VIESMANN

Czynnik chłodnicze
Wymagania bezpieczeństwa

Akademia firmy Viessmann
styczeń 2023 r.

Akademia Viessmann
styczeń 2023 r.
Autor: PanD

Ograniczenie wzrostu średniej globalnej temperatury i związanych negatywnych zmiany klimatu jest jednym z podstawowych celów polityki Unii Europejskiej.

W czwartym sprawozdaniu oceniającym Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu („IPCC") Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu („UNFCCC"), której Unia jest stroną, stwierdzono na podstawie dostępnych danych naukowych, że do 2050 r. kraje rozwinięte będą musiały zredukować emisje gazów cieplarnianych o 80-95% w stosunku do ich poziomów z 1990 r., aby ograniczyć globalną zmianę klimatu do wzrostu temperatury o maksymalnie 2°C, a tym samym zapobiec niepożądanym skutkom tej zmiany.[1]

Unia Europejska przyjęła plan prowadzący do przejścia na gospodarkę niskoemisyjną, której elementem jest m.in. redukcja emisji gazów cieplarnianych innych niż CO_2, w tym fluorowanych gazów cieplarnianych o 72-73% do 2030 roku w stosunku do poziomów z 1990 roku.

Poszczególne etapy redukcji w tym także szereg regulacji związanych z zapewnieniem właściwego szkolenia personelu i dokumentowania obrotu gazów cieplarnianych zawarte zostały w „Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 517/2014 z dnia 16 kwietnia 2014 r. w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych."[1]



Fluorowane gazy cieplarniane potoczne nazywane „f-gazami" oznaczają wodorofluorowęglowodory, perfluorowęglowodory i inne gazy cieplarniane zawierające fluor lub mieszaniny zawierające którąkolwiek z tych substancji. Po uwolnieniu do atmosfery przyczyniają się do wzmożenia efektu cieplarnianego. Siłę oddziaływania określa współczynnik globalnego ocieplenia GWP. Jest wskaźnikiem porównującym siłę oddziaływania f-gazów na ocieplenie klimatu do siły oddziaływania CO_2 i obliczany na podstawie skutków oddziaływania 1 kg f-gazu na ocieplenie klimatu w ciągu 100 lat w porównaniu z oddziaływaniem 1 kg CO_2.

Rozporządzenie [1] ustanawia między innymi:

- Zasady ograniczania emisji, wykorzystywania, odzyskiwania i niszczenia f-gazów
- Warunki dotyczące wprowadzania do obrotu produktów i urządzeń, które zawierają f-gazy
- Obowiązek certyfikacji osób wykonujących czynności polegające na instalowaniu, konserwacji, serwisowaniu, naprawie i likwidacji urządzeń zawierających f-gazy.

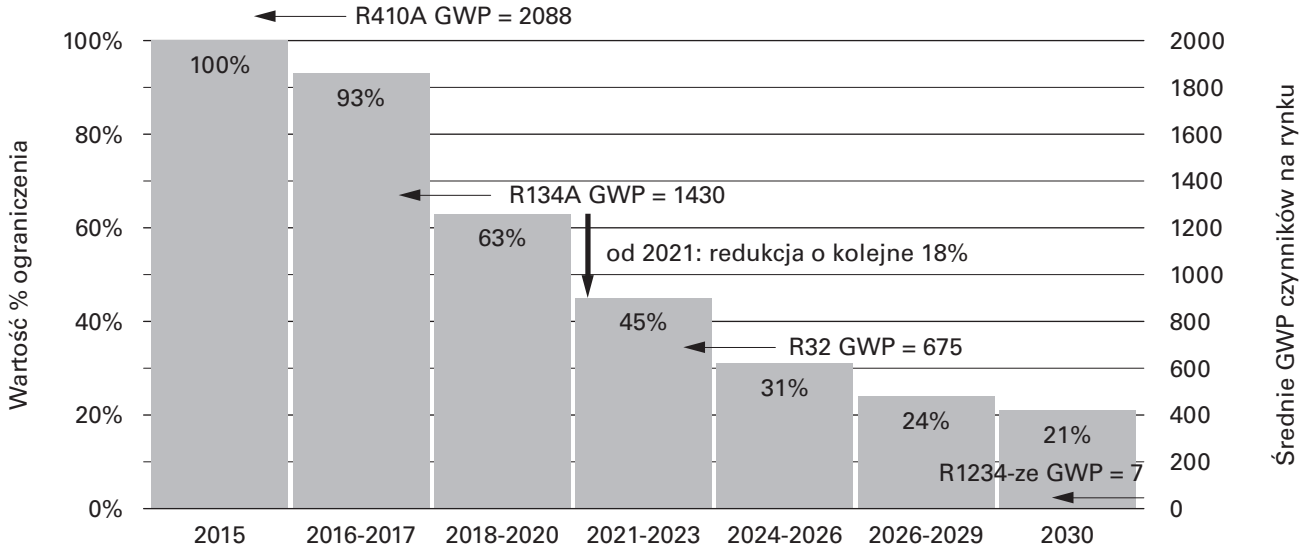
Rozporządzenie [1] wskazuje jednocześnie na konieczność skutecznego monitorowania emisji fluorowanych gazów cieplarnianych, co ma kluczowe znaczenie dla śledzenia postępów realizacji celów dotyczących redukcji emisji. Wymóg ten spełnia baza danych sprawozdań (BDS), uzupełniania każdego roku przez firmy prowadzące działalność związaną z wprowadzaniem na rynek, serwisowaniem czy utylizacją fluorowanych gazów cieplarnianych (także tych zawartych w urządzeniach).

