

Yayın Geliş Tarihi: 19.03.2020
Yayına Kabul Tarihi: 07.09.2020
Online Yayın Tarihi: 06.09.2021
DOI: 10.18613/deudfd.986129
Araştırma Makalesi (Research Article)

Dokuz Eylül Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi Dergisi
Özel Sayı Sayfa:1-16
E-ISSN: 2458-9942

BİR GAZ TANKERİNİN PATLAMA SENARYOSU İÇİN BLEVE ETKİ ANALİZİ

Ali Cem KUZU¹

ÖZ

Deniz yolu taşımacılığında yanıcı, parlayıcı, patlayıcı, zehirleyici, boğucu özellikleri olan yükler tehlikeli yükler olarak sınıflandırılır. Tehlikeli yük sınıfında yer alan yükler ise çoğunlukla tanker türü gemilerde taşınır. Deniz yolu taşımacılığında bu yüklerin emniyetli ve güvenli taşınması ile ilgili uluslararası kurallar ve uygulamalar bulunmaktadır. Alınan tüm önlemlere ve uluslararası uygulamalara rağmen deniz yolu taşımacılığında emniyet ve güvenlik konusundaki zafiyetlerin ve tehditlerin devam ettiği görülmektedir. Son zamanlarda özellikle Basra Körfezinde tanker türü ticari gemilere yapılan saldırılar gemilere yönelik güvenlik zafiyetinin olduğunu göstermektedir. Deniz yolu ile Tanker türü gemiler ile taşınan tehlikeli yükler, özelliklerinden dolayı güvenlik tehdidi riskini fazlasıyla arttırmaktadır. Nitekim yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı özelliklerde tehlikeli madde taşıyan tanker türü bir gemiye yapılacak olası sabotaj geminin seyir bölgesi, taşınan yükün miktarı ve sabotajın şekline göre felaket meydana getirecek sonuçlar doğurabilir. Dolayısı ile seyir bölgesi olarak Türk Boğazları gibi geçiş yapan tanker sayısının fazla olduğu ve çevresindeki yerleşimin yoğun olduğu bölgelerde emniyetli ve güvenli taşımacılığın sağlanması çok daha önemlidir. Bu çalışmada seyir halinde bulunan bir gaz tankerinin patlama senaryosu için Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar Patlamaları (BLEVE) etki analizi yapılmıştır. Senaryoya göre küresel tankında sıvılaştırılmış propan taşıyan gaz tankerine düzenlenen sabotaj sonucu tankta patlama meydana gelmesi ve Bleve oluşumu kurgulanmıştır. Bleve oluşumunun etki analizi için Tehlikeli Atmosferin Bölgesel Konumu (ALPHA) yazılımı kullanılmıştır. Kurgulanan senaryoya göre bleve oluşumu sonucu 2 kilometre çapındaki dairesel alanı ölümcül olmak üzere; 4,3 kilometre çapındaki dairesel alan tehlikeli alan oluşacağı tespit edilmiştir. Çalışmanın amacı deniz yolu tehlikeli madde taşımacılığında güvenliğin önemini vurgulamak ve ülkemiz için konu hakkında farkındalık yaratmaktır.

Anahtar Kelimeler: Tanker, Patlama, Bleve, Propan, Güvenlik

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Piri Reis Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, İstanbul, Türkiye, ackuzu@pirireis.edu.tr. ORCID No: 0000-0001-5594-9158

BLEVE IMPACT ANALYSIS FOR EXPLOSION SCENARIO OF A GAS TANKER

ABSTRACT

Flammable, explosive, poisonous, cargoes are classified as dangerous goods in maritime transportation. Dangerous goods are mostly carried on tankers. There are international rules and implementations regarding the safe and secure transportation of these cargoes for maritime transportation. Despite all measures and practices, security vulnerabilities and threats for maritime transportation continue. Recently, attacks on tankers especially in the Persian Gulf show that there is a security weakness against ships. Dangerous cargoes which transported via tankers increase the risk of security threat due to their characteristics. As a matter of fact, possible sabotage to be made on a tanker carrying flammable, explosive hazardous cargoes may have disastrous results depending on navigation area, cargo and shape of the sabotage. It is much more important to provide safe and secure transportation in the regions such as the Turkish Straits where the number of transit tankers is high and the surrounding settlements are dense. In this study, Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE) impact analysis was performed for the explosion scenario of a sailing gas tanker. The Regional Location of the Hazardous Atmosphere (ALOHA) software was used for impact analysis. Aim of the study is to emphasize importance of security for maritime transportation. According to the scenario set up, the circular area with a diameter of 2 kilometers as a result of bleve formation is fatal; It is determined that a circular area of 4.3 kilometers in diameter will form a dangerous area. The aim of the study is to emphasize the importance of safety in maritime dangerous goods transportation and to raise awareness about the subject for our country.

Keywords: Tanker, Explosion, Bleve, Propane, Security

1. GİRİŞ

Tehlikeli maddelerin üretim, depolama, taşıma ve dağıtım işlemleri sırasında meydana gelebilecek olumsuzluklar, tehlikeli maddenin yapısına, fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerine bağlı olarak felaketlere sebebiyet verebilir. Dolayısıyla tehlikeli madde sınıfında yer alan yanıcı, parlayıcı, patlayıcı, zehirleyici ve boğucu maddelerin üretim, depolama, taşıma ve dağıtım aşamalarının her birinde emniyet ve güvenlik önlemlerinin uygun şekilde alınması gerekmektedir. Tanker türü gemilerde çoğunlukla yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı özelliklerinden dolayı tehlikeli madde sınıfına giren yükler taşınmaktadır. Tankerlerde taşınan yüklerin tehlikeli özelliklerinden dolayı, taşıma esnasında yaşanacak muhtemel bir aksaklık felaketler ile sonuçlanabilecektir. Bu yüzden özellikle Türk Boğazları gibi etrafında yerleşim alanları ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu

suyollarında emniyetli ve güvenli geçişin sağlanması oldukça önemlidir. Tanker türü gemiler ile emniyetli ve güvenli taşımacılığın sağlanması için uluslararası kurallar ve uygulamalar bulunmaktadır. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Deniz Emniyet Komitesi (MSC) bu düzenlemeleri, Petrol Şirketleri Uluslararası Deniz Forumu (OCIMF) ve Uluslararası Tanker Sahipleri Derneği (INTERTANKO) gibi uluslararası denizcilik forumları çatısı altında toplanan endüstri paydaşlarıyla istişare ederek yapmaktadır. Deniz taşımacılığında emniyet kavramı oldukça eski olmasına rağmen güvenlik konusu 11 Eylül ikiz kuleler saldırısı sonrası gündeme gelmiş ve taşımacılıkta emniyet kadar güvenliğin de önemli olduğu ortaya çıkmıştır. 11 Eylül'deki saldırının ardından Denizde Can Emniyeti (SOLAS) sözleşmesi kapsamında Uluslararası Gemi ve Liman Tesisi Güvenlik (ISPS) kodu geliştirilmiştir. Bu kod deniz taşımacılığında güvenliğin sağlanması adına düzenlenmiş olan kural ve tedbirleri içermektedir (IMO, 2003). Alınan tüm emniyet ve güvenlik tedbirlerine rağmen, tehlikeli maddelerin deniz yolu ile taşınmasında güvenlik tehditleri devam etmektedir. Özellikle tehlikeli yüklerin üretim, depolama ve taşımacılığında yükün parlayıcı, patlayıcı, boğucu, zehirleyici gibi özelliklerinin olabileceği değerlendirildiğinde, tüm bu operasyonel aşamalarda yaşanacak olası bir emniyet ya da güvenlik zafiyetinin felaketler ile sonuçlanacağı söylenebilir. Çalışma kapsamında konuya ilişkin yaşanmış olaylar ve konu ile ilgili yapılmış çalışmalar irdelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu tehlikeli yük taşımacılığındaki tehlikelerden şiddetli ve yıkıcı etki yaratabilecek kaynayan sıvı genleşen buhar patlamaları Bleve etkisi üzerine gidilmiştir. Kaynayan sıvı genleşen buhar patlamaları olarak bilinen Bleve kapalı ortamda basınç altında bulunan sıvı gaz karışımının atmosferik kaynama noktası üzerindeki bir sıcaklığa çıkmasını takiben basıncın artması ile karışımın bulunduğu ortamdaki aniden serbest kalması sonucu ortaya çıkan enerji salınımı olarak tanımlanır. Karışım parlayıcı patlayıcı özelliğe sahip ise bu salınımı şiddetli patlamalar ve alev topları oluşumları takip eder. Bu durum kapalı bir tank içerisinde yer alan sıvı gaz karışımında yaşanacak sıcaklık artışının tank içerisindeki basıncı arttırması, tank içerisindeki sıvı gaz karışımının sıcaklık ve basıncındaki artışın tankı zayıflatması sonucu tanka hasar vermesi ile başlar. Tankın hasar aldığı boşluk tank içerisinde bulunan sıvının hızla gaz hale dönüşmesine ve yayılımına sebebiyet verir. Eğer bu karışım propan, bütan gibi parlayıcı patlayıcı özellikteki bir karışım ise de şiddetli patlamaları beraberinde getirir (CCPS, 1994).

19 Kasım 1984 yılında Meksika'da bulunan Pemex isimli, propan ve bütan gazlarının bulunduğu gaz terminalinde yaşanan yangın felaketi ve yangınla birlikte ortaya çıkan Bleve oluşumları 500 kişinin ölümü ve 4000 kişinin yaralanması ile sonuçlanmıştır. Yaşanan bu felaketin emniyet

aksaklıklarından kaynaklandığı belirlenmiştir (Arturson, 1987). Diğer taraftan konuya ilişkin güvenlik ile ilgili aksaklıklardan meydana gelebilecek tehlikeler de mevcuttur. 13 Haziran 2019 tarihinde Umman Körfez geçişi yapan seyir halindeki 2 ham petrol tankerine saldırı düzenlenmiştir (BBC, 2019a). Saldırı sonucu yaşanan patlamalarda, tankerlerin yerleşim alanından uzak mesafede olması ve patlamaların nispeten hafif olması sebebi olası bir felaketi engellemiştir. Türkiye gibi karasuları ve boğazlarındaki gemi trafik yoğunluğu fazla olan suyolları etrafında, nüfus oranı yüksek yerleşim alanları bulunan alanlarda benzer bir saldırının felaket ile sonuçlanacağı değerlendirilebilir. Türkiye karasuları ve boğazları, deniz taşımacılığında gemi trafiğinin oldukça yoğun olduğu suyollarını barındırmaktadır. Bu suyolları içerisinde en yoğun gemi trafiği ise Türk Boğazlarında oluşmaktadır. Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü verilerine göre Türk Boğazlarından her yıl ortalama 50.000'e yakın gemi geçişi olmaktadır. Geçiş yapan gemilerin ise yaklaşık 9.000'e yakını tanker türü gemiler oluşturmaktadır (Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, 2018). Bu veriler dikkate alındığında ülkemiz açısından tanker taşımacılığında güvenliğin önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada tanker taşımacılığında güvenliğin önemini vurgulamak adına seyir halindeki bir gaz tankerinin patlama senaryosu analiz edilmiştir. Bu analiz için Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından geliştirilen, Tehlikeli Atmosferin Bölgesel Konumu (ALOHA) isimli bir yazılım kullanılmıştır. Bu yazılım ile çeşitli kazalara veya oluşturulan kaza senaryolarına göre yazılımın veri tabanında bulunan maddelerin parlama, patlama, yayılım ve etki alanı analizleri yapılabilmektedir. Yazılımın veri tabanında yer alan tehlikeli maddelerden biri de propandır. Bu çalışmada oluşturulan senaryoya istinaden kıyıya yakın seyreden ve propan taşıyan gaz tankerine yapılan bir saldırı sonucu meydana gelebilecek kaynaklı sıvı genleşen buhar patlamaları (BLEVE) etki analizi yapılmıştır. Örnek olay incelemesi için oluşturulan senaryodaki veri girişleri için standart bir kriter kullanılmamış olup; olası reel veriler ile senaryo oluşturulmuştur. Çalışmada yer alan senaryoda yük miktarı yükün bulunduğu küresel tank ölçülerine göre doluluk oranı %98'i geçmeyecek şekilde belirlenmiştir.

