

# Systemy rur przemysłowych Aliaxis

## Instrukcja techniczna





# Spis treści

<b>Sprawiamy, że życie płynie</b>	<b>8</b>
<b>Wstęp</b>	<b>10</b>
<b>1. Systemy rur z tworzyw sztucznych: właściwości fizyczne i chemiczne materiałów</b>	<b>19</b>
<b>1.1 Rozwój, klasyfikacja i produkcja tworzyw sztucznych</b>	<b>20</b>
1.1.1 Rozwój tworzyw sztucznych	20
1.1.2 Budowa i charakterystyka	21
1.1.3 Tworzywa termoutwardzalne, termoplastyczne i elastomery	22
1.1.4 Omówienie właściwości tworzyw termoplastycznych	27
1.1.5 Zalety stosowania tworzyw sztucznych w porównaniu z metalami	30
1.1.6 Tworzywa sztuczne a środowisko naturalne	32
1.1.7 Metody produkcji i przetwórstwa	34
1.1.7.1 Polimeryzacja	34
1.1.7.2 Wtryskiwanie i wytłaczanie	35
<b>1.2 Polimery winylowe i styrenowe</b>	<b>39</b>
1.2.1 Nieplastyfikowany polichlorek winylu (UPVC)	39
1.2.2 Chlorowany polichlorek winylu (CPVC)	42
1.2.3 Terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy (ABS)	44
<b>1.3 Poliolefiny i polimery fluorowane</b>	<b>47</b>
1.3.1 Polipropylen (PP)	47
1.3.2 Polietylen (PE)	53
1.3.3 Polifluorek winylidenu (PVDF)	57
<b>1.4 Kauczuk</b>	<b>60</b>
1.4.1 Butadien akrylonitrylowy (NBR)	61
1.4.2 Monomer etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM)	62
1.4.3 Fluoroelastomer (FKM)	63
1.4.4 Perfluoroelastomer (FFKM)	64
<b>1.5 Politetrafluoroetylen (PTFE)</b>	<b>66</b>
<b>1.6 Żywice, mieszanki i dodatki</b>	<b>67</b>
1.6.1 Żywice	67
1.6.2 Mieszanki	67
1.6.3 Dodatki	67
<b>1.7 Badanie materiału</b>	<b>68</b>
1.7.1 Próba udarności	68
1.7.2 Badanie płynięcia	70
1.7.3 Badanie termiczne	71
<b>1.8 Oznaczenia rur i kształtek</b>	<b>72</b>
1.8.1 Minimalne wymagania dotyczące oznakowania rur	72
1.8.2 Minimalne wymagania dotyczące oznakowania kształtek	73
1.8.3 Minimalne wymagania dotyczące oznakowania zaworów	73

<b>1.9 MRS i zachowanie długotrwałe</b>	<b>74</b>
1.9.1 Terminologia związana z zachowaniem długotrwałym	74
1.9.2 Długotrwałe zachowanie UPVC	75
1.9.3 Długotrwałe zachowanie CPVC	77
1.9.4 Długotrwałe zachowanie ABS	79
1.9.5 Długotrwałe zachowanie PP-H, PP-B i PP-R	80
1.9.6 Długotrwałe zachowanie PE	83
1.9.7 Długotrwałe zachowanie PVDF	85
1.9.8 Trwałość użytkowa a obciążenia nieciągłe	86
<b>1.10 Moduł pełzania</b>	<b>87</b>

<b>2. Projektowanie systemów rur z tworzyw sztucznych</b>	<b>105</b>
<b>2.1 Symbole, skróty, jednostki miary, tabele przeliczeniowe</b>	<b>106</b>
2.1.1 Symbole	106
2.1.2 Skróty	107
2.1.3 Jednostki miary	109
<b>2.2 Dobór materiałów</b>	<b>113</b>
<b>2.3 Odporność chemiczna</b>	<b>114</b>
<b>2.4 Wymiarowanie i inżynieria hydrauliczna</b>	<b>117</b>
2.4.1 Projektowanie rur	117
2.4.1.1 Obliczanie naprężeń teoretycznych na podstawie klasyfikacji MRS	117
2.4.1.2 Obliczanie ciśnienia nominalnego	118
2.4.1.3 Obliczanie standardowego stosunku wymiarów	119
2.4.1.4 Obliczanie szeregów	119
2.4.1.5 Obliczanie grubości ścianki	119
2.4.2 Wykres ciśnienia w funkcji temperatury	125
2.4.2.1 Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury	126
2.4.2.2 Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury	132
2.4.3 Obliczenia hydrauliczne	137
2.4.3.1 Obliczanie rozproszonego spadku ciśnienia	139
2.4.3.2 Obliczanie punktowego spadku ciśnienia	142
2.4.4 Regulacja przepływu i dobór zaworów	147
2.4.5 Skok ciśnienia	151
2.4.5.1 Młot wodny	151
2.4.5.2 Kawitacja	154
<b>2.5 Dobór zaworu i jego właściwości</b>	<b>156</b>
2.5.1 Charakterystyka cieczy	156
2.5.2 Naprężenia mechaniczne i drgania	157
2.5.3 Bezpieczeństwo	159
2.5.4 Ochrona fizyczna	160
2.5.5 Prosty montaż	161
2.5.6 Dokładna regulacja	162
<b>2.6 Odpowietrzanie rurociągów</b>	<b>163</b>
2.6.1 Zapowietrzenie: źródła i przyczyny	163
2.6.2 Jak radzić sobie z zapowietrzeniem przewodów	164

<b>2.7 Projektowanie instalacji rurowych dla warunków podciśnieniowych</b>	<b>165</b>
<b>2.8 Projektowanie instalacji rurowych dla sprężonego powietrza</b>	<b>166</b>
<b>2.9 Dobór przepływomierza</b>	<b>169</b>
2.9.1 Budowa przepływomierza	169
2.9.1.1 Zanurzeniowe czujniki przepływu	169
2.9.1.2 Przelotowe czujniki przepływu	171
2.9.1.3 Przepływomierze o zmiennym przekroju przepływu	172
2.9.2 Montaż przepływomierza	174
2.9.2.1 Zanurzeniowe czujniki przepływu	174
2.9.2.2 Przelotowe czujniki przepływu	176
2.9.2.3 Przepływomierze o zmiennym przekroju przepływu	176
<b>2.10 Dobór czujnika pH i ORP</b>	<b>178</b>
2.10.1 Budowa czujników pH i ORP	178
2.10.1.1 Pomiar odczynu pH	178
2.10.1.2 Pomiar ORP	181
2.10.1.3 Elektrody pH/ORP	182
2.10.2 Montaż czujników pH i ORP	184
2.10.2.1 Wytyczne dla montażu	184
2.10.2.2 Wytyczne eksploatacyjne	185
<b>2.11 Dobór czujnika przewodności</b>	<b>186</b>
2.11.1 Budowa czujnika przewodności	186
2.11.1.1 Pomiar przewodności	186
2.11.1.2 Elektrody konduktometryczne	188
2.11.2 Montaż czujnika przewodności	189
2.11.2.1 Wytyczne dla montażu	189
2.11.2.2 Wytyczne eksploatacyjne	190
<b>3. Wytyczne dla montażu</b>	<b>193</b>
<b>3.1 Technologie łączenia</b>	<b>194</b>
3.1.1 Spawanie rozpuszczalnikowe	195
3.1.1.1 Spawanie rozpuszczalnikowe rur z UPVC	196
3.1.1.2 Spawanie rozpuszczalnikowe rur z CPVC	200
3.1.1.3 Spawanie rozpuszczalnikowe rur z ABS	204
3.1.2 Zgrzewanie doczołowe	210
3.1.3 Zgrzewanie mufowe	217
3.1.4 Zgrzewanie elektrooporowe	224
3.1.5 Spawanie gazowe na gorąco	228
3.1.6 Połączenia kołnierzowe	232
3.1.7 Połączenia gwintowane	239
3.1.8 Połączenia mechaniczne Straub	243
<b>3.2 Mocowanie rur i zalecenia</b>	<b>253</b>
3.2.1 Rozszerzalność i kurczliwość cieplna	253
3.2.1.1 Mechaniczne kompensatory rurowe	254
3.2.1.2 Uskok	259
3.2.1.3 Pętle rozprężne i zmiany kierunku	259
3.2.2 Ogrzewanie przewodowe	261
3.2.3 Kotwienie rur	264

3.2.3.1 Podpory i utwierdzenia rur	265
3.2.3.2 Tabele i wykresy	267
3.2.4 Instalacje podziemne (kanały rurowe)	279
<b>3.3 Badanie rurociągów na obiektach</b>	<b>284</b>
<b>3.4 Przechowywanie, przewóz i przeładunek</b>	<b>288</b>
<b>4. Rozwiązania systemowe i produktowe</b>	<b>291</b>
4.1 Systemy UPVC spawane rozpuszczalnikowo	294
4.2 Systemy FIP CPVC spawane rozpuszczalnikowo	296
4.3 Systemy SuperFlo ABS spawane rozpuszczalnikowo	298
4.4 Systemy FIP PP zgrzewane	300
4.5 Systemy PE zgrzewane	302
4.6 Systemy FIP PVDF zgrzewane	304
4.7 Instalacje dwupłaszczowe	306
4.8 Sprężone powietrze	308
4.9 Instalacje paliwowe PLX	310
4.10 Vulcathene	311
4.11 Połączenia mechaniczne Straub	312
4.12 System bezsilikonowy FIP	314
4.13 FLS	316





# We Make Life Flow

Aliaxis jest światowym liderem w dziedzinie zaawansowanych systemów rur z tworzyw sztucznych do zastosowań w przemyśle, budownictwie, infrastrukturze i rolnictwie. W każdym z tych segmentów oferujemy kompleksową gamę wysokiej jakości produktów i rozwiązań, które spełniają najbardziej wyśrubowane wymagania naszych klientów na całym świecie.

Aliaxis, zatrudniając około 15 500 pracowników na całym świecie, działa poprzez wiodące lokalne marki w ponad 45 krajach, łącząc lokalne rozwiązania z globalną innowacyjnością i doskonałością operacyjną. Firma jest własnością prywatną, a jej globalna siedziba mieści się w Brukseli, w Belgii.

## **Bezpieczeństwo i higiena pracy ponad wszystko**

Naszym priorytetem jest gwarancja bezpiecznego środowiska pracy dla wszystkich pracowników, kontrahentów i gości. Dążymy do poprawy naszych ogólnych wyników BHP, a naszym celem jest zerowa wypadkowość na całym świecie. Globalna społeczność specjalizująca się w bezpieczeństwie i obejmująca kierowników BHP różnych działów naszej firmy, zajmuje się

przekazywaniem najlepszych praktyk.

## **Nasi klienci są naszym sercem**

Aliaxis dostarcza instalatorom i technikom na całym świecie produkty i rozwiązania umożliwiające łatwy, bezproblemowy rozruch i przekazanie projektów do eksploatacji.

Naszym celem jest tworzyć wartość dodaną dla użytkowników końcowych: ludzi w ich domach, rolników, przemysłu i rządów. Niezależnie od wyzwań związanych z wielkością, objętością lub wysokością, niezależnie od ograniczeń na placach budowy, w projektach infrastrukturalnych lub przy wymaganiach wobec nawadniania terenów rolniczych, zawsze staramy się zaoferować odpowiednie produkty i rozwiązania.

## **Troska o społeczności lokalne**

Firmy Aliaxis powstały w sercu regionów, w których działają. Bardzo dbają o lokalne społeczności i reinwestują w ich przyszłość poprzez różne projekty. W wielu społecznościach Aliaxis pomaga budować lub ulepszać źródła wody pitnej, montować obiekty sanitarne, realizować projekty infrastrukturalne służące ujmowaniu i magazynowaniu wody deszczowej, wiercić





studnie głębinowe, a także budować szkoły lub wdrażać lokalne programy edukacyjne.

### **Innowacja tworzy wartość**

Dzięki ponad 50-letniemu doświadczeniu w technologii tworzyw sztucznych jesteśmy w stanie tworzyć produkty, które zawsze są o krok do przodu.

We wszystkich naszych zakładach produkcyjnych i placówkach na całym świecie, pracownicy Aliaxis dążą do doskonałości operacyjnej i wydajności w tworzeniu produktów i usług. Grupa kapitałowa ułatwia wymianę najlepszych praktyk i wiedzy pomiędzy wszystkimi krajami i segmentami.

Dzięki temu stale optymalizujemy i usprawniamy procesy wewnętrzne, podnosząc jakość świadczenia usług dla naszych klientów.

### **Nasze zaangażowanie na rzecz środowiska**

Analizy cyklu życia wykazały, że instalacje rurowe z tworzyw sztucznych są nie tylko bardziej przyjazne dla środowiska, ale także zdrowsze niż rury wykonane z innych materiałów.

Ochrona środowiska jest uwzględniana w każdym z naszych procesów biznesowych. Nasz program środowiskowy określa konkretne KPI dla nadzorowania emisji CO<sub>2</sub>, odpadów nie podlegających recyklingowi oraz zużycia wody. Obejmuje on również inicjatywy mające na celu dzielenie się najlepszymi praktykami i szkolenia, a także podnoszenie świadomości ekologicznej wśród naszych pracowników.

# Wstęp

Zastanawiając się, co może być najlepszym materiałem, który będzie odpowiadał Twoim potrzebom, jak również będzie świetnym rozwiązaniem dla środowiska, pomyśl o tworzywach sztucznych.

W ostatnich latach rynki przemysłowe i komercyjne powoli zaczęły wprowadzać materiały termoplastyczne z dwóch głównych powodów: po pierwsze, przemysł tworzyw sztucznych prawdopodobnie nie spisał się uświadamiając społeczeństwu i rynkowi zalet i możliwości produktów z tworzyw sztucznych. Po drugie, przemysł nie chciał przejść na bardziej rozwojowe wydajne materiały na rury, lub też nie chciał zmienić swoich przyzwyczajeń.

Dlatego też obecnie na rynku przewodów rurowych, gdzie rury, kształtki i zawory z tworzyw sztucznych mogłyby służyć w mniej więcej 70% wszystkich zastosowaniach przemysłowych, w rzeczywistości ich udział nie sięga 15% – i to pomimo faktu, że instalacja rurociągów przemysłowych z tworzywa termoplastycznego jest bardziej opłacalna w niemal każdym zastosowaniu przemysłowym w porównaniu z instalacjami z innych materiałów.

Podczas gdy brak presji ekonomicznej w ubiegłych latach powstrzymywał szereg branż przed przejściem na materiały z tworzyw sztucznych, w rzeczywistości dzisiejsze, konkurencyjne środowisko na szczeblu globalnym sprzyja niektórym zmianom.

Trudno przewidzieć, co czeka nas w ciągu następnych stu lat w dziedzinie tworzyw sztucznych, ale z pewnością będzie to coś, co odmieni naszą rzeczywistość: wykres na następnej stronie ilustruje wzrost światowej produkcji tworzyw sztucznych od 1950 do 2019 roku.

Zalety i korzyści płynące z zastosowania rozwiązań z tworzyw sztucznych są znaczące i w końcu przekonają do siebie najbardziej niechętnie im branże. Istnieją cztery przyczyny, dla których rury z tworzyw sztucznych służą do tak wielu zastosowań:

- Trwałość.
- Racjonalność ekologiczna.
- Łatwość i bezpieczeństwo montażu.
- Opłacalność ekonomiczna.

Ponieważ zrównoważony rozwój jest innym, szeroko omawianym zagadnieniem, które często wiąże się ze słowem „plastik”, analizując cztery powyższe cechy można zauważyć, że rury z tworzyw sztucznych mogą zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych do środowiska – wyjaśnijmy zatem, dlaczego.

Termin „trwałość” oznacza długą żywotność użytkową. W ciągu kilkudziesięciu lat użytkowania właściwości fizyczne i molekularne rur z tworzyw sztucznych ulegają bardzo niewielkim zmianom: w przypadku większości instalacji z takich rur, teoretycznie nie jest znany kres jej żywotności.

Ponadto wiele badań wykazało, że żywotność rury z tworzywa sztucznego nie jest porównywalna z instalacjami rurowymi wykonanymi z innych materiałów, ze względu na odporność plastikowych rur na oddziaływania chemiczne i korozyjne, odporność na ścieranie, szczelność połączeń i optymalne właściwości przepływu.

Te ostatnie cechy są również bezpośrednio związane z kwestią ochrony środowiska: wysoka odporność chemiczna i odporność na korozję eliminuje konieczność stosowania powłok ochronnych, które mogą być konieczne w przypadku innych materiałów na rury.

Co więcej, ponieważ tworzywa sztuczne dają niewielkie straty wynikające z tarcia o gładkie, wewnętrzne ścianki rur, ogranicza to moc pomp konieczną do przetaczania



płynów.

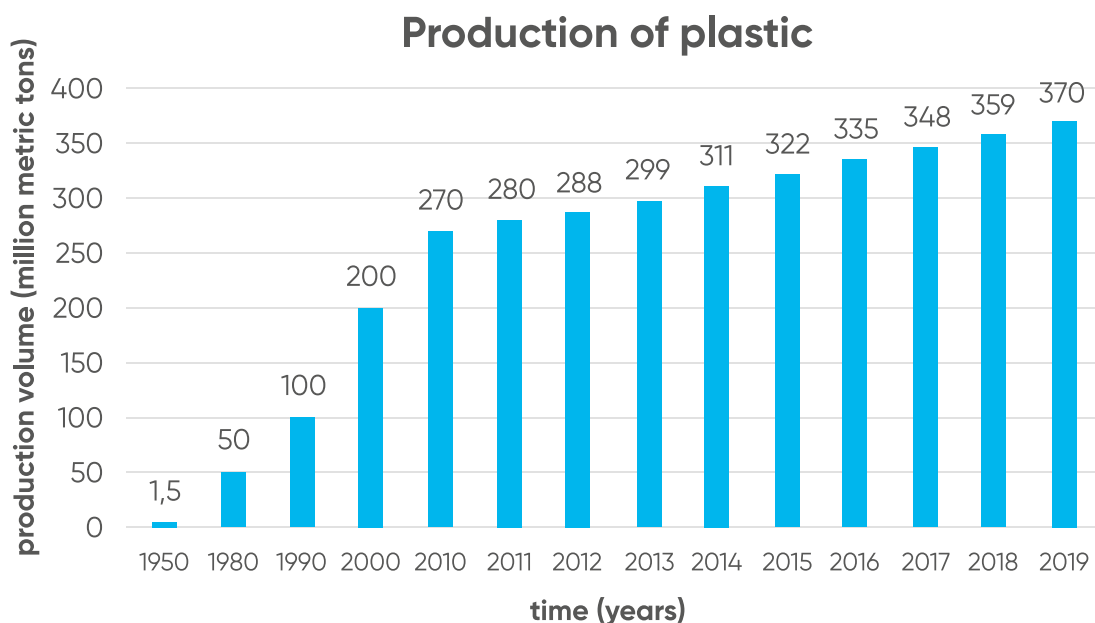
Wszystkie te cechy sprzyjają oszczędności energii: jeśli zużywa się mniej energii, to poziom emisji jest niższy.

W przypadku materiałów z tworzyw sztucznych występuje mniej uszkodzeń i wymagają mniej nakładów na konserwację, zachodzi mniejsze zapotrzebowanie na urządzenia zasilane gazem lub energią elektryczną niezbędne do napraw rurociągów. Oczywiście towarzyszy temu mniejsza liczba zamówień i przewozów, zatem można znacznie zmniejszyć koszty transportu.

Tworzywa sztuczne są łatwiejsze i bezpieczniejsze

w montażu niż inne materiały na przewody rurowe. Umożliwiają różnorodne metody łączenia i linie produktów, a także nanoszenie oznakowania i kodowania w wielu kolorach na ścianki zewnętrzne rur.

Rury z tworzyw sztucznych szczególnie słyną z niewielkiego ciężaru: to znacznie ogranicza zapotrzebowanie na drogie urządzenia dźwigowe, a tym samym znów spada emisja zanieczyszczeń do środowiska. Kolejną zaletą niskiej masy tworzyw sztucznych jest mniejsze prawdopodobieństwo wypadków na obiektach z udziałem osób: w większości przypadków narzędzia i techniki łączenia rur z tworzyw sztucznych są niedrogie, proste w obsłudze i skracają czas montażu.



# Segmenty rynku

Poniższe przykłady mogą pomóc w demonstracji różnych zastosowań rur z tworzyw sztucznych w wielu branżach i na wielu rynkach. Główne dziedziny, w których produkty Aliaxis znajdują zastosowanie, są



## Uzdatnianie wody

Wiele regionów świata już dziś doświadcza trudności z dostępem do wody, głównie z powodu gwałtownego wzrostu liczby ludności.

Aliaxis jest rzetelnym dostawcą dla najważniejszych miejskich i przemysłowych zakładów uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, które wymagają usuwania zanieczyszczeń z różnych źródeł wody i przekształcania ścieków surowych w ścieki oczyszczone, które można wykorzystać ponownie lub zawrócić do obiegu wody przy minimalnym wpływie na środowisko. Przyjrzyjmy się tym sektorom:

- Oczyszczanie ścieków komunalnych: jest to sektor kluczowy dla utrzymania czystości obiegu wody – zanieczyszczenia od ścieków komunalnych jest jednym z głównych wyzwań przyszłości, ponieważ wzrost liczby ludności w różnych regionach geograficznych zdecydowanie wymaga nowych, bardziej wydajnych oczyszczalni ścieków. Zawierają one biologiczne odpady ludzkie i śmieci organiczne, detergenty,

oleje, włókna papierowe, jak również inne silnie zanieczyszczające substancje chemiczne, które wymagają neutralizacji w celu zminimalizowania oddziaływania środowiskowego.

- Uzdatnianie wody przemysłowej: w ostatniej dekadzie stało się jednym z najważniejszych zagadnień w branżach naftowo-gazowej, rafinacji i petrochemii, celulozowo-papierniczej, mikroelektroniki, przetwórstwa spożywczego, oraz energetyki i górnictwie. W tych gałęziach przemysłu odwrócona osmoza i ultrafiltracja są najważniejszymi technologiami służącymi do usuwania soli prostych, zaś wymiana jonowa i jonizacja elektrodowa są wykorzystywane głównie, gdy konieczne są wyższe poziomy czystości wody, na przykład dla zastosowań w mikroelektronice i farmaceutyce.
- Oczyszczanie ścieków przemysłowych: wszystkie procesy przemysłowe wytwarzają ścieki, które wymagają uzdatnienia przed ponownym wykorzystaniem lub zawróceniem do obiegu wody.

Aby dbać o środowisko oraz chronić ludzi i zasoby naturalne, należy podchodzić odpowiedzialnie do kwestii zrównoważonego rozwoju dla środowiska. W rzeczywistości konieczne są surowe przepisy określające nowe limity zrzutu ścieków, zaś zakłady przemysłowe muszą podjąć skuteczne działania, aby dostosować się do takich nowych warunków i wymagań.

- Uzdatnianie wody pitnej: woda pitna jest produktem jej uprzedniego uzdatnienia. Surowa woda może de facto pochodzić z różnych źródeł: wody powierzchniowe pochodzą z rzek, jezior i zbiorników, których właściwości chemiczne mogą różnić się bardzo znacznie, uwzględniając dużą zawartość minerałów i metali, chlorków i cząstek stałych. Gdy wody morskie i słonawe mogą zawierać różne, specyficzne rodzaje minerałów i soli koniecznych do usunięcia.
- Baseny i uzdrowiska: Produkty Aliaxis, wybierane również do budowy obiektów olimpijskich, oferują wiele możliwości



## Przemysł przetwórstwa chemicznego

Przemysł chemiczny wytwarza szeroką gamę produktów – od podstawowych substancji chemicznych po specjalistyczne, m.in. kleje czy dodatki do masy celulozowej.

Wiodące na rynku produkty Aliaxis z oferty rur z tworzyw sztucznych stanowią doskonałe rozwiązanie dla wielu różnych zastosowań. Czy to przesył agresywnych kwasów, specjalistyczne odwadnianie czy wymagania wobec instalacji potrzeb własnych, nasz system rur może z łatwością rozwiązać niektóre problemy typowe dla tradycyjnych materiałów na rury. Rury wykonane wyłącznie z tworzyw sztucznych oferują wyższą odporność

chemiczną, prostszy montaż, dłuższą żywotność instalacji, zmniejszając koszty pierwszego montażu i konserwacji.

Do procesów przemysłowych, w których stosowane są rozwiązania rurociągów z tworzyw sztucznych, należą najczęściej:

- Instalacje chloroalkaliczne: technologia membranowa elektrolizy jest technologią dominującą. Systemy rurociągów z tworzyw sztucznych stosowane są w instalacjach anodytów, katod, chloru gazowego oraz potrzeb własnych.
- Zakłady nawozowe: rurociągi z tworzyw sztucznych są stosowane na liniach do produkcji nawozów na bazie fosforanu diamonowego i siarki.
- Instalacje bromowe: rurociągi z tworzyw termoplastycznych są stosowane za głównym reaktorem, do przesyłu chemikaliów i ich produktów ubocznych.
- Produkcja i dozowanie szlachetnych substancji chemicznych.





## Obróbka powierzchni

Obróbka powierzchniowa jest jednym z głównych etapów pośrednich w produkcji gotowych wyrobów metalowych; nie stanowi konkretnego sektora, ponieważ jest usługą dla wielu innych gałęzi przemysłu, np. produkcji komputerów i podzespołów do telefonów komórkowych, motoryzacyjnego, lotniczego i wielu innych.

Metale i tworzywa sztuczne poddaje się obróbce w celu zmiany właściwości ich powierzchni pod względem estetycznym i odbijania światła, wraz z poprawą wytrzymałości i odporności na zużycie, zapobieganiu korozji oraz w ramach przygotowania do poprawy przyczepności na kolejnych etapach przetwórstwa np. nanoszenie powłok malarskich lub powłok światłoczułych do zastosowań poligraficznych.

Instalacje rur z tworzyw sztucznych zachowują swoje właściwości, m.in. odporność chemiczną, izolacyjność i elastyczność. Nadają się idealnie do przetwarzania substancji chemicznych używanych do obróbki powierzchni wedle wymagań technologicznych.

