

Natech Risk Kriterlerinin Afet Türlerine Göre Ağırlıklandırılması

¹Emel Güven, ¹Mehmet Pınarbaşı, ¹Hacı Mehmet Alakaş and ^{*1}Tamer Eren

^{*1}Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye

Özet

Doğal afetlerin tetiklediği teknolojik kazalar Natech kazaları olarak adlandırılmaktadır. Natech kazaları afetlerin olumsuz etkilerini artırabileceği gibi kendi başına yeni zararlara da yol açabilmektedir. Bu nedenle afet yönetimi kapsamında risk azaltma sürecine Natech kaza risklerinin de dahil edilmesi önemli bir husustur. Natech kazalarına neden olan risk kriterleri her afete göre farklılık göstermektedir. Afetlere göre risk kriterlerinin belirlenmesi Natech kazaları için oluşturulacak risk azaltma çalışmaları için temel oluşturacaktır. Bu çalışmada Natech kazasına neden olabilecek 17 kriter literatür taraması ile belirlenmiştir. Belirlenen kriterler deprem, sel ve orman yangınları afetleri kapsamında ağırlıklandırılmıştır. Kriter ağırlıklandırmada Pisagor Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (PBAHP) yöntemi kullanılmıştır. Afet ortamının belirsizlikler içermesi nedeniyle bulanık setlerden yararlanılmıştır. Yöntem uygulaması sonucunda Natech kazasına neden olan en önemli kriterler; deprem afetinde “Tehlikeli Madde ve Yanıcı Salınımı” kriteri, sel afetinde “Afetin Süresi” kriteri ve orman yangını afetinde ise “Rüzgâr Yönü, Hızı, şiddeti” kriteri olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Natech, afet yönetimi, deprem, sel, orman yangını

Abstract

Technological accidents triggered by natural disasters are called Natech accidents. Natech accidents can increase the negative effects of disasters and can also lead to new damages on their own. For this reason, it is important to include Natech accident risks in the risk reduction process within the scope of disaster management. Risk criteria causing Natech accidents vary according to each disaster. Determining risk criteria according to disasters will form the basis for risk reduction studies to be created for Natech accidents. In this study, 17 criteria that could cause a Natech accident were determined through literature review. The determined criteria were weighted within the scope of earthquake, flood and forest fire disasters. Pythagoras Fuzzy Analytical Hierarchy Process (PFAHP) method was used in criteria weighting. Fuzzy sets were used due to the uncertainties in the disaster environment. As a result of the method application, the most important criteria causing a Natech accident were; In earthquake disasters, the criterion was “Release of Hazardous Materials and Flammables”, in flood disasters, the criterion was “Duration of Disaster” and in forest fire disasters, the criterion was “Wind Direction, Speed, Intensity”.

Keywords: Natech, Disaster Management, Earthquake, Flood, Forest Fire

1.Giriş

Afetler maddi kayıp ve manevi zararlara neden olan ve beklenmedik zamanlarda gerçekleşen doğa olaylarıdır [1]. Afetlerden kaynaklı zararları en aza indirebilmek için her zaman hazırlıklı olmak gerekmektedir. Bu durum ancak iyi bir afet süreci yönetimi ile sağlanabilmektedir. Afet sırasında ve sonrasında karşılaşılabilecek zararların önüne geçilebilmesi için etkili bir süreç yönetimi ve risk

*Corresponding author: Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, TÜRKİYE. E-mail address: tamereren@gmail.com , Phone: (+90) (318) 357 42 42 – (1050)

analizi çalışması yapılması önemli bir husustur.

Afetlerin doğrudan oluşturduğu zararların yanı sıra dolaylı olarak neden olduğu zararlar da mevcuttur. Bunlardan bir tanesi de afet sırasında ya da sonrasında meydana gelen teknolojik kazalardır. Afetlerin tetiklediği teknolojik kazalar Natech kazası olarak adlandırılmaktadır [2]. Kimyasal tesisler, endüstriyel tesisler, gaz dolum tesisleri vb. Natech kaza risklerine karşı savunmasızlardır. Doğal afetler sebebiyle oluşacak teknolojik kazalar sosyal, çevresel ve ekonomik olarak olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir [3]. Geçmiş yıllarda Dünya’da ve ülkemizde çeşitli Natech kazaları ile karşılaşmıştır. Geçmiş kazalar incelendiğinde Natech kazalarının her türlü doğal afet tarafından tetiklenebileceği görülmüştür [4].

