
İncelediğimiz 34 çalışmaya 2 ve daha fazla çalışma yapan ülkeleri dahil ederek analiz ettiğimizde Türkiye’nin 9 çalışmayla birinci geldiği görülmektedir. Amerika’nın 6 çalışmayla ikinci ve Çin’in 5 çalışmayla ardından geldiği görülmektedir (şekil 9).



Şekil 9. Ülkelere Göre Yayın Ayrıntıları

3.3. Çalışmaların Metodolojilerine Göre Analizi

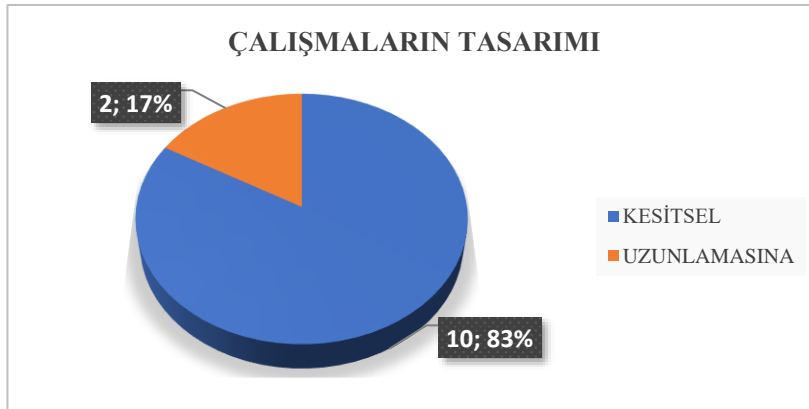
İncelenen 34 çalışmanın üç tanesi doktora tezi, bir tanesi araştırma raporu ve otuz tanesi makaledir. Metodolojilerine göre analiz edildiğinde, on beş tanesi nitel, sekiz tanesi nicel, on bir tanesi karma çalışmadır (şekil 10).



Şekil 10. Dahil Edilen Çalışmaların Metotları

3.4. Çalışmaların Tasarımı

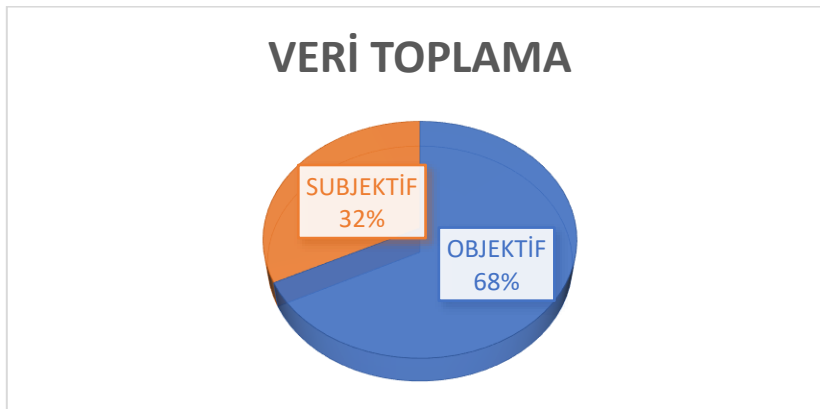
Çalışmaların yaklaşık %83'ü kesitsel, yaklaşık %17'si uzunlamasına çalışma olduğu görülmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Çalışmaların Tasarımı

Çalışmaların %68'i nesnel verilere, %sübjektif (anket, görüşme vs.) verilere dayanmaktadır (Şekil 12).

3.5. Veri Toplama Nitelikleri



Şekil 12. Veri Toplama Nitelikleri

Tablo 1. Kömürlü Termik Santrallerde İş Sağlığı ve Güvenliği ile İlgili Kapsam İncelemede Yer Alan 34 Araştırmanın Temel Özelliklerinin Özeti (2009-2021)

Değişken	%
Araştırmanın Türü	
Nitel	15 (%44)
Nicel	8 (%23,5)
Karma	11 (%32)
Araştırmanın Tasarımı	
Kesitsel (zamana bağlı olmayan)	10 (%83)
Uzunlamasına (zamana bağlı olan)	2 (%17)
Araştırmaların Tarihleri	
2009	2 (%6)
2010	2 (%6)
2011	3 (%9)
2012	1 (%3)
2013	1 (%3)
2014	2 (%6)
2015	2 (%6)
2016	3 (%9)
2017	2 (%6)
2018	5 (%15)
2019	5 (%15)
2020	3 (%9)
2021	3 (%9)
Veri Toplama Yöntemleri	
Anket, grup görüşme, yüz yüze görüşme,	11 (%32)
Nesnel veriler (istatistik veriler, vaka listeleri, kaza kayıtları)	23 (%68)

İncelenen çalışmalar, nitel, nicel, karma metodolojilerin tümünü kapsamaktadır. Nitel çalışmalar, olayların ve olguların laboratuvar ortamı dışında gözlem, görüşmeler ve belge analizi gibi nitel veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı, genellikle gözleme dayalı araştırma, algılara dayalı odak görüşmesi ve belgelerin etkin bir biçimde incelenmesine yönelik süreçlerin izlendiği araştırma türüdür. Nicel çalışmalar, yaşanan olayları ve olguları nesnelleştirerek gözlemlenebilir hale getiren, ölçümleyebilen ve sayısal olarak ifade eden objektif olarak gözlem ve ölçüm ile tekrarlanabilir olan araştırma türüdür. Karma yöntem araştırmaları, araştırmacının bir çalışma veya birbirini izleyen çalışmalar içerisinde nitel ve nicel yöntem, yaklaşım ve kavramları birleştirmesi olarak tanımlanır. Karma yöntemle araştırma yapmak, çeşitli yöntemler kullanarak olayları bir çerçeve içerisinde sunma, analiz etme ve bir araya getirme olanağı sağlar. Kesitsel çalışmalar neden ve sonuç arasındaki ilişkinin belirli bir zaman kesitinde, zaman faktörünün verilere etki edemediği süreli çalışmalardır. Uzunlamasına çalışmalar ise, uzun zaman aralığında araştırma konusunun gelişimini izleyen, geriye ve ileriye yönelik, zaman etkisinin verilerin üzerinde var olduğu çalışmalardır.

3.6. Nitel Çalışmalar

İncelenen çalışmalarda, yanma sonrası kirliliğin temizlenmesi prosesleri sürdürülebilir çevre teknolojileri olarak gelişmiştir. Temiz kömür teknolojilerindeki son gelişmeler ise yanma öncesinde veya yanma sırasında kirliliğin oluşmasını proaktif olarak önlemek/azaltmak prensibine dayanmaktadır. Ayrıca sera gazının etkisi üzerinde durulmuştur. İncelenen çalışmalar arasında kömürlü termik santrallerde iş kazası riskleri ve yangın güvenliği üzerinde durulduğu görülmüştür. EÜAŞ, TEİAŞ ve TEDAŞ'ta 2003-2011 yılları arasında meydana gelen kazalara ait kaza raporları incelenerek, toplam 2478 iş kazası analiz edilmiştir. Meydana gelen kazaların elektrik üretiminde %69,9'u, elektrik iletiminde %52,1'i, elektrik dağıtımında ise %32,1'i ya ölümle veya ağır yaralanmalarla sonuçlanmıştır. Türkiye geneli için %4 civarındadır. Elektrik sektörü için en uygun çalışan profili, ortalama 10 yıllık bir tecrübeye sahip, 25-40 yaş aralığında, belirli bir düzeyde tecrübesi olan, genç, dikkati ve refleksleri azalmamış dinamik kişiler olarak görülmektedir. Genel olarak haftanın ilk ve son iş günleri iş kazaları açısından en riskli günlerdir. Kaza geçirmiş çalışanların elektrik üretimde yaklaşık %85'inin, elektrik iletimde %69'unun, elektrik dağıtımında ise %89'unun daha önceden İSG eğitimi almış olmaları düşündürücü bir sonuçtur (Ceylan, 2012). Kömür konveyörü ve kömür işleme tesisi, tüm tesis bölümlerindeki kablolar, akaryakıt taşıma ve depolama, transformatörler, yağ ve yağlama depoları, kazanlar yangın tehlikesi bakımından öncelikli olduğu görülmüştür. Çalışmalarda iş kazaları ve riskler incelendiğinde öncelikli riskin patlama ve yangın olduğu görülmektedir. Kömür yakıtlı termik santrallerde yangın güvenliği konusunu incelerken önce üretim süreci, süreç boyunca karşılaşılan yangın tehlike kaynakları ve olası riskleri ve alınması gereken önlemler hakkında bilgi verilmiştir. Kömürlü termik santrallerde insan hataları ve bakım çalışmaları esnasında daha sık iş kazaları görülmektedir. İnsan hatasının önde gelen nedenleri "deneyim", "zaman baskısı", "motivasyon", "ışık & havalandırma", "bakım kültürü" ve "izleme araçları" olarak bulunmuşlardır. İncelenen çalışmalarda iş sağlığı ve güvenliği açısından kritik faaliyetler basınç altında montaj, yüksekte çalışma ve çalışma operasyonları sırasındaki kritik sağlık ve güvenlik durumları olarak tespit edilmiştir. Santralde rehabilitasyon, performans iyileştirme ve alınacak güvenlik önlemleri açıklanmıştır.

3.7. Nicel Çalışmalar

İncelenen çalışmalarda, kömür yakan termik santrallerde ergonomi sorunları, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon, kontrol odası işlemleri, elektrik tehlikeleri ve yangın ve patlama tehlikeleri nedeniyle iş yeri tehlikeleri vardır. Herhangi bir termik santralin etrafındaki hava kalitesi zamanla kötüleşmekte ve çevre bölgelerdeki nüfus genellikle bundan kötü etkilenmektedir. Karbondioksit, kükürt dioksit, azot oksitleri ve diğer kirletici partiküller gibi havaya karışan maddelerin emisyonlarını ve kömür tozu, kül ve silika tozlarının ortamda ve çalışanlar üzerindeki etkisi nicel olarak analiz edilmiştir. Kontrol etmede etkili araçlara vurgu yapılması açısından incelenen çalışmalar önemlidir. Kömür tozunun solunması ile ilgili tehlikeler, pnömokonyoz (kömür işçileri pnömokonyozu, silikoz) ve kronik bronşit, amfizem, astım gibi pnömokoniyotik olmayan kalıcı solunum morbiditeleri şeklindedir. Tozlar morbiditenin gelişmesine neden olabilir. Asbest lifleri yalıtım ve diğer amaçlar için kullanılırsa, asbest liflerinin solunması nedeniyle işçiler arasında asbestin solunması olasılığı göz ardı edilemez. Kurşun, arsenik ve cıva gibi metalik bileşenler de dahil olmak üzere, uçucu küle maruz kalmadan kaynaklanan diğer morbiditeler de mevcut olabilir. Farklı kömür santrali operasyonlarında kullanılan diğer kimyasallar da insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilirler.

