



Doğal Afetlerin Tetiklediği Teknolojik Kazaların Risk Azaltma Kriterlerinin Anp Yöntemiyle Ağırlıklandırılması

Emel GÜVEN¹, Mehmet PINARBAŞI², Hacı Mehmet ALAKAŞ³, Tamer EREN⁴

¹Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale/TÜRKİYE; E-Mail; emel-gvn@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6106-9720>

²Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale/TÜRKİYE;
E-Mail;mehmetpinarbası71@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3424-2967>

³Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale/TÜRKİYE; E-Mail; hmalagas@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9874-7588>

⁴Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale/TÜRKİYE; E-Mail;tamereren@gmail.com,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5282-3138>

Özet

Doğal afetlerin tetiklediği teknolojik kazalar Natech kazaları olarak tanımlanmaktadır. Doğal afetler kadar doğal afetler sebebiyle oluşabilecek teknolojik kazalar da canlı hayatında maddi ve manevi ciddi sıkıntılara sebep olabilmektedir. Ancak insanlarda bu durumun farkındalığı ne yazık ki henüz tam olarak oluşmamıştır. Bu çalışma Natural Hazard Triggered Technical Accidents (Natech) kazaları hakkında bilgi vermek ve Natech risklerini azaltma çalışmalarına yardım etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Natech kazalarında risk azaltma için 5 ana 14 alt kriter belirlenmiştir. Bu kapsamda kriterlerin risk azaltımındaki önem ağırlıkları Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analytic Network Process (ANP) yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Ana kriterler içerisinde önem ağırlığı olarak Bölgesel Veriler ve Risk kriterleri ilk sırada yer alırken, "Bölgedeki Mevcut Doğal Tehlikeler (BMDT)" alt kriteri alt kriterler arasında en yüksek önem ağırlığına sahip kriter olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Afet Yönetimi, Natech Kazaları, ANP, ÇKKV

Weighting Risk Reduction Criteria For Technological Accidents Triggered By Natural Disasters Using ANP Method

Abstract

Technological accidents triggered by natural disasters are defined as Natech accidents. Technological accidents that may occur due to natural disasters as well as natural disasters can cause serious material and moral problems in life. However, unfortunately, people are not yet fully aware of this situation. This study was carried out to provide information about Natech accidents and to help Natech risk mitigation efforts. In the study, 5 main and 14 sub-criteria were determined for risk reduction in Natech accidents. In this context, the importance weights of the criteria in risk reduction were obtained by using Analytic Network Process (ANP) method, one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. While the Regional Data and Risk criteria ranked first in terms of importance weight among the main criteria, the sub-criterion "Existing Natural Hazards in the Region (ENHR)" had the highest importance weight among the sub-criteria.

Keywords: Disaster management, Natech Accidents, ANP, MCDM

1. Giriş

Afetler, insanların dünyada var olmasından bu yana karşılaştığı beklenmeyen ve kaçınılmaz olaylardır (İsbir ve Kaya, 2022). Afetler sonucunda fiziksel, sosyal ve ekonomik sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu sorunlar maddi ve manevi olarak oldukça ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Fiziksel zarar olarak ölen, yaralanan ve fiziksel zarar gören kişiler ile

fiziksel zarar gören yapılar söylenebilir. Dağılmış aileler, değişen günlük yaşam, afetzedelerin yaşadığı travmalar, değişen eğitim olanakları vb. olumsuzluklar da afetlerin neden olduğu sosyal sorunlar olarak nitelendirilebilir. Ekonomik sorunlar ise afetler sebebiyle oluşan tüm olumsuz maddi sonuçlardır (Yavuz ve Dikmen , 2015).

Afetlerin sebep olduğu zararları azaltmak için başlatılan çalışmalar afet yönetimi sürecini ortaya çıkarmıştır. Afet yönetimi, afetler sebebiyle ortaya çıkabilecek zararları önleyebilmek, azaltabilmek veya ortadan kaldırmak için risk analizi ve zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve yeniden yapılandırma aşamaları kapsamında afetlerin yönetilmesidir (Şahin ve Üçgül, 2019). Etkili bir afet yönetim süreci için dört aşamanın da etkin ve doğru bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir (Güven ve Eren, 2023) . Bu sayede gerçekleşebilecek afetler en az hasarla aşılabilecektir.

Oluş türlerine göre afetler teknolojik ve insan kaynaklı afetler ve doğal kaynaklı afetler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Afetlerin risk ve zarar azaltımı için çalışmalar tüm afet türleri için gerçekleştirilmektedir. Afet yönetiminin ilk aşaması olan bu süreçte yasal düzenlemeler yapılır, mühendislik çalışmaları gerçekleştirilir ve mevcut durum analizleri yapılarak eksiklikler belirlenir. Ancak bu süreçlerde afetlerin sebebiyet vereceği teknolojik kazaların riski çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Bu tür teknolojik kazalara Natech kazaları ismi verilmektedir. Natech kazalarının risklerinden bazı zamanlarda bahsedilmiş olsa da kazalarla ilgili etkin ve detaylı çalışmalara yer verilmemektedir. Natech riskleri için alınacak önlemler de afet yönetimi sürecinin önemli bir parçasıdır. Son yaşanan depremler ile birlikte, kritik altyapı ve endüstriyel tesisler için ciddi zarar potansiyeli oluşturacak kapasiteye sahip doğal veya teknolojik kaynaklı afetlerin sayısında önemli bir artış olduğu gözlemlenmektedir (Nascimento ve Alencar, 2016). Bu durum Natech risklerini de doğru orantılı olarak etkileyecek ve risk artışları oluşacaktır. Dolayısıyla Natech risk kriterlerinin değerlendirilmesi ile ilgili yapılacak çalışmalar güncellenerek çoğaltılmalıdır.