Türkiye’de gerçekleşen Natech kazalarına bazı örnekler verilebilir. 17 Ağustos 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depreminde TÜPRAŞ rafinerisinde büyük bir yangın çıkmış ve söndürmek için uzun çaba harcanmıştır. Ayrıca bazı tesislerden kimyasal madde salınımı gerçekleşmiştir [5]. 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen Kahramanmaraş ili merkezli deprem sonucunda da iki Natech kazası kayıtlara geçmiştir. İlki İskenderun yat limanında gerçekleşen yangın olmuştur. İkincisi ise Hatay’ın Kırıkhan ilçesinde meydana gelen yerin 200 metre altında ve 3 kilometre mesafede iki ayrı noktada oluşan doğalgaz patlaması ve yangınıdır. Bu kaza sonrası bazı bölgelere gaz akışı durdurulmuştur. En yakın geçmişte ise Erzincan’ın İliç ilçesinde bir Natech kazası meydana gelmiştir. Bir maden ocağında 13 Şubat 2024 tarihinde heyelan meydana gelmiş ve yaklaşık 10 milyon metre küp toprak, 200 metrelik yamaçtan hızla aşağı doğru akmıştır. Bu sebeple “Çöpler Maden Sahası”nda göçük meydana gelmiş ve 9 işçi toprak altında kalmıştır.

Literatürde Natech kazaları ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur. Antonioni [6], tehlikeli maddenin bulunduğu endüstriyel tesisleri etkileyen sellerin neden olduğu riskleri değerlendirmişlerdir. Krausmann vd. [7], endüstriyel kaza veri tabanlarında kayıtlı deprem, sel ve yıldırım kaynaklı kazaları incelemişlerdir. Güven vd. [8], organize sanayi bölgesindeki Natech kazalarını dikkate alarak Gaziantep ilinde bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Organize sanayi bölgesinde Natech kazalarına neden olabilecek kriterler değerlendirilerek en riskli sektör belirlenmiştir. Ayrıca Güven vd. [3], çalışmada yine organize sanayi bölgesindeki risk kriterleri değerlendirilmiş Kırıkkale ili için riskli sektörler sıralanmıştır. Landucci vd. [9], atmosferik depolama tanklarının sellerden olayı gördüğü zararı ele alarak detaylı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Literatürde farklı birçok yönden Natech kazaları ele alınmıştır. Bu çalışmada ise doğal afet türlerine göre Natech risk kriterlerinin farklı önemlere sahip olduğunun belirtilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda çalışmada deprem, sel ve orman yangınları afetleri dikkate alınmış. Her bir afet türleri için Natech risk kriterleri Pisagor Bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Böylelikle her bir kriterin öneminin afetlere göre farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur.

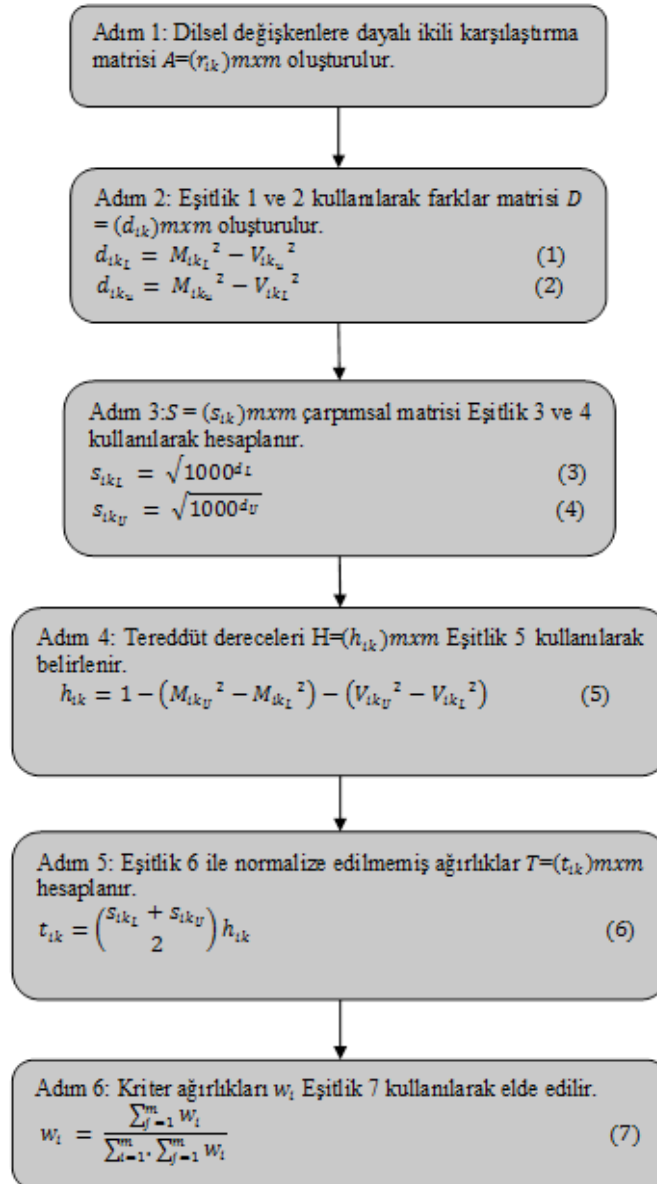
2.Yöntem

Özellikle karar vericilerin karar vermede zorlandıkları belirsizliklerin yoğun olduğu ortamlarda daha doğru sonuçlar elde edilebilmesi adına çeşitli bulanık yöntemler kullanılmaktadır. Bulanık mantık kapsamında farklı birçok küme bulunmaktadır. Bunlardan birisi de Yager tarafından ortaya çıkarılan Pisagor Bulanık kümeleridir [10]. Pisagor Bulanık kümelerde dilsel ifadeler daha geniş bir skala kullanarak değerlendirilmektedir. Böylelikle yöntem karar vericilere geniş bir değerlendirme imkânı sunarak daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini desteklemektedir [11]. Kullanılan diğer bulanık yöntemlerde üyelik olma ve olmama derecelerinin toplamını en fazla 1.0