W tym sektorze prowadzi się różne procesy, zaś zasadnicze z nich są następujące:

- Powlekanie elektrolityczne: ma na celu osadzenie cienkiej, ale regularnej warstwy wybranego materiału na obrabianym przedmiocie. Nadaje się do powierzchni metalowych jak i plastikowych. Powierzchnia powlekana jest warstwą materiału elektrochemicznie, za pomocą pola elektrycznego, w celu przeniesienia cząsteczek materiału na powierzchnię przewodzącą.
- Galwanizacja: ma na celu zabezpieczenie obrabianej powierzchni przed korozją. Powierzchnia ze stali lub tworzywa sztucznego powlekana jest warstwą materiału w celu długotrwałej ochrony przed korozją i odporności na ścieranie. Najbardziej powszechną metodą galwanizacji jest zanurzenie przedmiotu powlekanego w kąpeli gorącego, stopionego metalu w celu chemicznego osadzenia jego warstwy.
- Linie trawienia: trawienie ma na celu usunięcie zanieczyszczeń z powierzchni, np. plam i tlenków (rdzy). Jest zazwyczaj stosowane w produkcji stali.
- Linie malarskie/lakiernicze:





## Górnictwo i hydrometalurgia

Agresywne środowisko w kopalniach jest problematyczne dla instalacji rurociągów, które od dziesięcioleci służą do transportu płynów w tym sektorze.

W tych zastosowaniach konieczna jest odporność na korozję i opłacalność rozwiązania do przetwarzania dużej ilości cieczy agresywnych i z dużą ilością zawieszin.

Aliaxis oferuje kompleksowe rozwiązania dla następujących zastosowań:

- Górnictwo: zarówno w kopalniach odkrywkowych, jak i podziemnych istnieje ogromne zapotrzebowanie na wodę technologiczną, zaś rurociągi z tworzyw sztucznych stanowią idealny kompromis pomiędzy

charakterystyką użytkową a łatwością montażu.

- Obróbka rudy: proces ten obejmuje różne etapy, np. obiegi rozdrabniania z pierwotnym, wtórnym i trzeciorzędnym kruszeniem, mieleniem i zagęszczaniem. W każdym z tych etapów można zastosować rury z tworzywa sztucznego.
- Hydrometalurgia: występują w niej różne etapy, np. ługowanie, adsorpcja, wymywanie, elektroliza i ekstrakcja rozpuszczalnikowa. W adsorpcji sugeruje się zastosowanie rurociągów dwuściennych.
- Utylizacja odpadów (złotów): chodzi o materiały odpadowe pozostałe po procesie oddzielenia frakcji cennej od nieopłacalnej. Rury z tworzyw sztucznych są rozwiązaniem stosowanym tu od dawna, ze względu na wymagania wobec przesyłu i utylizacji złotów.





## Zastosowania w przemyśle morskim

W ostatnich latach konieczność coraz szybszego i sprawniejszego przemieszczania ludzi i towarów doprowadziła do spójnego rozwoju sektora morskiego.

Rozwiązania z tworzyw sztucznych do przesyłu płynów – w porównaniu z tradycyjnymi urządzeniami z metali – są idealne dla przemysłu stoczniowego, ponieważ tworzywa sztuczne są odporne na korozję i znacznie lżejsze od stali czy mosiądzu, a także szybkie i łatwe w montażu.

Surowe przepisy dotyczące ochrony środowiska nakładają obowiązek kontrolowania emisji gazów spalinowych i ścieków balastowych, co wymaga skutecznych i niezawodnych rozwiązań.

Aliaxis oferuje solidne, wysokiej jakości systemy z tworzyw sztucznych: są one specjalnie

zaprojektowane celem ograniczenia ciężaru i hałasu na pokładach jednostek cywilnych i wojskowych, przydając jednocześnie szeregu korzystnych cech, np. skuteczniejszej ochrony przeciwpożarowej, czy niższego ryzyka namnażania się bakterii Legionella.

Nasze produkty podnoszą komfort i bezpieczeństwo pasażerów i załogi, zapewniają równomierną, stabilną pracę przez cały okres użytkowania, a jednocześnie zawsze dostępna jest lokalna pomoc techniczna, która chętnie doradzi w każdej sprawie.

Główne zastosowania naszych produktów w przemyśle morskim:

- Statki wycieczkowe.
- Promy.
- Bardzo duże jachty.
- Floty handlowe.
- Okręty wojskowe.
- Platformy morskie.
- Statki rybackie.









<b>1 Systemy rur z tworzyw sztucznych: właściwości fizyczne i chemiczne materiałów</b>	<b>20</b>
<b>1.1 Rozwój, klasyfikacja i produkcja tworzyw sztucznych</b>	<b>20</b>
1.1.1 Rozwój tworzyw sztucznych	20
1.1.2 Budowa i charakterystyka	21
1.1.3 Tworzywa termoutwardzalne, termoplastyczne i elastomery	22
1.1.4 Omówienie właściwości tworzyw termoplastycznych	27
1.1.5 Zalety stosowania tworzyw sztucznych w porównaniu z metalami	30
1.1.6 Tworzywa sztuczne a środowisko naturalne	32
1.1.7 Metody produkcji i przetwórstwa	34
1.1.7.1 Polimeryzacja	34
1.1.7.2 Wtryskiwanie i wytłaczanie	35
<b>1.2 Polimery winylowe i styrenowe</b>	<b>39</b>
1.2.1 Nieplastifikowany polichlorek winylu (UPVC)	39
1.2.2 Chlorowany polichlorek winylu (CPVC)	42
1.2.3 Terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy (ABS)	44
<b>1.3 Poliolefiny i polimery fluorowane</b>	<b>47</b>
1.3.1 Polipropylen (PP)	47
1.3.2 Polietylen (PE)	53
1.3.3 Polifluorek winylidenu (PVDF)	57
<b>1.4 Kauczuk</b>	<b>60</b>
1.4.1 Butadien akrylonitrylowy (NBR)	61
1.4.2 Monomer etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM)	62
1.4.3 Fluoroelastomer (FKM)	63
1.4.4 Perfluoroelastomer (FFKM)	64
<b>1.5 Politetrafluoroetylen (PTFE)</b>	<b>66</b>
<b>1.6 Żywiec, mieszanki i dodatki</b>	<b>67</b>
1.6.1 Żywiec	67
1.6.2 Mieszanki	67
1.6.3 Dodatki	67
<b>1.7 Badanie materiału</b>	<b>68</b>
1.7.1 Próba udarności	68
1.7.2 Badanie płynięcia	70
1.7.3 Badanie termiczne	71
<b>1.8 Oznaczenia rur i kształtek</b>	<b>72</b>
1.8.1 Minimalne wymagania oznakowania rur	72
1.8. Minimalne wymagania oznakowania kształtek	73
1.8. Minimalne wymagania oznakowania zaworów	73
<b>1.9 MRS i zachowanie długotrwałe</b>	<b>74</b>
1.9.1 Terminologia związana z zachowaniem długotrwałym	74
1.9.2 Długotrwałe zachowanie UPVC	75
1.9.3 Długotrwałe zachowanie CPVC	77
1.9.4 Długotrwałe zachowanie ABS	79
1.9.5 Długotrwałe zachowanie PP-H, PP-B i PP-R	80
1.9.6 Długotrwałe zachowanie PE	83
1.9.7 Długotrwałe zachowanie PVDF	85
1.9.8 Trwałość użytkowa a obciążenia nieciągłe	76
<b>1.10 Moduł pełzania</b>	<b>87</b>



# 1. Systemy rur z tworzyw sztucznych: właściwości fizyczne i

## 1.1 Rozwój, klasyfikacja i produkcja tworzyw sztucznych

### 1.1.1 Rozwój tworzyw sztucznych

Tworzywa sztuczne rozwinęły się od zastosowań naturalnych materiałów plastycznych (gumy do żucia, szelaku), poprzez naturalne tworzywa modyfikowane chemicznie (kauczuk naturalny, nitroceluloza, kolagen, galalit), po całkowicie syntetyczne związki chemiczne (bakelit, epoksyd, polichlorek winylu). Wczesne tworzywa sztuczne były materiałami pochodzenia biologicznego, np. białkami jajek i krwi, które są polimerami organicznymi. Około 1600 r. p.n.e. mieszkańcy Mezoameryki używali kauczuku naturalnego do produkcji piłek, opasek i figurek.

W XIX wieku, wraz z rozwojem chemii podczas rewolucji przemysłowej, pojawiło się wiele nowych materiałów. Rozwój tworzyw sztucznych przyspieszył również wraz z odkryciem przez Charlesa Goodyeara procesu wulkanizacji tworzyw termoutwardzalnych otrzymywanych z kauczuku naturalnego.

Parkesine (nitroceluloza) jest uważana za pierwsze tworzywo sztuczne stworzone przez człowieka. Tworzywo to zostało opatentowane przez Alexandra Parkesa w Birmingham w 1856 roku. Parkesine otrzymywano z celulozy, głównego składnika ścian komórkowych roślin, poddanej działaniu kwasu azotowego jako rozpuszczalnika.

Produkt końcowy procesu, powszechnie znany jako azotan celulozy lub piroksylin, można było rozpuścić w alkoholu i utwardzić do postaci przezroczystego, elastycznego tworzywa, formowalnego po podgrzaniu.

Na początku 1900 roku belgijski chemik Leo Baekeland wykorzystując fenol i formaldehyd stworzył bakelit, pierwsze w pełni syntetyczne tworzywo termoutwardzalne.

Rozwój na przestrzeni lat oraz mnogość możliwych zastosowań różnych tworzyw sztucznych wyraźnie dowodzą, że materiały te są nieodzowne w naszym życiu codziennym.

## 1.1.2 Budowa i charakterystyka

Łańcuchy makrocząsteczek, powstałe z monomerów w wyniku reakcji chemicznych, tworzą polimery, podstawową strukturę tworzyw sztucznych. Poliaddycja (ciągła lub fazowa) i polimeryzacja kondensacyjna, zwana polikondensacją, są powszechnymi reakcjami łączenia łańcuchów.

Łańcuchy te składają się głównie z węgla i wodoru. Częsteczki organiczne oparte na węglu są jednostkami monomerów. Oprócz atomów węgla i wodoru, w jednostce monomeru mogą występować jako główne składniki takie pierwiastki jak tlen, azot, siarka, fluor lub chlor.

Rodzaje pierwiastków, ich udział i miejsca w cząsteczkach monomerów umożliwiają wytwarzanie różnych tworzyw sztucznych.

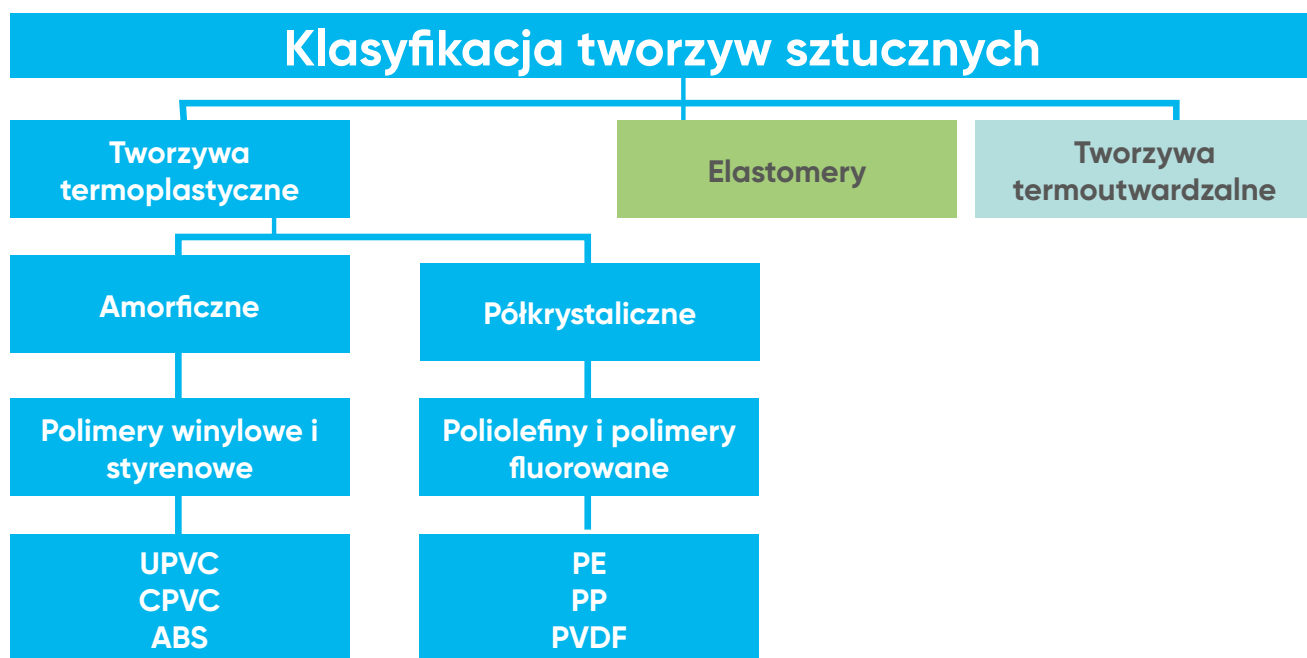
Poszczególne grupy opisuje się na podstawie składu wielkocząsteczkowego i właściwości fizyczne tworzyw sztucznych, zależne od temperatury.

Tworzywa termoplastyczne charakteryzują się dużą lub twardą elastycznością i można je topić w wyniku sprzężenia zwrotnego energii (mechanicznej, cieplnej lub promieniowania).

Elastomery mają podatną elastyczność i nie trzeba ich topić.

W spektrum zastosowań tworzyw sztucznych, te termoutwardzalne są twardo elastyczne i nie mogą być topione.

Poniższy rysunek przedstawia szczegółową klasyfikację tworzyw sztucznych.



### Monomer a polimer

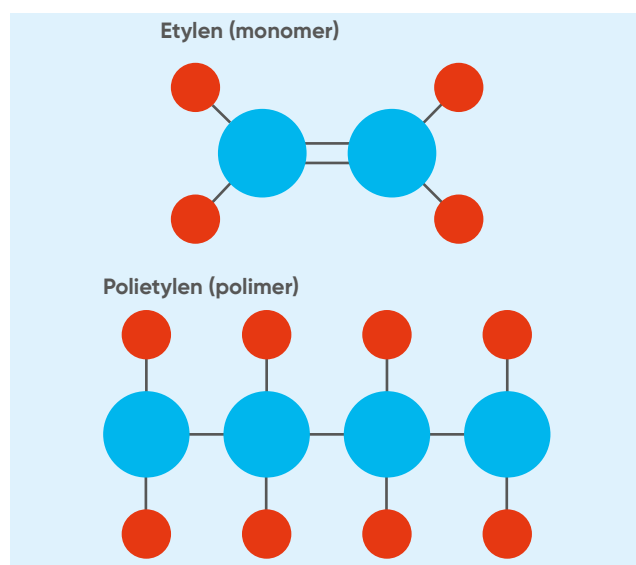
Tworzywo sztuczne jest polimerem, co oznacza, że jest niczym innym jak długim łańcuchem mniejszych jednostek połączonych ze sobą.

Dobrym przykładem polimeru jest polietylen.

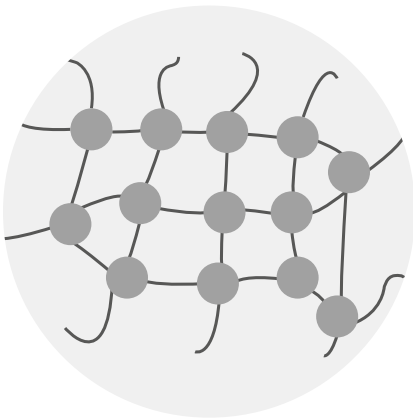
Etylen (etan) jest monomerem – gdy wiele z nich zostanie połączonych w łańcuch w wyniku reakcji chemicznej, która rozbija podwójne wiązanie, powstaje polimer.

Monomery otrzymuje się w procesie rafinacji ropy naftowej.

Zazwyczaj występują one naturalnie w ropie naftowej lub mogą być łatwo wytwarzane w prostych procesach chemicznych. Ważne jest, aby monomery były czyste, ponieważ zanieczyszczenia uniemożliwiają ich polimeryzację w łańcuchy, a także mogą prowadzić do osłabienia lub kruchości otrzymanego tworzywa.



### 1.1.3 Tworzywa termoutwardzalne, termoplastyczne i elastomery



#### elastomery

#### Tworzywa termoutwardzalne

Tworzywo sztuczne, które po utwardzeniu pod wpływem ciepła z zewnątrz lub metodą chemiczną zmienia się w produkt zasadniczo słabo topliwy i nienadający się do powtórnego wykorzystania. Tworzywa termoutwardzalne są żywicami plastycznymi o wąskich, usieciowanych łańcuchach molekularnych.

Przykładem ilustrującym zachowanie się termoutwardzalnych tworzyw

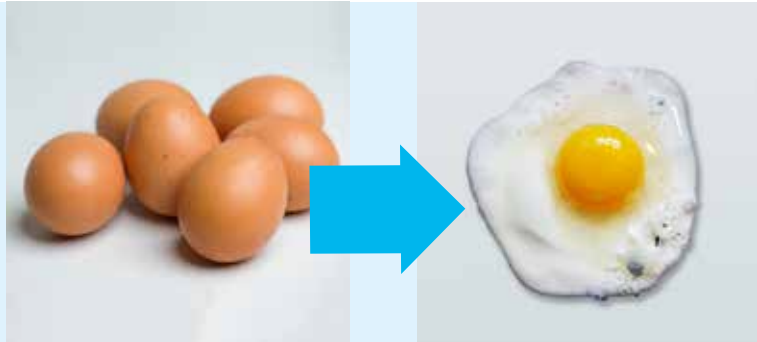
Liquids



Mix/Heat



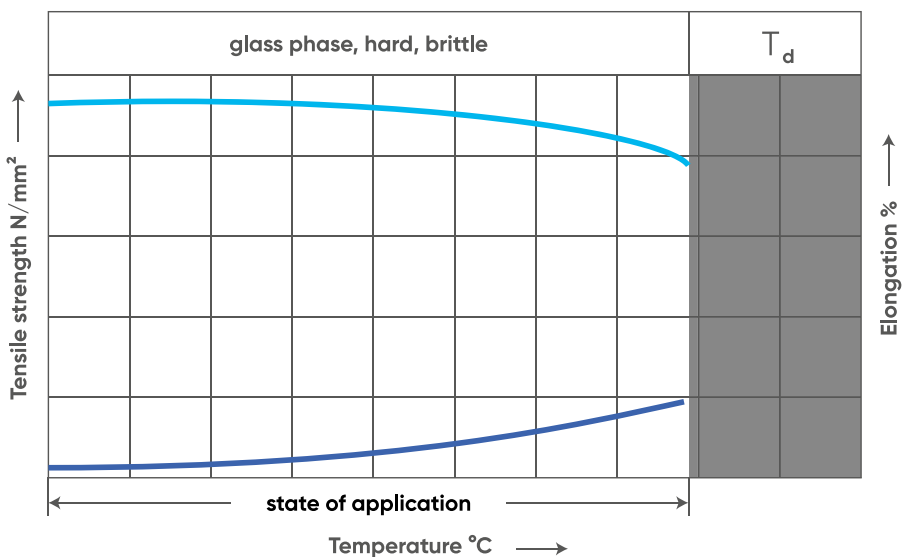
Solid

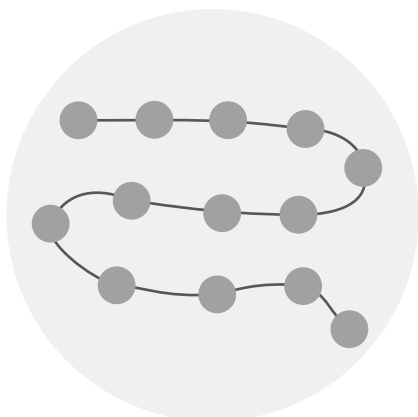


#### Właściwości mechaniczne termoutwardzalnych tworzyw sztucznych

Termoutwardzalne tworzywa sztuczne są twarde i kruche. Podobnie jak w przypadku tworzyw termoplastycznych lub elastomerów, wytrzymałość mechaniczna i elastyczność nie zależą od temperatury – dzięki wysokiej odporności na przesunięcia cząsteczek wywołane sieciowaniem. Termoutwardzalne tworzywa sztuczne nie mogą być topione i łączone za pomocą procesów cieplnych, takich jak spawanie.

Substancja uległaby rozkładowi chemicznemu po osiągnięciu temperatury rozkładu ( $T_d$ ).

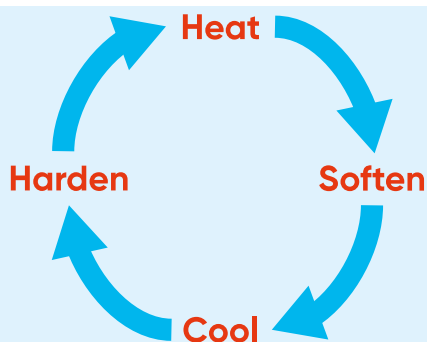




## Tworzywa termoplastyczne

Tworzywo sztuczne, które może być wielokrotnie zmiękczone przez ogrzewanie i utwardzone przez chłodzenie w zakresie charakterystycznych dla niego temperatur, i które w stanie zmiękczone może być kształtowane przez płynięcie w wyrobę techniką formowania lub wytłaczania. Są to żywice plastyczne, które składają się z liniowych łańcuchów molekularnych.

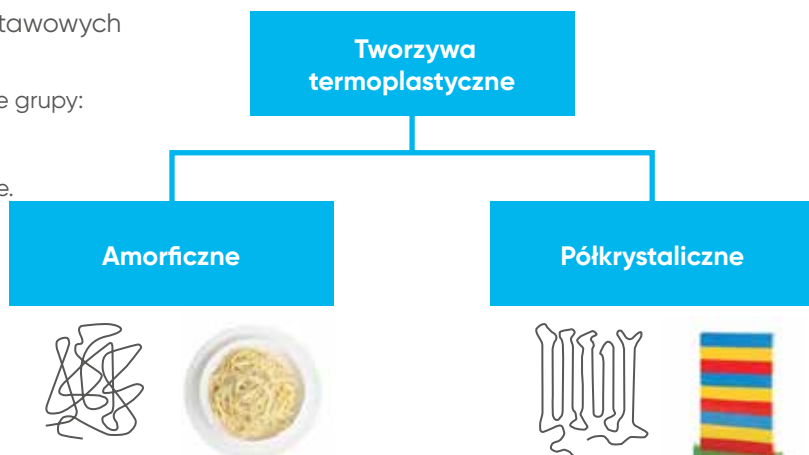
Przykładem wyjaśnienia zachowania się materiału termoplastycznego jest porównanie go z wodą. Polymer taki można wielokrotnie



podgrzewać i chłodzić bez zmiany podstawowych właściwości materiału.

Tworzywa termoplastyczne dzielą się na dwie grupy:

- Amorficzne tworzywa termoplastyczne,
- Półkryształiczne tworzywa termoplastyczne.



### Amorficzne tworzywa termoplastyczne

Polimery te mają losowo uporządkowaną strukturę cząsteczkową, bez wyraźnie określonej temperatury topnienia. Wynikiem tego materiały amorficzne miękkną stopniowo wraz ze wzrostem temperatury. Tworzywa te łatwo rozpuszczają się i pęcznieją po dodaniu rozpuszczalników. W związku z tym, w instalacjach rurowych są one łączone za pomocą kleju rozpuszczalnikowego.

Popularne materiały amorficzne to zazwyczaj przezroczyste tworzywa sztuczne.

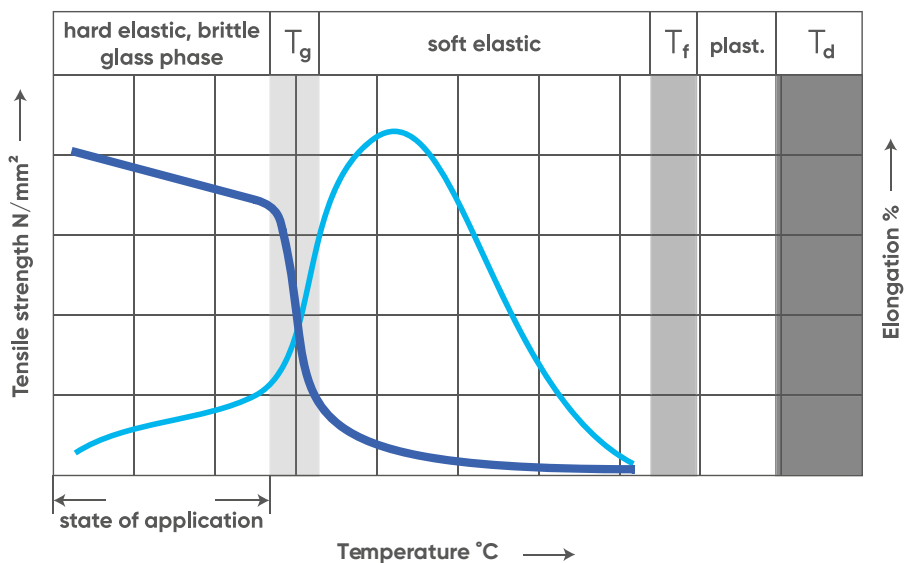
Przemysłowe przykłady materiałów amorficznych:

- Polichlorek winylu, nieplastifikowany (UPVC),
- Chlorek poliwinylu, chlorowany (CPVC),
- Terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy (ABS).

### Właściwości mechaniczne amorficznych tworzyw termoplastycznych

Właściwości mechaniczne tworzyw sztucznych, zwłaszcza termoplastycznych, zależą od temperatury. Tak zwany stan szklistości (amorficzny) poniżej temperatury zeszklenia ( $T_g$ ) jest stanem temperaturowym dla zastosowania amorficznych żywic termoplastycznych. W skończonym kształcie struktura cząsteczkowa jest okrępla, zaś właściwości mechaniczne są tylko wszechstronne i kruche.

Po przekroczeniu temperatury zeszklenia, odporność mechaniczna zmniejsza się na skutek zwiększonej ruchliwości cząsteczek, zaś żywica staje się miękko elastyczna. Żywica może przejść do fazy ciekłej po osiągnięciu temperatury płynięcia ( $T_f$ ). Rozkład struktury cząsteczkowej rozpoczyna się po osiągnięciu temperatury rozkładu ( $T_d$ ) w fazie stopionej.



### Półkryształiczne tworzywa termoplastyczne

W przeciwieństwie do amorficznych tworzyw termoplastycznych, tworzywa półkryształiczne mają wysoce uporządkowaną strukturę cząsteczkową z wyraźnymi temperaturami topnienia. O ile tworzywa amorficzne miękkną stopniowo wraz ze wzrostem temperatury, tworzywa półkryształiczne nie zachowują się tak. Pozostają one w stanie stałym do momentu, w którym wchłoną określoną ilość ciepła. Następnie materiał szybko przechodzi w ciecz o niskiej lepkości. Temperatura topnienia jest generalnie wyższa niż jej górny zakres w przypadku amorficznych tworzyw termoplastycznych.

