

WENTYLACJA i KLIMATYZACJA

MATERIAŁY POMOCNICZE
DO PROJEKTOWANIA

Venture
Industries
Sp. z o.o.



JACEK HENDIGER

PIOTR ZIĘTEK

MARTA CHLUDZIŃSKA

Drodzy Czytelnicy !!!

Przekazujemy do Państwa dyspozycji poradnik zawierający materiały pomocnicze do projektowania. Mamy nadzieję, że wydanie niniejsze będzie przydatnym narzędziem w Państwa codziennej pracy. Prezentowana pozycja powstała w oparciu o wieloletnie doświadczenie osób związanych zawodowo z wentylacją.

Ufamy, że zawartość merytoryczna, wzbogacona wskazówkami praktyków, oraz wyselekcjonowanymi materiałami katalogowymi pomocna będzie przy realizacji podjętych przez Państwa zadań projektowych.

Wyrażamy podziękowania pracownikom naukowym Zakładu Klimatyzacji i Ogrzewnictwa Politechniki Warszawskiej dr inż. Jackowi Hendigerowi, dr inż. Piotrowi Ziętkowi oraz mgr inż. Marcie Chludzińskiej za merytoryczne opracowanie poradnika.

Wojciech Stawski
Dyrektor
Venture Industries Sp. z o.o.



WARSZAWA 2013

SPIS TREŚCI:

1. WENTYLACJA - ZADANIA, KLASYFIKACJA, DEFINICJE	9
1.1. Definicje	10
2. ILOŚĆ POWIETRZA WENTYLACYJNEGO	10
2.1. Metody obliczania ilości powietrza wentylacyjnego	10
2.1.1. Obliczanie strumienia objętości powietrza wentylacyjnego na podstawie zysków ciepła jawnego	10
2.1.2. Obliczanie strumienia objętości powietrza wentylacyjnego na podstawie zysków wilgoci	10
2.1.3. Obliczanie strumienia objętości powietrza wentylacyjnego na podstawie stężenia zanieczyszczeń gazowych	11
2.1.4. Wyznaczanie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie minimalnych wymagań	12
2.1.5. Wyznaczanie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie minimalnych wymagań higienicznych dla człowieka	15
2.2. Obliczanie ilości powietrza dla wybranych obiektów przemysłowych	16
2.2.1. Obliczanie ilości powietrza dla kuchni	16
2.2.2. Obliczanie ilości powietrza dla garaży	26
2.2.3. Obliczanie ilości powietrza dla akumulatorowni	28
3. KOMFORT CIEPLNY	28
3.1. Czynniki wpływające na odczucia ciepłe	28
3.2. Wskaźniki oceny środowiska umiarkowanego	31
4. PARAMETRY OBLICZENIOWE POWIETRZA	33
4.1. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego	34
4.2. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego	35
5. ZYSKI CIEPŁA	37
5.1. Zyski ciepła od ludzi	37
5.2. Zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego	39
5.3. Zyski ciepła od urządzeń	41
5.4. Zyski ciepła od nasłonecznienia	42
5.4.1. Zyski ciepła od nasłonecznienia przez przegrody przezroczyste	42
5.4.2. Zyski ciepła od nasłonecznienia przez przegrody nieprzezroczyste	61

6. ROZDZIAŁ POWIETRZA WENTYLACYJNEGO	63
6.1. Charakterystyka systemów rozdziału powietrza	64
6.1.1. Wentylacja mieszająca	64
6.1.2. Wentylacja wyporowa	64
6.1.3. Wentylacja tłokowa	65
6.2. Gradient temperatury	65
6.3. Efektywność wentylacji	66
6.4. Strumienie nawiewne	66
6.5. Typowe formy strumieni nawiewnych	67
6.5.1. Kształtowanie się strumienia turbulentnego	68
6.5.2. Kształtowanie się strumienia wyporowego	69
6.6. Dobór nawiewników	70
7. OBLICZANIE SIECI PRZEWODÓW WENTYLACYJNYCH	73
7.1. Zalecane prędkości powietrza	73
7.2. Liniowe straty ciśnienia	73
7.3. Chropowatość bezwzględna materiału przewodu wentylacyjnego	74
7.4. Jednostkowy spadek ciśnienia	76
7.5. Średnica równoważna przewodu wentylacyjnego	76
7.5.1. Średnica równoważna przy stałej prędkości	76
7.5.2. Średnica równoważna przy stałej wydajności	77
7.6. Straty ciśnienia w przewodach elastycznych	77
7.6.1. Liniowe straty ciśnienia w przewodach elastycznych	77
7.6.2. Niepełne rozciągnięcie przewodu elastycznego	78
7.7. Miejscowe straty ciśnienia w instalacji wentylacyjnej	78
7.8. Współczynniki oporów miejscowych ζ	78
7.8.1. Łuki i kolana	79
7.8.2. Dyfuzory/konfuzory	81
7.8.3. Trójniki	82
7.9. Współpraca wentylatora z siecią przewodów	91
7.10. Moc właściwa wentylatora SFP	92
8. ODCIĄGI MIEJSCOWE	93
8.1. Prędkość porywania	93

8.2.	Obudowy	95
8.3.	Ssawki	96
8.4.	Ssawki szczelinowe	99
9.	ZAGROŻENIE WYBUCHEM	100
9.1.	Granice wybuchowości	100
9.2.	Strefy zagrożenia wybuchem	101
9.3.	Klasyfikacja urządzeń stosowanych w atmosferach wybuchowych	102
9.3.1.	Grupy urządzeń i systemów ochronnych	102
9.3.2.	Klasyfikacja urządzeń grupy II	102
9.4.	Oznaczenia urządzeń w wykonaniu przeciwybuchowym	103
10.	PROCESY PRZYGOTOWANIA POWIETRZA WENTYLACYJNEGO	103
10.1.	Podstawowe procesy przygotowania powietrza wentylacyjnego	103
10.1.1.	Nagrzewanie	103
10.1.2.	Chłodzenie	104
10.1.3.	Nawilżanie	106
10.1.4.	Mieszanie	107
10.2.	Procesy odzysku ciepła	108
10.3.	Przykładowe procesy przygotowania powietrza w centralach klimatyzacyjnych	111
11.	KLASYFIKACJA FILTRÓW POWIETRZA	113
12.	AKUSTYKA W INSTALACJACH WENTYLACYJNYCH	115
12.1.	Pojęcia podstawowe	115
12.2.	Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach	117
12.3.	Wskaźniki oceny hałasu NR i NC	119
12.3.1.	Krzywe oceny uciążliwości hałasu NR	119
12.3.2.	Wskaźnik oceny hałasu NC	120
12.4.	Filtr korekcyjny A	121
12.5.	Operacje na wartościach poziomów L [dB]	121
12.5.1.	Dodawanie poziomów z kilku źródeł dźwięku	121
12.5.2.	Odejmowanie poziomów	122
12.6.	Tłumienie własne instalacji wentylacyjnej	123
12.6.1.	Tłumienie dźwięku w prostych odcinkach kanałów wentylacyjnych	123

12.6.2. Tłumienie przy zmianie kierunku przepływu	124
12.6.3. Tłumienie w rozgałęzieniach przewodów	125
12.6.4. Tłumienie przy nagłych zmianach przekroju przewodu wentylacyjnego ..	126
12.6.5. Tłumienie w elementach zakończających	126
12.7. Obliczanie poziomu ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu	127
13. ZAŁĄCZNIKI	129
13.1. Właściwości powietrza wilgotnego	129
13.2. Wykres h-x dla powietrza wilgotnego	130
13.3. Przeliczanie jednostek	131
14. LITERATURA	133
15. Oferta Venture Industries	135
15.1. Elektryka	135
15.2. Produkty Venture Industries	141
15.2.1. Wentylatory kanałowe	141
15.2.1.1. Nagrzewnice	156
15.2.1.2. Filtry	158
15.2.1.3. Tłumiki akustyczne	161
15.2.1.4. Złącza przeciwdrganiowe	164
15.2.1.5. Przepustnice	165
15.2.2. Wentylatory osiowe ściennie	167
15.2.3. Wentylatory osiowe kanałowe	169
15.2.4. Wentylatory dachowe	170
15.2.5. Wentylatory promieniowe	174
15.2.6. Centrale rekuperacyjne	177
15.2.7. Wentylatory chemoodporne	178
15.2.7.1. Tabela odporności chemicznej	179
15.2.8. Wentylatory oddymiające	181
15.2.9. Wentylatory przeciwwybuchowe	184
15.2.10. Akcesoria elektryczne	185

1. Wentylacja - zadania, klasyfikacja, definicje

Zadaniem wentylacji jest zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza z punktu widzenia organizmu ludzkiego lub wymagań procesu technologicznego. Wymiana powietrza w pomieszczeniu ma na celu usunięcie zanieczyszczeń gazowych, parowych lub pyłowych albo ich rozcieńczenie do wartości dopuszczalnych.

Klasyfikację systemów wentylacyjnych przeprowadzić można na podstawie szeregu kryteriów, z których najczęściej stosowane to:

- **źródło ruchu powietrza:**

- *wentylacja naturalna* - ruch powietrza wywołany jest m.in. poprzez działanie wiatru lub różnicę temperatury powietrza wewnątrz i na zewnątrz budynku,
- *wentylacja mechaniczna* - ruch powietrza jest wymuszony pracą urządzeń mechanicznych,

- **zakres oddziaływania:**

- *wentylacja ogólna* - wymiana powietrza w całym pomieszczeniu,
- *wentylacja miejscowa* - wymiana powietrza w danym obszarze, np. usuwanie zanieczyszczeń bezpośrednio w miejscu ich powstawania, nawiew powietrza bezpośrednio na stanowisko pracy, nawiew powietrza przez kurtyny powietrzne,

- **charakterystyka obsługiwanego obiektu lub pomieszczenia:**

- *wentylacja bytowa* - zapewnienie wymaganych warunków komfortu użytkownikom,
- *wentylacja przemysłowa* - zapewnienie odpowiednich warunków dla procesów technologicznych lub zabezpieczenie użytkowników przed zanieczyszczeniami powstającymi w wyniku tych procesów,

- **kierunek ruchu powietrza względem pomieszczenia:**

- *wentylacja wywiewna* - powietrze usuwane jest mechanicznie, dostarczane w sposób naturalny w wyniku podciśnienia,
- *wentylacja nawiewna* - powietrze doprowadzane mechanicznie, usuwane naturalnie w wyniku nadciśnienia,
- *wentylacja nawiewno-wywiewna* - zorganizowany sposób mechanicznego dostarczania i usuwania powietrza,

- **różnica ciśnienia wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia:**

- *wentylacja nadciśnieniowa* - strumień objętości powietrza nawiewanego jest większy od wywiewanego,
- *wentylacja podciśnieniowa* - strumień objętości powietrza wywiewanego jest większy od nawiewanego,

- **stopień uzdatnienia powietrza:**

- *wentylacja* - brak regulacji parametrów ciepło-wilgotnościowych powietrza dostarczanego
- *wentylacja z chłodzeniem* lub *ogrzewaniem* - możliwość kształtowania temperatury powietrza,
- *wentylacja z nawilżaniem* lub *osuszaniem* - możliwość kształtowania wilgotności powietrza,
- *klimatyzacja* - możliwość pełnego przygotowania powietrza poprzez oczyszczanie, regulację temperatury i wilgotności.

1.1. Definicje

Poniżej przedstawiono definicje dotyczące wentylacji zawarte w normie PN-EN 12792:2006.

wentylacja - planowany nawiew i usuwanie powietrza z obsługiwanego pomieszczenia.

wentylacja naturalna - dopływ powietrza zewnętrznego przez nieszczelności (infiltracja) i otwory (wentylacja) w budynku następuje w wyniku różnicy ciśnienia bez wspomaganie urządzeniami zasilanymi elektrycznie:

- *wietrze* - w wyniku otwierania okien,
- *wentylacja grawitacyjna* - za pomocą przewodów pionowych lub pod kątem maksymalnie 45 stopni,
- *wentylacja poprzeczna* - przepływ powietrza wywołany głównie przez wpływ ciśnienia wiatru na fasady budynku, bez znaczącego wpływu efektu kominowego.

wentylacja mechaniczna - wentylacja ze wspomaganie zasilanych elektrycznie urządzeń wprawiających powietrze w ruch.

wentylacja hybrydowa - wentylacja działająca na zasadzie, w myśl której wentylacja naturalna może być co najmniej okresowo wspomagana lub zastępowana wentylacją mechaniczną.

klimatyzacja - forma uzdatnienia powietrza charakteryzująca się utrzymywaniem na odpowiednim poziomie temperatury, wilgotności, wymiany powietrza i jego czystości; jeśli nie kontroluje się dowolnego z tych parametrów (za wyjątkiem wymiany powietrza), to system ten określa się jako *klimatyzacja częściowa*.

2. Ilość powietrza wentylacyjnego

2.1. Metody obliczania ilości powietrza wentylacyjnego

2.1.1. Obliczanie strumienia objętości powietrza wentylacyjnego na podstawie zysków ciepła jawnego

$$V = \frac{Q_j}{c_p \cdot \rho \cdot (t_w - t_n)} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

gdzie:

Q_j - maksymalne, sumaryczne zyski ciepła jawnego [kW]

c_p - ciepło właściwe powietrza [kJ/kg · K] (przyjmowana jest stała wartość 1,005 kJ/kg · K),

ρ - gęstość powietrza [kg/m³] (przyjmowana jest stała wartość 1,2 kg/m³),

t_w - temperatura powietrza usuwanego z pomieszczenia [°C],

$t_w = t_p$ w przypadku umieszczenia wywiewników na wysokości 1,5 ÷ 2,0 m,

$t_w = t_p + \beta(h-2)$ w przypadku umieszczenia wywiewników powyżej strefy przebywania ludzi. W praktyce przy wywiewnikach umieszczonych na wys. do ok. 4m gradientu można nie uwzględniać,

t_p - zakładana temperatura powietrza w pomieszczeniu [°C],

β - pionowy gradient temperatury [K] (w pomieszczeniach stałego przebywania ludzi zwykle 0,2 ÷ 0,4 K/m),

h - wysokość pomieszczenia [m],

t_n - temperatura powietrza nawiewanego do pomieszczenia [°C].

2.1.2. Obliczanie strumienia objętości powietrza wentylacyjnego na podstawie zysków wilgoci

$$V = \frac{W}{\rho \cdot (x_w - x_n)} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

gdzie:

W - strumień pary wodnej generowany w pomieszczeniu [kg/h],

ρ - gęstość powietrza [kg/m³] (przyjmowana jest stała wartość 1,2 kg/m³),

x_w - zawartość wilgoci w powietrzu usuwanym z pomieszczenia [kg pary wodnej/kg suchego powietrza],

x_n - zawartość wilgoci w powietrzu nawiewanym do pomieszczenia [kg pary wodnej/kg suchego powietrza].

2.1.3. Obliczanie strumienia objętości powietrza wentylacyjnego na podstawie stężenia zanieczyszczeń gazowych

$$V = \Phi \frac{Z}{C_{\text{dop}} - C_n} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

gdzie:

- Φ - współczynnik nierównomierności wydzielania się zanieczyszczenia i ich rozprzestrzeniania się w pomieszczeniu [-],
- Z - ilość zanieczyszczenia gazowego wydzielanego w pomieszczeniu [g/h],
- C_{dop} - dopuszczalne stężenie zanieczyszczenia w powietrzu w pomieszczeniu [g/m^3],
- C_n - stężenie zanieczyszczenia w powietrzu nawiewanym [g/m^3].

W przypadku wydzielania się w pomieszczeniu kilku zanieczyszczeń gazowych ilość powietrza wentylacyjnego określa się jako:

- sumę ilości powietrza wentylacyjnego obliczoną dla każdego zanieczyszczenia oddzielnie w przypadku, w którym oddziaływanie zanieczyszczeń powoduje podobne objawy oraz występuje efekt synergiczny. Dotyczy to m.in.: pary rozpuszczalników (benzenu, alkoholi, estrów kwasu octowego), gazów drażniących, tlenków azotu z tlenkiem węgla.

$$V = \sum V_i$$

- maksymalną wartość spośród obliczonych strumieni objętości powietrza dla poszczególnych zanieczyszczeń w pozostałych przypadkach, gdzie oddziaływanie na organizm człowieka poszczególnych zanieczyszczeń jest niezależne.

$$V = \text{MAX} (V_i)$$

Tab. Najwyższe dopuszczalne stężenia niektórych zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach (wg Dz.U. 2002 nr 217 poz. 1833 wraz z późniejszymi zmianami)

Lp.	Nazwa substancji	Najwyższe dopuszczalne stężenie w mg/m^3 w zależności od czasu narażenia w ciągu zmiany roboczej		
		NDS	NDSch	NDSP
1	Aceton	600	1800	-
2	Amoniak	14	28	-
3	Anilina	5	20	-
4	Arsen i jego związki nieorganiczne	0,01	-	-
5	Benzen	1,6	-	-
6	Benzyna ekstrakcyjna	500	1500	-
7	Benzyna do lakierów	300	900	-
8	Chlor	0,7	1,5	-
9	Ditlenek azotu	0,7	1,5	-
10	Ditlenek węgla	9000	27000	-
11	Glin metaliczny, glin proszek dymy, pył całkowity	2,5	-	-
12	Glin metaliczny, glin proszek dymy, pył respirabilny	1,2	-	-
13	Nafta	100	300	-
14	Nikotyna	0,5	-	-
15	Ozon	0,15	-	-
16	Toluen	100	200	-

Tab. (c.d.) Najwyższe dopuszczalne stężenia niektórych zanieczyszczeń powietrza w pomieszczeniach (wg Dz.U. 2002 nr 217 poz. 1833 wraz z późniejszymi zmianami)

Lp.	Nazwa substancji	Najwyższe dopuszczalne stężenie w mg/m ³ w zależności od czasu narażenia w ciągu zmiany roboczej		
		NDS	NDSch	NDSP
17	Tlenek węgla	23	117	-
18	Tlenek azotu	3,5	7	-
19	Siarkowodór	10	20	-
20	Spaliny silnika diesla pył respirabilny	0,5	-	-
21	Strychnina	0,15	-	-

Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) - wartość średnia ważona stężenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w Kodeksie Pracy, przez okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszych pokoleń.

Najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (NDSch) - wartość średnia stężenia, które nie powinno spowodować ujemnych zmian w stanie zdrowia pracownika, jeżeli występuję w środowisku pracy nie dłużej niż 15 minut i nie częściej niż 2 razy w czasie zmiany roboczej, w odstępie czasu nie krótszym niż 1 godzina.

Najwyższe dopuszczalne stężenie pułapowe (NDSP) - wartość stężenia, która ze względu na zagrożenie zdrowia lub życia pracownika nie może być w środowisku pracy przekroczona w żadnym momencie.

Tab. Wartość współczynnika nierównomierności wydzielania się zanieczyszczeń (φ)

Rodzaj zanieczyszczeń:	φ
Szkodliwe dla zdrowia - stosunkowo równomierne wydobywanie się w czasie	1,2 ÷ 1,3
Nietoksyczne lub nie wywołujące ciężkich schorzeń przy krótkotrwałym podwyższeniu stężenia	1,1 ÷ 1,2
Wszystkie rodzaje zanieczyszczeń przy nierównomiernym wydobywaniu się zanieczyszczeń	1,3 ÷ 1,4

2.1.4. Wyznaczanie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie minimalnych wymagań

Ilość powietrza dla części pomieszczeń można wyznaczyć na podstawie poniższej tabeli zawierającej wymagania polskich przepisów lub wartości przyjmowanych zwyczajowo bądź szacunkowo.

Tab. Zestawienie wymaganych ilości powietrza wentylacyjnego

Rodzaj pomieszczenia	Wymagany strumień objętości powietrza wentylacyjnego	Uwagi
Akumulatornia	4 ÷ 8 wymian/h	
Amoniakalne instalacje chłodnicze (m.in.: maszynownia, aparatownia)	3 wymiany/h awaryjna 10 wymian/h	Dz.U.98 poz. 902 2003 r.

Tab. (c.d.) Zestawienie wymaganych ilości powietrza wentylacyjnego

Rodzaj pomieszczenia		Wymagany strumień objętości powietrza wentylacyjnego	Uwagi
Apteki:			
- Izba recepturowa		2 wymiany/h	Dz.U. 171 poz. 1395 2002r.
- Izba do sporządzania produktów homeopatycznych		2 wymiany/h	
- Zmywalnia		2 wymiany/h	
- Pozostałe pomieszczenia		1,5 wymiany/h	
Archiwum		2 ÷ 4 wymiany/h	
Dyżurna wentylacja:			
- Wszystkie pomieszczenia		0,5 wymiany/h	PN-EN 15251:2007
- Pomieszczenia nie mieszkalne	wentylacja ciągła	0,1 ÷ 0,2 l/s • m ²	
- Pomieszczenia nie mieszkalne - wentylacja uruchamiana przed rozpoczęciem użytkowania		2 wymiany przed rozpoczęciem użytkowania	
- Pomieszczenia mieszkalne - wentylacja ciągła		0,05 ÷ 0,1 l/s • m ²	
Ciemnie fotograficzne		10 ÷ 15 wymian/h	
Galerie handlowe		6 ÷ 9 m ³ /h • m ²	
Garaże zamknięte		100 ÷ 120 m ³ /h • miejsce post.	
- Do 10 stanowisk		1,5 wymiany/h	Dz.U.75 poz. 690 2002r. wraz z późn. zm.
Hale sprzedaży w dużych sklepach samoobsługowych		10 ÷ 12 m ³ /h • m ²	
Jadalnie		2 wymiany/h	
Kesony (dzwony nurkowe)		30 m ³ /h • osobę	Dz.U. 31 poz. 208 1952r.
Komunikacja		1,5 wymiany/h	
Kuchnie w budynkach mieszkalnych:			
- z oknem zewnętrznym, wyposażone w kuchnię gazową lub węglową		70 m ³ /h	PN-83/B-03430 (Az3:2000)
- z oknem zewnętrznym, wyposażone w kuchnię elektryczną - w mieszkaniu do 3 osób		30 m ³ /h	
- w mieszkaniu dla więcej niż 3 osób		50 m ³ /h	
- bez okna zewnętrznego lub dla wnęki kuchennej, wyposażone w kuchnię elektryczną		50 m ³ /h	
- bez okna zewnętrznego, wyposażone w kuchnię gazową;		70 m ³ /h	
- Kuchnie (pomieszczenia kategorii I)		28 l/s	PN-EN 15251:2007
- Kuchnie (pomieszczenia kategorii II)		20 l/s	
- Kuchnie (pomieszczenia kategorii III)		14 l/s	
Laboratorium		7 ÷ 15 wymian/h	
Łazienki w budynkach mieszkalnych:			
- z ustępem lub bez		50 m ³ /h	PN-83/B-03430 (Az3:2000)
- Łazienka (pomieszczenia kategorii I)		20 l/s	PN-EN 15251:2007
- Łazienka (pomieszczenia kategorii II)		15 l/s	
- Łazienka (pomieszczenia kategorii III)		10 l/s	

Tab. (c.d.) Zestawienie wymaganych ilości powietrza wentylacyjnego

Rodzaj pomieszczenia	Wymagany strumień objętości powietrza wentylacyjnego	Uwagi
Magazyn środków ochrony roślin oraz nawozów mineralnych i organiczno-mineralnych	3 wymiany/h Awaryjna 10 wymian/h	Dz.U.99 poz. 896 2002r.
Malowanie, metalizacja natryskowa, czyszczenie powierzchni (komora robocza)	10 wymian/h	Dz.U.237 poz. 2003 2003r.
Natryski:	80 ÷ 100 m ³ /h • natrysk	
	5 wymian/h	Dz.U.169 poz. 1650 2003r.
Palarnia	10 wymian/h	
Piwnice	0,3 wymiany/h	PN-83/B-03430 (Az3:2000)
Pomieszczenie wypoczynku dla kobiet w ciąży i karmiących (zakłady pracy)	2 wymiany/h	Dz.U.169 poz. 1650 2003r.
Pomocnicze pomieszczenie bezokienne	30 m ³ /h	PN-83/B-03430 (Az3:2000)
Prace z użyciem cyjanków do obróbki cieplnej metali, ich roztworów i mieszanin	10 wymian/h	Dz.U.69 poz.456 2007r.
Prace z ręką i jej związkami	6 wymian/h	Dz.U.69 poz.455 2007r.
Pralnie domowe	2 wymiany/h	PN-83/B-03430 (Az3:2000)
Pralnie i farbiarnie zawodowe:		
- Sortownie, magazyny odzieży brudnej oraz przeznaczone do płukania, odwirowywania i farbowania odzieży	Nawiew: 5 wymian/h Wywiew: 6 wymian/h	
- Moczenie, odkażanie, ręczne prasowanie odzieży	Nawiew: 3 wymian/h Wywiew: 4 wymian/h	Dz.U.40 poz. 469 2000r.
- Gotowanie odzieży, pranie ręczne i mechaniczne, farbowanie	Nawiew: 6 wymian/h Wywiew: 7 wymian/h	
- Suszenie i mechaniczne prasowanie odzieży	Nawiew: 4 wymian/h Wywiew: 5 wymian/h	
- Sortowanie i magazynowanie odzieży czystej lub ufarbowanej	1 wymiana/h	
Procesy galwanotechniczne:		
- Produkcja	10 wymian/h	Dz.U.19 poz. 192 2002r.
- Magazyn	10 wymian/h	
Rura zsypu śmieci	200 m ³ /h	PN-83/B-03430
Służba zdrowia:		
- Gabinet konsultacyjno lekarski	2 wymiany/h	
- Gabinet zabiegowy	3 ÷ 4 wymiany/h	
- Gabinet zabiegowy ze znieczuleniem ogólnym	10 wymian/h	
- Sterylizatornia	5 wymian/h	
- Gabinet rentgenowski	1,5 wymiany/h	Dz.U.180 poz. 1325 2006r.
- Ciemnia rentgenowska	3 wymiany/h	
- Pozostałe pomieszczenia	1,5 wymiany/h	
Socjalne pomieszczenia	2 wymiany/h	
Susznarnia bielizny	1 wymiana/h	PN-83/B-03430
Szatkarnia okryć wierzchnich	2 wymiany/h	

Tab. (c.d.) Zestawienie wymaganych ilości powietrza wentylacyjnego

Rodzaj pomieszczenia	Wymagany strumień objętości powietrza wentylacyjnego	Uwagi
Szatnie personelu:		
- Z otwieranym oknem dla max.10 pracowników	2 wymiany/h	Dz.U.169 poz. 1650 2003r.
- Pozostałe	4 wymiany/h	
Toalety w budynkach mieszkalnych:		
- Oddzielny ustęp w mieszkaniu	30 m ³ /h	PN-83/B-03430 (Az3:2000)
- Toaleta (pomieszczenia kategorii I)	14 l/s	PN-EN 15251:2007
- Toaleta (pomieszczenia kategorii II)	10 l/s	
- Toaleta (pomieszczenia kategorii III)	7 l/s	
Umywalnie	2 wymiany/h	Dz.U.169 poz. 1650 2003r.
Włókiennicze wyroby (produkcja)		
pomieszczenia, w których wydziela się para (w szczególności przy gotowaniu, praniu, bieleniu, barwieniu)	6 wymian/h	Dz.U.179 poz. 1274 2007r.
Zakłady gastronomiczne:		
- Kuchnie*)	15 ÷ 30 wymian/h	Dz.U.65 poz. 447 1951r.
- Obieralnie	4 ÷ 6 wymian/h	
- Zmywalnie	10 wymian/h	
- Magazyn produktów suchych	2 ÷ 3 wymiany/h	
- Magazyn napoi	2 ÷ 3 wymiany/h	
- Magazyn bielizny czystej	1,5 wymiany/h	
- Przygotowalnia	4 ÷ 8 wymian/h	
- Rozdzielnia kelnerska	8 ÷ 10 wymian/h	
- Pomieszczenie urządzeń chłodniczych*)	8 ÷ 10 wymian/h	
- Sala konsumencka	50 m ³ /h • osobę	
Zakłady graficzne	6 wymian/h	
Zakłady odnowy biologicznej:		
- Pomieszczenia ćwiczeń fizycznych wyposażone w klimatyzację lub wentylację mechaniczną	50 m ³ /h • osobę	Dz.U.31 poz. 273 2004r.
- Siłownie	100 m ³ /h • osobę	

*) Obliczenia właściwe należy wykonywać na podstawie zysków ciepła

2.1.5. Wyznaczanie ilości powietrza wentylacyjnego na podstawie minimalnych wymagań higienicznych dla człowieka

Minimalny strumień powietrza wentylacyjnego wg PN-83/B-03430 wraz z poprawką Az3:2000.

Całkowity strumień powietrza wentylacyjnego (V_c) oblicza się ze wzoru:

$$V_c = n \cdot V \quad [m^3/h]$$

gdzie:

n - maksymalna, zakładana ilość osób,

V - wymagany strumień powietrza dla jednej osoby [m^3/h].

2. Ilość powietrza wentylacyjnego

Tab. Zestawienie minimalnych ilości powietrza wentylacyjnego dla jednej osoby
(wg PN-83/B-03430; Az3:2000)

Opis	Strumień powietrza wentylacyjnego
przy wentylacji i otwieralnych oknach w budynkach mieszkalnych	20 m ³ /h • osobę *)
przy klimatyzacji lub wentylacji i nieotwieralnych oknach w budynkach niemieszkalnych przy zakazie palenia	30 m ³ /h • osobę
przy klimatyzacji lub wentylacji i nieotwieralnych oknach w budynkach niemieszkalnych przy dozwolonym paleniu	50 m ³ /h • osobę
żłobki, przedszkola	15 m ³ /h • osobę

*) jednak nie mniej niż 1 h⁻¹.

Minimalny strumień powietrza wentylacyjnego wg PN-EN 15251:2007 dla pomieszczeń niemieszkalnych

Całkowity strumień powietrza wentylacyjnego (V_c) oblicza się ze wzoru:

$$V_c = n \cdot V_L + A \cdot V_A \quad [l/s]$$

gdzie:

n - maksymalna, zakładana ilość osób,

V_L - wymagany strumień powietrza dla jednej osoby [l/s],

A - powierzchnia pomieszczenia [m²],

V_A - wymagany, jednostkowy strumień powietrza z uwagi na emisyjność materiałów budowlanych [l/s • m² powierzchni podłogi].

Tab. Zestawienie minimalnych ilości powietrza wentylacyjnego dla pomieszczeń niemieszkalnych

Rodzaj budynku	Pomieszczenia kategorii I	Pomieszczenia kategorii II	Pomieszczenia kategorii III
	Minimalny strumień powietrza dla 1 osoby (V_L)		
	10 l/s • osobę	7 l/s • osobę	4 l/s • osobę
	Minimalny strumień powietrza ze względu na emisyjność materiałów budowlanych (V_A)		
budynki o bardzo niskiej emisyjności	0,5 l/s • m ²	0,35 l/s • m ²	0,2 l/s • m ²
budynki o niskiej emisyjności	1 l/s • m ²	0,7 l/s • m ²	0,4 l/s • m ²
pozostałe budynki	2 l/s • m ²	1,4 l/s • m ²	0,8 l/s • m ²

Minimalny strumień powietrza wentylacyjnego wg PN-EN 15251:2007 dla pomieszczeń mieszkalnych

Całkowity strumień powietrza wentylacyjnego (V_c) wyznacza się na podstawie poniższej zależności:

$$V_c = \text{MAX} (A \cdot V_A; V_L \cdot n + A \cdot V_A) \quad [l/s]$$

gdzie:

A - powierzchnia pomieszczenia (sypialnia, salon itp.) [m²],

V_A - wymagany, jednostkowy strumień powietrza [l/s • m²],

V_L - wymagany strumień powietrza dla jednej osoby [l/s],

n - maksymalna, zakładana ilość osób lub ilość sypialni,

V_a - wymagany, dodatkowy, jednostkowy strumień powietrza [l/s • m²].

Tab. Zestawienie minimalnych ilości powietrza wentylacyjnego dla pomieszczeń mieszkalnych

	Pomieszczenia kategorii I	Pomieszczenia kategorii II	Pomieszczenia kategorii III
V_A	0,49 l/s • m ²	0,42 l/s • m ²	0,35 l/s • m ²
V_L	10 l/s • osobę	7 l/s • osobę	4 l/s • osobę
V_a	1,4 l/s • m ²	1,0 l/s • m ²	0,6 l/s • m ²

2.2. Obliczanie ilości powietrza dla wybranych obiektów przemysłowych

2.2.1. Obliczanie ilości powietrza dla kuchni

(na podstawie VDI 2052)

Ilość powietrza usuwanego przez okap:

$$V_U = V_K \cdot a \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

gdzie:

- V_K - strumień konwekcyjny powstający nad urządzeniem kuchennym obsługiwany przez okap [m³/h],
- a - współczynnik zwiększający związany z zaburzeniami strumienia konwekcyjnego przez strumienie nawiewne.

Tab. Współczynniki zwiększające zależne od organizacji przepływu powietrza w pomieszczeniu

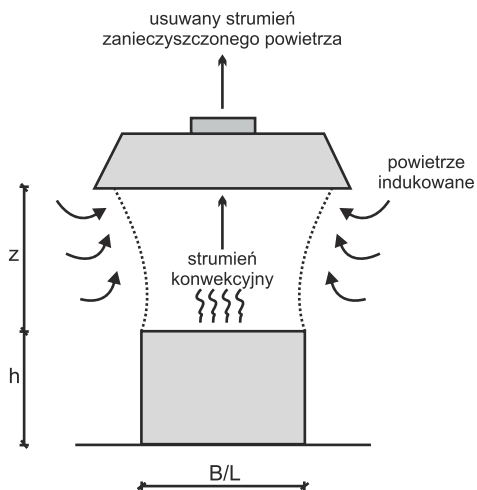
Rodzaj rozdziału powietrza	Wsp. zwiększ., a
Wentylacja mieszająca:	
- nawiew przyścienny	1,25
- nawiew sufitowy	1,20
Wentylacja wyporowa:	
- nawiew sufitowy	1,10
- nawiew do strefy pracy	1,05

Strumień konwekcyjny:

$$V_K = k \cdot Q_J^{1/3} \cdot (z + 1,7 d_h)^{5/3} \cdot r \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

gdzie:

- k - współczynnik wyznaczony empirycznie, $k = 18$,
- Q_J - strumień ciepła powstający nad urządzeniami kuchennymi [W],
- d_h - średnica hydrauliczna źródła ciepła,
 - $d_h = 2 L \cdot B / (L+B)$ [m],
 - L - długość źródła ciepła [m],
 - B - szerokość źródła ciepła [m],
- z - wysokość pomiędzy źródłem ciepła a okapem [m],
- r - współczynnik zmniejszający wynikający z ustawienia źródła ciepła.



Położenie źródła ciepła		r
wolnostojące		1,00
stojące przy ścianie		0,63
dwustronnie zamknięte		0,40
trójstronnie zamknięte		0,27

Strumień ciepła z urządzeń kuchennych:

$$Q_j = Q_i \cdot b \cdot \varphi \quad [W]$$

gdzie:

- Q_i - ciepło jawne oddawane przez urządzenie kuchenne [W],
- b - udział ciepła oddawanego przez konwekcję, zwykle $b = 0,5$,
- φ - współczynnik jednoczesności pracy urządzeń.

Tab. Współczynnik jednoczesności pracy urządzeń kuchennych w zależności od wielkości i rodzaju kuchni

Rodzaj kuchni	Wielkość kuchni								
	małe			średnie			duże		
	porcje dzienne szt.	porcje obiad. szt.	φ -	porcje dzienne szt.	porcje obiad. szt.	φ -	porcje dzienne szt.	porcje obiad. szt.	φ -
Kuchnie gastronomiczne (kawiarnie, restauracje, hotele)	<100	-	1,0	<250	-	0,7	>250	-	0,7
Kuchnie w kantynach, klubach, stołówkach	-	150	0,8	-	<500	0,6	-	>500	0,6
Kuchnie w szpitalach:									
- centralne	-	250	0,8	-	<650	0,6	-	>650	0,6
- oddziałowe	-	40	1,0	-	-	-	-	-	-
Kuchnie w mieszkaniach	-	100	0,9	-	<250	0,6	-	>250	0,6
Kuchnie do przygotowywania posiłków, kuchnie mieszane	-	50	0,9	-	<400	0,6	-	>400	0,6
Przemysłowe przygotowywanie posiłków (kuchnie: odległe, zimne, pokładowe, centralne)	-	-	-	<3000	-	0,7	>3000	-	0,7

Tab. Zyski ciepła i wilgoci wydzielane przez urządzenia kuchenne ogrzewane gazem (wg VDI 2052)

Rodzaj obróbki kuchennej	Rodzaj urządzenia kuchennego	Urządzenia ogrzewane gazem					
		Praca normalna			Praca ograniczona		
		Q_j [W/kW]	Q_u [W/kW]	W [g/(hkW)]	Q_j [W/kW]	Q_u [W/kW]	W [g/(hkW)]
gotowanie, duszenie, pieczenie	kotły warzelne i automaty kotłowe	100	300	441	75	80	118
	kotły ciśnieniowe	-	-	-	-	-	-
	wysokociśnieniowe parowe						
	urządzenia do pieczenia:						
	- jednorazowego	-	-	-	-	-	-
	- przelotowego	-	-	-	-	-	-
	piece konwekcyjno-parowe	150	180	265	85	100	147
smażenie, grillowanie, pieczenie	brytfanny przechylne do smażenia	450	450	630	450	250	368
	patelnie do grillowania i pieczenia	350	400	588	250	150	220
	urządzenia do grill. i pieczenia	720	200	294	720	200	294
	piece do pieczenia	350	200	294	250	200	294
	urządzenia powietrzne do rozmr.	100	150	220	50	100	147
	automaty do szybkiego grillowania i pieczenia	-	-	-	-	-	-
	automaty do sosów	-	-	-	-	-	-
	frytkownice	90	700	1030	-	-	-
	automaty do frytek z odciąganiem	-	-	-	-	-	-
	automaty do frytek bez odciągu	-	-	-	-	-	-
obróbka, przechowywanie, transport	kuchenki, płyty grzejne	250	100	147	150	80	118
	taborety grzejne	250	150	265	200	10	176
	kuchenki mikrofalowe	-	-	-	-	-	-
	kąpiel wodna (rozmrążanie)	195	220	323	-	-	-
	witryny podgrzewane	350	-	-	-	-	-
	lodówki	-	-	-	-	-	-
	maszyny kuchenne (do obróbki)	-	-	-	-	-	-
	podajniki	-	-	-	-	-	-
	urządzenia do zaparzania napojów	-	-	-	-	-	-

gdzie: Q_j - jednostkowe ciepło jawne; Q_u - jednostkowe ciepło utajone; W - jednostkowe zyski wilgoci. Wartość całkowitą otrzymać można mnożąc wartości z tabeli przez moc urządzenia.

2. Ilość powietrza wentylacyjnego

Tab. Zyski ciepła i wilgoci wydzielane przez urządzenia kuchenne ogrzewane elektrycznie lub parą (wg VDI 2052)

Rodzaj obróbki kuchennej	Rodzaj urządzenia kuchennego	Urządzenia ogrzewane elektrycznie lub parą					
		Praca normalna			Praca ograniczona		
		Q _j [W/kW]	Q _u [W/kW]	W [g/(hkW)]	Q _j [W/kW]	Q _u [W/kW]	W [g/(hkW)]
gotowanie, duszenie, pieczenie	kotły warzelne i automaty kotłowe	35	200	294	25	80	118
	kotły ciśnieniowe	40	10	15	-	-	-
	wysokociśnieniowe parowe urządzenia do pieczenia:						
	- jednorazowego	25	200	194	25	0	0
	- przelotowego	25	200	294	25	0	0
	piece konwekcyjno-parowe	120	180	265	70	100	147
smażenie, grillowanie, pieczenie	brytfanny przechylne do smażenia	450	400	588	250	150	220
	patelnie do grillowania i pieczenia	330	400	588	200	120	176
	urządzenia do grill. i pieczenia	700	175	257	700	175	257
	piece do pieczenia	350	160	235	250	160	235
	urządzenia powietrzne do rozmr.	70	150	220	40	60	88
	automaty do szybkiego grillowania i pieczenia	250	230	338	250	230	338
	automaty do sosów	150	160	235	110	160	236
	frytkownice	90	700	1030	-	-	-
	automaty do frytek z odciąganiem	50	100	147	-	-	-
	automaty do frytek bez odciągu	50	550	808	-	-	-
obróbka, przechowywanie, transport	kuchenki, płyty grzejne	200	80	118	100	50	74
	taborety grzejne	200	150	220	150	100	147
	kuchenki mikrofalowe	50	10	15	-	-	-
	kąpiel wodna (rozmrążanie)	125	200	194	-	-	-
	witryny podgrzewane	350	-	-	-	-	-
	lodówki	700	-	-	-	-	-
	maszyny kuchenne (do obróbki)	175	-	-	-	-	-
	podajniki	1000	-	-	-	-	-
	urządzenia do zaparzania napojów	100	200	-	-	-	-

gdzie: Q_j - jednostkowe ciepło jawne; Q_u - jednostkowe ciepło utajone; W - jednostkowe zyski wilgoci. Wartość całkowitą otrzymać można mnożąc wartości z tabeli przez moc urządzenia.

Tab. Zalecane wartości zysków ciepła od wybranych przemysłowych urządzeń kuchennych (wg ASHRAE Fundamentals)

Lp.	Rodzaj urządzenia kuchennego	Wielkość	Moc znam. [W]	Zyski ciepła* [W]			
				bez okapu***			okap**
				Q _j	Q _u	Q _{cal.}	Q _j
Elektryczne - okap niewymagany							
1	Blender, na litr obj.	1 ÷ 3,8 L	480	310	160	470	150
2	Patelnia do duszenia, na l obj.	102 ÷ 133 L	110	55	29	84	40
3	Otwieracz do puszek	-	170	170	-	170	0
4	Kuter (rozdrabniacz) (duży)	pojemnik 460 mm	750	750	-	750	0
5	Kuter (rozdrabniacz) (mały)	pojemnik 360 mm	370	370	-	370	0
6	Kuter i mikser (duży)	28 ÷ 45 L	3730	3730	-	3730	0
7	Zmywarka kapturowa (chemiczna), na 100 naczyń/h	950 ÷ 200 naczyń/h	380	50	110	160	56
8	Zmywarka kapturowa (wodna), na 100 naczyń/h	950 ÷ 2000 naczyń/h	380	56	123	179	44
9	Zmywarka taśmowa (chem.), na 100 naczyń/h	5000 ÷ 9000 naczyń/h	340	41	97	138	50
10	Zmywarka taśmowa (wodna), na 100 naczyń/h	5000 ÷ 9000 naczyń/h	340	44	108	152	0
11	Szafa wystawowa (chłodzona), na m ³ obj. wnętrza	0,17 ÷ 1,9 m ³	1590	640	-	640	0 0
12	Wałkownica do ciasta (duża)	2 wałki	1610	1610	-	1610	460
13	Wałkownica do ciasta (mała)	1 wałek	460	460	-	460	250
14	Gotowacz do jaj	12 jaj	1800	850	570	1420	
15	Podgrzewacz do potraw (promiennik), na lampę	1 ÷ 6 lamp	250	250	-	250	820
16	Podgrzewacz do potraw (typ półkowy), na m ² pow.	0,28 ÷ 0,84 m ³	2930	2330	600	2930	950
17	Podgrzewacz do potraw (promiennik rurowy), na m dł.	1,0 ÷ 2,1 m	950	950	-	950	6000
18	Podgrzewacz do potraw (zbiornikowy), na m ³ zbiornika	20 ÷ 70 L	37400	12400	6360	18760	0 0
19	Zamrażarka (duża)	2,07 m ³	1340	540	-	540	1080
20	Zamrażarka (mała)	0,51 m ³	810	320	-	320	
21	Grill (duży), na m ² powierzchni grillowania	0,43 ÷ 1,1 m ²	29000	1940	1080	3020	940
22	Grill (mały), na m ² powierzchni grillowania	0,2 ÷ 0,42 m ²	26200	1720	970	2690	48
23	Opiekacz hot dogów	48 ÷ 56 hot dogów	1160	100	50	150	

* - do określenia zysków ciepła wykorzystać można moc znamionową urządzenia. Dla urządzeń wyposażonych w okap zyski ciepła na drodze promieniowania zawierają się w przedziale 15-45% mocy. Dla urządzeń bez okapu zyski ciepła można oszacować jako 50% mocy, przy czym 66% stanowi ciepło jawne, a 34% ciepło utajone. Przy braku danych wykorzystywać można powyższą tabelę.

** - zyski ciepła na drodze promieniowania dla urządzeń wyposażonych w prawidłowo zaprojektowany okap przyłączony do systemu wyciągowego.

*** - zyski ciepła od urządzeń bez okapu znajdujących się w strefie pracy.

Tab. (c.d.) Zalecane wartości zysków ciepła od wybranych przemysłowych urządzeń kuchennych (wg ASHRAE Fundamentals)

Lp.	Rodzaj urządzenia kuchennego	Wielkość	Moc znam. [W]	Zyski ciepła* [W]			
				bez okapu***			okap**
				Q _j	Q _u	Q _{cal.}	Q _j
Elektryczne - okap niewymagany							
24	Płyta grzejna (dwa palniki, wysoka prędkość)		4900	2290	1590	3880	1830
25	Płyta grzejna (dwa palniki, garnkowy)		4000	1870	1300	3170	1490
26	Płyta grzejna (jeden palnik, wysoka prędkość)		2800	1310	910	2220	1040
27	Podgrzewacz wody (duży), na litr obj.	53 L	130	50	16	66	21
28	Podgrzewacz wody (mały), na litr obj.	7,6 L	230	87	30	117	37
29	Kostkarka do lodu (duża)	100 kg/dzień	1090	2730	-	2730	0
30	Kostkarka do lodu (mała)	50 kg/dzień	750	1880	-	1880	0
31	Kuchenka mikrofalowa (przemysłowa)	20 L	2630	2630	-	2630	0
32	Kuchenka mikrofalowa (domowa)	30 L	600 -1400	600 -1400	-	600 -1400	0
33	Mikser (duży), na litr obj.	77 L	29	29	-	29	0
34	Mikser (mały), na litr obj.	11 ÷ 72 L	15	15	-	15	0
35	Lodówka (duża), na m ³ obj. wnętrza	0,71 ÷ 2,1 m ³	730	310	-	310	0
36	Lodówka (mała), na m ³ obj. wnętrza	0,17 ÷ 0,71 m ³	1730	690	-	690	0
37	Patelnia, na litr obj.	45 ÷ 125 L	180	90	50	140	66
38	Krajalnica, na m ² podajnika	0,06 ÷ 0,09 m ²	2150	2150	-	2150	680
39	Kocioł do zupy, na litr zbiornika	7 ÷ 11 L	130	45	24	69	21
40	Kocioł parowy (duży), na litr obj.	76 ÷ 300 L	95	7	5	12	4
41	Kocioł parowy (mały), na litr obj.	23 ÷ 45 L	260	21	14	35	10
42	Toster taśmowy (duży)	720 tostów/h	3200	850	750	1600	510
43	Toster taśmowy (mały)	360 tostów/h	2100	560	490	1050	340
44	Toster tradycyjny (duży)	10 tostów	5300	2810	2490	5300	1700
45	Toster tradycyjny (mały)	4 tosty	2470	1310	1160	2470	790
46	Gofrownica	0,05 m ²	1640	700	940	1640	520

* - do określenia zysków ciepła wykorzystać można moc znamionową urządzenia. Dla urządzeń wyposażonych w okap zyski ciepła na drodze promieniowania zawierają się w przedziale 15-45% mocy. Dla urządzeń bez okapu zyski ciepła można oszacować jako 50% mocy, przy czym 66% stanowi ciepło jawne, a 34% ciepło utajone. Przy braku danych wykorzystać można powyższą tabelę.

** - zyski ciepła na drodze promieniowania dla urządzeń wyposażonych w prawidłowo zaprojektowany okap przyłączony do systemu wyciągowego.

*** - zyski ciepła od urządzeń bez okapu znajdujących się w strefie pracy.

Tab. (c.d.) Zalecane wartości zysków ciepła od wybranych przemysłowych urządzeń kuchennych (wg ASHRAE Fundamentals)

Lp.	Rodzaj urządzenia kuchennego	Wielkość	Moc znam. [W]	Zyski ciepła* [W]			
				bez okapu***			okap**
				Q _j	Q _u	Q _{cal.}	Q _j
Elektryczne - wyposażone w okap							
47	Opiekacz taśmowy (promiennik), na m ² pow. opiekania	0,19 ÷ 9,5 m ²	60800	-	-	-	12100
48	Opiekacz (jeden poziomy, promiennik), na m ² pow. opiekania	0,24 ÷ 0,91 m ²	34200	-	-	-	6780
49	Frytkownica	15 ÷ 23 kg oleju	14000	-	-	-	350
50	Frytkownica (ciśnieniowa), na kg obj. oleju	6 ÷ 15 kg	1010	-	-	-	38
51	Grill, na metr długości powierzchni gotowania	0,6 ÷ 2,4 m	18800	-	-	-	1350
52	Piec konwekcyjny (pełna konwekcja)		12000	-	-	-	850
53	Piec konwekcyjny (mała konwekcja), na m ³ pieca	0,04 ÷ 0,15 m ³	107000	-	-	-	1520
54	Piec do pieczenia, na m ³ pieca	0,22 ÷ 0,66 m ³	28300	-	-	-	1170
55	Kuchenka (powierzchnia grzejna), na m ² pow. gotow.	0,36 ÷ 0,74 m ²	22900	-	-	-	8500
56	Kuchenka (piekarnik), na m ³ piekarnika	0,12 ÷ 0,32 m ³	40600	-	-	-	1660
Gazowe - okap niewymagany							
57	Opiekacz, na m ² pow. opiekania	0,25	46600	16800	9030	25830	3840
58	Podgrzewacz do sera, na m ² pow. gotowania	0,23 ÷ 0,47 m ²	32500	11600	3400	15000	2680
59	Zmywarka kapturowa (chemiczna), na 100 naczyń/h	950 ÷ 2000 nacz./h	510	150	59	209	67
60	Zmywarka kapturowa (wodna), na 100 naczyń/h	950 ÷ 2000 nacz./h	510	170	64	234	73
61	Zmywarka taśmowa (chemiczna), na 100 naczyń/h	5000 ÷ 9000 nacz./h	400	97	21	118	38
62	Zmywarka taśmowa (wodna), na 100 naczyń/h	5000 ÷ 9000 nacz./h	400	110	23	133	41
63	Grill (duży), na m ² powierzchni grillowania	0,43 ÷ 1,1 m ²	53600	3600	1930	5530	1450
64	Grill (mały), na m ² powierzchni grillowania	0,23 ÷ 0,42 m ²	45400	3050	1610	4660	1260
65	Płyta grzejna	2 palniki	5630	3430	1020	4450	1000
66	Piec do pizzy, na m ² pow. wnet.	0,59 ÷ 1,2 m ²	14900	1970	690	2660	270

* - do określenia zysków ciepła wykorzystać można moc znamionową urządzenia. Dla urządzeń wyposażonych w okap zyski ciepła na drodze promieniowania zawierają się w przedziale 15-45% mocy. Dla urządzeń bez okapu zyski ciepła można oszacować jako 50% mocy, przy czym 66% stanowi ciepło jawne, a 34% ciepło utajone. Przy braku danych wykorzystać można powyższą tabelę.

** - zyski ciepła na drodze promieniowania dla urządzeń wyposażonych w prawidłowo zaprojektowany okap przyłączony do systemu wyciągowego.

*** - zyski ciepła od urządzeń bez okapu znajdujących się w strefie pracy.

Tab. (c.d.) Zalecane wartości zysków ciepła od wybranych przemysłowych urządzeń kuchennych (wg ASHRAE Fundamentals)

Lp.	Rodzaj urządzenia kuchennego	Wielkość	Moc znam. [W]	Zyski ciepła* [W]			
				bez okapu***			okap**
				Q _j	Q _u	Q _{cal.}	Q _j
Gazowe - wyposażone w okap							
67	Patelnia do duszenia, na litr obj.	102 ÷ 133 L	3050	-	-	-	750
68	Opiekacz, na m ² pow. opiekania	0,34 ÷ 0,36 m ²	68900	-	-	-	5690
69	Opiekacz taśmowy (promiennik), na m ² pow. opiek. i minutę	0,19 ÷ 9,5 m ²	162000	-	-	-	16900
70	Opiekacz (promiennik), na m ² pow. opiekania	0,22 ÷ 0,87 m ²	61300	-	-	-	5040
71	Frytkownica	15 ÷ 23 kg oleju	23500	-	-	-	560
72	Grill, na metr długości pow. got.	0,6 ÷ 2,4 m	24000	-	-	-	1540
73	Piec konwekcyjny (pełna konwekcja)		20500	-	-	-	1670
74	Piec do pizzy, na m ² pow. wnet.	0,86 ÷ 2,4 m ²	22800	-	-	-	410
75	Piec do pieczenia, na m ³ pow. pieca	0,26 ÷ 0,79 m ³	44500	-	-	-	800
76	Piec (jeden poziomy), na m ³ pieca	0,15 ÷ 0,46 m ³	79400	-	-	-	1450
77	Piec (dwa poziomy), na m ³ pieca	0,31 ÷ 0,61 m ³	45400	-	-	-	810
78	Kuchenka (palniki), na 2 palniki	2 ÷ 10 palników	9840	-	-	-	1930
79	Kuchenka (powierzchnia grzejna), na m ² pow. gotow.	0,26 ÷ 0,74 m ²	-	-	-	-	-
Parowe							
80	Podgrzewacz parowy, na kg żywności i godzinę	21 ÷ 204 kg	180	14	9	23	7
81	Zmywarka kapturowa (chemiczna), na 100 naczyń/h	950 ÷ 2000 nacz./h	920	260	110	370	120
82	Zmywarka kapturowa (wodna), na 100 naczyń/h	950 ÷ 2000 nacz./h	920	290	120	410	130
83	Zmywarka taśmowa (chemiczna), na 100 naczyń/h	5000 ÷ 9000 nacz./h	350	41	97	138	44
84	Zmywarka taśmowa (wodna), na 100 naczyń/h	5000 ÷ 9000 nacz./h	350	44	108	152	50
85	Kociołek parowy, na litr obj.	12 ÷ 30 L	160	12	8	20	6

* - do określenia zysków ciepła wykorzystać można moc znamionową urządzenia. Dla urządzeń wyposażonych w okap zyski ciepła na drodze promieniowania zawierają się w przedziale 15-45% mocy. Dla urządzeń bez okapu zyski ciepła można oszacować jako 50% mocy, przy czym 66% stanowi ciepło jawne, a 34% ciepło utajone. Przy braku danych wykorzystać można powyższą tabelę.

** - zyski ciepła na drodze promieniowania dla urządzeń wyposażonych w prawidłowo zaprojektowany okap przyłączony do systemu wyciągowego.

*** - zyski ciepła od urządzeń bez okapu znajdujących się w strefie pracy.

Obliczanie ilości powietrza nawiewanego przy wentylacji mieszającej

$$V_n = \frac{\sum Q_j \cdot \varphi}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t} \cdot 3,6 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

gdzie:

Q_j - ciepło jawne oddawane przez urządzenie kuchenne [W],

φ - współczynnik jednoczesności pracy urządzeń.

ρ - gęstość powietrza, $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$,

c_p - ciepło właściwe powietrza, $c_p = 1,005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$,

Δt - różnica temperatury pomiędzy powietrzem usuwanym, a nawiewanym [K].

Obliczanie ilości powietrza nawiewanego przy wentylacji mieszającej współpracującej z okapami

$$V_n = \sum V_u + V_{nd} + V_{komp} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

gdzie:

V_u - strumień powietrza usuwany dla urządzenia kuchennego [m³/h],

V_{nd} - opcjonalny dodatkowy strumień nawiewny ograniczający rozprzestrzenianie się strumienia konwekcyjnego poza obszar okapu [m³/h],

V_{komp} - strumień wyrównujący ciśnienie poprzez kompensację strumienia nawiewanego, usuwany przez wywiew sufitowy [m³/h],
przy czym należy spełnić warunek:

$$V_{nd} + V_{komp} \geq 0,1 \cdot \sum V_u \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Obliczanie ilości powietrza nawiewanego przy wentylacji wyporowej

$$V_n = \sum V_k \text{ [m}^3/\text{h]}$$

przy czym, strumienie konwekcyjne dla urządzeń kuchennych, V_k , oblicza się do wysokości 2,5 m nad podłogą.

Obliczanie ilości powietrza nawiewanego przy wentylacji wyporowej współpracującej z okapami

$$V_n = \sum V_U + V_{kdod} + V_{komp} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

gdzie:

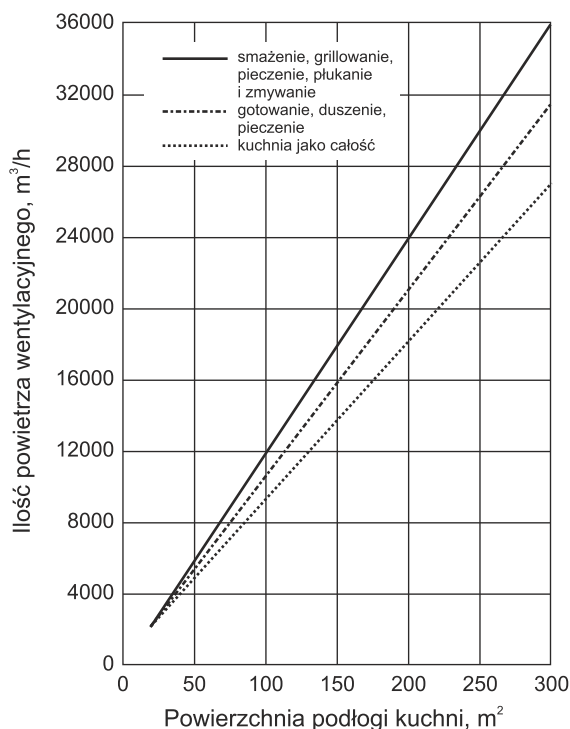
$\sum V_U$ - sumaryczny strumień powietrza usuwany przez okapy nadkuchenne [m³/h],

V_{kdod} - strumienie konwekcyjne znad źródeł ciepła nie objętych działaniem okapów -obliczone do wysokości 2,5 m nad podłogę [m³/h],

V_{komp} - wyrównujący strumień kompensujący usuwany przez sufit [m³/h],
przy czym należy spełnić warunek:

$$V_{kdod} + V_{komp} \geq 0,1 \cdot \sum V_U \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Ilości powietrza wentylacyjnego dla kuchni w przybliżeniu można określić z nomogramu.



Rys. Nomogram do przybliżonego określenia ilości powietrza wentylacyjnego dla kuchni.

2.2.2. Obliczanie ilości powietrza dla garaży

(na podstawie VDI 2053)

Ilość powietrza zewnętrznego dla garażu:

$$V_z = \frac{E_{CO} \cdot 10^6}{(C_{COdop} - C_{COzew})} \cdot n \quad [m^3/h]$$

gdzie:

E_{CO} - emisja tlenku węgla dla jednego pojazdu [m^3/h],

C_{COdop} - najwyższe dopuszczalne stężenie tlenku węgla [ppm],

C_{COzew} - stężenie tlenku węgla w powietrzu zewnętrznym [ppm],

n - ilość miejsc parkingowych.

Tab. Maksymalne dopuszczalne stężenie CO w powietrzu (wg VDI)

Czas ekspozycji	C_{COdop} [ppm]
10 min	250
30 min	100
60 min	50

Tab. Stężenie tlenku węgla w powietrzu zewnętrznym

Rodzaj terenu	C_{COzew} [ppm]
ulice o bardzo dużym natężeniu ruchu	30
ulice o przeciętnym natężeniu ruchu	20
dzielnice mieszkaniowe	5

Uwaga: wg Dz.U. 2002 nr 217 poz. 1833 wraz ze zmianami, dopuszczalne stężenie CO dla warunków polskich wynosi: NDS \approx 18 ppm, NDSCh \approx 94 ppm.

Dla małego ruchu samochodów norma VDI 2053 zaleca do obliczeń wartości:

- $C_{COdop} = 100$ ppm,
- $C_{COzew} = 5$ ppm.

Obliczanie emisji tlenu węgla:

$$E_{CO} = \left(e_1 \frac{\tau}{3600} + e_2 \frac{s}{10000} \right) \cdot \varphi \quad [m^3/(h \cdot pojazd)]$$

gdzie:

- e_1 - emisja tlenu węgla na biegu jałowym [$m^3/h \cdot pojazd$],
- e_2 - emisja tlenu węgla podczas przejazdu samochodu przez garaż [$m^3/h \cdot pojazd$]
(prędkość pojazdu - 10 km/h = 10000 m/h),
- τ - czas rozruchu pojazdu [s], (zwykle 20 s),
- s - długość drogi przejazdu przez garaż [m],
- φ - współczynnik jednoczesności ruchu pojazdów [h^{-1}].

Tab. Orientacyjna wartość emisji tlenu węgla przez pojazdy mechaniczne

Rodzaj pojazdu i jazdy	Zużycie paliwa		Emisja spalin		Zaw. CO	Emisja CO		
	l/100 km	l/h i pojazd	Nm ³ /100km	Nm ³ /h i pojazd	% obj.	Nm ³ /100km	Nm ³ /h i pojazd	kg/h i pojazd
Samochody osobowe								
bieg jałowy - silnik zimny**	-	1,34	-	10,99	5,0	-	0,55	0,69
bieg jałowy - silnik rozgrzany**	-	1,24	-	10,44	4,5	-	0,47	0,59
jazda po terenie płaskim z postojami z prędk. 10 km/h	21,6	2,16	174,9	17,49	2,9	6,0	0,60	0,75
jazda swobodna po terenie płaskim	7,9	4,74	63,98	38,39	2,7	1,73	1,04	1,30
jazda swobodna po terenie nachylonym o więcej niż 4%	9,5	5,7	63,98	38,39	3,2	2,1	1,2	1,50
Samochody ciężarowe*								
jazda po terenie płaskim z postojami z prędk. 10 km/h	-	-	750	75	0,2	1,5	0,15	0,19
jazda swobodna po terenie płaskim	-	-	420	250	0,2	0,83	0,50	0,63

* - samochody o masie 10 t; dla innej masy pojazdu wartości należy przeliczyć proporcjonalnie do masy.

** - dla samochodów wjeżdżających do garażu należy przyjmować silnik rozgrzany; dla samochodów opuszczających garaż - silnik zimny.

Tab. Współczynnik jednoczesności ruchu pojazdów

Rodzaj garażu	Wsp. jednoczesn., φ
Garaże o niewielkim ruchu (np. w budynkach mieszkalnych)	0,6
Garaże w obiektach użyteczności publicznej (np. kina, centra handlowe)	0,8 ÷ 1,5

2.2.3. Obliczanie ilości powietrza dla akumulatorowni

(na podstawie DIN VDE 0510)
Strumień powietrza wentylacyjnego:

$$V = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

gdzie:

- v - współczynnik rozcieńczenia określający stosunek udziału objętościowego powietrza i wodoru do dolnej granicy wybuchowości mieszaniny wodoru-powietrze; $v = 96\%/4\% = 24$,
- q - godzinowa ilość wydzielającego się wodoru z jednego ogniwa akumulatora podczas jego ładowania prądem jednego ampera; $q = 0,42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{hA})$,
- s - współczynnik bezpieczeństwa; $s = 5$ (przy zwiększonych wymaganiach dot. bezpieczeństwa, np. na statkach, należy przyjąć $s = 10$),
- n - liczba ogniw w akumulatorach,
- I - prąd ładowania [A]:
 - dla akumulatorów kwasowych (ołowiowych) $I = 1 - 2 \text{ A}$ dla każdych 100 Ah pojemności,
 - dla akumulatorów kadmowo-niklowych (zasadowych) $I = 1 - 4 \text{ A}$ dla każdych 100 Ah pojemności.

Minimalna powierzchnia otworów nawiewnych i wywiewnych przy wentylacji naturalnej dla akumulatorowni:

$$A = 28 \cdot V \quad [\text{cm}^2]$$

3. Komfort cieplny

3.1. Czynniki wpływające na odczucia cieplne

Komfort cieplny człowieka - jest to uczucie satysfakcji z warunków cieplnych środowiska w pomieszczeniu, w którym przebywa osoba. Stan ten jest wynikiem równowagi między ilością ciepła wytwarzaną przez organizm w wyniku metabolizmu, a stratami ciepła do otaczającego środowiska.

Czynniki wpływające na poczucie komfortu cieplnego człowieka:

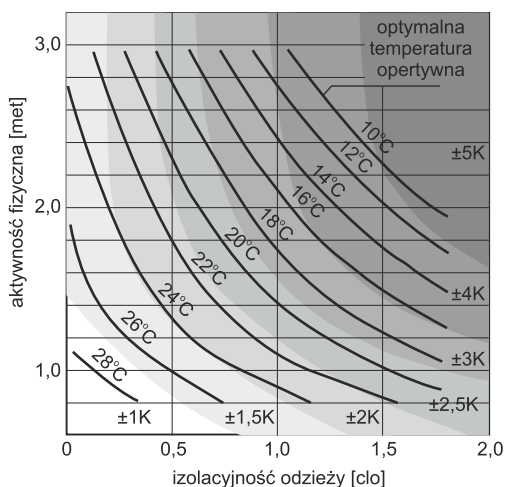
1. Czynniki środowiskowe:
 - a. Temperatura powietrza
 - b. Prędkość powietrza
 - c. Wilgotność względna powietrza
 - d. Temperatura promieniowania powierzchni
 - e. Asymetria rozkładu temperatury w pomieszczeniu
2. Czynniki indywidualne:
 - a. Metabolizm
 - b. Aklimatyzacja
 - c. Izolacyjność cieplna odzieży

Temperatura powietrza - jej wartość powinna zapewnić organizmowi człowieka równowagę cieplną w otaczającym środowisku. Optymalna wartość temperatury będzie zależała od aktywności fizycznej, pory roku (lato, zima) oraz izolacyjności odzieży.

W zimie wartości optymalne to: ok. $20 \pm 22^\circ\text{C}$,
W lecie ok. $24 \pm 26^\circ\text{C}$.

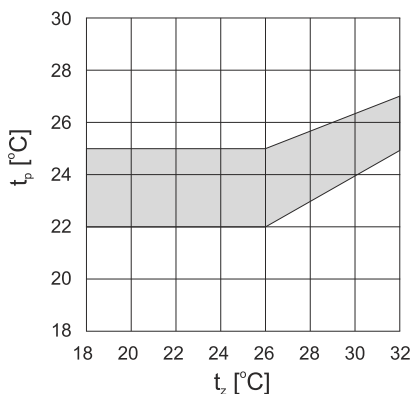
Człowiek zaczyna odczuwać zmianę temperatury powietrza otaczającego przy wahaniach w granicach $\pm 1\text{K}$. W związku z tym optymalny układ klimatyzacji powinien utrzymywać wartość temperatury powietrza w tych granicach.