1970'lerin sonunda incelenmeye başlanan Natech kazaları doğal afetler tarafından tetiklenen teknolojik kazalar olarak adlandırılır (Cruz ve Suarez-Paba, 2019). Petrol ve gaz boru hatları, nükleer tesisler, kimyasal tesisler, endüstriyel tesisler gibi teknolojik sistemler, doğal afetlerin etkilerine ve zararlarına karşı savunmasızdır. Doğal afetler sebebiyle oluşabilecek etkiler tesislerde yangınları, patlamaları ve kimyasal madde salınımlarını tetikleyebilmektedir. Bu olaylar ise sosyal, çevresel ve ekonomik sonuçlar doğurmaktadır. Başka bir perspektiften ise bu olayların maddi ve manevi zararlar oluşturduğu da söylenebilir.

Natech kazalarının olma olasılığı ve oluşturabileceği zararlar ile ilgili çalışmaların son dönemlerde önemi giderek artmaktadır. Bu risk ile ilgili olarak en zorlu durum riskin tahmin edilemediği düşüncesiyle herhangi bir önlemin alınmamasıdır. Bu sebeple Natech ile ilgili konularda yapılacak çalışmalar geliştirilerek doğal afetler de yapıldığı gibi risk analizi ve azaltma çalışmalarının yapılması sağlanmalıdır.

Bu çalışma kapsamında Natech risk azaltma kriterleri üzerinde durulmuştur. Bu kriterler literatür taraması sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen kriterler ÇKKV yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Burada amaç Natech risklerinin azaltılması için dikkat edilmesi gereken noktaları belirleyebilmektir. Bu sayede önlem alınması gereken durumda kriter ağırlıkları göz önünde bulundurularak risk azaltma çalışmaları için yol haritası çizilebilir. İncelenen literatür kapsamında Natech risk azaltma kriterlerini ayrıca ele alarak ağırlıklandırılmasında ÇKKV yöntemlerini kullanan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma bu noktada literatüre katkı sağlayacaktır.

Bu bölümden sonraki çalışma içeriği şu şekilde organize edilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde Natech kazaları hakkında bilgi verilirken üçüncü bölümde gerçekleştirilen literatür çalışmasına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde problem çözümünde kullanılan yöntem aşamaları anlatılmıştır. Beşinci bölümde ele alınan problem uygulamasına yer verilmiş son bölümde ise sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. Natech Kazaları

Gerçek hayatta doğal afetlerin oluşması kadar teknolojik afetlerle de karşı karşıya kalınmaktadır. Büyük endüstriyel kazalar teknolojik afetler içerisinde önemli bir payı oluşturmaktadır. Teknolojik kazalar kendiliğinden veya bir doğal afetin tetiklemesiyle oluşabilmektedir. Kendiliğinden oluşabilecek büyük endüstriyel kazalar için 2019 yılında resmî gazetede yayımlanan “Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik” kapsamında kazaların önlenmesi ve risk azaltımı için yapılacak raporlanmıştır. Ayrıca 1976 yılında İtalya'nın Seveso kasabasında gerçekleşen kaza sonrasında endüstriyel kazaları önlemek amacıyla direktifler geliştirilmiştir. Güncel haliyle Seveso III direktifleri dahilinde çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemizde de bu direktiflere uygun şekilde endüstriyel kazaların kayıtları sistemli bir şekilde tutulmaktadır (Gün, 2017).

Tehlikeli endüstrilerin ve kritik altyapıların doğal tehlikelere eğimli olduğu alanlarda bulunduğu her yerde Natech riskleri mevcuttur. Geçmiş deneyimler Natech kazalarının her türlü doğal tehlike tarafından tetiklenebileceğini bildirmektedir (Krausmann vd., 2019).

Natech olayları doğal ve insan sistemlerinin alanlarını etkilemektedir. Peş peşe gelen etkiler, kritik altyapılara zarar vererek büyük felaketlere sebep olabilirler. Bu duruma örnek olarak bir depremin rafinerilerde büyük nükleer kazalar oluşturması, petrokimya ve diğer endüstriyel tesislerde patlama ve yangınlara neden olması verilebilir (Wang, Cai, and Wei 2022).

Geçmişte yaşanan kazalara bazı örnekler verilebilir. 11 Mart 2011 tarihinde gerçekleşen Tohoku depremi sonrasında nükleer güç istasyonu zarar görmüş ve reaktörün eriyip radyoaktif maddelerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Wang vd., 2022). 2005-2006 yıllarında Amerika Birleşik Devleti'nde meydana gelen Rita ve Katrina kasırgaları sebebiyle

gaz tesislerinden ve deniz petrol tesislerinden 600'den fazla kimyasal madde salınımı olmuştur (Cruz ve Krausmann, 2009). Türkiye'de 17 Ağustos 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depreminde TÜPRAŞ rafinerisinde büyük bir yangın çıkmış ve AKSA akrilik fiber üretim tesisinde akrilonitril sızıntısı oluşmuştur (Girgin 2011). Yine Türkiye'de 06.02.2023 yılında Kahramanmaraş'ta gerçekleşen depremde Hatay ili de etkilenmiş ve İskenderun limanında kimyasal döküntüler sebebiyle büyük bir yangın çıkmıştır.

