

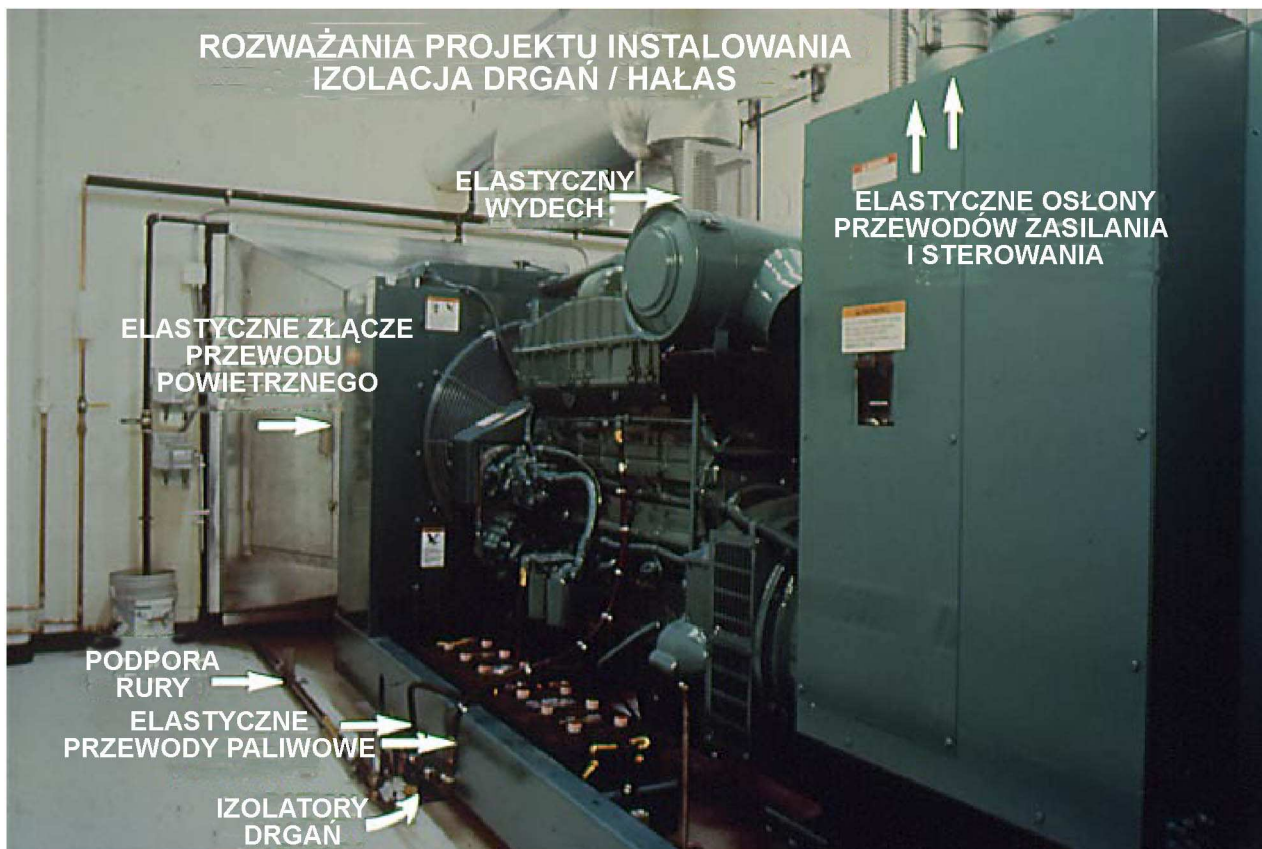
## 6 PROJEKT MECHANICZNY

### Fundament i mocowanie

#### Mocowanie agregatu prądowórczego i izolacja drgań

Projekt instalowania musi zapewnić prawidłowy fundament dla utrzymywania agregatu prądowórczego, oraz dla ochrony przed przenikaniem niszczących lub dokuczliwych poziomów energii drgań do konstrukcji budynku. Ponadto instalacja powinna – zapewnić, że infrastruktura utrzymująca agregatu prądowórczego nie pozwala na przenikanie drgań z agregatu prądowórczego do stacjonarnej części urządzeń.

Wszystkie elementy składowe, które fizycznie stykają się z agregatem prądowórczym muszą być elastyczne w celu pochłaniania przemieszczeń drgań bez uszkodzeń. Elementy, które wymagają izolowania, to układ wydechowy silnika, przewody paliwowe, przewody doprowadzania zasilania prądem zmiennym AC, przewody obciążenia, przewody sterowania (które powinny być skręcane, a nie z rdzeniem pełnym), agregat prądowórczy (od podstawy mocującej), oraz przewody powietrza wentylującego (dla agregatów prądowórczych z chłodnicami mocowanymi na podstawach) (Patrz **Rysunek 6-1**). Niedopatrzenie izolowania tych punktów połączeń fizycznych i elektrycznych może spowodować uszkodzenia wibracyjne budynku lub agregatu prądowórczego, oraz niesprawność agregatu podczas pracy.



**Rysunek 6-1.** Zabezpieczenia przeciw-wibracyjne dla typowego agregatu prądowórczego.

Silnik agregatu prądowórczego, alternator i inne zamontowane urządzenia są zwykle mocowane na zespole podstawy. Zespół podstawy jest sztywną konstrukcją, która zapewnia zarówno integralność konstrukcyjną, jak i pewien stopień izolacji drgań. Fundament, podłoga, lub dach muszą być w stanie wytrzymać ciężar zmontowanego agregatu prądowórczego i jego akcesoriów (takich, jak dolny zbiornik paliwa), jak również wytrzymać obciążenia dynamiczne oraz nie przenosić niepożądanego hałasu i drgań. Proszę zauważyć, że zastosowania, w których izolacja drgań jest krytycznie ważna, łączny ciężar pakietu może obejmować masywny fundament mocujący (patrz Postanowienia dotyczące fundamentu w tym rozdziale).

Rozmiar fizyczny, ciężar i konfiguracje montażowe są różne w zależności od różnych producentów i różnych wielkości urządzeń. W celu uzyskania informacji szczegółowych o ciężarach i wymiarach montażowych proszę się zapoznać z instrukcjami instalacyjnymi producenta w sprawie instalowanego danego modelu<sup>1</sup>.

### Postanowienia dotyczące fundamentu

**Podłoga płytowa:** Dla wielu zastosowań masywny fundament dla agregatu prądowórczego nie jest konieczny. Agregaty z wbudowanymi izolatorami drgań mogą zredukować przekazywane drgania o 60 – 80% , a umieszczenie stalowych sprężynowych izolatorów pomiędzy agregatem i płytą może odizolować więcej, niż 95% drgań (patrz izolatory drgań dalej w tym rozdziale). Jeżeli przekazywanie drgań do budynku nie jest sprawą krytyczną, główną sprawą będzie zainstalowanie agregatu prądowórczego tak, aby jego ciężar był prawidłowo utrzymywany i tak, zespół mógł być łatwo obsługiwany. Na górną powierzchnię podłogi należy wylać nakładkę betonową w celu uniesienia agregatu prądowórczego na wysokość, która ułatwia obsługę i sprzątanie wokół zespołu.

- Nakładka powinna być zbudowana z betonu zbrojonego o wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach wiązania co najmniej 2500 psi (17.200 kPa).
- Nakładka powinna mieć głębokość co najmniej 6 cali (150 mm) i wystawać co najmniej 6 cali (150 mm) poza podstawę z każdej strony.

<sup>1</sup> Szczegółowe informacje o wyrobach Cummins Power Generation można znaleźć na Cummins Power Suite, lub można otrzymać od autoryzowanego dystrybutora.

Fizyczne rozmieszczenie przewodów paliwowych, połączeń sterowania i zasilania, oraz innych połączeń, które są planowane do zatopienia w betonie – patrz rysunki producenta agregatu prądowórczego. Te połączenia będą się znacznie różnić w zależności od dostawcy.

Izolatory drgań powinny być zamocowane do płyty mocującej śrubami typu J lub L (śrubami fundamentowymi z ostrogami lub zagięciem) wstawionymi do płyty betonowej. Ustawienie „zalanych” śrub jest problematyczne, ponieważ nawet małe błędy rozmieszczenia mogą powodować czasochłonne przewiercanie podstawy. Niektóre konstrukcje agregatów prądowórczych umożliwiają zastosowanie śrub kotwicznych w betonie. Będą one wymagały, by punkty mocujące były starannie rozmieszczone na podstawie aktualnego położenia punktów mocowania na agregacie prądowórczym i izolatorach.

