



SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO

Znaczenie ekologicznych czynników chłodniczych w rozwoju gruntowych pomp ciepła

dr hab. inż. Paweł Obstawski, prof. SGGW



Podział czynników chłodniczych

czynniki jednorodne, które są węglowodorami
lub pochodnymi węglowodorów,

czynniki **naturalne**

czynniki jednorodne niebędące węglowodorami lub
pochodnymi węglowodorów,

czynniki będące mieszaninami.



Podział czynników chłodniczych

CFC (chloro-fluoro-carbons) - będące pochodnymi węglowodorów i mające najbardziej niekorzystny wpływ na niszczenie warstwy ozonowej, w których wszystkie atomy wodoru zostały zastąpione innymi pierwiastkami min.: chlorem, fluorem i bromem

HCFC (hydro-chloro-fluoro-carbons) - będące pochodnymi węglowodorów i ze względu na fakt, że zawierają w swoim składzie atomy wodoru w porównaniu z czynnikami CFC mają mniej niekorzystny wpływ na niszczenie warstwy ozonowej

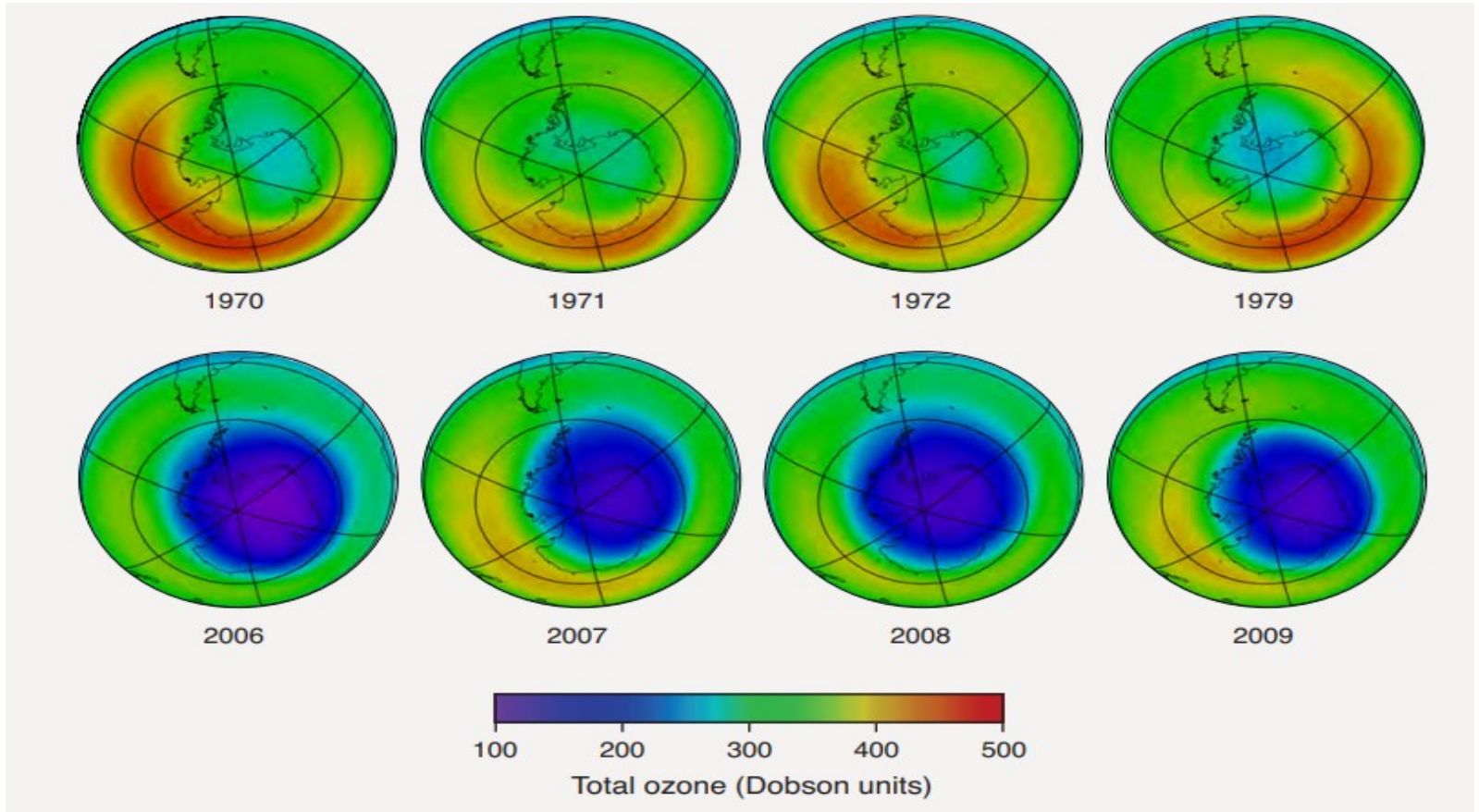
HFC (hydro- fluoro-carbons) - będące pochodnymi węglowodorów i ze względu na fakt, iż nie zawierają w swoim składzie atomów chloru i bromu są uznawane za stabilne chemicznie i w pełni bezpieczne dla warstwy ozonowej