Doğal afetler için risk azaltma çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Ancak doğal afetler sebebiyle oluşabilecek Natech kazaları çoğunlukla göz ardı edilmektedir (Güven vd., 2023). Bu durum oluşabilecek risk azaltma çalışmalarının da önüne geçmektedir. Öngörülemeyen kazalar canlı hayatında maddi ve manevi olarak ciddi hasarlara yol açmaktadır. Natech kazalarını en aza indirmek ya da engelleyebilmek için risklerin ne olduğunun farkına varılmalı ve daha sonra risk azaltma önlemleri için çalışmalar başlatılmalıdır.

3. Literatür Taraması

Literatürde Natech kazalarını farklı yönleriyle ele alan çalışmalar mevcuttur. Bunları; Natech kazalarına örnek veren çalışmalar, kazaların altında yatan sebepleri ele alan çalışmalar, gerçekleşen ve gerçekleşebilecek kazaların tanımlanması, Natech risk değerlendirmesi kapsamındaki risk odaklı çalışmalar vb. olarak sıralayabiliriz.

Girgin (Girgin, 2011), 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında meydana gelen Kocaeli'nde bulunan TÜPRAŞ rafinerisindeki büyük yangını ve AKSA akrilik fiber üretim tesisindeki akrilonitril sızıntısını inceleyerek Natech risklerinin önemini vurgulamıştır.

Renni vd. (2010), Natech olayları ile ilgili risk değerlendirmesi için ekipman öğelerinin olası yapısal hasar modlarının tanımlandığı ve güvenilir sonuç senaryolarının ilişkilendirilmesine olanak sağlayan bir metodoloji sunmuşlardır.

Krausmann vd. (2011), Natech kazaları altında yatan sebepleri anlamaya çalışarak Natech riskini değerlendirmek için Avrupa FP7 projesi iNTeg-Risk kapsamındaki risk değerlendirmesi, riske dayalı tasarım ve acil durum planlaması ve erken uyarı sistemlerinde devam eden çabaları ele alan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Nascimento ve Alencar (2016), Natech kazalarıyla ilgili çalışmalar için 2000 ile 2015 yılları arasında yayınlanan belirli makalelerin anketine dayalı analiz sunan sistematik bir literatür incelemesi yapmışlardır.

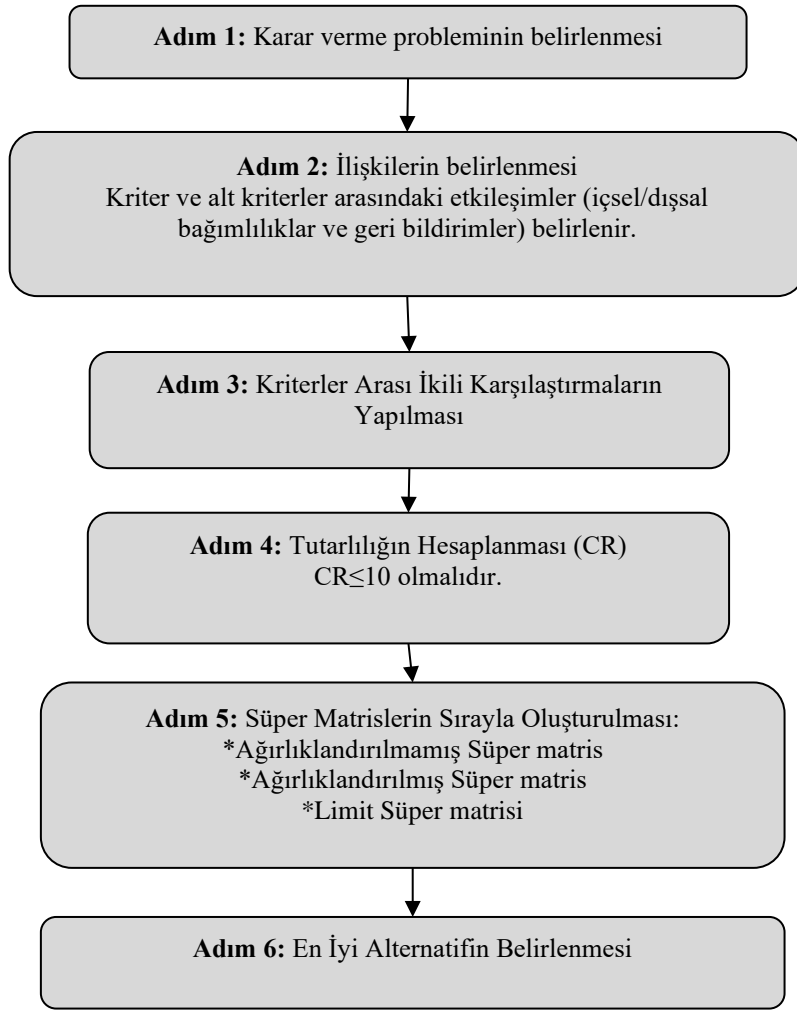
Krausmann vd. (2019), Natech risk faktörlerini ayrıntılı olarak ele almışlardır. Çalışmada Avrupa Birliği'nde ve uluslararası düzeyde Natech risk yönetimi için mevcut araçlara örnekler verip bir ülkenin Natech riskini azaltma düzeyine yardımcı olacak bazı temel göstergeler sunmuşlardır. Missouri vd., (2021), Natech kazalarının son zamanlarda artmasından kaynaklı risklerin nicel değerlendirmesini ele alabilmek için kapsamlı bir metodoloji geliştirmişlerdir. Bu metodolojiyi geliştirirken özellikle doğal tehlikelerin etkisiyle güvenlik bariyerlerinin performansında oluşan değişikliğin etkisini ele almışlardır.