sonucu elde edilmektedir. Ancak Pisagor bulanık setlerde kareler toplamının üyelik olma ve olmama dereceleri maksimum 1.0'a eşit olmaktadır. Bu noktada Pisagor bulanık setler diğer bulanık kümelerin eksik yönlerini ortadan kaldırmaktadır [12].

2.1. Pisagor bulanık AHP

Çok kriterli karar verme yöntemlerinde AHP yöntemi sıklıkla ve başarıyla kullanılmaktadır. Ancak öznel ve dilsel ifadelerin bulunduğu ortamlarda, belirsizliklerin bulunduğu ortamlarda yetersiz kalabilmektedir. Bu eksikliğin giderilebilmesi adına bulanık yöntemler geliştirilmiştir. Pisagor setler bunlardan bir tanesidir. Pisagor Bulanık AHP yöntemin aşamaları Şekil 1.'de verilmiştir [3].



Şekil 1. Pisagor Bulanık AHP Uygulama Aşamaları [3].

Yöntemin ilk adımında karar vericiler tarafından Tablo 1’de verilen dilsel değişkenler ile karar matrisi oluşturulmaktadır [13]. Ardından Adım 2’de Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak farklar matrisi, Adım 3’te yer alan Eşitlik 3 ve 4 ile de çarpımsal matris elde edilir. Tereddüt dereceleri Eşitlik 5 oluşturularak Adım 4 tamamlanır. Adım 5’te Eşitlik 6 ile normalize edilmemiş ağırlıklar bulunur ve son adımda ise Eşitlik 7 ile kriter ağırlıkları elde edilir.

Tablo 1. Pisagor Bulanık Ölçekleri ve Dilsel Değişkenler [13]

Dilsel Değişkenler	Aralıklı Pisagor Bulanık Sayılar			
	μ_L	μ_U	v_L	v_U
Kesinlikle Düşük (KD)	0	0	0,9	1
Çok Düşük (ÇD)	0,1	0,2	0,8	0,9
Düşük (D)	0,2	0,35	0,65	0,8
Ortalamanın Altında (OA)	0,35	0,45	0,55	0,65
Eşit (E)	0,1965	0,1965	0,1965	0,1965
Ortalama (O)	0,45	0,55	0,45	0,55
Ortalamanın Üstünde (OÜ)	0,55	0,65	0,35	0,45
Yüksek (Y)	0,65	0,8	0,2	0,35
Çok Yüksek (ÇY)	0,8	0,9	0,1	0,2
Kesinlikle Yüksek (KY)	0,9	1	0	0

3.Uygulama

Doğal afetlerden sonra gerçekleşecek Natech kazaları farklılık göstermektedir. Dolayısıyla her afet türüne göre Natech kazalarına neden olan kriterler de farklı öneme sahip olacaktır. Her risk kriterinin ağırlığı afet türlerine göre değişmektedir. Bu kapsamda çalışmada literatür taraması sonrasında 17 kriter oluşturulmuştur. Ardından belirlenen kriterler deprem, sel ve orman yangınları afetlerine göre ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırma yöntemi olarak Pisagor Bulanık AHP kullanılmıştır.

3.1. Problem kriterleri

Problemde kullanılan 17 kriter literatür taraması sonucunda oluşturulmuştur. Belirlenen kriterler ve açıklamaları Tablo 2’de verilmiştir.

3.2. Deprem afetine göre Natech kaza kriterlerinin ağırlıklandırılması

Literatür taraması sonucunda oluşturulan 17 Natech kaza risk kriteri Tablo 1’de yer alan dilsel değişkenler ve karşılık gelen Pisagor bulanık sayılar kullanılarak Tablo 3’te yer alan karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 2. Kriterler ve Açıklamaları

