

ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.

ÖRNEK Organize Sanayi Bölgesi, 1. Cadde No: 1, Örnek İlçesi / Örnek İli
Telefon: 0 (000) 000 00 00 · Faks: 0 (000) 000 00 01 · E-posta: bilgi@ornek.example

BÜYÜK KAZA SENARYO DOKÜMANI

BKSD-2026/Rev.1

İşletmeci veya işletmecinin yasal vekili

ÖRNEK Genel Müdür
Genel Müdür

İmza:

İÇİNDEKİLER

İçindekiler	1
Tablolar Listesi	3
Şekiller Listesi	4
Resimler Listesi	5
Simgeler ve Kısaltmalar	6
1. Büyük kaza senaryo dokümanı ekibi	7
1.1 Ekibin belirlenmesi	7
1.2 Koordinasyon	7
1.3 Araç, gereç, zaman ve mekân	7
1.4 Bilgi ve belgelerin korunması	7
2. Büyük kaza senaryo dokümanının hazırlanması adımları	8
2.1 İzlenecek adımlar	8
2.2 Tesisler	8
2.3 Kurallar ve kısıtlar	8
3. Tehlikeli maddelerin belirlenmesi ve sınıflandırılması	9
3.1 Tehlikeli maddelerin belirlenmesi	9
3.2 Sınıflandırma	9
3.3 İlave sınıflandırma	9
4. Tehlikeli ekipmanların belirlenmesi	10
4.1 Yöntem	10
4.2 İşlemler, hesaplamalar ve kabuller	10
4.3 Ekipman listesi	10
4.4 Ekipmanların belirlenmesinde özel durumlar	10
5. Dahili tehlikelerin tanımlanması	10
5.1 Yöntem ve listeleme	10
5.2 Geçmiş kaza ve ramak kala kayıtları	11
6. Harici tehlikelerin tanımlanması	11
6.1 Dikkat edilecek hususlar	11
6.2 Listeleme ve mekanizmalar	13
6.3 Geçmiş kaza ve ramak kala kayıtları	13
7. Büyük kaza senaryolarının oluşturulması, analizi ve değerlendirilmesi	13
7.1 Senaryoların oluşturulması	13
7.2 Frekansın hesaplanması	16
7.3 Sınır değerin karşılaştırılması	18
7.4 Tedbirlerin kararlaştırılması ve uygulanması	19
7.5 Frekans, olasılık verileri ve yazılımların kullanımı	19
8. Diğer hususlar	21

8.1 Kuruluşta bulunan tesis hakkında bilgi	21
8.2 Frekansın hesaplanması	21
8.3 Operatör hataları	22
8.4 Bağımsızlık ve etkinlik prensibi	22
Kaynaklar	24
Ekler	25
Ek-1.1 Tehlikeli ekipmanların belirlenmesinde yapılan işlemler, hesaplamalar ve kabuller	25
Ek-1.2 Senaryo bazında kritik ekipman listesi	25
Ek-2.1 Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışması (HAZOP) Raporu – HZ-01 / Rev. 0	27
Ek-3.1 Hata Ağacı Analizi (FTA) – FTA-01 / Rev. 0: T-101 taşma koruma döngüsü talepte çalışmaz	41
Ek-4.1 ÖRNEK – Yeminli tercüme (CCPS 2001, Tablo 5.1, 6.3, 6.5; CPR 12E, Ek 6-B)	47
Ek-5.1 ÖRNEK – Tehlike kontrol listesi (tank sahası)	47

ÖRNEK

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. Büyük kaza senaryo dokümanı ekibi	7
Tablo 2. Adımların uygulandığı tesisler	8
Tablo 3. Kuruluşta bulunan tehlikeli maddeler	9
Tablo 4. Tehlikeli maddelerin SEA Yönetmeliğine göre sınıflandırılması	9
Tablo 5. Tehlikeli ekipman listesi	10
Tablo 6. Tehlikeli ekipmanlara ilişkin dahili tehlikeler	10
Tablo 7. Sınır komşusu işyerleri	11
Tablo 8. Tehlikeli ekipmanlara ilişkin harici tehlikeler ve mekanizmaları	13
Tablo 9. Oluşturulan büyük kaza senaryoları	14
Tablo 10. Olay ağacının sonuçları – Senaryo S-01	14
Tablo 11. Olay ağacının sonuçları – Senaryo S-02	15
Tablo 12. Olay ağacının sonuçları – Senaryo S-03	16
Tablo 13. Frekans hesabı – Senaryo S-01	17
Tablo 14. Frekans hesabı – Senaryo S-02	17
Tablo 15. Frekans hesabı – Senaryo S-03	18
Tablo 16. Senaryo frekanslarının sınır değerle karşılaştırılması	19
Tablo 17. Kararlaştırılan tedbirler	19
Tablo 18. Kullanılan frekans ve olasılık verileri ile kaynakları – Senaryo S-01	20
Tablo 19. Kullanılan frekans ve olasılık verileri ile kaynakları – Senaryo S-02	20
Tablo 20. Kullanılan frekans ve olasılık verileri ile kaynakları – Senaryo S-03	21
Tablo 21. Frekans hesabında kullanılmayan yönetsel tedbirler	22
Tablo 22. Koruma katmanlarının bağımsızlık ve etkinlik değerlendirilmesi	22
Tablo 23. Tehlikeli ekipmanların belirlenmesinde yapılan hesaplamalar	25
Tablo 24. Senaryo bazında kritik ekipmanlar	25

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. S-01 numaralı senaryonun olay ağacı (koruma katmanları analizinden)	14
Şekil 2. S-02 numaralı senaryonun olay ağacı (koruma katmanları analizinden)	15
Şekil 3. S-03 numaralı senaryonun olay ağacı (koruma katmanları analizinden)	16

ÖRNEK

RESİMLER LİSTESİ

Bu belgede resim bulunmamaktadır.

ÖRNEK

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma	Açıklama
BEKRA	Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması (Hakkında Yönetmelik)
BKSD	Büyük Kaza Senaryo Dokümanı
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar Patlaması)
CAS	Chemical Abstracts Service (Kimyasal Özetler Servisi)
CCPS	Center for Chemical Process Safety (Kimyasal Proses Güvenliği Merkezi)
CPR	Commissie voor de Preventie van Rampen (Afetlerin Önlenmesi Komitesi, Hollanda)
ETA	Event Tree Analysis (Olay Ağacı Analizi)
HAZID	Hazard Identification (Tehlike Tanımlama Çalışması)
HAZOP	Hazard and Operability Study (Tehlike ve Çalışabilirlik Analizi)
LOPA	Layer of Protection Analysis (Koruma Katmanları Analizi)
SEA	Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanması (Hakkında Yönetmelik)
SIL	Safety Integrity Level (Güvenlik Bütünlük Seviyesi)
VCE	Vapour Cloud Explosion (Buhar Bulutu Patlaması)

1. Büyük kaza senaryo dokümanı ekibi

1.1 Ekibin belirlenmesi

İşletmeci, büyük kaza senaryo dokümanının hazırlanması için bir ekip oluşturmuştur. Ekip asgari olarak aşağıdakilerden oluşmaktadır:

- a) İşletmeci: ÖRNEK Genel Müdür, Genel Müdür.
- b) Proses güvenliğınden sorumlu birimde görevli çalışan: ÖRNEK Proses Güvenliğı Sorumlusu, Proses Güvenliğı Sorumlusu.
- c) Kuruluştaki her bir tesisi temsilen, tehlike kaynakları ve riskler konusunda bilgi sahibi çalışanlar: ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi: ÖRNEK Tesis Müdürü, Tesis Müdürü.
- ç) İşletmecinin ihtiyaç duyduğu diğer kişiler: ÖRNEK Bakım Şefi, Bakım Şefi.

Tablo 1. Büyük kaza senaryo dokümanı ekibi

Adı soyadı	Unvanı / görevi	Ekipteki yeri
ÖRNEK Genel Müdür	Genel Müdür	İşletmeci
ÖRNEK Proses Güvenliğı Sorumlusu	Proses Güvenliğı Sorumlusu	Proses güvenliğınden sorumlu birim; Koordinatör
ÖRNEK Tesis Müdürü	Tesis Müdürü	ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesis temsilcisi
ÖRNEK Bakım Şefi	Bakım Şefi	İşletmecinin ihtiyaç duyduğu diğer kişi

1.2 Koordinasyon

Büyük kaza senaryo dokümanı çalışmalarının koordinasyonu ÖRNEK Proses Güvenliğı Sorumlusu, Proses Güvenliğı Sorumlusu tarafından sağlanmaktadır.

1.3 Araç, gereç, zaman ve mekân

İşveren, büyük kaza senaryo dokümanı çalışmalarında görevlendirilen kişilerin görevlerini yerine getirmeleri amacıyla araç, gereç, mekân ve zaman gibi gerekli bütün ihtiyaçlarını karşılamakta; görevlerini yürütmeleri sebebiyle hak ve yetkilerini kısıtlamamaktadır.

Ekip çalışmaları kuruluşun idari binasındaki toplantı salonunda, iki haftada bir yapılan toplantılarla yürütülmüştür. Ekip üyelerine bu çalışma için haftada bir iş günü ayrılmıştır. Çalışmalarda borulama ve enstrümantasyon diyagramlarına, tehlike analizi kayıtlarına, bakım ve muayene kayıtlarına erişim sağlanmıştır (ÖRNEK).

1.4 Bilgi ve belgelerin korunması

Büyük kaza senaryo dokümanı çalışmalarında görevlendirilen kişiler, işveren tarafından sağlanan bilgi ve belgeleri korumakta ve gizli tutmaktadır.

2. Büyük kaza senaryo dokümanının hazırlanması adımları

2.1 İzlenecek adımlar

Büyük kaza senaryo dokümanı aşağıdaki adımlar izlenerek hazırlanmıştır:

- Tehlikeli maddelerin belirlenmesi ve sınıflandırılması (Bölüm 3).
- Tehlikeli ekipmanların belirlenmesi (Bölüm 4).
- Belirlenen tehlikeli ekipmanlar üzerinden dahili tehlikelerin tanımlanması (Bölüm 5).
- Tehlikeli ekipmanlara etki edebilecek, kuruluş dışından kaynaklanabilecek harici tehlikelerin tanımlanması (Bölüm 6).
- Büyük kaza senaryolarının oluşturulması, analizi ve değerlendirilmesi (Bölüm 7).

2.2 Tesisler

Bu adımlar kuruluştaki her bir tesis için ayrı ayrı uygulanmıştır. Tesislere göre tehlikeli ekipman ve senaryo sayıları aşağıda verilmiştir.

Tablo 2. Adımların uygulandığı tesisler

Tesis	Tehlikeli ekipman sayısı	Senaryo sayısı
ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesis	2	3

2.3 Kurallar ve kısıtlar

Büyük kaza senaryo dokümanının hazırlanmasında aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır:

- Tehlikeli ekipmanların belirlenmesi: tehlikeli madde miktarının Yönetmelik Ek-1'deki eşik miktarına oranına dayanan ve işletmecinin benimsediği kriter (Bölüm 4).
- Dahili ve harici tehlikelerin tanımlanması: HAZOP (Tehlike ve Çalışılabilirlik Analizi) çalışması ve tank sahasına özgü tehlike kontrol listesi; harici tehlikeler için resmi kurumlardan alınan bilgiler (Bölüm 5 ve 6).
- Senaryo frekanslarının hesaplanması: Koruma Katmanları Analizi (LOPA); bileşenlerinin arıza verileriyle değerlendirilen koruma katmanının talep anında çalışmama olasılığı için Hata Ağacı Analizi (FTA).
- Olası etkilerin (yayılım, yangın, patlama) hesaplanması: ÖRNEK – bu örnek dokümanda etki hesabı gösterilmemiştir. Gerçek dokümanda kullanılan yazılım veya yöntem burada yazılır; yazılımın adı, modeller ve parametreler 7.5'te senaryo bazında verilir.

LOPA yönteminin kuralları ve kısıtları gereği her koruma katmanının başlatıcı olaydan ve diğer koruma katmanlarından bağımsız olmasına ve tasarlandığı şekilde çalıştığında kazayı tek başına önleyebilmesine dikkat edilmiş; bu koşulları sağlamayan tedbirler ile eğitim, prosedür ve bakım gibi yönetsel tedbirler frekans hesabına katılmamıştır. Aynı kontrol sisteminden en fazla bir koruma katmanı hesaba katılmıştır.

HAZOP çalışmaları proses güvenliği, işletme, bakım ve enstrümantasyon temsilcilerinden oluşan ekip tarafından, borulama ve enstrümantasyon diyagramları üzerinden düğüm bazında ve standart kılavuz kelimelerle yürütülmüştür. Tank gövdesi ve tabanında bütünlük kaybı gibi tehlikeler tank sahasına özgü tehlike kontrol listesiyle belirlenmiştir (ÖRNEK).

3. Tehlikeli maddelerin belirlenmesi ve sınıflandırılması

3.1 Tehlikeli maddelerin belirlenmesi

Kuruluşta bulunan tehlikeli maddeler, Yönetmeliğin 5 inci maddesinde yer alan tehlikeli madde tanımına uygun olarak belirlenmiş ve aşağıda listelenmiştir.