Wang vd., (2022), Natech kazalarındaki belirsizliklere geleneksel Bayes Ağı yerine kanıt teorisiyle birleşmiş bir Bayes Ağı önermişlerdir. Böylelikle verilerin yetersiz olduğu kazalardaki Natech kazalarının etki ve hasarını değerlendirmeyi mümkün kılmıştır. Paba ve Cruz (2022), kapsamlı bir alanı olan risk yönetimi ve derecelendirme sistemi çevresi olan Natech RateMe metodolojisini önermişlerdir. Bu olasılıksal risk değerlendirmesi metodolojisi endüstriyel tesislerin karmaşık olaylardan kaynaklanan saha içinde ve saha dışında risk yönetimini destekleyebilmekte ve performanslarını minimum yaşam kayıpları açısından derecelendirebilmektedir.

Gerçekleştirilen literatür araştırması dahilinde son zamanlarda Natech kazalarının riskleri ve nedenlerinin araştırıldığı gözlemlenmiştir. Ancak Natech azaltma risk kriterlerini ele alarak ÇKKV yöntemiyle kriter değerlendirmesi yapan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Natech risklerinin belirlenip azaltılmasında dikkat edilecek kriterlerin önem ağırlıklarını tespit etmek bu konuda izlenecek doğru bir yol haritası oluşturabilecektir. Çalışmanın bu noktada literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4. ANP Yöntemi

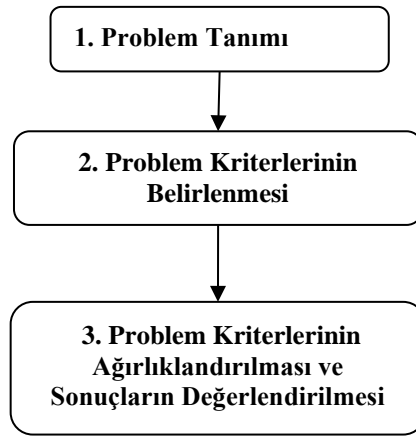
Analytic Network Process (ANP) yöntemi, sayısal faktörlerin ifade edilemediği zamanlarda da iyi bir çözümleyici olarak kullanılabilir (Yaralıoğlu, 2010). ANP yöntemi ile kriterler ve alt kriterler arasındaki bütün ilişkiler dikkate alınır. Yöntem bu yönüyle daha etkin sonuçlara ulaşma olanağı sağlar (Oral vd., 2021). Yapısal olarak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile benzerlik gösterir ancak ANP de model ağ modeli şeklinde kurulur. Kurulan ağ yapısı sayesinde kriterler arasındaki ilişkiler ortaya konmaktadır (Özder vd., 2019). Ayrıca AHP yöntemi ile çözülebilen karar verme problemlerinden daha karmaşık olanlara uygulanabilmektedir. ANP yönteminin adımları Şekil 1'de verilmiştir (Özcan vd., 2017). Adım 1'de karar verme problemi belirlendikten sonra Adım 2'ye geçilir ve problem için belirlenen ana kriter ve alt kriterler arasındaki kriter ilişkileri oluşturulur. Daha sonra kriterlerin ikili karşılaştırması Adım 3'te gerçekleştirilir. Yapılan bu işlemlerin tutarlılığının ölçülebilmesi için Adım 4'te tutarlılık oranı (CR) hesaplanır. Tutarlılık oranının $CR \leq 0,10$ olması gerekmektedir. Bulunan sonuç $0,10$ 'dan küçük ise problem çözümünün tutarlı olduğu kabul edilir. Adım 5'te Süper matrisler sırasıyla Ağırlıklandırılmamış, Ağırlıklandırılmış ve Limit Süper Matris olmak üzere oluşturulur. Son adım olan Adım 6'da ise en iyi alternatifler seçilir.



Şekil 1. ANP Yöntemi Adımları (Ünlüsoy vd., 2017)

5. Uygulama

Literatürde yapılan çalışmalar sonrasında Natech riskleri ile ilgili çalışmaların yükselen bir seyir izlediği görülmektedir. Bu noktada risklerinin azaltılması için ele alınacak kriterlerin ağırlıklandırılması ve öneminin belirlenmesi önemli bir noktayı oluşturmaktadır. Ancak bu önemli noktaya değinen Natech kriterlerinin ağırlıklandırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada başlangıç noktası olarak azaltma kriterlerinin ağırlıklandırılması yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikli olarak problemin tanımı yapılacaktır. İkinci aşamada ise problemin kriterleri belirlenecektir. Problem kriterleri gerçekleştirilen literatür taramaları sonucunda oluşturulmuştur. Kriterlerin belirlenmesinin ardından üçüncü aşamada ise problem kriterleri uzmanlar tarafından ikili olarak karşılaştırılmış ve kriter ağırlıkları elde edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Karşılaştırmayı gerçekleştirmek üzere 4 uzman ile görüşülmüştür. Görüşüne başvuru uzmanlar afet yönetimi, iş sağlığı ve güvenliği, afet riskleri, konusunda çalışan ve afet çalışmalarında sahalarda görev yapan personellerden oluşmaktadır. Gerçekleştirilecek uygulama için takip edilecek olan problem akış şeması Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Problem Akış Şeması