FC (fluoro-carbons)- będące pochodnymi węglowodorów, w których wszystkie atomy wodoru zastąpiono atomami fluoru

HFO (hydro-fluoro-oleins) będące pochodnymi węglowodorów, w których występuje przynajmniej jedno wiązanie podwójne pomiędzy atomami węgla

HC (hydro - carbons) – będące czynnikami naturalnymi, z tego też względu uważane są za najbardziej ekologiczne.

Warstwa ozonowa nad Antarktydą w latach 1970 – 2009





CZYNNIKI A ŚRODOWISKO

Najbardziej niekorzystnymi czynnikami chłodniczymi są czynniki zawierające w swoim składzie **chlor oraz brom**

PROTOKÓŁ MONTREALSKI - Porozumienie dotyczące przeciwdziałania dziurze ozonowej.

- **podpisany w grudniu 1987 przez 160 państw**
- **dotyczy substancji zubożających warstwę ozonową**

Na mocy Rozporządzenia Rady Unii Europejskiej nr 2037/2000/WE z dnia 29 czerwca 2000 w krajach wspólnoty całkowicie zakazano stosowania i wprowadzania na rynek czynników z grupy CFC, a od 01 stycznia 2001 roku odyskiwane czynniki z tej grupy muszą zostać poddane **destrukcji**.

- **eliminacja CFC (2000 –2010)**
- **zakaz sprzedaży HCFC po 31.12.2009**
- **zakaz dopełniania HCFC po 31.12.2014**
- **zredukowano zużycie CFC z 1,1 mln ton (1985) do 150 tys. ton (1999)**
- **ODP – potencjał niszczenia warstwy ozonowej**

obowiązuje harmonogram redukcji zużycia czynników należących do grupy HCFC, i tak do 01 stycznia 2030 ma nastąpić całkowita redukcja zużycia czynników należących do tej grupy



Wpływ czynników chłodniczych na środowisko

destrukcyjne oddziaływanie niektórych
czynników chłodniczych na warstwę ozonową

Ocenę wpływu czynnika chłodniczego na warstwę ozonową dokonuje się na podstawie wskaźnika

ODP (Ozone Depletion Potential)

