

İÇİNDEKİLER

Rehberin amacı ve kimler için kullanılacağı	3
1 Giriş.....	4
1.1 İklim değişikliği, sera gazları ve düşük KIP olan alternatifleri	4
1.2 Montreal Protokolü ve Kigali Değişikliği:	4
2 AB ve Türkiye'deki Ulusal F-Gaz Yönetmeliği Hükümleri	5
2.1 SF₆ ile yalıtımlı ekipman operatörlerinin temel yükümlülükleri	7
2.1.1 Etiketleme	7
2.1.2 Sızıntı Testi	7
2.1.3 Kayıt tutma.....	7
2.1.4 F-gazların geri kazanılması	7
2.1.5 Diğer yükümlülükler	7
2.2 Servis şirketleri ve teknisyenlerin yükümlülükleri	8
2.3 F-gazları içeren ve F-gazlarına dayalı ekipman ve ürünlerin piyasaya sürülmesine ilişkin yasaklar	8
2.4 Türkiye'deki F-Gazlarına İlişkin Yönetmelik	8
3 Elektrik şalt sektöründe SF₆ alternatifleri.....	9
3.1 Genel değerlendirmeler.....	9
3.2 En çok gelecek vadede alternatif teknolojiler	10
3.2.1 g3.....	10
3.2.2 AirPlus™	12
3.2.3 Trifloroyodometan	14
3.2.4 Temiz hava ve vakum	14
3.2.5 HFO-1,2,3,4ze.....	16
4 Sonuçlar ve Türkiye için Öneriler	17
Kaynakça.....	18



KISALTMALAR LİSTESİ

AC	İklİmlendirme
AHU	Klima Santrali
Tİ	Ticari İklİmlendirme
CapEx	Sermaye Masrafı
CFC	Kloroflorokarbon
CO ₂	Karbondioksit
CO ₂ e	Karbondioksit eşleniği
F-Gaz	Florlu Gaz
SG	Sera Gazı
KIP	Küresel Isınma Potansiyeli
HK	Hidro Karbon
HCFC	Hidrokloroflorokarbon
HF	Hidrojen Florür
HFC	Hidroflorokarbon
HFO	Hidroflorolefin
IP	Isı Pompası
ISKID	İklİmlendirme Sođutma Klima İmalatçıları Derneđi
kW	Kilovat
DS	Düşük Sıcaklık
OS	Ortalama Sıcaklık
NH ₃	Amonyak
OTIP	Ozon Tabakasını İnceltme Potansiyeli
OTIM	Ozon Tabakasını İncelen Maddeler
PFC	Perflorokarbon
RAC	Sođutma & İklİmlendirme
ARGE	Araştırma ve Geliştirme
RRR	Geri Kazanım, İslah, Geri dönüşüm
TFA	Trifloroasetik
TMM	Toplam Mülkiyet Maliyeti



Rehberin amacı ve kimler için kullanılacağı

Bu rehber, Türkiye'deki şalt sektörünün, (AB) 517/2015 sayılı AB Yönetmeliği ve Kigali Değişikliği doğrultusunda yakın zamanda oluşacak olan yeni Ulusal F-gazlar Yönetmeliğindeki değişikliklere uyum sağlaması için yol gösterici olmak adına F-gazlara alternatif olarak düşük küresel ısınma potansiyeli (KIP) olan alternatiflere dikkat çekmek adına hazırlanmıştır.

Atmosferdeki sera gazlarının birikmesi nedeniyle, küresel sıcaklıkların sürekli yükseldiği bir dönemde F-Gaz içermeyen alternatiflerine gerekli geçiş yapılması özellikle önemlidir. Sera gazı salımı azaltmada başarı sağlanamaması yıkıcı sonuçlar doğurabilir.

Bu rehber, SF₆ yalıtımlı şalt üreticilerinin, son kullanıcılarının ve hizmet sağlayan şirketlerinin florlu gazlara (F-gazlar) çevre dostu alternatifler konusunda farkındalığını arttırmayı amaçlar. Bu nedenle, aşağıdaki bilgileri içerir:

- Şalt sektöründe F-gazlara karşı düşük küresel ısınma potansiyeli (KIP) olan alternatifleri,
- İşletmeleri potansiyel olarak etkileyen uluslararası ve Ulusal F-gazlar Yönetmelikleri.

Bu rehberde yer alan bilgiler dört bölümde incelenmiştir:

- **İklim değişikliği, Montreal Protokolü ve Kigali Değişikliği ile ilgili genel bilgileri içeren giriş.**
- **AB F-Gaz Yönetmeliği ve Türkiye'deki F-gazlara İlişkin Yönetmelik hakkında bilgi**
- Yangından korunma sektörüne özel düşük KIP olan alternatifler ve ekipman türleri, güvenlik, fiyatlandırma, HFC içermeyen düşük KIP olan ürünlerin uygunluk durumu ve kabul edilmesi önündeki engeller ile ilgili bilgiler,
- Düşük KIP alternatiflere başarılı bir geçiş için öneriler.

Daha detaylı bilgi kaynakça kısmında verilen linklerde yer almaktadır.