Tablo 3. Kuruluşta bulunan tehlikeli maddeler

Tehlikeli madde	CAS numarası	Azami miktar (ton)	Yönetmelik Ek-1'deki yeri	Bulunduğu ekipman / tesis
Etanol	64-17-5	9.000	Bölüm 1: P5c	T-101 – Etil alkol depolama tankı / ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi D-301 – Tanker dolum istasyonu / ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi IBC-01 – IBC kap stok sahası / ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi
Metanol	67-56-1	6.000	Bölüm 2, sıra no 22	T-201 – Metil alkol depolama tankı / ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi

3.2 Sınıflandırma

Tehlikeli maddelerin sınıflandırılmasında SEA Yönetmeliği esas alınmıştır. Maddelerin zararlılık sınıfları, kategorileri ve zararlılık ifadeleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4. Tehlikeli maddelerin SEA Yönetmeliğine göre sınıflandırılması

Tehlikeli madde	Zararlılık sınıfı ve kategorisi	Zararlılık ifadeleri
Etanol	Alevlenir sıvılar, Kategori 2	H225 Kolay alevlenir sıvı ve buhar.
Metanol	Alevlenir sıvılar, Kategori 2 Akut toksisite (solunum yolu ile), Kategori 3 Akut toksisite (cilt yolu ile), Kategori 3 Akut toksisite (ağız yolu ile), Kategori 3 Belirli hedef organ toksisitesi, tek maruz kalma, Kategori 1	H225 Kolay alevlenir sıvı ve buhar. H331 Solunması halinde toksiktir. H311 Cilt ile teması halinde toksiktir. H301 Yutulması halinde toksiktir. H370 Organlarda hasara yol açar.

3.3 İlave sınıflandırma

Güvenlik bilgi formları ve uluslararası veri tabanları kontrol edilmiş; maddelere ilişkin ilave bir sınıflandırma bulunmamıştır.

4. Tehlikeli ekipmanların belirlenmesi

4.1 Yöntem

Tehlikeli ekipmanlar, bu Tebliğde yer alan tehlikeli ekipman tanımına uygun olarak, içerdği tehlikeli maddenin niteliği, miktarı ve proses koşulları ile tesisteki yerleşimi dikkate alınarak belirlenmiştir.

Kuruluşta tehlikeli madde bulunan her ekipman için, ekipmandaki her tehlikeli maddenin miktarı o maddenin Yönetmelik Ek-1'deki alt seviye eşik miktarıyla karşılaştırılmıştır (alt seviye eşiği tanımlı olmayan maddelerde üst seviye eşiği kullanılmıştır). Oranı %10 ve üzerinde olan ekipmanlar tehlikeli ekipman olarak değerlendirilmiştir. Oranı bunun altında kalan ekipmanlar ise maddenin niteliği, proses koşulları ve tesisteki yerleşimi dikkate alınarak ayrıca değerlendirilmiştir (ÖRNEK kriter).

4.2 İşlemler, hesaplamalar ve kabuller

Tehlikeli ekipmanların belirlenmesinde yapılan işlemler, hesaplamalar ve kabuller Ek-1.1'de verilmiştir.

4.3 Ekipman listesi

Belirlenen tehlikeli ekipmanların listesi aşağıda verilmiştir.

Tablo 5. Tehlikeli ekipman listesi

Tehlikeli ekipmanın adı	Kodu	Yer aldığı tesis	İçerdği tehlikeli madde
Etil alkol depolama tankı	T-101	ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesis	Etanol
Metil alkol depolama tankı	T-201	ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesis	Metanol

4.4 Ekipmanların belirlenmesinde özel durumlar

Tehlikeli ekipmanların belirlenmesinde, maddelerin yığın halinde, paketler ve kaplar içerisinde depolandığı yerler de değerlendirmeye alınmıştır. Bu kapsamda değerlendirilen yerler: IBC-01 – IBC kap stok sahası (tehlikeli ekipman değil).

5. Dahili tehlikelerin tanımlanması

5.1 Yöntem ve listeleme

Belirlenen tehlikeli ekipmanlara ilişkin dahili tehlikeler, işletmeci tarafından benimsenen yöntemler (kontrol listesi, HAZOP çalışması) kullanılarak tanımlanmıştır. Her bir tehlikeli ekipman için büyük endüstriyel kazaya sebebiyet vereceği veya büyük endüstriyel kazanın etkisini artırabileceği değerlendirilen dahili tehlikeler aşağıda liste halinde verilmiştir.

Tablo 6. Tehlikeli ekipmanlara ilişkin dahili tehlikeler

Tesis	Tehlikeli ekipman	Dahili tehlike	Büyük kazaya yol açma veya etkisini artırma şekli	Belirleme yöntemi / çalışma
ÖRNEK Alkol Depolama ve	T-101 – Etil alkol depolama tankı	Tank gövdesinde veya tabanında bütünlük kaybı	Tanktaki etil alkol tank setine boşalır; set dışına yayılırsa	Kontrol listesi ÖRNEK – Tehlike

Tesis	Tehlikeli ekipman	Dahili tehlike	Büyük kazaya yol açma veya etkisini artırma şekli	Belirleme yöntemi / çalışma
Dolum Tesisi		(korozyon, malzeme veya kaynak hatası)	veya tutuşturucu bir kaynakla karşılaşırca havuz yangını çıkar.	kontrol listesi (tank sahası)
		Tanker boşaltması sırasında seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası nedeniyle T-101 tankının taşması	Etil alkol tanktan taşarak tank setine dökülür; set dışına yayılırsa veya tutuşturucu bir kaynakla karşılaşırca havuz yangını çıkar.	Kontrol listesi ÖRNEK – Tehlike kontrol listesi (tank sahası)
ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	T-201 – Metil alkol depolama tankı	Tanker boşaltması sırasında seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası nedeniyle tankın taşması	Metil alkol tanktan taşarak tank setine dökülür; set dışına yayılırsa veya tutuşursa havuz yangını çıkar, buharlaşan metil alkol solunum yoluyla zehirlenme tehlikesi oluşturur.	HAZOP çalışması HZ-01 Rev.0 (Ek-2.1), satır 2.3.1

Dahili tehlikelerin tanımlanmasında yapılan çalışmanın raporu dokümanın ekinde verilmiştir: Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışması (HAZOP) Raporu – HZ-01 / Rev. 0 (Ek-2.1).

Tehlike kayıtlarında belirtilen çalışma dosyaları da dokümanın ekler bölümünde sunulmuştur.

5.2 Geçmiş kaza ve ramak kala kayıtları

Dahili tehlikelerin belirlenmesinde kuruluş içinde veya dışında geçmişte yaşanmış kazalar, ramak kalalar ve kaza veri bankalarındaki ulaşılabilir kayıtlar da dikkate alınmıştır.

İncelenen kayıtlar:

- Kuruluş içi kaza ve ramak kala kayıtları: 2016–2025 dönemine ait olay bildirim formları ve olay inceleme raporları (ÖRNEK).
- Kuruluş dışı kazalar ve kaza veri bankaları: Avrupa Birliği büyük kaza raporlama sistemi (eMARS) kayıtlarında alevlenir sıvı depolama tesislerine ilişkin olaylar (ÖRNEK).

Bu kayıtlardan belirlenen tehlikeler 5.1'deki listeye eklenmiştir.

Geçmiş kaza ve ramak kala kaydı bulunmamaktadır.

6. Harici tehlikelerin tanımlanması

6.1 Dikkat edilecek hususlar

Harici tehlikelerin tanımlanmasında aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır.

a) Kuruluşun sınır komşusu işyerlerinden kaynaklanacak ve kuruluşta büyük endüstriyel kazalara sebebiyet verebilecek herhangi bir olay.

Tablo 7. Sınır komşusu işyerleri

İşyerinin unvanı	Faaliyet alanı
ÖRNEK Lojistik A.Ş.	Genel antrepo ve depolama
ÖRNEK Metal Sanayi Ltd. Şti.	Metal işleme

Sınır komşusu işyerlerinden kaynaklanabilecek ve kuruluşta büyük endüstriyel kazaya sebebiyet verebilecek

olaylar:

- ÖRNEK Lojistik A.Ş.: antrepoda çıkabilecek yangın – kuruluştaki olası etkisi: ortak sınıra yakın T-101 etil alkol depolama tankının ısı etkisine maruz kalması (ÖRNEK değerlendirme).
- ÖRNEK Metal Sanayi Ltd. Şti.: kuruluştaki büyük kazaya yol açabilecek bir olay öngörülmemiştir (ÖRNEK değerlendirme).

b) Kuruluşun bulunduğu alan itibarıyla deprem, sel, heyelan ve kaya düşmesi gibi çevresel özelliklerine ilişkin bilgi.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından yayımlanan bilgilere göre kuruluşun bulunduğu bölgenin deprem tehlikesi: Türkiye Deprem Tehlike Haritası'na göre kuruluş alanı için 475 yıllık tekrarlanma periyotlu en büyük yer ivmesi (PGA) 0,40 g'dir (ÖRNEK değer; sorgulama tarihi 15.01.2026).

Kuruluşun bulunduğu alan için ÖRNEK İli Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğü tarafından verilen bilgiye göre sel tehlikesi: Kuruluş alanı taşkın riski bulunan dere yatakları dışında kalmaktadır (ÖRNEK bilgi).

Kuruluşun bulunduğu alan için ÖRNEK İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından verilen bilgiye göre toprak kayması tehlikesi: Kuruluş alanında heyelan tehlikesi bulunmamaktadır (ÖRNEK bilgi).

Kuruluşun çevresel yapısı ile ilgili, büyük endüstriyel kazaya sebep olabilecek veya etkisini arttırabilecek başka bir tehlike bulunmamaktadır.

c) Boru hatları ve benzeri tüm altyapı çalışmaları ile üstyapı çalışmaları, hafriyat, madencilik veya diğer sondaj çalışmaları, taşıma faaliyetleri, yüksek gerilim enerji hatları, denizcilik faaliyetleri gibi kuruluşun etrafındaki alanda bulunan diğer faaliyetler.

Kuruluşun etrafında boru hattı bulunmamaktadır.

Kuruluşun etrafında madencilik veya sondaj faaliyeti bulunmamaktadır.

Taşıma faaliyetleri: Kuruluşun yaklaşık 400 m kuzeyinden organize sanayi bölgesinin ana bağlantı yolu geçmekte olup bu yolda tehlikeli madde taşıyan araç trafiği bulunmaktadır (ÖRNEK bilgi).

Yüksek gerilim enerji hatları: Kuruluş sınırının yaklaşık 250 m doğusundan 154 kV'luk enerji nakil hattı geçmektedir (ÖRNEK bilgi).

Kuruluşun etrafında altyapı veya üstyapı çalışması, hafriyat ya da denizcilik faaliyeti bulunmamaktadır.

ç) Kuruluşun bulunduğu arazi ve çevresi üzerinde yapılmış ve göçüklere sebep olabilecek geçmişteki madencilik ve diğer sondaj faaliyetleri.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğünden alınan bilgiye göre kuruluşun bulunduğu arazi ve çevresinde geçmişte madencilik faaliyeti yapılmamıştır (ÖRNEK bilgi).

d) Yıldırım, fırtına gibi meteorolojik hadiseler.

Kuruluşun yerleştiği alanda Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yıldırım Tespit ve Takip Sisteminde kaydı tutulan yıldırım ve/veya şimşek verileri: 2016–2025 döneminde kuruluş sınırına 1 km mesafe içinde yılda ortalama 3 yıldırım düşmesi kaydedilmiştir (ÖRNEK veri).

Kuruluşun yerleştiği alanda son 10 yılda meydana gelen rüzgâr hızları ve yönlerine ilişkin Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen verilere göre, Beaufort skalasında fırtına olarak değerlendirilen veriler: 14.02.2021, 22,1 m/s, kuzeydoğu; 03.12.2023, 21,0 m/s, kuzey (ÖRNEK veriler).

Büyük endüstriyel kazaya sebep olabilecek veya etkisini arttırabilecek başka bir meteorolojik tehlike bulunmamaktadır.

e) İşletmeci tarafından öngörülen diğer hususlar.

İşletmeci tarafından öngörülen başka bir harici tehlike bulunmamaktadır.

6.2 Listeleme ve mekanizmalar

Büyük bir kazaya neden olabilecek veya meydana gelmiş bir kazanın etkisini artırabilecek harici tehlikeler, her bir tehlikeli ekipman için bu tehlikelerin büyük endüstriyel kazaya hangi mekanizmalarla sebebiyet verebileceği ile birlikte aşağıda liste halinde verilmiştir.

Tablo 8. Tehlikeli ekipmanlara ilişkin harici tehlikeler ve mekanizmaları

Tesis	Tehlikeli ekipman	Harici tehlike	Kaynağı	Büyük kazaya yol açma mekanizması
ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	T-101 – Etil alkol depolama tankı	Deprem	Deprem	Tank gövdesinde, bağlantı borularında veya tank setinde hasar sonucu etil alkol salımı.
		Yıldırım düşmesi	Yıldırım	Tank havalandırmasındaki buharın tutuşmasıyla tank yangını.
		Komşu işyerinde çıkabilecek yangın	Komşu işyerleri	Ortak sınıra yakın tankın ısı etkisine maruz kalması ve tank içindeki buharın tutuşması (ÖRNEK değerlendirme).
ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	T-201 – Metil alkol depolama tankı	Deprem	Deprem	Tank gövdesinde, bağlantı borularında veya tank setinde hasar sonucu metil alkol salımı.
		Yıldırım düşmesi	Yıldırım	Tank havalandırmasındaki buharın tutuşmasıyla tank yangını.

6.3 Geçmiş kaza ve ramak kala kayıtları

Harici tehlikelerin belirlenmesinde kuruluş içinde veya dışında geçmişte yaşanmış kazalar, ramak kalalar ve kaza veri bankalarındaki ulaşılabilir kayıtlar da dikkate alınmıştır.

İncelenen kayıtlar:

- Kuruluş içi kaza ve ramak kala kayıtları: 2016–2025 dönemine ait olay bildirim formlarındaki dış kaynaklı olaylar (ÖRNEK).
- Kuruluş dışı kazalar ve kaza veri bankaları: Avrupa Birliği büyük kaza raporlama sistemi (eMARS) kayıtlarında deprem, yıldırım ve komşu tesis yangınıyla başlayan olaylar (ÖRNEK).

Bu kayıtlardan belirlenen tehlikeler 6.2'deki listeye eklenmiştir.

