



T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BAZI DOĞAL SOĞUTKANLARIN SENTETİK SOĞUTKANLAR
İLE KARŞILAŞTIRILMASI ve EMNİYETLİ KULLANIMININ İSG
AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Mükremin İLHAN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğretim Üyesi Nuri BİNGÖL**

İSTANBUL - 2021

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BAZI DOĞAL SOĞUTKANLARIN SENTETİK SOĞUTKANLAR
İLE KARŞILAŞTIRILMASI ve EMNİYETLİ KULLANIMININ İSG
AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Mükremin İLHAN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Nuri BİNGÖL**

İSTANBUL - 2021

ÖZET

BAZI DOĞAL SOĞUTKANLARIN SENTETİK SOĞUTKANLAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI VE EMNİYETLİ KULLANIMININ İSG AÇISINDAN İNCELENMESİ

Dünya genelinde yaşanan küresel ısınmanın tüm canlılar için gelecekteki en büyük tehdit olduğu bilinmektedir. Kendi elleriyle yarattıkları bu tehditten ortadan kaldırması veya en aza indirilmesi amacıyla CO₂ salınımının kontrol altına alınması, insanoğlunun ve bilim adamların önceliği durumdadır. Bu kapsamda ulus devletler bir araya gelerek ozon tabakasını incelten veya sera etkisini yaratan soğutkanların üretim ve tüketiminin azaltılmasına yönelik takvimler ve yeni alternatiflerin geliştirilmesi gibi birtakım uluslararası taahhütlere imza atmıştır.

Bu çalışmada, dünya genelinde yaşanan küresel ısınmanın bertarafı amacıyla Montreal ve Fgaz (florlu sera gazları) yönetmelikleri kapsamında yürütülen iklimlendirme ve ticari soğutma sektöründe düşük KIP (GWP) (Küresel Isınma Potansiyeli) değerine sahip ve daha çevreci “ozon ve iklim dostu alternatifler” olarak adlandırılan ve gelecekte giderek kullanımının yaygınlaşacağı ön görülen doğal soğutkanların (hidrokarbonlar, amonyak ve karbondioksit) kimyasal özellikleri incelenmiştir. Emniyetli kullanımı, verilecek servis hizmetlerinde dikkat edilmesi gereken tehlike ve risk içeren hususlar ile çevreye olan etkileri İSG (İş Sağlığı ve Güvenliği) açısından incelenerek, diğer sentetik soğutkanlarla karşılaştırması yapılmıştır.

Bu çalışma, endüstriyel uygulamalarda alternatif doğal soğutkan içeren sistemlere servis hizmetlerinin doğru ve etkin olarak verilmesi, olası iş kazalarının önlenmesine yönelik yöntemler geliştirilmesi ve sektörel farkındalık yaratmayı hedeflemiştir. Aynı zamanda, gelecekteki muhtemel çalışmalar için güncel bir başvuru kaynağı oluşturmayı amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Amonyak, Karbondioksit, Hidrokarbonlar, Doğal Soğutkanlar.

ABSTRACT

COMPARING SOME NATURAL REFRIGERANTS WITH SYNTHETIC REFRIGERANTS AND EXAMINED OF THE SAFE USE IN TERMS OF OHS

It is known that global warming in the globe is the biggest threat for all living creatures in the future. In order to eliminate or minimize this threat created by our own hands, it is the priority of human beings and scientists to control CO₂ emissions. In this context, nations have come together and signed a number of international commitments such as deadlines and development of new alternatives to reduce the production and consumption of refrigerants having ozone depletion or greenhouse effect.

In this study, the chemical properties of natural refrigerants (hydrocarbons, ammonia and carbon dioxide), having low KIP (GWP - Global Warming Potential) value called ozone and environmentally friendly alternatives which are expected to become widespread in the future for eliminating global warming in the air conditioning and commercial refrigeration sector was reviewed within the scope of Montreal and Fgas (fluorinated greenhouse gases) regulations. Safe use, danger and risks to be considered during field service to be provided and their effects on the environment were examined in terms of OHS (Occupational Health and Safety) and compared with other synthetic refrigerants.

This study aimed to provide correct and effective services to systems containing alternative natural refrigerants in industrial applications, to develop methods to prevent possible work accidents and to create sectoral awareness. It also aimed to create an up-to-date reference for possible future studies.

Keywords: Ammonia, Carbondioxide, Hydrocarbons, Natural Refrigerants.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince değerli bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, desteklerini hiç eksik etmeyen çok değerli tez danışmanım sayın Dr.Öğr. Üyesi Nuri BİNGÖL'e teşekkür ve saygılarımı sunuyorum.

Ayrıca, Üsküdar Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans Programı değerli öğretim elemanları Sn. Dr.Rüştü UÇAN'a, Sn. Dr.Öğr. Üyesi. Hacer KAYHAN'a, Sn. Abdurrahman İNCE'ye, Sn. Doç.Dr. Toker T. ERGÜZEL'e, Sn. Doç.Dr. Mesut KARAHAN'a, Sn Öğr. Gör. M. Cüneyt GEZEN'e, Sn Doktor Ö. Kaan KARADAĞ'a, Sn Öğr. Gör. Efari BAHÇEVAN'a, Sn. Dr.Öğr. Üyesi Müge Ensari ÖZAY'a, Sn Dr.Öğr. Üyesi İpek Kocagül ERSOY'a destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı yaptığım alanda bana yol gösteren, yardımcı olan ve değerli bilgilerini paylaşan değerli sektör ve STK temsilcilerine ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca manevi desteklerini ve teşviklerini esirgemeyen güven ve sabırlarıyla daima yanımda olan sevgili eşime ve bu süre zarfında kendilerine fazla zaman ayıramadığım sevgili oğullarıma teşekkürlerimi sunarım.

BEYAN FORMU

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, tarafımdan üretildiğini ve Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

21/01/ 2021

Mükremin İLHAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
BEYAN FORMU	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ	xii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1.Temel Kavramlar	3
2.1.1.ODP (Ozon Tabakasını Delme Potansiyeli)	3
2.1.2.GWP (Küresel Isınma Potansiyeli)	3
2.1.3.Kigali değişikliği kapsamında kullanılan GWP'ler;	4
2.1.4.Kigali kapsamında Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) hesabı	5
2.1.5.Bir soğutkan karışımının KIP değerinin hesaplanması	5
2.1.6.TEWI (Toplam Eşdeğer Isınma Potansiyeli)	5
2.1.7.Ton CO ₂ eşdeğer;	6
2.2. Soğutkanlar ve Özellikleri;	7
2.2.1. Tarihçe	8
2.2.1.1. 1. Nesil soğutkanlar;	9
2.2.1.2. 2. Nesil soğutkanlar;	10
2.2.1.3. 3. Nesil soğutkanlar;	11
2.2.1.4. 4. Nesil soğutkanlar	11
2.2.2. Soğutkan tanımları	11

2.2.2.1. Florlu soğutkanlar	11
2.2.2.1.1.CFC'ler (Kloroflorokarbonlar)	11
2.2.2.1.2.HCFC'ler (Hidrokloroflorokarbon)	12
2.2.2.1.3.HFC'ler (Hidroflorokarbonlar)	12
2.2.2.1.4.HFO (Hydrofluoraolefini)	13
2.2.2.2. Karışım soğutkanlar	13
2.2.2.2.1.Azeotropik karışımlar;	13
2.2.2.2.2.Zeotropik karışımlar;	14
2.2.2.3. "Sera Etkisi" Düşük, Hidrokarbon ve inorganik soğutkanlar	14
2.2.2.3.1.NH ₃ (Amonyak)	14
2.2.2.3.2.HC (Hidrokarbon)	14
2.2.2.3.3.CO ₂ (Karbondioksit)	15
2.2.2.3.4.H ₂ O (Su-R718)	15
2.2.2.4. Diğer soğutma teknolojileri	15
2.2.3. Soğutkanların gelişimi ve Küresel İklim Yönetmelikleriyle ilişkisi	16
2.2.4. Soğutkan özellikleri	16
2.2.5. Doğal soğutkanlar	18
2.2.5.1. Karbondioksit (R744)	20
2.2.5.2. HC'ler, Propan (R290), İzobütan (R600a), Propilen (R1270)	23
2.2.5.3. Amonyak (R717)	27
2.3. Uluslararası Çalışmalar, Protokoller ve Yönetmelikler	29
2.3.1. Viyana Sözleşmesi	30
2.3.2. Montreal Protokolü	30
2.3.2.1. Montreal Protokolü ve Türkiye	33
2.3.3. Kyoto Protokolü	33
2.3.4. Son uluslararası gelişmeler ve Kigali değişikliği	34
2.3.5. F- Gaz Yönetmeliği:	37
2.3.5.1. HFC kademeli azaltımı ve kota tahsisi	38
2.3.5.2. Yasaklar	39
2.3.5.2.1.Yeni cihazlarda yasaklanma	39
2.3.5.2.2.Soğutma sistemlerine ilişkin servis ve bakım yasakları	40
2.3.5.3. Etiketleme	40
2.3.5.4. Sızıntı kontrolü	40
2.3.5.5. Eğitim ve sertifikasyon	41
2.3.5.6. Geri kazanım ve atık yönetimi	41

2.3.5.7. Raporlama	41
2.4. İlgili Standartlar	44
2.4.1. AB' deki ilgili genel standartlar	44
2.4.2. Genel ürün güvenlik standartları	46
2.4.3. Doğal soğutkan özellikleri ve güvenli kullanım için etkileri	52
2.4.3.1. Zehirlilik / Boğuculuk	55
2.4.3.2. Yanıcılık	56
2.4.3.3. Çalışma Basınçları	59
2.5. Avrupa GHS Sınıflandırması ve Etiketleme	60
3.GEREÇ VE YÖNTEM	63
3.1. Araştırmanın Tipi ve Modeli	63
3.2. Araştırmanın Yeri	64
3.3. Araştırmanın Zamanı	64
3.4. Araştırmanın Evreni	64
4.BULGULAR	65
4.1. Zehirlilik / Boğuculuk	66
4.2. Yanıcılık	70
4.3. Yüksek Basınç	72
4.4. Doğal Soğutkanların Bileşenler ve Tasarımları İçin Gerekenler	73
4.4.1. Yanıcı soğutkanlara sahip soğutma sistemi tasarım gereksinimleri	75
4.4.2. Yüksek toksisiteli soğutkanlara sahip soğutma sistemlerinin tasarım gereksinimleri	77
4.4.3. Daha yüksek basınçlı soğutkanlara sahip soğutma sistemi tasarım gereksinimleri	78
4.5. Doğal Soğutkanların Güvenlik Sorunları	79
4.5.1. Yanıcı soğutkanlarla ilgili güvenlik sorunları	80
4.5.2. Yüksek toksisiteli soğutkanlarla ilgili güvenlik sorunları	80
4.5.3. Daha yüksek basınçlı soğutkanlarla ilgili güvenlik sorunları	80
4.6. Doğal Soğutkanların Genel Risk Değerlendirmesi	80
4.6.1. Yanıcı soğutkanların genel risk değerlendirme	80
4.6.2. Yüksek toksisiteli soğutkanların genel risk değerlendirme	81
4.6.3. Daha yüksek basınçlı soğutkanların genel risk değerlendirme	82
4.7. Doğal Soğutkanlar İçin Eğitim Gereksinimleri	84
4.8. Doğal Soğutkanlar İçin Servis Araçları ve Ekipmanları	87
4.8.1. Yanıcı soğutkanlar için servis araçları ve ekipmanları	87

4.8.2. Yüksek toksisiteli soğutkanlar için servis alet ve ekipmanları _____	88
4.8.3. Daha yüksek basınçlı soğutkanlar için servis araçları ve ekipmanları _____	90
5.TARTIŞMA _____	94
6.SONUÇ VE ÖNERİLER _____	100
KAYNAKLAR _____	104



TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1 : Bazı F-Gazlarla Kıyaslandığında (Koyu Bölge) Sera Gazlarının GWP'leri.....	5
Tablo 2: Yaygın Kullanılan Soğutkanlar Ve Karışımları İçin Ton Eşdeğer CO ₂ Değerlerinin Kilograma Dönüştürülmesi (İsa, 2016).	7
Tablo 3: Doğal Soğutkanlar (Pearson, 2016).....	10
Tablo 4: Doğal Soğutkanlar Ve Uygulama Sektörleri (AAP, 2014).	20
Tablo 5: Doğal Soğutkanların Güvenlik Özellikleri (AAP, 2014).	20
Tablo 6: En Önemli HC (Hidrokarbonlar).....	23
Tablo 7: HC Soğutkanların Termodinamik Özellikleri	24
Tablo 8: ACR Ve HP Sistemleri İçin Güvenlik Standartları Kapsamında Genel Teknik Yükümlülükler (GIZ, 2018).....	26
Tablo 9: HCFC Azaltma Takvimi.....	32
Tablo 10: Kigali Anlaşması Temel Hesaplamaları (UNEP, 2018).....	35
Tablo 11 : Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 4. Değerlendirme Raporuna (AR4) Dayanan KIP Değerleri, (Kleinschmedt, 2019).....	37
Tablo 12: 2030'a Kadar Aşamalı Azaltım Oranları.....	38
Tablo 13: EC 842/2006 Sayılı İlk Yönetmeliğe Ek Yeni Ürün Yasaklamaları.....	39
Tablo 14: Sızıntı Kontrol Sıklığı.....	41
Tablo 15: Doğal Soğutkanların Güvenlik Hususları Ve Uygulamaları İle İlgili AB Mevzuatı (AAP, 2014).....	47
Tablo 16: Doğal Soğutkanların Güvenlik Hususları Ve Uygulamaları İle İlgili AB Mevzuatı (AAP, 2014).....	53
Tablo 17: Tablo 16 Nın Not Açıklamaları	54
Tablo 18: Soğutkanlar İçin Güvenlik Kategorileri (İyim, Altıntaş, & Almış, 2019)....	55
Tablo 19: EN 378'e Göre Tutuşabilirlik Sınıflandırması.....	57
Tablo 20: Elektrikli Cihazların Ve Aletlerin / Ekipmanın Potansiyel Ateşleme Örnekleri,	58
Tablo 21: Tipik R744 Basınçları (Real Alternatives, 2017).	60
Tablo 22: Doğal Soğutkanların Zararlılık Ve Önlem İfadeleri Tablosu (IFA Gestis)...	61
Tablo 23: Amonyak Konsantrasyonlarının Etkileri.	68

Tablo 24: Amonyak İçin Yasal Güvenlik Sınırları (Amerika Birleşik Devletleri'nde Tanımlandığı Gibi)	70
Tablo 25: Yaygın Olarak Kullanılan Alternatif Soğutkanların Emniyet Bilgileri.....	72
Tablo 26: Ekipmanın CO ₂ , HC'ler Ve NH ₃ Soğutkanlarla İlgili Güvenlik Endişeleri Ve Ekipmanların Adaptasyonu.....	74
Tablo 27: ISO 5149 İçin Seçilen Soğutkanlar Ve Doluluklar İçin Örnek Test Basınçları Ve Şarj Limitleri	76
Tablo 28: Seçilen Soğutkanlar İçin Güvenlik Verileri	79
Tablo 29: Tutuşabilirlik Risk Değerlendirmesi İçin Temel Adımlar.....	81
Tablo 30: Toksikite Risk Değerlendirmesi İçin Temel Adımlar.....	82
Tablo 31: Yüksek Basınç Riski Değerlendirmesi İçin Temel Adımlar	83
Tablo 32: Eğitim İçin Temel Konular.....	85
Tablo 33: Yanıcı Soğutkanlarla Kullanım İçin Alet Ve Ekipmana İlişkin Hususlar.....	88
Tablo 34: Amonyak (R-717) İle Kullanım İçin Alet Ve Ekipmanlarla İlgili Hususlar.	90
Tablo 35: Yüksek Basınçlı Soğutkanlar Kullanmak İçin Aletler Ve Ekipmanlarla İlgili Hususlar.	91
Tablo 36: Tüm Yanıcı, Yüksek Toksikite Ve Daha Yüksek Basınçlı Soğutkanlar İçin Ana Faaliyetlere İlişkin Hususlar	92
Tablo 37: Alternatif Ve Doğal Soğutkanların Risk Ve Tehlike Özet Durumu.....	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1: Yukardaki şekilde soğutma endüstrisinde kullanılan genel soğutkanlar yer almaktadır (UNEP, 2015).	8
Şekil 2: Geçmişten günümüze soğutkanların sınıflandırılması, Calm (Araz, Güngör, & Hepbaşı, 2013).	8
Şekil 3: Soğutkanların, endüstrideki gelişimi ve küresel iklim yönetmelikleriyle ilişkisi (CANTAŞ, 2020).	16
Şekil 4: Ejektör teknolojili ve ejektörsüz soğutma döngüsü : (A) Ejektörsüz transkritik modda sıcak yaz günü çalışmasının temel prensibi (B) Ejektörsüz, subkritik modda kış çalışmasının temel prensibi (C) Ejektör ile transkritik modda sıcak yaz günü çalışmasına ilişkin temel prensip (AAP, 2014).	22
Şekil 5 : Montreal Protokolünde kabul edilen soğutkanların azaltım süreç takvimi (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012).	32
Şekil 6: Madde 5 dışı taraflardan oluşan iki grup için (a) ve madde 5.'in tarafları iki grup için (b) aşamalı azaltma programları (UNEP, 2018).	36
Şekil 7: Yeni yönetmelik kapsamında F-gazların aşamalı azaltımı	38
Şekil 8 : Etiketleme örneği	40
Şekil 9: Avrupa Birliği F Gaz emisyonlarını azaltma hedefleri (Yakut, 2014).	43
Şekil 10: ACR, HP Ekipmanının kullanım ömrü boyunca karşılaştığı tipik aşama örnekleri (OZONEUNEP, 2017).	48
Şekil 11: ACR ve HP Ekipman örnekleri için seçilen aşamalarda uygulanabilir olası standartlar (OZONEUNEP, 2017).	50
Şekil 12: R744, R32 ve R404A'nın Çalışma basınçları (Real Alternatives, 2017).	59
Şekil 13: Doğal Soğutkanlar için GHS işaretleri (IFA Gestis).	60
Şekil 14: Alternatif soğutkanların güvenlik tehlikeleri haritası	66
Şekil 15: Düşük Yamıcılık seviyesi	71

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 1: HC Soğutkan uygulamalarına örnek soğutma sistemleri.....	24
Resim 2: Amonyum soğutkanın kullanıldığı paket sistemlerden bazı örnekler (RealAlternatives, 2018).....	29
Resim 3: Çeşitli standartlar ve Avrupa direktifleri arasındaki bağlantı (PROKLIMA, 2008).....	45
Resim 4 : Makine odası ve gerekli güvenlik ekipmanının basitleştirilmiş çizimi.	83
Resim 5 : Gaz aram kaçak dedektörü.....	87
Resim 6 : Gaz geri toplama makinesi	87
Resim 7: Havalandırma makinası (yanıcı soğutkanlar için)	87
Resim 8: Elektronik tip gaz manifoldu	87
Resim 9: Amonyak için gaz geri toplama seti	89
Resim 10 : Örnek soluma ekipmanı (Amonyak).....	89
Resim 11 : Örnek koruyucu kıyafet (Amonyak).....	89
Resim 12: Gaz Geri toplama tüpü.....	91
Resim 13: CO ₂ İçin gaz manifold seti (160 bar).....	91

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AB	:Avrupa Birliği
ACR	:Air Conditioning & Refrigeration – İklimlendirme ve soğutma
AEGL	:Acute Exposure Guideline Levels - Akut Maruz Kalma Yönergesi Seviyeleri
AEGL	:Acute exposure guideline levels - Akut Maruz Kalma Klavuz Seviyeleri
AIHA	:American Industrial Hygiene Association - Amerikan Endüstriyel Hijyen Derneği
AIRAH	:Australian Institute of Refrigeration, Air Conditioning and Heating - Avustralya Soğutma, Klima ve Isıtma Enstitüsü
ANSI	:American National Standards Institute - Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
ASHRAE	:American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers - Amerikan Isıtma Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği
ATEL/ODL	:Acute Toxicity Exposure Limit / Oxygen Deprivation Limit - Akut Toksisite Maruz Kalma Sınırı / Oksijen Yoksunluğu Sınırı
ATEX	:Atmosphéres EXplosives - Patlamadan Korunma Dökümanı
ATSDR	:Agency for Toxic Substances and Disease Registry - Zehirli Maddeler ve Hastalık Tescil Dairesi
CAS	:Chemical Abstracts Service - Kimyasal Özetler Servisi
CEN	:Avrupa Standardizasyon Komitesi
CENELEC	:Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi
CFC	:Chlorofluorocarbons
COP	:Coefficient of Performance
CT	:Critical Temperature
DGRL	:Pressure Equipment Directive Liquids - Basınçlı kapalar Direktifi Likit

grubu

DOT	:The Department of Transportation -Amerika Ulaştırma Bakanlığı
EC	:European Commission – Avrupa Komisyonu
EN	:Europeane Norm - Avrupa Standartları
EPA	:Environmental Protection Agency - Çevre Koruma Ajansı
EPCRA	:Emergency Planning and Community Right-to-Know Act - Acil Durum Planlaması ve Toplum Bilme Hakkı Yasası
ERPG	:Emergency Response Planning Guidelines - Acil Durum Müdahale Planlama Yönergeleri
FGAZ	:Florlu Sera Gazları Yönetmeliği
FGAS	:Fluorinated Gas
GESTIS	:Information system on hazardous substances of the German Social Accident Insurance - Alman Sosyal Kaza Sigortası Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü
GHG	:Greenhouse gas – Sera Gazı
GHS	:Globally Harmonized System
GWP	:Global Warning Potential - Küresel Isınma Potansiyeli
HC	:Hydrocarbon
HCFC	:Hydrochlorofluorocarbons
HFO	:Hydrofluoro-olefin
HFC	:Hydrofluorocarbons
HP	:Heat Pump – Isı Pompası
HVAC	:Heating Ventilating and Air Conditioning – Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
IDHL	:The Immediate Danger to Life or Health - Yaşam veya Sağlık için Acil Tehlike
IEC	:The International Electrotechnical Commission - Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

IFA	:Institute for Occupational Safety and Health - Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (IFA)
IAR	:International Institute of Ammonia Refrigeration - Uluslararası Amonyak Soğutma Enstitüsü
IPCC	:Intergovernmental Panel on Climate Change – Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
ISG	:İş Sağlığı ve Güvenliği
ISO	:The International Organization for Standardization - Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu
KIP	:Küresel Isıtma Potansiyeli
KKD	:Kişisel Koruyucu Donanım
LCCP	:Life Cycle Climate Performance - Yaşam Döngüsü İklim Performansı
LDS	:Laser Diyot Spectroformetre – Sızıntı Tespit Sistemi
LFL	:Lower Flammability Limit - Alt Tutuşma Sınırı
LVD	:The Low Voltage Directive - Alçak Gerilim Yönetmeliği
MAC	:Mobile Air Conditioning – Mobil Klima Sistemleri
MSD	:Machinery Safety Directive - Makine Güvenliği Direktifi
NBT	:Normal Boiling Temperature (°C)
NIOSH	:The National Institute for Occupational Safety and Health-Ulusal İş Sağlığı Ve Güvenliği Enstitüsü
ODP	:Ozone Depletion Potential - Ozon Tabakası Delme Potansiyeli
ODS	:Ozone Depleting Substance
OSHA	:Occupational Safety and Health Administration-Mesleki Güvenlik Ve Sağlık İdaresi
OTIM	:Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin İthalatı Ve Kullanımına Dair Tebliğ
PED	:Pressure Equipment Directive 97/23/EC - Basınçlı Ekipmanlar Yönetmeliği
PL	:Practical Limit - Pratik Limit

RAC	:Refrigerant Air Conditioning – Soğutma ve İklimlendirme
RCL	:Oda Konsantrasyon Limiti
PEL	:Permissible Exposure Limit - İzin verilebilir Maruz Kalma Sınırı
STEL	:The Short-Term Exposure Limit - Kısa Vadeli Maruz Kalma Sınırı
TEWI	:Total Equivalent Warning Impact – Toplam Eşdeğer Uyarı Etkisi
TPQ	:Threshold Planning Quantity - Eşik Planlama Miktarı
TS	:Türk Standartları
TWA	:Time weight average- Zaman Ağırlıklı Ortalama
UFL	:Upper Flammability Limit - Üst Tutuşma Sınırı
UNEP	The United Nations Environment Programme – Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCCC	:United Nations Framework Convention on Climate Change – Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
UNIDO	:United Nations Industrial Development Organization – Birleşmiş Milletler Endüstriyel Gelişme Örgütü

1. GİRİŞ

İklimsel değişiklikler hiç şüphe yok ki bilim dünyasının gündemini çok meşgul eden bir konudur. Günümüzde, küresel ısınma ve çevre kirliliği atmosferi, doğayı ve bütün yaşam alanlarını olumsuz etkilemekte ve geri dönülemeyecek bir takım ekolojik sorunların yaşanmaya başlamasıyla da ekonomistler ve çevreciler arasında bu durum büyük endişeler oluşturmaya başlamıştır. (Çekin, 2017)

Fosil yakıtların tüketimi ile CO₂ emisyonları küresel ölçekte sorunlara neden olarak kabul edilmektedir. Birçok ülkede, özellikle gelişmiş ülkelerde, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği önlemleri uygulanarak fosil yakıtların (Kömür, petrol, doğalgaz) kullanımının azaltılmasına yönelik alınan tedbirlerin uygulanmasına başlanmıştır. İklimsel sorunlar, enerjinin verimli kullanılmasını zorunlu kılmakla beraber, sistemlerden çevreye sızan ve küresel ısınmaya yol açan sera gazlarının da kullanımı ve salınımları kısıtlanmıştır (Bayrakçı & Özgür, 2010). Bu kapsamda birçok endüstri de olduğu gibi iklimlendirme ve soğutma sektörü de bu gelişmelerden etkilenmiştir.

Geçtiğimiz 20 yıl içinde ozon tabakasını delme potansiyeli (ODP) yüksek soğutkanların kullanımı kademeli olarak azaltımına gidilmiş, HCFC (Hidro Kloroflorokarbon)'ların ve CFC (Kloroflorokarbon)'ların HFC (Hidroflorokarbon)'larla değiştirilmesiyle stratosferik ozonun yok edilmesinden sorumlu olan atmosferdeki klor konsantrasyonu önemli ölçüde azaltılmıştır. Ancak bu seferde HFC soğutkanların sera gazı etkisi yaptığı ve doğrudan küresel ısınmaya katkıda buldukları anlaşılmıştır. Akabinde küresel ısınma potansiyelleri (GWP) yüksek olan birçok soğutkanda kullanım kısıtlanmasına gidilmiştir.

Ayrıca tüm soğutma sistemleri dolaylı olarak büyük miktarlarda CO₂ emisyonuna katkıda bulunan elektrik enerjisini tüketmektedir. Bu nedenle, soğutma sistemlerinin enerji verimliliğini iyileştirmek ve düşük küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahip soğutkanların kullanımı, soğutma sektörünün yeni mutasyonlar gerçekleştirmesini gerektiren önceliklerdir. (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012).

Gelinen noktada 19. Yüz yılın başlarında soğutma endüstrisinin de yoğun olarak kullanılan ve terk edilen doğal soğutkanların uygulamalarına yeniden odaklanılmaktadır. Bu durumda üreticilerin, son kullanıcıların ve servis çalışanlarının dikkat etmesi gereken kurallar ve alınması gereken tedbirler yeniden gündeme gelmiştir. Bu soğutkanların

kimyasal açıdan zehirlilik seviyeleri, yanıcı özellikleri ve yüksek işletme basınçları bu tedbirlerin alınmasını kaçınılmaz kılmakta ve İSG açısından hayati riskler taşımaktadır.

Bir yanda uzun süre kullanımda kalan soğutkanlara karşı oluşan sektör ve çalışan alışkanlıkları, bir yanda yeni piyasaya sürülen soğutkanlar ve bunlara ilişkin uygulama farklılıklarına uyum sağlamak hiç de kolay olmamaktadır. Aynı zamanda uluslararası yönetmeliklerin ve standartların getirdiği kanuni zorunluluklar, yaptırımlar ve bunlara bağlı eğitimler ve sertifikasyon süreçleri gibi kapsamlı konular her gün hayatımıza girmektedir. Bir süreci tamamlamaya fırsat bulamadan yeni süreçler karşımıza çıkabilmektedir.

Küresel iklim değişiminde karşılaşılan risklerini bertaraf etme çalışmaları dünya genelinde hızla uygulanırken bir yandan da ticari kaygılar birçok teknolojik çalışmayı tetiklemekte, bununla birlikte her gün yeni geliştirilen soğutkanlar ile karşı karşıya kalınılmaktadır. İklimlendirme sektöründe çalışan teknik personellerin İSG açısından karşılaşılabilecek riskler de tam bu noktada ön plana çıkmaktadır.

İSG açısından, azaltılma sürecinde olan mevcut soğutkanlar mı, yeni nesil soğutkanlar mı yoksa doğal soğutkanlar mı az risk teşkil etmektedir? İşte soru tam da bu noktada karşımıza çıkmaktadır. İnsanoğlu ticari faaliyetleri kapsamında daha verimli, daha teknolojik, daha kompakt daha rekabetçi ürünleri geliştirmek adına sentetik soğutkanları kullanıma başladığında iklime verecekleri zararın farkında değiller miydi? Yoksa ticari kazançlar ve alınan patentler mi ön plandaydı?, Peki, bu gün piyasaya sürülen soğutkanlar ne kadar çevreci, işletme açısından ne kadar az riske sahipler?, Azaltım süresince piyasaya sürülecek soğutkanların ömrü ne kadar ve bunların kullanımından ne zaman vazgeçeceğiz?, Yarın herhangi bir soğutkan sızıntısı durumunda bu soğutkanları ya da ikame soğutkanları uygun fiyata bulabilecek miyiz?, Her gün yeni nesil bir soğutkan ile karşı karşıya mı kalacağız? Sürdürülebilirlik açısından bu soruların cevaplarını aramak zorundayız.

Bu çalışmada, bazı doğal ve sentetik soğutkanların sahip olduğu fiziksel özellikler incelenmiş ve risk durumları İSG açısından irdelenmiştir.

Zehirlilik, yanıcılık ve basınç değerlerine bağlı olarak sahip oldukları riskler konusunda karşılaştırmalar yapılmış, emniyetli kullanım ve dikkat edilmesi gereken özel durumlar ön plana çıkarılarak, alınması gereken tedbirler ve uygulamalar incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Temel Kavramlar

Soğutkanların çevreye olan etkileri konusunda bilinmesi gereken bazı önemli kavramlar şunlardır:

Soğutkanların ozon tabakası ve sera etkisi üzerindeki çevresel etkisini belirlemek için aşağıda ki endeksler tanımlanmıştır:

ODP: Ozon Tabakasını Delme Potansiyeli;

GWP: Küresel Isınma Potansiyeli;

TEWI: Toplam Eşdeğer Uyarı Etkisi.

KIP: Küresel Isınma Potansiyeli

CO₂eşdeğer; CO₂ eşdeğer cinsinden gaz şarj miktarı

2.1.1. ODP (Ozon Tabakasını Delme Potansiyeli)

Bu, molekülün ozon tabakasının tükenmesine katılımını karakterize eden bir endekstir. Bu endeksin değerini bir referans moleküle kıyasla, ODP = 1 olan R11 veya R12 ile hesaplıyoruz (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012).

2.1.2. GWP (Küresel Isınma Potansiyeli)

Farklı soğutkanların bağıl küresel ısınma etkilerinin bir ölçüsüdür (UNIDO, 2020). GWP basit olarak, soğutkanın atmosferi ne kadar ısıttığına işaret eden bir parametredir (İsa, 2016) ve GWP, belirli bir sürede, bir gazın 1 tonunun, 1 ton CO₂ tarafından hapsedilen ısı miktarına bağlı hapsedtiği ısı miktarını belirtir. CO₂ hükümetler arası iklim değişikliği paneli (IPCC) tarafından referans gaz olarak seçilmiştir ve GWP'si 1 olarak tanımlanmıştır.

Çoğu HCFC ve (HidroFloroCarbon) HFC'nin GWP'si CO₂'ni GWP'sinin binlerce katıdır. Örneğin HFC-134a' nın GWP si 1.430'dur. Bu 1 ton HFC-134a emisyonunun küresel ısınma katsayısının 1.430 ton CO₂ ile aynı olacağı anlamına gelir.

Farklı yayınlar belirli bir gaz için her zaman aynı GWP değerlerini belirtmez. Bunun iki ana nedeni vardır.

a. GWP ler 20,100 yıl ya da 500 yıl gibi farklı zaman ölçülerindeki etkinin ölçülmesi için tanımlanabilir. Bu da bu zaman ölçülerinin her biri için farklı GWP değerlerine yol açar.

b. Her soğutkana atanacak en iyi GWP değerine ilişkin bazı belirsizlikler vardır. GWP verisi için önemli bir kaynak olarak IPCC değerlendirme raporları kullanılabilir. IPCC tarafından yayınlanan GWP değerleri son 20 yıl içinde birkaç kez güncellenmiştir (UNIDO, 2020).

2.1.3. Kigali değişikliği kapsamında kullanılan GWP'ler;

Kigali değişikliği kapsamında HFC tüketimi ve üretiminin raporlanmak için standart bir dizi GWP değeri üzerinde görüş birliğine varılmıştır. HCFC'lerin ve HFC'lerin GWP'leri Montreal Protokolü Ek C ve Ek f'de listelenmiştir ve bunlar IPCC 4. değerlendirme raporunda 100 yıllık GWP'leri temel almaktadır,(Tablo 1) (UNIDO, 2020).

Bazı HCFC ve HFC'ler saf soğutkanlar saf olarak kullanılmaktadır. Örneğin, çeşitli iklimlendirme-soğutma (İKS) uygulamalarında kullanılan R134a gibi. Ancak en yaygın kullanılan HFC'lerin birçoğu iki ya da daha fazla HFC molekülünün karışımıdır.

Bir karışımın GWP değeri, karışımdaki bileşenlerin GWP değerlerinin ağırlıklı ortalamasıdır (Denklem (2.1.3.-1)).

$$\sum[(\text{Soğutkan } \% X * GWP) + (\text{Soğutkan } \%Y * GWP + \dots + (\text{Soğutkan } \%N)] \quad (\text{İsa, 2016}) \quad (2.1.3,1)$$

Karışım gazı GWP si aşağıdaki örnekte ki şekilde hesaplanır.

R404 A yaygın kullanılan bir karışım gazıdır. Saf değildir ve şu bileşenlerden oluşur.

%52 HFC-143A + %44 HFC-125 + %4 HFC-134A

GWP'ler; HFC-143 A : 4.470

HFC-125 :3.500

HFC-134 A :1.430

Karışım GWP'si: (%52 *4.470) +(%44*3.500) + (%4*1.430) = 3.922

Tablo 1 :Bazı f-gazlarla kıyaslandığında (koyu bölge) sera gazlarının GWP'leri

Soğutkan	GWP (IPCC AR4* 100 yıl)
CO ₂	1
Metan	25
Azot Oksit	298
HFC-134a	1,430
R-404A (HFC karışım)	3,922
R-410A (HFC karışım)	2,088
HFC-125	3,500
PFC-14	7,390
SF6	22,800

* IPCC 4. değerlendirme raporuna göre

2.1.4. Kigali kapsamında Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) hesabı

KIP, 1 (bir) kilogram CO₂'e kıyasla 1 (bir) kilogram sera gazının, karışım olması durumunda ise Resmî Gazete Ek-4'te verilen formüle (2.1.4,1.) göre hesaplanan, 100 (yüz) yıllık zaman dilimi içinde atmosferde yarattığı sera etkisini gösteren terimdir (ResmîGazete, 2018).

$$\sum(\%Madde X * KIP) + (\%Madde Y * KIP) + \dots + (\%Madde N * KIP)$$

(2.1.4,1)

2.1.5. Bir soğutkan karışımının KIP değerinin hesaplanması

Soğutkan karışımlarının anlaşılması ve raporlanması sürecinde, Kigali Değişikliği yalnızca HFC'lerin kullanımını kontrol etmektedir. HFC olmayan maddelerin "KIP katkısı" bir soğutkanın KIP değerine katılmaz. Dolayısıyla bir soğutkanın iki farklı KIP değerine sahip olduğu anlaşılır.

- Tüm bileşenlerin gerçek KIP değerleri kullanarak hesaplanan Gerçek KIP değeri,
- HFC olmayan maddelerin KIP değerleri sıfır kabul edilerek hesaplanan "Kigali Değişikliği KIP Değeri" (UNIDO, 2020).

2.1.6. TEWI (Toplam Eşdeğer Isınma Potansiyeli)

Bir sistemin ve soğutkanın iklim değişikliği üzerindeki toplam etkisi TEWI kullanılarak tahmin edilir. Bir sistemin ömrü boyunca iklim değişikliği üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi için aşağıdakileri bileşenleri ele alan bir yöntemdir:

(Atmosfere soğutkan emisyonunun direkt katkısı + sistemin işletilmesinde kullanılan enerjinin üretiminden kaynaklanan CO₂'nin dolaylı katkısı)

TEWI aşağıda belirtilen şekilde hesaplanır:

$$\text{TEWI} = (\text{Sızıntı kayıplarının etkisi}) + (\text{Geri kazanım kayıplarının etkisi}) + (\text{Enerji tüketiminin etkisi}) \quad (2.1.6,1)$$

Sızıntı kayıplarının etkisi = $GWP \times L \times n$

Geri kazanım kayıplarının etkisi = $GWP \times m \times (1 - \alpha_{\text{gerikazanım}})$

Enerji tüketiminin etkisi = $n \times E_{\text{yıllık}} \times \beta$

$$\text{TEWI} = (GWP * L * n) + (GWP * m * [1 - \alpha_{\text{geri kazanım}}]) + (n * E_{\text{yıllık}} * \beta) \quad (2.1.6,2)$$

Burada;

GWP= Soğutkanın Küresel Isınma Potansiyeli, CO₂ 'e bağlı (GWP CO₂=1.0)

L= Yıl başına sızıntı oranı (kg/yıl)

n = sistemin yıllık çalışma süresi

m = soğutkan şarjı (kg)

$\alpha_{\text{gerikazanım}}$ = geri kazanım / geri dönüşüm faktörü (0 ile 1 arasında)

$E_{\text{yıllık}}$ = Yıllık enerji sarfiyatı (kWh/yıl)

β = kwh başına CO₂ emisyonu (kg / kWh), not – bu değer ülkeden ülkeye değişir

(RealAlternatives, 2018)

2.1.7. Ton CO₂eşdeğer;

Yeni F-Gaz yönetmeliği (EC 517/2014) şarj miktarını kilogram yerine CO₂ eşdeğeri cinsinden ele almaktadır. Sistemin işletmecileri açısından kullanılan f-gazın GWP'sinin bilmek ve CO₂ eşdeğeri cinsinden şarj miktarını hesaplamak önem kazanmaktadır. Yeni yönetmelik gereği, 2017'den itibaren CO₂ eşdeğerini cihaz etiketi üzerinde belirtmek zorunlu olacaktır.