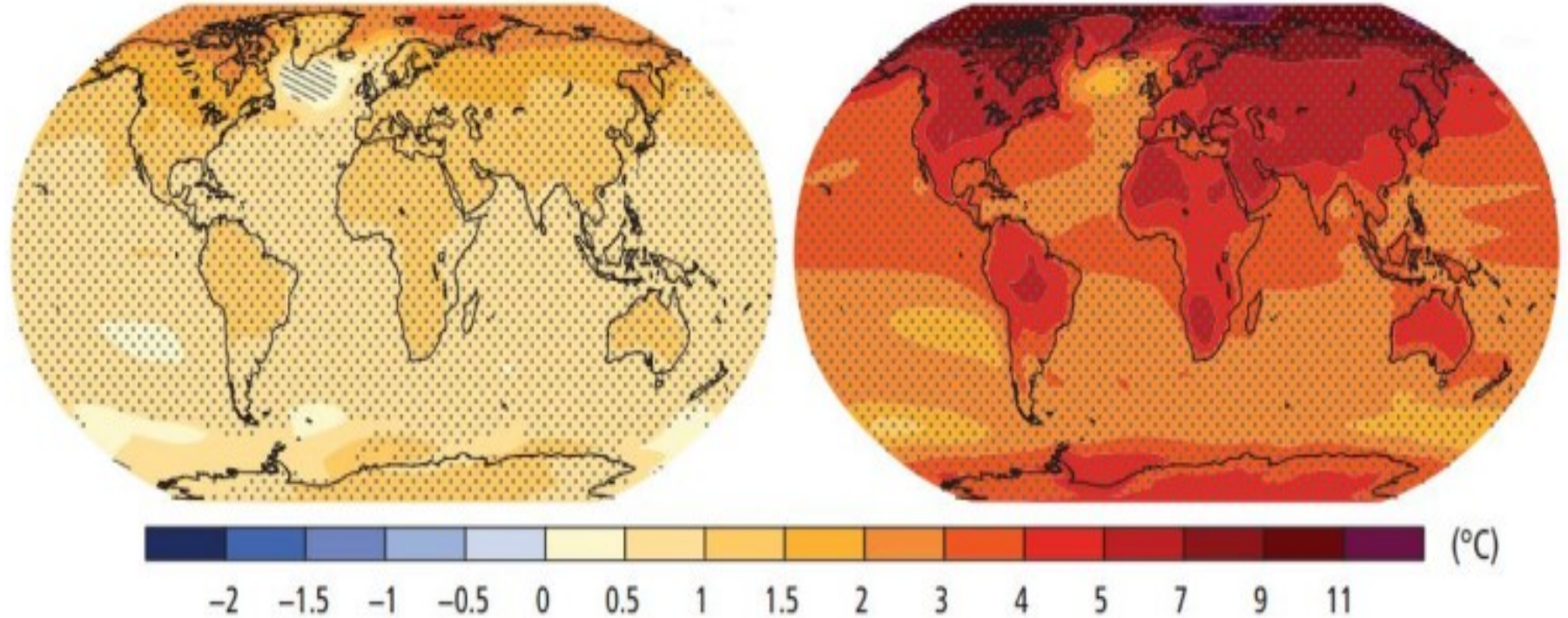
opisujące ile razy większą destrukcję warstwy ozonowej w warunkach ustalonych spowoduje jednostka masy danej substancji emitowana ze stałą szybkością w ciągu roku w odniesieniu do destrukcji warstwy ozonowej jaką powoduje emitowana ze stałą szybkością w ciągu roku masa czynnika R11, dla której wartość współczynnika ODP przyjęto równą 1



CZYNNIKI A ŚRODOWISKO PROTOKÓŁ MONTREALSKI

ODP – POTENCJAŁ NISZCZENIA WARSTWY OZONOWEJ:

- HFC (R) 417A - 0
- HFC (R) 422A - 0
- HFC (R) 422D – 0
- HFC (R) 134A – 0,00
- HFC (R) 404A – 0,00
- HFC (R) 507 – 0,00
- HFC (R) 407C – 0,00
- HFC (R) 410A – 0,00
- HFO 1234yf – 0,00
- **R717 AMONIAK – 0,00**
- **R600a IZOBUTAN – 0,00**
- **R290 PROPAN – 0,00**
- **R744 DWUTLENEK WĘGLA – 0,00**
- **R1270 PROPYLEN – 0,00**



Zmiany średniej temperatury powierzchni Ziemi do roku 2100, szacowane na podstawie scenariuszy RCP2.6 (po lewej) i RCP8.5 (po prawej)



CZYNNIKI A ŚRODOWISKO - PROTOKÓŁ Z KIOTO - współczynnik GWP

Dotyczy redukcji emisji sześciu typów gazów powodujących efekt cieplarniany - czynniki chłodnicze należące do grupy HCF

Traktat międzynarodowy przeciw globalnemu ociepleniu

- **wynegocjowany w grudniu 1997**
- **ratyfikowany przez Rosję 04.11.2004**
- **wejście w życie 16.02.2005, wygaś 31.12.2012** - niektóre kraje (Norwegia, Islandia, Monako, Szwajcaria i Liechtenstein) w tym UE postanowiły przedłużyć ten traktat do 2020 roku,



- **6.11.2013 – Komisja Europejska zaproponowała poprawki do Traktatu z Kioto**, które zostały w dniu 19 czerwca 2013 ratyfikowane przez Unię Europejską. Oznacza to całkowity zakaz stosowania czynników HCF w pompach ciepła produkowanych już od 2020 roku




od 2020 roku w sprężarkowych pompach ciepła możliwe będą do stosowania czynniki należące do grupy HC



Czynnik chłodniczy a efekt cieplarniany – współczynnik GWP

Emitowanie do atmosfery niektórych czynników chłodniczych podobnie jak:
dwutlenek węgla, metan, ozon stratosferyczny wpływają na



powstawanie efektu cieplarnianego polegającego na zatrzymywaniu znacznej części promieniowania podczerwonego emitowanego z powierzchni Ziemi do atmosfery

GWP (Global Warming Potential), którego wartość wynosi 1 dla skutków efektu cieplarnianego powodowanych przez dwutlenek węgla.