Poniżej przedstawiono zależność optymalnej wartości temperatury operatywnej od izolacyjności odzieży (clo) oraz aktywności fizycznej (met). Linią ciągłą oznaczone są wartości temperatury operatywnej dla $PMV=0$ (optymalne). Przedstawione obszary z dopuszczalną różnicą temperatury w stosunku do wartości optymalnej wyznaczone zostały dla $PPD < 10\%$ tj. $-0,5 < PMV < +0,5$.



Rys. Wartości optymalnej temperatury operatywnej w zależności od izolacyjności odzieży, aktywności fizycznej dla kategorii pomieszczeń B (wg PN-EN ISO 7730).

Z uwagi na ograniczoną zdolność organizmu ludzkiego do szybkiej aklimatyzacji w okresach ciepłych różnica temperatury pomiędzy powietrzem zewnętrznym i wewnętrznym nie powinna przekraczać 6-7 K. W przeciwnym przypadku lekko ubrana osoba po wejściu do pomieszczenia będzie odczuwała chłód. Z tego względu wskazane jest w pomieszczeniach klimatyzowanych (chłodzonych), przy temperaturze powietrza zewnętrznego powyżej 27°C, utrzymywanie wyższej niż standardowo zalecana, temperatury wewnętrznej, zgodnie z nomogramem.



Rys. Zakres zmian temperatury powietrza w pomieszczeniu w zależności od temperatury zewnętrznej.

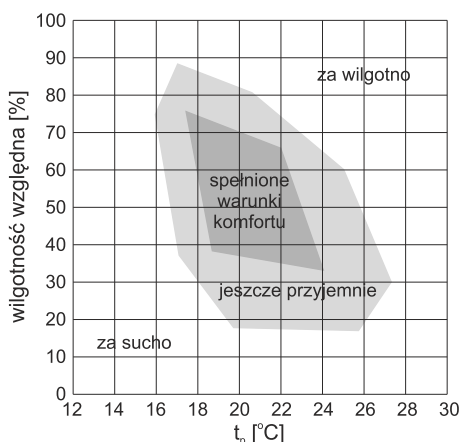
Prędkość powietrza w pomieszczeniu - wpływa na proces wymiany ciepła na powierzchni ciała człowieka, a tym samym na strumień ciepła oddawany do otoczenia. Zbyt mała prędkość może okazać się niewystarczająca do odebrania odpowiedniej ilości ciepła wytwarzanego przez człowieka, co w konsekwencji spowoduje odczucie duszności i przegrzania. Ze wzrostem wartości prędkości zwiększa się ilość ciepła oddawana do otoczenia, co może potęgować uczucie chłodu. Optymalne wartości prędkości powietrza w bezpośrednim otoczeniu człowieka zależą od temperatury i aktywności fizycznej ludzi. Lokalny wzrost prędkości może być odczuwany jako przeciąg.

Zakres prędkości uważanych za komfortowe w zależności od wartości temperatury powietrza przedstawiono w tabeli.

Tab. Zalecana prędkość powietrza w pomieszczeniu w zależności od wartości temperatury powietrza

Temperatura powietrza t_p [°C]	Prędkość przepływu powietrza [m/s]
20	0,04 ÷ 0,12
21	0,04 ÷ 0,14
22	0,05 ÷ 0,17
23	0,07 ÷ 0,21
24	0,09 ÷ 0,26
25	0,12 ÷ 0,32
26	0,16 ÷ 0,40

Wilgotność względna powietrza - wpływa na intensywność parowania potu, a tym samym na wymianę ciepła pomiędzy człowieka a otoczeniem. Wpływ tego parametru na odczucia cieplne jest większy w warunkach wysokiej temperatury. Wartość wilgotności względnej w granicach 30 - 60% ma niewielki wpływ na odczucia cieplne. Wyższe wartości (ok.70%) utrudniają odparowanie potu i sprzyjają rozwojowi bakterii i pleśni. Wilgotność poniżej 30% może powodować wysuszenie śluzówki nosa i skóry, unoszenie kurzu i innych zanieczyszczeń powodując podrażnienie dróg oddechowych. Zalecane wartości wilgotności w zależności od temperatury pokazano na rysunku.

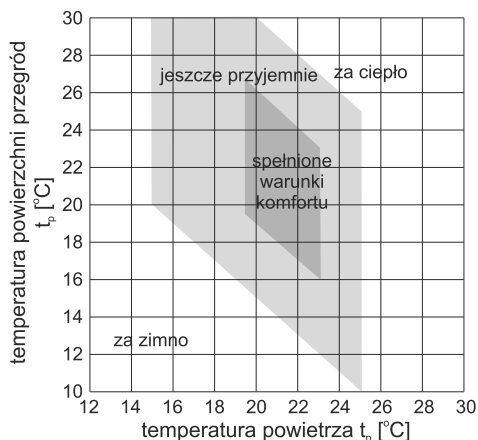


Rys. Odczucia cieplne w zależności od wartości temperatury powietrza i wilgotności względnej.

Temperatura promieniowania przegród - wpływa na wymianę ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem na drodze promieniowania. W warunkach komfortu cieplnego człowiek oddaje na drodze promieniowania 55% ciepła. Zbyt niska temperatura powierzchni przegród sprawi, że pomimo utrzymania temperatury powietrza w zakresie komfortowym człowiek będzie odczuwał zimno. Różnica pomiędzy temperaturą przegród a powietrzem nie powinna przekraczać 3K.

Asymetria rozkładu temperatury w pomieszczeniu - pionowy gradient temperatury, czyli zmiana wartości temperatury powietrza wraz z wysokością/ szerokością pomieszczenia może powodować lokalne uczucie chłodu - stóp bądź głowy. Stopień asymetrii promieniowania cieplnego nie powinien być większy niż 10K.

Na rysunku przedstawiono odczucia ciepłne w zależności od temperatury powietrza i przegród.



Rys. Odczucia ciepłne w zależności od wartości temperatury powietrza i temperatury powierzchni przegród.

Aklimatyzacja - to zdolność organizmu do adaptacji do określonych warunków cieplnych środowiska. Zdolność ta zmniejsza ryzyko występowania szkodliwych skutków zdrowotnych. Zmiany mogą dotyczyć m.in.: skórnego przepływu krwi, tempa metabolizmu.

Izolacyjność odzieży - istotny wpływ na wymianę ciepła człowieka z otoczeniem ma rodzaj odzieży - jej izolacyjność. Wartość izolacyjności zależy od powierzchni odzieży, gradientu temperatury pomiędzy skórą, a zewnętrzną powierzchnią materiału oraz od wartości współczynnika przewodzenia ciepła zastosowanych materiałów.

3.2. Wskaźniki oceny środowiska umiarkowanego

PMV (Predictive Mean Vote) - przewidywana średnia ocena komfortu ciepłego. Wskaźnik opisuje wrażenia ciepłne człowieka, wyrażone w 7-stopniowej skali wrażeń ciepłych, jako:

- gorące (+3)
- ciepłe (+2)
- lekko ciepłe (+1)
- neutralne (0)
- lekko chłodne (-1)
- chłodne (-2)
- zimne (-3)

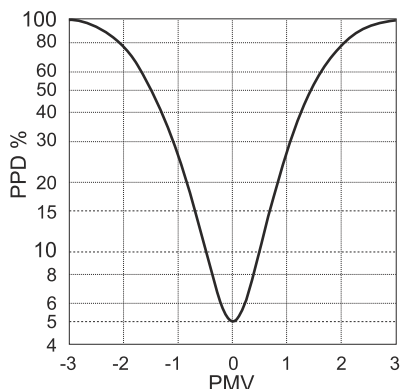
Parametr ten stosowany jest w przypadku spełnienia następujących warunków:

- temperatura powietrza w analizowanym pomieszczeniu: $10 \div 30^{\circ}\text{C}$,
- średnia temperatura promieniowania przegród w pomieszczeniu: $10 \div 40^{\circ}\text{C}$,
- prędkość powietrza w pomieszczeniu: $0 \div 1\text{m/s}$,
- ciśnienie cząstkowe pary wodnej w pomieszczeniu: $0 \div 2700\text{ Pa}$,
- wydatek energetyczny osób przebywających w pomieszczeniu: $0,8 \div 4,0\text{ met}$ ($46,6 \div 232,8\text{ W/m}^2$),
- izolacyjność cieplna odzieży: $0 \div 2\text{clo}$.

Przyjmuje się, że środowisko komfortowe pod względem mikroklimatu (tzw. umiarkowane) zawiera się w przedziale $0,5 < PMV < +0,5$.

PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) - przewidywany odsetek niezadowolonych z warunków cieplnych panujących w pomieszczeniu.

Na podstawie badań statystycznych stworzona została zależność pomiędzy PMV, a PPD przedstawiona na wykresie. Minimalna wartość wskaźnika PPD wynosi 5% co oznacza, że nie jest możliwe dopasowanie parametrów cieplnych pomieszczenia w taki sposób, aby każda przebywająca w nim osoba odczuwała komfort cieplny.



Rys. Zależność PMV od PPD.

Poniżej przedstawiono kategoryzację pomieszczeń oraz zalecane wartości PPD i PMV w zależności od kategorii pomieszczenia.

Tab. Kategoryzacja pomieszczeń (wg PN-EN 15251)

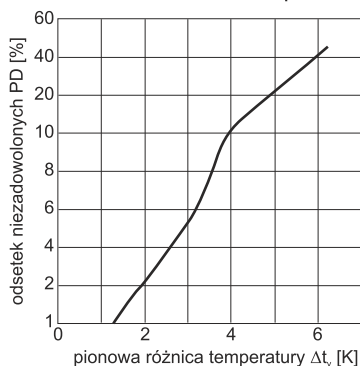
Kategoria	Opis
I	Wysokie wymagania zalecane przede wszystkim w pomieszczeniach użytkowanych przez wrażliwe, słabe osoby o specjalnych potrzebach. Np. osoby upośledzone, chore, małe dzieci, osoby starsze.
II	Standardowe wymagania stawiane dla nowobudowanych obiektów oraz podlegających modernizacji
III	Umiarkowane, zadowalające wymagania zalecane do stosowania dla budynków istniejących
IV	Warunki nie spełniające wymagań powyższych kategorii, możliwe do przyjęcia jedynie przez pewną część roku.

Tab. Zalecane wartości PPD i PMV w zależności od kategorii pomieszczenia w obiektach z instalacją chłodzenia i ogrzewania (wg PN-EN 15251)

Kategoria	Odczucia cieplne dla całego ciała		Lokalny dyskomfort			DR [%]
	PPD [%]	PMV [-]	PD [%] (powodowane)			
			Pionową różnicą temperatury	Ciepłą lub zimną podłogą	Asymetrią promieniowania	
I	<6	$-0,2 < PMV < +0,2$	<3	<10	<5	<10
II	<10	$-0,5 < PMV < +0,5$	<5	<10	<5	<20
III	<15	$-0,7 < PMV < +0,7$	<10	<15	<10	<30
IV	>15	$PMV < -0,7$ lub $PMV > +0,7$	Poza kategorią			

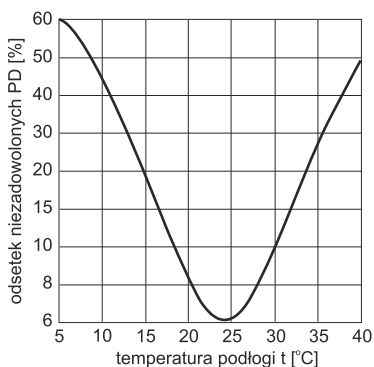
Lokalny dyskomfort opisuje się za pomocą dwóch wartości **PD** (odsetek niezadowolonych) oraz **DR** (wskaźnik ryzyka przeciągu).

Odsetek niezadowolonych (**PD**) wykorzystywany jest do przedstawienia wpływu opisanych wcześniej: pionowej różnicy temperatury, wpływu ciepłej/zimnej powierzchni podłogi oraz asymetrii temperatury promieniowania. Zależności te pokazano na rys. poniżej.

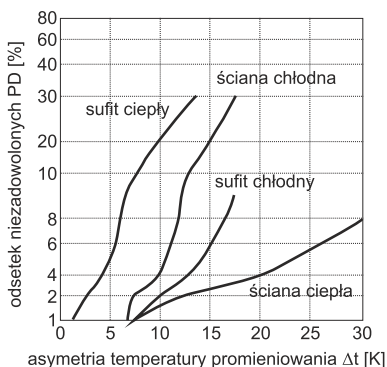


Rys. Odsetek niezadowolonych powodowany pionową różnicą temperatury pomiędzy głową i stopami (dla wzrostu temperatury wraz z wysokością pomieszczenia) (na podst. PN-EN ISO 7730).

Spadek temperatury wraz z wysokością pomieszczenia nie ma tak dużego wpływu na odczucia lokalnego dyskomfortu jak przypadek przedstawiony na wykresie.



Rys. Lokalny dyskomfort powodowany temperaturą podłogi (na podst. PN-EN ISO 7730).

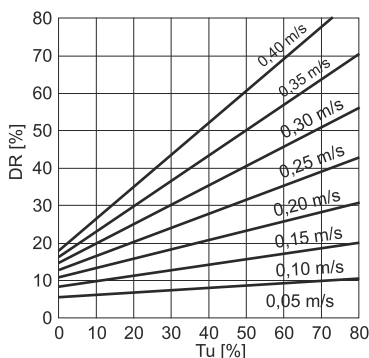


Rys. Lokalny dyskomfort powodowany asymetrią temperatury promieniowania (na podst. PN-EN ISO 7730).

4. Parametry obliczeniowe powietrza

Wskaźnik przeciągu (**DR**) jest to przewidywany odsetek ludzi, którym może przeszkadzać przeciąg. Wyznaczany jest przy założeniu, że osoba wykonuje lekką pracę, odczucia ciepłota dla całego ciała są neutralne ($PMV=0$), a uczucie przeciągu będzie dotyczyło okolic karku.

Na rysunku poniżej przedstawiono zależność wartości DR od intensywności turbulencji powietrza przepływającego z określoną prędkością.



Rys. Przewidywany odsetek osób odczuwających przeciąg w zależności od stopnia turbulencji powietrza i jego prędkości dla temperatury powietrza 23°C (na podst. PN-EN ISO 7730).

4. Parametry obliczeniowe powietrza

4.1. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego

Tab. Parametry obliczeniowe wg PN-76/B-03421

Zima				
Aktywność fizyczna	Temp. °C	Wilgotność względna		Prędkość powietrza max. m/s
		optymalna %	dopuszcz. min. %	
Mała	20 ÷ 22	40 ÷ 60	30	0,2
Średnia	18 ÷ 20			0,3
Duża	15 ÷ 18			

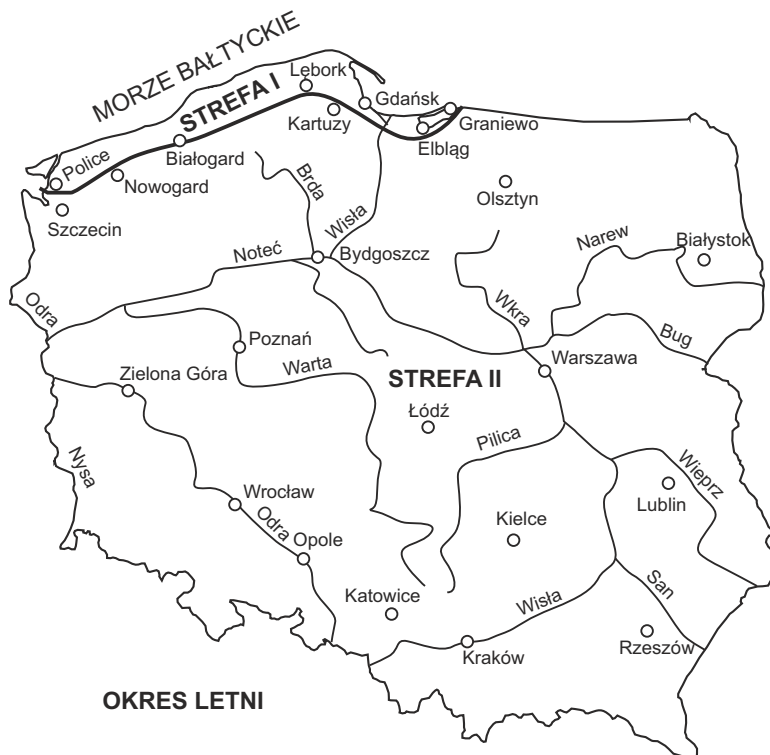
Lato						
Aktywność fizyczna	Wartości optymalne (klimatyzacja)		Wartości dopuszczalne (wentylacja)		Prędkość powietrza max. m/s	
	Temp.	Wilgotność względna	Temp. przy zyskach ciepła jawnego odniesionych do 1m ² pow. podłogi			
	°C	%	<50W/m ²	>50W/m ²		%
Mała	23 ÷ 26	40 ÷ 55	t _z + 3	t _z + 5	70	0,3
Średnia	20 ÷ 23	40 ÷ 60				0,4
Duża	18 ÷ 21					0,6

UWAGA:

Wartości optymalne przyjmowane są przy projektowaniu pomieszczeń klimatyzowanych. Wartości dopuszczalne w obiektach wentylowanych bez możliwości chłodzenia bądź nawilżania.

4.2. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego

Parametry obliczeniowe wg PN-76/B-03420.



Rys. Podział Polski na strefy klimatyczne w okresie lata.

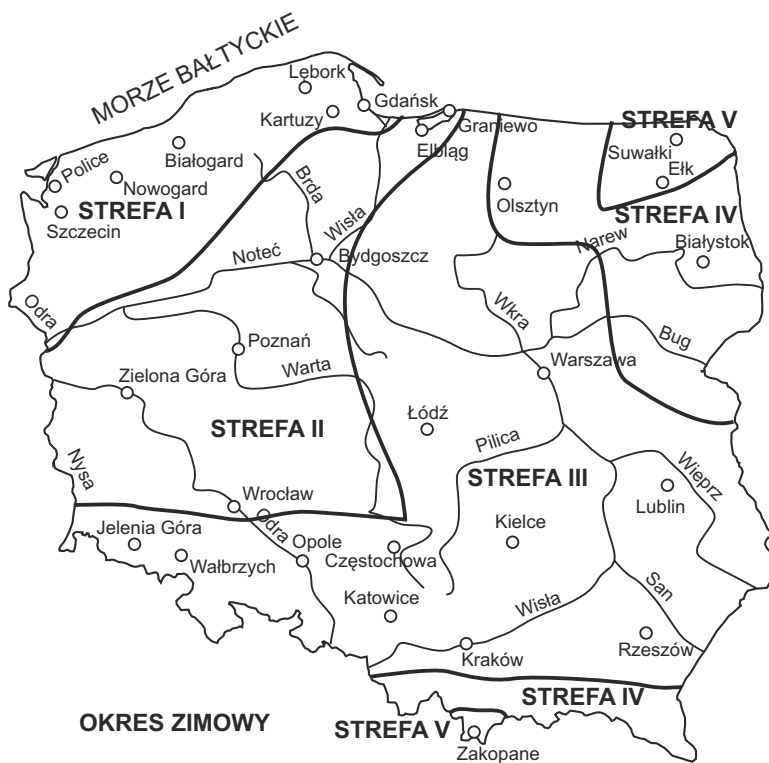
Tab. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego - lato

Strefa klimatyczna	Miesiąc	t_s	t_m	h	x	φ	Dobowa amplituda wahań temp.
		[°C]	[°C]				
I	Kwiecień	18,6	15,8	59,8	12,4	52	10
	Maj	23,4	18,2				
	Czerwiec	26,2	19,9				
	Lipiec	28,0	21,0				
	Sierpień	28,0	21,0				
Wrzesień	24,4	19,7					
II	Kwiecień	19,5	15,5	60,6	11,9	45	14
	Maj	25,0	18,2				
	Czerwiec	28,2	19,9				
	Lipiec	30,0	21,0				
	Sierpień	30,0	21,0				
Wrzesień	26,6	19,3					

4. Parametry obliczeniowe powietrza

Tab. Wartości odchyłki temperatury w zależności od pory dnia

Strefa klimatyczna	Odchyłka temp.	Godzina						
		8	10	12	14	16	18	20
I	Δt_s	-7,4	-5,2	-2,8	-0,5	-0,5	-1,5	-3,8
	Δt_m	-2,0	-1,4	-0,5	0,0	0,0	-0,5	-0,9
II	Δt_s	-9,2	-6,3	-3,0	-0,5	-0,5	-1,8	-4,5
	Δt_m	-2,2	-1,6	-0,5	0,0	0,0	-0,5	-1,2



Rys. Podział Polski na strefy klimatyczne w okresie zimy.

Tab. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego - zima

Strefa klimatyczna	t_s	t_m	h	x	ϕ
	[°C]	[°C]	[kJ/kg]	[g/kg]	[%]
I	-16	-16	-13,4	1,1	100
II	-18	-18	-15,9	0,9	
III	-20	-20	-18,4	0,8	
IV	-22	-22	-20,5	0,7	
V	-24	-24	-22,6	0,5	

5. Zyski ciepła

5.1. Zyski ciepła od ludzi

Zyski ciepła jawnego wyznacza się ze wzoru:

$$Q_L = n \cdot q_j \cdot \varphi \quad [W]$$

gdzie:

- n - ilość osób w pomieszczeniu,
- q_j - ciepło jawne oddawane przez człowieka [W/osobę],
- φ - współczynnik jednoczesności przebywania osób w pomieszczeniu.

Zyski wilgoci wyznacza się z zależności:

$$W = n \cdot q_w \cdot \varphi \quad [g/h]$$

gdzie:

- n - ilość osób w pomieszczeniu,
- q_w - ilość pary wodnej wytwarzanej przez człowieka [g/h • osobę],
- φ - współczynnik jednoczesności przebywania osób w pomieszczeniu.

Tab. Zalecane wartości współczynnika jednoczesności przebywania ludzi w pomieszczeniu

Rodzaj pomieszczenia	φ
Biura, duże sale	0,75 ÷ 0,95
Hotele (repcje), pokoje wieloosobowe	0,40 ÷ 0,60
Domy towarowe	0,80 ÷ 0,90
Pomieszczenia technologiczne	0,90 ÷ 1,0
Teatry, kina, małe pomieszczenia o różnym przeznaczeniu	1,0

Tab. Zyski ciepła pochodzące od jednej osoby w zależności od temperatury oraz stopnia aktywności fizycznej

Aktywność	Czynność	Temperatura powietrza [°C]										
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Mała 0 - 200 W	Odpoczynek w pozycji siedzącej	95	93	92	90	87	85	82	79	76	72	68
	Odpoczynek w pozycji stojącej (np. widz w teatrze, uczeń szkoły podstawowej)	106	103	101	98	94	91	87	83	79	75	70
	Bardzo lekka praca fizyczna (np. praca biurowa, kreślarz, szwaczka, dźwigowy, uczeń szkoły średniej)	116	113	109	106	101	94	92	87	82	76	71
	Lekka praca fizyczna (np. sprzedawca sklepowy, ślusarz, spawacz, prasowaczka, pracownik hotelowy, student, pracownik wyższej uczelni, pracownik w domach towarowych)	130	125	119	113	108	102	96	90	84	77	71
Średnia 200 - 300 W	Średnio ciężka praca fizyczna (np. kowal, walcownik, tokarz, tkacz, aptekarz, pracownik bankowy)	135	130	125	119	113	107	100	93	86	79	72
	Średnio ciężka praca fizyczna (np. kelner w kawiarni, restauracji)	165	159	152	144	137	129	121	112	104	95	87
Duża >300 W	Ciężka praca fizyczna (np. tragarz, ładowacz)	189	181	172	163	155	146	138	130	122	114	106
	Ciężka praca fizyczna (np. taniec)	238	225	212	201	190	180	171	163	154	146	138

Tab. (c.d.) Zyski ciepła pochodzące od jednej osoby w zależności od temperatury oraz stopnia aktywności fizycznej

Aktywność	Czynność	Temperatura powietrza [°C]									
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Mała 0 - 200 W	Odpoczynek w pozycji siedzącej	64	59	54	48	42	35	27	19	10	0
	Odpoczynek w pozycji stojącej (np. widz w teatrze, uczeń szkoły podstawowej)	65	60	54	48	41	34	27	19	10	1
	Bardzo lekka praca fizyczna (np. praca biurowa, kreślarz, szwaczka, dźwigowy, uczeń szkoły średniej)	65	59	53	46	40	33	27	20	13	6
	Lekka praca fizyczna (np. sprzedawca sklepowy, ślusarz, spawacz, prasowaczka, pracownik hotelowy, student, pracownik wyższej uczelni, pracownik w domach towarowych)	65	59	52	46	40	34	28	22	16	10
Średnia 200 - 300 W	Średnio ciężka praca fizyczna (np. kowal, walcownik, tokarz, tkacz, aptekarz, pracownik bankowy)	65	58	52	46	40	35	31	27	24	22
	Średnio ciężka praca fizyczna (np. kelner w kawiarni, restauracji)	78	70	61	53	44	36	28	20	12	5
Duża >300 W	Ciężka praca fizyczna (np. tragarz, ładowacz)	98	90	82	75	67	60	53	46	39	32
	Ciężka praca fizyczna (np. taniec)	135	121	112	103	93	81	69	56	41	25

Tab. Zyski wilgoci pochodzące od jednej osoby w zależności od temperatury oraz stopnia aktywności fizycznej

Aktywność	Czynność	Temperatura powietrza [°C]										
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Mała 0 - 200 W	Odpoczynek w pozycji siedzącej	26	28	31	34	37	41	45	49	54	60	66
	Odpoczynek w pozycji stojącej (np. widz w teatrze, uczeń szkoły podstawowej)	31	35	39	43	48	53	59	64	70	77	84
	Bardzo lekka praca fizyczna (np. praca biurowa, kreślarz, szwaczka, dźwigowy, uczeń szkoły średniej)	41	46	52	58	64	71	78	85	93	101	110
	Lekka praca fizyczna (np. sprzedawca sklepowy, ślusarz, spawacz, prasowaczka, pracownik hotelowy, student, pracownik wyższej uczelni, pracownik w domach towarowych)	66	74	83	92	100	109	119	128	137	147	157
Średnia 200 - 300 W	Średnio ciężka praca fizyczna (np. kowal, walcownik, tokarz, tkacz, aptekarz, pracownik bankowy)	88	94	102	110	119	129	139	149	160	171	182
	Średnio ciężka praca fizyczna (np. kelner w kawiarni, restauracji)	130	139	150	161	172	184	196	208	221	234	247
Duża >300 W	Ciężka praca fizyczna (np. tragarz, ładowacz)	178	191	205	218	230	243	256	268	280	292	305
	Ciężka praca fizyczna (np. taniec)	254	274	293	311	326	341	355	368	380	392	405

Tab. (c.d.) Zyski wilgoci pochodzące od jednej osoby w zależności od temperatury oraz stopnia aktywności fizycznej

Aktywność	Czynność	Temperatura powietrza [°C]									
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Mała 0 - 200 W	Odpooczynek w pozycji siedzącej	73	80	88	97	107	117	129	141	154	169
	Odpooczynek w pozycji stojącej (np. widz w teatrze, uczeń szkoły podstawowej)	92	101	111	121	133	145	159	174	189	207
	Bardzo lekka praca fizyczna (np. praca biurowa, kreślarz, szwaczka, dźwigowy, uczeń szkoły średniej)	119	128	137	146	156	166	176	186	196	207
	Lekka praca fizyczna (np. sprzedawca sklepowy, ślusarz, spawacz, prasowaczka, pracownik hotelowy, student, pracownik wyższej uczelni, pracownik w domach towarowych)	167	177	188	199	210	221	233	244	257	269
Średnia 200 - 300 W	Średnio ciężka praca fizyczna (np. kowal, walcownik, tokarz, tkacz, aptekarz, pracownik bankowy)	193	204	215	226	237	247	257	267	275	284
	Średnio ciężka praca fizyczna (np. kelner w kawiarni, restauracji)	260	273	286	299	312	324	337	349	361	372
Duża >300 W	Ciężka praca fizyczna (np. tragarz, ładowacz)	516	328	340	352	363	375	386	397	408	420
	Ciężka praca fizyczna (np. taniec)	417	430	444	458	474	491	510	531	554	579

Powyższe tabele zostały sporządzone dla mężczyzn przy wilgotności względnej powietrza w zakresie 30÷80%. W przypadkach, gdy w pomieszczeniu przebywają zarówno mężczyźni jak i kobiety wartości te należy zmniejszyć o 10%. Dla kobiet wartości zmniejsza się o 20%. W przypadkach gdy w pomieszczeniu przebywają wyłącznie dzieci wartości należy zmniejszyć o 20 ÷ 40% w zależności od wieku.

5.2. Zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego

Ilość ciepła oddawaną do pomieszczenia od oświetlenia elektrycznego oblicza się na podstawie poniższych wzorów.

W przypadku gdy oświetlenie jest włączone:

$$Q_{os} = N [\beta + (1 - \alpha - \beta) \cdot k_o^{wl.}] \cdot \varphi \quad [kW]$$

gdzie:

N - zainstalowana moc oświetlenia elektrycznego [kW],

α - współczynnik uwzględniający stosunek ciepła odprowadzanego drogą konwekcji z powietrzem wywiewanym z wentylowanej oprawy lampy do całkowitej mocy zainstalowanej. Dla opraw niewentylowanych $\alpha=0$, wartość α dla opraw wentylowanych podana w tabeli,

β - współczynnik określający stosunek ciepła konwekcyjnego, przekazywanego powietrzu w pomieszczeniu do całkowitej mocy zainstalowanej,

$k_o^{wl.}$ - współczynnik akumulacji w przypadku włączonego oświetlenia.

W przypadku gdy oświetlenie jest wyłączone:

$$Q_{os} = N [(1 - \alpha - \beta) \cdot k_o^{wył.}] \cdot \varphi \quad [kW]$$

gdzie:

- N - zainstalowana moc oświetlenia elektrycznego [kW],
- α - współczynnik uwzględniający stosunek ciepła odprowadzanego drogą konwekcji powietrzem wywiewanym z wentylowanej oprawy lampy do całkowitej mocy zainstalowanej. Dla opraw niewentylowanych $\alpha=0$, wartość α dla opraw wentylowanych w tabeli poniżej
- β - współczynnik określający stosunek ciepła konwekcyjnego, przekazywanego powietrzu w pomieszczeniu do całkowitej mocy zainstalowanej,
- $k_o^{wył.}$ - współczynnik akumulacji w przypadku wyłączonego oświetlenia.

Tab. Wartość współczynnika α dla wentylowanych opraw oświetleniowych

Strumień powietrza wywiewanego przez oprawę [m ³ /W · h]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
α	0,28	0,49	0,62	0,69	0,74	0,75	0,77	0,78	0,78	0,78

Tab. Wartość współczynnika β uwzględniającego stosunek ciepła przekazywanego drogą konwekcji do powietrza w pomieszczeniu do całkowitej mocy zainstalowanej

Rodzaj oprawy oświetleniowej	Rodzaj źródła światła	β
Swobodnie zawieszona	Żarowe	0,7
Swobodnie zawieszona	Fluorescencyjne	0,5
Przymocowana do sufitu	Fluorescencyjne	0,3
Wbudowana w sufit	Fluorescencyjne	0,15
Oprawa wentylowana		0,05

Wartość współczynnika akumulacji zależy od rodzaju konstrukcji budynku oraz czasu od włączenia oświetlenia. Wartość wyznacza się z poniższych zależności:

$$k_o^{wt.} = 1 - e^{(-Z \cdot t)}$$

gdzie:

- Z - charakterystyka cieplna pomieszczenia [1/h],
- t - czas od chwili włączenia oświetlenia [h].

$$k_o^{wył.} = e^{(-Z (t - t_{wył.}))} \cdot (1 - e^{(-Z \cdot t_{wył.})})$$

gdzie:

- Z - charakterystyka cieplna pomieszczenia [1/h],
- t - czas od chwili włączenia oświetlenia [h],
- $t_{wył.}$ - czas po którym oświetlenie zostało wyłączone [h].

Charakterystykę cieplną pomieszczenia określa się na podstawie zależności:

$$Z = \frac{3,6 \cdot \alpha}{C \cdot g} \text{ 1/h}$$

gdzie:

- α - współczynnik przejmowania ciepła przez powietrze [W/m² · K] (można przyjąć 7,69 W/m² · K),
- C - średnia wartość ciepła właściwego materiałów budowlanych, z których wykonany jest budynek [kJ/kg · K]. Zwyczajowo przyjmuje się wartość 0,84 kJ/kg · K,
- g - względna masa budynku [kg/m²] wg rozdziału: *Zyski ciepła od nasłonecznienia przez przegrody przezroczyste*.

Tab. Średnie wartości mocy zainstalowanej oświetlenia ogólnego

Przeznaczenie pomieszczenia	Natężenie oświetlenia	Moc zainstalowana	
	lux	Oświetlenie żarowe W/m ²	Oświetlenie fluorescencyjne W/m ²
Magazyny, drogi komunikacyjne w budynkach dla ludzi i samochodów, klatki schodowe, korytarze, schody i wejścia do hal w zakładach, mieszkania, teatry	100	20 + 25	3 + 8
Magazyny z czynnościami odczytywania, spedycja, kantyny, restauracje, zakłady produkcyjne, proste prace montażowe, komunikacja	200	40 + 50	6 + 16
Biura z miejscami z dala od okien, biblioteki, przedszkola, sale wykładowe, konferencyjne, pomieszczenia sprzedaży, średnio dokładne prace montażowe	300	60 + 75	8 + 18
Biura typu open-space, elektroniczne przetwarzanie danych, sale wykładowe z niewystarczającym światłem dziennym, dokładne prace montażowe, kuchnie w restauracjach, laboratoria, domy towarowe, hale wystawowe	500	100 + 120	10 + 25
Duże pomieszczenia biurowe, kreślarnie, grawernie, farbiarnie	750	-	15 + 30
Badanie farb, montaż precyzyjny, wytwarzanie towarów ozdobnych	1000	-	20 + 40
Montaż części precyzyjnych, jubilerstwo, zegarmistrzostwo, zakłady optyczne, kontrola jakości przy dużych wymaganiach	1500	-	30 + 60

5.3. Zyski ciepła od urządzeń

Tab. Zyski ciepła wytwarzane przez różnego typu urządzenia

Rodzaj urządzenia	Zyski ciepła [W]
Komputer osobisty (notebook)	80 ÷ 100
Monitor 13 - 15'	55
Monitor 16 - 18'	65
Monitor 19 - 20'	80
Drukarka laserowa podręczna	215
Drukarka laserowa sieciowa	320 ÷ 550
Kopiarka podręczna	400
Kopiarka centralna	1100
Lodówka 100l (100W)	300
Lodówka 200l (175W)	500
Automat z jedzeniem	240 ÷ 275
Automat z gorącymi napojami	1500
Automat z zimnymi przekąskami	575 ÷ 960
Kuchenka mikrofalowa	500
Kuchnia elektryczna	1500
Automat z wodą	350
Ekspres do kawy	200

5.4. Zyski ciepła od nasłonecznienia

5.4.1. Zyski ciepła od nasłonecznienia przez przegrody przezroczyste

Zyski ciepła przez przegrody przezroczyste (Q_s) składają się z ciepła docierającego do pomieszczenie na drodze przenikania oraz promieniowania:

$$Q_s = Q_p + Q_R \quad [W]$$

gdzie:

Q_p - zyski ciepła przez przegrody przezroczyste pochodzące z przenikania [W],

Q_R - zyski ciepła przez przegrody przezroczyste pochodzące z promieniowania [W].

Chwilowe zyski ciepła na drodze przenikania oblicza się z poniższej zależności:

$$Q_p = A_o \cdot U_o \cdot (t_z - t_p) \quad [W]$$

gdzie:

A_o - powierzchnia okna w świetle muru [m^2],

U_o - współczynnik przenikania ciepła dla okna [$W/m^2 \cdot K$],

t_z - chwilowa temperatura powietrza zewnętrznego [$^{\circ}C$],

t_p - chwilowa temperatura powietrza w pomieszczeniu [$^{\circ}C$].

Chwilowe zyski ciepła na drodze promieniowania dla pomieszczeń o stałej temperaturze lub o kontrolowanej zmienności temperatury w okresach letnich - pomieszczenia klimatyzowane - oblicza się z poniższej zależności:

$$Q_R = [A_s \cdot I_{c,max} + (A_o - A_s) \cdot I_{r,max}] \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2 \cdot \Phi_3 \quad [W]$$

gdzie:

A_s - nasłoneczniona powierzchnia okna w świetle muru [m^2],

$I_{c,max}$ - maksymalne natężenie promieniowania słonecznego całkowitego w danym miesiącu dla określonego kierunku ekspozycji okna [W/m^2],

A_o - powierzchnia okna w świetle muru [m^2],

Φ_1 - udział powierzchni szkła w powierzchni okna,

$I_{r,max}$ - maksymalne natężenie promieniowania słonecznego rozproszonego w danym miesiącu [W/m^2],

Φ_2 - współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego przez okno (uwzględnia rodzaj przeszklenia oraz osłony przeciwsłoneczne),

Φ_3 - współczynnik akumulacji ciepła w przegrodach otaczających pomieszczenie.

Chwilowe zyski ciepła na drodze promieniowania dla pomieszczeń o niekontrolowanej zmianie temperatury w pomieszczeniu (brak klimatyzacji) lub o konstrukcji bardzo lekkiej ($q < 100 \text{ kg/m}^2$) bez zdolności akumulacyjnych oblicza się z poniższej zależności:

$$Q_R = [A_s \cdot I_c + (A_o - A_s) \cdot I_r] \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2 \quad [W]$$

gdzie:

A_s - nasłoneczniona powierzchnia okna w świetle muru [m^2],

Φ_1 - udział powierzchni szkła w powierzchni okna,

I_c - chwilowe natężenie promieniowania słonecznego całkowitego [W/m^2],

A_o - powierzchnia okna w świetle muru [m^2],

I_r - chwilowe natężenie promieniowania słonecznego rozproszonego [W/m^2],

Φ_2 - współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego przez okno (uwzględnia rodzaj przeszklenia oraz osłony przeciwsłoneczne).

Powierzchnię nasłonecznioną (A_s) oblicza się na podstawie azymutu (orientacji) ściany (S), azymutu słońca (B), wysokości słońca (h) oraz elementów elewacji stanowiących stałe osłony przeciwsłoneczne. Kąt padania promieni słonecznych (β) określa się z zależności:

$$\beta = B - S$$

W przypadku gdy $-90^\circ < \beta < +90^\circ$ przegroda jest nasłoneczniona. Wartości azymutów ścian oraz słońca podano w tabelach niżej.

Tab. Wartości współczynnika Φ_1
- udział powierzchni przeszklonej dla różnych konstrukcji okien

Konstrukcja okna	Powierzchnia okna w świetle muru A_o [m ²]									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
Okna drewniane, pojedynczo lub podwójnie szklone, zespolone (szwedzkie)	0,47	0,47	0,47	0,67	0,69	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75
Okna drewniane, skrzynkowe, podwójnie szklone	0,36	0,36	0,36	0,60	0,62	0,65	0,68	0,69	0,70	0,71
Okna metalowe	0,56	0,56	0,56	0,86	0,87	0,88	0,90	0,90	0,90	0,90
Okna wystawowe, świetliki	0,90									
Oszklone drzwi balkonowe	0,50									
Podane powyżej wartości należy zmniejszyć w przypadkach:										
• Okien dwu dzielnych z listwą poprzeczną u góry 0,05										
• Okien dwudzielnych z pionową listwą środkową 0,05										
• Okien ze szczelinami (szprosami) 0,03										

Tab. Wartości współczynnika Φ_2 - przepuszczalności promieniowania słonecznego uwzględniającego rodzaj oszklenia oraz osłon przeciwsłonecznych

Rodzaj szkła	Szkoło zwykłe pojedyncze	1,1
	Szkoło zwykłe podwójne	1,0
	Szkoło zwykłe potrójne	0,9
	Szkoło pochłaniające:	
	• Pojedyncze	0,75
	• Podwójne (na zewnątrz szkło pochłaniające, wewnątrz zwykłe)	0,65
	• Wiszące szyby pochłaniające (szczelina powietrzna ok. 5 cm)	0,50
	Szkoło odbijające:	
	• Pojedyncze (powłoka z tlenku metalu na zewnątrz)	0,65
	• Podwójne (powłoka odbijająca na szybie zewnętrznej, od wewnątrz zwykłe szkło)	
	• Powłoka z tlenku metalu	0,55
	• Powłoka z czystego metalu (np.: srebro)	0,45
	Pustaki szklane bezbarwne (100 mm)	
	• Gładkie powierzchnie bez wypełnienia	0,45
	• Z wypełnieniem z włókna szklanego	0,65
• Powierzchnie ustruktrowione (żebra, fale, kraty) bez wypełnienia	0,35	
• Z wypełnieniem z włókna szklanego	0,45	
Dodatkowe urządzenia przeciwsłoneczne	Na zewnątrz:	
	• Żaluzje, kąt otwarcia 45°	0,15
	• Markizy z tkaniny wentylowane od góry i po bokach	0,3*
	• Markizy z tkaniny obudowane od góry i po bokach	0,4*
	Żaluzje między szymbami, kąt otwarcia 45°, przestrzeń niewentylowana	0,5
	Od wewnątrz:	
	• Żaluzje, kąt otwarcia 45°	0,7
	• Zasłony jasne** z tkaniny bawełnianej, muślinu, włókna sztucznego	0,5
	• Folia z tworzywa sztucznego	
	• Pochłaniająca	0,7
• Metalizowana, odbijająca	0,35	

* w przypadku zacienienia całej powierzchni szyb

** w przypadku zasłon z ciemnych materiałów wartość współczynnika należy zwiększyć o 0,2

UWAGA: W przypadku zastosowania kilku urządzeń przeciwsłonecznych z w/w należy pomnożyć odpowiednie współczynniki. Np.: Szkło zwykłe pojedyncze + markiza wentylowana + zasłona ciemna $\Phi_2 = 1,1 \cdot 0,3 \cdot (0,5 + 0,2) = 0,231$. W przypadku zestawu, w skład którego wchodzi szkło odbijające oraz inne elementy np. zasłony współczynnik dla zasłon należy zwiększyć o 0,2 ze względu na zbyt korzystne wyniki otrzymywane w wyniku mnożenia współczynników. Np.: Szkło odbijające pojedyncze + jasna zasłona $\Phi_2 = 0,65 \cdot (0,5 + 0,2) = 0,455$

Wartość współczynnika Φ_3 określa się na podstawie względnej masy budynku, od której zależy zdolność akumulacji ciepła w przegrodach.

Ze względu na zdolność do akumulacji ciepła można rozróżnić następujące typy przegród budowlanych:

- Bardzo lekka - względna masa budowli (g) mniejsza od 150 kg/m^2
- Lekka - względna masa budowli (g) zawiera się w granicach $150 + 300 \text{ kg/m}^2$
- Średnia - względna masa budowli (g) zawiera się w granicach $300 + 800 \text{ kg/m}^2$
- Ciężka - względna masa budowli (g) przekracza 800 kg/m^2

Przyporządkowanie obiektu do danego typu odbywa się na podstawie wartości wskaźnika g obliczanego zgodnie z poniższym równaniem:

$$g = \frac{\sum F_z \cdot g_z + 0,5 \sum f \cdot F_w \cdot g_w}{\sum (F_z + F_w)} \quad [\text{kg/m}^2]$$

gdzie:

- F_z - powierzchnia ścian zewnętrznych, stropodachów, stropów graniczących z poddaszem oraz podłóg leżących na gruncie [m^2],
 g_z - masa ścian zewnętrznych, stropodachów, stropów graniczących z poddaszem oraz podłóg leżących na gruncie odniesiona do 1 m^2 powierzchni [kg/m^2],
 F_w - powierzchnia ścian wewnętrznych i stropów graniczących z innymi pomieszczeniami [m^2],
 g_w - masa ścian wewnętrznych i stropów graniczących z innymi pomieszczeniami odniesiona do 1 m^2 powierzchni [kg/m^2],
 f - współczynnik korygujący uwzględniający rodzaj wykończenia wnętrza pomieszczenia.

Tab. Wartości azymutu ścian (S)

Wartość azymutu ściany w stopniach							
N	0	E	90	S	180	W	270
NNE	22,5	ESE	112,5	SSW	202,5	WNW	292,5
NE	45	SE	135	SW	225	NW	315
ENE	67,5	SSE	157,5	WSW	247,5	NNW	337,5

Tab. Wartości współczynnika f
- uwzględniającego rodzaj wykończenia wnętrza pomieszczenia

Rodzaj zastosowanego rozwiązania	Wartość współczynnika f
Stropy pokryte podłogą drewnianą	0,5 ÷ 0,7
Podłogi pokryte dywanem	0,25 ÷ 0,35
Sufity podwieszane z niewentylowaną przestrzenią międzystropową	0,5
Sufity podwieszane z wentylowaną przestrzenią międzystropową	0
Pozostałe przypadki	1,0

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca maja (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciwsłoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MAJ		Pomieszczenia o konstrukcji bardzo lekkiej																							
normalna	zewn. /	0,29	0,28	0,26	0,25	0,32	0,43	0,50	0,56	0,60	0,63	0,66	0,68	0,69	0,70	0,70	0,69	0,65	0,59	0,48	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30
	bez wewn.	0,15	0,15	0,14	0,13	0,29	0,49	0,62	0,71	0,76	0,80	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83	0,81	0,77	0,70	0,57	0,38	0,20	0,19	0,18	0,16
pozioma	zewn. /	0,20	0,19	0,18	0,17	0,18	0,20	0,26	0,34	0,42	0,49	0,54	0,58	0,59	0,57	0,53	0,47	0,40	0,33	0,29	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21
	bez wewn.	0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,17	0,28	0,42	0,56	0,67	0,74	0,78	0,77	0,71	0,62	0,49	0,36	0,24	0,17	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11
NE	zewn. /	0,12	0,11	0,11	0,10	0,26	0,42	0,48	0,44	0,35	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12
	bez wewn.	0,06	0,06	0,06	0,05	0,36	0,65	0,73	0,61	0,40	0,26	0,25	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06
E	zewn. /	0,12	0,12	0,11	0,11	0,21	0,35	0,45	0,50	0,49	0,42	0,33	0,27	0,26	0,25	0,23	0,22	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
	bez wewn.	0,06	0,06	0,06	0,06	0,26	0,52	0,69	0,74	0,68	0,52	0,32	0,23	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,13	0,11	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
SE	zewn. /	0,14	0,14	0,13	0,12	0,16	0,25	0,36	0,45	0,51	0,53	0,49	0,42	0,33	0,29	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
	bez wewn.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,14	0,32	0,52	0,67	0,74	0,73	0,64	0,47	0,30	0,24	0,21	0,19	0,17	0,15	0,12	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
S	zewn. /	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,16	0,17	0,20	0,29	0,39	0,48	0,52	0,53	0,48	0,41	0,32	0,28	0,25	0,23	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16
	bez wewn.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,10	0,13	0,16	0,22	0,38	0,56	0,69	0,75	0,72	0,61	0,44	0,28	0,21	0,18	0,14	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
SW	zewn. /	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,22	0,31	0,42	0,49	0,53	0,53	0,47	0,38	0,29	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18
	bez wewn.	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,24	0,42	0,60	0,72	0,75	0,71	0,58	0,39	0,21	0,12	0,11	0,11	0,1	0,10
W	zewn. /	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,23	0,34	0,44	0,51	0,52	0,46	0,34	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17
	bez wewn.	0,09	0,08	0,08	0,07	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,27	0,48	0,65	0,74	0,72	0,58	0,33	0,12	0,11	0,10	0,1	0,09
NW	zewn. /	0,16	0,15	0,14	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,29	0,41	0,50	0,50	0,38	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16
	bez wewn.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,10	0,12	0,15	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23	0,37	0,60	0,74	0,70	0,43	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
N	zewn. /	0,32	0,31	0,29	0,28	0,53	0,59	0,54	0,57	0,62	0,66	0,69	0,71	0,72	0,72	0,70	0,67	0,64	0,71	0,70	0,44	0,40	0,38	0,36	0,34
	bez wewn.	0,17	0,16	0,15	0,15	0,67	0,73	0,60	0,66	0,73	0,79	0,83	0,85	0,85	0,82	0,78	0,71	0,66	0,79	0,76	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca maj (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciw-słoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MAJ		Pomieszczenia o konstrukcji lekkiej																							
normalna	zewn. /	0,23	0,21	0,20	0,18	0,27	0,40	0,50	0,67	0,63	0,67	0,71	0,73	0,75	0,76	0,77	0,75	0,71	0,63	0,50	0,37	0,33	0,30	0,27	0,25
	bez wewn.	0,12	0,11	0,10	0,09	0,26	0,47	0,62	0,71	0,77	0,82	0,84	0,86	0,87	0,86	0,85	0,81	0,73	0,59	0,38	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13
pozioma	zewn. /	0,16	0,14	0,13	0,12	0,13	0,16	0,23	0,33	0,43	0,52	0,59	0,64	0,66	0,64	0,60	0,52	0,43	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17
	bez wewn.	0,08	0,08	0,07	0,06	0,08	0,15	0,27	0,42	0,57	0,69	0,77	0,81	0,81	0,75	0,65	0,52	0,37	0,24	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
NE	zewn. /	0,08	0,08	0,07	0,07	0,26	0,46	0,54	0,50	0,39	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
	bez wewn.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,36	0,67	0,76	0,65	0,42	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,10	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
E	zewn. /	0,09	0,08	0,07	0,07	0,19	0,37	0,50	0,57	0,56	0,48	0,36	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
	bez wewn.	0,05	0,04	0,04	0,04	0,25	0,53	0,71	0,77	0,72	0,56	0,34	0,24	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,12	0,10	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
SE	zewn. /	0,10	0,10	0,09	0,08	0,12	0,24	0,38	0,50	0,57	0,60	0,56	0,47	0,36	0,31	0,29	0,26	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11
	bez wewn.	0,05	0,05	0,05	0,04	0,12	0,32	0,53	0,69	0,78	0,77	0,67	0,50	0,32	0,25	0,22	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06
S	zewn. /	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11	0,12	0,14	0,18	0,29	0,42	0,53	0,59	0,60	0,55	0,46	0,35	0,30	0,26	0,22	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13
	bez wewn.	0,06	0,06	0,05	0,05	0,08	0,11	0,14	0,21	0,38	0,57	0,72	0,78	0,76	0,64	0,47	0,30	0,22	0,18	0,14	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
SW	zewn. /	0,15	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,17	0,21	0,32	0,45	0,55	0,61	0,60	0,54	0,43	0,31	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16
	bez wewn.	0,08	0,07	0,06	0,06	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,24	0,42	0,61	0,75	0,79	0,75	0,61	0,42	0,22	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
W	zewn. /	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,22	0,36	0,49	0,58	0,59	0,53	0,38	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16
	bez wewn.	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,27	0,49	0,68	0,78	0,76	0,62	0,35	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
NW	zewn. /	0,14	0,12	0,11	0,11	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,30	0,45	0,57	0,58	0,43	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15
	bez wewn.	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,11	0,14	0,16	0,18	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23	0,38	0,62	0,77	0,74	0,45	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
N	zewn. /	0,26	0,24	0,22	0,20	0,52	0,59	0,53	0,58	0,64	0,69	0,73	0,76	0,77	0,77	0,75	0,72	0,68	0,76	0,75	0,42	0,37	0,34	0,31	0,28
	bez wewn.	0,14	0,12	0,12	0,11	0,66	0,73	0,60	0,66	0,74	0,81	0,85	0,87	0,88	0,85	0,80	0,74	0,68	0,82	0,78	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca maj (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciw-słoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MAJ		Pomieszczenia o konstrukcji średniej																							
normalna	zewn. /	0,19	0,17	0,15	0,14	0,23	0,37	0,49	0,58	0,65	0,71	0,75	0,78	0,81	0,82	0,82	0,81	0,76	0,67	0,53	0,38	0,32	0,28	0,25	0,22
	bez wewn.	0,10	0,09	0,06	0,07	0,24	0,46	0,61	0,72	0,79	0,83	0,86	0,89	0,90	0,90	0,88	0,84	0,84	0,78	0,62	0,40	0,20	0,17	0,15	0,13
pozioma	zewn. /	0,13	0,11	0,10	0,09	0,10	0,13	0,21	0,32	0,44	0,54	0,63	0,69	0,71	0,70	0,66	0,58	0,47	0,37	0,29	0,24	0,21	0,19	0,16	0,14
	bez wewn.	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,13	0,26	0,41	0,57	0,70	0,79	0,84	0,83	0,78	0,69	0,55	0,39	0,26	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
NE	zewn. /	0,07	0,06	0,05	0,05	0,25	0,47	0,57	0,55	0,43	0,34	0,32	0,30	0,29	0,27	0,26	0,23	0,21	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07
	bez wewn.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,36	0,66	0,78	0,67	0,45	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,10	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
E	zewn. /	0,07	0,06	0,06	0,06	0,18	0,37	0,52	0,61	0,61	0,54	0,41	0,33	0,30	0,27	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07
	bez wewn.	0,04	0,03	0,03	0,03	0,25	0,54	0,72	0,79	0,74	0,58	0,37	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,12	0,09	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
SE	zewn. /	0,08	0,07	0,07	0,06	0,11	0,23	0,38	0,52	0,61	0,65	0,62	0,52	0,41	0,34	0,31	0,27	0,24	0,21	0,18	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09
	bez wewn.	0,04	0,04	0,03	0,03	0,11	0,31	0,53	0,70	0,80	0,80	0,70	0,53	0,34	0,27	0,23	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
S	zewn. /	0,10	0,09	0,08	0,07	0,08	0,10	0,12	0,17	0,29	0,43	0,56	0,64	0,66	0,61	0,51	0,40	0,33	0,28	0,23	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11
	bez wewn.	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06	0,10	0,13	0,20	0,38	0,58	0,74	0,81	0,79	0,67	0,50	0,32	0,24	0,19	0,14	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
SW	zewn. /	0,13	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,20	0,32	0,47	0,59	0,65	0,66	0,60	0,48	0,34	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
	bez wewn.	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,23	0,42	0,62	0,77	0,82	0,78	0,64	0,44	0,24	0,14	0,12	0,10	0,09	0,06
W	zewn. /	0,13	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,22	0,37	0,52	0,62	0,65	0,59	0,43	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15
	bez wewn.	0,07	0,06	0,05	0,05	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,27	0,50	0,89	0,80	0,79	0,65	0,38	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08
NW	zewn. /	0,13	0,11	0,10	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,31	0,48	0,61	0,63	0,48	0,27	0,22	0,19	0,17	0,14
	bez wewn.	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,22	0,23	0,38	0,63	0,79	0,76	0,48	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08
N	zewn. /	0,22	0,20	0,18	0,16	0,49	0,58	0,53	0,59	0,66	0,72	0,77	0,80	0,82	0,83	0,80	0,77	0,72	0,80	0,79	0,45	0,37	0,33	0,28	0,25
	bez wewn.	0,12	0,10	0,09	0,08	0,64	0,72	0,60	0,67	0,75	0,83	0,87	0,90	0,90	0,88	0,83	0,76	0,70	0,84	0,80	0,24	0,20	0,17	0,15	0,13

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca maj (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciw-słoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MAJ		Pomieszczenia o konstrukcji ciężkiej																							
normalna	zewn. /	0,08	0,07	0,07	0,07	0,26	0,50	0,67	0,78	0,84	0,88	0,90	0,91	0,91	0,90	0,88	0,83	0,73	0,58	0,34	0,12	0,10	0,09	0,09	0,08
	bez wewn.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,26	0,53	0,71	0,82	0,89	0,93	0,94	0,95	0,95	0,94	0,91	0,85	0,74	0,57	0,30	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04
pozioma	zewn. /	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,14	0,28	0,45	0,62	0,76	0,85	0,88	0,87	0,80	0,68	0,52	0,34	0,20	0,11	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
	bez wewn.	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05	0,14	0,29	0,48	0,67	0,81	0,90	0,94	0,92	0,83	0,70	0,52	0,33	0,16	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
NE	zewn. /	0,03	0,03	0,03	0,03	0,39	0,75	0,86	0,72	0,45	0,27	0,25	0,24	0,24	0,22	0,20	0,18	0,15	0,12	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
	bez wewn.	0,02	0,02	0,01	0,01	0,43	0,83	0,92	0,76	0,46	0,26	0,24	0,24	0,23	0,22	0,20	0,17	0,14	0,11	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
E	zewn. /	0,03	0,03	0,03	0,03	0,27	0,59	0,80	0,86	0,79	0,60	0,34	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,12	0,10	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,01	0,29	0,65	0,87	0,93	0,84	0,61	0,33	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,11	0,08	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
SE	zewn. /	0,04	0,04	0,03	0,03	0,12	0,34	0,59	0,77	0,86	0,85	0,73	0,52	0,30	0,21	0,19	0,16	0,14	0,11	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,12	0,37	0,64	0,84	0,93	0,90	0,76	0,52	0,29	0,20	0,17	0,14	0,12	0,09	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
S	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,11	0,14	0,22	0,41	0,63	0,80	0,87	0,83	0,69	0,48	0,28	0,18	0,14	0,10	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,10	0,14	0,23	0,44	0,69	0,86	0,93	0,88	0,71	0,48	0,26	0,16	0,12	0,07	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
SW	zewn. /	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,18	0,25	0,45	0,68	0,83	0,87	0,81	0,65	0,42	0,18	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,26	0,49	0,73	0,89	0,93	0,86	0,67	0,41	0,15	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
W	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,29	0,54	0,75	0,86	0,84	0,66	0,35	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,30	0,58	0,82	0,93	0,89	0,69	0,33	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
NW	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,10	0,13	0,16	0,18	0,20	0,22	0,23	0,23	0,24	0,40	0,67	0,85	0,81	0,48	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,43	0,73	0,92	0,86	0,48	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
N	zewn. /	0,09	0,08	0,08	0,07	0,69	0,80	0,65	0,70	0,79	0,66	0,90	0,92	0,92	0,88	0,82	0,74	0,67	0,83	0,79	0,17	0,11	0,10	0,10	0,09
	bez wewn.	0,05	0,04	0,04	0,04	0,75	0,84	0,66	0,73	0,82	0,90	0,94	0,96	0,95	0,91	0,84	0,75	0,67	0,85	0,80	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca lipca (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciw-słoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LIPIEC		Pomieszczenia o konstrukcji bardzo lekkiej																							
NE	zewn. /	0,03	0,03	0,03	0,03	0,34	0,72	0,85	0,74	0,47	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,22	0,20	0,17	0,13	0,09	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,01	0,38	0,80	0,92	0,78	0,48	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,21	0,19	0,16	0,12	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
E	zewn. /	0,03	0,03	0,03	0,03	0,24	0,56	0,78	0,86	0,80	0,61	0,36	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,01	0,26	0,62	0,85	0,93	0,85	0,63	0,35	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,11	0,09	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
SE	zewn. /	0,04	0,04	0,03	0,03	0,11	0,33	0,57	0,76	0,86	0,85	0,73	0,53	0,32	0,23	0,20	0,17	0,15	0,12	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,11	0,35	0,62	0,83	0,93	0,91	0,77	0,53	0,30	0,21	0,18	0,15	0,13	0,10	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
S	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,11	0,16	0,24	0,42	0,63	0,80	0,87	0,83	0,69	0,48	0,29	0,20	0,15	0,10	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,11	0,15	0,24	0,45	0,69	0,86	0,93	0,88	0,72	0,48	0,27	0,18	0,12	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
SW	zewn. /	0,05	0,04	0,04	0,04	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,26	0,46	0,69	0,83	0,87	0,81	0,64	0,40	0,17	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,27	0,50	0,74	0,90	0,93	0,85	0,66	0,39	0,14	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
W	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,30	0,55	0,76	0,86	0,82	0,64	0,32	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,08	0,10	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,32	0,60	0,83	0,93	0,88	0,66	0,30	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
NW	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,11	0,15	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,25	0,26	0,42	0,69	0,86	0,79	0,43	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,11	0,15	0,18	0,20	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,45	0,76	0,92	0,83	0,43	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02
N	zewn. /	0,09	0,08	0,08	0,07	0,59	0,77	0,66	0,71	0,79	0,86	0,90	0,92	0,91	0,88	0,83	0,76	0,68	0,80	0,69	0,16	0,11	0,10	0,09	0,09
	bez wewn.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,64	0,81	0,67	0,74	0,83	0,90	0,94	0,96	0,95	0,91	0,85	0,77	0,69	0,83	0,69	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05
normalna	zewn. /	0,08	0,07	0,07	0,07	0,23	0,47	0,65	0,76	0,84	0,88	0,90	0,91	0,91	0,90	0,87	0,81	0,71	0,55	0,31	0,12	0,09	0,09	0,09	0,09
	bez wewn.	0,04	0,04	0,04	0,03	0,22	0,49	0,68	0,81	0,88	0,92	0,94	0,95	0,95	0,93	0,90	0,83	0,72	0,53	0,26	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
pozioma	zewn. /	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,14	0,28	0,45	0,62	0,75	0,84	0,88	0,86	0,79	0,67	0,52	0,34	0,20	0,11	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
	bez wewn.	0,03	0,03	0,03	0,02	0,06	0,14	0,29	0,48	0,66	0,81	0,90	0,94	0,91	0,83	0,69	0,51	0,32	0,16	0,08	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca lipca (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciw-słoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LIPIEC		Pomieszczenia o konstrukcji lekkiej																							
NE	zewn. /	0,07	0,06	0,06	0,05	0,22	0,45	0,57	0,55	0,44	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29	0,27	0,25	0,22	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
	bez wewn.	0,04	0,03	0,03	0,03	0,32	0,65	0,77	0,68	0,46	0,31	0,30	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22	0,19	0,15	0,11	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
E	zewn. /	0,07	0,06	0,06	0,05	0,16	0,36	0,51	0,60	0,61	0,54	0,42	0,34	0,31	0,28	0,26	0,23	0,21	0,18	0,15	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08
	bez wewn.	0,04	0,03	0,03	0,03	0,22	0,51	0,71	0,79	0,75	0,59	0,38	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,15	0,13	0,09	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04
SE	zewn. /	0,08	0,07	0,07	0,06	0,10	0,22	0,38	0,51	0,61	0,65	0,62	0,53	0,41	0,35	0,31	0,28	0,25	0,22	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09
	bez wewn.	0,04	0,04	0,04	0,03	0,11	0,30	0,52	0,70	0,80	0,80	0,71	0,54	0,35	0,28	0,24	0,21	0,18	0,15	0,11	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
S	zewn. /	0,10	0,09	0,08	0,07	0,08	0,11	0,13	0,18	0,29	0,43	0,56	0,64	0,66	0,61	0,51	0,40	0,34	0,29	0,24	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
	bez wewn.	0,05	0,05	0,04	0,04	0,07	0,10	0,14	0,22	0,38	0,58	0,73	0,81	0,79	0,67	0,50	0,33	0,25	0,24	0,15	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
SW	zewn. /	0,13	0,11	0,10	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,21	0,33	0,48	0,59	0,66	0,66	0,59	0,47	0,34	0,26	0,22	0,19	0,17	0,14
	bez wewn.	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,25	0,43	0,63	0,77	0,82	0,77	0,63	0,43	0,23	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08
W	zewn. /	0,13	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,24	0,38	0,53	0,62	0,64	0,57	0,41	0,27	0,22	0,19	0,17	0,15
	bez wewn.	0,07	0,06	0,05	0,05	0,06	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,29	0,51	0,70	0,80	0,78	0,62	0,35	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08
NW	zewn. /	0,13	0,11	0,10	0,09	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,24	0,33	0,50	0,62	0,62	0,46	0,26	0,22	0,19	0,17	0,14
	bez wewn.	0,07	0,06	0,05	0,05	0,08	0,11	0,14	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24	0,24	0,25	0,40	0,65	0,80	0,74	0,44	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08
N	zewn. /	0,22	0,19	0,17	0,15	0,43	0,55	0,56	0,58	0,65	0,71	0,77	0,80	0,82	0,82	0,80	0,77	0,78	0,79	0,73	0,43	0,36	0,32	0,28	0,24
	bez wewn.	0,11	0,10	0,09	0,08	0,55	0,69	0,60	0,68	0,75	0,82	0,87	0,89	0,90	0,88	0,83	0,77	0,71	0,82	0,71	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13
normalna	zewn. /	0,19	0,17	0,15	0,14	0,22	0,35	0,47	0,56	0,64	0,70	0,74	0,78	0,80	0,82	0,82	0,80	0,75	0,65	0,50	0,37	0,32	0,28	0,24	0,21
	bez wewn.	0,10	0,09	0,08	0,07	0,22	0,43	0,59	0,70	0,78	0,83	0,86	0,88	0,89	0,89	0,87	0,83	0,74	0,59	0,37	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
pozioma	zewn. /	0,13	0,11	0,10	0,09	0,10	0,13	0,21	0,32	0,43	0,54	0,63	0,69	0,71	0,70	0,65	0,57	0,47	0,37	0,30	0,24	0,21	0,19	0,16	0,14
	bez wewn.	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,13	0,25	0,41	0,57	0,70	0,79	0,84	0,83	0,78	0,68	0,54	0,39	0,26	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca lipca (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciwsłoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LPIEC		Pomieszczenia o konstrukcji średniej																							
NE	zewn. /	0,09	0,08	0,08	0,07	0,23	0,44	0,54	0,51	0,40	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10
	bez wewn.	0,05	0,04	0,04	0,04	0,32	0,65	0,76	0,66	0,44	0,30	0,28	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21	0,18	0,15	0,11	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05
E	zewn. /	0,09	0,08	0,08	0,07	0,18	0,35	0,49	0,56	0,56	0,49	0,37	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10
	bez wewn.	0,05	0,04	0,04	0,04	0,23	0,51	0,70	0,77	0,72	0,57	0,36	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,15	0,13	0,10	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
SE	zewn. /	0,10	0,10	0,09	0,08	0,12	0,23	0,37	0,49	0,57	0,60	0,56	0,47	0,37	0,32	0,29	0,27	0,24	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11
	bez wewn.	0,06	0,05	0,05	0,04	0,12	0,30	0,52	0,69	0,78	0,77	0,68	0,51	0,33	0,26	0,23	0,20	0,18	0,15	0,12	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06
S	zewn. /	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11	0,13	0,15	0,19	0,29	0,42	0,53	0,59	0,60	0,55	0,46	0,36	0,31	0,27	0,23	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13
	bez wewn.	0,06	0,06	0,06	0,05	0,08	0,11	0,15	0,22	0,38	0,57	0,72	0,79	0,76	0,64	0,47	0,31	0,23	0,19	0,14	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
SW	zewn. /	0,15	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,21	0,33	0,46	0,56	0,61	0,60	0,54	0,42	0,30	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16
	bez wewn.	0,08	0,07	0,06	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,25	0,43	0,62	0,75	0,79	0,74	0,60	0,40	0,21	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
W	zewn. /	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,23	0,37	0,50	0,58	0,59	0,52	0,36	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16
	bez wewn.	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,28	0,50	0,69	0,78	0,75	0,59	0,32	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
NW	zewn. /	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,32	0,47	0,58	0,57	0,41	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15
	bez wewn.	0,07	0,07	0,06	0,06	0,09	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,40	0,64	0,78	0,72	0,41	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
N	zewn. /	0,25	0,23	0,21	0,20	0,46	0,56	0,52	0,57	0,63	0,68	0,72	0,75	0,77	0,77	0,75	0,72	0,69	0,75	0,69	0,41	0,36	0,33	0,30	0,28
	bez wewn.	0,13	0,12	0,11	0,10	0,57	0,70	0,60	0,67	0,74	0,81	0,87	0,87	0,87	0,85	0,80	0,75	0,69	0,80	0,69	0,22	0,19	0,17	0,16	0,14
normalna	zewn. /	0,23	0,21	0,19	0,18	0,25	0,37	0,48	0,56	0,62	0,66	0,70	0,73	0,75	0,76	0,76	0,74	0,69	0,61	0,47	0,36	0,32	0,29	0,27	0,25
	bez wewn.	0,12	0,11	0,10	0,09	0,24	0,44	0,60	0,70	0,77	0,81	0,84	0,86	0,86	0,86	0,84	0,79	0,71	0,56	0,35	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13
pozioma	zewn. /	0,16	0,14	0,13	0,12	0,13	0,16	0,23	0,33	0,43	0,52	0,59	0,64	0,66	0,64	0,52	0,43	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20	0,20	0,18	0,17
	bez wewn.	0,08	0,08	0,07	0,06	0,09	0,15	0,26	0,41	0,56	0,68	0,77	0,81	0,80	0,59	0,52	0,37	0,24	0,17	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca lipca (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciwsłoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LIPIEC		Pomieszczenia o konstrukcji ciężkiej																							
NE	zewn. /	0,12	0,12	0,11	0,11	0,24	0,41	0,48	0,45	0,36	0,29	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,22	0,20	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
	bez wewn.	0,06	0,06	0,06	0,06	0,33	0,63	0,73	0,63	0,42	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,23	0,21	0,18	0,15	0,12	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
E	zewn. /	0,12	0,12	0,11	0,11	0,20	0,34	0,45	0,50	0,49	0,43	0,33	0,28	0,26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
	bez wewn.	0,07	0,06	0,06	0,06	0,23	0,50	0,68	0,74	0,69	0,53	0,34	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16	0,14	0,11	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
SE	zewn. /	0,14	0,14	0,13	0,13	0,16	0,25	0,36	0,45	0,51	0,53	0,50	0,42	0,34	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23	0,20	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
	bez wewn.	0,08	0,07	0,07	0,07	0,13	0,31	0,51	0,66	0,74	0,74	0,64	0,48	0,31	0,25	0,22	0,20	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
S	zewn. /	0,16	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,21	0,29	0,39	0,48	0,53	0,53	0,49	0,41	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,17
	bez wewn.	0,08	0,08	0,08	0,07	0,10	0,13	0,17	0,23	0,38	0,56	0,69	0,75	0,72	0,61	0,44	0,29	0,22	0,18	0,14	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
SW	zewn. /	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,23	0,32	0,42	0,50	0,54	0,53	0,47	0,38	0,28	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18
	bez wewn.	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,25	0,42	0,60	0,72	0,76	0,70	0,57	0,38	0,20	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
W	zewn. /	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,24	0,35	0,45	0,51	0,52	0,45	0,33	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,17	
	bez wewn.	0,09	0,08	0,08	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,29	0,49	0,66	0,74	0,71	0,56	0,30	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09
NW	zewn. /	0,16	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23	0,30	0,42	0,51	0,50	0,36	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17
	bez wewn.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,10	0,13	0,16	0,18	0,20	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,39	0,61	0,74	0,68	0,39	0,12	0,10	0,10	0,09	0,09
N	zewn. /	0,32	0,30	0,29	0,27	0,49	0,57	0,53	0,57	0,61	0,65	0,68	0,70	0,71	0,71	0,70	0,67	0,64	0,70	0,65	0,43	0,39	0,37	0,35	0,33
	bez wewn.	0,17	0,16	0,15	0,14	0,58	0,70	0,61	0,67	0,73	0,79	0,83	0,84	0,84	0,82	0,78	0,72	0,67	0,77	0,67	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17
normalna	zewn. /	0,28	0,27	0,26	0,25	0,31	0,41	0,49	0,55	0,59	0,63	0,65	0,67	0,68	0,69	0,69	0,68	0,64	0,57	0,47	0,37	0,35	0,33	0,31	0,30
	bez wewn.	0,15	0,14	0,14	0,13	0,27	0,46	0,60	0,69	0,75	0,79	0,81	0,83	0,83	0,83	0,81	0,76	0,68	0,55	0,35	0,20	0,18	0,17	0,17	0,17
pozioma	zewn. /	0,20	0,19	0,18	0,17	0,18	0,20	0,26	0,33	0,41	0,48	0,54	0,57	0,58	0,57	0,53	0,47	0,40	0,33	0,29	0,26	0,24	0,22	0,22	0,21
	bez wewn.	0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,17	0,28	0,42	0,55	0,67	0,74	0,78	0,76	0,71	0,62	0,49	0,35	0,24	0,17	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesząca wieżsnia (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciwsłoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
WRZESIEŃ		Pomieszczenia o konstrukcji bardzo lekkiej																							
NE	zewn. /	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,17	0,80	0,84	0,51	0,43	0,43	0,43	0,42	0,39	0,35	0,28	0,20	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,18	0,89	0,90	0,52	0,44	0,45	0,45	0,43	0,40	0,35	0,28	0,18	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
E	zewn. /	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,10	0,53	0,82	0,86	0,68	0,39	0,21	0,19	0,17	0,15	0,12	0,09	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	
	bez wewn.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,59	0,90	0,93	0,72	0,38	0,20	0,18	0,16	0,14	0,11	0,08	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
SE	zewn. /	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,35	0,64	0,81	0,86	0,80	0,63	0,39	0,20	0,15	0,12	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,06	0,39	0,70	0,88	0,93	0,85	0,65	0,39	0,18	0,13	0,10	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
S	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,10	0,26	0,48	0,67	0,81	0,87	0,84	0,73	0,54	0,33	0,15	0,07	0,06	0,06	0,05	5,00	0,05	0,04
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,09	0,28	0,52	0,73	0,88	0,93	0,89	0,76	0,55	0,31	0,12	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
SW	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06	0,09	0,11	0,16	0,33	0,57	0,76	0,86	0,84	0,70	0,43	0,13	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,08	0,11	0,16	0,35	0,62	0,83	0,93	0,90	0,74	0,43	0,09	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
W	zewn. /	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,10	0,13	0,15	0,16	0,18	0,33	0,62	0,84	0,86	0,61	0,17	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,10	0,13	0,15	0,17	0,18	0,35	0,69	0,92	0,92	0,63	0,14	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	
NW	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,16	0,25	0,32	0,37	0,40	0,42	0,43	0,42	0,47	0,82	0,88	0,28	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,16	0,26	0,33	0,39	0,42	0,44	0,45	0,44	0,50	0,89	0,94	0,24	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	
N	zewn. /	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,34	0,54	0,67	0,79	0,85	0,89	0,87	0,82	0,73	0,60	0,42	0,13	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	
	bez wewn.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,05	0,37	0,58	0,72	0,84	0,91	0,94	0,92	0,86	0,75	0,61	0,41	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	
normalna	zewn. /	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,09	0,36	0,60	0,74	0,83	0,87	0,89	0,89	0,86	0,79	0,67	0,45	0,16	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	
	bez wewn.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08	0,39	0,64	0,80	0,88	0,93	0,94	0,94	0,90	0,82	0,68	0,43	0,11	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	
pozioma	zewn. /	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,11	0,26	0,47	0,67	0,81	0,87	0,64	0,72	0,54	0,33	0,16	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	
	bez wewn.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,11	0,28	0,51	0,73	0,88	0,93	0,89	0,76	0,55	0,31	0,14	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca września (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciw-słoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
WRZESIEŃ		Pomieszczenia o konstrukcji lekkiej																							
NE	zewn. /	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,13	0,48	0,55	0,42	0,40	0,41	0,41	0,41	0,40	0,37	0,33	0,28	0,20	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09
	bez wewn.	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,16	0,73	0,75	0,47	0,42	0,44	0,44	0,43	0,40	0,36	0,31	0,23	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05
E	zewn. /	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,08	0,32	0,51	0,59	0,54	0,40	0,31	0,28	0,25	0,23	0,20	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
	bez wewn.	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,09	0,48	0,74	0,78	0,64	0,39	0,25	0,23	0,21	0,18	0,15	0,12	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
SE	zewn. /	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,07	0,23	0,41	0,54	0,61	0,62	0,56	0,45	0,34	0,28	0,25	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
	bez wewn.	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,32	0,58	0,74	0,80	0,75	0,62	0,42	0,25	0,20	0,17	0,13	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
S	zewn. /	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,09	0,18	0,32	0,45	0,57	0,64	0,66	0,63	0,55	0,43	0,32	0,25	0,21	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11
	bez wewn.	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,09	0,24	0,43	0,61	0,75	0,81	0,80	0,71	0,56	0,37	0,21	0,13	0,11	0,10	0,09	0,07	0,07	0,06
SW	zewn. /	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,09	0,10	0,13	0,23	0,38	0,52	0,61	0,65	0,61	0,48	0,30	0,24	0,21	0,18	0,15	0,14	0,12
	bez wewn.	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06	0,08	0,10	0,14	0,30	0,52	0,70	0,80	0,79	0,68	0,45	0,18	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06
W	zewn. /	0,10	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	0,24	0,42	0,57	0,63	0,53	0,31	0,22	0,19	0,17	0,14	0,12	0,11
	bez wewn.	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,07	0,09	0,12	0,14	0,15	0,17	0,31	0,58	0,77	0,80	0,59	0,21	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
NW	zewn. /	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,13	0,18	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,36	0,41	0,61	0,67	0,38	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12
	bez wewn.	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,15	0,23	0,29	0,34	0,38	0,40	0,41	0,41	0,46	0,78	0,83	0,29	0,13	0,11	0,10	0,09	0,07	0,07
N	zewn. /	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,24	0,37	0,47	0,57	0,64	0,70	0,73	0,73	0,69	0,63	0,53	0,35	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15
	bez wewn.	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,31	0,49	0,61	0,73	0,80	0,84	0,84	0,81	0,73	0,63	0,47	0,20	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
normalna	zewn. /	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,11	0,26	0,41	0,52	0,60	0,67	0,72	0,75	0,76	0,74	0,68	0,56	0,39	0,31	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
	bez wewn.	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,09	0,33	0,54	0,68	0,77	0,82	0,85	0,86	0,85	0,79	0,69	0,49	0,23	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08
pozioma	zewn. /	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,10	0,19	0,31	0,45	0,57	0,64	0,66	0,63	0,55	0,43	0,33	0,25	0,10	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11
	bez wewn.	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,10	0,24	0,43	0,61	0,75	0,81	0,80	0,71	0,55	0,37	0,22	0,13	0,11	0,10	0,09	0,07	0,07	0,06