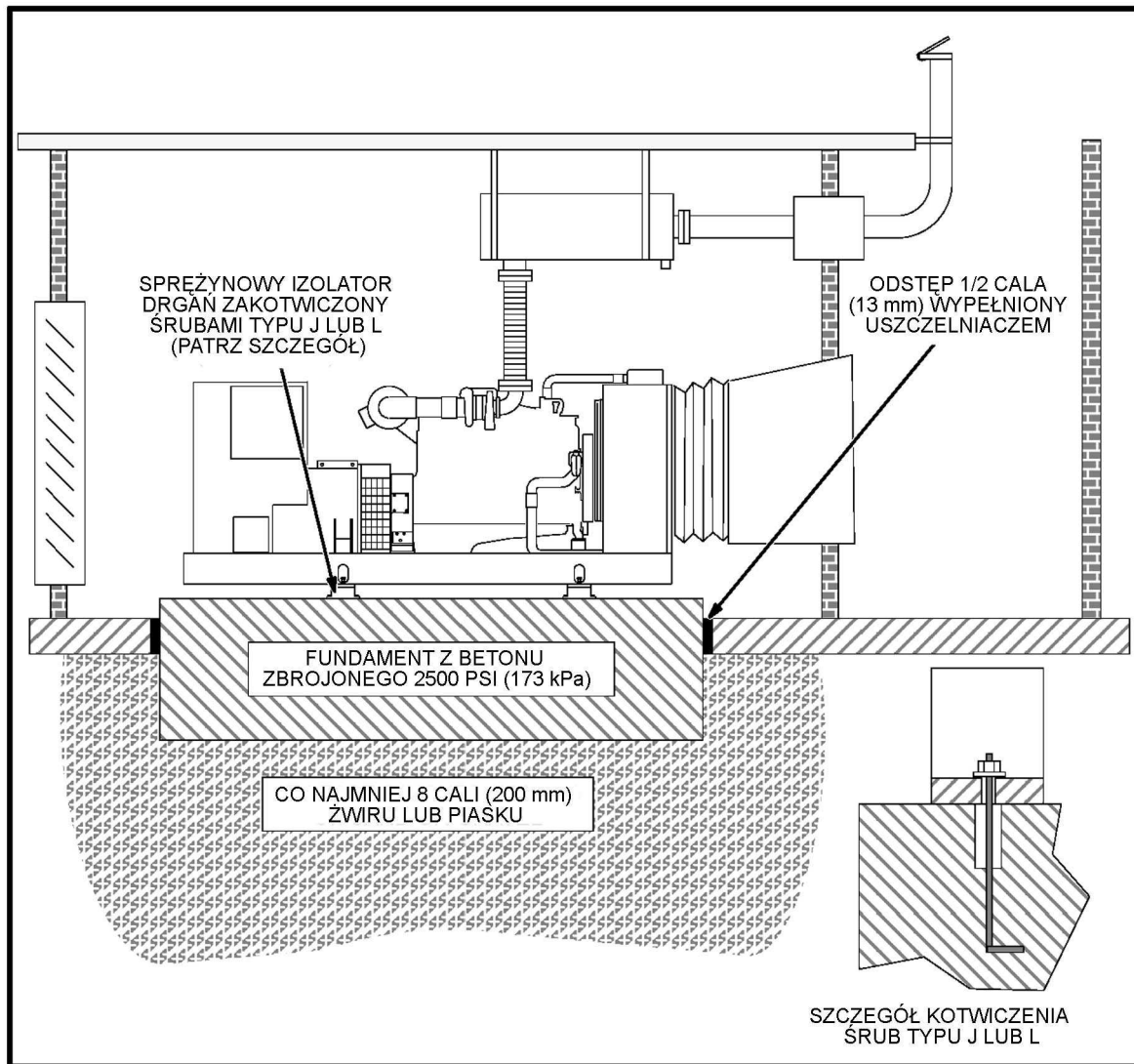
Płyta mocująca dla agregatu prądowórczego powinna być płaska i pozioma dla umożliwienia prawidłowego mocowania i regulacji układu izolacji drgań. Sprawdzić, czy płyta mocująca jest płaska na długości, szerokości oraz po przekątnej.

**Cokół:** Alternatywnie, agregat prądowórczy może być mocowany na betonowym cokole ustawionym wzdłuż podstawy agregatu prądowórczego. To ustawienie pozwala łatwo umieszczać miskę ociekową pod agregatem prądowórczym, oraz daje więcej miejsca dla obsługi agregatu prądowórczego. Cokół powinien być fizycznie zamocowany do podłogi.

### Fundament izolujący od drgań

W zastosowaniach, w których wielkość przekazywania drgań do budynku jest bardzo ważna, może być wymagane mocowanie agregatu prądowórczego na fundamencie izolującym od drgań. W takim przypadku konieczne są dodatkowe rozważania. **Rysunek 6-2** ilustruje typowy fundament izolujący od drgań.

- Ciężar (W) fundamentu powinien być co najmniej 2 razy (i do 5-10 razy) większy od ciężaru samego agregatu dla utrzymania obciążeń dynamicznych. (Ciężar paliwa w zbiorniku dolnym nie powinien być uwzględniany jako uczestniczący w wymaganym ciężarze fundamentu izolującego od drgań, nawet, jeżeli izolatory znajdują się pomiędzy zbiornikiem i agregatem prądowórczym.)



**Rysunek 6-2.** Typowy fundament izolujący od drgań

- Fundament powinien wystawać co najmniej 6 cali (150 mm) poza podstawę z każdej strony. To określa długość (l) i szerokość (w) fundamentu.
- Fundament powinien wystawać co najmniej 6 cali (150 mm) ponad podłogę dla ułatwienia obsługi i konserwacji agregatu prądowórczego.
- Fundament musi być zagłębiony poniżej linii zamarzania gruntu, w celu uniknięcia przechyłków.
- Fundament powinien być z betonu zbrojonego o wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach co najmniej 2500 psi (17.200 kPa).
- Obliczyć wysokość(h) fundamentu konieczną do uzyskania wymaganego ciężaru (W) za pomocą następującego wzoru:

$$h = \frac{W}{d \cdot l \cdot w}$$

Gdzie:

- h = wysokość fundamentu w stopach (metrach).
- l = długość fundamentu w stopach (metrach).
- w = szerokość fundamentu w stopach (metrach).
- d = gęstość betonu – 145 funtów/stopę<sup>2</sup> (2322 kg/m<sup>3</sup>).
- W = Całkowity ciężar zalanego agregatu prądowórczego w funtach (kg).



- Całkowity ciężar agregatu prądotwórczego, płynu chłodzącego, paliwa i fundamentu zwykle powoduje obciążenie podłoża (gleby) (SBL) poniżej 2000 funtów/stopę<sup>2</sup> (9800 kg/m<sup>2</sup>) (96 kPa). Chociaż jest to w granicach nośności większości podłoży, zawsze uzyskać dopuszczalne SBL sprawdzając miejscowe przepisy oraz raport analizy podłoża dla budynku. Podczas wykonywania tych obliczeń należy pamiętać doliczyć ciężar płynu chłodzącego, oleju smarującego i paliwa (gdy dotyczy). Obliczyć SBL za pomocą następującego wzoru:

$$\text{SBL (psi)} = \frac{W}{l \cdot w \cdot 144}$$

$$\text{SBL (kPa)} = \frac{W \cdot 20.88}{l \cdot w}$$

Przykład obliczeń (jednostki USA):

500 kW agregat prądotwórczy waży około 10.000 funtów (4540 kg) w stanie zalany (tzn. wraz z płynem chłodzącym i środkami smarującymi). Wymiary podstawy to 10 stóp (3 metry) długości i 3,4 stopy (1 metr) szerokości.

$$l = 10 + (2 \cdot 0,5) = 11 \text{ stóp}$$

$$w = 3,4 + (2 \cdot 0,5) = 4,4 \text{ stopy}$$

$$\text{Ciężar fundamentu} = 2 \cdot 10.000 = 20.000 \text{ funtów}$$

$$\begin{aligned} \text{Ciężar całkowity} &= \text{agregat} + \text{fundament} \\ &= 10.000 + 20.000 = 30.000 \text{ funtów.} \end{aligned}$$

$$\text{SBL} = \frac{30.000}{11 \cdot 4.4} = 620 \text{ lbs/ft}^2$$

### Izolatory drgań

Silnik i alternator agregatu prądotwórczego muszą być odizolowane od konstrukcji mocującej, na której są zamontowane. Niektóre agregaty prądotwórcze, szczególnie modele o mniejszej mocy kW, wykorzystują izolatory drgań z gumy/neoprenu, które są wstawiane do maszyny pomiędzy silnik/alternator i podstawę<sup>2</sup>. Podstawa tych agregatów prądotwórczych zwykle może być przykręcana bezpośrednio do fundamentu, podłogi lub konstrukcji pośredniej. Inne agregaty prądotwórcze mogą być wyposażone w konstrukcję, która charakteryzuje się trwale

zamocowanym silnikiem/alternatorem do zespołu podstawy. Agregaty prądotwórcze, które nie zawierają wbudowanej izolacji powinny być zainstalowane przy pomocy urządzeń izolujących drgania, takich, jak podkładki, sprężyny lub izolatory powietrzne.