[1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 517/2014 z dnia 16 kwietnia 2014 r. w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych.

1. Wstęp

Aby osiągnąć stopniowe ograniczanie ilości wodorofluorowęglowodorów, które mogą być wprowadzone do obrotu w Unii, poszczególnym producentom i importerom przydzielone są kontyngenty. Jednocześnie maksymalna ilość możliwa do wprowadzenia do obrotu redukowana jest w 7 kolejnych etapach w latach od 2015 do 2030 zgodnie z załącznikiem V rozporządzenia [1]. Poszczególne wartości odniesienia wyrażone są w tonach ekwiwalentu CO_2 co oznacza, że wraz z kolejnym etapem ogranicza się wprowadzenie do obrotu f-gazów o określonym wpływie na efekt cieplarniany. Mechanizm ten, w naturalny sposób eliminuje z rynku czynniki o wysokim wskaźniku GWP, zmuszając producentów do poszukiwania alternatywnych czynników o mniejszym wpływie na środowisko.

Wartość procentowa do obliczania maksymalnej ilości wodorofluorowęglowodorów, jakie mają być wprowadzone do obrotu i odpowiadających im kontyngentów:



Dnia 16.09.1987 w Montrealu podpisano tzw. „Protokół Montrealski"– porozumienie dotyczące wycofania substancji zubożających warstwę ozonową (freonów). W efekcie porozumienia wraz z późniejszymi zmianami wycofane zostały czynniki chłodnicze z grupy CFC (chlorofluorowodory) o wysokim potencjał niszczenia warstwy ozonowej (wysoka wartość wskaźnika ODP – Ozone Depletion Potential) oraz wprowadzono rygorystyczne limity stosowania czynników o niższym wskaźniku ODP z grupy HCFC (wodorochlorofluorowęglowodory), które to pierwotnie miały być „mniej groźnymi" zamiennikami czynników CFC.

Czynniki z grupy CFC (np. R12) i HCFC (np. R22) od 01.01.2010 zabronione są do stosowania w nowych urządzeniach, a od 01.01.2015 zabronione również do naprawy urządzeń już pracujących.

Stosowane dzisiaj czynniki chłodnicze z grup HFC, HFO i HC charakteryzują się zerowym potencjałem niszczenia warstwy ozonowej (ODP=0), ale jednocześnie negatywnym wpływem na efekt cieplarniany (GWP>0).

Grupa	Nazwa chemiczna	Wskaźnik ODP	Wskaźnik GWP	Przykład
HFC	wodorofluorowęglowodory	zerowy	wysoki i średni	R32, R134a, R4107C, R410A
HFO	hydrofluoro-olefiny	zerowy	niski i znikomy	R1234ze, R1234yf
HC	węglowodory	zerowy	znikomy i zerowy	R290, R744, R717

Znanych jest już ponad **60 mln** struktur chemicznych.
Około **180 tysięcy** ma potencjał do stosowania w chłodnictwie.
Jedynie **138** z nich charakteryzuje się niskim wskaźnikiem GWP.
Tylko **29** przeszło pozytywnie testy, a większość z nich jest już używana.