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesząca wieżsnia (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciw-słoneczne	czas słoneczny w godzinach																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
WRZESIEŃ		Pomieszczenia o konstrukcji średniej																								
NE	zewn. /	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,15	0,48	0,53	0,39	0,36	0,37	0,38	0,38	0,37	0,35	0,31	0,26	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	
	bez wewn.	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,17	0,73	0,74	0,45	0,41	0,42	0,42	0,41	0,39	0,35	0,29	0,22	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	
E	zewn. /	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,09	0,32	0,49	0,55	0,49	0,35	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	
	bez wewn.	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,09	0,48	0,73	0,76	0,61	0,37	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,12	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	
SE	zewn. /	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,23	0,40	0,51	0,57	0,57	0,50	0,40	0,30	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,01	
	bez wewn.	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,33	0,57	0,72	0,77	0,72	0,59	0,39	0,23	0,19	0,16	0,13	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	
S	zewn. /	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,11	0,20	0,32	0,44	0,53	0,59	0,61	0,57	0,39	0,29	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13
	bez wewn.	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,24	0,43	0,61	0,73	0,79	0,77	0,53	0,34	0,19	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	
SW	zewn. /	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,23	0,37	0,49	0,57	0,59	0,55	0,42	0,26	0,22	0,19	0,18	0,16	0,15	0,13	
	bez wewn.	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,07	0,09	0,11	0,15	0,30	0,51	0,68	0,77	0,77	0,65	0,42	0,16	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	
W	zewn. /	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,23	0,40	0,54	0,58	0,48	0,26	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12	
	bez wewn.	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,30	0,57	0,76	0,77	0,56	0,18	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	
NW	zewn. /	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,15	0,19	0,24	0,27	0,30	0,32	0,33	0,34	0,38	0,57	0,62	0,33	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	
	bez wewn.	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,16	0,23	0,29	0,34	0,37	0,39	0,40	0,39	0,45	0,76	0,80	0,27	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	
N	zewn. /	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,26	0,37	0,46	0,54	0,61	0,65	0,67	0,66	0,63	0,58	0,48	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	
	bez wewn.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,08	0,32	0,49	0,61	0,71	0,78	0,82	0,81	0,78	0,70	0,60	0,44	0,18	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	
normalna	zewn. /	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,14	0,28	0,41	0,51	0,58	0,63	0,66	0,69	0,69	0,68	0,62	0,51	0,35	0,30	0,27	0,24	0,22	0,20	0,19	
	bez wewn.	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,10	0,34	0,54	0,67	0,75	0,80	0,82	0,83	0,81	0,76	0,66	0,47	0,21	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	
pozioma	zewn. /	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,12	0,20	0,32	0,44	0,53	0,59	0,61	0,57	0,49	0,39	0,30	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	
	bez wewn.	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,11	0,24	0,43	0,60	0,73	0,79	0,77	0,68	0,52	0,34	0,20	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	

Tab. Wartości współczynnika akumulacji Φ_3 energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia dla okien podwójnie szklonych dla miesiąca września (50° szerokości geograficznej północnej)

orientacja okna	osłony przeciw-słoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
WRZESIEŃ		Pomieszczenia o konstrukcji ciężkiej																							
NE	zewn. /	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,17	0,44	0,47	0,35	0,33	0,34	0,35	0,34	0,34	0,32	0,29	0,25	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14
	bez wewn.	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,18	0,70	0,71	0,44	0,39	0,40	0,40	0,39	0,37	0,33	0,28	0,21	0,11	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07
E	zewn. /	0,10	0,10	0,09	0,09	0,12	0,30	0,44	0,48	0,42	0,31	0,24	0,23	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	
	bez wewn.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,11	0,47	0,70	0,72	0,58	0,34	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,12	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	
SE	zewn. /	0,13	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,24	0,37	0,46	0,50	0,49	0,44	0,35	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	
	bez wewn.	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,33	0,56	0,70	0,70	0,69	0,55	0,37	0,22	0,18	0,15	0,13	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	
S	zewn. /	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,15	0,22	0,31	0,41	0,48	0,53	0,53	0,50	0,44	0,35	0,27	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	
	bez wewn.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,12	0,25	0,43	0,59	0,70	0,75	0,73	0,64	0,50	0,32	0,19	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	
SW	zewn. /	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,16	0,24	0,34	0,44	0,50	0,51	0,47	0,37	0,24	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	
	bez wewn.	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,09	0,11	0,13	0,16	0,31	0,50	0,66	0,74	0,73	0,62	0,40	0,15	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	
W	zewn. /	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,23	0,36	0,47	0,50	0,41	0,23	0,18	0,17	0,16	0,14	
	bez wewn.	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,30	0,55	0,72	0,73	0,53	0,17	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	
NW	zewn. /	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,17	0,21	0,24	0,27	0,29	0,30	0,31	0,32	0,35	0,50	0,54	0,30	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	
	bez wewn.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,17	0,24	0,29	0,33	0,36	0,38	0,39	0,38	0,43	0,73	0,76	0,25	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	
N	zewn. /	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17	0,29	0,38	0,44	0,51	0,55	0,58	0,60	0,59	0,56	0,52	0,44	0,32	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22	
	bez wewn.	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,34	0,49	0,60	0,69	0,75	0,78	0,77	0,74	0,66	0,57	0,42	0,18	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	
normalna	zewn. /	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18	0,19	0,31	0,41	0,48	0,54	0,57	0,60	0,62	0,62	0,60	0,56	0,47	0,35	0,30	0,28	0,27	0,25	0,24	
	bez wewn.	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,13	0,36	0,55	0,66	0,73	0,77	0,79	0,79	0,77	0,72	0,62	0,44	0,21	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	
pozioma	zewn. /	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,15	0,22	0,31	0,41	0,48	0,53	0,53	0,50	0,44	0,35	0,28	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	
	bez wewn.	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,13	0,26	0,43	0,59	0,70	0,75	0,73	0,64	0,49	0,33	0,20	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	

Tab. Natężenie promieniowania słonecznego przechodzącego do pomieszczenia przez okno podwójnie szklone zwykłym szkłem dla miesiąca marca i kwietnia

orientacja	czas słoneczny w godzinach																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
22 marca, T =2,3																	
Normalna	0	0	66	350	552	664	725	753	762	753	725	664	552	350	66	0	0
	0	0	2	63	96	109	113	112	112	112	113	109	96	63	2	0	0
Pozioma	0	0	1	44	134	254	361	431	455	431	361	254	134	44	1	0	0
	0	0	1	28	43	53	60	64	65	64	60	53	43	28	1	0	0
NE	0	0	45	179	159	79	68	70	70	67	62	52	40	24	1	0	0
	0	0	2	43	58	64	68	70	70	67	62	52	40	24	1	0	0
E	0	0	66	337	477	468	346	168	78	71	62	52	40	25	1	0	0
	0	0	2	60	87	95	93	56	78	71	62	52	40	25	1	0	0
SE	0	0	45	285	485	590	607	542	407	226	88	58	42	24	1	0	0
	0	0	2	54	88	107	115	114	105	90	74	58	42	24	1	0	0
S	0	0	1	53	179	340	480	569	599	569	480	340	179	53	1	0	0
	0	0	1	32	60	84	104	116	120	116	104	84	60	32	1	0	0
SW	0	0	1	24	42	58	88	226	407	542	607	590	485	285	45	0	0
	0	0	1	24	42	58	74	90	105	114	115	107	88	54	2	0	0
W	0	0	1	25	40	52	62	71	78	168	346	468	477	337	66	0	0
	0	0	1	25	40	52	62	71	78	86	93	95	87	60	2	0	0
NW	0	0	1	24	40	52	62	67	70	70	68	79	159	179	45	0	0
	0	0	1	24	40	52	62	67	70	70	68	64	58	43	2	0	0
N	0	0	1	26	41	53	62	67	69	67	62	53	41	26	1	0	0
	0	0	1	26	41	53	62	67	69	67	62	53	41	26	1	0	0

orientacja	czas słoneczny w godzinach																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20 kwietnia, T =3,5																	
Normalna	0	0	292	512	642	715	756	774	780	774	756	715	642	512	292	0	0
	0	0	58	97	113	116	115	111	110	111	115	116	113	97	58	0	0
Pozioma	0	0	36	120	250	384	493	561	585	561	493	384	250	120	36	0	0
	0	0	26	43	55	64	71	75	77	75	71	64	55	43	26	0	0
NE	0	0	225	307	247	128	82	83	82	79	73	64	53	39	22	0	0
	0	0	47	72	79	81	82	83	82	79	73	64	53	39	22	0	0
E	0	0	284	485	551	505	364	181	91	83	74	65	53	39	22	0	0
	0	0	55	93	108	112	107	99	91	83	74	65	53	39	22	0	0
SE	0	0	169	363	502	570	562	483	340	175	85	69	54	39	22	0	0
	0	0	41	78	103	118	123	121	112	99	84	69	54	39	22	0	0
S	0	0	24	50	133	268	395	479	509	479	395	268	133	50	24	0	0
	0	0	24	47	70	92	109	120	125	120	109	92	70	47	24	0	0
SW	0	0	22	39	54	69	85	175	340	483	562	570	502	363	169	0	0
	0	0	22	39	54	69	84	99	112	121	123	118	103	78	41	0	0
W	0	0	22	39	53	65	74	83	91	181	364	505	551	485	284	0	0
	0	0	22	39	53	65	74	83	91	99	707	112	108	93	55	0	0
NW	0	0	22	39	53	64	73	79	82	83	82	128	247	307	225	0	0
	0	0	22	39	53	64	73	79	82	83	82	81	79	72	47	0	0
N	0	0	35	44	56	66	74	79	81	79	74	66	56	44	35	0	0
	0	0	28	44	56	66	74	79	81	79	74	66	56	44	28	0	0

INNOVATION KNOWLEDGE EXPERIENCE ADVANCED TECHNOLOGIES

Tab. Natężenie promieniowania słonecznego przechodzącego do pomieszczenia przez okno podwójnie szklone zwykłym szkłem dla miesiąca maja i czerwca

orientacja	czas słoneczny w godzinach																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21 maja, T =3,7																	
Normalna	0	198	431	584	677	730	759	773	778	773	759	730	677	584	431	198	0
	0	43	91	112	120	118	113	108	107	108	113	118	120	112	91	43	0
Pozioma	0	23	85	201	341	473	574	638	659	638	574	473	341	201	85	23	0
	0	20	40	54	65	74	80	84	85	84	80	74	65	54	40	20	0
NE	0	184	351	384	308	177	95	92	90	87	81	72	62	49	34	17	0
	0	40	77	91	94	94	93	92	90	87	81	72	62	49	34	77	0
E	0	179	403	533	563	500	358	181	98	90	82	72	62	49	35	17	0
	0	39	85	108	119	120	115	106	98	90	82	72	62	49	35	17	0
SE	0	61	204	352	460	507	489	404	269	137	90	76	63	49	34	17	0
	0	25	59	87	108	120	125	122	114	103	90	76	63	49	34	77	0
S	0	17	37	56	96	192	298	374	400	374	298	192	96	56	37	17	0
	0	17	37	56	76	95	110	120	123	120	110	95	76	56	37	77	0
SW	0	17	34	49	63	76	90	137	269	404	489	507	460	352	204	61	0
	0	17	54	49	65	76	90	103	114	122	125	120	108	87	59	25	0
W	0	17	35	49	62	72	82	90	98	181	358	500	563	533	403	179	0
	0	17	35	49	62	72	82	90	98	106	115	120	119	108	85	39	0
NW	0	17	34	49	62	72	81	87	90	92	95	177	308	384	351	184	0
	0	17	54	49	62	72	81	57	90	92	93	94	94	97	77	40	0
N	0	72	78	59	67	76	83	87	88	87	83	76	67	59	78	72	0
	0	26	46	58	67	76	83	87	88	87	83	76	67	58	46	26	0

orientacja	czas słoneczny w godzinach																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21 czerwca, T=4,3																	
Normalna	33	229	430	566	653	703	730	743	747	743	730	703	653	566	430	228	33
	4	62	107	127	133	130	123	118	116	118	123	130	133	127	107	62	4
Pozioma	2	36	106	222	357	480	577	637	657	637	577	480	357	222	106	36	2
	2	29	49	64	76	85	92	96	97	96	92	85	76	64	49	29	2
NE	32	212	355	385	316	192	105	97	94	91	85	77	67	55	41	24	2
	4	58	92	104	105	102	99	97	94	91	85	77	67	55	41	24	2
E	26	200	393	507	533	474	341	180	103	94	86	77	66	54	40	23	2
	4	55	99	121	130	129	122	112	103	94	85	77	66	54	40	23	2
SE	3	65	187	319	416	458	439	360	237	126	94	81	68	54	40	23	2
	2	34	57	95	116	127	131	127	118	106	94	81	68	54	40	23	2
S	2	23	42	62	89	163	254	322	347	322	254	163	89	62	42	23	2
	2	23	42	62	81	99	114	124	128	124	114	99	81	62	42	23	2
SW	2	23	40	54	68	81	94	126	237	360	439	458	416	319	187	65	3
	2	23	40	54	65	81	94	106	118	127	131	127	116	95	67	34	2
W	2	23	40	54	66	77	86	94	103	180	341	474	533	507	393	200	26
	2	23	40	54	66	77	86	94	103	112	122	129	130	121	99	55	4
NW	2	24	41	55	67	77	85	91	94	97	105	192	316	385	355	212	32
	2	24	41	55	67	77	85	91	94	97	99	102	105	704	92	58	4
N	19	93	96	70	74	81	88	91	93	91	88	81	74	70	96	93	19
	3	38	56	66	74	81	89	97	93	91	88	81	74	66	56	38	3

Tab. Natężenie promieniowania słonecznego przechodzącego do pomieszczenia przez okno podwójnie szklone zwykłym szkłem dla miesiąca lipca i sierpnia

orientacja	czas słoneczny w godzinach																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
23 lipca, T=4,3																	
Normalna	0	163	384	539	636	693	723	738	743	738	723	693	636	539	384	163	0
	0	46	99	724	133	132	126	121	119	121	126	132	133	124	99	46	0
Pozioma	0	24	82	191	324	449	548	609	631	609	548	449	324	191	82	24	0
	0	22	44	61	73	83	90	94	96	94	90	83	74	67	44	22	0
NE	0	150	314	357	294	174	98	94	92	88	83	74	64	51	36	18	0
	0	42	84	98	100	98	96	94	92	88	83	74	64	57	36	18	0
E	0	147	359	492	528	475	344	180	100	92	84	74	64	51	36	17	0
	0	42	92	118	128	127	120	110	100	92	84	74	64	57	56	77	0
SE	0	53	183	327	433	481	466	388	261	137	92	78	65	51	36	17	0
	0	26	63	94	116	128	132	128	118	106	92	78	65	57	36	77	0
S	0	17	38	59	98	186	287	359	385	359	287	186	98	59	38	17	0
	0	77	38	59	80	99	115	125	129	125	115	99	80	59	38	77	0
SW	0	17	36	51	65	78	92	137	261	388	466	481	433	327	183	53	0
	0	77	36	57	63	75	92	106	118	128	132	128	116	94	63	26	0
W	0	17	36	51	64	74	84	92	100	180	134	475	528	492	359	147	0
	0	77	36	51	64	74	84	92	100	110	120	127	128	118	92	42	0
NW	0	18	36	51	64	74	83	88	92	94	98	174	294	357	314	150	0
	0	18	56	57	64	74	53	88	92	94	98	98	100	98	84	42	0
N	0	62	77	62	70	78	85	89	90	89	85	78	70	62	77	62	0
	0	27	50	61	70	78	85	89	90	89	85	78	70	67	50	27	0

orientacja	czas słoneczny w godzinach																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
23 sierpnia, T=4,1																	
Normalna	0	0	241	458	592	670	712	733	739	712	670	592	458	241	0	0	
	0	0	61	106	125	130	128	125	123	125	128	130	125	106	61	0	0
Pozioma	0	0	37	114	236	362	466	532	554	532	466	362	236	114	37	0	0
	0	0	29	49	63	73	81	86	87	86	81	73	63	49	29	0	0
NE	0	0	187	278	233	128	85	85	84	80	74	66	55	41	23	0	0
	0	0	50	78	85	85	85	85	74	80	74	66	55	41	23	0	0
E	0	0	235	433	508	474	347	178	93	85	76	66	55	41	23	0	0
	0	0	59	101	118	120	113	103	93	85	76	66	55	47	23	0	0
SE	0	0	141	325	463	534	531	458	326	172	87	71	56	41	23	0	0
	0	0	43	84	111	127	131	127	117	102	86	77	56	47	23	0	0
S	0	0	25	53	130	255	375	455	483	455	375	255	130	53	25	0	0
	0	0	25	50	74	97	115	127	131	127	115	97	74	50	25	0	0
SW	0	0	23	41	56	71	87	172	326	458	531	534	463	325	141	0	0
	0	0	23	47	56	77	86	702	117	127	131	127	111	84	43	0	0
W	0	0	23	41	55	66	76	85	93	178	347	474	508	433	235	0	0
	0	0	23	41	55	66	76	85	93	103	113	120	118	101	59	0	0
NW	0	0	23	41	55	66	74	80	84	85	85	128	233	278	187	0	0
	0	0	23	41	55	66	74	80	84	85	55	85	85	78	50	0	0
N	0	0	34	46	58	68	75	80	82	80	75	68	58	46	34	0	0
	0	0	29	46	58	68	75	80	82	80	75	68	58	46	29	0	0

Tab. Natężenie promieniowania słonecznego przechodzącego do pomieszczenia przez okno podwójnie szklone zwykłym szkłem dla miesiąca września

orientacja	czas słoneczny w godzinach																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
22 września, T=3,9																	
Normalna	0	0	43	297	497	612	676	707	716	707	676	612	497	297	43	0	0
	0	0	3	69	107	122	127	127	126	127	127	122	107	49	3	0	0
Pozioma	0	0	2	45	129	240	341	408	431	408	341	240	128	45	2	0	0
	0	0	2	32	49	61	69	74	75	74	69	61	49	32	2	0	0
NE	0	0	30	154	150	81	70	72	72	69	63	54	42	26	1	0	0
	0	0	3	46	63	68	70	72	72	69	63	54	42	26	1	0	0
E	0	0	43	285	429	433	327	165	81	73	65	54	42	26	1	0	0
	0	0	3	65	96	104	100	91	81	73	65	54	42	26	1	0	0
SE	0	0	29	241	436	542	565	508	383	217	90	60	44	26	1	0	0
	0	0	3	58	97	117	125	122	111	95	78	60	44	26	1	0	0
S	0	0	2	50	166	316	447	533	563	533	447	316	166	50	2	0	0
	0	0	2	34	65	91	112	125	130	125	112	91	65	34	2	0	0
SW	0	0	1	26	44	60	90	217	383	508	565	542	436	241	29	0	0
	0	0	1	26	44	60	78	95	111	122	125	117	97	58	3	0	0
W	0	0	1	26	42	54	65	73	81	165	327	433	429	285	43	0	0
	0	0	1	26	42	54	65	73	81	91	100	104	96	85	3	0	0
NW	0	0	1	26	42	54	63	69	72	72	70	81	150	154	30	0	0
	0	0	1	26	42	54	63	69	72	72	70	68	63	46	3	0	0
N	0	0	2	28	44	55	64	69	71	69	64	55	44	28	2	0	0
	0	0	2	28	44	55	64	69	71	69	64	55	44	28	2	0	0

T - wsp. zamglenia atmosfery wyznaczone z danych meteorologicznych

Tab. Wartości azymutu słońca (B) oraz wysokości słońca (h)

Czas słoneczny	20.12		24.01 i 20.11		20.02 i 23.10		22.03 i 24.08		20.04 i 24.08		21.05 i 23.07		21.06	
	h	B	h	B	h	B	h	B	h	B	h	B	h	B
4													1	53
5											6	66	9	64
6									9	83	15	77	18	74
7					1	109	10	102	18	94	25	88	27	85
8			3	125	9	121	19	114	28	106	34	100	37	97
9	7	139	10	137	17	134	27	127	37	120	44	114	46	110
10	12	152	16	151	23	148	34	143	44	137	52	131	55	128
11	15	166	19	165	27	163	38	161	50	157	58	153	61	151
12	17	180	21	180	29	180	40	180	51	180	69	180	63	180
13	15	194	19	195	27	197	38	199	50	203	58	207	61	209
14	12	208	16	209	23	212	34	217	44	223	52	229	55	232
15	7	221	10	223	17	226	27	233	37	240	44	246	46	250
16			3	235	9	239	19	246	28	254	34	260	37	263
17					1	251	10	258	18	266	25	272	27	275
18									9	277	15	283	18	286
19											6	294	9	296
20													1	307

5.4.2. Zyski ciepła od nasłonecznienia przez przegrody nieprzezroczyste

Zyski ciepła przenikające do pomieszczenia przez przegrody nieprzezroczyste oblicza się z następującego równania:

$$Q_{sc} = A_{sc} \cdot U_{sc} \cdot \Delta t_r \quad [W]$$

gdzie:

A_{sc} - powierzchnia ściany zewnętrznej [m^2],

U_{sc} - współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej [$W/m^2 \cdot K$],

Δt_r - równoważna różnica temperatury [K].

Wartości podane w tabelach są właściwe dla następujących założeń:

- Temperatura w pomieszczeniu $t_p = 26^\circ C$,
- Średnia dobową temperaturą zewnętrzną $t_{zm} = 24^\circ C$ (lipiec),
- Współczynnik absorpcji $A = 0,7$ dla ściany, $A = 0,9$ dla dachu,
- Współczynnik przejmowania ciepła od strony zewnętrznej $\alpha_z = 17,7 W/m^2 K$,
- Współczynnik przejmowania ciepła od strony wewnętrznej $\alpha_w = 5,8 W/m^2 K$,
- Szerokość geograficzna północna $45^\circ \div 55^\circ$,
- Współczynnik przezroczystości atmosfery $P = 4$.

W przypadku innych, niż powyższe, założeń wartość różnicy temperatury równoważnej należy skorygować zgodnie ze wzorem:

$$\Delta t_r^s = \Delta t_r + (t_{zsr} - 24) + (26 - t_p) + \beta \quad [K]$$

gdzie:

Δt_r - równoważna różnica temperatury [K],

t_{zsr} - średnia, dobową temperaturą zewnętrzną [$^\circ C$],

t_p - temperatura powietrza w pomieszczeniu [$^\circ C$],

β - współczynnik poprawkowy uwzględniający stopień przezroczystości atmosfery.

Tab. Wartości średniej dobowej temperatury powietrza zewnętrznego

	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień
Polska Północna I strefa klimatyczna	14,2	17,2	21,5	22,5	22,5	19,3
Polska Środkowa i Południowa II strefa klimatyczna	16,2	18,3	22,3	24,0	24,0	20,4

Tab. Wartość współczynnika β uwzględniającego stopień przezroczystości atmosfery

	Jednostkowa masa przegrody (g) kg/m^2	β [K]	
		P = 3	P = 5
Ściany	200 ÷ 300	+ 1,5	- 1,5
	500 ÷ 700	+ 1,0	- 1,0
Stropodachy	50 ÷ 200	+ 2,0	- 2,0
	300 ÷ 500	+ 1,5	- 1,5

Tab. Wartość równoważnej różnicy temperatury (Δt) dla ścian zewnętrznych

Orientacja	Masa ściany kg/m ²	Godziny															
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
NE	100	-7,0	-5,4	-1,5	1,7	3,4	4,6	5,2	5,6	5,9	6,0	5,9	5,7	5,5	5,1	4,7	
	200	-3,7	-3,1	-2,5	-1,7	-0,9	0	0,9	1,9	2,8	3,6	4,1	4,4	4,3	4,0	3,6	
	300	-0,5	-0,9	-1,1	-1,2	-1,2	-1,1	-1,0	-0,7	-0,5	-0,1	0,3	0,7	1,3	1,9	2,5	
E	100	-7,2	-6,0	-0,9	6,0	9,6	11,8	12,4	11,7	10,6	9,5	8,8	8,0	7,3	6,7	6,2	
	200	-2,0	-1,7	-0,9	0,8	2,9	6,0	7,2	7,6	7,7	7,5	7,2	6,8	6,5	6,2	6,0	
	300	1,3	0,7	0,3	0,2	0,4	0,8	1,5	2,2	2,9	3,5	4,0	4,5	4,8	5,0	5,1	
SE	100	-7,8	-7,9	-6,0	1,1	5,8	9,8	13,3	14,8	15,1	14,6	13,3	11,7	10,0	8,8	7,6	
	200	-2,7	-2,3	-1,7	-0,7	0,9	3,8	7,7	9,4	10,0	10,0	9,7	8,9	8,0	7,5	7,2	
	300	1,4	0,7	0,3	0,7	0,1	0,4	0,8	1,5	2,2	3,2	4,4	5,2	5,7	5,9	6,0	
S	100	-7,5	-8,3	-8,5	-8,1	-5,4	1,8	6,7	11,4	14,8	16,7	16,8	16,0	14,4	12,5	10,7	
	200	-2,6	-3,5	-4,0	-4,0	-3,4	-2,0	0	3,0	7,8	10,2	11,1	11,1	10,5	9,2	8,0	
	300	1,4	0,9	0,4	-0,3	-1,0	-1,3	-1,2	-0,8	-0,2	0,7	1,8	3,3	4,5	5,4	5,9	
SW	100	-7,0	-8,0	-8,4	-8,2	-7,3	-5,1	-1,5	3,5	8,6	16,4	19,7	20,9	20,8	20,0	18,0	
	200	-0,9	-2,1	-2,9	-3,3	-3,2	-2,8	-2,0	-0,5	2,7	7,9	11,5	13,5	14,2	13,9	12,6	
	300	2,7	1,9	1,3	0,7	0,3	0	-0,2	-0,2	0,1	0,5	1,1	2,0	3,3	4,9	6,8	
W	100	-6,1	-7,5	-7,9	-7,8	-7,1	-5,5	-2,6	0,9	4,0	8,2	11,5	14,8	17,4	19,8	21,7	
	200	-0,3	-2,1	-2,8	-3,1	-3,1	-2,8	-2,2	-1,2	0,4	3,0	7,1	9,6	11,7	13,2	14,4	
	300	2,9	2,0	1,4	0,7	0,2	-0,2	-0,5	-0,5	-0,4	0	0,4	1,2	2,3	3,6	5,4	
NW	100	-6,8	-7,6	-7,9	-7,7	-6,8	-5,0	-2,9	-0,5	1,7	4,4	7,1	10,7	14,0	14,8	13,6	
	200	-2,0	-3,0	-3,7	-4,1	-4,3	-4,0	-3,2	-2,0	-0,7	0,9	2,9	6,0	8,3	9,4	9,7	
	300	0,7	0,2	-0,3	-0,8	-1,2	-1,5	-1,8	-1,9	-1,8	-1,5	-1,0	-0,3	0,3	1,1	1,9	
N i - cień	100	-7,6	-7,8	-7,6	-7,0	-5,9	-4,2	-2,4	0,4	2,5	3,9	4,7	5,1	5,3	5,3	5,0	
	200	-4,0	-4,5	-4,7	-4,7	-4,6	-4,3	-3,5	-2,2	-0,4	1,0	1,9	2,6	3,0	3,2	3,3	
	300	-1,7	-2,2	-2,7	-3,0	-3,1	-3,2	-3,1	-3,0	-2,8	-2,6	-2,2	-1,8	-1,3	-0,8	-0,3	

Tab. Wartość równoważnej różnicy temperatury (Δt) dla stropodachów

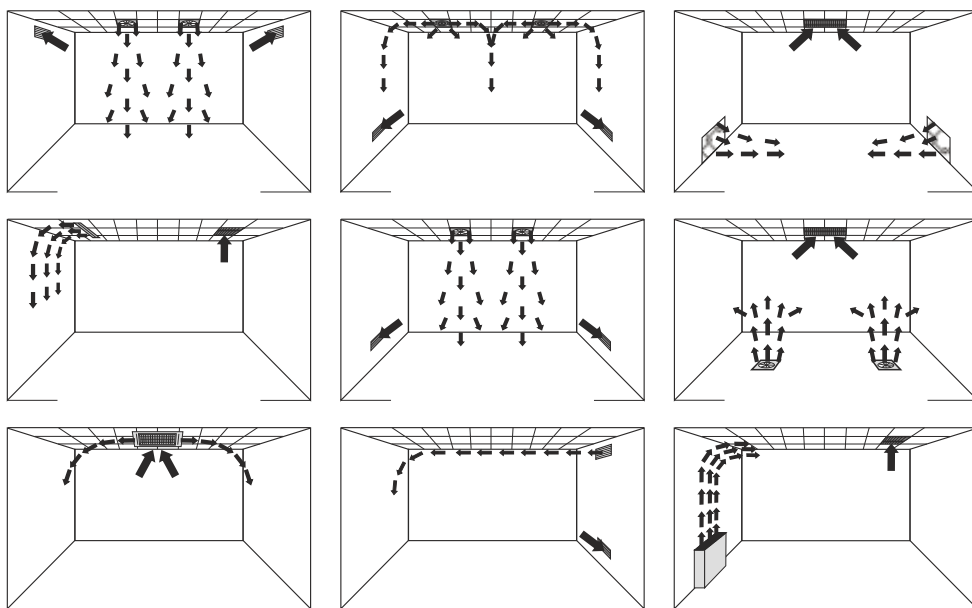
Rodzaj stropodachu	Masa ściany kg/m ²	Godziny															
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Stropodach ocieplony, nasłoneczniony	50	-8,8	-3,0	4,4	13,7	23,7	32,0	40,8	42,8	42,7	41,2	37,2	33,3	28,0	21,2	14,2	
	100	-1,4	-3,0	-3,3	-2,2	2,0	9,2	16,0	23,0	30,0	33,0	33,6	32,7	30,2	26,7	23,0	
	200	-1,9	-2,0	-1,6	-0,4	1,8	5,2	11,0	15,8	20,0	23,2	24,7	25,1	24,3	22,3	19,2	
	300	3,6	1,9	1,4	1,6	2,5	4,5	7,2	10,8	13,7	16,3	18,0	19,0	19,2	18,9	17,6	
	500	8,7	7,7	6,9	6,2	5,7	5,5	5,7	6,5	7,8	9,3	10,6	11,7	12,7	13,3	13,6	
Stropodach ocieplony, zacieniony	50	-11	-9,6	-8,1	-5,8	-3,2	0	2,9	4,5	5,4	5,7	5,5	4,9	4,0	2,9	1,7	
	100	-6,9	-7,6	-8,0	-8,1	-7,7	-6,4	-4,2	-1,7	0,2	1,7	2,7	3,3	3,4	3,0	2,3	
	200	-7,3	-7,6	-7,7	-7,5	-7,1	-6,5	-5,5	-4,0	-2,6	-1,4	-0,4	0,4	0,9	1,0	0,7	
	300	-5,3	-5,8	-6,2	-6,5	-6,5	-6,2	-5,7	-4,9	-4,0	-3,1	-2,3	-1,7	-1,2	-0,8	-0,6	
	500	-3,6	-4,1	-4,5	-4,8	-5,0	-5,2	-5,2	-5,1	-5,0	-4,7	-4,5	-4,1	-3,6	-3,1	-2,5	
Stropodach nie ocieplony, nasłoneczniony	50	-6,3	-5,8	-4,9	-2,6	1,0	7,0	13,0	17,8	22,0	25,3	27,1	27,3	26,0	23,6	19,8	
	100	0,4	-0,5	-0,6	-0,2	0,9	3,4	7,6	12,6	18,0	22,4	26,4	28,8	29,2	28,2	25,3	
	200	7,3	5,2	4,0	3,4	4,0	5,9	7,8	10,0	11,8	13,5	15,0	16,3	17,5	18,6	19,5	
	300	5,8	5,4	5,1	5,2	5,6	6,4	7,4	8,7	10,2	11,9	13,6	15,1	16,2	16,9	17,2	
	500	8,6	7,9	7,5	7,3	7,2	7,3	7,5	7,9	8,4	9,1	10,0	11,0	12,3	13,7	14,8	
Stropodach nie ocieplony, zacieniony	50	-9,1	-9,4	-9,2	-8,7	-7,8	-6,5	-5,1	-3,4	-2,0	-0,7	0,4	1,1	1,6	1,7	1,4	
	100	-6,2	-6,9	-7,2	-7,2	-7,0	-6,5	-5,8	-4,6	-3,2	-1,7	-0,5	0,6	1,5	2,1	2,4	
	200	-3,6	-4,4	-4,9	-5,4	-5,7	-5,7	-5,3	-4,6	-4,0	-3,4	-2,9	-2,4	-2,1	-1,7	-1,4	
	300	-4,8	-5,0	-5,2	-5,3	-5,3	-5,2	-5,0	-4,7	-4,3	-3,8	-3,4	-2,9	-2,5	-2,1	-1,7	
	500	-3,7	-4,0	-4,1	-4,3	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-4,4	-4,2	-4,0	-3,7	-3,2	-2,8	

6. Rozdział powietrza wentylacyjnego

Charakter ruchu powietrza w pomieszczeniu zależy m.in. od:

- prędkości powietrza w otworze nawiewnym,
- pędu strumienia nawiewanego,
- kształtu nawiewanego strumienia,
- geometrii pomieszczenia,
- usytuowania otworów nawiewnych i wywiewnych,
- architektury i zagospodarowania przestrzeni pomieszczenia,
- ruchu obiektów w pomieszczeniu,
- zysków ciepła i ich lokalizacji,
- występowania strumieni konwekcyjnych,
- wymiarów geometrycznych elementów nawiewnych,
- promieniowania ciepłego przegród.

Podstawowe metody organizacji wymiany powietrza różnią się między sobą sposobem rozmieszczenia w pomieszczeniu elementów nawiewnych i wywiewnych, który zależy głównie od przyjętego systemu wentylacji oraz charakterystyk strumieni powietrza dostarczanych przez zastosowane nawiewniki. Przepływ powietrza w pomieszczeniu determinowany jest w dużej mierze przez strumienie nawiewne ze względu na znacznie większą strefę oddziaływania w porównaniu ze strefą oddziaływania elementów wywiewnych.



Rys. Przykłady organizacji rozdziału powietrza w pomieszczeniu.

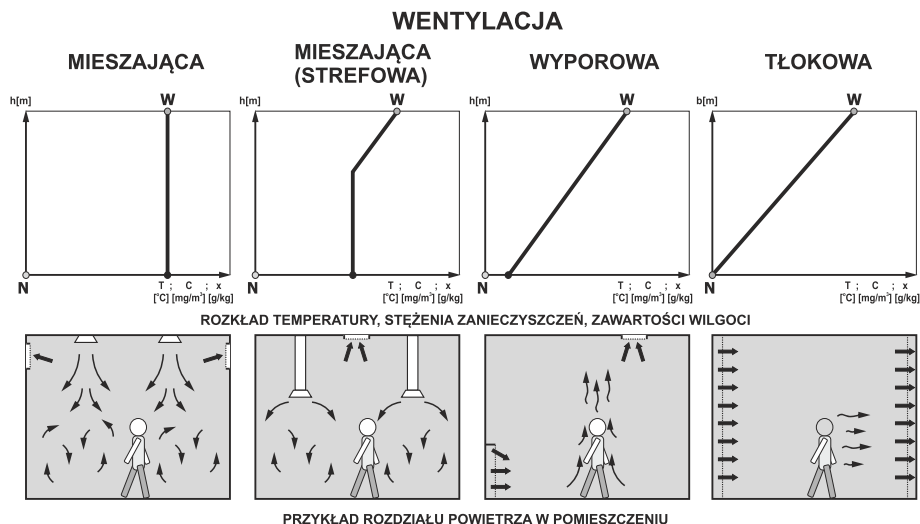
Rodzaj nawiewników dla danego systemu wentylacji oraz ich usytuowanie zależy głównie od ilości powietrza wentylacyjnego i temperatury nawiewanego powietrza, a także technicznych i architektonicznych możliwości lokalizacji wybranych elementów nawiewnych, przeznaczenia pomieszczenia, jego wymiarów (głównie wysokości) oraz dopuszczalnej prędkości powietrza wewnątrz strefy pracy.

6.1. Charakterystyka systemów rozdziału powietrza

Sposoby realizacji wentylacji pomieszczenia w zależności od przyjętego sposobu organizacji przepływu powietrza podzielić można na trzy główne systemy:

- wentylacja tłokowa,
- wentylacja wyporowa,
- wentylacja mieszająca.

Każdy z systemów charakteryzuje się nieco innym sposobem rozdziału powietrza w pomieszczeniu, a ich główne cechy porównano na rysunku.



Rys. Charakterystyka organizacji wymiany powietrza w pomieszczeniu.

6.1.1. Wentylacja mieszająca

Najczęściej stosowanym systemem wentylacji jest wentylacja mieszająca. Strumień powietrza nawiewany w przestrzeń pomieszczenia charakteryzuje się dużą prędkością i burzliwością, co powoduje zwiększoną indukcję powietrza wewnętrznego - zanim strumień powietrza dotrze do strefy przebywania ludzi podsuwa znaczną ilość powietrza otaczającego, czego rezultatem jest wzrost objętości strumienia oraz spadek prędkości do wartości akceptowalnych w strefie pracy (zwykle $0,2 \div 0,3$ m/s). Przy wentylacji mieszającej zakłada się całkowite wymieszanie powietrza dostarczanego z powietrzem wewnętrznym, a więc również wymieszanie i rozcieńczenie zanieczyszczeń w całej kubaturze pomieszczenia.

Prędkość wypływu powietrza z nawiewników zależy od konstrukcji i przeznaczenia elementu i może zawierać się w zakresie: $1 \div 10$ m/s.

6.1.2. Wentylacja wyporowa

Działanie systemu wentylacji wyporowej stosowanego w obiektach użyteczności publicznej opiera się na zasadzie różnicy gęstości pomiędzy chłodnym powietrzem nawiewanym a ciepłym powietrzem wewnętrznym, która powoduje wytworzenie się w pomieszczeniu dwóch stref: górnej - zanieczyszczonej i dolnej - czystej. Osiągnięcie takiego ukształtowania stref wewnątrz pomieszczenia możliwe jest dzięki nawiewaniu powietrza z niewielkimi prędkościami w dolnej części pomieszczenia i usuwaniu zanieczyszczeń ze strefy podsufitowej.

Nawiew realizowany jest najczęściej przez perforowane nawiewniki o dużej efektywnej powierzchni wypływu, lokalizowane bezpośrednio w strefie przebywania ludzi. Strumień wyporowy odznacza się niewielką burzliwością oraz indukcyjnością, rozwija się przy podłodze na niewielkiej wysokości. W obszarze źródeł ciepła, tworzą się strumienie konwekcyjne indukujące powietrze otaczające i przenoszące zanieczyszczenia do strefy podsufitowej.

Prędkość nawiewu dla wentylacji wyporowej:

- klimatyzacja komfortu: $0,1 \div 0,2$ m/s,
- wentylacja przemysłowa: $0,4 \div 1,0$ m/s.

Z uwagi na lokalizację elementów nawiewnych bezpośrednio w strefie pracy równie istotnym parametrem, co prędkość powietrza jest jego temperatura.

Zalecana różnica temperatury pomiędzy powietrzem w pomieszczeniu a powietrzem nawiewanym:

- klimatyzacja komfortu: $1 \div 6$ K,
- wentylacja przemysłowa: $1 \div 8$ K (i więcej dla specjalnych konstrukcji nawiewników o zwiększonej początkowej indukcji powietrza otaczającego).

6.1.3. Wentylacja tłokowa

Zasada działania wentylacji tłokowej polega na nawiewaniu do pomieszczenia powietrza przez całą powierzchnię przegrody oraz usuwaniu powietrza przez całą powierzchnię przegrody przeciwległej. W zależności od charakteru procesów przebiegających wewnątrz pomieszczenia stosuje się układ poziomy lub pionowy. Wentylacja tłokowa należy do najbardziej efektywnych systemów wentylacji, jednakże jest bardzo kosztowna, gdyż wymaga dostarczenia bardzo dużych ilości powietrza z niewielką prędkością. System ten stosowany jest dla stosunkowo niewielkich pomieszczeń wtedy, gdy jest to niezbędne ze względu na procesy technologiczne.

6.2. Gradient temperatury

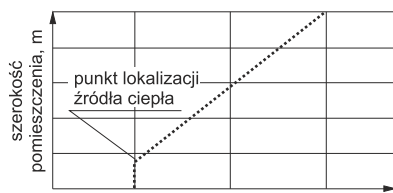
Gradient temperatury jest miarą szybkości zmiany temperatury w pomieszczeniu wraz z wysokością i wyrażany jest w K/m wysokości.

Jego wartość zależy od systemu wentylacji oraz rodzaju, ilości, mocy i lokalizacji źródeł ciepła w pomieszczeniu.

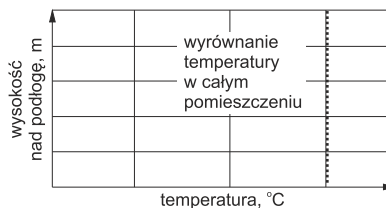
Zbyt duży gradient temperatury w strefie przebywania ludzi (między 0,1 a 1,1 m nad podłogą) może prowadzić do dyskomfortu użytkowników, dlatego jego wartość nie powinna przekraczać $\Delta T_{0,1-1,1m} \leq 3$ K (wg PN-EN ISO 7730).

Tab. Zalecane wartości maksymalne gradientu temperatury w zależności od aktywności

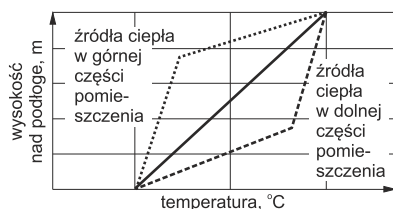
Rodzaj czynności	$\Delta T_{0,1-1,1m}$ [K]
Praca siedząca	$\leq 2,0$
Lekka praca stojąca	$\leq 2,5$
Średnio-ciężka praca stojąca	$\leq 3,0$
Ciężka praca stojąca	$\leq 3,5$



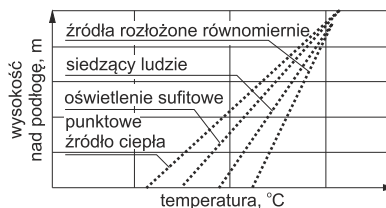
a) wentylacja tłokowa



a) wentylacja mieszająca



c) wentylacja wyporowa



Rys. Przykład rozkładu temperatury dla różnych systemów wentylacji.

6.3. Efektywność wentylacji

Efektywność wentylacji opisuje zdolność systemu rozdziału powietrza w pomieszczeniu do usuwania zanieczyszczeń powstających wewnątrz pomieszczenia, strefy lub budynku.

$$\varepsilon_v = \frac{C_e - C_s}{C_i - C_s}$$

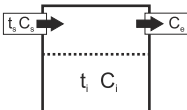
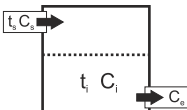
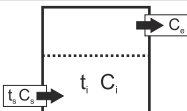
gdzie:

C_e - stężenie zanieczyszczeń w powietrzu usuwanym z pomieszczenia,

C_s - stężenie zanieczyszczeń w powietrzu nawiewanym,

C_i - stężenie zanieczyszczeń w strefie przebywania ludzi.

Tab. Przykładowe wartości efektywności wentylacji w zależności od rozdziału powietrza oraz temperatury nawiewu i pomieszczenia

Rozdział powietrza	Różnica temperatury $t_s - t_i$, [K]	Efektywność wentylacji
	< 0	0,9 ÷ 1,0
	0 ÷ 2	0,9
	2 ÷ 5	0,8
	> 5	0,4 ÷ 0,7
	< -5	0,9
	-5 ÷ 0	0,9 ÷ 1,0
	> 0	1,0
	> 2	0,2 ÷ 0,7
	0 ÷ 2	0,7 ÷ 0,9
	< 0	1,2 ÷ 1,4

Innym wskaźnikiem charakteryzującym skuteczność systemu wentylacji w pomieszczeniu jest efektywność temperaturowa wentylacji:

$$\varepsilon_t = \frac{t_e - t_s}{t_i - t_s}$$

gdzie:

t_e - temperatura powietrza usuwanego,

t_s - temperatura powietrza nawiewanego,

t_i - temperatura powietrza w strefie przebywania ludzi

6.4. Strumienie nawiewne

Strumienie nawiewne ze względu na warunki rozwijania się można podzielić na:

- swobodne** - powietrze wypływa z otworu nawiewnego i porusza się w otoczeniu znajdującym się we względnym bezruchu nie napotykając na swojej drodze przeszkód np. w postaci przegród budowlanych,
- półograniczone** - strumień ten (nazywany także przyściennym lub przylepionym) jest ograniczony przez powierzchnię przegrody i rozwija się wzdłuż jej płaszczyzny.

Dodatkowo ze względu na warunki termiczne strumienie można podzielić na:

- izotermiczne** - temperatura powietrza nawiewanego jest równa temperaturze powietrza w otoczeniu strumienia,
- nieizotermiczne** - temperatura powietrza nawiewanego różni się od temperatury powietrza w otoczeniu.

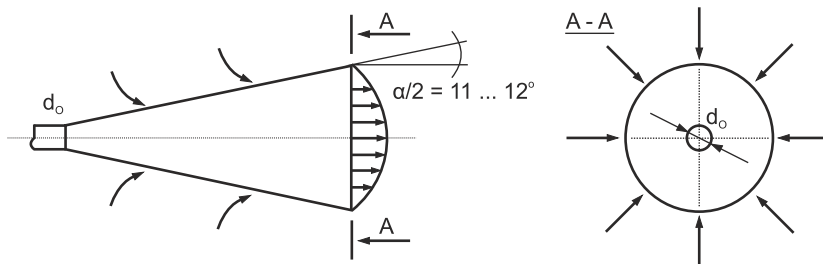
Strumienie nieizotermiczne podzielić można na:

- grzejne** - temperatura powietrza nawiewanego jest wyższa od temperatury w otoczeniu,
chłodzące - temperatura powietrza nawiewanego jest niższa od temperatury otoczenia.

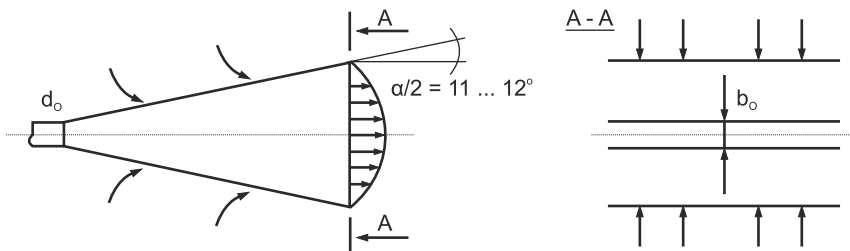
Zasięg strumienia - jest to odległość od płaszczyzny wylotowej nawiewnika, w której maksymalna prędkość powietrza w strumieniu spada do przyjętej wartości granicznej. Często wartością graniczną jest dopuszczalna prędkość w strefie przebywania ludzi.

6.5. Typowe formy strumieni nawiewnych

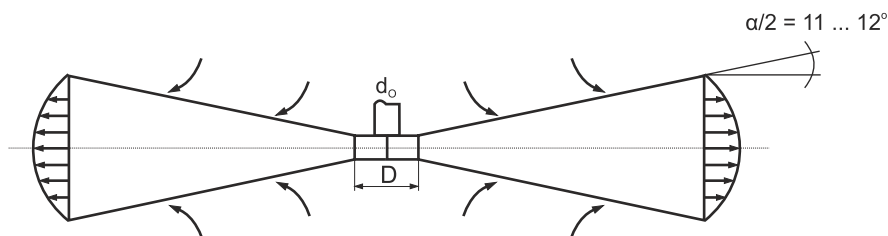
- **osiowo-symetryczne** (zwarte) - powstają przy wypływie powietrza z okrągłych, kwadratowych oraz prostokątnych otworów o niewielkim stosunku długości boków. Prędkość maksymalna w przekroju strumienia występuje w jego osi symetrii. Kąt naturalnego rozwarcia tych strumieni wynosi $\alpha/2 = 12^\circ$.



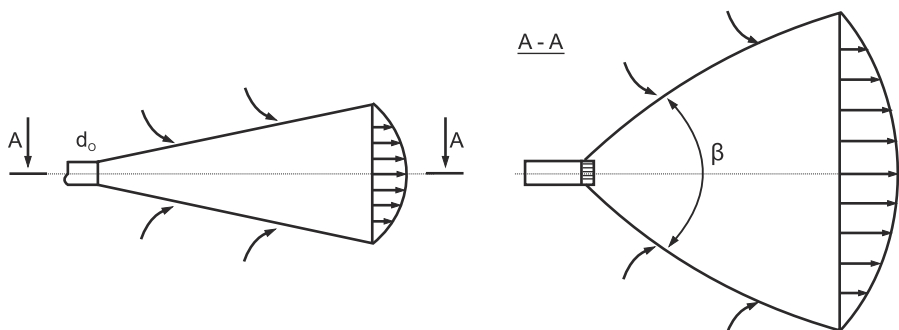
- **liniowe** (płaskie) - wypływające ze szczelin lub prostokątnych otworów o dużym stosunku długości boków; strumienie te mają zasadniczo dwuwymiarowe charakterystyki. W pewnej odległości od wylotu strumienie mają tendencję do przechodzenia w osiowo-symetryczne. Kąt rozwarcia wynosi około $\alpha/2 = 12^\circ$.



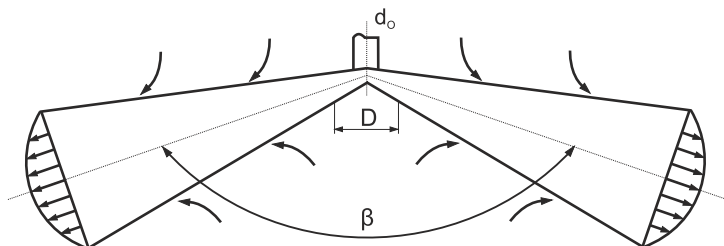
- **wachlarzowe** (promieniowe) - wypływają z nawiewników sufitowych okrągłych lub kwadratowych kierujących powietrze we wszystkich kierunkach w płaszczyźnie poziomej. Strumienie mają sztucznie powiększone kąty rozwarcia. Wektory prędkości w tych strumieniach rozchodzą się pod pewnym kątem jeden do drugiego.



- **niepełne wachlarzowe** - powstają przy wypływie z krtek nawiewnych mających łopatki kierujące ustawione pod pewnym kątem. Niepełny strumień wachlarzowy mający na wypływie sztucznie powiększony kąt rozwarcia stopniowo przechodzi w strumień osiowo-symetryczny.



- **stożkowe** - powstają przy wypływie powietrza przez nawiewniki z odpowiednio ukształtowanymi kierownicami. Przy kącie rozwarcia na wypływie $\beta \leq 120^\circ$ strumień ma tendencję do stopniowego przechodzenia w strumień osiowo-symetryczny.



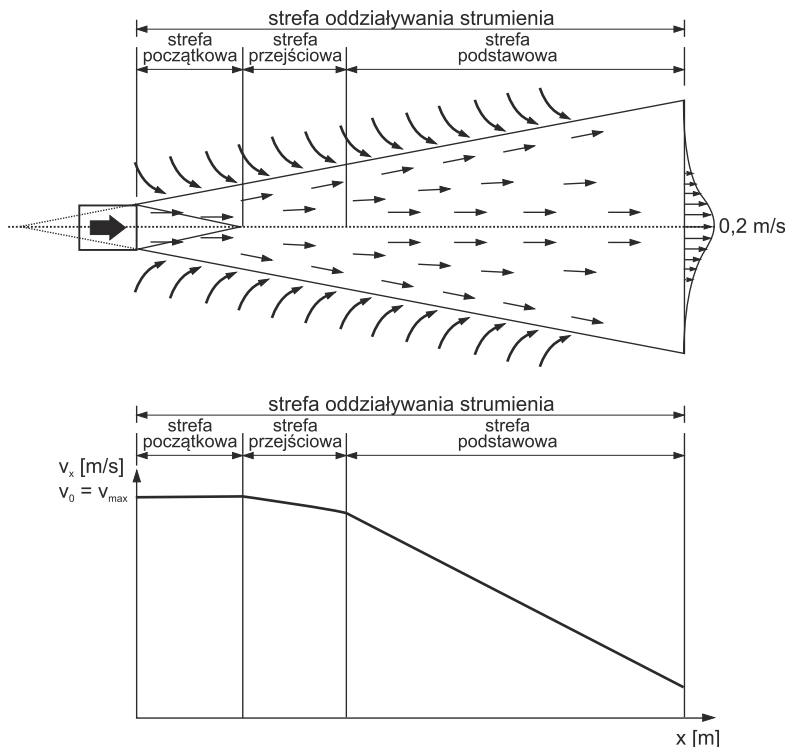
- **wirowe** - powstają przy wypływie z nawiewników wyposażonych w kierownice tworzące zawirowanie i nadające powietrzu ruch rotacyjny. Wektory prędkości są styczne oraz prostopadłe do kierunku rozwijania się strumienia. W zależności od rodzaju nawiewnika strumienie wirowe mogą rozwijać się jako osiowo-symetryczne, wachlarzowe lub stożkowe.

6.5.1. Kształtowanie się strumienia turbulentnego

Strumienie turbulentne charakteryzują się stosunkowo dużą prędkością początkową nawiewu i są powszechnie wykorzystywane do realizowania rozdziału powietrza przy wentylacji mieszającej.

Typowym przykładem strumienia turbulentnego (burzliwego) jest izotermiczny strumień swobodny, osiowo-symetryczny, którego źródłem w rozważaniach teoretycznych jest otwór o przekroju okrągłym. Bezpośrednio za płaszczyzną wylotową, w której teoretycznie prędkość jest wyrównana, rozpoczyna się proces mieszania strumienia z powietrzem otaczającym, a w kolejnej fazie ruchu stopniowe wytracanie prędkości początkowej. Turbulentny charakter przepływu sprawia, że strumień rozprzestrzenia się w powietrzu otaczającym nie tylko w kierunku równoległym do osi symetrii nawiewnika, ale także w prostopadłym, co związane jest również ze zjawiskiem indukcji. Cząsteczki powietrza wchodzące w skład strumienia, dzięki energii ruchu poprzecznego, wytrącają ze stanu równowagi nieruchome cząstki powietrza otaczającego, a następnie mieszają się z nimi. Strumień zwiększa w ten sposób swoją masę i objętość, a jednocześnie jego cząsteczki zostają wyhamowane. Zjawisko to jest bezpośrednią przyczyną stopniowego rozszerzania się strumienia. Kąt rozszerzania się strumienia zależy m.in. od rodzaju wylotu i stopnia początkowej burzliwości.

Strefa rozwoju strumienia, w której prędkość w jego osi symetrii pozostaje równa prędkości w płaszczyźnie wylotu nazywana jest strefą początkową. Następnie strumień przechodzi w obszar strefy przejściowej, w której zakłócenia spowodowane indukcją powietrza otaczającego docierają do osi strumienia. Największą część strumienia stanowi strefa podstawowa, w której proces indukacji oraz charakter spadku prędkości w osi strumienia ulegają ustabilizowaniu. Strumień rozwija się w strefie podstawowej do osiągnięcia granicznej wartości prędkości ustalonej zazwyczaj na $0,2 \div 0,3$ m/s.



Rys. Kształtowanie się izotermicznego strumienia swobodnego, osiowosymetrycznego stosowanego w wentylacji mieszającej.