3.8. Karma Çalışmalar (*Mixed Studies*)

Çalışmalar, kömürle çalışan termik santrallerin çevresel etkilerinin fazla olduğu havaya, toprağa ve suya etkilerini nitel ve nicel analiz etmek için gerçekleştirilmişlerdir. Kömür madenciliğinin çevredeki su ve toprak kalitesini bozduğunu, tarım arazilerinin azalması ve sakinlerin geçim güvensizliği gibi bitişik bölgelere bazı çevresel ve sosyo-ekonomik zorluklar getirdiğini açıklamışlardır. Arıtılan kömür suyunun pH değerleri, ağır metal, organik karbon ve değiştirilebilir katsayıları tarım arazisi topraklarını kirletmekte ve kalitesini bozmaktadır. Amerika

Birleşik Devletleri'ndeki 407 kömürlü enerji santralinden kaynaklanan hava kirliliği ile ilgili sağlık ve sosyal maliyet etkilerini tahmin etmek için CO-Benefits Risk Assessment COBRA'yı ("kaynak-reseptör matrisi" olarak adlandırılmıştır) istihdam etmiştir. Genel sonuçları Topluluk Çok Ölçekli Hava Kalitesi Modeli CMAQ tarafından tahmin edilenlerle iyi eşleşmiş, ancak iki modelin tahminlerinin bölgesel olarak farklı olabileceğini tahmin etmişlerdir. Çıktılar, doğrusal olmayan ve model belirsizliğini içeren ince partikül madde (PM2.5) ile ilişkili mortalite için konsantrasyon-yanıt fonksiyonu ile bağlantılıdır. Mortaliteye istatistiksel yaşam yaklaşımının değeriyle değer verilmiş, tüm model unsurlarında belirsizlikler karakterize edilmiş ve yayılmıştır. Tesise özgü belirsizlik dağılımlarının ortancası, tesisler genelindeki hasarlar pm2.5 ton başına 30.000 ila 500.000 \$ arasında değişmektedir, ton başına 6.000 ila 50.000 \$ SO₂, NO_x' in ton başına 500 ila 15.000 \$ ve üretilen kilovat-saat elektrik başına 0.02 ila 1.57 \$. Ton emisyon başına hasarlardaki değişkenlik, neredeyse tamamen, atmosferik koşullar ve santralden çeşitli mesafelerdeki nüfus büyüklüğü ile ilgili olan birim emisyon başına popülasyon maruziyeti (alım fraksiyonu) ile açıklamışlardır. Kilovat-saat başına hasarlardaki değişkenlik, yakıt ve kontrol teknolojisi özellikleriyle ilgili SO₂ emisyonları ile yüksek oranda ilişkili, ancak aynı zamanda atmosferik koşullar ve çeşitli mesafelerdeki nüfus büyüklüğü ile de ilişkilidir. Bulguları, tesisler genelindeki hasarlarda değişkenliği göz önünde bulunduracak kontrol stratejilerinin daha verimli sonuçlar vereceğini vurgulamışlardır (Levy vd., 2009). Türkiye'de bu yönde yapılan yasal düzenlemelerle kurallara uymayanlara uygulanacak işletmeyi durdurma vb. cezai işlemler ile etkilerinin azalabileceği tahmin edilmektedir. Bu tür işletmelerin çevresel etkilerinin, hukuksal boyutta da yer edinmiş olan kümülatif etki değerlendirilmesi ile hesaplanması önem kazanmıştır. Türkiye'de Çevresel etki değerlendirilmesi sürecinde kümülatif etki incelemesi; 26 Kasım 2014 tarih ve 29186 sayılı Resmî Gazete 'de yayınlanan "Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği'nde", çevreyi etkileyebilecek olası sorunların belirlenmesi, kirleticilerin miktarı, alıcı ortama etkileşimi, bir bütün olarak (kümülatif) etkilerinin işletmelerde ve proje aşamasında belirlenmesi zorunluluğu getirilmiştir. Bu çerçevede, kümülatif olarak çevresel etkilerin değerlendirilmesi yasal zorunluluğa dönüşmüştür. Böylece, proje ve işletmenin münferit olarak değerlendirilmemesi tüm etkileri ile bütün olarak değerlendirilmesi kavramını oluşturmuştur. İlk defa 2013 yılında ÇED Yönetmeliğinde kümülatif etki kavramı yer almıştır. Ayrıca kömürle çalışan termik santrallerde en çok karşılaşılan değirmen arızaları ve freze arızaları üzerinde durulmuştur.

4. Tartışma ve Sonuç

Araştırma kapsamı çerçevesinde incelenen ve Tablo 2'de sunulan otuz dört adet çalışmanın inceleme sırasına göre bulguları ve çözüm önerileri şunlardır:

1. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 407 kömürlü enerji santrallerinden kaynaklanan emisyonlarla ilişkili sağlıkla ilgili zararlar, tesis, saha ve nüfus özelliklerinin bir işlevi olarak tesislerin hasarlarının modellenmesi,
2. Termik santralde işçi verimliliğini, iş sağlığını ve güvenliğini etkileyen faktörleri belirlenmesi,
3. Temiz kömür teknolojilerinin önemi, dünya ve Türkiye'deki bu teknolojilerle ilgili son gelişmeler hakkında bilgilendirme verilmesi,
4. Deva-Romanya enerji santrali içindeki ve filtrelerdeki kül ve kömür tozunun kimyasal-yapısal bileşim ve partikül boyutu dağılımının nicel analiz edilmesi ve değerlendirilmesi,
5. Küresel ölçekte kömür rezervleri, ihracatları, ithalatları ve kömür yakan termik santrallerin artması sera gazı salınımı etkisi hakkında bilgi verilmesi,
6. Türkiye Taşkömürü İşletmesinin 1987-2006 yılları arasındaki iş kazalarının veri zarflama analizi kullanarak çözümlenmesi,
7. Buhar santralleri kazan sistemlerinin eksikliklerini belirlemek ve güvenilirliğini değerlendirmek için standartlara uygun analitik iyi mühendislik uygulamalarına dayalı kontrol listesi analizi geliştirilmesi,
- 8 EÜAŞ, TEİAŞ ve TEDAŞ'ta 2003-2011 yılları arasında meydana gelen kazalara ait kaza raporları incelenerek, toplam 2478 iş kazası analiz edilmiştir,
9. Kömürlü termik santrallerde çeşitli seviyelerde kömür tozuna maruz kalan işçilerde antioksidan aktiviteyi ve serbest radikal zararının ölçülmesi,
10. Hindistan'daki kömürlü termik santraller ile Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kömürlü termik santrallerin termal verimlilik bakımından karşılaştırılması,
11. Enerji santrallerinde değirmen olası arızaları ve freze arızalarını tespit eden Tüp bilyalı değirmenlerin ilk matematiksel modelinin geliştirilmesi,
12. Kömür madenciliği ve kömür bazlı termik santralin atıklarının çevresel etkilerinin analiz edilmesi,
13. Moğolistan'daki termik santrallerde yalıtım çalışanlarının havadaki asbestlere mesleki maruziyetinin araştırılması,
14. Termik santrallerde kritik noktalarda sağlık ve güvenlik prosedürlerinin tespit edilmesi,
15. Bir termik santralin yerleştirme ekipmanları ile ilgili öncelikli bir analiz belirlemek için analitik hiyerarşi sürecini kullanılması,
16. Elektrik santrallerinde meydana gelen iş kazalarını HIRARC (Tehlike Tanımlama, Risk Değerlendirme ve Risk Kontrol) sürecine dayalı olarak incelenmesi,