5.1. Problem Tanımı

Doğal afetlerin sebep olduğu endüstriyel kazalar olabilmektedir. Bu olaylara Natech olayları denir. Natech risklerinin hafifletilebilmesi için bu konuda farkındalığın olması ve risk azaltma çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda risklerin azaltılabilmesi için gerekli olan kriterlerin önem ağırlıkları tespit edilmek istenmiştir. Gerçekleştirilen literatür taraması sonucunda 5 ana 14 alt kriter belirlenmiştir. Kriter belirlemede Krausmann vd. (2019), Krausmann vd. (Elisabeth Krausmann 2010), Girgin (Girgin 2011), Wang vd. (Wang, Cai, and Wei 2022) ve Krausmann vd. (2011) çalışmalarından yararlanılmıştır. Bu kriterlerin birbirini etkilediği de düşünülerek kriter ağırlıklarının bulunması için ANP yöntemi tercih edilmiştir.

5.2. Problem Kriterlerinin Belirlenmesi

Problem çözümünde kullanılacak kriterler literatür taraması sonucunda belirlenmiştir. Belirlenen kriter açıklamaları ve Natech olayı olarak endüstriyel kaza olması durumunda veri alınacak birimlerin bilgisi Tablo 1’de verilmiştir. Birinci sütunda ana kriterler yer almaktadır. İkinci sütunda alt kriter açıklamalarına ve kısaltmalarına yer verilmiştir. Üçüncü sütunda ise analizlerin yapılabilmesi için gerekli verilerin nasıl veya nereden elde edilebileceği bilgisi yer almaktadır.

Tablo 1. Kriter Açıklamaları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Veri Toplama
A. Eğitim	Risk farkındalığı (RF): Tesislerin oluşabilecek doğal afetlere karşı savunmasızlığını fark etmeleri için daha çok eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının yapılması	İşletme Çalışanları /Anket vb.
	Natech risk eğitimi (NaRE): Natech risklerine hazırlık ve risklerin azaltılmasına yönelik eğitilmiş birimlerin olması	İşyeri ilgili eğitim birimi
B. Bölgesel Bilgiler	Bölgedeki doğal tehlikeler (BMDT): Bölgede oluşması muhtemel doğal tehlikeler, şiddetleri ve etkileri	AFAD
	Arazi kullanım planlaması (AKP): En uygun arazi kullanım alternatiflerinin belirlenmesi ve uygulamaya geçirilmesi için alternatiflerin fiziksel, sosyal ve ekonomik olarak değerlendirilmesi	İşyeri ilgili birimi
	Tahliye planı (TP): Natech riski bulunan alanlar için tahliye planlarının bulunması	İşyeri ilgili birimi
	Acil yardım kaynakları (AYK): İlk seferde seferber edilebilecek acil yardım malzemeleri, acil yardım ekipmanı ve acil kurtarma ekibi ile çevre illerden sağlanabilecek acil durum kaynaklarının var olması	İşyeri ilgili birimi

Tablo 1 Devam. Kriter Açıklamaları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Veri Toplama
C. Ekipman	Ekipman güvenliği (EG): Endüstriyel tesislerde kullanılan ekipmanların dış tehlikelere karşı güvenlik açıklarının olmaması	İşyerinde ekipmanlara ait ekipman kontrol raporu
	Erken uyarı sistemi (EUS): Bir kazayı önlemeye veya hafifletmeye yönelik eylemleri uygulamak için zaman sağlayan erken uyarı sisteminin bulunması	İşyeri yetkilisi
	Söndürme Ekipmanları (SS): Yangın tehlikesine karşı yangın söndürme tüpü, yangın hidrantı, yangın topu, sulu söndürme sistemleri (sprinkler) vb. ekipmanların bulunması	İşyeri yetkilisi
D. Mevcut Veriler	Risk azaltımı için yasal düzenlemeler (RAİYD): Natech riskini dikkate alan mevzuatın bulunması ve Natech risk yönetimine ilişkin rehberlik çalışmalarının olması, doğru analiz ve risk değerlendirmesi için yönergelerin bulunması	Yönetmelikler, AFAD, İRAP, TAMP
	Kaza verilerinin mevcut olması (KVMO): Geçmişte gerçekleşen Natech olaylarının, doğal afetleri ve endüstriyel kazaların verilerinin toplanması	İşyeri ilgili birimi
E. Risk	Natech risk değerlendirmesi (NaRD): Natech risklerinin değerlendirildiği nitel veya nicel bir risk değerlendirmesinin bulunması	İşyeri ilgili birimi
	Natech risk haritaları (NaRH): Natech risklerinin olaylara özgü otomatik oluşturulan senaryolar ile hızlı ve kolay bir şekilde değerlendirilmesiyle elde edilen risk haritalarının bulunması	İşyeri ilgili birimi
	Risk iletişim ağı (RIA): Natech risklerine ilişkin bilgilerin birimler arasında serbestçe ve etkin bir şekilde akmasını sağlamak için endüstride ve hükümetin tüm düzeylerinde (ulusal, bölgesel ve yerel) iletişim geliştirilmesi	İşyeri bölümleri, komşu işyerleri

