

Głównym zbiornikiem dla wysokoprężnego agregatu prądowórczego może być zbiornik dolny (zamontowany pod podstawą agregatu prądowórczego) lub oddzielny (oddalony) zbiornik paliwa. Jeżeli główny zbiornik paliwa jest oddalony od agregatu prądowórczego to do prawidłowego zasilania agregatu prądowórczego potrzebny może być zbiornik pośredni (dzienny). W zależności od dostawców, istnieją znaczne różnice w możliwościach silnika, a więc konstrukcję układu paliwowego należy przeanalizować dla konkretnego agregatu prądowórczego na miejscu.

Podstawową zaletą zbiorników dolnych jest to, że układ taki można zaprojektować i zmontować fabrycznie, co minimalizuje prace na miejscu instalacji. Ze względu jednak na wymagania w zakresie pojemności głównego zbiornika paliwa, ograniczenia przepisowe i możliwość dostępu do napełniania zbiornika mogą one nie być praktyczne (lub możliwe). Przy wybieraniu zbiornika dolnego należy zdawać sobie sprawę, że system sterowania agregatem prądowórczym i inne punkty obsługi serwisowej mogą znaleźć się na niepraktycznej wysokości. Może to wymagać dodania do tej instalacji konstrukcji dla umożliwienia wygodnej obsługi lub spełnienia wymagań operacyjnych.

Ze względu na ograniczenia mechanicznych pomp paliwowych na większości silników, wiele instalacji, które potrzebują oddalonego głównego zbiornika wymagać będzie również zbiorników pośrednich (dziennych). Zbiornik główny może się znajdować powyżej lub poniżej agregatu prądowórczego, a każda z takich instalacji wymagać będzie nieco innej konstrukcji zbiornika pośredniego i układu sterowania paliwem.

**Rysunki 6-29 i 6-30** ilustrują typowe układy zasilania olejem napędowym.

## Zasilanie paliwem

### Zasilanie olejem napędowym

Zasilane olejem napędowym agregaty prądowórcze są zazwyczaj przeznaczone do pracy na oleju napędowym wg ASTM D975, numer 2. W krótkich okresach czasu odpowiednie mogą być inne paliwa, które opisano w **Tabeli 6-6**. W przypadku stosowania innych paliw, skonsultować się z producentem silnika.

Przy zakupie paliwa i napełnianiu zbiorników należy uważać, by do układu paliwowego nie dostały się zanieczyszczenia i wilgoć. Brud powodować będzie zapychanie wtryskiwaczy i przyspieszone zużywanie się dokładnie obrobionych podzespołów układu paliwowego. Wilgoć może powodować korozję części.

Wysokoprężne agregaty prądowórcze zużywają około 0,07 gal/h na kW mocy znamionowej (0,26 l/h na kW mocy znamionowej) paliwa przy pełnym obciążeniu, w oparciu o wartości znamionowe. Na przykład rezerwowy agregat prądowórczy o mocy 1000 kW zużywać będzie około 70 gal/h (260 l/h) paliwa.

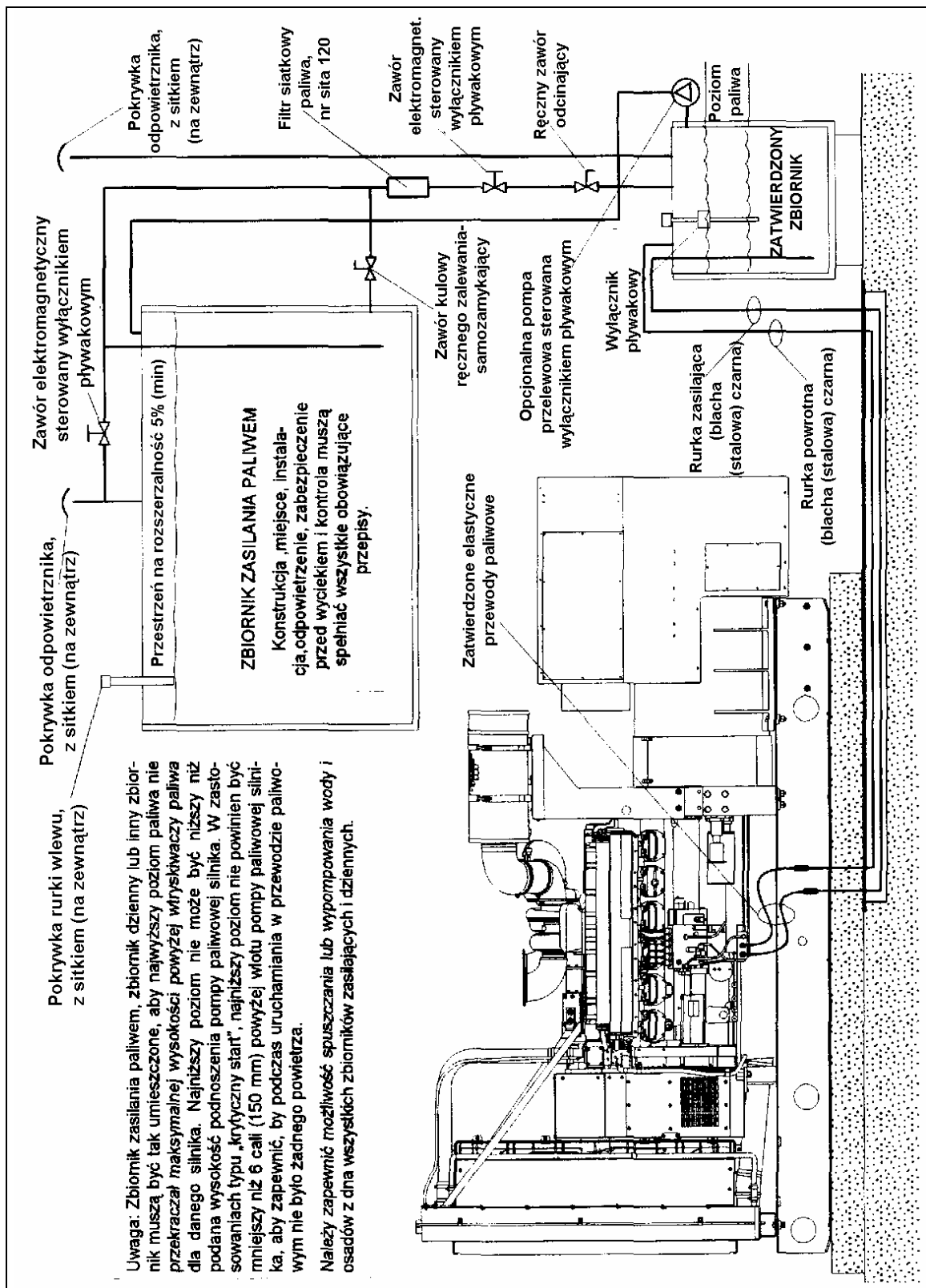
ŚREDNICA RURY CALE (mm)	CIEPŁO OD RURKI BTU/MIN-STOPE (kJ/min.-metr)	CIEPŁO OD TŁUMIKA BTU/MIN (kJ/min.)
1,5 (38)	47 (162)	297 (313)
2 (51)	57 (197)	490 (525)
2,5 (64)	70 (242)	785 (828)
3 (76)	84 (291)	1100 (1160)
3,5 (98)	96 (332)	1408 (1485)
4 (102)	108 (374)	1767 (1864)
5 (127)	132 (457)	2500 (2638)
6 (152)	156 (540)	3550 (3745)
8 (203)	200 (692)	5467 (5768)
10 (254)	249 (862)	8500 (8968)
12 (305)	293 (1014)	10083 (10638)