Wniosek:
Jest wysoce prawdopodobne, że każda nowa mieszanka
czynnika chłodniczego będzie zawierała już znane składniki.

2. Czynniki chłodnicze – klasyfikacja wg ISO 817

Czynniki chłodnicze podzielone są ze względu na swoje właściwości palne i toksyczne. Poniższa klasyfikacja opisana jest w normie ISO817:2009 i stosowana również w normie PN-EN378-1:2018:

- Klasa A lub B określa stopień toksyczności
- Klasa 1, 2, 2L lub 3 określa stopień palności

Klasyfikacja czynników chłodniczych wg ISO 817		
	Niska toksyczność	**Wysoka toksyczność**
Wybuchowe	A3 np. R-290	B3
Łatwopalne	A2	B2
Umiarkowanie łatwopalne	A2L np. R-32, R-1234ze	B2L np. R-717
Niepalne	A1 np. R-410A, R-134a	B1

Na podstawie badań w zakresie palności wykazano, że w przypadku niektórych czynników jak np. R32 konieczna jest bardzo duża energia inicjacji zapłonu, a prędkość propagacji płomienia jest bardzo niska (<10 cm/s). W związku z tym, uznano za konieczne wydzielenie dodatkowej grupy palności oznaczonej 2L (czynniki umiarkowanie łatwopalne), a wymagania odnośnie bezpieczeństwa są łagodniejsze niż dla czynników z grupy 2 (łatwopalne).

Uwaga: Czynniki z grupy A2L podczas transportu i składowania powinny być traktowane jak czynniki niebezpieczne i wybuchowe. Wyjątkiem jest czynnik R1234-ze, który traktowany jest jako niepalny (dla temperatury 20°C). W pojazdach transportujących czynniki chłodnicze z grupy 2L powinna istnieć jakaś forma wentylacji i oznakowania informująca służby w razie wypadku.

Wszystkie palne czynniki chłodnicze (klasa 2L i wyżej) nie zapalą się, jeśli poziom stężenia w pomieszczeniu pozostanie poniżej ich dolnej granicy palności (LFL = Lower Flammability Limit).

Norma **PN-EN 378 [2]** określa wymagania, aby zapewnić bezpieczeństwo użytkowania i pozostać znacznie poniżej dolnej granicy palności w przypadku przypadkowego wycieku.

Obliczenia dopuszczalnych wartości napełnienia instalacji czynnikiem roboczego zmierzają do ustalenia takiego napełnienia, aby w razie uwolnienia się całej zawartości czynnika roboczego z instalacji do pomieszczenia, nie zagroziło bezpieczeństwu ludzi przebywających w tym pomieszczeniu. Dopuszczalne napełnienie określa się zależnie od grupy czynnika, miejsca użytkowania, dostępu i zastosowania.

Ogólna struktura tabel określających maksymalne napełnienie układu

			Klasyfikacja wg lokalizacji urządzeń			
			I	II	III	IV
Grupa A, B, 1, 2L, 2, 3	Kategoria dostępu a, b, c	Komfort ludzi	Dopuszczalne napełnienie układu			
		Inne zastosowania				
		Wyjątki				

Kategoria dostępu		
a	**b**	**c**
pomieszczenia ogólnego przeznaczenia ze swobodnym dostępem dla ludzi *np. szpitale, hotele, teatry, sklepy, restauracje, szkoły*	pomieszczenia gdzie pracują ludzie i gdzie przebywa określona liczba osób *np. biura, laboratoria*	pomieszczenia techniczne i hale produkcyjne gdzie przebywają tylko ludzie posiadający do tego kwalifikacje *np. zakłady produkcyjne, chłodnie, magazyny w supermarketach*