7. Büyük kaza senaryolarının oluşturulması, analizi ve değerlendirilmesi

7.1 Senaryoların oluşturulması

Her bir tehlikeli ekipman üzerinden, tespit edilen tehlikelere göre belirlenen kök nedenlerden başlanarak olası yayılım, yangın ve patlama olaylarını içeren büyük kaza senaryoları oluşturulmuştur. Oluşturulan

senaryolar aşağıdaki tabloda listelenmiş; her birinin tanımı ve tarifi izleyen alt başlıklarda verilmiştir.

Tablo 9. Oluşturulan büyük kaza senaryoları

No	Tesis	Tehlikeli ekipman	Kritik olay	Kök neden(ler)	Olası sonuçlar
S-01	ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	T-101 – Etil alkol depolama tankı	T-101 tankında bütünlük kaybı ile etil alkol salımı	Tank gövdesinde veya tabanında bütünlük kaybı (korozyon, malzeme veya kaynak hatası)	madde yayılımı (sızıntı, dökülme), yangın
S-02	ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	T-201 – Metil alkol depolama tankı	T-201 tankının taşması sonucu metil alkol salımı	Tanker boşaltması sırasında seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası nedeniyle tankın taşması	madde yayılımı (sızıntı, dökülme), yangın, zehirli gaz bulutu
S-03	ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	T-101 – Etil alkol depolama tankı	T-101 tankının taşması sonucu etil alkol salımı	Tanker boşaltması sırasında seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası nedeniyle T-101 tankının taşması	madde yayılımı (sızıntı, dökülme), yangın

Senaryo S-01: T-101 tankında bütünlük kaybı ile etil alkol salımı

Tesis: ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi. Tehlikeli ekipman: T-101 – Etil alkol depolama tankı.

Kök neden(ler): Tank gövdesinde veya tabanında bütünlük kaybı (korozyon, malzeme veya kaynak hatası).

Kritik olay: T-101 tankında bütünlük kaybı ile etil alkol salımı.

Olası sonuçlar: madde yayılımı (sızıntı, dökülme), yangın.

Yayılım sonucu, maddenin set dışına çıkması olarak tanımlanmıştır; set, yayılım frekansını azaltan sınırlayıcı koruma katmanı olarak hesaba katılmıştır (gerekçe: ÖRNEK – tank seti, içindeki en büyük tankın hacmini alabilecek kapasitededir; set içinde kalan etil alkol kişilerin bulunduğu alanlara ve tesis dışına ulaşmaz, bu nedenle büyük kaza sonucu sıvının set dışına yayılmasıdır).

Yayılım, yangın ve patlama olaylarının değerlendirilmesi: yayılım: değerlendirildi; yangın: değerlendirildi; patlama: bu senaryoda söz konusu değil (gerekçe: ÖRNEK – atmosferik tank ve açık tank sahasında buharın birikebileceği kapalı veya sıkışık bir hacim bulunmamaktadır).

Senaryonun tarifi: Tank gövdesinde veya tabanında korozyon ya da malzeme hatası nedeniyle bütünlük kaybı oluşur ve tanktaki etil alkol tank setine boşalır. Tank seti sıvıyı tutamazsa (set duvarında hasar veya set drenaj vanasının açık unutulması) etil alkol set dışına yayılır. Yayılan sıvı tutuşturucu bir kaynakla karşılaşır ise havuz yangını çıkar.

Başlangıç	Tank seti (TS-101) etkisini sınırlar mı?	Sızan madde tutuşur mu?	Sonuç	Yılda
Atmosferik tankın hasarı...	Sınırlar		1. Kaza daha küçük kalır	9,9 × 10 ⁻⁴
1 × 10 ⁻³ /yıl	0,99			
	Sınırlayamaz	Tutuşur (kabul)	2. Yangın	1 × 10 ⁻⁵
	0,01	1	Yangın	

Şekil 1. S-01 numaralı senaryonun olay ağacı (koruma katmanları analizinden)

Tablo 10. Olay ağacının sonuçları – Senaryo S-01

No	Olaylar dizisi	Sonuç	Sonuç türü	Olasılık	Frekans (/yıl)
1	Atmosferik tankın hasarı (gövde veya taban bütünlük kaybı) – Sınırlar	Kaza daha küçük kalır (Etkisiz)	–	9,9 × 10 ⁻¹	9,9 × 10 ⁻⁴

No	Olaylar dizisi	Sonuç	Sonuç türü	Olasılık	Frekans (/yıl)
2	Atmosferik tankın hasarı (gövde veya taban bütünlük kaybı) – Sınırlayamaz – Tutuşur (kabul)	Yangın	Yangın	1×10^{-2}	1×10^{-5}

Senaryo S-02: T-201 tankının taşması sonucu metil alkol salımı

Tesis: ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi. Tehlikeli ekipman: T-201 – Metil alkol depolama tankı.

Kök neden(ler): Tanker boşaltması sırasında seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası nedeniyle tankın taşması.

Kritik olay: T-201 tankının taşması sonucu metil alkol salımı.

Olası sonuçlar: madde yayılımı (sızıntı, dökülme), yangın, zehirli gaz bulutu.

Yayılım sonucu, maddenin ekipmandan dışarı çıkması olarak tanımlanmıştır.

Yayılım, yangın ve patlama olaylarının değerlendirilmesi: yayılım: değerlendirildi; yangın: değerlendirildi; patlama: bu senaryoda söz konusu değil (gerekçe: ÖRNEK – atmosferik tank ve açık tank sahasında buharın birikebileceği kapalı veya sıkışık bir hacim bulunmamaktadır).

Senaryonun tarifi: Tanker boşaltması sırasında tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsü arızalanır ve tanktaki seviye gerçekte olduğundan düşük gösterilir. Boşaltma sürer, tank taşar ve metil alkol tank setine dökülür. Tank seti sıvıyı tutamazsa metil alkol set dışına yayılır; tutuşturucu bir kaynakla karşılaşırsa havuz yangını çıkar. Buharlaştıran metil alkol çevrede solunum yoluyla zehirlenme tehlikesi oluşturur.

Başlangıç	Tank seti (TS-201) etkisini sınırlar mı?	Sızan madde tutuşur mu?	Sonuç	Yılda
Tank seviye ölçüm ve...	Sınırlar		1. Kaza daha küçük kalır	$9,9 \times 10^{-2}$
1×10^{-1} /yıl	0,99			
	Sınırlayamaz	Tutuşur (kabul)	2. Yangın, Zehirli bulut	1×10^{-3}
	0,01	1	Yangın, Zehirli bulut	

Şekil 2. S-02 numaralı senaryonun olay ağacı (koruma katmanları analizinden)

Tablo 11. Olay ağacının sonuçları – Senaryo S-02

No	Olaylar dizisi	Sonuç	Sonuç türü	Olasılık	Frekans (/yıl)
1	Tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası – Sınırlar	Kaza daha küçük kalır (Etkisiz)	–	$9,9 \times 10^{-1}$	$9,9 \times 10^{-2}$
2	Tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası – Sınırlayamaz – Tutuşur (kabul)	Yangın, Zehirli bulut	Yangın, Zehirli gaz bulutu	1×10^{-2}	1×10^{-3}

Senaryo S-03: T-101 tankının taşması sonucu etil alkol salımı

Tesis: ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi. Tehlikeli ekipman: T-101 – Etil alkol depolama tankı.

Kök neden(ler): Tanker boşaltması sırasında seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası nedeniyle T-101 tankının taşması.

Kritik olay: T-101 tankının taşması sonucu etil alkol salımı.

Olası sonuçlar: madde yayılımı (sızıntı, dökülme), yangın.

Yayılım sonucu, maddenin set dışına çıkması olarak tanımlanmıştır; set, yayılım frekansını azaltan sınırlayıcı koruma katmanı olarak hesaba katılmıştır (gerekçe: ÖRNEK – tank seti, içindeki en büyük tankın hacmini alabilecek kapasitededir; tanktan taşan etil alkol set içinde kalır ve kişilerin bulunduğu alanlara ve tesis

dışına ulaşmaz, bu nedenle büyük kaza sonucu sıvının set dışına yayılmasıdır).

Yayılım, yangın ve patlama olaylarının değerlendirilmesi: yayılım: değerlendirildi; yangın: değerlendirildi; patlama: bu senaryoda söz konusu değil (gerekçe: ÖRNEK – atmosferik tank ve açık tank sahasında buharın birikebileceği kapalı veya sıkışık bir hacim bulunmamaktadır).

Senaryonun tarifi: Tanker boşaltması sırasında tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsü arızalanır ve tanktaki seviye gerçekte olduğundan düşük gösterilir. Boşaltma sürer; yüksek-yüksek seviyede T-101 taşma koruma döngüsü (LSHH-101 seviye şalteri, kablolu kesme rölesi, XV-102 giriş vanası) tank girişini kapatmazsa tank taşar ve etil alkol tank setine dökülür. Tank seti sıvıyı tutamazsa etil alkol set dışına yayılır; tutuşturucu bir kaynakla karşılaşır havuz yangını çıkar.

Başlangıç	T-101 taşma koruma döngüsü (LSHH-101, kesme röle... kazayı önler mi?	Tank seti (TS-101) etkisini sınırlar mı?	Sızan madde tutuşur mu?	Sonuç	Yılda
Tank seviye ölçüm ve... 1×10^{-1} /yıl	Önler			1. Kaza önlenir	$9,62 \times 10^{-2}$
	0,9616			2. Kaza daha küçük kalır	$3,8 \times 10^{-3}$
	Önleyemez	Sınırlar			
	0,0384	0,99			
		Sınırlayamaz	Tutuşur (kabul)	3. Yangın	$3,84 \times 10^{-5}$
		0,01	1	Yangın	

Şekil 3. S-03 numaralı senaryonun olay ağacı (koruma katmanları analizinden)

Tablo 12. Olay ağacının sonuçları – Senaryo S-03

No	Olaylar dizisi	Sonuç	Sonuç türü	Olasılık	Frekans (/yıl)
1	Tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası – Önler	Kaza önlenir (Etkisiz)	–	$9,62 \times 10^{-1}$	$9,62 \times 10^{-2}$
2	Tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası – Önleyemez – Sınırlar	Kaza daha küçük kalır (Etkisiz)	–	$3,8 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-3}$
3	Tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası – Önleyemez – Sınırlayamaz – Tutuşur (kabul)	Yangın	Yangın	$3,84 \times 10^{-4}$	$3,84 \times 10^{-5}$

7.2 Frekansın hesaplanması

Senaryoların meydana gelme frekansları, Yönetmeliğin 9 uncu maddesinde yer alan büyük endüstriyel kaza frekansının sınır değeri ile karşılaştırmaya elverişli sonuç (yıllık frekans) veren Koruma Katmanları Analizi (LOPA) yöntemiyle hesaplanmıştır. Her senaryoda önce başlatıcı olayın yıllık frekansı ile olayı tanımlayan koşullu olasılıklar (etkinleştirici koşul, risk altında geçen süre) çarpılarak korumasız frekans; buna hesaba katılan önleyici koruma katmanlarının talep anında çalışmama olasılıkları uygulanarak maddenin dışarı çıkma (yayılım) frekansı bulunmuştur. Yangın, patlama ve zehirli gaz bulutu frekansları, yayılım frekansına hesaba katılan sınırlayıcı koruma katmanlarının çalışmama olasılıkları ile tutuşma ve patlama olasılıkları uygulanarak hesaplanmıştır; tutuşma olasılığı kullanılmayan senaryolarda tutuşma kesin kabul edilmiştir. Birden çok bileşenin arızasına bağlı olan başlatıcı olay frekansları ve koruma katmanlarının talep anında çalışmama olasılıkları Hata Ağacı Analizi (FTA) yöntemiyle hesaplanmıştır: S-03 senaryosu – koruma katmanı: T-101 taşma koruma döngüsü (LSHH-101, kesme rölesi, XV-102) için Hata ağacı analizi FTA-01 Rev. 0 (Ek-3.1). Analizlerin ağaç çizimleri, temel olay verileri ve kaynakları, minimal kesme kümeleri ve önem ölçüleri dokümanın ekinde verilmiştir. Her senaryonun olay ağacı 7.1'de şekil olarak verilmiştir. Kişinin etkilenen alanda bulunma ve zarar görme olasılıkları senaryo frekansına katılmaz. Kullanılan değerlerin kaynakları, dönüşümler ve kabuller 7.5'te senaryo bazında verilmiştir.

