

**مقدمه:** پیشرفت در جهت هدف کاهش تدریجی هایدروفلوروکاربین ها (HFCs) تحت تعديلات کیگالی با معادل تن کاربن دای اکساید (CO<sub>2</sub>) اندازه گیری خواهد شد. این یک امر بسیار مهم است که پالیسی سازان و نهاد های ذیدخل بدانند که این پارامتر چگونه محاسبه می گردد و روش های انعطاف پذیری را درک کنند که دستیابی به کاهش تدریجی هایدروفلوروکاربین ها را ممکن سازد که توسط هر کشوری پذیرفته شود. برای محاسبه معادل تن کاربن دای اکساید (CO<sub>2</sub>) لازم است تا GWP<sup>1</sup> (پوتانشیل گرمایش جهانی) گاز مربوطه را بدانید.

**GWP یا پوتانشیل گرمایش جهانی چیست؟** پوتانشیل گرمایش جهانی (GWP) عبارت از اندازه گیری اثرات نسبی گرمایش جهانی گاز های مختلف است. پوتانشیل گرمایش جهانی میزان گرمایی را نشان می دهد که توسط یک تن گاز به نسبت مقدار گرمایی که با ۱ تن کاربن دای اکساید در طی یک دوره مشخص وارد می شود محصور میگردد. کاربن دای اکساید CO<sub>2</sub> توسط هیئت بین الدولی تغییر اقلیم (IPCC) به عنوان گاز مرجع انتخاب شد و پوتانشیل گرمایش جهانی (GWP) آن به عنوان ۱ تعریف شده است. اکثر هایدروکلوروفلوروکاربین ها (HCFCs) و هایدروفلوروکاربین ها (HFCs) دارای پوتانشیل گرمایش جهانی (GWP) هستند که هزاران بار بالاتر از پوتانشیل گرمایش جهانی (GWP) کاربن دای اکساید (CO<sub>2</sub>) میباشد. بطور مثال، های دروفلوروکاربین-134a دارای پوتانشیل گرمایش جهانی ۱۴۳۰ میباشد. این بدان معنی است که انتشار ۱ تن از های دروفلوروکاربین-134a همانند انتشار ۱۴۳۰ تن کاربن دای اکساید (CO<sub>2</sub>) دارای یکسان گرمایش جهانی میباشد.

**چرا مقادیر متفاوت پوتانشیل گرمایش جهانی (GWP) برای یک گاز میباشد؟** نشریه های مختلف همیشه مقادیر یکسان پوتانشیل گرمایش جهانی را برای یک گاز خاص بیان نمی کنند. دو دلیل اصلی برای این امر وجود دارد:

الف) پوتانشیل گرمایش جهانی را می توان برای اندازه گیری تاثیر بر مقیاس های زمانی مختلف تعریف کرد، به عنوان مثال 20 سال، 100 سال یا 500 سال. این امر منتج به مقادیر مختلف پوتانشیل گرمایش جهانی برای هر یک از این مقیاس های زمانی می گردد.

ب) تدریدی در مورد بهترین میزان پوتانشیل گرمایش جهانی برای اختصاص دادن به هر گاز وجود دارد. یک منبع کلیدی در مورد اطلاعات پوتانشیل گرمایش جهانی گزارش های ارزیابی هیئت بین الدولی تغییر اقلیم میباشد. مقادیر پوتانشیل گرمایش جهانی که توسط هیئت بین الدولی تغییر اقلیم منتشر شده است در طول 20 سال گذشته چندین بار به روز رسانی یا اپدیت گردیده است.

**پوتانشیل های گرمایش جهانی استفاده شده در تعديلات کیگالی:** روی مجموعه ای از مقادیر استاندارد پوتانشیل گرمایش جهانی تحت تعديلات کیگالی برای گزارش مصرف و تولید هایدروفلوروکاربین ها توافق بعمل آمده است. پوتانشیل گرمایش جهانی هایدروکلوروفلوروکاربین ها و هایدروفلوروکاربین ها در ضمیمه های (ج) و (و) در پروتوکول مونتریل فهرست گردیده و بر اساس پوتانشیل گرمایش جهانی 100 ساله در گزارش ارزیابی چهارم هیئت بین الدولی تغییر اقلیم میباشد.