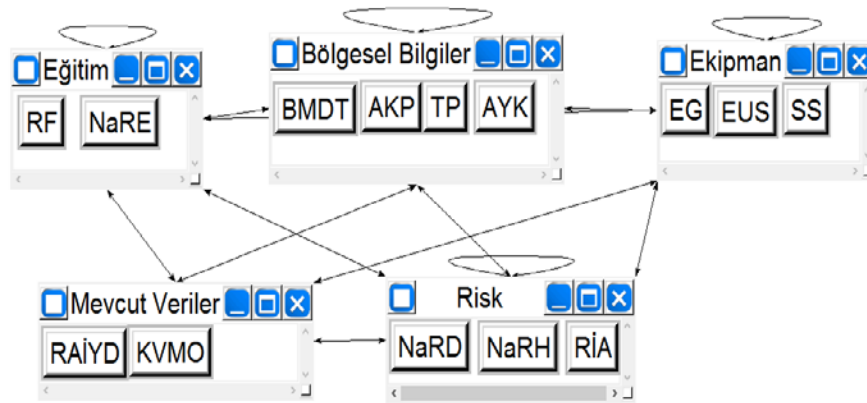
5.3. Kriterlerin ANP Yöntemi ile Ağırlıklandırılması ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Natech risklerinin hafifletilebilmesi için elde edilen kriterlerin ağırlıklarının elde edilmesi için ANP yöntemi kullanılmıştır. Yöntem kullanılırken uzman görüşleriyle 5 ana kriter ve 14 alt kriterin birbiriyle olan ilişkisini ortaya koyan bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Değerlendirmeyi yapan uzmanlara ait bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Uzman bilgisi

Uzman	Pozisyon	Meslek	Deneyim (Yıl)
1	Profesör	Mühendis-Akademisyen	27
2	Yönetici	Mühendis	15
3	Uzman	Mühendis	12
4	Uzman	Mühendis - AFAD Gönüllüsü	8

Ağ yapısı oluşturulurken ve problem sonucu elde edilirken “Super Decisions” programından yararlanılmıştır. Program aracılığıyla oluşturulan ağ yapısının görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Problem Ağ Yapısı

Problem ağ yapısının oluşturulmasının ardından yapılan ANP hesaplamaları sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 3 'de verilmiştir. Tablonun ilk sütununda ana kriterler yer almakta olup parantez içerisinde ana kriterlerin toplam kriterler içerisindeki ağırlıkları verilmiştir. İkinci sütunda alt kriterler yer almaktadır. Üçüncü sütunda alt kriterlerin dahil olduğu ana kriter içerisindeki ağırlıkları verilmiştir. Her bir alt kriterin dahil olduğu ana kriter içerisindeki ağırlığını göstermektedir. Örneğin “EG” alt kriteri “Ekipman” ana kriterinin 0,483’ünü, “EUS” alt kriteri “Ekipman” ana kriterinin 0,339’unu ve “SS” alt kriteri ise “Ekipman” ana kriterinin 0,178’ini oluşturmaktadır. Son sütunda ise genel alt kriter ağırlıkları verilmiştir. Bir alt kriterin 14 alt kriter içerisindeki ağırlığını vermektedir. Örneğin “BMDT” alt kriterinin 14 alt kriter içerisindeki ağırlığı 0,121’dir.

Tablo 3. Ana ve Alt Kriter Ağırlıkları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Alt Kriterlerin Dahil Olduğu Ana Kriter İçerisindeki Ağırlığı	Genel Alt Kriter Ağırlıkları
A. Eğitim (0,182)	RF	0,450	0,082
	NaRE	0,550	0,100
B. Bölgesel Veriler (0,241)	BMDT	0,503	0,121
	AKP	0,191	0,046
	TP	0,228	0,055
	AYK	0,078	0,019
C. Ekipman (0,199)	EG	0,483	0,096
	EUS	0,339	0,067
	SS	0,178	0,035
D. Mevcut Veriler (0,137)	RAİYD	0,851	0,116
	KVMO	0,149	0,020
E. Risk (0,241)	NaRD	0,421	0,102
	NaRH	0,420	0,101
	RİA	0,159	0,038

Tablo 3’te verilen değerlere göre ana kriter olarak bakıldığında Bölgesel Veriler = Risk > Ekipman > Eğitim > Mevcut Veriler olarak elde edilmiştir. Natech risklerinin hafifletilebilmesi için bölgesel verilerin bilinmesi ve risklerin belirlenmesi oldukça önemli bir noktadır. Bu durumda iki ana kriterin ilk sırada yer alması gerçek hayat ile uyumlu sonuç oluşturmıştır. Aynı şekilde Mevcut Veriler kriteri risk hafifletilmesinde bilinmesi gerekse de direk alınan ve müdahale edilmesi zor olan kriterler olması sebebiyle son sırada yer alması beklenen bir sonuç olmuştur.