Senaryo S-01: T-101 tankında bütünlük kaybı ile etil alkol salımı**Tablo 13. Frekans hesabı – Senaryo S-01**

Unsur	Açıklama	Değer	Hesaba katıldı mı
Başlatıcı olay	Atmosferik tankın hasarı (gövde veya taban bütünlük kaybı)	1×10^{-3} /yıl	—
Koruma katmanı (sınırlayıcı, mühendislik)	Tank seti (TS-101)	1×10^{-2}	Evet
Koruma katmanı (önleyici, yönetsel)	Tank muayene programı (periyodik kalınlık ölçümü ve iç muayene)	—	Hayır (yönetsel tedbir)
Korumasız frekans	Başlatıcı olay frekansı $\times$ olayı tanımlayan koşullu olasılıklar (etkinleştirici koşul, risk altında geçen süre)	1×10^{-3} /yıl	
Yayılım frekansı	Maddenin set dışına çıkma frekansı: korumasız frekans $\times$ hesaba katılan önleyici koruma katmanlarının talep anında çalışmama olasılıkları $\times$ setin tutamama olasılığı (gerekçe: ÖRNEK – tank seti, içindeki en büyük tankın hacmini alabilecek kapasitededir; set içinde kalan etil alkol kişilerin bulunduğu alanlara ve tesis dışına ulaşmaz, bu nedenle büyük kaza sonucu sızının set dışına yayılmasıdır)	1×10^{-5} /yıl	Sınır değer altında
Yangın frekansı	Maddenin dışarı çıkma frekansı (1×10^{-3} /yıl) $\times$ hesaba katılan sınırlayıcı koruma katmanlarının talep anında çalışmama olasılıkları $\times$ tutuşma olasılığı	1×10^{-5} /yıl	Sınır değer altında
Senaryonun frekansı	Sonuç türlerinin frekanslarının en büyüğü; her sonuç türü sınır değerle ayrı ayrı karşılaştırılır	1×10^{-5} /yıl	
Sınır değerle karşılaştırma	Sınır değer: 1×10^{-4} /yıl	Sınır değer altında	

Senaryo S-02: T-201 tankının taşması sonucu metil alkol salımı**Tablo 14. Frekans hesabı – Senaryo S-02**

Unsur	Açıklama	Değer	Hesaba katıldı mı
Başlatıcı olay	Tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası	1×10^{-1} /yıl	—
Koruma katmanı (sınırlayıcı, mühendislik)	Tank seti (TS-201)	1×10^{-2}	Evet
Koruma katmanı (önleyici, operatör müdahalesi)	Yüksek seviye alarmına operatör müdahalesi	1×10^{-1}	Hayır (başlatıcı olayla aynı kontrol sistemi)
Koruma katmanı (önleyici, yönetsel)	Tanker boşaltma talimatı ve operatör eğitimi	—	Hayır (yönetsel tedbir)
Korumasız frekans	Başlatıcı olay frekansı $\times$ olayı tanımlayan koşullu olasılıklar (etkinleştirici koşul, risk altında geçen süre)	1×10^{-1} /yıl	
Yayılım frekansı	Maddenin dışarı çıkma frekansı: korumasız frekans $\times$ hesaba katılan önleyici koruma katmanlarının talep anında çalışmama olasılıkları	1×10^{-1} /yıl	Sınır değer üzerinde
Yangın frekansı	Yayılım frekansı $\times$ hesaba katılan sınırlayıcı koruma katmanlarının talep anında çalışmama olasılıkları $\times$	1×10^{-3} /yıl	Sınır değer üzerinde

Unsur	Açıklama	Değer	Hesaba katıldı mı
	tutuşma olasılığı		
Zehirli gaz bulutu frekansı	Yayılım frekansı × hesaba katılan sınırlayıcı koruma katmanlarının talep anında çalışmama olasılıkları	1×10^{-3} /yıl	Sınır değerinde
Senaryonun frekansı	Sonuç türlerinin frekanslarının en büyüğü; her sonuç türü sınır değerle ayrı ayrı karşılaştırılır	1×10^{-1} /yıl	
Sınır değerle karşılaştırma	Sınır değer: 1×10^{-4} /yıl	Sınır değerinde	

Senaryo S-03: T-101 tankının taşması sonucu etil alkol salımı

Tablo 15. Frekans hesabı – Senaryo S-03

Unsur	Açıklama	Değer	Hesaba katıldı mı
Başlatıcı olay	Tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası	1×10^{-1} /yıl	—
Koruma katmanı (önleyici, mühendislik)	T-101 taşma koruma döngüsü (LSHH-101, kesme rölesi, XV-102) (değer: Hata ağacı analizi FTA-01 Rev. 0 (Ek-3.1))	$3,84 \times 10^{-2}$	Evet
Koruma katmanı (sınırlayıcı, mühendislik)	Tank seti (TS-101)	1×10^{-2}	Evet
Korumasız frekans	Başlatıcı olay frekansı × olayı tanımlayan koşullu olasılıklar (etkinleştirici koşul, risk altında geçen süre)	1×10^{-1} /yıl	
Yayılım frekansı	Maddenin set dışına çıkma frekansı: korumasız frekans × hesaba katılan önleyici koruma katmanlarının talep anında çalışmama olasılıkları × setin tutamama olasılığı (gerekçe: ÖRNEK – tank seti, içindeki en büyük tankın hacmini alabilecek kapasitededir; tanktan taşan etil alkol set içinde kalır ve kişilerin bulunduğu alanlara ve tesis dışına ulaşmaz, bu nedenle büyük kaza sonucu sızının set dışına yayılmasıdır)	$3,84 \times 10^{-5}$ /yıl	Sınır değerinin altında
Yangın frekansı	Maddenin dışarı çıkma frekansı ($3,84 \times 10^{-3}$ /yıl) × hesaba katılan sınırlayıcı koruma katmanlarının talep anında çalışmama olasılıkları × tutuşma olasılığı	$3,84 \times 10^{-5}$ /yıl	Sınır değerinin altında
Senaryonun frekansı	Sonuç türlerinin frekanslarının en büyüğü; her sonuç türü sınır değerle ayrı ayrı karşılaştırılır	$3,84 \times 10^{-5}$ /yıl	
Sınır değerle karşılaştırma	Sınır değer: 1×10^{-4} /yıl	Sınır değerinin altında	

7.3 Sınır değerinin karşılaştırılması

Senaryo edilen her bir büyük endüstriyel kazanın meydana gelme frekansı, Yönetmeliğin 9 uncu maddesinde belirtilen büyük endüstriyel kaza frekansının sınır değeri olan 1×10^{-4} /yıl ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma her senaryo için yayılım, yangın, patlama ve zehirli gaz bulutu sonuçlarının her biri için ayrı ayrı yapılmış; bir senaryo ancak bütün sonuç türlerinin frekansı sınır değerinin altında olduğunda sınır değere uygun kabul edilmiştir. Aynı tehlikeli ekipmanda aynı sonuca yol açan, farklı başlatıcı olaylarla başlayan senaryoların frekansları toplanmış ve toplam da sınır değerle karşılaştırılmıştır.

Tablo 16. Senaryo frekanslarının sınır değerle karşılaştırılması

Senaryo	Sonuç türü	Hesaplanan frekans (/yıl)	Sınır değer (/ yıl)	Sonuç
Senaryo S-01: T-101 tankında bütünlük kaybı ile etil alkol salımı	Yayılım	1×10^{-5}	1×10^{-4}	Sınır değerinin altında
	Yangın	1×10^{-5}	1×10^{-4}	Sınır değerinin altında
Senaryo S-02: T-201 tankının taşması sonucu metil alkol salımı	Yayılım	1×10^{-1}	1×10^{-4}	Sınır değerinin üzerinde
	Yangın	1×10^{-3}	1×10^{-4}	Sınır değerinin üzerinde
	Zehirli gaz bulutu	1×10^{-3}	1×10^{-4}	Sınır değerinin üzerinde
Senaryo S-03: T-101 tankının taşması sonucu etil alkol salımı	Yayılım	$3,84 \times 10^{-5}$	1×10^{-4}	Sınır değerinin altında
	Yangın	$3,84 \times 10^{-5}$	1×10^{-4}	Sınır değerinin altında
Aynı kaza toplamı: S-01 + S-03 (T-101 – Etil alkol depolama tankı)	Yayılım	$4,84 \times 10^{-5}$	1×10^{-4}	Sınır değerinin altında
	Yangın	$4,84 \times 10^{-5}$	1×10^{-4}	Sınır değerinin altında

7.4 Tedbirlerin kararlaştırılması ve uygulanması

Frekansı sınır değerden büyük olan senaryolar (S-02) için alınması gerekli tedbirler kararlaştırılmıştır. Kararlaştırılan tedbirler, sorumluları, hedef tarihleri ve uygulama durumları aşağıda verilmiştir; tedbirler uygulandıkça ilgili senaryolar güncellenir.

Hesaplanan gereken azaltma: S-02 senaryosunda yayılım için frekansın 1.000 kat azaltılması gerekmektedir (gereken talep anında çalışmama olasılığı 1×10^{-3} veya daha küçük); bu değer güvenlik bütünlük seviyesi 2 (SIL 2) aralığındadır. Yangın ve zehirli gaz bulutu için frekansın 10 kat azaltılması gerekmektedir (gereken talep anında çalışmama olasılığı 1×10^{-1} veya daha küçük); bu azaltma, talep anında çalışmama olasılığı bu değerde ya da daha küçük olan bağımsız bir koruma katmanı ile sağlanabilir. Başlatıcı olay kontrol sistemi arızası olduğundan ek koruma katmanı kontrol sisteminden bağımsız olmalıdır.

Tablo 17. Kararlaştırılan tedbirler

Senaryo	Tedbir	Sorumlu	Hedef tarih	Durumu
S-02	LSHH-201 yüksek-yüksek seviye kesmesi için gerekli güvenlik bütünlük seviyesinin belirlenmesi ve doğrulanması; doğrulanan değerle senaryoya koruma katmanı olarak eklenmesi	Proses Güvenliği Sorumlusu	30.06.2026	Planlandı
	Seviye ölçüm döngüsünden bağımsız ayrı bir sensörle yüksek seviye alarmının kontrol odasına kurulması	Tesis Müdürü	30.09.2026	Planlandı

7.5 Frekans, olasılık verileri ve yazılımların kullanımı

Senaryolarda kullanılan güvenilirlik ve olasılık verilerinin değerleri, alındıkları kaynaklar (kaynakça numarası ve sayfa numarası), frekans ve olasılık verileri arasındaki dönüşümler, yapılan kabuller ve gerekçeler ile yazılım kullanılan senaryolarda yazılımın adı, benimsenen hesaplama modelleri, modellerin seçilme

gerekçeleri ve kullanılan parametreler aşağıda senaryo bazında verilmiştir.

Senaryo S-01: T-101 tankında bütünlük kaybı ile etil alkol salımı

Tablo 18. Kullanılan frekans ve olasılık verileri ile kaynakları – Senaryo S-01

Veri	Değer	Kaynak (kaynakça no, sayfa)	Dönüşüm, kabul ve gerekçe
Başlatıcı olay: Atmosferik tankın hasarı (gövde veya taban bütünlük kaybı)	1×10^{-3} /yıl	[1], Tablo 5.1, s. 71	Literatür aralığı: $10^{-3} - 10^{-5}$.
Koruma katmanı: Tank seti (TS-101)	1×10^{-2}	[1], Tablo 6.3, s. 92	Literatür aralığı: $1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3}$.

Bu senaryoda yazılım kullanılmamıştır.

Kabuller ve gerekçeler:

- Başlatıcı olay olarak hazır listedeki atmosferik tank hasarı frekansı kullanılmıştır; tankın muayene programının uygulandığı kabul edilmiştir (ÖRNEK kabul) – gerekçe: tank muayene kayıtları.
- Tank setinin, içindeki en büyük tankın hacmini alabilecek kapasitede olduğu ve set drenaj vanasının normalde kapalı tutulduğu kabul edilmiştir (ÖRNEK kabul) – gerekçe: tesis yerleşim planı ve tank sahası çalışma talimatı.
- Tutuşma olasılığı hesaba katılmamıştır (1 alınmıştır) – gerekçe: ihtiyatlı yaklaşım; set dışına yayılan etil alkolün her durumda tutuştuğu kabul edilmiştir.

Senaryo S-02: T-201 tankının taşması sonucu metil alkol salımı

Tablo 19. Kullanılan frekans ve olasılık verileri ile kaynakları – Senaryo S-02

Veri	Değer	Kaynak (kaynakça no, sayfa)	Dönüşüm, kabul ve gerekçe
Başlatıcı olay: Tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası	1×10^{-1} /yıl	[1], Tablo 5.1, s. 71	Literatür aralığı: $1 - 10^{-2}$.
Koruma katmanı: Tank seti (TS-201)	1×10^{-2}	[1], Tablo 6.3, s. 92	Literatür aralığı: $1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3}$.
Koruma katmanı: Yüksek seviye alarmına operatör müdahalesi	1×10^{-1}	[1], Tablo 6.5, s. 103	Literatür aralığı: 1×10^{-1} .

Bu senaryoda yazılım kullanılmamıştır.

Kabuller ve gerekçeler:

- Tankın tanker boşaltmasıyla doldurulduğu ve seviye ölçüm döngüsünün arızasının taşmaya yol açabileceği kabul edilmiştir (ÖRNEK kabul) – gerekçe: HAZOP çalışması.
- LSHH-201 seviye şalteriyle çalışan taşma kesmesi koruma katmanı olarak hesaba katılmamıştır – gerekçe: kesmenin güvenlik bütünlük seviyesi doğrulanmamıştır; hazır listede emniyet enstrümanlı fonksiyonlar için değer bulunmadığından değer ancak doğrulama raporuyla kullanılabilir.
- Tutuşma olasılığı hesaba katılmamıştır (1 alınmıştır) – gerekçe: ihtiyatlı yaklaşım; set dışına yayılan metil alkolün her durumda tutuştuğu kabul edilmiştir.

Senaryo S-03: T-101 tankının taşması sonucu etil alkol salımı

Tablo 20. Kullanılan frekans ve olasılık verileri ile kaynakları – Senaryo S-03

Veri	Değer	Kaynak (kaynakça no, sayfa)	Dönüşüm, kabul ve gerekçe
Başlatıcı olay: Tank seviye ölçüm ve kontrol döngüsünün arızası	1×10^{-1} /yıl	[1], Tablo 5.1, s. 71	Literatür aralığı: $1 - 10^{-2}$.
Koruma katmanı: T-101 taşma koruma döngüsü (LSHH-101, kesme rölesi, XV-102)	$3,84 \times 10^{-2}$	Hata ağacı analizi FTA-01 Rev. 0 (Ek-3.1)	Test ve muayene aralığı: 6 ay. Değer, ekteki hata ağacı analiziyle (Ek-3.1) ikili karar diyagramı yöntemiyle kesin olarak hesaplanmıştır; temel olayların değerleri, kaynakları, sayfa numaraları ve dönüşümler ekin Tablo Ek-3.1.1'inde verilmiştir.
Koruma katmanı: Tank seti (TS-101)	1×10^{-2}	[1], Tablo 6.3, s. 92	Literatür aralığı: $1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3}$.

Bu senaryoda yazılım kullanılmamıştır.