*UWAGA: Przykręcanie agregatu prądotwórczego, który nie zawiera wbudowanych izolatorów drgań, bezpośrednio do podłogi lub fundamentu, spowoduje nadmierny hałas i drgania; oraz możliwe uszkodzenia agregatu prądotwórczego, podłogi i innych urządzeń. Drgania mogą być również przenoszone przez konstrukcję budynku i uszkodzić samą konstrukcję.*

**Podkładki izolacyjne:** Izolatory typu podkładki składają się z warstw materiałów elastycznych przeznaczonych do tłumienia poziomów drgań w zastosowaniach nie krytycznych, takich, jak agregaty prądotwórcze montowane w swoich własnych obudowach na zewnątrz budynków, lub gdy agregat posiada wbudowane izolatory. Wkładki izolacyjne mają różną skuteczność, ale w przybliżeniu są skuteczne w 75%. Zależnie od budowy, mogą one również mieć różną skuteczność w różnych temperaturach, ponieważ w niskich temperaturach gumowy czynnik izolujący jest znacznie mniej elastyczny, niż w wyższych temperaturach.

**Izolatory sprężynowe:** Rysunek 6-3 ilustruje stalowy sprężynowy izolator drgań typu wymaganego do mocowania agregatów prądotwórczych, które nie zawierają wbudowanych izolatorów drgań. Pokazane są dolna podkładka gumowa, korpus izolatora, śruby mocujące, sprężyna podpierająca, śruba regulacyjna i nakrętka zabezpieczająca.

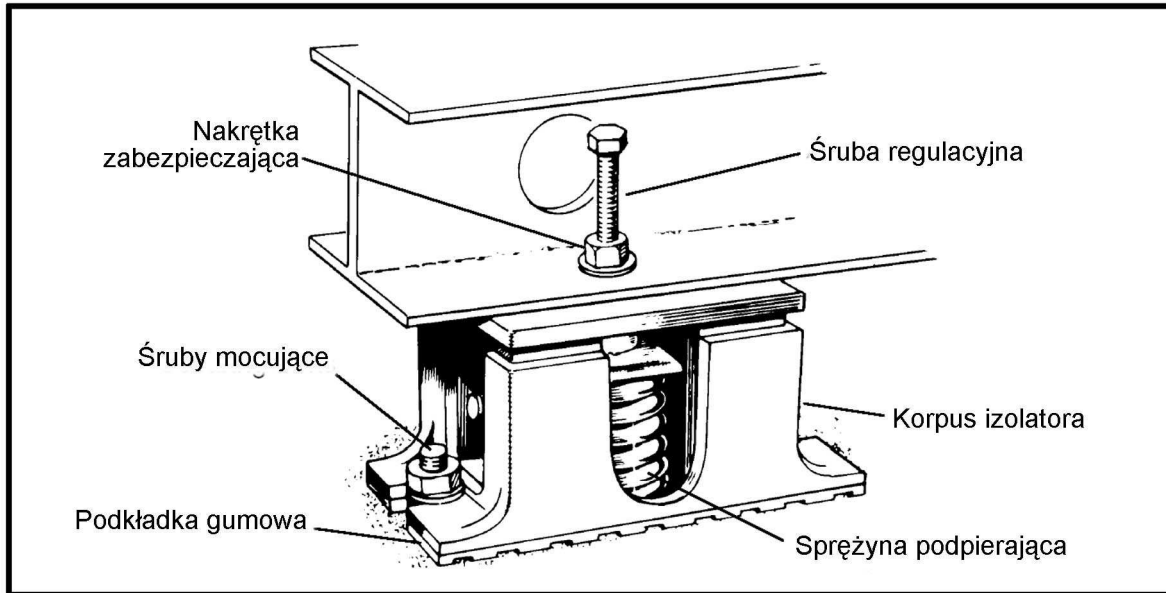
Te stalowe izolatory sprężynowe mogą tłumić do 98 procent energii drgań wytwarzanych przez agregat prądotwórczy. Umieszczać izolatory tak, jak pokazano w dokumentacji producenta agregatu prądotwórczego. Izolatory mogą być umieszczane niesymetrycznie na obwodzie agregatu prądotwórczego, ponieważ muszą być rozmieszczane przy uwzględnieniu środka ciężkości maszyny. Liczba wymaganych izolatorów jest różna w zależności od klasy izolatorów i ciężaru agregatu prądotwórczego. Patrz **Rysunek 6-4**.

Gdy maszyna jest mocowana na dolnym zbiorniku paliwa, rodzaj izolatorów drgań wymaganych dla zabezpieczenia dolnego zbiornika paliwa zależy od budowy zbiornika i poziomu sił drgań wytwarzanych przez maszynę. Jeżeli pomiędzy silnik/generator i podstawę założone są podkładki z gumy syntetycznej, dodatkowa izolacja drgań pomiędzy maszyną i zbiornikiem dolnym nie jest zwykle wymagana. Jednakże, częstotliwość własna zbiornika dolnego

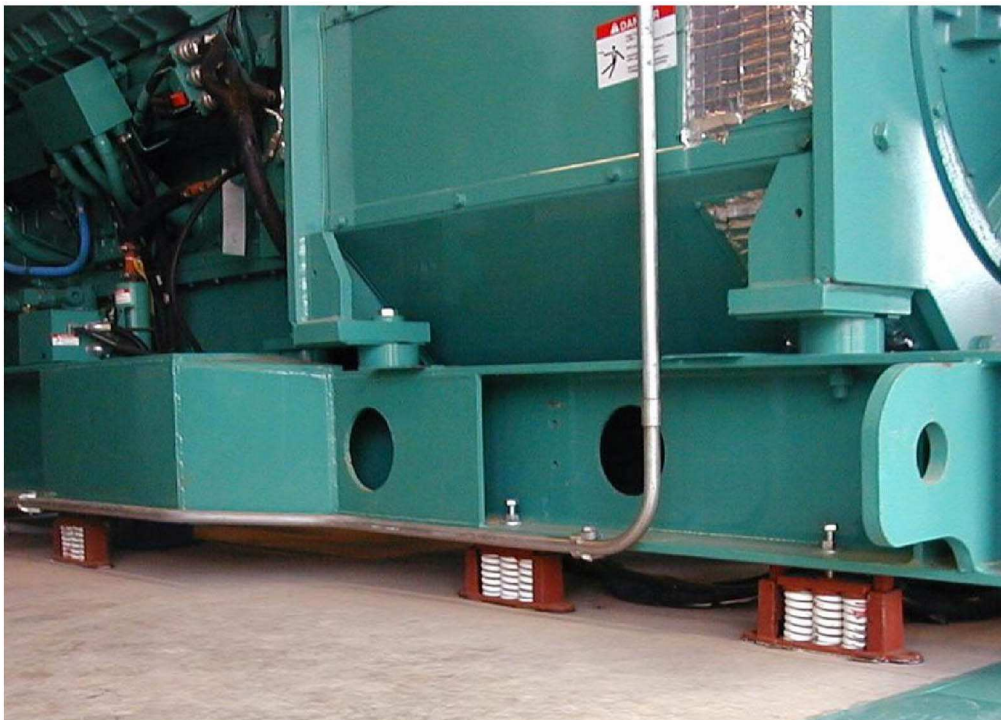
<sup>2</sup> Agregaty prądotwórcze Cummins Power Generation (200/175 kW i mniejsze) posiadają gumowe izolatory drgań umieszczone pomiędzy podstawą a zespołem silnik/generator i dla większości zastosowań nie wymagają stosowania zewnętrznych izolatorów drgań.

w punktach mocowania do agregatu prądowórczego powinna wynosić 200 Hz lub więcej. Jeżeli silnik/generator jest sztywno zamocowany do podstawy, potrzebna jest dodatkowa izolacja drgań pomiędzy podstawą i zbiornikiem dolnym w celu ochrony

zbiornika dolnego i odpowiedniego odizolowania budynku od drgań. We wszystkich przypadkach stosować się do zaleceń producentów dotyczących danego połączenia agregatu prądowórczego i zbiornika dolnego.



**Rysunek 6-3.** Typowy Stalowy Sprężynowy Izolator Drgań.



**Rysunek 6-4.** Agregat prądowórczy zamontowany z izolatorami drgań typu sprężynowego.

Dla zapewnienia skutecznej izolacji, izolatory drgań typu sprężynowego muszą być prawidłowo dobrane i zainstalowane. Ciężar agregatu prądotwórczego powinien dostatecznie ścisnąć izolator dla umożliwienia swobody ruchu, ale nie dopuszczania do „dobijania” izolatora do podłoża podczas pracy. Uzyskuje się to poprzez dobieranie izolatorów i ich liczby na podstawie klasy ciężkości izolatora i całkowitego ciężaru agregatu prądotwórczego.