17. Bir üretim sektöründe faaliyet gösteren bir şirketteki riskleri değerlendirmek için AHP ve Fine Kinney yöntemlerinin birlikte kullanılması,
 18. Kömür yakıtlı termik santrallerde yangın güvenliği konusunu incelerken önce üretim süreci, süreç boyunca karşılaşılan yangın tehlike kaynakları ve olası riskleri ve alınması gereken önlemler hakkında bilgi verilmesi,
 19. Ulaşım ve cıva kurallarının ince partikül madde konsantrasyonları, erken ölümler ve sosyal faydalar üzerindeki potansiyel etkilerini tahmin etmek için EPA tarama düzeyinde bir model olan CO-Benefits Risk Assessment (COBRA) modelinin kullanılması,
 20. Mevcut kömür yakıtlı enerji üretim tesislerinin operasyonel performanslarına odaklanarak bir sürdürülebilirlik değerlendirmesi için yeni bir hibrit Çok Kriterli Karar Verme MCDM yöntemi geliştirilmesi,
 21. Termik santrallerde yangın güvenliği araştırılması,
 22. Termik santrallerde insan faktörlerinin neden olduğu üretim risklerini ve belirlenen insan faktörlerini ele almak için yönetim yöntemlerini araştırılması,
 23. Soma maden faciasının sistem teorisine dayalı nedensel analiz kullanılarak analiz edilmesi,
 24. Elektrik endüstrisindeki zorlukları anlamak ve çalışanların ve liderlerin iş kazaları en iyi şekilde önlemek için Bolman ve Deal 4 kare modelini kullanılması,
 25. Kömürle çalışan bir elektrik santralinde kömür-toz maruziyeti ve sağlık tehlikeleri analiz edilmesi,
 26. Yorumlayıcı Yapısal Modellemeyi (ISM) kullanarak İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) önlemlerinin etkin bir şekilde uygulanması için tehlikeler/riskler (engeller olarak kabul edilir) arasındaki karşılıklı ilişkileri değerlendirilmesi,
 27. Kömürlü bir kombine ısı ve güç sistemi (CHP) santraline ekserji bazlı analiz uygulanması,
 28. Kazan fırınında meydana gelen prosesler üzerinde etkili hava evreleme uygulamasının araştırılması,
 29. Güney Afrika'nın Mpumalanga Eyaleti'nde bulunan bir kömür ateşlemeli elektrik santralinde solunabilir kristal silika tozuna maruz kalma düzeyinin belirlenmesi,
 30. İş yerlerinde erkeklerde termal gerilimi etkileyen faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi,
 31. Toz solumanın neden olduğu sağlık riskini Birleşik Devletler Çevre Yöntemi Koruma Ajansı (USEPA) bir inhalasyon risk değerlendirme modeli Monte Carlo simülasyon yöntemi ile birleştirilerek nicel olarak değerlendirilmesi,
 32. Enerji santralleri, çalışanlarının güvenlik kültür düzeylerini açığa çıkarılması,
 33. Termik santralde HIRA yönteminin kullanılması ve ciddi risklere odaklanıp risk değerlendirilmesi,
 34. Enerji santrallerinde performans düşüşüne yol açan insan hatası nedenlerini araştırılması,
- Yukarıda belirtilen çalışmalar, nitel, nicel, karma kesitsel ve uzunlamasına yöntemler kullanılarak yapılmışlardır. Veri toplamada literatür tarama, anket, numune alma, vaka çalışması, yarı yapılandırılmış bireysel, grup ve odak grup görüşmesi teknikleri kullanılmıştır. Kullanılan analiz teknikleri, karşılaştırma, istatistiksel korelasyon, cinsiyet, ortam ölçümleri ve çalışanların kan örnekleri, COBRA, CMAQ, AHP, FRI ölçeği, arıza ağacı analizi, nedensel ağ analizi gibi analiz teknikleridir. Yapılan analizlerde, kelime işlemci, veri tabanı, grafik, SPSS, elektronik tablolar gibi bilgisayar programları kullanılmıştır. İncelenen 34 çalışma göstermiştir ki: Gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmemiş tüm ülkelerde, ölümlü ve yaralanmalı iş kazaları ile meslek hastalıkları benzer iş sağlığı ve güvenliği endişeleri ve risk modelleri göstermektedir; elde edilen veriler kabul edilebilir sınırların çok üzerindedir ve müdahale edilmelidir. Kömürlü termik santraller ve atıklarının çevresel etkileri belirli bölgelerdeki su, toprak ve hava kirliliği açısından sınır değerlerini aştığı ve eski santrallerin rehabilite edilip baca gazı filtre sistemlerinin kontrolünün sağlanması, temiz kömür teknolojilerine uygun hale getirilmesi gerekmektedir.

Konveyör bantta hareketli halde kömür ve kömür tozu taşınmaktadır, olası yangın çıkması durumunda bantların ısıyla dayanıklı özellikte olması, yangın çıkarsa sadece ısı ve duman detektörleriyle değil aynı zamanla sprinkler sistemin su boşaltması ve boru içi basınç değişimi de gözlemlenerek olası ek kontrol yöntemleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Saha içerisinde elektrik çarpması, yangın, patlama, zehirlenme ve insan faktörlü risklerin yanı sıra meslek hastalığına yol açan riskler de mevcuttur.

Bulgularımız, kömürlü termik santrallerde riskler ve İş Sağlığı ve Güvenliği sonuçlarını inceleyen önceki araştırmalarla uyumludur.

Çalışmaların içeriklerinde tespit edilen eksikler aşağıda belirtilmiştir:

1. Çalışmalarda birçok soruna odaklanılmış, çözüm önerileri getirilmemiş ya da yetersiz çözüm önerileri sunulmuştur. İşyerindeki kömürle çalışan termik santraller işçileri arasında işle ilgili yaralanmaların ve hastalıkların kanıtı dayalı olarak önlenmesi yanında, sağlık politikası yapıcılarını daha iyi bilgilendirmek için faydalı olabilecek hiçbir müdahale ve öneri çalışması mevcut değildir.
2. Kömürlü termik santrallerde çalışan, işveren, kanun yapıcı ve uygulayıcıların ilişkilerini ve gelişmeleri uzun süreli inceleyen, sonuçlarını karşılaştıran faydalı olabilecek hiçbir müdahale ve öneri çalışması mevcut değildir.

3. Çalışanların iş kazası ve meslek hastalığı kayıtları düzenli tutulmaması, İş Sağlığı ve Güvenliği sonuçlarının olumsuz bir tablo oluşturmasında doğrudan etkilidir.
4. Kömürlü termik santrallerde iş kazalarını önlemek için kapsamlı bir risk çalışması yapılmamış ve öneri çalışması mevcut değildir.
5. Kömürlü termik santrallerin sera gazı salınımı ile ilgili yeterli çözüm önerileri sunulmamıştır.
6. Termik santrallerde insan faktörlerinin neden olduğu riskler yeterince açıklanmamış ve öneriler getirilmemiştir.
7. Çalışanlara kömürlü termik santrallerde İSG riskleri hakkında yeterli eğitimin verilmemesidir.

Çalışmamıza makaleler, konferans özetleri, bildirimleri, tezler, kitaplar veya kitap bölümlerini dahil edilmiştir. Ancak, yayınlanan bazı belgeleri gözden kaçırmış olabiliriz. Çalışmalar arasında örneklem büyüklüğü ve farklılıkları, veri toplama yöntemleri ve hem çalışma koşullarını hem de İSG sonuçlarını değerlendirme yöntemleri açısından farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu farklılıklar, bulguları birleştirme ve karşılaştırma yeteneğimizi kısıtladı. Bu nedenle, sonuçlar sadeleştirme, özet ve mevcut bilgilerin seçimidir.

Önceki çalışmalara göre, bu makale aşağıdaki güçlü yönleri sunar:

- Gerçekleştirilmiş nicel, nitel ve karma çalışmaların güncel ve kapsamlı sonuçlarını sunar;
- Kömürlü termik santrallerde İSG faktörlerini belirlenmesi için tüm riskler ve çevresel etkiler ve iş kazalarını dahil eden çalışmalarla ilgilenilmiştir.
- Seçilmiş olan çalışmalar, gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmemiş ülkeleri içine alır ve sanılanın tersine, gelişmiş ülkelerin İSG uygulamada ciddi sorunları olduğunu gösterir.

Bu kapsam belirleme incelemesinin bulguları, kömürlü termik santrallerde çalışanların karşılaştıkları olumsuz iş sağlığı ve güvenliği sonuçlarının, önleyici yaklaşımla ele alındığından emin olmak için küresel iş birliğine güçlü bir şekilde ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Ayrıca, kömürlü termik santrallerin çevresel etkilerinin analiz edilip küresel ölçekte gerekli tedbirlerin alınması için ciddi ve multidisipliner bir çalışmanın yapılması gerektiğine inanıyoruz. Kömürlü termik santrallerde iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesi için kapsamlı bir risk analizi yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, iş sağlığı ve güvenliği risklerini önlemeye yönelik tedbirler almak ve süreci takip edebilmek için aşağıdaki kilit eylemlere ihtiyaç vardır:

- Çalışanlar iş yerindeki riskler hakkında bilgilendirilmeli ve eğitim verilmelidir
- Kömürlü termik santrallerde işçi verimliliğini, iş sağlığını ve güvenliğini etkileyen faktörleri belirlenmeli ve koruyucu önlemler proaktif uygulanmalı ve izlenmelidir.
- Kömürlü termik santrallerde ortam ölçümleri periyodik olarak yapılmalı ve koruyucu önlemler proaktif şekilde uygulanmalıdır.
- Kömürlü termik santrallerde çeşitli seviyelerde kömür tozuna maruz kalan çalışanların düzenli olarak gerekli sağlık kontrolleri yapılmalıdır.
- Kömürlü termik santrallerin kapsamlı bir şekilde çevresel etkileri belirlenmeli ve gerekli önlemlerin alınması için işveren ve kanun yapıcı gerekli iş birliğine girmelidir.
- Kömürlü termik santrallerde performans düşüşüne yol açan insan hataları nedenleri ile kapsamlı bir şekilde araştırılmalı ve düzenleyici önlemler alınmalıdır.

Tablo 2. Kömürlü Termik Santrallerde İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsam İncelemede Yer Alan Çalışmaların Temel Özellikleri ve Sonuçları (2007-2019)

No	Yazar	Ülke	Tarih	Amaç/Hedef	Yöntem /Örnek	Anahtar Kelimeler	Genel Sonuçlar/ Öneriler
1	Levy ve ark.	A.B.D.	2009	Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 407 kömürlü enerji santrallerinden kaynaklanan emisyonlarla ilişkili sağlıkla ilgili zararlar, tesis, saha ve nüfus özelliklerinin bir işlevi olarak tesislerin hasarlarının modellenmesi	Karma metot, Yarı yapılandırılmış görüşme, Regresyon modelleme, COBRA, CMAQ	Kömürlü termik santraller, iş sağlığı ve güvenliği, ince partikül madde, enerji santralleri	Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 407 kömürlü enerji santralinden kaynaklanan hava kirliliği ile ilgili sağlık ve sosyal maliyet etkilerini tahmin etmek için CO-Benefits Risk Assessment COBRA "yı ("kaynak-reseptör matrisi" olarak adlandırdılar) istihdam etti. Genel sonuçları Topluluk Çok Ölçekli Hava Kalitesi Modeli CMAQ tarafından tahmin edilenlerle iyi eşleştirdi, ancak iki modelin tahminlerinin bölgesel olarak farklı olabileceğini tahmin ettiler. Çıktılar, doğrusal olmayan ve model belirsizliğini içeren ince partikül madde (PM2.5) ile ilişkili mortalite için konsantrasyon-yanıt fonksiyonu ile bağlantılıydı. Mortaliteye istatistiksel yaşam yaklaşımının değeriyle değer verdiler, tüm model unsurlarında belirsizlikleri karakterize ettiler ve yaydılar. Tesise özgü belirsizlik dağılımlarının ortancası, tesisler genelindeki hasarlar pm2.5 ton başına 30.000 ila 500.000 \$ arasında değişmektedir, Ton başına 6.000 ila 50.000 \$ SO ₂ , NO _x 'un ton başına 500 ila 15.000 \$ ve üretilen kilowatt-saat elektrik başına 0.02 ila 1.57 \$. Ton emisyon başına hasarlardaki değişkenlik, neredeyse tamamen, atmosferik koşullar ve santralden çeşitli mesafelerdeki nüfus büyüklüğü ile ilgili olan birim emisyon başına popülasyon maruziyeti (alım fraksiyonu) ile açıklamışlardır. Kilowatt-saat başına hasarlardaki değişkenlik, yakıt ve kontrol teknolojisi özellikleriyle ilgili SO ₂ emisyonları ile yüksek oranda ilişkili, ancak aynı zamanda atmosferik koşullar ve çeşitli mesafelerdeki nüfus büyüklüğü ile de ilişkiliydi. Bulguları, tesisler genelindeki hasarlarda değişkenliği göz önünde bulunduracak kontrol stratejilerinin daha verimli sonuçlar vereceğini vurgulamışlardır