Kabuller ve gerekçeler:

- Tankın tanker boşaltmasıyla doldurulduğu ve seviye ölçüm döngüsünün arızasının taşmaya yol açabileceği kabul edilmiştir (ÖRNEK kabul) – gerekçe: tank sahası tehlike kontrol listesi.
- T-101 taşma koruma döngüsünün talep anında çalışmama olasılığı, hazır listedeki tipik değer yerine bileşenlerin arıza verileriyle hata ağacı analiziyle (FTA-01) hesaplanmıştır – gerekçe: döngü olağan kontrol sisteminden bağımsız, kablolu bir kesmedir ve bileşenleri 6 ayda bir test edilir.
- Yüksek seviye alarmına operatör müdahalesi koruma katmanı olarak hesaba katılmamıştır – gerekçe: alarm, arızalandığı kabul edilen seviye ölçüm döngüsünden gelmektedir.
- Tutuşma olasılığı hesaba katılmamıştır (1 alınmıştır) – gerekçe: ihtiyatlı yaklaşım; set dışına yayılan etil alkolün her durumda tutuştuğu kabul edilmiştir.
- S-01 ile aynı tehlikeli ekipmanda aynı sonuca (set dışına yayılım ve havuz yangını) yol açtığından iki senaryonun frekansları toplanarak sınır değerle ayrıca karşılaştırılmıştır.

Yabancı dildeki kaynaklardan kullanılan bilgilerin yeminli tercüman tarafından hazırlanan Türkçe çevirileri (ÖRNEK – Yeminli tercüme (CCPS 2001, Tablo 5.1, 6.3, 6.5; CPR 12E, Ek 6-B)) Ek-4.1'de sunulmuştur.

8. Diğer hususlar

8.1 Kuruluştaki bulunan tesis hakkında bilgi

İşletmeci, Güvenlik Raporu Tebliği ile BKÖP Tebliğinin "Kuruluştaki bulunan tesis hakkında bilgi" başlığı altında yer alan bilgiler çerçevesinde, bu Tebliğde yer alan kritik ekipman tanımına uygun olarak kritik ekipmanları belirlemiştir. Her bir tesis için senaryo bazında her bir tehlikeli ekipmana ilişkin kritik ekipmanların adı/kodu, görevi ve periyodik kontrol süresi Ek-1.2'de liste halinde verilmiştir.

8.2 Frekansın hesaplanması

Seçilen büyük kaza senaryolarının frekans hesaplarında eğitim, bilginin mevcut ve anlaşılır olması, sertifikasyon, prosedürler, planlar, talimatlar, periyodik test ve kontroller, bakım, iletişim, işaretler gibi güvenlik tedbirleri doğrudan kullanılmamıştır. Bazı koruma katmanları için belirtilen test ve muayene aralıkları, yalnız ilgili donanımın talep anında çalışmama olasılığının dayanağı olarak verilmiştir; periyodik test ve kontrollerin kendisi koruma katmanı olarak sayılmamış ve frekans hesabına ayrıca katılmamıştır.

Senaryolarda tanımlanan bu tür tedbirler aşağıda gösterilmiş olup frekans hesabına katılmamıştır.

Tablo 21. Frekans hesabında kullanılmayan yönetsel tedbirler

Senaryo	Tedbir	Açıklama
S-01	Tank muayene programı (periyodik kalınlık ölçümü ve iç muayene)	Tank hasarı olasılığını azaltır; yönetsel tedbir olduğundan frekans hesabına katılmamıştır.
S-02	Tanker boşaltma talimatı ve operatör eğitimi	Yönetsel tedbir; frekans hesabına katılmamıştır.

8.3 Operatör hataları

Operatörün kök neden olduğu ya da operatör müdahalesinin yer aldığı senaryoların frekans hesaplarında operatörün hata yapma olasılığı analiz edilmiş ve aşağıdaki alt sınırlar uygulanmıştır; bu değerlerden daha düşük olasılıklar hesaplarda kullanılmamıştır.

a) Operatörün kök neden olduğu hesaplamalarda hata yapma olasılığı en az 0,01 olarak değerlendirilir. Operatörün kök neden olduğu senaryo bulunmamaktadır.

b) Operatör müdahalesinin yer aldığı hesaplamalarda operatörün hata yapma olasılığı en az 0,1 olarak alınmıştır. Bu kapsamdaki koruma katmanları ve kullanılan olasılıklar: S-02 – Yüksek seviye alarmına operatör müdahalesi (0,1).

8.4 Bağımsızlık ve etkinlik prensibi

Senaryoların frekans hesaplarında bağımsızlık prensibi (aynı senaryodaki bir tedbirin kök nedenlerden veya diğer tedbirlerin başarısızlığından etkilenmemesi), ortak nedenli hataların etkisi (birden fazla tedbirin tek bir olay veya nedenle işlevini yerine getirememesi) ve etkinlik prensibi (bir tedbirin tasarlandığı şekilde çalıştığında istenmeyen sonucu önlemesi ya da etkisini azaltması) dikkate alınmıştır. Bağımsız ve etkin olduğu doğrulanmayan ya da başlatıcı olayla veya hesaba katılan başka bir koruma katmanıyla ortak bileşen veya ortak neden paylaşan koruma katmanları frekans hesabına katılmamıştır. Başlatıcı olayı kontrol sistemi arızası olan senaryolarda aynı kontrol sistemine dayanan koruma katmanları, operatör hatasıyla başlayan senaryolarda ise aynı kişi veya ekibin müdahalesi frekans hesabına katılmamış; bir senaryoda kontrol sistemine dayanan en fazla bir koruma katmanı hesaba katılmıştır. Değerlendirme aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 22. Koruma katmanlarının bağımsızlık ve etkinlik değerlendirmesi

Senaryo	Koruma katmanı	Bağımsız	Etkin	Ortak neden grubu	Hesaba katıldı mı	Gerekçe
S-01	Tank seti (TS-101)	Evet	Evet	—	Evet	Set, içindeki en büyük tankın hacmini alabilecek kapasitededir ve tank gövdesinden ayrı bir yapıdır; tank hasarından etkilenmez (ÖRNEK).
S-02	Tank seti (TS-201)	Evet	Evet	—	Evet	Set, içindeki en büyük tankın hacmini alabilecek kapasitededir; seviye ölçüm döngüsünden bağımsızdır (ÖRNEK).
	Yüksek seviye alarmına operatör müdahalesi	Hayır	Evet	—	Hayır (başlatıcı olayla aynı kontrol sistemi)	Alarm, arızalandığı kabul edilen seviye ölçüm döngüsünden

Senaryo	Koruma katmanı	Bağımsız	Etkin	Ortak neden grubu	Hesaba katıldı mı	Gerekçe
						gelmektedir; başlatıcı olaydan bağımsız olmadığı için hesaba katılmamıştır.
S-03	T-101 taşma koruma döngüsü (LSHH-101, kesme rölesi, XV-102)	Evet	Evet	—	Evet	Seviye şalteri olağan kontrol sisteminin seviye ölçümünden ayrı bir algılayıcıdır; kesme, olağan kontrol sistemine dayanmayan kablolu röle devresiyle yapılır ve tank girişini kapatarak taşmayı tek başına önler (ÖRNEK). Talep anında çalışmama olasılığı hata ağacı analiziyle hesaplanmıştır. Test ve muayene aralığı: 6 ay.
	Tank seti (TS-101)	Evet	Evet	—	Evet	Set, içindeki en büyük tankın hacmini alabilecek kapasitededir; seviye ölçüm döngüsünden ve taşma koruma döngüsünden bağımsızdır (ÖRNEK).

ÖRNEK

KAYNAKLAR

- [1] Center for Chemical Process Safety (CCPS), 2001, Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment, American Institute of Chemical Engineers, New York.
- [2] Committee for the Prevention of Disasters (CPR), 2005, Methods for determining and processing probabilities ("Red Book"), CPR 12E, 2nd edition (Schüller J.C.H., Brinkman J.L., Van Gestel P.J., van Otterloo R.W.; NRG), Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 4 (PGS 4; 1997 ikinci baskısından değişikliksiz), Den Haag. <https://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS4/PGS4-1997-v0.1-probabilities.pdf>
- [3] ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş., Kritik ekipman periyodik test ve kontrol programı, Rev. 0 (ÖRNEK)

ÖRNEK

EKLER

Ek-1 Hesaplamalar ve listeler

1.1. Tehlikeli ekipmanların belirlenmesinde yapılan işlemler, hesaplamalar ve kabuller

Her ekipmandaki tehlikeli maddenin miktarı, maddenin Yönetmelik Ek-1'deki alt seviye eşik miktarıyla karşılaştırılmıştır (alt seviye eşik tanımlı olmayan maddelerde üst seviye eşik kullanılmış ve tabloda "(üst)" olarak gösterilmiştir). Oran, ekipmandaki miktarın eşik miktarına bölünüp 100 ile çarpılmasıyla bulunmuştur. Oranı %10 ve üzerinde olan ekipmanlar tehlikeli ekipman olarak önerilmiş; nihai karar işletmeci tarafından verilmiş, öneriden farklı kararların gerekçesi tabloda yazılmıştır.

Tablo 23. Tehlikeli ekipmanların belirlenmesinde yapılan hesaplamalar

Tesis	Ekipman	Tehlikeli madde	Miktar (ton)	Eşik (ton)	Oran (%)	Öneri	Karar	Gerekçe
ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	T-101 – Etil alkol depolama tankı	Etanol	2.400	5.000	48	Tehlikeli	Tehlikeli ekipman	
ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	T-201 – Metil alkol depolama tankı	Metanol	3.100	500	620	Tehlikeli	Tehlikeli ekipman	
ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	D-301 – Tanker dolum istasyonu	Etanol	30	5.000	0,6	Tehlikeli değil	Tehlikeli değil	
ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	IBC-01 – IBC kap stok sahası	Etanol	150	5.000	3	Tehlikeli değil	Tehlikeli değil	

Kabuller:

- Ekipmandaki madde miktarı olarak ekipmanın tam dolu kapasitesindeki miktar esas alınmıştır.
- Kuruluştaki karışım bulunmamaktadır; maddeler saf halde değerlendirilmiştir.
- Dolum istasyonunda bir tankerin taşıyabileceği en büyük miktar, IBC kap stok sahasında sahanın tam dolu olduğu durumdaki miktar esas alınmıştır (ÖRNEK kabuller).

1.2. Senaryo bazında kritik ekipman listesi

Tablo 24. Senaryo bazında kritik ekipmanlar

Tesis	Senaryo	Tehlikeli ekipman	Kritik ekipmanın adı / kodu	Görevi	Periyodik kontrol süresi
ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi	Senaryo S-01: T-101 tankında bütünlük kaybı ile etil alkol salımı	T-101 – Etil alkol depolama tankı	LSHH-101	T-101 tankında yüksek-yüksek seviyede taşmayı önlemek için dolumu durdurur	6 ay
			XV-101	Tank çıkış hattını uzaktan kapatarak salımı durdurur	1 yıl
			XV-102	T-101 tankında yüksek-yüksek seviyede tank girişini kapatarak taşmayı önler	6 ay
			GD-01...GD-08	Tank sahası ve dolum alanında yanıcı buhar birikimini algılayıp alarm verir	3 ay
			TS-101	T-101 tankından dökülen sıvıyı set içinde tutarak yayılmasını sınırlar	1 yıl
	Senaryo S-02: T-201	T-201 – Metil alkol	LSHH-201	T-201 tankında yüksek-yüksek	6 ay

Tesis	Senaryo	Tehlikeli ekipman	Kritik ekipmanın adı / kodu	Görevi	Periyodik kontrol süresi
	tankının taşması sonucu metil alkol salımı	depolama tankı		seviyede taşmayı önlemek için dolumu durdurur	
			GD-01...GD-08	Tank sahası ve dolum alanında yanıcı buhar birikimini algılayıp alarm verir	3 ay
			TS-201	T-201 tankından dökülen sıvıyı set içinde tutarak yayılmasını sınırlar	1 yıl
	Senaryo S-03: T-101 tankının taşması sonucu etil alkol salımı	T-101 – Etil alkol depolama tankı	LSHH-101	T-101 tankında yüksek-yüksek seviyede taşmayı önlemek için dolumu durdurur	6 ay
			XV-101	Tank çıkış hattını uzaktan kapatarak salımı durdurur	1 yıl
			XV-102	T-101 tankında yüksek-yüksek seviyede tank girişini kapatarak taşmayı önler	6 ay
			GD-01...GD-08	Tank sahası ve dolum alanında yanıcı buhar birikimini algılayıp alarm verir	3 ay
			TS-101	T-101 tankından dökülen sıvıyı set içinde tutarak yayılmasını sınırlar	1 yıl

ÖRNEK

TEHLİKE VE İŞLETİLEBİLİRLİK ÇALIŞMASI (HAZOP) RAPORU

ÖRNEK – Metil alkol tanker boşaltma hattı ve T-201 depolama tankı

HZ-01 / Rev. 0

Tesis	ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi
Çalışma tarihleri	22.10.2025
Rapor tarihi	15.01.2026

Hazırlayan (Çalışma lideri)	Onaylayan (Yönetim temsilcisi)
Adı soyadı: ÖRNEK Proses Güvenliği Sorumlusu	Adı soyadı: ÖRNEK Genel Müdür
Tarih: 29.10.2025	Tarih: 29.10.2025
İmza:	İmza:

İÇİNDEKİLER

Tablolar Listesi	28
Kısaltmalar	28
1. Yönetici Özeti	29
2. Amaç ve Kapsam	29
3. Yöntem	29
4. Çalışma Ekibi ve Katılım	30
5. İncelenen Çizim ve Belgeler	31
6. Risk Derecelendirmesi	31
7. Çalışma Tabloları	34
7.1 Düşüm (bölüm) 0: Genel bölüm (incelenen alanın tamamını etkileyenler)	34
7.2 Düşüm (bölüm) 1: Metil alkol tanker boşaltma hattı	35
7.3 Düşüm (bölüm) 2: T-201 metil alkol depolama tankı	37
8. Öneriler	39
9. Çizim ve Belge Düzeltme Listesi	40
10. Dikkate Alınan Geçmiş Olaylar	40
11. İmzalar	40