3. Czynniki chłodnicze – wymagania bezpieczeństwa wg PN-EN 378:2018

Klasyfikacja wg lokalizacji urządzeń			
I	**II**	**III**	**IV**
Cały układ znajduje się w pomieszczeniu zajmowanym przez ludzi *np. lodówka*	Sprężarka w pomieszczeniu technicznym lub na zewnątrz budynku. Część instalacji w tym rury i wymienniki ciepła znajdują się w pomieszczeniu zajmowanym przez ludzi *np. układy klimatyzacji i pompy ciepła typu split*	Wszystkie komponenty układu chłodniczego znajdują się na zewnątrz budynku lub w pomieszczeniu technicznym *np. pompa powietrze/woda monoblok, pompa ciepła solanka/woda*	Cały układ chłodniczy znajduje się w wentylowanej obudowie

Ograniczenie napełnienia determinowane jest na podstawie toksyczności i palności czynników:

⚠	Toksyczność A, B PN-EN378-1: Tabela C1	→	Kubatura pomieszczenia
	Palność 2L, 2, 3 PN-EN378-1: Tabela C2	→	Powierzchnia pomieszczenia

Dla czynników toksycznych, do określania dopuszczalnych stężeń stosowane jest pojęcie **„toksyczność dopuszczalna [kg / m³]"**. W załączniku E normy PN-EN378-1 wyróżnia się dwa wyrażenia:

1. **ATEL / ODL [kg / m³]**
   ATEL – limit narażenia na działanie toksyczności ostrej, ODL – limit niedoboru tlenu
2. **Practical limit [kg / m³]**
   praktyczny limit czynnika, a więc najwyższy, dopuszczalny poziom koncentracji czynnika w pomieszczeniu

Do obliczeń wybiera się ten wskaźnik z podanych dwóch, którego wartość jest wyższa i ta staje się równoznaczna z **„toksycznością dopuszczalną"** tj. stężeniem czynnika, które umożliwia człowiekowi przebywanie w pomieszczeniu zamkniętym przez ograniczony okres.

Czynnik	Grupa	ATEL/ODL	Practical limit	Toksyczność dopuszczalna
R-410A	A1	0,42 kg/m³	0,44 kg/m³	0,44 kg/m³
R-32	A2L	0,30 kg/m³	0,061 kg/m³	0,30 kg/m³
R-407C	A1	0,29 kg/m³	0,31 kg/m³	0,31 kg/m³
R-1234ze	A2L	0,28 kg/m³	0,061 kg/m³	0,28 kg/m³
R290	A3	0,09 kg/m³	0,008 kg/m³	0,09 kg/m³

Na podstawie wartości „toksyczności dopuszczalnej" można obliczyć maksymalne, dopuszczalne napełnienie instalacji dla zadanej kubatury pomieszczenia:

Graniczne napełnienie [kg] = Toksyczność dopuszczalna [kg / m³] × Kubatura pomieszczenia [m³]

Po przekształceniu, zależność tą możemy wykorzystać do wyznaczenia minimalnej kubatury pomieszczenia dla urządzenia o zadanym napełnieniu:

$$\textbf{Minimalna kubatura pomieszczenia [m³]} = \frac{\textbf{Napełnienie [kg]}}{\textbf{Toksyczność dopuszczalna [kg / m³]}}$$

Przykład:

Pompa ciepła typu solanka/woda **Vitocal 200-G** typ **BWC 201.B10** pracująca na czynniku **R-410A** z grupy **A1** o napełnieniu 1,95 kg wymaga pomieszczenia o kubaturze nie mniejszej niż:

$$\text{Minimalna kubatura pomieszczenia z pompą ciepła } [m^3] = \frac{1{,}95\ [kg]}{0{,}44\ [kg/m^3]} = 4{,}44\ [m^3]$$

Urządzenie zawiera czynnik **R-410A** sklasyfikowany jest jako **niepalny**, a więc **nie wymaga** weryfikacji ze względu na palność.

Przykład:

Pompa ciepła typu solanka/woda **Vitocal 060-A** typ **T0E-ze** pracująca na czynniku **R-1234ze** z grupy **A2L** o napełnieniu 1,15 kg wymaga pomieszczenia o kubaturze nie mniejszej niż:

$$\text{Minimalna kubatura pomieszczenia z pompą ciepła } [m^3] = \frac{1{,}15\ [kg]}{0{,}28\ [kg/m^3]} = 4{,}01\ [m^3]$$

Uwaga: Urządzenie zawiera czynnik **R-1234ze** sklasyfikowany jest w grupie **A2L** i **wymaga** weryfikacji ze względu na palność.