#### باکس 1: محاسبه پوتانشیل گرمایش جهانی یک گاز ترکیبی

گاز ترکیبی که به طور گسترده مورد استفاده قرار میگیرد R-404A میباشد. این گاز ترکیبی شامل مواد زیر است:

$$52\% \text{ HFC-143a} + 44\% \text{ HFC-125} + 4\% \text{ HFC-134a}$$

$$\text{GWPs: HFC-143a: 4470 HFC-125: 3500 HFC-134a: 1430}$$

$$\text{Blend GWP} = 52\% * 4470 + 44\% * 3500 + 4\% * 1430$$

$$= 3922$$

برخی از هایدروکلوروفلوروکاربین ها (HCFCs) و هایدروفلوروکاربین ها (HFCs) به عنوان مواد خالص مورد استفاده قرار می گیرند، مانند هایدروفلوروکاربین-134a در بسیاری از موارد استفاده. با این حال، بسیاری از هایدروفلوروکاربین های معمولی که مورد استفاده قرار می گیرند، ترکیب از دو یا چند مالیکول جداگانه ی هایدروفلوروکاربین ها هستند. پوتانشیل گرمایش جهانی یک گاز ترکیبی اوسط وزنی اجزای گاز ترکیبی میباشد. برای محاسبه نمونه پوتانشیل گرمایش جهانی یک گاز ترکیبی، جعبه 1 را ببینید.

پوتانشیل گرمایش جهانی هایدروکلوروفلوروکاربین ها حایز اهمیت هستند، زیرا اینها بخشی از مصرف اصلی کشور میباشد (برای اطلاعات بیشتر در مورد جزئیات اصلی صفحه معلومات (فکت شیت) ۵ کیگالی را ببینید).

جدول مقادیر پوتانشیل گرمایش جهانی را که باید برای برخی از معمول ترین هایدروفلوروکاربین ها و هایدروکلوروفلوروکاربین ها مورد استفاده قرار بگیرد نشان میدهد. جدولی که در آخر این صفحه معلومات (فکت شیت) قرار دارد شامل فهرست کاملی از مقادیر پوتانشیل گرمایش جهانی برای تمام مالیکول های مربوطه و گازات ترکیبی میباشد.

گروه	مابع	مقیاس پوتانشیل گرمایش جهانی استاندارد پروتوکول مونتریل
HFCs	HFC-134a	1 430
	HFC-227ea	3 220
HFC blends	R-404A	3 922
	R-410A	2 088
HCFCs	HCFC-22	1 810
	HCFC-141b	725

## باکس 2: محاسبه معادل تن کاربن اکساید (CO<sub>2</sub>)

به عنوان مثال، معادل تن کاربن دای اکساید (CO<sub>2</sub>) 100 کیلوگرم HFC 404A به صورت زیر محاسبه می شود:

معادل کاربن دای اکساید = حجم (به تن) × پوتانشیل گرمایش جهانی

حجم =  $100/1000 = 0.1$  تن

پوتانشیل گرمایش جهانی R-404A = 3 922

بنابر این 100 کیلوگرم R-404A عبارت از  $0.1 \times 3\ 922$  تن CO<sub>2</sub>e

**CO<sub>2</sub>e تن 392.2 =**

## معادل تن کاربن دای اکساید (CO<sub>2</sub>) چیست؟

معادل تن CO<sub>2</sub> عبارت از مقدار وزن شده ی پوتانشیل گرمایش جهانی یک گاز است.

این معادل اغلبا به صورت تن CO<sub>2</sub>e یا به تنهایی به عنوان تن CO<sub>2</sub> نشان داده میشود.

معادل تن کاربن دای اکساید (CO<sub>2</sub>) بوسیله ضرب کردن وزن گاز (به تن) با پوتانشیل گرمایش جهانی آن گاز محاسبه می گردد.

**اندازه گیری کاهش تدریجی هایدروفلوروکربن برای "سبد" از گازها:** با استفاده از پارامتر ton CO<sub>2</sub>e برای اندازه گیری پیشرفت در مرحله کاهش HFC، می توان از یک مجموعه ای از اهداف کاهش تدریجی که برای کل سبد HFC ها استفاده می شود استفاده شود. سبد هایدروفلوروکربن های کنترل شده در ضمیمه (و) پروتوکول مونتریل همراه با مقادیر استاندارد پوتانشیل گرمایش جهانی ذکر شده است. اهداف تولید و مصرف در تن CO<sub>2</sub>e تنظیم گردیده و بر مجموع استفاده از کل سبد هایدروفلوروکربن اعمال می شود.