TABLolar LİSTESİ

Tablo Ek-2.1.1. Kılavuz kelimeler	30
Tablo Ek-2.1.2. Parametreler ve uygulanan sapmalar	30
Tablo Ek-2.1.3. Çalışma ekibi	30
Tablo Ek-2.1.4. Toplantılar	31
Tablo Ek-2.1.5. 1. toplantı katılım listesi (22.10.2025)	31
Tablo Ek-2.1.6. İncelenen çizim ve belgeler	31
Tablo Ek-2.1.7. Risk matrisi (şiddet × olasılık)	32
Tablo Ek-2.1.8. Risk düzeyleri	32
Tablo Ek-2.1.9. Şiddet düzeyleri	32
Tablo Ek-2.1.10. Olasılık düzeyleri	33
Tablo Ek-2.1.11. Düşüm 0: Genel bölüm (incelenen alanın tamamını etkileyenler) – çalışma tablosu	34
Tablo Ek-2.1.12. Düşüm 1: Metil alkol tanker boşaltma hattı – çalışma tablosu	35
Tablo Ek-2.1.13. Düşüm 2: T-201 metil alkol depolama tankı – çalışma tablosu	37
Tablo Ek-2.1.14. Öneri listesi	39
Tablo Ek-2.1.15. İmzalar	40
Tablo Ek-2.1.16. Çalışma ekibi	40

KISALTMALAR

HAZOP	Hazard and Operability Study – Tehlike ve işletilebilirlik çalışması
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram – Borulama ve enstrümantasyon diyagramı
Rev.	Revizyon

R0	Önlemsiz risk derecesi (sonuç, hiçbir önlem çalışmıyormuş gibi)
R1	Mevcut önlemlerle risk derecesi

1. YÖNETİCİ ÖZETİ

ÖRNEK – Metil alkol tanker boşaltma hattı ve T-201 metil alkol depolama tankı, proses güvenliği, işletme, bakım ve enstrümantasyon temsilcilerinden oluşan ekiple bir toplantıda incelenmiştir. T-201 tankının taşması büyük kaza senaryosu adayı olarak belirlenmiş ve büyük kaza senaryo dokümanına aktarılmıştır. Taşmaya karşı seviye ölçüm döngüsünden bağımsız bir yüksek seviye alarmı kurulması ve yüksek-yüksek seviye kesmesinin güvenlik bütünlük seviyesinin doğrulanması önerilmiştir.

2. AMAÇ VE KAPSAM

Çalışmanın amacı	Metil alkol tanker boşaltma hattında ve T-201 metil alkol depolama tankında olağan işletmede ortaya çıkabilecek sapmaların, nedenlerinin ve sonuçlarının belirlenmesi; büyük kaza senaryosu adaylarının büyük kaza senaryo dokümanı için seçilmesi (ÖRNEK).
Tesis	ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi
Çalışmanın sınırları	Tanker boşaltma noktasındaki hortum bağlantısından T-201 tankına ve tank çıkış vanasına kadar; T-201 tank seti (TS-201) dahil (ÖRNEK).
Kapsam dışı bırakılanlar	T-101 etil alkol tank sahası, D-301 tanker dolum istasyonu ve IBC kap stok sahası; T-201 havalandırma ve azot örtüleme sistemi (ayrı çalışmada incelenecektir). Tank gövdesi ve tabanındaki bütünlük kaybı tank sahası tehlike kontrol listesiyle değerlendirilmiştir (ÖRNEK).
İncelenen işletme durumları	Olağan işletme
Değerlendirilen sonuç alanları	Güvenlik, Sağlık, Çevre, İşletilebilirlik

3. YÖNTEM

Çalışma, tehlike ve işletilebilirlik çalışması (HAZOP) yöntemiyle yapılmıştır. İncelenen sistem düğümlere (bölümlere) ayrılmış; her düğümün tasarım amacı belirlendikten sonra proses parametrelerine kılavuz kelimeler uygulanarak tasarım amacından sapmalar türetilmiştir.

Her sapma için ekip; olası nedenleri, hiçbir önlem çalışmıyormuş gibi sonuçları (önlemsiz sonuç), bugün saptayı önleyen ya da sonucunu sınırlayan mevcut önlemleri ve gerekli görülen önerileri kaydetmiştir.

Kullanılan kılavuz kelime ve parametre listesi

Liste	Sürekli süreç – temel
Sürüm	1
Türü	Hazır liste
Kaynak	U.S. Department of Energy, DOE-HDBK-1100-2004, Chemical Process Hazards Analysis (Ağustos 2004; Ekim 2022'de yeniden onaylandı). Kamuya açık, dağıtımı sınırsız.
Kaynaktaki yeri	Tablo 4.14 (s. 40), Tablo 4.15 (s. 41), Tablo 5.1 (s. 60), Tablo 4.1 (s. 25)

Tablo Ek-2.1.1. Kılavuz kelimeler

Kılavuz kelime	Anlamı
YOK	Olması gereken hiç olmuyor (amacın tamamen tersi).
FAZLA	Olması gerekenden çok (nicelikte artış).
AZ	Olması gerekenden az (nicelikte azalma).
TERS	Olması gerekenin mantıksal tersi.
KISMEN	Olması gerekenin yalnız bir kısmı var (nitelikte eksilme).
BAŞKA	Olması gerekenin yerine tamamen başka bir şey.

Tablo Ek-2.1.2. Parametreler ve uygulanan sapmalar

Parametre	Sapmalar
Akış (debi)	Akış yok (YOK); Fazla akış (FAZLA); Az akış (AZ); Ters akış (TERS)
Basınç	Yüksek basınç (FAZLA); Düşük basınç (vakum dahil) (AZ)
Sıcaklık	Yüksek sıcaklık (FAZLA); Düşük sıcaklık (AZ)
Seviye	Yüksek seviye / taşma (FAZLA); Düşük seviye / boşalma (AZ)
Bütünlük (madde kapta / hatta kalıyor mu)	Bütünlük kaybı (YOK); Sızıntı / döküntü (KISMEN)
Devreye alma ve durdurma	Devreye alma, durdurma ya da acil durdurma (BAŞKA)
Bakım, test ve numune alma	Bakım, test ya da numune alma (BAŞKA)
Yardımcı hizmetler	Yardımcı hizmet kaybı (YOK)
Dış olaylar	Dış olay (BAŞKA)

Risk derecelendirmesi: önlemsiz risk (R0); mevcut önlemlerle risk (R1).

Kayda değer sonucu olmayan, güvenilir nedeni bulunmayan ve kapsam dışı bırakılan sapmalar düğüm tablosunun sonunda kısa listede verilmiştir; kayıta tutulmaktadır.

4. ÇALIŞMA EKİBİ VE KATILIM

Tablo Ek-2.1.3. Çalışma ekibi

Adı soyadı	Kurum / birim	Unvanı	Rolü	Katılım
ÖRNEK Proses Güvenliği Sorumlusu	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Proses Güvenliği Sorumlusu	Çalışma lideri	Tam zamanlı
ÖRNEK Proses Mühendisi	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Proses Mühendisi	Yazıcı	Tam zamanlı
ÖRNEK Tesis Müdürü	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Tesis Müdürü	İşletme temsilcisi	Tam zamanlı
ÖRNEK Vardiya Amiri	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Vardiya Amiri	Operatör	Gerektiğinde
ÖRNEK Bakım Şefi	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Bakım Şefi	Bakım / mekanik	Tam zamanlı

Tablo Ek-2.1.3. Çalışma ekibi

Adı soyadı	Kurum / birim	Unvanı	Rolü	Katılım
ÖRNEK Enstrümantasyon Mühendisi	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Enstrümantasyon Mühendisi	Enstrüman ve kontrol	Tam zamanlı

Çalışma lideri incelenen projeden bağımsızdır (Çalışma lideri, incelenen tesisin işletme ve bakım ekiplerinde görev almayan proses güvenliği sorumlusudur (ÖRNEK)).

Tablo Ek-2.1.4. Toplantılar

No	Tarih	Saat	Süre	Katılımcı	İncelenen düğümler
1	22.10.2025	09:30–15:30	6 sa 0 dk	6	0, 1, 2

Tablo Ek-2.1.5. 1. toplantı katılım listesi (22.10.2025)

Adı soyadı	Kurum / birim	Rolü	Katılım	İmza
ÖRNEK Proses Güvenliği Sorumlusu	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Çalışma lideri	Tam zamanlı	
ÖRNEK Proses Mühendisi	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Yazıcı	Tam zamanlı	
ÖRNEK Tesis Müdürü	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	İşletme temsilcisi	Tam zamanlı	
ÖRNEK Vardiya Amiri	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Operatör	Gerektiğinde	
ÖRNEK Bakım Şefi	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Bakım / mekanik	Tam zamanlı	
ÖRNEK Enstrümantasyon Mühendisi	ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş.	Enstrüman ve kontrol	Tam zamanlı	

5. İNCELENEN ÇİZİM VE BELGELER

Tablo Ek-2.1.6. İncelenen çizim ve belgeler

No	Adı	Türü	Revizyon	Tarihi
ÖRNEK P&ID-201	T-201 metil alkol tankı ve tanker boşaltma hattı	Borulama ve enstrümantasyon şeması (P&ID)	C	15.09.2025
ÖRNEK TL-04	Tanker boşaltma talimatı	İşletme prosedürü	B	02.06.2025

6. RİSK DERECELENDİRMESİ

Çalışmada kullanılan risk matrisi: ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş. risk matrisi, Sürüm 1 (çalışmaya 15.10.2025 tarihinde alınmış dondurulmuş kopya).

Matrisin kuruluştaki onayı: ÖRNEK Genel Müdür, 01.09.2025.

Dayanak: ÖRNEK Kimya Sanayi A.Ş. risk değerlendirme prosedürü.

Tablo Ek-2.1.7. Risk matrisi (şiddet × olasılık)

	01 Çok seyrek	02 Seyrek	03 Ara sıra	04 Sık	05 Çok sık
Ş5 Felaket (BK)	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Ş4 Ciddi (BK)	Düşük	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek
Ş3 Önemli	Düşük	Düşük	Orta	Orta	Yüksek
Ş2 Küçük	Düşük	Düşük	Düşük	Orta	Orta
Ş1 Önemsiz	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Orta

Hücrelerde risk düzeyinin adı yazılmıştır; renk ve desen yalnız yardımcıdır. BK: büyük kaza düzeyi olarak işaretli şiddet.

Tablo Ek-2.1.8. Risk düzeyleri

Düzy	Gösterim	Gereken eylem	Onay yetkisi
Düşük	düz	Kabul edilebilir; mevcut önlemlerin sürekliliği izlenir	Tesis müdürü
Orta	noktalı	Ek önlemler değerlendirilir; makul ölçüde uygulanabilir olanlar alınır	Tesis müdürü
Yüksek	kafesli	Kabul edilemez; risk düşürülene kadar iş yapılmaz	Genel müdür

Tablo Ek-2.1.9. Şiddet düzeyleri

Kod	Şiddet	Tanım	Büyük kaza düzeyi
Ş1	Önemsiz	İnsan: Yaralanma yok ya da ilk yardımla giderilen etki Çevre: Kuruluş içinde, hemen toplanan döküntü İşletme ve varlık: Kısa süreli aksama; ekipman hasarı yok	Hayır
Ş2	Küçük	İnsan: Tıbbi tedavi gerektiren, iş günü kaybına yol açmayan yaralanma Çevre: Kuruluş içinde, kendi imkânlarıyla temizlenen döküntü İşletme ve varlık: Vardiya içinde giderilen duruş ya da hasar	Hayır
Ş3	Önemli	İnsan: İş günü kaybına yol açan yaralanma ya da sağlık etkisi Çevre: Kuruluş içinde, dış destekle temizlenen kirlenme İşletme ve varlık: Günlerce süren duruş ya da önemli ekipman hasarı	Hayır
Ş4	Ciddi	İnsan: Kuruluş içinde ölüm ya da kalıcı iş göremezlik Çevre: Kuruluş dışına ulaşan, müdahale gerektiren kirlenme İşletme ve varlık: Tesisin uzun süre durması	Evet
Ş5	Felaket	İnsan: Birden çok ölüm ya da kuruluş dışında yaralanma veya ölüm Çevre: Geniş alanı etkileyen, uzun süreli çevre zararı İşletme ve varlık: Tesisin kaybı	Evet

Tablo Ek-2.1.10. Olasılık düzeyleri

Kod	Olasılık	Tanım	Sıklık aralığı (yılıda)
01	Çok seyrek	Sektörde duyulmuş; bu kuruluştaki beklenmez	
02	Seyrek	Kuruluşun ömrü boyunca olabilir	
03	Ara sıra	Kuruluştaki birkaç kez olabilir	
04	Sık	Kuruluştaki zaman zaman yaşanır	
05	Çok sık	Kuruluştaki sık yaşanır	

ÖRNEK

7. ÇALIŞMA TABLOLARI

R0, R1: önlemlerle risk (R0); mevcut önlemlerle risk (R1). Risk hücrelerinde şiddet/olasılık kodu ve düzeyin adı yazılır. Kayda değer sonucu olmayan, güvenilir nedeni bulunmayan ve kapsam dışı bırakılan sapmalar düğüm tablosunun sonunda kısa listede verilmiştir; kayıta tutulmaktadır.