Yazar	Kriterler	Açıklama
Yu vd. [14]	Rüzgâr Yönü, Hızı, şiddeti (RYHŞ)	Afet anında ve sonrasında Natech kazasına neden olabilecek düzeyde etkili rüzgâr olması
Zeng vd. [15]	Arazi Yapısı (AY)	Arazi yapısının afet sonrası kazaları tetikleyebilecek özellikte olması
Krausmann vd. [4]	İklim Değişikliği (İD)	Afet bölgesinde hâkim olan doğal çevre ve iklim koşullarının değişkenliği
Gülüm vd. [16]	Elektrik Kaynakları (EK)	İşyerlerinde doğal afetlerden etkilenecek yangına sebep olabilecek kısa devre ve kaçaklar, trafolar, elektrik panoları vb. kaynaklar
	Doğalgaz (DGZ)	Doğalgaz içeren iş yerlerinde doğalgaz kaynaklı olarak patlama ve yangın oluşturabilecek boru hatları, gaz kaçakları, işyerinde kullanılmak üzere içerisinde gaz bulunan tanklar vb.
	İşyeri Alet ve Ekipmanları (İAE)	Düzenli kontrolleri yapılmayan, sağlam olmayan, güvenlik kriterlerine uygun yerleştirilip sabitlenmeyen ekipmanlar
Sun vd. [17]	Meteorolojik Etkenler (ME)	Afet anında ve sonrasında Natech kazasına neden olabilecek meteorolojik olaylar
	Maruziyet Süresi (MS)	Gerçekleşen doğal afete maruz kalma süresinin uzun olması
	Drenaj Yoğunluğu (DY)	Birim alan başına doğal ve yapay kanalların toplam uzunluğu. Drenaj yoğunluğu ne kadar yüksek olursa afet ve kaza riski artar.
Chen vd. [18]	Güvenlik Açığı (GA)	Olası afetler ve Natech kazası tehditleri karşısında karşı koymayı zorlaştıracak ya da zararı arttıracak durumlar
Dökmeci ve Akduman [19]	Altyapı Eksikliği (AE)	Afetlerden sonra yangın, patlama, çökme vb. teknolojik kazalar oluşmasına neden olabilecek altyapı eksiklikleri
	Tehlikeli Madde ve Yanıcı Salınımı (TMYS)	Afet sebebiyle işyerlerinde bulunan, patlama ve yangına neden oluşturabilecek tehlikeli madde ve yanıcı madde salınımları
Girgin vd. [20]	Müdahale Kaynak ve Ekiplerinin Yetersizliği (MKEY)	Afetlerin oluşmasının ardından OSB içerisinde Natech kazası oluşturabilecek risklere oluşmadan önce engel olabilecek ya da etkisini azaltacak ekip ve ekipman bulunmaması
Boca vd. [21]	Bitki Örtüsü (BÖ)	Bitki örtüsünün afet sonrası kazaları tetikleyebilecek özellikte olması
Yazarlar	Afetin süresi (AS)	Afet süresinin uzun olması
Xavier & Junior [22]	Akarsu, Nehir vb. Bulunması (ANB)	Afet bölgesinde Akarsu, Nehir vb. bulunması
Suarez-Paba ve Cruz [23]	Erken uyarı sistemleri eksikliği (EUSE)	Afetler için tasarlanan erken uyarı sistemlerinin eksikliği

Tablo 3. Karar Matrisi

Karar Matrisi	RYHŞ	AY	İD	EK	DGLGZ	İAE	ME	MS	DY	GA	AE	TMYS	MKEY	BÖ	AS	ANB	EYSE
RYHŞ	E	D	E	D	D	D	E	ÇD	OÜ	ÇD	D	ÇD	D	E	ÇD	O	ÇD
AY	Y	E	OÜ	OA	OA	OA	OÜ	OA	Y	D	OA	D	D	E	D	OÜ	D
İD	E	OA	E	ÇD	ÇD	D	E	OA	OÜ	ÇD	ÇD	ÇD	D	O	D	OÜ	ÇD
EK	Y	OÜ	ÇY	E	E	OÜ	Y	OA	ÇY	E	OÜ	OA	OÜ	ÇY	O	Y	OA
DGLGZ	Y	OÜ	ÇY	E	E	OÜ	Y	D	ÇY	OA	OÜ	D	OÜ	ÇY	OA	Y	D
İAE	Y	OÜ	Y	OA	OA	E	OÜ	OA	Y	OA	E	D	OA	Y	OA	Y	D
ME	E	OA	E	D	D	OA	E	ÇD	E	D	D	ÇD	ÇD	O	ÇD	OÜ	D
MS	ÇY	OÜ	OÜ	OÜ	Y	OÜ	ÇY	E	Y	E	OÜ	OA	OA	Y	OÜ	Y	E
DY	OA	D	OA	ÇD	ÇD	D	E	D	E	ÇD	D	ÇD	D	OA	ÇD	E	ÇD
GA	ÇY	Y	ÇD	E	OÜ	OÜ	Y	E	ÇY	E	OÜ	OA	OA	Y	O	ÇY	OA
AE	Y	OÜ	ÇD	OA	OA	E	Y	OA	Y	OA	E	OA	OA	Y	OA	Y	OA
TMYS	ÇY	Y	ÇY	OÜ	Y	Y	ÇY	OÜ	ÇY	OÜ	OÜ	E	OÜ	ÇY	Y	ÇY	O
MKEY	Y	Y	Y	OA	OA	OÜ	ÇY	OÜ	Y	OÜ	OÜ	OA	E	ÇY	O	Y	OA
BÖ	E	E	O	ÇD	ÇD	D	O	D	OÜ	D	D	ÇD	ÇD	E	ÇD	OÜ	ÇD
AS	ÇY	Y	D	O	OÜ	OÜ	ÇY	OA	ÇY	O	OÜ	D	O	ÇY	E	ÇY	E
ANB	O	OA	OA	D	D	D	OA	D	E	ÇD	D	ÇD	D	OA	ÇD	E	ÇD
EYSE	ÇY	Y	ÇY	OÜ	Y	Y	Y	E	ÇY	OÜ	OÜ	O	OÜ	ÇY	E	ÇY	E