Izolator powinien być dobrze zamocowany do podkładki mocującej dla agregatu prądotwórczego, przy użyciu śrub Rag (śrub typu L lub J) lub Rawl (śrub kotwiących w betonie).

***Izolatory powietrzne:*** Izolator powietrzny (lub sprężyna powietrzna) jest kolumną gazu zamkniętego w pojemniku przeznaczonym do wykorzystania ciśnienia gazu jako czynnika siły sprężyny. Izolatory powietrzne mogą zapewnić częstotliwość własną niższą, niż ta, którą można uzyskać przy sprężynach elastomerowych (gumowych), a w konstrukcjach specjalnych niższą, niż przy stalowych sprężynach śrubowych. Zapewniają one możliwość poziomowania poprzez regulowanie ciśnienia gazu wewnątrz sprężyny.

Izolatory powietrzne wymagają większej obsługi konserwacyjnej, a ograniczenia temperatury są bardziej restrykcyjne, niż dla sprężyn śrubowych. Sztywność izolatorów gazowych zmienia się w zależności od ciśnienia gazu i nie jest stała, tak, jak sztywność innych izolatorów. W wyniku tego częstotliwość własna nie zmienia się wraz z obciążeniem w tym samym stopniu, jak w innych metodach izolowania. Nie sprawność systemu doprowadzania powietrza lub nie szczelność może spowodować całkowitą niesprawność izolatorów.

Tłumienie w izolatorach powietrznych jest generalnie niska z krytycznym stopniem tłumienia rzędu 0,05 lub mniej. To tłumienie jest zapewniane przez uginanie przepony lub ścianki bocznej przez tarcie, lub poprzez tłumienie w gazie. Wbudowanie oporu przepływu kapilarnego (wstawienie kryzy do przepływu) może zwiększyć tłumienie pomiędzy cylindrem izolatora powietrznego a podłączonymi zbiornikami wyrównawczymi.

***Izolatory stosowane w miejscach zagrożonych sejsmicznie:*** Dodatkowe czynniki muszą być uwzględniane dla urządzeń instalowanych w obszarach aktywnych sejsmicznie. Oprócz ich zwykłej roli ochrony budynków lub urządzeń przed drganiami wywołanymi przez maszynę, podczas zdarzeń sejsmicznych izolatory drgań muszą również zapewnić, że urządzenia pozostaną zakotwiczone i nie uwolnią się z konstrukcji, do której są zamocowane.

W obszarach sejsmicznych, izolatory drgań są często stosowane pomiędzy podstawą agregatu prądotwórczego, a konstrukcją, do której jest zamocowany. Izolator sejsmiczny musi być utrzymujący, co znaczy, że będzie ograniczać nadmierne przemieszczenia agregatu prądotwórczego i musi być dostatecznie wytrzymały do wytrzymywania występujących sił sejsmicznych. Izolatory drgań nadające się do wykorzystania w tych zastosowaniach są dostępne zarówno w wykonaniach z gumy syntetycznej, jak i stalowe typu sprężynowego.

Izolatory drgań, jeżeli zainstalowane pomiędzy silnikiem/alternatorem, a podstawą, muszą również odpowiednio mocować silnik/alternator do podstawy. Normalnie te rodzaje izolatorów są z gumy syntetycznej i muszą być o konstrukcji „utrzymującej”, tak, by odpowiednio mocowały urządzenia. Należy się konsultować z producentem albo dostawcą urządzeń w celu określenia przydatności dla danego zastosowania.

Zawsze, gdy są rozważane zdarzenia sejsmiczne, należy się konsultować z wykwalifikowanym inżynierem budowlanym.

#### Odporność na trzęsienia ziemi

Agregaty prądotwórcze Cummins Power Generation, gdy są prawidłowo zamontowane i utwierdzone, nadają się do zastosowania w regionach o znanym zagrożeniu sejsmicznym. Specjalne rozważania konstrukcyjne są konieczne dla montowania i utwierdzania urządzeń o gęstości masy typowej dla agregatów prądotwórczych. Ciężar agregatu prądotwórczego, środek ciężkości oraz lokalizacje punktów mocowania są wskazywane na rysunkach gabarytowych agregatu prądotwórczego Cummins Power Generation.

Takie elementy składowe, jak przewody rozprowadzające energię elektryczną, przewody płynu chłodzącego i paliwa muszą być zaprojektowane dla zachowania możliwie minimalnego stanu uszkodzeń oraz dla ułatwienia napraw w przypadku wystąpienia trzęsienia ziemi. Przełączniki przesyłu, pulpity rozdzielcze, automatyczne odłączniki obwodu i związane z nimi regulatory dla zastosowań krytycznych<sup>3</sup> muszą być zdolne do wykonywania swoich funkcji podczas i po doznaniu wstrząsów sejsmicznych, więc muszą być rozważone szczególne rozwiązania mocowania i połączeń elektrycznych.

<sup>3</sup> **ZAPIS PRZEPISÓW USA:** NFPA 110 wymaga, aby te cechy posiadały systemy Poziomu 1 i Poziomu 2.



### Odciążenie przewodów zasilania i sterowania

Przewody zasilania, a zwłaszcza przewody sterowania powinny być instalowane tak, by przewody były utrzymywane na konstrukcji mechanicznej agregatu prądowłórczego lub pulpitu sterowania, a nie na fizycznych końcówkach połączeniowych lub przyłączach. Rozwiązania odciążania, wraz z zastosowaniem plecionych (skręcanych) przewodów sterowania, zamiast przewodów z pojedynczym drutem pomogą uniknąć uszkodzeń przewodów lub połączeń z powodu drgań. Patrz Połączenia Elektryczne w *Projekcie Elektrycznym*.

### Układ wydechowy

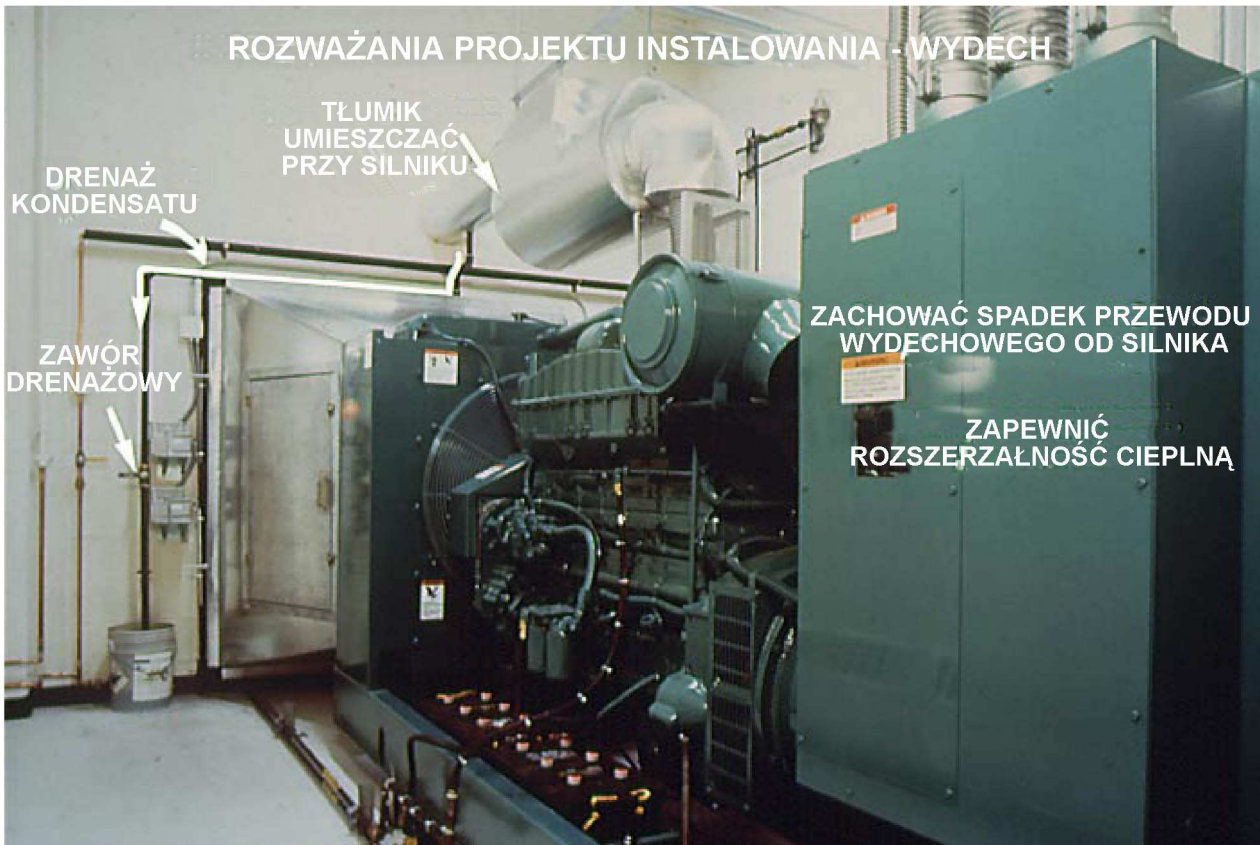
#### Wskazówki ogólne dotyczące układu wydechowego

Funkcją układu wydechowego jest wyprowadzenie gazów wydechowych silnika bezpiecznie na zewnątrz budynku i rozproszyć dymy wydechowe, sadzę i hałas jak najdalej od ludzi i budynków. Układ

wydechowy musi być tak zaprojektowany, by zminimalizować przeciwnie na silnik. Nadmierne opory w układzie wydechowym spowodują zwiększone zużycie paliwa, nienormalnie wysoką temperaturę wydechu i niesprawności związane z wysoką temperaturą wydechu, jak również nadmierny czarny dym.