Dla czynników palnych do określenia dopuszczalnego napełnienia wprowadzono wskaźnik **LFL [kg / m³]** zdefiniowany dla każdego czynnika z grupy 2L, 2 i 3, oznaczający dolną granicę palności ang. Lower Flammability Limit.

W większości przypadków do obliczenia granicznego napełnienia instalacji czynnikiem norma [2] opiera się na zależności:

Graniczne napełnienie m_{max} [kg] = 20% × LFL × kubatura pomieszczenia [m³]

Czynnik	Grupa	LFL	20 % × LFL
R410A	A1	nie palny	–
R-32	A2L	0,307 kg / m³	0,061 kg / m³
R-1234ze	A2L	0,303 kg / m³	0,061 kg / m³
R-290	A3	0,038 kg / m³	0,008 kg / m³

Norma [2] rozróżnia jednak wśród urządzeń zawierających czynnik chłodniczy, różne zastosowania, lokalizację oraz kategorię dostępu i dodatkowo zawiera formuły ograniczające obliczone maksymalne napełnienie.

	Kategoria dostępu		Klasyfikacja lokalizacji			
			I	II	III	IV
2L	a	Komfort ludzi	$m_{max} = 2{,}5 \times LFL^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2}$ $i \leq 26\ m^3 \times LFL \times 1{,}5$		Bez ograniczeń w napełnieniu	Napełnienie nie większe niż 130 $m^3 \times LFL \times 1{,}5$
		Inne zastosowania	20 % LFL × kubatura pomieszczenia $i \leq 26\ m^3 \times LFL \times 1{,}5$			
	b	Komfort ludzi	$m_{max} = 2{,}5 \times LFL^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2}$ $i \leq 26\ m^3 \times LFL \times 1{,}5$			
		Inne zastosowania	20 % LFL × kubatura pomieszczenia $i \leq 26\ m^3 \times LFL \times 1{,}5$	20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 25 kg		
	c	Komfort ludzi	$m_{max} = 2{,}5 \times LFL^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2}$ $i \leq 26\ m^3 \times LFL \times 1{,}5$			
		Inne zastosowania	20 % LFL × kubatura pomieszczenia $i \leq 26\ m^3 \times LFL \times 1{,}5$	20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 25 kg		
		Mniej niż 1 osoba na 10 m²	20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 50 kg	Bez ograniczeń w napełnianiu		

Tabela 5.1. Wymagania dla czynników grupy 2L (np. R-32)

<table>
<tr><th colspan="4" rowspan="2">Kategoria dostępu</th><th colspan="4">Klasyfikacja lokalizacji</th></tr>
<tr><th colspan="2">I</th><th>II</th><th>III</th><th>IV</th></tr>
<tr><td rowspan="6">3</td><td rowspan="3">a</td><td colspan="2">Komfort ludzi</td><td colspan="2">$m_{max} = 2{,}5 \times LFL^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2}$
$i \le 26\ m^3 \times LFL$</td><td rowspan="3">Napełnienie ≤ 5 kg</td><td rowspan="6">Napełnienie nie większe niż 130 $m^3 \times LFL \times 1{,}5$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Inne zastosowania</td><td>Poniżej poziomu gruntu</td><td colspan="2">Tylko układy hermetyczne
20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 1 kg</td></tr>
<tr><td>Powyżej poziomu gruntu</td><td colspan="2">Tylko układy hermetyczne
20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 1,5 kg</td></tr>
<tr><td rowspan="3">b</td><td colspan="2">Komfort ludzi</td><td colspan="2">$m_{max} = 2{,}5 \times LFL^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2}$
$i \le 26\ m^3 \times LFL$</td><td rowspan="3">Napełnienie ≤ 10 kg</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Inne zastosowania</td><td>Poniżej poziomu gruntu</td><td colspan="2">20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 1 kg</td></tr>
<tr><td>Powyżej poziomu gruntu</td><td colspan="2">20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 2,5 kg</td></tr>
<tr><td rowspan="3">c</td><td colspan="2">Komfort ludzi</td><td colspan="2">$m_{max} = 2{,}5 \times LFL^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2}$
$i \le 26\ m^3 \times LFL$</td><td rowspan="3">Bez ograniczeń w napełnieniu</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Inne zastosowania</td><td>Poniżej poziomu gruntu</td><td colspan="2">20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 1 kg</td></tr>
<tr><td>Powyżej poziomu gruntu</td><td>20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 10 kg</td><td>20 % LFL × kubatura pomieszczenia i ≤ 25 kg</td></tr>
</table>