1 Giriş

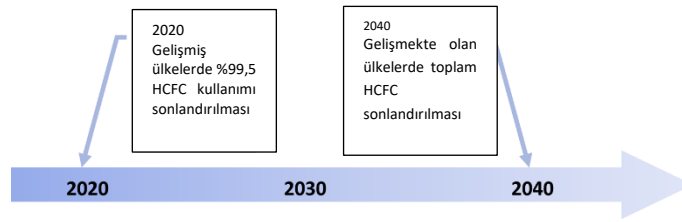
Montreal Protokolüne (MP) taraf olan ülke olarak Türkiye, F-gazlara ilişkin Yönetmeliği Kigali Değişikliği (KA) ve 517/2014 Sayılı Yönetmelik (AB) doğrultusunda güncelleme çalışmaları yürütmektedir. Bu rehber, şalt sektörünün önümüzdeki değişikliklere uyum sağlamasına yol göstermek amacıyla F-gazlara alternatif olarak düşük küresel ısınma potansiyeli (KIP) olan alternatiflere dikkat çekerek hazırlanmıştır. Bu geçiş, F-gazların kullanımının sonlandırılması, gelişmiş izleme ve raporlama, iyileştirilmiş yasal yapılar ve artan ulusal ve yerel kapasite gerektirir.

1.1 İklim değişikliği, sera gazları ve düşük KIP olan alternatifleri

İklim değişikliği, hava durumu modelleri ve yükselen sıcaklıklardaki büyük çaplı ve uzun vadeli değişimlerdir ve hem yükselen sıcaklık hem de iklim değişikliği dünya üzerinde hayata zarar verir. İklim değişikliğine atmosferdeki sera gazları neden olmaktadır. CFC, HCFC, HFC ve PFC gibi insan kaynaklı oluşan gazlar güçlü sera gazlarıdır ve iklim değişikliği üzerinde büyük etkileri vardır. Bu gazlar CO₂'den binlerce kat daha yüksek olabilen yüksek KIP'e sahiptir (Tablo 1). Alında SF₆ CO₂'ye oranla 22,200 kat daha fazla küresel ısınma potansiyeline sahiptir.

1.2 Montreal Protokolü ve Kigali Değişikliği:

Montreal Protokolü (MP), gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için farklı zaman çizelgeleriyle önceden belirlenmiş ve kararlaştırılmış hedefleri karşılayarak OTİM'lerin tüketim ve üretimini aşamalı olarak kaldırır (Şekil 1). MP kapsamında, tüm taraflar farklı OTİM gruplarının kullanımdan kaldırılması, OTİM ticaretinin kontrolü, yıllık veri raporlaması, OTİM ithalat ve ihracatını kontrol eden ulusal lisans sistemleri ve diğer hususlarda belirli sorumluluklara sahiptirler.



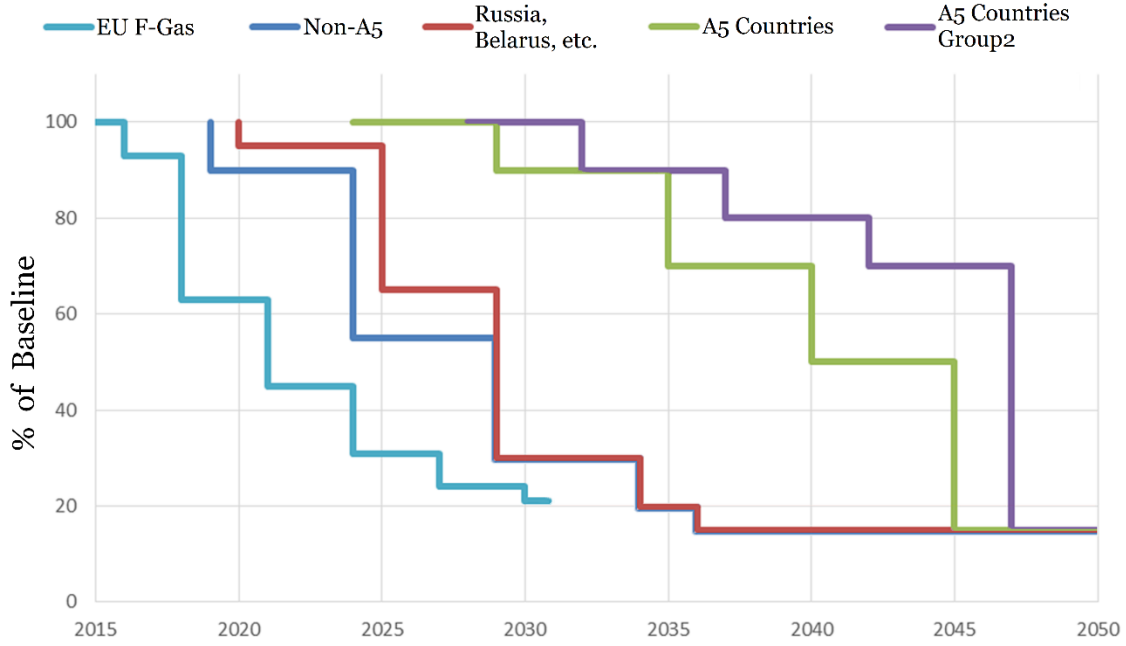
Şekil 1. Montreal Protokolü altında HCFC kullanımının sonlandırılmasını gösteren zaman takvimi

Kigali Değişikliği:

Montreal Protokolü'ne yapılan Kigali Değişikliği (KA), MP altındaki OTİM kontrollerine ek, HFC'lerin üretim ve tüketiminin kademeli olarak azaltılmasını sağlar. 2016 yılında 197 ülke tarafından kabul



edilmiş, 1 Ocak 2019'da yürürlüğe girmiştir. Bu önemli dönüm noktası olan uluslararası anlaşma, Şekil 2'de yeşil çizgiyle gösterildiği gibi, gelişmekte olan ülkelerin (Türkiye gibi A5 ülkeleri) gecikmeli olarak başlarken gelişmiş ülkelerin HFC'lerin kademeli azaltımına öncülük ettiğini göstermektedir.