Popularne tworzywa półkryształiczne są zazwyczaj nieprzejrzyste.

Przemysłowe przykłady materiałów półkryształicznych:

- Polietylen (PE),
- Polipropylen (PP),
- Polifluorek winylidenu (PVDF).



### Właściwości mechaniczne półkrystalicznych tworzyw termoplastycznych

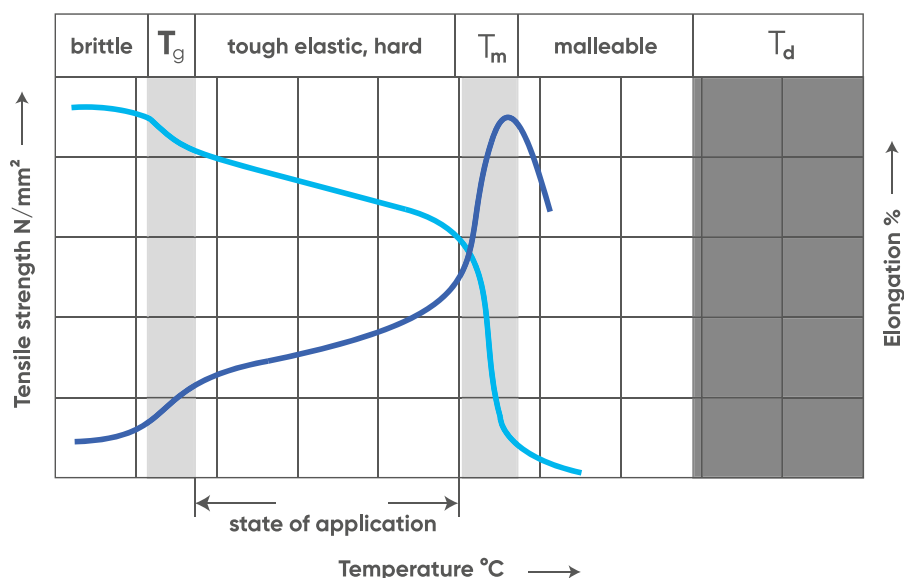
Stopień krystalizacji półkrystalicznych tworzyw termoplastycznych zależy od regularności konfiguracji łańcucha, masy cząsteczkowej i ruchliwości łańcuchów cząsteczek, która może być ograniczona poprzez tworzenie się pętli.

Proces krystalizacji może być kontrolowany warunkami technologicznymi. Szybkie chłodzenie stopionego tworzywa ogranicza krystalizację. Zwiększony stopień krystalizacji można uzyskać poprzez powolne schładzanie lub odpuszczanie w temperaturze krystalizacji. Półkrystaliczne tworzywa termoplastyczne o niskim stopniu krystalizacji i małych fazach krystalicznych są bardziej optycznie przejrzyste niż produkty o wysokim stopniu krystalizacji i dużych fazach krystalicznych.

Postać amorficzna półkrystalicznych tworzyw termoplastycznych krzepnie poniżej temperatury zeszklenia ( $T_g$ ) i substancja staje się krucha. Faza amorficzna ulega stopieniu, zaś makrocząsteczki fazy amorficznej osiągają większą stabilność powyżej temperatury zeszklenia. Występuje również stan krystaliczny, a charakter mechaniczny materiału sięga od silnie do twardo sprężystego.

Faza krystaliczna ma również tendencję do topnienia powyżej temperatury topnienia kryształu ( $T_m$ ) i substancja staje się plastyczna. Podobnie jak w przypadku amorficznych tworzyw termoplastycznych, wskaźnik płynięcia (MFI) określa zdolność płynięcia półkrystalicznych tworzyw termoplastycznych w fazie stopionej.

Analogicznie do amorficznych tworzyw termoplastycznych, poprzez podniesienie temperatury rozkładu ( $T_d$ ), degradacja półkrystalicznych tworzyw termoplastycznych może rozpocząć się w fazie stopionej.



### Charakter zniszczenia

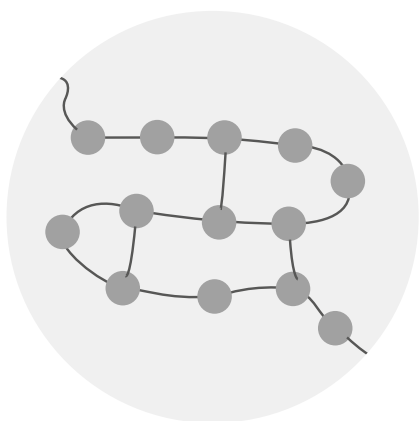
Materiały plastyczne mogą ulegać dwóm typom zniszczenia: zniszczeniu ciągliwemu lub kruchościowemu.

- Zniszczenie ciągliwe charakteryzuje się dużymi odkształceniami ścianek rur, z występowaniem typowych odkształceń pęcherzykowych wokół strefy zniszczenia. Proces ten jest zależny od zjawisk pełzania i plastyczności, które występują w ściance rury: im większa gęstość, tym mniejszy udział zjawisk pełzania i tym większa wytrzymałość na rozciąganie. Zniszczenie ciągliwe jest typowe dla materiałów poliolefinowych.
- Zniszczenie kruchościowe wywołuje pęknięcia w kierunku osiowym i nie prowadzi do odkształcenia plastycznego ścianki rury. Na poziomie cząsteczkowym, pęknięcia te są wynikiem rozplątania się cząsteczek spajających lamelle krystaliczne ze sobą. Innym elementem wpływającym na odporność na takie zniszczenie jest obecność krótkich bocznych rozgałęzień, które zwiększając oddziaływania fizyczne pomiędzy cząsteczkami, hamują proces rozplątania. Zniszczenie kruchościowe jest typowe dla materiałów poliwinylowych.

Zdjęcia ilustrują tryby zniszczenia ciągliwego i kruchościowego.

Zdjęcie po lewej stronie przedstawia zniszczenie ciągliwe, natomiast zdjęcie po prawej – zniszczenie kruchościowe.





## Elastomery

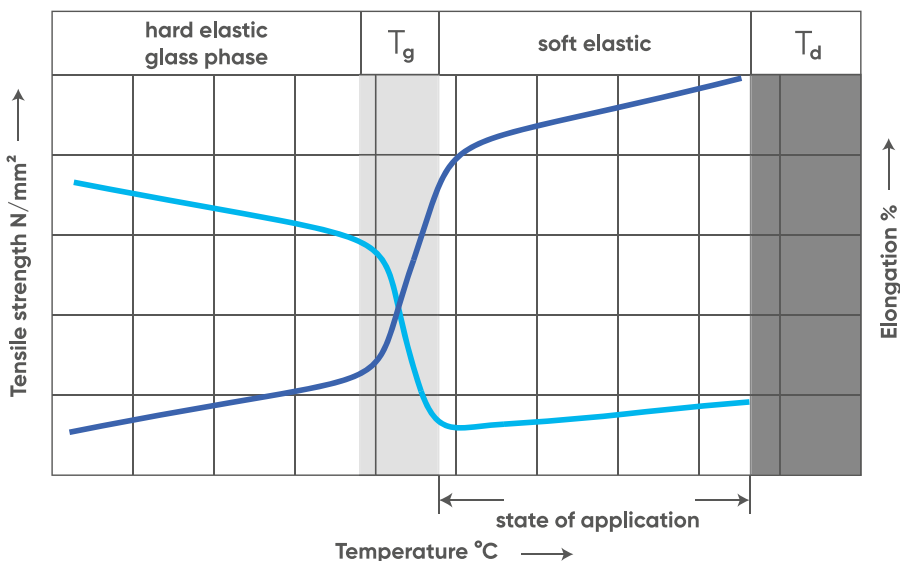
Elastomer jest polimerem lepkosprężystym i w porównaniu z innymi materiałami ma bardzo słabe siły międzycząsteczkowe, zasadniczo małą wartość modułu Younga i wysokie odkształcenie przy zniszczeniu. Elastomery to tworzywa sztuczne, w których cząsteczki są połączone poprzecznie na kształt dużej sieci.

Są to polimery amorficzne, utrzymujące się powyżej temperatury zeszklenia, dzięki czemu możliwa jest znaczna rekonfiguracja cząsteczkowa bez zrywania wiązań kowalencyjnych. W temperaturze otoczenia, polimery takie są więc stosunkowo elastyczne ( $E = \text{ok. } 3 \text{ MPa}$ ) i odkształcalne. Ich główne zastosowania to uszczelki, kleje i elastyczne części formowane. Obszary zastosowania różnych rodzajów elastomerów są bardzo mnogie – od opon i podeszew

## Właściwości mechaniczne elastomerów

Elastomery nie dają się topić bez degradacji składu molekularnego. Elastomery to tworzywa miękko elastyczne w temperaturze powyżej temperatury zeszklenia ( $T_g$ ). Poniżej temperatury  $T_g$  są one silnie elastyczne lub kruche. Wartość temperatury zeszklenia wzrasta wraz ze wzrostem liczby wiązań poprzecznych.

Wzrost temperatury daje poprawę elastyczności spowodowaną zmniejszeniem oddziaływania usztywniającego wiązań krzyżowych i zwiększeniem stabilności łańcuchów cząsteczkowych. Wiązania atomowe wewnątrz i pomiędzy łańcuchami molekularnymi zanikają po przekroczeniu temperatury rozkładu ( $T_d$ ) i substancja ulega rozkładowi chemicznemu.



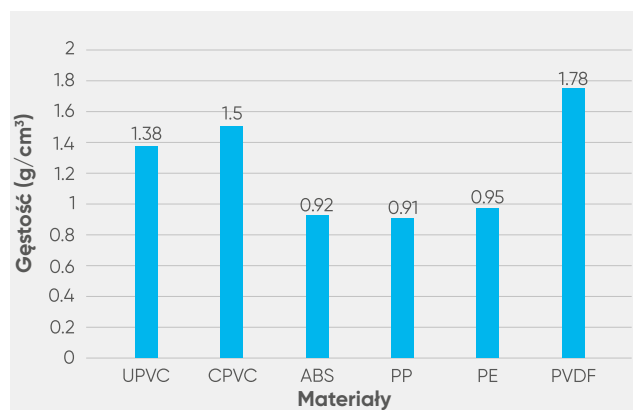
## 1.1.4 Omówienie właściwości tworzyw termoplastycznych

Właściwości materiału odgrywają istotną rolę, jeśli chodzi o konkretne zastosowanie. Tworzywo termoplastyczne ma szeroki zakres właściwości. Tworzywa termoplastyczne mogą być ponownie formowane i poddawane recyklingowi bez negatywnego wpływu na właściwości fizyczne materiału. Tworzywo takie mięknie po podgrzaniu i staje się bardziej płynne, im bardziej rośnie ilość ciepła wprowadzanego. Proces utwardzania jest całkowicie odwracalny, ponieważ nie dochodzi do wiązania chemicznego. Poniżej przedstawiono kilka przykładów, które dają ogólny obraz właściwości materiałowych różnych tworzyw termoplastycznych.

### Gęstość

Gęstość jest zasadniczo miarą tego, jak ciasno materia jest upakowana w danej przestrzeni. Gęstość materiału można obliczyć dzieląc jego masę całkowitą przez jego objętość całkowitą i zwykle wyraża się ją w  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

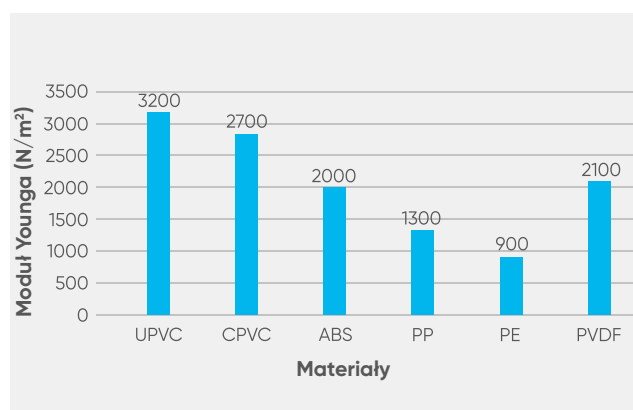
Wykres po prawej stronie przedstawia gęstość różnych tworzyw termoplastycznych.



### Moduł Younga

„Moduł Younga” lub „moduł sprężystości” jest właściwością mechaniczną i miarą sztywności materiału w postaci stałej przy rozciąganiu. Określa ona zależność pomiędzy naprężeniem rozciągającym i odkształceniem osiowym w granicach liniowej sprężystości materiału. Jednostką miary jest  $\text{N}/\text{mm}^2$  lub MPa.

Wykres po prawej stronie przedstawia wartości modułu Younga dla różnych tworzyw termoplastycznych.

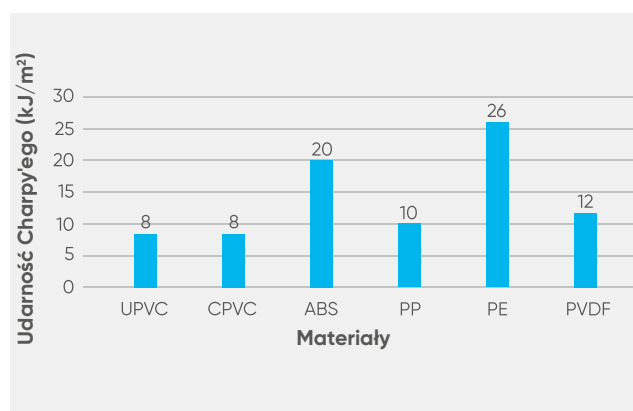


### Udarność Charpy'ego

Udarność Charpy'ego jest miarą standardowej metody ASTM służącej do wyznaczania odporności materiałów na uderzenia.

Aparatura pomiarowa składa się z obciążonego wahadła, które jest upuszczane z określonej wysokości aby uderzyło w próbkę. Mierząc różnicę w wysokości wahadła przed i po pęknięciu próbki, można obliczyć energię przekazaną do substancji z której próbka jest wykonana. Jednostką miary jest  $\text{kJ}/\text{m}^2$ .

Wykres po prawej stronie przedstawia wartości udarności

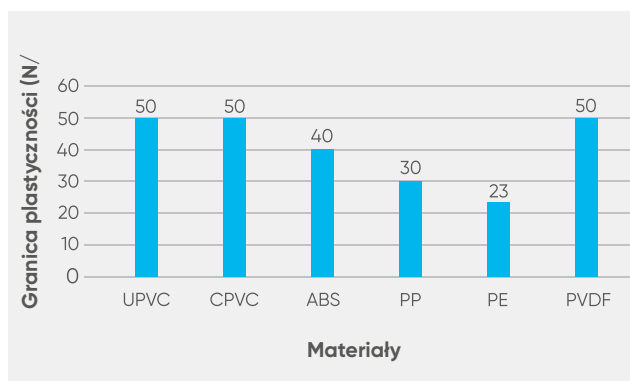


### Granica plastyczności

Podobnie jak udarność Charpy'ego, udarność na rozciąganie, często określana jako „granica plastyczności”, również służy do wyznaczania energii uderu dla materiału.

Granica plastyczności to zdolność materiału do zniesienia pęknięcia po poddaniu go działaniu nagłej siły. Jednostką miary jest N/mm<sup>2</sup>.

Wykres po prawej stronie przedstawia wartości udarności na rozciąganie różnych tworzyw termoplastycznych.

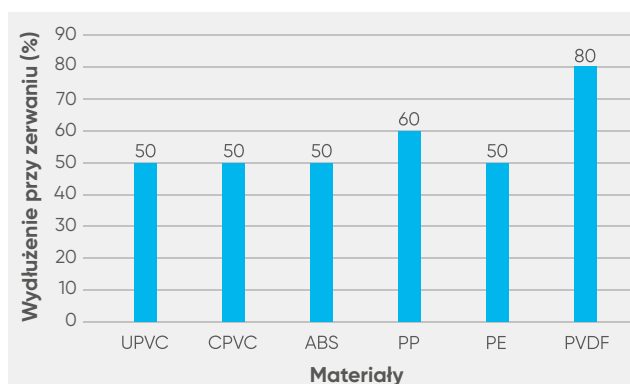


### Wydłużenie przy zerwaniu

Wydłużenie przy zerwaniu materiału technicznego to procentowy przyrost długości, który następuje przed zerwaniem pod wpływem rozciągania. Wartości rzędu kilkuset procent dla wydłużenia przy zerwaniu są typowe dla elastomerów i poliolefin do produkcji folii/opakowań. Tworzywa sztywne, szczególnie te wzmocnione włóknami, często wykazują wartości poniżej 5%.

Połączenie wysokiej wytrzymałości na rozciąganie i dużego wydłużenia daje materiały o wysokiej ciągliwości.

Wykres po prawej stronie przedstawia wartości wydłużenia przy zerwaniu dla różnych tworzyw termoplastycznych.



### Twardość Shore'a D

Twardość Shore'a D to miara znormalizowanego badania polegającego na pomiarze głębokości penetracji (zagłębienia) określonego wgłębnika w materiale badanym.

Metody badawcze służące do pomiaru twardości Shore'a D są zgodne z normami ASTM D2240 i ISO 868.

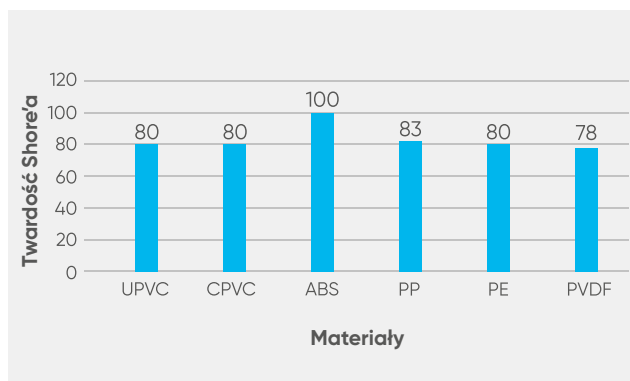
Wartość twardości jest wyznaczana na podstawie zagłębienia czoła wgłębnika twardościomierza w próbce.

Twardość Shore'a to wielkość bezwymiarowa, której wartości mieszczą się w przedziale od 0 do 100. Im wyższa liczba, tym twardszy materiał.

Poniższe czynniki wpływają na głębokość wgłębienia:

- Twardość materiału.
- Jego lepkość.
- Kształt wgłębnika.
- Czas trwania badania.

Wykres po prawej stronie przedstawia wartości twardości Shore'a D dla różnych tworzyw termoplastycznych.

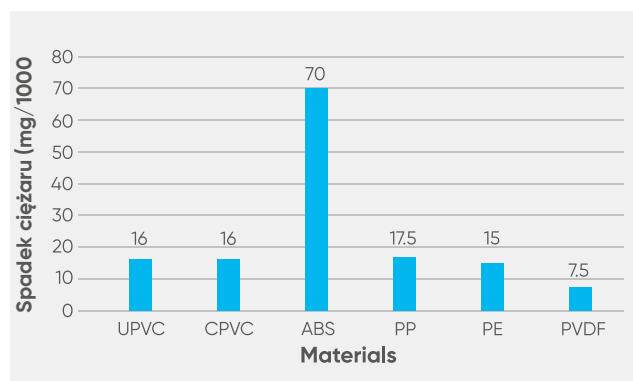


### Odporność na ścieranie

Odporność na ścieranie to właściwość, dzięki której materiał jest odporny na zużycie. Odporność materiału na ścieranie pomaga mu znieść pracę mechaniczną i chroni przed ubytkiem jego powierzchni. Dzięki temu materiał zachowuje swoją spójność i kształt.

Odporność na ścieranie jest zwykle mierzona całkowitą ilością ubytku masy (mg/cykl).

Wykres po prawej stronie przedstawia właściwości odporności na ścieranie różnych tworzyw termoplastycznych.



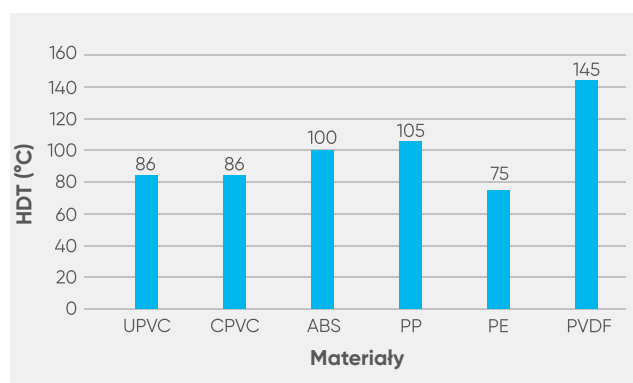
### Temperatura ugięcia cieplnego (HDT)

Temperatura ugięcia cieplnego lub temperatura ugięcia pod obciążeniem (HDT) to temperatura, w której próbka polimeru lub tworzywa sztucznego ulega odkształceniu pod określonym obciążeniem.

Temperaturę odkształcenia cieplnego wyznacza się zgodnie z następującą procedurą badawczą opisaną w normie ASTM D648.

Próbka jest obciążana na zginanie w kierunku krawędziowym, w trzech punktach. Naprężenie włókien zewnętrznych stosowane w próbce wynosi 0,455 MPa lub 1,82 MPa, a temperatura wzrasta z prędkością 2°C/min do momentu ugięcia próbki o 0,25 mm. Jest to procedura badawcza podobna do podanej w normie ISO 75.

Wykres po prawej stronie przedstawia wartości temperatury ugięcia cieplnego (HDT) dla różnych tworzyw termoplastycznych.

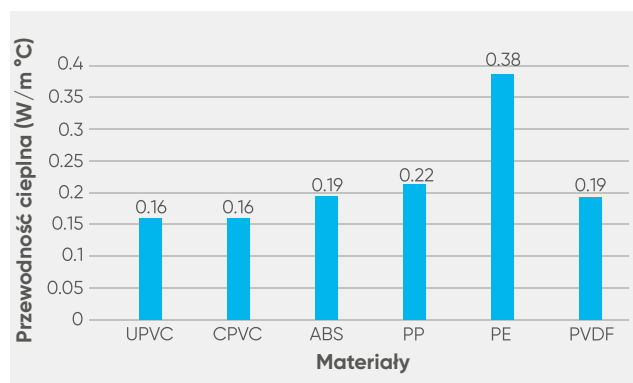


### Przewodność cieplna

Przewodność cieplna materiału jest miarą jego zdolności do przewodzenia ciepła.

Jednostką miary jest W/(m\*K) lub W/(m\*°C).

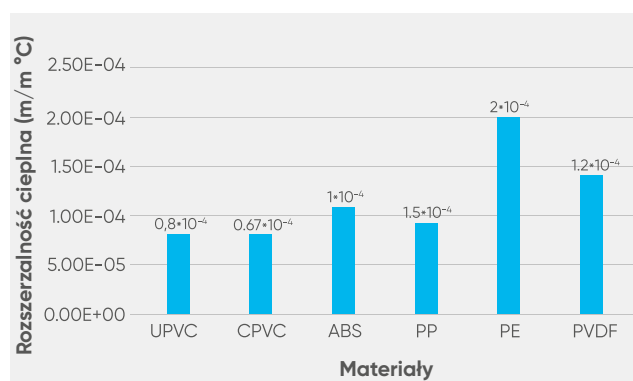
Wykres po prawej stronie przedstawia wartości przewodności cieplnej różnych tworzyw termoplastycznych.



### Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej

Rozszerzalność cieplna to zjawisko polegające na rozszerzaniu się przedmiotu lub ciała w reakcji na jego ogrzanie. Rozszerzalność cieplna jest najbardziej widoczna w gazach i cieczach, ale może mieć znaczący wpływ na ciała stałe. Jednostką miary jest m/(m\*°C).

Wykres po prawej stronie przedstawia wartości współczynnika liniowej rozszerzalności cieplnej różnych



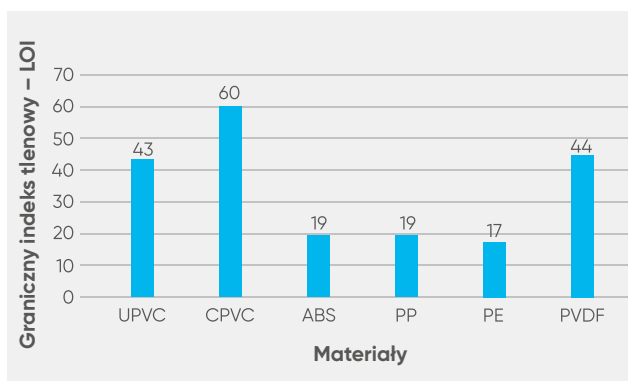
### Charakterystyka spalania

Zachowanie każdego materiału podczas jego spalania można wyznaczyć na podstawie jego indeksu tlenowego.

Tworzywa termoplastyczne mają dobre właściwości spalania ze względu na wysoką temperaturę zapłonu, temperaturę samozapłonu, lub graniczny indeks tlenowy (LOI).

Graniczny indeks tlenowy (LOI) to minimalne stężenie tlenu, wyrażone w procentach, które wspomaga spalanie polimeru. Materiały o LOI poniżej 21% klasyfikuje się jako palne, natomiast te o LOI powyżej 21% nazywa się samogasnącymi, ponieważ ich spalanie nie może być podtrzymywane w temperaturze otoczenia bez wprowadzenia energii zewnętrznej. Materiały o wysokim LOI wykazują ogólnie lepsze właściwości ognioodporne.

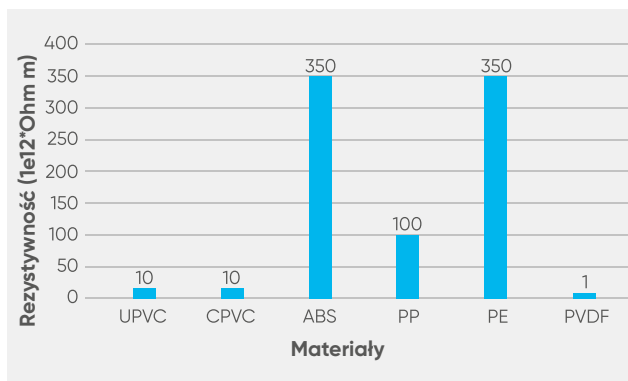
Wykres po prawej stronie przedstawia charakterystykę spalania różnych tworzyw termoplastycznych.



### Rezystywność elektryczna

Tworzywa termoplastyczne ze względu na swoje doskonałe właściwości elektryczne dobrze nadają się na izolacje przewodów i innych wyrobów elektrycznych. Rezystywność elektryczna materiału mierzona jest w  $\Omega \cdot \mu$ .

Wykres po prawej stronie przedstawia właściwości rezystywności elektrycznej różnych tworzyw termoplastycznych.