Tablo 2 devam

2	Hole ve ark.	Hindistan	2009	Termik santralde işçi verimliliğini, iş sağlığını ve güvenliğini etkileyen faktörleri belirlenmesi	Nicel metot, Vaka çalışması, Yarı Yapılandırılmış Görüşme, Anket, İstatiksel analiz	İş sağlığı, iş güvenliği, ergonomi, verimlilik, termal faktörler	Maharashtra eyaletindeki 10 termik santralde 30 üretim müdürü katılımıyla anket çalışması ve yarı yapılandırılmış görüşme yapmışlardır. Düşük işçi verimliliği ve zayıf İSG koşullarına neden olabilecek ergonomik faktörleri incelemişlerdir. Yöneticilerin yüzde 52'si sıcak çevre koşulları, %30'u gürültülü çevre ve %26'sı kaynak ve tesis eksikliği bildirmiştir. Yöneticilere yorgunluk, sırt ağrısı, üst vücut ağrısı, el ve bilek ağrısı ve baş ağrısı şikayetleri gelmiştir. Yönetim çalışanların, %85 oranında ergonomi bilgi ve uygulama erişimine sahip olmadığını kabul etmiştir. Şirketlerin yüzde 90'ı ergonomik risk değerlendirmesi yapmamıştır. İstatiksel olarak değerlendirdiklerinde verimlilik göstergeleri ile sağlık ve organizasyon özellikleri arasında anlamlı bir korelasyon bulmuşlardır. Bu çalışmada işçi verimliliğini, iş sağlığını ve güvenliğini etkileyen faktörleri belirlemişlerdir.
3	Dünya Enerji Konseyi-Türk Millî Komitesi		2010	Temiz kömür teknolojilerinin önemi, dünya ve Türkiye'deki bu teknolojilerle ilgili son gelişmeler hakkında bilgilendirme verilmesi	Nitel Metod, Literatür Taraması, Raporlar	Kömürlü termik santraller, temiz kömür teknolojileri, karbon tutma ve depolama, emisyon	Temiz kömür teknolojilerinin önemi, dünya ve Türkiye'deki bu teknolojilerle ilgili son gelişmeler hakkında bilgilendirme verilmiştir. Bu çerçevede, temiz kömür teknolojilerindeki son teknolojilere odaklanmış, kömür hazırlama ve zenginleştirme yöntemleri, kömür gazlaştırma ve sıvılaştırma yöntemleri, süper kritik kazan teknolojisi, emisyon kontrol yöntemleri, karbon yakalama tesisi, karbon depolama birimleri ve rehabilitasyon bölümlerinden oluşmaktadır.
4	Raducanu ve ark.	Romanya	2010	DevaRomanya enerji santrali içindeki ve filtrelerdeki kül ve kömür tozunun kimyasal-yapısal bileşim ve partikül boyutu dağılımının nicel analiz edilmesi ve değerlendirilmesi	Nicel kesitsel metot, Numune Alma	Kül, kömür tozu, kömür santrali, kristal silika	Deva- Romanya enerji santralinde kömür tozu ve kül örneklerinde bulunan tehlikeli bileşiklerin biyolojik re aktivitesi ölçülmesi, santral içindeki tozun kimyasal ve yapısal bileşiminin ve partikül boyutunun nicel olarak analiz edilmesi ve değerlendirilmesini yapmışlardır.

Tablo 2 devam

5	Taner	2011	Küresel ölçekte kömür rezervleri, ihracatları, ithalatları ve kömür yakan termik santrallerin artması sera gazı salınımı etkisi hakkında bilgi vermiştir.	Nitel metot, Literatür taraması	Kömürlü termik santraller, kömür ihracatı, kömür ithalatı, sera gazı	Küresel ölçekte kömür rezervleri, ihracatı, ithalatı ve kömür yakan termik santrallerin artması karşısında sera gazı salınımı etkisi hakkında bilgi vermiştir. Bu bağlamda zengin ülkeler kömür santralleri hakkında çok sıkı önlem almalarına karşın kömür ihracatlarını geliştirmekte olan ülkelere yapmaktadır. Böylece kömür ile sera gazı salınımları da ihraç edildiğini açıklamıştır.	
6	Kasap	2011	Türkiye Taşkömürü İşletmesi 1987-2006 yılları arasındaki iş kazalarının veri zarflama analizi kullanarak teknik verimsizliğin genel kaynakları ve üretim verimsizliği ilişkisini bulmuştur.	Karma metot, Parametrik olmayan bir verimlilik ölçüm yöntemi (VZA)	İş kazası, verimlilik, iş güvenliği, iş sağlığı	Madencilikte iş kazalarının nasıl işlenebileceğini araştırmıştır. 1987-2006 yılları arasında Türkiye Taşkömürü İşletmesi'nde (TTK) kazalar üretim verimliliğini etkilemiştir. Veri zarflama analizi kullanılarak incelenen yıllarda teknik verimsizliğin genel kaynaklarını belirlemiştir. Bu analizden elde edilen sonuçlar, genel teknik verimliliğin, özellikle 1992'deki felaketin bir sonucu olarak, %69,7 kadar düşük olduğunu ortaya koydu; dolayısıyla iş kazalarının üretim verimliliği üzerinde olumsuz bir etkisi oldu. En büyük teknik verimsizlik derecesinin, en fazla iş kazasının kaydedildiği 1992 ile 2000 yılları arasındaki dönemde meydana geldiği, en büyük derecenin ise 1987 ile 1993 yılları arasında meydana geldiği tespit edildi. Kurumlar arasında öne çıkan ve işçi sağlığı ve güvenliğine büyük önem veren, 1993 yılından sonra verimlilik puanlarında artış kaydedilmiştir.	
7	Fecke ve ark.	A.B.D.	2011	Buhar santralleri kazan sistemlerinin eksikliklerini belirlemek ve güvenilirliğini değerlendirmek için standartlara uygun analitik iyi mühendislik uygulamalarına dayalı kontrol listesi analizi geliştirmektedir.	Nitel metot, Literatür taraması, Referans belgeleri toplama, PHA	Brülör yönetim sistemi, yanma kontrol sistemi, kontrol listesi, proses tehlike analizi, buhar, kazan	Buhar santralleri kazan sistemlerinin eksikliklerini belirlemek ve güvenilirliğini değerlendirmek için standartlara uygun analitik iyi mühendislik uygulamalarına dayalı kontrol listesi analizi geliştirmişlerdir. Kontrol listesi, etkili bir şekilde uygulandığı takdirde, böyle bir sistem için tehlikeleri ve gerekli önlemleri belirlemekten daha fazlası, kazan işletme ve güvenlik sistemleri hakkında eğitim hedeflerini ve personel bilgisini geliştirmek içinde kullanılabilir. Tehlike analizi PHA kullanarak hazırlanan güvenlik kontrol listesinin ne zaman uygulanmasının uygun olduğu ve böyle bir kontrol listesi geliştirmek için referanslar, rehberlik belgeleri, standartlar, düzenlemeler ve kodlardan oluşan bir koleksiyon toplamışlardır. Makul alternatifler için yönergeler sağlamışlardır. Ayrıca, mevcut kazan sistemleri için böyle bir tehlike analiz programının uygulanmasındaki tipik engelleri tartışmışlardır.