Karar matrisinin oluşturulmasının ardından işlem adımları sırayla gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak deprem afeti sonrası Natech kazalarına neden olabilecek kriterlerin önem ağırlıkları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Deprem Afetine Göre Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter Sıralaması	Ağırlıklar
Tehlikeli Madde ve Yanıcı Salınımı	0,1418
Erken Uyarı Sistemleri Eksikliği	0,1254
Afetin Süresi	0,1026
Elektrik Kaynakları	0,0884
Müdahale Kaynak ve Ekiplerinin Yetersizliği	0,0865
Doğalgaz	0,0862
Güvenlik Açığı	0,0857
Maruziyet Süresi	0,0838
İşyeri Alet ve Ekipmanları	0,0513
Altyapı Eksikliği	0,0493
Arazi Yapısı	0,0313
Bitki Örtüsü	0,0138
İklim Değişikliği	0,0135
Meteorolojik Etkenler	0,0122
Rüzgar Yönü, Hızı, Şiddeti	0,0113
Akarsu, Nehir Vb. Bulunması	0,0090
Drenaj Yoğunluğu	0,0079

Deprem afeti sonrasında Natech kazası oluşturma risk kriterleri önem ağırlıkları Tablo 4’te verilmiştir. En riskli kriter olarak 0,1418 ile “Tehlikeli Madde ve Yanıcı Salınımı” kriteri belirlenmiştir. Bu kriteri 0,1254 ile “Erken Uyarı Sistemleri Eksikliği” ve 0,1026 değeri ile “Afetin Süresi” takip etmektedir. Son sırada ise 0,0079 ile “Drenaj Yoğunluğu” kriteri yer almıştır.

3.3. Sel afetine göre Natech kaza kriterlerinin ağırlıklandırılması

Kriterler sel afeti sonrası Natech riski oluşturma riskine göre değerlendirilmiştir. Bu noktada Tablo 1’de yer alan dilsel değişkenler kullanılarak Tablo 5’te yer alan karar matrisi oluşturularak yöntem uygulanmıştır.

Tablo 5. Karar Matrisi

Karar Matrisi	RYHŞ	AY	İD	EK	DGLGZ	İAE	ME	MS	DY	GA	AE	TMYS	MKEY	BÖ	AS	ANB	EYSE
RYHŞ	E	OA	OA	OÜ	OÜ	OA	D	D	OA	OA	D	OA	OA	D	D	OA	D
AY	OÜ	E	OÜ	OÜ	OÜ	Y	E	OA	O	OA	OA	OÜ	OÜ	O	OA	E	OA
İD	OÜ	OA	E	OA	OA	OA	D	D	OA	D	OA	OA	D	E	D	OA	OA
EK	OA	OA	OÜ	E	E	OA	OA	OA	OA	D	OA	D	OA	OÜ	OA	O	OA
DGLGZ	OA	OA	OÜ	E	E	E	OA	D	OA	OA	D	OA	OA	OÜ	OA	OÜ	OA
İAE	OÜ	D	OÜ	OÜ	E	E	O	OA	OA	OA	D	OA	D	O	OA	OÜ	OA
ME	Y	E	Y	OÜ	OÜ	O	E	OA	E	OÜ	OA	O	O	OÜ	OA	OÜ	OA
MS	Y	OÜ	Y	OÜ	Y	OÜ	OÜ	E	Y	OÜ	OÜ	O	O	OÜ	OÜ	OÜ	O
DY	OÜ	O	OÜ	OÜ	OÜ	OÜ	E	D	E	OA	OA	Y	OA	OÜ	D	E	OA
GA	OÜ	OÜ	Y	Y	OÜ	OÜ	OA	OA	OÜ	E	E	OA	OA	OÜ	O	OÜ	O
AE	Y	OÜ	OÜ	OÜ	Y	Y	OÜ	OA	OÜ	E	E	O	OA	OÜ	OA	OÜ	O
TMYS	OÜ	OA	OÜ	Y	OÜ	OÜ	O	O	D	OÜ	O	E	E	OÜ	O	OÜ	O
MKEY	OÜ	OA	Y	OÜ	OÜ	Y	O	O	OÜ	OÜ	OÜ	E	E	OÜ	O	OÜ	E
BÖ	Y	O	E	OA	OA	O	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	E	D	O	D
AS	Y	OÜ	Y	OÜ	OÜ	OÜ	OÜ	OA	Y	O	OÜ	O	O	Y	E	Y	OÜ
ANB	OÜ	E	OÜ	O	OA	OA	OA	OA	E	OA	OA	OA	OA	O	D	E	OA
EYSE	Y	OÜ	OÜ	OÜ	OÜ	OÜ	OÜ	O	OÜ	O	O	O	E	Y	OA	OÜ	E

Karar matrisinden sonra yöntem işlem adımları takip edilmiş ve Tablo 6’da yer alan kriter ağırlıkları elde edilmiştir.