Hesaplaması: Soğutkan miktarı (kğ) ile soğutkan küresel ısınma potansiyelinin (GWP) çarpımına eşittir.

$$(CO_{2eşdeğer} = kğ * GWP) \quad (2.1.7,1)$$

Bu birim Ton cinsinden ifade etmek istediğimizde “TCO_{2eşdeğeri}”;

$$TCO_2 = \frac{k\ddot{g} * GWP}{1000}$$

(2.1.7,2)

olarak hesaplanır. (İsa, 2016)

Genellikle “ton CO_{2e}” ya da yalnızca “ton CO₂” olarak ifade edilir.

Sabit bir kaçak tespit sisteminin gerekip gerekmediği ve kaçak kontrollerinin sıklığı; 5, 50 ve 500 ton eşdeğer CO₂ şarj miktarlarına bağlı olarak değişmektedir.

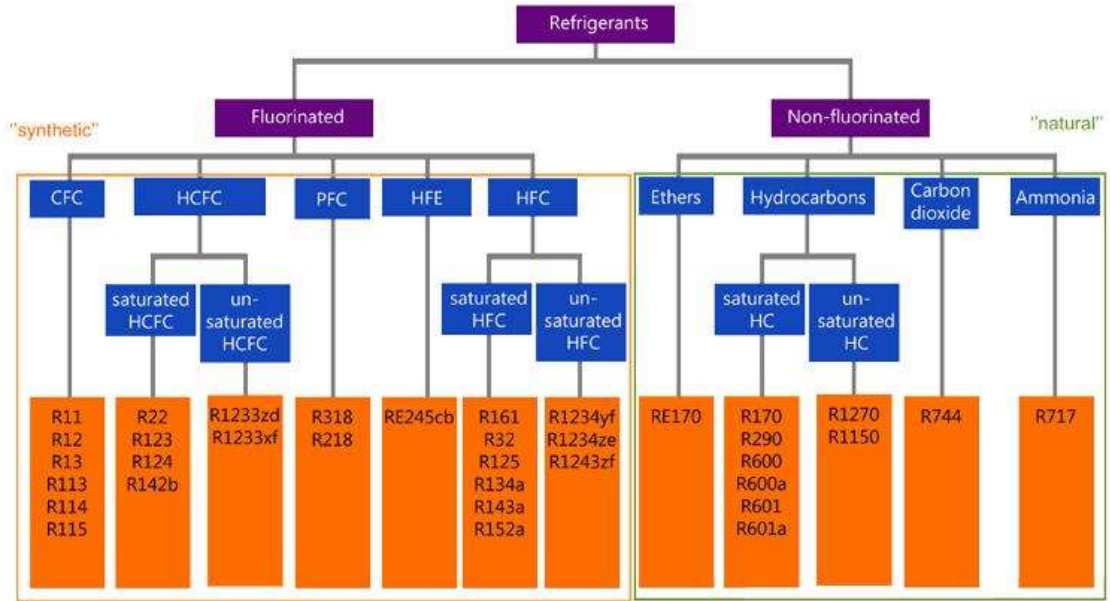
Tablo 2’de, bu sınır değerler yaygın olarak kullanılan soğutkanlara bağlı olarak dönüştürülerek kg cinsinden verilmiştir.

Tablo 2:Yaygın kullanılan soğutkanlar ve karışımları için ton eşdeğer CO₂ değerlerinin kilograma dönüştürülmesi (İsa, 2016).

Soğutkan	GWP	ton CO _{2e} şdeğer şarj miktarı				
		5	40	50	500	1000
		Kg cinsinden şarj miktarı				
R134a	1430	3,50	27,97	34,97	349,65	699,30
R32	675	7,41	59,26	74,07	740,74	1.481,48
R404A	3922	1,27	10,20	12,75	127,49	254,97
R407C	1774	2,82	22,55	28,18	281,85	563,70
R410A	2088	2,39	19,16	23,95	239,46	478,93
R422D	2729	1,83	14,66	18,32	183,22	366,43
R507A	3985	1,25	10,04	12,55	125,47	250,94

2.2. Soğutkanlar ve Özellikleri;

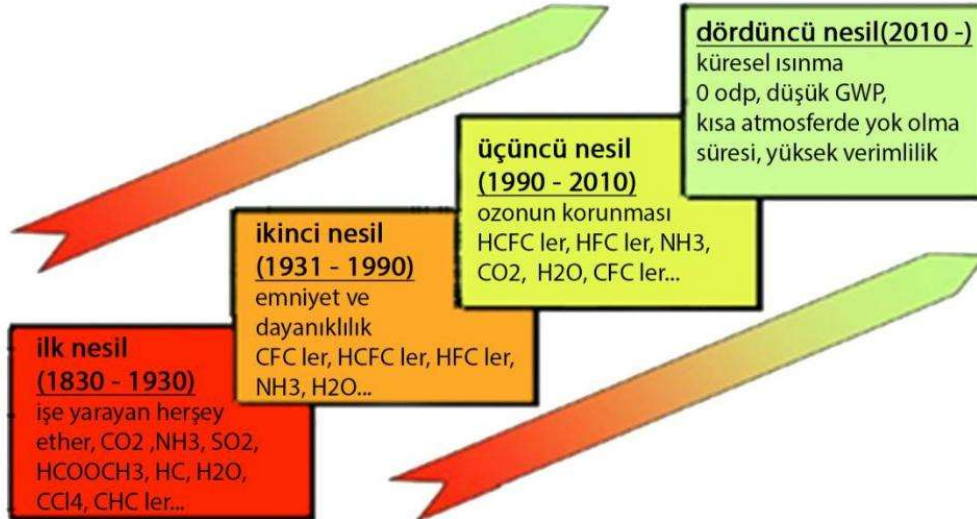
Gelişmiş bir toplum soğutma olmadan ihtiyaçlarını göremez. Evde, ofiste, gıda üretimi ve depolamasında (örn. Dondurulmuş gıdalar, yoğurt ve kahve), otomotiv veya kimyasal ilaç endüstrisinin üretim süreçlerinde veya baktığınız her yerde "soğutma" şarttır. Soğutma modern yaşamın temel direğidir (Eurommon, 2014).



Şekil 1: Yukardaki şekilde soğutma endüstrisinde kullanılan genel soğutkanlar yer almaktadır (UNEP, 2015).

2.2.1. Tarihçe

1830'lardan bugüne soğutkanın sahip olması gereken özelliklere bağlı olarak çok sayıda farklı soğutkan geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Calm yapmış olduğu bir çalışmada, soğutkanları dört nesle ayırmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Geçmişten günümüze soğutkanların sınıflandırılması, Calm (Araz, Güngör, & Hepbaşlı, 2013).

1-Nesil(1830-1930): İŖe yarayan her soğutkan kullanılmıŖtır.

2-Nesil(1931-1990): Güvenlik ve kalıcılık özellikleri önem kazanmıŖtır.

3-Nesil(1990-2010): Ozon tabakasına zarar vermeyecek soğutkanlar kullanılmıŖtır.

4-Nesil(2010-) : Artan küresel ısınma endiŖelerinden dolayı soğutkanların, 0 ya da dŖk ODP ve GWP değerlerine, yüksek verimlilik özelliklerine sahip olması ve atmosferde kısa sürede yok olması gerekli hale gelmiŖtir (Araz, Güngör, & HepbaŖlı, 2013).

2.2.1.1. 1. Nesil soğutkanlar;

Soğutma sisteminin geliŖtiđi 1830'lardan 1930'lara kadar iŖe yarayan her soğutkan kullanılırken meydana gelen kazalar neticesinde 1930'lardan itibaren emniyet ön plana çıkmıŖtır (Araz, Güngör, & HepbaŖlı, 2013). Bunlar birinci nesil soğutucular olarak sınıflandırıldı. Birinci nesil soğutkanların seçimi, kullanılabilirliğe ve ne iŖe yaradığına dayanıyordu. Tüm bu sıvıların termodinamik özellikleri ilginçti, ancak hepsinin bir dezavantajı vardı, örneğin, toksisiteleri (SO_2 , CH_3Cl , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, NH_3) veya tutuŖma potansiyelleri (CH_3Cl , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, NH_3) veya kompresör ve tüplerin yüksek basıncılı olması gibi (CO_2).

- Kükürt dioksit (SO_2),
- Metil klorür (CH_3Cl)
- Karbon dioksit (CO_2),
- kloroetan ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$)
- Amonyak (NH_3)
- Hava
- Su

Tablo 3, 19. yüzyılın sonunda mevcut olan sekiz pratik soğutkanın teorik performansını göstermektedir. Bunlardan, amonyak termodinamik açıdan en iyisiydi ancak güvenlik nedeniyle gemilerde hava ve karbondioksit tercih edildi (Pearson, 2016).

Tablo 3:Doğal soğutkanlar (Pearson, 2016).

Madde	Soğutkan	Formül	NBP	CT	Gerekli Buhar Hacmi	COP
			⁰ C	⁰ C	CO ₂ 'e Göre Akış	- 15/30 ⁰ C
Air ⁽¹⁾	R-279	-	-	-221	8 ⁽³⁾	1.1
Water	R-718	H ₂ O	100	375	477	4.13
Carbon dioxide	R-744	CO ₂	-55.6 ⁽²⁾	31	1	2.56
Ammonia	R-717	NH ₃	-33.3	135	3.44	4.76
Sulphur dioxide	R-764	SO ₂	-10	157	9.09	4.87
Diethylether	R-610	C ₂ H ₆ O	34.6	214	55	4.9
Dimethylether	E-170	C ₄ H ₁₀ O	-24.8	128.8	34	4.5
Methyl chloride	R-40	CH ₃ Cl	-24.2	143	5.95	4.9

(1) Breyton cycle, (2) Triple point, (3) (+5 / 30) ⁰C

2.2.1.2. 2. Nesil soğutkanlar;

1930'da, kloroflorokarbonların (CFC'ler) ve hidrokloroflorokarbonların (HCFC'ler) ikinci nesil soğutkanlar olarak sınıflandırılmasıyla daha güvenli bir soğutkan sınıfı kullanıma sunuldu. Bu soğutkanların odak noktası, azaltılmış toksisite ve yanıcılıktı. Kararlılık, yanmazlık, toksik olmama ve iyi malzeme uyumluluğu gibi özel özellikleri nedeniyle, CFC'ler ve HCFC'ler, özellikle gelişmiş ülkelerde büyük ölçekte üretilmiş ve tüketilmiştir. Bu neslin diğer bazı soğutkanları NH₃, hidrokarbonlar (HC'ler), H₂O, vs. idi. 1987'de Montreal Protokolü, ozon tabakasının incelmelerinden sorumlu olan soğutkanları aşamalı olarak devre dışı bırakarak ozon tabakasını korumak için bir çerçeve çalışması olarak tasarlandı (Arora & Tyagi, 2018).

1929'da Amerikalı bir bilim adamı olan Thomas Migdley ve ekibi, ilk Diklorodiflorometan (CCl₂F₂) veya R12 moleküllerini üretti. R12 ve ailesindeki soğutkanlar, insanlar için oldukça zararsız olma ve termodinamik açılarından ilginç olma özelliğine sahiptir.

Endüstriyel olarak 1932'den Dupont de Nemours (diklorodiflorometan - R12 ve trikloroflorometan - R11) tarafından Freon adı altında üretildi. Bu soğutkanlar petrolden elde edilir.

Soğutkan devresinin çalışma sıcaklıklarına göre seçilen çok sayıda soğutkan veya sıvı kombinasyonu vardır.

2.2.1.3. 3. Nesil soğutkanlar;

Montreal Protokolü'nün ilk adımı, HCFC'lerin ODP'si nedeniyle CFC'lerden HCFC'lere geçmekti. Daha sonra, soğutma uygulamalarının özelliklerini karşılamak için bir dizi HFC ve bunların türevleri veya karışımları geliştirilmiştir. Servis ve imha sırasında daha az servis ve soğutkan emisyonlarına dikkat edildi.

Bu soğutkan sınıfı üçüncü nesil olarak kabul edildi. 1994 yılında, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) uyarınca Kyoto Protokolü sera gazı emisyonlarını kontrol etmek için somut bir uygulama aracı olarak tasarlanmıştır. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler, protokolda belirtilen kontrollerin güçlendirilmesinin yanı sıra, ozonu tahrip eden ajanların kullanımını azaltmak için çaba sarf etmektedir.

Şu anda, HCFC'ler ve HFC'ler toplam küresel ısınmanın yalnızca yaklaşık % 2'sine katkıda bulunmaktadır, bu nedenle bunlar 2030'a kadar aşamalı olarak kaldırılacaktır.

Ozon tabakasına zarar vermeyecek soğutkanların kullanıldığı dönemdir.

2.2.1.4. 4. Nesil soğutkanlar

Dördüncü kuşak soğutkanlar arasında düşük GWP'ye sahip florlu propen (propilen) izomerleri bulunur. Şu anda, en olası değiştirme, başka bir yeni florokarbon soğutkan sınıfıdır, yani HFO'lar. Çok düşük GWP'ye sahiptirler ve birçok uygulamada HFC'lerin yerini almaları beklenmektedir. Bu sınıfın bir temsilcisi HFO-1234yf 'dir (Arora & Tyagi, 2018).

2.2.2. Soğutkan tanımları

Kimya ve kimyasal yapı temelinde, soğutkanlar aşağıdaki dört sınıfa ayrılabilir.

2.2.2.1. Florlu soğutkanlar

Florlu soğutkanlar, ozon tabakasının yok edilmesinden büyük ölçüde sorumludur ve sera etkisinin artmasına katkıda bulunurlar. İki fenomen arasındaki etkileşimler gerçek ama oldukça karmaşıktır. Flor içeren soğutkanları birkaç türe ayırabiliriz.

2.2.2.1.1. CFC'ler (Kloroflorokarbonlar)

CFC'ler ozon tabakası üzerinde en fazla tahribat yapan soğutkanlardır.

Ozonu delme ve küresel ısınma potansiyelleri oldukça yüksektir. Bunlardan dolayı CFC'lerin kullanımını için bazı yasaklar ve önlemler dünya çapında alınmaktadır. Atmosferde 75-120 yıl arasında kimyasal yapıları bozulmadan kalabilirler.

Uygulamada en çok kullanılan CFC'ler şunlardır: R-11, R-12, R-114

2.2.2.1.2. HCFC'ler (Hidrokloroflorokarbon)

Geçiş soğutkanlarıdır. HCFC'ler de klor atomu içerdiği için ozon tabakası ile reaksiyona girerler. Buna rağmen HCFC lerin yapısında hidrojen bulunduğu için kimyasal kararlılıkları çok zayıftır. HCFC'ler atmosfere doğru yükselirken yapılarındaki hidrojen havadaki su molekülleri ile reaksiyona girerek yapıları bozulur.

Ozonu delme potansiyelleri düşüktür. Atmosferde kimyasal yapıları bozulmadan uzun süre kalmazlar (15-20 yıl).

Uygulamada en çok kullanılan HCFC'ler şunlardır: R-22, R-124, R-123 (Bulgurcu, Kon, & İlten, 2007).

2.2.2.1.3. HFC'ler (Hidroflorokarbonlar)

HFC'ler Hidrojen, florin ve karbondan oluşur. 1990'lardan beri geleneksel olarak CFC'ler ve HCFC'ler kullanan evsel ve ticari soğutma, soğuk hava deposu, araç kliması, nakliye soğutması, sabit klimalar ve soğutkanlar dâhil hemen hemen tüm uygulamalarda büyük ölçekte kullanılmıştır.

HFC'lerin yapısında klor atomu bulunmadığı için ozonu delme potansiyelleri sıfırdır. Yani ozon tabakası üzerine hiçbir olumsuz etkileri yoktur.

HFC'ler nispeten yüksek GWP'ye sahiptir, küresel ısınmaya bir miktar etki yaparlar ve Kyoto Protokolü kapsamında tanımlanan altı sera gazı grubuna dâhildir.

HFC'ler retrofit (dönüşüm) soğutkanı olarak da kullanılırlar. HFC'ler mevcut bir HCFC sisteminde retrofit soğutkan olarak kullanıldığında, yapı malzemeleri ve yağlama yağları ile ilgili güvenilirlik ve uyumluluk sorunları vardır. HFC'ler mineral yağlarla karışmadığından bunlar için özel sentetik yağlar geliştirilmiştir, Polioester yağları (POE) ve polialkilglikol (PAG) (OzoneAction, 2015).

Bu soğutkan ailesine ilişkin kısıtlamalar şu anda sınırlıdır. Avrupa Birliği 2011 yılından itibaren otomobil klimalarında HFC kullanımını tamamen yasaklamıştır (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012).

Uygulamada en çok kullanılan HFC'ler şunlardır, R-134a, R-32, R-125 ve R-143a'dır.

2.2.2.1.4. HFO (Hydrofluoroolefini)

HFO (hidrofloro-olefin) soğutkanları, dördüncü nesil flor bazlı soğutkanlardır. HFO soğutkanları hidrojen, florin ve karbon atomlarından oluşur, ancak karbon atomları arasında en az bir çift bağ içerir.

Yüksek enerji verimlidirler, HFO'lar sıfır ODP'ye ve çok düşük bir GWP'ye sahiptir.

Yanıcılık sorunları olsa da bu ürünler daha çevre dostu bir alternatif olma özelliğini sunmaktadır. HFO'lar florlu maddeler olduğundan, serbest bırakıldıktan sonra havadaki hidroksil radikalleri ile reaksiyona girdiklerinde HFC'lere benzer çevresel etkilere sahip olabilirler. Bilim adamları, HFO'lardan bu tür bir etkinin ihmal edilebilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Otomotiv klima sistemlerinde HFC-134a'nın yerini almak için yeni bir düşük küresel ısınma soğutkanı, $CF_3CF = CH_2$ (HFO-1234yf) geliştirilmiştir. HFO-1234yf yüksek enerji verimlidir, düşük toksisite sergiler ve şu anda soğutkan HFC-134a için tasarlanmış sistemlerde minimum modifikasyonla kullanılabilir. HFO-1234yf'nin tutuşabilirlik özelliklerini değerlendirmek için önemli çalışmalar tamamlanmıştır. Bu ürünler geliştirmenin erken bir aşamasındadır, ancak pazara sunulmaya başlanmıştır. Mümkün olduğunca kabul edilebilir bir alternatif olacakları beklenmekte birlikte makine tasarımlarımda bahsi geçen yanıcılık özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir (WHO, 2014).

Uygulamada en çok kullanılan HFO'lar şunlardır, R1234yf, R1234ze ve R1336mzz

2.2.2.2. Karışım soğutkanlar

İçerdikleri florlu bileşenlerin tipine göre sınıflandırılabilirler. Bazı karışımların yapılarına bağlı olarak ta ayırt edilirler. Çoğunlukla R-404A, R-407C ve R-410A gibi karışımlar da bu gurubun içindedir.

2.2.2.2.1. Azeotropik karışımlar;

• Azeotropik bir karışım genellikle saf bir sıvı gibi davranan iki maddenin bir karışımıdır.

• Yoğuşma veya buharlaşma sırasında tek bir soğutkan gibi davranır, yani sıcaklık belirli bir basınçta sabit kalır.

2.2.2.2. Zeotropik karışımlar;

• Karışım içindeki bileşenler, karışım kaynadıkça veya yoğunlaştıkça sıvı ve buhar fazlarındaki bileşimlerini değiştirir.

• Kaynama veya yoğunlaşma sırasında molar bileşimde bir değişiklik ve / veya doyma sıcaklığında bir değişiklik; bu şekilde, yoğunlaşırken veya buharlaşırken tek bir soğutkan gibi davranmaz (OZONEUNEP, 2014).

Herhangi bir kaçak durumunda sisteme eksilen soğutkan kadar şarj yapılamaz. Kaçak durumunda sistemdeki tüm gaz geri toplanmalı ve tekrar sistemin ihtiyacı kadar yeni gaz likit halde sisteme verilmelidir.

2.2.2.3. "Sera Etkisi" Düşük, Hidrokarbon ve inorganik soğutkanlar

Çevre açısından daha az rahatsız edici olarak kabul edilirler çünkü stratosferik ozon üzerinde hiçbir etkisi olmadıkları gibi aynı zamanda düşük sera etkisine sahiptirler. Bunların hepsinin ya güvenlik ya da termodinamik açısından dezavantajları vardır (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012).

2.2.2.3.1. NH₃ (Amonyak)

Amonyak mükemmel soğutkan özelliklerine sahiptir, inorganik termodinamik olarak (-35 °C+2 °C) arasındaki buharlaşma sıcaklıkları için mükemmel bir soğutandır.

Amonyak ucuzdur ve sızıntılar koku ile kolayca tespit edilebilir, ODP düşük ve GWP yoktur.

Ancak sıvı halde tehlikeli bir toksik ve yanıcıdır. Bu risklerine rağmen sahip olduğu özellikleri nedeniyle uzun yıllardır endüstriyel büyük soğuk depolarda kullanılmaktadır.

2.2.2.3.2. HC (Hidrokarbon)

Soğutma endüstrisi, son zamanlarda buzdolaplarında ve yalıtım köpüklerinde yeniden ortaya çıksalar bile, bu sıvılara karşı her zaman temkinli olmuştur.

Bazı hidrokarbonlar mükemmel soğutma sıvısı özelliklerine, sıfır ODP'ye ve çok düşük GWP'ye sahiptir.

HC'leri kullanmanın tek dezavantajı yanıcılık ve patlama riskidir.

Soğutkan şarjının 150 gramdan az olduğu cihazlarda tavsiye edilir. Yüksek soğutkan şarjları güvenlik koşulları sağlandığında yapılabilir. Hem mekanik hem de elektrik güvenliğini ayarlamamanın maliyeti göz önüne alındığında, iklimlendirmede gelecekteki kullanımları pek olası gözükmemektedir (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012).

Uygulamada en çok kullanılan HC'ler propane (R290), izobütan (R600a), Propilen (R1270) dir.

2.2.2.3.3. CO₂ (Karbondioksit)

Karbondioksit geleceğin soğutkanı olabilir. Çoğunlukla iyi termodinamik özelliklere sahiptir ve süpermarket, soğuk hava deposu ve şişe soğutucu uygulamalarında kullanılmaktadır (WHO, 2014).

ODP değeri içermez GWP değeri 1 dir ve referans değer olarak kullanılır. Kokusuzdur yanıcı değildir,

Dezavantajı yoğuşma basıncının yüksek ve kritik basıncının düşük olmasıdır. Aynı zamanda emme basıncı yüksektir. Karbendioksit bütün çalışma şartları altında tamamen kararlı olup, soğutma makine ve teçhizatı için kullanılan bütün metallere karşı herhangi bir aşındırma tesiri göstermez (Akdağ, 2010).

2.2.2.3.4. H₂O (Su-R718)

Su toksik değildir, yanıcı değildir, sıfır GWP ve ODP değerine sahiptir ve maliyeti düşüktür. Yüksek buharlaşma entalpisi ilginç olmakla birlikte 0 ° C'nin altında soğuk üretimine elverişli değildir. Sıkıştırma çevrimine uygun değildir ve uygulamaları nadirdir (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012). Soğutucu madde olarak su, diğer soğutucu maddelere göre en bol ve en kolay bulunan bir maddedir. Sıfır derecede kati faza geçmesi kullanım alanını sınırlamaktadır. Yüksek bir gizli ısı vardır. Ton başına hacimsel miktarı büyüktür. Bunun yanında Lityumbromit ile birlikte ve birçok emici maddelerle soğutucu maddeler olan salamuralar ve antifrizler, suyun varlığına ihtiyaç duyarlar (sogutma.net, 2020). Absorpsiyonlu soğutucular dışında su, kurutucu nem alma / evaporatif soğutma, adsorpsiyonlu soğutucular ve sıkıştırılmalı soğutucularda kullanılabilir. Suyun ayrıca toprak kaynaklı ısı pompalarında soğutucu olarak uygun olduğu da gösterilmiştir

2.2.2.4. Diğer soğutma teknolojileri

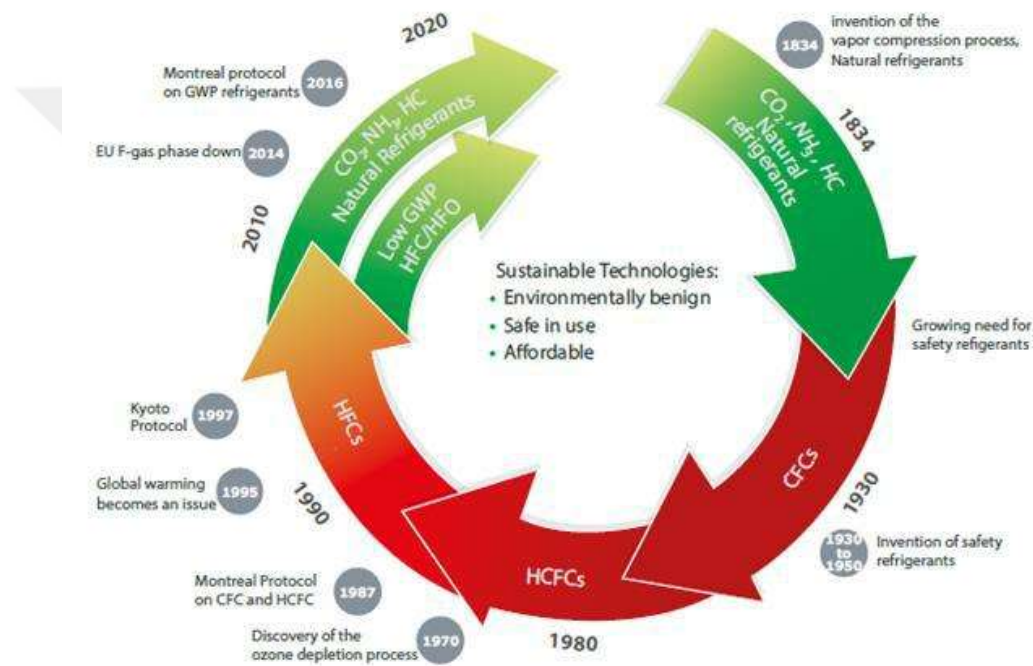
Kendi başına ODP'ye sahip olmayan, ancak buhar sıkıştırma ve absorption sistemlerinden daha az yaygın olan diğer soğutma teknolojileri mevcuttur. Bununla birlikte, sıvı azot, buz paketleri ve PCM paketleri gibi tüm pasif sistemler, yukarıda tarif edilen gazlardan birini kullanarak bir mekanik soğutma kaynağına dayanır. Örnekler:

- Sıvı azot: bazı ülkelerde soğutma için kullanılır.
- Sıvı veya kuru karbendioksit: Sıvı karbendioksit, bazı ülkelerde soğutmalı araçlarda soğutkan olarak kullanılır. Küçük paketleri serin tutmak için katı karbendioksit (kuru buz) kullanılır.

• Su paketleri: Su bazlı soğutma sıvısı paketleri dondurulabilir (buz paketleri) veya soğutulabilir (soğuk su paketleri). Depolanan ürünün sıcaklığını korumaya yardımcı olmak için yalıtılmış kaplara yerleştirilirler.

• Faz değiştiren malzemeler (PCM'ler): Bunlar, önceden soğutulmuş ve su paketleri gibi yalıtılmış kaplara yerleştirilmiş mumlar veya diğer maddeleri içeren soğutucu paketleridir. PCM'lerin, istenen bir sıcaklıkta fazı değiştirmek üzere tasarlanabilmeleri gibi özel bir avantajı vardır - ör. + 5 °C (WHO, 2014).

2.2.3. Soğutkanların gelişimi ve Küresel İklim Yönetmelikleriyle ilişkisi



Şekil 3: Soğutkanların, endüstrideki gelişimi ve küresel iklim yönetmelikleriyle ilişkisi (CANTAŞ, 2020).

2.2.4. Soğutkan özellikleri

Soğutkanların, soğutma ve ısıtma görevini yerine getirebilmeleri için bazı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmaları gerekmektedir. Bu özellikler uygulama ve çalışma şartlarına göre değişebilir. Bu şartlara bağlı olarak soğutkanın bazı özellikleri daha önemli olurken bazı özellikleri göz ardı edilebilir.

Soğutkanların seçiminde en önemli kriter, gaz (buharlaşma – evaporatorde gerçekleşir) veya sıvı (yoğuşma-kondenserde gerçekleşir) fazına geçerken ortamdan yüksek ısı çekme (hal değişimi sırasında soğutkan tarafından emilen ısı: gizli buharlaşma ısı) olarak adlandırılır) kabiliyetleridir. Genel olarak, soğutkanlar, buharlaşma sırasında

ısıyı emen sıvılar olarak bilinir. İdeal olarak, soğutkanın kritik sıcaklığı ve basıncı, sistemde karşılaşılabilecek maksimum sıcaklık ve basıncın üzerinde olmalıdır. Aynı şekilde, soğutkanın donma noktası da çevrimde elde edilen minimum sıcaklığın güvenli bir şekilde altında olmalıdır. Güvenli çalışma için, soğutkanın yoğuşma basıncının sistemin maksimum basınç toleransından daha düşük olması gerekir. Normal çalışma koşullarında, soğutkanın atmosfer basıncının üzerinde bir buharlaşma basıncına sahip olması her zaman tercih edilir, böylece bir sızıntı durumunda hava, nem ve diğer kirleticilerin sistem basıncını yenip içeri girmesi engellenir (OzoneAction, 2015).

Soğutkanlar soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde saf veya karışım olarak kullanılır (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012).

Uygun bir soğutkan seçimi, birçok faktörden oluşur. İdeal soğutkan aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- Buharlaşma basıncı yüksek, yoğuşma basıncı düşük olmalıdır.
- Kullanılan soğutkanın buharlaşırken daha fazla ısı çekebilmesi için buharlaşma gizli ısısı yüksek olmalıdır.
- Güvenilir olmalıdır.
- Soğutma sistemindeki elemanlarla reaksiyona girmemesi için korozif olmalıdır.
- Az enerji kullanılarak sistemden daha fazla soğutma elde edilebilmelidir.
- Yoğuşma basıncının yüksek olması sistemde bulunan tesisat elemanlarına zarar vereceğinden mümkün olduğunca yoğuşma basıncı düşük olmalıdır.
- Yüksek ısı geçişini sağlayarak, yoğuşmayı zorlaştırmamak için düşük viskozitesi olmalıdır.
- Sera etkisi (GWP) olmamalı veya düşük seviyede olmalıdır.
- Ozona zarar verme (ODP) potansiyeli olmamalı veya düşük seviyede olmalıdır.
- Toksikitesi olmamalı veya düşük olmalıdır.
- Yanıcı olmamalı veya düşük yanıcı olmalıdır.
- Temini kolay ve maliyeti düşük olmalıdır.
- Kritik basınç ve sıcaklığı yüksek olmalıdır.
- Kritik sıcaklık ve basınç değerlerinde özelliklerini koruyabilmeli.
- Kaçak tespitinin kontrol edilmesi kolay olmalıdır (renk, koku özellikleri)

gibi).

- Kaçak olması halinde insan sağlığını tehdit edecek özellikte olmaması gerekmektedir.
- Havayla kimyasal etkileşimi sonucunda yanıcı ya da patlayıcı özellikte olmaması gerekir.
- Hermetik tip kompresörler için uygun elektriksel özellikleri olmalıdır.
- Kompresörün kapasitesi düşük olmasına rağmen uygun kullanılabilirliği olmalıdır.
- Nemden etkilenmemesi gerekmektedir.

Ne yazık ki, bugün yukarıdaki özelliklerin hepsini birleştiren bir soğutkan mevcut değildir. Farklı soğutkanlar farklı özelliklere sahip olduklarından, bir soğutkanın uygunluğu, uygulamaya bağlı olarak değişir.

Bugün piyasada bulunan çok sayıda alternatif soğutkan, tasarımcılar ve yükleniciler için biraz kafa karıştırıcı bir durum sunuyor. ANSI / ASHRAE Standard 34, çeşitli soğutkan grupları için bileşim belirleme örnekleri atayan bir soğutkan numaralandırma sistemi sağlar. ASHRAE soğutkan sayı grupları aşağıdaki gibidir:

- R-10 dan R-50 kadar Metan Serisi Soğutkanlar
- R-110 dan R-170 kadar Etan Serisi Soğutkanlar
- R-216 den R-290 kadar Propan Serisi Soğutkanlar
- RC-316 dan RC-318 kadar Devirli Organik Bileşikli Soğutkanlar
- R-400 den R-411B kadar Zeotropik Karışım Soğutkanlar
- R-500 den R-509 kadar Azotropik Karışım Soğutkanları
- R-600 den R-620 kadar Çeşitli Organik Bileşikli Soğutkanlar
- R-600 ve R-631 Azot Bileşikleri
- R-702 den R-764 kadar İnorganik Bileşikler
- R-1112a dan R-1270 Doymamış Organik Bileşikler (AIRAH, 2003).

2.2.5. Doğal soğutkanlar

Doğal soğutkanlardaki "doğal" terimi, soğutkanların kökenine, yani jeolojik ve/veya biyolojik işlemlerin bir sonucu olarak ortaya çıktıkları doğaya işaret eder. Doğal soğutkanlar, sentetik soğutkanların aksine tipik olarak çevre dostudur. Amonyak (NH₃), Karbondioksit (CO₂) ve Hidrokarbonlar (HC), 19. yüzyılın ikinci yarısında buhar sıkıştırımlı soğutma sırasında soğutkan olarak kullanıldı. . Geniş tecrübe kazanılmış ve o zamandan beri bilgi birikimi sağlanmıştır. Bununla birlikte, doğal soğutkanların dikkatli

bir şekilde kullanılmasını gerektirir.

Yüksek çalışma basınçları, yanıcılık veya toksisite kaynaklı güvenlik endişeleri, 1930'ların başlarında (esas olarak CFC'ler) sentetik çözümlerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bunlar güvenli ve kullanımı kolay soğutkanlar olarak kabul edildi ve çeşitli uygulamalar için hızla tercih edildi. Bununla birlikte sentetik soğutkanlar, yüksek bir küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahip olan ve ozon tabakasını tüketen halojen, flor ve klorinden oluşur.

Son zamanlarda, R32, hidrofloroolfinler (HFO'lar) ve bunların harmanları gibi düşük GWP'ye sahip soğutkanlar, günümüzde kullanılan hidroflorokarbonlara (HFC'ler) alternatif olarak muamele edilmektedir. Bu soğutkanlar yanıcıdır ve kısmen yüksek oranda toksik maddelere ayrışır. Bu soğutkanların HFC'lere sürdürülebilir alternatifler olup olmadığı konusunda süregelen tartışmalar bulunmaktadır. Bu alternatifler yeni tanıtilan "hafif yanıcı" soğutkan grubuna ait olmaları nedeniyle ayrı kılavuzlar oluşturulmuş ve önlemler alınmıştır. Buna rağmen yanıcılıktan kaynaklanan güvenlik kaygıları devam etmektedir.

Aslında, ilerleyen sera etkisine karşı koyma çabaları, doğal soğutkanları gittikçe artan bir şekilde dikkat merkezine çekmiştir. Çeşitli yüksek verimli uygulamalar geliştirildi ve artık kullanımlarını ekonomik açıdan uygun hale getiren teknik bir seviyeye ulaşıldı. Sentetik soğutkanlar ile çalışan mevcut uygulamaların doğal soğutkan alternatifleriyle değiştirilmesi aynı zamanda mevcut çok sayıdaki tesis ve cihazlardan sentetik soğutkan sızıntısı nedeniyle oluşan sera gazı emisyon sorunlarını da çözecektir.

HFC soğutkanların mevcudiyeti azalacağından, doğal soğutkanlar gibi sürdürülebilir düşük GWP alternatiflerine geçiş artacaktır. Doğal soğutkanların kullanımıyla ilgili güvenlik endişeleri nedeniyle, doğal soğutkanların güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermek için kolayca erişilebilir bilgiler sağlamak önemlidir.

Bu çalışmada üç ana doğal soğutkan türü ele alınmıştır.

1. CO₂ (R744)
2. HC'ler, örneğin propan(R290)
3. NH₃(R717).

Doğal soğutkanlar ucuzdur, yaygın olarak bulunurlar ve yukarıda sıralanan soğutkan özelliklerinin çoğuna sahiptirler. Tablo 4, kullandıkları (veya kullanılacakları) çeşitli sektörleri ve uygulamaları göstermektedir.

Tablo 4: Doğal soğutkanlar ve uygulama sektörleri (AAP, 2014).

Soğutkan		Uygulama Sektörleri
CO ₂ (R744)		Ticari ve endüstriyel soğutma, soğutucular, ısı pompaları, frigorifik soğutma, gemi soğutması, araç kliması, türevleri
HC	Propane (R290)	Ticari ve endüstriyel soğutma, Soğutma grupları, ısı pompaları, split klimalar (kanalsız),türevleri
	İzobütan (R600a)	Ev tipi buzdolapları, küçük ticari soğutma sistemleri, ısı pompaları
	Propilen (R1270)	Soğutma grupları, ısı pompaları, türevleri
NH ₃ (R717)		Endüstriyel ve büyük ticari soğutma, Soğutma grupları, endüstriyel ısı pompaları

Ancak doğal soğutkanlar ayrıca yanıcılık, toksisite ve yüksek basınçlardan dolayı ilave riskler oluşturur. Tablo 5, güvenli kullanımı sağlamak için hangi özelliklerin özel dikkat gerektirdiğini gösteren bir genel bakış sunmaktadır.

Tablo 5:Doğal soğutkanların güvenlik özellikleri (AAP, 2014).

Soğutkan		Toksit	Alevlenme	Çalışma Basıncı
CO ₂ (R744)		Toksik olmayan (boğucu, düzgün havalandırılmadığında birikir ve havanın yerini alır)	Yanıcı olmayan gaz	Çok yüksek basınç
HC	Propan (R290)	Toksik olmayan (boğucu, düzgün havalandırılmadığında birikir ve havanın yerine alır)	Son derece yanıcı gaz	R404 A ile karşılaştırıldığında benzer basınçta daha düşük
	İzobütan (R600a)			
	Propilen (R1270)			
NH ₃ (R717)		Solunduğunda toksit	Yanıcı gaz	R404 A ile karşılaştırıldığında daha düşük basınç

2.2.5.1. Karbondioksit (R744)

CO₂ (R744), 19. yüzyılın ortasından beri soğutkan olarak kullanılmaktadır. 1930'larda sentetik soğutkanların kullanıma girmesiyle kullanımı yavaş yavaş azaltıldı. CO₂, yanıcı ve toksik olmayan, yaygın olarak bulunan ve ucuz bir soğutkandır. HFC'lere kıyasla, CO₂ daha iyi ısı transfer özelliklerine ve ihmal edilebilir bir GWP'ye sahiptir. Geleneksel boru malzemeleri ve yağlayıcılarla uyumludur. Hacimsel soğutma kapasitesinin yüksek olması nedeniyle (HFC'lerin 5 ila 8 katı) soğutkan şarjına göre % 50'lik bir azalma sağlanabilir. Bu nedenle gerekli kompresör deplasmanı ve boru boyutları

azaltılır. CO₂'nin yoğunlaştığı ve buharlaştığı yüksek çalışma basıncı nedeniyle CO₂, yüksek ortam sıcaklığı koşullarında daha zayıf bir performansa sahiptir.