**Tabela 6-5.** Straty ciepła od nieizolowanych rur wydechowych i tłumików

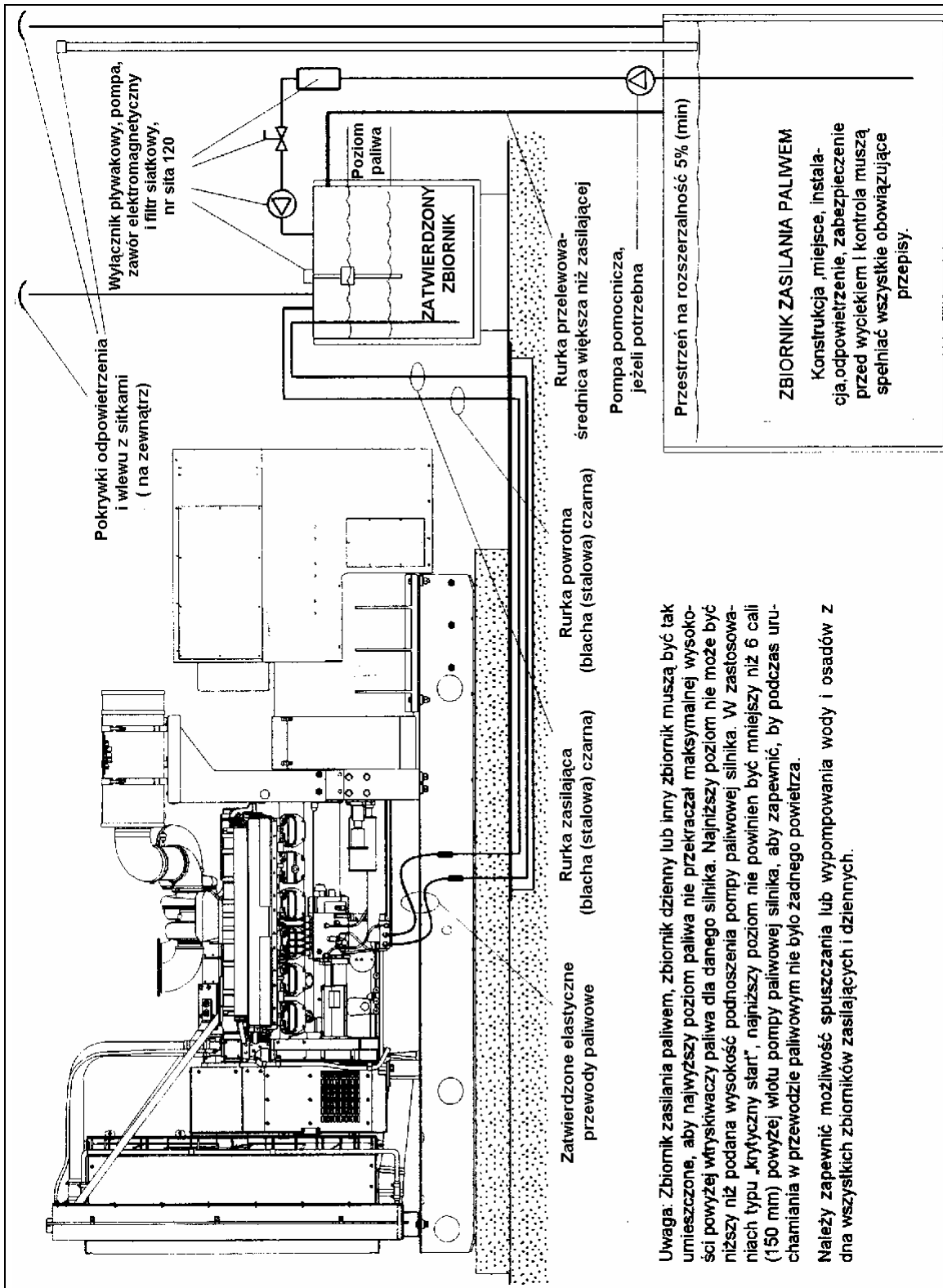
© 2004 Cummins Power Generation. Wszystkie kopie są niekontrolowane.

WŁASNOŚĆ	WARUNKI TECHNICZNE	OPIS OGÓLNY
Lepkość (ASTM D445)	1,3 - 1,5 centystoksov (mm/s) przy 45°C (104°F)	Układ wtryskowy ma najlepszą sprawność, gdy paliwo ma odpowiednią lepkość. W przypadku układów paliwowych Cummins odpowiednie są paliwa, które spełniają wymagania ASTM 1-D lub 2-D.
Liczba cetanowa (ASTM D613)	minimum 42 powyżej 0°C (32°F) minimum 45 poniżej 0°C (32°F)	Liczba cetanowa jest miarą charakterystyki uruchamiania i nagrzewania danego paliwa. W zimną pogodę lub eksploatacji z dłuższymi niskimi obciążeniami pożądana jest wyższa liczba cetanowa.
Zawartość siarki (ASTM D129 lub 1552)	Nie może przekraczać 0,5 procent masy (patrz uwaga)	Oleje napędowe zawierają różne ilości różnych związków siarki, które podnoszą liczbę kwasową oleju. Praktyczną metodą neutralizacji wyższej zawartości kwasów z wyższej zawartości siarki jest częstsza wymiana oleju lub stosowanie oleju o wyższym TBN (TBN = 10 do 20) lub jedno i drugie. Stosowanie oleju wysokosiarkowego (powyżej 0,5 procent masy) powodować będzie tworzenie się siarczanu w gazie wydechowym w warunkach dużego i ciągłego obciążenia. Wysokosiarkowy olej skraćć będzie również żywotność niektórych elementów układu wydechowego, łącznie z katalizatorem
Aktywna siarka (ASTM D130)	Szybkość korozji na pasku miedzi nie może przekraczać wartości nr 2, po trzech godzinach w temp 50°C (122°F)	Niektóre związki siarki w paliwie działają aktywnie pod względem korozji. Paliwa z klasyfikacją szybkości korozji trzy lub powyżej mogą powodować problemy korozyjne.
Woda i osady (ASTM D1796)	Nie mogą przekraczać 0,05 objętości	Woda i cząstki stałe w paliwie generalnie klasyfikuje się jako woda i osad. Dobrą praktyką jest filtrowanie paliwa przy doprowadzaniu go do zbiornika paliwowego. Wskutek „oddychania” zbiornika spowodowanego zmianami temperatury, więcej pary wodnej skrapla się w zbiornikach wypełnionych częściowo. Wkłady filtrów, sitka paliwowe w pompie paliwowej i połączeniach wlotowych paliwa na wtryskiwaczach należy czyścić lub wymieniać, gdy tylko się zabrudzą. Przy używaniu złego lub brudnego paliwa sitka i filtry będą się zapychać i będą wymagać częstszej wymiany.
Pozostałość kokso-wa (Ramsbottom, ASTM D254 lub Conradson ASTM D189)	Nie może przekraczać 0,35 procent masy na 10 procentową pozostałość objętości	Tendencję oleju napędowego lub tworzenia w silniku koksu węglowego (nagaru) można określić przez określenie pozostałości węgla w paliwie wg metody Ramsbottom lub Conradson, po odparowaniu 90% paliwa
Gęstość (ASTM D287)	Ciężar API 42-30 stopni przy 60°F (0,816 - 0,876 g/cm <sup>3</sup> przy 15°C)	Ciężkość API jest wskazaniem wysokiej energetyczności paliwa. Paliwo o dużej gęstości (niska ciężkość API) posiada więcej BTU (Bryt. jedn. ciepła) na galon, niż paliwo o niskiej gęstości (wyższa ciężkość API). W jednakowych warunkach pracy, paliwo o wyższej gęstości będzie ekonomiczniejsze niż paliwo o niskiej gęstości.
Temperatura mętnienia (ASTM D97)	6°C (10°F) poniżej przewidywanej dla paliwa najniższej temperatury otoczenia	Temperatura mętnienia paliwa jest temperaturą, przy której pojawiają się pierwsze kryształy wosku parafinowego. Kryształy te można wykryć przez zmętnienie paliwa. Powodować one będą zapychanie się filtru.
Popiół (ASTM D482)	Nie może przekraczać 0,02 procent masy (0,05 procent przy mieszance z olejem smarującym)	Mała ilość niepalnego lub metalicznego materiału w prawie wszystkich produktach naftowych nazywa się powszechnie popiołem.
Destylacja (ASTM D86)	Krzywa destylacji musi być łagodna i ciągła	Przynajmniej 90 procent paliwa musi odparować w temperaturze poniżej 360°C (680°F). Całe paliwo musi odparować w temp. poniżej 385°C (725°F).
Liczba kwasowa (ASTM D664)	Nie może przekraczać 0,1 Mg KOH na 100ml	Stosowanie paliwa o wyższych liczbach kwasowych może doprowadzić do wyższych poziomów zużycia. Całkowitą liczbę kwasową zamieszczono w ASTM D664.
Smarowność	3100 gram lub powyżej, mierzone wg próby zacierania BOCLE armii USA lub średnica zużycia (WSD) poniżej 0,45 mm przy 60°C (WSD poniżej 0,38 mm przy 25°C) pomiar metodą HFRR	Smarowność jest zdolnością cieczy do zapewniania hydrodynamicznego i/lub półsuchego smarowania celem zapobiegania zużycia się ruchomych części.
UWAGA: Przepisy federalne lub lokalne mogą wymagać niższej zawartości siarki, niż zaleca to powyższa tabela. Przed wyborem paliwa dla danego zastosowania, sprawdzić wszystkie obowiązujące przepisy		

**Tabela 6-6.** Dane techniczne oleju napędowego



Rysunek 6-29. Typowy układ zasilania paliwem - Zbiornik zasilania powyżej agregatu prądowórczego.



Rysunek 6-30. Typowy układ zasilania paliwem - Zbiornik zasilania poniżej agregatu prądowórczego.