Propan taşınması esnasında yaşanabilecek bir olumsuzluğun sonuçlarından birisi kaynaklı sıvı genleşen buhar patlamasıdır. Aşırı ısıtılmış basınçlı bir sıvının aniden atmosfere yayılması olarak tanımlanan Bleve; emniyet aksaklıkları, kullanıcı hataları, operasyonel uygunsuzluklar, üretim ve planlama hataları ile art niyetli terör saldırıları gibi sebeplerden meydana gelebilir (Abbasi ve Abbasi, 2007). Basınçlı sıvı taşıyan bir tankın belirtilen sebeplerden dolayı hasar alması ani bir basınç

değişimine sebep olur. Bu durumda tank içerisindeki sıvının mevcut sıcaklığı tehlike yaratabilecek sıcaklık limitinden fazla olursa sıvının bir kısmında şiddetli ve ani bir parlama gerçekleşebilir ve bu da Bleve oluşumuna sebep olur. Parlama sonucu buharlaşan sıvı, önceden var olan sıvı buharının hacmini artırır ve güçlü bir basınç dalgasıyla içinde bulunduğu tankı parçalayarak aniden atmosfere yayılır (Casal vd. 2002). Propan gibi yanıcı maddelerin taşınmasında yaşanabilecek olası aksaklıklar sonucu alev topu oluşumu, ısı radyasyonuna bağlı olarak felaketler ile sonuçlanacak Bleve oluşumuna sebebiyet verebilir (Stawczyk, 2003). Konu ile ilgili olarak yaşanmış olaylar ve yapılmış olan çalışmalar göz önüne alındığında propan ve bütan gibi patlayıcı özellikteki yükleri taşıyan tankerlerin, özellikle nüfus yoğunluğunun ve yakın çevresinde yerleşim alanlarının fazla olduğu alanlarda seyrederken ciddi tehlikeler arz ettiği söylenebilir. Çalışma kapsamında oluşturulmuş senaryoda da kıyıya yakın sulardan geçiş yapan seyir halindeki propan yüklü bir tankere yapılacak olası saldırı durumunda meydana gelecek patlamaların yaratacağı Bleve oluşumu ve ısı yayılım etkileri ile etki analizi gerçekleştirilmiştir. Son dönemde özellikle Basra Körfezinde petrol tankerlerine yapılan saldırılar, ülkemizde süre gelen terör tehdidi ile birlikte değerlendirildiğinde sabotaj ihtimaline karşı güvenlik tehdidi olabileceği düşüncesi oluşturmuştur. Dolayısıyla bu çalışma ile hem ülkemiz için konu hakkında farkındalık yaratmak, hem de deniz yolu tehlikeli madde taşımacılığında özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerleşim alanlarına yakın deniz yollarında güvenliğin önemini vurgulamak amaçlanmıştır. Bu çalışmada ticari deniz yolu taşımacılığının güvenlik durumu taşınan yükün özelliğine göre ele alınmış olması sebebi ile özgün bir çalışma olmuştur. Nitekim literatür incelendiğinde ticari deniz yolu taşımacılığında parlama, patlama, yangın gibi konular güvenlik boyutundan ziyade emniyet boyutu ile ele alınmıştır. Böylece Uluslararası Gemi ve Liman Tesisi Güvenlik kodu kapsamında gemilerde uygulanan güvenlik tedbirlerinin, tanker türü gemiler için yeniden incelenmesi ve tanker türü gemilere sabotaj yapılma tehlikesi olabilecek deniz yollarında ek tedbirlerin uygulamaya geçirilmesi adına farkındalık yaratılması hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yanıcı, parlayıcı, patlayıcı özelliklerinden dolayı tehlikeli maddeler içerisinde yer alan propan (IMO, 2006) pek çok alanda yaygın kullanımı olan bir enerji kaynağıdır. Propanın yaygın kullanımının yanı sıra tehlikeli özellikleri de göz önüne alındığında bu maddenin depolama, taşıma ve dağıtım işlemleri sürecinde yaşanacak emniyetsiz bir durumun yaratacağı etkilerin çok şiddetli olacağı değerlendirilebilir. Bu çalışmada oluşturulan