Możliwa jest również ocena wpływu czynnika chłodniczego na powstawanie efektu cieplarnianego w odniesieniu do czynnika R11 poprzez wprowadzony wskaźnik tworzenia efektu cieplarnianego - HGWP.



CZYNNIKI A ŚRODOWISKO

WSPÓŁCZYNNIK GWP100 DLA 2001 I 2007 ROKU:

- CFC (R) 11 – 4.600 / ...
- CFC (R) 12 – 10.600 / ...
- CFC (R) 13 – 14.000 / ...
- HCFC (R) 22 – 1.700 / 1.810
- HCFC (R) 123 – 77 / ...
- HCFC (R) 409A – 1.909 / ...
- HCFC/HFC (R) 408A – 3.020 / 3.152
- HCFC/HFC (R) 402A – 2.690 / 2.788
- HCFC/HFC (R) 402B – 2.310 / 2.416

WSPÓŁCZYNNIK GWP100 DLA 2001 I 2007 ROKU:

- HFO 449a – 1.282 / 1.397
- HFO 452a 1.945 / 2.141
- HFO 513a – 573 / 631
- R717 AMONIAK – 0 / 0
- R600a IZOBUTAN – 3 / 3
- R290 PROPAN – 3 / 3
- R1270 PROPYLEN – 2 / 2
- **R744 DWUTLENEK WĘGLA – 1 / 1 (WZORCOWY)**

WSPÓŁCZYNNIK GWP100 DLA 2001 I 2007 ROKU:

- HFC (R) 417A – 2.240 / 2.346
- HFC (R) 422A – 3.040 / 3.143
- HFC (R) 422D – 2.620 / 2.729
- HFC (R) 134A – 1.300 / 1.430
- HFC (R) 404A – 3.780 / 3.922
- HFC (R) 507A – 3.850 / 3.985
- HFC (R) 407C – 1.650 / 1.744
- HFC (R) 410A – 1.980 / 2.088
- HFO 1234yf – ... / 4



W celu ujednoczenia wpływu czynników chłodniczych na powstawanie efektu cieplarnianego wprowadzono horyzont czasowy oddziaływania czynnika chłodniczego w atmosferze

IHT (Integral Time Horizon).

negatywny wpływ na efekt cieplarniany



zużyta energia elektryczna niezbędna do napędu sprężarki



TEWI (Total Equivalent Warming Impact), którego wymiarem jest masa emitowanego dwutlenku węgla.



Parametry charakterystyczne wybranych czynników chłodniczych

Grupa	Czynnik	ODP	GWP _{ITh=100 lat}	Żywotność w atmosferze [lata]
CFC	R11	1,000	4600	45
CFC	R12	0,820	10 600	100
HCFC	R22	0,034	1700	11,9
HCFC	R123	0,012	120	1,4
HFC	R134a	0,000	1300	13,8
HFC	R152a	0,000	120	1,4
HC	R290	0,000	6,3	0,04
HC	R600a	0,000	7,0	0,02
NH ₃	R717	0,000	< 1,0	–
CO ₂	R744	0,000	1,0	–

Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 517/2014 [4]