Şekil 2. Kigali Değişikliği kapsamında HFC'lerin kademeli azaltımı

2 AB ve Türkiye'deki Ulusal F-Gaz Yönetmeliği Hükümleri

AB F-Gaz Yönetmeliği:

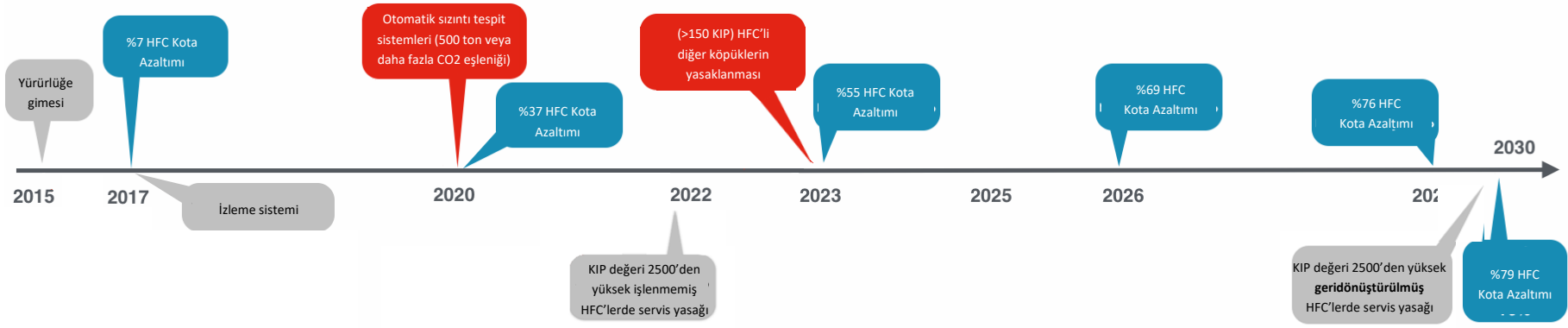
AB'nin F-gaz mevzuatı, HFC'lerin düşük KIP alternatifleri adına kademeli azaltımı için atılan ilk adımlardan biridir. 2014 yılında, 842/2006 sayılı (EC) Yönetmeliği, florlu sera gazları hakkındaki (AB) 517/2014 sayılı yeni Yönetmelik ile değiştirilmiştir. AB F-Gaz salımını 2030'a kadar %79 oranında azaltmayı hedeflemektedir. Salımı azaltma hedeflerini başarmak için yapılan temel değişiklikler:

- Piyasada bulunan HFC'lerin kademeli azaltımı (Şekil 2'deki mavi çizgiye bakınız): AB'de 2015'te satılabilecek toplam HFC miktarını kısıtlar ve 2030'da 2014 satışlarının %79'u oranına kadar indirir.
- F gazlar içeren veya bunlara dayanan ürün ve ekipmanların piyasaya sunulmasına ilişkin yasaklar,
- Teknik olarak uygulanabilir olan düşük KIP olan alternatiflerinin mevcut olduğu F gazların kullanımına ilişkin yasaklar,
- Ekipmanların kullanım ömrü ve etiketlemesi sonunda gazların sızıntı testleri ile önlenmesi, sertifikasyonu, servisi ve geri kazanımı.

F-gazlar Yönetmeliğinin yapıtaşları, ekipmanlarda HFC yasakları (örn. HFC 23 içeren yangından korunma sistemlerinin yasaklanması) söz konusu HFC ekipmanının piyasaya sürülme yasağını (örn. HFC 23 içeren yangından korunma sistemlerinin piyasaya sürülmesi yasağı) gösteren

Şekil 3'teki zaman çizelgesinde özetlenmektedir.





Şekil 3. Hükümler, yasaklar, kotalar ve (EU) 517/2014 sayılı Yönetmelik kapsamında aşamalı olarak kullanımdan kaldırılma süreci.



2.1 SF₆ ile yalıtımlı ekipman operatörlerinin temel yükümlülükleri

“Operatör” sahibi olduğu ya da olmadığı bir ekipmanı kullanan (örneğin kendi çıkarı için kullanan) gerçek ya da tüzel kişiliktir. (AB) No 517/2014 sayılı yönetmelik kapsamında operatörler Sera Gazı salımını aşağıdaki aşamaları takip ederek engellemekle yasal olarak yükümlüdür.