6.5.2. Kształtowanie się strumienia wyporowego

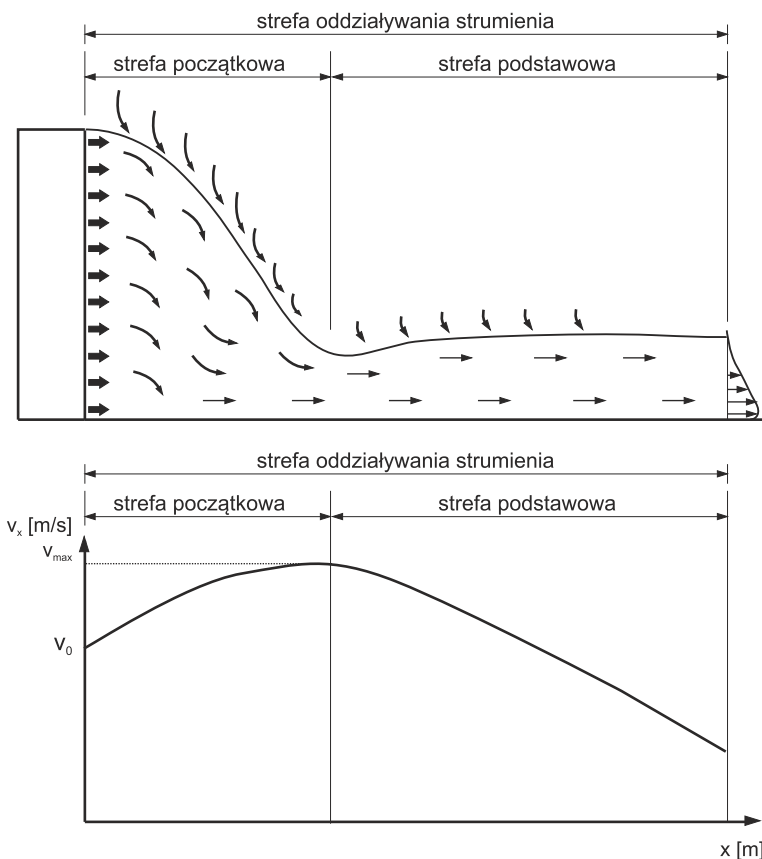
Strumienie wyporowe charakteryzują się stosunkowo małą prędkością początkową nawiewu i ograniczoną turbulencją oraz indukcją powietrza otaczającego.

Powietrze nawiewane z nawiewnika wyporowego ze względu na niewielką prędkość i temperaturę niższą od temperatury otoczenia stosunkowo blisko wylotu opada w dół i w dalszej fazie rozplywa się radialnie tworząc warstwę o niewielkiej wysokości nad podłogę. Maksymalna prędkość powietrza w profilach pionowych strumienia zlokalizowana jest na niewielkiej wysokości nad podłogę. Zwykle jest, to wysokość $2 \div 6$ cm.

W strefie początkowej powietrze, ze względu na swą temperaturę, posiada znaczne przyspieszenie oraz prędkość pionową spowodowane działaniem sił wyporu. Przy małej prędkości nawiewu ($\sim 0,2$ m/s) prędkość powietrza w strumieniu przy podłodze w strefie początkowej rośnie wraz z odległością od nawiewnika, aż do osiągnięcia maksimum, które zwykle znajduje się w odległości $0,6 \div 1,0$ m. Takie kształtowanie się prędkości jest szczególnie wyraźne dla nawiewników o równomiernym profilu wypływu. Przy wyższych prędkościach nawiewu lub mniejszej różnicy temperatury pomiędzy powietrzem nawiewanym a otoczeniem przebieg zmienności prędkości jest bardziej płaski.

Odległość, w której prędkość przy podłodze osiąga wartość maksymalną i zaczyna się jej spadek jest zwykle przyjmowana jako punkt podziału pomiędzy strefami. Długość strefy początkowej wyrażona może być również jako odległość od nawiewnika do punktu, w którym nawiewany strumień opada do podłogi poruszając się dalej jedynie w płaszczyźnie poziomej.

W strefie podstawowej powietrze przemieszcza się równoległe do płaszczyzny podłogi, a wysokość strumienia w tej strefie wynosi ok. $0,2 \div 0,3$ m, niezależnie od odległości od wylotu. Maksymalna prędkość powietrza maleje wraz z odległością od nawiewnika, aż do osiągnięcia wielkości przyjmowanych jako wartości graniczne dla komfortu cieplnego, zwykle $0,2$ m/s.



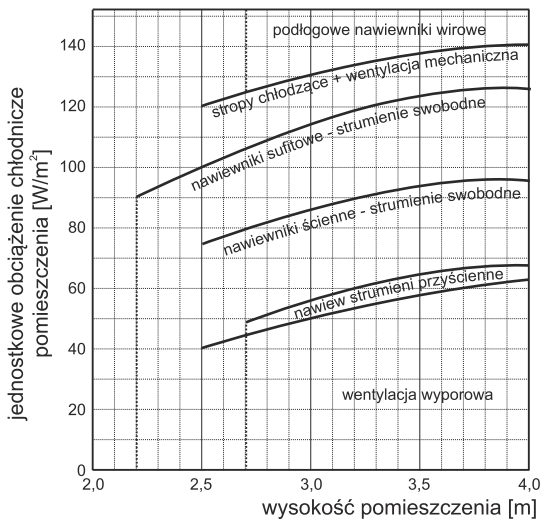
Rys. Kształtowanie się strumienia wyporowego.

6.6. Dobór nawiewników

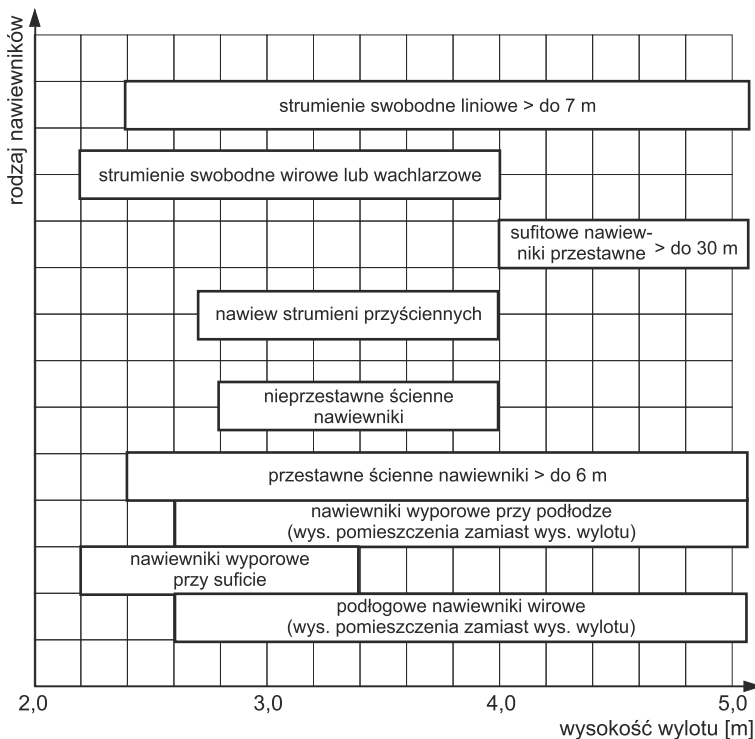
Dobór nawiewników przeprowadzać należy w oparciu o charakterystyki danego elementu nawiewnego lub typoszeregu elementów udostępniane przez producentów.

Właściwy dobór elementu wymaga analizy następujących zagadnień:

- ilości powietrza wentylacyjnego,
- temperatury powietrza nawiewanego (różnicy temperatury Δt_w , pomiędzy powietrzem nawiewanym a powietrzem wewnątrz pomieszczenia),
- możliwości architektonicznych i konstrukcyjnych lokalizacji nawiewnika,
- przeznaczenia pomieszczenia (charakter pracy odbywającej się wewnątrz),
- dopuszczalnych parametrów powietrza w strefie przebywania ludzi.



Rys. Maksymalne wartości odprowadzanego jednostkowego obciążenia chłodniczego przy zachowaniu warunków komfortu cieplnego.

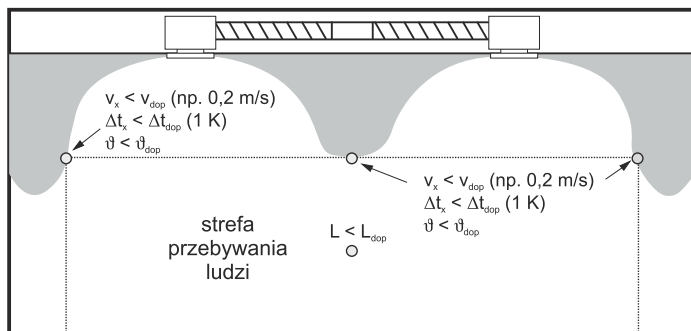


Rys. Zalecane granice stosowania różnych sposobów doprowadzania powietrza do pomieszczenia.

W procesie doboru elementów nawiewnych konieczne jest sprawdzenie szeregu parametrów, do których należą:

- różnica temperatury pomiędzy powietrzem w strefie przebywania ludzi a powietrzem w strumieniu w punkcie wejścia strumienia do strefy przebywania ludzi, Δt_x [K]. Różnica ta nie może być wyższa od dopuszczalnych wahań temperatury w pomieszczeniu i wynosi zwykle 1 K,
- prędkość powietrza w strumieniu w punkcie wejścia strumienia do strefy przebywania ludzi v_x [m/s]. Prędkość ta musi być mniejsza od prędkości dopuszczalnej.
- zdolność chłodząca strumienia, którą należy określić na granicy strefy przebywania ludzi,
- poziom dźwięku w pomieszczeniu związany z pracą elementów wentylacyjnych.

Liczba sprawdzanych parametrów i sposób doboru nawiewnika zależy często od procedury proponowanej przez producenta elementu.



Rys. Podstawowe parametry podlegające sprawdzeniu w procesie doboru nawiewników.

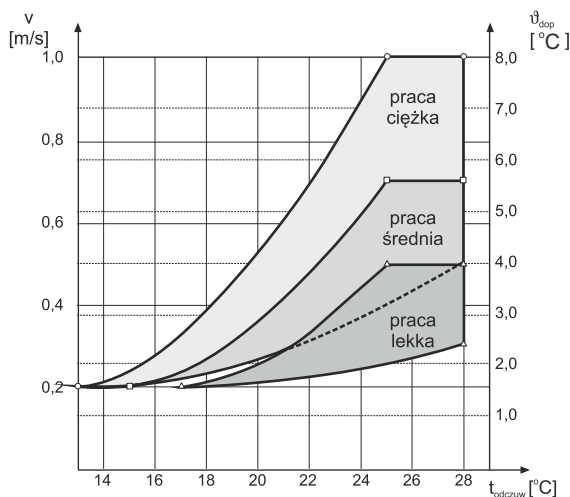
Zdolność chłodząca strumienia powietrza, zwaną także kryterium Rydberga, można określić z zależności:

$$\vartheta = 8 \cdot v_x + \Delta t_x$$

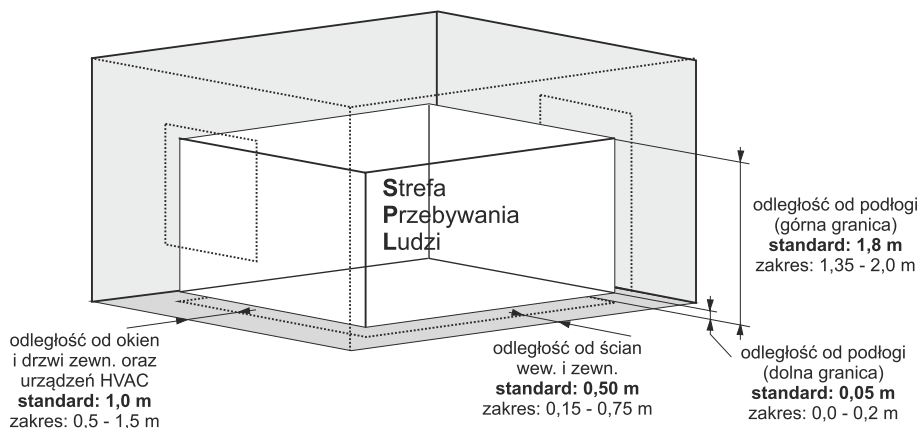
gdzie:

v_x - prędkość powietrza w odległości x od nawiewnika [m/s],

Δt_x - różnica temperatury pomiędzy powietrzem w pomieszczeniu a powietrzem w strumieniu w punkcie x [K].



Rys. Dopuszczalne wartości zdolności chłodzącej strumienia nawiewnego.



Rys. Definicja strefy przebywania ludzi (wg PN-EN 13779).

7. Obliczanie sieci przewodów wentylacyjnych

7.1. Zalecane prędkości powietrza

Tab. Zalecane prędkości powietrza w przewodach instalacji wentylacyjnej

Wymagany poziom dźwięku	Prędkości zalecane			Prędkości maksymalne		
	przewód przy wentylatorze [m/s]	przewód główny lub rozprowadzający [m/s]	odgałęzienie w pobliżu nawiewnika [m/s]	przewód przy wentylatorze [m/s]	przewód główny lub rozprowadzający [m/s]	odgałęzienie w pobliżu nawiewnika [m/s]
Niski	8	4 ÷ 5	3 ÷ 4	10	6	5
Normalny	9	4 ÷ 5	4 ÷ 5	12	6	6
Głośny	9	5 ÷ 7	5 ÷ 6	12	8	7
Budynki przemysłowe	10	6 ÷ 9	5 ÷ 9	14	11	9
Wyrzutnie powietrza	4			5,5		
Czerpnie powietrza	2,5			4,5 ÷ 6		
Filtry powietrza	1,5			2,0		
Nagrzewnice	2,5			3,0		

7.2. Liniowe straty ciśnienia

Spadek ciśnienia w prostym odcinku przewodu wentylacyjnego:

$$\Delta p_L = R \cdot l \cdot \beta \quad [\text{Pa}]$$

gdzie:

R - jednostkowy spadek ciśnienia [Pa/m],

l - długość przewodu wentylacyjnego [m],

β - współczynnik poprawkowy uwzględniający chropowatość przewodu, blacha ocynkowana β = 1,0.

Jednostkowy spadek ciśnienia (jednostkowy opór tarcia):

$$R = \frac{\lambda}{d_H} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad [\text{Pa/m}]$$

gdzie:

- λ - współczynnik tarcia
- d_H - średnica hydrauliczna [m],
- v - prędkość powietrza [m/s],
- ρ - gęstość powietrza [kg/m³].

Bezwymiarowy współczynnik tarcia λ , wzór Colebrooka White'a:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{R_e \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,7 d_H} \right)$$

gdzie:

- k - chropowatość bezwzględna materiału przewodu wentylacyjnego [m],
- R_e - liczba Reynoldsa.

Liczba Reynoldsa:

$$R_e = \frac{v \cdot d_H}{\nu}$$

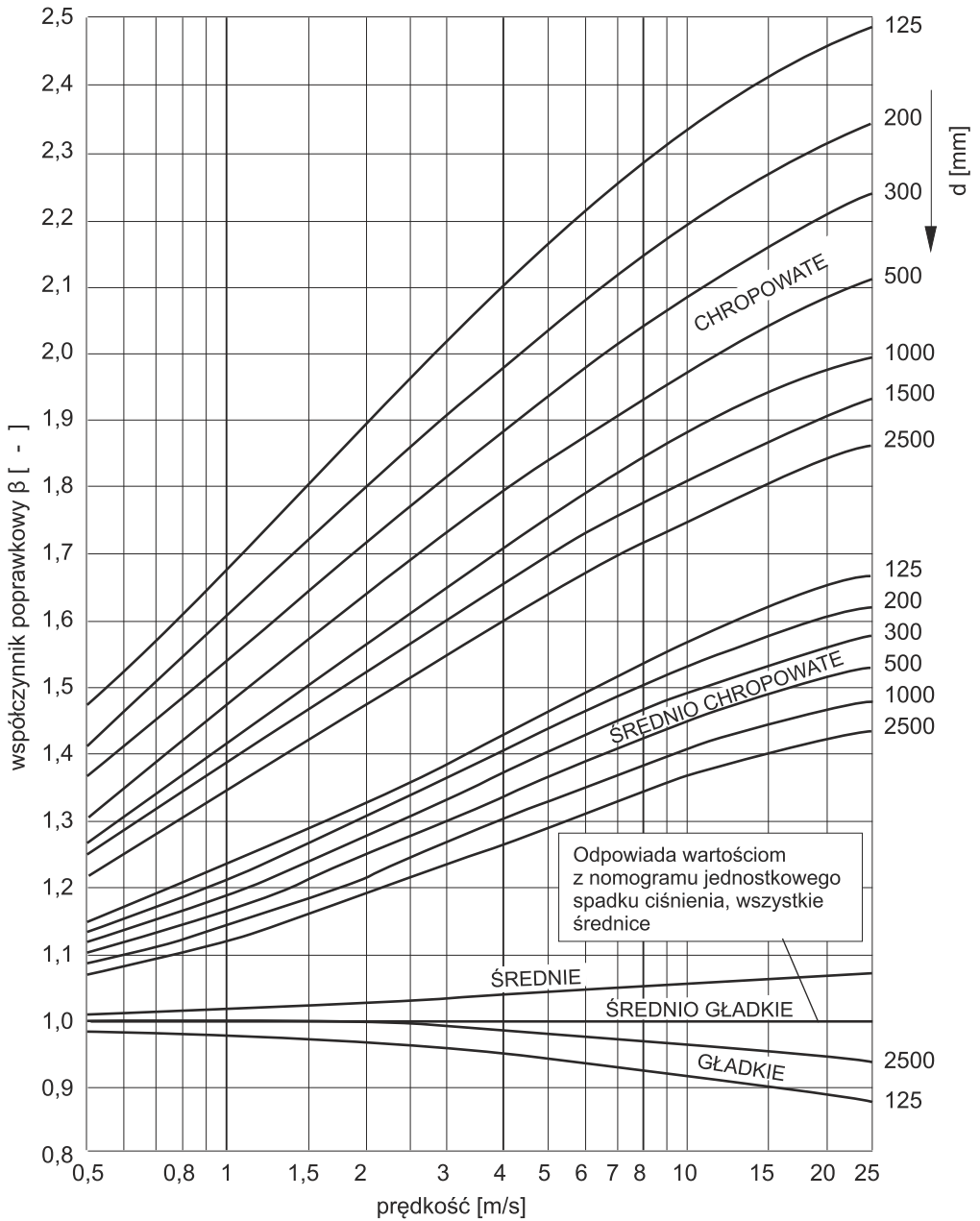
gdzie:

- ν - współczynnik lepkości kinematycznej powietrza ($\nu = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

7.3. Chropowatość bezwzględna materiału przewodu wentylacyjnego

Tab. Wartości chropowatości bezwzględnej dla różnych materiałów

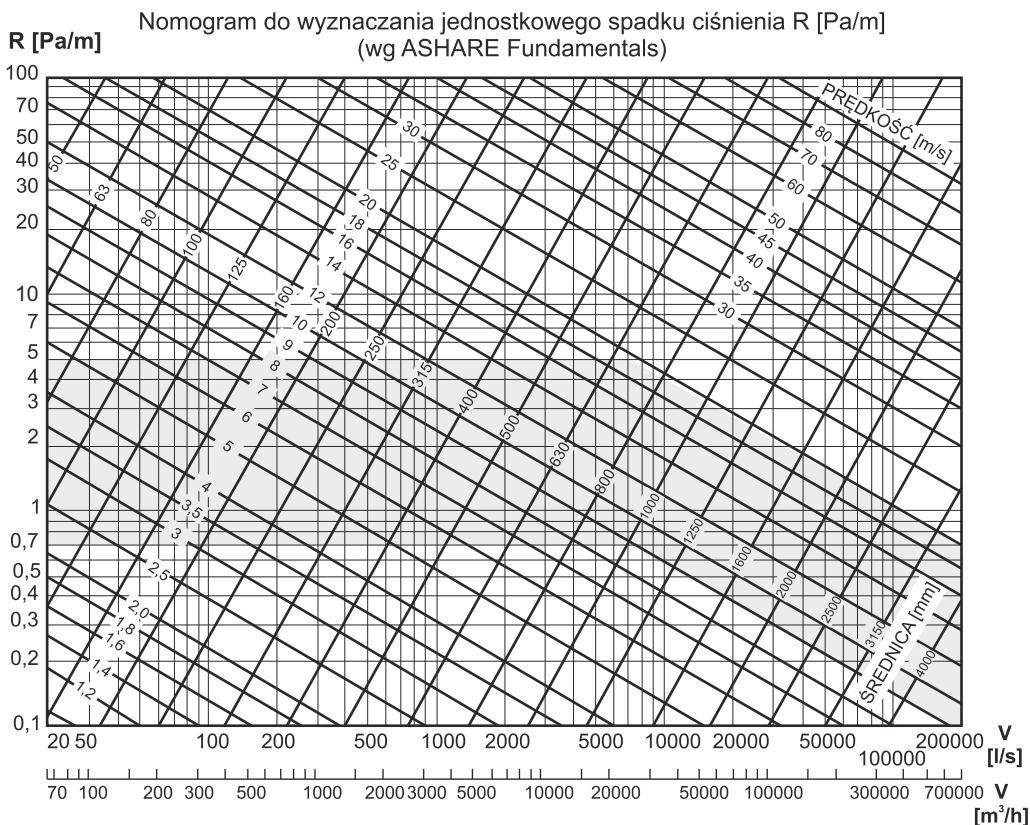
Rodzaj materiału	k [mm]	Kategoria chropowatości przewodów
Błacha stalowa, PVC, aluminium	0,01 ÷ 0,06	Gładkie
Błacha stalowa ocynkowana, połączenia przewodów co 1,2m	0,05 ÷ 0,1	Średnio gładkie
Przewody Spiro	0,12	
Błacha stalowa ocynkowana, połączenia przewodów co 0,8m	0,15	Średnie
Przewody z włókna szklanego, sztywne	0,09	Średnio chropowate
Przewody elastyczne przy pełnym rozciągnięciu	1,0 ÷ 4,6	
Ściana otynkowana	1,3	
Beton	1 ÷ 2	
Mur z cegły wyspoinowany	3 ÷ 4	
Mur surowy (nieotynkowany)	5 ÷ 8	



Rys. Współczynnik β uwzględniający chropowatość przewodu (na podstawie SMACNA).

INNOVATION KNOWLEDGE EXPERIENCE ADVANCED TECHNOLOGIES

7.4. Jednostkowy spadek ciśnienia



7.5. Średnica równoważna przewodu wentylacyjnego

W celu wykorzystania nomogramu do wyznaczania jednostkowego spadku ciśnienia, w przypadku przewodów prostokątnych, oblicza się średnicę równoważną. Rozróżnia się dwa rodzaje średnicy równoważnej: przy stałej prędkości i przy stałej wydajności.

7.5.1. Średnica równoważna przy stałej prędkości

Średnica równoważna przy stałej prędkości jest to średnica przewodu o przekroju kołowym, który przy przepływie powietrza z tą samą prędkością co w przewodzie prostokątnym, daje taki sam opór jednostkowy R.

$$d_R = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}$$

gdzie:

a, b - wymiary przewodu prostokątnego

7.5.2. Średnica równoważna przy stałej wydajności

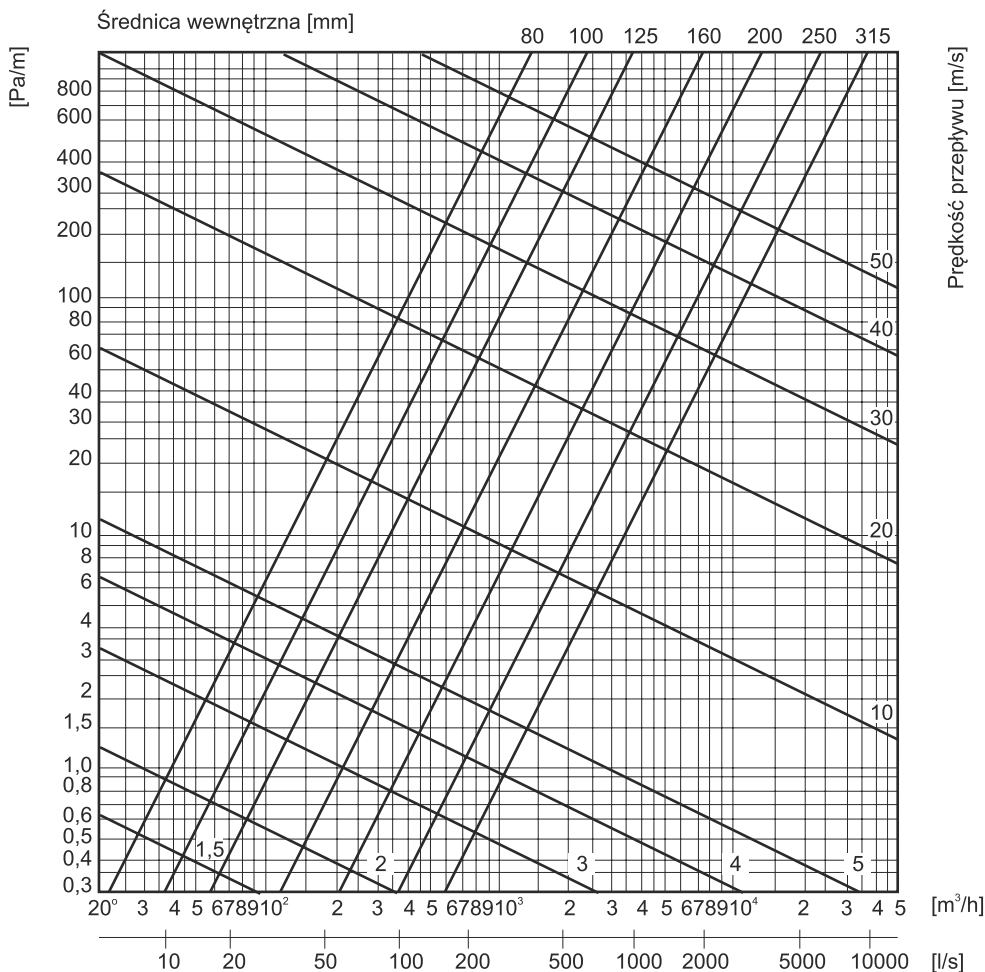
Średnica równoważna przy stałej wydajności jest to średnica przewodu o przekroju kołowym, który przy wydajności równej wydajności w przewodzie prostokątnym, daje taki sam opór jednostkowy R.

$$D_R = 1,30 \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a + b)^{0,250}}$$

7.6. Straty ciśnienia w przewodach elastycznych

7.6.1. Liniowe straty ciśnienia w przewodach elastycznych

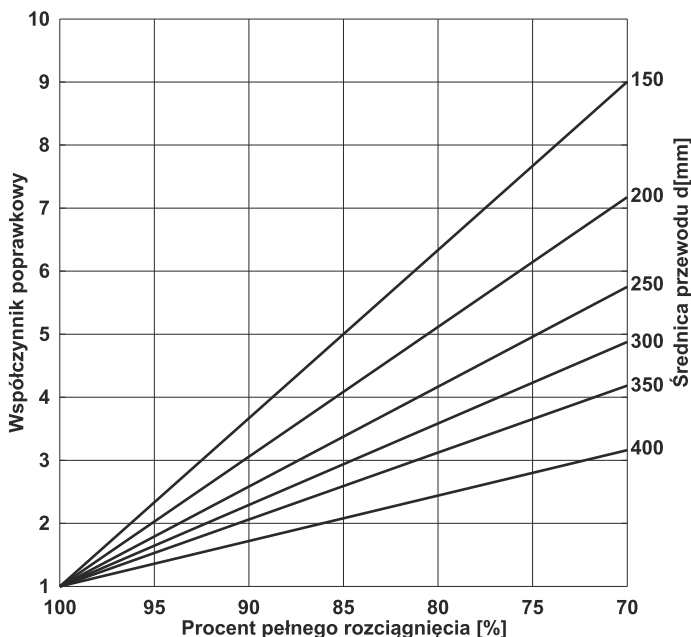
Jednostkowe liniowe straty ciśnienia dla przewodów elastycznych najlepiej określać jest z nomogramów dostarczonych przez producenta przewodu. Poniżej przedstawiono przykładowy nomogram dla przewodu KF (Venture Industries).



Rys. Strata ciśnienia przy przepływie powietrza w przewodzie elastycznym KF.

7.6.2. Niepełne rozciągnięcie przewodu elastycznego

Nomogramy spadku ciśnienia w przewodach elastycznych zwykle dotyczą przewodu całkowicie rozciągniętego. Przy niepełnym rozciągnięciu można zastosować poprawkę (mnożnik) do jednostkowego spadku ciśnienia.



Rys. Współczynnik poprawkowy dla niepełnego rozciągnięcia przewodu elastycznego (na podst. ASHARE Fundamentals).

7.7. Miejskowe straty ciśnienia w instalacji wentylacyjnej

Miejskową stratę ciśnienia na elemencie instalacji wentylacyjnej oblicza się ze wzoru:

$$\Delta p_M = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

gdzie:

- ζ - współczynnik oporu miejscowego dla danego elementu instalacji,
- v - prędkość powietrza [m/s],
- ρ - gęstość powietrza [kg/m³].

7.8. Współczynniki oporów miejscowych ζ

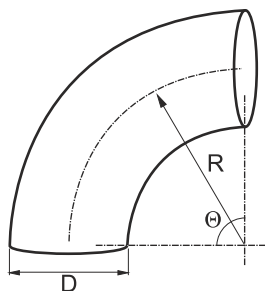
(wartości współczynników oporów miejscowych opracowano na podstawie ASHARE, SMACNA, Idelchik, Jones)

Oznaczenia na rysunkach kształtek:

- D, R, H, W - wymiary,
- Θ - kąt,
- A_0, A_1, A_b, A_c, A_s - powierzchnia przekroju poprzecznego,
- Q_b, Q_c, Q_s - strumień objętości powietrza,
- v_b, v_c, v_s - prędkość powietrza.

7.8.1. Łuki i kolana

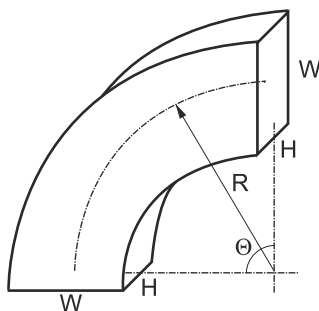
łuk o przekroju okrągłym



współczynniki oporów miejscowych ζ :

R/D	Θ [°]									
	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
0,50	0,22	0,32	0,43	0,55	0,64	0,71	0,80	0,85	0,91	0,99
0,75	0,10	0,15	0,20	0,26	0,30	0,33	0,37	0,40	0,42	0,46
1,00	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,22	0,25	0,26	0,28	0,31
1,50	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21
2,00	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18
2,50	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,12	0,14	0,14	0,15	0,17

łuk o przekroju prostokątnym



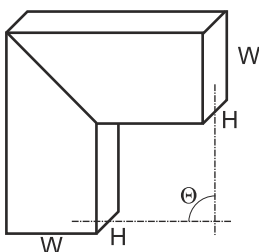
współczynniki oporów miejscowych ζ :

Θ [°]	R/W	H/W										
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00
30	0,50	0,69	0,62	0,58	0,53	0,48	0,45	0,45	0,48	0,50	0,52	0,53
	0,75	0,26	0,23	0,22	0,20	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20
	1,00	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
	1,50	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08
	2,00	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
45	0,50	0,92	0,83	0,77	0,71	0,64	0,60	0,60	0,64	0,67	0,70	0,71
	0,75	0,34	0,31	0,29	0,26	0,24	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26
	1,00	0,16	0,15	0,14	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13
	1,50	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10
	2,00	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09

współczynniki oporów miejscowych ζ (c.d.):

Θ [°]	R/W	H/W										
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00
60	0,50	1,19	1,08	1,01	0,92	0,83	0,78	0,78	0,83	0,87	0,90	0,92
	0,75	0,44	0,41	0,37	0,34	0,31	0,30	0,30	0,31	0,33	0,34	0,34
	1,00	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
	1,50	0,17	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13
	2,00	0,16	0,14	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12
90	0,50	1,53	1,38	1,29	1,18	1,06	1,00	1,00	1,06	1,12	1,16	1,18
	0,75	0,57	0,52	0,48	0,44	0,40	0,39	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44
	1,00	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,21
	1,50	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
	2,00	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15

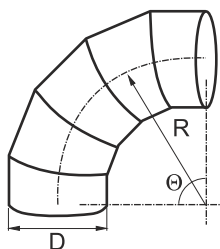
kolano o przekroju prostokątnym



współczynniki oporów miejscowych ζ :

Θ [°]	H/W										
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00
20	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
30	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,23	0,13	0,12	0,12	0,11
45	0,38	0,37	0,36	0,34	0,33	0,31	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24
60	0,60	0,59	0,57	0,55	0,52	0,49	0,46	0,43	0,41	0,39	0,38
75	0,89	0,87	0,84	0,81	0,77	0,73	0,67	0,63	0,61	0,58	0,57
90	1,30	1,30	1,20	1,20	1,10	1,10	0,98	0,92	0,89	0,85	0,83

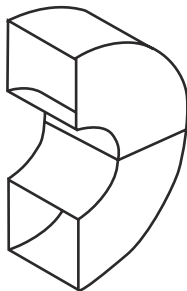
kolano segmentowe



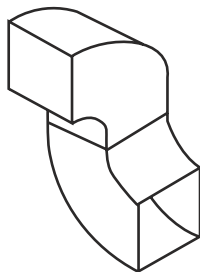
współczynniki oporów miejscowych ζ , R/D=1:

Θ [°]	D [mm]									
	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	
90	0,30	0,29	0,25	0,28	0,24	0,22	0,25	0,23	0,25	
60	0,23	0,20	0,17	0,17	0,15	0,17	0,17	0,21	0,20	
45	0,16	0,15	0,13	0,13	0,13	0,12	0,14	0,13	0,13	
30	0,12	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	
15	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	

łuki połączone



$$\zeta = 1,5 \zeta_{90^\circ}$$

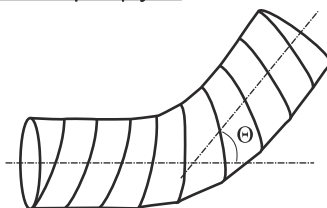


$$\zeta = 2,0 \zeta_{90^\circ}$$



$$\zeta = 2,4 \zeta_{90^\circ}$$

przewód elastyczny - zmiana kierunku przepływu

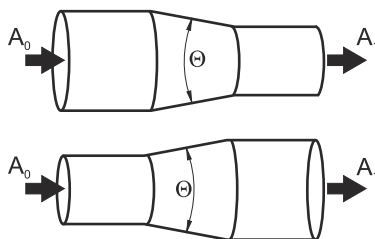


współczynniki oporów miejscowych ζ :

Θ [°]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
ζ	0,06	0,14	0,26	0,41	0,59	0,80	1,04	1,31	1,61	1,95	2,31

7.8.2. Dyfuzory/konfuzory

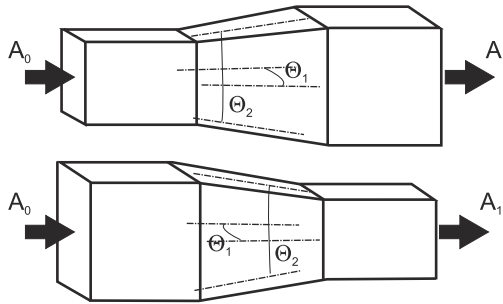
dyfuzor/konfuzor o przekroju okrągłym



współczynniki oporów miejscowych ζ (odniesione do prędkości w przekroju A_0):

A_0/A_1	Θ [°]									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0,06	0,21	0,29	0,38	0,60	0,84	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
0,10	0,21	0,28	0,38	0,59	0,76	0,80	0,83	0,84	0,83	0,83
0,25	0,16	0,22	0,30	0,46	0,61	0,68	0,64	0,63	0,62	0,62
0,50	0,11	0,13	0,19	0,32	0,33	0,33	0,32	0,31	0,30	0,30
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,00	0,20	0,20	0,20	0,20	0,22	0,24	0,48	0,72	0,96	1,04
4,00	0,80	0,64	0,64	0,64	0,88	1,12	2,72	4,32	5,60	6,56
6,00	1,80	1,44	1,44	1,44	1,98	2,52	6,48	10,10	13,00	15,10
10,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,50	8,00	19,00	29,00	37,00	43,00

dyfuzor/konfuzor o przekroju prostokątnym



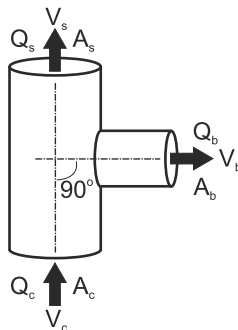
współczynniki oporów miejscowych ζ (odniesione do prędkości w przekroju A_0):

A_0/A_1	Θ [°]									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0,06	0,30	0,54	0,53	0,65	0,77	0,88	0,95	0,98	0,98	0,93
0,10	0,30	0,50	0,53	0,64	0,75	0,84	0,89	0,91	0,91	0,88
0,25	0,25	0,36	0,45	0,52	0,58	0,62	0,64	0,64	0,64	0,64
0,50	0,15	0,21	0,25	0,30	0,33	0,33	0,33	0,32	0,31	0,30
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,00	0,24	0,28	0,26	0,20	0,22	0,24	0,49	0,73	0,97	1,04
4,00	0,89	0,78	0,79	0,70	0,88	1,12	2,72	4,33	5,62	6,58
6,00	1,89	1,67	1,59	1,49	1,98	2,52	6,51	10,14	13,05	15,14
10,00	5,09	5,32	5,15	5,05	6,50	8,05	19,06	29,07	37,08	43,05

uwagi: kąt Θ jest większym z kątów dwuściennych Θ_1 i Θ_2

7.8.3. Trójniki

trójnik o przekroju okrągłym (90°)

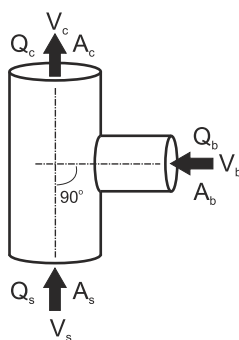


współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b)

A_b/A_c	Q_b/Q_c								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	2,10	1,48	1,13	0,86	0,73	0,67	0,63	0,60	0,60
0,2	5,20	1,90	1,29	0,97	0,80	0,71	0,66	0,62	0,62
0,3	9,90	3,15	1,80	1,29	0,92	0,79	0,72	0,67	0,67
0,4	15,84	4,40	2,31	1,50	1,09	0,89	0,78	0,74	0,74
0,5	24,25	6,25	3,06	1,88	1,40	1,04	0,92	0,82	0,82
0,6	34,56	8,73	4,00	2,48	1,58	1,20	1,03	0,96	0,96
0,7	46,55	11,52	5,17	3,00	1,96	1,50	1,20	1,07	1,07
0,8	60,80	14,72	6,54	3,72	2,41	1,69	1,44	1,20	1,20

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

v_s/v_c	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
ζ	28,00	5,50	1,89	0,81	0,36	0,17	0,03



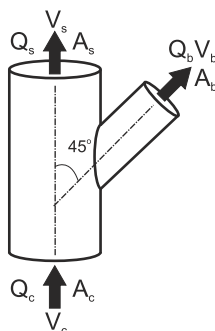
współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b)

A_b/A_c	Q_b/Q_c									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	0,40	0,95	1,02	1,00	1,04	1,03	0,88	1,02	1,01	1,01
0,2	-1,48	0,72	1,02	1,08	1,09	1,08	1,06	1,06	1,04	1,04
0,3	-4,59	0,38	1,00	1,18	1,15	1,18	1,16	1,11	1,08	1,08
0,4	-7,36	-0,08	0,78	0,94	0,70	0,71	0,69	0,68	0,67	0,64
0,6	-18,00	-1,26	0,84	1,22	0,95	0,92	0,88	0,84	0,80	0,76
0,8	-32,64	-2,88	0,78	1,60	1,25	1,23	1,15	1,10	0,95	0,90
1,0	-52,00	-6,00	-0,89	2,00	1,68	1,58	1,47	1,34	1,22	1,10

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

v_s/v_c	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ζ	28,00	5,50	1,89	0,81	0,36	0,17	0,17	0,17	0,03

trójnik o przekroju okrągłym (45°)

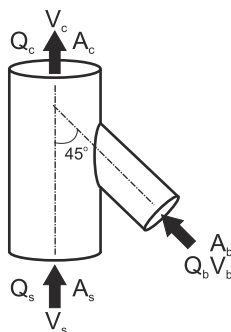


współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b)

A_b/A_c	Q_b/Q_c								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,1	0,60	0,53	0,84	0,96	0,66	0,39	0,24	0,16	0,11
0,2	2,24	0,56	0,44	0,45	0,74	0,84	0,80	0,67	0,53
0,3	5,94	1,08	0,52	0,41	0,43	0,45	0,50	0,47	0,46
0,4	10,56	1,88	0,71	0,43	0,35	0,31	0,31	0,33	0,34
0,5	17,75	3,25	1,14	0,59	0,40	0,31	0,30	0,30	0,31
0,6	26,64	5,04	1,76	0,83	0,50	0,36	0,32	0,30	0,30
0,7	37,73	7,23	2,56	1,16	0,67	0,44	0,35	0,31	0,30
0,8	49,92	9,92	3,48	1,60	0,87	0,55	0,42	0,35	0,32

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

v_s/v_c	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
ζ	28,00	5,50	1,89	0,81	0,36	0,17	0,03



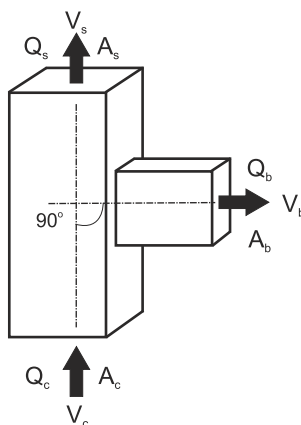
współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b)

A_b/A_c	Q_b/Q_c										
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
0,1	-3,50	-1,92	-1,06	-0,53	-0,33	0,05	0,22	0,62	0,78	0,85	0,89
0,2	-2,75	-1,48	-0,75	-0,33	-0,03	0,16	0,31	0,67	0,80	0,85	0,89
0,3	-2,19	-1,12	-0,53	-0,16	0,08	0,26	0,38	0,67	0,80	0,85	0,89
0,4	-1,75	-0,84	-0,33	-0,02	0,19	0,33	0,44	0,71	0,80	0,86	0,89
0,6	-0,94	-0,36	0,00	0,20	0,36	0,46	0,53	0,76	0,83	0,86	0,89
0,8	-0,25	0,08	0,28	0,41	0,50	0,57	0,62	0,76	0,83	0,86	0,89
1,0	0,31	0,44	0,50	0,57	0,63	0,65	0,69	0,80	0,83	0,86	0,89

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

A_b/A_c	v_s/v_c									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	-860,00	-167,50	-55,56	-21,88	-9,20	-3,61	-1,29	-0,28	0,04	-0,01
0,2	-410,00	-77,50	-24,44	-9,38	-3,80	-1,39	-0,37	0,02	0,09	0,00
0,3	-250,00	-47,50	-14,44	-5,50	-2,04	-0,61	-0,06	0,11	0,10	0,00
0,4	-170,00	-32,50	-9,78	-3,44	-1,12	-0,25	0,08	0,16	0,11	0,10
0,6	-97,00	-16,75	-4,67	-1,31	-0,24	0,14	0,24	0,20	0,12	0,02
0,8	-58,00	-9,00	-2,11	-0,31	0,24	0,33	0,33	0,23	0,14	0,04
1,0	-34,00	-4,50	-0,56	0,31	0,52	0,47	0,37	0,27	0,16	0,05

trójkąt prostokątny (90°)

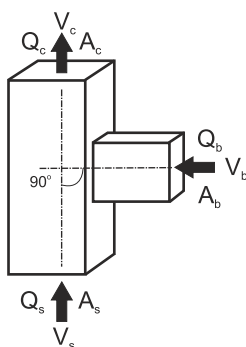


współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałężenia (odniesione do prędkości v_b)

A_b/A_c	Q_b/Q_c								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,2	25,75	25,45	24,97	24,41	23,82	23,23			
0,4	6,50	6,31	6,10	5,85	5,57	5,26	4,94		
0,6	3,08	2,86	2,92	2,77	2,60	2,41	2,19	1,96	
0,8	1,81	1,89	1,83	1,75	1,70	1,56	1,39	1,21	1,02
1,0	1,38	1,40	1,30	1,36	1,27	1,23	1,10	0,95	0,79
1,2	1,06	1,12	1,17	1,33	1,02	1,15	0,98	0,85	0,71
1,4	0,91	1,03	0,97	1,18	1,16	1,12	0,99	0,82	0,69
1,6	0,81	0,89	0,83	1,06	1,17	1,10	0,82	0,86	0,70
1,8	0,72	0,78	0,81	0,95	1,15	1,07	0,68	0,71	0,79

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

v_s/v_c	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
ζ	28,00	5,50	1,89	0,81	0,36	0,17	0,03



współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b)

v_b [m/s]	Q_b/Q_c									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
<6	-18,75	-3,31	-0,08	0,52	1,03	0,76	1,10	1,14	1,29	1,20
>6	-17,25	-1,31	0,64	1,05	1,17	1,15	1,36	1,31	1,21	1,28

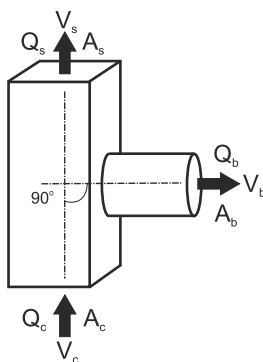
uwagi: $A_b/A_s = A_b/A_c = 0,5$

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

Q_b/Q_c	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ζ	0,20	0,42	0,78	1,28	2,12	3,56	6,56	15,00	59,00

uwagi: $A_b/A_s = A_b/A_c = 0,5$

trójnik prostokątny z odgałęzieniem okrągłym (90°)

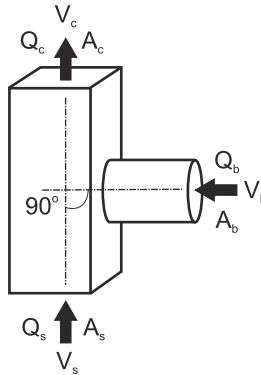


współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b)

v_b/v_c	Q_b/Q_c								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,2	25,00	27,77	28,57	29,01	29,28	29,47			
0,4	6,31	6,69	6,65	6,67	6,70	6,72	6,74		
0,6	3,17	3,06	3,00	2,99	2,98	2,99	3,00	3,00	
0,8	1,84	2,05	1,75	1,77	1,77	1,77	1,77	1,78	1,79
1,0	1,30	1,38	1,20	1,23	1,26	1,23	1,24	1,25	1,25
1,2	1,01	1,10	1,01	0,91	0,97	1,03	0,97	0,97	0,98
1,4	0,87	0,93	0,84	0,77	0,80	0,84	0,87	0,82	0,82
1,6	0,75	0,80	0,78	0,72	0,66	0,69	0,70	0,73	0,73
1,8	0,64	0,67	0,68	0,66	0,64	0,61	0,61	0,62	0,64

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

v_s/v_c	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
ζ	28,00	5,50	1,89	0,81	0,36	0,17	0,03



współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b)

v_b [m/s]	Q_b/Q_c									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
<6	-15,75	-3,44	0,36	0,36	0,78	0,90	0,98	1,21	1,51	1,40
>6	-12,25	-1,31	0,64	0,94	1,27	1,43	1,40	1,45	1,52	1,49

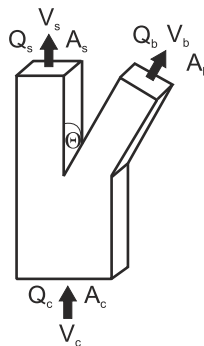
uwagi: $A_b/A_s = A_b/A_c = 0,5$

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

Q_b/Q_c	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ζ	0,20	0,42	0,78	1,28	2,12	3,56	6,56	15,00	59,00

uwagi: $A_b/A_s = A_b/A_c = 0,5$

trójnik o przekroju prostokątnym ze zmianą przekroju przewodu głównego



współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b)

θ [°]	v_b/v_c												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
15	81,00	16,25	5,67	2,38	1,12	0,56	0,17	0,06	0,10	0,15	0,20	0,23	0,25
30	84,00	17,25	6,22	2,75	1,36	0,72	0,30	0,15	0,10	0,15	0,20	0,23	0,25
45	87,00	18,50	7,00	3,38	1,80	1,06	0,45	0,24	0,16	0,15	0,20	0,23	0,25
60	90,00	20,50	8,78	4,13	2,36	1,47	0,67	0,36	0,23	0,20	0,20	0,23	0,25
90	99,00	25,00	11,11	6,25	4,00	2,78	1,56	1,00	0,69	0,51	0,39	0,31	0,25

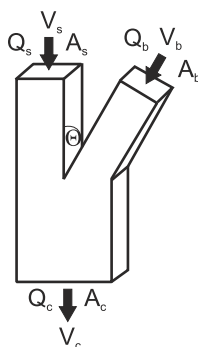
uwagi: $A_c = A_s + A_b$

7. Obliczanie sieci przewodów wentylacyjnych

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

Θ [°]	A_s/A_c	v_b/v_c													
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
15-60	0,1	81,00	16,00	5,56	2,25	1,00	0,44	0,06	0,00	0,05	0,20	0,35	0,56	0,80	
90	0-0,4	81,00	16,00	5,56	2,25	1,00	0,44	0,06	0,00	0,05	0,20	0,35	0,56	0,80	
	0,5	81,00	16,00	5,78	2,50	1,20	0,64	0,27	0,20	0,25	0,40	0,55	0,74	1,00	
	0,6	81,00	16,00	5,78	2,38	1,12	0,56	0,16	0,10	0,15	0,30	0,47			
	0,7	81,00	16,00	5,56	2,31	1,08	0,50	0,11	0,05	0,10	0,20				
	$\geq 0,8$	81,00	16,00	5,56	2,25	1,00	0,44	0,06	0,00	0,05					

uwagi: $A_c = A_s + A_b$



współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b)

Θ [°]	A_b/A_c	v_b/v_c								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30	0,1	0,17	0,86	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
	0,2	-3,16	0,34	0,84	0,96	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99
	0,3	-10,92	-0,96	0,51	0,89	1,01	1,04	1,04	1,03	1,02
	0,4	-26,32	-3,66	-0,25	0,68	0,98	1,08	1,11	1,09	1,07
	0,5	-55,15	-8,90	-1,82	0,16	0,85	1,10	1,17	1,17	1,14
	0,6		-18,99	-4,99	-0,99	0,45	1,01	1,22	1,26	1,24
	0,7			-11,56	-3,50	-0,52	0,69	1,18	1,35	1,35
	0,8				-9,65	-3,09	-0,31	0,88	1,35	1,46
	0,9					-12,24	-4,23	-0,60	0,98	1,52
45	0,1	0,09	0,79	0,89	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	0,2	-3,31	0,19	0,69	0,81	0,85	0,86	0,85	0,85	0,84
	0,3	-11,14	-1,18	0,28	0,67	0,79	0,82	0,82	0,81	0,79
	0,4	-26,62	-3,95	-0,55	0,38	0,69	0,79	0,81	0,80	0,77
	0,5	-55,53	-9,28	-2,19	-0,21	0,47	0,72	0,80	0,80	0,77
	0,6		-19,43	-5,43	-1,43	0,01	0,57	0,77	0,82	0,79
	0,7			-12,08	-4,02	-1,04	0,17	0,66	0,83	0,83
	0,8				-10,24	-3,68	-0,91	0,29	0,76	0,87
	0,9					-12,91	-4,90	-1,27	0,31	0,85

uwagi: $A_c = A_s + A_b$

współczynniki oporów miejscowych ζ dla odgałęzienia (odniesione do prędkości v_b) (c.d.)

Θ [°]	A_b/A_c	v_b/v_c								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
60	0,1	0,39	1,08	1,18	1,20	1,21	1,21	1,21	1,20	1,20
	0,2	-2,72	0,78	1,28	1,41	1,44	1,45	1,44	1,44	1,43
	0,3	-10,26	-0,29	1,17	1,56	1,67	1,71	1,71	1,70	1,68
	0,4	-25,44	-2,77	0,64	1,56	1,87	1,97	1,99	1,98	1,95
	0,5	-54,05	-7,80	-0,71	1,26	1,95	2,20	2,28	2,28	2,25
	0,6		-17,66	-3,66	0,34	1,78	2,34	2,55	2,59	2,57
	0,7			-10,01	-1,95	1,03	2,24	2,73	2,89	2,90
	0,8				-7,88	-1,32	1,46	2,65	3,12	3,23
	0,9					-10,25	-2,24	1,39	2,97	3,51

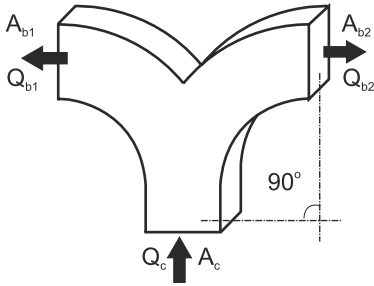
uwagi: $A_c = A_s + A_b$

współczynniki oporów miejscowych ζ dla przewodu głównego (odniesione do prędkości v_s)

Θ [°]	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30	0,1	2,56	1,26	1,01	0,92	0,88	0,86	0,84	0,83	0,83
	0,2	6,64	2,18	1,33	1,02	0,88	0,80	0,75	0,71	0,69
	0,3	11,85	3,43	1,81	1,23	0,95	0,79	0,69	0,63	0,58
	0,4	16,93	4,73	2,35	1,48	1,05	0,81	0,66	0,56	0,49
	0,5	20,53	5,79	2,83	1,72	1,17	0,85	0,65	0,51	0,41
	0,6	20,71	6,21	3,11	1,89	1,26	0,88	0,63	0,46	0,33
	0,7		5,20	2,93	1,88	1,28	0,89	0,62	0,42	0,27
	0,8			1,50	1,38	1,10	0,83	0,59	0,39	0,22
	0,9				-1,29	-0,02	0,37	0,42	0,33	0,18
45	0,1	1,89	1,12	0,96	0,90	0,87	0,85	0,84	0,83	0,83
	0,2	3,63	1,58	1,12	0,94	0,84	0,78	0,74	0,71	0,69
	0,3	4,12	1,90	1,29	1,01	0,85	0,75	0,67	0,62	0,58
	0,4	0,90	1,57	1,27	1,03	0,86	0,73	0,63	0,55	0,49
	0,5	-9,52	-0,15	0,81	0,88	0,80	0,68	0,58	0,48	0,40
	0,6	-33,39	-4,48	-0,53	0,38	0,59	0,59	0,51	0,42	0,32
	0,7		-14,19	-3,67	-0,84	0,07	0,36	0,40	0,35	0,25
	0,8			-11,43	-3,96	-1,27	-0,23	0,16	0,24	0,19
	0,9				-14,82	-6,03	-2,30	-0,69	-0,05	0,11
60	0,1	4,55	1,65	1,14	0,98	0,90	0,87	0,85	0,83	0,83
	0,2	15,60	3,95	1,93	1,27	0,99	0,84	0,77	0,72	0,69
	0,3	34,90	7,98	3,36	1,87	1,23	0,92	0,74	0,64	0,58
	0,4	64,74	14,18	5,57	2,81	1,64	1,08	0,77	0,60	0,50
	0,5	110,17	23,50	8,86	4,21	2,27	1,34	0,85	0,58	0,42
	0,6		38,08	13,96	6,37	3,25	1,77	1,00	0,59	0,36
	0,7			22,61	10,02	4,90	2,50	1,29	0,65	0,31
	0,8				17,32	8,19	3,98	1,89	0,83	0,31
	0,9					17,91	8,34	3,71	1,45	0,40

uwagi: $A_c = A_s + A_b$

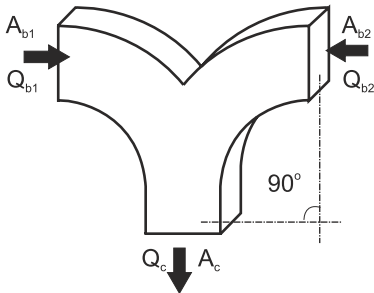
trójnik orłowy



współczynniki oporów miejscowych ζ
(odniesione do prędkości v_b):

A_b/A_c	0,5	1,0
ζ	0,30	1,00

uwagi: $Q_{b1}/Q_c = Q_{b2}/Q_c = 0,5$

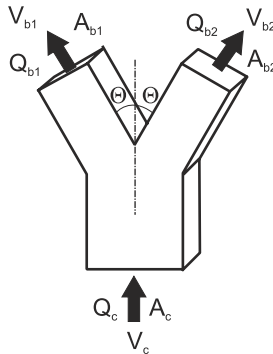


współczynniki oporów miejscowych ζ
(odniesione do prędkości v_b):

A_b/A_c	0,5	1,0
ζ	0,23	0,28

uwagi: $Q_{b1}/Q_c = Q_{b2}/Q_c = 0,5$

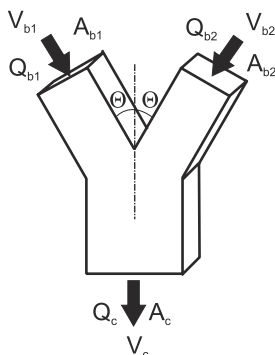
rozgałęzienie



współczynniki oporów miejscowych ζ (odniesione do prędkości v_b)

θ [°]	v_b/v_c													
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
15	81,00	16,25	5,67	2,38	1,12	0,56	0,17	0,06	0,10	0,15	0,20	0,23	0,25	
30	84,00	17,25	6,22	2,75	1,36	0,72	0,30	0,15	0,10	0,15	0,20	0,23	0,25	
45	87,00	18,50	7,00	3,38	1,80	1,06	0,45	0,24	0,16	0,15	0,20	0,23	0,25	
60	90,00	20,50	8,78	4,13	2,36	1,47	0,67	0,36	0,23	0,20	0,20	0,23	0,25	
90	99,00	25,00	11,11	6,25	4,00	2,78	1,56	1,00	0,69	0,51	0,39	0,31	0,25	

uwagi: $A_c = A_{b1} + A_{b2}$, $A_{b1} = A_{b2}$



współczynniki oporów miejscowych ζ (odniesione do prędkości v_b)

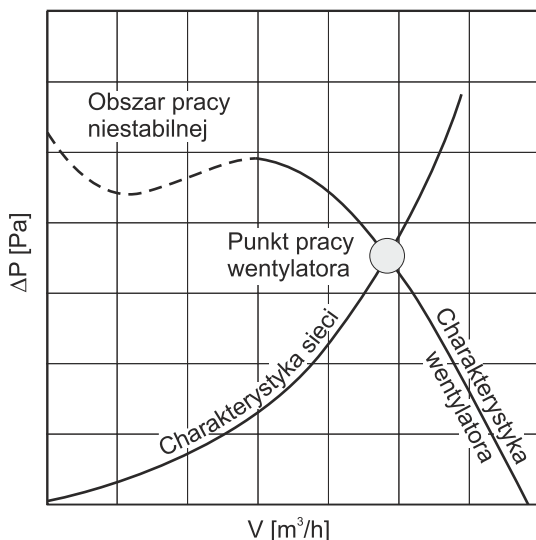
θ [°]	Q_b/Q_c									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
15	-47,50	-8,13	-2,14	-0,47	0,10	0,28	0,34	0,33	0,30	0,25
30	-37,50	-6,25	-1,47	-0,16	0,28	0,48	0,46	0,43	0,43	0,40
45	-23,25	-3,44	-0,44	0,31	0,56	0,64	0,64	0,63	0,62	0,58

uwagi: $A_c = A_{b1} + A_{b2}$, $A_{b1} = A_{b2}$

7.9. Współpraca wentylatora z siecią przewodów

Podstawą prawidłowego doboru wentylatora są obliczenia spadku ciśnienia w instalacji wentylacyjnej oraz wymaganego strumienia objętości. Pozostałe parametry, jakie należy wziąć pod uwagę w trakcie wyboru wentylatora to: rodzaj przetłaczanego czynnika oraz jego temperatura, poziom mocy akustycznej, możliwość zabudowy, koszt inwestycyjny oraz zapotrzebowanie energii.

Punkt pracy wentylatora określony jest poprzez charakterystykę instalacji oraz charakterystykę wentylatora. Projektowany punkt pracy powinien leżeć jak najbliżej maksymalnej sprawności wentylatora. Należy też zwrócić uwagę, aby punkt współpracy wentylatora z siecią wentylacyjną leżał w obszarze jego stabilnej pracy.



Rys. Współpraca wentylatora z siecią wentylacyjną

Zależności:

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right) = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)$$

$$\left(\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^3 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

$$P = \frac{V \cdot \Delta p}{\eta_f \cdot \eta_m \cdot \eta_b} \quad [\text{W}]$$

V - strumień objętości, wydajność wentylatora [m^3/s],

n - obroty [obr/min],

Δp - różnica ciśnienia [Pa],

P - zapotrzebowanie mocy [W],

η_f - sprawność wentylatora,

η_m - sprawność silnika i falownika,

η_b - sprawność układu przeniesienia napędu.

7.10 Moc właściwa wentylatora SFP

Moc właściwa wentylator określa się następująco:

$$P_{\text{SFP}} = \frac{P}{q_V} = \frac{\Delta P}{\eta_{\text{tot}}} \quad [\text{W}/\text{m}^3 \cdot \text{s}]$$

gdzie:

P_{SFP} – moc właściwa wentylatora [$\text{W}/\text{m}^3\text{s}$],

P – moc pobierana przez silnik wentylatora [W],

q_V – projektowy strumień objętości powietrza przetłaczanego przez wentylator [m^3/s],

ΔP – spiętrzenie całkowite wentylatora [Pa],

η_{tot} – sprawność całkowita wentylatora.

Moc właściwa wentylatora odniesioną do budynku lub całej instalacji (SFP) oblicza się poprzez podzielenie łącznej mocy wentylatorów w systemie przez całkowity strumień objętości powietrza. Jako wartość strumienia przepływającego przez budynek zaleca się przyjmować strumień objętości powietrza wywiewanego (PN-EN 13779).

W przypadku central nawiewno-wywiewnych z odzyskiem ciepła, moc właściwą wentylatora (SFP_E) określa się następująco:

$$\text{SFP}_E = \frac{P_{\text{sfm}} + P_{\text{efm}}}{q_{\text{max}}} \quad [\text{W}/\text{m}^3 \cdot \text{s}]$$

gdzie:

P_{sfm} – moc wentylatora nawiewnego [W],

P_{efm} – moc wentylatora wywiewnego [W],

q_{max} – większa z wartości strumienia nawiewnego lub wywiewnego [m^3/s].

Według powyższej zależności oblicza się także moc właściwą SFP_E dla central z wymiennikiem z czynnikiem pośredniczącym i rozdzielonymi sekcjami nawiewnymi i wywiewnymi (PN-EN 13779).

Tab. Maksymalne wartości mocy właściwej wentylatorów w instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych (Dz. U. Nr 75, poz. 690, 2002r. - z późniejszymi zmianami)

Rodzaj wentylatora	Maksymalna moc właściwa wentylatora [kW/(m ³ /s)]
Wentylator nawiewny	
- złożona instalacja klimatyzacyjna	1,60
- prosta instalacja wentylacyjna	1,25
Wentylator nawiewny	
- złożona instalacja klimatyzacyjna	1,00
- prosta instalacja wentylacyjna	1,00
- instalacja wywiewna	0,80

Tab. Dopuszczalne zwiększenie mocy właściwej po zastosowaniu wybranych elementów instalacji (Dz. U. Nr 75, poz. 690, 2002r. z późniejszymi zmianami)

Dodatkowy element instalacji wentylacyjnej i klimatyzacyjnej	Maksymalna moc właściwa wentylatora [kW/(m ³ /s)]
Dodatkowy stopień filtracji powietrza	0,3
Dodatkowy stopień filtracji powietrza, z filtrami klasy H10 i wyższej	0,6
Filtry do usuwania gazowych zanieczyszczeń powietrza	0,3
Wysoko skuteczne urządzenia do odzysku ciepła (sprawność temperaturowa powyżej 90%)	0,3

8. Odciągi miejscowe

8.1. Prędkość porywania

Prędkość porywania - minimalna prędkość powietrza powodująca porywanie do ssawki zanieczyszczeń z rejonu ich wydzielania, przy konkretnym procesie i w określonej odległości od płaszczyzny otworu wlotowego.