Alt kriter ağırlıklarına bakıldığında ise hem alt kriterlerin dahil olduğu ana kriter altındaki hem de genel alt kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Eğitim ana kriteri altında bulunan RF ve NaRE kriterler birbirine yakın sonuçlar ortaya çıksa da NaRE > RF sonucuna ulaşılmıştır. Bölgesel veriler içerisinden BMDT yaklaşık 0,503 gibi bir oranla ilk sırada yer almıştır. Bölgede mevcut olarak bulunan tehlikeler Natech riskinin hafifletilmesi için bilinmesi gereken bilgi kaynağını ifade etmektedir. Bu noktada BMDT alt kriterinin hem bulunduğu ana kriter içerisinde hem de tüm alt kriterler

içerisinde ilk sırada yer alması problemin kaynağında çalışma başlatılması adına doğru bir sonuç olmuştur. AYK ise hem bulunduğu ana kriter içerisinde hem de genel alt kriterler içerisinde son sırada yer almaktadır. Bunun sebebi acil yardım kaynaklarının belirlenen diğer kriterler içerisinde önem olarak doğrudan değil dolaylı sayılabilecek bir etkisinin olmasıdır. Ekipman ana kriteri içerisindeki sıralama EG> EUS> SS şeklinde olmuştur. Ekipman güvenliği ve erken uyarı sisteminin kullanım alanının söndürme sistemlerinden fazla olması sebebiyle ağırlıkları daha yüksek çıkmıştır. Mevcut veriler ana kriteri içerisinde RAIYD 0,851 oranıyla ilk sırada yer almaktadır. Risk azaltımı için yasal düzenlemeler Natech risklerini hafifletmede önemli bir yere sahiptir. Bu önem RAIYD alt kriterini genel alt kriter ağırlıkları içerisinde de ikinci sıraya taşımıştır. Son ana kriter içerisinde NaRD ve NaRH birbiriyle neredeyse aynı değerleri almışlardır. Risk değerlendirmesinin yapıp risk haritalarının oluşturulması Natech risk hafifletme çalışmalarının yürütümü için önemli bir aşamadır. Bu iki kriter aynı zamanda genel alt kriter ağırlıkları içerisinde de sırasıyla 3. ve 4. olmuştur.

6. Sonuç

Afetler çoğu zaman beklenmedik zamanlarda meydana gelir. Afet sonucunda beklenen ve beklenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir. Genel olarak göz ardı edilen ya da üzerinde düşünülmemeyen noktalardan bir tanesi de afetler sonrası oluşabilecek teknolojik kazalardır. Afetler sebebiyle oluşan bu teknolojik kazalar Natech kazaları olarak ifade edilmektedir.

Natech kazaları son dönemlerde önemi fark edilen ve dikkate alınmaya başlayan konulardan birisi olmuştur. Bu kazalardan kaynaklanan zararları azaltmak hatta engellemek için tıpkı afetlerde olduğu gibi risk analizi ve zarar azaltma çalışmaları yapılmalıdır. Bu sayede ortaya çıkacak zararların etkisini azaltma hedefleri yerine getirilebilecektir.

Bu çalışma kapsamında Natech risk kriterleri ele alınmış ve ÇKKV yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Risk kriterleri literatür taraması sonucunda 5 ana kriter 14 alt kriter olarak belirlenmiştir. Ana kriterler arasında Bölgesel veriler ve Risk kriterleri eşit oranla ilk sırada yer almıştır. Risk azaltma stratejileri belirlenirken bölgesel veriler ve risk kriterleri öncelikli tutulmalıdır. Alt kriter arasında ise BMDT kriteri ilk sırada yer almıştır. Bölgedeki mevcut doğal tehlikelerin belirlenmesi risk kaynaklarının belirlenmesinin temelini oluşturmaktadır. Natech risk azaltımı için gerçekleştirilecek çalışmalarda öncelikli olarak bölge incelenmeli ve mevcut doğal tehlikelerin analizi yapılmalıdır. İkinci sırada ise RAIYD alt kriteri yer almaktadır. Tehlike kaynaklarının belirlenmesinin ardından risk azaltımı için yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Bu şekilde alınacak önlemler yasal yönden de desteklenmiş olacaktır. AYK kriteri ise alt kriterlerin birbiri arasında elde edilen ağırlığa göre son sırada yer almaktadır. Acil yardım kaynakları riskler, kaynaklar, önlemler ve yöntemler belirlendikten sonra son aşamada gerekli olan ekipmanların belirlenmesini temsil etmektedir. Bu noktada bu kriterin son sırada yer alması da makul bir sonuç olmuştur. Elde edilen sonuçların gerçek hayat düzenine uygun sonuçlar olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar içerisinde yer alan kriterler elde edilen ağırlıklarına göre ana kriterlerin sıralamasına göre veya alt kriterler sıralamasına göre değerlendirilerek iki tür çalışma sistemi oluşturulabilir. Bu çalışma Natech risklerini azaltabilmek için yapılacak çalışmalar için bir yol haritası oluşturacaktır.

Gelecekte elde alınan kriterler artırılabilir, Natech kazalarıyla ilgili risk değerlendirme çalışmaları yapılabilir. Dilsel ve öznel ifadelerin dikkate alındığı bulanık yaklaşımlardan yararlanılarak çözümler yapılabilir. Mevcut bulunan risk değerlendirmeleri ve risk yönetim stratejileri arasından alternatif seçimleri yapılabilir. Natech kazalarıyla ilgili çalışmalar detaylandırılarak literatüre katkılar sağlanabilir.