senaryo uyarınca propanın Bleve etki analizini yapmak için kullanılan Aloha yazılımı pek çok akademik ve endüstriyel çalışmada, özellikle kimyasal madde endüstrisinde yaşanabilecek olası uygunsuzluklar sonucu ortaya çıkabilecek sızıntı, yangın, patlama ve zehirlilik etki analizlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır. Doğal gaz santralinde yaşanan bir sızıntı kazası Aloha yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve parlayıcı tehlike alanı tespit edilmiştir (Hui ve Guoning, 2012). Başka bir çalışmada gaz endüstrisi için geliştirilen bir kaza senaryosuna göre %85 doluluk oranı olan bir propan tankının patlaması sonucu etki alanı saptanmıştır (Shohan vd. 2016). Çetinyokuş (2017a) çeşitli kimyasalların patlama, yangın ve zehirlilik yayılımlarını Aloha yazılımını kullanarak analiz etmiştir. Çalışmasında yazılımın veri tabanında kayıtlı olan maddelerden zehirli gaz olarak klor, zehirli sıvı olarak hidrazin ve parlayıcı gaz olarak propan kullanılmış ve oluşturduğu senaryo verileri ile yayılım ve etki alanlarını analiz etmiştir. Yapılan bir risk analizi çalışmasında oluşturulan senaryolar ile etan ve metan gazlarının çeşitli koşullarda yayılımları Aloha yazılımı kullanılarak kıyaslanmıştır (Tiwari vd. 2014). Nüfus yoğunluğu fazla olan yerleşim alanlarına yakın konuşlandırılmış LPG dolum istasyonlarının Bleve oluşumu ve zehirleyici yayılım alanı da dâhil var olan potansiyel riskleri Varta ve Krocova (2014) tarafından ortaya konulmuştur. Yapılan başka bir çalışmada 1995 ile 2010 yılları arasında yaşanmış olan Bleve oluşumları araştırılmıştır. Yapılan bu çalışma ile belirtilen yıl aralığında Bleve oluşumunun en büyük sebebinin yangın olduğu ifade edilmiştir (Tauseef et al. 2010). 11 Mart 2011 tarihinde Japonya’da meydana gelen depremin etkisi ile Chiba rafinerisinde yer alan, propan dolu bir tankın kısmen tutuşması senaryosunda Bleve oluşumlarının gerçekleşmesi sonucu meydana gelebilecek felaket analiz edilmiş ve potansiyel tehlikeler ortaya konulmuştur (Birka et al. 2013). Bir kaza veya saldırı sonucu propan tankında meydana gelebilecek Bleve oluşumunun etkileyeceği ve tehlikeli olarak ifade edilen alan, oluşacak yangın toplarının çapları ile ilişkilendirilmiştir. Tehlikeli alan acil durum müdahale ekibinin müdahale edeceği mesafe için oluşacak yangın toplarının çapının 4 katı olarak; acil müdahale ekibi dışındakiler için ise 15 katı olarak belirlenmiştir (Birk, 1996). Konu ile ilgili olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde Bleve oluşumunun tehlikeleri ile etkilerini ortaya koyan ve daha çok iş emniyeti aksaklıkları, kazalar, yangınlar ve depremler gibi tetikleyici olaylar üzerinden çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Diğer taraftan güvenlik açısından da konunun irdelenmesi gerektiği, Bleve etkisi yaratabilecek tehlikeli maddelerin depolandığı tesis ve rafinerilere, nakliyesinin ve dağıtımının yapıldığı boru hatlarına, kara, demir, deniz ve hava yolu ulaşım araçlarına yapılması muhtemel saldırı ve sabotaj olayları göz önünde bulundurularak önleyici tedbirlerin alınmasının önem arz ediyor olduğu değerlendirilmektedir. Nitekim petrol ve gaz tankerlerine, tesis ve

rafinerilerine, boru hatlarına zaman zaman saldırılar düzenlendiği, konuya ilişkin yaşanan pek çok vaka olduğu görülmektedir. Örki (2017) çalışmasında Türkiye örneği üzerinden enerji yolları ve boru hatlarının güvenlik açısından önemini ele almış ve alternatif enerji rotaları için önerilerde bulunmuştur. Iğdır-Doğubayazıt yolunda terörist unsurlar tarafından gasp edilen ve 16 ton sıvılaştırılmış doğalgaz taşıyan tanker ile Suveren Jandarma Karakoluna saldırı girişiminde bulunulmuştur. Karakola doğru sürülen tankeri kullanan vatandaş, Karakola 300 metre mesafede aracı durdurarak atlamayı başarmış ve bunun üzerine patlayıcı düzenek yerleştirilmiş olan sıvılaştırılmış doğal gaz yüklü tanker uzaktan kumanda ile patlatılmıştır.

Vatandaşın aracı durdurması olası bir facianın önüne geçmiş ve can kaybı yaşanmamıştır (Hürriyet, 2015). Irak'ta doğalgaz boru hattına yapılan saldırıda 18 işçi hayatını kaybetmiştir (Yeniçağ, 2013). Son dönemlerde özellikle İran ile ABD arasında yaşanan gerginlikler Basra Körfezi'nde seyreden petrol tankerlerine yapılan saldırıları tetiklemiştir. Benzer saldırılar Tanker Savaşı olarak da bilinen ve İran ile ABD tanker gemilerinin karşı karşıya geldiği sularda yaşanmıştır (BBC, 2019b). Son dönemlerde tankerlere yönelik yapılmış olan saldırılar diğer art niyetli unsurların da dikkatini çekmiş olması da muhtemeldir. Bu durum ülkemizde süre gelen terör tehdidi ile birlikte değerlendirildiğinde karasularımızdan ya da boğazlarımızdan geçiş yapan tankerlere yönelik sabotaj ihtimaline karşı güvenlik tehdidi olabileceği düşüncesi oluşturmuştur. Literatürdeki pek çok çalışmada tanker türü gemiler için patlama, parlama, yangın, çevre kirliliği gibi konular operasyon emniyeti açısından ele alınmış olup; bu çalışmada tanker türü gemiler için güvenlik açısından ele alınmıştır. Bu yaklaşım ile çalışmanın literatüre özgün bir değer katacağı değerlendirilmiştir.

3. METOD

3.1. Aloha Yazılımı ve Senaryo

Aloha toksik gaz dispersiyonları, yangınlar ve patlamalar ile sonuçlanan kimyasal salınımlarla ilgili temel tehlikeleri zehirlilik, yanıcılık, termal radyasyon ve aşırı basınç (patlama, patlama kuvveti) etkilerini tespit etmek üzere oluşturulmuş bir modelleme yazılımıdır (EPA ve NOAA, 2007). Yazılıma atmosferik ve meteorolojik koşullar, yayılım alanının yapısı, kimyasal maddenin ne olduğu, kimyasal maddenin miktarı ve bulunduğu ortamın geometrik yapısı bilgileri girilerek etki alanı tespitleri yapılabilmektedir. Oluşturulan senaryo uyarınca meteorolojik koşullar, tank yapısı, tank ebatları gibi veri girişine olanak sağlayan

ALOHA yazılımı veri tabanında işlenmiş olan kimyasalların özelliklerini hesaba katarak matematiksel fonksiyonlar ile farklı senaryolar için hesaplama ve modelleme yapabilmektedir. Bu çalışmada yazılımın veri tabanında da yer alan propan kullanılarak senaryo oluşturulmuştur. Bu çalışmada oluşturulan senaryo kullanılan yazılımın sınırları çerçevesinde kararlı sonuç alınabilecek şekilde sıradan veri girişleri ile oluşturulmuştur. Örnek olay incelemesi için oluşturulan senaryodaki veri girişleri için standart bir kriter kullanılmamış olup; olası reel veriler ile senaryo oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryoda küresel tanka sahip seyir halinde bulunan ve 4943 ton propan taşıyan bir gaz tankerine, kargo tankında patlama yaratacak şekilde sabotaj düzenleneceği ve bu durumun Bleve oluşumları yaratacağı şeklinde kurgulanmıştır.