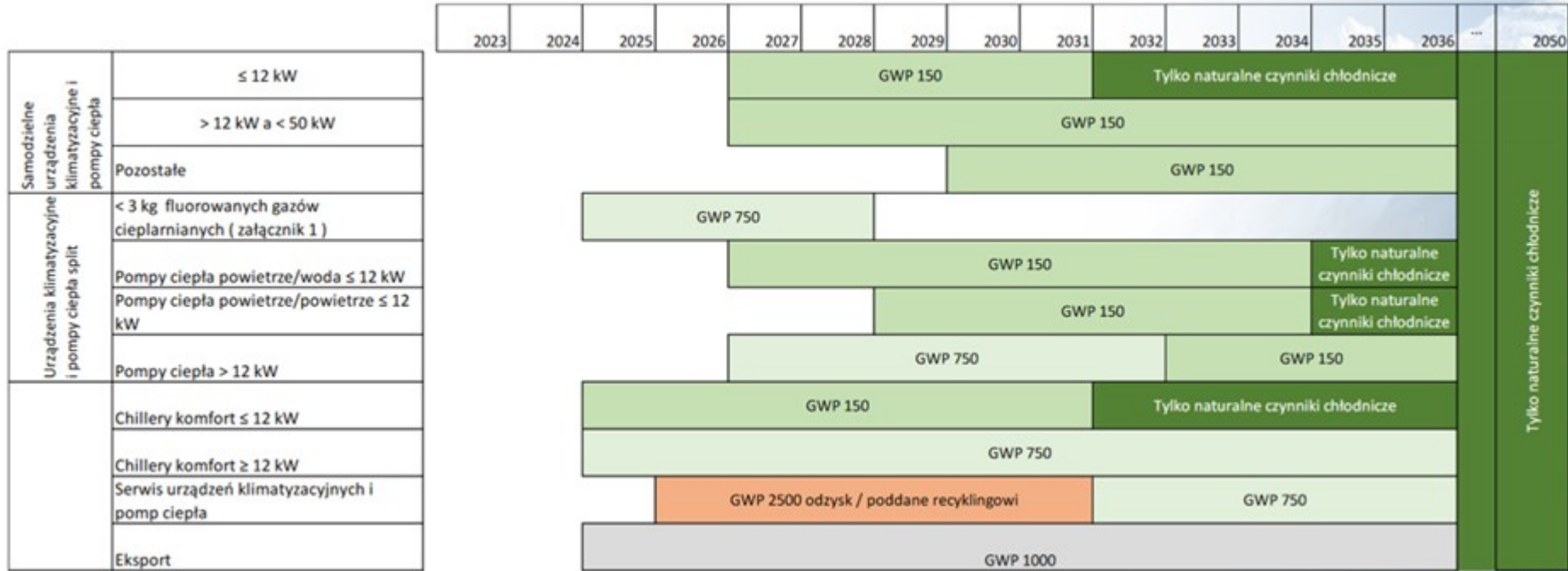


SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO

Serwisowanie i konserwacja urządzeń chłodniczych o napelnieniu powyżej 40 t ekwiwalentu CO ₂ , za wyjątkiem sprzętu wojskowego lub urządzeń do schładzania produktów do temperatur poniżej -50°C	> 2500	1500 – 2499	
Rozporządzenie nr 517/2014 Art. 11 (1): Wprowadzanie do obrotu produktów i urządzeń wymienionych w załączniku III, z wyłączeniem sprzętu wojskowego			
Domowe chłodziarki i zamrażarki	0 – 149		
Chłodziarki i zamrażarki komercyjne (hermetycznie zamknięte urządzenia)	> 2500	150 0 - 2499	0 – 149
Stacjonarne urządzenia chłodnicze z wyjątkiem urządzeń do schładzania produktów do temperatur poniżej -50°C	> 2500	1500 – 2499	
Wielo agregatowe scentralizowane układy chłodnicze komercyjne o mocy 40kW lub większej, z wyjątkiem:	> 2500	0 – 149	
obiegów chłodniczych pierwszego stopnia w układach kaskadowych	> 2500	750 – 1499	
Przenośne urządzenia klimatyzacyjne	> 2500	0 – 149	
Pojedyncze dzielone układy klimatyzacyjne o napelnieniu mniejszym niż 3 kg	> 2500	150 – 749	



Harmonogram wycofywania fluorowanych gazów cieplarnianych według Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 2024/573





Wybrane czynniki z grupy HFC i ich zamienniki do GWP 150

Czynniki HFC		Alternatywy o niższym GWP (do 150)			
Nr ASHRAE	GWP	Nr ASHRAE	Grupa	Grupa bezpieczeństwa	GWP
R134a	1430	R744	naturalny	A1	1
		R1270	HC	A3	2
		R600a	HC	A3	3
		R1234yf	HFO	A2L	4
		R1234ze	HFO	A2L	7
		R444A	HFO/HFC	A2L	92
		R516A	HFO/HFC	A2L	142
		R152A	HFO/HFC	A2L	124
R507A/R404A	3985/3922	R717	naturalny	B2	0
		R744	naturalny	A1	1
		R1270	HC	A3	2
		R290	HC	A3	3
		R455A	HFO/HFC	A2L	146
		R454C	HFO/HFC	A2L	146
		R410A	2088	R1233zd	HFO
R1336mzz(Z)	HFO			A1	2
R514A	HFO/HFC			B1	2
R422D	2729	R290	HC	A3	3
		R454C	HFO/HFC	A2L	146
R407C	1774	zamiennik do GWP 150 niedostępny			