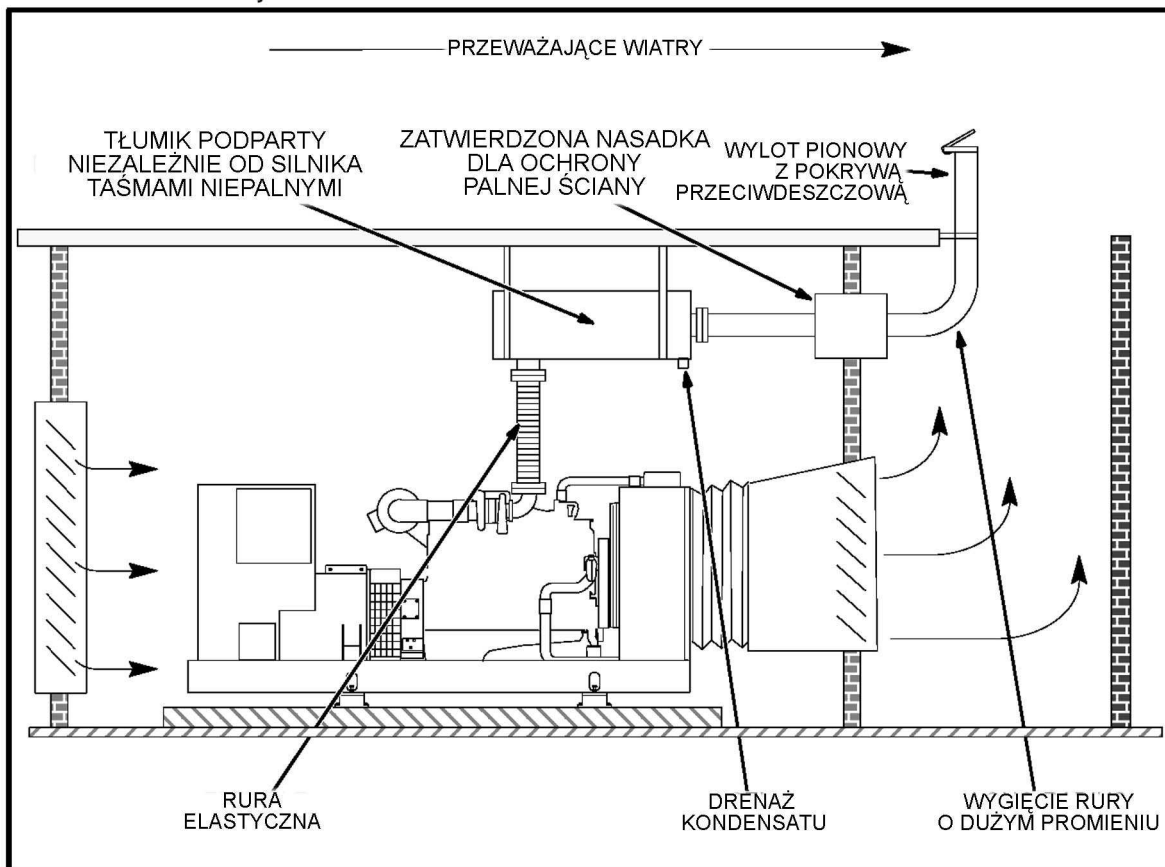
Patrz **Rysunek 6-5 i 6-6**. Konstrukcje układu wydechowego powinny uwzględniać następujące sprawy:

- Do rurociągu wydechowego mogą być zastosowane rury ze stali czarnej gat. 40. Inne materiały, które są dopuszczalne, obejmują prefabrykowane układy wydechowe ze stali nierdzewnej.



**Rysunek 6-5:** Typowe cechy Układu Wydechowego dla generatora zainstalowanego wewnątrz budynku.

- Do wylotu wydechu silnika muszą być podłączone łańdowane rury elastyczne bezszwowe rury wydechowe ze stali nierdzewnej o długości co najmniej 24 cale (610 mm), dla umożliwienia rozszerzalności cieplnej i przemieszczeń agregatu prądowórczego i wibracji, gdy agregat jest mocowany na izolatorach drgań. Mniejsze agregaty z wbudowaną izolacją drgań, które są przykręcane bezpośrednio do podłogi, muszą być podłączone przez bezszwowe rury z pofalowanej blachy ze stali nierdzewnej o długości co najmniej 18 cali (457 mm). Elastyczne rury wydechowe nie mogą być używane do tworzenia kolan lub do kompensowania nieprawidłowo ułożonych rurociągów wydechowych.
- Agregaty prądowórcze mogą być wyposażone w wydech o połączeniach gwintowych, lub o połączeniach kołnierzowych. Połączenia gwintowane i kołnierzowe są mniej podatne na nieszczelności, ale bardziej kosztowne w instalowaniu.
- Tłumiki i rurociąg muszą być utrzymywane przez izolowane niepalne zawieszania lub podpory, NIE przez wylot wydechu silnika. Ciężar oparty na wylocie wydechu silnika może powodować uszkodzenia kolektora wydechowego silnika lub zmniejszyć żywotność turbodoładowarki (gdy jest stosowana), i może powodować przekazywanie drgań z agregatu prądowórczego do konstrukcji budynku. Zastosowanie mocowań z izolatorami ogranicza dalej drgania wywoływane w konstrukcji budynku.
- W celu zredukowania korozji z powodu kondensacji, tłumik powinien być instalowany możliwie najbliżej silnika, tak, by szybko się nagrzewał. Umieszczanie tłumika przy silniku poprawia również tłumienie dźwięku w tłumiku. promień gięcia rur powinien być możliwie duży.



Rysunek 6-6. Typowy układ wydechowy.



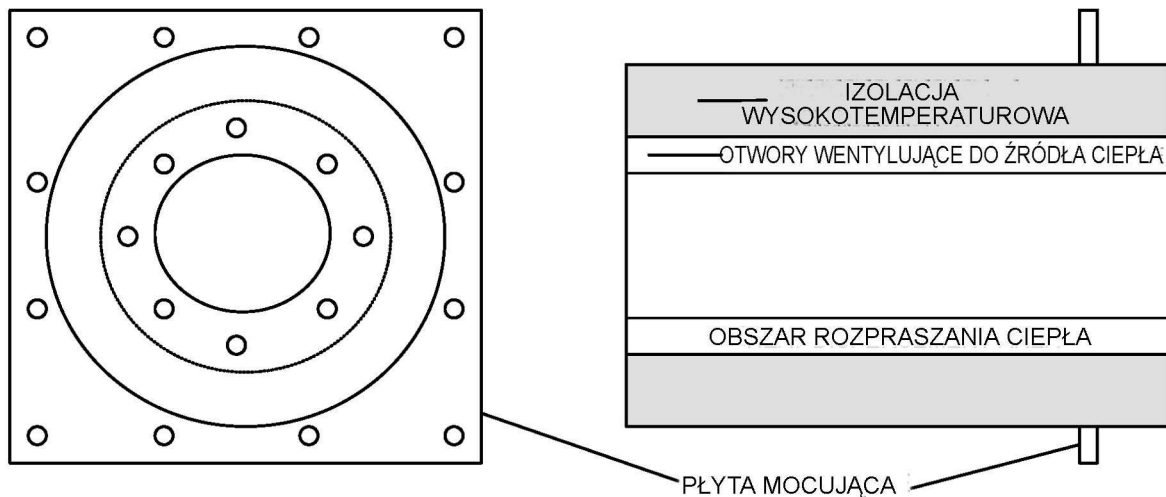
- Rury wydechowe powinny mieć tę samą średnicę nominalną, jak wylot wydechu silnika (lub większą) na całej długości układu wydechowego. Sprawdzić, czy rurociąg ma wystarczającą średnicę dla ograniczenia przeciwcisnienia wydechu do wartości podanej dla danego silnika. (Różne silniki mają różne rozmiary wydechu i różne ograniczenia przeciwcisnienia<sup>4</sup>). Rurociąg o mniejszej średnicy, niż wylot wydechu nie może być nigdy stosowany. Rurociąg większy, niż jest potrzebny, jest bardziej podatny na korozję z powodu kondensacji, niż mniejsze rury. Rurociąg, który jest zbyt duży, również zmniejsza prędkość gazów wydechowych dostępną dla rozpraszania gazów wydechowych w górę i do strumienia wiatru na zewnątrz.
- Wszystkie elementy składowe układu wydechowego powinny zawierać bariery dla uniknięcia niebezpiecznego przypadkowego dotknięcia. Rurociągi wydechowe i tłumiki powinny być izolowane cieplnie w celu uniknięcia oparzeń podczas przypadkowego kontaktu, uniknięcia zadziałania urządzeń wykrywania pożaru i spryskiwaczy, zmniejszenia korozji z powodu kondensacji, oraz zmniejszenia ilości ciepła wypromieniowywanego do pomieszczenia generatora. Złącza kompensacyjne, kolektory wydechowe silnika oraz obudowy turbodoładowarek, jeśli nie są chłodzone wodą, nigdy nie mogą być izolowane. Izolowanie kolektorów wydechowych i turbodoładowarek może spowodować temperatury materiału, które zniszczą kolektor i turbodoładowarkę, zwłaszcza w zastosowaniach, w których silnik będzie pracował przez dużą liczbę godzin. Prowadzenie przewodów wydechowych co najmniej 8 stóp (2,3 metra) nad podłogą pomoże również uniknąć przypadkowych kontaktów z układem wydechowym.
- Rurociąg wydechowy musi być prowadzony w odległości co najmniej 9 cali (230 mm) od konstrukcji palnych. Stosować dopuszczone przepusty, gdzie rurociąg wydechowy musi przechodzić palne ściany lub sufity (**Rysunek 6-7 i 6-8**).
- Należy również starannie rozważyć kierunek wylotu układu wydechowego. Wydech nigdy nie powinien być kierowany w stronę dachu budynku lub w stronę powierzchni palnych. Wydech z silnika wysokoprężnego jest gorący i będzie zawierał sadzę i inne zanieczyszczenia, które mogą przylegać do otaczających powierzchni.
- Umieszczać wylot wydechu i kierować go w stronę przeciwną do wlotów wentylacyjnych.
- Jeżeli hałas jest problemem, kierować wylot wydechu w stronę przeciwną od miejsc krytycznych.
- Rura wydechowa (stalowa) rozszerza się około 0,0076 cala na stopę długości na każde 100°F wzrostu temperatury gazów wydechowych powyżej temperatury otoczenia (1,14 mm na metr rury na 100°C wzrostu). Wymagane jest, by były stosowane złącza kompensacyjne wydechu dla przejmowania rozszerzalności na długości, prostych przebiegów rury. Złącza kompensacyjne powinny być przewidziane w każdym punkcie, gdzie wydech zmienia kierunek. Układ wydechowy powinien być tak podparty, by rozszerzenie było kierowane od agregatu prądotwórczego. Dla danego silnika producent silnika lub agregatu prądotwórczego podaje temperatury wydechu<sup>5</sup>.



Rysunek 6-7: Cechy układu wydechowego agregatu prądotwórczego. Pokazane są: tłumik o dwustronnym wlocie, złącza elastyczne, przepusty wydechu, oraz zawieszenia mocujące.

<sup>4</sup> Wielkość układu wydechowego i inne dane wydechu dla danych agregatów prądotwórczych są opisane w Cummins Power Suite.

<sup>5</sup> Dane gazów wydechowych dla produktów Cummins Power Generation są dostępne w pakiecie CD Power Suite.



**Rysunek 6-8:** Typowa konstrukcja przepustu do instalowania w ścianach palnych.

- Poziome przebiegi rurociągu wydechowego powinny mieć spadek, w stronę od silnika, na zewnątrz lub do pułapki kondensatu.
- Pułapka drenażu kondensatu z zaślepką powinny być przewidziane tam, gdzie rurociąg skręca do przebiegu pionowego. Pułapki kondensatu mogą być również wyposażone w tłumik. Procedury obsługi konserwacyjnej dla agregatu prądowórczego powinny zawierać regularne usuwanie kondensatu z układu wydechowego.
- Powinny być przewidziane zabezpieczenia chroniące przed dostawaniem się deszczu do układu wydechowego silnika, który nie pracuje. Może to obejmować daszek deszczowy lub pułapki wydechu (**Rysunek 6-9 i 6-10**) na pionowych wylotach wydechu. Poziome wyloty wydechu mogą być ścięte pod kątem i zabezpieczone siatką przeciw ptakom. Daszki przeciwdeszczowe mogą zamarzać w środowiskach zimnych, zatrzymując silnik, tak, że dla takich sytuacji mogą być lepsze inne zabezpieczenia.
- Agregat prądowórczy nie powinien być podłączony do układu wydechowego obsługującego inne urządzenia, włącznie z innymi agregatami prądowórczymi. Sadze, korozyjny kondensat i wysokie temperatury gazów wydechowych mogą uszkodzić nieczynne urządzenia obsługiwane przez wspólny układ wydechowy.
- Przeciwcisnienie wydechu nie może przekraczać dopuszczalnego przeciwcisnienia podanego przez producenta silnika<sup>6</sup>. Nadmierne

przeciwcisnienie zmniejsza moc silnika i żywotność silnika i może prowadzić do wysokich temperatur wydechu i dymienia. Przeciwcisnienie wydechu silnika powinno być oszacowane przed zakończeniem rozmieszczania układu wydechowego i powinno być mierzone w wylocie wydechu podczas pracy z pełnym obciążeniem, zanim agregat zostanie przekazany do użytku.

- Informacje o tłumikach wydechu i różnych kryteriach doboru tych urządzeń – patrz Działanie tłumika wydechu w innym miejscu tego rozdziału.

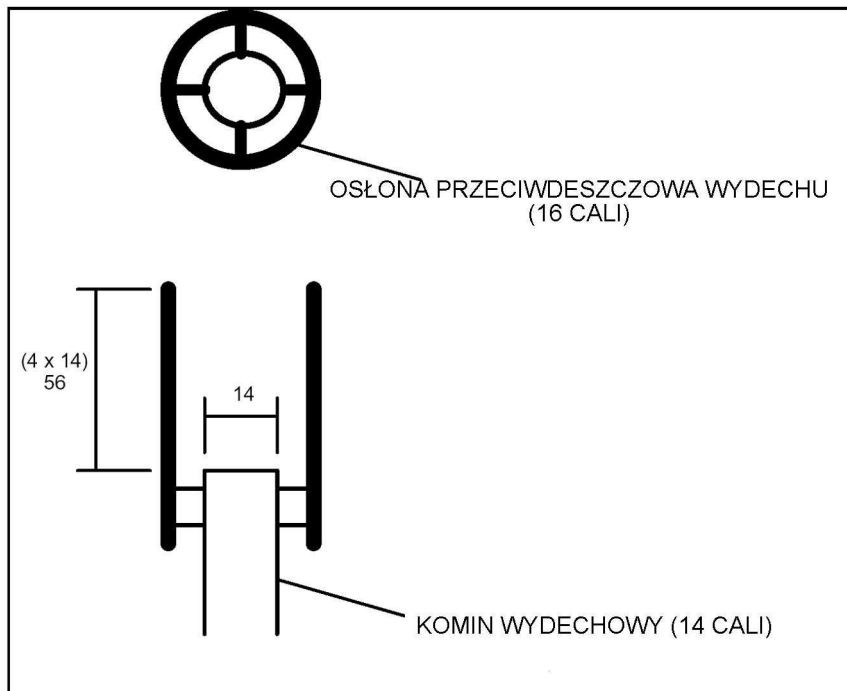
**OSTRZEŻENIE:** Wydech silnika zawiera sadze i tlenek węgla, niewidoczny, bezzapachowy gaz trujący. Układ wydechowy musi kończyć się na zewnątrz budynku w miejscu, gdzie wydech z silnika rozproszy się od budynków i wlotów powietrza do budynków. Zaleca się stanowczo, by układ wydechowy był wyprowadzany możliwie jak najwyżej po stronie zewnętrznej budynków w celu wyrzucania do góry dla zmaksymalizowania rozpraszania. Wydech powinien również wyrzucany na stronę budynków, z której wyprowadzane jest powietrze z chłodnicy w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa wprowadzania sadzy i gazów wydechowych do pomieszczenia generatora z powietrzem wentylacyjnym.

**UWAGA:** Niektóre przepisy podają, by wylot wydechu kończył się co najmniej 10 stóp (3 metry) od granicy posiadłości, 3 stopy (1 metr) od obrysu ściany lub dachu, 10 stóp (3 metry) od otworów prowadzących do budynku i co najmniej 10 stóp (3 metry) powyżej łączącego pochylenia.

<sup>6</sup> Informacje o przeciwcisnieniu dla danych agregatów prądowórczych Cummins Power Generation można znaleźć w Cummins Power Suite, lub mogą być uzyskane od autoryzowanego dystrybutora Cummins.



**Rysunek 6-9.** Prosty układ wydechowy wyposażony w daszek przeciwdeszczowy dla uniemożliwienia dostawania się deszczu do wydechu.



**Rysunek 6-10.** Wytworzona osłona przeciwdeszczowa dla pionowego kominu wydechowego agregatu prądowórczego. Pokazane wymiary są typowe dla wydechu 14-calowego.



### Obliczenia układu wydechowego

Przykład obliczania przeciwcisnienia wydechu (jednostki USA): Plan układu wydechowego na Rysunku 6-11 podaje rurę elastyczną o średnicy 5 cali (125 mm) i długości 24 cale (610 mm) na wylocie wydechu silnika, tłumik klasy krytycznej z wlotem o średnicy 6 cali (150 mm) rurę o średnicy 6 cali (150 mm) i jedno kolano o średnicy 6 cali (150 mm) o dużym promieniu. Arkusz Specyfikacji agregatu prądotwórczego podaje, że przepływ gazu wydechowego wynosi 2,715 cfm (stóp sześciennych na minutę) (76,9 m<sup>3</sup>/min) i że maksymalne dopuszczalne przeciwcisnienie wydechu wynosi 412 cali (1040 mm) WC (słupa wody).

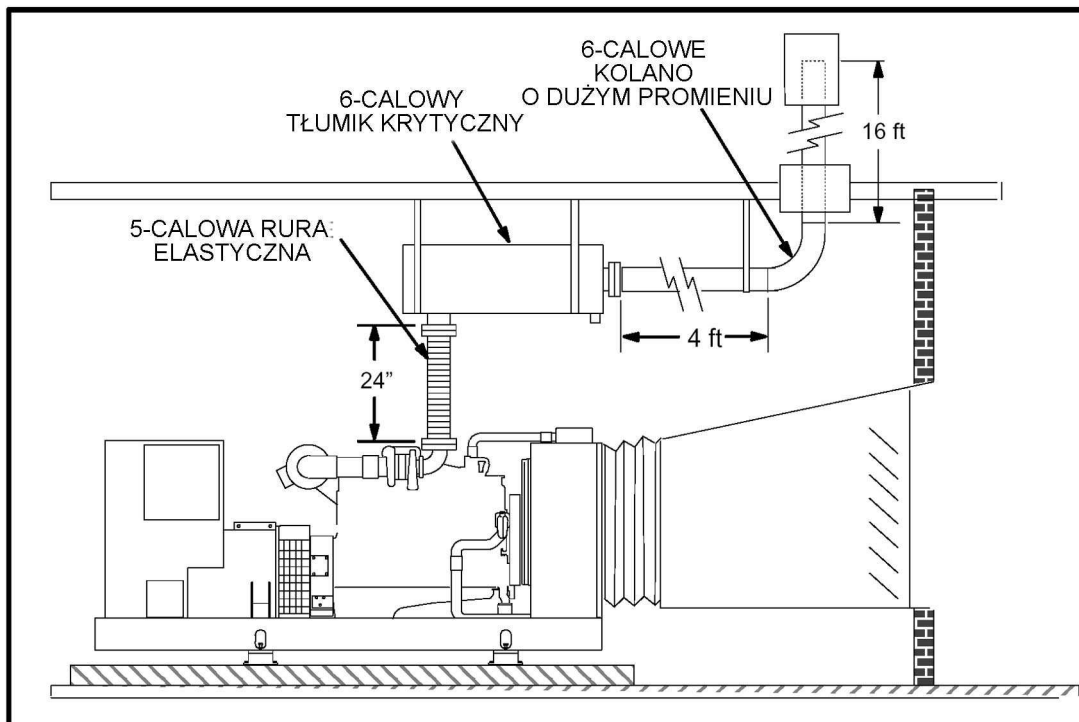
Ta procedura obejmuje określanie przeciwcisnienia wydechu powodowanego przez tłumik. **Rysunek 6-12** jest wykresem przeciwcisnień wydechu typowego tłumika. Dla bardziej dokładnych obliczeń uzyskać dane od producenta tłumika. W celu wykorzystania **Rysunku 6-12**:

- Znaleźć pole powierzchni przekroju wlotu tłumika, korzystając z Tabeli 6-1 (w tym przykładzie 0,1963 stóp<sup>2</sup>).
- Od producenta silnika uzyskać wielkość przepływu gazów wydechowych<sup>7</sup>. Dla tego przykładu podane jest 2715 cfm (stóp sześciennych na minutę).
- Obliczyć prędkość gazów wydechowych w stopach na minutę (cfm) poprzez podzielenie przepływu gazów wydechowych przez pole przekroju wlotu tłumika, jak niżej:

$$\text{Prędkość gazu} = \frac{2715 \text{ cfm}}{0.1963 \text{ ft}^2} = 13,831 \text{ fpm}$$

- Korzystając z **Rysunku 6-12**, określić ciśnienie zwrotne powodowane przez ten przepływ w danym tłumiku.  
W tym przykładzie, linie przerywane na Rysunku 6-12 pokazują, że tłumik klasy krytycznej spowoduje przeciwcisnienie około 21,5 cali słupa wody.

<sup>7</sup> Dane gazów wydechowych dla produktów Cummins Power Generation są w Cummins Power Suite.



**Rysunek 6-11.** Przykład układu wydechowego do obliczeń.

2. Znaleźć równoważne długości wszystkich złączy i odcinków rury elastycznej, korzystając z Tabeli 6-2.

- 1) 24-calowa rura elastyczna 4 stopy  
 2) 6-calowe kolano o dużym promieniu 11 stóp  
 3) 20 stóp rury 6-calowej 20 stóp

3. Znaleźć przeciwciśnienie dla danego przepływu gazów wydechowych na jednostkę długości rury dla każdej średnicy nominalnej rury użytej w układzie. W tym przykładzie, zastosowana jest rura o średnicy nominalnej 5 cali i 6 cali. Podążając po linii przerywanej na Rysunku 6-13, 5-calowa rura powoduje przeciwciśnienie około 0,34 cali słupa wody na stopę, a 6-calowa rura około 0,138 cali słupa wody na stopę.

4. Dodać sumę przeciwciśnień dla wszystkich elementów w przykładzie, jak niżej:

1) 5-calowa rura elastyczna (4•0,34)	1,4
2) kolano o dużym promieniu (11•0,138)	1,5
3) 20 stóp rury 6-calowej (20•0,138)	2,8
4) tłumik	21,5
<b>Razem Opór (w calach słupa wody)</b>	<b>27,2</b>

Obliczenie wskazuje, że plan rurociągu jest adekwatny pod względem przeciwciśnienia wydechu, ponieważ suma przeciwciśnień jest mniejsza, niż maksymalne dopuszczalne przeciwciśnienie 41 cali słupa wody.

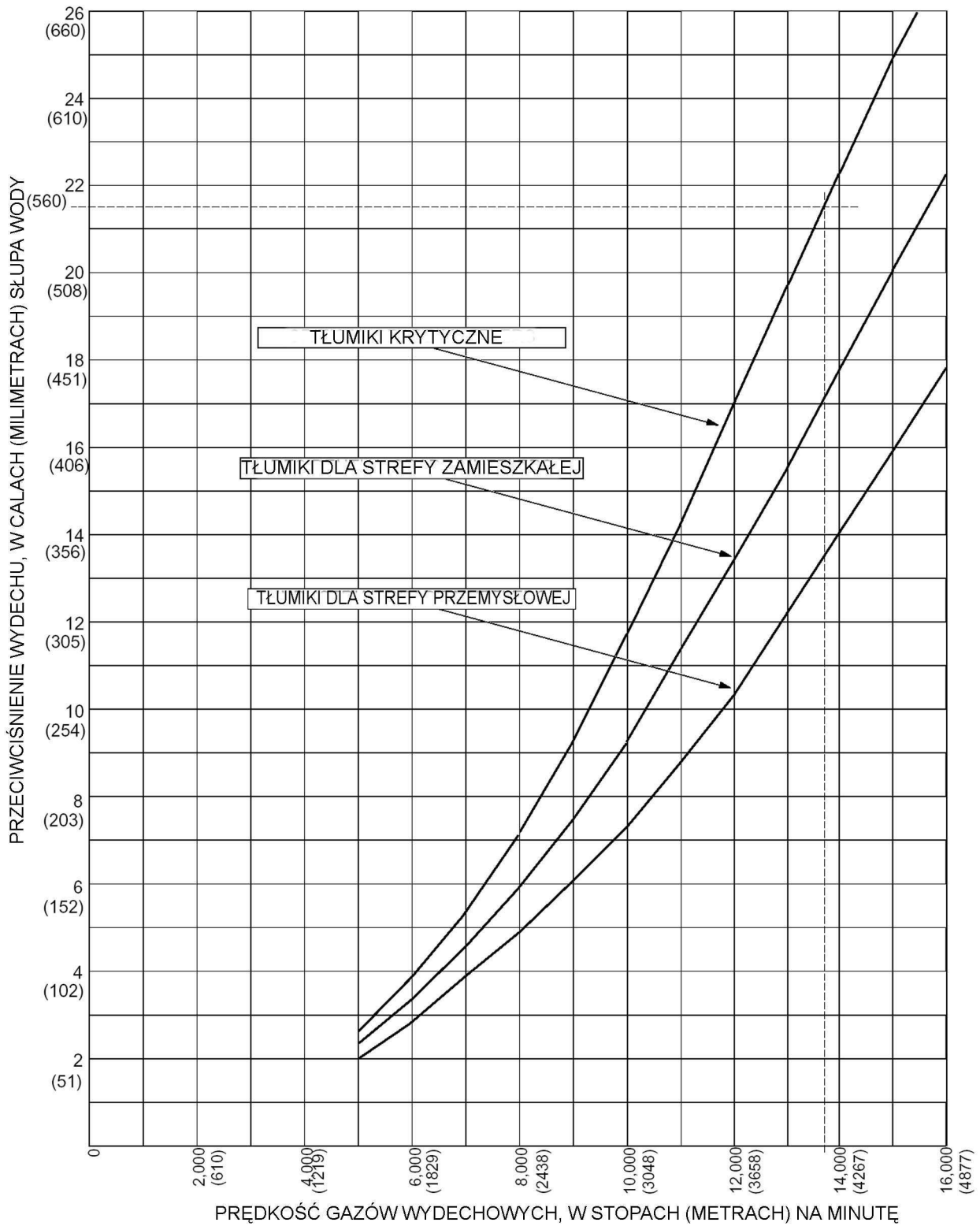
*UWAGA: W silnikach z podwójnym wydechem, przepływ wydechu, podawany w arkuszach specyfikacji agregatów prądotwórczych jest sumą przepływów w obu zespołach. Dla prawidłowych obliczeń podwójnych układów wydechowych podana wartość musi być podzielona przez 2.*

ŚREDNICA WLOTU TŁUMIKA (CALE)	POLE POWIERZCHNI WLOTU TŁUMIKA (STOPY <sup>2</sup> )	ŚREDNICA WLOTU TŁUMIKA (CALE)	POLE POWIERZCHNI WLOTU TŁUMIKA (STOPY <sup>2</sup> )
2	0,0218	8	0,3491
2,5	0,0341	10	0,5454
3	0,0491	12	0,7854
3,5	0,0668	14	1,069
4	0,0873	16	1,396
5	0,1363	18	1,767
6	0,1963		

Tabela 6-1. powierzchnie przekroju poprzecznego otworów o różnych średnicach.

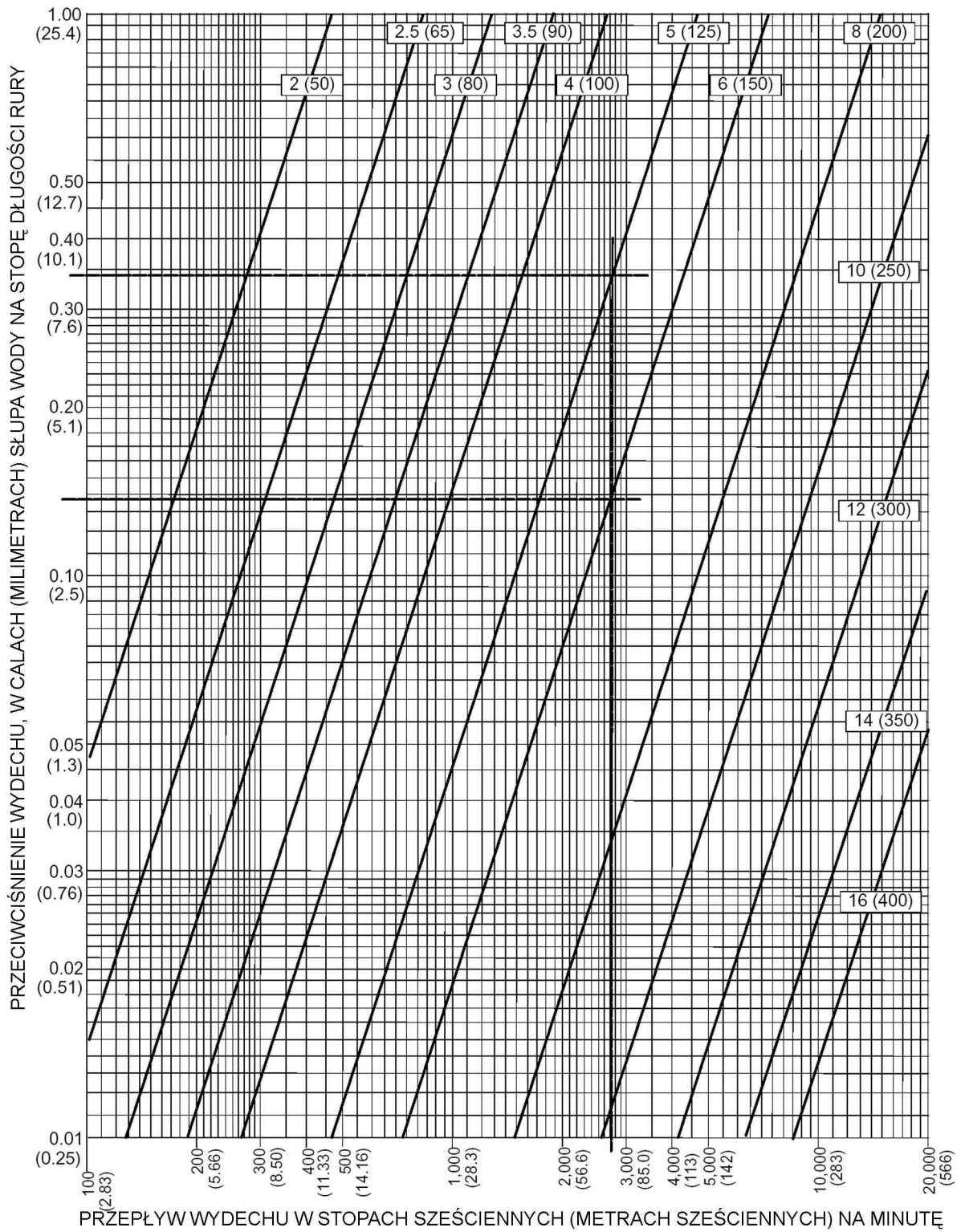
RODZAJ ZŁĄCZA	NOMINALNY ROZMIAR RURY W CALACH (MILIMETRACH)												
	2 (50)	2-1/2 (65)	3 (80)	3,5 (90)	4 (100)	5 (125)	6 (150)	8 (200)	10 (250)	12 (300)	14 (350)	16 (400)	18 (450)
90° kolano standardowe	5,2 (1,6)	6,2 (1,9)	7,7 (2,3)	9,6 (2,9)	10 (3,0)	13 (4,0)	15 (4,6)	21 (6,4)	26 (7,9)	32 (9,8)	37 (11,3)	42 (12,8)	47 (14,3)
90° kolano o średnim promieniu	4,6 (1,4)	5,4 (1,6)	6,8 (2,1)	8 (2,4)	9 (2,7)	11 (3,4)	13 (4,0)	18 (5,5)	22 (6,7)	26 (7,9)	32 (9,8)	35 (10,7)	40 (12,2)
90° kolano o dużym promieniu	3,5 (1,1)	4,2 (1,3)	5,2 (1,6)	6 (1,8)	6,8 (2,1)	8,5 (2,6)	10 (3,0)	14 (4,3)	17 (5,2)	20 (6,1)	24 (7,3)	26 (7,9)	31 (9,4)
Kolano 45°	2,4 (0,7)	2,9 (0,9)	3,6 (1,1)	4,2 (1,3)	4,7 (1,4)	5,9 (1,8)	7,1 (2,2)	6 (1,8)	8 (2,4)	9 (2,7)	17 (5,2)	19 (5,8)	22 (6,7)
trójkąt, boczny wlot lub wylot	10 (3,0)	12 (3,7)	16 (4,9)	18 (5,5)	20 (6,1)	25 (7,6)	31 (9,4)	44 (13)	56 (17)	67 (20)	78 (23,8)	89 (27,1)	110 (33,5)
18-calowa rura elastyczna	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)
24-calowa rura elastyczna	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)	4 (1,2)

Tabela 6-2. Równoważne długości złączy rur w stopach (metrach)



**Rysunek 6-12.** Przeciwnieśnienie typowego tłumika w funkcji prędkości gazów.





**Rysunek 6-13.** Przewężenie wydechu w rurach o nominalnej średnicy w calach (mm).