Tabela 5.2. Wymagania dla czynników grupy 3 (np. R-290)

gdzie:

m_{max} dopuszczalne napełnienie czynnikiem [kg]

LFL dolna granica palności, zgodnie z załącznikiem E normy [2] [kg/m³]

h_0 wysokość montażowa [m] *0,6 dla urządzenia instalowanego na podłodze*
1,8 dla urządzenia mocowanego na ścianie
2,2 dla urządzenia mocowanego do sufitu

A powierzchnia podłogi w pomieszczeniu [m²]

Norma [2] wskazuje również na dwa istotne warunki:

- Jeżeli napełnienie instalacji czynnikiem z grupy **2L** jest **większe** niż **4 m³ × LFL × 1,5**
  to maksymalne napełnienie instalacji powinno być zgodne z tabelą 5.1 niniejszego opracowania.
  Dla czynnika R-32 graniczna wartość wynosi **1,842 kg (4 m³ × 0,307 kg / m³ × 1,5)**.
- Jeżeli napełnienie instalacji czynnikiem z grupy **3** jest **większe** niż **4 m³ × LFL**
  to maksymalne napełnienie instalacji powinno być zgodne z tabelą 5.2 niniejszego opracowania.
  Dla czynnika R-290 graniczna wartość wynosi **152 g (4 m³ × 0,038 kg / m³)**.

Przykład:

Pompa ciepła typu split **Vitocal 100-S** typ **101.B08** odpowiada lokalizacji **II**, kategorii dostępu **a** i przeznaczona jest dla utrzymania **komfortu człowieka**. Urządzenie fabrycznie napełnione jest czynnikiem roboczym R-32 z grupy **A2L** w ilości **1,6 kg**. Długości przewodów chłodniczych łączących jednostki wewnętrzną i zewnętrzną wynoszą 10 metrów.

Palność: Napełnienie instalacji nie przekracza **1,842 kg** tak więc montaż dozwolony jest **bez dodatkowych wymagań**.

Toksyczność: Minimalna kubatura pomieszczenia obliczona na podstawie toksyczności (**punkt 4** niniejszego opracowania) wynosi:

$$\text{Minimalna kubatura pomieszczenia z pompą ciepła } [m^3] = \frac{1{,}6\ [kg]}{0{,}30\ [kg/m^3]} = \mathbf{5{,}34\ m^3}$$

Przykład:

Pompa ciepła typu split **Vitocal 100-S** typ **101.B08** odpowiada lokalizacji **II**, kategorii dostępu **a** i przeznaczona jest dla utrzymania **komfortu człowieka**. Urządzenie fabrycznie napełnione jest czynnikiem roboczym R-32 z grupy **A2L** w ilości **1,6 kg**. Długości przewodów chłodniczych łączących jednostki wewnętrzną i zewnętrzną wynoszą 25 metrów.

Zgodnie z danymi technicznymi układ należy uzupełnić czynnikiem R-32 w ilości 16 g/m × 15 m = **240 g**.

Palność: Napełnienie łączne instalacji nie przekracza **1,842 kg** tak więc montaż dozwolony jest **bez dodatkowych wymagań**.