## 1.1.5 Zalety stosowania tworzyw sztucznych w porównaniu z metalami

Dziedzina żywic plastycznych jest bardzo rozwinięta. Kluczowymi zaletami stosowania tworzyw sztucznych w porównaniu z metalami są takie właściwości jak mały ciężar, trwałość, przewodność cieplna i szybsze przetwarzanie.

Tworzywa te posiadają doskonałe właściwości chemiczne i mechaniczne, dzięki czemu nadają się najlepiej w zastosowaniach w segmentach przemysłu.

Wraz z pojawieniem się nowych polimerów, tworzywa sztuczne w wielu gałęziach przemysłu, m.in. motoryzacji, medycynie, hodowli zwierząt, lotnictwie czy hotelarstwie, szybko zastępują swoje odpowiedniki z metalu.

Poniżej przedstawiamy siedem największych zalet tworzyw sztucznych w porównaniu z metalami – w różnych zastosowaniach przemysłowych:

### Elastyczność projektowania

Tworzywa sztuczne są wykonane z różnych żywic – każda z nich ma szczególne właściwości, lecz ogólnie rzecz biorąc, wszystkie polimery plastyczne mają większą elastyczność niż metale. Dla branż, które wymagają tworzenia bardziej różnorodnych konstrukcji, faktur i geometrii, lepszym wyborem są tworzywa sztuczne.

Łatwość formowania przy zachowaniu trwałości zbliżonej do metali jest kluczową zaletą tworzyw sztucznych w porównaniu z metalami.

W przypadku części przemysłowych, które wymagają skomplikowanych kształtów, estetycznego wyglądu lub niewielkiej wagi, zamiast metali wybiera się tworzywa sztuczne.

Nowoczesne techniki, np. formowanie wtryskowe tworzyw sztucznych, umożliwiają tworzenie konstrukcji i części, które są bardzo złożone pod względem geometrii, oferując jednocześnie charakterystykę użytkową równoważną metalom.

### Oplacalność ekonomiczna

Żywica plastyczna oferuje wiele zalet w porównaniu z metalami. Rozpatrując długofalowe korzyści, tworzywa sztuczne są bardziej opłacalne w porównaniu do ich odpowiedników metalowych, ponieważ są odporne na korozję i mniej podatne na szkodliwe działanie chemiczne.

Współczesne tworzywa sztuczne są bardzo trwałe, co zmniejsza prawdopodobieństwo ich zniszczenia podczas transportu lub użytkowania, a tym samym zwiększa opłacalność.

### Mała masa

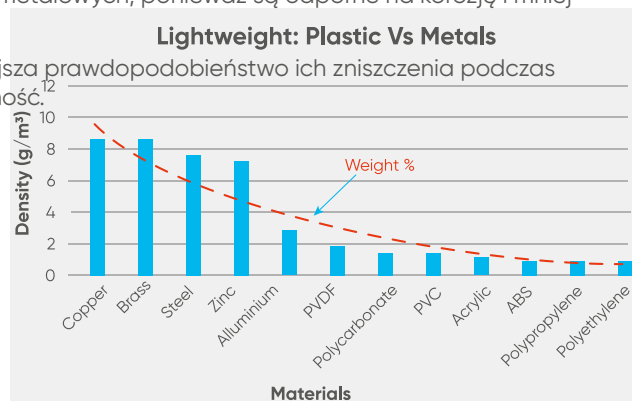
Zmniejszenie masy części jest jednym z największych problemów dla różnych gałęzi przemysłu, np. w motoryzacji, lotnictwie, czy medycynie. Gęstość właściwa powszechnie stosowanych metali jest następująca:

- Aluminium: 2,5-2,8 (g/cm<sup>3</sup>).
- Mosiądz: 8,4-8,7 (g/cm<sup>3</sup>).
- Stal: 7,7 (g/cm<sup>3</sup>).
- Cynk: 6,9-7,2 (g/cm<sup>3</sup>).
- Miedź: 8,8 (g/cm<sup>3</sup>).

Dla porównania, żywice plastyczne mają znacznie mniejszą gęstość właściwą, co sprawia, że są lekkie:

- Poliwęglan: 1,2-1,4 (g/cm<sup>3</sup>).
- Polietylen: 0,92-0,95 (g/cm<sup>3</sup>).
- Polipropylen: 0,90-1,04 (g/cm<sup>3</sup>).
- ABS: 1,04-1,12 (g/cm<sup>3</sup>).

**Niższy ciężar tworzywa sztucznego w stosunku do metali wpływa na opłacalność: Rury z tworzyw sztucznych jest łatwiej przewozić, a tym samym są łatwiejsze i tańsze w montażu.**



### Zdatność recyklingu

Recykling tworzyw sztucznych staje się coraz bardziej popularny wraz z postępem technologicznym. Niemal wszystkie tworzywa termoplastyczne nadają się do ponownego użytku. Zużyte tworzywa sztuczne można przetapiać i wykorzystywać wielokrotnie, co czyni je bardziej opłacalnym rozwiązaniem dla przedsiębiorstw przemysłowych. Całkowity udział tworzyw sztucznych poddawanych recyklingowi różni się między poszczególnymi regionami świata, przy czym Unia Europejska plasuje się na trzecim miejscu.

### Żywotność

Wysoka trwałość tworzyw sztucznych dzięki odporności na korozję, szkodliwe oddziaływania chemiczne, fizyczne, pogodowe i środowiskowe jest jedną z ich głównych zalet w porównaniu z metalami: w rzeczywistości metale są bardzo podatne na korozję, szkodliwe oddziaływania chemiczne i pogodowe, co skraca ich ogólną żywotność.

### Bezpieczeństwo

Produkcja części metalowych odbywa się w wyższej temperaturze niż plastikowych: temperatura topnienia metalu jest zawsze wyższa niż tworzyw sztucznych. Dlatego też produkcja metali wymaga większej ostrożności niż produkcja tworzyw sztucznych, pod względem pracy w wyższej temperaturze.

### Szybsze wytwarzanie

Proces produkcji tworzyw sztucznych ma cykl krótszy w porównaniu z produkcją metali.

Podczas pracy z tworzywami sztuczными konstruktorzy mogą łączyć wiele części wyrobu w jednej formie, co skraca cykl całej produkcyjny i podnosi opłacalność.



## 1.1.6 Tworzywa sztuczne a środowisko naturalne

Analiza cyklu życia produktu (LCA) w firmie Aliaxis gwarantuje, że dbamy o środowisko naturalne.

Ponieważ coraz więcej rządów i odbiorców chciałoby znać w pełni zrównoważone cechy produktów, które nabywają, a także dlatego, że chcemy analizować, w jaki sposób możemy jeszcze ulepszyć nasze produkty, stworzyliśmy pakiet LCA z myślą o korzyściach wszystkich naszych przedsiębiorstw. Zamierzamy przekazywać decydentom i architektom pakiety informacyjne na temat wszystkich naszych produktów, co pozwoli im dokonywać wyborów sprzyjających zrównoważonej przyszłości.

Analizy LCA te potwierdzają, że nasze systemy rur z tworzyw sztucznych są bardziej przyjazne dla środowiska i stanowią lepszą alternatywę dla rur wykonanych z innych materiałów.

Aliaxis prowadzi ponadto projekty pilotażowe w Europie i Australii, we współpracy z wyspecjalizowanymi firmami i klientami, mające na celu zbiórkę odpadów, ich recykling i ponowne wykorzystanie w produkcji odpowiadającej modelowi recyklingu w pętli zamkniętej. W ten sposób wyprzedzamy rosnące oczekiwania klientów i społeczeństwa wobec ekologicznych właściwości oferowanych przez nas produktów.

### Oszczędność energii

Oprócz dobrze znanych korzyści technologicznych, czyli odporności na korozję, ważne są również ekologiczne zalety tworzyw sztucznych. Ze względu na swoją małą wagę i właściwości izolacyjne, tworzywa sztuczne nadają się do energooszczędnych zastosowań – m.in. w samochodach, opakowaniach, izolacjach i czy instalacjach rurowych.

Plastics Europe w jednym z badań wyznaczyła ilościowo, jak zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych wpływają na produkty z tworzyw sztucznych poprzez zastąpienie ich innymi materiałami.



## Wyniki

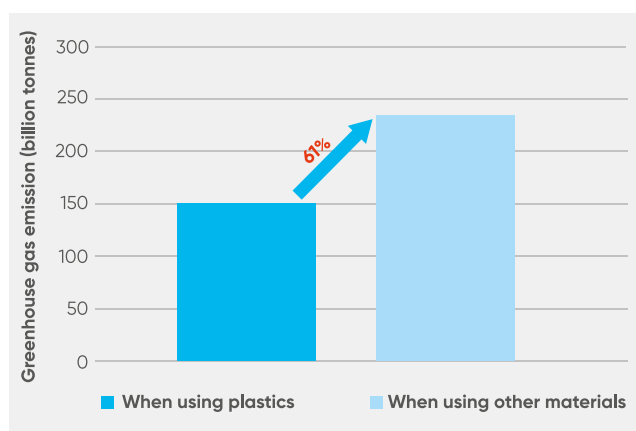
### Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych podczas produkcji

Produkty z tworzyw sztucznych wymagają zazwyczaj mniej energii do produkcji niż materiały alternatywne, zwłaszcza w takich zastosowaniach jak transport, budownictwo, opakowania i urządzenia elektroniczne. Gdyby zastąpić tworzywa sztuczne materiałami alternatywnymi, zużycie energii w całym cyklu ich życia wzrosłoby o około 57%, zaś emisja gazów cieplarnianych o 61%.

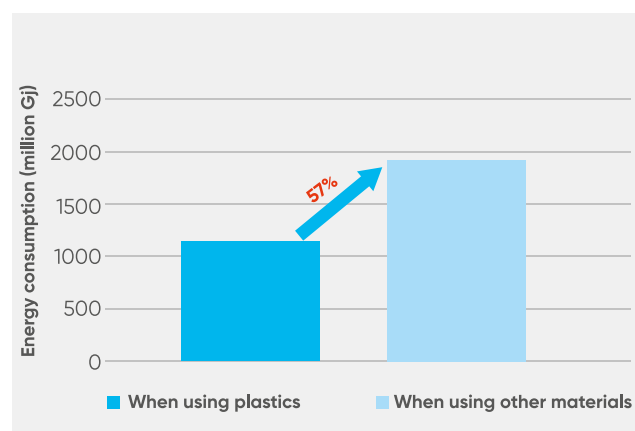
Poniższe wykresy mogą posłużyć jako wzór wielkości wzrostu emisji gazów cieplarnianych i zużycia energii przy zastosowaniu innych materiałów w porównaniu z tworzywami sztucznymi.

**Uwaga:** Wartości średniej emisji gazów cieplarnianych (150 mld ton) i zużycia energii (1200 mln GJ) przy stosowaniu tworzyw sztucznych są przybliżone i mają wyłącznie zademonstrować, jak na stosowanie innych materiałów wpływa na ich wzrost.

### Emisja gazów cieplarnianych



### Zużycie energii



### Tworzywa sztuczne oszczędzają energię w transporcie

Najbardziej energooszczędne samochody nie mogłyby istnieć obecnie i nie będą istnieć w przyszłości bez materiałów z tworzyw sztucznych. Zgodnie z celem, jakim jest ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> w transporcie o 60% do 2050 roku, tworzywa sztuczne nie tylko przyczyniają się do zmniejszenia całkowitej masy pojazdu – co przekłada się na niższe zużycie paliwa – ale są dla przemysłu motoryzacyjnego materiałami o wysokich parametrach użytkowych, odgrywając istotną rolę w opracowywaniu rozwiązań niskoemisyjnych, np. samochodów hybrydowych, elektrycznych i wodorowych. Nowoczesny samochód średniej klasy składa się nawet w 15% z tworzyw sztucznych, od części karoseryjnych po elementy wykończenia wnętrza, wykładziny, poduszki powietrzne i opony. Tworzywa sztuczne przyjęły się również jako materiał konstrukcyjny dla autobusów i pociągów, co pozwala zaoszczędzić energię, koszty inwestycji i konserwacji.

### Tworzywa sztuczne oszczędzają energię w budownictwie

Budynki odpowiadają za około 40% zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych w UE. Tworzywa sztuczne mogą przyczynić się do zmniejszenia tych wskaźników.

9 na 10 obecnie użytkowanych budynków przetrwa i pozostanie zamieszkałych do 2050 r. Dlatego też zarówno renowacja istniejących budynków, jak i budowa nowych energooszczędnych obiektów są niezbędne do osiągnięcia celów UE na polu energooszczędności i niskoemisyjności budownictwa.

Tworzywa sztuczne mogą odegrać kluczową rolę, ponieważ są unikalnym połączeniem ekologiczności, opłacalności i niezawodności w czasie.

### Wydajna izolacja

Tworzywa sztuczne stanowią w budownictwie skuteczną izolację od zimna i ciepła oraz zapobiegają nieszczelnościom powietrza. Materiały izolacyjne z tworzyw sztucznych zużywają około 16% mniej energii i emitują 9% mniej gazów cieplarnianych niż materiały alternatywne. Płyty izolacyjne z tworzyw sztucznych oszczędzają w całym cyklu życia 150 razy więcej energii niż zużyto jej do ich produkcji.

### Energia odnawialna

Łopaty wirników turbin wiatrowych i panele fotowoltaiczne zawierają duże ilości tworzyw sztucznych, umożliwiając wydajną produkcję energii odnawialnej. W tych dwóch zastosowaniach tworzywa sztuczne zmniejszają emisję odpowiednio 140 i 340 razy w stosunku do emisji powstających podczas ich produkcji.

## 1.1.7 Metody produkcji i przetwórstwa

### 1.1.7.1 Polimeryzacja

Tworzywa sztuczne powstają z surowych, organicznych produktów, takich jak celuloza, stal, gaz ziemny, sól i oczywiście ropa naftowa.

Produkcja tworzyw sztucznych rozpoczyna się w rafinerii, od destylacji ropy naftowej: destylacja rozdziela ciężką ropę naftową na grupy lżejszych części, zwanych frakcjami. Każda frakcja jest mieszaniną łańcuchów węglowodorowych, które różnią się wielkością i budową cząsteczkową.

Kluczowym związkiem do produkcji tworzyw sztucznych jest jedna z tych frakcji – nafta. W procesie krakingu cieplnego, benzyna jest rozbijana i przetwarzana na etylen, propylen, butylen i inne związki węglowodorowe.

Większość surowców wykorzystywanych do tego celu pochodzi z rafinacji ropy naftowej, lecz w niektórych przypadkach stosowane są również surowce ze źródeł odnawialnych. Na rynek tworzyw sztucznych trafia zaledwie ok. 4% produktów naftowych pochodzących z rafinerii, co jest sprzeczne z szacunkami.

Tworzywa sztuczne powstają w wyniku wiązania chemicznego wielu pokrewnych podstawowych składników, zwanych monomerami.

Reakcja łączenia monomerów w długie łańcuchy lub przestrzenne sieci jest zwana polimeryzacją.

Polimeryzację można podzielić na dwie kategorie:

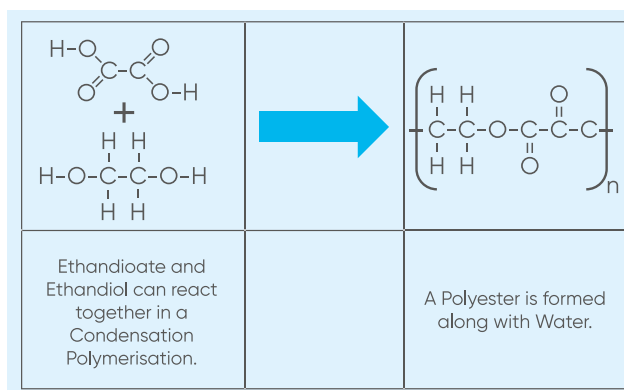
- Polimeryzacja stopniowa, inaczej kondensacyjna.

#### Polimeryzacja stopniowa (kondensacyjna)

W polimeryzacji stopniowej cząsteczki monomerów reagują tworząc wiązanie i zastępując niektóre cząsteczki, które uznaje się za produkt uboczny reakcji polimeryzacji.

Rodzaj polimerów powstających w wyniku polimeryzacji kondensacyjnej zależy od monomerów: jeśli monomer ma tylko jedną grupę chemicznie czynną, polimery będą miały małą masę cząsteczkową, jeśli zaś monomery mają dwie grupy końcowe czynne chemicznie, otrzymujemy polimery liniowe. Monomery mające więcej niż dwie grupy czynne dają polimer o sieci przestrzennej.

Poliester i nylon to dwa powszechne polimery kondensacyjne, ale wynikiem polimeryzacji kondensacyjnej są również białka i węglowodany.

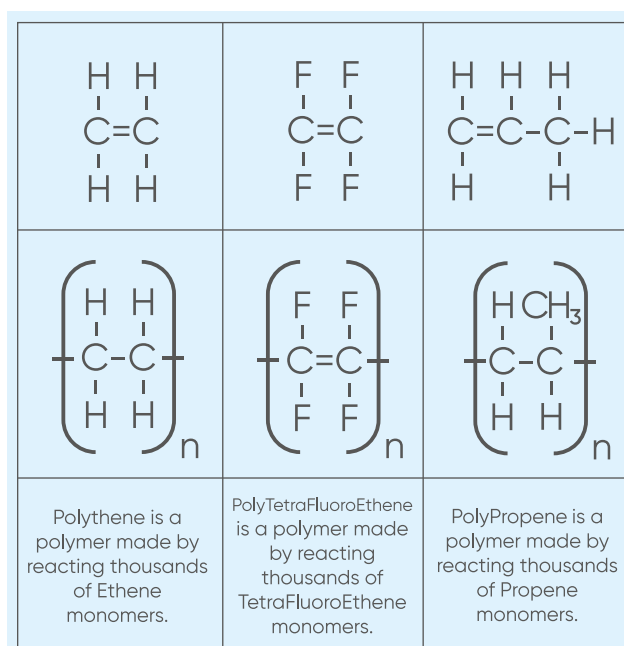


#### Polimeryzacja łańcuchowa lub addycyjna (poliaddycja)

W polimeryzacji addycyjnej powtarzające się monomery układają się w nową strukturę liniową lub rozgałęzioną, w zależności od rodzaju monomeru, lecz nie dochodzi do utraty atomów lub cząsteczek.

Wyróżnia się cztery rodzaje polimeryzacji addycyjnej:

- Polimeryzacja wolnorodnikowa: polimer powstaje w wyniku sukcesywnego dodawania wolnorodnikowych składników. Łączą się one w kolejne łańcuchy podczas polimeryzacji wolnorodnikowej.
- Polimeryzacja kationowa: kationowy inicjator przenosi ładunek na monomer, przez co staje się on czynny. Następnie Czynny chemicznie monomer reaguje podobnie z innymi monomerami, tworząc polimer.
- Anionowa polimeryzacja winylu: polega na polimeryzacji szczególnie polimerów winylowych z silną grupą elektroujemną, dając reakcję łańcuchową.
- Polimeryzacja koordynacyjna: została opracowana przez dwóch naukowców, Zieglera i Nattę, którzy za swoją pracę otrzymali Nagrodę Nobla. Opracowali oni katalizator, który pozwala kontrolować polimeryzację wolnorodnikową. W ten sposób powstaje polimer, który ma większą gęstość i wytrzymałość.



### 1.1.7.2 Wtryskiwanie i wytłaczanie

Tworzywa sztuczne są przetwarzane za pomocą różnych maszyn do tworzyw sztucznych, które przekształcają surowe tworzywa sztuczne, najczęściej w formie granulatu, w półprodukty.

Poniższy rozdział przedstawia w skrócie najważniejsze maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i wyjaśnia w prosty sposób ich działanie oraz przeznaczenie.

W systemach rurowych Aliaxis stosowane są różne metody produkcji z tworzyw sztucznych.

Różnica między formowaniem wtryskowym a wytłaczaniem polega na tym, że do produkcji kształtek i zaworów stosuje się formowanie wtryskowe, zaś do produkcji rur – technikę wytłaczania.

#### Formowanie wtryskowe

Formowanie wtryskowe jest jedną z najbardziej powszechnych technik produkcji z tworzyw termoplastycznych.

Polega na metodzie odlewania ciśnieniowego do formy, w której używane są: mechanizm domykania formy i

#### Proces

Żywica z tworzywa sztucznego jest umieszczana w leju zasypowym, który następnie wydaje granulaty tworzywa sztucznego z sekcji podajnika do sekcji ściskającej, gdzie wytwarzane jest ciepło od tarcia. Tworzywo sztuczne jest tłoczone przez wydłużoną komorę za pomocą śruby posuwisto-zwrotnej. Roztopione w ten sposób, płynne tworzywo sztuczne, zwane roztopem, jest wtłaczane przez dyszę do zamkniętej, chłodzonej lub ogrzewanej formy. Stopiony materiał da się łatwo formować wewnątrz formy, do pożądanego kształtu i wielkości.

Kiedy forma jest napełniana pod ciśnieniem, zachodzi w niej część procesu chłodzenia tworzywa. Na koniec cyklu, siłownik lub trzpień wyrzutnika odblokowuje formę i

#### Zalety

Zalety tego procesu są następujące:

- metoda ta jest wykorzystywana szczególnie do wykonywania przedmiotów przestrzennych,
- minimalna ilość odpadów i możliwość recyklingu materiału,
- możliwość odwzorowania drobnych szczegółów i złożonej geometrii,
- wyższa wytrzymałość części po formowaniu wtryskowym.

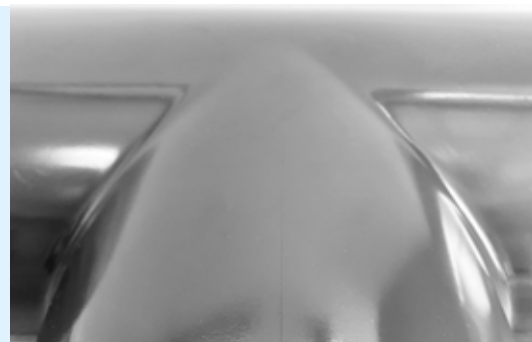
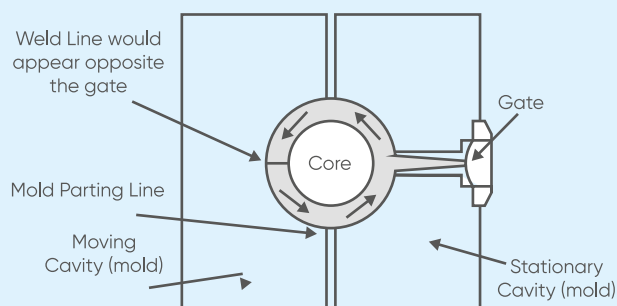
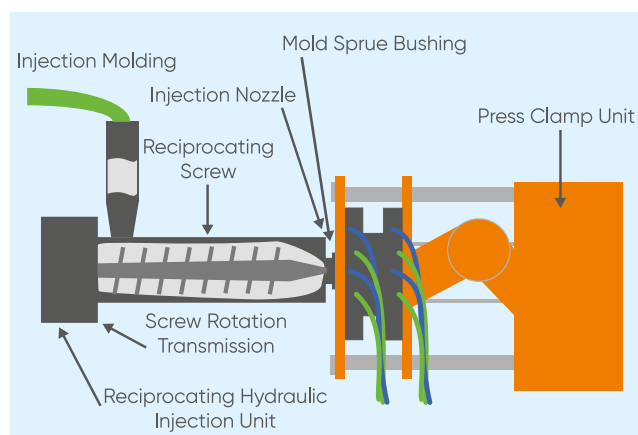
#### Linia szwu (spawu lub styku)

Proces formowania wtryskowego może często pozostawiać widoczną linię szwu (spawu lub styku) wzdłuż linii, gdzie elementy wtryskiwane połączyły się ze sobą w formie.

Innymi słowy, linia szwu to widoczna linia na kształtce, zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz jej, gdzie tworzywo sztuczne połączyło się podczas formowania wtryskowego.

Linia szwu nie powinna być mylona z linią podziału formy, która również pojawia się na kształtce: linia podziału jest tworzona przez dwie połowki pasujące do siebie wnętrza formy. Linie podziału są zazwyczaj znacznie bardziej widoczne niż linie szwów.

Zazwyczaj linia ta nie ma wpływu na ogólny kształt lub rozmiar detalu, jednak w zależności od wykończenia formy, postaci materiału, koloru materiału i warunków przetwarzania, może być mniej lub bardziej widoczna gołym okiem.



## Wytłaczanie

Technika ta polega na wytłaczaniu, inaczej wyciskaniu, materiałów przez formę w celu stworzenia kształtów o stałych przekrojach, np. profili okiennych, słomek do picia, rur i uszczelek.

### Proces

Materiał do stopienia jest podawany zazwyczaj w formie granulatu do wytłaczarki. W standardowych wytłaczarkach jednoślismakowych stosuje się często ślimaki trójdzielne wraz ze ślimakami zaporowymi.

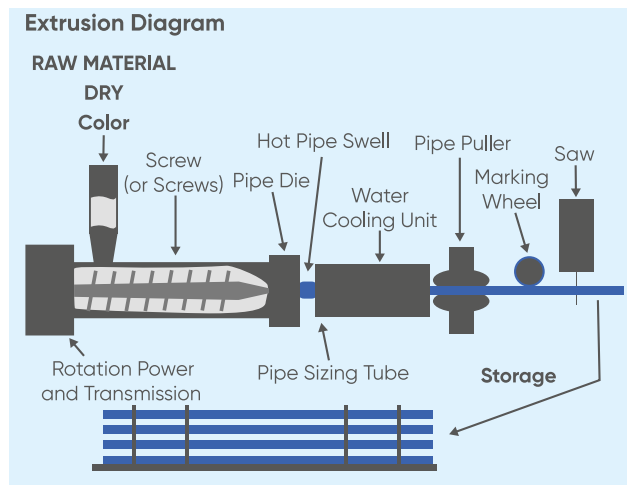
Uplastyczniony materiał jest prasowany przez formę i chłodzony w sekcji dotłaczania (kalibrowania) i chłodzenia.

W wyniku tego procesu tworzywo sztuczne, a konkretnie łańcuchy makrocząsteczek, układane i wyrównywane są w sposób wymuszony. W terminologii technicznej nazywa się to „ukierunkowaniem”. Wytłaczanie jest procesem ciągłym, nieprzerwanym, chyba że maszyna zostaje wyłączona lub skończy się jej surowiec.