Bununla birlikte, yüksek ortam sıcaklığı özelliğini güvenli bir şekilde sağlama zorluğu, genel olarak var sayıldığı kadar zor değildir. Yalnızca 31.1 ° C'lik düşük kritik sıcaklığından dolayı, CO₂ soğutma çevrimleri çoğu zaman kritik ötesi durumda çalışır. Bu seviyenin altındaki ve üstündeki fiziksel özellikler birbirinden farklıdır. Bu seviyenin altındaki çalışma, CO₂'nin kritik altı durumda olması ve bu seviyenin üzerinde kritik bir durumda olması anlamına gelir.

Geleneksel soğutma sistemlerinde, kritik ötesi durum daha az enerji verimlidir ve özellikle güney Avrupa'da yaz aylarında ulaşılır. Sıcak iklimlerde enerji verimliliğini artırmak için çeşitli teknik yenilikler üzerinde çalışılmaktadır. CO₂ sistemlerinin diğer soğutma sistemleriyle karşılaştırılabilir bir enerji verimliliği elde ettiği "CO₂ ekvatoru", sürekli olarak güneye doğru itilmektedir. Soğutkan kritik altı durumda çalışan bir soğutma devresinde dört döngüsel değişim modu yaşar: buharlaşma, sıkıştırma, yoğunlaşma ve genleşme. Kritik ötesi koşullar altında, operasyon kritik sıcaklığın üzerinde olduğu için CO₂ yoğunlaşmaz, bunun yerine faz değişikliği olmaksızın bir gaz soğutması gerçekleşir. Çok kritik durumda CO₂ içeren sistemler çok daha yüksek basınç spesifikasyonları gerektirir.

Devam eden araştırmalar, kritik ötesi durumda çalışan CO₂ soğutma sistemlerinin enerji verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Yeni geliştirilen bu önlemlerden biri, gaz soğutucudan sonra basıncı azaltmak için getirilen ejektördür. Ejektör ve onu takip eden bir flaş tankı, gaz soğutucusu ve buharlaştırıcı arasına yerleştirilir. Ejektör, buharlaştırıcıdan gelen CO₂ akışını basınçlandırmak için gaz soğutucudan gelen yüksek basınçlı akımın potansiyel enerjisini kullanır.

Ejektör 3 bölüme ayrılabilir:

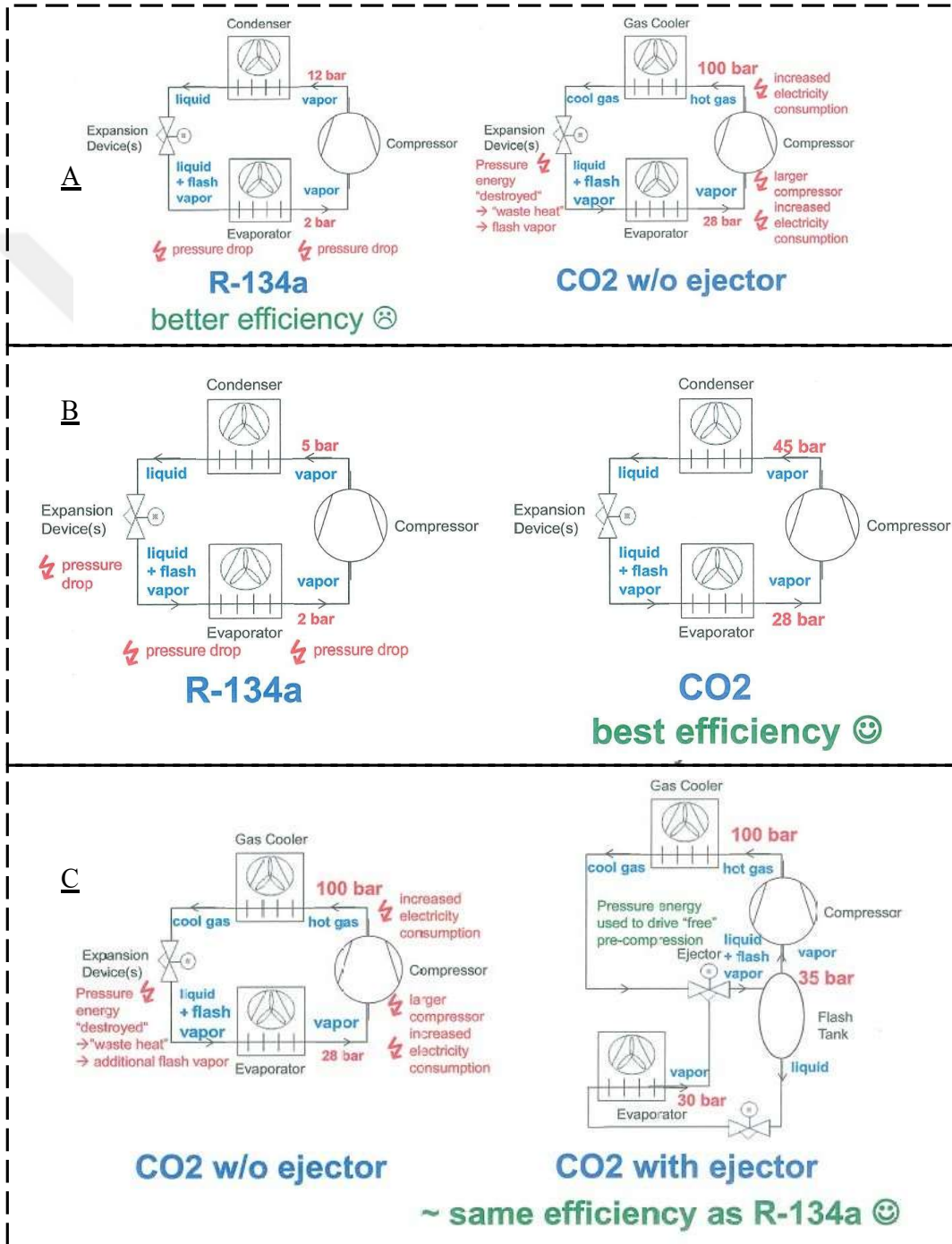
1. Yüksek basınçlı CO₂ enerjisi, bir laval nozülü tarafından düşük basınç ancak yüksek akış hızına dönüştürülecektir.

2. Bu düşük basınç, buharlaştırıcılardan buharı emmeye ve yüksek basınç akışı ile hızlanmaya izin verir.

3. Hızlandırılmış karışım yüksek hız ile ters bir nozulda tekrar düşük hıza ve emiş girişinden daha yüksek basınca dönüştürülecektir.

Flaş tank, gazı sıvı fazdan ayırır ve sıvı faz buharlaştırıcıya gönderilir. Flaş tankından ejektör tarafından önceden sıkıştırılan gaz fazı, daha verimli bir zarf içinde

çalışan daha küçük kompresörlerin kullanımına izin verir. Turbo şarj cihazı gibi çalışan ejektör, elektrik gücüne bağlı değildir. Şekil 4, kritik altı ve kritik ötesi koşullarda (kış / yaz) çalışan soğutma döngülerini, ayrıca yüksek ortam sıcaklığı koşullarında verimlilik kayıplarını telafi eden ejektör teknolojisi ile birlikte göstermektedir. Ejektör ile donatılmış bir kurulumun fiyatı yaklaşık % 15 daha yüksektir. Yaşam döngüsü dikkate alınır, yatırım maliyetleri daha düşük işletme maliyetleri ile amortismanına tabi tutulur.



Şekil 4: Ejektör teknolojili ve ejektörsüz soğutma döngüsü : (A) Ejektörsüz transkritik modda sıcak yaz günü çalışmasının temel prensibi (B) Ejektörsüz, subkritik modda kış çalışmasının temel prensibi (C) Ejektör ile transkritik modda sıcak yaz günü çalışmasına ilişkin temel prensip (AAP, 2014).

2.2.5.2. HC'ler, Propan (R290), İzobütan (R600a), Propilen (R1270)

HC'ler (R290 (propan), R600a (izo-bütan), R1270 (propilen)) kullanılan ilk soğutkanlar arasındadır. Hidrokarbonlar, iklim açısından bakıldığında amonyak veya karbondioksit kadar faydalıdır. Ozon tabakası üzerinde hiçbir zararlı etkileri yoktur ve diğer birçok sentetik soğutkan madde ile karşılaştırıldığında küresel ısınma potansiyelleri ihmal edilebilir hatta yok kabul edilebilir (Eurommon, 2014).

Tablo 6:En önemli HC (Hidrokarbonlar)

Soğutkan	Formülü	Kaynama Noktası °C	Kritik Sıcaklık °C	
propane	R290	C ₃ H ₈	-42	96.6
izobütan	R600a	C ₄ H ₁₀	-12	135
propilen	R1270	C ₃ H ₆	-47.7	91
n-butane	R600	C ₄ H ₁₀	-0.5	152
ethan	R170	C ₂ H ₆	-88.7	91
Etilen	R1150	C ₂ H ₄	-103.8	9.5

Hidrokarbonlar oldukça yanıcı, tutuşturucu ve kokuları zar zor fark edilir. Etilen havadan daha hafiftir ve etan hava ile yaklaşık aynı yoğunluğa sahipken, bütan, propan ve propilen yoğunlukları havadan daha yüksektir. Bir sızıntı durumunda, nefes alabilen havayı değiştirerek yerde toplanabilirler. Bu özellikler, hidrokarbon bazlı sistemleri planlarken ve kurarken özel hükümler gerektirir. Yeterli emniyet için, soğutma sistemlerinin yapımı, işletimi ve bakımı için tüm ulusal ve uluslararası güvenlik hükümlerine (örn. EN 378, basınçlı ekipman yönlendirmesi, ATEX direktifleri) kesinlikle uyulmalıdır.

Toksik değildirlir ancak oldukça yanıcıdır. Yanıcılıkları nedeniyle CFC'ler ve HCFC'ler lehine kullanımları azalmıştır. Bugün, daha yüksek yanıcılık riski, soğutkan şarj limitleri ile telafi edilmektedir. HC soğutkan yükleri, CFC'ler, HCFC'ler vb. İle karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha düşüktür. HC'ler, yüksek ortam sıcaklıklarında bile yüksek verimlilik sunar ve geleneksel soğutma sistemlerinde kullanılan çoğu kompresör yağlayıcı ve malzeme ile uyumludur.

Sentetik soğutkanların aksine, hidrokarbonlar çok uygun maliyetlidir. Fiyat farkları sadece sistemi ilk kez şarj ederken değil, özellikle kaçak kaybindan sonra yeniden doldururken de fark edilir. Dikkate alınması gereken diğer bir avantaj, sistemin çalışma ömrünün sona ermesinden sonra ki düşük maliyetli atık imhasıdır.

Hidrokarbon kullanılacak soğutma sistemlerinin yapımı ve işletimi için ilgili standartlara ve direktiflere mutlaka uyulmalıdır. Seçilen soğutkan EN 378-1 ve basınçlı ekipman direktifine (DGRL) göre toksitesi ve yanıcılığına göre sınıflandırılmıştır:

Hidrokarbonlar, düşük toksisite ve daha yüksek yanıcılık anlamına gelen A3 güvenlik grubuna aittir (Eurommon, 2014).

Tablo 7:HC Soğutkanların termodinamik özellikleri

Ekolojik	Ozon tüketme potansiyeli yok, küresel ısınma potansiyeli $GWP \leq 3$
Termodinamik	Yüksek yoğunlaşma sıcaklıklarında bile iyi COP (EER)
Fiziksel	İyi ısı transfer özellikleri
Kimyasal	Hava ile kombinasyon halinde yanıcı / patlayıcı, iyi malzeme uyumluluğu, bakır, çelik ve geleneksel olarak soğutma ünitelerinde kullanılan yağlarla uyumlu
Fizyolojik	Toksik olmayan

Hidrokarbonlar, belirli bir soğutma kapasitesi oluşturmak için gereken birincil enerjiyi ve dolayısıyla dolaylı küresel ısınma etkisini azaltan mükemmel termodinamik özelliklere sahiptir. Tablo 7’de Hidrokarbonların termodinamik özellikleri görülmektedir.

R290 ve R1270, R404A ile benzer performans ve çalışma basınçlarına sahiptir ve yüksek, orta ve düşük sıcaklıklı ticari uygulamalarda kullanılır. R600a, diğer soğutkanlardan çok daha yüksek doyma sıcaklığına sahiptir ve çoğu uygulamada düşük taraftaki bir vakumda çalışır. Kullanımı minimum sızıntıya sahip evsel ve çok küçük ticari soğutma sistemleri ile sınırlıdır, böylece sızıntı nedeniyle hava ve nem girişi nadiren gerçekleşir.

Care 30 (propan ve izobuten) ve Care 50 (propan ve etan) gibi HC karışımları da mevcuttur. Ayrıca oldukça yanıcıdır ve önemli sıcaklık kaymalarına sahiptirler. (RealAlternatives, 2018).



Resim 1: HC Soğutkan uygulamalarına örnek soğutma sistemleri

20 yıldan fazla bir süredir ev buzdolaplarında ve dondurucularda kullanılan hidrokarbonlar, klima, orta ve düşük sıcaklık için tek kademeli soğutma sistemlerinde ve ayrıca ısı pompalarında giderek daha sık kullanılmaktadır. 1995 kadar erken dönemde, hidrokarbon soğutma ve ısı pompası teknolojisi için alternatif soğutkanlar olarak gösterildi

Günümüzde mevcut ürünler arasında propan kullanan split klima üniteleri, propan ve izobütan kullanan soğutma kabinleri, propilene kullanılan duvara monte çok katlı dolaplar, hava ve su soğutmalı su soğutucuları ve karbondioksit / propan kullanan kademeli soğutma sistemleri bulunmaktadır.

Hidrokarbonlar için tipik uygulamalar şunları içerir:

- Ev buzdolapları ve dondurucular
- Şişe soğutucuları
- Ticari derin dondurucu dolapları ve dondurucular
- Ticari soğutma dolapları ve buzdolapları
- Bira soğutucuları
- İçecek otomatları
- Isı pompaları
- Marketlerde soğutma Klimalar
- Düşük sıcaklıklı kaskadlar (tüm aşamalar)

Su ve salamura soğutma için dolaylı soğutma grupları, özellikle dış mekanda kurulum için (Eurommon, 2014).

Tablo 8, HC soğutkan seçiminden etkilenen ACR ve HP güvenlik standartlarının ele aldığı önemli konuların bir özetini sunmaktadır.

Tablo 8: ACR ve HP Sistemleri için güvenlik standartları kapsamında genel teknik yükümlülükler (GİZ, 2018).

Katagori	IEC 60335-2-24	IEC 60335-2-89	IEC 60335-2-40	ISO 5149-1, -2, -3, -4
	EN 60335-2-24	EN 60335-2-89	EN 60335-2-40	EN 378-1, -2, -3, -4
Kapsam	Ev tipi buzdolapları, dondurucular ve buz yapıcılar	Tak kullan ticari cihazlar ve yoğuşurma üniteli ve tek kompresörlü dolaplar	Fabrika tarafından üretilen tüm klimalar, ısı pompaları, nem alıcılar ve kısmi üniteler	Tüm ticari ve endüstriyel soğutkan klima ve ısı pompası sistemleri
Soğutkan şarj miktarı limitleri.	150 gr yanıcı soğutkan	150 gr yanıcı soğutkan	Sistem içerde ise yaklaşık.1 kg HC(oda boyutuna bağlı olarak), dışarda ise 5 kg veya özel muhafaza.	Sistem tipine ve / veya oda büyüklüğüne bağlı olarak 1 kg, 1.5 kg, 5 kg, 10 kg, 25 kg HC ve limitsiz,
	R744 için limit yok	R744 için limit yok	R744 için limit yok	R744 için limit yok veya oda boyutuyla sınırlı
	R717 kapsam dışı	R717 kapsam dışı	R717 kapsam dışı	Dışarıda veya makine odasında bulunuyorsa R717 için limit yok
İşaretleme	Uygun şekilde tutuşabilirlik veya yüksek basınç uyarı sembolleri gerektirir			
Basınç dayanımı	Sistemler ve bileşenler için basınç testlerini belirtir (varsa)			
Elektrikli ekipman	Tasarım, yapım ve test gereksinimlerini belirtir			Uygun standartları ifade eder
Tutuşma kaynakları	Bir test yöntemi seçeneği dahil olmak üzere nelerin dikkate alınacağını ve potansiyel bir tutuşma kaynağından nasıl kaçınılacağını açıklar (ISO 5149 hariç tüm bu standartlar için geçerlidir)			
Bilgi ve talimatlar	Kullanıcıların, uygulayıcıların ve teknisyenlerin yanıcılık tehlikeleri ile nasıl başa çıkacaklarını bilmeleri için ekipmanın kurulumu, kullanımı, servisi, bakımı ve atılmasıyla ilgili ayrıntılar			
Sistem sızdırmazlığı	Yanıcı soğutkanları iç mekânda kullanacaklarsa, sistemler genellikle "sızdırmaz" veya "tam kapalı/sızdırmaz" sistemler olarak inşa edilmelidir.(örneğin sınırlı sayıda yeniden kullanılabilir mekanik bağlantı veya bağlantı parçası olan veya olmayan)			
Basınç sınırlama / tahliye cihazları	Yanıcı soğutkanlar kullanılıyorsa, aşırı basıncı sınırlamak veya tahliye etmek için ek cihazlara duyulan ihtiyaç daha küçük sistemler için geçerli olabilir.			
İkincil / indirect sistemler	Birincil soğutkan devresi belirli bir şarj boyutunu aşarsa, ikincil veya dolaylı devreler için ek bileşenlerin (su veya tuzlu su kullananlar gibi), buharlaştırıcıdan meydana gelen bir sızıntıyı ikincil devreye boşaltması gerekir.			
Gaz Sensörleri	n/a	Gaz sensörleri, havalandırma, alarmlar, elektrik kaynaklarının kapatılması vb. gibi önleyici tedbirleri başlatmak için zorunlu olabilir. Bunlar, makine odalarında yanıcı soğutkan kullanan sistemler veya mahal alanlarındaki sistemler için geçerli olabilir..		
Makine odaları veya havalandırılmalı muhafazalar	n/a	Makine odaları veya özel muhafazalarda, yanıcı soğutkanlar kullanılıyorsa, kapı sayısı ve açıklığı, duvarların yangına dayanıklılığı, sızdırmazlık ve minimum hava akışı oranları vb. gibi belirli gerekliliklere sahip olabilir.		

2.2.5.3. Amonyak (R717)

NH₃ (R717), ticari olarak 19. yüzyılın ikinci yarısında soğutma için kullanıldı ve o zamandan beri de kullanılıyor. Mükemmel termodinamik özellikleri, düşük maliyetleri ve yüksek enerji verimlilikleri sayesinde sentetik soğutkanlara alternatif popüler bir soğutkandır. Özellikle yüksek şarj boyutlarına sahip büyük tesislerde uygulamaları yoğunlaşmıştır.

Amonyakın bir soğutkan olarak faydaları iyi bilinse de (yüksek enerji verimliliği, sıfır ODP, sıfır GWP, düşük TEWI veya mükemmel LCCP, kendi kendine alarm veren keskin koku) yaygın olarak HVAC & R uygulamalarında kullanıldığında karşılaşılabilecek engeller ele alınmalıdır. Bu engeller genellikle insan sağlığı ve amonyak soğutma sistemi kurulum maliyeti ile ilgilidir. Amonyak, hava ve suyun olduğu ortamlarda bakır ile reaksiyona girer. Bakır ve diğer demir dışı metalleri aşındırdığı için NH₃'ün su ile kullanımlarında özel bir dikkat gösterilmesi gerekir.

Bu nedenle, kompresör ve pompa yataklarında kullanılan bakır içeren bazı bronz alaşımları dışında, amonyak sistemleri alüminyum, karbon çelik ve paslanmaz çelik bileşenler kullanılarak inşa edilir. Birleştirmeler çoğunlukla kaynaklıdır ve lehim kullanılmaz.

NH₃ düşük yanıcılığa, ancak yüksek düzeyde toksisiteye sahiptir. Toksikitesi nedeniyle büyük miktarlarda salındığında tehlikelidir. Amonyak dar bir yüksek konsantrasyon aralığında yanmasına rağmen, tutuşması zordur ve tutuşma kaynağı çekildikten sonra yanmayı desteklemez. Bu nedenle, ASHRAE tarafından 2L sınıfında düşük yanıcı olarak tanımlanır (ASHRAE, 2017).

Genellikle, bir NH₃ sistemi, yüksek toksisitesi nedeniyle, yerleşim alanlarının dışında kullanılır. NH₃ sızıntısının meydana geldiği olaylar nadirdir. Keskin kokusu nedeniyle NH₃ sızıntıları kolayca fark edilir.

Amonyak soğutma sistemlerini anlamak ve işlemek için eğitilmiş teknisyen eksikliği, özellikle amonyakın geleneksel olarak kullanılmadığı pazarlarda, uygulanmasına bir engel oluşturmaktadır. Ayrıca Soğutkanın yeterli ve güvenli şekilde taşınması yetkin ve eğitilmiş personel gerektirir.

Genel olarak doğal soğutkanların kullanımı, HCFC'ler ve HFC'lere kıyasla ek güvenlik gereksinimleri ile birlikte gelir. Yanıcılık, toksisite ve basınçlar gibi güvenlik kaygıları ve riskleri, sistem tasarımı, bileşenlerin seçimi ve birimlerin yerleştirilmesi ile

ilgili çeşitli sonuçlara yol açmaktadır. Bununla birlikte, uygun tasarım ve sorumlu bakımla, doğal soğutkanlar çoğu soğutma uygulaması için sürdürülebilir bir alternatiftir.

Soğutma sınıfı amonyak yüzde 99.98 oranında saftır, nispeten su ve diğer yabancı maddeleri içermez (maksimum:150 ppm su, 3 ppm yağ, 0,2 ml/g yoğunlaşmamış). Kolayca temin edilebilir, ucuzdur, diğer soğutkanlarla karşılaştırılabilir basınçlarda çalışır ve buharlaştığında büyük miktarlarda ısıyı absorbe edebilir.

Yeni teknolojiler düşük ve azaltılmış amonyak şarjlı ürün tasarımlarına öncülük etmektedir. Bu yeni düşük şarjlı sistem ve paket uygulamaları, geleneksel tasarımlarda dikkate alınmayacak çok geniş bir yelpazede, çeşitli yeni endüstriyel, ticari ve dolaylı alan iklimlendirme uygulamalarında amonyak kullanımı fırsat yaratır. (ASHRAE, 2017).

Amonyak keskin kokusuyla kendi kendine alarm verme özelliğine sahiptir ve bu özelliği amonyak sistemleriyle düzenli olarak ilgilenen ve üzerinde çalışan neredeyse tüm mühendisler, tasarımcılar, teknisyenler ve mekanikçiler tarafından bilinir. Bu nedenle, küçük sızıntılar dahi önemsiz olarak görülemez ve ihmal edilmeden hızlı bir şekilde onarılır,

Modern amonyak sistemleri, sistemdeki basınçları kontrol eden tam bütünleşmiş otomasyon sistemlerine sahip tamamen kapalı devre sistemlerdir.

Her soğutma sistemi, sistemi ve basınçlı kapları aşırı basınçtan ve olası arızalardan koruyabilecek emniyet tahliye vanalarına sahip olmalı, ayrıca bunun için etkin sürekli güncellenen ve revize edilebilen bir otomasyon kod sistemine sahip olması gereklidir.

Amonyak sistemleri için en kabul edilen tahliye yöntemi, tahliye vanalarından buharın güvenli bir yerden doğrudan atmosfere atılmasıdır. En uygun tahliye yöntemini ve güvenli yeri belirlemek için sahada özel değerlendirme yapılması gerekebilir. Amonyak havadan daha hafiftir (amonyağın moleküler ağırlığı 17, havanın moleküler ağırlığı 28'dir).

Amonyak bazlı soğutma sistemleri için tipik uygulamalar şunları içerir:

- Termal depolama sistemleri,
- HVAC soğutma grupları,
- Proses soğutma,
- Klima,
- Kış sporları,
- Bölgesel soğutma sistemleri,

- Isı pompası sistemleri,
- Süpermarketler,
- Marketler
- Enerji üretim tesisleri
- Uluslararası Uzay İstasyonu
- Biyosfer II

dahil olmak üzere birçok yüksek profilli projede kullanılmaktadır (ASHRAE, 2017).



Resim 2: Amonyum soğutkanın kullanıldığı paket sistemlerden bazı örnekler (RealAlternatives, 2018).

Amonyak, karbondioksit içeren kademeli soğutma sistemlerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu sistemlerde amonyak, ısıyı çevreye atmak için yüksek sıcaklık aşamasında kullanılır. Düşük sıcaklık aşamasında soğutulacak yükten ısıyı çekmek ve ısıyı amonyak yüksek sıcaklık aşamasına atmak için karbondioksit kullanılır.

Bu tür sistemler, daha geniş bir uygulama yelpazesinde amonyak kullanımına izin verir, Çünkü daha az tehlikeli olan karbondioksit daha fazla yerde kullanılabilirken yüksek verimli amonyak merkezi bir mekanik odada veya paket tipi rooftop ürünlerde kullanılabilir. Amonyak ayrıca yukarıda belirtilen nedenlerle su veya glikol gibi diğer ikincil soğutkanlarla birlikte kullanılır.

2.3. Uluslararası Çalışmalar, Protokoller ve Yönetmelikler

20. yüzyılın ikinci yarısı içerisinde ulus devletler tarihinde ilk kez, uluslararası barış, istikrar ve güvenlik ortamının geleneksel addedilebilecek, ideolojik tartışmalar, dini karşıtlıklar, sınır anlaşmazlıkları ve ekonomik rekabet vb faktörlerin yanı sıra insan faaliyetlerinin doğaya verdiği zarardan kaynaklanan, su kaynaklarının kirletilmesi, yoksulluk, iklim değişikliği vb çevresel tehditlerden de etkilenmekte olduğunu anlamıştır (Ömeroğlu, 2006).

Bu anlayış çerçevesinde devletler küresel etkileri olan bu çevresel tehditlere karşı ortak bir hareket tarzı benimsemeleri gerektiğini ve hiçbir devletin tek başına bu tehditlerle mücadele edemeyeceğinin bilincinde olarak söz konusu çevresel tehditlerle

mücadele etmek amacıyla çok taraflı yasal belgeler hazırlayarak ortak bir tutum belirleme yolunu seçmişlerdir. Bu tutum çerçevesinde özellikle ozon tabakası incelenmesi ve sera etkisi nedeniyle iklim değişikliği konularında bir takım uluslararası toplantılar nezdinde protokol çalışmaları yapılmıştır (Çekin, 2017).

Bu süreç boyunca alınan bu önlemlere, yasalara ve protokollere bakıldığında aşağıdakilerin öne çıktığı görülmektedir.

- Viyana Sözleşmesi
- Montreal Protokolü
- Montreal Protokolü ve Türkiye
- Kyoto Protokolü
- Son Uluslararası Gelişmeler ve Kigali Değişikliği
- F-Gaz Yönetmeliği

2.3.1. Viyana Sözleşmesi

Ozon tabakasını incelten maddelerin (OTİM) azaltılmasına ilişkin olarak ilk hükümetler arası temaslar 1981 yılında başlamış ve bu girişim Mart 1985’de Ozon Tabakasının Korunması için Viyana Sözleşmesi’nin kabulü ile neticelenmiştir

Viyana Sözleşmesi, araştırma, ozon tabakasının sistematik gözlenmesi, CFC üretiminin izlenmesi ve bilgi paylaşımı hususlarında hükümetler arası işbirliğinin sağlanmasını teşvik etmiştir.

Sözleşme tarafları, ozon tabakasının yapısını değiştiren insan kaynaklı faaliyetlere karşı ve çevre ve insan sağlığını korumaya yönelik olarak genel önlemler almakla görevlendirmektedir. Yasal bağlayıcılığı olan kontrolleri veya hedefleri içermeyen bir çerçeve sözleşmedir.

2.3.2. Montreal Protokolü

Viyana Sözleşme üzerindeki anlaşmayı takiben, vakit kaybedilmeden ozon tabakasını incelten maddelerin kullanımının ve üretiminin kontrol altına alınmasını sağlayacak olan bir protokol üzerinde çalışmalar başlatılmıştır.

1985 yılında Antartika üzerindeki ozon incelmesinin tespit edilmesi ile hükümetler, birçok CFC’nin ve bazı halonların üretimini ve tüketimini azaltacak katı önlemlere ihtiyaç olduğu yargısına varmışlardır

Eylül 1987’de Ozon Tabakasını İncelten Maddeler İlişkin Montreal Protokolü kabul edilmiştir. Orijinal Montreal protokolü Eylül 1988 tarihinde 3322/88 no’lu Avrupa Topluluğu Yasası ile yürürlüğe girdi. Ancak, topluluğa üye ülkeler Protokol'den daha

hızlı hareket ettiklerinden, yasalar o günden bu yana birçok kez güncelleştirildi (Bulgurcu, Kon, & İlten, 2007).

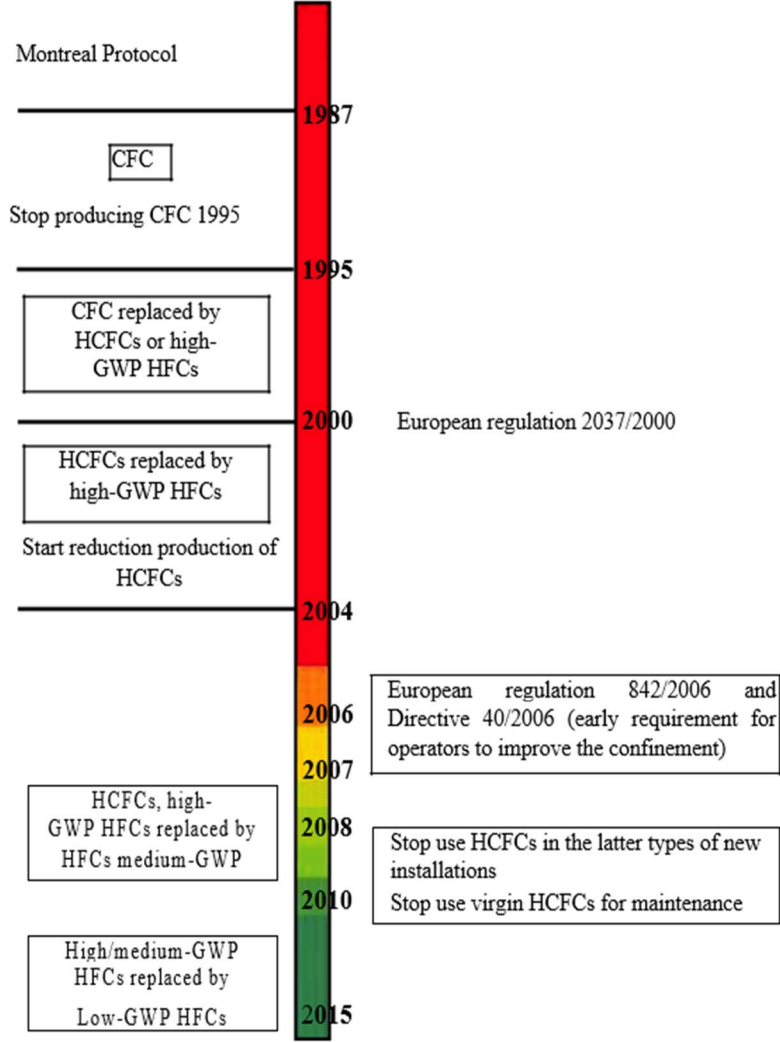
Montreal Protokolü, düzenli olarak yapılan bilimsel ve teknolojik değerlendirmeleri temel alarak OTİM azatlım takviminin revize edilebileceği şekilde oluşturulmuştur.

Bu teknik ve bilimsel değerlendirmeleri takiben, söz konusu Protokole ait takvimdeki azatlımın hızlandırılması için 1990'da (Londra),1992'de (Kopenhag), 1995'de (Viyana), 1997'de (Montreal), 1999'da (Pekin), 2007'de (Montreal) ve 2016'da (Kigali) tekrar düzenlenmiştir

Montreal Protokolü altında yer alan Ozon Tabakasını İncelten Maddeler;

- Kloroflorokarbonlar (CFC)
- Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC)
 - Soğutucu
 - İklimlendirme/Soğutma
 - Isı Pompası Sistemleri
- Halonlar
 - Yangın Söndürücü
- Karbontetraklorür
- 1,1,1, Trikloroetan
 - Kimyasal ve eczai
- Metil Bromid
 - Fümigasyon, topraklama işleme, böcek ilaçlama
- Hidrobromoflorokarbonlar
 - Yangın Söndürme
- Bromoklorometal
 - Biyosit üretimi

Ozon tabakasını tüketen maddeler hakkında 29 Haziran 2000 tarih ve 2037/2000 sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü bu bileşiklerin emisyonlarını azaltmak üzere tasarlanmıştır (Şekil 5). Halen yürürlükte olan 2037/2000 no'lu yasa çerçevesinde, geri kazanılmış ve temizlenmiş CFC'nin mevcut cihazlarda yeniden kullanılması Temmuz 2001'de yasaklandı (Bulgurcu, Kon, & İlten, 2007).



Şekil 5 : Montreal Protolünde kabul edilen soğutkanların azaltım süreç takvimi (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012).

HCFC'lere İlişkin Düzenleme ve yaptırımlar

Avrupa metninin HCFC piyasası miktarının azalmasına ilişkin düzenlemesi aşağıda Tablo 9 da yer almaktadır (Benhadid-Dib & Benzaoui, 2012).

Tablo 9:HCFC Azaltma takvimi

Son tarih; Yürürlüğe giriş	3093/94 (EC) sayılı Tüzük
01.01.1995	Üreticiler ve ithalatçılar tarafından kendi hesaplarında pazarlanan veya kullanılan HCFC seviyesi 1989 seviyesini geçmez.
01.01.2004	1995 yılında hesaplanan pazarlanan HCFC seviyesinde% 35 azalma.
01.01.2007	1995 yılında hesaplanan pazarlanan HCFC seviyesinde% 60 azalma.
01.01.2010	1995 yılında hesaplanan pazarlanan HCFC seviyesinde% 80 azalma.
01.01.2013	1995 yılında hesaplandığı şekilde pazarlanan HCFC seviyesinde% 95 azalma.
01.01.2015	HCFC'lerin piyasaya sürülmesinin yasaklanması.

HCFC üretiminin aşamalı olarak bırakılması kararı 2001 yılında alındı ve son tarih 2010 olarak belirlendi. 2010 yılından itibaren tesislerde yalnızca geri kazanılmış ve temizlenmiş olan HCFC kullanılabilir ve 2015 yılında HCFC kullanımı tamamen yasaklanmıştır.

2037/2000 no'lu yasa ile HCFC'li yeni sistem ve ürünlerin satışına da belirli sınırlamalar getirildi. Bu sınırlamalar

- Soğutma kapasitesi 100 kW'dan büyük olan yalnızca soğutma yapan iklimlendirme santrallerinde HCFC kullanılmasının yasaklanması, yürürlük 1 Ocak 2001.
- Soğutma kapasitesi 100 kW'dan küçük olan yalnızca soğutma yapan iklimlendirme santrallerinde HCFC kullanılmasının yasaklanması, yürürlük 1 Temmuz 2002.
- Ters çevrimli ısı pompalı İklimlendirme santrallerinde HCFC kullanımının yasaklanması, yürürlük 1 Ocak 2004 (Bulgurcu, Kon, & İlten, 2007).

2.3.2.1. Montreal Protokolü ve Türkiye

Türkiye protokole 19 Aralık 1991 tarihinde taraf olmuştur ve tüm değişikliklerini kabul etmiştir

Protokole ilişkin ulusal ve uluslararası çalışmaların izlenmesi Ulusal Odak Noktası görevini yürüten Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın koordinasyonunda gerçekleştirilmektedir.

Ülkemiz Montreal Protokolünün uygulanmasında başarılı ülkeler arasında yer almaktadır.

2.3.3. Kyoto Protokolü

Sera gazı salımlarının dünyanın her yerinde artmaya devam etmesi ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin giderek daha fazla hissedilir olması üzerine, özellikle gelişmiş ülkelerin kararlı ve bağlayıcı yükümlülükler almaları için Kyoto Protokolü'nü müzakere etmeye başlanmış 1997 yılında Kyoto'da yapılan 3. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir.

Kyoto Protokolü, 2005 yılında Rusya Federasyonu'nun onaylamasıyla yürürlüğe girmiştir. Protokol'e halen 192 ülke ve AB taraftır. Türkiye 26 Ağustos 2009 tarihinde Protokol'e taraf olmuştur.

Kyoto Protokolü altında yer alan soğutkanlar,

- Karbondioksit
- Metan
- Nitröz Oksit
- Hidroflorokarbonlar
- Perflorokarbonlar
- Sülfür hekzaflorür

2.3.4. Son uluslararası gelişmeler ve Kigali değişikliği

9-14 Ekim 2016 tarihlerinde Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal protokolü'nün 28.TaraflarToplantısı Ruanda'nın Kigali kentinde gerçekleştirilmiştir.