2.1.1 Etiketleme

SF₆ içeren tüm şaltlar SF₆ etiketle belirtilmediği sürece piyasaya sürülmez. Etiketle aşağıdaki bilgiler belirtilmelidir:

- Şaltın f-gaz içerdiğine dair referans
- Söz konusu F-gaz için yaygın kullanılan endüstrideki ismi, eğer yoksa kimyasal ismi,
- Ağırlık olarak miktarı ve şaltta bulunan F-gazın CO₂ eşleniği, kullanılan F-gazın küresel ısınma potansiyeli.

2.1.2 Sızıntı Testi

Operatörler ekipmanlarına eğitilmiş ve yetkili servis sağlayıcılar tarafından sızıntı testi yaptırmakla yükümlüdürler. Salımı engellemek için tüm sızıntılar en kısa sürede engellenmelidir. SF₆ içeren tüm elektrikli şalt sistemleri sıklıkla kontrol edilmelidir. Sızıntı testlerinin sıklığı kaç ton CO₂ olduğuna bağlıdır. (Tablo 1)

Tablo 1. Güncel F- gaz yönetmeliği kapsamında sızıntı testi sıklıkları

SF ₆ (CO ₂ e tonu)*	Otomatik sızıntı detektörü yoksa	Otomatik sızıntı detektörü varsa
150 - 500	Her 6 ayda bir	Her 12 ayda bir
500 veya daha fazla	Her 3 ayda bir	Her 6 ayda bir
* CO ₂ e tonu = F-gazı kütlesi (ton olarak) × söz konusu F gazın KİP değeri.		

2.1.3 Kayıt tutma

Operatörler aşağıda belirtilenlerin kaydını tutmakla yükümlüdürler:

- Kurulu, ekli ya da geri kazanılmış F-gazların miktarı ve türü,
- Servis sağlayan teknisyen ve/veya şirketin kimlik bilgileri
- 5 ton ve daha fazla CO₂ eşleniği ve F-gazlar içeren sabit sistemlerin sızıntı testlerinin tarih ve sonuçları

2.1.4 F-gazların geri kazanılması

Ekipman ömrü sonunda ya da bakımı sırasında operatörler F-gazların geri kazanılması, geri dönüşümü, ıslahı ve/veya imhasını gerçekleştirmelidir.

2.1.5 Diğer yükümlülükler

Operatör F-Gaz ekipmanlarının hizmet, bakım ve onarımının yetkili servis sağlayıcılar tarafından yapıldığından emin olmalıdır. AB F-gazlar yönetmeliği tarafından zorunlu kılınan yeni ekipmanları türünü, içerik miktarını ve CO₂ eşleniği ton cinsinden belirterek etiketlenmesi de operatörün sorumluluğundadır.



2.2 Servis şirketleri ve teknisyenlerin yükümlülükleri

Servis şirketleri ve teknisyenleri, ekipmanların kurulumu, servisi, bakımı ve onarımının yanı sıra sızıntı testi yapmak ve ekipmanların kullanım ömrünün sonunda F-gazların geri kazanılması / geri dönüşümü / ıslahı için yetkili olmalıdır. Operatörler gibi, servis şirketleri ve teknisyenler de bu veriler merkezi veri tabanında kayıt altında tutulmadıkça, kurulumu yapılan, eklenen veya geri kazanılan F-gazların miktarını ve türünü, hizmet sağlayan şirketin detaylarını ve sızıntı testlerini tarihlerini ve sonuçlarını kayıt altına almakla yükümlüdürler.

2.3 F-gazları içeren ve F-gazlarına dayalı ekipman ve ürünlerin piyasaya sürülmesine ilişkin yasaklar

(EU) 517/2014 sayılı Yönetmeliğin getirdiği ana değişikliklerden biri, belirli ekipmanlarda HFC kullanımının yasaklanması ve HFC içeren pazar ekipmanlarının piyasaya sürülmesinin yasaklanmasıdır. Ancak, yüksek gerilim şalt tesislerinde SF₆ kullanımına dair yasak bulunmamaktadır. Diğer F-gazı nihai kullanım sektörleri AB pazarında HFC'lerin miktarının kademeli azaltımından etkilenmektedir. Bu sadece HFC'ler için geçerlidir ve SF₆ şalt pazarını etkilemeyecektir.

2.4 Türkiye'deki F-Gazlarına İlişkin Yönetmelik

Türkiye'de 4 Ocak 2018'de yürürlüğe giren ulusal F-Gaz Yönetmeliği, (EC) 842/2006 sayılı Tüzük hükümlerinin çoğunu içermektedir. Mevcut Yönetmelik 2014 yılında tamamlanan AB destekli "Türkiye'deki F-gaz kullanımına ilişkin teknik yardım ve ilgili mevzuatın uyumlaştırılması" Projesi çerçevesinde geliştirilmiştir. Yönetmelik temelde aşağıdaki konuları kapsamaktadır:

- F-gazların atmosfere salınması, F-gaz içeren ürün ve ekipmanın piyasaya sürülmesi ve geri kazanım işlemi yapılmadan bertaraf tesislerine kabul edilmesi ile ilgili yasaklar;
- Merkezi veri tabanına veri girişiyle ilgili yükümlülükler;
- F-gaz içeren ürün ve ekipmanın etiketlenmesiyle ilgili gereklilikler;
- İşletmecilerin sızıntı kontrolleri konusunda yükümlülükleri;
- F-gaz içeren ekipmana müdahale (kurulum, bakım, teknik servis, onarım, sızıntı kontrolü ve kullanımdan çıkarılması) edenlerin belgelendirilmesi.