Sel afetinden sonra Natech kazası oluşmasına neden olabilecek en önemli kriter 0,1109 ile “Afetin Süresi” kriteri olmuştur. Sel afetinin süresinin uzun olması kazaları ciddi oranda tetikleyecek bir durumu oluşturmaktadır. İkinci sırada 0,1060 değeri ile “Maruziyet Süresi” yer alırken üçüncü sırada ise 0,0861 ile “Altyapı Eksikliği” yer almıştır. En son sırada ise 0,0226 değeri ile “İklim Değişikliği” kriteri bulunmaktadır.

3.4. Orman yangını afetine göre Natech kaza kriterlerinin ağırlıklandırılması

Literatürde araştırılan kriterler orman yangını afetinden sonra oluşabilecek Natech kazaları doğrultusunda değerlendirilmiştir. Tablo 1’de yer alan dilsel değişkenler ile oluşturulan Tablo 7’deki karar matrisi ile yöntem uygulaması başlatılmıştır.

Tablo 6. Sel Afetine Göre Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter Sıralaması	Ağırlıklar
Afetin Süresi	0,1109
Maruziyet Süresi	0,1060
Altyapı Eksikliği	0,0861
Erken Uyarı Sistemleri Eksikliği	0,0801
Müdahale Kaynak ve Ekiplerinin Yetersizliği	0,0795
Güvenlik Açığı	0,0740
Meteorolojik Etkenler	0,0687
Tehlikeli Madde ve Yanıcı Salınımı	0,0649
Arazi Yapısı	0,0590
Drenaj Yoğunluğu	0,0565
İşyeri Alet ve Ekipmanları	0,0371
Bitki Örtüsü	0,0365
Doğalgaz	0,0323
Akarsu, Nehir Vb. Bulunması	0,0318
Elektrik Kaynakları	0,0292
Rüzgar Yönü, Hızı, Şiddeti	0,0249
İklim Değişikliği	0,0226

Tablo 7. Karar Matrisi

Karar Matrisi	RYHŞ	AY	İD	EK	DGLGZ	İAE	ME	MS	DY	GA	AE	TMYS	MKEY	BÖ	AS	ANB	EYSE
RYHŞ	E	OÜ	Y	OÜ	Y	OÜ	E	O	ÇY	OÜ	OÜ	OÜ	O	OÜ	OÜ	ÇY	OÜ
AY	OA	E	OÜ	OA	OA	O	E	OA	Y	O	OÜ	OA	OA	E	O	Y	OÜ
İD	D	OA	E	D	D	OA	O	OA	Y	OA	OA	O	D	E	D	OÜ	OA
EK	OA	OÜ	Y	E	E	OÜ	OA	D	Y	OA	OÜ	OA	D	O	OA	Y	O
DGLGZ	D	OÜ	Y	E	E	OÜ	D	D	OÜ	OA	O	OA	D	O	OA	Y	O
İAE	OA	O	OÜ	OA	OA	E	OA	OA	OÜ	OA	OÜ	OA	OA	OA	OA	Y	O
ME	E	E	O	OÜ	Y	OÜ	E	O	Y	OA	OÜ	O	OA	OÜ	E	Y	O
MS	O	OÜ	OÜ	Y	Y	OÜ	O	E	Y	OÜ	OÜ	O	OA	OÜ	O	Y	OÜ
DY	ÇD	D	D	D	OA	OA	D	D	E	OA	OA	D	D	OA	OA	E	OA
GA	OA	O	OÜ	OÜ	OÜ	OÜ	OÜ	OA	OÜ	E	OÜ	OA	O	OÜ	OA	OÜ	O
AE	OA	OA	OÜ	OA	O	OA	OA	OA	OÜ	OA	E	OA	OA	O	OA	OÜ	O
TMYS	OA	OÜ	O	OÜ	OÜ	OÜ	O	O	Y	OÜ	OÜ	E	O	OÜ	E	Y	OÜ
MKEY	O	OÜ	Y	Y	Y	OÜ	OÜ	OÜ	Y	O	OÜ	O	E	OÜ	O	Y	OÜ
BÖ	OA	E	E	O	O	OÜ	OA	OA	OÜ	OA	O	OA	OA	E	OA	OÜ	O
AS	OA	O	Y	OÜ	OÜ	OÜ	E	O	OÜ	OÜ	OÜ	E	O	OÜ	E	Y	OÜ
ANB	ÇD	D	OA	D	D	D	D	D	E	OA	OA	D	D	OA	D	E	OA
EYSE	OA	OA	OÜ	O	O	O	O	OA	OÜ	O	O	OA	OA	O	OA	OÜ	E