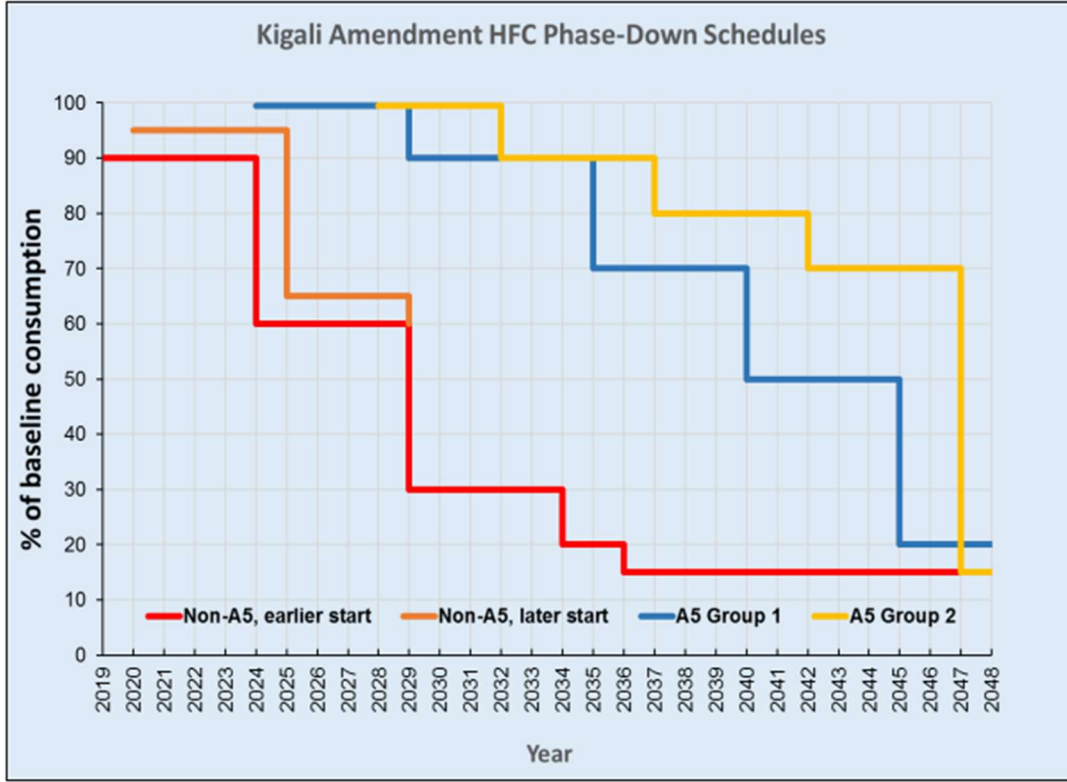
28.Montreal Protokolü Taraflar Toplantısında görüşülen önemli konular arasında Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin kullanımları ile uzun süredir çalışmaları süren Kyoto Protokolü kapsamında yer alan ve iklim değişikliğine olumsuz etkisi olan Florlu Sera Gazlarının kontrol altına alınması ve azaltımının Montreal Protokolü altına alınması ile ilgili değişiklik teklifleri değerlendirilmiştir. Değişiklik teklifi kabul edilmiştir. İmzaya açılmıştır.

Söz konusu Değişiklik gelişmiş ülkeler (A2 ülkeleri) ve ülkemizin de içinde yer aldığı gelişmekte olan ülkeler (A5 ülkeleri) için HFC'lerin kontrolünü içeren azaltım takvimlerini içermektedir (Tablo 10).

Bu değişiklik ile Gelişmiş Ülkeler HFC azaltımlarına 2019 yılı, Grup 1 Gelişmekte olan ülkeler 2029 yılı ve Grup 2 Gelişmekte olan ülkeler 2032 yılı itibari ile başlayacaklardır.

Tablo 10: Kigali Anlaşması temel hesaplamaları (UNEP, 2018).

	Article 5 Parties: Group 1		Article 5 Parties: Group 2	
Baseline Years	2020, 2021 & 2022		2024, 2025 & 2026	
Baseline Calculation	Average production / consumption of HFCs in 2020, 2021 & 2022 plus % 65 of HCFC baseline production/consumption		Average production / consumption of HFCs in 2024, 2025 & 2026 plus % 65 of HCFC baseline production/consumption	
Freeze	2024		2028	
Reduction steps				
Step 1	2029	10%	2032	10%
Step 2	2035	30%	2037	20%
Step 3	2040	50%	2042	30%
Step 4	2045	80%	2047	85%
	Non-Article 5 Parties: Group 1		Non-Article 5 Parties: Group 2	
Baseline Years	2011, 2012 & 2013		2011, 2012 & 2013	
Baseline Calculation	Average consumption of HFCs in 2011, 2012 & 2013 plus %15 of HCFC baseline production/consumption		Average consumption of HFCs in 2011, 2012 & 2013 plus %25 of HCFC baseline production/consumption	
Reduction steps				
Step 1	2019	10%	2020	5%
Step 2	2024	40%	2025	35%
Step 3	2029	70%	2029	70%
Step 4	2034	80%	2034	80%
Step 5	2036	85%	2036	85%



Şekil 6: Madde 5 dışı taraflardan oluşan iki grup için (a) ve madde 5.'in tarafları iki grup için (b) aşamalı azaltma programları (UNEP, 2018).

Kigali değişikliği kapsamında azalma süreci zaman çizelgesi 4 farklı ülke grubuna göre değişmektedir.

Madde 5 kapsamında olmayan çoğu (gelişmiş) ülke kendi azaltma sürecini 2019'da başlatıyor ve bu ülkelerin 2036'ya kadar kendi taban çizgilerinde %85 lik bir azaltma elde etmesi gerekiyor. Madde 5 kapsamında ki ülkeler 2 gruba ayrılıyor ve 2024 ya da 2028'de bir duraklama sürecini de içeren daha yavaş bir zaman çizelgesini izleyecekler. Son azaltma süreci adımları A5 kapsamında ki ülkelerde 2045 ya da 2047'de gerçekleşecek. Azaltma süreci zaman çizelgesi ve taban tüketim değerleri hakkındaki ayrıntılar Şekil 6 da görülmektedir (UNIDO, 2020).

Ülkemiz, 2010 yılından itibaren üzerinde çalışılan Montreal Protokolü Kigali Değişikliği'nin kabul edildiği toplantıya katılım sağlamış, ülkemizin sosyo-ekonomik durumu ve ülke menfaatleri göz önüne alınarak Montreal Protokolü'nü imzalayan 197 ülke arasında konumunu belirleyerek florlu sera gazı kullanımını A5 Ülkeleri (Gelişmekte olan ülkeler) Grup 1 arasında yer almıştır.

Söz konusu Değişikliğin ülkemizde kanunlaştırılması çalışmalarına başlanmış olup, Değişiklik gereğince ülkemiz 2029 yılı itibari ile Florlu Sera Gazı azaltımına

başlayacaktır. Türkiye A5 (Grup1) ülkesi olarak 2045 yılında 2025 yılı baz değerinin %20 sine inmesi gerekiyor (CANTAŞ, 2020).

2.3.5. F- Gaz Yönetmeliği:

Bu yönetmelik ise Kyoto Protokolüne bağlı olarak, florlu gazların neden olduğu sera gazı emisyonlarını düşürebilmek için yapılmıştır.

Avrupa Birliği'nin (AB) 2006 yılında yayınlanan 842/2006 ve 2014 yılında revizyonu yapılarak 1 Ocak 2015 tarihinde yürürlüğe giren 517/2014 Florlu Gazlar Yönetmeliğiyle (F-Gaz), hidroflorokarbon (HFC) cinsi sera gazları içeren sistemlerde;

- F-gaz emisyonlarını azaltmayı amaçlayan önemli ek gereklilikler getirildi,
- On iki Komisyon uygulama tüzüğü ile tamamlanmıştır,
- Binek araçlarındaki mobil klimalar kapsam dışı tutuldu, (2006/40 / EC sayılı MAC Direktifi kapsamındadır) (İsa, 2016).
- Yeni kilit gösterge olarak KIP'in kullanımına geçildi, «ton olarak CO₂ eşleniği»,(Tablo 11), (İsa, 2016).

Tablo 11 :Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 4. Değerlendirme Raporuna (AR4) dayanan KIP değerleri, (Kleinschmedt, 2019).

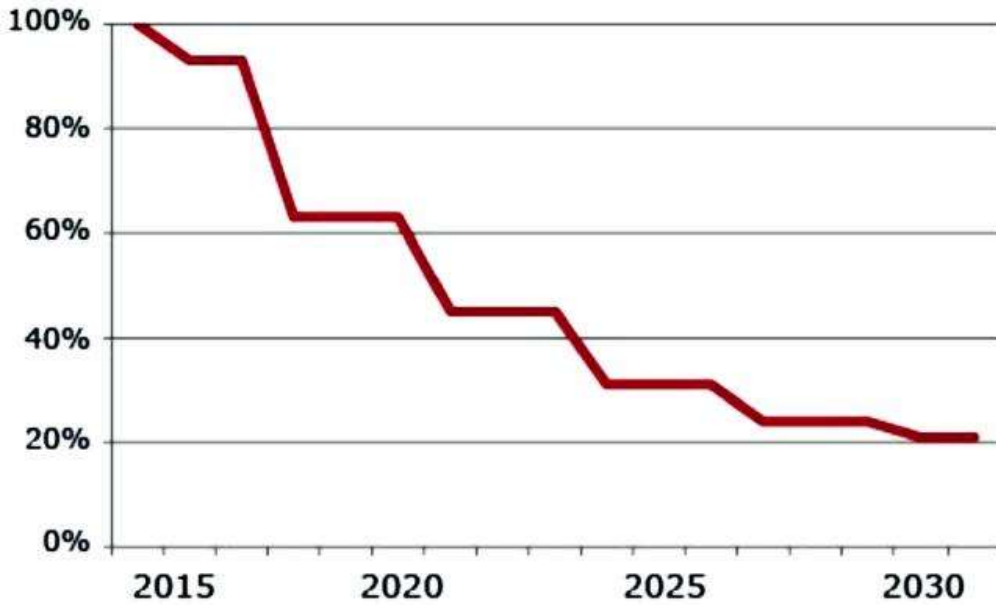
Soğutkan	KIP _(100y)
CO ₂	1
HFC-125	3,500
HFC-134a	1,430
HFC-404A	3,922
HFC-407A	2,107
HFC-407C	1,774
HFC-410A	2,088
HFC-507A	3,985
PFC-14	7,390
SF ₆	22,800

F-Gaz yönetmeliğinin getirdiği yasal uygulamalar ve kısıtlamalar aşağıda belirtilmiştir.

2.3.5.1. HFC kademeli azaltımı ve kota tahsisi

Kademeli azaltım takvimi ile AB pazarındaki HFC miktarının (CO₂ eşdeğeri cinsinden) 2015-2030 döneminde %79 oranında azaltılması planlanmaktadır. HFC'lerin toptan yasaklanması söz konusu değildir. Bununla beraber, CO₂ eşdeğeri daha düşük olan HFC'lerin kullanımı amaçlanmaktadır. Yüksek GWP değerine sahip soğutkanların fiyatlarında artış beklenmektedir.

Cihaz işletmecileri mevcut soğutma, iklimlendirme ve ısı pompası sistemlerini kullanmaya devam edebileceklerdir. Bununla beraber aşağıda ayrıntıları verilen servis yasağı uygulamasını dikkate almakta yarar vardır. Yüksek GWP'ye sahip florlu gazlardaki fiyat artışının özellikle Tablo 12'de belirtilen kademeli azaltım dönemlerinde ivme kazanması beklenebilir. Şekil 7'de ilk azaltım dönemine ait çizginin (2018'e kadar) eğiminin daha fazla olduğuna dikkat çekmek gerekir.



Şekil 7: Yeni yönetmelik kapsamında F-gazların aşamalı azaltımı

Tablo 12: 2030'a kadar aşamalı azaltım oranları

2009-12	2015	2016-17	2018-20	2021-23	2024-26	2027-29	2030
Referans (%100)	100%	93%	63%	45%	31%	24%	21%

Yeni soğutma ekipmanı satın almayı düşünen işletmecilerin bu gerçekleri gözönünde bulundurmalarında yarar vardır. Bu gelişmelerden sonra yüksek GWP değerine sahip HFC içeren ve özellikle aşağıda işaret edilen servis yasağı uygulamasına maruz kalacak ekipmana yatırım yapma kararı bir kez daha gözden geçirilmelidir.

İşletmecilere bu konularda rehberlik sağlayacak düzenleme ve uygulamalara yer verilmelidir.

2.3.5.2. Yasaklar

- Ürün ve ekipman yasakları
 - Servis ve bakım yasaklamaları
- olmak üzere ikiye ayırabiliriz.

2.3.5.2.1. Yeni cihazlarda yasaklanma

Bazı yeni ürün ve ekipmanların piyasaya arzı bazı tarihlerden sonra yasaklanacaktır.

Tablo 13, 842/2006 sayılı ilk F-Gaz yönetmeliğine ek bazı düzenlemeleri özetlemektedir.

Tablo 13: EC 842/2006 Sayılı ilk yönetmeliğe ek yeni ürün yasaklamaları

Yasak Tanımı		Yasak Başlangıcı
150 ve üstü GWP'ye sahip HFC içeren bireysel soğutucu ve dondurucular		1 Ocak 2015
Hermetik ticari soğutucu ve dondurucular	2500 ve üstü GWP'ye sahip HFC içeren	1 Ocak 2020
	150 ve üstü GWP'ye sahip HFC içeren	1 Ocak 2022
2500 ve üstü GWP'ye sahip HFC içeren sabit soğutma ekipmanı. Ürünleri - 50 °C ve altına soğutmak için tasarlanmış sistemler kapsam dışındadır.		1 Ocak 2020
40 kW ve üstü soğutma kapasitesine, 150 ve üstü GWP'ye sahip florlu sera gazı içeren, ticari amaçla kullanılan ve birden fazla iç üniteye sahip merkezi soğutma sistemleri (süpermarket uygulamaları vb). Kaskad soğutma sisteminin primer devresinde 1500 ve üstü GWP'ye sahip florlu sera gazı içeren uygulamalar kapsam dışındadır.		1 Ocak 2022
150 ve üstü GWP'ye sahip HFC içeren oda tipi taşınabilir iklimlendirme cihazları.		1 Ocak 2020
750 ve üstü GWP'ye sahip veya 3 kg'dan az florlu sera gazı içeren tekli split klimalar		1 Ocak 2025

MAC yönergesi gereği 2011-2017 döneminde, yeni binek araçlardaki iklimlendirme sistemlerinde 150 ve altı GWP'ye sahip soğutucu kullanılması gerekmektedir. Bu kural, 2017'den itibaren tüm binek otomobiller ve hafif ticari araçlara uygulanacaktır. F-Gaz yönetmeliği araç iklimlendirme sistemleri için ek bir yasaklama getirmemektedir.

2.3.5.2.2. Soğutma sistemlerine ilişkin servis ve bakım yasakları

AB’de 2020 itibarıyla, 40 ton CO₂ eşdeğeri ve üstü soğutkan şarjına sahip soğutma sistemlerine, 2500 ve üstü GWP’ye sahip yeniden işlem görmemiş HFC kullanılarak servis verilmesi ve bakım yasaklanmaktadır. -50°C ve altı sıcaklıklarda soğutma yapan sistemler bu yasaktan muaf tutulmuştur²⁶.

2500 ve üstü GWP’ye sahip geri kazanılmış ve ıslah edilmiş HFC’ler uygun şekilde etiketlendikleri takdirde 2030 yılına kadar servis ve bakım amaçlı olarak kullanılabilir.

2500’ün altında GWP’ye sahip HFC’ler için herhangi bir servis ve bakım kısıtlaması yoktur.

2.3.5.3. Etiketleme

- F-Gaz içeren bütün ürün ve ekipman uygun şekilde etiketlenmelidir,
- Etiketlin pozisyonu ve muaf kullanımlar belirtilmelidir.
- Geri dönüştürülmüş ve geri kazanılmış HFC’ler, bilgiler (seri numarası, geri dönüşüm ve ıslah tesisinin adı ve adresi) ile birlikte etiketlenmelidir.

Etiketleme örneği:

F-gaz içerir
Soğutkan: R410A
Soğutkan KIP değeri = 2088
Sistem şarj ağırlığı (kg) = 8
Sistem şarj ağırlığı (t CO₂e) = 16,7

Şekil 8 :Etiketleme örneği

2.3.5.4. Sızıntı kontrolü

- Kasıtlı salım yasağı
- Periyodik sızıntı kontrolü (CO₂e’ye bağlı olarak)
- Sızıntılar “tarihi geçmeden” onarılmalı ve onarımın başarılı olup olmadığını kontrol etmek için bir ay içinde sızıntı kontrolü yapılmalıdır
- Sızıntı kontrolü sertifikalı personeller tarafından yapılmalıdır.
- Kayıt defteri belgeleri (elektronik veya kâğıt), 5 yıl süreyle

Tablo 14:Sızıntı kontrol sıklığı

Şarj boyutu	Sızıntı kontrolü sıklığı	
	LDS yok	LDS var
5 t CO ₂ ^e ve daha fazla	12 ay	24 ay
50 t CO ₂ ^e ve daha fazla	6 ay	12 ay
500 t CO ₂ ^e ve daha fazla	3 ay	6 ay

Sızıntı tespit sistemi (LDS Laser Diyot Spectroformetre) : Florlu sera gazı sızıntısını tespit etmek üzere kalibre edilen mekanik, elektrik veya elektronik cihazları içeren ve sızıntı olması durumunda uyarı veren sistemlerdir.

LDS sistemi mevcut olması veya olmamasına göre sızıntı kontrol sıklığı belirtilmiştir.

2.3.5.5. Eğitim ve sertifikasyon

- F gazlar içeren veya buna dayalı ekipmanlarla çalışan gerçek kişiler ve şirketler için zorunlu sertifikalandırma
- AB Üye Devletleri, önceden belirlenmiş asgari gereklilikleri karşılayan uygun bir eğitim ve sertifikasyon planı oluşturmaktan sorumludur.

2.3.5.6. Geri kazanım ve atık yönetimi

- Zorunlu F-gaz kazanımı (yani geri dönüştürme ıslah veya imha)
- Bütün sabit ekipman ve taşıma soğutma ekipmanı için Kullanım ömürleri sonunda F-gaz konteynerlerinden Sadece sertifikalı kişi tarafından yapılır.

2.3.5.7. Raporlama

Şirketlerden F-gazlar ve diğer F-gazlar hakkında yıllık raporlama gerekmektedir;

- Bir ton veya 100 ton CO₂^e veya daha fazla (toptan gaz) üretimi, ithalatı ve ihracatını yapmak.
- Bir metrik ton veya 1000 ton CO₂^e veya daha fazlasını imha etmek.
- Hammadde olarak 1000 ton CO₂^e veya daha fazla miktarda kullanma.
- İthal ürün ve ekipmanlarda bulunan 500 ton CO₂^e veya daha fazlasını piyasaya sürmek.
- HFC kotalarını kullanma yetkisi (önceden doldurulmuş ekipman

ithalatçıları

- Bir önceki takvim yılı için her yıl 31 Mart'a kadar İşletme Veri Kaydı (BDR) ile Raporlama (Kleinschmedt, 2019).

Bu anlaşma ve protokollerin etkisiyle Avrupa'da büyük tesisler ve marketlerde önlemler alınmaya başlanmış, düşük sera etkisine sahip soğutkanların kullanımı yaygınlaşmıştır (Çekin, 2017).

F-gazlar, esas olarak Montreal Protokolü ve AB mevzuatına göre aşamalı olarak çıkartılan kloroflorokarbonlar (CFC'ler), hidrokloroflorokarbonlar (HCFC'ler) ve halonlar gibi ozon tüketen maddelerin yerine kullanılan çeşitli ürün ve cihazlarda kullanılır (European Commission, 2020).

Yönetmeliğin Ek 1'inde yer alan Florlu sera gazları aşağıda ki gibidir.

- Hidrofluro karbonlar (HFCler)
- Perfluro karbonlar (PFCler)
- Nitrogen trifluorid (NF₃)
- Sülfür heksaflorit (SF₆)
- Diğer F- gazlar (doymamış HFCler ve HCFCler, HFE, vs.)
 - Hidroflorokarbonlar (HFC), soğutma, klima ve ısı pompası ekipmanlarında soğutkanlar; köpükler için üfleme ajanları olarak; çözücü olarak ve yangın söndürücüler ve aerosollerde.
 - Perflorokarbonlar (PFC'ler) genellikle elektronik sektöründe (örneğin silikon gofretlerin plazma temizliğinde) ve kozmetik ve ilaç endüstrisinde kullanılır. Geçmişte PFC'ler de yangın söndürücülerde kullanılmıştı ve hala eski yangın koruma sistemlerinde bulunabiliyordu.
 - Sülfür heksaflorür (SF₆) esas olarak yalıtım gazı olarak, yüksek gerilim şalt sisteminde ve magnezyum ve alüminyum üretiminde kullanılır.

Komisyon ve diğer organlar için yapılan çalışmalarda, F-gazlara iklim dostu alternatiflerin mevcudiyeti kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir (European Commission, 2020).

Florlu sera soğutkanları Ozon tabakasını inceltmezler, fakat tüm AB sera gazı emisyonlarının %2'sini oluştururlar.

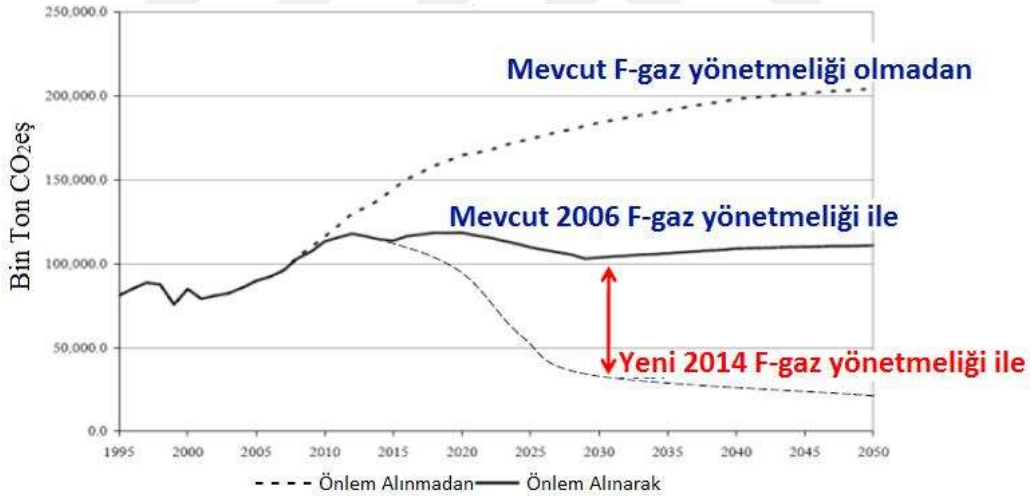
F gaz emisyonlarının yaklaşık olarak %80'inin nedeni klimalar, ısı pompaları ve soğutma ürünlerinde soğutkan olarak kullanılan HFC'lerin emisyonlarıdır (Yakut, 2014).

F-Gaz regülasyonu temelde aşağıdaki konuları ön plana çıkarmaktadır. (Bayındırlı, 2019).

- F-gazların bulunduğu ekipmanın sızdırmazlığının sağlanması ve sızıntıların kontrolü,
- Hidrokarbonlar, CO₂, amonyak ve hidrofloroolefinler (HFO) gibi düşük GWP'li alternatiflerin kullanımı,
- F-gaz kullanımı gerektirmeyen yeni teknolojilerin kullanımı,

Bu önlemler MAC (mobil klima sistemleri) yönergesi ile birlikte, F gaz emisyonlarını artan kullanımlarına rağmen stabil (dengeli) bir hale getirecektir. Fakat bu önlemler AB düşük karbon yol haritası hedeflerine ulaşmak için yeterli değildir (Şekil 4). Bu hedeflere ulaşmak için daha fazla eylem gereklidir.

Yeni F Gaz Regülasyonu 2030 yılına kadar F-gaz emisyonlarını 2/3 oranında azaltmayı hedefler (Şekil 9) (Yakut, 2014).



Şekil 9:Avrupa Birliği F Gaz emisyonlarını azaltma hedefleri (Yakut, 2014).

AB'nin ilgili F-gaz yönetmeliği ülkemizde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 04.01.2018 tarihli 30291 sayılı Resmi Gazete'de "Florlu Sera Gazlarına İlişkin Yönetmelik" adı altında yayınlanarak yasallaştırılmış ve birebir uygulamaya alınmıştır.

2.4. İlgili Standartlar

Standart, belirli bir sistem, ürün veya süreç için önemli gereksinimleri belirleyen bir belgedir. Standart (bazen "norm" olarak da adlandırılır), belirli bir kalitede ürün ve hizmet sağlamak için uzmanlar tarafından geliştirilen resmi bir belgedir (UNEP, 2014). Standartlar maliyetleri düşürmeyi, performansı artırmayı ve güvenliği artırmayı amaçlamaktadır. Standartlar, teknik uzmanlar arasında bilgi paylaşımı ve fikir birliği oluşturma süreci ile geliştirilir. Yeni standartların geliştirilmesi ve düzenli revizyonları genel teknolojik ilerlemeyi, uluslararası ticaretin değişen ihtiyaçlarını ve gereksinimlerini yansıtır (UNEP, 2014). Bununla birlikte, kanun ve yönetmelikler standartlara atıfta bulunabilir ve bu nedenle bunlara uyum zorunlu kılınabilir.

Direktifler ve düzenlemeler, AB müktesebatına ilişkin olarak, bireysel üye devletler tarafından yasal olarak uygulanması gereken AB yasalarıdır. Avrupa Komisyonu'nun talebi üzerine, verilen bir direktifle uyumlu olarak formüle edilmiş standartlar, uyumlaştırılmış standartlar olarak adlandırılır ve Avrupa Birliği Resmi Gazetesinde yayınlanır.

Uyumlaştırılmış standartlar isteğe bağlıdır ancak yine de kullanıma çok uygundur, çünkü ilgili yasal düzenlemelere uygunluk varsayımı sağlarlar. Üreticiler, ürünlerinin kalitesini göstermek ve ilgili direktiflerin gereksinimlerini karşılamak için uyumlaştırılmış standartları takip etme eğilimindedir.

Öte yandan uyumlaştırılmamış standartlar direktiflere veya yönetmeliklere bağlı değildir ve ilgili direktiflerin belirli bir yorumunu sunmamaktadır. Uygunluk sağlamak için üreticilerin standartlardan bağımsız olarak mevzuata uygunluk göstermek zorunda kalmaları gerekir.

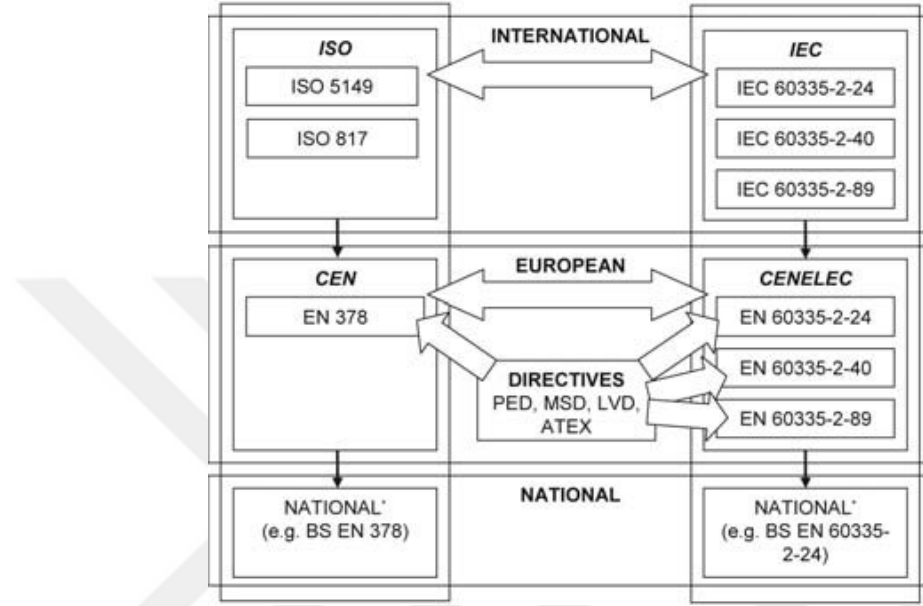
2.4.1. AB' deki ilgili genel standartlar

ACR (Air Conditioning, Refrigeration) ve HP (Heat Pump) sektörü bağlamında, ilgili güvenlik standartlarını yayınlayan iki uluslararası standardizasyon kuruluşu vardır: Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO) ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) (Resim 3).

Bu organların her ikisi de esas olarak hükümetlerden, sanayi derneklerinden ve özel girişimlerden bağımsızdır. Benzer şekilde, onlar da birbirlerinden bağımsızdır. Ancak, iki kuruluş arasında işbirliği yapmak ve birbirlerinin standartlarını yerine getirmek için resmi bir anlaşma bulunmaktadır. Bu aynı zamanda standartlar dahilinde ki

geliştirme çalışmalarının ve gereksinimlerin çakışmasını, çelişkisini ve tekrarlanmasını önlemeye yardımcı olur (PROKLIMA, 2010).

Benzer şekilde, Avrupa (bölgesel) düzeyinde, ISO ve IEC ile aynı kapsam ve gereklilikleri geniş ölçüde kapsayan karşılaştırılabilir standartları yayınlayan eşdeğer kuruluşlar vardır. Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) ve Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (CENELEC) gibi (UNEP, 2014).



Resim 3:Çeşitli standartlar ve Avrupa direktifleri arasındaki bağlantı (PROKLIMA, 2008).

Yine, bunlar aynı zamanda hükümetlerden, Komisyon ve Avrupa Parlamentosu gibi Avrupa kurumlarından ve aynı zamanda birbirlerinden bağımsızdır. Bununla birlikte, ISO ve IEC'de olduğu gibi, iki organ arasında resmi bir işbirliği anlaşması da vardır. Benzer şekilde, Avrupa direktiflerinin yayınlanmasına yanıt olarak “uyumlaştırılmış” standartlar geliştirmenin hem CEN hem de CENELEC'in yasal sorumluluğu vardır; bu, uyumlaştırılmış standartlarla onaylanarak AB direktiflerinin temel gereksinimlerinin karşılanmasını sağlar (PROKLIMA, 2010).

Bazı ulusal standardizasyon kuruluşlarının, bölgesel veya uluslararası organizasyonlarda kabul edilebilecek etkisi vardır, örneğin:

- ASHRAE - Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği
- ANSI - Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (UNEP, 2014).

2.4.2. Genel ürün güvenlik standartları

Ulusal düzenlemeler ve topluluk direktifleri (örn. Avrupa direktifleri) zorunludur. Örneğin, soğutucu ekipmanlarda yanıcı soğutkanların olası kullanımına ilişkin Avrupa yönergeleri şunları içerir:

- PED (Basınçlı Ekipmanlar Yönetmeliği)
- LVD (Alçak Gerilim Yönetmeliği)
- MSD (Makine Güvenliği Direktifi)
- ATEX (Potansiyel olarak patlayıcı ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanan ekipman ve koruyucu sistemler direktifi; Fransızca adı: Atmosphere Explosible) (PROKLIMA, 2008).

Tablo 15, önemli uluslararası ve bölgesel standartların ve kapsamlarının bir özetini sunmaktadır. Listelenenler "dikey" veya ürün standartları ve "yatay" veya grup standartları olarak kategorize edilir. Genel olarak, dikey standartlar, belirli ürün türleri için özel olarak geliştirilmeleri amaçlandığından ve bu nedenle belirli durumlar için daha rafine edilmiş gereksinimlere sahip oldukları için yatay standartlara göre önceliklidir. Bu nedenle, yatay standartların, dikey standartlar tarafından ele alınmayan her şeyi kapsadığı varsayılmaktadır. Yani, herhangi bir ACR ve HP ekipmanının, kurulumlarının ve teknisyen faaliyetlerinin ortak özelliklerine ve uygulamalarına dayanan daha genel ve kapsayıcı gereksinimleri içerirler.

Bununla birlikte, dikey ve yatay standartlar arasındaki sınırlar katı değildir ve sonuçta tasarımcılar, üreticiler, montajcılar ve yükleniciler ilgili standartlar için hangi standardın en uygun olduğuna karar vermelidir (GIZ, 2018).

Tablo 15:Doğal soğutkanların gúvenlik hususları ve uygulamaları ile ilgili AB mevzuatı (AAP, 2014).

Sector	Vertical (Product Standards)			Horizontal (Group Standards)
	IEC 60335-2-24	IEC 60335-2-40	IEC 60335-2-89	ISO5149-1,-2,-3,-4
	EN 60335-2-24	EN 60335-2-40	EN 60335-2-89	EN 378-1,-2,-3,-4
Domestic refrigeration	X			
Commercial refrigeration			X	X
Industrial systems				X
Transport refrigeration				X
Air-to-air air conditioners & heat pumps		X		X
Water heating heat pumps		X		X
Chillers		X		X

ACR ve HP gúvenlik standartları, ACR ve HP sistemleri ve ekipmanlarıyla ilgili çok çeşitli tehlikelere yöneliktir. Özellikle, bu gúvenlik standartları sadece soğutkan özelliklerine değil, aynı zamanda diğer birçok konuya da odaklanmaktadır. Soğutkan gúvenliđi ile ilgili hususlar, bu tehlikelerin bir kısmını ve ilgili tasarım, yapım ve kullanım gereksinimlerini temsil eder (GIZ, 2018).

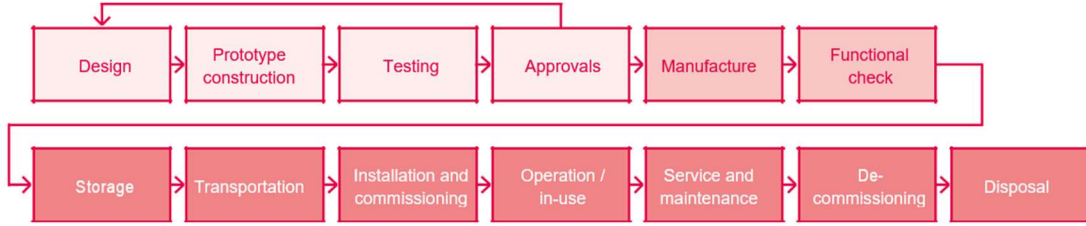
Yukarıda tanımlanan ACR ve HP gúvenlik standartlarına ek olarak, ACR ve HP ekipmanlarını etkileyen genel kavramlara özgú bir dizi başka gúvenlik standartları da aşığıda sıralayabiliriz.

- Kompresörlerin ve pompaların genel gúvenliđi (ör. IEC 60225-2-34, EN 809, IEC 60204-1, EN 1012, EN 12693)
- Sistem kaplarının ve bileşenlerinin basınç gúvenliđi (örn, EN 1736, EN 12178, , EN 13445,)
- Bileşenlerin ve bağlantıların sıklığı (örn. ISO 14903, EN 16084)
- Personelin yeterliliği (örn. EN 13313)
- Elektromanyetik uyumluluk (örn. EN 61000 serisi)
- Makinelerin genel gúvenliđi (örn. ISO 12100, EN ISO 13849-1)
- Soğutkanların gúvenlik özellikleri (örn. ISO 817)
- Gaz algılama (örn. EN 14624, IEC 60079-29 serisi, EN 50402)

- Tehlikeli alanların sınıflandırılması (örn. EN 60079-10-1)
- Potansiyel olarak yanıcı alanlarda kullanım için elektrikli ekipmanlar (örn. IEC 60079-0, IEC 60079-1, IEC 60079-2, IEC 60079-5, IEC 60079-6, IEC 60079-7, IEC 60079-11, IEC 60079-13, IEC 60079-14, IEC 60079-15, IEC 60079-17, IEC 60079-18, IEC 60079-19, IEC 60079-25, IEC 60079-26, IEC 60079-32, IEC 60079-33)
- Soğutkan geri kazanım ve / veya geri dönüşüm ekipmanının performansı ISO 11650:1999

Bu standartların çoğu, düşük GWP alternatifleri kullanan ACR ve HP sistemlerine uygulandığında kullanım kolaylığını ve maliyetini etkileyebilir. Özellikle, standartların birkaçı zorunlu olabilir veya belirli ACR ve HP standartlarının ötesinde yasal bir statüye sahip olabilir (GIZ, 2018).

ACR ve HP ekipmanının ömrü, Şekil 10'de gösterildiği gibi tasarımından nihai sökülmesine kadar birçok aşamadan oluşur.



Şekil 10:ACR, HP Ekipmanının kullanım ömrü boyunca karşılaştığı tipik aşama örnekleri (OZONEUNEP, 2017).

İlk sıra tipik olarak ekipman üreticisi tarafından ele alınan aşamaları içerir. İlk dört hücre gelişim aşamasını oluşturur. İkinci sıra, ekipmanın fabrikadan ayrılmasından nihai bertarafına kadar üreticinin sınırının ötesindeki aşamaları içerir.

Üreticiler bir ACR , HP ekipmanının güvenlik dâhil olmak üzere gerekli ürün kabul seviyesine ulaşmasını sağlamak için, tüm öngörülebilir tehlikelere yönelik elektrik, yangın, yanıcılık, yüksek basınç, yüksek ve düşük sıcaklıklar, hareketli parçalar, gürültü, keskin kenarlar, toksisite, titreşim gibi konularda ayrı risk değerlendirmeleri yaparlar,

Tasarım, prototip yapımı, test ve onay gibi tüm ürün geliştirme aşamaları, ideal olarak üreticinin doğrudan kontrolünün dışında ki depolama, nakliye, kurulum ve devreye alma, işletmeye alma / kullanım, servis ve bakım, kullanım ömrü sonunda hizmetten çıkarma aşamalar gibi süreçlerde de çeşitli güvenlik risklerinin yeterince azaltılmasına yardımcı olur.

Bu bağlamda, ACR, HP ekipmanının “tüketicisi” veya “son kullanıcısı” güvenlik standartlarına göre etkin bir şekilde korunmaktadır fakat bu nedenle tüketicilerin ürün bilgisinde özel olarak belirtilen durumlar hariç bunları bilmeleri ve hatta farkında olmaları beklenmemelidir (OZONEUNEP, 2017).

Çeşitli standartlar, ACR ekipmanının teknik yönlerini ele almaktadır. Bazıları ayrıca çevresel gereksinimleri de içerir (örneğin EN 378- Refrigeration systems and heat pumps - Safety and environmental requirements - Part 2: Design, construction, testing, marking and documentation). Doğal soğutkanlarla bağlantılı teknolojilerin artan kullanımı, son yıllarda sürekli olarak ilgili standartların gelişmesine yol açmıştır. Çoğu standart soğutkandan bağımsızdır, ancak bazıları yanıcı HC'ler gibi belirli soğutkanlarla ilgili kuralları tanımlamaktadır. Ek I, ACR ekipmanının ve yakın çevrenin güvenliği ile ilgili standartların bir listesini sunar; endüstri yönergeleri ve uygulama kuralları yararlı ek bilgiler sağlayabilir.

Güvenlik söz konusu olduğunda, standartlar aşağıdakileri içerebilir;

- Soğutkanların güvenlik sınıflandırması (yanıcılık, toksitesi);
- Doluluk tipleri, soğutkan şarj büyüklüğü sınırları ve oda boyutları;
- Güvenli tasarım ve
 - Komponent Bileşenlerin ve boruların test edilmesi (örneğin basınçlar),
 - Montajların test edilmesi (sistemler);
- Elektrik güvenliği, ateşleme kaynakları;
- Kurulum alanları, konumlandırma, borulama, mekanik havalandırma, gaz algılama
- Talimatlar, kılavuzlar, isim levhaları;
- Servis, bakım ve soğutma elleçleme uygulamaları.

Bireysel uluslararası güvenlik standartları tek başına geliştirilmemiştir. Bunlar, tüm güvenlik standartlarının birbiriyle ilişkili olduğu daha büyük bir yapının parçasıdır (AAP, 2014).