### Zalety

Wybrane zalety procesu wytłaczania to:

- kształtowanie materiałów twardych i kruchych,
- sprzyja powstawaniu nietypowych przekrojów,
- gwarantuje gładkie wykończenie powierzchni produktu gotowego,
- możliwość przerabiania produktu po wyjęciu go z wytłaczarki,
- możliwość produkcji skomplikowanych kształtów o różnej grubości, fakturze i kolorach.



Oprócz formowania wtryskowego i wytłaczania istnieją również inne metody przetwarzania tworzyw sztucznych. Należą do nich na przykład druk 3D i przetwarzanie metodą formowania tłocznego.

## Druk 3D

Druk 3D jest nazywany wytwarzaniem przyrostowym (addytywnym). Druk 3D przydaje się do tworzenia prototypów modelu i jest rozwijającą się technologią oferującą różne zalety. Jedną z kluczowych zalet druku 3D jest możliwość wytwarzania bardzo złożonych kształtów lub elementów geometrycznych, które w innym przypadku byłyby zbyt skomplikowane lub nieopłacalne do wykonania ręcznie, technikami formowania – w tym części z wnękami lub części z wewnętrznymi strukturami kratownicowymi celem zmniejszenia wagi detalu.

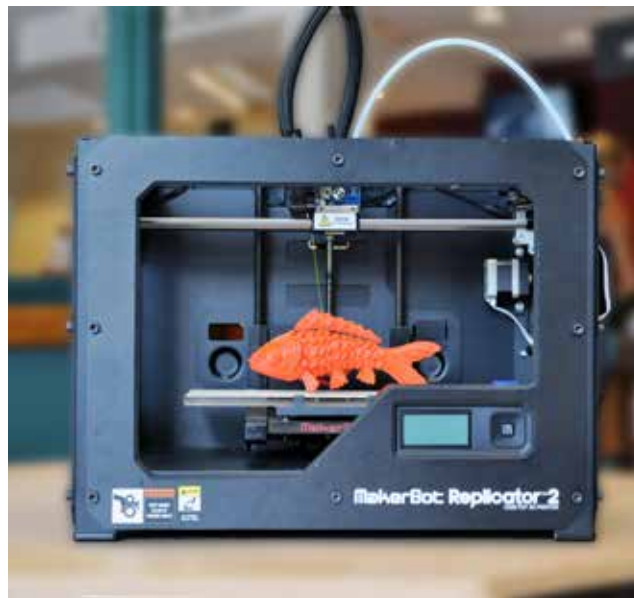
## Proces

Oprogramowanie tworzy projekt obiektu, podczas gdy drukarka 3D „buduje” obiekt poprzez nanoszenie warstwy za warstwą materiału, aż do uformowania obiektu o zaprogramowanym kształcie.

Fused deposition modeling, lub FDM, jest stosowanym najbardziej rozpowszechnionym procesem druku 3D.



Zdjęcie po lewej stronie ilustruje przykład produktu wykonanego na drukarce 3D: czarna siatka za żółtą pozycją liniowego wyłącznika



## Zalety

Wybrane zalety procesu druku 3D to:

- jest bardzo przydatny do testowania produktów, ponieważ umożliwia budowę realistycznych prototypów, które można przetestować fizycznie aby znaleźć wady w konstrukcji,
- za pomocą druku 3D można wykonywać wyroby o skomplikowanych kształtach i geometrii,
- wytwarza mało odpadów,
- jest opłacalna w produkcji wielkoseryjnej,
- ekologiczna: zmniejszony ślad CO<sub>2</sub>,
- tańsza od innych rozwiązań wytwórczych.

## Formowanie tłoczne

Formowanie tłoczne jest procesem stosowanym powszechnie z tworzywami termoplastycznymi i termoutwardzalnymi. Proces ten jest jednak najczęściej wykorzystywany przemysłowo, do przetwórstwa materiałów termoutwardzalnych. Związki termoutwardzalne, np. poliestry, fenole, melaminy i inne systemy żywic, formuje się tłocznie przy użyciu naprzemiennie następujących warstw różnych materiałów wzmacniających, aby otrzymać gotowy wyrób.

### Proces

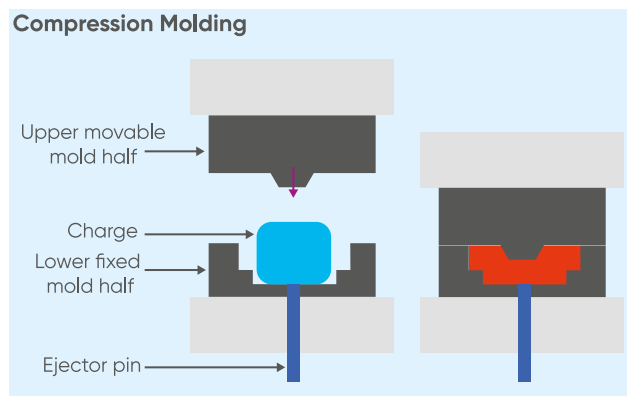
Formowanie tłoczne polega na umieszczeniu tworzywa sztucznego (może być w postaci granulatu lub peletów) we wnęce formy, gdzie detal formowany jest pod wpływem ciepła i ciśnienia.

Ciepło i ciśnienie wtłaczają materiał do całej objętości wnęki formy. Cykl ciepła i ciśnienia utwardza tworzywo, aż można je rozformować.

### Zalety

Wybrane zalety procesu formowania tłoczego to:

- ekstremalnie niskie lub zerowe naprężenia szczątkowe,
- ekonomiczna produkcja dużych części,
- koszty oprzyrządowania są stosunkowo niskie,
- nadaje się lepiej do przetwórstwa materiałów termoutwardzalnych.



## 1.2 Polimery winylowe i styrenowe

### 1.2.1 Nieplastyfikowany polichlorek winylu (UPVC)

#### PVC (polichlorek winylu)

PCW jest trzecim najczęściej produkowanym na świecie syntetycznym polimerem plastycznym (po polietylenie i polipropylenie). Roczna produkcja sięga około 40 milionów ton PVC. Czysty polichlorek winylu jest białym, kruchym ciałem stałym. Jest nierozpuszczalny w alkoholu i słabo rozpuszczalny w tetrahydrofuranie.

PVC został zsyntetyzowany po raz pierwszy w 1872 r. przez niemieckiego chemika Eugena Baumann – po długich badaniach i doświadczeniach. Polimer przybrał postać białego ciała stałego w kolbie z chlorkiem winylu, którą pozostawiono na cztery tygodnie na półce z dala od światła słonecznego. Na początku XX w. rosyjski chemik Iwan Ostromiśleński i Fritz Klatte z niemieckiej firmy chemicznej Griesheim-Elektron podjęli próby zastosowania PCV w produktach komercyjnych, lecz trudności w przetwarzaniu tego sztywnego, czasami kruchego polimeru udaremniły ich wysiłki. Waldo Semon i firma B.F. Goodrich Company opracowali w 1926 r. metodę plastyfikacji PCV poprzez mieszanie go z różnymi dodatkami. Tak powstał bardziej elastyczny i łatwiejszy w obróbce materiał, który wkrótce znalazł szerokie zastosowanie komercyjne.

Ogólnie rzecz biorąc, PVC składa się w około 56% z chloru. W zależności od udziału pewnych składników, powstają różne rodzaje PVC: w Aliaxis oferujemy UPVC (nieplastyfikowany PVC) i CPVC (chlorowany PVC) o wysokiej jakości, odpowiadającej oczekiwaniom nabywców.

Różne formy użytkowe uzyskane wprowadzając odpowiednie dodatki i stabilizatory czynią UPVC najbardziej wszechstronnym ze wszystkich tworzyw sztucznych, co pozwala na dostosowanie go do wielu zastosowań z udziałem płynów pod ciśnieniem.

W dziedzinie tworzyw termoplastycznych i metali, UPVC jest jednym z bardziej opłacalnych materiałów do budowy



W 1954 roku FIP stała się pierwszą firmą, która wyprodukowała zawory z

**Właściwości UPVC**

<b>Gęstość</b>	
Metoda badania	ISO 1183 - ASTM D792
J.m.	g/cm <sup>3</sup>
Wartość	1,38
<b>Moduł sprężystości</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	3200
<b>Udarność Charpy'ego w 23°C</b>	
Metoda badania	ASTM D256
J.m.	kJ/m <sup>2</sup>
Wartość	5-8
<b>Wydłużenie przy zerwaniu</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	%
Wartość	50
<b>Twardość Shore'a</b>	
Metoda badania	ISO 868
J.m.	Shore D
Wartość	80
<b>Wytrzymałość na rozciąganie</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	50
<b>Punkt mięknięcia VICATA (B/50)</b>	
Metoda badania	ISO 306
J.m.	°C
Wartość	76
<b>Temperatura odkształcenia cieplnego – HDT (0,46 N/mm<sup>2</sup>)</b>	
Metoda badania	ASTM D648
J.m.	°C
Wartość	86
<b>Przewodność cieplna w 23°C</b>	
Metoda badania	DIN 52612-1 - ASTM C177
J.m.	W/(m °C)
Wartość	0,16
<b>Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej</b>	
Metoda badania	DIN 53752 - ASTM D696
J.m.	m/(m °C)
Wartość	8 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Graniczny indeks tlenowy</b>	
Metoda badania	ISO 4859-1 - ASTM D2863
J.m.	%
Wartość	43



Właściwości	Korzyści	
<b>Odporność na</b> 	<p>UPVC ma bardzo dobrą odporność na warunki atmosferyczne. Materiałowi w niewielkim stopniu szkodzi bardzo duże narażenie na bezpośrednie działanie promieni słonecznych, wiatru i deszczu. W krytycznych zastosowaniach dobrym pomysłem jest osłonięcie tworzywa przed nadmiernym działaniem promieni słonecznych. W sprawie skutecznych środków bezpieczeństwa należy skontaktować</p>	
<b>Odporność chemiczna</b> 	<p>Tworzywa UPVC mają doskonałą odporność chemiczną na większość kwasów i zasad, węglowodorów parafinowych i alifatycznych oraz roztwory soli. Nie jest zalecany do przetwarzania polarnych związków organicznych, w tym niektórych rodzajów rozpuszczalników chlorowanych i aromatycznych. Żywyce UPVC są również w pełni kompatybilne z produktami spożywczymi, wodą demineralizowaną, pitną i niekondycjonowaną, zgodnie z obowiązującymi normami krajowymi i międzynarodowymi. Informacje na temat konkretnych zastosowań można znaleźć w</p>	
<b>Dobre właściwości termiczne i mechaniczne</b> 	<p>Żywyce UPVC charakteryzują się dobrą stabilnością termiczną w zakresie temperatur od 0°C do 60°C i są zazwyczaj stosowane w przemyśle i instalacjach wodociągowych, gwarantując znakomitą wytrzymałość mechaniczną, sztywność wystarczającą do przewidywanych zastosowań, niskie współczynniki rozszerzalności cieplnej i wysokie współczynniki bezpieczeństwa podczas eksploatacji. Żywyce UPVC charakteryzują się niską przepuszczalnością tlenu i małą chłonnością wody (0,1% w 23°C). Stabilność termiczna tworzywa skutkuje dobrą udarnością i wytrzymałością na ciśnienie robocze rzędu 4, 6, 10, czy 16 barów w temperaturze</p>	
<b>Odporność na starzenie się</b> 	<p>Żywyce UPVC charakteryzują się wysoką wytrzymałością na zrywanie obwodowe (minimalna wymagana wytrzymałość – MRS <math>\geq</math> 25,0 MPa w 20°C), co skutkuje długim okresem eksploatacji instalacji bez objawów znacznego pogorszenia właściwości fizyko-mechanicznych.</p>	
<b>Odporność na ścieranie</b> 	<p>Dzięki połączeniu żywic UPVC, środków smarnych, modyfikatorów oraz licznych dodatków występujących w dzisiejszych mieszankach, a także nowym technikom wytłaczania, można wykonać wytrzymałe rury o wyjątkowej odporności na ścieranie. UPVC jest często stosowany w rurociągach do przesyłu czynników ściernych. W porównaniu z innymi materiałami, naturalna odporność winylu na ścieranie umożliwia znaczną poprawę trwałości przewodów. Dla przykładu, instalacja rur winylowych dała znacznie wyższą odporność na ścieranie, drastycznie ograniczyła nakłady na konserwację i zwiększyła trwałość urządzenia w porównaniu z konwencjonalnymi metalowymi lub gumowanymi</p>	
		<p>Związki UPVC są również odporne na spalanie, zaś temperatura ich zapłonu wynosi 399°C. Korzystna charakterystyka spalania wynika z wysokiej zawartości chloru w UPVC. Samozapłon następuje dopiero w temperaturze 450°C, w wyniku oddziaływania temperatury. W kontakcie z otwartym płomieniem UPVC pali się, lecz gaśnie zaraz po odjęciu źródła ognia. Indeks tlenowy (LOI) wynosi 43%. Tworzywo sztuczne jest łatwopalne przy indeksie tlenowym poniżej 21%. Ponieważ w wyniku spalania UPVC powstaje chlorowodór, który w połączeniu z wodą tworzy żrący kwas, po pożarze tego tworzywa konieczne jest natychmiastowe oczyszczenie miejsc podatnych na korozję. Dzięki obniżonemu współczynnikowi przewodności cieplnej [<math>\lambda = 0,15 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})</math>] zastosowanie żywicy UPVC do przetwarzania gorącej cieczy ogranicza straty ciepła i praktycznie eliminuje problem kondensacji (skroplin). Zagrożenie dla pracowników od kwasu chlorowodorowego (HCl) jest znikome, ponieważ jego ostry zapach umożliwia wystarczająco szybką ucieczkę przed</p>
<b>Właściwości elektryczne</b> 	<p>UPVC ma rezystywność powyżej <math>10^{13} \Omega \cdot \text{m}</math> i dobre właściwości elektroizolacyjne.</p>	

## 1.2.2 Chlorowany polichlorek winylu (CPVC)








W 1986 roku FIP jako pierwsza europejska firma wyprodukowała zintegrowany system zaworów, kształtek i rur o nazwie Temper FIP100®. Skutkiem tego powstała cała seria produktów dla zakładów przemysłowych. Obecnie do produkcji wytłaczanych i formowanych wtryskowo rur, kształtek i zaworów linii TemperFIP wykorzystuje się żywice CPVC CORZAN™, opracowane specjalnie do zastosowań przemysłowych.

Żywice CPVC są w pełni kompatybilne z wymaganiami przesyłu wody do stacji uzdatniania, jak również do przesyłu wody zdemineralizowanej i wody uzdrowiskowej.

System CPVC TemperFIP100® jest jednym z bardziej opłacalnych rozwiązań w dziedzinie materiałów termoplastycznych, pozwalającym pokonać trudności spotykane w przemysłowych instalacjach technologicznych i infrastruktury do przesyłu gorących, żrących płynów, jak również w domowych instalacjach dystrybucji ciepłej i zimnej

### Właściwości CPVC

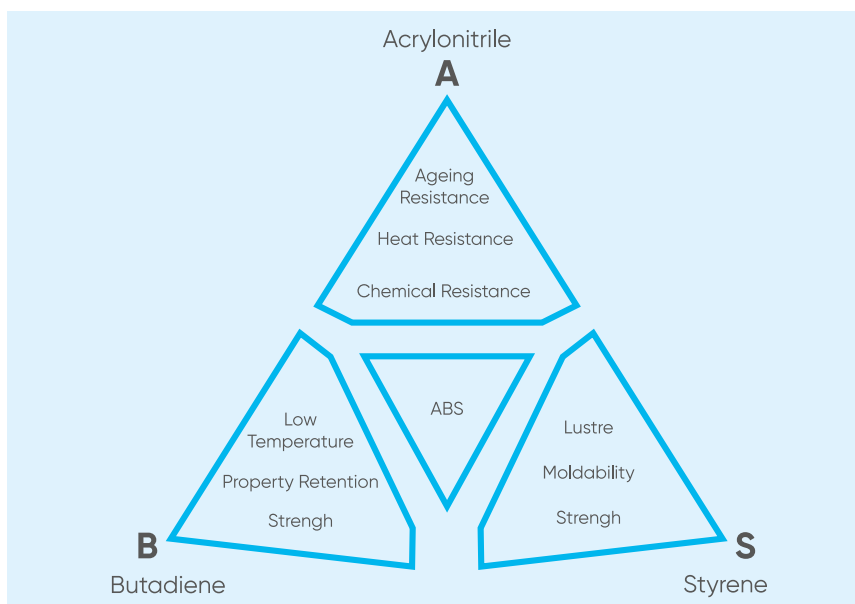
<b>Gęstość</b>	
Metoda badania	ISO 1183 - ASTM D792
J.m.	g/cm <sup>3</sup>
Wartość	1,50
<b>Moduł sprężystości</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	2700
<b>Udarność Charpy'ego w 23°C</b>	
Metoda badania	ASTM D256
J.m.	kJ/m <sup>2</sup>
Wartość	8
<b>Wydłużenie przy zerwaniu</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	%
Wartość	50
<b>Twardość Shore'a</b>	
Metoda badania	ISO 868
J.m.	Shore D
Wartość	80
<b>Wytrzymałość na rozciąganie</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	50
<b>Punkt mięknięcia VICATA (B/50)</b>	
Metoda badania	ISO 306
J.m.	°C
Wartość	76
<b>Temperatura odkształcenia cieplnego – HDT (0,46 N/mm<sup>2</sup>)</b>	
Metoda badania	ASTM D648
J.m.	°C
Wartość	86
<b>Przewodność cieplna w 23°C</b>	
Metoda badania	DIN 52612-1 - ASTM C177
J.m.	W/(m °C)
Wartość	0,16
<b>Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej</b>	
Metoda badania	DIN 53752 - ASTM D696
J.m.	m/(m °C)
Wartość	6,7 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Graniczny indeks tlenowy</b>	
Metoda badania	ISO 4859-1 - ASTM D2863
J.m.	%
Wartość	60

Właściwości		Korzyści
Odporność na		CPVC ma bardzo dobrą odporność na warunki atmosferyczne. Materiałowi w niewielkim stopniu szkodzi bardzo duże narażenie na bezpośrednie działanie promieni słonecznych, wiatru i deszczu. W krytycznych zastosowaniach dobrym pomysłem jest osłonięcie tworzywa przed nadmiernym działaniem promieni słonecznych. W sprawie skutecznych środków bezpieczeństwa należy skontaktować
Odporność chemiczna		Zastosowanie żywicy CORZAN™, otrzymywanej poprzez chlorowanie homopolimeru PVC, gwarantuje wysoką odporność chemiczną na działanie silnych kwasów nieorganicznych, roztworów soli i zasad oraz węglowodorów parafinowych. Materiał ten ma również doskonałą odporność na chlor w podwyższonych temperaturach. Nie jest zalecany do przetaczania polarnych związków organicznych, w tym niektórych rodzajów rozpuszczalników chlorowanych i aromatycznych. Jego odporność na korozję elektrochemiczną gwarantuje ogromną niezawodność przesyłu ciepłej wody użytkowej w instalacjach konwencjonalnych i solarnych.
Optymalne właściwości termiczne i mechaniczne		TemperFIP100® z tworzywa CPVC jest zwykle stosowany w temperaturach od 0°C do 85°C i ma wyjątkowo niski współczynnik rozszerzalności cieplnej, gwarantując tym samym doskonałą wytrzymałość mechaniczną, odpowiednią dla ciśnienia roboczego rzędu 10-16 barów w temperaturze 20°C. Jego doskonała stabilność termiczna (liczba VICATA – EN ISO 15493) wraz z optymalną charakterystyką pełzania pozwala używać go w temperaturach do około 95°C w specjalnych zastosowaniach i w obliczu szczególnych wymagań dotyczących charakterystyki użytkowej. Niski współczynnik przewodności cieplnej [ $\lambda=0,16 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ wedle DIN 52612-1 lub ASTM C177] praktycznie eliminuje problemy związane ze skraplaniem się
Odporność na starzenie się		Żywice CPVC charakteryzują się niską przepuszczalnością tlenu i małą chłonnością wody (0,07% w 23°C). Właściwości fizyczne materiału sprawiają, że jest on wysoce odporny na starzenie i agresywne czynniki atmosferyczne (promieniowanie UV) dzięki obecności dwutlenku tytanu w mieszance. Po prawidłowym doborze do danego zastosowania i poprawnym ich montażu, produkty z CPVC gwarantują wiele lat bezobsługowej eksploatacji. Nasze materiały nie rdzewieją, nie ulegają korozji wżernej, nie przyjmują osadów mineralnych, nie korodują też ani wewnątrz ani na zewnątrz. Systemy rurowe z tworzyw termoplastycznych sprawdzają się od
Odporność na ścieranie		Dzięki połączeniu żywic CPVC, środków smarnych, modyfikatorów oraz licznych dodatków występujących w dzisiejszych mieszankach, a także nowym technikom wytłaczania, można wykonać wytrzymałe rury o wyjątkowej odporności na ścieranie. PVC i CPVC jest często stosowany w rurociągach do przesyłu czynników ściernych. W porównaniu z innymi materiałami, naturalna odporność winylu na ścieranie umożliwia znaczną poprawę trwałości przewodów. Winyl przewyższa inne materiały, takie jak stal, w wielu zastosowaniach. Dla przykładu, instalacja rur winylowych dała znacznie wyższą odporność na ścieranie, drastycznie ograniczyła nakłady na konserwację i zwiększyła trwałość urządzenia w porównaniu z konwencjonalnymi metalowymi lub gumowanymi
		Ze względu na wysoką zawartość chloru, CPVC wykazuje wyjątkowo dobre właściwości niepalne bez konieczności stosowania środków uniepalniających. CPVC ulega samozapłonowi w temperaturach powyżej 400°C. W kontakcie z otwartym płomieniem CPVC pali się, lecz gaśnie zaraz po odjęciu źródła ognia. Indeks tlenowy wynosi 60% (wiadomo, że tworzywo sztuczne jest palne przy LOI poniżej 21%). Ponieważ w wyniku spalania CPVC powstaje chlorowódz, który w połączeniu z wodą tworzy żrący kwas, po pożarze tego tworzywa konieczne jest natychmiastowe oczyszczenie miejsc podatnych na korozję od wody z detergentami. Zagrożenie dla pracowników kontaktem z kwasem chlorowodorowym jest niewielkie, zaś jego ostry zapach da się rozpoznać nawet przy najniższych stężeniach (od 1 ppm do 5 ppm), co umożliwia wystarczająco szybką ucieczkę
Właściwości elektryczne		CPVC nie przewodzi elektryczności, podobnie jak wszystkie niemodyfikowane tworzywa termoplastyczne. W przypadku systemów z CPVC oznacza to, że nie dochodzi do korozji elektrochemicznej. CPVC ma rezystywność powyżej $10^{13} \Omega \cdot \text{m}$ i dobre właściwości elektroizolacyjne.

### 1.2.3 Terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy (ABS)

Terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy, inaczej akrylonitryl-butadien-styren (ABS) jest popularnym polimerem termoplastycznym. Jego temperatura zeszklenia wynosi około 105°C. ABS jest amorficzny i dlatego nie ma konkretnej temperatury topnienia.








ABS jest otrzymywany z akrylonitrylu, butadienu i styrenu. Akrylonitryl jest syntetycznym monomerem produkowanym z propylenu i amoniaku; butadien jest węglowodorem ropopochodnym otrzymywanym z frakcji C4 krakingu parą wodną; monomer styrenowy powstaje w wyniku odwodornienia etylobenzenu – węglowodoru otrzymywanego w reakcji



Proporcje mogą się wahać od 15 do 35% akrylonitrylu, od 5 do 30% butadienu i od 40 do 60% styrenu. Grupy nitylowe z sąsiednich łańcuchów, będąc polarnymi, przyciągają się wzajemnie i wiążą łańcuchy ze sobą, czyniąc ABS mocniejszym niż czysty polistyren. Styren nadaje tworzywu sztuczemu błyszczącą, nieprzepuszczalną powierzchnię. Polibutadien, substancja o konsystencji gumy, daje wytrzymałość nawet w niskich temperaturach. W większości zastosowań ABS nadaje się do użytku w temperaturze od -40°C do 60°C, ponieważ jego właściwości mechaniczne zmieniają się w zależności od temperatury. Właściwości te wynikają z podwyższenia udarności dodatkiem kauczuku, tj. rozproszaniu drobnych cząsteczek elastomeru w sztywnej osnowie.