2020'de (AB) 17/2014 sayılı Yönetmelik doğrultusunda yeni bir versiyon ile güncellenerek, diğerlerine ilaveten aşağıdakileri içerektir:

- HFC kademeli azaltım planı,
- HFC ithalatçılara kota tahsisi
- Yıllık ülke kotalarının hesaplanması ve HFC ithalatçılara kota tahsisi, ithalatçılar arasında yıllık kota devri
- Sevkiyat öncesi ithalat lisansına ilişkin ilkeler ve prosedürler.



3 Elektrik şalt sektöründe SF₆ alternatifleri

3.1 Genel değerlendirmeler

SF₆, elektrikli şalterlerinde yalıtım gazı olarak 50 yıl önce geliştirilmiştir ve şimdiye kadar ideal elektrik ark söndürme kapasitesi ve yüksek dielektrik dayanıklılığı nedeniyle dünya çapında etkin bir şekilde kullanılmıştır. Üstelik, toksik değildir ve ayrışma ürünler tehlikeli atık olarak kabul edilmesine ve düzgün bir şekilde kullanılmaları gerekmesine rağmen insanlar için sağlık riski oluşturmaz. Ekipmandan sızıntı oranları genellikle yılda %0,1'i aşmaz. Oldukça ideal bir yalıtım gazı gibi gözükse de, çevresel bakış açısından, yaygın olarak kullanılan tüm kimyasal maddelerin en yüksek KIP değeri olan KIP 22 800 değerine sahip çok güçlü bir sera gazı olması nedeniyle değildir. Bu nedenle bilim camiası yönelmek için son yıllarda, hem çevreye daha az zararlı ve hem de şalt ekipmanlarında benzer oranda elektrik ark söndürme kapasitesi ve yalıtım özelliklerini sağlayabilecek alternatif teknolojileri araştırmaya başlamıştır.

Genellikle, SF₆ yerine kullanılacak alternatif teknoloji aşağıdaki içermek zorundadır:

- Yüksek gerilim dayanıklılığı,
- Ark söndürme kapasitesi,
- Çevreleyen ortamla iyi bir ısı alışverişi,
- Çok düşük sıcaklıklarda çalışabilme,
- Şalt ekipmanlarında kullanılan materyallerle uyumluluk gösterme,
- Isı ve depolama istikrarı,
- Ekipmanın kolay doldurulması ve boşaltılması,
- Ekipman boyutlarının SF₆ ekipman boyutlarını aşmaması
- çok düşük KIP

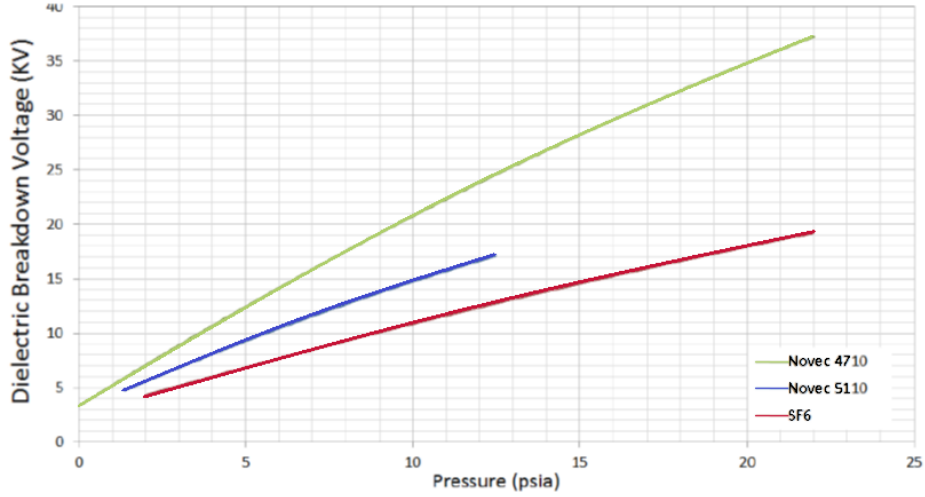
Aşağıdaki kimyasallar SF₆ alternatifi olarak incelenmiştir: (genellikle kuru atmosferik gazlarla karışım halinde):

- (CF₃)₂CFN – 3M tarafından Novec 4710™ ticari unvanı altında tedarik edilen Floronitril , KIP= 2100
- (CF₃)₂CF(O)CCF₃ - 3M tarafından Novec 5110™ ticari unvanı altında tedarik edilen Floroketon , KIP = 1
- CF₃I – Farklı üreticiler tarafından tedarik edilen Trifloroiodometan, KIP = 0.4
- CHF=CF₂CF₃ (HFO-1,2,3,4ze) –Chemours (Opteon™) ve Honeywell (Solstice™) tarafından tedarik edilen , KIP <1

Bazı üreticiler bu tür SF₆ alternatifleri halihazırda satışa sunmaktadır, en çok gelecek vadeden çözümler Novec 4710™ veya Novec 5110™ 'nin N₂, CO₂ ve O₂ karışımıdır. SF₆ 'nın önemli özellikleri



ve potansiyel alternatif maddelerle kıyaslandığında, SF₆ alternatifi olarak düşünülebilecekleri açıktır. SF₆ Dielektrik çöküm gerilimi, Novec 4710™ ve Novec 5110™ karşılaştırması için Şekil 4' bakınız.