7.1 Düğüm (bölüm) 0: Genel bölüm (incelenen alanın tamamını etkileyenler)

İşletme durumu	Olağan işletme
Toplantılar	1. (22.10.2025)

Tablo Ek-2.1.11. Düğüm 0: Genel bölüm (incelenen alanın tamamını etkileyenler) – çalışma tablosu

No	Sapma	Neden	Sonuç (önlemler)	R0	Mevcut önlemler	R1	Öneri	Sorumlu	Not
0.1.1	0.1 Yardımcı hizmet kaybı	Elektrik kesintisi	Boşaltma pompası durur ve boşaltma yarıda kalır; tanker ve hat dolu bekler. Yalnız işletme sorunu.	 Ş1/03 Düşük	Tanker boşaltma talimatı (elektrik kesintisinde vanalar kapatılır, boşaltma talimatına göre yeniden başlatılır)	 Ş1/03 Düşük			

7.2 D    m (bölüm) 1: Metil alkol tanker boşaltma hattı

��izimler	ÖRNEK P&ID-201 Rev. C; ÖRNEK TL-04 Rev. B
Sınırlar	Tanker boşaltma noktasındaki hortum bağlantısından T-201 tank giriş vanasına kadar; boşaltma pompası dahil.
Tasarım amacı	Tankerdeki metil alkol, boşaltma pompasıyla esnek hortum ve sabit boru hattı üzerinden T-201 tankına aktarılır.
İşletme koşulları	Ortam sıcaklığında sıvı aktarımı; tanker topraklaması ba��lanmadan boşaltmaya ba��lanmaz. Tank girişi tavandandır (ÖRNEK).
İşletme durumu	Olağan işletme
Toplantılar	1. (22.10.2025)

Tablo Ek-2.1.12. D    m 1: Metil alkol tanker boşaltma hattı    çalışma tablosu

No	Sapma	Neden	Sonuc (��nlemsiz)	R0	Mevcut ��nlemler	R1	��neri	Sorumlu	Not
1.1.1	1.1 Akı�� yok	Tanker ��ıkı�� vanası açılmadan boşaltma pompası çalıştırılır	Pompa emi��siz (kuru) ��alı��ır ve salmastrası hasar görür; salmastradan metil alkol sızabilir.	������ ��2/03 Düşük	- Tanker boşaltma talimatı (boşaltmadan önce vana düzeni kontrol edilir) - Operatör boşaltma boyunca pompanın başında bulunur	������ ��2/02 Düşük	��-04 Tanker boşaltma talimatına, boşaltmaya başlamadan önce vana düzeninin ve tanker havalandırmasının kontrol listesiyle doğrulanması adımı eklenmeli; operatörler güncellenen talimat konusunda eğitilmelidir.	ÖRNEK Tesis Müdürü	
1.3.1	1.3 Az akı��	Pompa emişindeki süzgeç tıkanır	Boşaltma uzar. Yalnız işletme sorunu.	������ ��1/03 Düşük	Süzgecin periyodik temizliği	������ ��1/02 Düşük			

Tablo Ek-2.1.12. Düzüm 1: Metil alkol tanker boşaltma hattı – çalışma tablosu

No	Sapma	Neden	Sonuç (önlemsiz)	R0	Mevcut önlemler	R1	Öneri	Sorumlu	Not
1.5.1	1.5 Yüksek basınç	Tank giriş vanası kapalıyken boşaltma pompası çalıştırılır	Pompa kapalı vanaya karşı çalışır, hat basıncı yükselir; hortum bağlantısından ya da contalardan metil alkol sızabilir. Sızan metil alkol tutuşursa yangın çıkar.	Ş3/03 Orta	- Tanker boşaltma talimatı (boşaltmadan önce vana düzeni kontrol edilir) - Hortumların periyodik basınç testi ve gözle kontrolü	Ş3/02 Düşük	Ö-03 Boşaltma pompasının, tank giriş vanası açık konumda değilken çalışmasını engelleyen bir kilitleme kurulması değerlendirilmelidir. Ö-04 Tanker boşaltma talimatına, boşaltmaya başlamadan önce vana düzeninin ve tanker havalandırmasının kontrol listesiyle doğrulanması adımı eklenmeli; operatörler güncellenen talimat konusunda eğitilmelidir.	ÖRNEK Bakım Şefi ÖRNEK Tesis Müdürü	
1.6.1	1.6 Düşük basınç (vakum dahil)	Tanker havalandırma vanası açılmadan boşaltmaya başlanır	Tankerde vakum oluşur ve boşaltma durur; tanker kapak contaları hasar görebilir. Yalnız işletme sorunu.	Ş1/03 Düşük	Tanker boşaltma talimatı (boşaltmadan önce tanker havalandırması açılır)	Ş1/02 Düşük	Ö-04 Tanker boşaltma talimatına, boşaltmaya başlamadan önce vana düzeninin ve tanker havalandırmasının kontrol listesiyle doğrulanması adımı eklenmeli; operatörler güncellenen talimat konusunda eğitilmelidir.	ÖRNEK Tesis Müdürü	

Sonuç bulunmayan ya da incelenmeyen sapmalar

No	Sapma	Değerlendirme	Not
1.2.1	Fazla akış	Güvenilir neden bulunamadı	ÖRNEK: Boşaltma sabit devirli tek pompayla yapılır; akışı artırabilecek başka bir kaynak yoktur.
1.4.1	Ters akış	Kayda değer sonuç yok	ÖRNEK: Tank girişi tavandandır; tanktaki metil alkol hatta geri akamaz, geri akış hattaki sıvıyla sınırlıdır.

7.3 D   m (bölüm) 2: T-201 metil alkol depolama tankı

�izimler	ÖRNEK P&ID-201 Rev. C
Tehlikeli ekipman	T-201 Metil alkol depolama tankı
Sınırlar	T-201 tank giriş vanasından tank çıkış vanasına kadar; tank seti (TS-201) dahil.
Tasarım amacı	Tanker boşaltma hattından gelen metil alkol atmosferik tankta depolanır ve tank çıkışından sevkiyata gönderilir.
İşletme koşulları	Atmosferik basınç ve ortam sıcaklığı; seviye �l��m ve kontrol döngüsü, yüksek seviye alarmı ve yüksek-yüksek seviye şalteri (LSHH-201) vardır (ÖRNEK).
İşletme durumu	Olağan işletme
Toplantılar	1. (22.10.2025)

Tablo Ek-2.1.13. D   m 2: T-201 metil alkol depolama tankı –  alışma tablosu

No	Sapma	Neden	Sonuc (�nlemsiz)	R0	Mevcut �nlemler	R1	�neri	Sorumlu	Not
2.3.1	2.3 Yüksek seviye / taşma	Tanker boşaltması sırasında seviye �l��m ve kontrol döngüsü arızalanır; seviye gerçekte olduğundan düşük gösterilir	Boşaltma sürer ve tank taşar; metil alkol tank setine dökülür. Set sıvıyı tutamazsa metil alkol set dışına yayılır; tutuşursa havuz yangını çıkar. Buharlaşan metil alkol solunum yoluyla zehirlenme tehlikesi oluşturur.	�������� �5/03 Yüksek	- Yüksek seviye alarmına operatör müdahalesi (alarm aynı seviye �l��m döngüsünden gelir) - LSHH-201 yüksek-yüksek seviye şalteriyle dolum kesmesi (güvenlik bütünlük seviyesi doğrulanmadı) - Tank seti (TS-201) - Tanker boşaltma talimatı ve operatör eğitimi	�������� �5/02 Orta	�-01 T-201 tankına, seviye �l��m döngüsünden bağımsız ayrı bir sensörle çalışan ve kontrol odasına bildirilen yüksek seviye alarmı kurulmalıdır. �-02 LSHH-201 yüksek-yüksek seviye kesmesi için gerekli güvenlik bütünlük seviyesi belirlenmeli ve doğrulanmalıdır; doğrulanan kesme taşma senaryosunda koruma katmanı olarak değerlendirilmelidir.	ÖRNEK Tesis Müdürü ÖRNEK Proses Güvenliği Sorumlusu	Büyük kaza senaryosu adayı (ekip kararı)
2.4.1	2.4 Düşük seviye / boşalma	Sevkiyat sırasında düşük seviye alarmı fark edilmez ve tanktan çekiş sürer	Tank boşalır; sevkiyat pompası kuru çalışarak salmastrasından metil alkol sızabilir.	�������� �2/03 Düşük	- Düşük seviye alarmı - Sevkiyat talimatı	�������� �2/02 Düşük			

Sonuç bulunmayan ya da incelenmeyen sapmalar

No	Sapma	Değerlendirme	Not
2.1.1	Yüksek sıcaklık	Güvenilir neden bulunamadı	ÖRNEK: Tankta ısıtma yoktur; olağan işletmede sıcaklığı yükseltecek güvenilir bir neden bulunamadı.
2.2.1	Düşük sıcaklık	Kayda değer sonuç yok	ÖRNEK: Soğuk havada metil alkol donmaz ve akışkanlığını korur.

ÖRNEK

8. ÖNERİLER

Tablo Ek-2.1.14. Öneri listesi

No	Öneri	Gerekçe	Bağlı satırlar	Öncelik	Sorumlu	Hedef tarih	Karar	Durum
Ö-01	T-201 tankına, seviye ölçüm döngüsünden bağımsız ayrı bir sensörle çalışan ve kontrol odasına bildirilen yüksek seviye alarmı kurulmalıdır.	Mevcut yüksek seviye alarmı, arızalandığı kabul edilen seviye ölçüm döngüsünden gelmektedir; taşmaya karşı bu döngüden bağımsız bir uyarı yoktur.	2.3.1	Orta	ÖRNEK Tesis Müdürü	30.09.2026	Kabul (ÖRNEK Genel Müdür, 05.11.2025)	Açık
Ö-02	LSHH-201 yüksek-yüksek seviye kesmesi için gerekli güvenlik bütünlük seviyesi belirlenmeli ve doğrulanmalıdır; doğrulanan kesme taşma senaryosunda koruma katmanı olarak değerlendirilmelidir.	Kesmenin güvenlik bütünlük seviyesi doğrulanmadığı için taşma senaryosunda koruma katmanı olarak hesaba katılamamaktadır.	2.3.1	Orta	ÖRNEK Proses Güvenliği Sorumlusu	30.06.2026	Kabul (ÖRNEK Genel Müdür, 05.11.2025)	Açık
Ö-03	Boşaltma pompasının, tank giriş vanası açık konumda değilken çalışmasını engelleyen bir kilitleme kurulması değerlendirilmelidir.	Kapalı vanaya karşı çalışan pompa hat basıncını yükseltir; hortum ve contalardan metil alkol sızabilir.	1.5.1	Düşük	ÖRNEK Bakım Şefi	31.03.2026	Kabul (ÖRNEK Genel Müdür, 05.11.2025)	Uygulamada
Ö-04	Tanker boşaltma talimatına, boşaltmaya başlamadan önce vana düzeninin ve tanker havalandırmasının kontrol listesiyle doğrulanması adımı eklenmeli; operatörler güncellenen talimat konusunda eğitilmelidir.	Yanlış vana düzeniyle başlatılan boşaltmada pompa kuru ya da kapalı vanaya karşı çalışabilir, tankerde vakum oluşabilir.	1.1.1, 1.5.1, 1.6.1	Düşük	ÖRNEK Tesis Müdürü	31.12.2025	Kabul (ÖRNEK Genel Müdür, 05.11.2025)	Kapandı (doğrulayan: ÖRNEK Proses Güvenliği Sorumlusu, 19.12.2025)

9. ÇİZİM VE BELGE DÜZELTME LİSTESİ

Çizim ya da belge düzeltmesi kaydedilmemiştir.

10. DİKKATE ALINAN GEÇMİŞ OLAYLAR

Çalışmada dikkate alınan geçmiş olay kaydı bulunmamaktadır.

11. İMZALAR

Bu rapor aşağıdaki kişilerce incelenmiş ve imzalanmıştır.

Tablo Ek-2.1.15. İmzalar

Görevi	Adı soyadı	Tarih	İmza
Çalışma lideri	ÖRNEK Proses Güvenliği Sorumlusu	29.10.2025	
Yönetim temsilcisi	ÖRNEK Genel Müdür	29.10.2025	

Tablo Ek-2.1.16. Çalışma ekibi

Adı soyadı	Rolü	İmza
ÖRNEK Proses Güvenliği Sorumlusu	Çalışma lideri	
ÖRNEK Proses Mühendisi	Yazıcı	
ÖRNEK Tesis Müdürü	İşletme temsilcisi	
ÖRNEK Vardiya Amiri	Operatör	
ÖRNEK Bakım Şefi	Bakım / mekanik	
ÖRNEK Enstrümantasyon Mühendisi	Enstrüman ve kontrol	

Tehlike belirleme çalışması tüm tehlikelerin bulunduğunu garanti etmez; sonuçlar ekibin bilgi ve deneyimine dayanır. Öneriler uygulanmadıkça çalışma amacına ulaşmaz.

HATA AĞACI ANALİZİ

T-101 taşma koruma döngüsü talepte çalışmaz

FTA-01 / Rev. 0

1. TANIM

Bu ekte "T-101 taşma koruma döngüsü talepte çalışmaz" tepe olayı (top event) için hata ağacı analizi (fault tree analysis, FTA) verilmiştir. Hata ağacı, tepe olaydan başlanarak VE ve VEYA kapıları ile doğrudan, gerekli ve yeterli nedenlerine ayrıştırılmış; ayrıştırma, değeri kaynaktan alınabilen temel olaylara kadar sürdürülmüştür. Hesaplanan büyüklük: talep başına başarısızlık olasılığı (birimsiz).