Tablo 2 devam

8	Ceylan	Türkiye	2012	EÜAŞ, TEİAŞ ve TEDAŞ'ta 2003-2011 yılları arasında meydana gelen kazalara ait kaza raporları incelenerek, toplam 2478 iş kazası analiz edilmiştir.	Nitel uzunlamasına metot, Literatür tarama, EÜAŞ, TEİAŞ ve TEDAŞ İş kaza raporları, Kaza ağırlık ve sıklık hesaplama yöntemleri	Elektrik üretimi iş kazası, elektrik iletimi iş kazası, elektrik dağıtım iş kazası, iş güvenliği	EÜAŞ, TEİAŞ ve TEDAŞ'ta 2003-2011 yılları arasında meydana gelen kazalara ait kaza raporları incelenerek, toplam 2478 iş kazası analiz edilmiştir. Ayrıca, Türkiye genelinde meydana gelen kazalar ile EÜAŞ, TEİAŞ ve TEDAŞ kazaları, uluslararası kaza istatistikçilerinin de kullandığı, çeşitli parametreler açısından kıyaslamıştır. Kaza raporları incelendiğinde, EÜAŞ, TEİAŞ ve TEDAŞ'ta etkileri itibarıyla meydana gelmiş kazaların önemli bir kısmı büyük kazalardır. Meydana gelen kazaların elektrik üretiminde %69,9'u, elektrik iletiminde %52,1'i, elektrik dağıtımında ise %32,1'i ya ölümlü veya ağır yaralanmalarla sonuçlanmıştır. Türkiye geneli için %4 civarındadır. Elektrik sektörü için en uygun çalışan profili, ortalama 10 yıllık bir tecrübeye sahip, 25-40 yaş aralığında, belirli bir düzeyde tecrübesi olan, genç, dikkati ve refleksleri azalmamış dinamik kişiler olarak görülmektedir. Genel olarak haftanın ilk ve son iş günleri iş kazaları açısından en riskli günlerdir. Kaza geçirmiş çalışanların elektrik üretimde yaklaşık %85'inin, elektrik iletimde %69'unun, elektrik dağıtımda ise %89'unun daha önceden İSG eğitimi almış olmaları düşündürücü bir sonuçtur.
9	Kaur ve ark		2013	Kömürlü termik santrallerde çeşitli seviyelerde kömür tozuna maruz kalan işçilerde antioksidan aktiviteyi ve serbest radikal zararının ölçülmesi	Nicel kesitsel metot, Numune Alma, İstatiksel analiz	Buhar santralleri, kömür tozu, antioksidan, iş sağlığı, iş güvenliği, Glutasyon peroksidaz, lipid peroksidasyonu, malondialdehit, süperoksit dismutaz	Kömürlü termik santrallerde çeşitli seviyelerde kömür tozuna maruz kalan işçilerde antioksidan aktiviteyi ve serbest radikal zararını ölçmüşlerdir. Toplam 200 sağlıklı sigara içmeyen erkek işçiden 50 şer kişilik kömür taşıma ünitesi, türbin ünitesi, kazan ünitesi ve kontrol amaçlı şehirde çalışan elektrikçilerden kan örneği alarak, lipid peroksidasyonu malondialdehit (MDA) düzeylerini ölçmüşler ve antioksidan aktivite süperoksit dismutaz (SOD) ve glutasyon peroksidaz (GPx) düzeylerini belirlemişlerdir. Sonuçları istatistiksel olarak analiz etmişlerdir. MDA düzeyleri termik santral çalışanlarında şehirde çalışan elektrikçilere göre anlamlı bir artış (P> 0.001) gösterdi. SOD ve GPx seviyeleri, elektrikçilerde termik santralde çalışan deneklere kıyasla önemli ölçüde daha yüksekti (P> 0.001). Termik santral çalışanları arasında kömür elleçleme ünitesi çalışanları MDA'da önemli artış (P> 0.001) ve SOD ve GPx'te kazan ve türbin ünitesi çalışanlarının işçilerine göre önemli bir düşüş göstermiştir. Kazan ve türbin ünitesindeki işçilerle karşılaştırıldığında kömür işleme birimi çalışanlarında MDA seviyeleri daha yüksek bulmuşlardır.

Tablo 2 devam

10	Chan ve ark.	2014	Hindistan'daki kömürlü termik santraller ile Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kömürlü termik santrallerin termal verimlilik bakımından karşılaştırılması	Nitel uzunlamasına metot, Literatür tarama, Karşılaştırmalı analiz	Kömür, kömürlü termik santraller, termal verimlilik, enerji, elektrik	Hindistan'daki kömürlü termik santraller ile Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kömürlü termik santrallerin termal verimlilik bakımından karşılaştırmışlardır. 1989-2009 yılları arasındaki kurulu kömürlü termik santralleri yaş ve kapasite bakımından eşleştirmişlerdir. Hint kömürünün kalitesinin %50-60 ABD kömüründen daha düşük ve kül içeriğinin çok fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı enerjiyi elde etmek için daha fazla ton Hint kömürü yakılacaktır. Bununla birlikte, termal verimlilik hakkındaki veriler, Hindistan'daki devlete ait fabrikaların halka açık olandan önemli ölçüde daha az termal olarak verimli olduğunu göstermektedir. Hindistan'da elektrik sektöründe reformlar devam etse de fabrikalar hala kamuya ait olup işletildiğini incelemişlerdir. Piyasa teşviklerindeki iyileştirmeler ve özel mülkiyetin, devlete ait tesislerin termal verimliliğinde iyileştirmeler getirmesi muhtemeldir. Hindistan da ABD' ye göre santrallerin çoğu devlete aittir. ABD' de elden çıkarılan tesisler tekrar yapılandırılmıştır. İşletme ve bakım uygulamalarında termal verimliliği artırdığı gözlemlenmiştir.
11	Guo ve ark.	2014	Enerji santrallerinde değirmen olası arızaları ve freze arızalarını tespit eden Tüp bilyalı değirmenlerin ilk matematiksel modelinin geliştirilmesi	Karma metot, Genetik Algoritma, Simülasyon, Online Test	Sistem modelleme, genetik algoritmalar, güç üretim kontrolü, kömürlü termik santraller	Enerji santrallerinde değirmen olası arızaları ve freze arızalarını tespit eden Tüp bilyalı değirmenlerin ilk matematiksel modelini geliştirmişlerdir. Değirmen modeli, enerji santrali kömür fabrikasına çalışmasına paralel olarak çalışıyor; ölçülen ve tahmin edilen çıkışlar santral kontrol odasındaki bilgisayar ekranlarında görüntülenir. Ölçülen ve tahmin edilen freze çıkışları önceden belirlenmiş eşik değerlerinin üzerinde olduğunda, sistem uyarı sinyalleri vermek için alarm raporlarını yükseltir. Bu model tabanlı izleme sistemi, normalde ölçülemeyecek olan değirmenin (veya değirmen seviyesinin) içindeki kalan kömürün toplam miktarının on-line olarak tahmin edilmesi için bir işleve sahiptir. "Değirmenin içindeki kömür" için bu tahmin, değirmen işletme güvenliğini korumak için çok değerlidir. Değirmenin içinde aşırı kömür birikmesi değirmen tahrik sistemi gücünü artıracak ve değirmen hasarları verecektir; aşırı kömür de potansiyel yangınları tetiklemek için değirmenin içinde ısı biriktirecektir. Değirmenin içindeki kömür, tesis operatörlerine değirmen arızalarını mümkün olan en erken aşamada belirlemek için ekstra bilgi sağlar.

Tablo 2 devam

12	Hossain ve ark.	Bangladeş	2015	Kömür madenciliği ve kömür bazlı termik santralin atıklarının çevresel etkilerinin analiz edilmesi	Karma metot, Yarı yapılandırılmış görüşme	Kömür madeni, kömürlü termik santral, çevresel etki	Kömür madenciliği endüstrisi ve kömür bazlı termik santralin Barapukuria, Dinajpur çevresine çevresel etkilerini nitel ve nicel analiz etmek için gerçekleştirmişlerdir. Tarım arazisi toprağında artıran kömür suyunun pH değerleri, ağır metal, organik karbon ve değiştirilebilir katsayıları, kömür madenciliğinin çevredeki su ve toprak kalitesini bozduğunu kirliliği, tarım arazilerinin azalması ve sakinlerin geçim güvensizliği gibi bitişik bölgelere bazı çevresel ve sosyo-ekonomik zorluklar getirdiğini açıklamışlardır.
13	Damiran ve ark.	Moğolistan	2015	Moğolistan'daki termik santrallerde yalıtım çalışanlarının havadaki asbestlere mesleki maruziyetinin araştırılması	Nicel metot, Faz kontrast mikroskop, Numune alma, İletim elektron mikroskop	Kömürlü termik santral, asbest, iş sağlığı	Moğolistan'daki termik santrallerde yalıtım çalışanlarının havadaki asbestlere mesleki maruziyetinin araştırılmışlardır. Moğolistan'daki kömürlü termik santraller (TPP'ler), boru sistemlerinin, fırınların ve diğer ürünlerin ısı yalıtımında çeşitli asbest içeren malzemeler (AM) kullanılır. İzolasyon çalışmalarının ilerleyişi sırasında Moğolistan'daki dört enerji santralinden 47 hava numunesi alınmıştır. Numuneler faz kontrast mikroskopisi (PCM) ve iletim elektron mikroskopisi (TEM) ile analiz edilmiştir. Ortalama faz kontrast mikroskopisi eşdeğeri (PCME) asbest lif konsantrasyonu 0,93 f/cm dir. 41 kişisel ve alan örneklerinden biri, Amerika Birleşik Devletleri İş Güvenliği ve Sağlık İdaresi'nin (US OSHA) 1,0 f/cm'lik kısa süreli maruz kalma sınırını aştığını tespit etmişlerdir. Toplanan kısa süreli örneklerin tam vardiya maruziyeti temsil ettiği varsayılırsa, maruz kalmalar ABD OSHA 8 saatlik izin verilen 0,1 f/cm maruz kalma sınırından yaklaşık 10 kat daha yüksektir. Enerji santrali yalıtım çalışanları, ABD OSHA İzin Verilen Maruz Kalma Sınırını aşan konsantrasyonlarda havadaki asbestlere maruz kaldıkları tespit edilmiştir.
14	Mitrevska ve ark.	Makedonya	2016	Termik santrallerde kritik noktalarda sağlık ve güvenlik prosedürlerinin tespit edilmesi	Nitel metot, Literatür taraması	Kömürlü termik santral, iş sağlığı ve güvenliği, koruyucu önlemler, iş güvenliği performansı	Makedonya Cumhuriyeti'nin en büyük elektrik üreticisi Termik santral (TPP) Bitola baz alarak iş sağlığı ve güvenliği açısından kritik faaliyetler basınç altında montaj, yüksekte çalışma ve çalışma operasyonları sırasındaki kritik sağlık ve güvenlik durumlarını tespit etmişlerdir. Santralde rehabilitasyon, performans iyileştirme ve alınacak güvenlik önlemlerini açıklamışlardır.