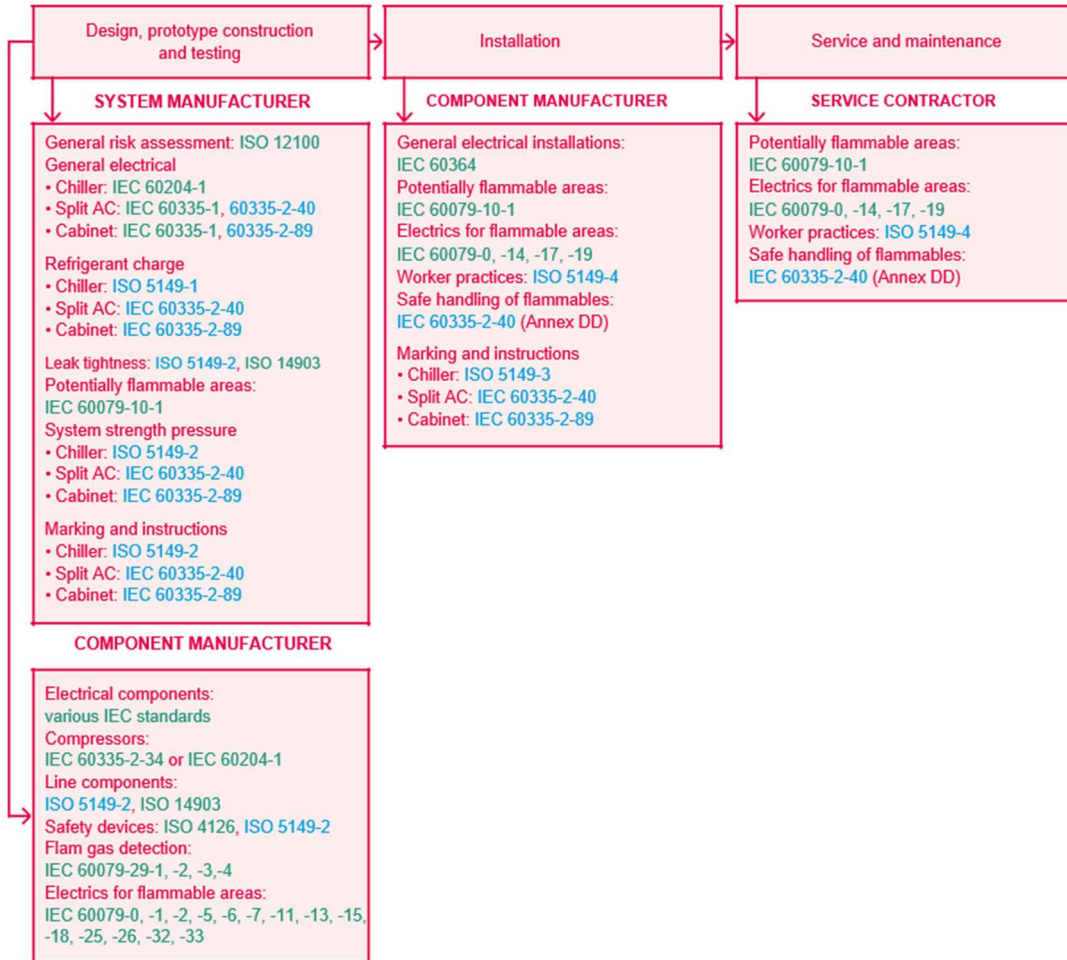
Bu standartların birçoğu ayrı ayrı gelişirken, büyük ölçüde dünya çapında daha fazla ticaret nedeniyle standartların artan kullanımı, teknik gereksinimlerin birçoğu açısından bunların çoğu arasında senkronizasyonla sonuçlanmıştır (PROKLIMA, 2008).

Her standart, diğer standartlar tarafından ele alınan özel hususlardan yararlanır. ACR, HP ürünlerinin ömrü belirli aşamalar ile sınırlandırılmış olup “tasarım, prototip yapımı ve testi”, “kurulum” ve “servis ve bakım” olmak üzere üç aşamada

gruplandırılmıştır (Şekil 11). ACR, HP ekipmanının kullanım ömründe çeşitli güvenlik standartları yer almasına rağmen, ACR, HP ekipmanı üreticilerinin hepsine uymaktan sorumlu olması gerekmez.

Özetle:

- Tasarım, prototip yapımı ve test aşamaları sırasında üretici genellikle montajla ilgili standartların uygulanmasından sorumludur;
- Soğutma veya elektrikli bileşenlerin harici tedarikçilerden temin edildiği durumlarda, bu bileşenlerin üreticisi normal olarak ilgili standartları uygular;
- ACR, HP ekipmanının kurulumu ve servisi ve bakımı için, işi yapan teknisyenlerin ilgili standartları uygulaması gerekir (OZONEUNEP, 2017).



Şekil 11: ACR ve HP Ekipman örnekleri için seçilen aşamalarda uygulanabilir olası standartlar (OZONEUNEP, 2017).

Açıkçası, çoğu ülkede güvenlik standartlarının nasıl ele alındığına dair tipik durumları göstermek veya genellemeler yapmak kolay değildir.

Bununla birlikte, birçok ülke, diğerlerinin yanı sıra, basınç güvenliği, toksisite, elektrik güvenliği, yangınlık ve patlamaya karşı koruma ve makinelerin ve bina güvenliğinin genel güvenliği gibi genel konuları ele alan geniş çapta uygulanabilir güvenlik düzenlemeleri kullanmaktadır.

Genel olarak ürün sorumluluğu, belirli bir ülkedeki yürürlükteki sağlık ve güvenlik mevzuatı ile korunur ve bu nedenle piyasaya sürülen tüm ürünler bu mevzuata uygun olmalıdır. Nadiren, ulusal mevzuat güvenlik standartlarını açıkça yürütebilir, ancak çoğu ülkede güvenlik standartları ulusal mevzuatın gereklerini yerine getirmenin yalnızca bir yorumunu sunmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir yeni güvenlik standardının, yanıcı gazların kullanımını, uygulanmasını ve kullanılmasını düzenleyen ulusal mevzuatla çelişmemesi koşuluyla, ilke olarak ürün yükümlülüğü sorunlarına yol açmayacaktır.

Gerçekten de, bu tür mevzuat genellikle ekipman ve tesislerin “güvenli” olması gerektiğini belirtir ve bu nedenle gerekli risk değerlendirmelerini yapmanın ve yeterli düzeyde bir güvenlik sağlandığını göstermenin kullanıcıya bırakılmasıdır. Aslında, aynı yaklaşım güvenlik standartlarının kullanımı için de geçerlidir; hiçbir standart ACR & HP ekipman ve kurulumlarının her bir koşulunu ve özelliğini kapsamlı bir şekilde ele alamadığından, imalatçı ve montajcı, standarda uygun olarak ele alınamayan ilgili tüm özellikleri dikkate almakla yükümlüdür. Bu yükümlülük ekipman için geçerli olan tüm farklı elektrik, basınç, mekanik, toksisite, vb. tehlikeler için geçerlidir. Bir risk değerlendirmesi yaparken paydaş, önerilen tasarım ve yapının bir referans güvenlik seviyesini karşılayıp karşılamadığını ölçmeye yardımcı olmak ve ekipman / kurulumla ilişkili riski analiz etmek için en güvenilir ve ilgili ampirik verileri ve uygun araç ve teknikleri araştırmalıdır. Bu, geçerli güvenlik standartlarında belirtilen gerekliliklerden bağımsızdır.

Sonuç olarak, güvenlik standartlarını zorunlu kılan ülkeler, iç süreçlerinin ulusal standartlarını veya ulusal güvenlik şartlarını karşılamak için ulusal standartları veya uluslararası güvenlik standartlarını ulusal olarak benimsemelerini değiştirmelerini sağlamalıdır. Bu, enerji verimliliğindeki iddialı gelişmeleri ve soğutkanların daha düşük iklim ve çevresel etkilerini karşılamak için potansiyel olarak yanıcı düşük GWP alternatiflerinin daha geniş kullanımına izin verilmesi açısından önemlidir (Munzinger vd., 2016).

Bununla birlikte, bu faaliyetler standart geliştirme için oluşturulmuş prosedürlerin yanı sıra rakip teknolojilerle ilgili paydaşlarla çelişen görüşler nedeniyle zaman alıcıdır ve uzar. Yeni gereksinimlerin yayınlanma süresine ilişkin tahminler beş ila on yıl arasında değişmektedir; bu tür zaman çizelgeleri, Montreal Protokolü ve Kigali Değişikliği kapsamındaki yükümlülükler uymak için zaman içinde düşük GWP soğutkanları uygulama gereksinimi ile tutarsızdır (GIZ, 2018).

2.4.3. Doğal soğutkan özellikleri ve güvenli kullanım için etkileri

Bugüne kadar, doğal soğutkanların güvenlik konularına ilişkin kapsamlı ve güvenilir bilgiler oldukça farklıdır ve güvenlik standartlarının sürekli gelişimi ile yayınlanan yayınlanmış bilgilerin çoğu giderek güncelliğini yitirmiştir. İyi bir güvenlik seviyesi sağlamak için ekipman ömrü içindeki üretiminden imhasına kadar ki tüm süreç dikkate alınır. Hali hazırda mevcut olan yayınların çoğu, örneğin soğutkan kullanımı, bakım faaliyetleri, tasarım yönergeleri, vb. gibi bir sistemin hayatının ayrı öğelerini ele alırken, bazı yayınlar oldukça basit veya eksikken, diğerleri (güvenlik standartları gibi) karmaşıktır ve anlaşılır kılmak için özel bilgi gerektirir (PROKLIMA, 2010).

Tablo 16, soğutma ve iklimlendirme (RAC) ekipmanı ilgili güvenlik hususlarıyla ilgili kilit AB mevzuatını ve uyumlaştırılmış standartlarla ilişkilerini göstermektedir. Alıntı yapılan AB mevzuatının tamamı direktif olduğundan, üye devletler tarafından kendi ulusal mevzuatlarına uygulanması gerekiyor (AAP, 2014).

Tablo 16:Doğal Soğutkanların güvenlik hususları ve uygulamaları ile ilgili AB mevzuatı (AAP, 2014).

Mevzuat	Yıl	Başlık	Kapsam	İlgili Uyulaştırılmış Standartlar*
Directive 94/3/EC⁵ Directive 2014/34/EU⁶	1994 2014	* ATEX "Ekipman" Direktifi: potansiyel olarak patlayıcı atmosferlerde kullanılması amaçlanan ekipman ve koruyucu sistemler, * 765/2008 sayılı Yönetmeliğe (AB) tepki vermek üzere yeniden düzenlenmiştir, 20 Nisan 2016'da yürürlüğe girecektir	* Potansiyel olarak patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipman (hem elektrikli hem de mekanik), * Potansiyel olarak patlayıcı ortamlara kurulabilmesi için ürünlerin karşılaması gereken ürün kategorilerini ve özelliklerini tanımlar, * Üreticilere ve distribütörlere özel	EN 1127-1 EN 13463-1, -5, -6 EN 14797 EN 14986 EN 15198 EN 15233 EN 60079-0, -15, -20-1
Directive 97/23/EC⁷	1997	* Basınçlı Ekipmanlar Direktifi (PED)	* 0,5 bar'dan daha yüksek iç basınca sahip basınçlı ekipman ve tertibatlar, * Basınçlı ekipmanın tasarımı, üretimi ve uygunluk değerlendirmesine ilişkin ulusal kanunun uyumlaştırılması * Yanıcı soğutkanlar açısından daha kısıtlayıcı	EN 378-2 EN ISO 4126 EN 12178 EN 12263 EN 12284 EN 13136 EN 14276-1, -2
Directive 1999/34/EC⁸	1999	Ürün Sorumluluk Direktifi	* Kusurlu ürünlerin sorumluluğu	
Directive 1999/92/EC⁹	1999	* ATEX "İşyeri" Direktifi: potansiyel olarak patlayıcı ortamlarda iş sağlığı ve güvenliği	* Potansiyel olarak patlayıcı ortamlarda çalışanlar için koruma, * Patlayıcı atmosferlerin bulunduğu çalışma alanlarının bölgeler halinde sınıflandırılması, * Makine sahiplerine özel	
Directive 2006/95/EC¹⁰	2006	* Alçak Gerilim Direktifi (LVD)	* A / C için 50 ile 1.000 V arasında ve D / C için 75 ile 1.500 V arasında voltaj değerleriyle kullanılmak üzere tasarlanmış herhangi bir "elektrikli ekipman" için geçerlidir	EN 60204 EN 60335-1, -2-24, -2-34, -2-40
Directive 2006/42/EC¹¹	2006	* Makine Güvenliği Direktifi (MSD)	* Makine ve benzeri ekipman, güvenlik bileşenleri * Güvenliğin makinelerin tasarımına, üretimine, bakımına, sökülmesine vb. entegre edilerek risk azaltma	EN 378-2 EN 1012 EN 1127-2 EN 60204-1 EN 60335-1,-2-40

Kaynak: <http://www.newapproach.org/Directives/DirectiveList.asp>

Tablo 17:Tablo 16 nın not açıklamaları

⁵ DIRECTIVE 94/9/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL	Üye Devletlerin potansiyel olarak patlayıcı atmosferlerde kullanılması amaçlanan ekipman ve koruyucu sistemlere ilişkin yasalarının uyumlaştırılmasına dair 26 Şubat 2014 tarihli
⁶ DIRECTIVE 2014/34/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL	Potansiyel olarak patlayıcı atmosferlerde kullanılması amaçlanan ekipman ve koruyucu sistemlerle ilgili Üye Devletlerin kanunlarının uyumlaştırılmasına dair 26 Şubat 2014 tarihli (yeniden düzenlenmiş)
⁷ DIRECTIVE 97/23/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL	29 Mayıs 1997 tarihli basınçlı teçhizata ilişkin Üye Devletlerin kanunlarının yakınlaştırılmasına ilişkin
⁸ DIRECTIVE 1999/34/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL	Üye Devletlerin kusurlu ürünlerle ilgili sorumlulukla ilgili kanunlarının, yönetmeliklerinin ve idari hükümlerinin yakınlaştırılmasına ilişkin 85/374 / EEC sayılı Konsey Direktifini değiştiren 10 Mayıs 1999 tarihli
⁹ DIRECTIVE 1999/92/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL	Patlayıcı atmosferler nedeniyle potansiyel olarak risk altında olan işçilerin güvenlik ve sağlık korumasını iyileştirmek için asgari gereklilikler hakkında 16 Aralık 1999 tarihli
¹⁰ DIRECTIVE 2006/95/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL	12 Aralık 2006 tarihli, belirli voltaj sınırları dahilinde kullanılmak üzere tasarlanmış elektrikli teçhizat ile ilgili Üye Devletlerin kanunlarının uyumlaştırılması hakkında
¹¹ DIRECTIVE 2006/42/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL	17 Mayıs 2006 makine ve değiştirilen Direktif 95/16 / EC (yeniden düzenlenmiş)

Soğutma endüstrisi içinde, çoğu soğutkanın toksisite ve yanıcılığın bir fonksiyonu olan bir güvenlik sınıflandırması verildiği farklı bir sınıflandırma şeması uygulanır. Tablo 18’de verilen sınıflandırma şeması ISO 817.6 gibi standartlar tarafından benimsenmiştir.

Tablo 18:Soğutkanlar için güvenlik kategorileri (İyim, Altıntaş, & Almış, 2019).

	Düşük Zehirleyicilik	Yüksek Zehirleyicilik	
Yüksek parlayıcılık	A3	B3	LFL > 0.10 kg/m ³ veya yanma ısısı ≥ 19000 kJ/kg
Düşük parlayıcılık	A2	B2	LFL ≤ 0.10 kg/m ³ yanma ısısı ≥ 19000 kJ/kg
	A2L	B2L	(Yanma hızı < 10 cm/s)LFL ≤ 0.10 kg/m ³ yanma ısısı ≥ 19000 kJ/kg
Alev almayan soğutkanlar	A1	B1	LFL (düşük parlama sınırı) sıfır olan soğutkanlar
	≤400 ppm (milyonda parçacık sayısı) konsantrasyonda tanımlanan zehirlenme olmayan soğutkanlar.	400 ppm'den (milyonda parçacık sayısı) düşük konsantrasyonda zehirlenme belirtisi olan soğutkanlar.	

Güvenlik sınıflandırmasında bir harf ve bir sayı kullanılarak ifade edilir (örnek olarak A2). Alfabetik büyük harf zehirlilik özelliğini, sayı ise yanıcılığı ifade eder.

Alfa sayısal sınıflandırmaya ek olarak, her bir soğutkan için belirlenmiş olan bir dizi koşul için (soğutma sisteminin tipi ve montajı ile ilgili) kabul edilebilir miktarda soğutkanın sağlanmasına yardımcı olan üç parametre daha vardır.

- (ATEL) , Akut toksisite maruz kalma limiti
- (LFL) , Yanabilirlik alt sınırı
- (PL) ve (RCL), Pratik limit ve oda konsantrasyon limiti

2.4.3.1. Zehirlilik / Boğuculuk



Tüm soğutkanlar havayı değiştirdikleri için boğucu maddelerdir.

ASHRAE standart 34 iki tip zehirlilik tanımlar. Birincisi (akut), bağıl olarak yüksek konsantrasyonlu bir soğutkana kısa süreli ve bir kez maruz kalma ile ortaya çıkan muhtemel kısa dönem zararlı etkilerle ilgilidir. Bu durum tipik olarak bir kaza sonucu serbest kalan soğutkana maruz kalma senaryosudur. İkincisi ise (kronik) bağıl olarak küçük konsantrasyonlu soğutkana sık sık ve tekrar eden bir şekilde uzun süreli, maruz kalınması durumundaki muhtemel uzun dönemli sağlık etkilerini ele alır.

Soğutkanlar A (az zehirli) ya da B (çok zehirli) olarak sınıflandırılır. Bu sınıflamalar, havadaki, zamana göre ortalama 400 ppm'lik bir konsantrasyona sahip soğutkanla, sırası ile 'zehirli olmadığı kanıtı' ve 'biraz zehirli olduğu kanıtı' olarak tanımlanır. EN 378'e göre soğutkanlar için toksisite sınıflandırma tanımı aşağıda şekildedir.

- Sınıf A: 400 ppm'nin altında hiçbir kronik toksisite etkisi gözlenmemiştir
- Sınıf B: 400 ppm'nin altında kronik toksisite etkileri gözlemlenmiştir

(UNEP, 2015).

Soğutkanların buhar yoğunluğu havadan fazla olabilir, bu durumda soğutkan kapalı bir alanda serbest bırakılırsa soğutkan tabana yakın alçak yerlerde toplanır ve mevcut oksijenle yer değiştirir. Dolayısıyla büyük bir soğutkan sızıntısı ile ilgili en önemli risk boğulmadır

Herhangi bir başka soğutkan kapalı bir hacimde serbest kaldığı zaman orası derhal boşaltılıp fanlarla havalandırılmalıdır. Korunmasız personel, bölgenin güvenli olduğu belirlenmeden geri dönmemelidir (ALARKO, 2005).

Herhangi bir soğutkan buharının yeterli miktarlarda solunması boğulmaya ve kardiyak duyarlılaşmaya neden olabilir ve merkezi sinir sistemini etkiler. Bunlar baş dönmesine, uyuşukluğa veya düzensiz kalp atışına yol açabilir. Boğulma, özellikle soğuk oda veya tesis odası gibi kapalı bir alana büyük miktarda salınırsa bir tehlikedir (Real Alternatives, 2017).

2.4.3.2. Yanıcılık



Yanıcı maddeler bir ekzotermik oksidasyon reaksiyonu yani bir ateş geliştirebilir. Bir yangın için üç bileşene ihtiyaç vardır: doğru konsantrasyonda yakıt, yeterli oksijen kaynağı ve bir ateşleme kaynağı; Elektrikli bir bileşenden kaynaklanan kıvılcımı örnek verebiliriz. Bu koşulları yanıcı hale getirmek için, mekân ve zamanda aynı konumda bulunmaları ve potansiyel tutuşma kaynağının devreye girmesi gerekir. Yerel koşullara bağlı olarak tutuşma olayı, maddi hasara veya yaralanmalara yol açabilecek parlama yangını veya patlama (yeterli aşırı basınç gerektirir) gibi çeşitli sonuçlara kadar uzanabilir.

EN 378'de tanımlandığı gibi yanıcılık sınıflandırması, maddelerin tutuşup tutuşmamasına bağlıdır. Eğer öyleyse, alt ve üst yanıcılık sınırları (sırasıyla LFL ve UFL) ve yanma ısısı (bakınız Tablo 19) dikkate alınır. Bu özellikler kullanıldıkları çevre ile birlikte çeşitli risklere dönüşmektedir.

Tablo 19:EN 378'e Göre tutuşabilirlik sınıflandırması

Tutuşabilirlik Sınıfı	LFL, Hava Hacminin %'si	Yanma ısısı (kJ/kg)	Alev Yayılımı
1	60 ° C'de ve standart atmosferik basınçta (1.013 bar) havada test edildiğinde alev yayılması yok		
2, daha düşük yanıcılık	> 3.5	< 19,000	Alev yayılımı gösterir (60 ° C, 1.013 bar'da test edilmiştir)
Önerilen: 2L *, daha düşük yanıcılık	> 3.5	< 19,000	10cm / s Yanma hızıyla alev yayılımı (60 ° C, 1.013 bar'da test edilmiştir) sergiler
3, daha yüksek alevlenme	≤ 3.5	≥ 19,000	Alev yayılımı gösterir (60 ° C, 1.013 bar'da test edilmiştir)

* prEN 378-1: 2013'te önerilen; şimdiye kadar sadece ISO 5149'da tanıtıldı

Tüm tutuşucu soğutkanlarda havadaki soğutkan konsantrasyonu alt ve üst yanma seviyeleri arasında ve ateşleme kaynağı varsa yanma meydana gelir (RealAlternatives, 2018).

LFL ve UFL, hava / buhar karışımlarının tutuşabileceği veya yanabileceği yanıcı bir maddenin alt ve üst konsantrasyon sınırını tanımlar. Yanabilirlik sınırının altında, yanma için konsantrasyon çok düşüktür, ancak bunun üzerinde gerçekleşmesi için yeterli oksijen yoktur. Bu parametreler havalandırma hava akış hızları ve soğutkan kaçak detektörlerinin ayar değerleri için kritiktir. Ayrıca, bir uygulamanın yerleştirilebileceği alanın soğutkan şarjının boyutuyla ilişkilendirilmesi açısından da önemlidir.

Minimum ateşleme enerjisi ve kendiliğinden tutuşma sıcaklığı öncelikle bir tutuşma kaynağı ile ilişkilidir. Hem RAC ekipmanında hem de bazı durumlarda çevredeki potansiyel tutuşma kaynaklarının ortadan kaldırılması gerekir. Bu, diğerlerinin yanı sıra, kendiliğinden tutuşma sıcaklığı aralığında sıcaklıklara sahip yüzeylerden kaçınılmasını ve minimum tutuşma enerjisinin üzerinde bir şarjla kıvılcım üretebilecek cihazların kullanımını içerir.

Servis ve bakım teknisyenleri el aletlerinin yanı sıra potansiyel olarak ek tutuşma kaynakları olabilecek elektrikli ekipmanlarını da dikkatli bir şekilde kullanmaları gerekmektedir, (bkz. Tablo 20).

Tablo 20: Elektrikli cihazların ve aletlerin / ekipmanın potansiyel ateşleme örnekleri

Elektrikli Aletler	Araçlar ve Ekipman
Anahtarlar (manuel, zaman, defrost, yağ diferansiyeli vb.)	Lehimleme ekipmanı
Yoğuşma pompaları	Bazı elektronik kaçak arama test cihazları
Termostatlar	Ekipman üzerindeki açık anahtarlar (örn. Vakum pompaları)
Fan hız kontrolörleri	Jeneratörler
Kontaktörler ve çoğu açma / kapama anahtarları	
Aşırı ısınma-termik kontrolleri	
Röleler	

Servis hizmeti sırasında ki yangın riski, normal çalışmaya göre 10 ila 1.000 kat daha yüksektir; sistem bileşenlerine kazara hasar verilmesi, soğutkan tüplerinden gaz kaçması, ateşleme kaynağı olan ekipmanların bakımsızlığını örnek olarak verebiliriz. Bununla birlikte normal çalışma sırasında ki güvenlik sistem tasarımının bir parçası olabilir. Fakat servis hizmeti esnasında güvenlik çok daha az ve kolay düzenlenir, bu nedenle servis personelinin uygun şekilde eğitilmesi zorunludur.

AB'de, iki ATEX yönergesi (bkz. Tablo 16), tutuşması veya patlaması muhtemel atmosferlerde belirlenmiş ekipman kullanımını ve / veya uygun davranışları belirler. Bir ürün veya madde için yanıcılık derecesi ne olursa olsun, direktifler her durumda takip edilmelidir.

EN 378, ATEX yönergeleri ile uyumlu değildir ve ATEX'in uyguladığı herhangi bir şartnameyi içermez. Bununla birlikte, EN 378, ATEX'in uyumlu olduğu EN 60079 (patlayıcı ortamlar) standardına atıfta bulunur. Diğer ilgili ürün standartları şunlardır: 60335-2-24, -2-40, -2-89 (ev ve benzeri elektrikli ev aletleri - güvenlik), bu ürün gruplarına ait standartlar da EN 378'den daha önemlidir.

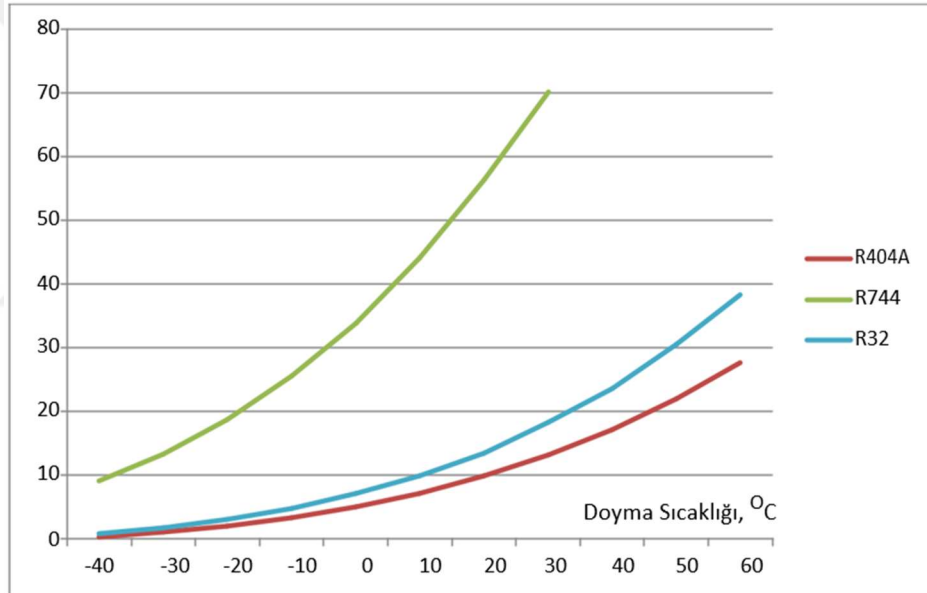
Yanıcı ortamların meydana gelebileceği yerlerde çalışanların korunmasına ilişkin sorumluluk normal olarak işverenlere ve tesis sahiplerine veya işletmecilerine aittir. Bu nedenle, bu kişilerin yanıcı maddelerin varlığından haberdar olmaları, planları ve

prosedürleri hazırlayarak riski kontrol etmek ve herhangi bir olayın meydana gelmesini azaltmak için kontrol önlemleri almaları önemlidir. Bu aynı zamanda çalışanların ve diğer çalışanların riskler hakkında uygun şekilde bilgilendirilmelerini ve bunlarla ilgili olarak riskleri kontrol etmek veya bunlarla başa çıkmak için eğitilmelerini ve ayrıca işyerinde yanıcı ortamların meydana gelebileceği alanları belirlemeyi ve sınıflandırmayı ve bu alanlarda potansiyel tutuşma kaynaklarından kaçınmayı içerir (PROKLIMA, 2010).

2.4.3.3. Çalışma Basınçları



Alternatif soğutkanların çoğu, R404A'ya benzer ya da daha düşük basınçlarda çalışır. Ancak R32 ve R744 aşağıdaki grafikte gösterildiği gibi daha yüksek basınçta çalışır.



Şekil 12:R744, R32 ve R404A'nın Çalışma basınçları (Real Alternatives, 2017).

R32'nin işletme ve durma basınçları R410A'ya (şu anda iklimlendirme sistemlerinde yaygın olarak kullanılır) benzerdir.

Aşağıda yer alan Tablo 21 tipik R744 basınçlarını göstermektedir.

Tablo 21:Tipik R744 basınçları (Real Alternatives, 2017).

	Tipik basınç	
	Bar	MPa
Transkritik sistemin yüksek tarafında PRV'nin ayarlanması (örn., PS)	120	12
Transkritik sistemin yüksek tarafı, kritik noktanın üzerinde çalışıyor	90	-9
Transkritik bir sistemdeki ara basınç	35 - 65	3,5 – 6,5
Tek kademeli sistemin düşük kademesinin yüksek tarafında PRV'nin ayarlanması (örneğin, PS)	40	-4
Kaskad sistemin alçak kademesinde yüksek basınç değeri	30	-3
Düşük sıcaklık (LT) evaporatörü	15	1,5
Yüksek sıcaklık (HT) evaporatörü	30	-3
5°C ortam sıcaklığında yer alan R744 silindiri	40	-4
20°C ortam sıcaklığında çalışmayan sistem	55	5,5

2.5. Avrupa GHS Sınıflandırması ve Etiketleme

Doğal soğutkanlar için GHS'ta (Globally Harmonized System) verilen işaretlerin anlamları şekil 13 de ki sıraya göre yanıcı madde, basınçlı gazlar, aşındırıcı, toksik etki ve çevre için zararlı madde olarak bilinmektedir (IFAGESTIS, 2020).

Soğutucu Akışkan GHS piktoğramları						
		GHS02	GHS04	GHS05	GHS06	GHS09
		YANICI GAZLAR	BASINÇLI GAZLAR	AŞINDIRICI	TOKSİK	ÇEVRE İÇİN ZARARLI
Amonyum	R 717		X	X	X	X
Karbon dioksit	R 744		X			
HCs	İzo-Bütan	R600a	X	X		
	Propan	R290	X	X		
	Propilen	R1270	X	X		

Şekil 13:Doğal Soğutkanlar için GHS işaretleri (IFA Gestis).

Tablo 22 de Doğal soğutkanların H (Zararlılık) ve P (önlemler) ifade bilgileri verilmiştir.

Tablo 22:Doğal Soğutkanların zararlılık ve önlem ifadeleri tablosu (IFA Gestis).

			Amonyum	Karbon dioksit	HCs		
					İzo Bütan	Propan	Propilen
			R 717	R 744	R600a	R290	R1270
Doğal Soğutkan H İFADELERİ							
ZARARLILIK	H220	Çok kolay alevlenir gaz.			X	X	X
	H221	Alevlenir gaz.	X				
	H280	Basınçlı gaz içerir; ısıtıldığında patlayabilir.	X		X	X	X
	H281	Soğutulmuş gaz içerir; soğuktan yanma veya yaralanmalara yol açabilir.		X			
	H331	Solunması halinde toksiktir.	X				
	H314	Ciddi cilt yanıklarına ve göz hasarına yol açar.	X				
	H410	Sucul ortamda uzun süre kalıcı, çok toksik etki.	X				
	EUH071	Solunum yolunda aşınmaya yol açar.	X				
	OSHA-H01	Oksijenin yerine geçerek hızlı boğulmaya neden olabilir.				X	
	CGA-HG01	Donmaya neden olabilir				X	
CGA-HG04	Hava ile patlayıcı karışımlar yapabilir.				X		
Doğal Soğutkan P İFADELERİ							
TEDBİR	P202	Bütün önlem ifadeleri okunup anlaşılmadan elleçlemeyin.				X	
	P210	Isıdan / kıvılcımdan / alevden / sıcak yüzeylerden uzak tutun. Sigara İçmek Yasaktır.	X		X	X	X
	P273	Çevreye verilmesinden kaçının.	X				
	P280	Koruyucu eldiven / koruyucu kıyafet / göz koruyucu / yüz koruyucu kullanın.	X			X	
	P260	Toz / duman / gaz / buğu / buhar / spreyi solumayın.	X				
	P271	Sadece dışarıda veya iyi havalandırılan bir alanda kullanın.				X	

Tablo 22 ;Doğal Soğutkanların zararlılık ve önlem ifadeleri tablosu (IFA Gestis) (devam).

		Amonyum	Karbon dioksit	HCs			
				İzo Bütan	Propan	Propilen	
		R 717	R 744	R600a	R290	R1270	
Doğal Soğutkan P İFADELERİ							
MÜDEHALE	P302	CİLDE TEMAS:Cildin üzerinde olması halinde:				X	
	P303 + P361 + P353:	CİLT (veya saç) İLE TEMASINDA :Bulaşmış tüm giysileri derhal çıkarın / çıkarın. Cildi su veya duş ile durulayın	X				
	P308 + P313	Maruz kalınma veya etkileşme halinde İSE: Tıbbi yardım/bakım alın.				X	
	P304 + P340	SOLUNDUĞUNDA:Zarar gören kişiyi temiz havaya çıkartın ve kolay biçimde nefes alması için rahat bir pozisyonda tutun.				X	
	P304 + P340 + P315	SOLUNDUĞUNDA:Zarar gören kişiyi temiz havaya çıkartın ve kolay biçimde nefes alması için rahat bir pozisyonda tutun., Hemen tıbbi tavsiye/müdahale alın.	X				
	P305 + P351 + P338 + P315	GÖZE TEMAS EDERSE:Su ile birkaç dakika dikkatlice durulayın. Varsa ve yapılması kolaysa kontak lensleri çıkarın. Durulamaya devam edin.Hemen tıbbi tavsiye/müdahale alın.	X			X	
	P377	Gaz sızıntısına bağlı yangın: Sızıntı güvenli olarak durdurulmadan söndürmeyin.	X		X	X	X
	P381	Güvenli ise tüm tutuşturucu kaynaklarını ortadan kaldırın.	X		X	X	X
	CGA-PG02	Ortam sıcaklığının 52 °C dereceyi geçtiğinde tüpleri güneş ışığından koruyunuz.				X	
	P403	İyi havalandırmalı bir yerde saklayın	X	X	X	X	X
	P405	Kilit altında saklayın.	X				
BERTARAF	P501	İçeriği/kabı... bertaraf edin.				X	

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Tipi ve Modeli

Geçmişten günümüze soğutkan ihtiyacı ve dolayısıyla soğutma çevrimlerinde kullanılan soğutkanlar değişim göstermiştir. 1830'lardan 1930'lara kadar işe yarayan her soğutkan kullanılırken, 1930'lardan itibaren meydana gelen kazalar neticesinde emniyet ön plana çıkmıştır (Araz, Güngör, & Hepbaşı, 2013). Emniyetli bir şekilde kullanılabilen bu soğutkanların ozon tabakasına zarar verdiği görülmüş ve 1990'lardan itibaren soğutkanların ozon (tabakasını) inceltme potansiyeli (ODP: Ozone Depletion Potential) değerinin sıfır olması şart koşulmuştur. Daha sonra bu soğutkanların da küresel ısınmaya ciddi katkıları olduğu görülmüş ve artan küresel ısınma endişeleri ile birlikte yeni nesil soğutkanların düşük küresel ısınma potansiyeline (GWP: Global Warming Potential) ve yüksek verimlilik özelliklerine sahip olmaları istenmiştir. Bu bağlamda, değişik yasal düzenlemelerle soğutkanların kullanımına belli sınırlamalar getirilmiştir. Bu yasal düzenlemeler neticesinde Doğal soğutkanlar Amonyak, CO₂, Propan gibi soğutkanlar ile birlikte R32, R-1234yf, R-1234ze gibi çeşitli alternatif soğutkanlar ortaya çıkmıştır.

Bu kapsamda doğal Soğutkanların yoğun olarak yer alacağı günümüz ve gelecekteki iklimlendirme, soğutma ve ısı pompası sektöründe üreticinin, kullanıcının ve servis verenlerin karşılaşacağı mesleki risklerin belirlenmesi ve bu riskleri ortadan kaldırmak amacıyla alınacak tedbirler ve farkındalığın kazanılması adına geniş kapsamlı literatür çalışması yapılmıştır. Yapılan araştırmada tutuşma, toksite ve çalışma basınçları gibi belirli mesleki riskler ön plana çıkarılmış ve bunlar üzerinde mevcut ve yeni kullanılacak alternatif soğutkanlar ile karşılaştırmalar yapılarak sağlık ve güvenlik riskleri üzerine irdelenmiştir.

Yapılan bu çalışma ile endüstriyel uygulamalarda, alternatif doğal soğutkanlara servis hizmetlerinin doğru ve etkin olarak verilmesi, olası iş kazalarının önlenmesi için alınması gereken önlemlere yönelik fikirler vermesi ve farkındalık yaratması hedeflenmiş, dolayısıyla sektörün bilgilendirilmesi ve aynı zamanda akademik çalışmalar için ise kısa ve güncel bir literatür taraması içeren bir kaynak olması amaçlanmıştır.

3.2. Araştırmanın Yeri

Ulusal ve uluslararası standartlar ve mevzuatlar da taramalar yapılmış ve alınması gereken önlem ve tedbirler üzerinde inceleme ve araştırmalar yapılmıştır.

3.3. Araştırmanın Zamanı

Araştırma 15.10.2019 ile 31.11.2020 tarihleri arasında yapılmıştır.

3.4. Araştırmanın Evreni

Araştırma doğal soğutkan ve alternatif soğutkanların kullanımının söz konusu olduğu iklimlendirme, soğutma ve ısı pompası sektörleri genelinde yapılmıştır. Mevcut soğutkanların kullanımında öğrenilen bilgiler ve alışkanlıklar referans alındığında doğal ve alternatif soğutkanların kullanımında karşılaşılacak riskler ortaya konmuş ve bu risklerin ortadan kaldırılması için alınacak emniyet tedbirler üzerine çalışma yapılmıştır.

Aynı zamanda sektörel sivil toplum kuruluşları (STK) ile temasa geçilmiş, Fgaz yönetmeliği kapsamında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, SOSIAD ve UNEP tarafından düzenlenen ulusal konferanslara katılım sağlanmıştır. Sektörel eğitimler konusunda destek veren ISKAV'da konuyla ilgili sertifika eğitim programlarına katılım sağlanmış ve konuyla ilgili kapsamlı bilgiler toplanılmış, STK ve Sektör temsilcileri ile görüşmelerde bulunulmuştur.

4. BULGULAR

Hidrokarbonlar (HC'ler), karbondioksit (R744) ve amonyak (R717) gibi doğal soğutkanlar sahip oldukları mükemmel termo fiziksel özelliklerle florlu soğutkanlara göre sistem verimliliğinde daha yüksek potansiyeller sunmaktadırlar ve maliyet açısından nispeten daha ucuzdurlar.