Analiz numarası ve revizyon	FTA-01 / Rev. 0
Tepe olay	T-101 taşma koruma döngüsü talepte çalışmaz
Analizin amacı	Koruma katmanının talep anında başarısızlık olasılığının (probability of failure on demand, PFD) hesaplanması
Hesaplanan büyüklük	Talep başına başarısızlık olasılığı (birimsiz)
Tesis	ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi
Tehlikeli ekipman	T-101 – Etil alkol depolama tankı
Sistem sınırı	LSHH-101 seviye şalterinden kablolu kesme rölesine ve XV-102 giriş vanasının selenoid vanası ile vana gövdesine kadar. Röle devresinin beslemesi, enstrüman havası ve dolum pompasının durdurulması sınır dışındadır (ÖRNEK).
Sonucun kullanıldığı yer	S-03 senaryosu – koruma katmanı: T-101 taşma koruma döngüsü (LSHH-101, kesme rölesi, XV-102)
Durumu	Tamamlandı (08.01.2026)
Rapor tarihi	15.01.2026

2. KABULLER VE MODEL SINIRLARI

- Temel olaylar, ortak neden grupları dışında birbirinden bağımsızdır. Bileşenler arasında modellenmemiş bağımlılık bulunması hâlinde ikinci ve daha yüksek dereceli minimal kesme kümelerinin gerçek değeri hesaplanandan yüksek olabilir.
- Bileşen arıza frekansları zaman içinde sabittir; yaşlanma etkisi modellenmemiştir.
- Periyodik testler kusursuzdur: test sırasında arıza her zaman tespit edilir; bileşen test veya onarımdan sonra yeni gibidir.
- Yedekli bileşenler art arda test edilir: birinci bileşenin testi ve gerekiyorsa onarımı tamamlanmadan ikinci bileşen teste alınmaz.
- Test aralığı, donanımın arızalı kalma olasılığının hesabında parametre olarak kullanılmıştır; periyodik test ayrıca bir koruma veya azaltma tedbiri olarak hesaba katılmamıştır (BKSD Tebliği Ek-2 8.2).
- Eğitim, prosedür, periyodik test ve bakım gibi yönetsel tedbirlerin başarısızlığını ifade eden temel olaylar hesapta azaltıcı olarak kullanılmamış, olasılıkları 1 alınmıştır (BKSD Tebliği Ek-2 8.2).

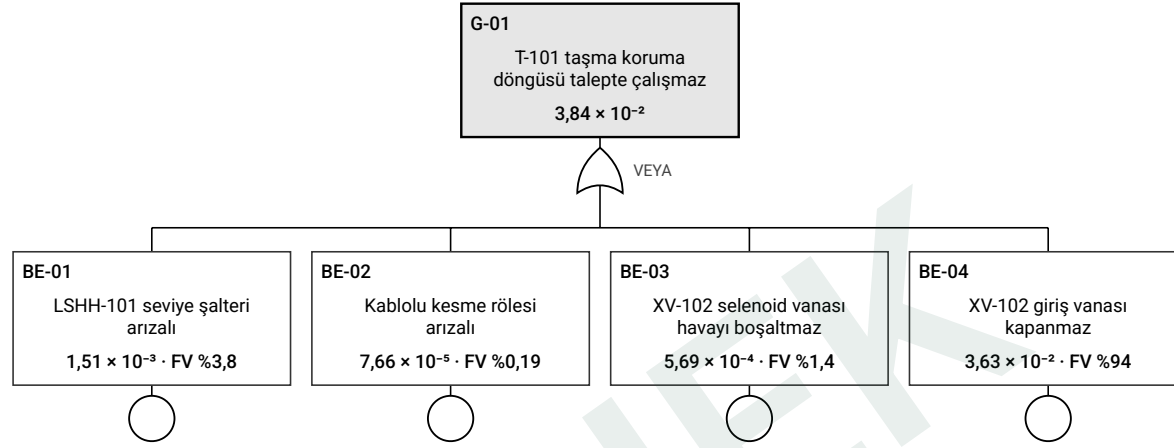
7. Genel literatür verisi tesisin koşullarına birebir uymayabilir; kullanılan her değerin kaynağı ve sayfası temel olaylar tablosunda verilmiştir.

Analizi yapanın kabulleri:

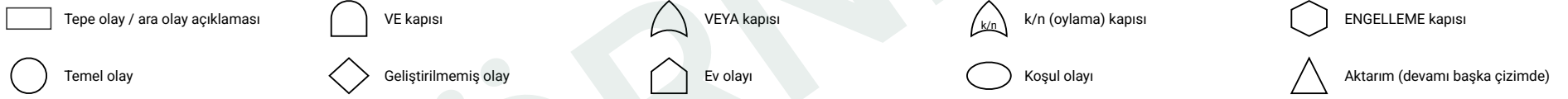
- Kesme, kablolu röle devresiyle yapılır; giriş ve çıkış kartı bulunmadığından hazır kalıptaki bu iki neden çıkarılmıştır (ÖRNEK).
- Röle devresi enerjisi kesilince kesme konumuna, XV-102 havası kesilince kapalı konuma geçer; besleme ve hava kaybı kesmeyi başlattığından çalışmama nedeni olarak alınmamıştır (ÖRNEK kabul).
- Dolum pompasının durdurulması ikinci bir son eleman olarak hesaba katılmamış, yalnız giriş vanasının kapanması esas alınmıştır (ihtiyatlı yaklaşım).
- Döngünün bütün bileşenleri 6 ayda bir döngü testiyle birlikte test edilir (ÖRNEK periyodik kontrol programı).

ÖRNEK

3. HATA AĞACI ÇİZİMİ



Şekil Ek-3.1.1. FTA-01 hata ağacı – Çizim 1/1: T-101 taşma koruma döngüsü talepte çalışmaz



Kutuların son satırındaki değerler: temel olaylarda hesapta kullanılan ortalama olasılık veya frekans ve Fussell-Vesely önem ölçüsü (FV, %); tepe ve ara olaylarda o olayın değeri (kesin çözüm).

4. TEMEL OLAYLAR VE VERİLER

Tablo Ek-3.1.1. Temel olaylar, kullanılan veriler ve kaynakları

Kod	Temel olay	Model	Değer ve birim	Test aralığı / onarım / görev süresi	Hesapta kullanılan değer	Kaynak	Sayfa	Dönüşüm, kabul ve gerekçe
BE-01	LSHH-101 seviye şalteri arızalı	Periyodik test edilen bekleme durumundaki bileşen	$\lambda = 6,9 \times 10^{-7}$ / saat	T = 4.380 saat (6 ay)	$1,51 \times 10^{-3}$ (ortalama)	λ : [2], Ek 6-B, satır 1.4.1 T: [3]	λ : 6.55 T: 1	Arıza sıklığı $6,9 \times 10^{-7}$ /saat, test aralığı 4.380 saat: test aralığı boyunca ortalama çalışmama olasılığı $1,51 \times 10^{-3}$ (yaklaşık $\lambda T/2 = 1,51 \times 10^{-3}$). Genel literatür verisi (1997); kaynaktaki ortalama değer.
BE-02	Kablolu kesme rölesi arızalı	Periyodik test edilen bekleme durumundaki bileşen	$\lambda = 3,5 \times 10^{-8}$ / saat	T = 4.380 saat (6 ay)	$7,66 \times 10^{-5}$ (ortalama)	λ : [2], Ek 6-B, satır 7.1.1 T: [3]	λ : 6.56 T: 1	Arıza sıklığı $3,5 \times 10^{-8}$ /saat, test aralığı 4.380 saat: test aralığı boyunca ortalama çalışmama olasılığı $7,66 \times 10^{-5}$ (yaklaşık $\lambda T/2 = 7,67 \times 10^{-5}$). Genel literatür verisi (1997); kaynaktaki ortalama değer.
BE-03	XV-102 selenoid vanası havayı boşaltmaz	Periyodik test edilen bekleme durumundaki bileşen	$\lambda = 2,6 \times 10^{-7}$ / saat	T = 4.380 saat (6 ay)	$5,69 \times 10^{-4}$ (ortalama)	λ : [2], Ek 6-B, satır 3.2.1 T: [3]	λ : 6.55 T: 1	Arıza sıklığı $2,6 \times 10^{-7}$ /saat, test aralığı 4.380 saat: test aralığı boyunca ortalama çalışmama olasılığı $5,69 \times 10^{-4}$ (yaklaşık $\lambda T/2 = 5,69 \times 10^{-4}$). Genel literatür verisi (1997); kaynaktaki ortalama değer.
BE-04	XV-102 giriş vanası kapanmaz	Periyodik test edilen bekleme durumundaki bileşen	$\lambda = 1,7 \times 10^{-5}$ / saat	T = 4.380 saat (6 ay)	$3,63 \times 10^{-2}$ (ortalama)	λ : [2], Ek 6-B, satır 3.1.1 T: [3]	λ : 6.55 T: 1	Arıza sıklığı $1,7 \times 10^{-5}$ /saat, test aralığı 4.380 saat: test aralığı boyunca ortalama çalışmama olasılığı $3,63 \times 10^{-2}$ (yaklaşık $\lambda T/2 = 3,72 \times 10^{-2}$). Genel literatür verisi (1997); kaynaktaki ortalama değer.

5. MİNİMAL KESME KÜMELERİ

Tablo Ek-3.1.2. Minimal kesme kümeleri (en büyük değerliler)

Sıra	Minimal kesme kümesi	Derece	Değer	Katkı (%)	Birikimli (%)
1	BE-04 XV-102 giriş vanası kapanmaz	1	$3,63 \times 10^{-2}$	94,6	94,6
2	BE-01 LSHH-101 seviye şalteri arızalı	1	$1,51 \times 10^{-3}$	3,93	98,5
3	BE-03 XV-102 selenoid vanası havayı boşaltmaz	1	$5,69 \times 10^{-4}$	1,48	100
4	BE-02 Kablolu kesme rölesi arızalı	1	$7,66 \times 10^{-5}$	0,2	100

Tabloda değeri en büyük 4 minimal kesme kümesi verilmiştir (toplam 4). Listelenen kümeler tepe olay değerinin %100'ini açıklamaktadır. Katkı, kümenin değerinin kesin sonuca oranıdır; kümeler ortak temel olay içerebildiğinden katkıların toplamı %100'ü aşabilir.

6. ÖNEM ÖLÇÜLERİ

Tablo Ek-3.1.3. Temel olayların önem ölçüleri

Kod	Temel olay	Fussell-Vesely (%)	RRW	RAW	Birnbaum
BE-04	XV-102 giriş vanası kapanmaz	94,4	17,8	26	$9,98 \times 10^{-1}$
BE-01	LSHH-101 seviye şalteri arızalı	3,79	1,04	26	$9,63 \times 10^{-1}$
BE-03	XV-102 selenoid vanası havayı boşaltmaz	1,43	1,01	26	$9,62 \times 10^{-1}$
BE-02	Kablolu kesme rölesi arızalı	0,192	1	26	$9,62 \times 10^{-1}$

Önem ölçüleri kesin çözüm üzerinden hesaplanmıştır. Fussell-Vesely: olayın sonuca katkı payı; RRW (risk reduction worth): olay hiç gerçekleşmeseydi sonucun kaç kat azalacağı; RAW (risk achievement worth): olay kesin gerçekleşseydi sonucun kaç kat artacağı; Birnbaum: sonucun olayın değerine duyarlılığı. Frekans türündeki olaylarda RAW tanımlı değildir.

7. SONUÇ

Tepe olayın değeri	$3,84 \times 10^{-2}$ (talep başına başarısızlık olasılığı)
Hesap yöntemi	İkili karar diyagramı (binary decision diagram, BDD) ile kesin çözüm. Seçim gerekçesi: tekrarlanan temel olayları ve yedekliliği yaklaşık formüllere bağlı kalmadan doğru hesaplar.
Karşılaştırma değerleri	Nadir olay yaklaşımı: $3,85 \times 10^{-2}$; minimal kesme kümesi üst sınırı: $3,84 \times 10^{-2}$.
Minimal kesme kümesi sayısı	4
Birinci derece minimal kesme kümeleri (tek başına yeterli olaylar)	BE-04 XV-102 giriş vanası kapanmaz; BE-01 LSHH-101 seviye şalteri arızalı; BE-03 XV-102 selenoid vanası havayı boşaltmaz; BE-02 Kablolu kesme rölesi arızalı
Hesapta kullanılan yazılım	Proses güvenliği platformu hata ağacı hesap modülü, algoritma sürümü fta-1.0.0.
Sonucun kullanıldığı yer	S-03 senaryosu — koruma katmanı: T-101 taşma koruma döngüsü (LSHH-101, kesme rölesi, XV-102)

8. UYARILAR VE DEĞERLENDİRME NOTLARI

- Birinci derece minimal kesme kümeleri bulunmaktadır (Sonuç bölümü): bu temel olaylardan her biri tek başına tepe olayı doğurur; değerlerinin ve test aralıklarının dayanağı ayrıca gözden geçirilmelidir.

Analiz, ağaç yapısına ve girilen verilere dayanır; tek başına yeterli olaylar, tarama değeriyle ($\beta = 0,1$) bırakılmış ortak neden grupları, kuruluş verisi ve geliştirilmemiş olaylar proses güvenliği uzmanınca ayrıca gözden geçirilmelidir.

ÖRNEK

Ek-4 Diğer belgeler

4.1. ÖRNEK – Yeminli tercüme (CCPS 2001, Tablo 5.1, 6.3, 6.5; CPR 12E, Ek 6-B)

ÖRNEK GÖRSEL

Bu alana kuruluşunuza ait plan, harita, şema veya belge görüntüsü eklenir.

Ek-5 Raporlar

5.1. ÖRNEK – Tehlike kontrol listesi (tank sahası)

ÖRNEK GÖRSEL

Bu alana kuruluşunuza ait plan, harita, şema veya belge görüntüsü eklenir.

HAZIRLAYAN EKİP

Büyük kaza senaryo dokümanı aşağıda adı yazılı ekip tarafından hazırlanmıştır. Dokümanın ekleri dahil her sayfası ekip tarafından paraflanır ve bu sayfa ekip üyelerince imzalanır.

Adı soyadı	Görevi	İmza
ÖRNEK Genel Müdür	Genel Müdür – İşletmeci	
ÖRNEK Proses Güvenliği Sorumlusu	Proses Güvenliği Sorumlusu – Proses güvenliğinden sorumlu birim; Koordinatör	
ÖRNEK Tesis Müdürü	Tesis Müdürü – ÖRNEK Alkol Depolama ve Dolum Tesisi temsilcisi	
ÖRNEK Bakım Şefi	Bakım Şefi – İşletmecinin ihtiyaç duyduğu diğer kişi	

ÖRNEK