Tablo 2 devam

15	Yağmur		2016	Bir termik santralin yerleştirme ekipmanları ile ilgili öncelikli bir analiz belirlemek için analitik hiyerarşi sürecini kullanılması	Karma metod, AHP	Analitik hiyerarşi süreci, öncelik analizi, kömürlü termik santral	Bir termik santrallerde kullanılan 11 ana ekipmanın AHP yöntemiyle beş kriter ve dört alt kriter de dahil olmak üzere kriterlerin farklı ağırlık setlerini kapsayarak enerji sektöründe yerleştirme ile ilgili öncelik sırasını belirlemiş ve değerlendirmişlerdir. Bu çalışma enerji santrali ekipmanlarının teknoloji transferi yoluyla yerleştirilmesini değerlendiren ve öncelik analizi sunan ilk çalışmadır.
16	Ahmad ve ark	Malezya	2016	Elektrik santrallerinde meydana gelen iş kazalarını HIRARC (Tehlike Tanımlama, Risk Değerlendirme ve Risk Kontrol) sürecine dayalı olarak incelenmesi	Nitel kesitsel metod, Vaka çalışması, Anket, Yarı yapılandırılmış görüşme, Karşılaştırmalı analiz	İş kazası, kömürlü termik santral, tehlike tanımlama, risk değerlendirme, iş güvenliği riski	Malezya'da bulunan iki kömür yakıtlı termik santrallerde meydana gelen iş kazalarını önlemek için tehlike tanımlama, risk değerlendirme, risk kontrol hiyerarşisiyle anket ve kişisel görüşmeler yoluyla elde edilen verileri nitel analize tabi tutmuşlar ve iki kazayı analiz etmişlerdir. Kazaların önlenmesi için kontrol önlemleri önermişlerdir.
17	Kokangül ve ark		2017	Bir üretim sektöründe faaliyet gösteren bir şirketteki riskleri değerlendirmek için AHP ve Fine Kinney yöntemlerinin birlikte kullanılması	Karma metod, Fine Kinney metod AHP	Fine Kinney metod, AHP, risk, risk değerlendirme	Büyük bir üretim sektöründe faaliyet gösteren bir şirketindeki riskleri değerlendirmek için hem Fine Kinney hem de AHP yöntemlerinin beraber kullanılabileceğini göstermişlerdir. Tehlikeler AHP ile ağırlıklandırılmış ve risk sınıflandırılması yapılırken AHP sonuçlarından da yararlanılmıştır. Fine Kinney yöntemi kullanılarak riskler değerlendirilmiştir
18	Kozacı		2017		Nitel metod, Literatür taraması	Kömürlü termik santral, yangın, yangın güvenliği, iş güvenliği, risk	Kömür yakıtlı termik santrallerde yangın güvenliği konusunu incelerken önce üretim süreci, süreç boyunca karşılaşılan yangın tehlike kaynakları ve olası riskleri ve alınması gereken önlemler hakkında bilgi verilmiştir. Kömür yakan termik santrallerde yangın tehlikesi olan tesisler; kömür taşıma bantları, kömür park sahası, kazan bakım servisi, türbin jeneratörleri, değirmenler, elektrik üretim tesisleri, yüksek gerilim hatları, kablo kanalları, trafolar, kontrol odası, yardımcı işletmeler yangın tehlike risk faktörleri incelenmiş ve önlemler hakkında bilgi verilmiştir.

Tablo 2 devam

19	Thomson ve ark		2018	Ulaşım ve cıva kurallarının ince partikül madde konsantrasyonları, erken ölümler ve sosyal faydalar üzerindeki potansiyel etkilerini tahmin etmek için EPA tarama düzeyinde bir model olan CO-Benefits Risk Assessment (COBRA) modelinin kullanılması	Karma metod, CO-Benefits Risk Assessment (COBRA) modeli	Temiz hava yasası, ince partikül madde, kömür taşıma kuralı, cıva kuralı, kömürlü termik santral	Ulaşım ve cıva kurallarının ince partikül madde konsantrasyonları, erken ölümler ve sosyal faydalar üzerindeki potansiyel etkilerini tahmin etmek için ABD Çevre Koruma Ajansı EPA tarama düzeyinde bir model olan CO-Benefits Risk Assessment (COBRA) modelinin kullanılmışlardır. COBRA, sağlık etkilerini ekonomik maliyetlere (veya avantajlara) çevirmek için EPA'nın düzenleyici etki değerlendirmelerinde kullanılan hakemli yöntemleri kullanır. Bu amaçla kullanılan teknikler arasında ödeme isteği çalışmaları, tıbbi maliyetler ve tasarruf veya kayıp istatistiksel bir yaşamın değerine ilişkin tahminler bulunmaktadır. COBRA tarama düzeyinde bir model olduğundan, burada sunulan sonuçlar, bu tür sorulara daha sofistike hava kalitesi modelleri uygulamanın istenmesine işaret eder. Ancak buradaki bulgular, Temiz Hava Yasası cıvasını zayıflatmaya yönelik politika kararlarının ve enerji santralleri için taşıma kurallarının ince partikül madde (PM2.5) artıracakını göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nin orta batı, güney ve doğu kısımlarında konsantrasyonlar, bu kuralların kabul edildiğinden bu yana gerçekleştirilen emisyon azaltmaları, emisyonların azaldığı her yıl için on binlerce tahmin edilen erken ölümlerden kaçınılmıştır.
20	Wu ve ark	Çin	2018	Mevcut kömür yakıtlı enerji üretim tesisleri operasyonel performanslara odaklanarak bir sürdürülebilirlik değerlendirmesi için yeni bir hibrit Çok Kriterli Karar Verme MCDM yöntemi geliştirilmesi	Karma metod, Areal gri ilişkisel analiz AGRA, Vaka çalışması, AHP	Areal gri ilişkisel analiz AGRA, AHP, kömürlü termik santral	Yeni bir hibrit Çok Kriterli Karar Verme MCDM yöntemini enerji üretim sistemlerinin birim düzeyinde sürdürülebilirliğin değerlendirilmesinde ve gelecekteki sürdürülebilir kalkınmada yeteneğinin artırılmasında enerji işletmelerine fayda sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Tablo 2 devam

21	Phuangkaew ve ark	Tayland	2018	Termik santrallerde yangın güvenliği araştırması	Nitel kesitsel metot, FRI ölçeği	Elektrik enerjisi endüstrisi, termik santraller, sapma skoru	Tayland'ın elektrik santrallerindeki fiili yangın güvenlik durumunu belirlemektir. Bu çalışmada beş termik santral seçmişlerdir. Beş termik santralden araştırma için işçiler seçilmiş ve yangın güvenliği uzmanlarından parametreleri ağırlıklandırılmaları istemişlerdir. Sapma puanını hesaplamak için parametre seçimi ve puanlama noktası yöntemleri kullanmışlardır. Bu güncel çalışmadan elde edilen bulgular, her parametre için ortalama sapma puanının 5 üzerinden 0 ile 2,6 arasında olduğunu ortaya koymuşlardır. Olası yangını belirtmek için noktalar arasındaki farka odaklanan parametreleri analiz etmişlerdir. Gelecekteki çalışmalar ve bu çalışmanın sınırlılıkları da tartışılmışlardır.
22	Diao ve Ghorbani		2018	Termik santrallerde insan faktörlerinin neden olduğu üretim risklerini ve belirlenen insan faktörlerini ele almak için yönetim yöntemlerini araştırmaktadır.	Nitel kesitsel metot, Yarı yapılandırılmış görüşme, Arıza ağacı analizi, Nedensel ağ analizi	Üretim riski, İnsan faktörü, Termik santral, Yönetim yöntemleri	Termik santrallerde insan faktörlerinin neden olduğu üretim risklerini ve belirlenen insan faktörlerini ele almak için yönetim yöntemlerini araştırmışlardır. Çin'deki 4 termik santralden yöneticilerle 18 yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirmişlerdir. Görüşülen kişilerden örnekler vermeleri istenmiş ve bu örnekler görüşmecilerin yanıtlarını daha iyi anlamak için kullanılmıştır. Bu çalışma sadece aynı şirketteki farklı düzeylerdeki yöneticiler tarafından kullanılan yöntemleri değil, aynı zamanda farklı şirketlerden aynı düzeydeki yöneticilerin kullandığı yöntemleri de anlamaya ve karşılaştırmaya çalıştığı için, çoklu vaka çalışması yaklaşımı uygulanabilir. Arıza ağacı analizi ve nedensel ağ analizi kullanılmıştır. Ayrıca farklı üretim birimlerinde insan faktörlerinden kaynaklanan üretim risklerini kategorize etmişler, üretim risklerine neden olan insan faktörlerinin özellikleri ve kaynakları analiz etmişler, farklı düzeylerdeki yöneticiler ve farklı şirketlerden gelen yöneticiler tarafından önerilen insan faktörlerini ele almada yönetim yöntemlerinin uygunluğu değerlendirmişlerdir.

Tablo 2 devam

23	Düzgün		2018	Soma maden faciasının sistem teorisine dayalı nedensel analiz kullanılarak analiz edilmesi	Nitel metot, STAMP'a dayalı CAST	Kaza analizi, iş kazası, emniyet, risk, yaralanma, kayıp	Sistem Teorik Kaza Modeli ve Süreçleri STAMP, STAMP' a dayalı nedensel analiz CAST analizi esas olarak kazanın sorumlu kişisini veya grubunu belirlemeye çalışmak yerine sosyoteknik sistemin genel yapısını araştırmaya odaklanır. Bu sayede her kazadan alınan dersler fiziksel, sosyal, kurumsal ve düzenleyici açıdan daha güvenli sistemlerin tasarımına sistematik olarak dahil edilebilir. Soma maden faciasını SMD analiz etmek için kullanılan CAST'li STAMP, yüksek derecede belirsizlik içeren karmaşık sosyoteknik kazaları analiz etmeyi sağladığını ortaya koymaktadır. SMD örneğinde olduğu gibi, kazanın kesin nedenini belirlemek mümkün olmasa da CAST aracı sonuçların nedenlerinin ve sonuçları basamaklayan olayların dinamik doğasının tanımlanmasını sağlar. Ayrıca, yasama kuruluşlarından bireylere kadar hiyerarşik güvenlik kontrol yapısının her bir üyesinin rolünü derinlemesine anlamayı sağlar. Buna göre, her hiyerarşik katmanda gerekli iyileştirmeler kolayca tanımlanmıştır.
24	Narine	A.B.D.	2019	Elektrik endüstrisindeki zorlukları anlamak ve çalışanların ve liderlerin iş kazaları en iyi şekilde önlemek için Bolman ve Deal 4 kare modelini kullanılması	Doktora tezi, Nitel metot, Bolman ve Deal 4 kare modeli	İş kazası, iş güvenliği, elektrik endüstrisi, risk	ABD'deki ölümcül ve ciddi işyeri kazalarına en çok arzu edilen ve uygulanabilir çözümler konusunda uzman bir panelden uzlaşma sağlamaya odaklanmıştır. Bolman ve Deal'ın 4 kare modeli, elektrik endüstrisindeki zorlukları anlamak ve çalışanların ve liderlerin kazaları en iyi şekilde önlemek için birlikte nasıl çalışabileceğini kanıtlamıştır.
25	Noko		2019	Kömürle çalışan bir elektrik santralinde kömür-toz maruziyeti ve sağlık tehlikeleri analiz edilmesi	Doktora tezi, Nicel metot, Tabakalı örnekleme, Yapılandırılmış görüşme, SPSS	Kömürlü termik santral, kömür, kömür tozu, iş sağlığı, iş güvenliği	Kömürle çalışan bir elektrik santralinde kömür-toz maruziyeti ve sağlık tehlikeleri analiz edilmiştir. Tanımlayıcı bir kesit tasarımı kullanmış ve 245 güç üretim proses çalışanlarından 152 işçiyi seçmek için tabakalı örnekleme kullanmıştır. Veriler yapılandırılmış bir görüşmecisi tarafından uygulanan anket kullanılarak toplanmıştır. Veriler Sosyal Bilimler için İstatistiksel Paket (SPSS) Sürüm 25 kullanılarak analiz edilmiştir.