این رویکرد به هر کشوری اجازه می دهد تا کاهش تدریجی خویش را به گونه ای تنظیم کند که به شرایط محلی مناسب باشد. هیچ الزامات اجباری برای متوقف کردن استفاده از مولکول های خاص هایدروفلوروکربن ها وجود ندارد - این یک هدف مجموعی برای تمام هایدروفلوروکربن هایی میباشد که با تن CO<sub>2</sub>e اندازه گیری شده و باید رعایت شود. این امر استفاده از جایگزین های اندک پوتانشیل گرمایش جهانی را تشویق می نماید، اما امکان استفاده مجدد از مقادیر کم گازهایی با پوتانشیل گرمایش جهانی بالا را در بازارهایی فراهم می کند که در آن هیچ جایگزین کم هزینه ای وجود ندارد.

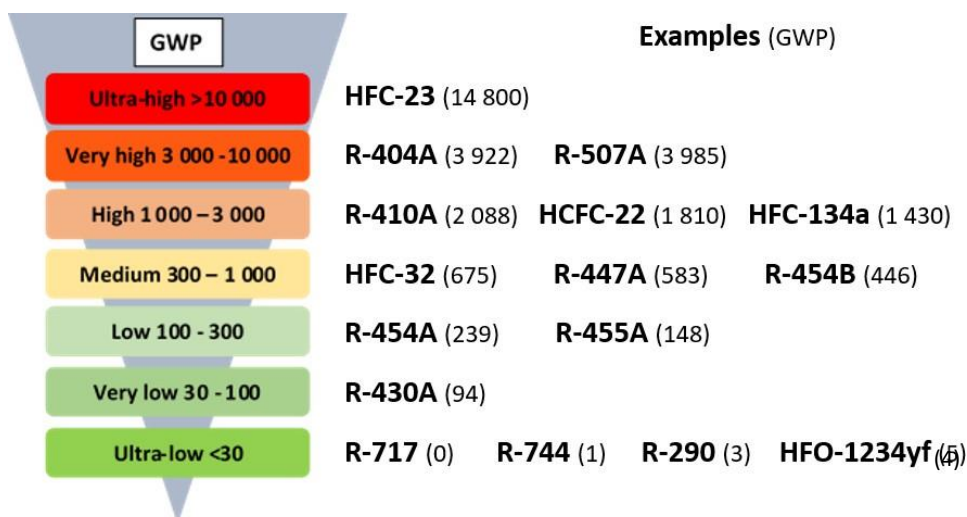
اساس (baseline) برای محاسبات کاهش تدریجی هایدروفلوروکربن بر اساس ترکیبی از مصرف هر دو هایدروفلوروکربن و هایدروکلوروفلوروکربن است (برای اطلاعات بیشتر، به صفحه معلومات (فکت شیت) 5 کیگالی مراجعه کنید). مقدار اساس (baseline) همچنان به عنوان یک سبد گازها، با میزان پوتانشیل گرمایش جهانی برای هایدروکلوروفلوروکربن هایی که جهت محاسبه تن CO<sub>2</sub>e شان استفاده می شوند مورد رسیدگی قرار می گیرد.

**طیف پوتانشیل گرمایش جهانی:** شکل ۱ طیف پوتانشیل گرمایش جهانی را برای هایدروفلوروکربن ها، هایدروکلوروفلوروکربن ها و مواد غیر همانند با استفاده از باند های پوتانشیل گرمایش جهانی که توسط تکنولوژی پروتوکول مونتریل و هیئت ارزیابی اقتصادی مشخص شده است، نشان می دهد. این باند ها به طور جهانی پذیرفته نشده اند، اما در توضیح ترکیبی از مواد که ممکن است در آینده مورد استفاده قرار بگیرند، کمک می کند.

هایدروکلوروفلوروکربن ها و هایدروفلوروکربن هایی که دارای بیشترین موارد استفاده هستند دارای پوتانشیل گرمایش جهانی ۱۴۰۰ تا ۴۰۰۰ میباشند. اوسط وزنی پوتانشیل گرمایش جهانی این هایدروکلوروفلوروکربن ها و هایدروفلوروکربن ها در حدود ۲۰۰۰ است.