3.1.1. Yazılıma Girilen Veriler

Oluşturulan senaryo uyarınca yazılım tarafından Bleve etki alanının hesaplanabilmesi için yazılıma meteorolojik ve atmosferik koşullar ile propanın miktarı, tank içindeki dağılımı ve bulunduğu tankın yapısına ilişkin bilgiler girilmiştir. Tablo 1’de senaryo uyarınca yazılıma girilen meteorolojik ve atmosferik koşul bilgileri ile patlamanın olduğu tankın deniz seviyesinden olan yüksekliği gösterilmiştir.

Tablo 1: Meteorolojik ve Atmosferik Koşullar

Hava sıcaklığı	23 °C
Rüzgar hızı/ Rüzgar yönü	8 knot/ Güneybatı
Bulutluluk	Parçalı bulutlu
Ortam	Açık deniz
Nemlilik	Orta
Bağıl nem	%50
Atmosferik kararlılık sınıfı	E
Deniz seviyesinden yükseklik	3 metre
İnversiyon	Yok

Patlama sonucu meydana gelecek tehlikelinin etkisi ve tehlike alanı farklı meteorolojik ve atmosferik koşullara göre ve patlamanın gerçekleşeceği tankın yapısı ve doluluk oranına göre değişkenlik göstereceğinden oluşturulan senaryo verileri yazılıma doğru şekilde girilmelidir. Çetinyokuş (2017b) oluşturduğu bir senaryo üzerinde, Aloha yazılımını kullanarak atmosferik koşulları değiştirmek sureti ile etki alanlarını saptamış ve atmosferik koşullardaki değişimin etki alanı değişimine etkisini tespit etmiştir. Şekil 1’de senaryo uyarınca oluşturulan yazılım veri girişi ekran görüntüsü gösterilmiştir. Şekil 1’in sol üst köşesindeki bölümde senaryoda kullanılan kimyasal maddenin belirlendiği veri giriş ekran görüntüsü, sağ üst köşesindeki bölümde senaryodaki

meteorolojik ve atmosferik koşulların belirlendiği veri giriş ekran görüntüsü, sol alt köşesindeki bölümde senaryoda kullanılan tankın geometrik şeklinin belirlendiği veri giriş ekran görüntüsü ve sağ alt köşesindeki bölümde tankın ebatlarının ve doluluk oranının belirlendiği ekran görüntüsü yer almaktadır. Yazılıma tankın geometrik şekli, ebatları, tanktaki maddenin ne olduğu ve tankın doluluk oranı girildiğinde tanktaki yük miktarı yazılım tarafından hesaplanmaktadır. Senaryo uyarınca yazılıma girilen veriler sonucu tankta 4.943 ton propan olduğu hesaplanmıştır.

The screenshot shows a software interface for inputting data for a gas tank simulation. The interface is divided into several sections:

- View:** Pure Chemicals (selected), Solutions. A list of chemicals is shown, with PROPANE selected.
- Wind Speed:** 8 knots (selected).
- Wind is from:** SW (selected).
- Measurement Height above ground:** 3 feet (selected).
- Ground Roughness:** Open Country (selected).
- Select Cloud Cover:** partly cloudy (selected).
- Tank Size and Orientation:** Horizontal cylinder, Vertical cylinder, Spheres. The Horizontal cylinder is selected. Diameter: 26.0 feet (selected), volume: 9250 liters (selected).
- Liquid Mass or Volume:** Enter the mass in the tank OR volume of the liquid. The mass in the tank is: 4,943 tons (selected).
- Enter liquid level OR volume:** The liquid volume is: 9,066 cubic feet (selected). 98.0 % full by volume (selected).

Şekil 1: Yazılım Veri Girişi Ekran Görüntüsü

Çalışmada oluşturulan senaryo uyarınca 4.943 ton propan taşınan küresel bir tankta ortaya çıkacak Bleve oluşumunun etki alanı hesaplanmıştır. Tablo 2’de senaryo uyarınca yazılıma girilen propan bilgileri gösterilmiştir.

Tablo 2: Yazılıma Girilen Propan Bilgileri

Kimyasalın adı	Propan
Molekül ağırlığı	44,10 g/mol
Alt patlama limiti	21.000 ppm
Üst patlama limiti	95.000 ppm
Kaynama noktası	-42 °C
Tankın yapısı	Küresel
Tankın hacmi/yarıçapı	9.250 kubik metre/26 metre
Tank içerisindeki propan miktarı (%98)	4.493 ton