Tablo 2 devam

26	Li ve ark	2019	Yorumlayıcı Yapısal Modellemeyi (ISM) kullanarak İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) önlemlerinin etkin bir şekilde uygulanması için tehlikeler/riskler (engeller olarak kabul edilir) arasındaki karşılıklı ilişkileri değerlendirilmesi	Nitel kesitsel metot, ISM, Yarı yapılandırılmış görüşme, Vaka çalışması	Tehlikeler/riskler arasındaki ilişki, ISM, iş sağlığı ve güvenliği, kömürlü termik santral	Kömürlü termik santrallerde engeller olarak kabul edilen tehlikeler / riskler uzman görüşü alınarak incelenir ve engeller arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için Yorumlayıcı Yapısal Modelleme ISM kullanılarak iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin etkin bir şekilde uygulanması için tehlikeler ve riskler arasında karşılıklı ilişkileri değerlendirmişlerdir.
27	Zhang ve ark	2019	Kömürlü bir kombine ısı ve güç sistemi (CHP) santraline ekserji bazlı analiz uygulanması	Karma metot	Kömürlü CHP tesisi, yaşam döngüsü değerlendirmesi, ekserji bazlı analiz, atık ısı geri kazanımı	Kömürlü bir kombine ısı ve güç sistemi (CHP) santraline ekserji bazlı analiz uygulamışlardır. Kömürlü CHP tesislerinde atık ısı geri kazanımının termal, ekonomik ve çevresel faydalarını değerlendirmişlerdir. Önerilen yöntem termodinamik ile ekonomik analiz ve yaşam döngüsü değerlendirmesini birleştirir. R1 durumunda, absorpsiyon ısı pompası (AHP) ve haddeleme silindirik kül soğutucu (RAC), sirkülasyon suyu ve alt küllerin atık ısını geri kazanmak için CHP sistemine entegre edilmiştir. Isı eşanjörü (SWHE) ve AHP'nin performansını daha da artırmak için, R2 kasasında orta basınç türbini (IPT) ve SWHE arasına yeni bir buhar türbini eklenir. Bu arada, AHP yeni türbinden gelen egzoz buharı tarafından tahrik edilir. Kömür yakıtlı CHP sisteminin verimsizliklerin yeri, büyüklüğü ve nedenleri, ürün maliyet oluşumu, çevresel etkileri eş zamanlı olarak belirlemişlerdir.

Tablo 2 devam

28	Stupar ve ark		2019	Kazan fırınında meydana gelen prosesler üzerinde etkili hava evreleme uygulamasının araştırılması	Karma metot	Buhar kazanı, hava hazırlama, verimlilik, iş güvenliği	Kazan fırınında meydana gelen prosesler üzerinde etkili hava evreleme uygulamasını araştırmışlardır. Araştırma sonuçları, fırın yüksekliği boyunca hava evrelemenin, ısı transfer sürecinin aynı anda yoğunlaşmasıyla yanmayı yavaşladığını göstermiştir. Bu fenomen NO konsantrasyonunda azalmaya yol açsa da (195/470 mg/Nm, kuru, %6 O), kabul edilen kazanın gücünü azalttı (725.5/774.0 MW) ve kazanın verimliliğini artırdı (%86,49/85.52). Ayrıca, aşırı ısınmış (517.0/540,0 °C) ve yeniden ısıtılmış (524.0/540,0 °C) buharın tasarlanan seviyenin altında olması nedeniyle, kazanın çalışma güvenliği önemli ölçüde etkilenmiştir. Kombin verimlilik oranının, uygulanan hava hazırlama sistemi ile düşünülen her durumda, fazla hava oranı (1.15/1.22) daha düşük değere sahip kazanı çalıştırma olasılığı nedeniyle daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca uygulanan konvansiyonel ve modifiye hava girişi sistemi ile güç buharı kazanı çalışmasının performansının karşılaştırılmasını sağlamıştır.
29	Mongwe	Güney Afrika	2020		Doktora tezi, Nicel kesitsel metot	Kristal silika, solunabilir kömür tozu, silikoz, mesleki maruziyet, limitler, kömürlü termik santral	Güney Afrika'nın Mpumalanga Eyaleti'nde bulunan bir kömür ateşlemeli elektrik santralinde solunabilir kristal silika tozuna maruz kalma düzeyini belirlemek için nicel bir çalışma yapmıştır. Çalışmaya toplam 34 çalışan katıldı. Ancak çalışmanın sınırlamaları kapsamında 2 numune arızalı olarak kaydedildi. Bununla birlikte, çalışmada katılımcı olarak kabul edilen 32 çalışanın dışında, kırıcı bodrum katında çalışan 2 temizleyici ve transfer kulesinde 1 temizleyicinin, solunabilir kömür tozu için 2 mg/m3 konsantrasyonunun üzerinde Mesleki Maruziyet Limiti (OEL) bulunduğu saptamıştır. Toplamda 3 çalışmanı olan 2 kategoriden (kırıcı bodrum ve transfer kulesi) 2 işçinin kristal silika için önerilen 0,1 mg/m3 OEL'i aştığını nicel olarak analiz edilmiştir.
30	Yazdanirad ve ark		2020	İş yerlerinde erkeklerde termal gerilimi etkileyen faktörlerin bulanık AHP ile değerlendirilmesi	Karma metot, Bulanık AHP	Bulanık AHP, erkekler, önceliklendirme, termal gerinin faktörleri, işyerleri	İşyerlerinde erkeklerde termal gerilim üretiminde etkili faktörleri literatür taraması ile belirlemişlerdir. Daha sonra, uzmanlar belirlenen faktörleri inceledi ve bazılarını atladı. Ayrıca, ısı gerinin faktörlerini sınıflandırmak için iş tasarımının denge teorisini uyguladılar. Bu faktörler çevresel, kişisel, iş, giyim, idari ve yaşam tarzı unsurları dahil olmak üzere altı gruba ayrılır. Bulanık analitik hiyerarşi tekniğini kullanarak, her birinde yer alan öğeleri ve faktörleri öncelik vererek iş yerlerinde erkeklerde termal gerilimi etkileyen faktörleri değerlendirilmesi çalışmasını yapmışlardır.

Tablo 2 devam

31	Tong ve ark	Çin	2020		Nicel metot, Monte Carlo simülasyon yöntemi, SPSS	Kömürlü termik santral, solunabilir kömür tozu, hava kirliliği, sağlık riski değerlendirilmesi	Çin'de kömürlü bir elektrik santralinde çalışma ortamında salınan soluyabilir tozların kirlenme seviyelerini ve indüklenen işçilerin sağlık riskini araştırmak için kömürlü enerji üretim sürecinde yedi tozlu çalışma bölgesi; kömür deposu, kömür transferi istasyonu, kül silosu, kükürt giderme kulesi, elektrostatik çöktürme alanı, cüruf silosu ve kazan dairesinden 405 toz örneği topladılar. Birleşik Devletler Çevre Yöntemi Koruma Ajansı (USEPA) bir inhalasyon risk değerlendirme modeli Monte Carlo simülasyon yöntemi ile birleştirilerek toz solumanın neden olduğu sağlık riskini nicel olarak değerlendirmişlerdir. Çalışanların kömür işleme tesisinde kömür tozu, baca gazı kükürt gidermede kireç taşı tozu, kazan işletmede kömür tozu ve silika tozu ve kaynak işlerinde kaynak tozuna maruz kaldıklarını gözlemlemişlerdir. Kül çıkarma işi yapan işçiler 4.08×10 ile en yüksek sağlık riskine maruz kaldı $-6 \pm 2.85 \times 10^{-6}$ (%95 CI). Sonuçlar, hedeflenen toz önleme önlemlerinin formülasyonuna ve kömür yakıtlı enerji sektörü için risk yönetiminin uygulanmasına katkıda bulunabilir.
32	Gür ve ark		2021	Enerji santralleri, çalışanlarının güvenlik kültür düzeylerini açığa çıkarılması	Nitel kesitsel metot Odak görüşmesi	Enerji santralleri, İSG kültürü, odak görüşmesi	Enerji santralleri, çalışanlarının güvenlik kültür düzeylerini açığa çıkarmayı amaçlayan bu araştırma, nitel araştırma yöntemlerinden olgu bilim deseniyle ve görüşme veri toplama aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
33	Faizan ve ark		2021	Termik santralde HIRA yönteminin kullanılması ve ciddi risklere odaklanıp risk değerlendirilmesi	Nitel kesitsel metot, Tehlike tanımlama ve risk analizi (HIRA)	Tehlike tanımlama ve risk değerlendirilmesi, yangından korunma sistemi, rankine döngüsü, risk endeksi, kazan, türbin	Bir kömür yakıtlı termik santralde tehlike tanımlama ve niceliksel bir risk değerlendirilmesi, daha şiddetli ve felaket olan risklere odaklanmaya ve öncelik vermeye yardımcı olduğu için her süreç için bir Tehlike Tanımlama ve Risk Analizi HIRA hazırlanmış ve tehlikelerin oluşma sıklığı ve ciddiyeti belirlenerek risk faktörü hesaplanmıştır. HIRA yöntemi kullanılarak santralin içerdiği tehlikeleri ve riskleri azaltmak için önerilerde bulunmuşlardır.