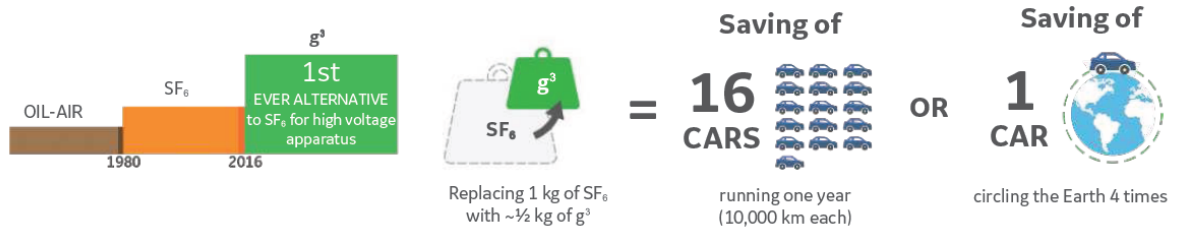
Şekil 4. SF₆ için ölçülen dielektrik çöküm voltajı karşılaştırması ve alternatif bileşenler

Ark söndürme ve yalıtım amaçlı kullanılan “sentetik hava” (% 80 N₂ ve % 20 O₂ kuru karışımı) ve sadece vakum yapan şalt ekipmanı ve kullanıldığı şalt cihazları da değerlendirilmiş ve bu alternatif teknoloji de ticari olarak mevcut durumdadır. SF₆'nin orta gerilim (MV) ekipmanındaki değişimi nispeten kolay olsa da asıl zorluğun yüksek gerilim (HV) GIS (> 100 kV) için alternatif teknolojilerin tamamen ticarileştirilmesi olduğunu unutmamak gerekir.

3.2 En çok gelecek vadeden alternatif teknolojiler

3.2.1 g₃

Novec 4710™ floronitril (% 4-10) ve CO₂ (% 90-96) karışımını kullanan alternatif bir teknoloji, GE tarafından **g₃** veya **g³** ticari adı altında (şebeke için yeşil gaz) geliştirildi ve daha sonra GE, Alstom ile ticarileşme için işbirliği yaptı. -5°C'de, g₃ ve SF₆ için dielektrik dayanıklılığı aynıdır ve -25°C'de yaklaşık SF₆'nin % 90'ı oranındadır. Şalt ekipmanlarında SF₆'nin g₃ ile değiştirilmesinden elde edilen çevresel faydalar Şekil 5'da gösterilmektedir.



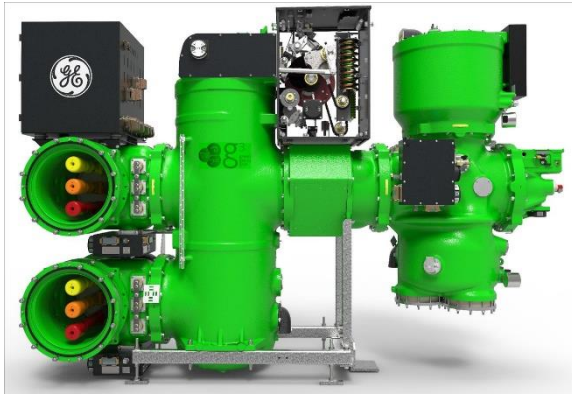
Şekil 5. Şalt ekipmanlarında SF₆'nin g₃ ile değiştirilmesinden elde edilen çevresel faydalar

Novac 4710™ 'in KIP'i Novac 5110™ 'e nispeten yüksek olsa da, Novac 4710™ 'in daha düşük kaynama noktasına sahip olması bir avantajdır. **g3**'nin ilk ticari uygulaması, 73 km uzunluğunda taşıma hattının yer aldığı Jebel Ali (BAE)'de 420 kV GIL (Gazla yalıtılmış hatlar) SF₆'nin alternatifi olarak kullanılmasıdır.- bkz. Şekil 6



Şekil 6. **g3** teknolojisinin 2009'da ilk ticari kullanımı –Jebel Ali (BAE) iletim hattı

Böylece, **g3**, gazla yalıtılmış hatlarda ve trafolarla başarıyla uygulanmıştır. Örnekler için bkz. Şekil 7.



(a)



(b)

Şekil 7. 145 kV GIS (a) ve 245 kV trafo (b) **g3** teknolojisi ile in Grimaud (Fransa) ve Frankfurt (Almanya)'da üretilmiştir

Şekil 7 'de gösterilen 145 kV GIS'nin önemli özellikleri

Tablo 2’de açıklanmıştır.



Tablo 2. g3 teknolojisiyle üretilen 145 kV GIS 'nin önemli özellikleri.

İtem		Value	Unit	
Madde		Değer	Birim	
Nominal voltaj		145	kV	
Nominal frekans		50 / 60	Hz	
Nominal akım		2500e kadar	A	
Kısa süre güç frekans voltajı		275	315	kV
BIL		650	750	kV
Kısa devre	ITH	40	kA	
	Süresi	3	S	
Kısa devre akım piki		108	kA	
CB mekanik sınıfı ve		10.000 (M2)	Ops	
Cap. Şalt performansı		C2 (LC/CC/BC)		
Basınç dizaynı		6 6.5 7	Bar	
(kilitleme/uyarı/dolum)		87 94 102	Psi	
Yalıtım/Kesim ortamı		%6		

3.2.2 AirPlus™

Floroketon kullanan alternatif bir teknoloji olan Novec 5110™, AirPlus™ ticari unvanıyla ABB tarafından geliştirilmiştir. Bu yalıtım gazı, Novec 5110™, CO₂ veya N₂ ve O₂'nin tescilli bir karışımıdır. Bu karışım çok düşük (<1) bir KIP'ye sahiptir, bu nedenle CO₂ eşleniği salımları SF₆'ya oranla % 99,995 oranında azaltılmıştır. Oerlikon'da (İsviçre) bulunan bu gaz karışımlarıyla yalıtılmış 8 170 kV GIS bölmesi ve 50 24kV GIS bölmesine sahip pilot trafo merkezi 2015 yılında inşa edilmiştir- bkz. Şekil 8 ve Şekil 9.



Şekil 8. Oerlikon (İsviçre)'de Novec 5110™ içeren ABB tescilli yalıtım gazı karışımı kullanan HV GIS 170 kV ve MV 24 kV ekipmanları kurulu pilot trafo merkezi



Şekil 9. Şekil 8.'da gösterilen pilot trafo merkezinde kurulu 170 kV HV GIS ve 24 kV MV GIS ekipmanlarının fotoğrafları

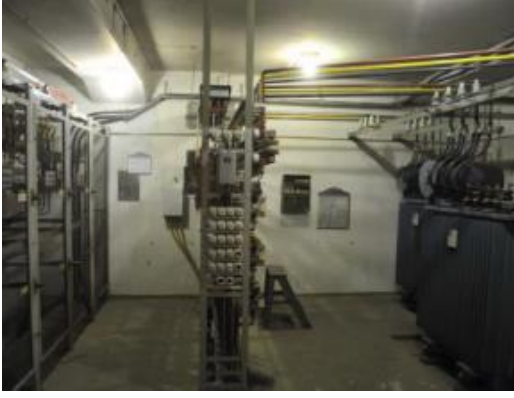
Oerlikon trafo merkezinde kurulu HV (GLK-14) ve MV (ZX2) GIS özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Oerlikon trafo merkezinde kurulu HV (GLK-14) ve MV (ZX2) GIS özellikleri

	GLK-14	ZX2
Nominal Gerilim	170 kV	24 kV
Nominal akım	1250 A	2500 A
Nominal frekans	50 Hz	50 Hz
Nominal kısa devre akım	40 kA	25 kA
Minimal fonksiyonel basınç	700 kPa abs	120 kPa abs
Minimal işletim sıcaklığı	+5°C	-15°C
Geri alan gazı	CO ₂ and O ₂	Tech. Air

2017 yılında MV şalt ekipmanında AirPlus™ teknolojisi kullanan bir diğer pilot trafo merkezi Stavanger (Norveç)'te kurulmuştur- bkz. Şekil 10 , eski ve yerine konulmuş yeni ekipmanlar karşılaştırma amaçlı gösterilmiştir.





(a)



(b)

Şekil 10. Stavanger (Norveç)'te kurulan (a) eski ve (b) yeni MV şalt ekipmanları. Yeni ekipmanda ABB tarafından geliştirilen AirPlus™ teknoloji kullanılmıştır.

3.2.3 Trifloroyodometan

CO₂ ve N₂ ile trifloroyodometan karışımları elektrik şaltlarında SF₆ alternatifi olarak incelenmiştir ve bu bileşenin iyi oranda dielektrik dayanıklılığına (SF₆ 'nin 75-90%'ı) sahip olmasına nedeniyle yalıtım gazı olarak kullanım için göz önünde bulundurulabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak bu tür karışımları kullanan ticari ekipmanlar daha satışa sunulmamıştır.

3.2.4 Temiz hava ve vakum

Yalıtım (GIS için) için sentetik hava kullanan ve sentetik hava kullanan GIL ve GIS için geliştirilen Clean Air isimli teknoloji, vakumla birleştirildi (devre kesici içinde), öncelikle Siemens ve Hitachi tarafından test edildi ve bu teknolojiye dayanan GIS kullanan bazı pilot trafo merkezleri inşa edildi- bu tür ekipmanlar ve Siemens tarafından geliştirilen 145 kV GIS 'ye ait önemli parametreler için bkz. Tablo 4.



(a)



(b)

Şekil 11. Clean Air teknolojisi kullanan Siemens tarafından geliştirilen 145 kV GIS (solda) ve 72.5 kV gerilimli devre tankı.

Tablo 4. Clean Air teknolojisi kullanan ve Siemens tarafından geliştirilen 145 kV GIS 'ye ait önemli özellikler.