3.1.2. Yazılımdan Alınan Veriler

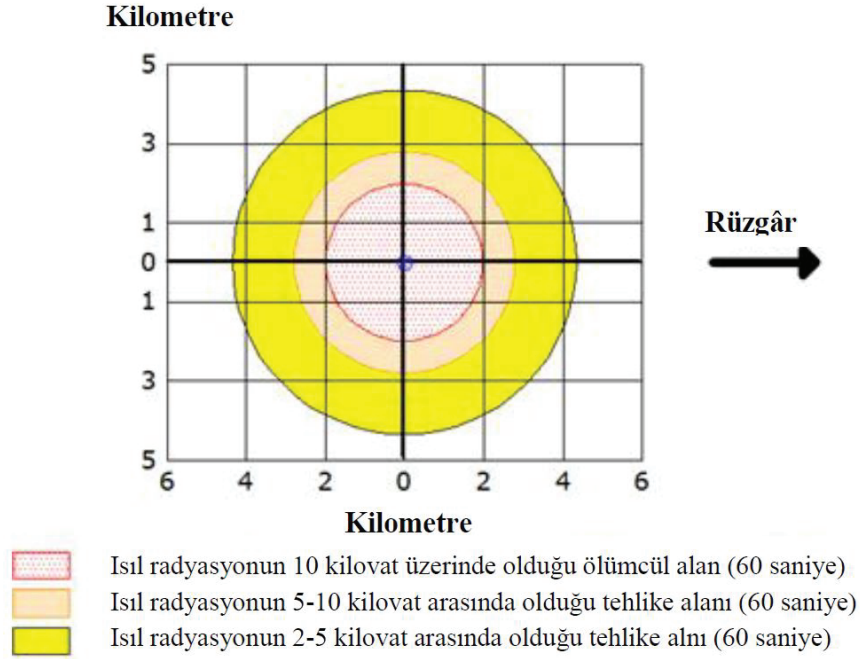
Senaryo uyarınca yazılıma girilen veriler üzerinden yapılan analiz sonuçlarının değerlendirmesi Bleve etkisi ile ortaya çıkan yangın esnasında patlamanın olduğu tankın çevresindeki tehlike durumu, etrafa yaydığı ısı radyasyon derecesine göre yapılmaktadır. Bu tehlike alanları az tehlikeli alandan çok tehlikeli alana doğru sırası ile sarı, turuncu ve kırmızı renk kodları ile gösterilmektedir. Isıl radyasyon yayılımları için belirlenen renk kodlarının yazılım ara yüzünde yer alan görüntüsü Şekil 2’de olduğu gibidir. Isıl radyasyonun şiddeti 60 saniye süresince metrekarede meydana gelen yayılımın kilovat cinsinden ısı enerjisi olarak ifade edilmiştir.

Kırmızı Tehlike Alanı	
Alan	Isıl radyasyonun 10 kilovat üzerinde olduğu ölümcül alan (60 saniye)
Turuncu Tehlike Alanı	
Alan	Isıl radyasyonun 5-10 kilovat arasında olduğu tehlike alanı (60 saniye)
Sarı Tehlike Alanı	
Alan	Isıl radyasyonun 2-5 kilovat arasında olduğu tehlike alanı (60 saniye)

Şekil 2: Yazılımın Isıl Radyasyon Renk Kodları Görüntüsü

En az tehlikeli olarak sarı renk kodu ile ifade edilen tehlikeli alana etki olarak 60 saniyelik maruz kalma durumunda yanıklar meydana gelir ve bu alanda ısı radyasyon 2-5 kW/m² aralığı için tanımlanır. Orta seviyede tehlikeli olarak turuncu renk kodu ile ifade edilen tehlikeli alana etki olarak 60 saniye maruz kalma durumunda ikinci derece yanıklar

meydana gelir ve bu alanda ısı radyasyonu $5-10 \text{ kW/m}^2$ aralığı için tanımlanır. Yüksek seviyede tehlikeli olarak kırmızı renk kodu ile ifade edilen tehlikeli alanda etki olarak 60 saniye maruz kalma durumunda ölüm meydana gelir ve bu alanda ısı radyasyonu 10 kW/m^2 'nin üzerindeki değerler için tanımlanır (EPA ve NOAA, 2007). Bu çalışmada, oluşturulan senaryoya göre yazılıma girilen veriler sonucu yazılım tarafından hesaplanan tehlike alanları Şekil 3'te gösterilmiştir. Bleve etkisi ile patlama olan tankın yüzdesel kütle olarak tamamının 956 metre çapı olan bir alev topu yaratacağı ve oluşan bu alev topunun 41 saniyelik yanma süreci olacağı yazılım tarafından hesaplanmıştır.



Şekil 3: Senaryonun Isıl Radyasyon Tehlike Alanları

3.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Senaryo uyarınca yapılan analizde Bleve etkisi ile 956 metre çapı olan bir alev topunun oluşacağı ve bu oluşumun 41 saniye boyunca devam edeceği, bunun yanı sıra patlamanın olduğu merkezin etrafında dairesel olarak üç farklı etkide tehlike alanı oluşacağı tespit edilmiştir. Bunların içerisinde en tehlikeli alan 2 kilometre çapı olan ve ölümcül etki yaratacak dairesel alandır. Orta seviye tehlikeli alan 2,8 kilometre çapı olan dairesel alandan ölümcül etki yaratacak 2 kilometrelik dairesel alanın çıkarılması sonucu oluşan ve ikinci derece yanık etkisi yaratacak alandır. Düşük