Karar matrisinin elde edilmesinin ardından orman yangınları sonrası Natech kazası oluşturabilecek kriterlerin önem ağırlıkları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Orman Yangını Afetine Göre Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter Sıralaması	Ağırlıklar
Rüzgar Yönü, Hızı, şiddeti	0,1254
Müdahale Kaynak ve Ekiplerinin Yetersizliği	0,1055
Maruziyet Süresi	0,0941
Tehlikeli Madde ve Yanıcı Salınımı	0,0754
Afetin süresi	0,0749
Meteorolojik Etkenler	0,0744
Elektrik Kaynakları	0,0663
Arazi yapısı	0,0578
Doğalgaz	0,0548
Güvenlik Açığı	0,0542
İşyeri Alet ve Ekipmanları	0,0440
Erken uyarı sistemleri eksikliği	0,0383
Bitki Örtüsü	0,0362
İklim Değişikliği	0,0349
Altyapı eksikliği	0,0337
Drenaj Yoğunluğu	0,0157
Akarsu, Nehir vb. Bulunması	0,0146

Uygulanan yöntem sonucunda orman yangını afeti sonrası Natech kazası oluşturacak en riskli kriter 0,1254 ile “Rüzgar Yönü, Hızı, şiddeti” kriteri olmuştur. Bu kriter hem afetin etkisini ve neden olduğu zararları artıran hem de afet sonrası Natech kazalarını arttırıcı etkiye sahiptir. 0,1055 ile “Müdahale Kaynak ve Ekiplerinin Yetersizliği” kriteri ve 0,0941 ile “Maruziyet Süresi” kriteri takip eden kriterler olmuştur. En sonda ise 0,0146 değeri ile “Akarsu, Nehir vb. Bulunması” kriteri yer almıştır.

4. Sonuç

Natech kazaları oluşan afet türlerine göre farklılık göstermektedir. Bu sebeple Natech risk kriterleri her bir doğal afete göre farklı önem ağırlıklarına sahiptir. Afet öncesi dönemde risk analizlerinin yapılması ve önlemlerin alınması için risk kriterlerinin bilinmesi ve önem düzeylerine göre önlemlerin belirlenmesi karşılaşılabilecek zararların azaltılmasında kritik rol oynamaktadır. Bu çalışma ile afet öncesi hazırlık ve risk analizi döneminin desteklenmesi hedeflenmiştir.

Çalışma sonucunda deprem kaynaklı Natech kazası oluşturma riski olan en önemli kriter 0,1418 ile “Tehlikeli Madde ve Yanıcı Salınımı” kriteri olmuştur. Bu kriteri 0,1254 ile “Erken Uyarı Sistemleri Eksikliği” ve 0,1026 değeri ile “Afetin Süresi” takip etmektedir. Son sırada ise 0,0079 ile “Drenaj Yoğunluğu” kriteri bulunmuştur.

Çalışma kapsamında ikinci aşamada sel afeti dikkate alınmıştır. Natech risk kriterleri sel afeti sonrası Natech kazası oluşması açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda 0,1109 ile

“Afetin Süresi” en fazla öneme sahip risk kriteri olmuştur. İkinci sırada 0,1060 değeri ile “Maruziyet Süresi” yer alırken üçüncü sırada ise 0,0861 ile “Altyapı Eksikliği” yer almıştır. En son sırada ise 0,0226 değeri ile “İklim Değişikliği” kriteri bulunmaktadır.

Son olarak orman yangınları değerlendirmeye alınmıştır. Uygulanan yöntem sonucunda en riskli kriter 0,1254 ile “Rüzgar Yönü, Hızı, şiddeti” kriteri olmuştur. 0,1055 ile “Müdahale Kaynak ve Ekiplerinin Yetersizliği” kriteri ve 0,0941 ile “Maruziyet Süresi” kriteri takip eden kriterler olmuştur. En sonda ise 0,0146 değeri ile “Akarsu, Nehir vb. Bulunması” kriteri yer almıştır.

Çalışma gösteriyor ki her afete göre risk kriterlerinin önem ağırlıkları değişmektedir. Bu durumda alınacak önlemler de farklılık göstermektedir. Afet yönetim sürecinde afete hazırlık döneminde bu farklılıkların dikkate alınarak çalışmaların gerçekleştirilmesi zararların azaltılmasında önemli bir rol oynayacaktır. İleriki çalışmalarda afet türleri çeşitlendirilerek çalışma detaylandırılabilir. Bunun yanı sıra kriter havuzu oluşturarak değerlendirme skalası genişletilebilir.