Öte yandan, doğal soğutkanlar geleneksel HCFC ve HFC soğutkanlara göre ek güvenlik risklerine sahiptirler ve bu nedenle ilave güvenlik standartlarına ve bunların etkin olarak uygulanmasına ihtiyaç duyulur.

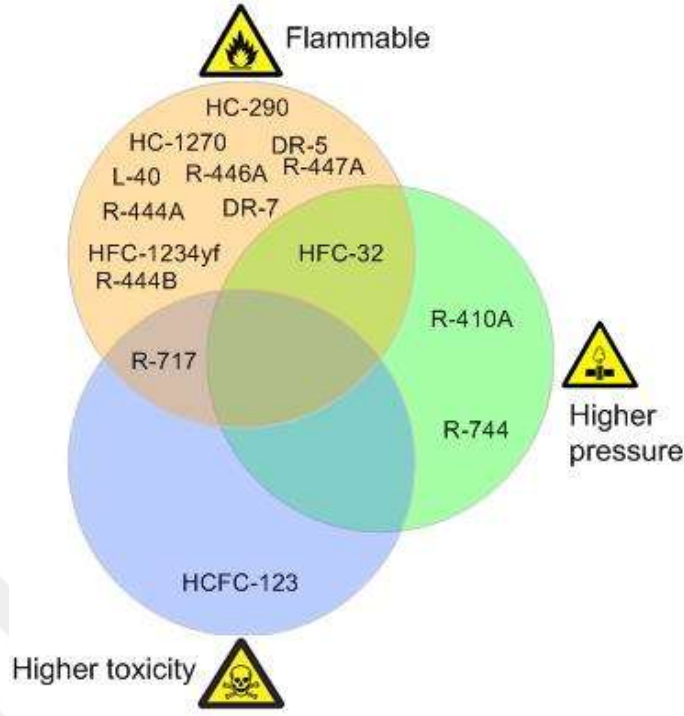
Ancak, soğutma, iklimlendirme ve ısı pompası (RAC ve HP) uygulamaları için mevcut uluslararası güvenlik standartlarının çoğunlukla sistemlerde izin verilen soğutkan miktarı üzerindeki sınırlar açısından bazı kısıtlamalar getirdiği kabul edilmektedir (GIZ, 2018)

Egaz sonrası soğutkanların emniyet sınıflandırmasında dikkat edilecek özellikler aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Ozon tabakasının inceltme potansiyeli (ODP)
- Küresel ısınma potansiyeli (GWP)
- Güvenlik özellikleri (yanıcılık, toksisite)
- Basınç seviyesi

Bu tür özellikler soğutkanın seçimini etkiler ve genellikle uygulanma şekillerini belirler.

Bazı alternatif soğutkanlarla ilişkili tehlikelerin basit bir grafik haritası Şekil 14'te gösterilmektedir; bunun temel bir gösterge olduğu ve belirli bir tehlike sınıfı içinde şiddetin geniş bir aralığa maruz kaldığı anlaşılmalıdır.



Şekil 14: Alternatif soğutkanların güvenlik tehlikeleri haritası

Bu çalışmada daha çok son iki özellik üzerinde durulmuş soğutkanların güvenlik (zehirlilik ve yanıcılık) ve çalışma basınç riskleri irdelenmiştir.

4.1. Zehirlilik / Boğuculuk

Tüm soğutkanlar boğucudur, çünkü hapsolursa solunabilir havanın yerini alabilir ve böylece boğucu madde görevi görürler.

Herhangi bir soğutkan buharının yeterli miktarda solunması boğulmaya ve kardiyak duyarlılığa neden olabilir ve merkezi sinir sistemi üzerinde etkili olabilir. Bunlar baş dönmesi, letarji veya düzensiz kalp atışlarına neden olabilir. Boğulma, özellikle soğuk oda veya makine dairesi gibi kapalı bir alana büyük miktarda sızıntı olduğunda tehlike oluşturur.

CO₂ toksisite göstermez ve doğal olarak atmosferde 350 ppm civarında konsantrasyonlarda meydana gelir. İnsanlar genellikle 300 ila 600 ppm arasındaki konsantrasyonlarda bir fark görmezler. CO₂ sisteminden sızarken fark edilmez. Zehirli değildir ve kokusuzdur, ancak yüksek konsantrasyonlar asfiks gibi boğulma ve oksijeni giderir gibi fiziksel bozulmalara neden olabilir, ancak CO₂'nin sızabileceği kapalı tesislerin (örneğin makine odaları, soğuk odalar vb.) Konsantrasyon seviyesi PL'yi (0,1 kg / m³; > 5,000 ppm) aştığında bir alarmı tetikleyen sensörler ile donatılmalıdır.

CO₂'nin havadan 1,5 kat daha ağır olması nedeniyle yere çökme ve yer seviyesinde bir havuz oluşturma eğilimindedir. Genellikle ortam havasındaki CO₂ konsantrasyonunun dağılımı homojen olmaz. Bu tip ortamlarda ayakta olan kişilerin CO₂ ye maruz kalma seviyesi yer seviyesine göre daha düşük olabilir.

CO₂ konsantrasyonun ölçülmesi amacıyla kapalı ortam zemininden yaklaşık 30 cm yukarı mesafelerde gaz algılama ve vantilatör yerleştirilmeli, sensör ise zemine yakın bir mesafeye konulmalıdır. Yapılan bu uygulamayla bir servis teknisyeninin soluyabileceği bir seviyeden daha yüksek olan konsantrasyonların ölçüleceği anlamı sağlanır. Yapılan bu uygulamayla herhangi bir sızıntı durumunun anında farkedilmesi ve ortamdan kaçılması veya boşaltılması için daha fazla zaman kazandırılmış olunacaktır.

Bir CO₂ sisteminin etrafındaki kapalı alan her zaman iyi havalandırılmalıdır. Tesisin havalandırılması sırasında daha yüksek gürültü seviyeleri ortaya çıkabilir bu durumda kulak koruyucuları kullanılmalıdır.

HFC ve HFO cinsi, örneğin R32 gibi bir A2L sınıfı soğutkan açık alevle tuttuğunda toksik bozunma ürünleri açığa çıkartırlar. Hidroflorür, nem ile (örneğin, havada veya ağızda) temas ettiğinde hidroflorik asit oluşturur. Solunum veya temasın etkileri çok ağırdır ve genellikle hastanede tedavi gerektirir. Bu, tüm HFC soğutkanlarda tehlike oluşturmaktadır, ancak A2L sınıfı HFC'ler ve HFO'lar, lehim şaloması gibi açık alevle ateşlendiğine daha büyük bir risk oluşturmaktadır.

Doğal soğutkanlar arasında, NH₃ yüksek toksisiteye sahiptir ve bu nedenle EN 378'e göre B sınıfı toksisite atanmıştır. NH₃'e maruz kalmak zehirli olabilir, NH₃'ü tespit etmemek zordur: Keskin kokusu nedeniyle 5 ppm'lik konsantrasyonlarda hemen farkedilir, ancak 400 ppm ve daha yüksek ciddi tehlikeli konsantrasyonlara ulaşılmadan çok daha önce fark edilmelidir. Düşük konsantrasyonlarda zaten kendine özgü bir kokusu vardır, bu nedenle sızıntılar kolayca tespit edilebilir ve soğutkan kaybı en aza indirilebilir.

Havadan daha hafiftir ve sızan soğutkan yukarı doğru yükselerek ortamdaki oksijenle yer değiştirir. Kuru havada bir soğutma sisteminden veya saklama kabından amonyak gazı çıkarsa, yüksek alanlara veya tavanlara yükselme eğiliminde olacaktır. Bununla birlikte, amonyak ve su arasındaki reaksiyon havadan daha ağır beyaz bir bulut oluşturacağından, amonyak nemli havada yere yakın kalabilir. Bir kişinin beyaz bir amonyak bulutu görüp görmemesine bakılmaksızın maruz kalabileceğini anlamak önemlidir. Amonyak konsantrasyonları uzak mesafelerde tehlikeli olabilir.

R717 toksiktir ve çok düşük bir pratik limite sahiptir (0.00035kg / m³). R717 tahriş edici ve aşındırıcıdır.

Soluma - Yüksek konsantrasyonlara maruz kalınması burun, boğaz ve solunum yollarının derhal yanmasına neden olur. Bu, solunumun sekteye uğramasına neden olabilir. Düşük konsantrasyonların solunması öksürüğe, burun ve boğaz tahrişine yol açabildiği gibi konsantrasyona bağlı olarak, bronkopnömoni, pulmoner ödem ve bronş spazmından ölüme neden olabilir. R717'nin keskin kokusu varlığının erken teşhisini sağlar, ancak sürekli maruz kalma kokuyu algılamamaya neden olur. Tekrar tekrar amonyak gazına maruz kaldıysanız, koku alma yeteneğiniz önemli ölçüde azalmış olabilir. Aslında, düzenli olarak amonyağa maruz kalan işçiler, yaşam ve sağlık için tehlikeli olan konsantrasyonlarda (IDLH) kokusunu algılama yeteneğini azaltmışlardır. (IDLH maruziyet seviyesinin, uygun solunum koruması olmayan bir kişinin ölümcül şekilde yaralanabileceği veya geri dönüşü olmayan veya etkisiz hale getirici sağlık etkilerine maruz kalabileceği nokta olduğuna dikkat edilmelidir.

Deri teması - Düşük konsantrasyonlarda R717'ye maruz kalınması, hızlı cilt veya göz tahrişi oluşturabilir. Daha yüksek konsantrasyonlarda amonyak ciddi yaralanmalara ve yanıklara neden olabilir. Sıvı R717 ile temas, tüm soğutkanlarda olduğu gibi soğuk yanığına ve potansiyel olarak ölümcül yanıklara neden olabilir,

Ayrıca Amonyak ciddi bir göz tahriş edicidir; Göze hızla nüfuz ederek kalıcı körlüğe neden olabilir.

IIAR Amonyak Veri Kitabında yayınlandığı üzere, ABD Halk Sağlığı Hizmetleri Zehirli Maddeler ve Hastalık Tescil Dairesi'nden (ATSDR) alınan verilere dayanan aşağıdaki Tablo 23 çeşitli amonyak konsantrasyonlarının etkilerini göstermektedir.

Tablo 23:Amonyak konsantrasyonlarının etkileri

Konsantrasyon	Etkisi
5 ppm	Ortalama koku eşiği (zararlı sağlık etkilerinin çok altında)
100-200 ppm	Tahriş olmuş gözler
300 ppm	Solunum koruması bu seviyenin üzerinde gereklidir - IDLH2
400 ppm	Ani boğaz tahrişi
500 ppm ve altında	Kronik maruziyette bile kalıcı göz hasarı yok
1,700 ppm	Öksürük
2,400 ppm	30 dakika sonra hayatı tehdit
5,000+ ppm (Buhar)	Tam vücut için kimyasal elbise gereklidir
5,000+ ppm (Saf sıvı)	İkinci derece yanıklar, Kabarcıklı
7,338 ppm	Bir Saat LC50, Ölümcül konsantrasyon (fare)

Susuz amonyak (Chemical Abstracts Service, CAS # 7664-41-7) Şu anda ABD evre Koruma Ajansı (EPA) tarafından son derece tehlikeli bir madde (EPCRA, Sec. 302, 303) olarak sınıflandırılmaktadır. AŞağıdaki Acil Durum Planlama ve Topluluk Bilme Hakkı Yasası (EPCRA) 9 listelerine dahil edilmiştir:

- Raporlanabilir Miktar Listesi (Bölüm 304) -Bu EPCRA listesindeki kimyasallar, rapor edilebilir miktarı aÇan EPA ve eyalet ve yerel yayın kuruluşlarına bildirimde bulunmayı gerektirir.
- Son Derece Tehlikeli Madde Listesi (Bölüm 302) -Bu EPCRA listesindeki kimyasallar, EŞik Planlama Miktarını (TPQ) aÇan miktarlarda, çok sayıda raporlama ve planlama hükmü gerektiren EPCRA gerekliliklerine tabidir.
- Bölüm 313 - Bu EPCRA listesindeki kimyasallar yıllık toksik salınımlı envanter raporlamasına (Form R) tabidir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde evre Koruma Ajansı (EPA)ve Ulaştırma Bakanlığı (DOT) müdahale ekiplerine genel halkın amonyak salınımı veya diğer kimyasal dökülmeleri içeren tehlikeli bir havadan bulaŐan kimyasala maruz kalabileceği acil durumlarla başa çıkmada yardımcı olmak için, referans maruz kalma yönergeleri tasarlamıŐtır.

Akut Maruz Kalma Kılavuzu Seviyeleri (AEGL) (8) sekiz saati geçmeyen tekrarlayıcı olmayan tek maruziyetlerdir. AEGL'ler, yaŐlı, hasta veya çok geç insanlar gibi hassas kişiler de dâhil olmak üzere çoğu insanın, belirli bir süre tehlikeli bir kimyasala maruz kaldıklarında sağlık etkileri yaŐamaya baŐlayacakları konsantrasyonları tahmin etmektedir.

ABD'deki Ulaştırma Bakanlığı (DOT), Amerikan Endüstriyel Hijyen Derneği'nden (AIHA) Acil Müdahale Planlama Kılavuzlarına atıfta bulunan bir Acil Müdahale Planlama Kılavuzu yayınlar. AEGL yönergelerine benzer Şekilde, ERPG yönergeleri, çoğu insanın (1) saatten fazla bir süre boyunca tehlikeli bir havada taŐınan kimyasala maruz kaldığında sağlık etkileri yaŐamaya baŐlayacađı konsantrasyonları tahmin eder. DOT rehber kitabı, ilk müdahale ekipleri tarafından tehlikeli maddeler içeren bir taşıma olayının ilk aşamasında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Amonyak için AEGL / ERPG değerleri, DOT Acil Müdahale Planlama Kılavuzu 2016 Sürümü'nden aşağıda sunulmuŐtur.

- 150 ppm AIHA / DOT Acil Müdahale Planlama Yönergeleri (60 dakikaya kadar ERPG-2)
- 160 ppm EPA / DOT Akut Maruz Kalma Kılavuzu Seviyeleri (60 dakikaya kadar AEGL-2)

EPA amonyağa çevresel açıdan hitap ederken, ABD İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi (OSHA) amonyağa işçi güvenliği açısından hitap etmektedir. OSHA, amonyağı tehlikeli bir madde olarak tanımlar ve kullanımına bağlı olarak kullanımı, depolanması, taşınması ve mesleki maruziyet ile ilgili belirli düzenlemeleri uygular.

Amonyak için yasal güvenlik sınırları (Amerika Birleşik Devletleri'nde tanımlandığı gibi) aşağıdaki Tablo 24'de sunulmaktadır.

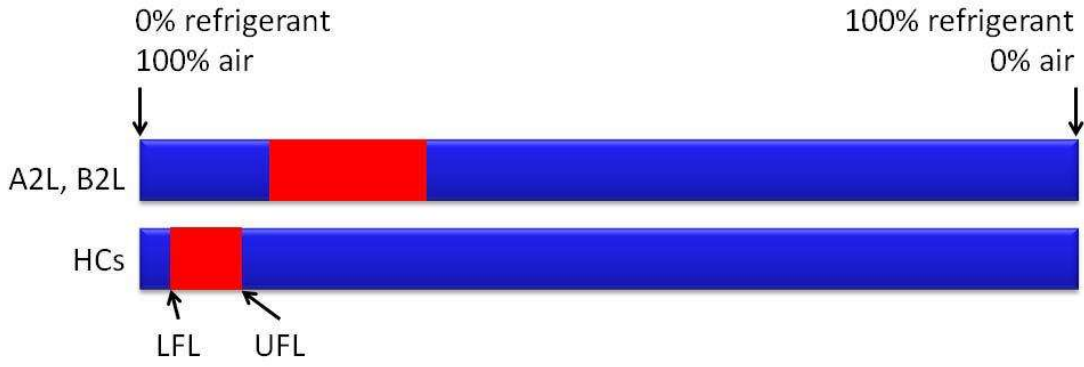
Tablo 24: Amonyak için yasal güvenlik sınırları (Amerika Birleşik Devletleri'nde tanımlandığı gibi)

Konsantrasyon	Sağlık Etkisi / Mevzuat Tanımı
25 ppm	NIOSH Zaman Ağırlıklı Ortalama (TWA)
35 ppm	NIOSH Kısa Süreli Maruz Kalma Sınırı (STEL)
50 ppm	OSHA Kişisel Maruz Kalma Sınırı (PEL)
150 ppm	Acil Müdahale Planlama Rehberi (ERPG)
160 ppm	Akut Maruz Kalma Kılavuz Seviyeleri (AEGL)
300 ppm	OSHA Yaşam ve Sağlık için Acil Tehlikeli (IDLH)
15-16,000 ppm	Havada hacimce % 10 OSHA, yanma alt sınırı (LFL)

4.2. Yanıcılık

HC'ler, A2L soğutkanlar ve R717 için yanıcı aralık aşağıdaki Şekilde gösterilmiştir.

Düşük yanıcılık seviyesi de Şekil 15'de listelenmiştir:



Şekil 15:Düşük Yanıcılık seviyesi

Havadaki amonyak gazı miktarı milyonda bir parçaya (ppm) düşükçe, doğal hava konveksiyon akımları gazı kapalı bir alana yayar.

Dahası, amonyak gazı basınç altında kolaylıkla sıvılaştırılır.

Sıvı amonyak, oda sıcaklığında hızla buharlaşan berrak bir sıvıdır. Sıvı amonyak ayrıca yüksek bir sıkıştırma oranına sahiptir.

1 litre sıvı amonyak, 800 litre gaz oluşturacak şekilde genişir. Büyük bir amonyak sızıntısı potansiyel olarak felakettir çünkü sıvı amonyak havaya maruz kaldığında hızla buharlaşır ve yüksek konsantrasyonlarda patlayıcı bir yangın tehlikesi oluşturur.

Amonyak soğutma sistemlerinde bir acil durum boşaltma valfi bulunabilir. Bu valf, bir yangın veya başka bir acil durum sırasında amonyak soğutkanını bir havalandırma hattı vasıtasıyla atmosfere hızlı bir şekilde boşaltmanın bir yolunu sağlar. Acil durum prosedürlerinin, bu vananın çalıştırılmasının, atmosfere salınan amonyak nedeniyle çevredeki insanlar için bir maruziyet tehlikesi oluşturabileceğini dikkate alması gerekir.

Tüm sıvı amonyak 4.535 kğ'lik bir soğutma sisteminden kaçarsa, güvenli bir şekilde seyreltmek için BC Place stadyumunda bulunan hava miktarının 14 katına ihtiyaç duymaya yetecek kadar saf amonyak gazı salacaktır. (Bu, 25 ppm'lik bir gaz konsantrasyonu anlamına gelir - bir kişinin sekiz saatlik bir süre içinde maruz kalabileceği izin verilen maksimum konsantrasyon.)

Amonyakın yangın tehlikesi derecesi genellikle "hafif" olarak belirtilir. Amonyak, yüzde 16 ila 27 (hacimce) konsantrasyonlarda havada patlayıcıdır.

Bununla birlikte, amonyak son derece reaktiftir; bu, tipik olarak tek başına amonyaktan daha tehlikeli ürünler oluşturmak için diğer malzemelerle kolayca

birleşebileceği anlamına gelir. Yağ veya diğer yanıcı malzemelerin varlığı amonyağın yangın tehlikesini artırır ve Klor, brom, iyot ve hipoklorit ağartıcılar gibi güçlü oksitleyicilerle temas ettiğinde amonyak patlayıcı karışımlar oluşturabilir.

Amonyak, tüm vücut yüzeylerinde kimyasal yanıklara neden olabilir. Amonyak buharı havadaki nemle reaksiyona girerek sulu amonyak oluştur ve bakır, çinko, kalay, kadmiyum ve bunların alaşımlarını aşındırır. Ayrıca birçok kauçuk ve plastik üzerinde amonyumun aşındırıcı etkisi vardır.

Tablo 25’de yaygın olarak kullanılan alternatif soğutkanların emniyet sınıflandırmaları listelenmiştir.

Tablo 25: Yaygın olarak kullanılan alternatif soğutkanların emniyet bilgileri

Soğutkan		Emniyet Sınıfı ^a	LFL, ^b	Otomatik ateşleme sıcaklığı	PL, ^c	ATEL / ODL ^d
			kg/m ³	°C	kg/m ³	kg/m ³
CO ₂	R744	A1	-	-	0.1	0.072
NH ₃	R717	B2L	0.116	630	0.00035	0.00022
HFC	R32	A2L	0.307	648	0.061	0.3
HFO	R1234ze	A2L	0.303	368	0.061	0.28
HFO	R1234yf	A2L	0.289	405	0.058	0.47
HC	R600a	A3	0.043	460	0.011	0.059
HC	R290	A3	0.038	470	0.008	0.09
HC	R1270	A3	0.047	455	0.008	0.0017

a. Emniyet sınıfı EN378-1’deki gibidir.

b. LFL (kg/m³), Alt Tutuşma Sınırı (Lower Flammability Limit) EN378-1’de yer almaktadır

c. PL, Uygulama Sınırı (Practical Limit) EN378-1’de yer almaktadır. A1 soğutkanlar, insan bulunan bir mahalde hareketi engellemeyecek en yüksek konsantrasyona sahiptirler. Bu değer tutuşucu soğutkanlar için yaklaşık %20 LFL’dir.

d. ATEL / ODL, Akut toksisite Maruz Kalma sınırı / Oksijen Yoksunluğu Sınırı (Acute Toxicity Exposure Limit / Oxygen Deprivation Limit) EN378-1’de yer almaktadır. Bu, kısa bir zaman aralığında (genellikle 24 saatten az) tekli veya çoklu maruz kalmadan kaynaklanan olumsuz etkinin olduğu seviyedir.

4.3. Yüksek Basınç

CO₂ belirgin şekilde daha yüksek işletme basınçlarına ihtiyaç duyar ve bu nedenle, bu basınç seviyeleri ile bağlantılı olarak özel güvenlik gereksinimleri gerektirir. CO₂’nin

kritik sıcaklığı 31 °C'dir, kritik basıncı veya kritik noktası ~ 74 bar'dır (yani 31.0 °C / 73.8 bar). Kritik nokta, yukarıda ayırt edici sıvı veya gaz fazlarının bulunmadığı durumdur. Kritik noktanın ötesinde CO₂ kritik bir durumdadır. Diğer soğutkanlara karşılaştırıldığında CO₂'nin kritik noktası düşüktür; Ek olarak, katı, sıvı ve gaz fazının bir arada bulunduğu üçlü nokta yüksektir (5,2 bar / -56,6 °C).

Bu yüksek çalışma basınçları, boru kalınlığından uygun aletlere kadar Özel teknik ekipman gerektirir. Çalışma ve durma basınçları diğer tüm soğutkanlardan önemli ölçüde daha yüksektir. Süpermarketlerde kullanılan CO₂ sistemlerinin durması sırasında oluşan yüksek basınç genel bir sorundur. Tesis bakım için durdurulursa, sistemin içindeki soğutkan ısınmaya başlar. Sonuç olarak, sistemin içindeki basınç artar. Bir (kritik altı) kademeli sistemde kullanılan CO₂'nin bileşenleri yüksek basınca dayanmayabilir, genellikle bu sistemlerin tasarım basınçları yaklaşık 35 bar seviyesindedir.

En yaygın ve aynı zamanda en kolay tedbir olarak sistemdeki CO₂'nin bir kısmını tahliye etmektir, böylece tesisteki basınç ve sıcaklığın düşmesi sağlanır.

Bazı durumlarda, örneğin havalandırma veya doldurma sırasında, basınç / sıcaklık üçlü noktanın altına düştüğünde katı CO₂ (kuru buz) oluşabilir. Bu durum aynı zamanda, kuru buz oluşumu valfi tıkayabileceğinden (kuru buz süblimleştirildiğinde basınç hızla yükselir) içinden sıvı CO₂'nin geçmemesi gereken basınç tahliye vanalarının seçimi ve konumlandırılması için de geçerlidir. CO₂ çok yüksek bir genleşme katsayısına sahiptir. Sıkışan sıvı CO₂ hızla genişleyerek çok yüksek bir basınç artışına neden olabilir. Genel bir kural olarak, sıkışan sıvı CO₂'nin sıcaklığındaki her 1 ° C lik artış için basınç ta 10 bar artar. Sistemin boşaltılmasından önce kapalı vanalar arasında sıvı CO₂ sıkışmasından kaçınılmalıdır. Bu, sıvı CO₂'in yüksek basınçlı gaz vasıtasıyla sistemin başka bir kısmına taşınmasıyla yapılabilir.

4.4. Doğal Soğutkanların Bileşenler ve Tasarımları İçin Gerekenler

Doğal soğutkanlar güvenlik gereksinimlerine göre farklı ekipman gerektirebilir. Verilen soğutkan özelliklerine göre gerekli bileşen ayarlamalarının bir özeti, Tablo 26'da listelenmiştir. Çeşitli yasal gerekliliklerde daha ayrıntılı bilgiler mevcuttur, standartlar, doğru uygulama kuralları vb. gibi.

CO₂'nin yüksek çalışma basınçları bazı teknik zorluklar ortaya çıkarır. Bileşenler, sentetik soğutkanlardan 5-10 kat daha yüksek basınçlara dayanmalıdır. Sonuç olarak, malzemeler, malzeme kalınlığı, birleştirme yöntemleri ve kompresör gibi bileşenlerin mekanik çalışması uyarlanmalıdır.

Hidrokarbonlar, potansiyel ateşleme kaynaklarından kaynaklanan yangın risklerini önleyen bir güvenlik ortamı gerektirir. Bu özellikle elektrikli cihazların ve malzemelerin seçimi ve yerleştirilmesiyle ilgilidir. Evapartör fanı ve muhafazasının kıvılcım çıkarabilecek (sürtünmeye bağlı) şekilde etkileşime girmemesi sağlanmalıdır. EN 378, IEC 60335-2-24, IEC 60335-2-40, IEC 60335-2-89 standartları ateşleme kaynağı olabilecek tüm elektrikli cihazları belirtir.

NH₃'ün kimyasal (korozif) özellikleri nedeniyle, bakır ve diğer demir dışı metaller (örn. Çinko) ve kauçuk / plastikten oluşan borular ve diğer bileşenlerin kullanımı uygun değildir. Eser miktarda su veya neme bağlı olarak, NH₃ bu malzemeler için oldukça aşındırıcıdır. Bunun yerine (paslanmaz) çelik kullanılması tavsiye edilir.

Tablo 26: Ekipmanın CO₂, HC'ler ve NH₃ soğutkanlarla ilgili güvenlik endişeleri ve ekipmanların adaptasyonu

Soğutkan	Güvenlik endişesi	Komponent	Önlemler
CO ₂	Sızıntı	Soğutkan dedektörü	CO ₂ ve sağlık etkileri: CO ₂ sızıntısının olabileceği tesisler, konsantrasyon seviyesi 5.000 ppm'yi aştığında alarmı tetikleyen sensörlerle donatılmalıdır.
	Basınç	Basınç emniyet valfleri	Aşırı Basıncın tahliye edilmesi
	Basınç	Kompresör	Daha küçük yer değiştirme, aşırı basınca karşı koruma
	Basınç	Borulama	Et kalınlığını artırma, daha küçük çap
	Basınç	Eklemler	Lehimli veya kaynaklı; mekanik bağlantılardan kaçınılmalıdır
HCs	Sızıntı	Borulama	Mekanik hasarı önlemek için boru tesisatı kapatılmalı veya korunmalıdır
	Malzeme uyumluluğu	Malzeme	EPDM (EthylenePropylene Diene Monomer), doğal ve silikon kauçuklar HC ile uyumsuzdur; kloropren (neopren) özellikle doymamış HC'ler ile
	Ateşleme	Elektrik parçaları	Sızan herhangi bir soğutkan, bir ateşleme kaynağı olabilecek elektrikli komponentlerin bulunduğu alana doğru hareket etmemeli veya o alanı doldurmamalıdır.
	Ateşleme	Fan / kasa	Fan kanatları ve kasası, etkileşim sırasında kıvılcım çıkarmayan malzemelerden olmalıdır (ör. Paslanmaz çelik, çelik alaşımı ve pirinç eşleştirme yok)
NH ₃	Korozyon (dış)	Borulama ve diğer bileşenler	Bakır yerine çelik veya karbon kullanılması (iç korozyon önemli bir sorun değildir)
	Sızıntı	Birleştirmeler	Sızıntı riskini azaltmak için flanşlı bağlantılar yerine kaynaklı bağlantılar, alın kaynaklı birleştirmeler yerine soket kaynaklı bağlantılar tercih edilmelidir.
	Sızıntı	Açma kapama ekipmanları	NH ₃ kaybı riskini azaltmak için kapatma vanaları takılmalıdır

4.4.1. Yanıcı soğutkanlara sahip soğutma sistemi tasarım gereksinimleri

Yanıcı soğutkanlar için (sıradan soğutkanlar için normalde gerekenin üzerinde ve üstünde) uygun tasarım gereksinimleri yönetmelikler, standartlar, uygulama kuralları ve endüstri kılavuzlarında bulunabilir. Bu kaynaklarda ele alınacak ana konular şunlardır:

- Soğutkan miktarının, tutuşması muhtemel olmayan bir miktarla sınırlandırılması (yani, soğutkan şarj limitleri)
- Sistemin ve bileşenlerin daha küçük soğutkan şarj miktarları için tasarlanması
- Güvenlik açığı bulunan yerlere ekipman monte etmemek (yani, potansiyel ateşleme kaynaklarının fazla olduğu yerlerde)
- Sistemlerin yüksek düzeyde sızdırmazlığa sahip olmasını sağlamak.
- Sistemin, bir soğutkan sızıntısını tutuşturabilecek potansiyel tutuşma kaynakları olmayacak şekilde inşa edilmesi (örneğin, soğutkan sızıntısının birikebileceği kıvılcım oluşturan bileşenlerin olmaması)
- Herhangi bir soğutkan sızıntısını dağıtmaya yardımcı olmak için gaz algılama ve havalandırma sistemlerinin daha sık kullanılması
- Teknisyenlerin tehlikeden haberdar olmalarını sağlamak için sistemin erişilebilir kısımlarına gerekli uyarıları uygulamak (ör. Şarj noktalarının yakınındaki yanıcı gaz etiketleri)
- Kurulum ve çalıştırma dokümantasyonlarına tutuşabilirlikle ilgili gerekli bilgileri dahil etmek.

Tablo 27, çeşitli yanıcı soğutkanlar için seçilen koşullara göre bazı örnek şarj boyutu limitlerini sunmaktadır (farklı standartların ve kılavuzların farklı limitlere sahip olma eğiliminde olduğuna dikkat edilmelidir). Daha yüksek LFL'ye sahip soğutkanların, daha düşük LFL'li soğutkanlardan daha büyük miktarlara (soğutkan devresi başına) izin verildiği görülebilir. Daha yüksek bir soğutkan şarjının istendiği bu gibi durumlarda, sistemin tasarımına ilave özellikler uygulanabilir, böylece bir sızıntı durumunda salınacak soğutkan miktarı veya oluşan konsantrasyon sınırlanabilir. Örneğin, devre içinde gaz dedektörleri veya çalışma parametreleri tarafından başlatılan kapama vanalarının kullanılması, böylece tüm soğutkanın dışarı sızmasını önler. Benzer şekilde gaz detektörleri veya diğer parametreler, bir sızıntı durumunda konsantrasyonun LFL'ye ulaşamayacağı şekilde soğutkanın seyreltilmesi için hava akışını başlatmak üzere kullanılabilir. Ayrıca, daha büyük sistemler daha küçük soğutkan şarjlı daha küçük

sistemlere ayrılabilir. Bu tür önlemlerin alınmasıyla, bu yanıcı soğutkanlar daha geniş çapta uygulanabilir. Dışarıda açık havada veya makine dairelerinde kurulu sistemler için normalde böyle bir sınırlama yoktur. EN 1127-117 gibi standartlar yanıcı soğutkan kullanan sistemlerin tasarım konularına yardımcı olmak için yararlıdır.

Tablo 27:ISO 5149 için seçilen soğutkanlar ve doluluklar için örnek test basınçları ve şarj limitleri

Soğutkan Sınıfı	Soğutkan	Örnek tasarım test basıncı a	Müsade edilen Şarj Miktarı 15 m ²	Müsade edilen Şarj Miktarı 15 m ²	İşgal Edilmiş Alanda Max. Şarj Miktarı	Açık hava veya Makina odasında Max. Şarj Miktarı	Havalandırılmalı kapalı alanda Max. Şarj Miktarı
			İşgal edilmiş alan (konfor) b	İşgal edilmiş alan (genel) c	(İşgal edilmiş A / B)		
		(bar, abs)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
A1	HCFC-22	32	11,3	11,3	PL×RV _d	Limitsiz	PL×RV _d
	HFC-134a	22	9,4	9,4			
	R-404A	38	19,5	19,5			
	R-407C	36	11,6	11,6			
	R-410A	50	16,5	16,5			
	R-744	129 _f	3,8	3,8			
A2L	HFC-32	51	1,3 – 4,9	2,3	Limitsiz	Limitsiz	60
	R-444A	22	1,2 – 4,6	2,2			57
	R-444B	32	0,7 – 2,5	1,4			36
	R-445A	22	1,5 – 5,5	2,5			66
	R-446A	41	0,7 – 2,2	1,4			35
	R-447A	42	0,9 – 3,3	1,7			43
	R-451A	21	1,4 – 5,1	2,4			62
	R-451B	21	1,4 – 5,1	2,4			62
	R-454A	29	1,2 – 4,6	2,2			57
	R-454B	39	1,3 – 4,7	2,2			58
	HFC-1234yf	21	1,2 – 4,5	2,2			56
	HFC-1234ze(E)	17	1,3-4,8	2,3			59
A2	HFC-152a	20	0,5 – 1,7	1	3,4	Limitsiz	17
A3 g	HC-290	28	0,1 – 0,4	0,3	1,5 / 2,5	Limitsiz	4,9
	HC-600a	11	0,1 – 0,4	0,3	1,5 / 2,5		5,6
	HC-1270	33	0,1 – 0,4	0,3	1,5 / 2,5		6
B1	HCFC-123	4	2,1	2,1	PL×RV	Limitsiz	PL×RV
B2L	R-717	34	0,01	0,01	4,5	Limitsiz	23

PL = Pratik sınır; RV = Oda hacmi

a- 46 ° C ortam, 10 K kondenser sıcaklık farkı varsayıldığında, bireysel test (maksimum kondenser basıncının 1,43 katı)

b- Kurulum koşullarına bağlı olarak

c- 2,5 m yüksekliğinde oda

d- Birden fazla iç mekan ısı eşanjörüne sahip sistemler için koşullara bağlı olarak daha yüksek bir şarj izin verilebilir.

e- Birden fazla iç mekan ısı eşanjörüne sahip sistemler için

f- Koşul süper kritik olduğundan (yani transkritik bir süreçte), gaz soğutucusu için 90 bar tasarım basıncına dayalı basınç

g- HC soğutkanları çok daha düşük yoğunluklara sahiptir, bu nedenle aynı soğutkan şarjı ile 2 - 3 kat daha fazla soğutma kapasitesi elde edilebilir.

Not: İzin verilen ve maksimum şarjlar, her bir soğutkan devresi başıdır ve bir odadaki ayrı devrelerin sayısında bir sınır yoktur.

Not: Bu tabloda verilen değerler gösterge niteliğindedir ve belirli sistem türleri ve kurulum konumları için soğutkan şarj boyutu sınırlarının belirlenmesi standardın kullanılmasını gerektirir ve bu tablodaki değerler yedek olarak alınmamalıdır.

4.4.2. Yüksek toksisiteli soğutkanlara sahip soğutma sistemlerinin tasarım gereksinimleri

Daha yüksek toksisiteye sahip soğutkanları için, (sıradan soğutkanlar için normalde gerekenin üzerinde olan) uygun tasarım gereksinimleri, yönetmelikler, standartlar, uygulama kuralları ve endüstri kılavuzlarında bulunabilir. Bu kaynaklarda ele alınması gereken ana konular şunlardır:

- Soğutkan miktarının toksisite riski oluşturması muhtemel olmayan bir miktarla sınırlandırılması (yani, soğutkan şarj sınırları)
- Sistemin ve bileşenlerin daha küçük soğutkan şarj miktarları için tasarlanması
- Güvenlik açığı bulunan yerlere ekipman kurmamak (yani kontrol edilemeyen büyük gruplarının bulunduğu yerlerde)
- Sistemlerin yüksek düzeyde sızdırmazlığa sahip olmasını sağlamak.
- Herhangi bir soğutkan sızıntısının dağılmasına yardımcı olmak için gaz algılama ve havalandırma sistemlerinin daha sık kullanımı
- Solunum maskeleri, uygun giysi ve yıkama tesisleri gibi uzman kişisel koruyucu ekipmanların (KKD) sağlanması.
- Teknisyenlerin tehlikeden haberdar olmalarını sağlamak için sistemin erişilebilir bölümlerine gerekli uyarıların uygulanması (örneğin şarj noktalarının yakınındaki uyarı işaretleri)
- Kurulum ve işletim belgelerindeki toksisite etkileri ile ilgili gerekli

bilgileri dahil etmek

Tablo 27, R-717 (farklı standartların ve yönergelerin farklı sınırlara sahip olma eğiliminde olduğuna dikkat ederek) ve HCFC-123'e için seçilen koşullara dayalı bazı örnek şarj sınırlarını vermektedir. Özellikle R-717 ile çok düşük akut toksisite maruz kalma limiti (ATEL) nedeniyle, izin verilen soğutkan miktarlarının (soğutkan devresi başına) son derece küçük olduğu görülebilir. Sistemin türü, konumu ve doluluk durumuna bağlı olarak daha büyük miktarlara izin verilir ve ayrıca, salınacak soğutkan miktarının sınırlandırılması için sistemin tasarımına ek özellikler uygulanabilir. Dışarıya veya makine odalarına kurulan sistemler için normalde bu tür sınırlamalar yoktur.

NH₃ ile kazalar meydana geldiği bilinmektedir, ancak geçmişte sisteme yakın mesafede olan hiç kimse yaralanmamıştır. Zarar gören kişiler kaçak noktasın olan ve sistem üzerinde çalışanlardır.

Yaralanmalar uygun koruma (çıplak kollar veya bacaklar vb) giyilerek önlenabilir. İnsanların çalıştığı alanlara soğutkanın salınmasını önlemek için sistemlerin bakımı sırasında özel dikkat gösterilmelidir.

EN 378'e göre, 500 kg NH₃'ten daha fazla yüklü soğutma tesislerinde, soğutkan devresinde yer alan tüm su ve soğutkan devre bağlantıları dedektörler tarafından izlenmeli ve acil durumlarda makine odasında bir alarm tetiklenmelidir. PH ölçümü kaçak ölçümü için en yaygın yöntem olup pH değeri artışıyla NH₃ varlığı saptanabilir. Suyun kimyasal bileşiminin ölçülmesi daha da doğrudur.