Tab. Minimalne prędkości porywania zanieczyszczeń w zależności od warunków ich emisji i warunków w otoczeniu

Warunki wytwarzania, wydobywania lub rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń	Przykłady procesów przemysłowych	Min. prędkość porywania, v_x [m/s]
Wydobywanie się zanieczyszczeń ze znikomą prędkością w nieruchomym powietrzu	Parowanie z nad powierzchni otwartych zbiorników, odtłuszczanie, trawienie, galwanizowanie.	0,5
Wydobywanie się zanieczyszczeń z niewielką prędkością w umiarkowanym nieruchomym powietrzu	Komory i kabiny do malowania natryskowego, okresowe napełnianie pojemników, transport przenośnikami o niskiej prędkości, spawanie, polerowanie, platerowanie.	0,5 ÷ 1,0
Wydobywanie się zanieczyszczeń ze znaczną prędkością w powietrzu poruszającym się z dużą prędkością	Malowanie natryskowe w małych kabinach i pod dużym ciśnieniu, napełnianie beczek i pojemników z dużą szybkością, ładowanie przenośników, rozdrabnianie w kruszarkach.	1,0 ÷ 2,5
Wydobywanie się zanieczyszczeń dużą prędkością w powietrzu poruszającym się z bardzo dużą prędkością	Szlifowanie, piaskowanie, obróbka strumieniowo-ścierna.	2,5 ÷ 10,0

Tab. Prędkość porywania zanieczyszczeń wytwarzanych w wybranych procesach przemysłowych

Rodzaj procesów, operacji technologicznych lub urządzeń	Prędkość porywania v_x [m/s]	Prędkość transportu w przewodach	Uwagi do prędkości porywania
Napełnianie worków:			
- papierowych	0,5	18	we wszystkich otworach obudowy
- tkaninowych	1,0		
- proszkami do czyszczenia	2,0		
Napełnianie beczek	0,4 ÷ 0,5	18	
Czyszczenie butelek	0,75 ÷ 1,25		
Malowanie natryskowe	0,75 ÷ 1,0	15	w otworze roboczym
Przeñośniki taśmowe, miejsca przesypu	0,75 ÷ 1,0		we wszystkich otworach
Podnośniki kubelkowe	2,5		
Odlewanie:			
- wybijanie odlewów z form (obudowa)	1,0	20	
- przygotowywanie ziemi formierskiej	0,5		w miejscu powst. zaniecz.
- zalewanie form	0,75 ÷ 1,0	15	
- oczyszczanie odlewów	0,5 ÷ 0,75	18	
Młyny	0,75 ÷ 1,0		
Metalizacja natryskowa:			
- substancje trujące (ołów, kadm, itp.)	1,0	15	w miejscu powstania zanieczyszczeń
- substancje nietrujące (stal, aluminium, itp.)	0,65		
Piaskowanie:			
- w komorach	2,5		
- w pomieszczeniu zamkniętym	0,3 ÷ 0,5		
Szlifowanie i polerowanie:			
- szlifierki przeñośne	0,8 ÷ 1,2	18	na powierzchni rusztu
- szlifierki wahadłowe	0,25 ÷ 0,75	15	w otworze roboczym
- polerowanie	5	23	w wolnej przestrzeni
Spawanie	0,5 ÷ 1,0	15	w miejscu powst. zaniecz.
Lutowanie	0,5	15	w otw. ssącym i wolnej pow. rusztu
Pakowanie, ważenie, napełnianie naczyń	0,25 ÷ 0,75	15	w otw. roboczym komory
Pakowanie mechaniczne, rozdrabnianie (obudowa)	0,5 ÷ 2,0	15	
Stoły warsztatowe	0,5	10	
Mieszadła piasku	0,5 ÷ 1,0		
Obróbka ręczna lub mechaniczna kamienia	0,75 ÷ 1,0	30	w miejscu powst. zaniecz.
Trzon kuchenny	0,5 ÷ 0,75		
Procesy chemiczne - dygestoria	0,5 ÷ 0,75	8	
Wanny:			
- kąpiele chemiczne	0,2 ÷ 0,5	10	v_x - dla ssawek jednostronnych na krawędzi przeciwległej wanny, przy ssawkach dwustronnych na środku wanny
- odtuszczanie	0,2		
- trawienie	0,5		
- galwanizowanie	0,25 ÷ 0,5		
- hartowanie	0,5		
- odparowywanie	0,4		

Tab. Zalecane prędkości transportu w przewodach odciągów miejscowych i transportu pneumatycznego

Rodzaj materiału	Zalecana prędk. pow. w przewodach, m/s		Rodzaj materiału	Zalecana prędk. pow. w przewodach, m/s	
	odciągi miejscowe	transport pneumatyczny		odciągi miejscowe	transport pneumatyczny
Azbest	15 ÷ 18	-	Popiół mielony	-	30 ÷ 43
Bawełna	13 ÷ 15	20 ÷ 30	Proszek bakelitowy	13 ÷ 18	-
Cement	18 ÷ 20	30 ÷ 45	Pył w odlewniach	20 ÷ 25	-
Cukier	15 ÷ 18	25 ÷ 30	Pył węglowy	15 ÷ 20	20 ÷ 28
Jęczmień	-	25 ÷ 32	Pył granitowy	20 ÷ 25	30 ÷ 40
Kakao	-	15 ÷ 18	Pył ołowiowy	20 ÷ 25	-
Kawa	15 ÷ 18	18 ÷ 28	Pył stalowy	15 ÷ 20	-
Kukurydza	-	25 ÷ 35	Pył jutowy	15 ÷ 18	-
Konopie	-	23 ÷ 30	Piasek	18 ÷ 23	30 ÷ 45
Mielony korek	13 ÷ 15	18 ÷ 28	Pył polski	15 ÷ 25	-
Mąka	13 ÷ 18	20 ÷ 30	i szlifierski		
Owies	-	23 ÷ 30	Trociny suche	13 ÷ 15	-
Odpadki juty	13 ÷ 15	18 ÷ 25	Trociny wilgotne	15 ÷ 25	-
Odpadki drewna	18 ÷ 25	23 ÷ 30	Wapno	18 ÷ 20	25 ÷ 35
Pył aluminium	23 ÷ 30	-	Włókna wełniane	15 ÷ 23	23 ÷ 30

8.2. Obudowy

Minimalny strumień objętości powietrza odprowadzany z obudowy pełnej, zapewniającej utrzymanie wymaganych prędkości powietrza w otworach i nieszczelnościach można obliczyć m.in. ze wzoru:

$$V = \mu \cdot F \cdot 4,03 \cdot \sqrt{\Delta p} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

gdzie:

μ - współczynnik wydatku, zależny od rodzaju i szczelności otworów; zwykle przyjmuje się wartość 0,75,

F - sumaryczna powierzchnia otworów i nieszczelności [m^2],

Δp - podciśnienie wymagane w obudowie [daPa].

Tab. Zalecane wartości podciśnienia w obudowach wybranych urządzeń przemysłowych

Rodzaj urządzenia	Podciśnienie w obudowie Δp [daPa]	Rodzaj urządzenia	Podciśnienie w obudowie Δp [daPa]
Młyny:		Kruszarki:	
- kulowe	1,0	- szczękowe	0,2
- rurowe	0,2	- stożkowe	0,15
Przesiewacze:		- walcowe	0,1
- rusztowe	0,2	Przesypy, zsypy	0,25
- wibracyjne	0,15	Podnośniki	0,6 ÷ 1,6
Zasilacze:		Podnośniki ślimakowe	0,1
- talerzowe	0,1		
- wahadłowe	0,1		

Ilość powietrza usuwanego z obudowy częściowej można obliczyć na podstawie zależności:

$$V = \sum_{i=1}^n F_i \cdot v_x \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

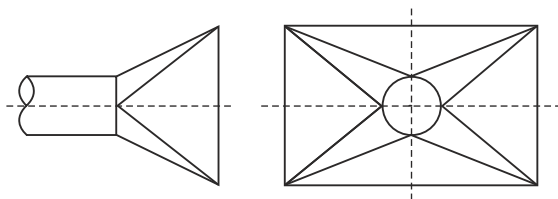
gdzie:

$\sum_{i=1}^n F_i$ - sumaryczna powierzchnia otworów i nieszczelności [m^2],

v_x - prędkość porywania dla danego rodzaju zanieczyszczeń [m/s].

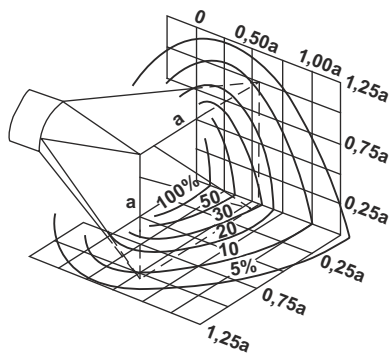
8.3. Ssawki

Ssawki przeznaczone są najczęściej do usuwania wszystkich zanieczyszczeń emitowanych ze źródła ich powstawania do otoczenia. Ze względu na mały zasięg skutecznego działania związany z szybkim spadkiem prędkości powietrza wraz z odległością od płaszczyzny wlotowej, ssawki muszą być lokalizowane bezpośrednio w rejonie powstawania zanieczyszczeń.

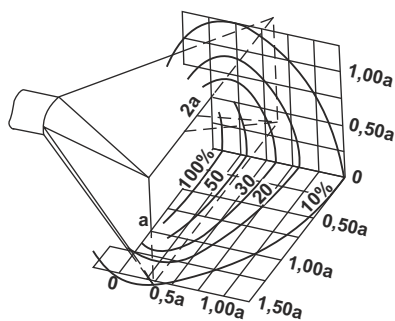


Rys. Ssawka prostokątna z niezbrojonym wlotem.

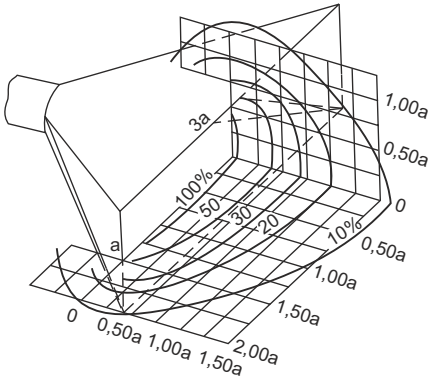
Rozkład prędkości powietrza w strefie zasysania ssawki (linie stałej prędkości) można wyrazić procentowo w odniesieniu do prędkości w otworze wlotowym ssawki.



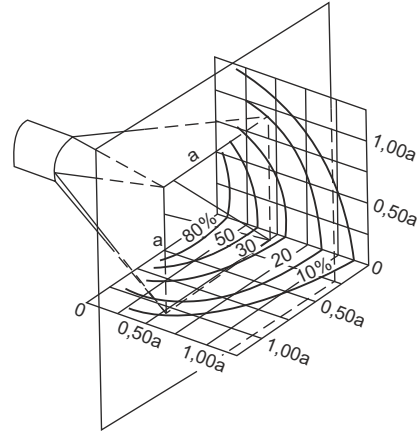
Rozkład prędkości powietrza w strefie zasysania ssawki kwadratowej z niezbrojonym wlotem (bosej), swobodnie zawieszanej



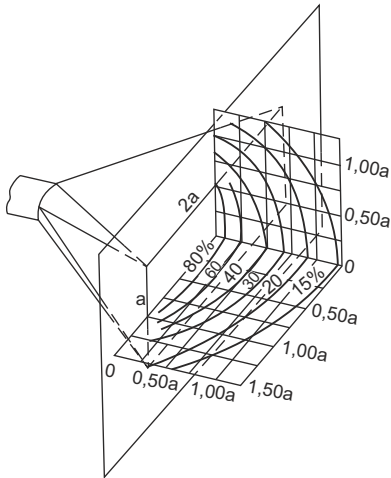
Rozkład prędkości powietrza w strefie zasysania ssawki prostokątnej, o stosunku boków 1:2, z niezbrojonym wlotem (bosej), swobodnie zawieszanej



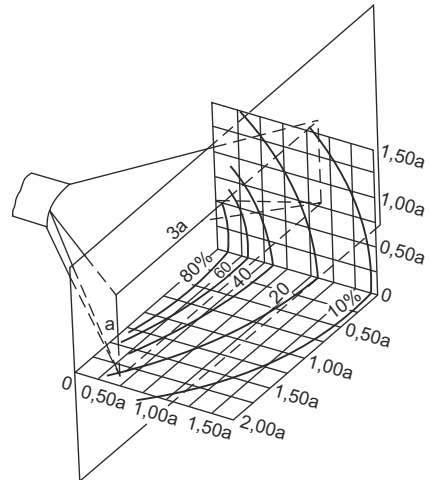
Rozkład prędkości powietrza w strefie zasysania ssawki prostokątnej, o stosunku boków 1:3, z nieuzbrojonym wlotem (bosej), swobodnie zawieszonej



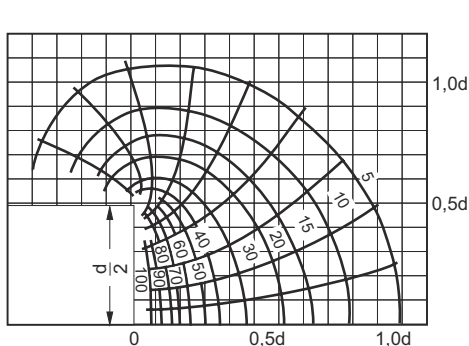
Rozkład prędkości powietrza w strefie zasysania ssawki kwadratowej, z kołnierzem, swobodnie zawieszonej



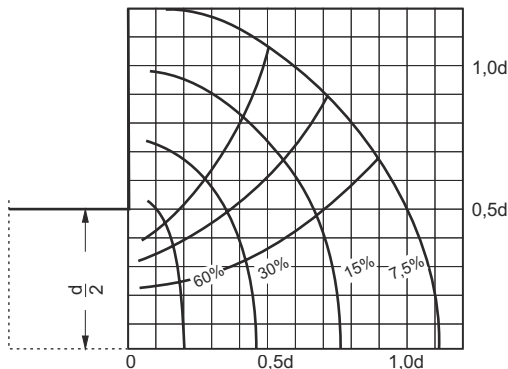
Rozkład prędkości powietrza w strefie zasysania ssawki prostokątnej, o stosunku boków 1:2, z kołnierzem, swobodnie zawieszonej



Rozkład prędkości powietrza w strefie zasysania ssawki prostokątnej, o stosunku boków 1:3, z kołnierzem, swobodnie zawieszonej



Rozkład prędkości powietrza w strefie zasysania ssawki z niezbrojonym wlotem o przekroju okrągłym, swobodnie zawieszona



Rozkład prędkości powietrza w strefie zasysania ssawki o przekroju okrągłym z kołnierzem, swobodnie zawieszona

Tab. Zależności umożliwiające obliczenie wymaganej wartości strumienia objętości powietrza odciganego przez różne rodzaje ssawek

Rodzaj ssawki	Wzór do obliczeń
Ssawka okrągła lub prostokątna, swobodnie zawieszona, z niezbrojonym wlotem (bosa)	$V = (10 \cdot x^2 + F) \cdot v_x$
Ssawka okrągła lub prostokątna, swobodnie zawieszona, z kołnierzem	$V = 0,75 \cdot (10 \cdot x^2 + F) \cdot v_x$
Ssawka prostokątna oparta na płaszczyźnie, z niezbrojonym wlotem	$V = (5 \cdot x^2 + F) \cdot v_x$
Ssawka prostokątna z kołnierzem, oparta na płaszczyźnie	$V = 0,75 \cdot (5 \cdot x^2 + F) \cdot v_x$
Ssawka z osłoną z dwóch wzajemnie prostopadłych płaszczyzn	$V = 3,1 \cdot x^2 \cdot v_x$
Ssawka zawieszona w rogu (zbieg trzech płaszczyzn)	$V = 1,5 \cdot x^2 \cdot v_x$

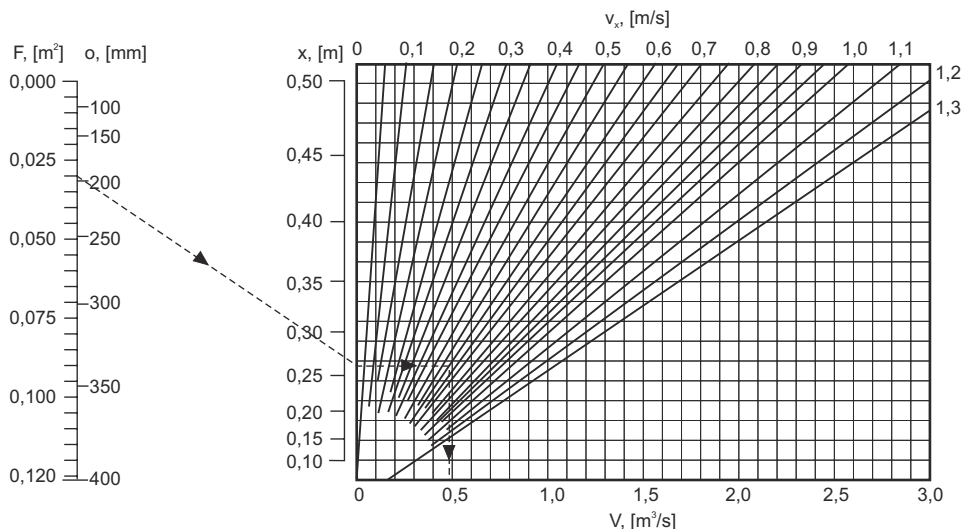
gdzie:

V - strumień objętości powietrza odciganego przez ssawkę [m^3/s],

v_x - prędkość porywania zanieczyszczeń [m/s],

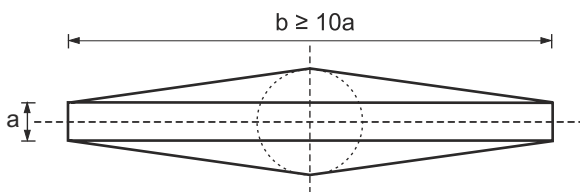
F - pole powierzchni otworu wlotowego ssawki [m^2],

x - odległość od otworu ssawki do punktu, w którym przyjęto prędkość v_x [m].



Rys. Nomogram do określania strumienia objętości powietrza usuwanego przez ssawkę o przekroju prostokątnym i okrągłym.

8.4. Ssawki szczelinowe



Ssawka szczelinowa z niezbrojonym wlotem

Tab. Zależności umożliwiające obliczenie wymaganej wartości strumienia objętości powietrza odcieranego przez różne rodzaje ssawek szczelinowych

Rodzaj ssawki	Wzór do obliczeń
Ssawka szczelinowa, swobodnie zawieszona, z niezbrojonym wlotem	$V = 4 \cdot b \cdot x \cdot v_x$
Ssawka szczelinowa swobodnie zawieszona z kołnierzem	$V = 2 \cdot b \cdot x \cdot v_x$
Ssawka szczelinowa oparta na płaszczyźnie, z niezbrojonym wlotem	$V = 3 \cdot b \cdot x \cdot v_x$
Ssawka prostokątna z kołnierzem, oparta na płaszczyźnie	$V = (10 \cdot x^2 + a \cdot b) \cdot v_x$
Ssawka z osłoną z dwóch wzajemnie prostopadłych płaszczyzn	$V = 3,1 \cdot b \cdot x \cdot v_x$

gdzie:

V - strumień objętości powietrza odcieranego przez ssawkę [m^3/s],

v_x - prędkość porywania zanieczyszczeń [m/s],

a - wysokość otworu wlotowego ssawki [m],

b - długość otworu wlotowego ssawki [m],

x - odległość od otworu ssawki do punktu, w którym przyjęto prędkość v_x [m].

9. Zagrożenie wybuchem

9.1. Granice wybuchowości

Granica wybuchowości:

Wartość stężenia substancji palnej (gazów, par lub pyłów), która w mieszaninie z powietrzem może zapalić się od czynnika inicjującego.

Dolna granica wybuchowości DGW:

Najniższe stężenie, poniżej którego nie jest możliwy zapłon mieszaniny pod wpływem czynnika inicjującego.

Górna granica wybuchowości GGW:

Najwyższe stężenie, przy którym jeszcze może nastąpić zapalenie się tej substancji i jej wybuch pod wpływem czynnika inicjującego.

Tab. Granice wybuchowości wybranych substancji

Nazwa substancji	Granica wybuchowości [% obj.]	
	DGW	GGW
Aceton	2,6	13
Acetylen	2,5	81
Alkohol etylowy	3,3	19
Alkohol metylowy	6,7	36
Amoniak	15	28
Benzen	1,3	7,9
Butan	1,8	8,4
Chlorek metylenu	13	18
Chlorobenzen	1,3	9,6
Chlorometan	8,1	17,4
Dioksan	2	22
Etan	3	12,5
Eter etylowy	1,6	48
Etylenu tlenek	3	100
Formaldehyd	7	73
Gaz koksowniczy	5,6	31,0
Gaz miejski	35,0	74,0
Gaz ziemny	4,5	17,0
Hydrazyna	2,9	100
Izopropanol	2,0	12
Metan	5	15
Metyloamina	4,9	20,7
Nafta	0,7	5
Octan etylowy	2	11,5
Pirydyna	1,8	12,4
Propan	2,2	10
Siarkowodór	4	44
Tlenek węgla	12,5	74
Toluen techniczny	1,3	7
Wodór	4	75

9.2. Strefy zagrożenia wybuchem

Tab. Strefy dla gazów i par

Strefa	Opis	Uwagi
strefa 0	Miejsce, w którym atmosfera wybuchowa składająca się z mieszaniny z powietrzem substancji łatwopalnych w formie gazu, pary lub mgły utrzymuje się stale, przez długie okresy lub często.	Wnętrza pojemników i instalacji, rurociągów, zbiorników. Może powstać w otoczeniu wentylatorów. W strefie 0 nie można stosować jakichkolwiek urządzeń elektrycznych.
strefa 1	Miejsce, w którym atmosfera wybuchowa składająca się z mieszaniny z powietrzem substancji łatwopalnych w formie gazu, pary lub mgły może wystąpić okresowo podczas normalnego funkcjonowania.	Bezpośrednie otoczenie strefy 0. Bezpośrednie otoczenie miejsc napełniania. Bliskie toczenie miejsc napełniania i zasilania surowcem.
strefa 2	Miejsce o małym prawdopodobieństwie wystąpienia atmosfery wybuchowej składającej się z mieszaniny z powietrzem substancji łatwopalnych w formie gazu, pary lub mgły, podczas normalnego działania. Lecz, gdy atmosfera wybuchowa wystąpi, to będzie utrzymywać się tylko przez krótki okres.	Miejsca otaczające strefy 0 lub 1.

Tab. Strefy dla pyłów

Strefa	Opis	Uwagi
strefa 20	Miejsce, w którym atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu utrzymuje się stale, przez długie okresy lub często.	Wnętrza pojemników, naczyń, instalacji, rurociągów, zbiorników (silosy, mieszalniki, przewody rurowe, młyny). W strefie 20 nie można stosować jakichkolwiek urządzeń elektrycznych.
strefa 21	Miejsce, w którym atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu może wystąpić okresowo podczas normalnego funkcjonowania. Miejsce o małym prawdopodobieństwie	Bezpośrednie otoczenie punktów napełniania i opróżniania. Miejsca gdzie występują osady pyłu mogące utworzyć z powietrzem mieszaninę wybuchową.
strefa 22	wystąpienia atmosfery wybuchowej w postaci obłoku palnego pyłu, podczas normalnego działania. Lecz, gdy atmosfera wybuchowa wystąpi, to będzie utrzymywać się tylko przez krótki okres.	Miejsca znajdujące się w pobliżu urządzeń, systemów i instalacji zawierających pył, w przypadku, gdy pył może wydostać się przez szczelności i utworzyć osady w ilościach niebezpiecznych.

9.3. Klasyfikacja urządzeń stosowanych w atmosferach wybuchowych

9.3.1. Grupy urządzeń i systemów ochronnych

Grupy urządzeń i systemów ochronnych:

Grupa I - urządzenia i systemy ochronne przeznaczone do użytku w zakładach górniczych, w których występuje zagrożenie metanowe lub zagrożenie wybuchem pyłu węglowego,

Grupa II - urządzenia i systemy ochronne przeznaczone do użytku w innych, niż wymienione w grupie I, miejscach występowania atmosfer wybuchowych.

9.3.2. Klasyfikacja urządzeń grupy II

Kategoria 1:

Urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając bardzo wysoki poziom zabezpieczenia. Urządzenia tej kategorii są przeznaczone do użytku w przestrzeniach, w których atmosfery wybuchowe są obecne stale, przez długie okresy lub często. Urządzenia te powinny zapewniać wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadku rzadko występującej awarii urządzenia i charakteryzować się takimi środkami zabezpieczenia przeciwybuchowego, że:

- w przypadku uszkodzenia jednego ze środków zabezpieczających, przynajmniej drugi, niezależny środek zapewni wymagany poziom zabezpieczenia;
- wymagany poziom zabezpieczenia pozostanie w przypadku wystąpienia dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń.

Kategoria 2:

Urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając wysoki poziom zabezpieczenia. Urządzenia tej kategorii są przeznaczone do użycia w przestrzeniach, w których jest prawdopodobne pojawienie się atmosfer wybuchowych. Środki zabezpieczenia przeciwybuchowego dotyczące urządzeń kategorii 2 zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadku częstych zakłóceń lub uszkodzeń, jakie zwykle bierze się pod uwagę.

Kategoria 3:

Urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając normalny poziom zabezpieczenia. Urządzenia tej kategorii są przeznaczone do użycia w przestrzeniach, w których nie przewiduje się pojawienia atmosfer wybuchowych, a jeżeli one rzeczywiście wystąpią, to w krótkim okresie. Urządzenia kategorii 3 zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia podczas normalnego działania.

Tab. Urządzenia przeznaczone do pracy w strefach zagrożenia wybuchem

Strefa	Kategoria	Urządzenie zaprojektowane dla
0	II 1 G	mieszaniny gaz - powietrze
		mieszaniny para - powietrze
		mgły
1	II 1 G lub 2 G	mieszaniny gaz - powietrze
		mieszaniny para - powietrze
		mgły
2	II 1 G lub 2 G lub 3 G	mieszaniny gaz - powietrze
		mieszaniny para - powietrze
		mgły
20	II 1 D	mieszaniny pył - powietrze
21	II 1 D lub 2 D	mieszaniny pył - powietrze
22	II 1 D lub 2 D lub 3 D	mieszaniny pył - powietrze

9.4. Oznaczenia urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym

Przykłady oznaczeń:

- ⊕ II 2G Exde IIB T3,T4
- ⊕ II 2DEx tDA21 IP6xT 125°C

gdzie:

- ⊕ - oznakowanie wyróżniające dla wyposażenia stosowanego w atmosferach wybuchowych,
- II - urządzenie przeciwwybuchowe do pracy poza kopalniami (grupa II),
- 2 - kategoria urządzenia,
- G/D - rodzaj atmosfery wybuchowej (G - gaz, para, mgła, D - pył),
- Ex - urządzenie do pracy w strefach zagrożenia wybuchem,
- d/e/de - symbol rodzaju ochrony przed zapłonem,
- fr - obudowa z ograniczoną wentylacją,
- d - obudowa ognioszczelna,
- c - bezpieczeństwo konstrukcyjne,
- b - kontrola źródeł zapłonu,
- p - osłona gazowa z nadciśnieniem,
- k - osłona cieczkowa,
- g - bezpieczeństwo wewnętrzne,
- i - osłona iskrobezpieczna,
- e - obudowa wzmocniona,
- o - osłona z wypełnieniem cieczowym,
- q - osłona z wypełnieniem piaskowym,
- IIB - podgrupa mieszaniny wybuchowej (IIA, IIB, IIC - grupy gazowe, urządzenia oznakowane symbolem IIB są odpowiednie do zastosowań wymagających urządzeń grupy IIA. Urządzenia oznakowane symbolem IIC są odpowiednie do zastosowań wymagających urządzeń grupy wybuchowości IIA i grupy wybuchowości IIB),
- T3,T4 - klasa temperaturowa urządzenia lub maksymalna temperatura powierzchni urządzenia,
- tD - ochrona przed zapłonem za pomocą obudowy,
- A21 - procedura kontrolna A, dla strefy 21,
- T125°C - maksymalna temp dowolnej części powierzchni wentylatora.

10. Procesy przygotowania powietrza wentylacyjnego

10.1. Podstawowe procesy przygotowania powietrza wentylacyjnego

10.1.1. Nagrzewanie

Nagrzewanie - powietrza odbywa się przy stałej zawartości wilgoci w powietrzu ($x=\text{const.}$). Ilość ciepła dostarczanego do powietrza (Q_N) w celu jego ogrzania oblicza się z zależności:

$$Q_N = V \cdot \rho_p \cdot (h_2 - h_1) \quad [\text{kW}]$$

gdzie:

- V - strumień objętości powietrza ogrzewanego [m^3/s],
- ρ_p - gęstość powietrza [kg/m^3] - w przybliżeniu można przyjąć $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$,
- h_1 - entalpia powietrza w punkcie 1 [kJ/kg],
- h_2 - entalpia powietrza w punkcie 2 [kJ/kg].

Ponieważ proces przebiega przy stałej zawartości wilgoci w powietrzu można również wykorzystać zależność:

$$Q_N = V \cdot \rho_p \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1) \quad [\text{kW}]$$

gdzie:

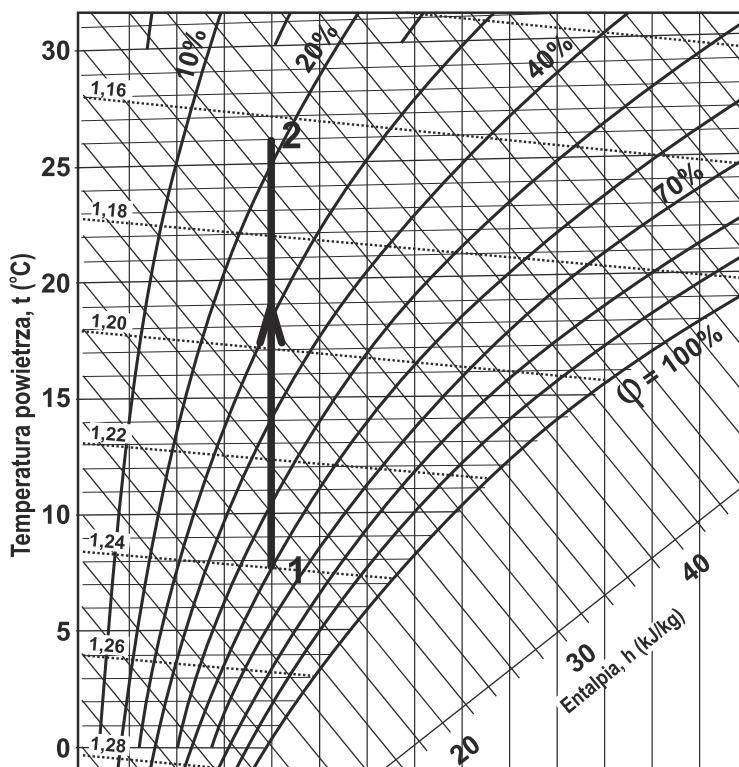
V - strumień objętości powietrza ogrzewanego [m^3/s],

ρ_p - gęstość powietrza [kg/m^3] - w przybliżeniu można przyjąć $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$,

c_p - ciepło właściwe powietrza [$\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$] zwykle przyjmuje się $1,005 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$,

t_1 - temperatura powietrza w punkcie 1 [$^{\circ}\text{C}$],

t_2 - temperatura powietrza w punkcie 2 [$^{\circ}\text{C}$].



Rys. Proces ogrzewania powietrza.

10.1.2. Chłodzenie

Chłodzenie powietrza z wykorzystaniem chłodnicy przeponowej - proces może przebiegać na dwa sposoby:

- Przy stałej zawartości wilgoci (x) - w przypadku, gdy temperatura powierzchni chłodnicy przeponowej jest wyższa od temperatury punktu rosy przepływającego przez nią powietrza.
- Przy zmiennej zawartości wilgoci (x), następuje dodatkowo osuszanie powietrza. Jest to przypadek, w którym temperatura powierzchni chłodnicy przeponowej jest niższa od temperatury punktu rosy powietrza przepływającego przez nią.

Moc chłodnicy oblicza się ze wzoru:

$$Q_{ch} = V \cdot \rho_p \cdot (h_2 - h_1) \quad [\text{kW}]$$

gdzie:

V - strumień objętości powietrza chłodzonego [m^3/s],

ρ_p - gęstość powietrza [kg/m^3] - w przybliżeniu można przyjąć $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$,

h_1 - entalpia powietrza w punkcie 1 [kJ/kg],

h_2 - entalpia powietrza w punkcie 2 [kJ/kg].

Ilość wilgoci odprowadzonej z powietrza w przypadku (b) oblicza się ze wzoru:

$$m_w = V \cdot \rho_p \cdot (x_1 - x_2) \quad [\text{g}/\text{s}]$$

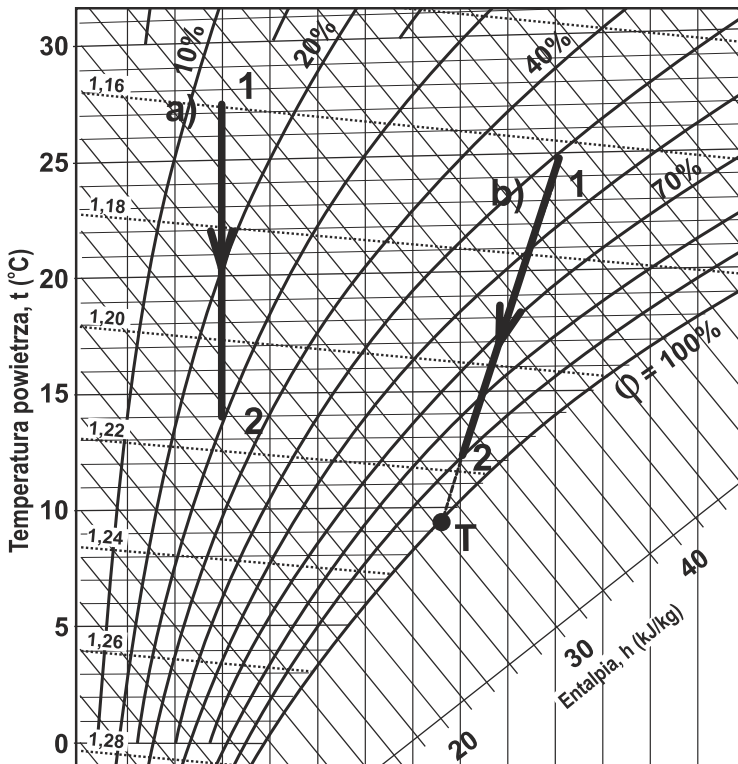
gdzie:

V - strumień objętości powietrza chłodzonego [m^3/s],

ρ_p - gęstość powietrza [kg/m^3] - w przybliżeniu można przyjąć $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$,

x_1 - zawartość pary wodnej w powietrze w punkcie 1 [g/kg suchego powietrza],

x_2 - zawartość pary wodnej w powietrze w punkcie 2 [g/kg suchego powietrza].



Rys. Proces chłodzenia powietrza: a) w chłodnicy o temperaturze powierzchni powyżej temperatury punktu rosy, b) w chłodnicy o temperaturze powierzchni poniżej temperatury punktu rosy.

10.1.3. Nawilżanie

Nawilżanie parowe - polega na bezpośrednim wprowadzeniu pary do powietrza wentylacyjnego. Kierunek przemiany na wykresie h-x zależy od entalpii pary (h_p). W przypadku pary nasyconej o temperaturze ok. 100 - 110°C w dużym przybliżeniu kierunek przemiany pokrywa się z izotermą nawilżanego powietrza. Kierunek przemiany (ε) można wyznaczyć z zależności:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{\Delta x} = \frac{h_2 - h_1}{x_2 - x_1} = h_p = 2500 + 1,86 \cdot t_p$$

gdzie:

h_1 - entalpia powietrza w punkcie 1 [kJ/kg],

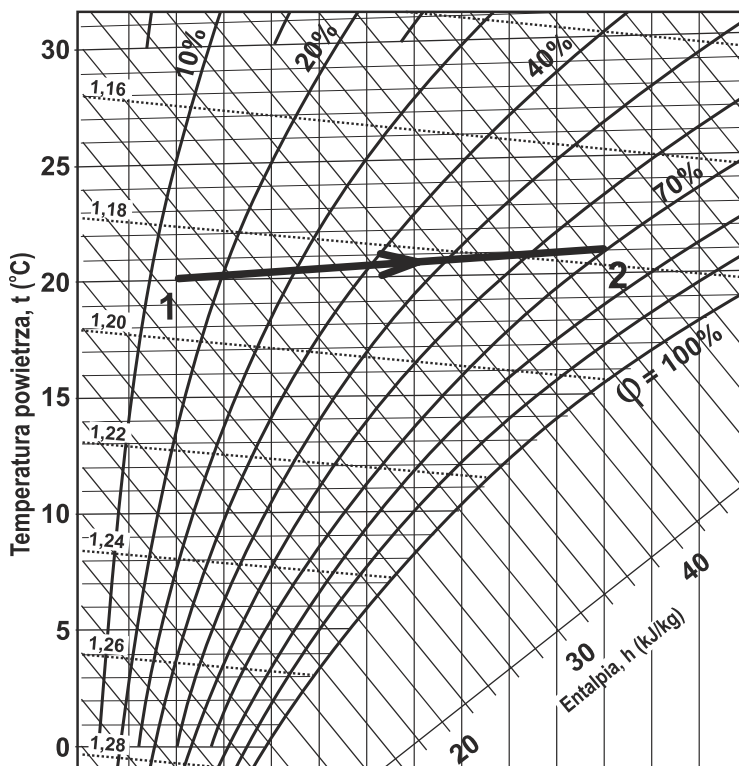
h_2 - entalpia powietrza w punkcie 2 [kJ/kg],

x_1 - zawartość pary wodnej w powietrzu w punkcie 1 [g/kg suchego powietrza],

x_2 - zawartość pary wodnej w powietrzu w punkcie 2 [g/kg suchego powietrza],

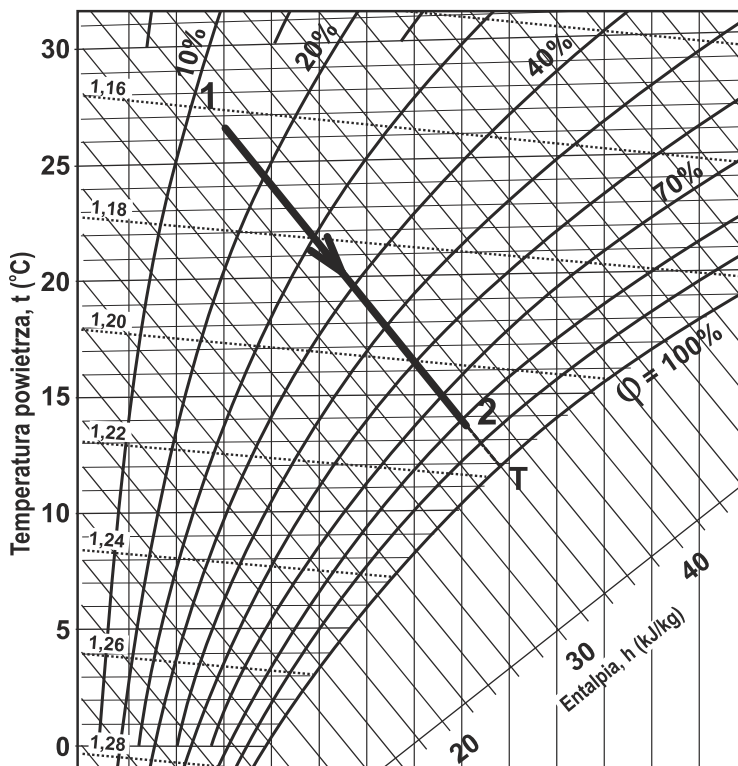
h_p - entalpia pary [kJ/kg],

t_p - temperatura pary [°C].



Rys. Proces nawilżania porowego powietrza (dla temperatura pary ok. 100°C ÷ 110°C).

Proces nawilżania adiabaticznego w komorze zraszania - podczas tego procesu dochodzi do bezpośredniego kontaktu powietrza z wodą. Następuje ochładzanie i nawilżanie powietrza w procesie adiabaticznym.



Rys. Proces przemiany powietrza w komorze zraszania.

10.1.4. Mieszanie

Mieszanie strumieni powietrza (w tym recyrkulacja) - kierunek przemiany oraz punkt końcowy (M) zależą od parametrów oraz strumieni objętości mieszanego powietrza. Można wyróżnić dwa przypadki:

- Punkt mieszania znajduje się w obszarze powietrza wilgotnego (powyżej linii $\varphi=100\%$),
- Punkt mieszania (M) znajduje się w obszarze powietrza zamglonego (poniżej linii $\varphi=100\%$).

W tym przypadku dojdzie do wykroplenia/wymrożenia nadmiaru pary wodnej w komorze mieszania, a cząsteczki wody będą zawieszane w powietrzu. Samo powietrze (po odprowadzeniu nadmiaru wody) będzie miało parametry podpowiadające punktowi (M') - wilgotność względna 100%. Punkty M' i M leżą na izotermie termometru mokrego.

Entalpię powietrza po zmieszaniu (h_M) (w punkcie M) można obliczyć z zależności:

$$h_M = \frac{m_1 \cdot h_1 + m_2 \cdot h_2}{m_1 + m_2} \quad [\text{kJ/kg}]$$

gdzie:

m_1 - strumień masy powietrza o parametrach początkowych odpowiadających pkt. 1 [kg/s],

m_2 - strumień masy powietrza o parametrach początkowych odpowiadających pkt. 2 [kg/s],

h_1 - entalpia powietrza w punkcie 1 [kJ/kg],

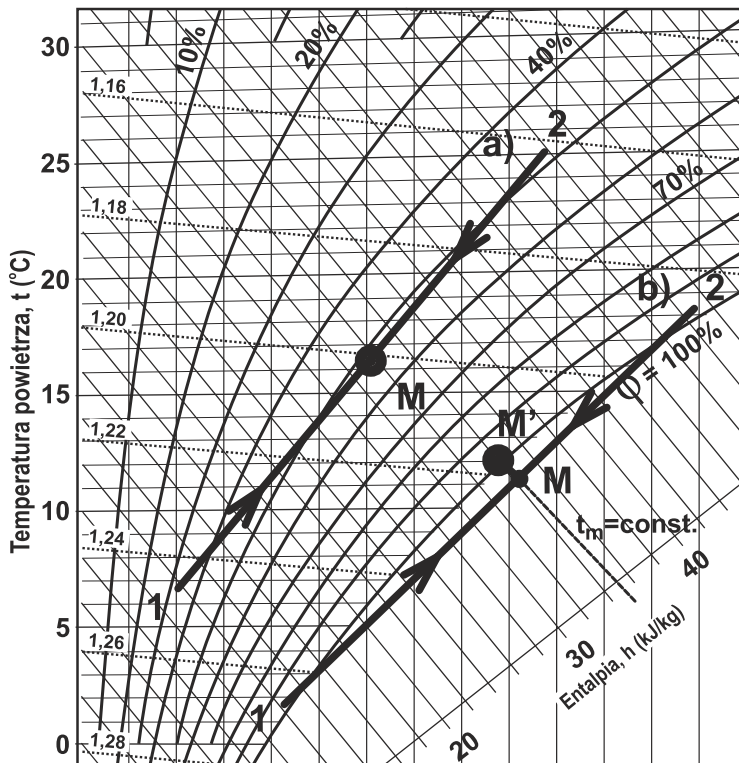
h_2 - entalpia powietrza w punkcie 2 [kJ/kg].

Zawartość pary wodnej w powietrzu po zmieszaniu (x_M) (w punkcie M) można obliczyć z zależności:

$$x_M = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2}{m_1 + m_2} \quad [\text{g/kg}]$$

gdzie:

- m_1 - strumień masy powietrza o parametrach początkowych odpowiadających pkt. 1 [kg/s],
- m_2 - strumień masy powietrza o parametrach początkowych odpowiadających pkt. 2 [kg/s],
- x_1 - zawartość pary wodnej w powietrzu w punkcie 1 [g/kg suchego powietrza],
- x_2 - zawartość pary wodnej w powietrzu w punkcie 2 [g/kg suchego powietrza].



Rys. Proces mieszania dwóch strumieni powietrza: a) punkt mieszania (M) w obszarze powietrza wilgotnego, b) punkt mieszania (M) w obszarze powietrza zamglonego.

10.2. Procesy odzysku ciepła

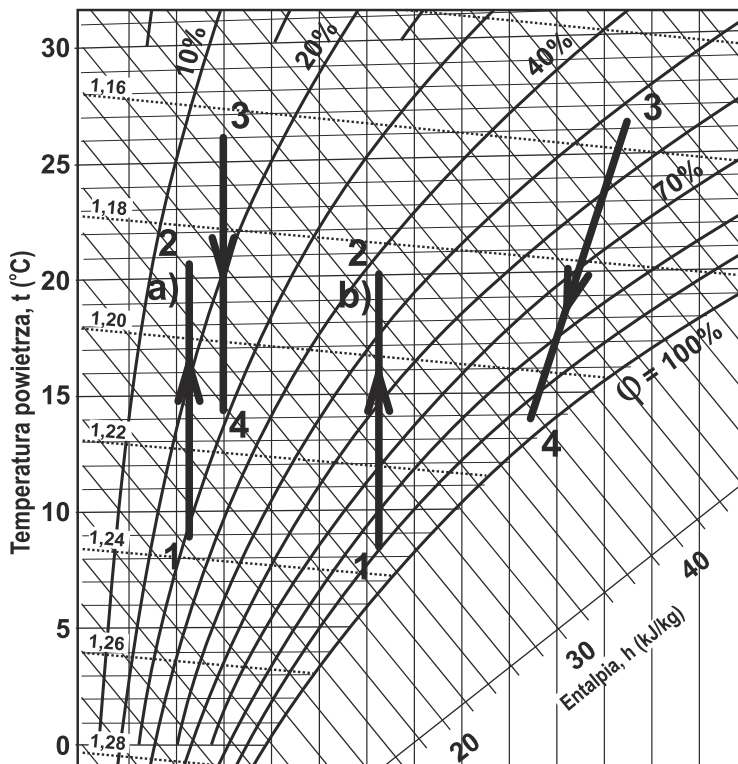
W procesach odzysku ciepła można wyróżnić regenerację i rekuperację.

Rekuperacja - proces wymiany ciepła prowadzony przy braku kontaktu powietrza nawiewanego i usuwanego z tą samą powierzchnią wymiennika. Wymiana ciepła zachodzi poprzez przeponę pośredniczącą w wymianie ciepła. Do rekuperatorów można zaliczyć:

- Wymienniki płytowe (np. krzyżowe),
- Wymienniki rurowe,
- Urządzenia z czynnikiem pośredniczącym:
 - systemy wodne, glikolowe, olejowe itp.
 - rurki ciepła,
 - sprężarkowe pompy ciepła z bezpośrednim odparowaniem.

Regeneracja - proces wymiany ciepła, w którym strumienie powietrza nawiewanego i wywiewanego naprzemiennie omywają tą samą powierzchnię wymiennika. Takie rozwiązanie umożliwia nie tylko wymianę ciepła, ale również masy (tzw. odzysk wilgoci). Do wymienników regeneracyjnych można zaliczyć:

- Wymiennik obrotowy z wirnikiem aluminiowym,
- Wymiennik obrotowy z wirnikiem pokrytym materiałem higroskopijnym,
- Złoża akumulacyjne.



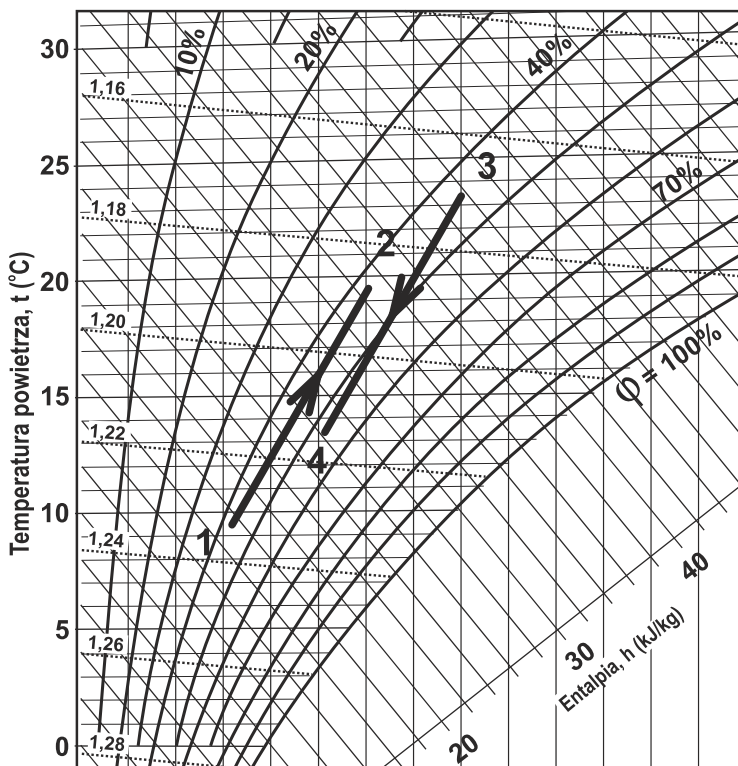
Rys. Proces odzysku bez wymiany masy między strumieniami.

a) bez wykraplania nadmiaru wilgoci

(temperatura powierzchni wymiennika wyższa od temperatury punktu rosy powietrza),

b) z wykropleniem wilgoci

(temperatura powierzchni wymiennika niższa od temperatury punktu rosy powietrza).



Rys. Proces odzysku ciepła przy jednoczesnej wymianie masy.

Sprawność układów odzysku ciepła można określić na podstawie poniższych zależności:

Sprawność temperaturowa (η_t):

$$\eta_t = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1} \cdot 100\% \quad [\%]$$

gdzie:

t_1 - temperatura powietrza w punkcie 1 (powietrze pobierane, zewnętrzne) [°C],

t_2 - temperatura powietrza w punkcie 2 (powietrze nawiewane) [°C],

t_3 - temperatura powietrza w punkcie 3 (powietrze usuwane z pomieszczenia) [°C].

Sprawność wilgotnościowa (η_w):

$$\eta_w = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} \cdot 100\% \quad [\%]$$

gdzie:

x_1 - zawartość pary wodnej w powietrzu w punkcie 1 (powietrze pobierane, zewnętrzne) [g/kg suchego powietrza],

x_2 - zawartość pary wodnej w powietrzu w punkcie 2 (powietrze nawiewane) [g/kg suchego powietrza],

x_3 - zawartość pary wodnej w powietrzu w punkcie 3 (powietrze usuwane z pomieszczenia) [g/kg suchego powietrza].

Sprawność całkowita (η_h):

$$\eta_h = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_1} \cdot 100\% \quad [\%]$$

gdzie:

h_1 - entalpia powietrza w punkcie 1 (powietrze pobierane, zewnętrzne) [kJ/kg],

h_2 - entalpia powietrza w punkcie 2 (powietrze nawiewane) [kJ/kg],

h_3 - entalpia powietrza w punkcie 3 (powietrze usuwane z pomieszczenia) [kJ/kg].

10.3. Przykładowe procesy przygotowania powietrza w centralach

W centrali klimatyzacyjnej zachodzi szereg procesów przemiany powietrza, tak aby utrzymać założone parametry w pomieszczeniu. Poniżej przedstawiono przygotowania powietrza na wykresie $h - x$ w przykładowej centrali klimatyzacyjnej nawiewno - wywiewnej wyposażonej w następujące elementy służące zmianie parametrów termodynamicznych powietrza:

Nawiew

- Sekcja mieszania
- Chłodnica
- Nagrzewnica wtórna
- Nawilżacz parowy

Wywiew

- Sekcja mieszania

Zima:

Z/P - M (M') mieszanie powietrza zewnętrznego i usuwanego z pomieszczenia (recyrkulacja)

M' - A ogrzewanie powietrza w nagrzewnicy ($x = \text{const.}$)

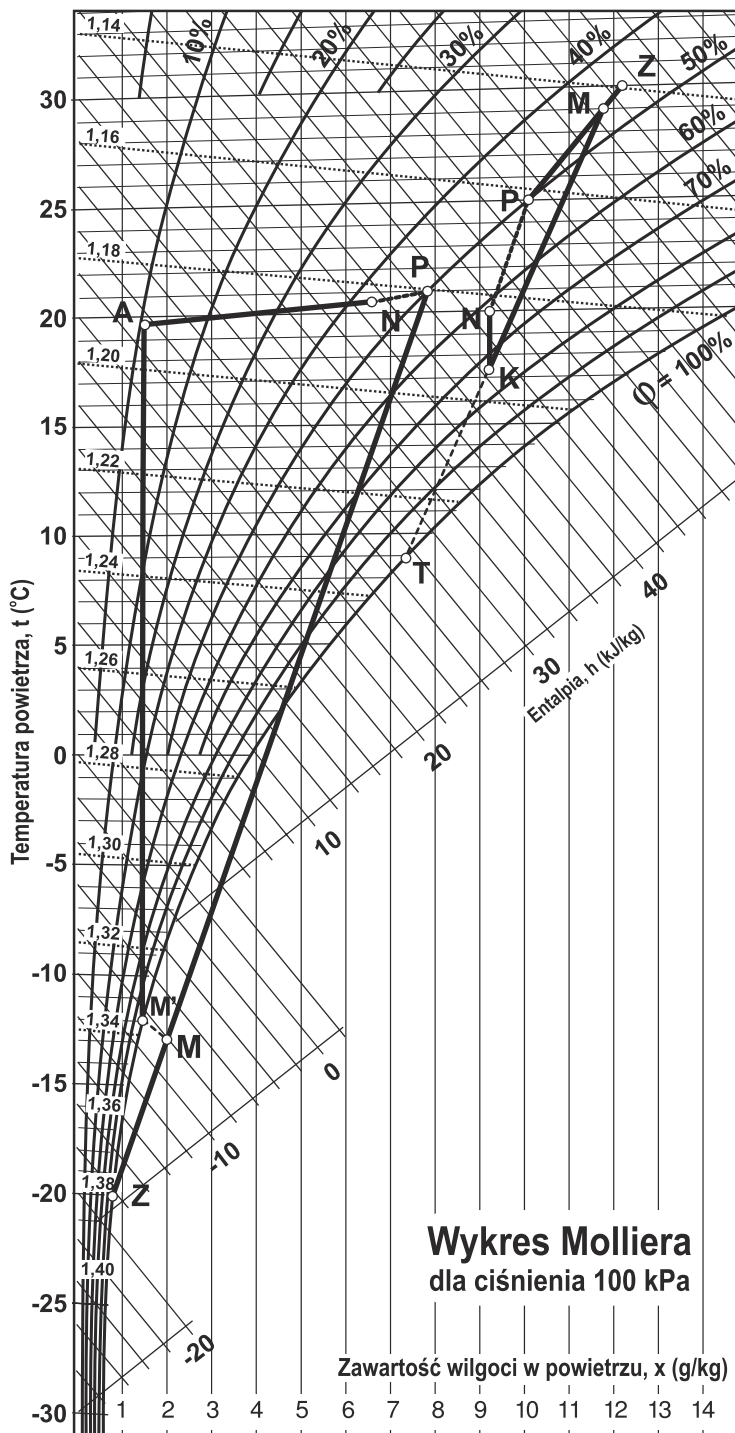
A - N nawilżanie parowe powietrza

Lato:

P/Z - M mieszanie powietrza zewnętrznego i usuwanego z pomieszczenia (recyrkulacja)

M - K chłodzenie powietrza w chłodnicy

K - N nagrzewanie powietrza w nagrzewnicy ($x = \text{const.}$)



Rys. Procesy przygotowania powietrza w centrali klimatyzacyjnej w okresie lata I zimy.

11. Klasyfikacja filtrów powietrza

Tab. Zestawienie i przybliżone porównanie filtrów powietrza wg różnych klasyfikacji

Podział filtrów	Klasa filtrów	Średnia dokładność oczyszczania	Klasa filtrów
PN-EN 779	PN-EN 779 PN-EN 1822-1	[%]	DIN 24185 DIN 24184 EUROVENT
Filtry wstępne (zgrubne)	G1	<65	EU1
	G2	65 ÷ 80	EU2
	G3	80 ÷ 90	EU3
	G4	>90	EU4
Filtry dokładne	F5	40 ÷ 60	EU5
	F6	60 ÷ 80	EU6
	F7	80 ÷ 90	EU7
	F8	90 ÷ 95	EU8
	F9	>95	EU9
Filtry HEPA	H10	85	EU10
	H11	95	EU11
	H12	99,5	EU12
	H13	99,95	EU13
	H14	99,995	EU14
Filtry ULPA	U15	99,9995	EU15
	U16	99,99995	EU16
	U17	99,999995	EU17

Tab. Przykładowe zastosowania poszczególnych klas filtrów

Klasa filtru	Proponowanie zastosowanie	Przykładowe rodzaje zatrzymywanych zanieczyszczeń
G1 G2	<ul style="list-style-type: none"> Do podstawowych zastosowań m.in. ochrona przed owadami 	Liście, owady, włókna, piasek, lotny popiół, mgła, włosy
G3 G4	<ul style="list-style-type: none"> Powietrze usuwane z komór lakierniczych i kuchni Minimum do zabezpieczenia centrali wentylacyjnej oraz urządzeń typu nagrzewnice, chłodnice i urządzenia do odzyskiwania ciepła Jako filtry wstępne do filtrów dokładnych (F7, F8) 	Pyłki roślin, mgła, piasek
F5	<ul style="list-style-type: none"> Filtry powietrza zewnętrznego nawiewanego do pomieszczeń o niskich wymaganiach czystości powietrza (pom. magazynowe, produkcyjne, garaże) Filtry wstępne do filtrów dokładnych F8, F9 jeśli są wymagane 	Zarodniki, pył cementowy, pigment, pył sedymentujący

Tab. (c.d.) Przykładowe zastosowania poszczególnych klas filtrów

Klasa filtru	Proponowanie zastosowanie	Przykładowe rodzaje zatrzymywanych zanieczyszczeń
F6	<ul style="list-style-type: none"> Filtry powietrza zewnętrznego nawiewanego do pomieszczeń o niskich wymaganiach czystości powietrza (np. sprzedaż) Filtry wstępne do filtrów dokładnych F9, H10 Minimum do zabezpieczenia nawilżacza Zalecane do zabezpieczania wymienników ciepła 	Bakterie, drobnoustroje znajdujące się na cząstkach stałych PM10
F7 F8	<ul style="list-style-type: none"> Filtry końcowe do pomieszczeń o umiarkowanych wymaganiach dot. czystości powietrza Filtry wstępne do filtrów wysokoskutecznych H11 i H12 	Większe cząstki sadzy, pył respirabilny PM2,5
F8 F9	<ul style="list-style-type: none"> Filtry końcowe do pomieszczeń o wyższych wymaganiach dot. czystości powietrza Filtry wstępne do filtrów wysokoskutecznych H13 i H14 Filtry wstępne dla węglowych filtrów adsorpcyjnych 	Dym tytoniowy, dymy metalurgiczne, olejowe, bakterie
H10 H11	<ul style="list-style-type: none"> Filtry końcowe do pomieszczeń o wysokich wymaganiach dot. czystości powietrza (klimatyzowanych) Filtry końcowe dla pomieszczeń czystych o klasie \geq ISO7 (przemysł farmaceutyczny, spożywczy, optyczny) 	Drobnoustroje, dym tytoniowy, dymy metalurgiczne, sadza
H12 H13	<ul style="list-style-type: none"> Filtry końcowe do pomieszczeń czystych o klasie \geq ISO5, szpitali o wysokich wymaganiach, dla przemysłu spożywczego, elektronicznego oraz farmaceutycznego 	Dym olejowy, sól morską w powietrzu, aerozol radioaktywny, zawieszony w powietrzu
H14	<ul style="list-style-type: none"> Filtry końcowe do pomieszczeń czystych o klasie \geq ISO4 oraz dla farmacji, szpitali o wysokich wymaganiach 	Zawieszony w powietrzu aerozol składający się z mikrocząstek, wirusy
U15 U16 U17	<ul style="list-style-type: none"> Filtry końcowe do pomieszczeń czystych o klasie \geq ISO2, ISO2 oraz ISO1 	Zawieszony w powietrzu aerozol składający się z mikrocząstek
Węgiel aktywny nieimpregnowany	<ul style="list-style-type: none"> Kontrola zapachów na lotniskach, w biurach, pomieszczeniach użyteczności publicznej Przemysł mikroelektroniczny Usuwanie szkodliwych gazów z powietrza recykulacyjnego Poprawa jakości powietrza wewnętrznego 	Lekkie lotne węglowodory, dymy, opary asfaltu, smoły, benzyny, nafty, opary rozpusz., zapachy szpitalne, wydzielane przez ludzi, powstające w kuchni (smażenie)
Impregnowany węgiel aktywny KMnO_4 na Al_2O_3	<ul style="list-style-type: none"> Nawiew powietrza do pomieszczeń strategicznych Jako filtr powietrza nawiewanego / recykulacyjnego w obiektach, w których występują zanieczyszczenia agresywne 	Gazy kwaśne, NO_2 , NO_x , SO_2 , SO_4 , HCl , H_2SO_4 , H_2S , HF , Cl_2

Tab. (c.d.) Przykładowe zastosowania poszczególnych klas filtrów

Klasa filtru	Proponowanie zastosowanie	Przykładowe rodzaje zatrzymywanych zanieczyszczeń
Impregnowany węgiel aktywny, polimery	• Filtry powietrza recyrkulacyjnego w przemyśle mikroelektronicznym	Aminy, NH ₃ , NH ₄ , NMP, HMDS

Tab. Rekomendowane zastosowanie filtrów w zależności od kategorii pomieszczenia (jakości powietrza wewnętrznego) wg PN-EN13779:2008

Zanieczyszczenie powietrza zewnętrznego	Jakość powietrza wewnętrznego			
	I (WEW1)	II (WEW2)	III (WEW3)	IV (WEW4)
Powietrze czyste (ZEW1)	F9	F8	F7	F5
Powietrze zakurzone (ZEW2)	F7+F9	F6+F8	F5+F7	F5+F6
Wysokie zanieczyszczenie: kurzem lub gazowe (ZEW3)	F7+GF*+F9	F7+GF*+F9	F5+F7	F5+F6
*GF = filtr do zanieczyszczeń gazowych (węglowy) i/lub filtr do zanieczyszczeń chemicznych				

12. Akustyka w instalacjach wentylacyjnych

12.1. Pojęcia podstawowe

Drgania akustyczne

Drgania mechaniczne polegające na ruchu cząstek środowiska sprężystego względem położenia równowagi.

Dźwięk

Zaburzenie falowe związane z drganiami akustycznymi mogące wytworzyć wrażenie słuchowe u człowieka. Zakres częstotliwości słyszalnych dla człowieka - 16Hz ÷ 20kHz.

Hałas

Dźwięk o dowolnym charakterze nieprzyjemny lub niepożądany w danych warunkach dla danej osoby.

Ciśnienie akustyczne

Wartość skuteczna różnicy pomiędzy chwilową wartością ciśnienia a ciśnieniem statycznym (jednostka N/m²).

Moc akustyczna

Całkowita energia akustyczna wypromieniowana przez źródło dźwięku w określonym paśmie częstotliwości w pewnym przedziale czasowym, podzielona przez ten przedział (jednostka W).

Poziom ciśnienia akustycznego:

$$L_p = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad [\text{dB}]$$

gdzie:

P - ciśnienie akustyczne [Pa],

P₀ - ciśnienie akustyczne odniesienia [Pa], P₀ = 20 μPa (próg słyszalności).

Poziom mocy akustycznej:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad [\text{dB}]$$

gdzie:

W - moc akustyczna [W],

W₀ - moc akustyczna odniesienia [W], W₀ = 1pW

W polu swobodnym zachodzi zależność:

$$L_p = L_w - 10 \log \frac{S}{S_0}$$

gdzie:

S - pole powierzchni prostopadłej do kierunku rozprzestrzeniania się fali dźwiękowej [m²],

S₀ - pole powierzchni odniesienia [m²], S₀ = 1m².

Interwały częstotliwości:

Interwał częstotliwości jest równy jednej oktawie, gdy:

$$\log_2 \frac{f_2}{f_1} = 1$$

gdzie:

f₂, f₁ - górna i dolna częstotliwość pasma oktawowego.

Oktawa - zakres częstotliwości, w którym stosunek najwyższej do najniższej częstotliwości jest równy 2

$$\frac{f_2}{f_1} = 2$$

Częstotliwości środkowe dla pasm oktawowych [Hz]

31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
------	----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-------

12.2. Dopuszczalny poziom dźwięku w pomieszczeniach

Tab. Dopuszczalne poziomy dźwięku A w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi (wg PN-87/B-02151/02)

Lp.	Przeznaczenie pomieszczenia	Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wszystkich źródeł hałasu łącznie [dB(A)]		Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem			
				Średni poziom dźwięku A (przy hałasie ustalonym*) lub równoważny poziom dźwięku (przy hałasie nieustalonym**) [dB(A)]		Maks. poziom dźwięku A przy hałasie nieustalonym** [dB(A)]	
				dzień	noc	dzień	noc
1	Pomieszczenia mieszkalne w budynkach mieszkalnych, internatach, domach rencistów, domach dziecka, hotelach kategorii S i I, hotelach robotniczych	40	30	35	25	40	30
2	Kuchnie i pomieszczenia sanitarne w mieszkaniach	45	40	40	40	45	45
3	Pokoje w hotelach kategorii II i niższych	45	35	40	30	45	35
4	Pokoje w domach wczasowych	40÷45***	30÷35***	35÷40	25÷30	40÷45***	30÷35***
5	Pokoje chorych w szpitalach i sanatoriach za wyjątkiem pokoi w oddz. intensywnej opieki medycznej	35	30	30	25	35	30
6	Pomieszczenia łóżkowe w oddziałach intensywnej opieki medycznej	30	30	25	25	30	30
7	Sale operacyjne, pokoje przygotowania chorych do operacji	35	-	30	-	35	-
8	Gabinety badań lekarskich w przychodniach i szpitalach, pomieszczenia psychoterapii	35	-	30	-	35	-
9	Pokoje lekarskie, pielęgniarskie oraz inne pomieszczenia szpitalne (za wyjątkiem działów technicznych i gospodarczych)	40	30	35	25	40	35
10	Laboratoria medyczne, pokoje recepturowe w aptekach	40	-	35	-	40	-

*Np. pochodzący od centralnego ogrzewania, wentylacji, stacji transformatorowych,

**Np. pochodzący od urządzeń dźwigowych, ze zsyków śmieciowych, itp.,

***Należy przyjmować indywidualnie w podanych granicach w zależności od kategorii obiektu,

****Należy przyjmować indywidualnie w podanych granicach w zależności od rodzaju zajęć,

*****Nie normalizuje się wartości maksymalnych.

Tab. (c.d.) Dopuszczalne poziomy dźwięku A w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi (wg PN-87/B-02151/02)

Lp.	Przeznaczenie pomieszczenia	Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wszystkich źródeł hałasu łącznie [dB(A)]		Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem			
				Średni poziom dźwięku A (przy hałasie ustalonym*) lub równoważny poziom dźwięku (przy hałasie nieustalonym**) [dB(A)]		Maks. poziom dźwięku A przy hałasie nieustalonym** [dB(A)]	
				dzień	noc	dzień	noc
11	Pokoje dla dzieci w żłobkach, klasy w przedszkolach	35	-	30	-	35	-
12	Klasy i pracownie szkolne (za wyjątkiem pracowni zajęć technicznych), sale wykładowe, audytoria	40	-	35	-	40	-
13	Sal konferencyjne	40	-	35	-	40	-
14	Pomieszczenia do pracy umysłowej wymagającej silnej koncentracji uwagi	35	-	30	-	35	-
15	Pomieszczenia administracyjne bez wewnętrznych źródeł hałasu	40	-	35	-	40	-
16	Pomieszczenia administracyjne z wewnętrznymi źródłami hałasu, pomieszczenia administracyjne w obiektach tymczasowych	45	-	40	-	45	-
17	Sal zajęć w domach kultury	35-45****	-	30-40	-	40-50****	-
18	Sal kawiarniane i restauracyjne	50	-	45	-	*****	-
19	Sal sklepowe	50	-	45	-	*****	-

*Np. pochodzący od centralnego ogrzewania, wentylacji, stacji transformatorowych,

**Np. pochodzący od urządzeń dźwigowych, ze zsyków śmieciowych, itp.,

***Należy przyjmować indywidualnie w podanych granicach w zależności od kategorii obiektu,

****Należy przyjmować indywidualnie w podanych granicach w zależności od rodzaju zajęć,

*****Nie normalizuje się wartości maksymalnych.

Tab. Dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego wywołany pracą instalacji
(wybrane na podstawie PN-EN 15251)

Pomieszczenie	Poziom ciśnienia akustycznego [dB(A)]	
	Zakres	Typowo projektowany
Salon	25 ÷ 40	32
Sypialnia	20 ÷ 35	26
Biuro (małe)	30 ÷ 40	35
Biuro „open-space”	35 ÷ 45	40
Sala konferencyjna	30 ÷ 40	35
Audytorium	30 ÷ 35	33
Biblioteka	28 ÷ 35	30
Sala kinowa	30 ÷ 35	33
Muzeum	28 ÷ 35	30
Sklep	35 ÷ 50	40
Supermarket	40 ÷ 50	45
Kawiarnia	35 ÷ 50	40
Restauracja	35 ÷ 50	45
Pokój hotelowy (dzień)	30 ÷ 40	35
Pokój hotelowy (noc)	25 ÷ 35	30
Recepcja	35 ÷ 45	40
Klasa szkolna	30 ÷ 40	35
Pokój nauczycielski	30 ÷ 40	35

Tab. Dopuszczalny maksymalny poziom dźwięku A w odległości 1m od urządzenia
w pomieszczeniu technicznym zlokalizowanym w budynku mieszkalnym lub zamieszkania
zbiorowego (wg PN-87/B-02151/02)

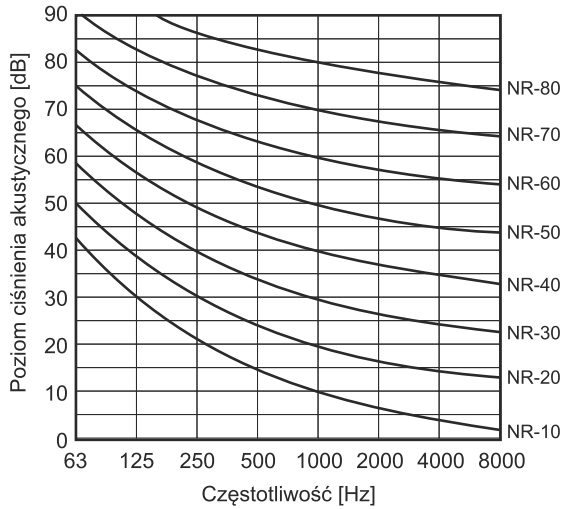
Lp.	Pomieszczenie, charakter pracy urządzenia	Dopuszczalny maks. poziom dźwięku A, w odl. 1m od urządzenia [dB(A)]
1	Węzeł ciepłny, hydrofornia. Praca pomp, działanie zaworu	65
2	Transformatornia, praca transformatora przy minimalnych występujących wartościach obciążenia	62
3	Maszynownia dźwigu. Praca zespołu napędowego.	65
4	Przestrzeń nad dachem budynku, praca wentylatora dachowego	65*

* Wymaganie dotyczy przypadku, gdy hałas pochodzący od wentylatora przenika do pomieszczenia wyłącznie przez instalację wentylacyjną. W przypadku, gdy hałas wentylatora może przenikać do pomieszczeń danego lub innego budynku przez okna, wówczas dopuszczalny poziom dźwięku A w odległości 1m od wentylatora należy ustalać indywidualnie w zależności od możliwych do zastosowania w konkretnym przypadku zabezpieczeń, lecz nie większy niż 65dB.