## شکل 1

برای به دست آوردن ۸۰٪ الی ۸۵٪ کاهش در استفاده از هایدروفلوروکربن از طریق تعدیلات کیگالی، لازم است که از هایدروفلوروکربن ها با یک اوسط پوتانشیل گرمایش جهانی حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ استفاده شود. همانطور که در شکل نشان داده شده است، گزینه های پوتانشیل گرمایش جهانی "فوق العاده کم" با پوتانشیل گرمایش جهانی زیر ۳۰ وجود دارد. احتمال دارد که در آینده استفاده های قابل توجهی از گازهایی با پوتانشیل گرمایش جهانی فوق العاده کم، همراه با برخی از استفاده از گازهایی با پوتانشیل گرمایش جهانی متوسط و جایی که هیچ جایگزینی فنی دیگری نتواند مورد استفاده قرار بگیرد، استفاده محدود از گازهایی با پوتانشیل گرمایش جهانی وجود داشته باشد. برای اطلاعات بیشتر در مورد گزینه های کم پوتانشیل گرمایش جهانی به صفحه معلومات (فکت شیت) ۴ کیگالی مراجعه کنید.



Based on TEAP Task Force Report

**جدول مقادیر پوتانشیل گرمایش جهانی:** جدول زیر فهرست کاملی از پوتانشیل گرمایش جهانی \* مواد مختلف را نشان می دهد که توسط تعدیلات کیگالی تنظیم گردیده است. کدگذاری رنگ بر اساس شکل ۱ صورت گرفته است.

پوتانشیل گرمایش جهانی	مواد	گروه
14 800	HFC-23	هایدروفلورو کاربن ها (HFCs)
675	HFC-32	
92	HFC-41	
3 500	HFC-125	
1 100	HFC-134	
1 430	HFC-134a	
353	HFC-143	
4 470	HFC-143a	
124	HFC-152a	
3 220	HFC-227ea	
1 340	HFC-236cb	
1 370	HFC-236ea	
9 810	HFC-236fa	
1 030	HFC-245fa	
794	HFC-365mfc	
1 640	HFC-4310mee	
1 810	HCFC-22	
77	HCFC-123	
609	HCFC-124	
725	HCFC-141b	
2 310	HCFC-142b	کلوروفلورو کاربن ها (CFCs)
4 750	CFC-11	
10 900	CFC-12	
6 130	CFC-113	
10 000	CFC-114	HFOs
7 370	CFC-115	
4	HFO-1234yf	
7	HFO-1234ze	
4	HFO-1233zd	
9	HFO1336mzz	سایر مواد
0	آمونیاک	
1	کاربن دی اکساید	
3	پروپان	
3	ایزو-بوتان	
5	پانتان	
2	پروپیلین	

پوتانشیل گرمایش جهانی	گاز ترکیبی
1 182	R-401A
1 288	R-401B
2 416	R-402B
3 124	R-403A
4 457	R-403B
3 922	R-404A
2 107	R-407A
1 774	R-407C
1 825	R-407F
3 152	R-408A
1 585	R-409A
1 560	R-409B
2 088	R-410A
1 597	R-411A
2 826	R-412A
2 053	R-413A
1 507	R-415A
546	R-415B
1 084	R-416A
2 346	R-417A
1 741	R-418A
2 967	R-419A
1 536	R-420A
2 631	R-421A
3 190	R-421B
3 143	R-422A
2 526	R-422B
3 085	R-422C
2 729	R-422D
2 280	R-423A
2 440	R-424A
1 505	R-425A
1 508	R-426A
2 138	R-427A
3 607	R-428A
14	R-429A
95	R-430A
38	R-431A
2	R-432A
3	R-433A
3	R-433B
3	R-433C
3 245	R-434A
26	R-435A

پوتانشیل گرمایش جهانی	گاز ترکیبی
3	R-436A
3	R-436B
1 805	R-437A
2 265	R-438A
1 983	R-439A
144	R-440A
3	R-441A
1 888	R-442A
93	R-444A
296	R-444B
135	R-445A
461	R-446A
583	R-447A
1 387	R-448A
1 410	R-449A
1 412	R-449B
605	R-450A
149	R-451A
164	R-451B
2 140	R-452A
698	R-452B
1 765	R-453A
239	R-454A
466	R-454B
148	R-454C
148	R-455A
687	R-456A
139	R-457A
1650	R-458A
460	R-459A
145	R-459B
2103	R-460A
2767	R-461A
4 657	R-502
3 985	R-507A
13 214	R-508A
13 396	R-508B
1	R-510A
9	R-511A
189	R-512A
631	R-513A
596	R-513B
7	R-514A
393	R-515A