4.4.3. Daha yüksek basınçlı soğutkanlara sahip soğutma sistemi tasarım gereksinimleri

Daha yüksek basınçlı soğutkanlar için tasarım gereksinimleri, -normal olarak normal için gerekenin ötesinde- yönetmeliklerde, standartlarda, uygulama kurallarında ve endüstri kılavuzlarında bulunabilir. Bu kaynaklarda ele alınacak ana konular şunlardır

- Sistemlerin yüksek düzeyde sızdırmazlık olmasını sağlamak.
- Bileşenleri ve boruları normalden çok daha yüksek basınçlara dayanacak şekilde tasarlanması
- Ek basınç emniyet cihazlarının dikkatli seçilmesi ve uygulanması (basınç sınırlama anahtarları ve basınç emniyet vanaları gibi)
- Teknisyenlerin tehlikeden haberdar olmalarını sağlamak için sistemin erişilebilir kısımlarına gerekli uyarıların kullanılması (örneğin ekipman üzerindeki yüksek basınç tabelası gibi)

- Kurulum ve alıştırma dokümanlarına işletim basınçlarıyla ilgili gerekli bilgileri dahil etmek.

4.5. Doğal Soğutkanların Güvenlik Sorunları

Tablo 28 de alternatif soğutkanlar ve bazı güncel soğutkanlara ait güvenlik sınıfı, doyma basıncı, LFL, ATEL ve PL gibi ilgili güvenlik parametre değerleri listelenmiştir.

Tablo 28:Seçilen soğutkanlar için güvenlik verileri

Soğutkan	Güvenlik Sınıfı (ISO 817)	Doyma Basıncı 25°C (bar,abs)	Havadaki hacimce% olarak alt tutuşabilirlik sınırı (LFL) (ve g / m3)	Havadaki hacimce% (ve g / m3) olarak akut toksisiteye maruz kalma sınırı (ATEL)	Havadaki hacimce% olarak pratik sınır (PL) (ve g / m3)
HCFC-22	A1	10,4	None	5,9% (209)	5,9% (209)
HFC-32	A2L	16,9	14,4% (306)	22%(468)	2,9%(61)
HCFC-123	B1	0,9	None	0,9% (57)	0,9%(57)
HFC-134a	A1	6,7	None	5,0% (210)	-250
HFC-152a	A2	6	4,8% (130)	5,0% (140)	1,0%(27)
HC-290	A3	9,5	2,1% (38)	5%(90)	0,4% (8)
R-404A	A1	12,5	None	13,0% (520)	13,0%(520)
R-407C	A1	11,9	None	8,8% (310)	8,2% (290)
R-410A	A1	16,6	None	14,8% (440)	14,2%(420)
R-444A*	A2L	7,1	7% (290)	6% (270)	1,4%(60)
R-444B*	A2L	10,6	7% (180)	8% (200)	1,4%(40)
R-445A*	A2L	7,4	8% (340)	6% (250)	1,5%(70)
R-446A*	A2L	13,7	8% (180)	3%(60)	1,6%(40)
R-447A*	A2L	13,8	9% (220)	11%(260)	1,9%(50)
R-451A*	A2L	6,8	7% (320)	9% (420)	1,4%(60)
R-451B*	A2L	6,8	7% (320)	9% (410)	1,4%(60)
R454A*	A2L	6,8	8% (290)	12%(470)	1,5%(60)
R454B*	A2L	12,8	10% (300)	16%(470)	2%(60)
HC-600a	A3	3,5	1,8% (43)	2,9% (69)	0,4% (9)
R-717	B2L	10	16,7% (116)	0,03% (0,2)	0,03% (0,2)
R-744	A1	64,3	None	4,0% (72)	4,0%(72)
HFC-1234yf	A2L	6,8	6,2% (289)	10%(466)	1,2%(58)
HFC-1234ze(E)	A2L	5	6,5% (303)	5,9% (275)	1,3%(61)
HC-1270	A3	11,5	2,7% (46)	0,1% (2)	0,5% (9)

* Bu yeni karışımlar için veriler kamuya açık değildir, bu nedenle LFL, ATEL ve PL yaklaşıktır ve yuvarlanmıştır.

4.5.1. Yanıcı soğutkanlarla ilgili güvenlik sorunları

Çok sayıda yanıcı soğutkan vardır, bazıları eski ve bazıları da son zamanlarda geliştirilmiştir. Tablo 28, şu anda kullanılan ve ticaretleşmesi beklentisiyle üzerinde çalışılan yanıcı soğutkanların bazı temel güvenlik özelliklerini listelemektedir. Çok sayıda yanıcı soğutkan olmasına rağmen, yanıcılık dereceleri oldukça büyük farklılıklar gösterir; bazı maddelerin nispeten düşük LFL'lere (Düşük yanıcılık limiti) sahip olduğu (örneğin, m³ başına 38 g ile HC-290), diğerlerinin ise önemli ölçüde daha büyük LFL'ye sahip olduğu (örneğin, m³ başına 289 g ile HFC-1234yf) görülebilmektedir. Minimum tutuşma enerjisi, yanma ısı ve yanma hızı gibi bir maddenin tutuşma kolaylığı ve tutuşmadan sonraki sonucun şiddeti gibi başka yanıcılık özellikleri de vardır. Bunların hepsi LFL ile orantılıdır.

4.5.2. Yüksek toksisiteli soğutkanlarla ilgili güvenlik sorunları

Tablo 28'de görüldüğü gibi, Amonyak (R 717) en yüksek toksisiteye sahip doğal soğutkandır. Bu nedenle, Toksite konusunda tartışılan tek soğutkandır. Tabloda yanıcı ve yüksek toksisiteye sahip olduğunu gösteren bazı temel güvenlik özelliklerini listelenmektedir. R-717 için bir diğer önemli husus, aşındırıcılığı ve neme olan aşırı ilgisidir.

4.5.3. Daha yüksek basınçlı soğutkanlarla ilgili güvenlik sorunları

Tablo 28'de görüldüğü gibi, HCFC-22'den daha yüksek basınca sahip bir kaç soğutkan olmasına rağmen bunların çoğu% 50'den fazla olmayan bir basınç aralığı içindedir. Bununla birlikte, alternatif bir soğutkan olarak altı kat daha yüksek bir basınca sahip olan karbon dioksit (R-744) bulunmaktadır. Bu durum mevcut tartışmanın ana odağıdır.

Diğerleri için örneğin, R-410A ve HFC-32 gibi soğutkanların çalışma basınçları, insanların HCFC-22 kullanımında alışkın oldukları basınç değerlerinden önemli ölçüde daha yüksektir. Alışkanlıkların kolay değişmediği ve aynı yaklaşımla hareket edildiğinde çalışma basınçlarına özellikle dikkat edilmesi, güvenlik ve emniyet tedbirlerinin alınması bakımından günümüzde hala önemini korumaktadır.

4.6. Doğal Soğutkanların Genel Risk Değerlendirmesi

4.6.1. Yanıcı soğutkanların genel risk değerlendirilmesi

Tüm yanıcı soğutkanlarda risk, yanıcı bir konsantrasyonun olası tutuşmasıyla ortaya çıkar.

Tutuşmaya, korumasız bir ateşleme kaynağı neden olur - bu bir elektrik kıvılcımı, çıplak bir alev, çok sıcak bir yüzey veya yeterli enerji üreten başka bir olay olabilir. Tutuşma, soğutkanın kaçtığı ve düzeltme oranlarında, yani alt ve üst yanıcılık sınırları arasında hava ile karıştığı her yerde meydana gelebilir. Ekipmanın mimarisine bağlı olarak bu, soğutulmuş alan içinde, ekipman muhafazası içinde, boruların veya parçaların bulunduğu diğer alanlarda veya açık havada meydana gelebilir. İlk sonuçlar, basınç artışı ("aşırı basınç"), termal radyasyon ve toksik ayrışma ürünlerinin oluşumunu (örneğin yanıcı HFC'lerden) içerebilir. Yerel koşullara bağlı olarak, müteakip sonuçlar mülke ve kişilere fiziksel hasar, ikincil bir yangın çıkması ve bozunma ürünlerinin kişiler üzerindeki toksik etkileri olabilir. Tablo 29, bir tutuşabilirlik riski değerlendirmesi için temel adımları sağlar. Sadece riski değerlendirmenin yeterli olmadığını, aynı zamanda istenmeyen sonuçların olasılığını ve sonuçlarını önlemek veya en aza indirmek için risk azaltma önlemlerini tanımlamanın ve uygulamaya koymanın yeterli olduğuna dikkat etmek gerekmektedir.

Tablo 29: Tutuşabilirlik risk değerlendirmesi için temel adımlar

Adım 1	Yanıcı atmosferlerden kaçınma	Tehlikeli maddelerin tanımı
		Alevli bölgelerin olasılığını karakterize edin
		Alevli bölgelerin kapsamını sınırlayın
Adım 2	Tutuşturucu kaynakların ortadan kaldırılması	Potansiyel kaynakların belirlenmesi veya tutuşma
		Potansiyel tutuşma kaynaklarının ortadan kaldırılması veya korunması
Adım 3	Ateşlemenin sonuçlarını sınırlamak	Sonuçların şiddetini tahmin edin
		Tutuşmanın şiddetini en aza indirecek özel ekipmanlar adapte edin

4.6.2. Yüksek toksisiteli soğutkanların genel risk değerlendirmesi

Daha yüksek toksisiteye sahip soğutkanlarda ve özellikle R-717'de, öncelikli tehlike, sızan soğutkanın kişiler tarafından solunmasıdır. Daha az yaygın olsa da diğer tehlikeler arasında sıvı soğutkanla doğrudan temas ve yanıcı bir konsantrasyonun olası tutuşması yer alır.

Zehirli bir konsantrasyona aşırı maruz kalma, kapalı bir alanda (veya sızıntı/salınım yeterli büyüklükte ise açık bir alanda bile) soğutkanın kazara salınması nedeniyle ortaya çıkabilir ve kullanıcı o anda uygun Kişisel Koruyucu Donanıma (KKD) sahip olmayabilir.

Özellikle R-717 ile, çok düşük konsantrasyonlarda bile (havada milyonda onlarca veya yüzlerce parça mertebesinde) ters tepkiler gelebilir. Solumanın sonuçları, boğaz ağrısı, öksürük, göğüste sıkışma, iltihaplanma, gözyaşı, ışıkfobisi, baş ağrısı ve kafa karışıklığı ile birlikte gözlerde ve burunda tahriş ve sonunda ölüm olabilir. Cilde doğrudan temasın sonucu derin yanıklara neden olabilirken, solunması ağızda ve boğazda yanıklara neden olabilir. Tablo 30, daha yüksek toksisiteli maddeler için bir risk değerlendirmesinin temel adımlarını sağlar.

Sadece riski değerlendirmenin yeterli olmadığını, aynı zamanda istenmeyen sonuçların olasılığını ve sonuçlarını önlemek veya en aza indirmek için risk azaltma önlemlerini tanımlamanın ve uygulamaya koymanın yeterli olduğu unutulmamalıdır.

Tablo 30: Toksikite risk değerlendirmesi için temel adımlar

Adım 1	Toksik atmosferlerden kaçınma	Tehlikeli maddelerin tanımı
		Toksik bölge olasılığını karakterize edin
		Toksik bölgelerin kapsamını sınırlayın
Adım 2	Kişilerle temasın ortadan kaldırılması	Toksik gaza maruz kalma olasılığı olan kişilerin belirlenmesi
		Maruz kalabilecek kişilerin ortadan kaldırılması veya korunması
Adım 3	Maruz kalmanın sonuçlarını sınırlamak	Maruz kalmanın şiddetini tahmin edin
		Maruziyetin kapsamını veya süresini en aza indirecek özel ekipmanlar adapte edin

4.6.3. Daha yüksek basınçlı soğutkanların genel risk değerlendirmesi

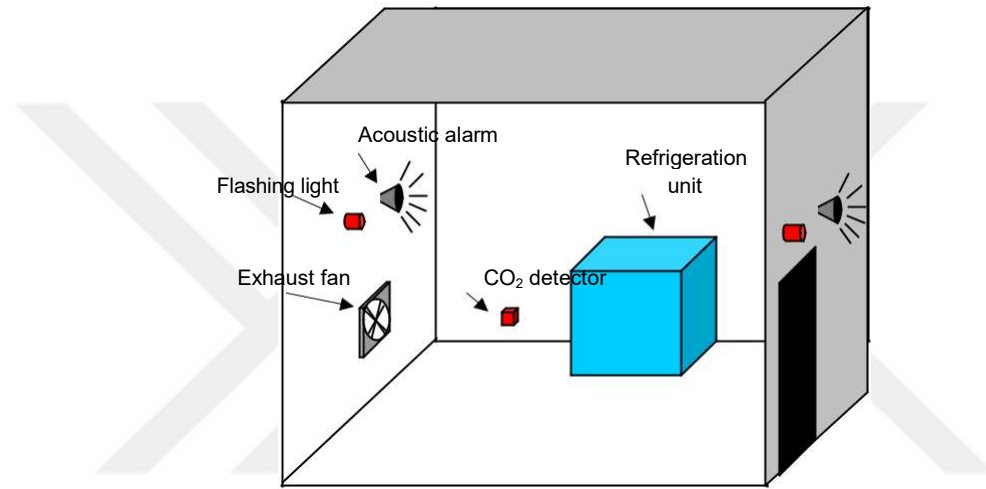
Basınç altında çalışan (yani, atmosferik basıncın üstünde, 1,01 bar,) tüm soğutkanlarda, basınçlı parçaların kazara açılması veya kırılması nedeniyle oluşan basıncın her zaman hızlı serbest kalma riski vardır.

Ani basınç boşalmaları, doğrudan ortaya çıkan basınç dalgasından veya daha sıklıkla dolaylı olarak kopan parça etkisiyle kişilerde fiziksel hasara yol açabilir.

Daha yüksek basınç altında çalışan soğutkanların orantılı olarak daha ciddi sonuçlara neden olma potansiyeli vardır (diğer tüm koşulların eşit olduğu varsayılarak).

Tablo 31, basınç altında çalışan maddeler için bir risk değerlendirmesinin temel adımlarını sağlar. Prensipte olarak, tüm soğutkanlar için genel prosedür, ekipmanın (veya ekipmanın farklı parçalarının) altında çalışacağı maksimum beklenen basınç seviyelerini tespit etmek ve daha sonra bu basınca dayanacak şekilde boruları ve bileşenleri tasarlamaktır (güvenlik faktörleriyle).

Beklenmedik çalışma koşulları basıncın daha fazla artışına neden olabilir, bu durum çalışmayı sonlandırabilecek veya basıncı güvenli bir şekilde tahliye edebilecek emniyet cihazları kullanılarak ele alınmalıdır. Resim 4’de gerekli güvenlik elemanlarının yerleşimini gösteren bir makine odası örnek verilmiştir.



Resim 4 :Makine odası ve gerekli güvenlik ekipmanının basitleştirilmiş çizimi.

Bu nedenle, riskin değerlendirilmesinin ardından istenmeyen sonuçların olasılığını ve sonuçlarını önlemek veya en aza indirmek için etki azaltma önlemleri tanımlanır ve uygulanır. Genel olarak, daha yüksek basınçlı soğutkanlar için daha kapsamlı etki azaltma önlemleri talep edilir.

Tablo 31:Yüksek basınç riski değerlendirmesi için temel adımlar

Adım 1	Aşırı basınç tahliyesinden kaçınma	Tehlikeli maddelerin tanımı
		Ulaşılabilir maksimum basıncı karakterize edin
		Sistemi maksimum basınca dayanacak şekilde inşa edin
Adım 2	Aşırı basınç artışının nedenlerinin ortadan kaldırılması	Daha yüksek basınca yol açan olası olumsuz nedenlerin belirlenmesi
		Aşırı basınç artışını önlemek için nedenleri ortadan kaldırın veya koruyucu ekipman kullanın
Adım 3	Aşırı basınç sonuçlarını sınırlama	Aşırı basıncın şiddetini tahmin edin
		İstenmeyen aşırı basıncı azaltmaya yönelik özel ekipmanlar adapte edin

4.7. Doğal Soğutkanlar İçin Eğitim Gereksinimleri

Fgaz yönetmeliği sonrası daha öncede kullanılmakta olan doğal soğutkanlar ve düşük GWP değerlerine sahip alternatiflerin gelecekte kullanımının yaygınlaşarak artacağı görülmektedir. Ancak bu soğutkanların çoğunun yanıcılık, toksisite ve yüksek çalışma basıncı gibi özelliklere sahip olması üretici, kurulumunu yapan, servis ve bakım hizmeti veren ve son kullanıcılar açısından ek güvenlik riskleri bulunmaktadır. Servis çalışanlarının da daha önceden alışık olmadıkları özelliklere sahip bu soğutkanlara müdahale edebilmeleri amacıyla ileri seviyede eğitimlere ihtiyaç duyulur. Bu eğitimler soğutkanların kullanıldığı ekipmanların kullanım ömrü boyunca her aşamada dahil olan herkes için verilmelidir. Güncel soğutkanlara yönelik bilgi birikimi ve alışkanlıklar ile bu soğutkanlara müdahale edilmesi durumunda çok ciddi riskler ile karşılaşılabilir. Günümüzde ve gelecekte karşılaşılabilecek yeni alternatif soğutkanlara etkin hizmet verilmesi ve emniyetli kullanımı için farklı ekipman ve donanımlara ihtiyaç duyulur. Bu kapsamda mesleki yeterliliğe sahip yetkin personeller ile bu soğutkanlara müdahale edilmesi ve farkındalığın yaratılması sağlanmalıdır. Tablo 32’de doğal soğutkanların kullanımı ve taşınmasıyla ilgili kişiler için normalde ihtiyaç olan temel eğitim konuları belirtilmiştir.

Tablo 32:Eğitim için temel konular

Konular	Yanıcı/ flammable	Daha yüksek toksikite / Higher toxicity	Daha yüksek basınç / Higher pressure
Temel Prensipler			
• Sistemler ve tesisler için tutuşabilirlik riski değerlendirmesi nasıl yapılır	X		
• Sistemler ve kurulumlar için toksisite riski değerlendirmesi nasıl yapılır		X	
• Sistemler ve tesisler için yüksek basınç riski değerlendirmesi nasıl yapılır			X
• Malzeme güvenlik veri sayfalarının (MSDS) bilinci	X	X	X
• Yanıcılık özellikleri ("ateş üçgeni", LFL, tutuşma enerjisi, yanma ısı, vb.)	X		
• Toksikite özellikleri (kısa vadeli, uzun vadeli, fizyolojik etkiler, vb.)		X	
• Yanıcı, daha yüksek toksisite ve daha yüksek basınçlı gazlar kullanan ekipmanlarla ilgili ilgili güvenlik standartları ve düzenlemeleri	X	X	X
• Sıradan soğutkanlara kıyasla soğutkan yoğunluğundaki farklılıklar ve doldurma boyutu ve silindir dolumu üzerindeki etkileri	X		
• Sıradan soğutkanlara kıyasla soğutkan basıncındaki farklılıklar ve sistem tasarımı basıncı, boyutu ve silindir basıncı derecelendirmeleri üzerindeki etkileri			X
• Farklı koşullar altında bir soğutucu kaçağının davranışı, yani kapalı odalarda, kapalı alanlarda, hareketsiz veya rüzgarlı koşullarda hava gazından daha yoğun (veya daha hafif) akışı ve havalandırma sistemi tasarımı ve yapımının etkisi	X	X	
Sistem Tasarımı ve Yapımı			
• Soğutma güvenlik standardı dahilindeki sınıflandırmalar - yanıcılık, toksisite, doluluklar, yerler, sistem türleri	X	X	X
• Güvenlik standartlarının gereksinimleri - şarj boyutu sınırlarının (veya minimum oda boyutlarının) belirlenmesi, güvenlik cihazlarına olan ihtiyaç (basınç sınırlayıcılar, basınç tahliyesi vb.), Gaz algılama, havalandırma vb.	X	X	X
• Ateşleme kaynakları; tutuşma kaynakları türleri, kıvılcım enerjileri, sıcaklık etkileri vb.	X		
• Potansiyel tutuşma kaynaklarına uygun koruma ihtiyacı ve türleri	X		
• Sızıntı minimizasyonunun önemi ve sızıntıyı önleme yöntemleri	X	X	X
• Ekipman işaretlemesi, etiketleme ve tabela gibi bilgi gereksinimleri	X	X	X

Tablo 32 :Eğitim için temel konular (devam)

Konular	Yanıcı / Flammable	Daha yüksek toksisite / Higher toxicity	Daha yüksek basınç / Higher pressure
Çalışma Pratikleri			
• Güvenli bir çalışma alanı oluşturmak ve sürdürmek ve yanıcı soğutkanlar içeren bir sistem üzerinde çalışma yapmak için bir risk değerlendirmesi nasıl yapılır	X		
• Güvenli bir çalışma alanı oluşturmak ve sürdürmek ve daha yüksek toksisiteye sahip soğutkanlar içeren bir sistem üzerinde çalışma yapmak için bir risk değerlendirmesi nasıl yapılır		X	
• Güvenli bir çalışma alanı oluşturmak ve sürdürmek ve daha yüksek basınçlı soğutucular içeren bir sistem üzerinde çalışma yapmak için bir risk değerlendirmesi nasıl yapılır			X
•Yanıcı, yüksek toksisiteli veya yüksek basınçlı soğutkanlarla çalışırken uygun araçların, ekipmanın ve kişisel koruyucu ekipmanın (KKD) seçimi ve kullanımı	X	X	X
• Yangın söndürücülerin uygun kullanımı	X		
• Güvenli şarj, kurtarma, tahliye, havalandırma vb. İçin standart prosedürler	X	X	X
• Büyük bir tahliye veya yangın durumunda veya ilk yardımın gerçekleştirilmesi gibi acil müdahale prosedürleri	X	X	X
• Veri plakaları, ekipman belgeleri ve sahipler / operatörler için ilgili bilgilerin sağlanması	X	X	
• Elektrikli cihazlar, elektrik muhafazaları, kompresörler vb. İçin uygun "benzer" yedek bileşenlerin seçimi ve sızdırmaz elektrik muhafazalarının bütünlüğünün korunması	X		
• Koku verici varlığı ve yokluğu	X		
• Mevcut sistemlerin / ekipmanın yeniden konumlandırılmasına ilişkin kısıtlama	X	X	X

4.8. Doğal Soğutkanlar İçin Servis Araçları ve Ekipmanları

4.8.1. Yanıcı soğutkanlar için servis araçları ve ekipmanları

Doğrudan yanıcı soğutkanlarla çalışan teknisyenler ve mühendisler için, çalışanların uygun alet ve ekipmanlara sahip olması ve kullanması çok önemlidir. Çoğu soğutkan için belirli alet ve ekipmanların eşit ölçüde uygulanabilir olduğu durum olsa da, normalde tutuşma riski oluşturabilenler de vardır. En ilgili araç ve gereçler Tablo 33'te belirtilmiştir.

 <p>Resim 5 :Gaz arama kaçak dedektörü</p>	 <p>Resim 6 :Gaz geri toplama makinesi</p>
 <p>Resim 7:Havalandırma makinası (yanıcı soğutkanlar için)</p>	 <p>Resim 8: Elektronik tip gaz manifoldu</p>

Tablo 33: Yanıcı soğutkanlarla kullanım için alet ve ekipmana ilişkin hususlar

Konu	Uyarılar
Gaz dedektörleri	Elektronik olmalı ve yanıcı gazlarla ve soğutkanla kullanılmak üzere tasarlanmış olmalıdır (Resim 5).
Denge / ölççekler	Elektronik ise, üretici tarafından onaylandığı üzere yanıcı soğutkanın mevcut olabileceği bir alanda kullanıma uygun olmalıdır.
Manifold / gaz saati / hortum seti	Malzemeler uyumlu olmalı, maksimum basınca dayanabilmelidir ve elektronik ise yanıcı soğutkan varlığında kullanıma uygun olmalıdır (Resim 8).
Vakum monometresi	Elektronik ise, üretici tarafından onaylandığı üzere yanıcı soğutkan varlığında kullanıma uygun olun.
Vakum pompası	Yanıcı gazlarla (ör. Fırçalı motor olmamalı) kullanıma uygun olmalıdır veya yanıcı soğutkan kaçağının ulaşamayacağı bir yerde açılıp kapanabilecek şekilde düzenlenmelidir.
Soğutkan tüp adaptörleri	Soğutkanın tüpden güvenli bir şekilde çıkarılması için tüp üzerinde doğru tipte adaptörlerin mevcut olduğundan emin olun
Geri toplama tüpü	Kullanılan soğutkanın maksimum basıncına dayanıklı olmalı ve yanıcı gaz uyarılarına sahip olmalı, ayrıca uygun soğutkan tüpü kullanım kurallarına uyulmalıdır (Resim 12)
Soğutkan geri kazanım makinesi	Söz konusu soğutkan tipiyle kullanıma uygun olmalı ve ayrıca yanıcı soğutkanlar için uygun şekilde tasarlanmalıdır (Resim 6) Bazı durumlarda çevresel etkisi nedeniyle belirli bir süre için doğrudan salınımların ihmal edilebilir
Havalandırma hortumu	Yanıcı soğutkanlar, özellikle hidrokarbonlar, bazen geri toplamak yerine ortama salınabilir (genellikle küçük soğutkan şarjları için); bu durumda, doğrudan güvenli bir yerden açık havaya salınım yapabilmek için yeterli uzunluğa sahip bir havalandırma hortumu gereklidir
Mekanik havalandırma	Daha fazla soğutkanla çalışırken, kazara salınan soğutkanın seyreltilmesine yardımcı olmak için güvenli bir mekanik havalandırma ünitesi kullanmak faydalı olabilir (Resim 7).
Kişisel Koruyucu Donanım (PPE)	Normalde gözlük, eldiven, yangın söndürücü gibi standart öğeler.

4.8.2. Yüksek toksisiteli soğutkanlar için servis alet ve ekipmanları

Doğrudan yüksek toksisiteye sahip soğutkanlarla çalışan teknisyenler ve mühendisler için, çalışanların uygun alet ve ekipmana sahip olması ve kullanması çok önemlidir.

Çoğu soğutkan için belirli alet ve ekipmanların eşit derecede uygulanabilir olduğu durum olsa da, normalde güvenliği tehlikeye atabilenler vardır. En ilgili araç ve gereçler Tablo 34'de belirtilmiştir.



Resim 9:Amonyak için gaz geri toplama seti



Resim 10 :Örnek soluma ekipmanı (Amonyak)



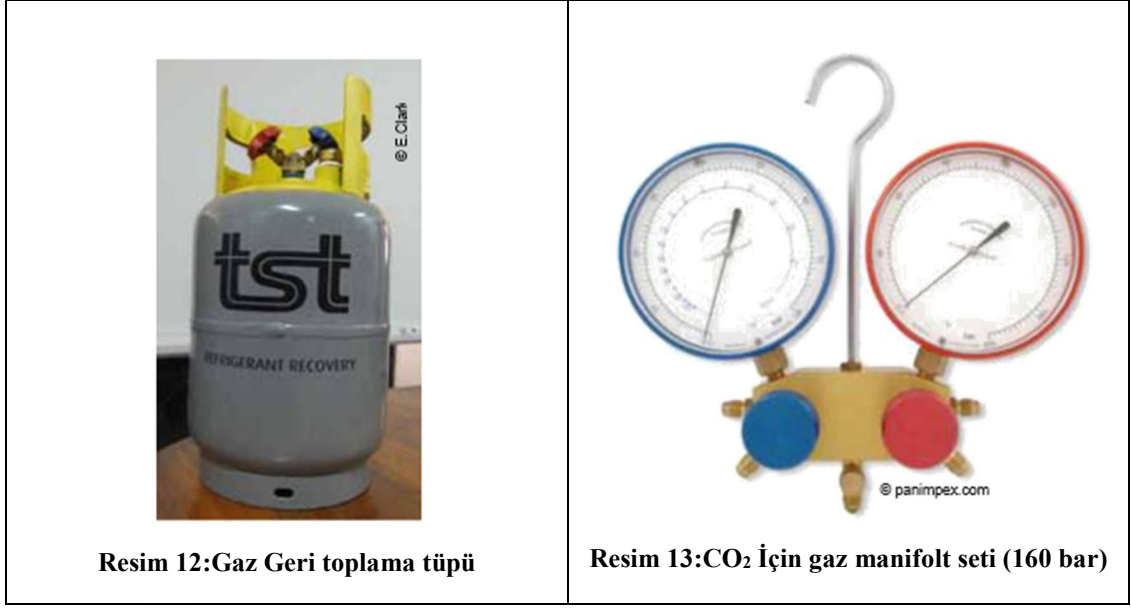
Resim 11 : Örnek koruyucu kıyafet (Amonyak)

Tablo 34:Amonyak (R-717) ile kullanım için alet ve ekipmanlarla ilgili hususlar

KONU	UYARILAR
Gaz dedektörleri	Elektronik olmalı ve R-717 ile kullanılmak üzere tasarlanmış olmalıdır (Resim 4).
Manifold / gaz saati / hortum seti	Malzemeler R-717 ile uyumlu olmalı, maksimum basınca dayanabilmelidir ve elektronik ise R-717'nin özelliklerine uygun olmalıdır (Resim 8).
Vakum saati	Malzemeler R-717 ile uyumlu olmalıdır.
Vakum manometresi	R-717'nin özelliklerine uygun olmalıdır.
Soğutkan tüp adaptörleri	Soğutkanın tüpden güvenli bir şekilde çıkarılması için tüp üzerinde doğru tipte adaptörlerin mevcut olduğundan emin olun
Geri toplama tüpü	R-717 Maksimum basıncına dayanıklı olmalı ve uygun uyarılara sahip R-717 ile uyumlu bir malzemeden olmalıdır. Ayrıca uygun soğutkan tüpü kullanma kurallarına da uyulmalıdır (Resim 12).
Soğutkan geri kazanım makinesi	R-717 ile kullanıma uygun olmalıdır (Resim 9)
Kişisel Koruyucu Donanım (KKD)	Normal KKD'ye ek olarak, içerideki soğutkan miktarına bağlı olarak, özel solunum koruması (kanister tipi bağımsız solunum maskeleri veya solunum ekipmanı) sağlanacaktır. Ek olarak, şeffaf vizörlü yüz siperi, gaz geçirmez gözlükler, koruyucu eldivenler, ısı yalıtımlı eldivenler, koruyucu elbise ve R-717'ye dayanıklı başlık ve lastik çizmeler dahil koruyucu giysiler bulunacaktır (Resim 10, Resim 11). Ayrıca bir güvenlik duşu veya banyosu ve bir göz çeşmesi bulunmalıdır.

4.8.3. Daha yüksek basınçlı soğutkanlar için servis araçları ve ekipmanları

Doğrudan yüksek basınçlı soğutkanlarla çalışan teknisyenler ve mühendisler için, işçilerin uygun alet ve ekipmana sahip olması ve kullanması çok önemlidir. Çoğu soğutkan için belirli alet ve ekipmanların eşit derecede uygulanabilir olduğu durum olsa da, normalde güvenliği tehlikeye atabilenler vardır. En ilgili araç ve gereçler Tablo 35'de belirtilmiştir.



Tablo 35: Yüksek basınçlı soğutkanlar kullanmak için aletler ve ekipmanlarla ilgili hususlar

KONU	UYARILAR
Gaz dedektörleri	Elektronik ve amaçlanan soğutkan ile kullanılmak üzere tasarlanmış olmalıdır.
Manifold / gaz saati / hortum seti	Malzemeler maksimum basınca dayanabilmelidir; şu anda çok yüksek basınçlar için dijital modeller mevcut değildir (Resim 13)
Soğutkan tüp adaptörleri	Soğutkanın tüpden güvenli bir şekilde çıkarılması için tüp üzerinde doğru tipte adaptörlerin mevcut olduğundan emin olun
Geri toplama tüpü	Kullanılan soğutkanın maksimum basıncına dayanıklı olmalı ve yüksek basınç uyarılarına sahip olmalıdır, ayrıca uygun soğutkan tüpü kullanım kurallarına da uyulmalıdır (Resim 12).
Havalandırma hortumu	R-744 için ihmal edilebilir çevresel etkisi nedeniyle, geri toplamak yerine ortama doğrudan salınması yaygın bir uygulamadır; bu durumda, doğrudan güvenli bir yerden açık havaya salınım yapabilmek için yeterli uzunluğa sahip bir havalandırma hortumu gereklidir
Soğutkan geri kazanım makinesi	Söz konusu soğutkan türü ile kullanıma uygun olmalıdır ve ayrıca soğutkanın yüksek basıncını karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır.
Kişisel Koruyucu Donanım (KKD)	Normalde gözlük ve eldiven gibi standart öğeler gereklidir.

Risk değerlendirmesi, sistemler için tasarım gereksinimleri, sistemlerin sızdırmazlığı, eğitim konuları ve teknisyenler tarafından normal olarak kullanılan araçlar ve ekipmanla ilgili hususlar özellikle önemlidir. EN 13313 – 2010 “Refrigerating systems and heat pumps. Competence of personnel” (Soğutma sistemleri ve ısı pompaları. personelin yeterliliği) gibi standartlar, farklı görev türlerini yürüten kişilerin eğitimi için yeterlilik kriterlerinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır.

Soğutma ekipmanının bulunduğu aşamaya bağlı olarak, yanıcı, daha yüksek toksisiteye sahip veya daha yüksek basınçlı bir soğutkana geçiş ve kullanımıyla ilişkili ek riskleri en aza indirmek için dikkatlice planlanması ve gerçekleştirilmesi gereken ana faaliyetler Tablo 36’da özetlenmiştir.

Tablo 36:Tüm yanıcı, yüksek toksisite ve daha yüksek basınçlı soğutkanlar için ana faaliyetlere ilişkin hususlar

Etkinlik	Önemli Hususlar
Ürün geliştirme	<ul style="list-style-type: none"> • Tutuşabilirlik / toksisite / basınç riskini azaltacak özelliklere duyulan ihtiyaç konusunda farkındalık • Yanıcılık / toksisite / yüksek basınç riski değerlendirmesi • Uygun güvenlik testleri
Tasarım	<ul style="list-style-type: none"> • Yönetmeliklere, standartlara uyma (yanıcı yayılmalardan, sızıntılardan, tutuşma kaynaklarından kaçınma) • Üçüncü taraf onayları
İmalat	<ul style="list-style-type: none"> • Soğutkanın uygun şekilde depolanması, şarj ekipmanı, sızıntı tespiti, fabrika güvenlik sistemleri • Uygun parçalar ve bileşenlerin bulunabilirliği (örneğin, güvenli elektrikli ekipman) • İşçiler uygun şekilde eğitilir
Depolama ve Dağıtım	<ul style="list-style-type: none"> • Ulaşımın uygunluğu uygun şekilde değerlendirilir • Depolama uygun şekilde değerlendirilir • Ambalaj için uygun işaretler / uyarılar
Kurulum	<ul style="list-style-type: none"> • Teknisyenlerin soğutkana uygun araç ve ekipmana sahip olması • Teknisyenler uygun şekilde eğitilmiştir • Güvenli çalışma prosedürleri sağlanır ve takip edilir
Devreye Alma	<ul style="list-style-type: none"> • Mühendisler uygun şekilde eğitilmelidir • Sızdırmazlık ve mukavemet basınç kontrolü • Güvenlik sistemlerinin kontrolü (gaz dedektörleri, gaz algılama, acil durum havalandırması ve alarmlar)
Kullanım	<ul style="list-style-type: none"> • Büyük sistemler için gaz algılama, acil durum havalandırması ve alarmlar işlevseldir • Tüm sistemlerde, ürün geliştirme, tasarım ve kurulum doğal güvenlik için yeterli olmalıdır
Servis	<ul style="list-style-type: none"> • Teknisyenler uygun şekilde eğitilmelidir. • Teknisyenlerin soğutkana uygun araç ve ekipmana sahip olması • Güvenli çalışma prosedürleri sağlanır ve takip edilir
Bakım	<ul style="list-style-type: none"> • Teknisyenler uygun şekilde eğitilmelidir. • Teknisyenlerin soğutkana uygun araç ve ekipmana sahip olması • Güvenli çalışma prosedürleri sağlanır ve takip edilir
Hizmetten Çıkarma	<ul style="list-style-type: none"> • Teknisyenler uygun şekilde eğitilmelidir. • Teknisyenlerin soğutkana uygun araç ve ekipmana sahip olması • Güvenli çalışma prosedürleri sağlanır ve takip edilir • Uygun olduğu yerlerde, uygun ve güvenli havalandırma prosedürleri
Yok etme	<ul style="list-style-type: none"> • Bertaraf tesislerinin potansiyel atık yanıcı gazlar hakkında farkındalığı • Ambalaj için uygun işaretler / uyarılar

Alternatif soğutkanların tehlike ve risk durumlarına yönelik yapılan araştırmaların sonucu ulaşılan bulgular aşağıda yer alan Tablo 37’de toplanarak özet haline getirilmiştir.

Tablo 37: Alternatif ve Doğal soğutkanların Risk ve Tehlike özet durumu

Soğutkan		GWP ¹	Soluk Alma	Tutuşuculuk	Basınç ²	Diğer
CO ₂	R744	1	Düşük Zehirlilik	Tutuşucu Değil	Çok Yüksek	Hapsolan sıvının/soğuk sıvının basıncının yükselmesi riski yüksek. R744’ün katılaşma ihtimali var.
NH ₃	R717	0	Yüksek Zehirlilik	Düşük Tutuşuculuk	Düşük	
HFC	R32	675	Boğucu	Düşük Tutuşuculuk	Yüksek	Ayrışma ürünleri hayli toksik.
HFO	R1234ze	7	Boğucu	Düşük Tutuşuculuk	Düşük	Ayrışma ürünleri hayli toksik.
HFO	R1234yf	4	Boğucu	Düşük Tutuşuculuk	Düşük	Ayrışma ürünleri hayli toksik.
HC	R600a	3	Boğucu	Yüksek Tutuşuculuk	Çok Düşük	
HC	R290	3	Boğucu	Yüksek Tutuşuculuk	Benzer	
HC	R1270	2	Boğucu	Yüksek tutuşuculuk	Benzer	

- 1- GWP, EU 517:2014 sayılı Fgaz yönetmeliğinden alınmıştır
- 2- R404A ile kıyaslandığında

5. TARTIŞMA

Alternatif doğal soğutkanlar, sıradan soğutkanlara kıyasla ek güvenlik tehlikeleri oluşturduğundan, bazı açılardan farklı şekilde veya ek önlemlerle ele alınmaları önemlidir. Bu soğutkanlardan bazılarının güvenlik sınıfı, doyma basıncı, LFL, ATEL ve PL gibi ilgili güvenlik verileri Tablo 28'de listelenmektedir. Bu "Güvenlik" özelliklerinin, soğutkanın tüm kullanım ömrü boyunca dikkate alınması çok önemlidir.