Toksyczność: Minimalna kubatura pomieszczenia obliczona na podstawie toksyczności (punkt 2.1 opracowania) wynosi:

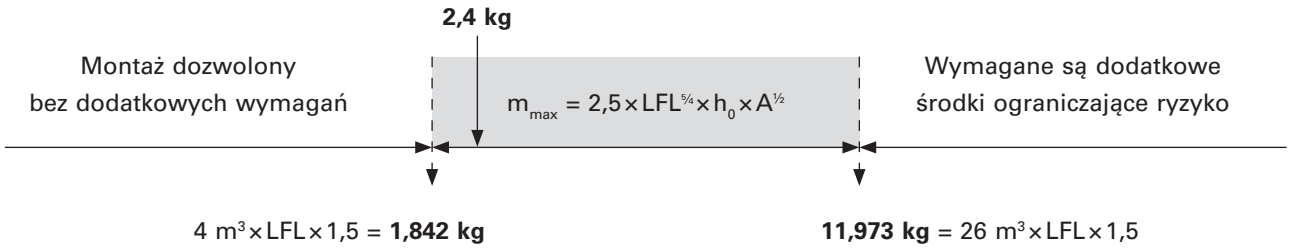
$$\text{Minimalna kubatura pomieszczenia z pompą ciepła } [m^3] = \frac{1{,}84\ [kg]}{0{,}30\ [kg/m^3]} = \mathbf{6{,}14\ m^3}$$

Przykład:

Urządzenie typu multisplit do chłodzenia pomieszczeń **Vitoclima 300-S** o mocy chłodzenia **8 kW** odpowiada lokalizacji **II**, kategorii dostępu **a** i przeznaczone jest dla utrzymania **komfortu człowieka**. Urządzenie napełnione jest czynnikiem roboczym R-32 z grupy **A2L** w ilości **2,0 kg**. Obsługuje dwie jednostki wewnętrzne o mocy 3,5 kW każda i jedną jednostkę wewnętrzną o mocy 2,7 kW. Wszystkie jednostki wewnętrzne montowane są na ścianie. Długości przewodów chłodniczych łączących jednostki wewnętrzne z zewnętrzną wynoszą po 20 metrów.

Zgodnie z danymi technicznymi układ należy uzupełnić czynnikiem R-32 w ilości 20 g/m x 20 m = **400 g**. Napełnienie łączne instalacji wynosi: **2,4 kg**

Palność: Napełnienie łączne instalacji przekracza **1,842 kg – należy uwzględnić dodatkowe wymagania** dotyczące pomieszczenia zgodnie z tabelą 5.1 niniejszego opracowania.



Przekształcając wzór na maksymalne napełnienie instalacji, otrzymujemy zależność minimalnej powierzchni pomieszczenia dla urządzenia o zadanym napełnieniu danym czynnikiem i konkretnej wysokości montażowej:

$$A_{min} = \frac{m^2}{(2{,}5 \times LFL^{5/4} \times h_0)^2} = \frac{(2{,}4\ kg)^2}{(2{,}5 \times (0{,}307)^{5/4} \times 1{,}8)^2} = \mathbf{5{,}446\ m^2}$$

Minimalna powierzchnia każdego z pomieszczeń, w którym zainstalowano jednostkę wewnętrzną opisanej instalacji wynosi **5,446 m²**.

Toksyczność: Minimalna kubatura pomieszczenia obliczona na podstawie toksyczności (**punkt 4** niniejszego opracowania) wynosi:

$$\text{Minimalna kubatura pomieszczenia z jednostką wewnętrzną } [m^3] = \frac{2{,}4\ [kg]}{0{,}30\ [kg/m^3]} = \mathbf{8{,}0\ m^3}$$

Kubatura i powierzchnia pomieszczenia stanowią stały element zabezpieczenia instalacji, ponieważ w razie przedostania się przez nieszczelności całego napełnienia do przestrzeni użytkowej wystąpi w niej stężenie czynnika nie większe niż dopuszczalne.



Powszechnie używane czynniki chłodnicze z wyjątkiem R-717 są cięższe od powietrza. Należy unikać zastoju oparów ciężkiego czynnika chłodniczego poprzez zapewnienie wentylacji i właściwe rozmieszczenie otworów wentylacyjnych.

Wentylacja pomieszczeń użytkowych nie ma powiązań z doborem napełnienia instalacji chłodniczej według procedur opisanych w rozdziałach 4 i 5, zgodnych z procedurami odpowiednio C.1 i C.2 normy [2], część 1, załącznik C.