12.3. Wskaźniki oceny hałasu NR i NC

12.3.1. Krzywe oceny uciążliwości hałasu NR

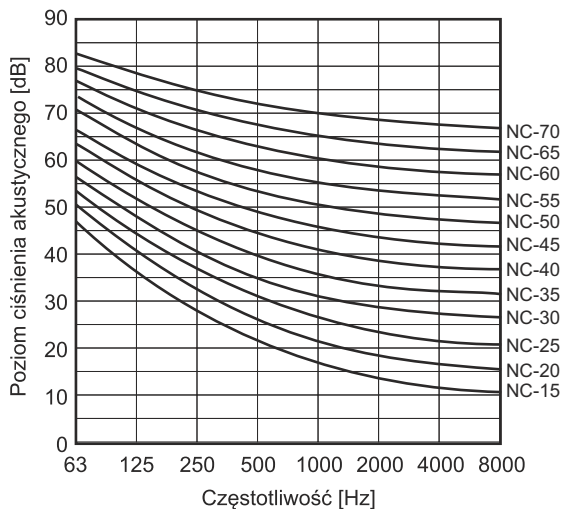
Stożek uciążliwości hałasu zależy od poziomu dźwięku, a także od jego częstotliwości, przy czym większe znaczenie mają częstotliwości wyższe. Krzywe NR (Noise Rating) sporządzone wg zaleceń ISO, służą do oceny hałasu o widmie złożonym. W celu dokonania oceny należy porównać poziom ciśnienia akustycznego w poszczególnych pasmach z wartościami określonymi przez krzywe NR. W przypadku hałasu wywołanego przez urządzenia wentylacyjne, zalecana wartość wskaźnika NR jest mniejsza od poziomu dźwięku A o średnio 5 dB.



Rys. Krzywe graniczne NR.

12.3.2. Wskaźnik oceny hałasu NC

Wskaźnik oceny hałasu NC (Noise Criteria) służy do określenia oddziaływania hałasu o widmie złożonym. Linie graniczne NC pozwalają określić maksymalny dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego w każdym paśmie oktawowym w zakresie 63Hz ÷ 8kHz.



Rys. Krzywe NC.

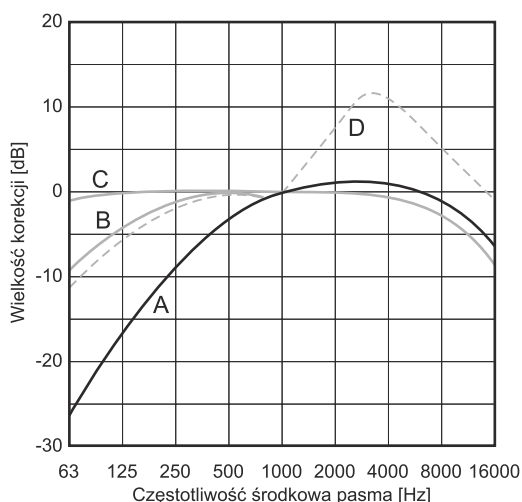
12.4. Filtr korekcyjny A

Ze względu na właściwości ludzkiego słuchu, stosuje się przetwarzanie sygnału przez filtry wagowe (korekcyjne) o znormalizowanych charakterystykach. Kształtowanie sygnału mierzonego przy pomocy filtrów wagowych nazywane jest ważeniem częstotliwościowym.

Krzywe wagowe:

- A - dla niskich poziomów ciśnienia, poniżej 55dB
- B - dla średnich poziomów ciśnienia, 55 ÷ 85dB
- C - dla wysokich wartości ciśnienia, powyżej 85dB
- D - stosowana do pomiaru hałasów lotniczych

W praktyce, w większości przypadków stosowana jest krzywa korekcyjna A. Krzywe B i C nie odpowiadają wynikom testów subiektywnych (zostały wyznaczone dla tonów prostych). Poziom ciśnienia akustycznego skorygowany wg charakterystyki częstotliwościowej A nazywany jest poziomem dźwięku A.



Rys. Krzywe ważenia A, B, C, D.

Tab. Wartości korekcji filtrem A dla częstotliwości środkowych pasm oktaowych

[Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
[dB]	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,0	-1,1	-6,6

12.5. Operacje na wartościach poziomów L [dB]

12.5.1. Dodawanie poziomów z kilku źródeł dźwięku

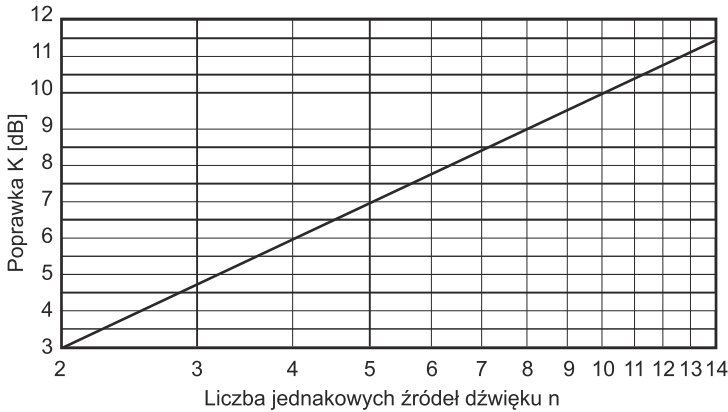
Przy jednakowych źródłach dźwięku poziom sumaryczny wynosi:

$$L_c = L_1 + K \quad [\text{dB}]$$

$$K = 10 \log(n) \quad [\text{dB}]$$

gdzie:

- L_c - poziom całkowity [dB],
- n - liczba jednakowych źródeł dźwięku,
- L_1 - poziom pojedynczego źródła [dB].



Rys. Poprawka zwiększająca przy dodawaniu źródeł o tym samym poziomie dźwięku.

Kilka różnych źródeł dźwięku:

$$L = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_i} \quad [\text{dB}]$$

gdzie:

$L_i = L_1, L_2, \dots, L_n$ - kolejne poziomy dla poszczególnych źródeł dźwięku [dB].

Przy dodawaniu poziomów z dwóch źródeł dźwięku można zastosować poprawkę określoną dla arytmetycznej różnicy poziomów L_1 i L_2 . Aby otrzymać poziom całkowity należy poprawkę K dodać do większej wartości L_1 lub L_2 .

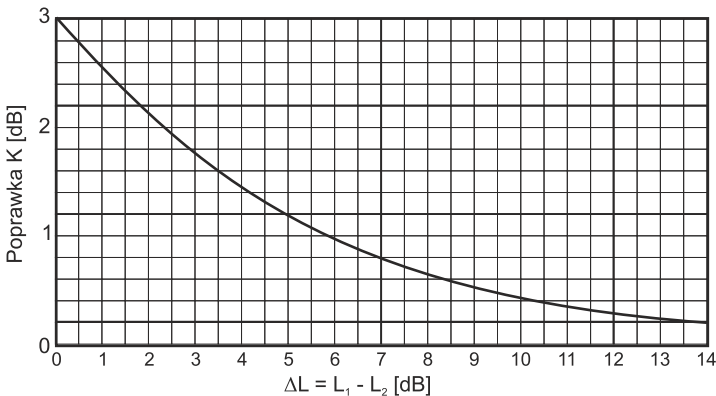
$$L_c = L_1 + K \quad [\text{dB}]$$

gdzie:

L_c - poziom całkowity [dB],

L_1 - większy poziom z dwóch sumowanych [dB],

K - poprawka zależna od $\Delta L = L_1 - L_2$ [dB].



Rys. Poprawka zwiększająca przy dodawaniu źródeł o różnym poziomie dźwięku.

12.5.2. Odejmowanie poziomów

Odejmowanie poziomów stosuje się w przypadku, gdy znany jest poziom całkowity L_c oraz poziom dźwięku jednego ze źródeł L_1 , a konieczne jest określenie poziomu dźwięku drugiego źródła L_2 .

Obliczenia można dokonać zgodnie z zależnością:

$$L_2 = 10 \log (10^{0,1 \cdot L_c} - 10^{0,1 \cdot L_1}) \quad [\text{dB}]$$

gdzie:

L_c - poziom całkowity [dB],

L_1 - znany jeden z poziomów dźwięku składający się na poziom całkowity [dB],

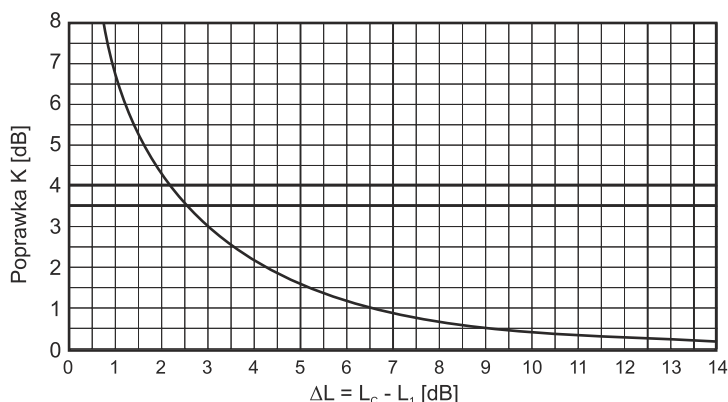
L_2 - szukany poziom dźwięku [dB].

Stosując wartość poprawki K można też zapisać:

$$L_2 = L_c - K \quad [\text{dB}]$$

gdzie:

K - poprawka zależna od $\Delta L = L_c - L_1$ [dB].



Rys. Poprawka stosowana przy odejmowaniu źródeł o różnym poziomie dźwięku.

12.6. Tłumienie własne instalacji wentylacyjnej

12.6.1. Tłumienie dźwięku w prostych odcinkach kanałów wentylacyjnych

Stopień tłumienia dźwięku w przewodach prostych zależy od sztywności ścianki przewodu, przy czym przewody o ściankach sztywnych mają tłumienie mniejsze. Wartość tłumienia jest większa dla przewodów prostokątnych i niskich częstotliwości dźwięku.

Tab. Tłumienie dźwięku w prostych odcinkach przewodów okrągłych i prostokątnych, wykonanych z blachy

Średnica d lub większy wymiar przewodu prostokątnego b	Tłumienie dB/m w pasmach oktaowych							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Przewody o przekroju okrągłym								
100 ÷ 200	0,1	0,1	0,15	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3
200 ÷ 400	0,05	0,1	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2
400 ÷ 800	0	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15
800 ÷ 1000	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Przewody o przekroju prostokątnym								
100 ÷ 200	0,6	0,6	0,45	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
200 ÷ 400	0,6	0,6	0,45	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
400 ÷ 800	0,6	0,6	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
800 ÷ 1000	0,45	0,3	0,15	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05

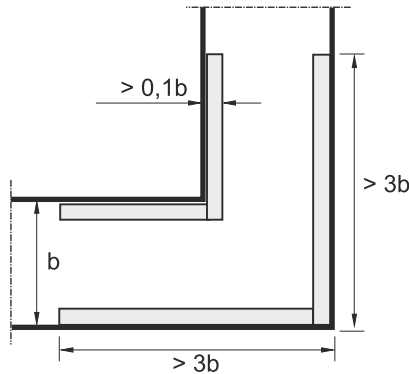
W przypadku wyłożenia kanału materiałem dźwiękochłonnym tłumienie jednostkowe można określić ze wzoru:

$$\Delta L = 1,09 \cdot \frac{\alpha}{R} \quad [\text{dB/m}]$$

α - współczynnik pochłaniania dźwięku zastosowanego materiału,
 R - promień hydrauliczny przewodu [m].

12.6.2. Tłumienie przy zmianie kierunku przepływu

Tłumienie dźwięku przy zmianie kierunku przepływu w łukach i kolanach zależy od częstotliwości dźwięku i wymiarów kształtki. W przypadku łuków i kolan o przekroju okrągłym tłumienie osiąga maksymalnie wartość 2 - 3dB. Wyposażenie kolana prostokątnego w kierownicę przepływu ma niewielki wpływ na wartość tłumienia.



Rys. Kolano z wykładziną dźwiękochłonną. Wymiar b przewodu prostokątnego leży w płaszczyźnie zmiany kierunku.

Tab. Tłumienie w kolanach bez wykładziny dźwiękochłonnej

Średnica d lub wymiar przewodu prostokątnego b	Tłumienie dB/m w pasmach oktawowych							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Kolano o przekroju okrągłym								
125 ÷ 200	0	0	0	0	1	2	3	3
250 ÷ 400	0	0	0	1	2	3	3	3
500 ÷ 800	0	0	1	2	3	3	3	3
1000 ÷ 2000	0	1	2	3	3	3	3	3
Kolano o przekroju prostokątnym								
125 ÷ 200	0	0	0	0	6	8	4	3
250 ÷ 400	0	0	0	6	8	4	3	3
500 ÷ 800	0	0	6	8	4	3	3	3
1000 ÷ 2000	0	6	8	4	3	3	3	3

Tab. Tłumienie w kolanach z wykładziną dźwiękochłonną

Średnica d lub wymiary przewodu prostokątnego b	Tłumienie dB/m w pasmach oktaowych							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Kolano o przekroju prostokątnym, wykładzina dźwiękochłonna przed kolaniem								
125 ÷ 200	0	0	0	0	6	8	6	8
250 ÷ 400	0	0	0	6	8	6	8	11
500 ÷ 800	0	0	6	8	6	8	11	11
1000 ÷ 2000	0	6	8	6	8	11	11	11
Kolano o przekroju prostokątnym, wykładzina dźwiękochłonna za kolaniem								
125 ÷ 200	0	0	0	0	7	11	10	10
250 ÷ 400	0	0	0	7	11	10	10	10
500 ÷ 800	0	0	7	11	10	10	10	10
1000 ÷ 2000	0	7	11	10	10	10	10	10
Kolano o przekroju prostokątnym, wykładzina dźwiękochłonna przed i za kolaniem								
125 ÷ 200	0	0	0	0	7	12	14	16
250 ÷ 400	0	0	0	7	12	14	16	18
500 ÷ 800	0	0	7	12	14	16	18	18
1000 ÷ 2000	0	7	12	14	16	18	18	18

12.6.3. Tłumienie w rozgałęzieniach przewodów

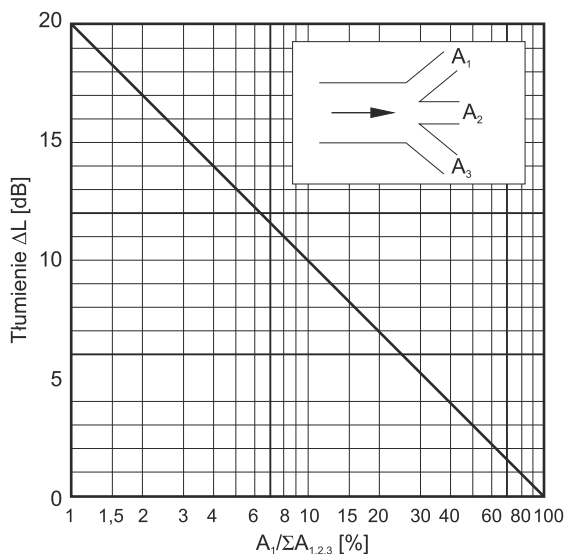
Wartość tłumienia w rozgałęzieniach można wyrazić wzorem:

$$\Delta L = 10 \log \left| \frac{A_1}{\sum A_{1,2,3\dots}} \right| \quad [\text{dB}]$$

gdzie:

A_1 - powierzchnia przekroju rozpatrywanego odgałęzienia [m^2],

$\sum A_{1,2,3}$ - suma powierzchni wszystkich odgałęzień [m^2].



Rys. Tłumienie w rozgałęzieniach (trójnikach) sieci przewodów.

12.6.4. Tłumienie przy nagłych zmianach przekroju przewodu wentylacyjnego

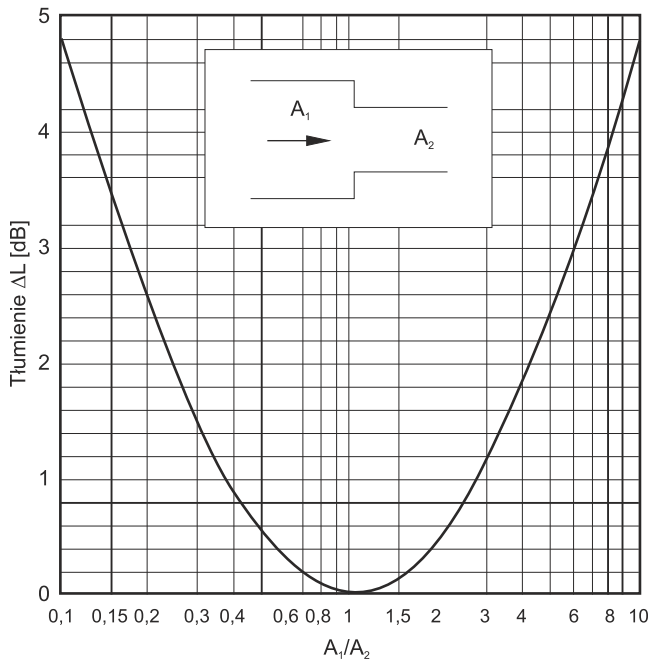
Wartość tłumienia przy zmianie przekroju przewodu można wyrazić wzorem:

$$\Delta L = 10 \log \frac{\left(\frac{A_1}{A_2} + 1 \right)^2}{4 \frac{A_1}{A_2}} \quad [\text{dB}]$$

gdzie:

A_1 - powierzchnia przekroju przewodu przed zmianą przekroju [m^2],

A_2 - powierzchnia przekroju przewodu za zmianą przekroju [m^2].



Rys. Tłumienie przy zmianie przekroju przewodu.

12.6.5. Tłumienie w elementach zakończających

Charakterystyka tłumienia dźwięku w elementach zakończających instalacji, takich jak nawiewniki i wywiewniki, zależy od ich konstrukcji, rozmiarów, a także od parametrów akustycznych skrzynki rozprężnej. Dlatego też najlepiej jest przyjmować wartości tłumienia według danych producenta. Poniżej zamieszczono przykładowe dane pokazujące efekt tłumienia skrzynki rozprężnej LTVM/LRVM.

Tab. Efekt tłumienia [dB] skrzynki rozprężnej LTVM/LRVM
(kat. Venture Industries)

Typ	Częstotliwość środkowa pasma [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
250	5	0	3	10	5	11
325	3	1	6	7	7	9
400	2	2	9	7	7	9
475	2	4	9	7	7	10
550	0	6	7	7	6	9

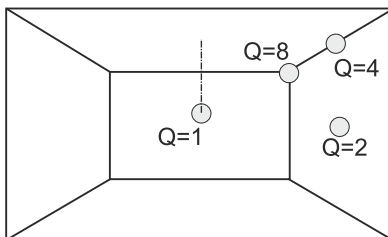
12.7. Obliczanie poziomu ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu

Poziomu ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu od źródła o poziomie mocy akustycznej L_w można wyznaczyć z zależności:

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A} \right) \text{ [dB]}$$

gdzie:

- L_p - poziom ciśnienia akustycznego [dB],
- L_w - poziom mocy akustycznej źródła dźwięku [dB],
- Q - współczynnik kierunkowy,
- r - odległość od źródła dźwięku [m],
- A - chłonność akustyczna pomieszczenia [m^2 Sabin].



Rys. Współczynniki kierunkowe dla różnych lokalizacji źródła dźwięku w pomieszczeniu.

Chłonność akustyczna opisana jest wzorem:

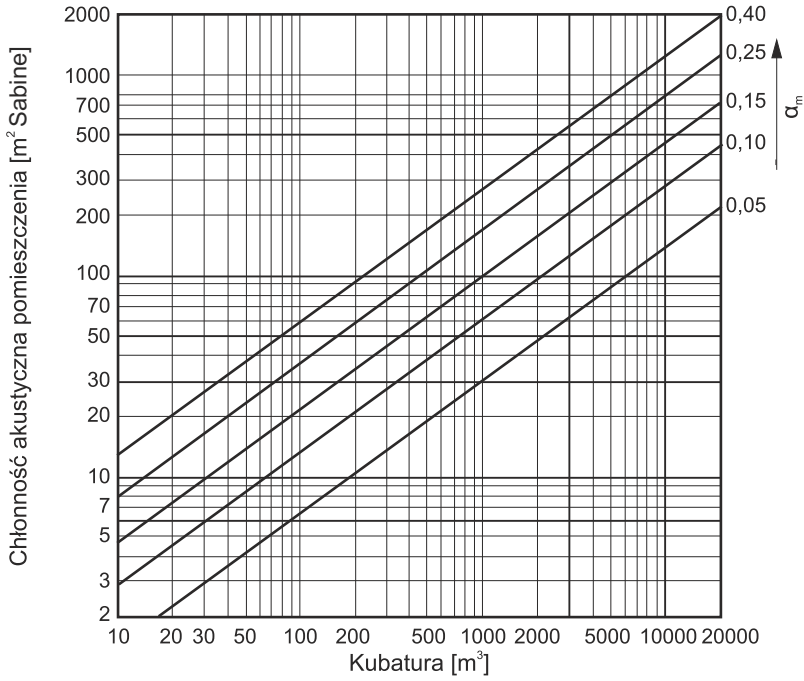
$$A = \frac{S \cdot \alpha_m}{1 - \alpha_m} \text{ [m}^2\text{]}$$

gdzie:

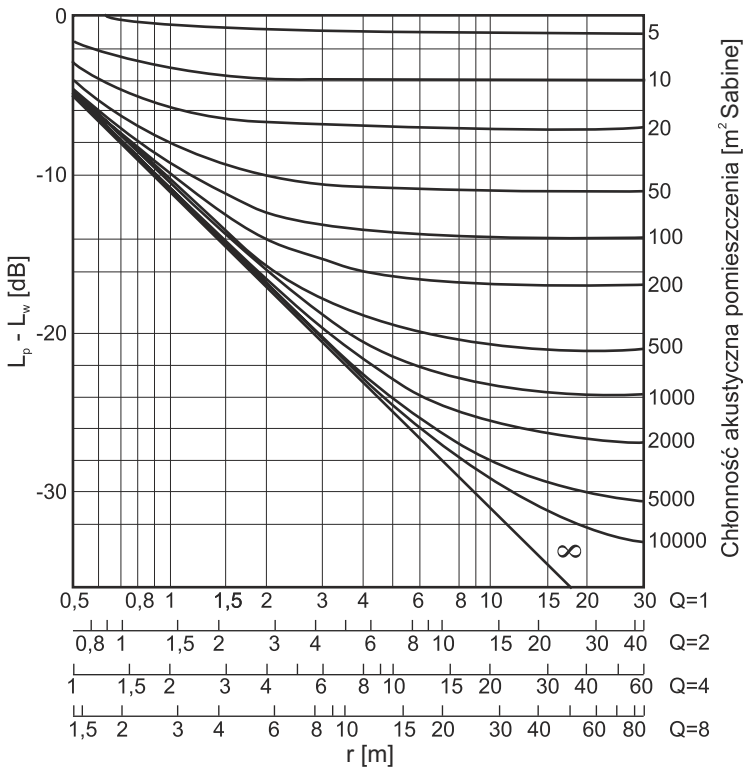
- S - całkowita powierzchnia pochłaniająca [m^2],
- α_m - średni współczynnik pochłaniania dźwięku.

Tab. Wartości średniego współczynnika pochłaniania dźwięku

Rodzaj pomieszczenia	α_m
studia radiowe, studia nagrań, studia TV	0,30 ÷ 0,45
domy towarowe, czytelnie	0,15 ÷ 0,25
mieszkania, pokoje hotelowe, biura, sale konferencyjne, teatry, kina	0,10 ÷ 0,15
sale wykładowe i szkolne, szpitale, małe kościoły	0,05 ÷ 0,10
hale fabryczne, pływalnie, duże kościoły	0,03 ÷ 0,05



Rys. Wyznaczanie chłonności akustycznej pomieszczenia.



Rys. Wyznaczanie tłumienia pomieszczenia.

13. Załączniki

13.1. Właściwości powietrza wilgotnego

Podstawowe parametry powietrza wilgotnego to:

- t_s - temperatura wg termometru suchego [°C] lub [K]
- t_m - temperatura wg termometru mokrego [°C] lub [K]
- h - entalpia (zawartość ciepła) [kJ/kg]
- x - wilgotność bezwzględna (zawartość pary wodnej przypadająca na 1 kilogram powietrza suchego) [kg/kg] lub [g/kg]
- φ - wilgotność względna (stosunek ciśnienia cząstkowego pary wodnej w powietrzu do ciśnienia nasycenia pary wodnej) [%]
- t_r - temperatura punktu rosy (temperatura do której należy schłodzić wilgotne powietrze aby osiągnęło stan nasycenia) [°C] lub [K]

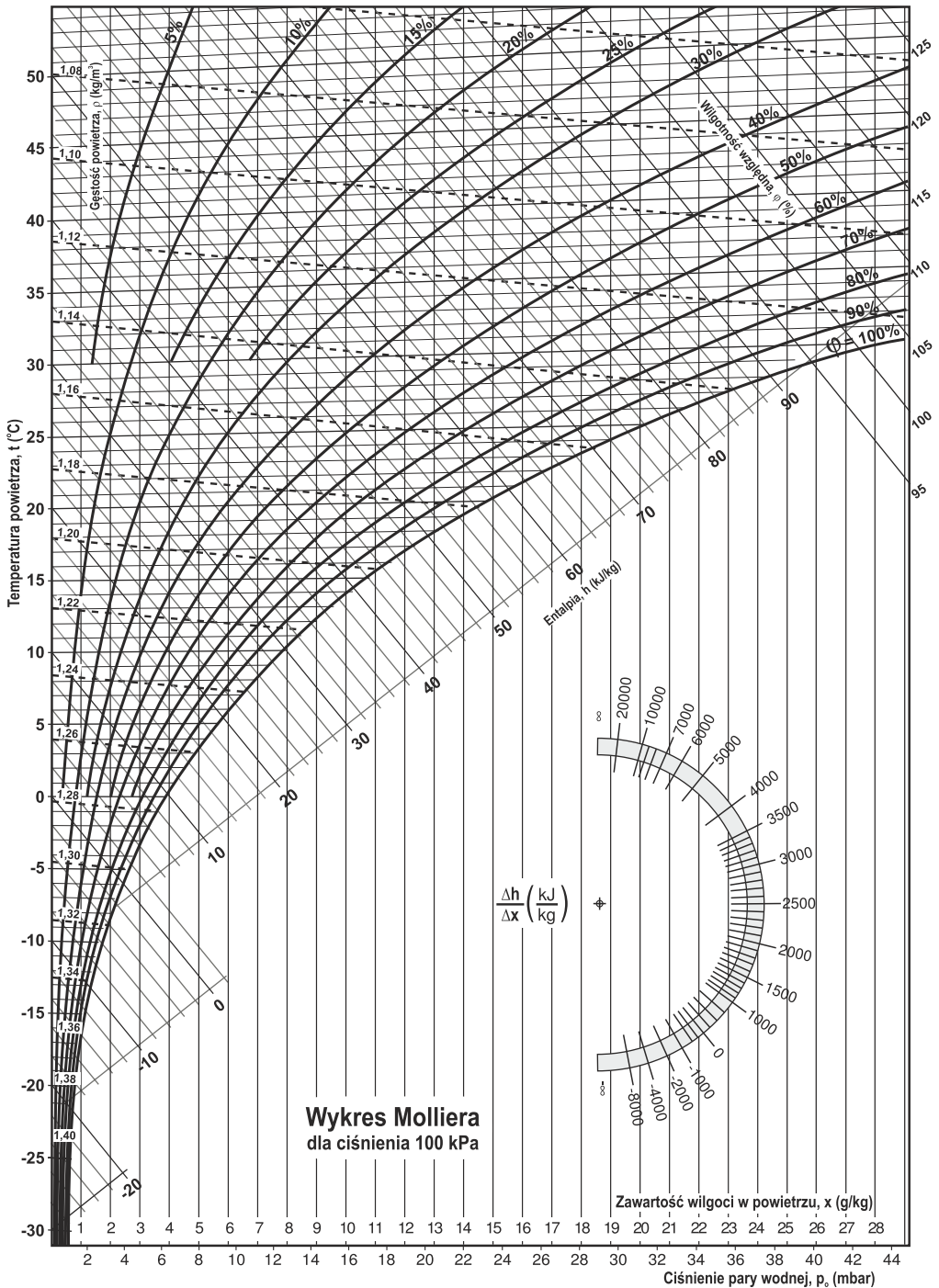
Zależność pomiędzy parametrami przedstawia wykres własności powietrza wilgotnego (wykres h-x).

Tab. Parametry powietrza wilgotnego przy ciśnieniu 100 kPa

t °C	p_n Pa	x g/kg	c_{ps} kJ/kgK	c_{pwn} kJ/kgK	h_s kJ/kg	h_w kJ/kg	h_{wn} kJ/kg	ρ_s kg/m ³	ρ_w kg/m ³
-30	37,33	0,232	1,006	10,064	-30,18	0,568	-29,61	1,434	1,434
-25	62,79	0,39	1,006	10,067	-25,15	0,959	-24,19	1,405	1,405
-20	102,92	0,64	1,006	10,072	-20,12	1,579	-18,54	1,377	1,377
-15	165,05	1,028	1,006	10,079	-15,09	2,542	-12,55	1,351	1,35
-10	259,44	1,618	1,006	10,09	-10,06	4,016	-6,04	1,325	1,324
-5	401,03	2,504	1,006	10,107	-5,03	6,239	1,21	1,3	1,298
0	610,8	3,823	1,006	10,131	0	9,561	9,56	1,276	1,273
5	871,8	5,47	1,006	10,162	5,03	13,732	18,76	1,253	1,249
10	1227,1	7,727	1,006	10,205	10,06	19,47	29,53	1,231	1,225
15	1704,1	10,783	1,006	10,268	15,09	27,271	42,36	1,21	1,202
20	2336,8	14,883	1,006	10,339	20,12	37,779	57,9	1,189	1,179
25	3166,3	20,338	1,0061	10,435	25,15	51,816	76,97	1,169	1,155
30	4241,7	27,552	1,0062	10,586	30,19	70,453	100,64	1,15	1,131
35	5621,7	37,05	1,0063	10,75	35,22	95,087	130,31	1,131	1,107
40	7374,9	45,24	1,0064	10,999	40,26	127,56	167,82	1,113	1,082
45	9581,9	65,914	1,0065	11,299	45,29	170,4	215,69	1,096	1,056
50	12335	87,52	1,0065	11,711	50,33	227,07	277,4	1,079	1,028
55	15740	116,19	1,0066	13,245	55,36	302,54	357,9	1,062	0,999
60	19919	154,71	1,007	12,966	60,4	404,3	464,7	1,046	0,967

- t - temperatura wg termometru suchego,
- p_n - ciśnienie cząstkowe pary wodnej w powietrzu nasyconym,
- x - zawartość wilgoci,
- c_{ps} - ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu dla powietrza suchego,
- c_{pwn} - ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu dla powietrza wilgotnego,
- h_s - entalpia powietrza suchego,
- h_w - entalpia pary wodnej nasyconej,
- h_{wn} - entalpia powietrza wilgotnego nasyconego,
- ρ_s - gęstość powietrza suchego,
- ρ_w - gęstość powietrza wilgotnego.

13.2. Wykres h-x dla powietrza wilgotnego



13.3. Przeliczanie jednostek

DŁUGOŚĆ				
m	yd (jard)	ft (stopa)	in (cal)	mila
1	1,0936	3,281	39,37	$6,21 \times 10^{-4}$
0,9144	1	3	36	$5,68 \times 10^{-4}$
0,3048	0,3333	1	12	$1,89 \times 10^{-4}$
0,0254	0,0278	0,08333757	1	$1,58 \times 10^{-5}$
1609,344	1760	5280	63360	1

POLE POWIERZCHNI					
m ²	yd ²	ft ²	in ²	ha	acre
1	1,1960	10,765	1549,997	$1,00 \times 10^{-4}$	$2,47 \times 10^{-4}$
0,8361	1	9,0009	1296	$8,36 \times 10^{-5}$	$2,07 \times 10^{-4}$
$9,29 \times 10^{-2}$	0,1111	1	144	$9,29 \times 10^{-6}$	$2,30 \times 10^{-5}$
$6,45 \times 10^{-4}$	$7,72 \times 10^{-4}$	0,0069	1	$6,45 \times 10^{-8}$	$1,59 \times 10^{-7}$
10000	11959,9	107649,6	15499969	1	2,4710
4047	4840,2	43565,8	6272837	0,4047	1

OBJĘTOŚĆ				
m ³	ft ³	in ³	US Gal	UK Gal
1	35,320	61023,4	264,173	219,780
$2,83 \times 10^{-2}$	1	1728	7,4794	6,2226
$1,64 \times 10^{-5}$	$5,79 \times 10^{-4}$	1	$4,33 \times 10^{-3}$	$3,60 \times 10^{-3}$
$3,79 \times 10^{-3}$	0,1337	231	1	0,8320
$4,55 \times 10^{-3}$	0,1607	277,656	1,2020	1

PRĘDKOŚĆ			
m/s	ft/min (fpm)	km/h	mila/h (mph)
1	196,86	3,6	5,7936
$5,08 \times 10^{-3}$	1	0,0183	$2,94 \times 10^{-2}$
0,2778	$1,41 \times 10^{-3}$	1	0,6214
0,1726	$8,77 \times 10^{-4}$	1,6093	1

STRUMIEŃ OBJĘTOŚCI			
m ³ /s	m ³ /h	l/s	ft ³ /min (cfm)
1	3600	1000	2119,19
$2,78 \times 10^{-4}$	1	0,2778	0,5887
0,001	3,6	1	2,1192
$4,72 \times 10^{-4}$	1,6988	0,4719	1

MASA			
kg	lb (funt)	ounce (uncja)	grain (gran)
1	2,2046	35,274	15432
0,4536	1	16	6999,8
$2,83 \times 10^{-2}$	$6,25 \times 10^{-2}$	1	437,489
$6,48 \times 10^{-5}$	$1,43 \times 10^{-4}$	$2,29 \times 10^{-3}$	1

ENERGIA			
J	kcal	Wh	Btu
1	0,2388	$2,78 \times 10^{-4}$	$9,48 \times 10^{-4}$
4,1868	1	$1,16 \times 10^{-3}$	$3,97 \times 10^{-3}$
3600	859,845	1	3,4121
1055,06	251,996	0,2931	1

MOC				
W	kcal/h	KM	Btu/h	kG×m/s
1	0,8598	$1,36 \times 10^{-3}$	3,4118	0,1020
1,1630	1	$1,58 \times 10^{-3}$	3,9679	0,1186
735,50	632,42	1	2509,62	75
0,2931	0,2520	$3,99 \times 10^{-4}$	1	$2,99 \times 10^{-2}$
9,8067	8,4322	$1,33 \times 10^{-2}$	33,4584	1

CIŚNIENIE							
Pa	bar	atm	mm H₂O (kG/m²)	mm Hg (Tor)	in H₂O	in Hg	psi
1	0,00001	$9,87 \times 10^{-6}$	0,1020	$7,50 \times 10^{-3}$	$4,02 \times 10^{-3}$	$2,95 \times 10^{-4}$	$1,45 \times 10^{-4}$
100000	1	0,9869	10197,2	750,06	401,463	29,5007	14,5038
101325	1,01325	1	10332,3	760	406,782	29,8916	14,6959
9,8066	$9,81 \times 10^{-5}$	$9,68 \times 10^{-5}$	1	$7,36 \times 10^{-2}$	$3,94 \times 10^{-2}$	$2,89 \times 10^{-3}$	$1,42 \times 10^{-3}$
133,32	$1,33 \times 10^{-3}$	$1,32 \times 10^{-3}$	13,595	1	0,5352	$3,93 \times 10^{-2}$	$1,93 \times 10^{-2}$
249,09	$2,49 \times 10^{-3}$	$2,46 \times 10^{-3}$	25,4	1,8683	1	$7,35 \times 10^{-2}$	$3,61 \times 10^{-2}$
3386,40	$3,39 \times 10^{-2}$	$3,34 \times 10^{-2}$	345,32	25,400	13,609	1	0,4912
6894,76	$6,89 \times 10^{-2}$	$6,80 \times 10^{-2}$	703,07	51,715	27,707	2,0360	1

TEMPERATURA			
Skala	K	°C	°F
Kelvin	x	$x-273,15$	$1,8x-459,67$
Celsiusz	$x + 273,15$	x	$1,8x+32$
Fahrenheit	$(x+459,67)/1,8$	$(x-32)/1,8$	x

14.Literatura

1. ASHRAE Handbook - HVAC Fundamentals, ASHRAE 2005, 2009,
2. ASHRAE Handbook - HVAC Applications, ASHRAE 2007,
3. ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipment, ASHRAE 2008,
4. P. O. Fanger; Komfort cieplny, Arkady, 1974,
5. Maciej Gliński; Miejscowa wentylacja wywiewna - poradnik, DW Medium, Warszawa 2007,
6. H. Goodfellow, E. Tahti; Industrial Ventilation Design Guidebook, Academic Press, 2001,
7. Hvac Systems Duct Design, SMACNA,
8. I.E. Idelchik; Handbook of Hydraulic Resistance, CRC Press, Begell House 1996,
9. W.P. Jones; Klimatyzacja, Arkady, Warszawa 2001,
10. Jerzy Makowiecki; Klimatyzacja - ćwiczenia, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1978,
11. Maksymilian Malicki; Odciągi miejscowe - poradnik projektanta, Arkady, Warszawa, 1959,
12. Maksymilian Malicki; Wentylacja i klimatyzacja, PWN, Warszawa 1980,
13. Aleksander Pelech; Wentylacja i klimatyzacja - podstawy, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008,
14. Stanisław Przydróżny, Jan Ferencowicz; Klimatyzacja, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1988,
15. Stanisław Przydróżny; Wentylacja, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1991,
16. Recknagel, Sprenger, Hönnmann, Schramek; Ogrzewanie i klimatyzacja - poradnik, EWF, Gdańsk 2008,
17. Tadeusz Szymański, Wiktor Wasiluk; Wentylacja użytkowa - poradnik, IPPU Masta 1999,
18. Hans-Jürgen Ullrich; Technika klimatyzacyjna - poradnik, IPPU Masta, Gdańsk 2001,
19. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów i Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 22 listopada 1951 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładach graficznych. Dz.U.65 poz. 447 1951r.,
20. Rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 2 czerwca 1952 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w kesoach. Dz.U. 31 poz.208 1952r.,
21. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 kwietnia 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w pralniach i farbiarniach. Dz.U.40 poz. 469 2000r.,
22. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 lutego 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy procesach galwanotechnicznych. Dz.U.19 poz. 192 2002r.,
23. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami), Dz. U. Nr 75, poz. 690,
24. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 24 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu i magazynowaniu środków ochrony roślin oraz nawozów mineralnych i organiczno-mineralnych. Dz.U.99 poz. 896 2002r.,
25. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 września 2002 r. w sprawie szczegółowych wymogów, jakimi powinien odpowiadać lokal apteki. Dz.U. 171 poz. 1395 2002r.,
26. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (z późniejszymi zmianami). Dz.U. nr 217 poz. 1833 2002r.,
27. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy czyszczeniu powierzchni, malowaniu i metalizacji natryskowej. Dz.U.237 poz. 2003 2002r.,

28. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 maja 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy obsłudze amoniakalnych instalacji chłodniczych w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego. Dz.U.98 poz. 902 2003r.,
29. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 lipca 2003 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, Dz.U. nr 143 poz. 1393 2003r.,
30. Obwieszczenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Dz.U.169 poz. 1650 2003r.,
31. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 lutego 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań sanitarnych, jakim powinny odpowiadać zakłady fryzjerskie, kosmetyczne, tatuażu i odnowy biologicznej. Dz.U.31 poz. 237 2004r.,
32. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi. Dz.U.180 poz. 1325 2006r.,
33. Rozporządzenie Minister Gospodarki z dnia 19 marca 2007 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas stosowania rtęci i jej związków. Dz.U.69 poz.455 2007r.,
34. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 marca 2007 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu prac z użyciem cyjanków do obróbki cieplnej metali, ich roztworów i mieszanin. Dz.U.69 poz.456 2007r.,
35. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 sierpnia 2007 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji wyrobów włókienniczych. Dz.U.179 poz. 1274 2007r.,
36. PN-EN 779:2005, Przeciwpływowe filtry powietrza do wentylacji ogólnej - Określanie parametrów filtracyjnych,
37. PN-EN 1127-1:2009, Atmosfery wybuchowe -- Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem - Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka,
38. PN-EN 1822-1:2001, Wysokoskuteczne filtry powietrza (HEPA i ULPA) - Część 1: Klasyfikacja, badanie parametrów, znakowanie,
39. PN-B-02151-02:1987, Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach - Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach,
40. PN-B-03420:1976, Wentylacja i klimatyzacja - Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego,
41. PN-B-03421:1978, Wentylacja i klimatyzacja - Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi,
42. PN-B-03430:1983/Az3:2000, Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej - Wymagania,
43. PN-EN ISO 7730:2006, Ergonomia środowiska termicznego - Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego,
44. PN-EN 12792:2006, Wentylacja budynków - Symbole, terminologia i oznaczenia na rysunkach,
45. PN-EN 13779:2008, Wentylacja budynków niemieszkalnych - Wymagania dotyczące właściwości instalacji wentylacji i klimatyzacji,
46. PN-EN 15251:2007, Kryteria środowiska wewnętrznego, obejmujące warunki cieplne, jakość powietrza wewnętrznego, oświetlenie i hałas,
47. VDI 2052 Ventilation for kitchens,
48. VDI 2053 Air treatment systems for car parks.

15.1. Elektryka

W przypadku jakichkolwiek czynności wykonywanych przy wentylatorze należy odłączyć urządzenie od sieci elektrycznej. Podłączenie instalacji elektrycznej powinno być wykonane przez wykwalifikowany i upoważniony do tego personel, zgodnie z odpowiednimi regulacjami prawnymi obowiązującymi w kraju.

Wentylatory mechaniczne są napędzane przez silniki, czyli rodzaj maszyn zamieniających energię, np. elektryczną na pracę mechaniczną. Maszynę, w której energia elektryczna zamieniana jest na energię mechaniczną nazywamy **silnikiem elektrycznym**.

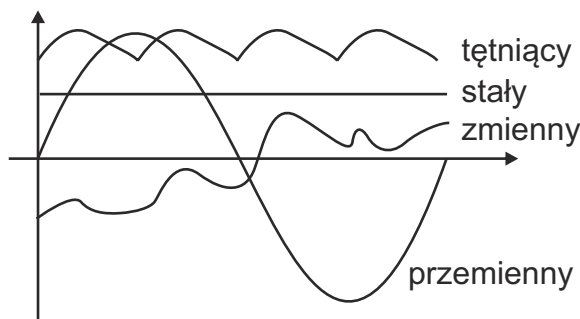
Energię elektryczną dostarcza do indywidualnych odbiorców sieć elektroenergetyczna. W Europie i większości krajów świata sieć elektroenergetyczna tzw. "niskiego napięcia", tzn. doprowadzona bezpośrednio do odbiorców indywidualnych dostarcza prąd przemienny o częstotliwości 50 Hz, przy napięciu fazowym 230 V. Odbiorcy wymagający nieco większej mocy dostarczanej zasilani są z sieci trójfazowej przy napięciu międzyfazowym 400 V. Niemal do końca XX wieku stosowano standard sieci niskiego napięcia 220 V/380 V. W USA, Japonii i niektórych innych krajach poza Europą standardy sieci elektroenergetycznej są inne, np. 60 Hz, przy napięciu 120 V.

Silniki elektryczne ze względu na sposób zasilania dzielimy na silniki:

- a) prądu stałego DC
- b) prądu przemiennego AC
 - Jednofazowe (klatkowy z lub bez kondensatora rozruchowego)
 - Trójfazowe (klatkowy, liniowy, pierścieniowy)

Prąd stały (ang. direct current, DC) charakteryzuje się stałą wartością natężenia prądu.

Prąd przemienny (ang. alternating current, AC) - szczególny przypadek prądu zmiennego, w którym wartości chwilowe podlegają zmianom w powtarzalny, okresowy sposób, z określoną częstotliwością. Wartości chwilowe natężenia prądu przemiennego przyjmują naprzemiennie wartości dodatnie i ujemne (stąd nazwa przemienny).



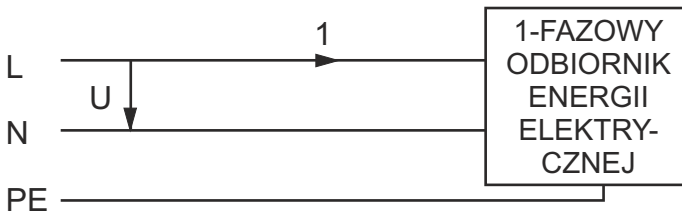
Układ jednofazowy - instalacja o napięciu 230 V, składająca się z dwóch lub trzech przewodów. Instalacje starsze składają się z przewodu fazowego L i neutralnego N (lub PEN), natomiast nowsze dodatkowo jeszcze z przewodu ochronnego PE (żółto-zielonego).

Układ trójfazowy - układ składający się z 3 obwodów elektrycznych prądu przemiennego, w których napięcia są przesunięte względem siebie w fazie o 1/3 okresu. Instalacja trójfazowa potocznie nazywana „siłą” o napięciu 230/400V składa się z czterech lub pięciu przewodów. Instalacje starsze składają się z trzech przewodów fazowych (L1, L2, L3) i jednego neutralnego N (lub PEN), natomiast nowsze dodatkowo jeszcze z przewodu ochronnego PE (żółto-zielonego).

Napięcie fazowe (U) to wartość skuteczna napięcia pomiędzy przewodem fazowym a przewodem neutralnym. Zgodnie z normą PN-IEC 60038:1999, wartość skuteczna napięcia fazowego w sieciach niskiego napięcia (nn), przy częstotliwości sieci 50 Hz wynosi 230 V. Jest to podstawowa wartość charakteryzująca instalacje jednofazowe.

Napięcie międzyfazowe (U) jest to wartość skuteczna napięcia elektrycznego pomiędzy dwoma wybranymi przewodami fazowymi w układzie trójfazowym. W przypadku idealnym (napięcia sinusoidalnie zmienne, symetria faz) wartość ta jest $\sqrt{3}$ razy większa od wartości napięcia fazowego. Według obowiązującej normy 60038:1999 (Napięcia znormalizowane IEC) w Polsce wartość skuteczna napięcia międzyfazowego w sieciach niskiego napięcia (nn), przy częstotliwości sieci 50 Hz, wynosi $400\text{ V} \pm 10\%$.

Układ jednofazowy:



L - przewód fazowy instalacji jednofazowej;
 N - przewód neutralny;
 PE - przewód ochronny;

Moc prądu przemiennego jednofazowego:

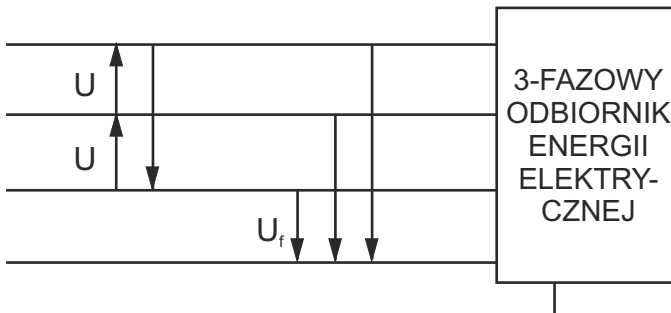
Moc czynna $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ Jednostką mocy czynnej P jest 1 Wat [W]

Moc bierna $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ Jednostką mocy biernej Q jest 1 Var [Var]

Moc pozorna $S = U \cdot I$ Jednostką mocy pozornej S jest 1 Voltamper [VA]
 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Gdzie:
 U - wartość skuteczna napięcia;
 I - wartość skuteczna prądu;
 $\cos \varphi$ - współczynnik mocy.

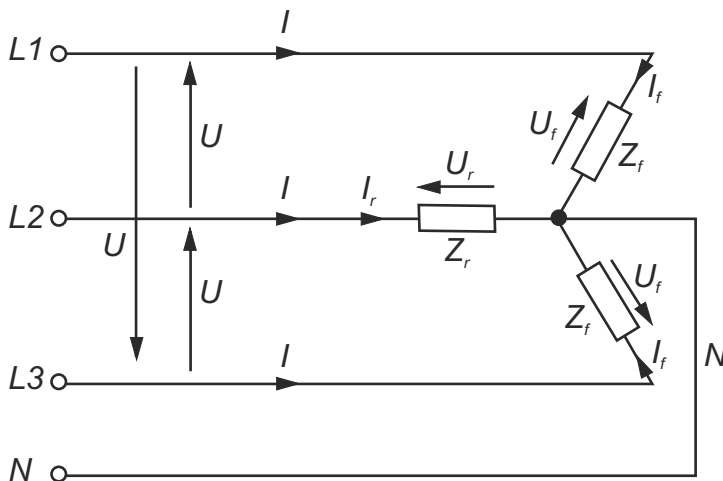
Układ trójfazowy:



L_1, L_2, L_3 - przewody fazowe instalacji trójfazowej;
 N - przewód neutralny;
 PE - przewód ochronny;
 U - napięcie międzyprzewodowe (międzyfazowe);
 U_f - napięcie fazowe.

W układach trójfazowych symetrycznych zachodzą następujące zależności:

a) połączenie w gwiazdę - Y



$$U = \sqrt{3} \cdot U_f$$

$$I = I_f$$

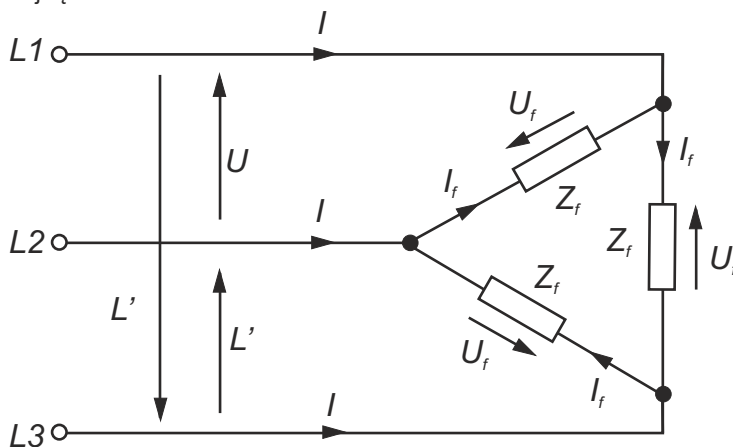
gdzie:

I - prąd przewodowy;

I_f - prąd fazowy;

Z_f - impedancje odbiornika.

b) połączenie w trójkąt - D



$$I = \sqrt{3} \cdot I_f$$

$$U = U_f$$

Moc prądu przemiennego trójfazowego:

$$\text{Moc czynna } P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad [\text{W}]$$

$$\text{Moc bierna } Q = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad [\text{Var}]$$

$$\text{Moc pozorna } S = 3 \cdot U_f \cdot I_f = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad [\text{VA}]$$

Silniki 3-fazowe oznaczone jako 230V/400V D/Y mogą być podłączone do 3-faz sieci o:

- napięciu międzyprzewodowym 400V przy połączeniu w Y
- napięciu międzyprzewodowym 230V przy połączeniu w D

Silniki 3-fazowe oznaczone jako 400V/660V D/Y mogą być podłączone do 3-faz sieci o:

- napięciu międzyprzewodowym 660V przy połączeniu w Y
- napięciu międzyprzewodowym 400V przy połączeniu w D (rozruch 0-Y-D)

Silniki 3-fazowe oznaczone jako 400V D mogą być podłączone do 3-faz sieci o:

- napięciu międzyprzewodowym 400V przy połączeniu w D (rozruch 0-Y-D)

Sposoby regulacji prędkości obrotowej silników

1. Zmiana wartości amplitudy napięcia zasilającego - zmiana poślizgu

- regulator tyrystorowy
- regulator transformatorowy
- silniki dwubiegowe

Regulator tyrystorowy (REB)

zalety: bezstopniowa regulacja, niewielkie wymiary, mała masa, niewielki koszt

twady: generowanie zakłóceń, harmonicznym wyższych rzędów napięcia zasilającego, słyszalny jest przydźwięk spowodowany brzęczeniem blach stojana.

Transformatory (RMB i RMT) stopniowa regulacja napięcia zasilającego silnik (zależy od liczby odczepów transformatora), napięcie podawane na silnik nie jest odkształcone, podczas pracy silnika z transformatorem nie występuje efekt przydźwięku.

Silnik dwubiegowy bardzo prosty sposób skokowej zmiany prędkości obrotowej silnika polegający na włączaniu jednej lub dwóch sekcji silnika (bieg szybki, wolny, dla 1-faz silników za pomocą przełącznika REGUL 2). Ten sposób regulacji jest bardzo tani w realizacji, nie wprowadza do sieci zasilającej zakłóceń.

2. Zmiana liczby par biegunów - silniki wielobiegowe, silniki w układzie Dahlandera

Regulacja polega na zmianie konfiguracji połączenia uzwojeń silnika, prędkość synchroniczna silnika określa wzór $n = 60f/p$, f - częstotliwość, p - liczba par biegunów silnika. Do tego typu regulacji wymagany jest silnik wielobiegowy (z wyprowadzonymi 6 zaciskami) i łącznik krzywkowy umożliwiający przeprowadzenie operacji przełączania. Możliwość połączenia w układ Y/D; Y/Y (dwie separowane gwiazdy), YY/Y (układ dahlandera). Problemem przy silnikach wielobiegowych jest sposób ich zabezpieczenia przed skutkami przeciążeń, ponieważ każdy bieg charakteryzuje się innym prądem roboczym.

3. Zmiana wartości częstotliwości napięcia zasilającego

Zasilanie silnika poprzez przemiennik częstotliwości umożliwia płynną regulację prędkości obrotowej poprzez zmianę częstotliwości napięcia zasilającego. Praca z falownikiem powodować może generowanie hałasu (drżenie blach stojana). Przy wolnych obrotach należy pamiętać, że wentylator na wale silnika również obraca się wolniej i chłodzenie jest mniej efektywne, należy kontrolować temperaturę maszyny lub stosować niezależne chłodzenie.

Podczas pracy silnika z falownikiem występuje zjawisko prądu upływności, co może powodować konieczność eliminacji z sieci zasilającej wyłączników różnicowoprądowych. Zjawisko prądu upływności jest również przyczyną szybszego zużycia łożysk silnik oraz napędzanych maszyn. Aby tego uniknąć należy instalować przewody ekranowane i odpowiednie uziemianie maszyny, izolację łożysk. Przewody siłowe i sygnałowe powinny być odseparowane.

Podstawowe zabezpieczenia:

Urządzenia elektryczne (np. silniki, transformatory), a także instalacje przystosowane są do pracy przy obciążeniu prądowym, nie przekraczającym pewnej maksymalnej wartości skutecznej, przy zachowaniu ściśle określonych warunków, wśród których podstawowy stanowi temperatura otoczenia. Największą skuteczną wartość prądu, który może płynąć w danym urządzeniu elektrycznym, nie powodując jego nadmiernego nagrzewania, nazywamy prądem znamionowym I_n .

Silniki podczas bezpośredniego rozruchu mogą pobierać z sieci prąd znacznie przekraczający jego wartość znamionową I_n . Prąd ten nazywamy prądem rozruchowym silnika a jego wartość może wahać się w granicach $I_r = 5-7 I_n$.

Silniki elektryczne o napięciu znamionowym do 1000V powinny mieć podstawowe zabezpieczenia:

- zwarciove - od skutków zwarc w uzwojeniach silnika i doprowadzeniach;
- przeciążeniowe - od skutków przekroczenia dopuszczalnych temperatur;
- zanikowe - od skutków zaniku napięcia lub jego powrotu po znacznym obniżeniu;
- czujnik zaniku fazy - od skutków pracy niepełnofazowej.

Typy czujników stosowanych w silnikach:

Czujnik bimetalowy TP może być umieszczony w tarczy łożyskowej silnika od strony napędowej, tuż przy łożysku lub w uzwojeniach silnika. W stanie normalnej pracy, rezystancja czujnika wynosi 0Ω - styki czujnika zwarte. W przypadku, kiedy temperatura czujnika przekroczy ok. np. $120^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ (w zależności od typu czujnika), następuje jego otwarcie - przerwa galwaniczna. Czujniki należy podłączyć do zewnętrznego układu zabezpieczenia i ewentualnie układu sygnalizacji, np. cewka sterowania stycznika. Układ powinien zapewnić rozłączenie napięcia zasilania silnika w przypadku otwarcia.

Czujniki pozystorowe PTC służą do zabezpieczania urządzeń elektrycznych przed przegrzaniem oraz do innych celów regulacyjnych. Pozystor PTC charakteryzuje się wysokim dodatnim wzrostem rezystancji omowej przy wzroście temperatury elementu. Czujniki PTC są umieszczone w uzwojeniu stojana bądź na tracy łożyskowej silnika w celu dodatkowego zabezpieczenia przed przegrzaniem. Przy przekroczeniu dopuszczalnej temperatury, rezystancja czujników gwałtownie wzrasta [$R(+25^{\circ}\text{C})=100\div 500\Omega$; $R(+140^{\circ}\text{C})=\text{ok.}5\text{k}\Omega$]. Należy je podłączyć do zewnętrznego układu zabezpieczającego przekaźnika rezystancyjnego. Układ powinien zapewnić rozłączenie napięcia zasilania silnika w przypadku reakcji czujnika lub sygnalizację wystąpienia zadziałania.

Możliwe przyczyny zadziałania czujników:

- Niewystarczające warunki chłodzenia silnika: wysoka temperatura otoczenia $> +40^{\circ}\text{C}$ (w przypadku klasy izolacji F silnika); silnik silnie zabrudzony (pokryty kurzem lub pyłem); przewietrzna silnika zatkana / przysłonięta; uszkodzony wirnik chłodzenia przewietrzni silnika itp...
- Silnik przeciążony - prąd pracy przekracza wartość znamionową silnika - wentylator pracuje poza charakterystyką.
- Uszkodzone / zużyte łożyska silnika.

Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP).

Występujące po literach IP cyfry informują o zapewnionej przez obudowę odporności oznaczonego urządzenia na wpływy środowiska; pierwsza - o stopniu ochrony przed skutkiem dostania się do wnętrza ciał stałych, druga - o stopniu ochrony przed skutkiem dostania się do wnętrza wody.

Pierwsza cyfra oznaczenia	Skrócony opis	Druga cyfra oznaczenia	Skrócony opis
0	obudowa nie chroni	0	obudowa nie chroni
1	obudowa chroni przed ciałami stałymi średnicy pow. 50 mm	1	obudowa chroni przed kroplami wody padającymi pionowo
2	obudowa chroni przed ciałami stałymi średnicy pow. 12 mm	2	obudowa chroni przed kroplami wody przy przechyle 15°
3	obudowa chroni przed ciałami stałymi średnicy pow. 2,5 mm	3	obudowa chroni przed deszczem
4	obudowa chroni przed ciałami stałymi średnicy pow. 1 mm	4	obudowa chroni przed bryzgami wody
5	obudowa chroni przed pyłem	5	obudowa chroni przed strumieniami wody
6	obudowa pyłoszczelna	6	obudowa chroni przed falami wody
		7	obudowa chroni przed zalaniem
		8	obudowa chroni przed zamoczeniem (wodoszczelna)

15.2.1. Wentylatory kanałowe



TD

Zastosowanie

Osiągane wysokie ciśnienia i wydajności pozwalają na zastosowanie tych wentylatorów we wszelkiego rodzaju instalacjach wentylacji ogólnej. Przykładowe zastosowanie: wentylacja wywiewna i nawiewna mieszkań, biur, sklepów, lokali gastronomicznych, współpraca z domowymi okapami kuchennymi wyposażonymi w filtry przeciw tłuszczowe, etc.

Konstrukcja

Wentylator kanałowy przeznaczony do wentylacji pomieszczeń o niskim stopniu zapylenia, przystosowany do montażu w pozycji pionowej lub poziomej w kanałach wentylacyjnych o średnicach od 100 do 400 mm.

Oryginalna konstrukcja umożliwia konserwację bez konieczności demontażu kanałów wentylacyjnych. Gama wentylatorów TD obejmuje:

- jednostopniowe modele TD dostępne są w standardowych średnicach wentylacyjnych od 100 do 400 mm
- jednostopniowe modele TD-T z regulowanym opóźnieniem czasowym (1-30 min), dostępne w standardowych średnicach od 100 do 200 mm.
- dwustopniowe modele TDx2 składające się z dwóch jednostopniowych modułów TD na wspólnej ramie montażowej, w celu osiągnięcia prawie dwukrotnie wyższych ciśnień w porównaniu do modeli jednostopniowych, TDx2 są dostępne w standardowych średnicach od 125 do 250 mm.

Obudowa modeli 160, 250, 350, 500, 800 jest wykonana z polipropylenu. Obudowa modeli 1000, 1300, 2000, 4000, 6000 jest wykonana z blachy stalowej malowanej farbą epoksydową. Wirniki modeli 800N, 1000, 1300, 2000, 4000, 6000 wykonane są z blachy aluminiowej, natomiast 160, 250, 350, 500, 800 z tworzywa sztucznego ABS.

Silnik elektryczny

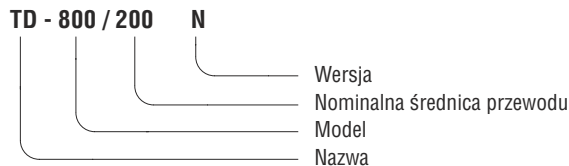
Wentylatory TD wyposażone są w jednofazowe (220-240V, 50Hz) indukcyjne silniki klatkowe (modele 160, 250, 350) jednofazowe (220-240V, 50Hz) z zewnętrznym wirnikiem (modele 500, 800, 1000, 1300, 2000, 4000, 6000), oraz silniki trójfazowe 400V, 40Hz (modele 4000 TRIF, 6000 TRIF).

Silniki modeli 160-2000 wykonane są w stopniu ochrony IP44 oraz klasie izolacji uzwojenia B, modeli 4000 i 6000 wykonane są w stopniu ochrony IP54 oraz klasie izolacji uzwojenia F. Silniki wyposażone są w łożyska kulkowe.

Wszystkie silniki jednofazowe (oprócz wersji TD-T) przystosowane są do napięciowej regulacji prędkości obrotowej. Silniki trójfazowe przystosowane są do regulacji falownikiem.

Wentylatory o wielkościach od 160 do 2000 (oprócz wersji TD-T) wyposażone są standardowo w dwubiegowe silniki przystosowane do pracy w dwóch prędkościach obrotowych.

Wszystkie silniki posiadają termiczne zabezpieczenie uzwojenia przed przeciążeniem - topikowe w modelach 160, 250 i 350 i bezpiecznik automatyczny w pozostałych modelach.



Charakterystyka akustyczna

Poziom mocy akustycznej [dB (A)] mierzony w kanale od strony wylotu wentylatora dla wyższej prędkości obrotowej.