Kaynaklar

- [1] Güven E, Eren T. İl Afet Risk Azaltma Planı Çerçevesinde ANP Yöntemi İle Kriter Ağırlıklandırma: Kırıkkale İli İçin Bir Örnek. Afet ve Risk Derg 2023;6:401–14. <https://doi.org/10.35341/afet.1194357>.
- [2] Cruz AM, Suarez-Paba MC. Advances in Natech research: An overview. Prog Disaster Sci J 2019;1:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100013>.
- [3] Guven E, Pinarbasi M, Mehmet Alakas H, Eren T. Evaluation of natech criteria in organized industrial zones: An application for Kırıkkale province. J Loss Prev Process Ind 2024;91. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105379>.
- [4] Krausmann E, Girgin S, Necci A. Natural hazard impacts on industry and critical infrastructure: Natech risk drivers and risk management performance indicators. Int J Disaster Risk Reduct 2019;40:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101163>.
- [5] Girgin S. The natech events during the 17 August 1999 Kocaeli earthquake: Aftermath and lessons learned. Nat Hazards Earth Syst Sci 2011;11:1129–40. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-1129-2011>.
- [6] Antonioni G, Landucci G, Necci A, Gheorghiu D, Cozzani V. Quantitative assessment of risk due to NaTech scenarios caused by floods. Reliab Eng Syst Saf 2015;142:334–45. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.05.020>.
- [7] Krausmann E, Cozzani V, Salzano E, Renni E. Industrial accidents triggered by natural hazards: An emerging risk issue. Nat Hazards Earth Syst Sci 2011;11:921–9. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-921-2011>.
- [8] Guven E, Pinarbasi M, Mehmet Alakas H, Eren T. Ranking of sectors in organized industrial

- zones according to Natech risk criteria: An application for Gaziantep province in Türkiye. *J Loss Prev Process Ind* 2024;91:105377. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105377>.
- [9] Landucci G, Antonioni G, Tugnoli A, Cozzani V. Release of hazardous substances in flood events: Damage model for atmospheric storage tanks. *Reliab Eng Syst Saf* 2012;106:200–16. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2012.05.010>.
- [10] Yager RR. Pythagorean fuzzy subsets. *Proc 2013 Jt IFSA World Congr NAFIPS Annu Meet IFSA/NAFIPS 2013* 2013;2:57–61. <https://doi.org/10.1109/IFSA-NAFIPS.2013.6608375>.
- [11] Yazıcı E, Özcan E, Alakaş HM, Eren T. Hidroelektrik Santrallarda Bakım Strateji Optimizasyonu için Hiyerarşik Bir Karar Modeli Önerisi. *J Polytech* 2021;25:933–45. <https://doi.org/10.2339/politeknik.862024>.
- [12] Tezcan B, Eren T. Orman Yangınına Sebep Olan Kriterlerin Bulanık Ortamda Değerlendirilmesi. *J Polytech* 2022:1–17. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1138806>.
- [13] Ak MF, Gul M. AHP–TOPSIS integration extended with Pythagorean fuzzy sets for information security risk analysis. *Complex Intell Syst* 2019;5:113–26. <https://doi.org/10.1007/s40747-018-0087-7>.
- [14] Yu J, Cruz AM, Hokugo A. Households’ Risk Perception and Behavioral Responses to Natech Accidents. *Int J Disaster Risk Sci* 2017;8:1–15. <https://doi.org/10.1007/s13753-017-0116-y>.
- [15] Zeng T, Chen G, Reniers G, Yang Y. Methodology for quantitative risk analysis of domino effects triggered by flood. *Process Saf Environ Prot* 2021;147:866–77. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.12.042>.
- [16] Gülüm P, Ayyildiz E, Taskin Gümüş A. A two level interval valued neutrosophic AHP integrated TOPSIS methodology for post-earthquake fire risk assessment: An application for Istanbul. *Int J Disaster Risk Reduct* 2021;61:1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102330>.
- [17] Sun W, Bocchini P, Davison BD. Applications of artificial intelligence for disaster management. vol. 103. Springer Netherlands; 2020. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04124-3>.
- [18] Chen G, Huang K, Zou M, Yang Y, Dong H. A methodology for quantitative vulnerability assessment of coupled multi-hazard in Chemical Industrial Park. *J Loss Prev Process Ind* 2019;58:30–41. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.01.008>.
- [19] Dökmeci AH, Akduman Ö. Doğal Olayların Tetiklediği KBRN-p Tehlikesi ve Riski: Türkiye Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Derg* 2022;8:165–77. <https://doi.org/10.21324/dacd.979583>.

- [20] Girgin S, Necci A, Krausmann E. Dealing with cascading multi-hazard risks in national risk assessment: The case of Natech accidents. *Int J Disaster Risk Reduct* 2019;35:1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101072>.
- [21] Boca G, Ozunu A, Vlad SN. Screening of natech hazards: Case study of the Tarnavelor Plateau, Romania. *Environ Eng Manag J* 2010;9:1329–33. <https://doi.org/10.30638/eemj.2010.173>.
- [22] Xavier JC de M, de Sousa Junior WC. Recognising na-tech events in Brazil: moving forward. *Nat Hazards* 2016;82:493–506. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2194-3>.
- [23] Suarez-Paba MC, Cruz AM. A paradigm shift in Natech risk management: Development of a rating system framework for evaluating the performance of industry. *J Loss Prev Process Ind* 2022;74:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104615>.