Nie mniej jednak norma [2] opisuje również dodatkowe, alternatywne procedury C.3 i wymagające stosowanie wentylacji dla obniżenia ryzyka. Wymagania dotyczące wentylacji i przystosowania do niej konstrukcji pomieszczenia są podane w części 3, punkt 6. Należy podkreślić, że stosując procedurę C.3 urządzenia napełnione czynnikiem chłodniczym nie mogą być używane w zamkniętym pomieszczeniu bez wentylacji na zewnątrz pomieszczenia i nie uwzględnia się przy tym wentylacji naturalnej (grawitacyjnej).

Procedury alternatywne obciążają projektanta dodatkowymi obliczeniami, a ich zastosowanie możliwe jest tylko gdy spełnione są wszystkie punkty wskazane w normie [2]. W praktyce odnoszą się one do instalacji o większym napełnieniu i przy stosowaniu urządzeń z większą ilością jednostek wewnętrznych, gdzie nie ma możliwości spełnienia wymagań opisanych procedurami standardowymi (rozdział 4 i 5 niniejszego opracowania i odpowiednio procedury C.1 i C.2 w części 1, normy [2]).

Wymagania ogólne do wentylacji pomieszczenia z urządzeniem napełnionym czynnikiem chłodniczym

Stosując się do wymagań bezpieczeństwa w zakresie napełnienia maksymalnego oraz związanej z tym minimalnej powierzchni i kubatury maszynowni nie ma wymogu stosowania się dokładnie do zapisów normy [2], część 3, punkt 5.13.

Jednak dla zapewnienia całkowitego bezpieczeństwa należy zawsze przewidzieć wentylację maszynowni, która powinna być wystarczająca zarówno w normalnych warunkach eksploatacji, jak i w sytuacjach awaryjnych. Powietrze z maszynowni należy odprowadzić na zewnątrz za pomocą wentylacji mechanicznej. Należy unikać stref martwych, w których mógłby gromadzić się czynnik chłodniczy ewakuowany z instalacji np. w wyniku nieszczelności.

7. Wymagania specjalne

Część 1 normy [2], punkt 6 „Ilość czynnika chłodniczego" wskazuje, że do obliczeń wymagań bezpieczeństwa uwzględnia się ilość czynnika chłodniczego będąca największym wsadem dowolnego pojedynczego układu chłodniczego. Oznacza to, że w przypadku stosowania większej ilości niezależnych urządzeń napełnionych tym samym rodzajem czynnika chłodniczego, obliczenia wykonuje się dla urządzenia o największym napełnieniu.

Gdy stosowane są urządzenia różniące się zastosowanymi czynnikami chłodniczymi obliczenia wykonuje się dla każdego urządzenia osobno i wybiera najmniej korzystny wynik.

Przestrzeń nad sufitem podwieszonym wykonanym z płyt gipsowo-kartonowych uznawana jest jako szczelnie odizolowana od reszty pomieszczenia i nie może być uwzględniana przy obliczeniach kubatury pomieszczenia (norma [2], część 1, punkt 7 – „Obliczenia kubatury pomieszczenia").

Kocioł i urządzenie napełnione czynnikiem chłodniczym w jednym pomieszczeniu

Jeżeli kocioł znajduje się w maszynowni, w której znajdują się urządzenia chłodnicze, doprowadzenie powietrza do spalania musi być prowadzone z zewnątrz w taki sposób, aby uniemożliwić przedostawanie się czynnika chłodniczego do wlotu powietrza kotła.

Należy stosować tylko kotły z zamkniętą komorą spalania z zasysaniem powietrza do spalania z zewnątrz oraz odprowadzeniem spalin na zewnątrz pomieszczenia (urządzenie klasy C).
Podstawa: Norma EN 378-3:2016, punkt 5.3.

Literatura

1. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 517/2014 z dnia 16 kwietnia 2014 roku w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych i uchybienia rozporządzenia (WE) nr 842/2006.
2. Norma PN-EN 378 Instalacje chłodnicze i pompy ciepła – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Składa się z 4 części:
   Cześć 1: Wymagania podstawowe, definicje, klasyfikacja i kryteria wyboru.
   Część 2: Projektowanie, wykonywanie, sprawdzanie, znakowanie i dokumentowanie.
   Część 3: Usytuowanie instalacji i ochrona osobista.
   Część 4: Obsługa, konserwacja, naprawa i odzysk.
3. Materiały i opracowania Centralnego Ośrodka Chłodnictwa w Krakowie.

PL 01/2023