seviyede tehlikeli alan ise 4,3 kilometre çapı olan dairesel alandan 2,8 kilometre çapı olan dairesel alanın çıkarılması ile elde edilen ve az şiddetli yanık etkisi yaratacak alandır. İşte bu denli şiddetli etkiler yaratması muhtemel bir patlamanın sebep olacağı zararlar patlamanın yaşanacağı konum ile de doğrudan ilgilidir. Nitekim nüfus yoğunluğu yüksek olan yerleşim yerlerinde meydana gelecek böylesi bir patlama can ve mal kayıplarının daha da artmasına sebep olacaktır. Patlamanın yaratacağı ısı radyasyonlar beraberinde çevre kirliliğini de getirecektir. Şekil 3'te belirtilmiş olan ısı radyasyon tehlike alanlarında meydana gelecek yangınlar sonucu ortaya çıkacak olan gazlar atmosferik ve meteorolojik koşullara göre değişkenlik gösterecek şekilde geniş alanlara yayılarak hava kirliliğine sebep olacaktır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkeler arası lojistik ağında en büyük paya sahip olan deniz yolu taşımacılığında güvenliğin sağlanması ciddi önem arz etmektedir. Özellikle tehlikeli yüklerin deniz yolu ile taşınması esnasında yaşanabilecek olası bir güvenlik zafiyeti sonucu ortaya çıkacak tehlikelerin boyutu çalışmada oluşturulan senaryo ile ortaya konmuştur. Çalışmada vurgulanmak istenen ise güvenlik zafiyeti konusudur. Tanker tipi gemilerde taşımayan yükler tehlikeli yük sınıfına giren ve taşınan yükün türüne göre yanıcı, parlayıcı, patlayıcı, zehirleyici, boğucu veya kirlenici etkiler yaratabilen yükler olduğundan tanker türü gemilerin taşımacılığında güvenlik konusunda daha hassas olunması gerektiği anlaşılmaktadır. Özellikle kıyıya yakın ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu deniz yollarından tanker türü gemilerin geçişlerinde özel güvenlik tedbirleri alınması gerektiği ve olası bir güvenlik zafiyetine mahal verilmemesi gerektiği değerlendirilmiştir.

Bu çalışma deniz yolu ile tehlikeli yük taşımacılığında meydana gelebilecek güvenlik zafiyeti sonuçlarının ne kadar tehlikeli olabileceğini ortaya koymaktadır. Çalışma ile deniz yolu tehlikeli yük taşımacılığında iş emniyeti kadar gemi güvenliğinin sağlanmasının da önemli olduğu, tehlikeli yük taşıyan tanker türü gemilerin potansiyel güvenlik tehdidi oluşturduğu ve özellikle ülke karasularında ve boğazlarında seyreden tanker türü gemilerin geçişi esnasında o ülke tarafından ek güvenlik tedbirleri alınması gerektiği sonuçlarına varılmıştır.

Bu çalışmada tehlikeli madde olarak propan kullanılmıştır. Konuya ilişkin yeni çalışmalar tankerlerde taşınan diğer tehlikeli maddelerin, oluşturulacak farklı senaryolar üzerinden bu çalışmada kullanılmış olan yazılım aracılığı ile etki analizinin yapılması sureti ile geliştirilebilir.

İlerleyen çalışmalarda bleve etkisi yanı sıra oluşturulacak senaryoda kullanılacak yükün özelliğine istinaden zehirleyici yayılım etki alanı, kirletici yayılım etki alanı gibi saptamalar yapılabilir. Ayrıca yazılıma veri girişi yapılan meteorolojik koşullar, tank yapısı, çevresel etkenler gibi unsurların yayılma olan etkisi, diğer veriler sabit kalmak kaydı ile bir tane veri girişinin değiştirilmesi ile kıyaslanabilir.

5. TARTIŞMA

Mevcut durum itibarı ile dünya taşımacılığına hizmet eden ticari bahriye gemilerinde güvenlik açısından tehdit unsuru oluşturacak durumlar için herhangi bir savunma sistemi bulunmamakla birlikte, bu gibi durumlar için acil durum haberleşmeleri yapabilmek adına muhabere sistemleri bulunmaktadır. Yine uluslararası deniz yolu taşımacılığı yapan gemiler, seyrüsefer emniyeti için Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) cihazı bulundurmak zorundadır. Bu cihaz gemi bilgilerini etraftaki diğer gemilerin, liman otoritelerinin, sahil güvenlik unsurlarının, gemi trafik hizmetlerinin ve gemiyi takip etmesi gereken diğer ilgili birimlerin görmesini sağlayarak seyir emniyeti amaçlı kullanılmaktadır. Ancak seyir emniyetinin artırılması için ilgili birimlerin görmesi adına kullanılan bu cihazın gönderdiği bilgilere ilgisi olmayan birim ve kişiler de kolaylıkla ulaşabilmektedir. AIS cihazına gemi tarafından girilmesi gereken ve her zaman güncel olması gereken bilgiler arasında geminin teknik özelliklerinden gemideki mürettebat sayısına, gemide taşıyor olan yükün cinsi ve miktarından, geminin seyir durumu ve yükleme tahliye liman bilgilerine kadar detay bilgiler yer almaktadır. Dolayısı ile seyrüsefer emniyeti gözetilerek uluslararası deniz yolu taşımacılığı yapan ticari gemilere zorunlu kılınan AIS cihazındaki detay bilgilerin, art niyetli kişiler ya da unsurlar tarafından da elde edilebiliyor olması güvenlik zafiyeti doğurmaktadır. Nitekim gemilere düzenlenecek olası bir sabotajın kurgusunda kullanılacak olan gemi güncel ve anlık detay bilgileri art niyetli kişiler ya da unsurlar tarafından kolayca ulaşılabilir durumdadır.

Ülkemizin jeopolitik konumu göz önüne alındığında limanlarımızın, karasularımızın ve boğazlarımızın dünya deniz yolu taşımacılığı için stratejik öneme sahip, gemi trafik yoğunluğunun fazla olduğu suyollarını barındırdığı görülmektedir. Türk Boğazları Karadeniz'e kıyıdaş olan ülkeler ile diğer dünya ülkelerini deniz yolu üzerinden birbirine bağlıyor olduğundan Marmara Denizi ve Türk Boğazlarında gemi trafik yoğunluğu