**Właściwości ABS**

<b>Gęstość</b>	
Metoda badania	EN ISO 1183-1
J.m.	g/cm <sup>3</sup>
Wartość	0,925
<b>Moduł sprężystości</b>	
Metoda badania	ISO 527, ASTM D638
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	2000
<b>Udarność Charpy'ego w 23°C</b>	
Metoda badania	ISO 179/1eA, ISO 180/1A – ASTM D256
J.m.	kJ/m <sup>2</sup>
Wartość	20
<b>Wydłużenie przy zerwaniu</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	%
Wartość	50
<b>Twardość Shore'a</b>	
Metoda badania	ISO 868
J.m.	Shore D
Wartość	100
<b>Wytrzymałość na rozciąganie</b>	
Metoda badania	ISO 527, ASTM D638
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	40
<b>Punkt mięknięcia VICATA (B/50)</b>	
Metoda badania	ISO 306
J.m.	°C
Wartość	≥ 87
<b>Temperatura odkształcenia cieplnego – HDT (0,46 N/mm<sup>2</sup>)</b>	
Metoda badania	ISO 75, ASTM D648
J.m.	°C
Wartość	100
<b>Przewodność cieplna w 23°C</b>	
Metoda badania	DIN 52612-1 – ASTM C177
J.m.	W/(m °C)
Wartość	0,19
<b>Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej</b>	
Metoda badania	DIN 53752 – ASTM D696
J.m.	m/(m °C)
Wartość	10 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Graniczny indeks tlenowy</b>	
Metoda badania	ISO 4859-1 – ASTM D2863
J.m.	%
Wartość	19

Właściwości		Korzyści
Odporność na		Jeśli przez dłuższy czas instalacja rur z ABS będzie wystawiona na bezpośrednie działanie promieni słonecznych, powierzchnia tworzywa straci połysk, a kolor zmieni się na jasnoszary. Wynikająca z tego utrata wytrzymałości nie przysparza problemów w umiarkowanych strefach klimatycznych ze względu na bardzo wysoką udarność ABS. W ekstremalnych warunkach pogodowych oraz przy bardzo dużych
Odporność chemiczna		ABS ma dobrą odporność na degradację chemiczną od czynników zasadowych i kwaśnych. Stabilność chemiczna ABS wynika z silnych wiązań chemicznych widocznych w jego strukturze: przyciągania polarnego pomiędzy grupami nitrylowymi, łańcuchami aromatycznymi w grupie styrenowej i szkieletem węglowodorowym. Silne wiązania chemiczne dają tworzywu stabilność termiczną, dzięki czemu nie ulega ono zniszczeniu nawet w wysokich temperaturach. W
Optymalne właściwości termiczne i mechaniczne		Właściwości termiczne wody lodowej i chłodzenia z obiegiem wtórnym są bardzo ważne dla wydajności ich instalacji. Tradycyjne materiały, np. miedź czy stal, są bardzo dobrymi przewodnikami ciepła i mają przewodność wynoszącą odpowiednio 413 W/(m*K) i 54 W/(m*K). Ta nieodłączna właściwość materiału sprawia, że przewodzą one ciepło bardzo skutecznie, zmniejszając wydajność układu chłodzenia. Innym częstym problemem przy stosowaniu materiałów termoprzewodzących w chłodnictwie jest konieczność stosowania otulin lub okładzin termoizolacyjnych, aby zapobiec skraplaniu się wilgoci na rurach. ABS jest tworzywem nieprzewodzącym i działa jak izolator o przewodności cieplnej 0,25 W/(m*K). Ta właściwość daje większą wydajność procesu technologicznego, gdy materiał jest stosowany w układzie chłodniczym i często eliminuje konieczność stosowania termoizolacji celem ochrony przed skraplaniem się wilgoci. Jednakże gdy występuje duża różnica temperatur pomiędzy cieczą chłodzącą i temperaturą
Odporność na ścieranie		Oprócz doskonałej udarności, składniki kauczuku butadienowego w ABS dają doskonałą odporność na ścieranie. Ze względu na tę właściwość, instalacje rurowe wykonane z ABS są od dawna stosowane do transportu ciał stałych i zawieszin, np. w górnictwie. W porównaniu z metalami, tworzywa ABS mają istotne zalety w wielu z tych zastosowań.
Charakter zniszczenia		ABS jest materiałem ciągliwym, którego charakter zniszczenia przypomina typowy dla miękkiej miedzi. Zniszczenie następuje poprzez plastyczne odkształcenia i rozdarcia i ma charakter punktowy, co minimalizuje ucieczkę zawartości przewodu rurowego. Z kolei zniszczeniu materiału sztywnego towarzyszy szybka propagacja pęknięć i niebezpieczny rozprysk materiału na odłamki. W zależności od występujących warunków, ten rodzaj zniszczenia, polegający na szybkim rozprysku na odłamki, może rozerwać długi odcinek rury, w tym jej zawory i kształtki. Taki rodzaj zniszczenia może zaostrzyć się w niekorzystnych warunkach, np. uderzeniach wodnych, długotrwałego narażenia na działanie promieni słonecznych, zawartości
		ABS ulega samozapłonowi w temperaturach powyżej 450°C. W przypadku wystawienia na działanie otwartego płomienia, ABS pali się i proces spalania podtrzymuje się po odjęciu zewnętrznego źródła ognia. Indeks tlenowy wynosi 19%. Podczas spalania ABS powstaje tlenek węgla i woda, lecz zasadniczo wydziela się dwutlenek węgla. W badaniach wykazano, że względna toksyczność produktów spalania tego tworzywa jest taka sama, a niekiedy niższa niż produktów naturalnych, np. drewna, bawełny i wełny. Gazy ze spalania ABS nie są żrące. Odpowiednie środki gaśnicze to woda, piana i dwutlenek węgla.
Właściwości elektryczne		ABS nie przewodzi prądu, jak większość tworzyw termoplastycznych. W przypadku systemów z ABS oznacza to, że nie dochodzi do korozji elektrochemicznej. ABS ma dobre właściwości elektroizolacyjne. Rezystywność wynosi 3,5 10 <sup>14</sup> Ω*m.

## 1.3 Poliolefiny i polimery fluorowane

### Poliolefina

Poliolefiny to rodzaj polimerów produkowanych z prostych olefin – monomerów. Tu przykładem jest polietylen, poliolefina wytwarzana poprzez polimeryzację etylenu olefinowego. Polipropylen to kolejna popularna poliolefina, która powstaje z propylenu olefinowego.

Większość poliolefin produkowanych na skalę przemysłową powstaje w procesie polimeryzacji w katalizatorach. Istnieją cztery główne typy katalizatorów poliolefinowych, a mianowicie: katalizatory chromowe, katalizatory Zieglera-Natty, metallocenowe katalizatory jednocentrowe (SSC) oraz postmetallocenowe katalizatory SSC.

Wszystkie cztery kategorie są istotne w produkcji polietylenu, lecz ostatnie trzy kategorie katalizatorów są znacznie ważniejsze w przypadku polipropylenów.

### Polimery fluorowane

Pod względem stabilności chemicznej, termicznej i elektrycznej, polimery fluorowane wykazują niezwykle fascynujące właściwości: obojętność na kwasy, zasady, rozpuszczalniki i oleje, niskie stałe i refrakcyjne współczynniki dielektryczne, wysoka odporność na starzenie i utlenianie oraz niskie napięcie powierzchniowe, co sprawia, że są one z natury bardzo hydrofobowe. Ponadto, zazwyczaj nie są łatwopalne, co jest szczególnie interesującą ich cechą. Ponieważ polimery fluorowane obejmują szeroką gamę materiałów termoplastycznych i elastomerowych – od półkryształicznych do całkowicie amorficznych – znajdują one bardzo różne zastosowania.

### 1.3.1 Polipropylen (PP)

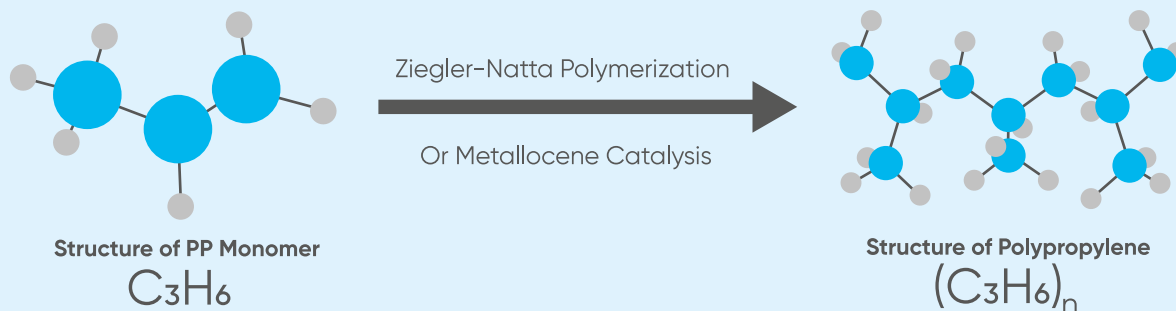
Polipropylen jest termoplastyczną i częściowo krystaliczną żywicą należącą do rodziny poliolefin.

PP otrzymuje się w wyniku poliaddycji propylenu ( $C_3H_6$ ) za pomocą katalizatorów.

Najnowszej generacji odmiana homopolimeru polipropylenu, czyli PP-H, przeznaczona do stosowania w systemach rur, oferuje doskonałe parametry w temperaturach roboczych do  $80^{\circ}C$  oraz wysoką odporność na czynniki chemiczne dzięki znakomitym właściwościom fizycznym i termicznym żywicy.

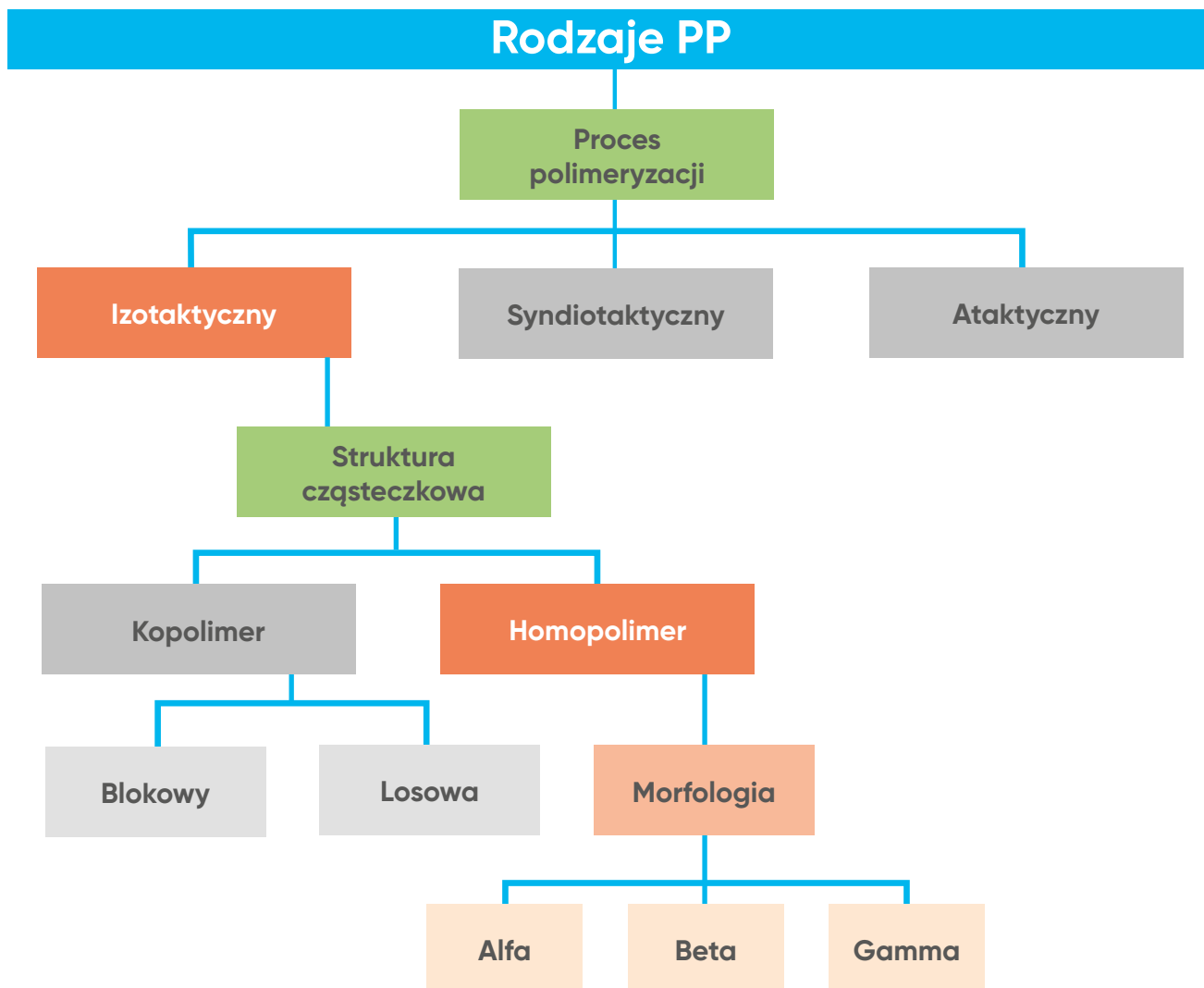
Polipropylen jest drugim po polietylenie najczęściej produkowanym tworzywem sztucznym.

Wzór chemiczny polipropylenu to  $(C_3H_6)_n$ . Tworzywo jest otrzymywane w wyniku polimeryzacji monomeru propylenu w następujących procesach:



Na podstawie procesu polimeryzacji i struktury molekularnej, polipropylen można dalej podzielić na wiele grup.

Drzewo polipropylenów podane poniżej ułatwia zrozumienie różnych odmian polipropylenu.



Pozycja grupy metylowej w strukturze podstawowej polipropylenu decyduje o tym, do której grupy należy:

- polipropylen ataktyczny (aPP),
- polipropylen syndiotaktyczny (sPP);
- polipropylen izotaktyczny (iPP).



Grupa metylowa ( $-CH_3$ ) jest ustawiana losowo w przypadku polipropylenu ataktycznego, naprzemiennie w przypadku polipropylenu syndiotaktycznego i równomiernie w przypadku polipropylenu izotaktycznego.

Polipropylen izotaktyczny charakteryzuje się wysokim stopniem krystaliczności, który w wyrobach konsumpcyjnych wynosi 30–60%.

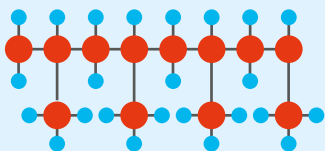
Polipropylen syndiotaktyczny jest znacznie mniej krystaliczny, natomiast ataktyczny należy do rodziny materiałów amorficznych (niekrystalicznych).

**PP ataktyczny** należy do tworzyw amorficznych i ma właściwości mechaniczne kauczuku niewulkanizowanego. Jest on szeroko stosowany w przemyśle do powlekania podkładów dywanowych, jako klej termotopliwy i jako masa uszczelniająca.

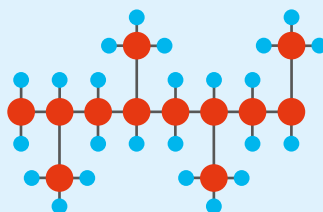
**PP syndiotaktyczny** ma właściwości gorsze od izotaktycznego, a ponieważ jest trudny w produkcji, nie jest wytwarzany na skalę przemysłową.

**PP izotaktyczny** jest wysoce krystaliczny dzięki swojej strukturze spiralnej. Jest szeroko stosowany w budowie aparatury

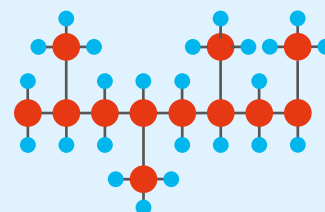
**PP izotaktyczny:** Grupy  $CH_3$  po tej samej



**PP syndiotaktyczny:** Grupy  $CH_3$  występują ściśle naprzemiennie po przeciwnych stronach łańcucha



**PP ataktyczny:** Rozkład statystyczny grup  $CH_3$  wokół łańcucha głównego



Na rysunku wyraźnie widać różnicę pomiędzy PP ataktycznym, syndiotaktycznym i izotaktycznym.

W zależności od stopnia krystaliczności, PP izotaktyczny można podzielić na trzy kategorie.

Po schłodzeniu z postaci roztopionej, cząsteczki PP izotaktycznego, w temperaturze topnienia, zaczynają organizować się w kryształy. Znane są trzy symetrie krystaliczne dla izotaktycznego PP-H:

- $\alpha$  (jednoskośna): bez dodatku czynników zarodkujących,
- $\beta$  (pseudoesagonalny): z dodatkiem czynników zarodkujących,
- $\gamma$  (trójskośna): symetria może wystąpić się w PP o małej masie cząsteczkowej w wysokich temperaturach i nie jest interesująca z punktu widzenia praktycznych zastosowań w systemach rur.

Różne formy krystaliczne powstają poprzez dodanie specjalnych czynników zarodkujących do tłoczyw PP-H.

W oparciu o jednostki propylenowe i etylenowo-propylenowe w osnowie PP, można je podzielić na trzy różne kategorie, a mianowicie:

- Homopolimer (PP-H),
- Kopolimer losowy (PP-R),
- Kopolimer blokowy (PP-B).

**Homopolimer (PP-H)**



**Kopolimer blokowy (PP-B)**



**Kopolimer losowy (PP-R)**



**Propylen osnowy PP-H**



**Jednostka etylenowa kauczuku etylenowo-propylenowego**



Obraz ten może pomóc zrozumieć czym jest macierz PP oraz jej jednostka propylenowa i etylenowo-propylenowa w różnych rodzajach PP.

**Właściwości polipropylenu (PP)**

<b>Gęstość</b>	
Metoda badania	DIN EN 1183
J.m.	g/cm <sup>3</sup>
Wartość	0,91
<b>Moduł sprężystości</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	1300
<b>Udarność Charpy'ego w 23°C</b>	
Metoda badania	DIN EN ISO 179, ASTM D256
J.m.	kJ/m <sup>2</sup>
Wartość	7
<b>Wydłużenie przy zerwaniu</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	%
Wartość	60
<b>Twardość Shore'a</b>	
Metoda badania	ISO 868
J.m.	Shore D
Wartość	83
<b>Wytrzymałość na rozciąganie</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	30
<b>Punkt mięknięcia VICATA (B/50)</b>	
Metoda badania	ISO 306
J.m.	°C
Wartość	152
<b>Temperatura odkształcenia cieplnego – HDT (0,46 N/mm<sup>2</sup>)</b>	
Metoda badania	ASTM D648
J.m.	°C
Wartość	95-105
<b>Przewodność cieplna w 23°C</b>	
Metoda badania	EN 12664
J.m.	W/(m °C)
Wartość	0,22
<b>Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej</b>	
Metoda badania	DIN 53752 – ASTM D696
J.m.	m/(m °C)
Wartość	1,5 x 10 <sup>-4</sup>
<b>Graniczny indeks tlenowy</b>	
Metoda badania	ISO 4589-1 – ASTM D2863
J.m.	%
Wartość	17,5

Właściwości		Korzyści
Odporność na		<p>Wszystkie poliolefiny ulegają degradacji pod wpływem promieniowania ultrafioletowego.</p> <p>PP przeważnie nie nadaje się do użytku w warunkach długotrwałego oddziaływania promieniowania UV i wymaga ochrony we wszystkich zastosowaniach. W przypadku rurociągów obciążonych ciśnieniem wewnętrznym o charakterze</p>
Odporność chemiczna		<p>Polietylen ma odporność chemiczną porównywalną z odpornością polietylenu PE-HD. Dzięki swojej niepolarnej charakterystyce, wykazuje szczególnie dobrą odporność na działanie wody, roztworów soli, kwasów, zasad, alkoholi i wielu rozpuszczalników organicznych w podwyższonych temperaturach pracy.</p> <p>Ma również ograniczoną odporność na związki aromatyczne, a ponadto nie może być stosowany z silnymi środkami utleniającymi. PP pęcznieje w węglowodorach alifatycznych i aromatycznych.</p> <p>Odporność chemiczna zależy od wielu czynników. Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na odporność chemiczną są temperatura pracy, czas narażenia oraz stężenie i skład mieszanin. Prosimy o kontakt w sprawie odporności materiału na</p>
Optymalne właściwości termiczne i mechaniczne		<p>PP-H i PP-R mogą być stosowane w szerokim zakresie temperatur zastosowań w budowie rurociągów z tworzyw sztucznych. W takich przypadkach największe znaczenie powinien mieć czas oddziaływania temperaturowy. Dłuższą trwałość użytkową można uzyskać stosując tworzywo zakresie temperatur od 0°C do 95°C.</p> <p>Odporność rur, kształtek i armatury na ciśnienie wewnętrzne przy jednoczesnym oddziaływaniu temperatury podano na wykresach PN dla danego materiału.</p>
Odporność na starzenie się		<p>Żywyce PP-H i PP-R charakteryzują się wysoką wytrzymałością na zrywanie obwodowe (minimalna wymagana wytrzymałość – MRS <math>\geq 10,0</math> MPa w 20°C), co skutkuje długim okresem eksploatacji instalacji bez objawów znacznego pogorszenia właściwości fizyko-mechanicznych.</p>
Odporność na ścieranie		<p>PP wykazuje bardzo dobrą odporność na ścieranie. Wykazuje ją przy obciążeniach mechanicznych, szczególnie przy tarcu.</p> <p>PP jest mniej podatny na korozję w odsłoniętych i zakopanych przewodach rurowych. W ten sposób, dzięki swojej długiej żywotności, rodzi wyjątkowo niskie koszty eksploatacji.</p>
Charakter zniszczenia		<p>Polipropylen jest znany z wysokiej ciągliwości i udarności.</p> <p>Ze względu na dużą ciągliwość, PP wykazuje w większości przypadków zniszczenie ciągliwe. Jednakże, w podwyższonych temperaturach, może dojść do pęknięcia pseudokruchego.</p>
		<p>Polipropylen jest tworzywem sztucznym łatwopalnym. W przypadku wystawienia na działanie otwartego płomienia pali się i proces spalania podtrzymuje się bez wydzielania sadzy po odjęciu zewnętrznego źródła ognia. Indeks tlenowy wynosi 19%. (Tworzywa, które spalają mniej niż 21% tlenu zawartego w powietrzu są uważane za łatwopalne). Podczas spalania tworzywa powstaje tlenek węgla i woda, lecz zasadniczo wydziela się dwutlenek węgla.</p>
Właściwości elektryczne		<p>PP jest niepolarnym polimerem węglowodorowym o doskonałych właściwościach elektroizolacyjnych. PP ma również skłonność do gromadzenia ładunków elektrostatycznych, ponieważ ich nie rozprasza. Dlatego PP nie może być stosowany tam, gdzie istnieje ryzyko zapłonu i/lub wybuchu, i wolno używać go w ściśle określonych warunkach. Ma rezystancję <math>10^{14} \Omega \cdot m</math>.</p>

## Homopolimer polipropylenu (PP-H)

Najczęściej używanym rodzajem przeznaczonym do zastosowań ogólnych jest homopolimer polipropylenu. W stabilnej postaci półkryształicznej zawiera on tylko monomer propylenu. Podstawowe zastosowania to opakowania, tekstylia, opieka zdrowotna, rurociągi, motoryzacja i elektryka.

Najnowsza generacja polipropylenu, czyli homopolimer polipropylenu, to materiał na szeroką gamę rur, kształtek i zaworów przeznaczonych do budowy linii technologicznych i infrastrukturalnych do transportu płynów przemysłowych pod ciśnieniem, z maksymalną temperaturą pracy 95°C.

Produkcja PP-H odbywa się zgodnie z najwyższymi standardami jakości i w pełnej zgodności z ograniczeniami środowiskowymi określonymi przez obowiązujące prawo, a także zgodnie z normą ISO 14001.

Wszystkie produkty wykonywane są zgodnie z systemem zapewniania jakości na podstawie normy ISO 9001.

Rodzina kopolimerów polipropylenu dzieli się na kopolimery losowe i kopolimery blokowe, powstałe w wyniku polimeryzacji propenu i etanu.

## Kopolimer losowy polipropylenu (PP-R)

Kopolimer losowy polipropylenu (PP-R) jest wytwarzany poprzez polimeryzację etenu i propenu. Zawiera jednostki etenowe wstawione losowo w łańcuchach polipropylenowych, zwykle do maksymalnie 7% udziału masowego.

PP-R nadaje się głównie do zastosowań gdzie występuje udar cieplny, a temperatura waha się pomiędzy wysoką i niską.

PP-R nadaje się idealnie do instalacji wody zimnej lub gorącej. PP-R ma doskonałą odporność na korozję jest idealną alternatywą dla rur miedzianych i stalowych.

## Kopolimer blokowy polipropylenu (PP-B)

Kopolimer blokowy polipropylenu (PP-B) ma więcej etenu (od 5 do 15%). Ma jednostki komonomerowe zgrupowane w regularnym ciągu. Uporządkowana struktura sprawia, że powyższe tworzywo termoplastyczne jest twardsze i mniej porowate niż spontaniczny kopolimer. Polimery te nadają się do zastosowań o wysokich wymaganiach wytrzymałościowych, np. w przemyśle motoryzacyjnym.

## Polipropylen elektroprowadzący (PP-EL)

PP-EL jest bezpieczniejszy dzięki słabej palności. Ponadto, aby móc wykorzystać polipropylen do zastosowań związanych z przewodnictwem elektrycznym, do podstawowej żywicy polipropylenowej dodaje się grafit. Dzięki temu może przewodzić prąd elektryczny.

PP-EL oferuje optymalną ochronę w zastosowaniach elektroprowadzących w których występuje zagrożenie pożarem.

Właściwości	Materiały		
	PP-H	PP-R	PP-B
Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )	0,905 - 0,915	0,900 - 0,910	0,900 - 0,910
Minimalna wymagana wytrzymałość – MRS (N/mm <sup>2</sup> )	≥ 10	≥ 8	≥ 8
Moduł Younga (N/mm <sup>2</sup> )	1300	1100	900
Udarność w temp. 23°C (KJ/m <sup>2</sup> )	65	52	31
Twardość Shore'a D	72	67	62
Punkt mięknięcia VICATA (°C)	93	70	69

### 1.3.2 Polietylen (PE)

Polietylen, inaczej polieten, jest półkryształicznym tworzywem termoplastycznym należącym do grupy poliolefin.

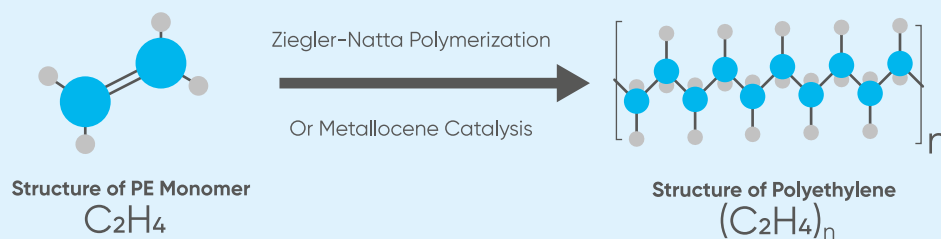
Polietylen (PE) jest najczęściej stosowanym obecnie tworzywem sztucznym. Według stanu na 2017 rok, rocznie produkuje się ponad 100 mln ton żywic polietylenowych, co stanowi 34% globalnego zapotrzebowania na tworzywa sztuczne.

Rury ciśnieniowe PE-HD firmy Aliaxis nadają się idealnie do wszelkich zastosowań w technice instalacji przemysłowych. Inne podstawowe obszary zastosowania to przesył ścieków przemysłowych i komunalnych, oczyszczanie ścieków i uzdatnianie wody w oczyszczalniach ścieków, a także różne zastosowania w technice basenowej.

Właściwości mechaniczne polietylenu zależą zasadniczo od gęstości, stopnia krystalizacji i procesu produkcyjnego, co znajduje odzwierciedlenie w różnorodności typów tego tworzywa. Polietylen o małej gęstości wytłaczany jest pod wysokim ciśnieniem, w wysokiej temperaturze. Polietylen o dużej gęstości wytłaczany jest z kolei pod niskim ciśnieniem, w niskiej temperaturze. Istotną cechą wyróżniającą są grupy główne:

- Polietylen o dużej gęstości, PE-HD (gęstość: 0,94 - 0,965 g/cm<sup>3</sup>).
- Polietylen średniej gęstości, PE-MD (gęstość: 0,93 - 0,94 g/cm<sup>3</sup>).
- Polietylen o małej gęstości, PE-LD (gęstość: 0,9 - 0,91 g/cm<sup>3</sup>).
- Polietylen usieciowany, PEX.









Znanych jest wiele rodzajów polietylenu, przy czym większość z nich ma wzór chemiczny (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sub>n</sub>. PE jest zazwyczaj mieszaniną identycznych polimerów etylenu, o różnych wartościach n.