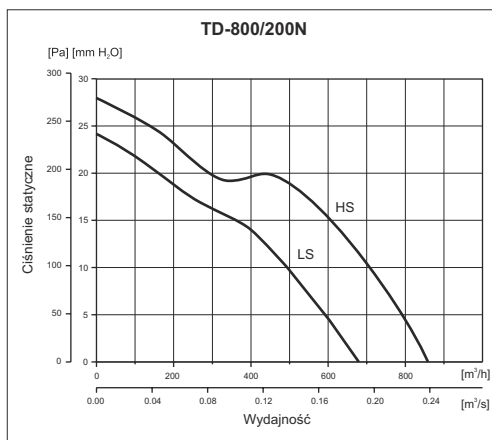
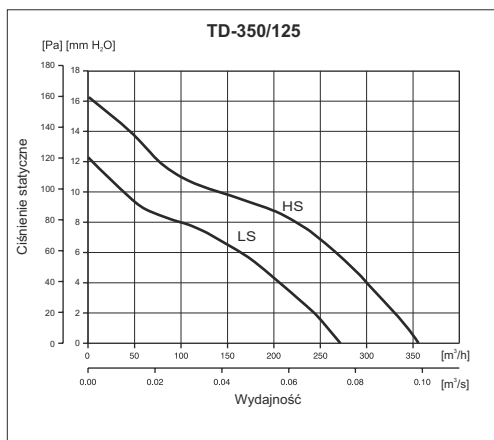
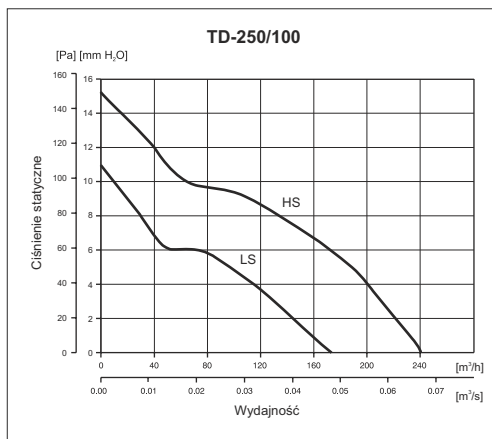
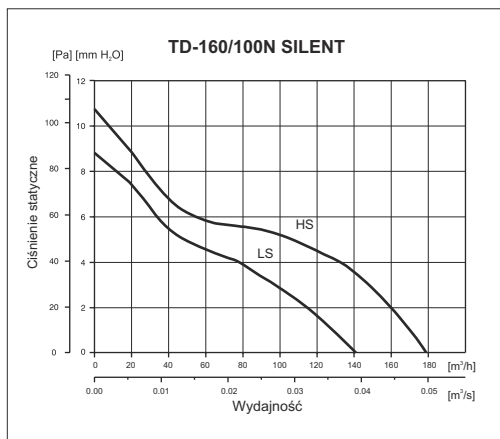
Częstotliwość Hz/dB(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TD-160/100 SILENT	24	32	39	46	52	49	40	21
TD-250/100	28	47	46	53	52	47	39	33
TD-350/125	35	47	46	53	54	50	41	33
TD-500/150	32	35	55	57	59	62	56	48
TD-500/160	32	35	55	57	59	62	56	48
TD-800/200N	37	42	62	64	66	64	60	52
TD-800/200	37	47	61	63	68	67	64	54
TD-1000/250	35	45	58	66	72	69	62	54
TD-1300/250	37	52	64	67	75	73	66	61
TD-2000/315	41	57	66	71	77	74	67	62
TD-4000/355	40	49	61	66	73	70	66	57
TD-6000/400	43	56	67	72	76	74	69	60

Charakterystyka akustyczna

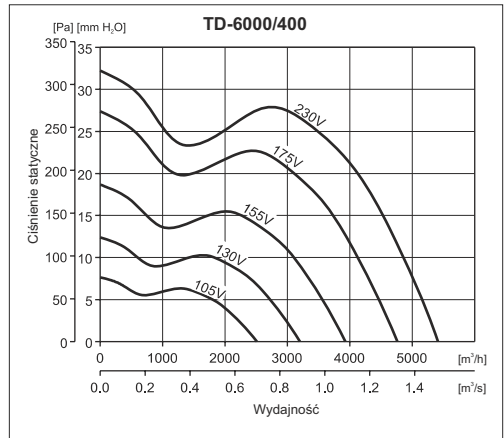
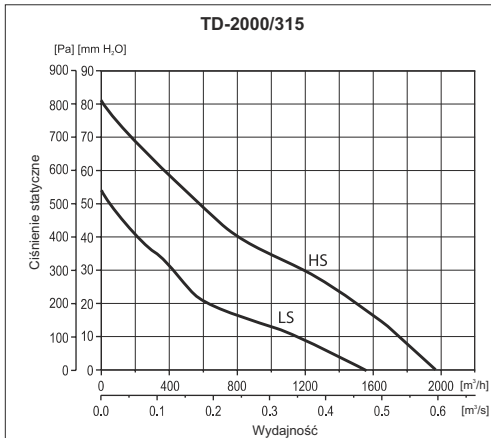
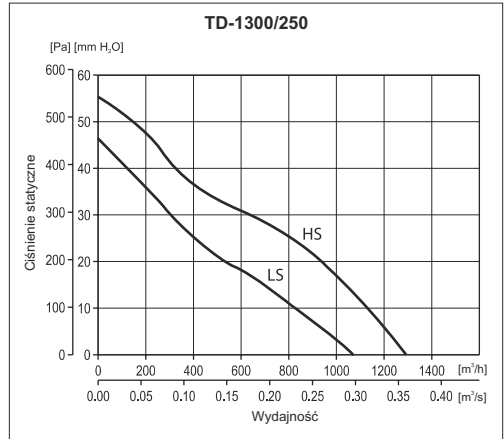
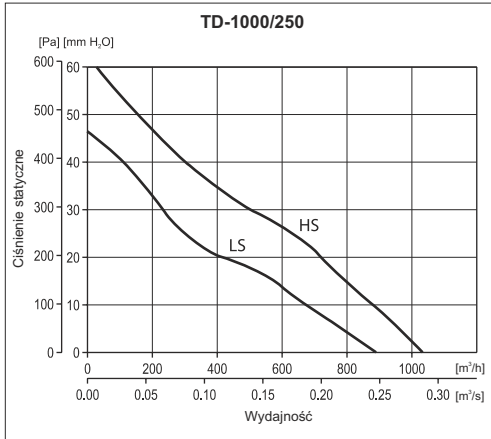
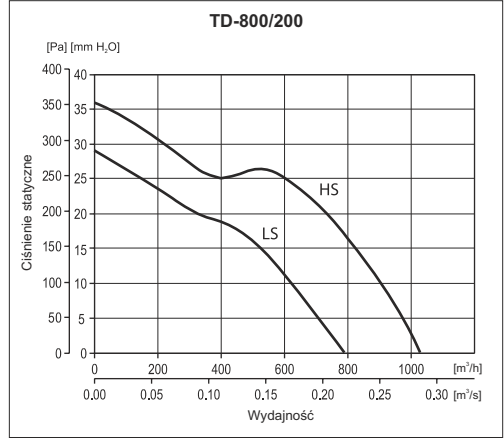
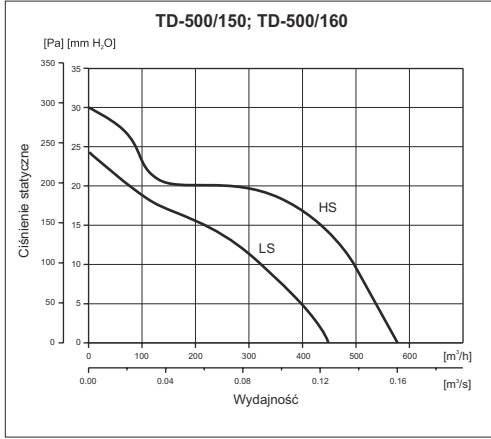
Poziom mocy akustycznej [dB (A)] mierzony w kanale od strony wylotu wentylatora dla wyższej prędkości obrotowej.

Częstotliwość Hz/dB(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TD-160/100 SILENT	24	24	37	34	36	41	32	21
TD-250/100	27	46	45	44	43	43	32	25
TD-350/125	33	46	46	47	47	45	33	24
TD-500/150	25	32	43	39	44	53	42	29
TD-500/160	25	32	43	39	44	53	42	29
TD-800/200N	26	32	48	47	52	53	44	31
TD-800/200	29	36	47	46	54	57	48	33
TD-1000/250	23	34	44	46	58	57	46	43
TD-1300/250	22	36	39	47	60	59	52	47
TD-2000/315	29	41	52	55	64	63	57	53
TD-4000/355	31	49	55	55	63	57	51	40
TD-6000/400	30	53	59	55	61	55	54	45

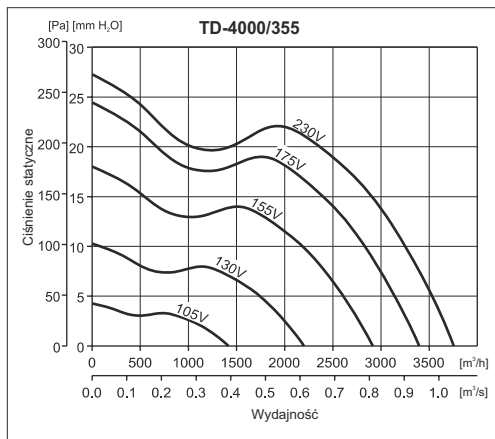
Charakterystyki pracy



Charakterystyki pracy



Charakterystyki pracy



TD SILENT

Zastosowanie

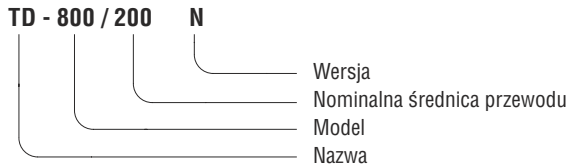
Osiągane wysokie ciśnienia i wydajności pozwalają na zastosowanie tych wentylatorów we wszelkiego rodzaju instalacjach wentylacji ogólnej. Wentylatory TD SILENT charakteryzują się małą wysokością, dzięki czemu polecane są do montażu w sufitach podwieszanych. Idealne do wentylacji budynków użyteczności publicznej, bibliotek, sal konferencyjnych, biur, restauracji, sal szkolnych, studiów dźwiękowych.

Konstrukcja

Wentylator kanałowy przeznaczony do wentylacji pomieszczeń o niskim stopniu zapylenia, przystosowany do montażu w pozycji pionowej lub poziomej w kanałach wentylacyjnych o średnicach od 100 do 200 mm. Oryginalna konstrukcja umożliwia konserwację bez konieczności demontażu kanałów wentylacyjnych. Obudowy TD SILENT wykonane są z polipropylenu, natomiast wirniki z tworzywa sztucznego ABS. Dzięki zastosowaniu nowatorskich rozwiązań konstrukcyjnych charakterystycznych dla technologii "Silent-S&P" (m.in. mocowania antywibracyjne silnika, aero-dynamiczna geometria wnętrza, zintegrowany zespół tłumików wewnętrznych) charakteryzują się niskim poziomem emitowanego hałasu i drgań. Przyłącza wentylatora są wyposażone w łączniki elastyczne z szybkołączkami - opaski "Quick-fix" - umożliwiające montaż wentylatora w kanale bez używania narzędzi.

Silnik elektryczny

Wentylatory TD SILENT wyposażone są w jednofazowe (220-240V, 50Hz) indukcyjne silniki klatkowe (modele 250, 350) i jednofazowe (220-240V, 50Hz) z zewnętrznym wirnikiem (modele 500, 800, 1000), o stopniu ochrony IP44 i klasie izolacji uzwojenia B. Silniki wyposażone w łożyska kulkowe. Wszystkie silniki przystosowane do napięciowej regulacji prędkości obrotowej. Wentylatory TD SILENT wyposażone są standardowo w dwubiegunowe silniki przystosowane do pracy w dwóch prędkościach obrotowych. Wszystkie silniki posiadają termiczne zabezpieczenie uzwojenia przed przeciążeniem - topikowe w modelach 250 i 350 i bezpiecznik automatyczny w pozostałych modelach.



Charakterystyka akustyczna

Poziom mocy akustycznej wyrażony w dB(A), dla różnych częstotliwości, mierzony na wlocie, wylocie i emitowany dla punktów pracy: (A, D) swobodny wylot, (B, E) średnie ciśnienie, (C, F) maksymalne ciśnienie dla szybkiego (HS) oraz wolnego (LS) biegu. Badania przeprowadzone zgodnie z ISO 13347-3 2004.

Częstotliwość Hz/dB(A)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LwA	LpA*	
TD-250/100 SILENT HS	WLOT	A	26	32	46	53	53	44	38	30	57	36
		B	24	36	46	53	52	44	38	30	56	36
		C	25	35	42	51	55	47	40	34	57	37
	EMITOWANY	A	26	28	40	40	36	31	25	18	44	24
		B	24	32	40	40	35	31	25	18	44	24
		C	25	31	36	38	38	34	27	22	43	23
	WYLOT	A	30	33	45	53	46	40	36	28	55	34
		B	26	35	43	52	45	40	36	28	54	33
		C	26	35	39	51	49	42	38	31	54	33
TD-250/100 SILENT LS	WLOT	D	22	38	42	47	48	38	32	26	52	31
		E	23	34	43	46	48	39	32	27	51	31
		F	24	33	39	49	54	43	35	29	56	35
	EMITOWANY	D	22	33	35	34	28	24	19	17	39	19
		E	23	29	36	33	28	25	19	18	39	19
		F	24	28	32	36	34	29	22	20	40	20
	WYLOT	D	26	36	40	47	41	34	29	24	49	29
		E	25	34	41	46	42	35	31	25	49	28
		F	25	33	38	49	46	37	33	26	51	31
TD-350/125 SILENT HS	WLOT	A	22	28	41	53	49	44	37	30	55	35
		B	22	27	39	51	49	42	37	30	54	33
		C	23	31	48	53	51	46	41	32	56	36
	EMITOWANY	A	22	23	32	39	32	25	18	14	41	20
		B	22	22	30	37	36	23	18	14	40	20
		C	23	26	39	39	34	27	22	16	43	22
	WYLOT	A	29	30	43	53	50	45	38	30	56	35
		B	25	27	40	50	47	40	36	29	52	32
		C	24	31	46	52	47	42	40	32	54	34
TD-350/125 SILENT LS	WLOT	D	21	27	42	46	51	38	31	25	53	32
		E	22	29	40	46	53	39	34	26	54	34
		F	30	33	41	51	52	46	40	33	55	35
	EMITOWANY	D	18	22	34	33	34	20	13	13	39	18
		E	19	24	32	33	36	21	16	14	39	19
		F	27	28	33	38	35	28	22	21	41	21
	WYLOT	D	24	27	43	45	46	38	30	25	50	29
		E	23	29	40	45	47	35	32	26	50	29
		F	29	34	41	49	46	41	38	31	52	31

* Poziom ciśnienia akustycznego mierzony z odległości 3m

Charakterystyka akustyczna

Poziom mocy akustycznej wyrażony w dB(A), dla różnych częstotliwości, mierzony na wlocie, wylocie i emitowany dla punktów pracy: (A, D) swobodny wylot, (B, E) średnie ciśnienie, (C, F) maksymalne ciśnienie dla szybkiego (HS) oraz wolnego (LS) biegu. Badania przeprowadzone zgodnie z ISO 13347-3 2004.

Częstotliwość Hz/dB(A)			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LwA	LpA*
TD-500/150-160 SILENT HS	WLOT	A	24	35	51	58	57	56	51	47	63	42
		B	25	33	48	56	55	54	46	42	60	40
		C	24	33	49	57	53	52	46	40	60	39
	EMITOWANY	A	12	21	42	39	37	35	23	18	45	25
		B	13	19	39	37	35	33	18	13	43	22
		C	12	19	40	38	33	31	18	11	43	22
	WYLOT	A	38	38	52	60	58	53	49	43	63	43
		B	35	35	53	58	57	50	44	38	62	41
		C	30	33	50	57	56	48	42	36	60	40
TD-500/150-160 SILENT LS	WLOT	D	28	33	46	54	53	51	45	38	58	38
		E	25	31	41	50	48	44	37	30	53	33
		F	25	37	48	56	52	49	42	35	59	38
	EMITOWANY	D	23	25	34	37	38	35	26	23	43	22
		E	20	23	29	33	33	28	18	15	38	17
		F	20	29	36	39	37	33	23	20	43	23
	WYLOT	D	26	33	47	53	51	47	41	33	56	36
		E	25	31	44	50	48	41	33	27	53	33
		F	26	37	50	55	50	43	37	31	57	37
TD-800/200 SILENT HS	WLOT	A	27	40	48	57	61	61	57	50	66	45
		B	25	38	46	55	58	58	54	46	63	42
		C	23	38	47	57	59	58	53	48	64	43
	EMITOWANY	A	12	31	29	35	37	36	24	18	42	21
		B	10	29	27	33	34	33	21	14	39	19
		C	8	29	28	35	35	33	20	16	40	19
	WYLOT	A	49	50	51	59	62	62	59	51	67	47
		B	42	45	49	58	59	58	55	47	64	44
		C	36	42	50	58	59	57	54	47	64	43
TD-800/200 SILENT LS	WLOT	D	25	37	48	55	61	57	53	46	64	43
		E	24	35	48	52	58	54	49	42	61	40
		F	29	38	51	58	58	55	50	45	63	42
	EMITOWANY	D	12	26	30	34	38	33	21	15	41	20
		E	11	24	20	31	35	30	17	11	38	18
		F	16	27	33	37	35	31	18	14	41	20
	WYLOT	D	45	47	52	56	59	58	54	46	64	43
		E	37	45	54	53	55	54	50	42	61	40
		F	31	44	54	57	56	53	50	43	62	41

* Poziom ciśnienia akustycznego mierzony z odległości 3m

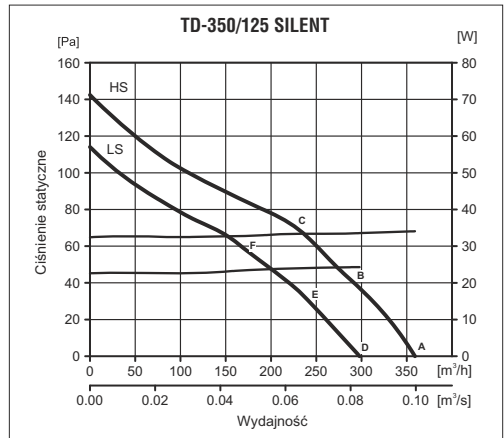
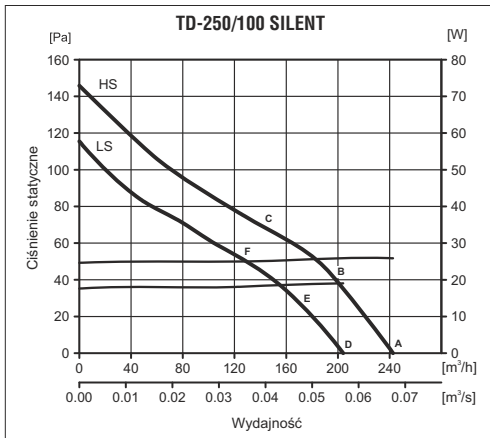
Charakterystyka akustyczna

Poziom mocy akustycznej wyrażony w dB(A), dla różnych częstotliwości, mierzony na wlocie, wylocie i emitowany dla punktów pracy: (A, D) swobodny wylot, (B, E) średnie ciśnienie, (C, F) maksymalne ciśnienie dla szybkiego (HS) oraz wolnego (LS) biegu. Badania przeprowadzone zgodnie z ISO 13347-3 2004.

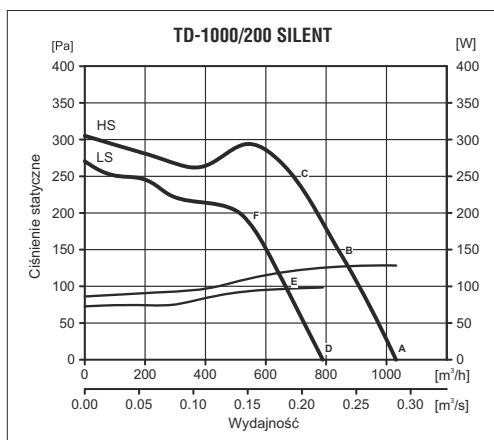
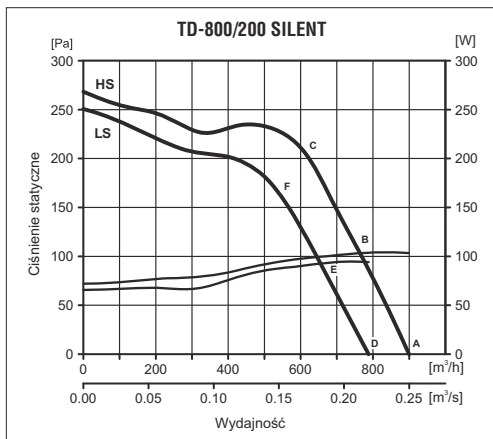
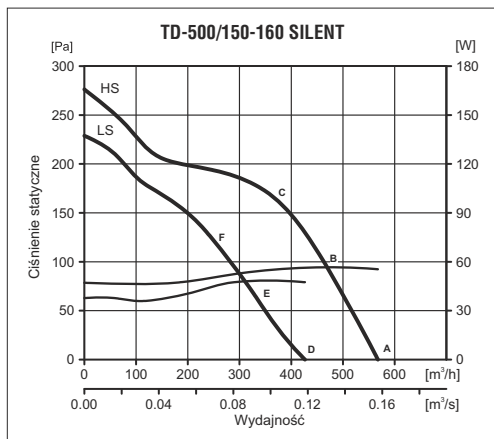
Częstotliwość Hz/dB(A)			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LwA	LpA*
TD-1000/200 SILENT HS	WLOT	A	28	43	49	58	62	65	61	53	68	48
		B	27	42	46	56	60	61	56	49	65	45
		C	25	42	47	58	61	61	56	50	66	45
	EMITOWANY	A	14	35	32	36	39	39	27	19	44	24
		B	13	34	29	34	37	35	22	15	42	21
		C	11	34	30	36	38	35	22	16	42	22
WYLOT	A	50	50	52	59	65	65	61	54	70	49	
	B	43	46	49	58	61	60	57	50	66	45	
	C	35	44	51	59	60	59	56	50	65	45	
TD-1000/200 SILENT LS	WLOT	D	27	38	48	54	61	57	53	46	64	43
		E	23	37	49	52	59	54	49	42	61	41
		F	26	39	52	57	59	56	51	45	63	43
	EMITOWANY	D	14	29	32	33	40	33	21	14	42	22
		E	10	28	33	31	38	30	17	10	41	20
		F	13	30	36	36	38	32	19	13	42	22
WYLOT	D	44	45	53	55	59	58	54	46	64	43	
	E	35	41	53	52	55	54	50	41	60	40	
	F	28	40	54	58	57	54	50	44	62	42	

* Poziom ciśnienia akustycznego mierzony z odległości 3m

Charakterystyki pracy



Charakterystyki pracy



VENT

Zastosowanie

Seria wentylatorów VENT znajduje zastosowanie w różnorodnych instalacjach wentylacji mechanicznej. Przykładowe zastosowanie: wentylacja nawiewna i wywiewna mieszkań, biur, sklepów, barów, kawiarni, restauracji.

Konstrukcja

Promieniowe wentylatory kanałowe serii VENT dostępne są w 18 wersjach, w średnicach nominalnych:

100, 125, 150, 160, 200, 250, 315, 355, 400 mm. Modele o średnicach od 100 do 315 mm występują w dwóch wersjach: B o niższej i L o wyższej charakterystyce, wszystkie są wyposażone w jednofazowe silniki elektryczne. Modele 355 i 400 występują w wersji L. Obudowy wentylatorów serii VENT od 100 do 315 wykonane z galwanizowanej blachy stalowej, obudowy VENT 355 i 400 wykonane z blachy stalowej malowane na kolor czarny.

Silnik elektryczny

We wszystkich modelach wentylatorów VENT zastosowane silniki z wirującym stojanem. Silniki jednofazowe 230V 50Hz we wszystkich modelach i trójfazowe 230/400V 50Hz w modelach 355 i 400. Stopień ochrony IP44, klasa izolacji B. Standardowo silniki wyposażone są w termiczne zabezpieczenie uzwojenia przed przeciążeniem. Wszystkie silniki są przystosowane do napięciowej regulacji prędkości obrotowej.

Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl

ILT/ILB



Zastosowanie

Seria wentylatorów ILT/ILB znajduje zastosowanie w różnorodnych instalacjach wentylacji mechanicznej. Przykładowe zastosowanie: wentylacja wywiewna i nawiewna mieszkań, biur, sklepów, barów, kawiarni, restauracji.

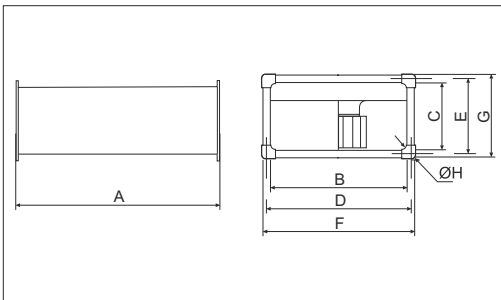
Konstrukcja

Wentylator kanałowy przeznaczony do montażu w dowolnej pozycji w prostokątnych kanałach wentylacyjnych. Obudowa z galwanizowanej blachy stalowej. Wirnik z łopatkami pochylonymi do przodu z galwanizowanej blachy stalowej. Wentylatory mogą pracować w temp. -40°C $+70^{\circ}\text{C}$.

Silnik elektryczny

Asynchroniczny trójfazowy 220-240 / 380-415 V, 50 Hz lub jednofazowy 220-240 V, 50 Hz. Stopień ochrony IP 55, klasa izolacji F. Silniki posiadają termiczne zabezpieczenie uzwojenia przed przeciążeniem i są przystosowane do regulacji prędkości obrotowej.

Wymiary [mm]



Typ	A	B	C	D	E	F	G	ØH
200	505	400	198	440	220	440	240	9
225	535	500	248	520	270	540	290	9
250	565	500	298	520	320	540	340	9
285	645	600	298	620	320	640	340	9
315	725	600	348	620	370	640	390	9
355	785	700	398	720	420	740	440	9
400	885	800	498	820	520	840	540	9
450	985	1000	498	1020	520	1040	540	9

Charakterystyka akustyczna

Poziom mocy akustycznej wyrażony w dB(A) dla różnych częstotliwości, mierzony na wlocie, wylocie i na zewnątrz (emitowany) wentylatora, dla czterech punktów pracy (A: maksymalna wydajność).

ILT/4-200		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	ILT/4-225		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Wlot	A	52	63	67	72	73	69	64	56	Wlot	A	52	64	67	72	73	70	65	56
	B	50	61	65	70	71	67	62	54		B	51	63	66	71	72	69	64	55
	C	46	57	61	66	67	63	58	50		C	48	60	63	68	69	66	61	52
	D	41	52	56	61	62	58	53	45		D	44	56	59	64	65	62	57	48
Wylot	A	48	63	66	72	78	74	72	65	Wylot	A	48	63	66	72	77	74	72	65
	B	46	61	64	70	76	72	70	63		B	48	63	66	72	77	74	72	65
	C	43	58	61	67	73	69	67	60		C	45	60	63	69	74	71	69	62
	D	39	54	57	63	69	65	63	56		D	42	57	60	66	71	68	66	59
Emitowany	A	52	56	58	60	65	65	60	50	Emitowany	A	52	57	58	60	63	63	56	48
	B	50	54	56	58	63	63	58	48		B	51	56	57	59	62	62	57	47
	C	46	50	52	54	59	59	54	44		C	48	53	54	56	59	59	54	44
	D	41	45	47	49	54	54	49	39		D	44	49	50	52	55	55	50	40

ILT/4-250		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	ILT/4-285		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Wlot	A	58	70	72	77	78	77	72	63	Wlot	A	58	70	72	76	77	77	73	68
	B	57	69	71	76	77	76	71	62		B	59	71	73	77	78	78	74	69
	C	54	66	68	73	74	73	68	59		C	58	70	72	76	77	77	73	68
	D	49	61	63	68	69	68	63	54		D	54	66	68	72	73	73	69	64
Wylot	A	54	69	71	79	82	81	78	71	Wylot	A	54	69	71	80	82	81	78	71
	B	53	68	70	78	81	80	77	70		B	56	71	73	82	84	83	80	73
	C	51	66	68	76	79	78	75	68		C	55	70	72	81	83	82	79	72
	D	47	62	64	72	75	74	71	64		D	51	66	68	77	79	78	75	68
Emitowany	A	58	63	63	66	67	66	62	53	Emitowany	A	58	65	65	66	62	62	60	57
	B	57	62	62	65	66	65	61	52		B	59	66	66	67	63	63	61	58
	C	54	59	59	62	63	62	58	49		C	58	65	65	66	62	62	60	57
	D	49	54	54	57	58	57	53	44		D	53	60	60	61	57	57	55	52

ILT/4-315		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	ILT/4-355		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Wlot	A	65	77	79	83	84	84	80	75	Wlot	A	66	78	83	86	89	90	87	83
	B	63	75	77	81	82	82	78	73		B	65	77	80	82	85	85	83	79
	C	60	72	74	78	79	79	75	70		C	64	77	75	78	81	80	78	73
	D	54	66	68	72	73	73	69	64		D	65	77	79	81	84	84	82	78
Wylot	A	61	76	78	87	89	88	85	78	Wylot	A	71	79	85	90	94	93	90	85
	B	60	75	77	86	88	87	84	77		B	67	78	81	86	91	89	86	81
	C	57	72	74	83	85	84	81	74		C	62	75	75	81	86	83	81	74
	D	52	67	69	78	80	79	76	69		D	66	77	80	85	90	88	85	80
Emitowany	A	65	72	72	73	69	69	67	64	Emitowany	A	66	71	71	72	74	76	73	68
	B	63	70	70	71	67	67	65	62		B	65	70	68	68	70	71	69	64
	C	60	67	67	68	64	64	62	59		C	64	70	63	64	66	66	64	58
	D	55	62	62	63	59	59	57	54		D	65	70	67	67	69	70	68	63

Charakterystyka akustyczna

Poziom mocy akustycznej wyrażony w dB(A) dla różnych częstotliwości, mierzony na wlocie, wylocie i na zewnątrz (emitowany) wentylatora, dla czterech punktów pracy (A: maksymalna wydajność).

ILT/4-400	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Wlot	A	68	78	80	82	89	88	85	80
	B	67	77	77	79	86	84	81	76
	C	64	74	75	77	84	82	79	74
Wylot	A	78	82	85	88	93	91	87	82
	B	72	78	80	85	90	87	83	77
	C	71	76	78	83	87	85	81	75
Emitowany	A	63	68	68	71	74	73	70	70
	B	62	67	65	68	71	69	66	66
	C	58	63	62	65	68	67	64	64

ILT/4-450	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Wlot	A	78	77	80	81	88	86	82	77
	B	78	77	78	80	87	85	81	76
Wylot	A	77	80	84	89	94	93	87	81
	B	76	79	83	88	93	92	86	80
Emitowany	A	70	68	67	62	71	69	64	60
	B	70	68	65	61	70	68	63	59

ILT/6-225	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Wlot	A	48	56	59	64	65	62	57	45
	B	46	54	57	62	63	60	55	43
	C	44	52	55	60	61	56	53	41
	D	39	47	50	55	56	53	48	35
Wylot	A	41	54	57	63	68	65	63	54
	B	40	53	56	62	67	64	62	53
	C	38	51	54	60	65	62	60	51
	D	34	47	50	56	61	58	56	47
Emitowany	A	48	49	50	52	55	55	50	37
	B	46	47	48	50	53	53	48	35
	C	43	44	45	47	50	50	45	32
	D	39	40	41	43	46	46	41	28

ILT/6-250	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Wlot	A	51	59	61	66	67	66	61	49
	B	50	58	60	65	66	65	60	48
	C	47	55	57	62	63	62	57	45
	D	43	51	53	59	59	58	53	41
Wylot	A	44	57	59	67	70	69	66	57
	B	44	57	59	67	70	69	66	57
	C	42	55	57	65	68	67	64	55
	D	38	51	53	61	64	63	60	51
Emitowany	A	51	52	52	55	55	55	51	39
	B	50	51	51	54	54	54	50	38
	C	48	49	49	52	52	52	48	36
	D	43	44	44	47	47	47	43	31

ILT/6-285	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Wlot	A	55	66	67	71	72	72	68	61
	B	54	64	66	70	71	71	67	60
	C	51	61	63	67	68	68	64	57
	D	45	55	57	61	62	62	58	51
Wylot	A	51	64	66	75	77	76	73	64
	B	51	64	66	75	77	76	73	64
	C	47	60	62	71	73	72	69	60
	D	43	56	58	67	69	68	65	56
Emitowany	A	55	59	60	61	57	57	55	50
	B	54	58	59	60	56	56	54	49
	C	51	56	56	57	53	53	51	46
	D	46	50	51	52	48	48	46	41

ILT/6-315	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Wlot	A	56	66	68	72	73	73	69	62
	B	55	65	67	71	72	72	68	61
	C	51	61	63	67	68	68	64	57
	D	46	56	58	62	63	63	59	52
Wylot	A	52	65	67	76	78	77	74	65
	B	51	64	66	75	77	76	73	64
	C	48	61	63	72	74	73	70	61
	D	44	57	59	69	70	69	66	57
Emitowany	A	56	60	61	62	58	58	56	51
	B	55	59	60	61	57	57	55	50
	C	52	56	57	59	54	54	52	47
	D	47	51	52	53	49	49	47	42

Charakterystyka akustyczna

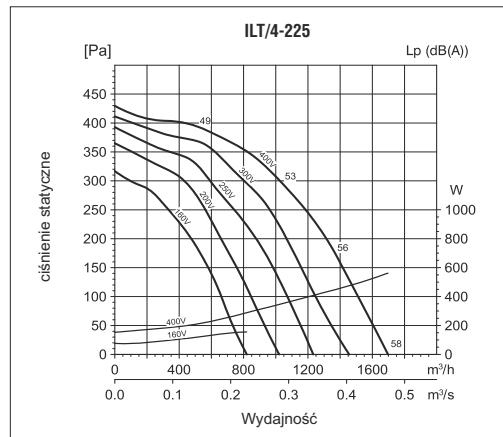
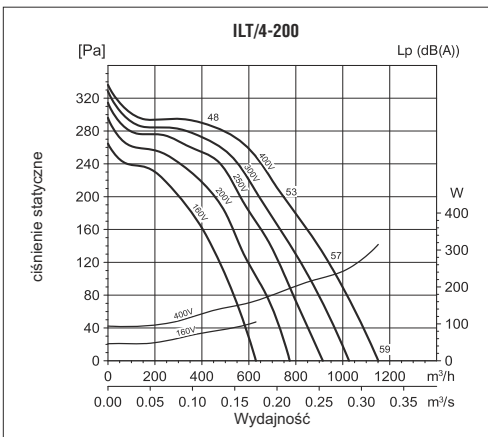
Poziom mocy akustycznej wyrażony w dB(A) dla różnych częstotliwości, mierzony na wlocie, wylocie i na zewnątrz (emitowany) wentylatora, dla czterech punktów pracy (A: maksymalna wydajność).

ILT/6-355	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Wlot	A	61	70	73	77	78	78	74	68
	B	59	68	71	75	76	76	72	66
	C	56	65	68	72	73	73	69	63
	D	50	59	62	66	67	67	63	57
Wylot	A	58	70	73	81	83	82	79	71
	B	57	69	72	80	82	81	78	70
	C	54	66	69	77	79	78	75	67
	D	49	61	64	72	74	73	70	62
Emitowany	A	59	64	66	65	62	61	59	56
	B	57	62	64	63	60	59	57	54
	C	54	59	61	60	57	56	54	51
	D	48	53	55	54	51	50	48	45

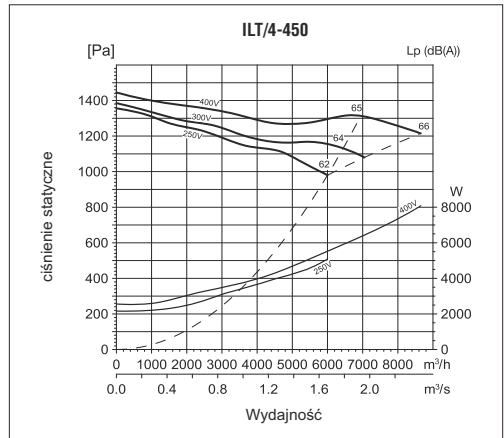
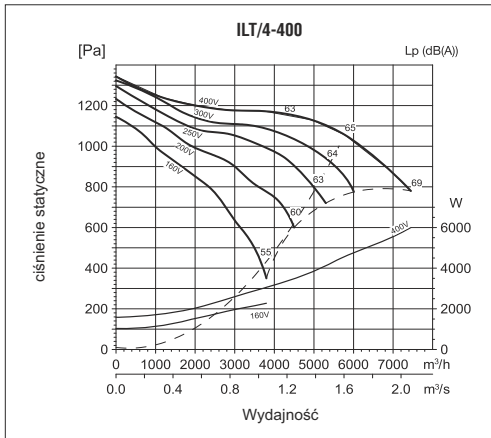
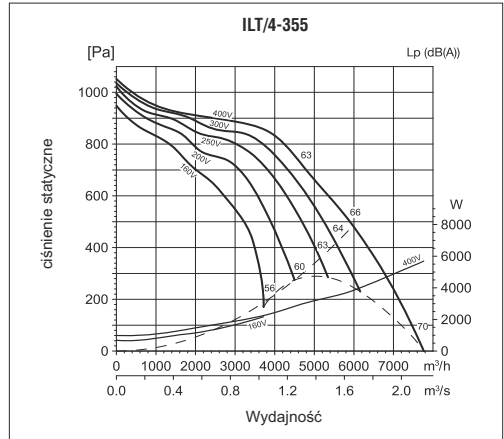
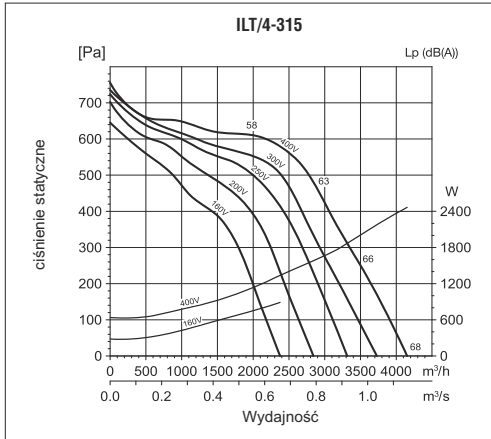
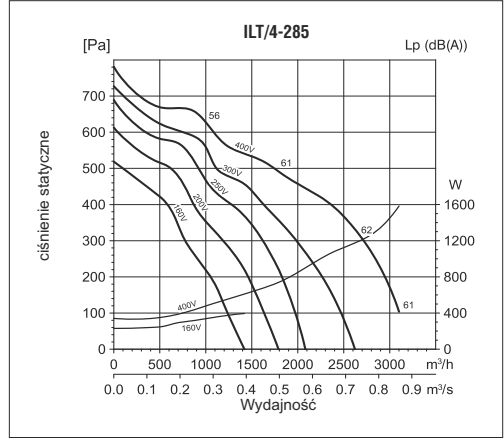
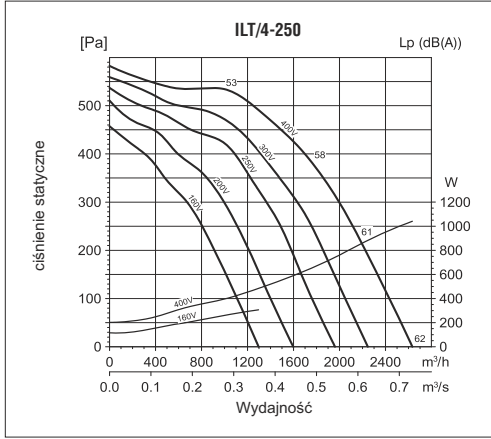
ILT/6-400	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Wlot	A	70	75	79	83	86	85	81	75
	B	68	73	77	81	84	83	79	73
	C	64	69	73	77	80	79	75	69
	D	58	63	67	71	74	73	69	63
Wylot	A	69	76	81	89	90	89	85	77
	B	68	75	80	87	89	88	84	76
	C	64	71	76	83	85	84	80	72
	D	59	66	71	78	80	79	75	67
Emitowany	A	66	68	70	71	69	67	64	62
	B	64	66	68	69	67	65	62	60
	C	64	66	68	69	67	65	62	60
	D	54	56	58	59	57	55	52	50

ILT/6-450	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Wlot	A	74	76	81	85	88	87	83	77
	B	73	75	80	84	87	86	82	76
	C	70	72	77	81	84	83	79	73
	D	64	66	71	75	78	77	73	67
Wylot	A	75	79	85	91	93	92	87	80
	B	74	78	84	90	92	91	86	79
	C	71	75	81	87	89	88	83	76
	D	66	70	76	82	84	83	78	71
Emitowany	A	69	69	72	73	70	67	65	63
	B	67	68	71	72	69	66	64	62
	C	64	65	68	69	66	63	61	59
	D	59	59	62	63	60	57	55	53

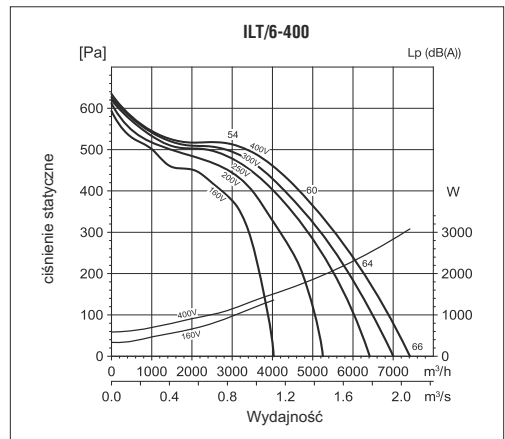
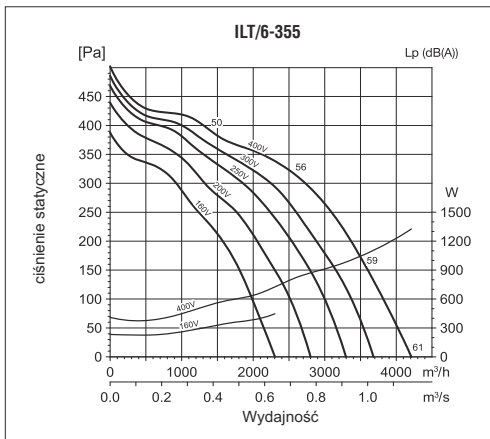
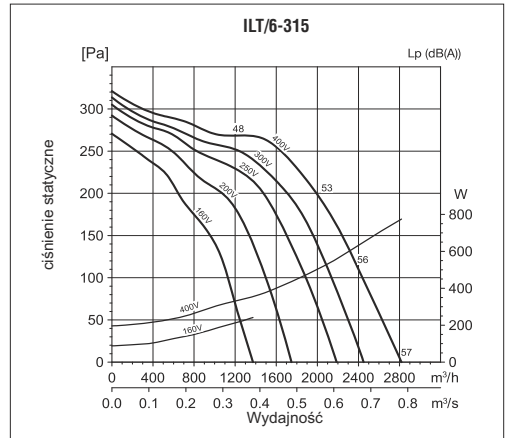
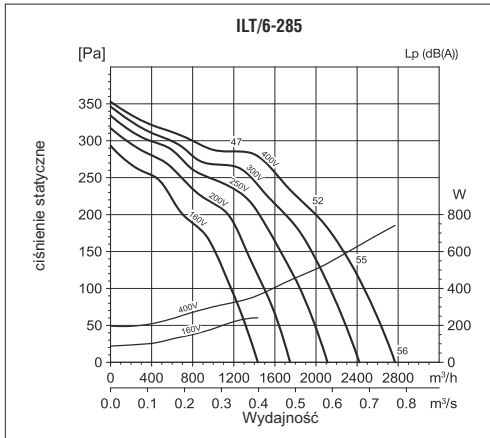
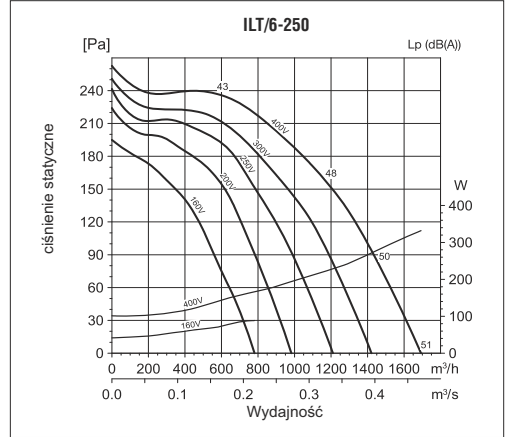
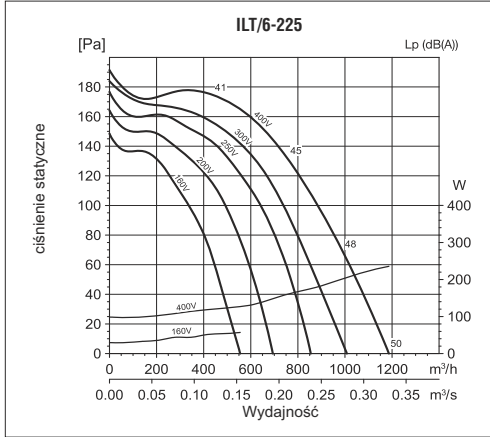
Charakterystyki pracy



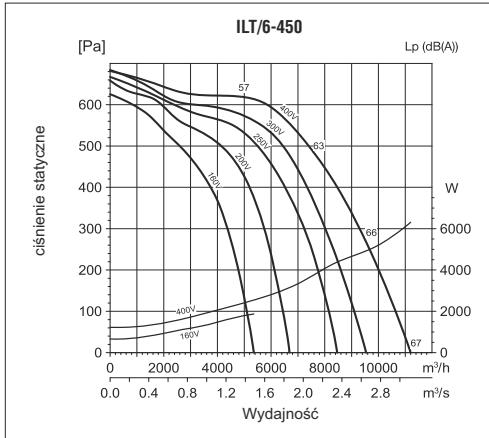
Charakterystyki pracy



Charakterystyki pracy



Charakterystyki pracy



**Pełne dane techniczne do
wszystkich modeli wentylatorów
oraz charakterystyki pracy
dostępne na stronie
www.venture.pl**



DH

Zastosowanie

Nagrzewnice DH są stosowane w systemach wentylacji mechanicznej nawiewnej gdzie jest potrzeba podniesienia temperatury w okresach zimowych lub utrzymania temperatury w pomieszczeniach na stałym poziomie. Można wykorzystać nagrzewnice w procesach technologicznych wymagających dostarczenia powietrza o stałej temperaturze.

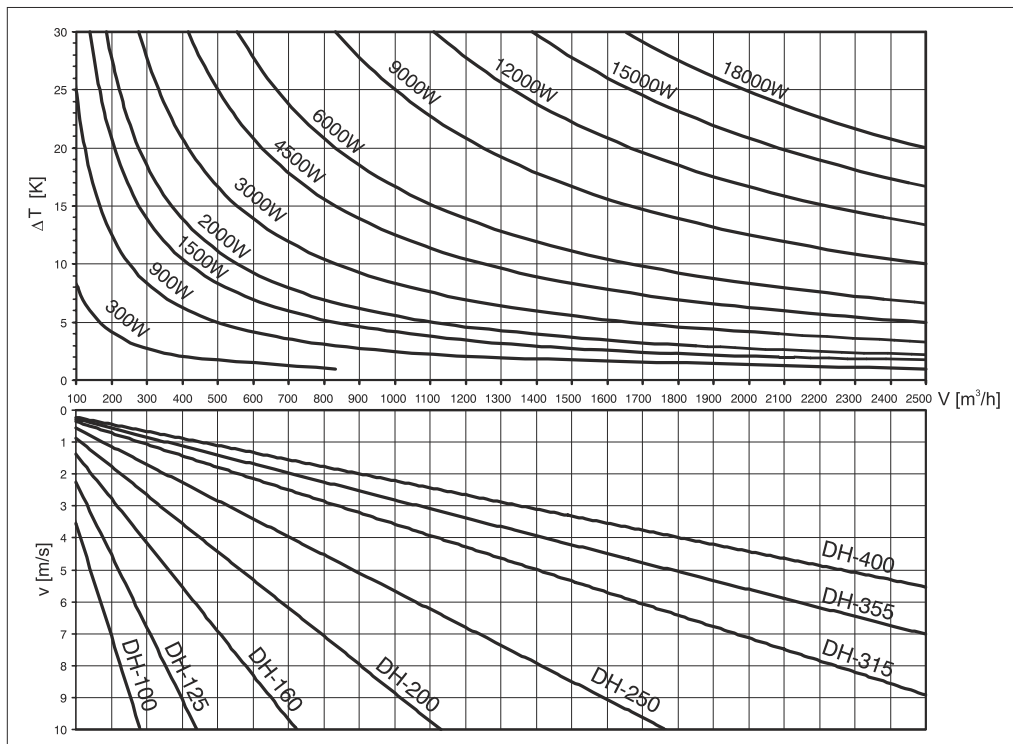
Konstrukcja

Elektryczne nagrzewnice kanałowe przystosowane do montażu bezpośrednio w okrągłych kanałach wentylacyjnych o standardowych średnicach (100-400 mm).

Obudowa nagrzewnic wykonana jest z blachy stalowej

malowanej proszkowo, a elementy grzewcze ze stali nierdzewnej. Nagrzewnice posiadają standardowo montowany podwójny układ zabezpieczenia przed przegrzaniem: pierwszy element automatyczny (temp. +75°C), drugi z odblokowaniem ręcznym (temp. +85°C). Nagrzewnice kanałowe powinny być dobrane tak, aby temperatura powietrza wylotowego nie przekraczała +40°C. Prędkość przepływu powietrza przez nagrzewnice nie może być mniejsza niż 1,5 m/s.

Dobór nagrzewnic DH



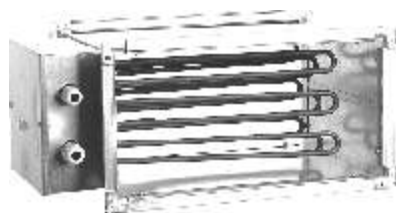
Dobór nagrzewnic elektrycznych

$$P = Q \times 0,36 \times \Delta T$$

P - moc grzewcza [W]

Q - wydatek powietrza [m^3/h]

ΔT - różnica temperatur [K]



RH

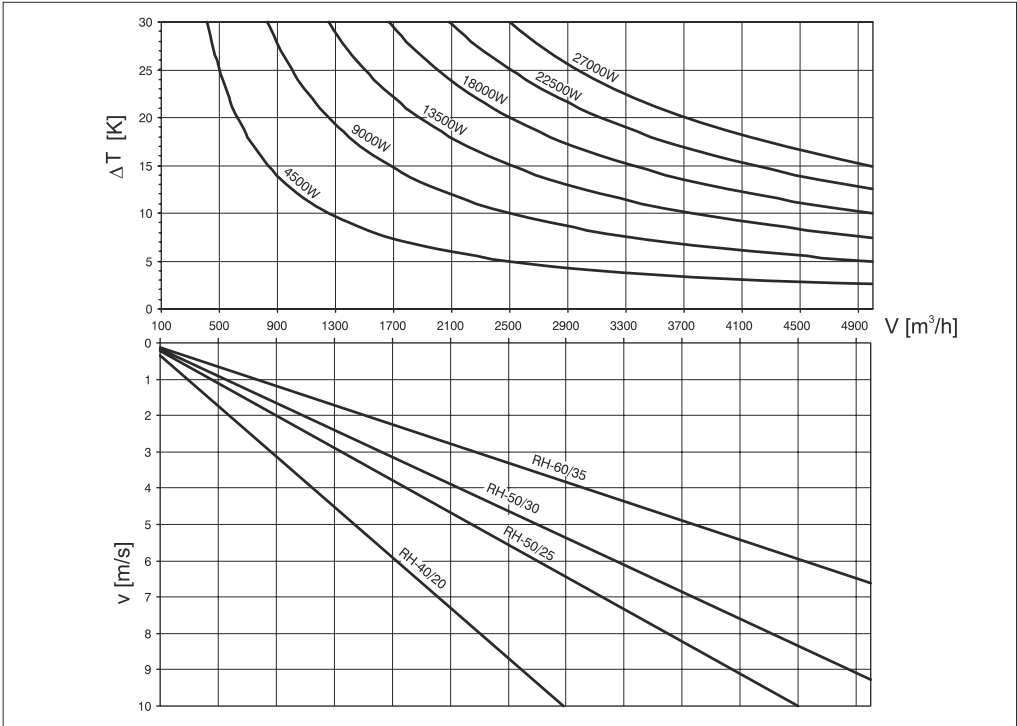
Zastosowanie

Nagrzewnice RH są stosowane w systemach wentylacji mechanicznej nawiewnej gdzie jest potrzeba podniesienia temperatury w okresach zimowych lub utrzymania temperatury w pomieszczeniach na stałym poziomie. Można wykorzystać nagrzewnice w procesach technologicznych wymagających dostarczenia powietrza o stałej temperaturze.

Konstrukcja

Elektryczne nagrzewnice kanałowe przystosowane do montażu w prostokątnych kanałach wentylacyjnych. Obudowa nagrzewnic wykonana z ocynkowanej blachy stalowej, a elementy grzewcze ze stali nierdzewnej. Nagrzewnice posiadają standardowo montowany podwójny układ zabezpieczenia przed przegrzaniem: pierwszy element automatyczny (temp. $+75^\circ\text{C}$), drugi z odblokowaniem ręcznym (temp. $+85^\circ\text{C}$). Nagrzewnice kanałowe powinny być dobierane tak, aby temperatura powietrza wylotowego nie przekraczała $+40^\circ\text{C}$. Prędkość przepływu powietrza przez nagrzewnice nie może być mniejsza niż 1,5 m/s.

Dobór nagrzewnic RH



Dobór nagrzewnic elektrycznych

$$P = Q \times 0,36 \times \Delta T$$

P - moc grzewcza [W]

Q - wydatek powietrza [m³/h]

ΔT - różnica temperatur [K]



DF

Zastosowanie

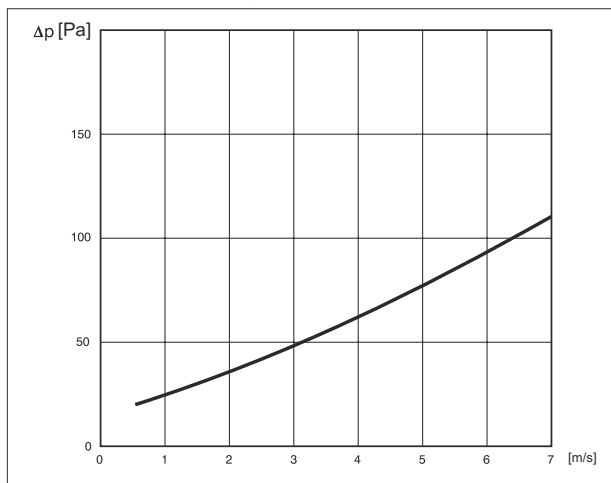
Służy do wstępnej filtracji nawiewanego powietrza. Separacja większych cząstek zanieczyszczeń zawartych w powietrzu przedłuża okres eksploatacji urządzeń umieszczonych za filtrem - wentylatorów, nagrzewnic, etc.

Konstrukcja

Filtry kanałowe przystosowane do montażu w okrągłych kanałach wentylacyjnych o standardowych średnicach (100-400 mm).

Obudowa z blachy stalowej cynkowanej, króćce montażowe z uszczelkami gumowymi, wkład filtracyjny klasy EU3 na profilowanej siatce z drutu stalowego.

Charakterystyka pracy



DFK...+EU

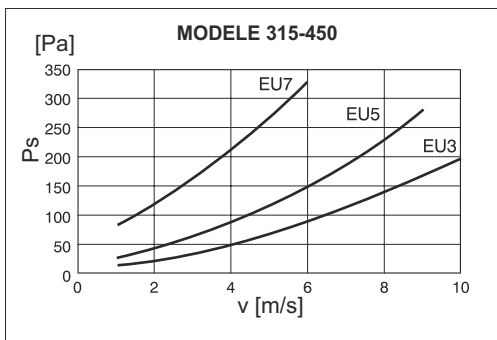
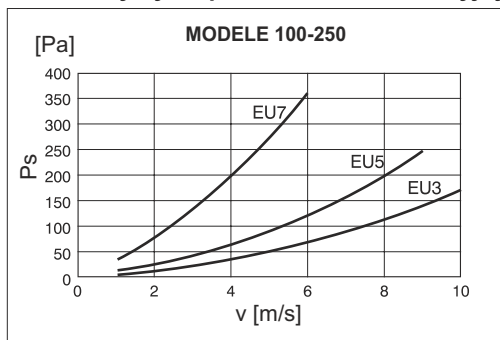
Zastosowanie

Kompletny filtr służy do filtracji nawiewanego powietrza. Separacja większych cząstek zanieczyszczeń zawartych w powietrzu przedłuża okres eksploatacji urządzeń umieszczonych za filtrem - wentylatorów, nagrzewnic, etc.

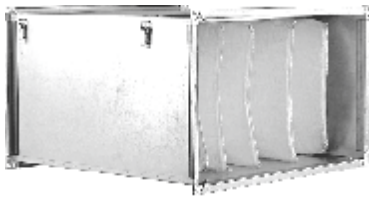
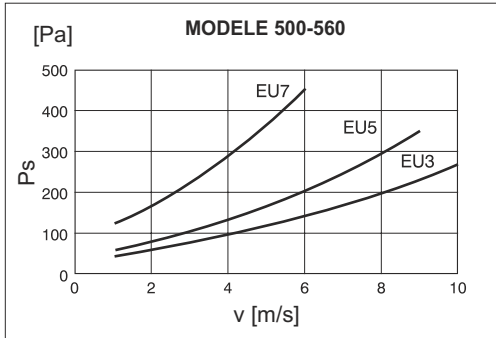
Konstrukcja

Zestaw filtracyjny przystosowany do montażu w okrąg-łych kanałach wentylacyjnych o standardowych średnicach (100-560 mm). Obudowa z blachy ocynkowanej, króćce montażowe z uszczelkami gumowymi. Kieszonowy wkład filtracyjny klasy EU3, EU5, EU7 należy zamawiać oddzielnie. Wkład filtracyjny należy wy-mienić, gdy opory przepływu powietrza przekroczą poziom 250 Pa.

Charakterystyki oporów wkładów filtracyjnych



Charakterystyki oporów wkładów filtracyjnych



DFR...+EU

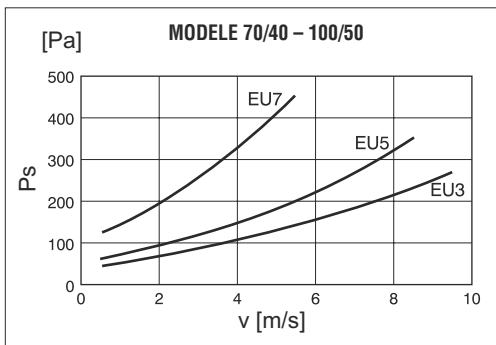
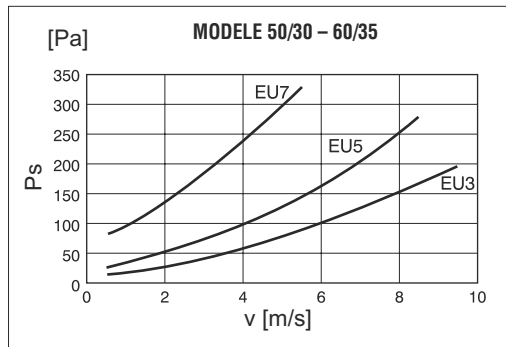
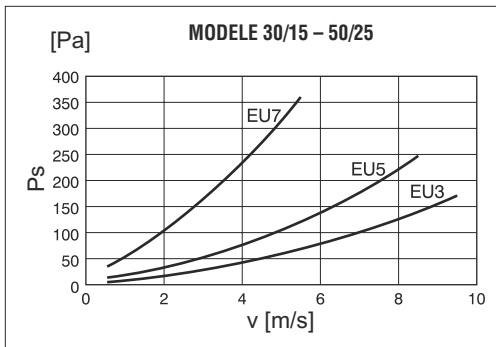
Zastosowanie

Kompletny filtr służy do filtracji nawiewanego powietrza. Separacja większych cząstek zanieczyszczeń zawartych w powietrzu przedłuża okres eksploatacji urządzeń umieszczonych za filtrem - wentylatorów, nagrzewnic, etc.

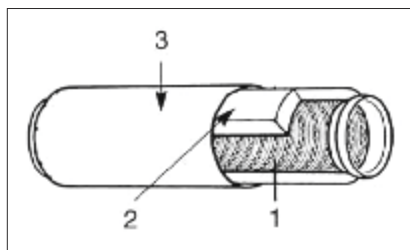
Konstrukcja

Zestaw filtracyjny przystosowany do montażu w prosto-kątnych kanałach wentylacyjnych. Obudowa z blachy stalowej ocynkowanej. Wkład filtracyjny klasy EU3, EU5 lub EU7 należy zamawiać oddzielnie. Wkład filtracyjny należy wymienić, gdy opory przepływu powietrza przekroczą poziom 250 Pa.

Charakterystyki oporów wkładów filtracyjnych



AKU-KOMP



Zastosowanie

Tłumik kanałowy do elastycznych połączeń w systemach wentylacyjnych.

Wykonanie

Warstwa wewnętrzna (1): elastyczna perforowana rura aluminiowa.

Warstwa środkowa (2): wełna mineralna grubości 25 mm.

Warstwa zewnętrzna (3): trudno zapalna i odporna na ścieranie folia aluminiowa.

Tłumik zakończony jest ułatwiającymi montaż sztywnymi króćcami.

Tłumik dostarczany jest w formie ściśniętej, którą należy przy montaż rozciągnąć do pełnej długości aby osiągnąć pełny efekt absorpcji.

Zakres średnic

80 - 315 mm.

Długość standardowa

od 0,3 m do max 0,6 m po rozciągnięciu lub od 0,6 m do max 1.2 m po rozciągnięciu.

długość [mm]	średnica [mm]
0,6	80
	100
	125
	160
	200
	250
1,2	315
	80
	100
	125
	160
	200
	250
	315

Efekt tłumienia [dB] w pasmach [Hz]

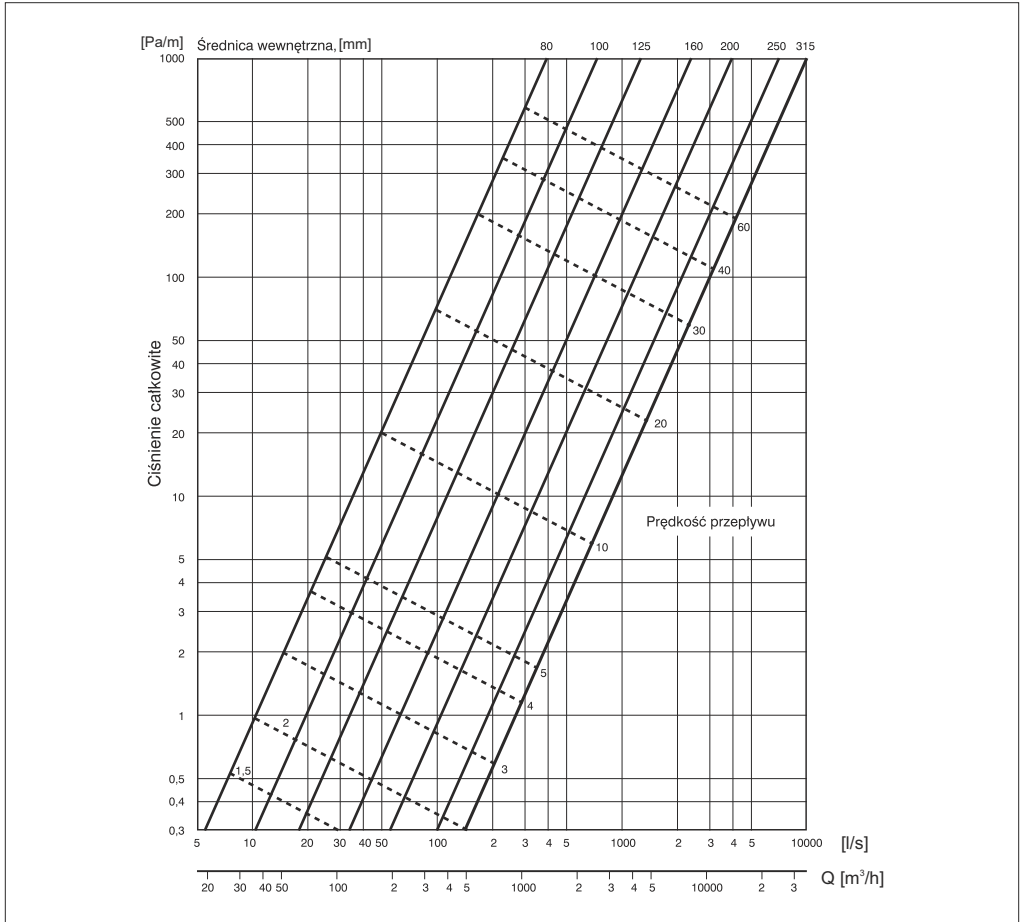
Tłumiki długości 0,6 m (rozciągnięty i prosty)

średnica [mm]	Pasma							
	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]
80	20	23	28	32	31	35	34	17
100	22	25	27	26	24	33	23	12
125	22	25	27	26	24	33	23	12
160	21	21	20	16	16	22	14	8
200	15	16	20	14	15	20	11	8
250	20	16	18	10	13	16	9	8
315	18	14	14	9	12	13	9	5

Tłumiki długości 1,2 m (rozciągnięty i prosty)

średnica [mm]	Pasma							
	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]
80	28	35	37	35	36	39	43	31
100	28	35	37	32	33	41	32	17
125	29	34	35	30	30	39	29	16
160	26	33	31	23	27	34	24	15
200	21	24	30	22	24	27	17	13
250	31	26	25	18	23	24	13	12
315	25	23	23	17	22	20	14	10

Opory przepływu w prostych tłumikach



RCS

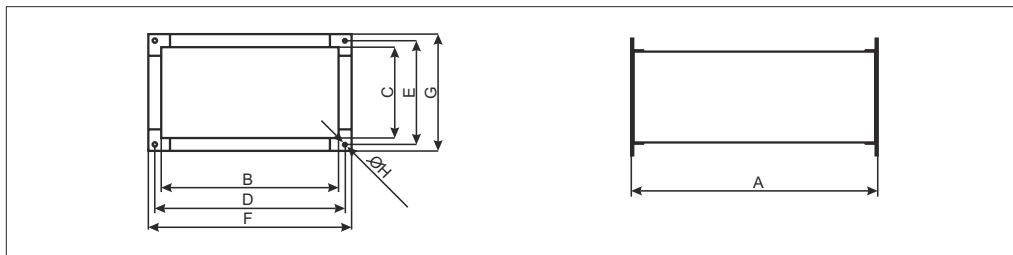
Zastosowanie

Tłumiki redukujące poziom dźwięku w prostokątnych kanałach wentylacyjnych. Łatwy w montażu bezpośrednio z wentylatorami IBF, ILB i ILT jak też na nawiewnej stronie nagrzewnic RH.

Konstrukcja

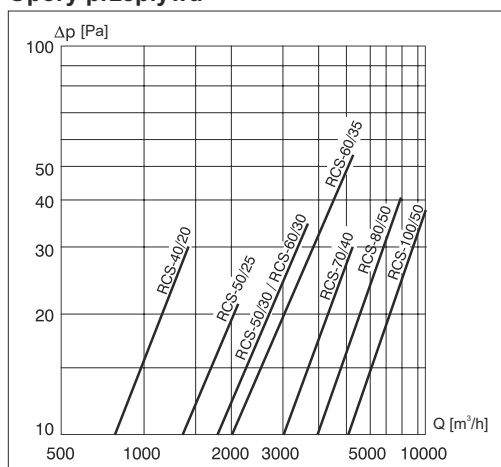
Obudowa filtra zgrzewana z galwanizowanej blachy stalowej. Wewnątrz zastosowano materiał wygłuszający. Kolnierze mocujące są zgodne wymiarowo z wentylatorami i nagrzewnicami z oferty Venture Industries Sp. z o.o.