Tüm ülkeler için deniz yolu ile tehlikeli yük taşımacılığında güvenlik unsuru önemli olsa da Türkiye gibi karasuları ve boğazları yaşam alanları ile iç içe geçmiş, etrafındaki nüfus yoğunluğu fazla suyollarını

barındıran ülkeler için çok daha önemli olduğu ve konu ile ilgili ek güvenlik tedbirleri alınması gerektiği değerlendirilmektedir. Türk Boğazlarından gemi geçişlerinin hukuki statüsü Montrö Boğazlar Sözleşmesi hükümlerine bağlı olduğundan uğraksız geçiş yapan gemiler tonaj, su çekimi, hava çekimi, tam boyu ve gemi genişliği üst limitlerini aşmıyorsa bu gemilerin geçişleri için römorkör ve pilotaj gibi hizmetler dahi zorunlu olarak uygulanamamaktadır. Bu durumun da Türk Boğazlarından tehlikeli madde taşıyan gemi geçişleri için güvenlik zafiyetini arttırıyor olduğu değerlendirilmektedir. Türk Boğazlarından gemi geçişleri için Milli Savunma Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile İçişleri Bakanlığının ilgili birimleri gerekli emniyet ve güvenlik tedbirlerini alıyor olsa da hukuki açıdan da Montrö Boğazlar Sözleşmesinde tanker türü gemilerin geçişleri ile ilgili olarak emniyet tedbirlerine ek güvenlik tedbirlerini arttıracak şekilde yetki düzenlemesinin gerektiği değerlendirilmektedir. Türk Boğazlarından tehlikeli yük taşıyan tanker türü gemilerin geçiş düzeni, hukuki açıdan uğraksız geçiş yapan ticari gemi statüsünden ayrıştırılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Türk Boğazlarından geçen her bir tankerin ülke için potansiyel güvenlik tehdidi oluşturduğu değerlendirildiğinde, tanker türü gemilerin Türk Boğazlarından geçiş düzeninin Türkiye Cumhuriyeti Devleti yetkisine bırakılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Tam anlamıyla güvenli geçişin tahsisi için tanker türü gemilerin geçişleri hususunda tüm yetki ve yükümlülüğün geçiş yollarına sahip ülkede olması gerektiği, bu durum sağlandığı takdirde konuya ilişkin güvenlik zafiyetlerinin minimize edilebileceği ve dolayısıyla olası felaketlerin önüne geçilebileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Abbasi, T. ve Abbasi, S. (2007). The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE): Mechanism, consequence assessment, management. *Journal of Hazardous Materials*, 141(3), 489-519.

Arturson, G. (1987). The tragedy of San Juanico - The most severe LPG disaster in history. *Burns*, 13(2), 87-102.

BBC. (2019a). *Gulf of Oman Tanker 'Attacks'*. <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-48619771>, Erişim Tarihi: 03 Ekim 2019.

BBC. (2019b). ABD-İran Gerilimi: Basra Körfezi'nde Yeni Bir Tanker Savaşı Çıkabilir mi? <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-48721119>, Erişim Tarihi: 29 Ocak 2020.

Birk, A.M. (1996). Hazards from propane BLEVEs: An update and proposal for emergency responders. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 9(2), 173-181.

Birka, A.M., Dusserreb, G. ve Heymesb, F. (2013). Analysis of a propane sphere BLEVE. *Chemical Engineering Transactions*, 31, 481-486.

Casal, J., Arnaldos, J., Montiel, H., Planas-Cuchi, E. ve Vilchez, J. (2002). Modeling and Understanding Bleves. Fingas, M.F. (Ed.), *The Handbook of Hazardous Materials Spills Technology* (s.22.1-22.27). New York: McGraw-Hill Professional.

CCPS. (1994). *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs*. New York: Wiley-AICHE.

Çetinyokuş, S. (2017a). Patlama, yangın ve toksik yayılım fiziksel etki alanının belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 23(7), 845-853.

Çetinyokuş, S. (2017b). Sonuç analizi ile belirlenen etki mesafeleri üzerine atmosferik seçimlerin etkisi (ALOHA yazılımı). *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1), 209-217.

EPA ve NOAA. (2007). *ALOHA, User's Manual*. Washington: U.S. Environmental Protection Agency.

Hui, S. ve Guoning, D. (2012). Risk quantitative calculation and ALOHA simulation on the leakage accident of natural gas power plant. *International Symposium on Safety Science and Technology Procedia Engineering*, 45, 352-359.

Hürriyet. (2015). *Karakola Gaz Yüklü Tankerle Saldırı Girişimi*. <http://www.hurriyet.com.tr/gundem/karakola-gaz-yuklutankerle-saldiri-girisimi-29865031>, Erişim Tarihi: 29 Ocak 2020.

IMO. (2003). *ISPS (International Ship and Port Facility Security) Code*. (2003 Edition). Electronic Edition: IMO.

IMO. (2006). *IMDG (International Maritime Dangerous Goods) Code*. (Sayı 2). Exeter, UK: IMO Publication.

Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü. (2018). *Türk Boğazları Gemi Geçiş İstatistikleri*. https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/gemi_gecis.aspx, Erişim Tarihi: 5 Şubat 2019.

Örki, A. (2017). Energy routes and security: Case of Turkey, *Medeniyet ve Toplum Dergisi*, 1(1), 119-136.

Shohan, S., Rahman, M.M. ve Reja, M.M. (2016). Analysis of safety and calculation of possible affected areas due to accident in gas industries by Aloha software. *SEU Journal of Science and Engineering*, 10(1), 79-84.

Stawczyk, J. (2003). Experimental evaluation of LPG tank explosion hazards. *Journal of Hazardous Materials*, 96(2-3), 189-200.

Tauseef, S.M., Abbasi, T. ve Abbasi, S.A. (2010). Risks of fire and explosion associated with the increasing use of liquefied petroleum gas. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 10(4), 322-333.

Tiwari, S., Ramprasad, T. ve Das, D. (2014). Risk analysis of methane and ethane gas release at different conditions using areal location of hazardous atmospheres (ALOHA). *Proceedings of the International Conference on Energy, Environment, Materials and Safety, December 10-12, 2014, CUSAT*. Kochi, India.

Varta, O. ve Krocova, S. (2016). The location of LPG filling stations and potential risks of incidents. *Communications Scientific Letters of the University of Zilina*, 18(1), 85-88.

Yeniçağ. (2013). Irak'ta Boru Hattına Saldırı: 18 Ölü. <https://www.yenicaggazetesi.com.tr/mobi/irakta-boru-hattinasaldiri-18-olu-92223h.htm>, Erişim Tarihi: 29 Ocak 2019.