Ilustracja przedstawia proces polimeryzacji polietylenu z jego podstawowej cząsteczki – etylenu.

**Właściwości polietylenu (PE)**

<b>Gęstość</b>	
Metoda badania	DIN EN 1183
J.m.	g/cm <sup>3</sup>
Wartość	0,95
<b>Moduł sprężystości</b>	
Metoda badania	ISO 527, ASTM D 790
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	900
<b>Udarność Charpy'ego w 23°C</b>	
Metoda badania	ASTM D256
J.m.	kJ/m <sup>2</sup>
Wartość	16-26
<b>Wydłużenie przy zerwaniu</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	%
Wartość	50
<b>Twardość Shore'a</b>	
Metoda badania	ISO 868
J.m.	Shore D
Wartość	80
<b>Wytrzymałość na rozciąganie</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	23
<b>Punkt mięknięcia VICATA (B/50)</b>	
Metoda badania	ISO 306
J.m.	°C
Wartość	127
<b>Temperatura odkształcenia cieplnego – HDT (0,46 N/mm<sup>2</sup>)</b>	
Metoda badania	ASTM D648
J.m.	°C
Wartość	75
<b>Przewodność cieplna w 23°C</b>	
Metoda badania	EN 12664
J.m.	W/(m °C)
Wartość	0,38
<b>Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej</b>	
Metoda badania	DIN 53752 – ASTM D696
J.m.	m/(m °C)
Wartość	20 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Graniczny indeks tlenowy</b>	
Metoda badania	ISO 4589-1 – ASTM D2863
J.m.	%
Wartość	17

Właściwości		Korzyści
Odporność na		Rury PE-HD w kolorze czarnym szczególnie nadają się do długotrwałego stosowania na zewnątrz pomieszczeń. Dodatek sadzy w tworzywie pozwala uniknąć skutków długotrwałego oddziaływania intensywnego promieniowania UV. Dzięki temu PE nadaje się do
Odporność chemiczna		PE-HD ma wszechstronną odporność chemiczną. Dzięki swojej niepolarnej charakterystyce, PE-HD wykazuje szczególnie dobrą odporność na działanie wody, roztworów soli, kwasów, zasad, alkoholi i wielu rozpuszczalników organicznych – nawet w podwyższonych temperaturach pracy. Odporność PE-HD na związki aromatyczne jest warunkowa i tworzywo nie nadaje się do użytku z silnymi utleniaczami. Odporność chemiczna zależy od wielu czynników, z których najważniejsze są temperatura pracy, czas narażenia oraz stężenie i skład mieszanin. Prosimy o kontakt w sprawie odporności materiału na określone substancje
Optymalne właściwości termiczne i mechaniczne		Źródła literaturowe podają, że PE-HD może być stosowany w temperaturach od - 40°C do +60°C, w których zachowuje doskonałe właściwości mechaniczne w szerokim zakresie zastosowań. Odporność rur, kształtek i armatury na ciśnienie wewnętrzne przy jednoczesnym oddziaływaniu temperatury podano na wykresach PN dla danego materiału.
Odporność na starzenie się		Żywice PE-100 charakteryzują się wysoką wytrzymałością na zrywanie obwodowe (minimalna wymagana wytrzymałość – MRS $\geq 10,0$ MPa w 20°C), co skutkuje długą trwałością użytkową instalacji bez objawów znacznego pogorszenia właściwości fizyko-mechanicznych. Nowe rury wykonane z PE-HD, dla których wydano certyfikaty DIN 8075 i DIN 16892, przewidziane są na minimum 100 lat eksploatacji.
Odporność na ścieranie		PE wykazuje bardzo dobrą odporność na ścieranie. Wykazuje ją przy obciążeniach mechanicznych, szczególnie przy tarciu. PE jest mniej podatny na korozję w odsłoniętych i zakopanych przewodach rurowych. W ten sposób, dzięki swojej długiej żywotności, rodzi wyjątkowo niskie koszty eksploatacji.
Charakter zniszczenia		Ogólnie rzecz biorąc, PE wykazuje sposób zniszczenia kruchościowego poprzez rozpoczęcie powolnego wzrostu pęknięć (SCG) przez ścianę rury. Te pęknięcia mogą rozpoczynać się w mikroskopijnych skazach dających naprężenia, które są naturalne dla rury jako produktu podstawowego, lecz częściej biorą się z wad. Jednak z biegiem lat PE ewoluował i obecnie oferuje dobre połączenie wytrzymałości, sztywności, niezawodności i trwałości, zgodnie z wymaganiami wobec wieloletniej pracy z gazami i wodą pod ciśnieniem, nacisku gruntu i warunków otoczenia pracy. Tworzywo to gwałtownie rozciągnięte pęka w sposób kruchy. Jednakże w razie rozciągania stopniowego, tworzywo zachowuje się w sposób plastyczny i da się rozciągać niemal bez ograniczeń. W ciągu ostatnich 50 lat nastąpił niezwykle rozwój tworzyw PE, czego dowodem jest PE-RC. Wykazuje
		Polietylen jest tworzywem sztucznym łatwopalnym. W przypadku wystawienia na działanie otwartego płomienia, PE pali się i proces spalania podtrzymuje się bez wydzielania sadzy po odjęciu zewnętrznego źródła ognia. Indeks tlenowy wynosi 17%. (Tworzywa, które spalają mniej niż 21% tlenu zawartego w powietrzu są uważane za łatwopalne). Podczas spalania PE powstaje tlenek węgla i woda, lecz
Właściwości elektryczne		PE-HD jest niepolarnym polimerem węglowodorowym o doskonałych właściwościach elektroizolacyjnych. Ma rezystancję $3,5 \cdot 10^{14} \Omega \cdot m$ . PE-HD ma również skłonność do gromadzenia ładunków elektrostatycznych, ponieważ ich nie rozprasza. Dlatego PE-HD nie może być stosowany tam, gdzie istnieje ryzyko zapłonu i/lub wybuchu, i wolno używać go w ściśle określonych warunkach. Więcej informacji można znaleźć w wytycznych DVS nr 2210-1.

## Oznaczenia polietylenu

Ciągły rozwój i doskonalenie tworzyw sztucznych wpływa również na ich właściwości mechaniczne i parametry zmienne. Są one ciągle doskonalone dzięki wieloletniemu doświadczeniu praktycznemu, a także wysiłkom działań badań producentów rur, których zadaniem jest wzrost możliwości tworzyw.

Właściwości mechaniczne poliolefin stosowanych do produkcji rur z tworzyw sztucznych ulepszane są głównie w polietylenach.

Wraz ze zmianami właściwości materiałów tworzyw dochodzi do zmian w ich oznaczeniach.

W produkcji rur z tworzyw sztucznych nie mówi się już o PE-HD, lecz o typach polietylenu – PE63, PE80 i PE100.

Należy jednak zauważyć, że tylko PE100 jest faktycznie szeroko stosowany w produkcji rur. Cyfry w oznaczeniu tworzywa mówią o długotrwałej stabilności materiału. Sposób ten przyjętą się w oznakowaniu materiałów metalowych. Stabilność długotrwała dla PE100 obliczana jest w następujący sposób:  $\text{ref} = 100/10 = 10 \text{ MPa} = 10 \text{ N/mm}^2$  – zakładając, że czynnikiem płynącym przez rurę jest woda o temperaturze 20°C, a zaś czas obciążenia wynosi 50 lat. Wartość MRS wyznaczana jest na podstawie analizy długotrwałych badań rur zgodnie z normą ISO 9080, a następnie klasyfikowana na podstawie ISO 12162.

- PE63  $\geq$  MRS 6,3,
- PE80  $\geq$  MRS 8,0,
- PE100  $\geq$  MRS 10,0.

Ponieważ PE63 ma mniejszą wytrzymałość na pełzanie niż PE80 i PE100, ma on jedynie ograniczone zastosowanie w systemach rur ciśnieniowych. Pod względem wytrzymałości mechanicznej, PE80 odpowiada w znacznym stopniu PE-HD, lecz niektóre właściwości nowszego tworzywa są lepsze.

## Polietylen 100 (PE-100)

Ze względu na większą wytrzymałość, PE100 jest coraz częściej stosowany w budowie rur, zwłaszcza do użytku pod działaniem wysokiego ciśnienia. Początkowe obawy dotyczące spawania tworzywa zostały rozwiane, dzięki czemu producenci i wykonawcy mogą szeroko korzystać z zalet PE100.

Normy i wytyczne dotyczące zastosowań zaktualizowano i tym samym nie istnieją dalej żadne przeszkody w ich stosowaniu.

Nowe dwumodułowe odmiany PE80 i PE100 wykazują poprawę właściwości wytrzymałościowych oraz większą sprężystość niż PE-HD, co jest poprawą jakości tworzywa rodzącą poniższe zalety:

- większa wytrzymałość na pełzanie w wyższych temperaturach.
- większa odporność na szybki wzrost pęknięć,
- zmniejszona podatność na karbowanie.

Jeśli chodzi o trwałość użytkową odmian dwumodułowych, dowody na poparcie założenia, że wynosi on 100 lat, wynikają ze standardowej metody ekstrapolacji podanej w normie ISO 9080.



Innym ważnym czynnikiem wpływającym na szersze zastosowanie PE100 jest to, że można go zgrzewać bez ograniczeń. Zgrzewanie PE100 z elementami z polietylenu PE80 jest również nieograniczone. W przypadku zastosowania kształtek spawanych należy liczyć się z ograniczeniem obciążenia rury ciśnieniem.

### Polietylen losowy odporny na pękanie (PE-RC)

PE 100-RC to nowoczesna żywica, a „RC” oznacza „odporność na pękanie”.

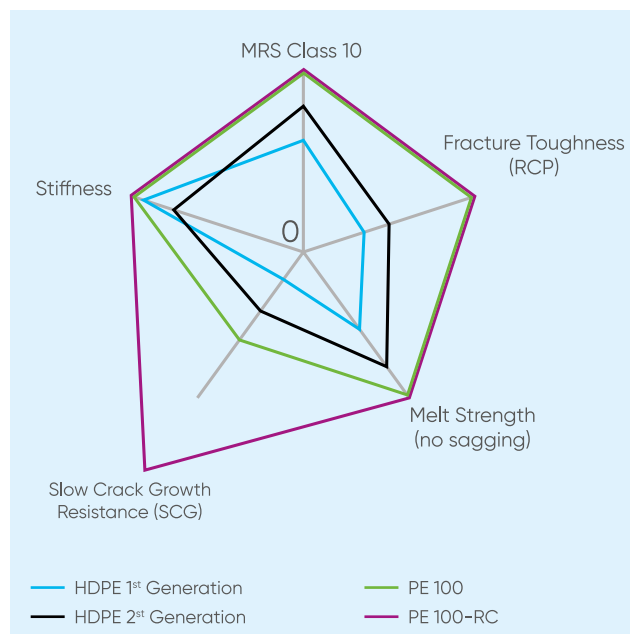
PE 100-RC jest odporny na powolną propagację pęknięć i obciążenia punktowe. Poniższy rysunek ilustruje znaczną różnicę pomiędzy PE 100-RC i innymi tworzywami polietylenowymi.

PE 100-RC ma również znane już, korzystne właściwości PE 100 i można montować go na takie same sposoby. Podstawowe cechy tworzyw PE wyróżniono za pomocą odpowiedniego stylu tekstu.

Wyższa odporność PE 100-RC jest korzystna pod wieloma względami. Poniżej przedstawiamy kilka przykładów, w których PE 100-RC przewyższa inne odmiany polietylenu:

- obszary zastosowań wymagające trudnych technik montażu: wykopy otwarte bez podsypki piaskowej celem ograniczenia, kierowane przewiertki poziome (HDD), renowacje kanałów metodą bezwykopową,

Zastosowanie PE 100-RC jest nie tylko opłacalne, lecz również przynosi korzyści dla środowiska i zrównoważonego rozwoju.



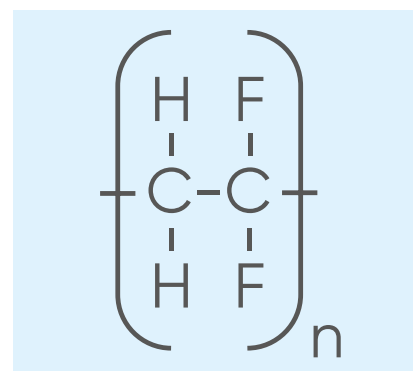
### 1.3.3 Polifluorek winylidenu (PVDF)

PVDF (polifluorek winylidenu) jest fluorowanym, półkryształicznym polimerem technicznym zawierającym wagowo 59% fluoru. Materiał otrzymuje się w wyniku polimeryzacji fluorku winylidenu i ma następujący wzór chemiczny:  $(C_2H_2F_2)_n$ .

Wyróżnia się wyjątkową odpornością mechaniczną, fizyczną i chemiczną, gwarantując doskonałą stabilność cieplną aż do 140°C.






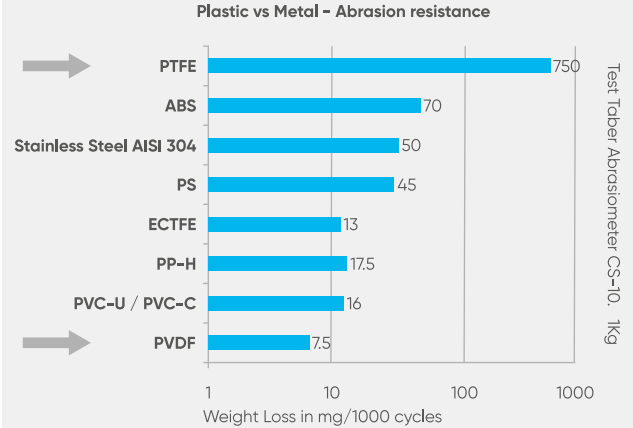



Dzięki wysokiej czystości i wyjątkowej charakterystyce użytkowej, PVDF jest najlepszą alternatywą dla metali i znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle (chemicznym, naftowym, farmaceutycznym, celulozowo-papierniczym, czy elektronicznym).

Żywica PVDF jest niezwykle czystym polimerem, który nie zawiera stabilizatorów, plastyfikatorów, środków smarnych ani środków uniepalniających. Dzięki temu jest idealnym materiałem do przetwarzania wody i substancji chemicznych o ultrawysokiej czystości, gwarantując że nie zanieczyści czynnika znajdującego się w rurach z takiego tworzywa. Ponieważ jest nietoksyczny fizjologicznie, nadaje się do przetwarzania płynów i produktów spożywczych.



**Właściwości PVDF**

<b>Gęstość</b>	
Metoda badania	ISO 1183 - ASTM D792
J.m.	g/cm <sup>3</sup>
Wartość	1,78
<b>Moduł sprężystości</b>	
Metoda badania	ISO 527, ASTM D 790
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	2100
<b>Udarność Charpy'ego w 23°C</b>	
Metoda badania	ASTM D256
J.m.	KJ/m <sup>2</sup>
Wartość	12
<b>Wydłużenie przy zerwaniu</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	%
Wartość	80
<b>Twardość Shore'a</b>	
Metoda badania	ISO 868
J.m.	Shore D
Wartość	78
<b>Wytrzymałość na rozciąganie</b>	
Metoda badania	ISO 527
J.m.	MPa = N/mm <sup>2</sup>
Wartość	50
<b>Punkt mięknięcia VICATA (B/50)</b>	
Metoda badania	ISO 306
J.m.	°C
Wartość	138
<b>Temperatura odkształcenia cieplnego – HDT (0,46 N/mm<sup>2</sup>)</b>	
Metoda badania	ASTM D648
J.m.	°C
Wartość	145
<b>Przewodność cieplna w 23°C</b>	
Metoda badania	DIN 52612-1 - ASTM C177
J.m.	W/(m °C)
Wartość	0,19
<b>Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej</b>	
Metoda badania	DIN 53752 - ASTM D696
J.m.	m/(m °C)
Wartość	12 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Graniczny indeks tlenowy</b>	
Metoda badania	ISO 4859-1 - ASTM D2863
J.m.	%
Wartość	44

Właściwości	Korzyści																		
<b>Odporność na</b> 	<p>Polifluorek winylidenu (PVDF) wykazuje wrodzoną odporność – zwłaszcza na reakcje utleniania ozonem i degradację pod wpływem promieniowania UV. Odporność ta wynika ze stabilności chemicznej węgla i fluorków zawartych w PVDF, jak również z polimerowych interakcji PVDF podczas jego produkcji. Tworzywo PVDF które stosujemy, oferuje doskonałą odporność na naturalne starzenie się i nie wymaga dodatków uodparniających na światło UV.</p>																		
<b>Odporność chemiczna</b> 	<p>Zastosowanie żywicy PVDF, polimeru fluorku winylidenu, gwarantuje doskonałą odporność na korozję i ścieranie podczas przetwarzania bardzo agresywnych substancji chemicznych. PVDF jest zasadniczo obojętny na większość kwasów nieorganicznych, kwasów organicznych, węglowodorów aromatycznych i alifatycznych, alkoholi i rozpuszczalników fluorowcowanych. Jednakże nie jest zasadniczo zalecany do stosowania z aminami, ketonami, silnymi zasadami (np. sodą kaustyczną) i oleum (kwasem siarkowym z trójtlenkiem siarki). Prosimy o kontakt w sprawie odporności</p>																		
<b>Optymalne właściwości termiczne i mechaniczne</b> 	<p>PVDF zachowuje niezmiennie właściwości w zakresie temperatur od <math>-40^{\circ}\text{C}</math> do <math>+140^{\circ}\text{C}</math>. Rury z PVDF nadają się szczególnie do wszelkich zastosowań wymagających wysokich temperatur pracy, bardzo niskiego poziomu zanieczyszczenia cieczy oraz wysokiej odporności na starzenie pod wpływem czynników atmosferycznych i promieniowania UV. Doskonałe właściwości mechaniczne materiału pozostają nienaruszone nawet w</p>																		
<b>Odporność na starzenie się</b> 	<p>Żywice PVDF charakteryzują się ogromną wytrzymałością na zrywanie obwodowe (minimalna wymagana wytrzymałość – <math>\text{MRS} \geq 25 \text{ MPa}</math> w <math>20^{\circ}\text{C}</math>), co skutkuje długim okresem eksploatacji instalacji bez objawów znacznego pogorszenia właściwości fizyko-mechanicznych. Fluoropolimery wyróżniają się również wyższą stabilnością termiczną niż ich węglowodorowe odpowiedniki. Stabilność ta wynika z silnej elektroujemności atomu fluoru, a tym samym z wysokiej energii dysocjacji wiązania C-F. PVDF ma doskonałą odporność na długotrwałe starzenie termiczne, aż do <math>150^{\circ}\text{C}</math>.</p>																		
<b>Odporność na ścieranie</b> 	<p>Próba ścierania Tabera (w którym mierzy się spadek ciężaru materiału po wystawieniu go na działanie ściernicy przez 1000 cykli) dowodzi, że PVDF jest najbardziej odpornym na ścieranie tworzywem termoplastycznym (CS-10, obciążenie 1 kg, spadek ciężaru / 1000 cykli = 5-10 mg). Poniższy rysunek wyraźnie ilustruje wysoką odporność PVDF na ścieranie w porównaniu z innymi materiałami. PVDF wykazuje tylko 7,5 mg ubytku materiału w 1000 cyklach, zaś wszystkie pozostałe</p> <div data-bbox="863 1039 1498 1563"> <p style="text-align: center;"><b>Plastic vs Metal - Abrasion resistance</b></p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Materiał</th> <th>Waga utracona (mg/1000 cykli)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PTFE</td> <td>750</td> </tr> <tr> <td>ABS</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Stainless Steel AISI 304</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>PS</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>ECTFE</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>PP-H</td> <td>17.5</td> </tr> <tr> <td>PVC-U / PVC-C</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>PVDF</td> <td>7.5</td> </tr> </tbody> </table> </div>	Materiał	Waga utracona (mg/1000 cykli)	PTFE	750	ABS	70	Stainless Steel AISI 304	50	PS	45	ECTFE	13	PP-H	17.5	PVC-U / PVC-C	16	PVDF	7.5
Materiał	Waga utracona (mg/1000 cykli)																		
PTFE	750																		
ABS	70																		
Stainless Steel AISI 304	50																		
PS	45																		
ECTFE	13																		
PP-H	17.5																		
PVC-U / PVC-C	16																		
PVDF	7.5																		
<b>Charakter zniszczenia</b> 	<p>W rurach PVDF poddanych stałemu ciśnieniu w wysokiej temperaturze zaobserwowano dwa odmienne mechanizmy zniszczenia tworzywa. Ze względu na miejsce odkształcenia i rozwój pęcherza, rury pękają w sposób ciągły przy średnich naprężeniach obwodowych większych od wartości krytycznej (<math>\sigma_{\chi}</math>). PVDF wykazuje inny przebieg zniszczenia przy średnim naprężeniu obwodowym poniżej wartości krytycznej (<math>\sigma_{\chi}</math>). Wyróżnia się ono stopniową i punktową propagacją bardzo małego pęknięcia przez ściankę rury. O tworzywie tym często mówi się, że jest „kruche”, ponieważ nie wykrywa się</p>																		
	<p>Żywice PVDF gwarantują doskonałą odporność na ogień bez konieczności stosowania środków uniepalniających. Jego wartość indeksu tlenowego (LOI) wynosi 44%. Ponieważ zwykle powietrze atmosferyczne zawiera około 21% tlenu, materiał, którego wskaźnik tlenowy jest znacznie wyższy niż 21%, uznaje się za ognioodporny, ponieważ pali się tylko w atmosferze bogatej w tlen. Tworzywo w razie pożaru umiarkowanie dymi. Żywice PVDF mają klasyfikację UL-94, klasa V-O.</p>																		
<b>Właściwości elektryczne</b> 	<p>PVDF jest materiałem nieprzewodzącym, jak wszystkie inne niemodyfikowane tworzywa termoplastyczne. W przypadku systemów z PVDF oznacza to, że nie dochodzi do korozji elektrochemicznej. Jednakże dielektryczność tworzywa może prowadzić do gromadzenia się ładunków elektrostatycznych. Należy zwrócić szczególną uwagę na tę właściwość w warunkach, gdzie mogą</p>																		

## 1.4 Kauczuk

Kauczuk jest organicznym polimerem izoprenu (zazwyczaj jest to cis-1,4-poliizopren). Jest to polimer węglowodorowy, który występuje w sokach różnych roślin i może zostać zsyntetyzowany sztucznie w postaci mleczka lateksowego.

W oparciu o metodę produkcji lub pochodzenia kauczuku, można podzielić go na dwa rodzaje, a mianowicie:

- Kauczuk naturalny,
- Kauczuk syntetyczny.

### Kauczuk naturalny

Kauczuk naturalny jest elastomerem i tworzywem termoplastycznym. Kauczuk po wulkanizacji staje się termoutwardzalny. Większość kauczuku używanego na co dzień jest wulkanizowana do chwili, w której osiąga właściwości obu powyższych postaci.

Kauczuk naturalny otrzymuje się z soku-mleczka lateksowego drzewa kauczukowego. Sok ten jest tworzywem elastycznym. Cząsteczki kauczuku obecne w rurek lateksowych składają się z 5 atomów węgla i 8 atomów wodoru. Cząsteczki kauczuku łączą się ze sobą, tworząc długie, łańcuchowe struktury. Taki łańcuch cząsteczek kauczuku nazywany jest polimerem, który przydaje kauczukowi sprężystości.

Kauczuk naturalny zawiera niewielką ilość (około 5%) innych składników – są to m.in. tłuszcze, kwasy tłuszczowe, żywice i produkty nieorganiczne (sole).

Ostateczne właściwości wyrobu gumowego zależą nie tylko od polimeru, ale także od modyfikatorów i wypełniaczy – takich jak sadza, faktysa czy kreda.

### Kauczuk syntetyczny

Kauczuk syntetyczny to kauczuk, który można wytwarzać sztucznie. Elastomer można opisać jako substancję posiadającą właściwość sprężystości. Kauczuk syntetyczny jest zatem rodzajem kauczuku produkowanego z substancji chemicznych i służy jako zamiennik kauczuku naturalnego. Istnieją różne rodzaje polimerów stosowanych do produkcji różnych postaci kauczuku syntetycznego. Skutkiem tego, różne rodzaje kauczuków syntetycznych mają różne właściwości, które dostosowuje się potrzebom sektorów wyrobów kauczukowych.

Poniżej przedstawiono niektóre z popularnych rodzajów kauczuków syntetycznych, które są stosowane w różnych gałęziach przemysłu:

- Polichloropren (CR)
- Styren-butadien (SBR)
- Monomer etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM)
- Butadien akrylonitrylowy (NBR)
- Polisiloksan (SI),
- Fluoroelastomer (FKM)
- Perfluoroelastomer (FFKM)
- Chlorosulfonowany polietylen (CSM)

W Aliaxis stosujemy głównie następujące dwa rodzaje kauczuku:

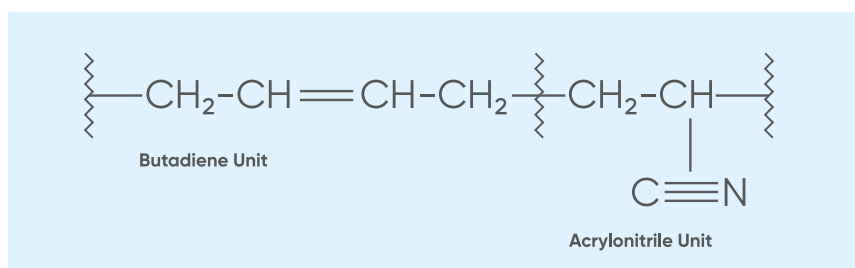
- Monomer etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM)
- Fluoroelastomer (FKM)

Oprócz tego oferujemy również perfluoroelastomer (FFKM), który może być dostępny w naszych armaturach przemysłowych na życzenie, na potrzeby szczególnych potrzeb technologicznych. Niektóre z oferowanych przez nas złączy STRAUB mają uszczelki z butadienu akrylonitrylowego (NBR).

### 1.4.1 Butadien akrylonitrylowy (NBR)

Kauczuk akrylonitrylowo-butadienowy jest kauczukiem syntetycznym otrzymywanym z akrylonitrylu (ACN) i butadienu. NBR zawiera polarne, nitylowe grupy boczne na szkielecie polimeru. Nie oddziałują one w żadnym stopniu z cieczami niepolarnymi, takimi jak benzyna, olej i smary, a zatem materiał nie jest podatny na pęcznienie w tych czynnikach. Dlatego też kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy różni się od innych kauczuków odpornością na czynniki. Im więcej akrylonitrylu zawiera kauczuk, tym lepsza jest jego odporność na działanie substancji chemicznych, takich jak oleje mineralne i paliwa oraz na działanie gorącej wody. Inne zalety NBR to dobry profil charakterystyki mechanicznej i niska przepuszczalność gazów.