Przy projektowaniu i instalowaniu układu zasilania olejem napędowym należy uwzględnić co następuje:

- Pojemność zbiornika zasilania paliwem, konstrukcja, miejsce, instalacja, odpowietrzenie, rurki, sprawdzenie i kontrola muszą spełniać wszystkie obowiązujące i ich lokalną interpretację<sup>15</sup>. Lokalne przepisy ochrony środowiska zazwyczaj wymagają drugiego zbiornika (zwanego „zbiornikiem bezpieczeństwa”, „kanałem”) dla zapobiegnięcia wycieku paliwa do ziemi lub systemu ściekowego. Obszar zabezpieczenia wtórnego zazwyczaj posiadać będzie urządzenia do wykrywania i alarmu dźwiękowego w przypadku przecieku zbiornika paliwowego.
- Miejsce należy wybierać z uwzględnieniem dostępności do napełniania oraz tego, czy linie zasilające będą musiały być ogrzewane (w zimnym klimacie).
- Zbiornik zasilania paliwem musi przechowywać dość paliwa, aby cały agregat pracował przez określoną liczbę godzin<sup>16</sup> bez napełniania. Obliczenia wielkości zbiornika można opierać na godzinowym zużyciu paliwa, pomniejszonym w oparciu o wiedzę, że większość agregatów prądotwórczych rzadko pracuje z pełnym obciążeniem. Inne rozważania przy doborze wymiarów zbiornika to przerwy w dostawie prądu względem dostępności dostaw paliwa oraz trwałość przechowywania paliwa. Trwałość przechowywania dla oleju napędowego wynosi 1-1/2 do 2 lat, przy prawidłowym utrzymywaniu.
- Zbiorniki zasilania paliwem muszą mieć odpowiednie odpowietrzenie celem uniknięcia wzrostu ciśnienia. W zależności od lokalnych przepisów i ich interpretacji, występować mogą wymagania zarówno odpowietrzenia podstawowego jak i odpowietrzenia bezpieczeństwa. Zapewnić należy również ręczne spuszczenie lub wypompowanie wody i osadów. Zbiornik musi mieć pięcioprocentową przestrzeń na rozszerzalność, celem uniknięcia wylewania się przy nagrzaniu się paliwa.
- Pompa ssąca paliwa, pompa przesyłowa zbiornika dziennego lub gniazdo zaworu pływakowego powinny być chronione przed zanieczyszczeniami zbiornika zasilania paliwem przy pomocy filtra wstępnego lub odstojnika z wkładem o numerze sita 100 do 120.
- W przypadku systemów zasilania awaryjnego, przepisy mogą nie pozwalać na używanie tego zbiornika paliwa do innych celów lub mogą podawać dolny poziom dla innych urządzeń, który gwarantuje użycie tego paliwa do celów zasilania awaryjnego.

- Liczba cetanowa nr 2 oleju opałowego jest za niska dla niezawodnego uruchomienia silników wysokoprężnych przy zimnej pogodzie. Dla systemów zasilania awaryjnego i ogrzewania budynków potrzebne mogą więc być oddzielne zbiorniki.
- W przypadku instalacji kilku agregatów (generatorowych), dla uniknięcia wzrostu ciśnienia w liniach powrotnych zespołów pracujących luzem, każdemu agregatorowi prądotwórczemu zapewnić należy oddzielne linie powrotne paliwa do zbiornika dziennego lub głównego. W przypadku pracy przy zamkniętej linii powrotnej wystąpi uszkodzenie silnika.
- Zbiornik dzienny jest potrzebny wtedy, gdy tarcie rurki i/lub wysokość położenia zbiornika głównego, albo poniżej wlotu pompy paliwowej lub powyżej wtryskiwaczy paliwa mogłyby spowodować nadmierny dopływ paliwa lub ograniczenie powrotu. Dostępne są pewne modele agregatów prądotwórczych z integralnym zbiornikiem dziennym w podstawie lub poniżej podstawy.

*UWAGA: Tam gdzie agregaty prądotwórcze są połączone równoległe lub muszą spełniać wymagania krótkiego czasu startu awaryjnego, to warunkiem jest by zbiornik paliwa był umieszczony tak, aby najniższy możliwy poziom paliwa nie był niższy niż 6 cali (150 mm) powyżej wlotu pompy paliwowej. Zapobieganie to zbieraniu się powietrza w przewodzie paliwowym gdy zespół nie pracuje i podczas rozruchu eliminuje okres czasu na usunięcie powietrza. Na niektórych modelach istnieją opcje, które eliminują ten warunek.*

- W niektórych zastosowaniach, gdy do zbiornika dziennego wraca ciepłe paliwo z silnika, ograniczenia temperaturowe paliwa zbiornika dziennego można przekroczyć. Gdy temperatura paliwa rośnie, to gęstość i smarowność paliwa spada, co zmniejsza maksymalne wyjście mocy oraz smarowanie części transportujących paliwo, np. pompy i wtryskiwacze. Jedynym rozwiązaniem jest doprowadzenie rurki powrotu paliwa do zbiornika głównego, a nie do zbiornika dziennego. Inne konstrukcje mogą wymagać chłodnicy paliwa celem obniżenia temperatury paliwa powrotnego do zbiornika dziennego do bezpiecznego poziomu. Odnośnie dalszych informacji na temat używanego silnika i wymagań dotyczących paliwa powrotnego, skonsultować się z producentem silnika<sup>17</sup>.
- Wydatek pompy transportującej paliwa zbiornika dziennego i rurki zasilające należy dobierać na

<sup>15</sup> **UWAGA PRZEPISÓW USA:** W Ameryce Północnej typowymi przepisami są normy NFPA nr 30 i nr 37.

<sup>16</sup> **UWAGA PRZEPISÓW USA:** NFPA110 określa liczbę wymaganych godzin pracy jako klasę instalacji. Typowymi wymaganiami są 2 godziny na wyjście awaryjne z budynku, 8 godzin na czas trwania większości przerw dostawy prądu.

<sup>17</sup> Generalnie, silniki Cummins można instalować z powrotem paliwa doprowadzonym do zbiornika dziennego. Miejsce linii powrotnej zależy od dostarczonego silnika.

podstawie maksymalnego natężenia przepływu paliwa wskazanego na arkuszu danych zalecanego agregatu prądowórczego

- Dla uzyskania najlepszych osiągnięć, jako poradnik przy wyborze oleju napędowego korzystać z **Tabeli 6-6**.
- Wszystkie układy paliwowe powinny mieć zabezpieczenia na wypadek nieuszczelnienia zbiornika oraz sytuacji jego „przepełnienia”.
- Uwzględnić sposoby ręcznego napełniania zbiorników w przypadku awarii systemu automatycznego napełniania zbiornika.
- Dla poprawienia niezawodności układu, pompa zasilająca ze zbiornika głównego może być pompą typu duplex.
- Lokalne przepisy przeciwpożarowe mogą zawierać specjalne wymagania dla agregatów prądowórczych, np. środki zabezpieczające przed dopływem paliwa do pomieszczenia agregatu prądowórczego w przypadku, gdy w pomieszczeniu tym wybuchł pożar.

### Rurki oleju napędowego

- Linie oleju napędowego należy budować z rurki z blachy (stalowej) czarnej. Rurek i złączek z żeliwa i aluminium nie wolno stosować ponieważ są one porowate i paliwo może przeciekać. Nie wolno stosować cynkowanych przewodów, złączek i zbiorników paliwowych ponieważ powłoka cynkowa reaguje z kwasem siarkowym, który tworzy się, gdy siarka z paliwa łączy się z kondensatem zbiornika. W rezultacie powstają cząstki, które mogą zapychać pompy i filtry paliwowe. Nie należy stosować przewodów miedzianych, ponieważ podczas dłuższych okresów nieużywania (agregatu) paliwo ulega w miedzianych rurekach polimeryzacji (gęstnieje) i może zapychać wtryskiwacze paliwowe. Miedziane przewody są również słabsze niż stalowe, a więc bardziej podatne na uszkodzenie.

*Uwaga: Nigdy nie stosować cynkowanych lub miedzianych przewodów złączek lub zbiorników paliwowych. Kondensacja w zbiorniku i przewodach łączy się z siarką z oleju napędowego tworząc kwas siarkowy. Molekularna struktura miedzianych lub cynkowanych przewodów reaguje z tym kwasem i zanieczyszcza paliwo.*

- Do przejmowania ruchu i drgań agregatu prądowórczego, do podłączeń stosować należy zatwierdzone elastyczne przewody paliwowe.
- Rurki ze zbiornika dziennego do silnika powinny przebiegać „w dół” na całej odległości od zbiornika do silnika i bez żadnych pętli, które mogą zatrzymywać powietrze w układzie.

- Rurki układu paliwowego powinny być odpowiednio podparte celem zapobiegania wibracji i pękaniu wskutek drgań. Rurki te nie powinny przebiegać blisko rurek grzewczych, przewodów elektrycznych lub elementów układu wydechowego silnika. Konstrukcja układu rurek powinna w odpowiednich miejscach zawierać zawory umożliwiające odłączenie elementów układu w celach naprawczych bez spuszczenia całego paliwa z układu.
- Układy rurek należy regularnie kontrolować pod kątem przecieków i stanu ogólnego. Przed uruchomieniem silnika, układ rurek należy przepłukać celem usunięcia brudu i innych zanieczyszczeń, które mogłyby uszkodzić silnik. Użycie zaślepionych połączeń teowych (trójników) zamiast kolanek ułatwia czyszczenie układu rurek.
- Dane producenta silnika wskazują maksymalne ograniczenia wlotu i powrotu paliwa, maksymalne natężenie przepływu i zużycie paliwa. **Tabela 6-7** pokazuje minimalne wymiary przewodów i rurek dla podłączeń ze zbiornikiem zasilającym i zbiornikiem dziennym, gdy znajdują się one w zakresie do 50 stóp (15 metrów) od agregatu i w przybliżeniu na tej samej wysokości.

Wielkość przewodu elastycznego i rurki należy opierać raczej na maksymalnym natężeniu przepływu, a nie na zużyciu paliwa. Gorąco zaleca się, aby przed uruchomieniem agregatu prądowórczego sprawdzić ograniczenia (przewężenia) wlotu i powrotu paliwa.

Max. natężenie przepływu paliwa GPH (l/h)	Przewód giętki nr*	Wielkość rurki NPS (cale)	Wielkość rurki DN (mm)
Poniżej 80 (303)	10	½	15
81-100 (304-378)	10	½	15
101-160 (379-604)	12	¾	20
161-230 (605-869)	12	¾	20
231-310 (870-1170)	16	1	25
311-410 (1171-1550)	20	1-1/4	32
411-610 (1550-2309)	24	1-1/2	40
611-920 (2300-3480)	24	1-1/2	40

\*Specyfikacja wielkości rurek dostawców elastycznych przewodów paliwowych.

**Tabela 6-7.** Minimalne wielkości rurek i przewodów elastycznych paliwa; dla długości równorzędnej do 50 stóp (15 metrów).

### Zbiornik paliwa pod podstawą (agregatu)

Gdy agregat prądowórczy jest montowany na zbiorniku dolnym, to między agregatem prądowórczym i zbiornikiem paliwa zainstalować należy izolatory drgań. Zbiornik paliwa musi udźwignąć ciężar agregatu i wytrzymać obciążenia dynamiczne. Wymaga się, by zbiornik ten był tak zamontowany, aby między dnem zbiornika i podłogą zapewnić przestrzeń powietrzną celem zmniejszenia korozji oraz umożliwienia kontroli wzrokowej pod kątem przecieków.

### Zbiorniki dzienne

Gdy w danym zastosowaniu potrzebny jest zbiornik pośredni, to jego wielkość wybiera się zazwyczaj na 2 godziny pracy agregatu prądowórczego z pełnym obciążeniem. (Podlega ograniczeniom przepisowym dotyczącym paliwa w pomieszczeniu agregatu prądowórczego). Z jednego zbiornika dziennego można zasilać kilka agregatów prądowórczych, ale zaleca się, aby w systemie każdego agregatu prądowórczego znajdował się jeden zbiornik dzienny. Zbiornik dzienny należy umieścić możliwie najbliżej agregatu prądowórczego. Zbiornik ten ustawić tak, aby w razie potrzeby można było go napełniać ręcznie.

Wysokość zbiornika dziennego powinna być wystarczająca dla wytworzenia ciśnienia statycznego na pompie paliwowej silnika. (Minimalny poziom w zbiorniku nie niższy niż 6 cali [150 mm] powyżej wlotu paliwa na silniku). Maksymalna wysokość paliwa w zbiorniku dziennym nie powinna wystarczać do wytworzenia ciśnienia statycznego na liniach powrotnych paliwa z silnika.

Miejsce linii powrotnej paliwa w zbiorniku dziennym różni się w zależności od używanego silnika. Niektóre silniki wymagają, aby powrót paliwa doprowadzić powyżej maksymalnego poziomu zbiornika, inne wymagają, aby paliwo wracało do zbiornika przy dnie (lub poniżej minimalnego poziomu paliwa). Warunki te dostarcza producent silnika.

Ważnymi elementami, niezbędnymi lub pożądanymi, zbiorników dziennych są:

- Zbiornik awaryjny lub obwałowanie (opcja, ale w wielu miejscach wymagane przez prawo)
- Wyłącznik pływakowy wlotu zbiornika do sterowania zaworem
- Rurka odpowietrzenia o takim samym wymiarze jak wlew i doprowadzona do najwyższego punktu systemu.
- Zawór spustowy.

- Miernik poziomu lub szkiełko wziernikowe
- Alarm dolnego poziomu (opcja)
- Wyłącznik pływakowy górnego poziomu do sterowania: zaworem elektromagnetycznym, jeżeli zbiornik masowy znajduje się powyżej zbiornika dziennego lub pompą, jeżeli zbiornik masowy znajduje się poniżej zbiornika dziennego.
- Przelew do zbiornika masowego, jeżeli zbiornik ten znajduje się poniżej zbiornika dziennego.

Konstrukcję zbiornika dziennego często regulują lokalne prawa i normy oraz przepisy federalne, a więc istotne jest, by sprawdzić to przy pomocy lokalnych władz.

### Zasilanie paliwem gazowym

Odnośnie informacji dotyczących zalet i wad systemów na paliwo gazowe w porównaniu z innymi dostępnymi alternatywami, patrz rozdział 2.

Agregaty prądowórcze na paliwo gazowe (zwane również agregatami prądowórczymi z zapłonem iskrowym) mogą wykorzystywać gaz ziemny lub ciekły gaz propan (LP) lub jeden i drugi. W miejscach o zagrożeniu sejsmicznym oraz tam, gdzie występuje problem, że naturalne zdarzenie może zagrozić systemowi gazu użyteczności publicznej można stosować systemy dwupaliwowe z gazem ziemnym jako paliwem podstawowym i propanem jako paliwo rezerwowe.

Niezależnie od stosowanego paliwa, podstawowymi czynnikami dla odpowiedniej instalacji i pracy systemu na paliwo gazowe są:

- Dostarczany do agregatu prądowórczego gaz musi mieć akceptowalną jakość.
- Zasilanie gazem musi mieć odpowiednie ciśnienie. Należy pamiętać, że właściwe ciśnienie do pracy musi być na doprowadzeniu gazu do agregatu prądowórczego, a nie tylko u źródła. Podane ciśnienie musi być dostępne, gdy agregat prądowórczy pracuje przy pełnym obciążeniu.
- Dla podtrzymania pracy agregatu prądowórczego, do zespołu tego doprowadzana musi być odpowiednia objętość gazu. Jest to zazwyczaj sprawa doboru wystarczająco dużej wielkości przewodu paliwowego dla transportu wymaganej objętości paliwa. W przypadku systemów paliwowych pobierających parę LP, na warunek ten wpływa również wielkość i temperatura zbiornika paliwa.

Jeżeli te minimalne wymagania w tych obszarach nie zostaną spełnione, to spowoduje to, że agregat prądowórczy nie będzie mógł pracować lub przenosić obciążenie znamionowe lub będzie miał nieustalone osiągi.

## Jakość paliwa gazowego

Paliwa gazowe są w rzeczywistości mieszaniną kilku różnych gazów węglowodorowych, np. metan, etan, propan i butan; pierwiastków gazowych, np. tlen i azot; odparowanej wody i różnych zanieczyszczeń. Niektóre z nich działając przez jakiś czas, są szkodliwe dla silnika. Jakość paliwa opiera się na ilości energii na jednostkę objętości paliwa oraz ilość zanieczyszczeń w paliwie.

**Zawartość energii:** Jedną z najważniejszych charakterystyk stosowanego w agregatach prądowłórczych paliwa gazowego jest wartość cieplna tego paliwa. Wartość cieplna paliwa opisuje ilość energii zawartej w objętości właściwej paliwa. Paliwo gazowe ma niską wartość cieplną (LHV) i wysoką wartość cieplną (HHV). Niska wartość cieplna jest to ciepło dostępne do pracy w silniku po odparowaniu wody z paliwa. Jeżeli niska wartość cieplna jest za mała, to nawet jeżeli do silnika dochodzi odpowiednia objętość, to silnik nie będzie mógł utrzymać mocy wyjściowej, ponieważ silnik nie ma wystarczającej energii do zamiany na energię mechaniczną. Jeżeli LHV wynosi poniżej 905 BTU/stopę<sup>3</sup> (BTU = brytyjska jednostka ciepła), to silnik w standardowych warunkach temperatury otoczenia może nie wytworzyć mocy znamionowej.

Jeżeli lokalne paliwo posiada więcej energii niż 1000 BTU/stopę<sup>3</sup>, to wymagania dotyczące rzeczywistego natężenia przepływu w stopach<sup>3</sup>/min będą niższe, a wymagania dotyczące ciśnienia nieco spadną. Na odwrót, jeżeli lokalne paliwo ma mniej energii niż 1000 BTU/stopę<sup>3</sup>, to wymagania dotyczące natężenia przepływu w stopach<sup>3</sup>/min będą wyższe i dla podanych dla danego agregatu prądowłórczego osiągnięć potrzebne będzie wyższe minimalne ciśnienie zasilania.

W zależności od typu paliwa, każdy silnik może mieć nieco inne charakterystyki pracy ze względu na różnice stopnia sprężania oraz zależnie od tego, czy silnik jest napełniany w sposób naturalny, czy jest turbodoładowany.

**Gaz ziemny z sieci:** Najczęściej spotykane paliwo dla agregatów prądowłórczych nazywa się „gaz ziemny z sieci”. W USA gaz ziemny z sieci ma konkretne własności, w oparciu o wymagania federalne. W innych krajach, gaz z sieci może mieć różny skład, a więc przed zastosowaniem go do agregatu prądowłórczego należy zweryfikować charakterystykę tego paliwa. Gaz z sieci w USA

jest mieszaniną złożoną z około 98% metanu i etanu i 2% węglowodorów, np. propan, butan, azotu, dwutlenku węgla i pary wodnej. Słowo „suchy” oznacza, że jest on wolny od węglowodorów ciekłych, np. benzyna, ale nie jest wolny od pary wodnej. Suchy gaz z sieci typowo posiada LHV rzędu 936 BTU/stopę<sup>3</sup> i HHV rzędu 1038 BTU/stopę<sup>3</sup>.

**Gaz polny:** Skład „polnego gazu ziemnego” znacznie różni się w zależności od regionu i kontynentu. Przed użyciem polnego gazu ziemnego w silniku, konieczna jest staranna analiza. Polny gaz ziemny może zawierać „cięższe” gazy węglowodorowe, np. pentan, heksan i heptan, które mogą wymagać obniżenia znamionowej mocy silnika. W paliwie tym mogą znajdować się również inne zanieczyszczenia, np. siarka. Typowy gaz polny może mieć LHV rzędu 1203 BTU/stopę<sup>3</sup> i HHV rzędu 1325 BTU/stopę<sup>3</sup>.

**Propan (LPG):** Propan jest dostępny w dwóch gatunkach, albo handlowy albo specjalny. Propan handlowy jest stosowany tam, gdzie wymagana jest duża lotność. Ze względu na jego lotność, nie wszystkie silniki o zapłonie iskrowym mogą pracować dobrze z tym paliwem. Propan specjalny (zwany również HD5) jest mieszaniną 95% propanu i innych gazów, np. butanu, który pozwala uzyskać lepsze osiągi silnika z powodu redukcji przedwczesnego zapłonu wskutek mniejszej lotności. Paliwo gazowe w postaci specjalnego butanu, które spełnia wymagania ASTM D 1831 dla propanu specjalnego (równoważne propanowi HD-5 normy Towarzystwa Producentów Gazu nr 2140) nadaje się do większości silników. Propan posiada LHV około 2353 BTU/stopę<sup>3</sup> i HHV rzędu 2557 BTU/stopę<sup>3</sup>. Wyższa wartość cieplna tego paliwa wymaga mieszania innych objętości powietrza w układzie paliwowym dla propanu w stosunku do zastosowań gazu ziemnego, a więc silniki dwupaliwowe mają zasadniczo dwa układy paliwowe.

**Zanieczyszczenia:** Najbardziej szkodliwymi zanieczyszczeniami w paliwach gazowych są para wodna i siarka.

Para wodna jest szkodliwa dla silnika, ponieważ może powodować niekontrolowane spalanie, przedwczesny zapłon lub inne efekty, które mogą uszkodzić silnik. Parę lub krople cieczy należy usuwać przed wprowadzeniem do silnika przy użyciu „suchego filtra”, który montuje się w układzie paliwowym przed głównym regulatorem ciśnienia paliwa.

Temperatura rosy paliwa gazowego powinna być

Na przykład, analiza gazu:



co najmniej 20°F (11°C) niższa niż minimalna temperatura otoczenia w miejscu instalacji.

Siarka i siarkowodory powodować będą korozję i poważne uszkodzenie silnika w stosunkowo krótkim okresie czasu. Różne silniki mają różne poziomy tolerancji zanieczyszczeń siarkowych, a niektóre silniki po prostu nie powinny pracować z paliwem, które posiada dużą zawartość siarki. Odnośnie zatwierdzenia konkretnych paliw dla konkretnych silników, kontaktować się z producentem silnika. Wpływem siarki w paliwie można częściowo przeciwdziałać przez stosowanie olejów smarujących dla gazu ziemnego o dużej zawartości popiołu. Generalnie, silniki nie powinny pracować na paliwach z zawartością siarki powyżej 10 części na milion (ppm).

Niektóre paliwa, np. paliwa pozyskiwane z odpadów, mogą mieć przydatną zawartość energii chemicznej, ale bardzo wysokie poziomy siarki (>24ppm). Paliwa te często nazywa się „gazem kwaśnym”. Jeżeli paliwo to zostanie oczyszczone z siarki, to można je stosować dla wielu silników. Warunkiem jest, by posiadało ono wystarczającą wartość cieplną.

Analiza paliwa: Analizę paliwa, która opisuje skład chemiczny dostarczanego paliwa dostarczyć może dostawca paliwa gazowego. Tę analizę paliwa można wykorzystać do upewnienia się, że paliwo to nadaje się do stosowania w konkretnym silniku proponowanym dla konkretnego zastosowania, a również do sprawdzenia, czy wartość BTU (cieplna) paliwa jest wystarczająca dla zapewnienia niezbędnej mocy maszyny. Dostawcy gazu mogą bez powiadomienia zmienić skład gazu ziemnego z sieci, a więc nie ma długoterminowej gwarancji osiągnięć. Proces oceny paliwa można krótko opisać w następujący sposób:

- Wymienić procentową ilość każdego składnika gazowego w paliwie
- Obliczyć procentową ilość łącznego paliwa, które jest palne. Część palna paliwa wynosi 100% minus procentowa ilość składnika obojętnego. Składniki obojętne, to tlen, dwutlenek węgla i para wodna.
- Obliczyć procentową ilość każdego składnika palnego w paliwie.
- Zweryfikować dopuszczalność paliwa przez sprawdzenie procentowej ilości każdego palnego składnika względem zaleceń producenta silnika.

90% metanu  
6% etanu  
2% wodoru  
1% normalnego pentanu  
1% azotu

- Łącznie składników obojętnych = 1%
- Łącznie składników palnych = 100% - 1% = 99%
- % metanu = 90%/99% = 91%
- % etanu = 6%/99% = 6,1%
- % wodoru = 2%/99% = 2%
- % normalnego pentanu = 1%/99% = 1%

Odnośnie typowej listy Maksymalnie Dopuszczalnych Składników Palnych w agregatach prądowłórczych Cummins, patrz **Tabela 6-8**. Zwrócić uwagę, że w tym przykładzie analiza wykazuje, że paliwo to będzie się nadawało do silnika o niskim stopniu sprężania (typowo około 8,5:1), a nie dla silnika o dużym stopniu sprężania. Silnik o wysokim stopniu sprężania będzie miał ostrzejsze wymagania składu paliwa, ale może zadowolająco pracować przy obniżeniu jego mocy wyjściowej - skontaktować się z producentem silnika.

- Zweryfikować dane znamionowe agregatu prądowłórczego w oparciu o zastosowanie proponowanego paliwa.

Przy używaniu paliwa o konkretnym składzie, o danych znamionowych agregatu prądowłórczego decydować będzie całkowita wartość cieplna (BTU) paliwa. Jeżeli jakiś składnik paliwa ma większą wartość niż podaną wartość dopuszczalną, to potrzebne będzie obniżenie dopuszczalnego obciążenia. Odnośnie wymagań dotyczących paliwa i instrukcji zmiany wartości znamionowych konsultować się z producentem silnika.

Zwrócić uwagę, że obniżenie wartości znamionowych paliwa i obniżenie wysokości/temperatury<sup>18</sup> nie sumują się. Obowiązywać będzie tylko maksymalne obniżenie wartości znamionowych paliwa lub wysokości/temperatury.

Silniki turbodoładowane mają specjalne wymagania składu paliwa ze względu na wysokie ciśnienia w cylindrach. Jeżeli zawartość propanu i/lub izobutanu przekracza podane w **Tabeli 6-9** wartości procentowe, to aby uniknąć problemów związanych z przedwczesnym zapłonem lub detonacją, potrzebne jest obniżenie mocy wyjściowej.

<sup>18</sup> Odnośnie współczynników zmiany temperatury/wysokości konsultować się z producentem silnika lub agregatu prądowłórczego.

	<b>Stopień sprężania 8,5:1</b>	<b>Stopień sprężania 10,5:1</b>
--	--------------------------------	---------------------------------

Metan (C <sub>1</sub> )	100	100
Etan (C <sub>2</sub> )	100	100
Propan (C <sub>3</sub> )	10	2
Izobutan (IC <sub>4</sub> )	7	0,2
Wodór (H <sub>2</sub> )	7	śladowy
Normalny butan (NC <sub>4</sub> )	3	0,2
Izopentan (IC <sub>5</sub> )	3	0,2
Normalny pentan (NC <sub>5</sub> )	1	0,1
Heksan (C <sub>6</sub> )	1	0,1
Heptan (C <sub>7</sub> )	1	0,1

**Tabela 6-8.** Maksymalne dopuszczalne ilości procentowe dla palnych składników paliwa silnikowego

	Stopień sprężania 8,5:1	Stopień sprężania 10,5:1
Metan	NIE DOTYCZY	NIE DOTYCZY
Etan	NIE DOTYCZY	NIE DOTYCZY
Propan	5%	*
Izobutan	2%	*

\* Przy wysokim stopniu sprężania silników turbodoładowanych nie można stosować propanu lub izobutanu.

**Tabela 6-9.** Maksymalne dopuszczalne procentowe ilości składników gazowych przed obniżeniem wartości znamionowych silników turbodoładowanych.

### Konstrukcja układu paliwowego agregatu prądowórczego

Rysunek 6-31 ilustruje typowe elementy linii gazowej w systemach dwupaliwowych o automatycznym przesyłaniu gazu (gaz ziemny i LPG). Systemy jednopaliwowe (gaz ziemny lub LPG) wykorzystują zaznaczone części na tym rysunku. Na rysunku nie pokazano odparowywacza LPG, który jest dostarczany z agregatami prądowórczymi firmy Cummins Power Generation, do korzystania z ciekłego LPG (montowany na silniku tylko na agregatach pracujących na wolnym powietrzu). Regulatory ciśnienia, suche filtry gazu i ręczne zawory odcinające są zazwyczaj dostarczane przez instalatora, ale dostępne są również jako akcesoria Cummins Power Generation.

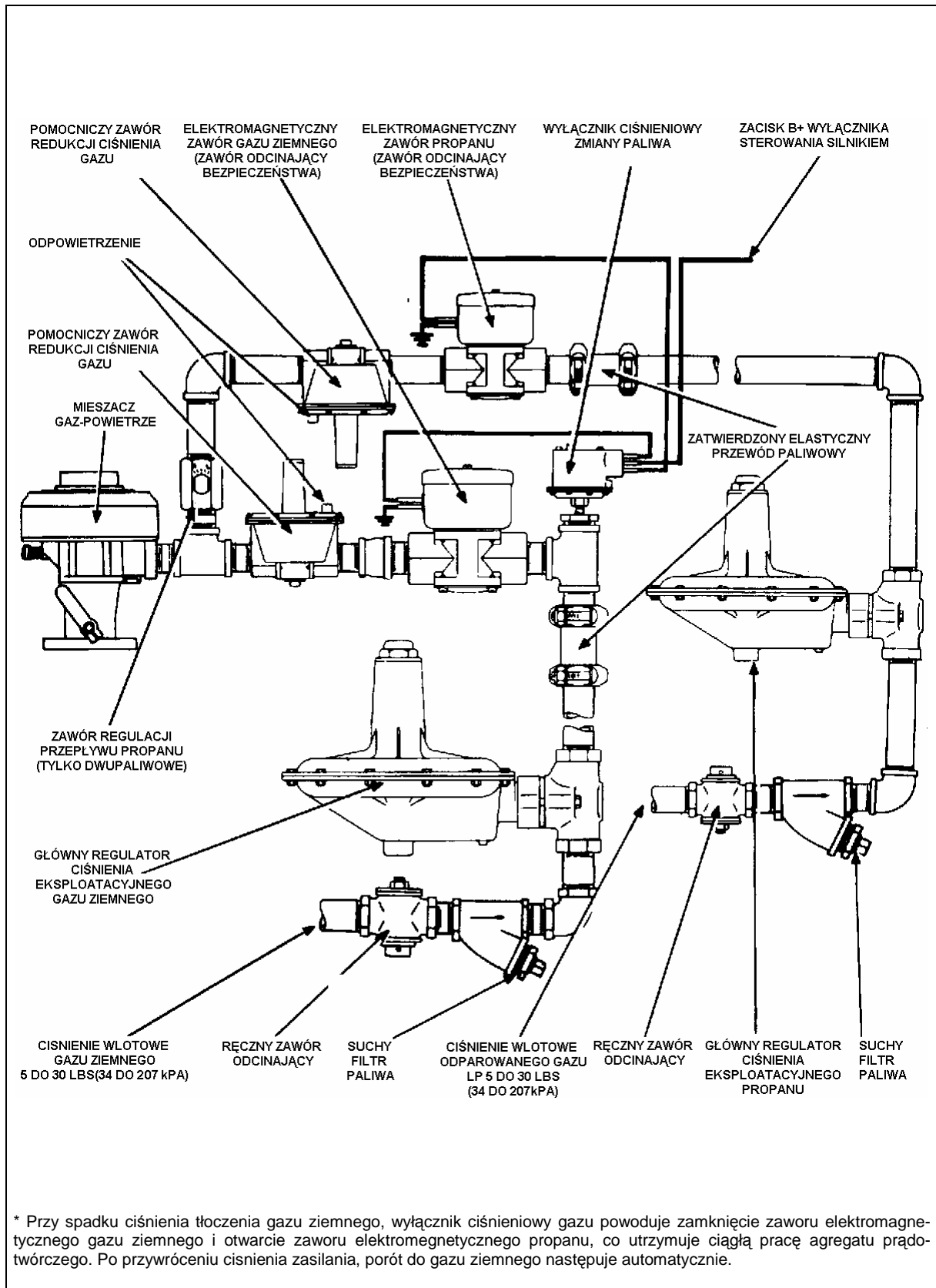
### Konstrukcja układu paliwowego na miejscu (instalacji)

Przy instalowaniu układu paliwowego na gaz ziemny i/lub LPG uwzględniać należy co następuje:

- Konstrukcja układu zasilania paliwem gazowym, materiały, podzespoły, wykonanie, montaż, instalacja, badania, kontrola, obsługa i utrzymanie (konserwacja) muszą spełniać wszystkie obowiązujące przepisy<sup>19</sup>.

- Układ i wielkość rurek gazowych muszą być odpowiednie dla przeniesienia takiej objętości gazu, jaką potrzebuje agregat prądowórczy oraz wszystkie inne urządzenia, np. kotły ogrzewania budynku, które są zasilane z tego samego źródła. Dostępne musi być natężenie przepływu dla pełnego obciążenia (patrz arkusz zalecanych danych agregatu prądowórczego) przy ciśnieniu nie mniejszym niż minimalne ciśnienie zasilania, zazwyczaj od 5 do 10 cali słupa wody, zależnie od modelu. Ostateczne ustalenie wielkości rurek opierać się jednak musi na metodzie zatwierdzonej przez kompetentne władze (patrz NFPA nr 54).
- Większość instalacji wymagać będzie regulatora ciśnienia eksploatacyjnego gazu. W zależności od modelu, ciśnienie zasilania gazu na wlocie do agregatu prądowórczego nie powinno przekraczać 13,8 lub 20 cali słupa wody. W zależności od dystrybucji ciśnienia gazu, potrzebny może być więcej niż jeden stopień regulacji ciśnienia. Wewnątrz budynków niedozwolone są rurki z gazem o wysokim ciśnieniu (5 psig dla gazu ziemnego i 20 psig dla LPG, chyba że kompetentne władze zezwoliły na wyższe ciśnienia). Zgodnie z przepisami, regulatory ciśnienia gazu muszą mieć odprowadzenie na zewnątrz (budynek).

<sup>19</sup> W Ameryce Północnej typowymi normami są NFPA nr 20, nr 37, nr 54 i nr 58.



Rysunek 6-31. Typowy układ na paliwo gazowe.

- Regulator ciśnienia, zainstalowany na linii zasilania przy źródle gazu dla agregatu prądotwórczego, nigdy nie powinien być regulatorem „pilotowym”. Regulator „pilotowy” jest typem regulatora, gdzie regulator ten potrzebuje linii ciśnienia z korpusu regulatora do rurki gazu za regulatorem celem „wykrywania” spadku ciśnienia w tej rurce. Regulatory pilotowe nie działają, ponieważ czas reakcji jest nieodpowiedni w porównaniu z dużymi i niestabilnymi zmianami zapotrzebowania z agregatu prądotwórczego.
- Do podłączeń na silniku należy stosować zatwierdzone elastyczne przewody paliwowe, które przejmują ruch i drgania agregatu prądotwórczego.
- Większość przepisów wymaga przed elastycznymi przewodami paliwowymi zarówno ręcznych jak i elektrycznych (z zasilaniem baterijnym) zaworów odcinających. Zawór ręczny powinien być typu wskazówkowego.
- Jak pokazano na **Rysunku 6-31**, w każdej linii należy zainstalować suchy filtr paliwa dla ochrony wrażliwych elementów regulacji ciśnienia i dyszki przed szkodliwymi substancjami obcymi przenoszonymi w strumieniu gazu (rdza, zendra, itp.)
- Jeżeli jako alternatywne paliwo wymagany jest gaz LPG, to układ zasilania paliwem LPG przeznaczyć należy dla systemu zasilania awaryjnego.
- Na agregatach prądotwórczych Cummins Power Generation wyposażonych do zasilania płynnym LPG fabrycznie zainstalowany jest odparowywacz LPG, ogrzewany czynnikiem chłodzącym silnika. Ponieważ wysokociśnieniowe (20 psig lub powyżej) rurki gazu są niedozwolone wewnątrz budynków, to takich agregatów prądotwórczych nie wolno instalować wewnątrz budynków (dla większości modeli LPG, do instalacji na zewnątrz dostępne są osłony przed złymi warunkami pogodowymi).
- Szybkość parowania LPG w zbiorniku zależy od zewnętrznej temperatury powietrza, chyba że zbiornik wyposażony jest w podgrzewanie, oraz od ilości paliwa w zbiorniku. Nawet w zimne dni powietrze zewnętrzne ogrzewa i odparowuje LPG (głównie przez zwilżoną powierzchnię zbiornika), gdy temperatura powietrza jest wyższa niż temperatura LPG. Wyciąganie par LPG powoduje spadek temperatury i ciśnienia w zbiorniku (przy -37°F [-38°C] ciśnienie parowania LPG jest równe zeru). Jeżeli nie ma dość paliwa i ciepła z otaczającego powietrza, to w miarę pracy agregatu prądotwórczego szybkość parowania będzie spadać do wartości niższej niż potrzebna do właściwej ciągłej pracy.

### Obliczenia układu paliwa gazowego

**Wielkość zbiornika:** Jako szybki poradnik dla wyboru wielkości zbiornika LPG w oparciu o przewidywaną najniższą temperaturę otoczenia korzystać z **Rysunku 6-32**. Na przykład, w dzień o temp. 40°F, odsysanie 1000 stóp<sup>3</sup>/h wymaga zbiornika o pojemności 2000 galonów, wypełnionego co najmniej w połowie. Uwaga: W wielu przypadkach ilość paliwa potrzebnego do odpowiedniego odparowywania jest dużo większa niż wymagana dla danej liczby godzin pracy, którą wymagają przepisy.

Na przykład, w NFPA 110, zastosowanie Klasy 6, przed dopełnianiem zbiornika w zbiorniku musi być dość paliwa do 6 godzin pracy agregatu prądotwórczego. LPG daje około 36,5 stóp sześciennych gazu na galon płynu. Jeżeli szybkość zasysania przez agregat prądotwórczy wynosi 1000 stóp<sup>3</sup>/h, to:

$$\text{Paliwo zużyte w ciągu 6h} = \frac{1000 \text{ stop}^3 / \text{h} \cdot 6 \text{ h}}{36,5 \text{ stop}^3 / \text{galon}} = 164 \text{ galony}$$

W tym przypadku wymiary zbiornika należy dobierać dla co najmniej 2000 galonów oparciu raczej o najniższą spodziewaną temperaturę, a nie o zużycie paliwa w ciągu 6 godzin (164 galony).

**Dobór wymiarów rurek gazowych:** Dobór wymiarów rurek gazowych dla tłoczenia paliwa, zarówno ze względu na natężenie przepływu jak i ciśnienie, może być dość skomplikowany. Uproszczoną metodą, tak jak z innymi rurkami dla układu wydechowego i chłodzenia, jest przeliczenie wszystkich złączy, zaworów, itp. na równoważne długości rurki o rozważanej średnicy. Łączną długość równoważną można następnie odnieść do natężenia przepływu.

**Tabela 6-3, Równoważne długości złączy rurowych i zaworów dotyczą rurek gazu oraz cieczy.**

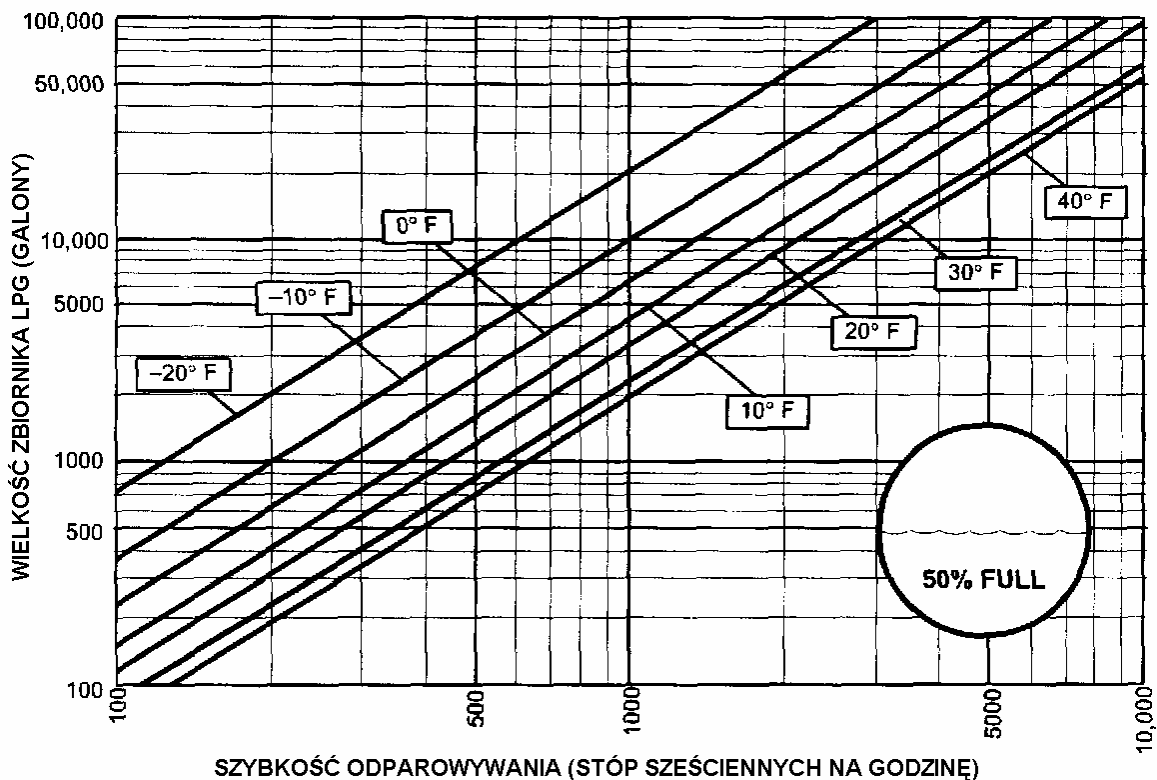
**Tabele 6-10 do 6-14** pokazują maksymalny wydatek gazu dla różnych wielkości rurek. Tabele 6-10 do 6-14 zostały przedrukowane z NFPA 54-2002, Krajowe Przepisy Paliw Gazowych i zostały wybrane ze względu na ogólne wymagania pracy układów paliwowych dla agregatów prądotwórczych. Podano tabele dla zasysania gazu ziemnego, płynnego propanu i zasysania par propanu w określonych warunkach. Odnosnie innych warunków pracy lub innych wymagań instalacyjnych układu paliwowego, korzystać z NFPA 54 lub innych obowiązujących przepisów.

Obliczenie minimalnej wielkości rurki jest dość proste:

- Sporządzić listę wszystkich złązek i zaworów w proponowanym układzie i przy pomocy tabeli zsumować ich równoważne długości.
- Do tej sumy dodać wszystkie odcinki prostej rurki celem uzyskania całkowitej długości równoważnej.
- W oparciu o układ paliwowy, wybrać odpowiednią tabelę.
- Z arkusza danych technicznych producenta wybrać maksymalne zapotrzebowanie paliwa dla konkretnego agregatu prądowórczego.

W razie potrzeby przeliczyć na stopy<sup>3</sup>/h (pamiętać o wartości cieplnej omawianej wcześniej w tym rozdziale)

- Odnaleźć równoważną długość rurki (lub następną większą równoważną długość) w lewej kolumnie. Przejść w poprzek kolumn do miejsca, gdzie liczba jest tak duża lub większa niż obliczona powyżej całkowita długość równoważna. U góry tej kolumny znajduje się minimalna nominalna wielkość rurki lub wielkość rurek dla układu.



**Rysunek 6-32.** Minimalna wielkość zbiornika LPG (wypełnienie 50%) wymagana dla utrzymania ciśn. 5 PSIG przy określonej szybkości zasysania i spodziewanej minimalnej temperaturze w zimie.

<b>Gaz:</b> Ziemny <b>Ciśnienie wlotowe:</b> 0,5 psi lub poniżej <b>Spadek ciśnienia:</b> 0,5 cala słupa wody <b>Ciężar właściwy:</b> 0,60											
	<b>Rozmiar rurki (cale)</b>										
<b>Nominał</b>	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
<b>Rzeczyw. średn. wewn.</b>	(0,364)	(0,493)	(0,622)	(0,824)	(1,049)	(1,380)	(1,610)	(2,067)	(2,469)	(3,068)	(4,026)
<b>Długość (Stóp)</b>	<b>Maksymalny wydatek gazu w stopach sześciennych na godzinę</b>										
<b>10</b>	43	95	175	360	680	1400	2100	3950	6300	11000	23000
<b>20</b>	29	65	120	250	465	950	1460	2750	4350	7700	15800
<b>30</b>	24	52	97	200	375	770	1180	2200	3520	6250	12800
<b>40</b>	20	45	82	170	320	660	990	1900	3000	5300	10900
<b>50</b>	18	40	73	151	285	580	900	1680	2650	4750	9700
<b>60</b>	16	36	66	138	260	530	810	1520	2400	4300	8800
<b>70</b>	15	33	61	125	240	490	750	1400	2250	3900	8100
<b>80</b>	14	31	57	118	220	460	690	1300	2050	3700	7500
<b>90</b>	13	29	53	110	205	430	650	1220	1950	3450	7200
<b>100</b>	12	27	50	103	195	400	620	1150	1850	3250	6700
<b>125</b>	11	24	44	93	175	360	550	1020	1650	2950	6000
<b>150</b>	10	22	40	84	160	325	500	950	1500	2650	5500
<b>175</b>	9	20	37	77	145	300	460	850	1370	2450	5000
<b>200</b>	8	19	35	72	135	280	430	800	1280	2280	4600

**Tabela 6-10.** Wielkości rurek z blachy stalowej czarnej 40 dla gazu ziemnego <sup>20</sup>

<sup>20</sup> Przedruk za zgodą NFPA 54-2002, National Fuel Gas Code, Copyright © 2002, National Fire Protection Association, Quincy, MA 02169. Niniejszy przedrukowany materiał nie jest kompletnym i oficjalnym stanowiskiem NFPA na ten temat, który jest przedstawiony w całości tylko przez normę.

<b>Gaz:</b> Ziemny											
<b>Ciśnienie wlotowe:</b> 0,5 psi lub mniejsze											
<b>Spadek ciśnienia:</b> 0,5 cala słupa wody											
<b>Ciężar właściwy:</b> 0,60											
	<b>Wielkość rurki (cale)</b>										
<b>Nominał</b>	<b>K &amp; L</b>	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
	<b>ACR</b>	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8
<b>Zewnętrzna</b>		0,375	0,500	0,625	0,750	0,875	1,125	1,375	1,625	2,125	2,625
<b>Wewnętrzna</b>		0,305	0,402	0,527	0,652	0,745	0,995	1,245	1,481	1,959	2,435
<b>Długość (stóp)</b>	<b>Maksymalny wydatek gazu w stopach sześciennych na godzinę</b>										
<b>10</b>	27	55	111	195	276	590	1062	1675	3489	6173	
<b>20</b>	18	38	77	134	190	406	730	1151	2398	4242	
<b>30</b>	15	30	61	107	152	326	586	925	1926	3407	
<b>40</b>	13	26	53	92	131	279	502	791	1648	2916	
<b>50</b>	11	23	47	82	116	247	445	701	1461	2584	
<b>60</b>	10	21	42	74	105	224	403	635	1323	2341	
<b>70</b>	9,3	19	39	68	96	206	371	585	1218	2154	
<b>80</b>	8,6	18	36	63	90	192	345	544	1133	2004	
<b>90</b>	8,1	17	34	59	84	180	324	510	1063	1880	
<b>100</b>	7,6	16	32	56	79	170	306	482	1004	1776	
<b>125</b>	6,8	14	28	50	70	151	271	427	890	1574	
<b>150</b>	6,1	13	26	45	64	136	245	387	806	1426	
<b>175</b>	5,6	12	24	41	59	125	226	356	742	1312	
<b>200</b>	5,2	11	22	39	55	117	210	331	690	1221	
<b>250</b>	4,7	10	20	34	48	103	186	294	612	1082	
<b>300</b>	4,2	8,7	18	31	44	94	169	266	554	980	

\* Wydatki tabeli opierają się na wewnętrznej średnicy (pokazanej) rurki miedzianej typu K, która ma najmniejszą średnicę wewnętrzną z miedzianych produktów rurowych.

**Tabela 6-11.** Wielkości półsztywnych rurek z miedzi dla gazu ziemnego <sup>21</sup>

<sup>21</sup> Przedruk za zgodą NFPA 54-2002, National Fuel Gas Code, Copyright © 2002, National Fire Protection Association, Quincy, MA 02169. Niniejszy przedrukowany materiał nie jest kompletnym i oficjalnym stanowiskiem NFPA na ten temat, który jest przedstawiony w całości tylko przez normę.

<b>Gaz:</b> Nierozcieńczony propan									
<b>Ciśnienie wlotowe:</b> 11,0 cala słupa wody									
<b>Spadek ciśnienia:</b> 0,5 cala słupa wody									
<b>Ciężar właściwy:</b> 1,50									
<b>Zastosowanie specjalne:</b> Dobór wielkość rurki między pierwszym i drugim stopniem (regulator niskiego ciśnienia) i urządzeniem.									
<b>Wielkość rurki (cale)</b>									
<b>Nominalna wewnętrzna</b>	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	3	3 1/2	4
<b>Rzeczywista</b>	0,622	0,824	1,049	1,38	1,61	2,067	3,068	3,548	4,026
<b>Długość (stóp)</b>	<b>Maksymalny wydatek w tysiącach BTU na godzinę</b>								
<b>10</b>	291	608	1145	2352	3523	6786	19119	27993	38997
<b>20</b>	200	418	787	1616	2422	4664	13141	19240	26802
<b>30</b>	160	336	632	1298	1945	3745	10552	15450	21523
<b>40</b>	137	287	541	1111	1664	3205	9031	13223	18421
<b>50</b>	122	255	480	984	1475	2841	8004	11720	16326
<b>60</b>	110	231	434	892	1337	2574	7253	10619	14793
<b>80</b>	94	197	372	763	1144	2203	6207	9088	12661
<b>100</b>	84	175	330	677	1014	1952	5501	8055	11221
<b>125</b>	74	155	292	600	899	1730	4876	7139	9945
<b>150</b>	67	140	265	543	814	1568	4418	6468	9011
<b>200</b>	58	120	227	465	697	1342	3781	5536	7712
<b>250</b>	51	107	201	412	618	1189	3351	4906	6835
<b>300</b>	46	97	182	373	560	1078	3036	4446	6193
<b>350</b>	42	89	167	344	515	991	2793	4090	5698
<b>400</b>	40	83	156	320	479	922	2599	3805	5301

 Tabela 6-12. Wielkości rurek z blachy stalowej czarnej 40 dla propanu <sup>22</sup>

<sup>22</sup> Przedruk za zgodą NFPA 54-2002, National Fuel Gas Code, Copyright © 2002, National Fire Protection Association, Quincy, MA 02169. Niniejszy przedrukowany materiał nie jest kompletnym i oficjalnym stanowiskiem NFPA na ten temat, który jest przedstawiony w całości tylko przez normę.



<b>Gaz:</b> Nierozcieńczony propan											
<b>Ciśnienie wlotowe:</b> 11,0 cali słupa wody											
<b>Spadek ciśnienia:</b> 0,5 cala słupa wody											
<b>Ciężar właściwy:</b> 1,50											
<b>Specjalne zastosowanie:</b> Dobór wielkość rurki między pierwszym i drugim stopniem (regulator niskiego ciśnienia) i urządzeniem.											
<b>Wielkość rurki (cale)</b>											
Nominał	K & L	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
	ACR	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8
Zewnętrzna		0,375	0,500	0,625	0,750	0,875	1,125	1,375	1,625	2,125	2,625
Wewnętrzna		0,305	0,402	0,527	0,652	0,745	0,995	1,245	1,481	1,959	2,435
Długość (stóp)	<b>Maksymalny wydatek gazu w stopach sześciennych na godzinę</b>										
10	45	93	188	329	467	997	1795	2830	5895	10429	
20	31	64	129	226	321	685	1234	1945	4051	7168	
30	25	51	104	182	258	550	991	1562	3253	5756	
40	21	44	89	155	220	471	848	1337	2784	4926	
50	19	39	79	138	195	417	752	1185	2468	4366	
60	17	35	71	125	177	378	681	1074	2236	3956	
70	16	32	66	115	163	348	626	988	2057	3639	
80	15	30	61	107	152	324	583	919	1914	3386	
90	14	28	57	11	142	304	547	862	1796	3177	
100	13	27	54	95	134	287	517	814	1696	3001	
125	11	24	48	84	119	254	458	722	1503	2660	
150	10	21	44	76	108	230	415	654	1362	2410	
175	10	20	40	70	99	212	382	602	1253	2217	
200	8,9	18	37	65	92	197	355	560	1166	2062	
225	8,3	17	35	61	87	185	333	525	1094	1935	
250	7,9	16	33	58	82	175	315	496	1033	1828	
275	7,5	15	31	55	78	166	299	471	981	1736	
300	7,1	15	30	52	74	158	285	449	936	1656	

\* Wydatki tabeli opierają się na wewnętrznej średnicy (pokazanej) rurki miedzianej typu K, która ma najmniejszą średnicę wewnętrzną z miedzianych produktów rurowych.

**Tabela 6-13.** Wielkości półsztywnych rurek z miedzi dla par propanu <sup>23</sup>

<sup>23</sup> Przedruk za zgodą NFPA 54-2002, National Fuel Gas Code, Copyright © 2002, National Fire Protection Association, Quincy, MA 02169. Niniejszy przedrukowany materiał nie jest kompletnym i oficjalnym stanowiskiem NFPA na ten temat, który jest przedstawiony w całości tylko przez normę.

Równoważ- na długość rurki, stóp	Wielkość rurki z blachy stalowej czarnej 40, cale: Nominalna (średnica wewnętrzna)								
	1/2 (0,622)	3/4 (0,824)	1 (1,049)	1 1/4 (1,38)	1 1/2 (1,61)	2 (2,067)	3 (3,068)	3 1/2 (3,548)	4 (4,026)
30	733	1532	2885	5924	8876	17094	48164	70519	98238
40	627	1311	2469	5070	7597	14630	41222	60355	84079
50	556	1162	2189	4494	6733	12966	36534	53492	74518
60	504	1053	1983	4072	6100	11748	33103	48467	67519
70	463	969	1824	3746	5612	10808	30454	44589	62116
80	431	901	1697	3484	5221	10055	28331	41482	57787
90	404	845	1593	3269	4899	9434	26583	38921	54220
100	382	798	1504	3088	4627	8912	25110	36764	51216
150	307	641	1208	2480	3716	7156	20164	29523	41128
200	262	549	1034	2122	3180	6125	17258	25268	35200
250	233	486	916	1881	2819	5428	15295	22395	31198
300	211	441	830	1705	2554	4919	13859	20291	28267
350	194	405	764	1568	2349	4525	12750	18667	26006
400	180	377	711	1459	2186	4209	11861	17366	24193
450	169	354	667	1369	2051	3950	11129	16295	22700
500	160	334	630	1293	1937	3731	10512	15391	21442
600	145	303	571	1172	1755	3380	9525	13946	19428
700	133	279	525	1078	1615	3110	8763	12830	17873
800	124	259	488	1003	1502	2893	8152	11936	16628
900	116	243	458	941	1409	2715	7649	11199	15601
1000	110	230	433	889	1331	2564	7225	10579	14737
1500	88	184	348	713	1069	2059	5802	8495	11834
2000	76	158	297	611	915	1762	4966	7271	10128

**Tabela 6-14.** Wielkości rurek z żelaza 40, odsysanie płynu - maksymalny wydatek rurki w stopach sześciennych gazu na godzinę. Zalecenia dotyczące wielkości rurki opierają się na rurce z blachy stalowej czarnej.