Wymiary [mm]

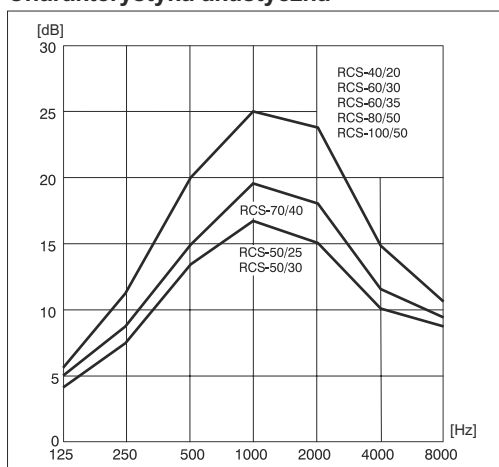


Typ	A	B	C	D	E	F	G	ØH
RCS-40/20	1000	400	198	440	220	440	240	9
RCS-50/25	1000	500	248	520	270	540	290	9
RCS-50/30	1000	500	298	520	320	540	340	9
RCS-60/30	1000	600	298	620	320	640	340	9
RCS-60/35	1000	600	348	620	370	640	390	9
RCS-70/40	1000	700	398	720	420	740	440	9
RCS-80/50	1000	800	498	820	520	840	540	9
RCS-100/50	1000	1000	498	1020	520	1040	540	9

Opory przepływu



Charakterystyka akustyczna





AKOP PL

Opaski przeciwdrganiowe do wentylatorów z przyłączeniem okrągłym np. typu VENT.



IAE

Złącza przeciwdrganiowe do wentylatorów z przyłączem prostokątnym.



CAR

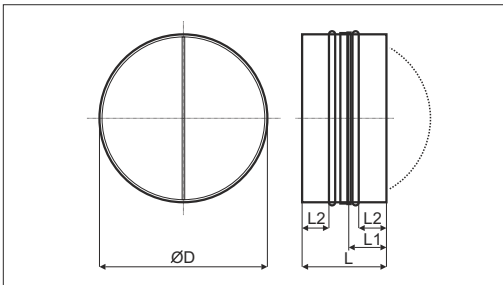
Zastosowanie

Kłapy zwrotne przeznaczone są do montażu w okrągłych kanałach wentylacyjnych w celu uniemożliwienia cofania się powietrza.

Konstrukcja

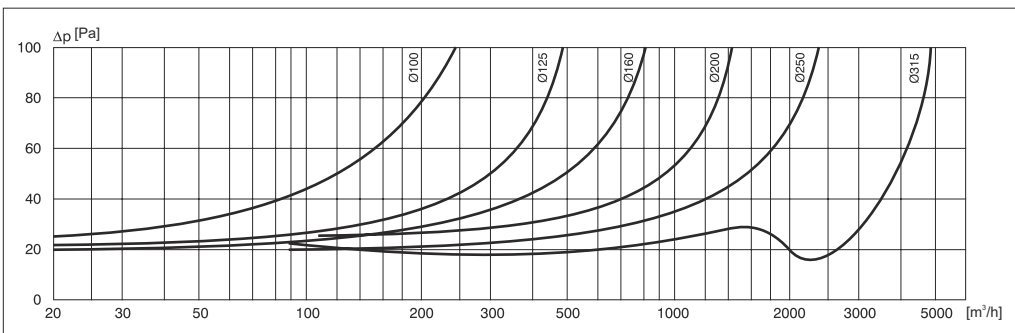
Obudowa z galwanizowanej blachy stalowej, skrzydła przepustnicy z blachy aluminiowej. Praca skrzydeł „na motylka” zamykane są przez sprężynkę co umożliwia montaż w dowolnej pozycji.

Wymiary [mm]



Typ	ØD	L	L1	L2
CAR-100	100	80	32	
CAR-125	125	100	42	
CAR-150	150	120	52	
CAR-160	160	120	52	
CAR-200	200	140	62	
CAR-250	250	140	62	
CAR-315	315	140	62	45

Charakterystyka oporów





IRIS

Zastosowanie

Przepustnica typu IRIS jest przeznaczona do okrągłych kanałów wentylacyjnych i zapewnia łatwą regulację natężenia przepływu powietrza poprzez płynną zmianę średnicy kryzy.

Konstrukcja

Przepustnica typu IRIS może być stosowana zarówno w przewodach wywiewnych jak i nawiewnych. Jest wyposażona w dźwignię do regulacji średnicy otworu oraz w dwie końcówki umożliwiające podłączenie kontroli natężenia przepływu. Przepustnica typu IRIS jest wykonana z galwanizowanej stali i posiada dwie uszczelki gumowe umożliwiające szczelny montaż w przewodzie.

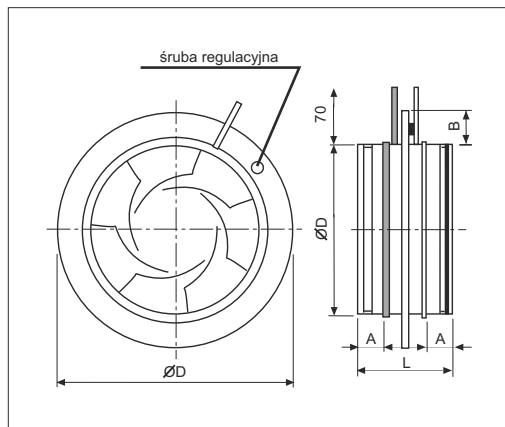
Montaż

Przepustnice należy montować w przewodzie, zapewniając proste odcinki:

4 x średnica przewodu przed przepustnicą

1 x średnica przewodu za przepustnicą

Wymiary [mm]



Typ	Ød	ØD	L	A	B	Masa [kg]
80	79	125	110	30	22	0,5
100	99	165	110	30	32	0,6
125	124	210	110	30	42	0,9
160	159	230	110	30	35	1,1
200	199	285	110	30	42	1,6
250	249	335	135	40	42	2,1
315	314	410	135	40	47	3,5
400	398	525	190	60	62	6,4
500	498	655	170	50	77	9,6
630	628	815	170	50	92	15,6
800	798	1015	270	100	107	25

Charakterystyka akustyczna

Lw można otrzymać przez dodanie wartości z poniższej tabeli do odczytanej z wykresu.

Typ	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
80	10	16	12	9	5	-1	-6	-23
100	9	16	11	7	3	-1	-9	-22
125	12	15	9	7	3	-4	-15	-20
160	12	13	6	4	0	-1	-5	-17
200	12	11	6	2	-1	-1	-6	-18
250	15	12	5	3	1	-3	-12	-17
315	15	10	5	0	-1	-1	-12	-23
400	15	9	6	2	-1	-4	-9	-13
500	14	7	4	1	-1	-4	-8	-11
630	15	7	3	2	-1	-5	-9	-11
800	9	5	3	3	-1	-6	-10	-13
Tol±	6	3	2	2	2	2	2	3

Ustawienie przepływu:

W celu ustawieniażądanego przepływu należy używać odczytanego z obudowy współczynnika K oraz poniższych zależności:

$$q = K \cdot \sqrt{D_{pm}}$$

$$D_{pm} = (q/K)^2$$

$$K = q / \sqrt{D_{pm}}$$

q - przepływ l/s

D_{pm} - zmierzone ciśnienie w Pa

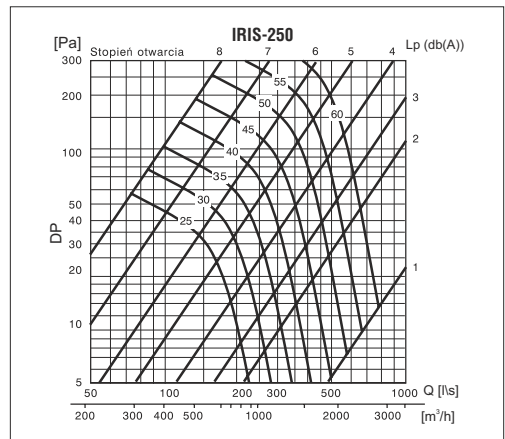
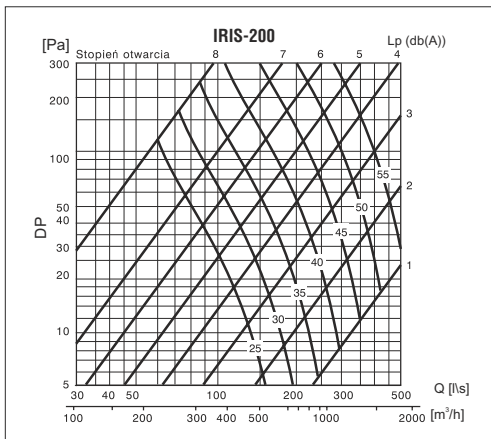
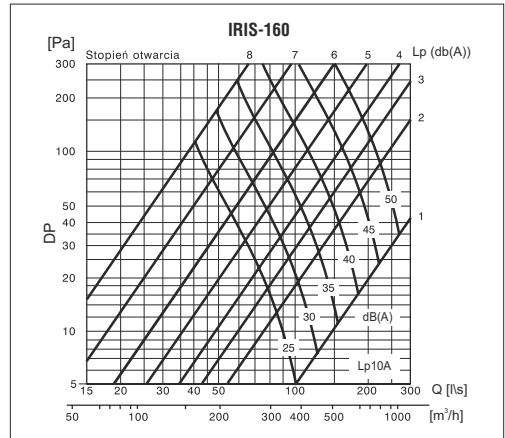
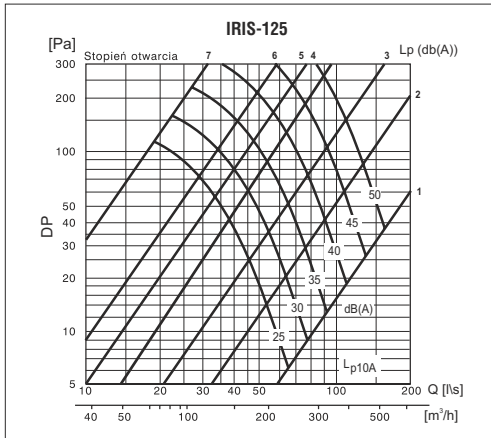
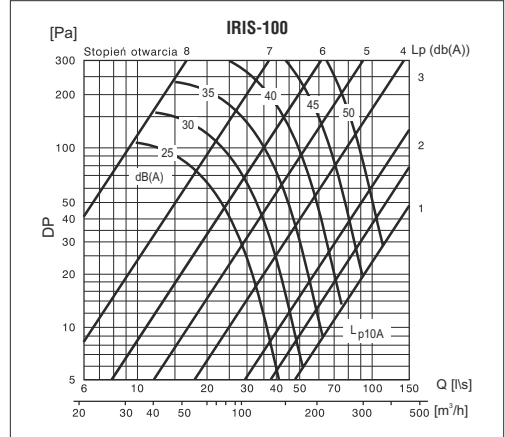
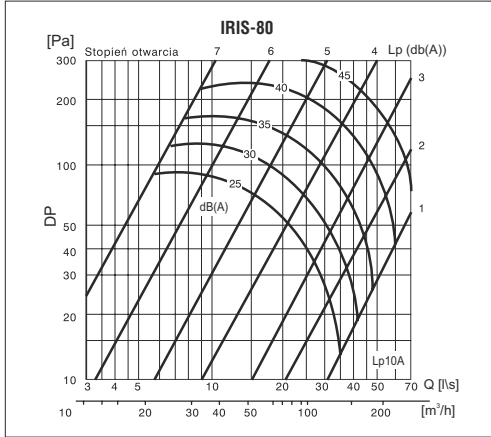
K - współczynnik odczytany z obudowy

Przykład:

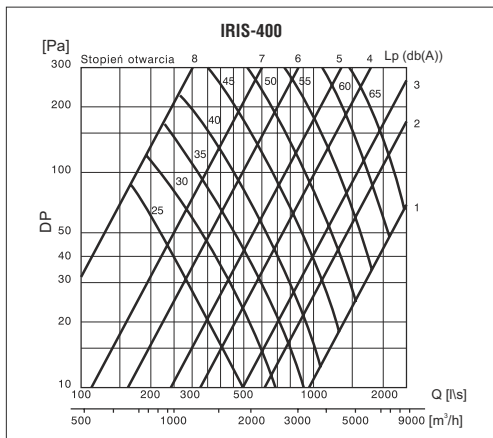
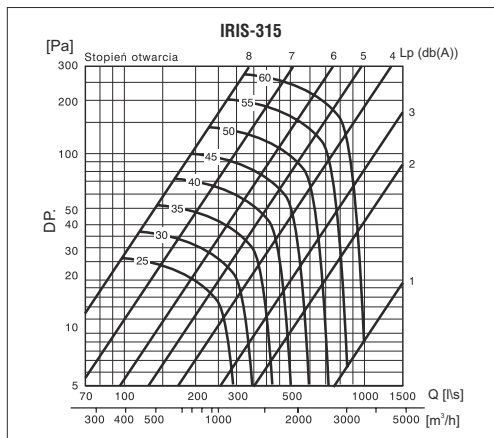
Dla IRIS-125 przy otwarciu 1 odczytujemy z obudowy współczynnik 13,8. Jeśli zmierzylismy np. 100 Pa to wydatek liczymy ze wzoru:

$$Q = K \cdot \sqrt{D_{pm}} = 13,8 \cdot \sqrt{100} = 138 \text{ l/s} \\ (496,8 \text{ m}^3/\text{h})$$

Charakterystyki pracy



Charakterystyki pracy



15.2.2. Wentylatory osiowe ścienne



AFW



Compact

AFW / COMPACT

Zastosowanie

Wentylatory AFW/Compact są stosowane do wentylacji ogólnej:

- wentylacji ogólnej lokali handlowych i hal przemysłowych.
- wentylacja magazynów i składów magazynowych.
- wentylacja garaży i budynków użyteczności publicznej etc.

Konstrukcja

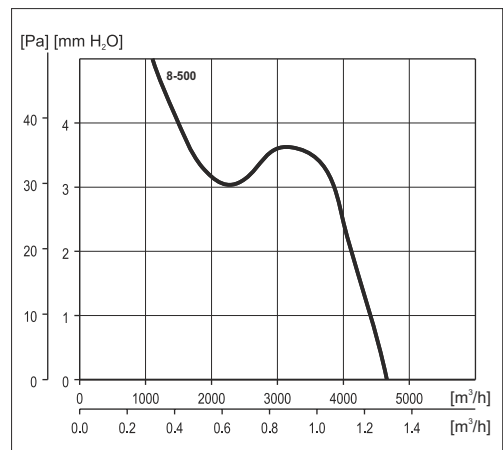
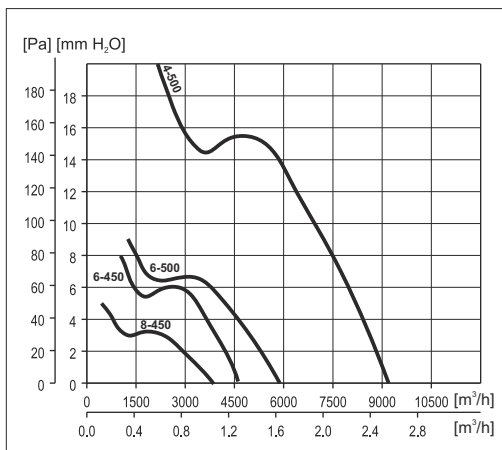
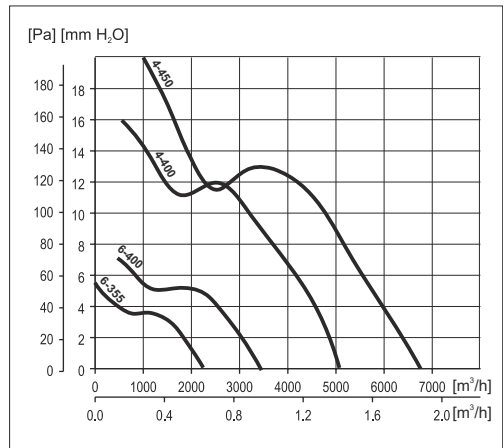
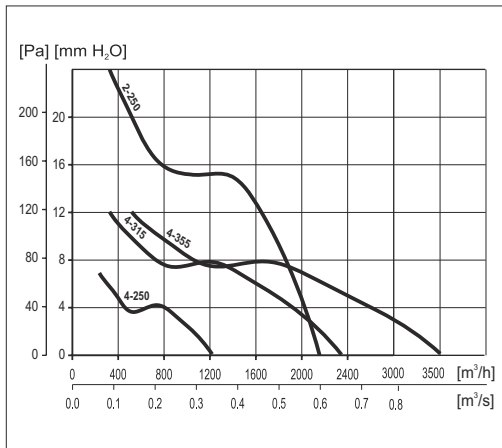
Wentylatory osiowe przeznaczone do montażu ściennego. Obudowa wytłaczana z blachy stalowej, pokryta czarną farbą epoksydową (dla AFW). Wirnik z polipropylenu wzmocnianego włóknem szklanym, piasta aluminiowa (dla Compact). Wirnik z termoplastu wzmocnionego włóknem szklanym lub aluminiowy. Wentylatory mogą pracować w temperaturze -15°C $+40^{\circ}\text{C}$ (AFW) lub -40°C $+70^{\circ}\text{C}$ (Compact).

Silnik elektryczny

Asynchroniczny, trójfazowy 220-240/380-420V, 50 Hz lub jednofazowy 220-240V, 50Hz z kondensatorem.

- Dla wentylatorów Compact: Stopień ochrony IP 65 (modele 800 i 1000 IP 55), klasa izolacji F. Silnik przystosowany jest do pracy w atmosferze o wilgotności względnej do 95%. Silnik posiada termiczne zabezpieczenie uzwojenia przed przeciążeniem i standardowo przystosowany jest do napięciowej regulacji prędkości obrotowej (nie dotyczy silników dwubiegunowych (4-630, 710, 800 i 1000)).
- Dla wentylatorów AFW: Silniki na inne napięcie i częstotliwość, o podwyższonym stopniu ochrony, przystosowane do regulacji napięciowej lub przetwornicą częstotliwości, z niezależnym chłodzeniem, z czujnikami (bimetalowymi lub pozystorowymi), mogą być dostarczone na życzenie.

Charakterystyki pracywybranych modeli wentylatorów Compact



Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl

15.2.3. Wentylatory osiowe kanałowe



AFC

Zastosowanie

Wentylatory AFC są stosowane w instalacjach wentylacyjnych, gdzie wentylator jest połączony do kanałów od strony wlotu i wylotu. Zwarta i masywna konstrukcja wentylatorów AFC oraz możliwość wykonania wentylatorów w wersjach specjalnych pozwala na szerokie zastosowania ich w wentylacji m.in.:

- ogólna wentylacja lokali handlowych i hal przemysłowych,
- wentylacja magazynów i składów magazynowych,
- wentylacja garaży i budynków użyteczności publicznej etc.

Konstrukcja

Wentylator osiowy przeznaczony do montażu kanałowego. Obudowa spawana z blachy stalowej malowana farbą proszkową. Wirnik z poliamidu wzmocnianego włóknem szklanym, piasta aluminiowa. Wentylatory mogą pracować w temperaturze -15°C $+40^{\circ}\text{C}$. Kierunek przepływu wirnik-silnik.

Silnik elektryczny

Asynchroniczny, trójfazowy 220-240/380-420V, 50Hz lub jednofazowy 220-240V, 50Hz z kondensatorem. Klasa izolacji F, stopień ochrony IP 55. Silniki na inne napięcie i częstotliwość, o podwyższonym stopniu ochrony, przystosowane do regulacji napięciowej lub przetwornicą częstotliwości, z niezależnym chłodzeniem, z czujnikami (bimetalowymi lub pozystorowymi), mogą być dostarczone na życzenie.

Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl



COMPACT

Zastosowanie

Wentylacja ogólna pomieszczeń o charakterze użytkowym i przemysłowym. Przeznaczone do wentylacji: hurtowni, magazynów, warsztatów, hal produkcyjnych, parkingów, lokali handlowych, szklarni, pomieszczeń hodowlanych (kurniki, chlewnie). Znajdują zastosowanie w urządzeniach klimatyzacyjnych.

Konstrukcja

Wentylatory osiowe o unikalnej, bardzo zwartej konstrukcji przeznaczone do montażu kanałowego w dowolnej pozycji.

Wirniki z odpornego na działanie promieni UV termoplastu wzmocnionego włóknem szklanym (standard dla modeli O250–500) lub aluminiowe (standard dla modeli O560–800), dynamicznie wyważane zgodnie z normą ISO 1940. Obudowa spawana z blachy stalowej, pokryta czarną farbą epoksydową.

Silnik elektryczny

Stopień ochrony IP 65 (IP 55 - modele /4-710; 800), klasa izolacji F. Przystosowany do pracy w atmosferze o wilgotności względnej do 95%. Silnik posiada termiczne zabezpieczenie uzwojenia przed przeciążeniem i standardowo przystosowany jest do napięciowej regulacji prędkości obrotowej (nie dotyczy silników dwubiegunowych, /4-560/H, /4-630, 710 i 800).

Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl

15.2.4. Wentylatory dachowe



RF / RFV

Zastosowanie

Wentylatory dachowe wyciągowe RF/RFV przeznaczone są do wentylacji pomieszczeń o niskim stopniu zanieczyszczenia powietrza. Stosowane są w instalacjach wyciągowych z mieszkań, supermarketów, hal przemysłowych, warsztatów, magazynów, toalet, garaży, parkingów, budynków gospodarczych.



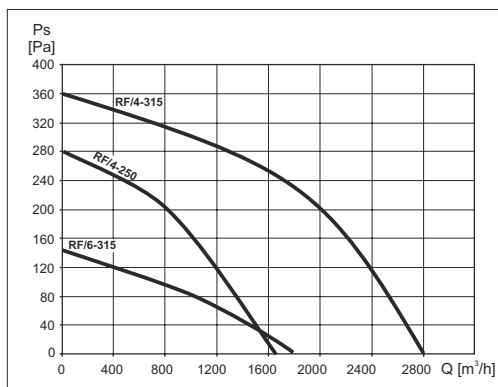
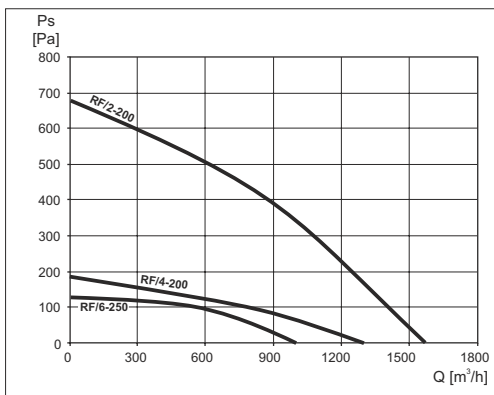
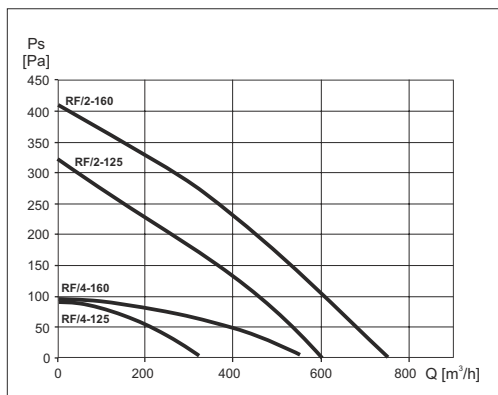
Silnik elektryczny

Jednofazowy 230V, 50Hz lub trójfazowy 400V, 50Hz silnik indukcyjny z zewnętrznym wirnikiem. Stopień ochrony IP44, klasa izolacji B. Silniki przystosowane do płynnej regulacji prędkości obrotowej. W uzwojeniu

Konstrukcja

W wentylatorach RF/RFV stosowane są wirniki z łopatkami pochylonymi do tyłu: w wielkościach 125, 160 z tworzywa sztucznego, 200 z ocynkowanej blachy stalowej, 250, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630 z blachy aluminiowej. Obudowa wykonana z blachy stalowej, czasza w wielkościach 125-355 tłoczona z blachy stalowej w wielkościach 400-630 z tworzywa sztucznego. Wentylatory wielkości od 125 do 315 standardowo wyposażone są w króciec przyłączeniowy umożliwiający podłączenie przewodu wentylacyjnego. Wielkości 355-630 nie posiadają króćca, żeby podłączyć przewód należy stosować złącza P i króćce K. Wentylatory przystosowane do pracy w pozycji pionowej, są przystosowane do montażu na dachach płaskich, po zastosowaniu odpowiednich podstaw dachowych RS mogą być montowane na dachach pochyłych.

Charakterystyki pracy wybranych modeli wentylatorów RF



Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl



TH

Zastosowanie

Wentylacja nawiewno-wywiewna biur, sklepów, magazynów. Współpraca z kuchennymi okapami wyposażonymi w separatory tłuszczu.

Konstrukcja

Wentylator dachowy wywiewny lub nawiewny (w przypadku odwrotnego zamontowania modułu wentylatorowego) przeznaczony do wentylacji pomieszczeń o niskim stopniu zanieczyszczenia powietrza. Wirnik z tworzywa sztucznego (TH 500, 800) lub z blachy stalowej (TH 1300, 2000). Obudowa modeli TH 500 i 800 jest wykonana z tworzywa sztucznego, a TH 1300 i 2000 z blachy stalowej, pomalowanej farbą epoksydową.

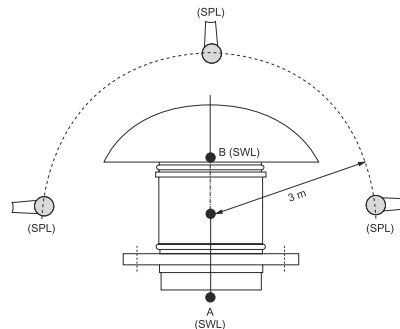
Silnik elektryczny

Wentylatory TH wyposażone są w jednofazowe silniki indukcyjne z zewnętrznym wirnikiem o stopniu ochrony IP 44 i klasie izolacji B.

Charakterystyka akustyczna

Typ	Poziom ciśnienia akustycznego mierzony z 3m [dB(A)]		Moc akustyczna dla poszczególnych częstotliwości Hz						
			125	250	500	1000	2000	4000	8000
TH-500	50	A	-7,5	-3,0	9,0	6,0	11,0	4,0	-2,0
	45	B	-7,5	6,0	13,5	17,5	14,5	4,5	-3,0
TH-800N	53	A	-7,5	3,5	8,0	9,5	14,0	9,0	0,0
	52	B	-4,0	7,5	15,0	16,0	14,5	9,0	1,5
TH-800	50	A	-7,5	3,5	8,0	9,5	14,0	9,0	0,0
	48	B	-4,0	7,5	15,0	16,0	14,5	9,0	1,5
TH-1300	60	A	-13,5	0,0	12,0	12,0	9,0	4,0	0,0
	59	B	-11,0	5,5	-11,05	17,5	15,0	7,0	-0,5
TH-2000	67	A	-21,5	-7,0	-3,0	7,0	5,5	-2,0	-8,5
	64	B	-16,5	2,5	7,0	20,0	7,5	1,0	-8,0

Aby wyliczyć poziom dźwięku dla poszczególnych częstotliwości, należy dodać odpowiedni współczynnik korekcyjny do wartości ciśnienia akustycznego odczytanego z tabeli.



SPL: Ciśnienie akustyczne
SWL: Moc akustyczna

Charakterystyki pracy - wywiew

Q - wydajność w m³/h i m³/s

P - ciśnienie statyczne w mmH₂O i Pa

Suche powietrze w 20°C i 760 mmHg

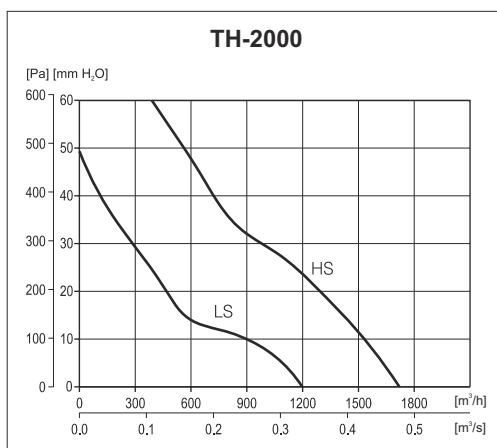
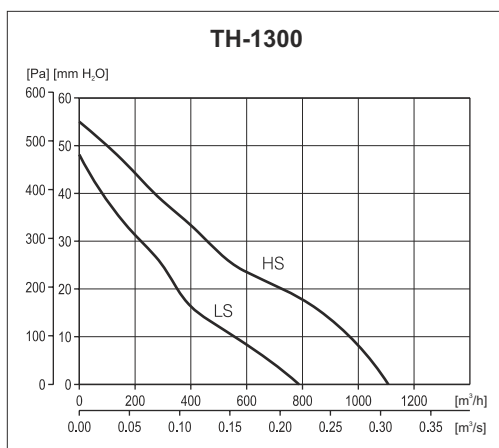
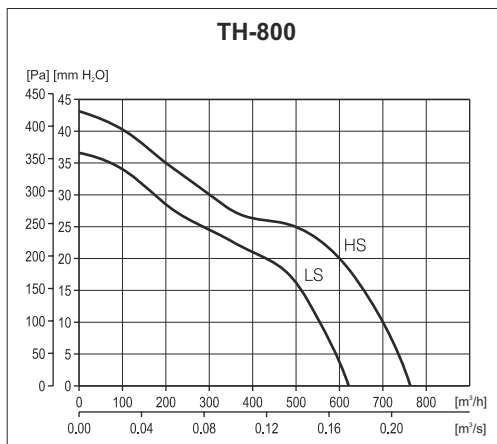
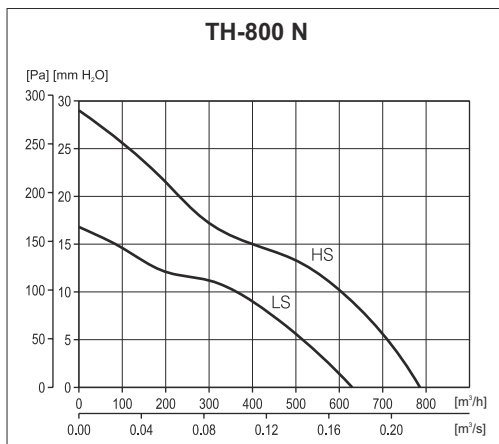
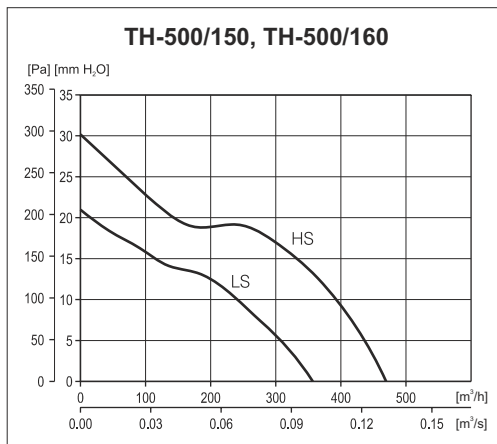
charakterystyki wyznaczone wg norm:

UNE 100/212-89, B S848,

AMCA 210-85 i ASHRAE 51-1985

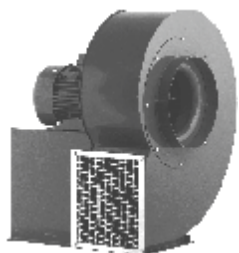
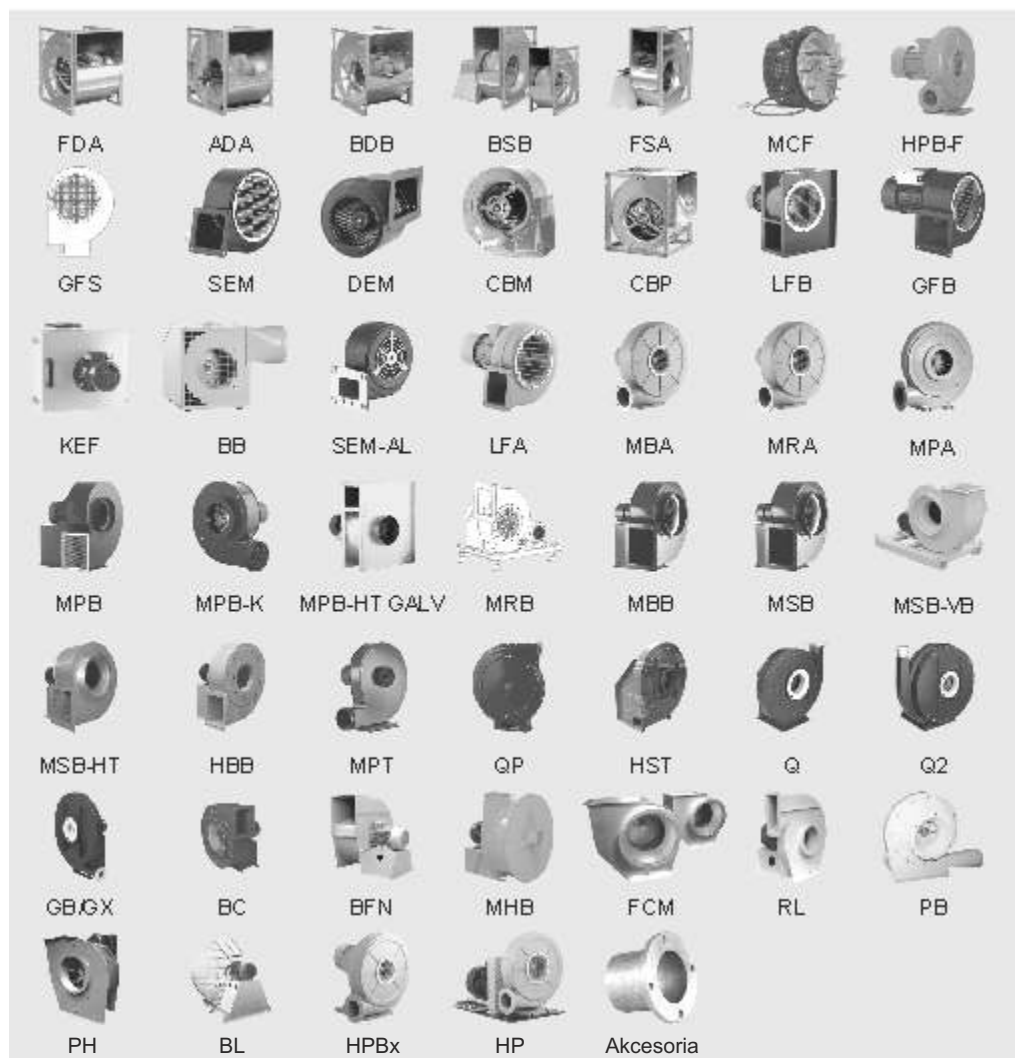
HS - wyższa prędkość

LS - niższa prędkość



Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl

15.2.5. Wentylatory promieniowe



MPB

Zastosowanie

Wentylatory MPB mają wiele zastosowań w systemach odciągania zanieczyszczonego powietrza i transportu pneumatycznego.

Typowe zastosowania:

- odciągi miejscowe, osuszacze, układy suszenia,
- transport wiórów, trocin, granulatów,
- odciągi spalin samochodowych.

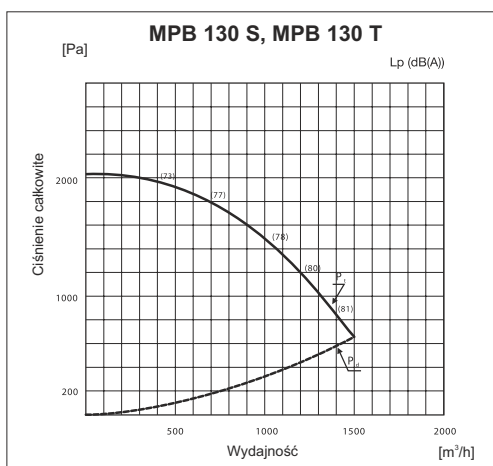
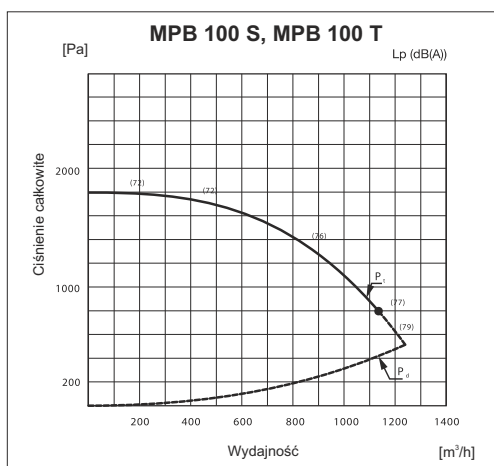
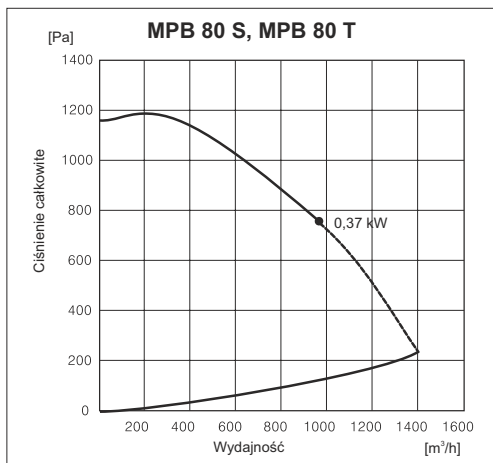
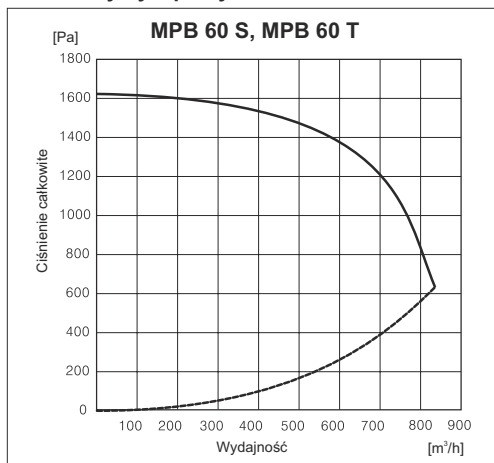
Konstrukcja

Średniociśnieniowy wentylator promieniowy o napędzie bezpośrednim. Wirniki ze stopów aluminium z prostymi łopatkami, wyważany dynamicznie wg ISO1940, obudowa spawana z blachy stalowej. Wirniki spawane ze stali kwasoodpornej, ze stopów miedzi, jak również obudowy z blachy kwasoodpornej i blachy cynkowanej mogą być dostarczane na życzenie. Maksymalna temperatura tłoczonego medium 80°C.

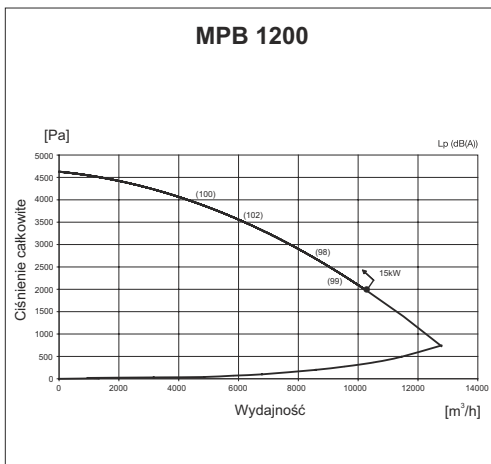
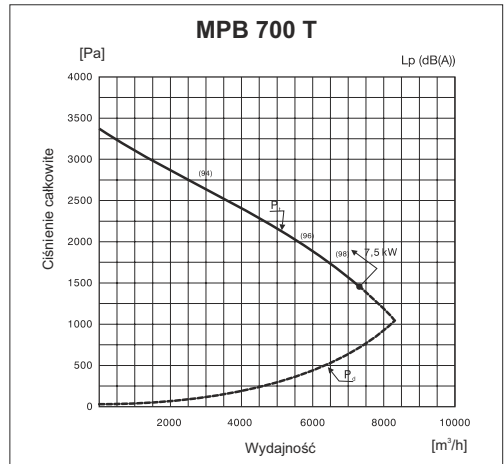
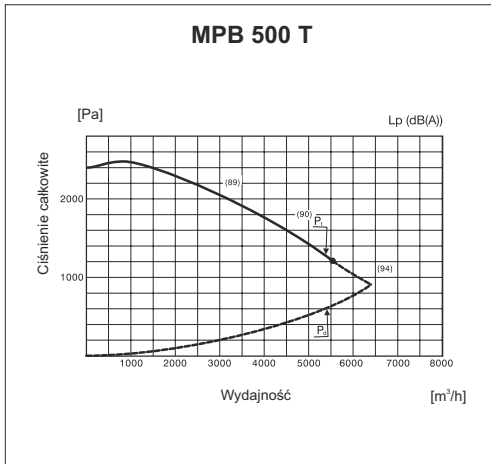
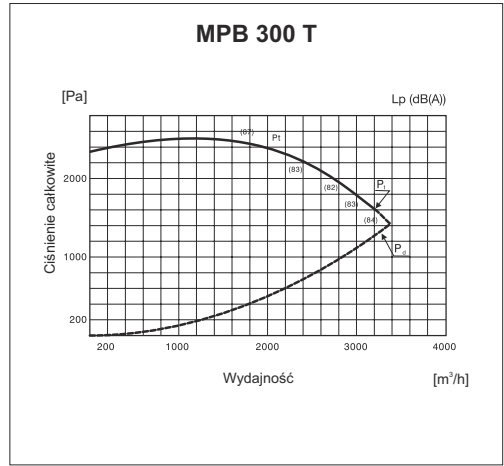
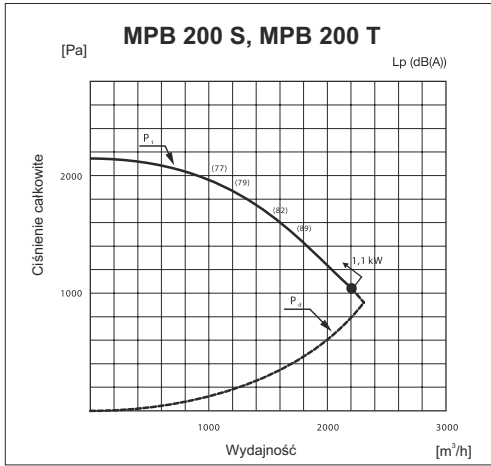
Silnik elektryczny

Asynchroniczny, trójfazowy 220-240/380-420V, 50Hz lub 220-240V, 50Hz silnik jednofazowy z kondensatorem. Silniki są wykonane zgodnie ze standardem IEC 60072 i IEC 60034, posiadają znak CE. Klasa izolacji F, stopień ochrony IP55.

Charakterystyki pracy



Charakterystyki pracy



**Pełne dane techniczne
do wszystkich modeli wentylatorów
oraz charakterystyki pracy dostępne
na stronie www.venture.pl**

15.2.6. Centrale rekuperacyjne



Zastosowanie

Centrale wentylacyjne IDEO z odzyskiem ciepła są przeznaczone do wentylacji mieszkań, domów jednorodzinnych, zabudowy szeregowej, apartamentów, biur, pawilonów handlowych etc... Zapewniają oszczędność energii zużywanej na ogrzewanie pomieszczeń, komfortową wentylację z dokładną filtracją (zalecane dla osób cierpiących na alergię i chorych na astmę). Zapobiegają zawilgoceniu okien i ścian w sezonie grzewczym, zapewniają szybką eliminację nadmiaru wilgoci z pomieszczeń sanitarnych.

Krzyżowo-przeciwprądowy wymiennik ciepła zapewnia odzysk ciepła do 92 %. Silniki zasilane prądem stałym gwarantują długą żywotność i niskie zużycie energii. Zalecane usytuowanie króćców wywiewnych: kuchnia, łazienka, toaleta, zalecane usytuowanie króćców nawiewnych: salon, sypialnia.

Funkcje

- wydatek powietrza do 325 m³/h
- spręż dyspozycyjny 425 Pa
- krzyżowo-przeciwprądowy wymiennik ciepła o sprawności do 92 %
- pilot bezprzewodowy
- bezprzewodowy przycisk kuchenny
- filtry powietrza na wlocie EU4 i EU5/EU7
- filtry powietrza na wylocie EU4
- automatyczny bypass
- 4 króćce przyłączeniowe (150/160mm)
- 1 uchwyt ścienny
- szczelna obudowa
- antena umożliwiająca bezprzewodowe sterowanie z odległości do 150 m w otwartej przestrzeni
- 1 otwór skroplin przy pionowym montażu centrali

Dane techniczne

Typ	Napięcie [V]	Wydatek [m ³ /h]		Moc [W]		Natężenie prądu [A]		Poz. mocy akust. 3m [dB(A)]		Spr. odzysku ciepła [%]		
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
IDEO 325 ECOWATT	230	45/90	325	21	198	0,1	0,7	22,9	35,5	86	92	45

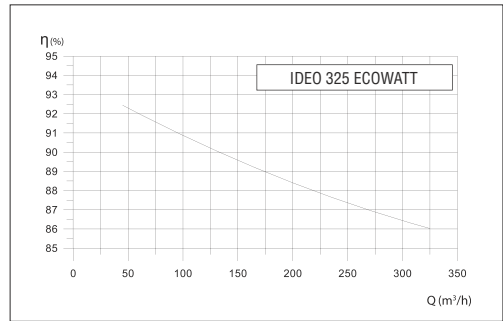
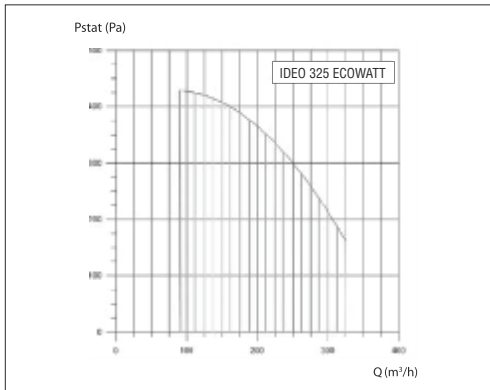
Bezprzewodowy panel sterowania

Bezprzewodowy panel sterowania - umożliwia pełną kontrolę nad pracą centrali rekuperacyjnej.

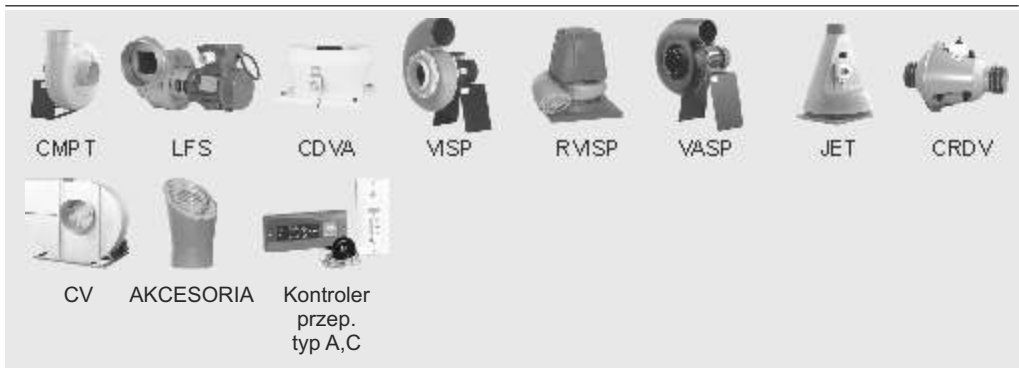
Regulacja wydajności, uruchamianie by-pass'a, programator czasowy etc.



Charakterystyki pracy



15.2.7. Wentylatory chemoodporne



LFS

Zastosowanie

Seria wentylatorów LFS znajduje szerokie zastosowanie w dziedzinach wymagających precyzyjnego dawkowania powietrza oraz dobrej odporności na różnego rodzaju środki chemiczne. Wykorzystuje się je także w digestoriach, laboratoriach chemicznych oraz przy obróbce tworzywa sztucznego, pakowania termokurczliwego.

Konstrukcja

Prmieniowy wentylator niskociśnieniowy o napędzie bezpośrednim. Wirnik z łopatkami pochylonymi do przodu, zgrzewany z blachy stalowej kwasoodpornej. Przystosowany do transportu powietrza w temperaturze do 150°C (wirnik ocynkowany, wentylator w wersji G HT) lub 200°C (wirnik z kwasoodpornej blachy stalowej, wentylator w wersji AP HT).

Silnik elektryczny

Wentylatory wyposażone są w asynchroniczne, jedno-fazowe silniki z kondensatorem 220-240V, 50Hz, lub trójfazowe 220-240V/380-420V, z zewnętrznym wirnikiem i łożyskami kulowymi zgodne ze standardami IEC 72 i IEC 34-1, o stopniu ochrony IP 55 i klasie izolacji uzwojenia F.

Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl



**Wersja przeciwybuchowa
CRDV EX dostępna na stronie
www.venture.pl**

CRDV

Zastosowanie

Wentylatory CRDV, kanałowe lub dachowe, przeznaczone są do transportu agresywnych związków chemicznych, wilgotnych gazów, spalin i zanieczyszczonego powietrza. Doskonale sprawdzają się w przemyśle chemicznym i spożywczym, jak również znajdują szerokie zastosowanie w obiektach użyteczności publicznej takich jak szpitale, laboratoria, szkoły...

Konstrukcja

Wentylatory przeznaczone są do wentylacji pomieszczeń o niskim stopniu zapylenia, przystosowane do montażu w pozycji pionowej lub poziomej, w kanałach o średnicach od 200 do 315 mm. Obudowa wykonana jest z trudnopalnego polipropylenu PPs, wirnik z polipropylenu lub polichlorku winylidenu.

Wentylatory CRDV mają zastosowanie jako wentylatory kanałowe lub dachowe. Średnice przewodów wentylacyjnych 200, 250, 315 mm. Zakres temperatury stosowania wentylatorów CRDV zawiera się w przedziale -20°C do +100°C.

Silnik elektryczny

Silniki są wykonane zgodnie ze standardami IEC, posiadają znak CE. Klasa izolacji F, stopień ochrony IP 55, 400 V 50 Hz.

Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl



VISP

VISP

Zastosowanie

Wentylatory VISP są przeznaczone do transportu medium zawierającego agresywne związki chemiczne (opary kwasów, zasad), do odprowadzania pyłów, dymu, spalin, itp. Odpowiednie do pracy w odciągach i digestoriach, zakładach chemicznych.

Konstrukcja

Niskociśnieniowy wentylator promieniowy o napędzie bezpośrednim. Obudowa, wirnik, tarcza silnika i wlot wykonane ze wzmocnianego promieniami UV polipropylenu. Obudowa stanowi jednorodną bryłę. Wirnik z łopatkami pochylonymi do przodu. Maksymalna temperatura tłoczonego medium 40°C. Temperatura otoczenia silnika -15°C do 40°C.



RVISP

Silnik elektryczny

Asynchroniczny, trójfazowy 230/400V-50Hz, lub jednofazowy 230V-50Hz z kondensatorem. Klasa izolacji F, stopień ochrony IP 55.

Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl

15.2.7.1. Tabela odporności chemicznej

Lp.	SUBSTANCJA CHEMICZNA	SS	PP	PVC
1	aldehyd octowy	1	2	2
2	acetamid	1	1	x
3	kwas octowy 5%	1	1	1
4	kwas octowy 50%	1	1	1
5	aceton	1	1	1
6	wodorotlenek glinu	1	1	1
7	amoniak	1	1	1
8	wodorotlenek amonu	1	1	1
9	szczawian amonowy	1	1	1
10	chlerek amylu	-	x	x
11	anilin	1	2	x
12	aldehyd benzoesowy	-	1	x
13	benzen	1	2	x
14	kwas benzoesowy	1	1	1
15	kwas borowy	3	1	1
16	brom	x	x	2
17	bromobenzen	-	x	3
18	n- octan butylu	3	2	x
19	alkohol butylowy	-	1	2
20	kwas masłowy	1	x	2
21	podchloryn wapnia	3	1	2
22	karbazol	-	1	x
23	dwusiarczek węgla	1	1	x
24	czterochlorek węgla	2	2	2
25	chlor	2	2	1
26	kwas chlorooctowy	3	1	3
27	trójchlorometan	1	2	x
28	cykloheksan	2	1	1

Lp.	SUBSTANCJA CHEMICZNA	SS	PP	PVC
29	kwas cytrynowy	1	1	2
30	krezol	1	1	x
31	cykloheksan	1	2	2
32	dekalina	-	2	1
33	o-dichlorobenzen	-	3	2
34	p-dichlorobenzen	-	1	x
35	dwuetylobenzen	-	x	x
36	eter etylowy	-	x	3
37	kreton etylowy	-	2	x
38	dimetyloformamid	-	1	3
39	eter	1	x	3
40	octan etylu	1	1	3
41	etylobenzen	-	3	x
42	benzoesan etylu	-	2	x
43	maślan etylu	-	2	x
44	chlerek etylu	1	3	x
45	mleczan etylu	-	1	3
46	glikol etylenowy	1	1	1
47	fluor	-	2	x
48	kwas mrówkowy 50%	3	1	2
49	kwas mrówkowy 90-100%	x	1	3
50	olej napędowy	1	1	1
51	benzyna	1	1	2
52	gliceryna	1	1	1
53	n-heptan	1	1	3
54	heksan	1	1	2
55	kwas solny 1-5%	x	1	1
56	kwas solny 35%	x	1	2

Lp.	SUBSTANCJA CHEMICZNA	SS	PP	PVC
57	kwask fluorowodorowy 4%	x	1	2
58	kwask fluorowodorowy 48%	x	1	2
59	wodór	0	1	1
60	nadtlenek wodoru	3	1	1
61	octan izopropylu	-	2	x
62	izopropylobenzen (kumen)	-	3	x
63	nafta	1	2	1
64	kwask mlekowy 3%	2	1	2
65	kwask mlekowy 85%	3	1	2
66	metan	1	1	1
67	keton metylowo-etylowy	1	1	x
68	mrówczan metylu	-	2	x
69	chlorek metylenu	1	3	x
70	kwask azotowy 50%	2	2	2
71	kwask azotowy 70%	x	2	3
72	nitrobenzen	1	3	x
73	n-oktan	-	1	3
74	ozon	1	1	2
75	kwask nadchlorowy	-	2	2
76	czterochlorek etylenu	1	x	x
77	fenol	1	2	3

Lp.	SUBSTANCJA CHEMICZNA	SS	PP	PVC
78	kwask fosforowy 1-5%	1	1	1
79	kwask fosforowy 85%	2	1	1
80	wodorotlenek potasowy	2	1	1
81	propan	1	x	1
82	tlenek propylenu	-	1	3
83	rezorcyna	-	1	3
84	aldehyd salicylowy	-	1	3
85	kwask siarkowy 1-6%	3	1	1
86	kwask siarkowy 20%	x	1	1
87	kwask siarkowy 60%	x	1	1
88	kwask siarkowy 98%	x	1	x
89	dwutlenek siarki	1	x	3
90	kwask winowy	2	1	1
91	czterowodorofuran	1	2	x
92	toluen	1	2	3
93	trójchloroetylen	1	x	x
94	terpentyna	1	2	2
95	chlorek winylidenu	-	x	x
96	ksylen	1	3	x
97	stearynian	2	1	1

Oporność chemiczna

1 = bardzo dobra

3 = średnia

2 = dobra

4 = brak odporności

Material

SS = stal nierdzewna

PVC = Polichlorek winylu

PP = Polipropylen

15.2.8. Wentylatory oddymiające





Wentylatory przystosowane do pracy ciągłej w temperaturze do 120°C / 200°C.



Wentylatory przystosowane do pracy ciągłej w temperaturze do 400°C w okresie do 2 godzin poza strefą pożaru.



Wentylatory przystosowane do pracy ciągłej w temperaturze do 200/300/400°C w okresie do 2 godzin w strefie pożaru.

JET FAN

Zastosowanie

Wentylatory strumieniowe typu TJFT/TJHT przeznaczone są do wentylacji dużych przestrzeni takich jak np. parkingi podziemne, tunele. Dostępne są w 2 wersjach: wentylacja ogólna (TJFT) - temperatura powietrza od -20°C do +40°C, i oddymiająca (TJHT). Wentylatory oddymiające TJHT posiadają certyfikat zgodności z normą PN-EN 12101-3, klasa F400 - 400°C/2h.



Konstrukcja

Standardowe wykonanie obejmuje rewersyjny wirnik wykonany z aluminium, stopy montażowe, zewnętrzna puszka przyłączeniowa. Obudowa okrągła cynkowana na gorąco. Wbudowane tłumiki na wlocie i wylocie. W standardzie wyposażony w siatkę na wlocie i wylocie lub kierownice powietrza. Urządzenia dostępne są w 7 wielkościach od 315 do 630 mm.



Silnik elektryczny

W zależności od wersji dostępne silniki:

silnik trójfazowy 2 biegunowy,

silnik trójfazowy dwu biegunowy 2/4 biegunowy.

Silniki w wentylatorach TJFT - ochrona silnika IP55, klasa izolacji F,

Silniki w wentylatorach TJHT - ochrona silnika IP55, klasa izolacji H.

CTH..., CTV...

Zastosowanie

Wentylacja wywiewna magazynów, hal sklepowych i przemysłowych, budynków gospodarczych w rolnictwie, etc. Ze względu na wysoką odporność temperaturową zalecane zwłaszcza jako odciąg z nad rusztów, z okapów w przemyśle mięsny oraz gastronomii. Do odciągów pary wodnej i mgły z zanieczyszczeniami tłuszczowymi szczególnie polecane wentylatory z wyrzutem pionowym.





Konstrukcja

Wentylator dachowy przeznaczony do pracy ciągłej w wysokich temperaturach.

- CTVB/T 140/180/200/225 od -40° do max. 200°C
- CTHB/T 140/180/200/225 od -40° do max. 200°C
- pozostałe od -40° do 120°C

Wirnik z blachy galwanizowanej (140-400) lub z blachy stalowej malowanej (450-710) wyważony dynamicznie. Obudowa z blachy aluminiowej, podstawa z blachy stalowej galwanizowanej. Wentylatory (typ 140-400) są przystosowane do regulacji prędkości obrotowej.

Silnik elektryczny

Asynchroniczny, trójfazowy 380-420V, 50Hz lub 220-240V, 50Hz silnik jednofazowy z kondensatorem. Silniki są wykonane zgodnie ze standardem IEC 72 i IEC 34-1. Klasa izolacji F, stopień ochrony IP 55.



THGT

Zastosowanie

Odporność na temperaturę 400°C/2h, 300°C/2h, 200°C/2h. Standardowa wersja to 400°C/2h, pozostałe na życzenie.

Konstrukcja

Wentylatory osiowe przeznaczone do montażu kanałowego. Obudowa stalowa, galwanizowana, dostępna w dwóch wersjach, obudowa długa i obudowa krótka. Długa obudowa posiada klapę, która umożliwia dostęp do silnika, bez demontażu wentylatora. Wirnik wykonany jest z aluminium, ze zmiennym kątem pochylenia łopatek, w przypadku wentylatorów dwupolowych, wirnik stanowi jeden odlew. Montaż możliwy zarówno w poziomie jak i w pionie. Puszka wykonana jest w standardzie 400°C/2h.



Silnik elektryczny

Asynchroniczny trójfazowy silnik 230/400V-50Hz do 3kW i 400V-50Hz dla pozostałych, również dwubiegowych. Silniki trójfazowe 2, 4, 6, 8 biegunowe, dla wentylatorów dwubiegowych 2/4, 4/6, 4/8 lub 6/12 biegunowe.

- Dla wersji 400°C/2h stopień ochrony IP 55, klasa izolacji H.
- Dla wersji 300°C/2h stopień ochrony IP 55, klasa izolacji H.
- Dla wersji 200°C/2h stopień ochrony IP 55, klasa izolacji F.

15.2.9. Wentylatory przeciwwybuchowe



Silnik elektryczny

Wentylatory ELF wyposażane są w silniki indukcyjne elektryczne trójfazowe 230/400V lub 400V 50Hz przystosowane do pracy w strefach zagrożonych wybuchem. Silniki o innej klasie temperaturowej, różne formy zabezpieczenia budowy (np. nA, d, de itp.) dostarczane na specjalne życzenie.

ELF

Zastosowanie

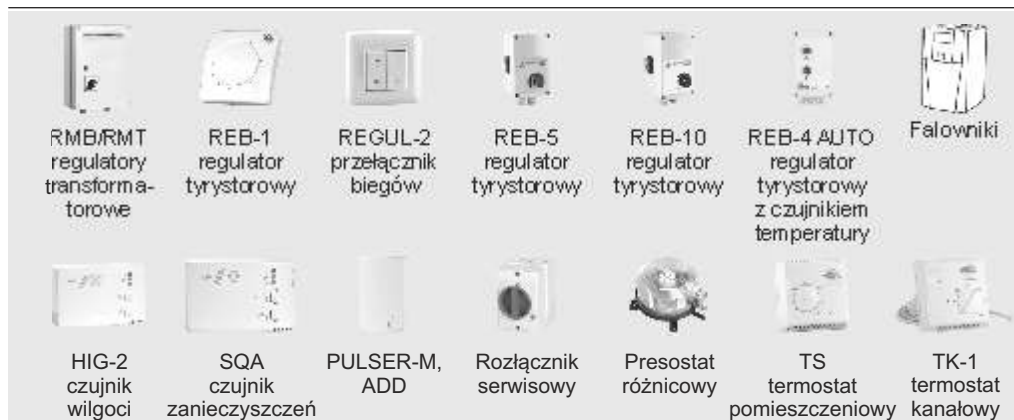
Wentylatory promieniowe ELF produkowane są zgodnie z międzynarodowym standardem ISO 9001 oraz zgodnie z normą o systemie zapewnienia jakości w przypadku produkcji wyrobów przeznaczonych do użycia w przestrzeniach zagrożonych wybuchem - PN-EN 13980. Odpowiadają wymaganiom Dyrektywy ATEX 94/9/EC, zaprojektowane do użytku w strefach zagrożenia wybuchem poza kopalniami i wyrobiskami górniczymi. Spełniają wymogi grupy II kategorii 2G/3G - strefa 1 i/lub 2. Przeznaczone są do montażu wewnątrz, w instalacji (tj. kanały na wlocie i/lub wylocie z wentylatora). Temperatura transportowanego medium nie może przekraczać 60°C, gdzie otoczenie silnika elektrycznego nie może przekraczać -20°C do +40°C.

Konstrukcja

Obudowy wentylatorów ELF standardowo są spawane z blachy stalowej (dla wersji SSI stal nierdzewna), malowane farbą proszkową poliestrową. W konstrukcji zastosowano elementy wyko-nane z blachy mosiężnej minimalizujące ryzyko zaiskrzenia. Wirniki z łopatkami zagiętymi typu F są spawane/zgrzewane z blachy stalowej (dla wersji SSI stal nierdzewna), wyważane są dynamicznie wg ISO1940 w klasie dokładności G2.5.

Pełne dane techniczne do wszystkich modeli wentylatorów oraz charakterystyki pracy dostępne na stronie www.venture.pl

15.2.10. Akcesoria elektryczne



RMB, RMT



REB-1 NE



REGUL-2



REB-5



Regulatory

Część prezentowanych dotychczas w katalogu wentylatorów jest wyposażona w silniki elektryczne dopuszczające możliwość regulacji prędkości obrotowej jedną z poniżej opisanych metod.

Regulatory transformatorowe

Regulują stopniowo prędkość obrotową silnika przez zmianę podawanego napięcia. Napięcie jest stopniowo regulowane przy pomocy transformatora. Regulatory tego typu występują w wersji 1- i 3-fazowej.

- RMB - 230V, 50Hz jednofazowy regulator transformatorowy z pięcioma stopniami regulacji. Stopień ochrony IP 20.
- RMT - 400V, 50Hz trójfazowy regulator transformatorowy z pięcioma stopniami regulacji. Stopień ochrony IP 20.

Regulatory tyrystorowe

Regulują bezstopniowo prędkość obrotową silnika przez zmianę podawanego napięcia. Napięcie jest regulowane bezstopniowo przy pomocy tyrystora. Oferujemy tego typu regulatory w wersji jednofazowej.

- REB - 230V, 50Hz jednofazowy bezstopniowy regulator tyrystorowy, dostępny w wersji natynkowej (N) i podtynkowej (NE). Stopień ochrony IP 44.
- REGUL-2 - 230V, 50Hz – przełącznik obrotów przeznaczony wyłącznie do wentylatorów z silnikami dwubiegowymi.

UWAGA !! Wszystkie regulatory tyrystorowe mogą powodować hałas silnika przy niskiej prędkości obrotowej. Nie zaleca się zatem obniżania prędkości obrotowej poniżej 50% wartości nominalnej.

REB-10



REB-4 Auto



REB-5 Auto



Czujnik standardowy



PSL-16



Dane techniczne

Typ	napięcie [V]	obciążenie max. [A]	wymiary S x W x G [mm]
RMB-1.5	230	1,5	170x220x110
RMB-3.5	230	3,5	170x220x110
RMB-8	230	8	170x220x110
RMB-10	230	10	210x260x120
RMT-1.5	400	1,5	170x220x110
RMT-3.5	400	3,5	210x260x120
RMT-8	400	8	250x300x200
RMT-12	400	12	300x400x200
REB-1 N	230	1	80x80x68
REB-1 NE	230	1	80x80x57
REB-2.5 N	230	2,5	80x80x68
REB-2.5 NE	230	2,5	80x80x57
REB-5	230	5	164x96x85
REGUL-2	230	16	80x80x45

Jednofazowy automatyczny regulator tyrystorowy

Typ	napięcie [V]	stopień ochrony	moc pozorna [VA]	napięcie max. [A]	zakres nastaw
REB-10	230	IP54	2200	10	5-45°C

Jednofazowy automatyczny regulator tyrystorowy działający w zależności od temperatury otoczenia.

Kontrolowany przez mikroprocesor sterujący prędkością wentylatora.

Napięcie jest regulowane bezstopniowo za pomocą tyrystora.

Dostępne w wersji natynkowej.

Sterowany za pomocą 1 lub 4 czujników.

1 czujnik dołączony w standardzie.

Minimalna obsługiwana moc 100W.

Wyposażony w bezpiecznik + 1 bezpiecznik rezerwow.

REB-4 AUTO wymiary: S x W x G mm: 170 x 110 x 107

REB-5 AUTO wymiary: S x W x G mm: 169 x 134 x 107

Moduł mocy zwiększający liczbę wentylatorów kontrolowanych przez pojedynczego REB-5 AUTO.

wymiary: S x W x G mm: 220 x 165 x 101

Typ	napięcie [V]	stopień ochrony	moc pozorna [VA]	napięcie max. [A]	zakres nastaw
PSL 16	220-240	IP55	880	16	10-45°C



Sp. z o.o.

VENTURE INDUSTRIES Sp. z o.o.

ul. Mokna 27, 05-092 Łomianki - Kielcin
Warszawa - POLAND

tel. +48 22 751 95 50, 751 20 31

fax +48 22 751 22 59, 751 12 02

<http://www.venture.pl>

e-mail: venture@venture.pl



Jesteśmy członkiem



Stowarzyszenie
Polska
Wentylacja

www.venture.pl



ISBN 978-83-934024-0-3



9 788393 402403