Gelecekte yaygın kullanımı söz konusu olacak bu soğutkanlara yönelik güvenlik endişelerinin karşılanması amacıyla mevcut standartlar, yönetmelikler ve uygulama kurallarının gözden geçirilmesi ihtiyacının olacağı düşünülmektedir.

Zehirlilik, yangınlık ve yüksek basınçta çalışma gibi güvenlik risklerine sahip bu soğutkanların kullanılacağı ürünlerde, tasarımında, imalatında (doğru ekipman, yazılım, güvenlik elemanları ve sistem bileşenleri vb.) ve test (elektrik, sızdırmazlık) aşamasında üreticinin dikkat edeceği güvenlik tedbirleri ile birlikte kurulum devreye alma ve kullanım süreçlerinden ürün ömrü sonundaki bertaraf aşamasına kadar ek güvenlik tedbirlerine ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Ayrıca servis alet ve ekipmanları ile KKD donanımlarının soğutkanın kimyasal risklerine uygun olarak seçilmesi ve doğru olarak kullanılması gerektiği görülmüştür.

Alışkanlıkları terk etmenin kolay olmadığı bilinmektedir. Uzun süre mevcut soğutkanlar ile çalışanların gelecekte karşılaşacağı kimyasal risklerden haberdar olması, tanınması ve bu bilinç kapsamında soğutkanlara müdahale etmesiyle olası iş kazaların önüne geçilebilir. Bu kapsamda doğal veya sentetik soğutkanlarla çalışacak herkes için mesleki eğitimler ile bu eğitimlere girecek kişilerin yeterlilik kriterlerinin belirlenmesine ve bir sertifikasyon sistemine ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu eğitimler soğutkanların kullanıldığı ürünün tasarımından son kullanıcıya ve hatta bertarafına kadar ki tüm aşamalara dahil olan herkes için gereklidir. Soğutma uygulamaları kapsamında bakıldığında da dünya ülkelerinin çeşitli düzeylerde büyük endüstriyel uygulamaları için önemli tedbirler aldığını ve bu konuda çalışmaların devam ettirildiği görülmektedir.

Soğutkanların şarj büyüklüğü sınırının, söz konusu soğutkanın güvenlik gereksinimlerine yakından bağlı olduğu ve bunun özellikle soğutkanın uygulandığı alan ile irtibatlı olduğu görülmektedir. Aynı zamanda uygulama alanlarında potansiyel kıvılcım kaynaklarının varlığı veya bunların uzaklığı yangın güvenliği ve riskleri

kapsamında büyük önem arz ettiği anlaşılmaktadır. Herhangi bir sızıntı durumunda soğutkanın alan içine aniden dolması, en kötü senaryo varsayımı olarak düşünülerek; algılayıcı sensör ve bunlara bağlı sistem devre kesicileri, sesli ve ışıklı alarm sistemleri ile alan içinde ki soğutkan hava konsantrasyon dağılımına bağlı mekanik alt/ üst havalandırma sistemlerinin kurulması gibi yaptırımların zorunlu olması gerekmektedir. Sonuç olarak soğutkanların şarj limitlerin kesin olarak sınırlandırılması güvenliğin sağlanması için bir önlemdir.

Yılmaz'ın (2018) Alternatif soğutkanlı Kaskad Soğutma Çevrimleri ve Güncel Gelişmeleri üzerine yaptıkları çalışmada tek devreli kaskad soğutma çevriminde karbondioksit ve amonyak soğutkanlarının termodinamik analizini verimlilik ve çevre açısından incelemiş ve önerilerde bulunmuşlardır. Amonyakın uzun yıllardır kullanılmakla birlikte zehirliyece özelliği nedeniyle ev tipi küçük soğutma uygulamalarında kullanılmadıklarını fakat büyük kapasiteli soğutma uygulamaları olan soğuk hava depolarında sıklıkla tercih edildiğini belirtmişler. Karbondioksitin ozona zarar vermeyen çevreci bir soğutkan olduğunu aynı zamanda yanıcı ve zehirleyici olmadığı için evrensel anlamda alınan tedbirler kapsamında dünyadaki birçok uygulamada karbondioksitin tercih edileceğini ifade etmektedirler (Yılmaz , 2018). Yapılan bu çalışmada ki literatür taramalarında amonyağın sahip olduğu zehirleyici özellikleri ve çevre etkilerinden kaynaklı kullanım alanlarının kısıtlı olduğu karbondioksitin sahip olduğu kimyasal özellikleri nedeniyle süpermarket veya ev tipi uygulamalarda tercih edileceği ve daha yaygın olarak kullanılacağı yönündeki elde edilen bulgularla benzer olduğu görülmektedir.

Akdağ (2010), CO₂ soğutkanlı sistemlerinin termodinamik ve termoekonomik analizi adlı çalışmasında, ees bilgisayar programıyla farklı soğutkan ve evaporator basınçlarında, farklı soğutkan çıkış sıcaklıkları ve farkı evaporator sıcaklıklarında oprimum eşanjör alanlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada HCFC ve CFC gibi birçok soğutkan türlerinin üretimi ve kullanımının Çevresel etkiler nedeniyle çeşitli yönetmelikler ile yasaklanmakta ve hatta bazı soğutkanların kullanımının yasaklandığını, ilgili yönetmeliklerin alternatif soğutkanlara yönelmeyi ve CO₂ kullanımının özellikle yaygınlaşmasını hedefleyen bir kapsama sahip olması beklendiğini belirtmiştir. HFC tipi soğutkanların ozon tabakasına zarar vermediklerini ama yüksek Küresel Isınma Katsayılarına sahip olduklarını, örneğin R134a'nın GWP değerinin 1.300 civarında olduğunu belirtmiş. Bu değer CO₂ için 1 olduğunu, soğutkan kullanılan sistemlerden

atmosfere soğutkan sızması veya herhangi bir nedenle salınması durumunda, sera etkisi açısından çevreye bir zarar verilmemesi amacıyla doğal soğutkan kullanımının günümüzün en önemli konularından biri olduğunu belirtmiş. Yine doğal soğutkanlar olarak CO₂, hidrokarbonlar (HC) ve NH₃'ün daha çok tercih edileceği fakat hidrokarbonların yanıcı ve patlayıcı olmaları, NH₃'ün ise zehirleyici özelliğinin en büyük dezavantajları olduğunu ifade etmiştir (Akdağ, 2010). Yaptığımız bu çalışmada da çevre etkileri nedeniyle kullanımı yasaklanan HCFH ve CFC soğutkanların alternatifini olarak kullanımının yaygınlaşacağı düşünülen doğal soğutkanların hem çevre etkisi hem de kimyasal riskleri açısından Akdağ ile benzer bulguların olduğu anlaşılmaktadır.

Sawalha (2008), Safety of CO₂ in Large Refrigeration Systems adlı makalesinde yapmış olduğu hesaplama sonuçlarının analizinde, süpermarketlerdeki soğutmada CO₂ kullanımının, müşteriler ve alışveriş alanındaki çalışanlar için olağanüstü sağlık riskleri oluşturmadığını, bununla birlikte alışveriş bölgesinde, özellikle sızıntının mümkün olduğu ve sızıntı durumunda yüksek yerel konsantrasyonların beklendiği yerlere CO₂ dedektörleri kurulmasının tavsiye edildiğini belirtmektedir. CO₂ şarj miktarı ve süpermarketin alışveriş alanı ve makine odasının boyutu modellenen örneklerle aynı olsa bile, her süpermarketin durumu, geometrik varyasyonlar ve dağıtım hatlarının konumları dikkate alınarak ayrı ayrı ele alınmasının gerekliliğini ve sonuç olarak uygun havalandırma ve alarm sistemi gibi güvenlik gereksinimleri, makine odasında bir zorunluluk olduğunu belirtmiştir (Sawalha, 2008). Yapılan bu çalışmada CO₂ çalışma basınçlarının yüksek olması ve buna bağlı sızıntı durumlarında süpermarket uygulamalarında bazı risklerin olabileceği, bu risklerin önlenmesi için de bazı ek güvenlik tedbirlerinin alınması gerekliliği yönünde elde edilen bulguların Sawalha'nın bulguları ile benzer olduğu anlaşılmaktadır.

Palm (2007), Küçük ısı pompası ve soğutma sistemlerinde soğutucu olarak hidrokarbonların kullanılması adlı makalesinde, Hidrokarbonların yanıcılığından kaynaklanan risklerin ciddiye alınması gerektiğini ve bu risklerin azaltılması için, sistemlerin min. şarj miktarına göre tasarlanması gerektiğini, üretim aşamasında kaçak testlerinin dikkatle yapılmasının, hermetik tasarım minimum sayıda bağlantı ile yapılmasının, kıvılcıma dayanıklı elektrik bileşenlerinin kullanılmasının ve kapalı alanların havalandırılması ile risklerin azaltılabileceğini belirtmiştir. Hidrokarbonların küçük ve orta ölçekli soğutma, klima ve ısı pompası sistemlerinde soğutkan olarak kullanılmaya devam edeceğinin görülmekte olduğunu ancak bu sıvılarla çalışmak, üretim

ve servis için dikkatli tasarım ve kalifiye personel gerektirdiğini ifade etmiştir (Palm, 2007). Yapılan bu çalışmada potansiyel ateşleme kaynaklarının bulunduğu ortamlarda Hidrokarbon kullanımlarının büyük risk taşıdığı ve özellikle elektrik ve ekipman bileşenlerinin doğru uygulanması gerektiği ve bu konuda yetkin personele ihtiyaç olacağı bulunmuştur, elde edilen bulguların Palm'ın bulguları ile benzer olduğu görülmektedir.

Domenech ve arkadaşlarının (2015), *Energy and environmental comparison of two-stage solutions for commercial refrigeration at low temperature-Fluids and systems* adlı makalelerinde, uluslararası anlaşmaların yakın gelecekte Avrupa'da yüksek GWP soğutkanların kullanımını kısıtlayacağını, bu kısıtlamaların özellikle yüksek sızıntı oranına sahip uygulamalarda düşük GWP soğutkanları olan soğutma sistemlerinin implantasyonunu destekleyeceklerini belirtmektedirler. Gelecekteki F-Gaz yönetmeliğini gerçekleştiren olası çözümleri açıklığa kavuşturmak amacıyla beş adet iki aşamalı buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminde basitleştirilmiş model incelemesinde bulunmuşlar ve bunları düşük GWP'li soğutkanlarla (HFC, HFO ve doğal maddeler) karşılaştırmışlardır. Yapmış oldukları analiz sonuçlarına göre de, güvenlik açısından, CO₂ hariç tüm düşük GWP sahip soğutkanların merkezi doğrudan genleşme sistemleri için tavsiye edilemeyeceğini önermişler, buna neden olarakta bunların hepsinin yanıcılık veya zehirlilik özellikleri sunduğundan son kullanıcıların güvenliği garanti edilmeyeceğini ifade etmişlerdir (Domenech, Sanchez, & Cobello, 2015). Yapılan bu çalışmada da üstün termodinamik özellikleri nedeniyle gelecekte kullanımı söz konusu olacak bazı düşük GWP'li soğutkanların sahip oldukları yanıcılık veya zehirlilik özellikleri nedeniyle son kullanıcıların güvenliği konusunda oluşturacakları risklerin Domenech ve arkadaşlarının bulgularıyla benzer olduğu anlaşılmaktadır.

Koyun ve arkadaşlarının (2005) yaptıkları çalışmada kullanım alanlarına göre en uygun olan soğutkanları belirlemiş ve bu soğutkanların ozon tabakası üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada amonyağın fluocarbon ailesi dışında geniş olarak kullanılmaya devam edilen tek soğutkan olduğunu belirtmişler. Zehirleyici, kısmen yanıcı ve parlayıcı olmasına rağmen, sahip olduğu mükemmel ısı özellikleri nedeniyle iyi eğitilmiş kalifiye personellere sahip olunması durumunda ve zehirleyici özelliklerinin fazla önemli olmadığı durumlarda buz üretimi, donmuş paketleme uygulamaları, büyük soğuk depo çalışmalarında, buz pateni tesislerinde ve soğuk depoculuğunda başarıyla kullanıldığını ifade etmişlerdir (Koyun, Koyun, & Acar, 2005). Yapılan bu çalışmada da Amonyagın sahip olduğu kimyasal risklere rağmen alınan

tedbirler doğrultusunda yaygın bir kullanım alanına sahip olduğu ve farklı sistem (kaskad vb.) uygulamaları ile bu kullanım alanlarının yaygınlaştırılmaya çalışıldığı bulunmuştur. Elde edilen bulguların Koyun ve Ark.'larının ifadeleri ile benzer olduğu görülmektedir.

Bulgurcu ve arkadaşlarının (2007) soğutkanların çevresel etkileri ile ilgili yeni yasal düzenlemeler ve hedefler adlı makalelerinde, Ozon delme potansiyeline sahip klorlu soğutkanların kullanımının önlenmesi amacıyla 1987 yılında Montreal Protokolü kapsamında bir takvime bağlandığını, Avrupa Birliğinin daha hassa davranarak süreci hızlandırmak adına Fgaz yönetmeliğini devreye soktuğunu belirtmişler. Bu süreç İklimlendirme ve soğutma (İKS) sektörünü oldukça ciddi şekilde etkileyeceğini, buna göre İKS sistemlerinin üretiminde, kullanımında, servis ve bakımında yeni önlemler alınmak zorunda kalınacağını, bu önlemlere örnek olarakta üretim, servis ve bakım işlemlerinde istihdam edilecek personelin belli bir sertifika eğitiminden geçmesi gerektiğini belirtmişler. Bu konuda sektörü temsil eden İSKİD, ESSİAD, SOSİAD, İSKAV, İSEDA gibi dernek ve vakıflara görev düştüğünü aynı zamanda AB Projeleri kapsamında AB fonlarından yararlanılarak bu sektör eğitimlerinin düzenlenebileceğini belirtmektedirler (Bulgurcu, Kon, & İlten, 2007). Yapılan bu çalışmada fgazların çevre etkisi ve alternatif soğutkanların sahip olduğu kimyasal risklerin farkındalığı konusunda servis personelinin eğitimi ve sertifika sistemlerine ihtiyaç olduğu bulunmuştur. Elde edilen bulguların, Bulgurcu ve arkadaşlarının ifadeleri ile benzer olduğu görülmektedir.

Fenton, (2016) (ASHRAE Ömür Boyu Üyesi) Yeni-Eski Soğutucu Akışkan Endüstriyel Soğutma için Karbondioksit adlı makalesinde, şimdilerde üretimi durdurulmuş bir HCFC olan R22'nin geçmişte endüstriyel sistemler için popüler bir soğutkan olduğunu, sırasıyla R507A ve R404A soğutkanların bir azeotrop ve karışım olduğunu, her ikisinde HFC olduklarını ve yüksek GWP değerlerinin soğutkan olarak geleceklerinin belirsiz hale getirdiğini belirtmektedir. NH₃ iyi termodinamik karakteristiklerine karşın toksisite ve orta düzeyde yanıcılık gibi dezavantajlara sahip olması, CO₂'in endüstriyel soğutma sistemlerinde birçok uygulama için dikkate almaya değer bir soğutkan yaptığını belirtmektedir. CO₂ beş doğal soğutkandan birisi olduğunu ve geçen yirmi yılda, özellikle endüstriyel sistemler için düşük sıcaklıklı soğutmayla popülarite kazandığını belirtmektedir. Buna karşın, CO₂ sorunsuz olmadığını bunların yüksek çalışma basıncı ve sınırlı kullanışlı işletme sıcaklığı aralığı olduğunu, bununla birlikte süregelen iyi mühendislik tasarımları ve sanayi desteği ile CO₂ bir endüstriyel sistem soğutkanı olarak yinede popülaritesini artıracığını ifade etmektedir (Fenton,

2016). Yapılan bu çalışmada da sahip oldukları kimyasal risklere rağmen iklim ve çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik alınan tedbir ve çalışmalar kapsamında doğal soğutkanların iklimlendirme sektöründe artan şekilde kullanılacağı ve kullanım alanlarının yaygınlaşacağı yönündeki bulguların Fenton'un bulgularıyla benzer olduğu görülmektedir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada doğal ve endüstriyel soğutkanların Florlu Sera Gazları (FGaz) yönetmeliği kapsamında geçmiş, şimdiki ve gelecekteki güvenli kullanımları iş sağlığı ve güvenliği açısından incelenmektedir.

Soğutkan seçimi son yıllarda giderek daha karmaşık hale gelmiştir. Geçmişte doğal soğutkanların kullanımında yaşanan güvenlik sorunları nedeniyle sentetik gazlara yönelinmiş, fakat bu sefer insanoğlunun kendi eliyle ürettiği bu soğutkanlar atmosfere salındığında ozon tükenmesi ve küresel ısınmaya sebep olan sera gazı etkileri gibi küresel çevre felaketleriyle karşı karşıya kalınmıştır. Yaşanan felaketlerin çözümüne yönelik yapılan uluslararası çalışmalar ve anlaşmalar kapsamında 2015 yılında yürürlüğe giren F-gaz yönetmeliği ile yeniden doğal soğutkan gazların kullanımı teşvik edilmiştir. Bu kapsamda doğal soğutkanlar kullanarak mevcut soğutma ve ısıtma sistemlerini iyileştirmek ve değiştirmek için dünya çapında kapsamlı teknolojik araştırmalar devam etmektedir.

Fakat çevresel etkileri, özellikle iklim üzerindeki etkileri en aza indiren ve diğer sağlık, güvenlik ve ekonomik hususları karşılayan alternatif ve doğal soğutkanların seçimini ve kullanımını sadece teşvik etmek yeterli olmamaktadır, Pratik olarak, düşük GWP'li soğutkanlara odaklanırken, ilgili güvenlik etkileri ve bunların nasıl ele alınacağı dikkate alınmalıdır.

Yapılan bu çalışmada, amonyak, karbondioksit, hidrokarbonlar gibi çevre dostu doğal soğutkanlar ozon tabakasını tüketmeseler veya küresel ısınmaya katkıda bulunmasalar dahi, ek güvenlik riskleri nedeniyle evrensel kullanımlarında, tasarımından kurulumlarına, kullanımlarından bertaraf aşamalarına kadar ki süreçte çok daha katı kısıt ve sınırlamalar ile yüksek düzeyde emniyet ve kullanım tedbirlerinin alınması, yasal uygulamalar kapsamında etkin ve doğru şekilde uygulanması gerekliliği güçlü bir şekilde anlaşılmaktadır.

CO₂ (R744) zehirli değildir, yanıcı değildir, kolaylıkla temin edilebilir ve düşük maliyetlidir; En büyük dezavantajı orta ve yüksek sıcaklıkta soğutma için yüksek çalışma basınçlarıdır.

Amonyak, endüstriyel sistemler için ekonomik bir seçimdir. Amonyak üstün termodinamik özelliklere sahip olmasına rağmen, 35 ila 50 ppm'lik düşük konsantrasyon

seviyelerinde toksik olarak kabul edilir. Büyük miktarlardaki amonyak, yakınlarında açık alev veya şiddetli kıvılcım oluşma riski olan kapalı alanlara kesinlikle salınılmamalıdır. Yüksek konsantrasyonlardaki amonyak hava ile yanıcı karışımlar oluşturabilir. Hacimce%16 ila 25 oranında amonyak yanar ve açık alev varlığında havada patlayabilme riskinden dolayı kurulum yerlerinde kısıtlamalar getirilmiştir.

HC (R600a, R290,R12780) gazları toksit gaz olmayıp boğucu özelliğe sahiptirler fakat yüksek tutuşuculuk seviyesine sahip olmaları nedeniyle özellikle gaz şarj limitlerinde katı sınırlamalar getirilmiştir.

Sonuç olarak, toksit durumları, yanıcılık özellikleri vb kimyasal özellikleriyle doğal soğutkanların servis çalışanları ve bu sistemleri kullanan son kullanıcılar açısından sentetik olan soğutkanlara göre daha yüksek risk oluşturdukları görülmektedir. Bu riskler soğutkanların kullanıldığı soğutkan makinaları tasarım ve teknolojileriyle birlikte çalışma şart ve koşullara göre farklılıklar göstermektedir. Bu konuda farkındalık yaratılmalı ve tüm sektör sürekli olarak bilinçlendirilmelidir.

Bilinçlendirme. Sadece İKS teknisyenlerinin soğutkan (ayrıca verimlilik ve çevre) sorunlarının değil, endüstrinin çevresindeki diğer paydaşların da farkında olması önemlidir. Özellikle, hem İKS endüstrisi hem de mimarlar, inşaat insanları, bina işletmecileri, tesis yöneticileri gibi daha geniş sektörler ile son kullanıcılar vb. için bilinçlendirme kampanyaları geliştirilmelidir.

• Eğitime odaklanması. Yüksek bir güvenlik seviyesi sağlamak şarttır ve bunu yapmanın en önemli yollarından biri teknisyenlerin yanı sıra sektördeki diğer mühendislerin de eğitimidir. Bu sadece güvenliği hedeflemekle kalmaz, aynı zamanda bilgi ve know-how, iş kalitesi, farkındalık vb. İyileştirmeler açısından tüm hizmet sektörünün yükselmesine yardımcı olur. Bunu desteklemek, teknisyenler ve mühendisler için kayıt, lisanslama ve sertifikasyona odaklanmalıdır. Bu kapsamda, belirli sistem türleri üzerinde çalışmak için yeterlilik seviyelerinin belirlenmesi ve karşılık gelen yetkinliklerin tahsis edilmesi uygun olabilir.

• Kültür değişimi. Birçok ülke endüstrisinde “güvenlik kültürü” anlayışına gelişmiş ülkelerde olduğu kadar önem verilmemektedir. Güvenlik konusunu (ve bununla birlikte sızıntıdan kaçınma, verimlilik gibi benzer konuların) çok daha ciddiye alınmasını sağlayacak sektör kültürünün değişmesine yardımcı olacak önlemler alınmalıdır. Bunlar Mevzuat, bilinçlendirme ve teşvikler yoluyla yapılabilir.

• Yavaş yavaş ama emin adımlarla ilerleme sağlanması. Doğal Soğutkan eğitimine kararlı ve emin adımlarla kontrollü ve istikrarlı bir şekilde yaklaşılmalıdır. Böylece çalışma uygulamaları ve davranışları ölçülü ve kontrollü bir şekilde değiştirilebilir. Bir yaklaşım olarak Doğal soğutkanların kullanılacağı sektörlerle göre aşamalı bir şekilde girişini düşünmek olabilir, örneğin, basit / kolay sistemlerle başlamak ve zaman içinde daha karmaşık sistem kurulumlarını oluşturmak gibi. Diğer bir seçenek olarak ise sadece daha iyi eğitilmiş veya daha nitelikli teknisyenlerin doğal soğutkan sistemlerinin kullanımına bir akreditasyon ile izin verildiği mevcut veya yeni teknisyen kayıt sistemlerini entegre etmektir. Veya her ikisinin bir kombinasyonu uygulanabilir.

• Ulusal uzmanlıklar. Güvenlik veya diğer teknik sorunların çözülebileceği ülke veya bölge içinde merkezi bir noktada “Uzman Üssü” oluşturabilir. Bunun için yetkililer, sahadan seçilmiş kişileri, kendilerini bilgi toplamaya adayabilecek ve bu soğutkanları uygulayan işletmelerde çalışabilecek ve koçluk yapabilecek “Ulusal Uzmanlar” olmaya teşvik edebilirler.

Ayrıca, ilgili kurallara uyulduğundan ve gerekli güvenlik seviyesine ulaşıldığından emin olmak için kuruluşlara veya uzman kişilere, kontroller ve denetimler yapma yetkisi vermek bir seçenek olabilir.

• Teşviklerin geliştirmesi. Çevresel faydalar yaygın olarak bilinmekle birlikte, endüstrinin Doğal soğutkanların kullanımının ek etkilerini aşmasına teşvik etmek için teşvikler sağlanabilir. Örnekler, düşük KIP’lı soğutkanlarının kullanımını, ithalat tarifelerinin müzakeresini veya tersine yüksek KIP alternatiflerinin kullanımını caydırıcı diğer araçları destekleyen vergi ödeneklerini veya diğer mali faydaları içerebilir. Her durumda, bunlar Doğal soğutkanların sorumlu kullanımını sağlamak veya garanti etmekle bağlantılı olmalıdır.

• Yönetmelikler ve standartlar. Yetkililer, güvenlik standartları gibi yasal ve diğer enstrümanları uygulamaya koymayı düşünebilirler. Alternatif olarak, bu tür kurallar hâlihazırda mevcutsa, yetkililer, bu soğutkanların daha uygun kullanımını sağlamak için mevcut düzenlemeleri ve standartları değiştirmek için araçlar belirleyebilir. Ancak, yanlış kullanıma yol açabileceğinden düzenlemelerin ve standartların aşırı kuralcı olmamasını sağlamak önemlidir. Bu nedenle, yeni veya değiştirilmiş yönetmelikleri ve standartları gözden geçirmek ve yönlendirmek için ulusal ve uluslararası uzmanları kullanmak mantıklıdır.

• İş birliği ortakları belirlenmesi. Bilgi veya deneyim eksikliği olduğu varsayıldığında, işbirliği ortaklarından destek alınmalıdır. Bazı soğutma kurumları, dernekleri, üniversiteler, laboratuvarlar, ulusal bakanlıklar ve devlet daireleri, şirketlere soğutma sistemleriyle nasıl başa çıkılacağı konusunda destek ve danışmanlık sunar. Danışılabilir diğer kuruluşlar arasında endüstri dernekleri, teknik enstitüler, geliştirme ajansları ve uluslararası fonlar, ulusal otoriteler, standardizasyon kurumları, akreditasyon kurumları bulunmaktadır.

Yerli üretim imkânları. Gelecekte kullanımının daha da yaygın hale gelmesi beklenen doğal soğutkanların özellikle yerli sanayide üretiminin sağlanması önem arz etmektedir. Özellikle Kyoto protokolünü imzalayan ülkemizin çevreye saygılı, yüksek enerji ve verimli alternatif soğutkanların yerli olarak üretebilmesi, ülkemizin gelecekteki ekonomik ve teknolojik gelişimine katkı sağlayacaktır. Teknolojik olarak gelişim sürecini sürdüren doğal ve alternatif soğutkanlar ve bunlara bağlı sistem elemanlarının alışıla gelmiş bir ürün çeşitliliği ile günümüzde ticari olarak pazarlanamamaktadır. Bu sebeple geliştirilen soğutkanlar, ticari sınırlar sebebi ile ya pazarlanmamakta ya da aşırı maliyetler ile pazara sunulmamaktadır. Önemli olan bu konuda çalışmaların başlatılması ve fikri koruma haklarını elde edilmesidir.

Geri toplama ve bertaraf etme; Atmosfere salınımı yasaklanan tüm soğutkanların bir atık yönetmeliği kapsamında geri toplanması ve bu atıkların bertaraf edilmesi amacıyla atık tesisleri ülke kapsamında oluşturulmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. Ekonomik ömrünü tamamlayan, servis hizmeti sırasında veya retrofit kapsamında geri toplanan ve tekrar kullanılmayacak gazların atmosfere salınımının önüne geçilmelidir. Üreticiler, son kullanıcılar ve servisler bu kapsamda bilgilendirilmeli ve mutlaka geri toplamaya yönelik yaptırım ve aynı zamanda teşvik politikaları geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- AAP. (2014). *Recommendations to Safety Guidelines and Standards for the use of Natural Refrigerants*. 1 9, 2020 tarihinde [www.umweltbundesamt.de: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2017-01-16_leitfaden_recommendations_on_certification_and_training_procedures_for_alternative_refrigerants_en.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2017-01-16_leitfaden_recommendations_on_certification_and_training_procedures_for_alternative_refrigerants_en.pdf) adresinden alındı
- AIRAH. (2003). *Air Conditioning and Refrigeration Industry Refrigerant Selection Guide -2003*. 7 25, 2020 tarihinde [www.airah.org.au: https://www.airah.org.au/Content_Files/TechnicalPublications/AIRAH_RSG2003.pdf](http://www.airah.org.au/Content_Files/TechnicalPublications/AIRAH_RSG2003.pdf) adresinden alındı
- Akdağ, A. E. (2010). *CO2 Soğutkanlı Soğutma Sistemlerinin Termodinamik ve Termoekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- ALARKO. (2005). Soğutucu Akışkan Seçimi ve Su Soğutma Grubu Tasarımı. *Alarko Teknik Bülten*(4). 6 9, 2020 tarihinde www.alarko-carrier.com.tr: https://www.alarko-carrier.com.tr/eBulten/TekBulten/images_4/e_tekbulten4_print.pdf adresinden alındı
- Araz, M., Güngör, A., & Hepbaşı, A. (2013). Düşük Küresel Isınma Potansiyeline Sahip Soğutucu Akışkanların Soğutma Uygulamalarındaki Kullanımının Değerlendirilmesi. *Teskon 11.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, (s. 575-604).
- Arora, P., & Tyagi, A. K. (2018). Fourth-Generation Refrigerant: HFO 1234yf. www.researchgate.net. doi: 10.18520/cs/v115/i8/1497-1503
- ASHRAE. (2017). *Ammonia as a Refrigerant*. 1 9, 2020 tarihinde www.ashrae.org: https://www.ashrae.org/File%20Library/About/Position%20Documents/Ammonia-as-a-Refrigerant-PD-2017.pdf adresinden alındı
- Bayındırlı, C. (2019). Küresel İklim Değişikliği ve F-Gazlar,F-GAZ Semineri 29.04.2019 Radison Otel. İstanbul: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Bayrakçı, H. C., & Özgür, A. E. (2010). CO2 Soğutucu Akışkanlı ısı Pompalarında Soğutucu Akışkan Çıkış Sıcaklığının Ekserji Verimine Etkisi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 1(30), 73-78.
- Benhadid-Dib, S., & Benzaoui, A. (2012). *Refrigerants and Their Environmental impact Substitution of Hydro Chlorofluorocarbon HCFC and HFC Hydro Fluorocarbon. Search for an Adequate Refrigerant*, 18 (2012) 807 – 816. 01 03, 2020 tarihinde Scencedirect. adresinden alındı

- Bulgurcu, H., Kon, O., & İlten, N. (2007). Soğutucu Akışkanların Çevresel Etkileri ile İlgili Yeni Yasal Düzenlemeler ve Hedefler. *8.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi* (s. 915-928). İstanbul: TMMOB.
- CANTAŞ. (2020). *ISKID-Unido Kigali Bildirileri 15.01.2020 İstanbul Point Otel Semineri CANTAŞ-SUNUM_Endüstriyel Uygulamalarda Alternatif Soğutkanlar*. 1 22, 2020 tarihinde www.iskid.org.tr: <https://iskid.org.tr/sunumlar/> adresinden alındı
- Çekin, S. (2017). *Düşük Sera Etkisine Sahip Bazı Soğutkanların Isı Pompası Sistemlerinde Kullanabilirliği. Yüksek Lisans Tezi*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Domenech, R. L., Sanchez, D., & Cobello, R. (2015). *Energy and environmental comparison of two-stage solutions for commercial refrigeration at low temperature: Fluids and systems*. doi:10.1016/j.apenergy.2014.10.069
- Eurommon. (2014). *Hydrocarbons as refrigerants*. 1 19, 2020 tarihinde www.eurammon.com: <https://www.eurammon.com/natural-refrigerants/information-papers> adresinden alındı
- European Commission, e. c. (2020). *Fluorinated greenhouse gases*. 4 23, 2020 tarihinde www.ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas_en adresinden alındı
- Fenton, D. (2016). Yeni-Eski Soğutucu Akışkan Endüstriyel Soğutma için Karbondioksit. *TTMD(109)*, 32-38. 5 26, 2020 tarihinde www.ttmd.org.tr/[PdfDosyaları/TTMD-Dergisi-109.pdf](http://www.ttmd.org.tr/PdfDosyaları/TTMD-Dergisi-109.pdf) adresinden alındı
- GIZ. (2018). *International Safety Standards in Air Conditioning, Refrigeration & Heat Pump*. 2 19, 2020 tarihinde www.international-climate-initiative.com: https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/2018/180712_Safety_Standards.pdf adresinden alındı
- IFAGESTIS. (2020). *IFA Gestis Substance Database*. 4 23, 2020 tarihinde www.gestis-en.itrust.de: <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index-2.jsp> adresinden alındı
- İsa, K. (2016). *AB Florlu Sera Gazları (F-Gaz) Yönetmeliği (Cilt 3)*. İstanbul: FRİTERM. 4 15, 2020 tarihinde <https://www.friterm.com>/tr-TR/kitap-calismalari/13058 adresinden alındı
- İyim, E., Altıntaş, A., & Almış, Ç. (2019). Karbondioksit Akışkanlı Transkritik Soğutma Sistemlerinde Valf Seçim Kriterleri. *14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, (s. 487-513). İzmir.
- Kleinschmedt, J. (2019). EU F-GAS Regulation in Practice, F-GAZ Semineri 29.04.2019 Radison Otel. *F-Gaz Uygulamaları*. İstanbul: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Koyun, T., Koyun, A., & Acar, M. (2005). Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Bu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkileri. *Tesisat Mühendisliği Dergisi(88)*, 46-53. 3 24, 2020 tarihinde Tesisat Mühendisleri

- Dergis: https://mmo.org.tr/sites/default/files/14ac55a4f27472c_ek.pdf adresinden alındı
- OzoneAction, U. (2015). *Good Servicing Practices: Phasing out HCFCs in the Refrigeration and Air-Conditioning Servicing Sector*. 9 6, 2020 tarihinde www.ecacool.com:
https://www.ecacool.com/upload/files/7/7723_e_good_servicing_practices_phasing_out_hcfc_in_rac_servicing_sector_training_guide.pdf adresinden alındı
- OZONEUNEP. (2014). *Alternatives to HCFCs and their Characteristics*. 2 19, 2020 tarihinde www.unep.fr:
http://www.unep.fr/ozonaction/information/nonmmcfiles/2_Education_alternatives_to_HCFCs_and_their_characteristics.pdf adresinden alındı
- OZONEUNEP. (2017). *Application of safety standards to Refrigeration, Air-Conditioning and Heat Pump equipment – a Lifetime Perspective*. 5 2, 2020 tarihinde <https://ozone.unep.org>: <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-08/application-of-safety-standards-to-RACHP.pdf> adresinden alındı
- Ömeroğlu, M. (2006). *Uluslararası Toplumun İklim Değişikliği ve Ozon Tabakasının İncelmesi Karşısındaki Tutumu ve Değişen "Güvenlik" Anlayışı.Yüksek Lisans Tezi*. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi.
- Palm, B. (2007). *Hydrocarbons as refrigerants in small heat pump and refrigeration systems – A review*, International Journal of Refrigeration 31(4):552-563. 3 09, 2020 tarihinde www.ResearchGate.net. adresinden alındı
- Pearson, D. S. (2016). *Refrigerants Past, Present and Future*. 4 19, 2020 tarihinde <http://www.r744.com>: http://www.r744.com/files/pdf_597.pdf adresinden alındı
- PROKLIMA. (2008). *Natural Refrigerants,Sustainable Ozone- and Climate-Friendly Alternatives to HCFCs*. 1 9, 2020 tarihinde www.epa.gov:
<https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/en-gtz-proklima-natural-refrigerants.pdf> adresinden alındı
- PROKLIMA. (2010). *Guidelines for the Safe Use of Hydrocarbon Refrigerants*. 1 5, 2020 tarihinde <http://hydrocarbons21.com/>: <http://hydrocarbons21.com/files/gtz-hydrocarbon-refrigerants-guidelines-safety.pdf> adresinden alındı
- Real Alternatives. (2017). *Safety and Risk Management with Alternative Refrigerants*. 4 13, 2020 tarihinde www.realalternatives.eu:
<https://www.realalternatives.eu/app/images/Downloads/Module2-Safety-and-R-M-2017-final27apr18.pdf> adresinden alındı
- RealAlternatives. (2018). *Module1-Introduction Introduction to Alternative Refrigerants -2018-final*. 1 10, 2020 tarihinde www.realalternatives.eu:
https://www.realalternatives.eu/app/images/Downloads/Modul1-Introduction-Giris-_2018_SOSIAD_TR.pdf adresinden alındı
- ResmiGazete. (2018). *04.01.2018 tarihli 30291 sayılı " Florlu Sera Gazlarına İlişkin Yönetmelik"*. www.resmigazete.gov.tr. adresinden alındı

- Sawalha, S. (2008). *Safety of CO2 in Large Refrigeration Systems*. 5 24, 2020 tarihinde Diva: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:13782/FULLTEXT01.pdf> adresinden alındı
- Sawalha, S., & Palm, B. (2002). *Safety Analysis of CO2 as A Refrigerant In Supermarket Refrigeration*. 5 24, 2020 tarihinde ResearchGate: <https://www.researchgate.net/publication/282977466> adresinden alındı
- sogutma.net. (2020). *www.sogutma.net*. 9 6, 2020 tarihinde sogutma.net: <https://www.sogutma.net/sogutucu-akiskanlar-r718-su.html> adresinden alındı
- UNEP. (2014). *An Introduction to their Role in the Context of the HCFC Phase-out in Developing Countries*. 4 14, 2020 tarihinde [www.https://wedocs.unep.org/](http://www.wedocs.unep.org/): https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27218/7739IntStandardsRAC_EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y adresinden alındı
- UNEP. (2015). *Safe Use of HCFC Alternatives in Refrigeration and Air-conditioning*. 7 6, 2020 tarihinde www.wedocs.unep.org: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14878/7740-e-SafeUseofHCFCAlternativesinRefrigerationandAir-conditioning.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- UNEP. (2018). *2018 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee*. 01 09, 2020 tarihinde www.ozone.unep.org: https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/RTOC-assessment-report-2018_0.pdf adresinden alındı
- UNIDO. (2020). Kigali Bildirileri. *Unido Kigali Bildirileri 15.01.2020 İstanbul Point Otel Semineri*. İstanbul: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- WHO. (2014). *Environmental Management of Refrigerant Gases and Refrigeration Equipment*. 4 19, 2020 tarihinde www.who.int: https://www.who.int/medicines/areas/quality_safety/quality_assurance/TS-environmental-mgt-final-sign-off-a.pdf adresinden alındı
- Yakut, A. (2014). *AB Yeni F-Gaz Regülasyonu ve Alternatif Akışkan R32*. 4 23, 2020 tarihinde www.daikinakademi.com: <http://www.daikinakademi.com/Media/file/Pdf/AB-YENI-F-GAZ-REGULASYONU-VE-ALTERNATIF-AKISKAN-R32-Andac-YAKUT.pdf> adresinden alındı
- Yılmaz , İ. (2018). R-744/R-717 Kaskad Bir Soğutma Çevriminin Termodinamik Analizi.Yüksek Lisans Tezi.Fen Bilimleri Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi.