



GWP, CO₂(e) ve HFC Sepeti

Arka plan: Kigali Değişikliği kapsamındaki HFC azaltmaya yönelik sürecin hedefleri **ton CO₂ eşdeğeri** cinsinden ölçülecektir. Politika yapımcıların ve endüstri paydaşlarının bu parametrenin nasıl hesaplandığını ve her ülkede esnek bir HFC azaltma süreci yaklaşımının benimsenmesini nasıl sağladığını anlamaları çok önemlidir. Ton CO₂ eşdeğerini hesaplamak için ilgili her gazın **GWP₁** (küresel ısınma potansiyeli) değeri bilinmelidir.

GWP nedir? Küresel ısınma potansiyeli (GWP), farklı gazların bağıl küresel ısınma etkilerinin bir ölçüsüdür. GWP, belirli bir sürede, bir gazın 1 tonunun, 1 ton CO₂ tarafından hapsedilen ısı miktarına bağıl hapsedtiği ısı miktarını belirtir. CO₂, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından referans gaz olarak seçilmiştir ve GWP'si 1 olarak tanımlanmıştır. Çoğu HCFC ve HFC'nin GWP'si CO₂'nin GWP'sinin binlerce katıdır. Örneğin HFC-134a'nın GWP'si 1.430'dur. Bu, 1 ton HFC-134a emisyonunun küresel ısınmaya katkısının 1.430 ton CO₂ ile aynı olacağı anlamına gelir.

Neden aynı gaz için farklı GWP değerleri vardır? Farklı yayınlar belirli bir gaz için her zaman aynı GWP değerlerini belirtmez. Bunu iki ana nedeni vardır:

- GWP'ler, 20 yıl, 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.
- Her gaza 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.

Kigali Değişikliği kapsamında kullanılan GWP'ler: Kigali Değişikliği kapsamında, HFC tüketimini ve üretimini raporlamak 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 Raporundaki 100 yıllık GWP'leri temel almaktadır.

Bazı HCFC'ler ve HFC'ler saf akışkanlar olarak kullanılmaktadır;

ör. çeşitli RAC uygulamalarındaki HFC-134a. Ancak en yaygın kullanılan HFC'lerin bir çoğu iki ya da daha fazla HFC molekülünün karışımıdır. Bir karışımın GWP değeri, karışımındaki bileşenlerin GWP değerlerinin ağırlıklı ortalamasıdır. Bir karışımın GWP değerinin örnek hesabı için bkz. Kutu 1.

Kutu 1: Bir karışımın GWP değerinin hesaplanması

R404A, yaygın kullanılan bir karışımdır. Şu bileşenlerden oluşur:

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

GWP'ler: HFC-143a: 4470 HFC-125: 3500 HFC-134a: 1430

**Karışımın GWP'si = %52 * 4470 + %44 * 3500 + %4 * 1430
= 3922**

Grup	Akışkan	Montreal Protokolü Standart GWP Değeri
HFC'ler	HFC-134a	1430
	HFC-227ea	3 220
HFC karışımları	R-404A	3922
	R-410A	2088
HCFC'ler	HCFC-22	1 810
	HCFC-141b	725

HCFC'lerin GWP değerleri önemlidir çünkü bunlar bir ülkenin temel tüketiminin bir kısmını teşkil eder (temel değerlere ilişkin ayrıntılar için bkz. [Kigali Bilgi Notu 5](#)).

Tablo, en yaygın HFC'lerin ve HCFC'lerin bazıları için kullanılması gereken GWP değerlerini göstermektedir. Bu bilgi notunun sonundaki bir tablo, ilgili tüm moleküllerin ve karışımların GWP değerlerinin kapsamlı bir listesini içermektedir.

Ton CO₂ eşdeğeri nedir?

Ton CO₂ eşdeğeri bir bazın GWP ağırlıklı miktarıdır.

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

Ton CO₂ eşdeğeri gazın kütlesinin (ton cinsinden) gazın GWP (küresel ısınma potansiyeli) değerine çarpımı ile hesaplanır.

Kutu 2: Ton CO₂ eşdeğerinin hesaplanması

Örneğin 100 kg HFC 404A'nın ton CO₂ eşdeğeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{CO}_2 \text{ eşdeğer} = \text{kütle (ton)} \times \text{GWP}$$

$$\text{Kütle} = 100/1\,000 = 0,1 \text{ ton}$$

$$\text{R-404A'nın GWP'si} = 3\,922$$

$$\text{Böylece } 100 \text{ kg R-404A, } 0,1 \times 3\,922 \text{ ton CO}_2\text{e} \\ = \mathbf{392,2 \text{ ton CO}_2\text{e'ye eşittir}}$$

Bir gaz "sepetinin" HFC azaltma sürecinin ölçümü:

HFC azaltmaya yönelik sürecin ölçümü için ton CO_{2e} parametresi kullanılarak, bütün bir HFC sepeti için geçerli tek bir azaltma hedefi seti kullanılabilir. Kontrollü HFC'ler sepeti Montreal Protokolü Ek F'de, standart GWP değerleri ile verilmiştir. Üretim ve tüketim hedefleri ton CO_{2e} cinsinden belirtilmiştir ve tüm HFC sepetinin toplam kullanımı için geçerlidir.

Bu yaklaşım her ülkenin kendi azaltma sürecini kendi yerel koşullarına en uygun şekilde planlamasına olanak tanır. Belirli HFC moleküllerinin kullanımının durdurulması için yerleşik bir gereksinim yoktur; bu, ton CO_{2e} cinsinden ölçülen tüm HFC'ler için karşılanması gereken toplam hedefdir. Bu yaklaşım, düşük GWP'li alternatiflerin kullanımını teşvik etmekte, ayrıca düşük maliyetli bir alternatifin bulunmadığı pazarlarda yüksek GWP'li gazların küçük miktarlarda kullanımına devam edilmesine olanak tanımaktadır.

HFC azaltma hesabının taban değerleri, hem HFC hem de HCFC tüketiminin bir birleşimini temel almaktadır (ayrıntılar için bkz. [Kigali Bilgi Notu 5](#)). Taban değer miktarı ayrıca ton CO_{2e} değerlerinin hesaplanması için kullanılan HCFC'ler için GWP değerini de içeren bir gaz sepeti olarak da ele alınır.

GWP spektrumu:

Şekil 1'de, Montreal Protokolü Teknoloji ve Ekonomik Değerlendirme Paneli tarafından belirlenen GWP bantları kullanılarak HFC'ler, HCFC'ler ve ayrı (NIK) akışkanlar için GWP spektrumu gösterilmiştir. Bantlar bir dereceye kadar keyfidir ve evrensel olarak kabul edilmemişlerdir, ancak gelecekte kullanılacak akışkanların karışımını göstermeye yardımcı olmaktadır.

En yaygın kullanılan HCFC'ler ve HFC'ler 1400 ila 4000 arasında GWP değerlerine sahiptir. Bu HCFC'lerin ağırlıklı ortalama GWP değeri yaklaşık 2000'dir.

Kigali Değişikliği aracılığıyla HFC kullanımında %80 ila %85'lik bir azaltma elde etmek için, ortalama GWP değeri yaklaşık 200 ila 300 olan HFC'lerin kullanılması gerekecektir. Şekilde gösterildiği üzere, GWP değerleri 30'un altında olan çeşitli "ultra-düşük" GWP'li seçenekler vardır. Gelecekte muhtemel dağılım, ultra-düşük GWP'li gazların yoğun, orta GWP'li gazların bir miktar ve yüksek GWP'li gazların teknik alternatiflerin olmadığı alanlarda sınırlı kullanımı şeklinde olacaktır. Düşük GWP'li seçenekler hakkındaki ayrıntılar



Based on TEAP Task Force Report

için bkz. [Kigali Bilgi Notu 4](#).

Examples (GWP)

Ultra-high >10 000	HFC-23 (14 800)		
Very high 3 000 - 10 000	R-404A (3 922)	R-507A (3 985)	
High 1 000 - 3 000	R-410A (2 088)	HCFC-22 (1 810)	HFC-134a (1 430)
Medium 300 - 1 000	HFC-32 (675)	R-447A (583)	R-454B (446)
Low 100 - 300	R-454A (239)	R-455A (148)	
Very low 30 - 100	R-430A (94)		
Ultra-low <30	R-717 (0)	R-744 (1)	R-290 (3) HFO-1234yf (5)

2 HFC-134a, R-410A, R-404A ve HCFC-22, küresel HFC ve HCFC tüketiminin yaklaşık %90'ını

GWP Değerleri Tablosu:

Aşağıdaki tablo, Kigali Değişikliği'nden etkilenen çeşitli akışkanların GWP değerlerinin ayrıntılı bir listesini vermektedir. Şekil 1'e göre renkli kodlama.

Grup	Akışkan	GWP	
HFC'ler	HFC-23	14800	
	HFC-32	675	
	HFC-41	92	
	HFC-125	3500	
	HFC-134	1100	
	HFC-134a	1430	
	HFC-143	353	
	HFC-143a	4470	
	HFC-152a	124	
	HFC-227ea	3220	
	HFC-236cb	1340	
	HFC-236ea	1370	
	HFC-236fa	9810	
	HFC-245fa	1030	
	HFC-365mfc	794	
	HFC-4310mee	1640	
	HCFC'ler	HCFC-22	1810
		HCFC-123	77
HCFC-124		609	
HCFC-141b		725	
HCFC-142b		2310	
CFC'ler	CFC-11	4750	
	CFC-12	10900	
	CFC-113	6130	
	CFC-114	10000	
	CFC-115	7370	
HFO'lar	HFO-1234yf	4	
	HFO-1234ze	7	
	HFO-1233zd	4	
	HFO1336mzz	9	
Diğer	Amonyak	0	
	CO ₂	1	
	Propan	3	
	İzo-bütan	3	
	Pentan	3	
	Propilen	2	

Karışım	GWP
R-401A	1182
R-401B	1288
R-402B	2416
R-403A	3124
R-403B	4457
R-404A	3922
R-407A	2107
R-407C	1774
R-407F	1825
R-408A	3152
R-409A	1585
R-409B	1560
R-410A	2088
R-411A	1597
R-412A	2826
R-413A	2053
R-415A	1507
R-415B	546
R-416A	1084
R-417A	2346
R-418A	1741
R-419A	2967
R-420A	1536
R-421A	2631
R-421B	3190
R-422A	3143
R-422B	2526
R-422C	3085
R-422D	2729
R-423A	2280
R-424A	2440
R-425A	1505
R-426A	1508
R-427A	2138
R-428A	3607
R-429A	13
R-430A	94
R-431A	37
R-432A	2
R-434A	3
R-433B	3
R-433C	3
R-434A	3245
R-435A	26

Karışım	GWP
R-436A	3
R-436B	3
R-437A	1805
R-438A	2265
R-439A	1983
R-440A	144
R-441A	3
R-442A	1888
R-444A	93
R-444B	296
R-445A	135
R-446A	461
R-447A	583
R-448A	1387
R-449A	1397
R-449B	1412
R-450A	605
R-451A	149
R-451B	164
R-452A	2140
R-452B	698
R-453A	1765
R-454A	239
R-454B	466
R-454C	148
R-455A	148
R-456A	687
R-457A	139
R-458A	1650
R-459A	460
R-459B	145
R-460A	1352
R-461A	2103
R-502	4657
R-507A	3985
R-508A	13214
R-508B	13396
R-510A	1
R-511A	9
R-512A	189
R-513A	631
R-513B	596
R-514A	7
R-515A	939