Etik Beyanı

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Yazar katkısı

Yazar 1 bilimsel yayın araştırması, problem tanımı, yöntemin uygulanması ve çözümü, rapor yazımı, Yazar 2 makale sıralamasının oluşumu, rapor yazımı kontrolü, Yazar 3 genel makale incelemesi ve süreç yönetimi, Yazar 4 çalışma planının oluşturulması ve süreç yönetimi konusunda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma YÖK 100/2000 projesi kapsamında yazılmıştır.

Benzerlik oranı: %4

KAYNAKÇA

- Cruz, A. M., and E. Krausmann. 2009. "Hazardous-Materials Releases from Offshore Oil and Gas Facilities and Emergency Response Following Hurricanes Katrina and Rita." *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 22 (1). Elsevier Ltd: 59–65. doi:10.1016/j.jlp.2008.08.007.
- Cruz, A. M., and Suarez-Paba, M.C. 2019. "Advances in Natech Research: An Overview." *Progress in Disaster Science Journal* 1. Elsevier Ltd: 1–7. doi:10.1016/j.pdisas.2019.100013.
- Girgin, S. 2011. "The Natech Events during the 17 August 1999 Kocaeli Earthquake: Aftermath and Lessons Learned." *Natural Hazards and Earth System Science* 11 (4): 1129–40. doi:10.5194/nhess-11-1129-2011.
- Güven, E., ve Eren, T. 2023. "İl Afet Risk Azaltma Planı Çerçevesinde ANP Yöntemi İle Kriter Ağırlıklandırma : Kırıkkale İli İçin Bir Örnek." *Afet ve Risk Dergisi* 6 (2): 401–14. doi:10.35341/afet.1194357.
- Güven, E., Pınarbaşı, M., Alakaş H.M., and Eren, T. (2023) Doğal Afetlerin Tetiklediği Teknolojik Kazaların Risk Azaltma Kriterlerinin Anp Yöntemiyle Ağırlıklandırılması. Yönetim Araştırmaları / Mühendislik Uygulamaları Sempozyumu (Yönar/Mu'2023)-İstanbul-Türkiye
- İşbir, B., ve Kaya, A. 2022. "Güvenlik ve Acil Durum Koordinasyon Merkezi (GAMER) ve Yapay Zekânın Afetlerde Uygulanabilirliği." *Afet ve Risk Dergisi* 5 (2): 601–22. doi:10.35341/afet.1102768.
- Krausmann, E., V. Cozzani, E. Salzano, and E. Renni. 2011. "Industrial Accidents Triggered by Natural Hazards: An Emerging Risk Issue." *Natural Hazards and Earth System Science* 11 (3): 921–29. doi:10.5194/nhess-11-921-2011.
- Krausmann, E.. 2010. "AB'de Natech Risk Azaltma Analizi Anket Anketi Kullanan Üye Devletler."
- Krausmann, E., Girgin, S., and Necci, A. 2019. "Natural Hazard Impacts on Industry and Critical Infrastructure: Natech Risk Drivers and Risk Management Performance Indicators." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 40 (February). Elsevier Ltd: 101163. doi:10.1016/j.ijdr.2019.101163.
- Nascimento, K. R. DS., and Alencar, M.H. 2016. "Management of Risks in Natural Disasters: A Systematic Review of the Literature on NATECH Events." *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 44. Elsevier Ltd: 347–59. doi:10.1016/j.jlp.2016.10.003.
- Oral, N., Yumuşak, R., and Eren, T. 2021. "AHP ve ANP Yöntemleri Kullanılarak Tehlikeli Madde Depo Yeri Seçimi: Kırıkkale İlinde Bir Uygulama." *Bilim. Derg. / NOHU J. Eng. Sci* 10 (1): 115–24. doi:10.28948/ngmuh.744734.
- Özcan, E., Ünlüsoy, S., and Eren, T. 2017. "Anp ve Topsis Yöntemleriyle Türkiye Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi." *Selcuk University Journal of Engineering ,Science and Technology* 5 (2): 204–19. doi:10.15317/scitech.2017.82.
- Özder, E.H., Özcan, E., and Eren, T. 2019. "Staff Task-Based Shift Scheduling Solution with an ANP and Goal Programming Method in a Natural Gas Combined Cycle Power Plant." *Mathematics* 7 (2). doi:10.3390/math7020192.
- Renni, E., Basco, A., Busini, V., Cozzani, V., Krausmann, E., Rota, R., and Salzano, E. 2010. "Awareness and Mitigation of NaTech Accidents: Toward a Methodology for Risk Assessment." *Chemical Engineering Transactions* 19 (January): 383–89. doi:10.3303/CET1019063.
- Suarez-Paba, M. C., and Cruz, A.M. 2022. "A Paradigm Shift in Natech Risk Management: Development of a Rating System Framework for Evaluating the Performance of Industry." *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 74. Elsevier Ltd: 1–10. doi:10.1016/j.jlp.2021.104615.
- Wang, Q., Cai, M., and Wei, G. 2022. "A Scenario Analysis under Epistemic Uncertainty in Natech Accidents: Imprecise Probability Reasoning in Bayesian Network." *Environmental Research Communications* 4 (1). IOP Publishing. doi:10.1088/2515-7620/ac47d4.
- Yaralıoğlu, K. 2010. *Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Yavuz, A., ve Dikmen, S. 2015. Doğal Afetlerin Zararlarının Finansmanında Kullanılan Afet Öncesi Finansal Araçlar. *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi*, 3(2), 303-322. doi: 10.14782/sbd.2015216101