Şalt türü	8VN1
Nominal enerji frekansı	145 kV
Nominal enerji frekansı	275 kV
Nominal Yıldırım Uyarısı (1,2/50ps)	650 kV
Nominal normal akım	3150 A
Nominal kısa devre devre kesici	40 kA
Nominal kısa dönem akım (3 saniyeye kadar)	40 kA
Yıllık sızıntı oranı	< 0.1 %
Devre Kesici mekanizması	Yaylı
Nominal işletim sekansı	0-C0-15S-C0
Kesici teknoloji	Vakum
Yalıtım ortamı	Clean air
Bölme genişliği ortak kutup	3'4"
Bölme yüksekliği, derinliği (tipik)	10'6" x 18'
Bölme genişliği (tipik)	5 t
Ortam sıcaklık aralığı	-53 °F ila +122 °F
Kurulum	Açık/kapalı ortam
İlk önemli inceleme	> 25 yıl
Beklenen kullanım süresi	> 50 yıl

Vakumlu devre kesicilerin kullanımı (bkz. Şekil 12) uzun bir geçmişe dayanır fakat şimdi SF₆ alternatifini ihtiyacı sebebiyle endüstrinin daha çok dikkatini çekmektedir. Özellikle, katı yalıtımlı şalt (SIS) ekipmanı artık satışa sunulmaktadır; örn. düşük ve orta ve hatta yüksek gerilimli sistemleri için. Schneider. Katı ve hava yalıtımı kombinasyonları da araştırılmaktadır.



Şekil 12. Vakum devre kesici.

3.2.5 HFO-1,2,3,4ze

HFO-1,2,3,4ze'nin köpük üfleme maddesi olarak kullanımı halihazırda kanıtlanmış olsa da sadece birkaç kaynak incelemesi bu bileşiğin elektrik şalt ekipmanlarında yalıtım gazı olarak uygulanması olanağından bahsetmektedir. Ancak oldukça düşük kaynama noktası (-30°C), çok düşük KIP (<1), düşük toksisite ve iyi derecede potansiyel dielektrik dayanıklılığından dolayı, hafif yanıcı özelliğe sahip olması nedeniyle yalnızca yalıtım gazı olarak gelecekteki SF₆ alternatifi olarak kabul edilebilir.



4 Sonuçlar ve Türkiye için öneriler

3.2. bölümde sunulan bilgi iığında, yangından korunma sektöründe halon, HFC ve PFC'lere alternatif olan teknolojilerin ticari olarak temin edilebilir ve dünya çapındaki uygulamaları bu maddelerin kullanımını ve salımını önemli ölçüde azaltacaktır ve böylece ozon tabakasının incelmesini önlemeye ve küresel ısınmayla mücadelede yardımcı olacaktır. Özellikle, Clean Air, AirPlus™ ve **g3** teknolojileri en çok gelecek vaat edenlerdir. Bu teknolojilerin pratik uygulamasındaki deneyim henüz yeterince geliğmediği için, hangilerinin SF₆'ya alternatif olabileği henüz belli değildir. Örneğin. AirPlus™ ve **g3** teknolojilerini kullanan ėalt ekipmanlarında bulunabilecek Novec 4710™ ve Novec 5110™'den ayrıştırma ürünlerine iliğkin arağtırmalar devam etmektedir.

Yine de, Türkiye'deki ėalt ekipmanı operatörlerinin, yeni sistemler kurulumunda, bu rehberden piyasada satılan SF₆ alternatif teknolojilerden birini seğmeleri önerilir.



Kaynakça

1. X. Li, A.B. Murphy et al.: SF₆ alternative gases for application in gas-insulated switchgear, *J. Phys. D Appl. Phys.* 51 (2018) 153001; DOI 10.1088/1361-6463/aab314.
 2. L. G. Christophorou, J. K. Olthoff et al. : Gases for electrical insulation and arc interruption : Possible present and future alternatives to pure SF₆, *NIST Technical Note 1425* (1997), <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/TN/nbstechnicalnote1425.pdf>
 3. M. Rabie, C. Franck: Comparison of gases for electrical insulation, *IEEE Trans. Dielect. El. Insul.* 25 (2018), DOI/10.1109/TDEI.2018.006900.
- A literature review on SF₆ gas alternatives for use on the distribution network, Western Power Distribution, Innovation (2018).
5. <https://www.westernpower.co.uk/downloads/5857>
 6. M. Albano, A. Manu Haddad et al.: Environmentally friendly compact air-insulated high-voltage substations, *Energies* 11 (2018), 2429; DOI 103390/en11092429
 7. AirPlus™ technology flyer : https://library.e.abb.com/public/85202ca303fb4fca9b2bb310802f8dcf/ABB%20Breakthroughs%20in%20Switchgear_SF6%20Alternative%20Gases.pdf
 8. g3 technology flyer : https://www.gegridsolutions.com/products/brochures/g3-Flyer-EN-Grid-GS-1068-2017_10.pdf
 9. Clean Air technology flyer : <https://news.thomasnet.com/companystory/siemens-receives-order-for-world-s-first-sf6-free-gas-insulated-switchgear-with-clean-air-and-vacuum-switching-technology-for-145-kv-40017449>
[https://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=en/pressrelease/2018/energyma_nagement/pr2018110063emen.htm&content\[\]=EM](https://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=en/pressrelease/2018/energyma_nagement/pr2018110063emen.htm&content[]=EM)
 10. H. Katagiri, H. Kasuya et al.: Investigation of the performance of CF₃I gas as a possible substitute for SF₆, *IEEE Trans. Dielect. El. Insul.* 15 (2008), 1424; DOI 10.1109/TDEI.2008.4656252.