Tablo 2 devam

34	Ajmi ve ark	ABD, Hindistan	2021	Enerji santrallerinde performans düşüşüne yol açan insan hatası nedenlerini araştırılması	Nitel kesitsel metot, Vaka	Sürdürülebilirlik, bakım, insan hatası, etki faktörü, enerji yönetimi, kullanılabilirlik	Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan'dan birer nükleer santral ve Hindistan'dan kömürlü termik santrallerde insan hatasının nedenlerini temsil eden üç vaka çalışması yapmışlardır. Bu çalışma, nükleer santraller ve kömürlü enerji santralleri tarafından yapılan üç vaka çalışması ile insan hatasını araştırmışlardır. Böylece santrallerin ait olduğu belirli kuruluşlar tarafından yayınlanan raporlardan veri toplanır; her hata nedeninin etki faktörü ölçülmekte ve insan hatasının önde gelen nedenleri "deneyim", "Zaman Basıncı", "Motivasyon", "Işık & Havalandırma", "Bakım Kültürü" ve "izleme araçları" olarak bulunmuşlardır. Personel deneyimi, tesisi işletmek için deneyimli profesyonel organları işe alması gereken insan kaynakları departmanının sorumluluğundadır. Öte yandan, hatalı araçlar ve izleme ekipmanı türleri insan hatasının bir başka nedenidir, aynı şey hatalı izleme ve ölçüm araçlarının esas olarak insan hatalarına neden olduğu tüm araştırma numunesi durumlarında gerçekleştirilir. Santraldeki performansı artırmak için bu çalışmada enerji yönetimi uygulamalarının yanı sıra bakım kültürünü ve enerji santrallerinin bakımı sırasında kritik başarı faktörleri üzerindeki etkilerini inceleyerek gelecekteki çalışmalara olan ilginin gerekliliğini göstermişlerdir.
----	-------------	-------------------	------	---	-------------------------------	---	--

Kaynaklar

- Ahmad, A.C., Zin, I. N.M., Othman, M. K., & Muhamad, N. H. (2016). Enerji santralinde tehlike tanımlama, risk değerlendirmesi ve risk kontrolü (HIRARC) kazaları. MATEC Konferanslar Web 'inde (Cilt 66, s. 00105).
- Ajmi, A. A., Mahmood, N. S., Jamaludin, K. R., Talib, H. H. A., Sarip, S., & Kaidi, H. B. M. (2021). An efficient framework for identifying current open issues to prevent human errors in maintaining power plants: Research gap. *MaterialsToday: Proceedings*.
- Ceylan, H. (2012). Türkiye'deki elektrik üretim, iletim ve dağıtım tesislerinde meydana gelen iş kazalarının analizi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(2), 30-42.
- Chan, H. S. R., Cropper, M. L., & Malik, K. (2014). Why are power plants in India less efficient than power plants in the United States. *American Economic Review*, 104(5), 586-90.
- Damiran, N., Silbergeld, E. K., Frank, A. L., Lkhasuren, O., Ochir, C., & Breysse, P. N. (2015). Exposure to airborne asbestos in thermal power plants in Mongolia. *International journal of occupational and environmental health*, 21(2), 137-141.
- Diao, H., & Ghorbani, M. (2018). Production risk caused by human factors: a multiple case study of thermal power plants. *Frontiers of Business Research in China*, 12(1), 1-27.
- Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi. (2010) Temiz Kömür Teknolojileri.
- Düzgün, H. S., & Leveson, N. (2018). Analysis of soma mine disaster using causal analysis based on systems theory (CAST). *Safety science*, 110, 37-57.
- Faizan, Y., Mishra, S., Khali, A., & Diwan, R. (2021). Hazard Identification and Risk Assessment of 2× 300 MW Thermal Power Plant with Their Control Measures to Optimize the Risk. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 21(1), 179-192.
- Fecke, M., Martens, J., Cowells, J., & Delmar "Trey" Morrison. (2011). A guide to developing and implementing safety checklists: Plant steam utilities. *Process Safety Progress*, 30(3), 240-250.
- Guo, S., Wang, J., Wei, J., & Zachariades, P. (2014). A new model-based approach for power plant Tube-ball mill condition monitoring and fault detection. *Energy conversion and management*, 80, 10-19.
- Gür, B., Yavuz, Ş. & Karşlı, S. (2021). "Enerji Santralleri Çalışanlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Kültür Düzeylerinin Araştırılması" *International Social Sciences Studies Journal*, (e-ISSN:2587-1587) Vol:7, Issue:83; pp:2313-2319
- Hole, J. A., & Pande, M. (2009, December). Worker productivity, occupational health, safety and environmental issues in thermal power plant. In 2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (pp. 1082-1086). IEEE.
- Hossain, M. N., Paul, S. K., & Hasan, M. M. (2015). Environmental impacts of coal mine and thermal power plant to the surroundings of Barapukuria, Dinajpur, Bangladesh. *Environmental monitoring and assessment*, 187(4), 1-11.
- <https://data.oecd.org/energy.htm>
- <https://www.teias.gov.tr>
- Kasap, Y. (2011). The effect of work accidents on the efficiency of production in the coal sector. *South African journal of science*, 107(5), 1-9.
- Kaur, S., Gill, M. S., Gupta, K., & Manchanda, K. C. (2013). Effect of occupation on lipid peroxidation and antioxidant status in coal-fired thermal plant workers. *International Journal of Applied and Basic Medical Research*, 3(2), 93.
- Kokangül, A., Polat, U., & Dağsuyu, C. (2017). A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies. *Safety science*, 91, 24-32.
- Kozacı, c. 20. Kömür yakıtlı termik santrallerde yangın tehlike kaynakları, riskler ve kontrol önlemleri.
- Levy, J. I., Baxter, L. K., & Schwartz, J. (2009). Uncertainty and variability in health-related damages from coal-fired power plants in the United States. *Risk Analysis: An International Journal*, 29(7), 1000-1014.

Li, Y., Sankaranarayanan, B., Kumar, D. T., & Diabat, A. (2019). Risks assessment in thermal power plants using ISM methodology. *Annals of Operations Research*, 279(1), 89-113.

Mitrevska, C., Vasilevski, B., Mitrevski, V., Geramitcioski, T., & Mijakovski, V. (2016). Some experiences of safety and health of work during the modernization of tpp rek bitola. *Acta Technica Corviniensis-Mühendislik Bülteni*, 9(1), 29.

Mongwe, V. V. (2020). An Estimation of the Exposure Levels Amongst Power Station Employees to Crystalline Silica (Doctoral dissertation, University of Johannesburg (South Africa)).

Narine, G. (2019). Causes and prevention of electric power industry accidents: A Delphi study (Doctoral dissertation, Walden University).

Noko, L. (2019). Workers' Perceptions and Attitudes about Coal-Dust Exposure and Health Hazards: Case of Bulawayo Power Station, Zimbabwe (Doctoral dissertation, University of Johannesburg (South Africa)).

OECD data / Word Energy Statics.2019. Erişim tarihi:29/10/2021

Phuangkaew, S., Jongprasitporn, M., & Yodpijit, N. (2019). THE INVESTIGATION OF FIRE SAFETY IN THERMAL POWER PLANTS IN THAILAND. *Suranaree Journal of Science & Technology*, 26(4).

Raducanu, A., Suvergel, A., Darie, G., Rau, I., Grigoriu, C., Viespe, C., ... & Codorean, E. (2010). Structural characterization And In Vitro Cytotoxic Potential of Coal Dust in A Romanian Power Plant. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 9(9).

Taner, A. C., (2011) & Odası, F. M. Kömür Yakan Termik Santraller.

Thomson, V. E., Huelsman, K., & Ong, D. (2018). Coal-fired power plant regulatory rollback in the United States: Implications for local and regional public health. *Energy Policy*, 123, 558-568.

Tong, R., Liu, J., Ma, X., Yang, Y., Shao, G., Li, J., & Shi, M. (2020). Occupational exposure to respirable dust from the coal-fired power generation process: sources, concentration, and health risk assessment. *Archives of environmental & occupational health*, 75(5), 260-273.

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Raporları Erişim tarihi:26/10/2021

Wu, D., Yang, Z., Wang, N., Li, C., & Yang, Y. (2018). An Integrated multi-criteria decision-making model and AHP weighting uncertainty analysis for sustainability assessment of coal-fired power units. *Sustainability*, 10(6), 1700.

Yagmur, L. (2016). Multi-criteria evaluation and priority analysis for localization equipment in a thermal power plant using the AHP (analytic hierarchy process). *Energy*, 94, 476-482.

Yazdanirad, S., Golbabaie, F., Monazzam, M. R., Dehghan, H., & Foroushani, A. R. (2020). Identification, classification, and prioritization of effective factors in producing thermal strain in men at workplaces using fuzzy AHP technique. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 24(2), 106.

Zheng, G., Zhu, N., Tian, Z., Chen, Y., & Sun, B. (2012). Application of a trapezoidal fuzzy AHP method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments. *Safety science*, 50(2), 228-239.

Araştırmacıların Katılım Oranları

Bu çalışmamızda sorumlu yazar olan Nagihan Ersoy, tasarım ve dizaynını yapmış, literatür taramasını gerçekleştirmiş ve yazıyı kaleme almıştır. Bu nedenle Nagihan Ersoy'un katılım oranı %70'tir. Çalışmada ikinci yazar olan Nuri Bingöl, çalışmanın tasarımını kontrol etmiş ve katkı oranı %10, üçüncü yazar olan İsmail Ekmekçi, çalışmanın ana kavram ve fikrini oluşturmuş yorumlanmasını sağlamıştır. Bu nedenle İsmail Ekmekçi'nin katılım oranı %20'dir.

Çıkar Çatışması Bildirimi (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.