Normy i dyrektywy dotyczące czynników palnych

Dokument	Tytuł	Zawartość
PN-EN 378	Instalacje chłodnicze i pompy ciepła - Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska	Czteroczęściowa, główna norma dla chłodnictwa w Europie, reguluje pracę również z czynnikami z grup A2L, A3, A3. Reguluje m. in. wielkość napełniania urządzeń czynnikami palnymi.
PN-EN IEC 60079	Atmosfery wybuchowe	Opisuje m. in. kategorie gazów palnych, identyfikuje strefy zagrożenia zapłonem i wymogi dotyczące bezpieczeństwa oraz oznakowanie sprzętu.
PN-EN 60335	Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego – Bezpieczeństwo użytkownika	Reguluje projektowanie, stosowanie i serwis urządzeń z czynnikami palnymi.
Dyrektywa 2014/68/UE	Dyrektywa w sprawie urządzeń ciśnieniowych (PED)	Reguluje kwestie projektowania, wytwarzania oraz oceny zgodności urządzeń ciśnieniowych lub zespołów o najwyższym dopuszczalnym ciśnieniu przekraczającym 0,5 bara.
Dyrektywa 2014/34/UE	Dyrektywa urządzeń pracujących w atmosferze wybuchu ATEX	Dokument odnoszący się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej.



Główna zmiana wprowadzona przez normę PN-EN 60335-2-89 polega na tym, że:

w przypadku urządzeń komercyjnych:

- czynniki chłodnicze A3 (np. propan) mogą zwiększyć limit ładunku ze 150 g do około 494 g
- czynników chłodniczych A2L limit wzrasta z 150 g do 1,2 kg.
- w pompach ciepła typu split użycie masy większej niż 150 g wciąż jest niedozwolone

w przypadku urządzeń domowych:

- maksymalne napełnienie urządzenia gazem palnym z grupy A3 (np. propanem) w pomieszczeniu mieszkalnym wynosi 988 g czynnika.
- w przypadku czynników z grupy A2L limit wzrasta do 15,028 kg.



Wybrane czynniki z grupy HFC i ich zamienniki do GWP 150

Czynniki HFC		Alternatywy o niższym GWP (do 150)			
Nr ASHRAE	GWP	Nr ASHRAE	Grupa	Grupa bezpieczeństwa	GWP
R134a	1430	R744	naturalny	A1	1
		R1270	HC	A3	2
		R1234zeZ	HFO	A2L	7
		R444A	HFO/HFC	A2L	92
		R516A	HFO/HFC	A2L	142
		R152A	HFO/HFC	A2L	124
R507A/R404A	3985/3922	R717	naturalny	B2	0
		R744	naturalny	A1	1
		R1270	HC	A3	2
		R290	HC	A3	3
		R455A	HFO/HFC	A2L	146
		R454C	HFO/HFC	A2L	146
R410A	2088	R1234yf	HFO	A2L	4
		R1234zeE	HFO	A2L	7
		R514A	HFO/HFC	B1	2
		R290	HC	A3	3
R407C	1774	zamiennik do GWP 150 niedostępny			
Czynniki wysokotemperaturowe		R1233zdE	HFO	A1	1
		R1336mzz(Z)	HFO	A1	2
		R600a	HC	A3	3



Wnioski

1. Zastosowanie gruntowych pomp ciepła w budownictwie jednorodzinnym ze względu na obowiązujące przepisy jest znacznie ograniczone,
2. Koniecznym jest opracowanie nowych konstrukcji gruntowych pomp ciepła stosowanych w budownictwie jednorodzinnym montowanych na zewnątrz budynków,
3. Koniecznym jest nowelizacja obowiązujących przepisów dotyczących masy ekologicznego czynnika chłodniczego w urządzeniu montowanych w pomieszczeniu,
4. Koniecznym jest opracowanie nowych czynników chłodniczych,
5. Ekologiczne czynniki chłodnicze stanowią szansę do rozwoju przemysłowych pomp ciepła dla których dolnym źródłem była by geotermia głęboka lub ciepło odpadowe,
6. Na chwilę obecną brak jest szerokiej gamy sprężarek, które mogłyby być zasilone ekologicznymi czynnikami chłodniczymi.



SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO

Dziękuję za uwagę

dr hab. inż. Paweł Obstawski, prof. sggw