Kauczuk nitylowy nie iskrzy dzięki słabej skłonności do gromadzenia elektryczności statycznej i dlatego jest powszechnie stosowany do produkcji węży hydraulicznych, przewodów paliwowych, uszczelek i o-ringów w maszynach smarowanych olejem. Innym ważnym obszarem zastosowania jest górnictwo naftowe i gazowe. NBR służy głównie jako materiał na



Na rysunku przedstawiono budowę chemiczną NBR.

#### Zalety NBR

- Oferuje dobrą odporność chemiczną na oleje mineralne, paliwa, smary, alkohole oraz tłuszcze i oleje roślinne oraz zwierzęce.
- Zakres temperatury dla zastosowań, w zależności od składu mieszanki:  $-50 - +100^{\circ}\text{C}$ .
- Dobre właściwości mechaniczne.
- Dobra przewodność elektryczna dzięki polaryzacji.

#### Zastosowania NBR

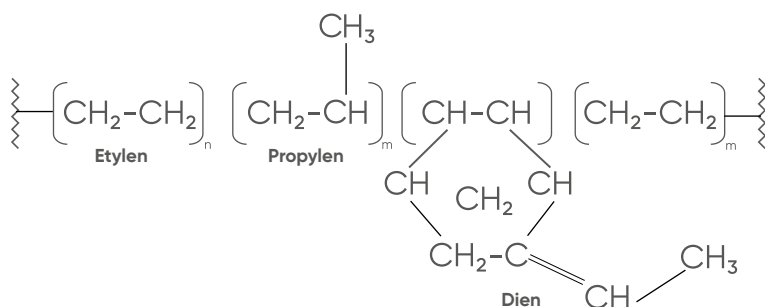
- Uszczelnienia i o-ringi.
- Uszczelki kształtowe.
- Przemysł motoryzacyjny.
- NBR jest stosowany jako materiał bazowy do produkcji rękawic laboratoryjnych i chirurgicznych oraz do chemicznej impregnacji tekstyliów.

## 1.4.2 Monomer etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM)

Kauczuk EPDM lub etylenowo-propylenowo-dienowy jest jednym z najbardziej popularnych rodzajów kauczuku syntetycznego. EPDM jest elastomerem, kauczukiem o wysokiej gęstości, który ma wiele zastosowań i jest bardzo trwały. Składa się z etylenu, propylenu i komonomeru dienowego, który umożliwia sieciowanie poprzez wulkanizację siarką.

Jest to tworzywo półkryształiczne, o strukturze krystalicznej typu etylenowego przy wyższych zawartościach etylenu, i staje się zasadniczo amorficzny przy zawartości etylenu zbliżonej do 50% wagowo.

Istnieją pewne cechy tego kauczuku, które czynią go szczególnie przydatnym w izolacjach elektrycznych, uszczelkach i laminowaniu (powlekanii). Dzisiejsze technologie polimeryzacji i katalizatorów dają możliwość opracowania kauczuku EPDM, który będzie spełniał precyzyjne, wymagające kryteria produkcji i przetwórstwa.



### Zalety kauczuku EPDM

- Kauczuk EPDM ma wyjątkową odporność na utlenianie atmosferyczne, dzięki czemu znosi działanie słońca, ozonu i temperatury.
- Ma silną odporność na większość chemikaliów na bazie wody i cieczy alkalicznych.
- Tolerancja kauczuku EPDM na materiały ściernie i rozdarcie jest również dobra.
- Ma dobrą rezystywność elektryczną.
- Kauczuk EPDM jest również odporny na działanie rozpuszczalników polarnych, takich jak woda, kwasy, zasady, czy estry fosforanowe.
- Charakteryzuje się wyjątkową elastycznością w wysokich i niskich temperaturach. EPDM nadaje się do użytku w temperaturach od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $+120^{\circ}/150^{\circ}\text{C}$ , w zależności od systemu utwardzania.

### Zastosowania EPDM

Ponieważ kauczuk EPDM nie pęka w warunkach na zewnątrz pomieszczeń, jest powszechnie stosowany do uszczelniania w budynkach i w przemyśle motoryzacyjnym. Węże parowe, uszczelnienia na wysoką temperaturę oraz okładziny rolek – to niektóre z innych zastosowań tego tworzywa. Dzisiejsze technologie polimeryzacji i katalizatorów dają możliwość opracowania kauczuku EPDM, który będzie spełniał precyzyjne, wymagające kryteria produkcji i przetwórstwa.

Przyczyniło się to do popularnego użytku kauczuku EPDM w następujących sektorach:

- O-ringi i przepony zaworów
- Uszczelki kołnierzy i króćców
- Uszczelki i listwy uszczelniające karoserii samochodowej
- Rury elastyczne
- Izolacja elektryczna
- Papy dachowe
- Wyroby mechaniczne z kauczuku

### 1.4.3 Fluoroelastomer (FKM)

FKM (fluoropochodna węglowodoru) to kauczuk syntetyczny należący do rodziny fluoroelastomerów. Wszystkie FKM zawierają fluorek winylidenu jako monomer.

Fluoroelastomery są droższe niż elastomery gumowe wykonane z neoprenu lub nitrilu, ale dają wyższą odporność termiczną i chemiczną. Ze względu na budowę chemiczną, zawartość fluoru lub mechanizm sieciowania, FKM można podzielić na odrębne grupy:

**Typ 1** FKM składa się z fluorku winylidenu (VDF) i heksafluoropropylenu (HFP). Typową kategorią FKM, która wykazuje dobrą, ogólną wydajność, są kopolimery. Zawartość fluoru wynosi tu około 66% wagi.

**Typ 2** FKM składa się z VDF, HFP i tetrafluoroetylen (TFE). W porównaniu z kopolimerami, terpolimery zawierają więcej fluoru (typowo pomiędzy 68 a 69% wagowo), co skutkuje większą tolerancją chemiczną i termiczną. Może to mieć negatywny wpływ na zakres ściśliwości i wszechstronność zastosowań w niskich temperaturach.

**Typ 3** FKM składa się z VDF, TFE i perfluorometylowinyloeteru (PMVE). W porównaniu z kopolimerami i terpolimerami, obecność PMVE daje wyższą stabilność w niskiej temperaturze. Zawartość fluoru w FKM typu 3 wynosi zwykle od 62 do 68% wagi.

**Typ 4** FKM składa się z propylenu, TFE i VDF. W przypadku FKM typu 4, pomimo poprawy odporności na działanie zasad, ich właściwości pęcznienia ulegają pogorszeniu, zwłaszcza w węglowodorach. Zawartość fluoru wynosi tutaj zazwyczaj około 67% wagi.

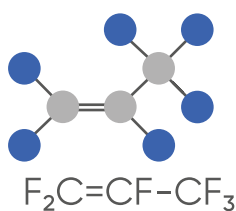
**Typ 5** FKM składa się z VDF, HFP, TFE, PMVE i etylenu. Typ 5 FKM jest znany ze swojej odporności na działanie zasad i siarkowodoru w wysokich temperaturach.

Stosowany przez nas FKM zawiera fluor w około 70% wagowych.

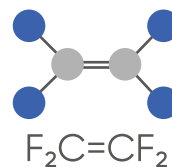
Jak wspomniano powyżej, budowa chemiczna FKM zależy głównie od udziału fluoru.



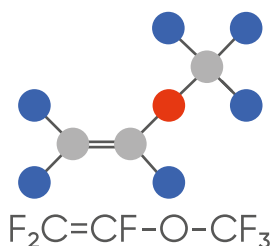
(59% fluorine)  
Vinylidene fluoride



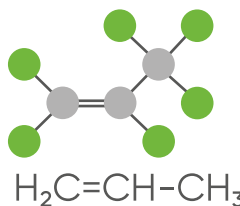
(76% fluorine)  
Hexafluoropropylene



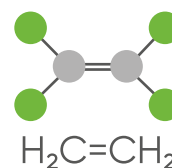
(76% fluorine)  
Tetrafluoroethylene



(69% fluorine)  
Perfluoro (methyl-based vinyl) ether



Propylene



Ethylene



## Zalety FKM

- Odporność fluoroelastomerów na szkodliwe działania chemiczne spowodowane utlenianiem, kwasami i paliwami jest doskonała.
- Ich odporność na parę wodną, metanol i inne wysoce polarne ciecze jest minimalna.
- Wysoki stosunek zawartości fluoru do wodoru, siła wiązania węgiel-fluor i brak nienasycenia są powodem wyjątkowej stabilności cieplnej i doskonałej odporności na oleje.
- Mogą znosić silne zasady i ketony równie dobrze, co znoszą węglowodory aromatyczne, paliwa, kwasy i parę wodną.
- Fluoroelastomery poddane działaniu nadtlenków mają z natury większą odporność na wodę, parę i kwas.

## Zastosowania FKM

Nawet w skrajnych warunkach FKM oferuje jakość i długotrwałą niezawodność. Poniżej znajduje się lista jego zastosowań:

- O-ringi i przepony zaworów
- Uszczelki kołnierzy i króćców
- Uszczelki kolektorów
- Pęcherze zbiorników paliw
- Uszczelnienia przegród pożarowych
- Uszczelnienia instalacji paliwowych i smarowania silników

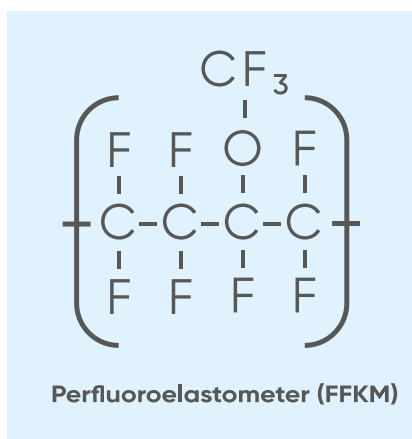
W Aliaxis stosujemy fluoroelastomer o średniej lepkości, wysokiej zawartości fluoru (70%), utwardzany nadtlenkowo. Nasz FKM wykazuje znakomitą odporność na szeroką gamę substancji chemicznych, w połączeniu z doskonałą podatnością na przetwarzanie i optymalną podatnością na ściskanie. FKM nadaje się do użytku w temperaturach od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+205^{\circ}/230^{\circ}\text{C}$ , w zależności od gatunku.

### 1.4.4 Perfluoroelastomer (FFKM)

Elementy z perfluoroelastomeru (FFKM/FFPM) są odporne na ponad 1800 różnych substancji chemicznych, w tym stężony kwas azotowy, wodorotlenek sodu, etylenodiaminę i parę wodną, a jednocześnie mają wysoką stabilność temperaturową dorównującą teflonowi – PTFE ( $327^{\circ}\text{C}$ ).

Podzespoły FFKM są stosowane w procesach chemicznych o wysokiej agresywności, produkcji płytek półprzewodnikowych, farmaceutyce, górnictwie naftowym i gazowym oraz w przemyśle lotniczym i kosmicznym.

Wieloletnie, sprawdzone właściwości komponentów z FFKM mogą przekładać się na rzadsze wymiany uszczeltek, naprawy i kontrole, wydłużając czas bezawaryjnej pracy procesów i urządzeń, co pozwala uzyskać wyższą wydajność i



Na rysunku przedstawiono budowę chemiczną FFKM.



### Zalety FFKM

- Odporność na ponad 1800 różnych substancji chemicznych.
- Odporność na wysoką temperaturę – do 327°C.
- Zachowuje spójność uszczelnień.
- Niższe koszty eksploatacji i konserwacji.
- Długa żywotność uszczelnienia.
- Spełnia normy bezpieczeństwa obowiązujące w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym.
- Dostępne w standardowych i specjalnych mieszankach, do niestandardowych zastosowań.

### Zastosowania FFKM

- Uszczelnienia i o-ringi zaworów, pomp, reaktorów i połączeń kołnierзовych.
- Systemy uszczelnień trzpieni zaworów.
- Wysoce sprawne części dla przemysłu lotniczego, naftowego i gazowego, transportu i przetwórstwa chemicznego.

## 1.5 Politetrafluoroetylen (PTFE)

Politetrafluoroetylen (PTFE) jest polimerem fluorowym wyróżniającym się dużą masą cząsteczkową i niemal absolutną odpornością chemiczną na działanie odczynników i rozpuszczalników.

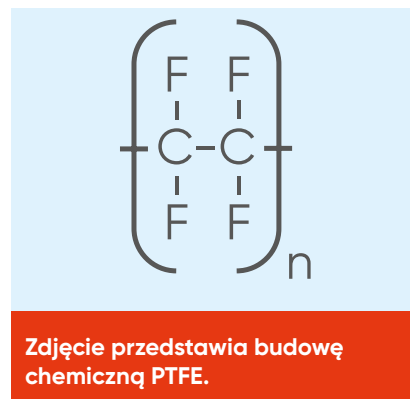
PTFE jest tworzywem niepalnym o bardzo wysokiej stabilności cieplnej, ma nadzwyczajne właściwości wytrzymałościowe i elastyczne – również w niskich temperaturach.

Dzięki właściwościom samosmarnym i odporności na uderzenia, polimery politetrafluoroetyleny, występujące m.in. pod nazwami handlowymi Teflon®, Fluon® i Argoflon®, są od wielu lat z powodzeniem stosowane w przemyśle do produkcji elementów uszczelniających, łożysk, pierścieni zabezpieczających i kół zębatych.

Spośród żywic termoplastycznych to właśnie PTFE umożliwia osiągnięcie najwyższych temperatur pracy, ponieważ może być powszechnie stosowany aż do 250°C – 260°C.

Ze względu na swoją niezwykłą obojętność chemiczną, polimery i kopolimery PTFE są również w dużej mierze stosowane jako okładziny rurociągów, zbiorników i urządzeń technologicznych w przemyśle chemicznym.

PTFE składa się z szeregu atomów węgla, każdy połączony przez dwa atomy fluoru. Łańcuch węglowy jest otoczony przez atomy fluoru, tworząc „grubą” cząsteczkę z bardzo ciasnymi wiązaniami węgiel-fluor, o strukturze polimeru, która sprawia, że większość substancji chemicznych jest obojętna dla do PTFE.



### Właściwości PTFE

- Nie jest reaktywny, częściowo z powodu siły wiązań węgiel-fluor, dlatego jest również stosowany na rurociągi i naczynia dla czynnych, żrących substancji chemicznych.
- PTFE stosowany jako środek smarny, eliminuje tarcie, zużycie mechaniczne i straty energii. W operacjach chirurgicznych znajduje szerokie zastosowanie jako podłoże do przeszczepów.
- PTFE jest również stosowany jako materiał na uszczelki w sektorach wymagających odporności na agresywne czynniki chemiczne, np. w farmaceutyce czy produkcji chemicznej, co zawdzięcza swoim doskonałym właściwościom chemicznym i termicznym.
- PTFE ma doskonałe właściwości elektroizolacyjne.
- Jest to materiał nieprzylepny i wodoodporny.
- Ma dużą na temperaturę (od -30°C do +260°C).
- Utrzymuje najniższy współczynnik tarcia spośród wszystkich ciał stałych.

### Zastosowania PTFE

PTFE jest materiałem chemicznie obojętnym, a jego szeroki zakres temperatur roboczych czyni go dobrą alternatywą w wielu zastosowaniach przemysłowych. Poniżej przedstawiono niektóre z obszarów zastosowań PTFE:

- Przepony zaworów i gniazda kulowe
- Taśma uszczelniająca do połączeń gwintowanych
- Powlekanie elementów urządzeń przetwórstwa chemicznego (pomp, zaworów, siłowników)
- Okładziny wewnętrzne rur
- Uszczelki kształtowe

## 1.6 Żywice, związki i dodatki

### 1.6.1 Żywice

Słowo „żywica” odnosi się do każdego polimeru, który jest materiałem-bazą dla tworzywa sztucznego. Zazwyczaj jest to mieszanina związków organicznych.

Żywice powstają w procesie krakingu: w tej operacji węglowodory rozbija się oddziałując na nie ciepłem.

Temperatura stosowana podczas krakingu w dużej mierze odpowiada za ostateczną ilość i rodzaj węglowodorów.

Po zakończeniu krakingu, powstałe związki chemiczne tworzą łańcuch zwany polimerem. Tworzenie różnych łańcuchów i polimerów pozwala produkować tworzywa o różnych właściwościach, a tym samym o różnych zastosowaniach.

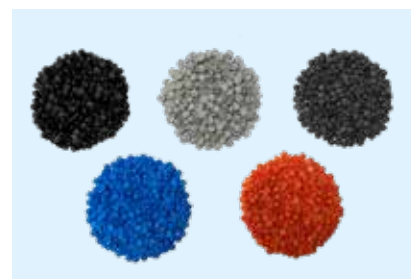


### 1.6.2 Mieszanki

Mieszanka jest mieszaniną polimeru termoplastycznego z innymi dodatkami lub składnikami.

Aby polimer mógł nadać się do wytworzenia produktu gotowego z tworzywa sztucznego, musi zostać zmieszany. Słowo „mieszankowanie” sugeruje, że jest to łączenie dodatków z polimerem w celu poprawy jego właściwości.

Polimer na początku fazy mieszankowania ma zazwyczaj postać proszku, granulek lub kulek, ale może być również roztworem, roztopem lub zawiesiną. Ostatnim etapem procesu produkcji jest przetworzenie roztopu w granulata.



Istnieją trzy etapy tworzenia mieszanki:

- mieszanie: łączenie różnych składników,
- mieszankowanie: wstępna mieszanina materiałów jest mieszana prawidłowo i sprowadzana do postaci roztopu lub pasty,
- granulacja: zmieszany materiał jest formowany w taki sposób, aby można go było pociąć na granulki.

### 1.6.3 Dodatki

Bez mieszania dodatków z polimerem nie można wytworzyć mieszanki. Aby zmienić właściwości tworzywa, potrzebny jest dodatek, który sprawi, że stanie się ono mocniejsze, bardziej wytrzymałe, tańsze lub odporne na degradację polimeru.

Istnieją dwie klasy dodatków, które możemy wymienić: modyfikatory i dodatki ochronne.

Jak sama nazwa wskazuje, modyfikatory zmieniają właściwości fizyczne polimeru. Modyfikatory obejmują:

- plastyfikatory,
- wypełniacze,
- obciążacze,
- substancje chemiczne (środki sieciujące, modyfikatory udarności, środki porotwórcze),
- pigmenty.

Jak sama nazwa wskazuje, dodatki ochronne służą do ochrony polimeru przed degradacją. Dodatki ochronne obejmują:

- przeciwutleniacze,
- stabilizatory termiczne,
- stabilizatory UV,
- środki smarne (wewnętrzne i zewnętrzne),
- środki ułatwiające przetwórstwo.

## 1.7 Badanie materiału

W cyklu życia polimeru – od surowca poprzez mieszankę aż do półproduktu i wyrobu gotowego – badania odgrywają istotną rolę. Badania pozwalają ocenić, czy materiał spełnia wymagania wobec ogólnych materiałowych, co pozwala nam przejść do kolejnego etapu, którym jest produkt gotowy. Jakość jest wynikiem zarówno procesu, jak i materiału. Jeżeli materiał, z którego wykonany jest produkt, jest wadliwy, to produkt może być wadliwy. Aby zagwarantować idealną jakość każdego produktu pochodzącego z Aliaxis, przeprowadzamy badania różnymi metodami. Poniżej przedstawiamy typowe metody badawcze, które realizujemy na surowcach z naszej oferty produktów przemysłowych.

### 1.7.1 Próba udarności

Próby udarności służą do badania wytrzymałości materiału. Wytrzymałość materiału jest czynnikiem określającym jego zdolność do pochłaniania energii podczas odkształcenia plastycznego. Materiały kruche mają niską wytrzymałość, co wynika z małej wielkości odkształceń plastycznych, które mogą znieść. Wartość udarności materiału może również zmieniać się w zależności od temperatury. Ogólnie rzecz biorąc, w niższych temperaturach energia udaru materiału jest mniejsza.

#### Rodzaje badań

Istnieją zasadniczo dwa rodzaje badań udarowych: wahadłowe i kafarowe. Metoda wahadłowa nadaje się do badania udarności materiałów z tworzyw sztucznych, natomiast metoda kafarowa przeznaczona jest dla stali.

Próby udarności Izoda, Charpy'ego i udarności przy rozciąganiu są najbardziej rozpowszechnionymi próbami wahadłowymi.

Próba udarności Charpy'ego, Izoda oraz udarności przy rozciąganiu to powszechnie stosowane metody oceny udarności lub wytrzymałości materiałów. Innymi słowy, badania te pozwalają wyznaczyć całkowitą ilość energii, którą materiał badany może pochłonąć. Ilość pochłanianej energii jest ściśle związana z kruchością materiału. Materiały kruche zwykle pochłaniają mniej energii niż materiały plastyczne.

Ważne jest, aby rozpatrywać właściwości pochłaniania energii przez materiał, ponieważ pozwalają one przewidzieć, jak duże odkształcenia plastyczne może znieść dany materiał przed katastrofalnym zniszczeniem. Należy również rozpatrywać podobieństwa i różnice pomiędzy tymi dwiema popularnymi metodami badań udarności.

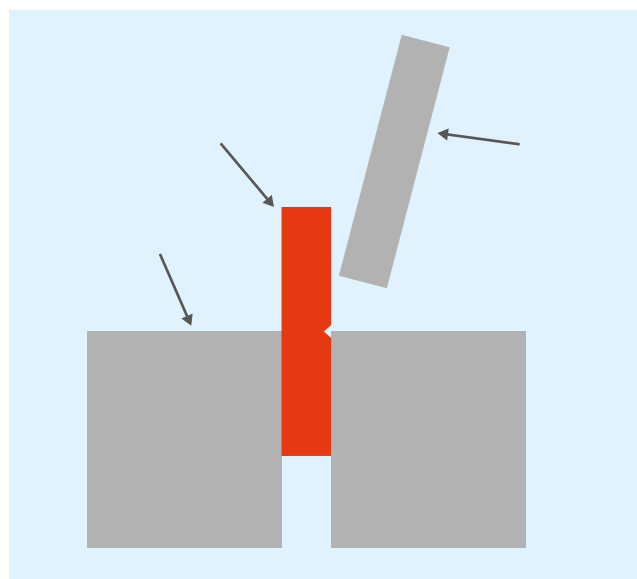
#### Metody badań wahadłowych

##### Próba udarności Izoda

Nazwa badania pochodzi od nazwiska Edwina Gilberta Izoda (1876-1946), angielskiego inżyniera, który opisał metodę badawczą w 1903 roku. Próba udarności Izoda jest standardową metodą ASTM służącą do wyznaczania odporności materiałów na uderzenia. Ramię na przegubie obrotowym jest podnoszone (mając stałą energię potencjalną) na pewną wysokość, a następnie zwalniane. Ramię opada, uderzając w karbowaną próbkę i przełamując ją. Energia pochłonięta przez próbkę jest obliczana na podstawie wysokości, na jaką wychyli się (odbije) ramię po uderzeniu w próbkę. Do oceny energii uderzenia i czułości karbu stosuje się zwykle próbkę z karbem.

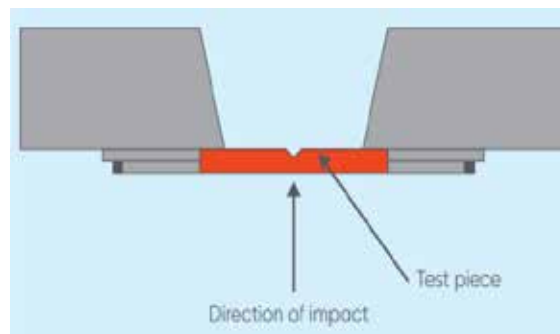
Układ przyrządu badawczego i próbki jest bardzo podobny do tych w próbie udarności Charpy'ego, z kilkoma zauważalnymi różnicami – w tym kierunkiem próbki, zamocowanej pionowo w urządzeniu, i z karbem skierowanym w stronę wahadła. Wahadło uderza w próbkę w konkretnym miejscu ponad karbem.

Jedną z kluczowych różnic względem próby Charpy'ego



## Próba udarności Charpy'ego

Próba udarności Charpy'ego została opracowana przez S.B. Russella i Georgesa Charpy'ego na przełomie XIX i XX wieku. Dzięki wkładowi technologicznemu i pracy Charpy'ego nad standaryzacją, próba ta stała się znana pod jego nazwiskiem na początku pierwszej dekady XX wieku. Dzięki względnej prostocie przygotowania próbek i uzyskiwania wyników, do dziś pozostaje ona jedną z najpopularniejszych metod badań udarności. Aparatura badawcza składa się z obciążonego wahadła, które jest upuszczane z określonej wysokości do uderzenia w próbkę. Mierząc różnicę wysokości wahadła przed i po przełamaniu próbki, można obliczyć energię przekazaną do substancji badanej.



Próbka do badań metodą Charpy'ego jest zamocowana poziomo w maszynie i nosi nacięcie wykonane na jednej z powierzchni czołowych. Nacięcie to, które może mieć kształt litery V lub U, umieszcza się naprzeciwko wahadła i pomaga skupić naprężenia, co ułatwia przełamanie. Badania można prowadzić zarówno w temperaturze otoczenia, jak i w temperaturze obniżonej.

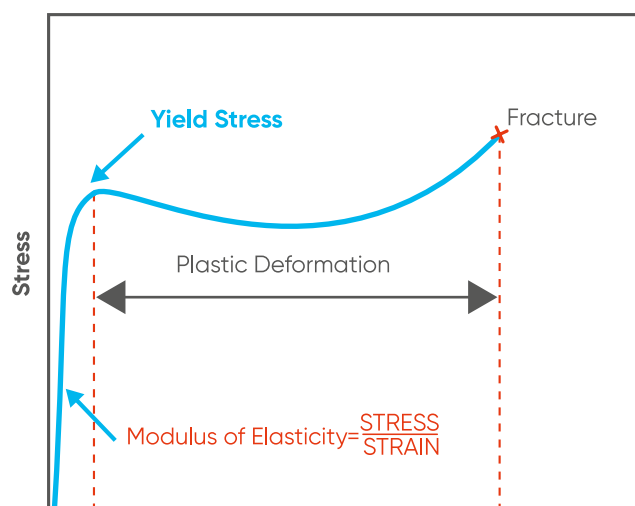
Próba udarności Charpy'ego jest najczęściej wykonywana na metalach. Dla tworzyw sztucznych i polimerów stosuje się szereg norm badawczych, w tym ASTM D6110 i ISO 179.

## Próba udarności przy rozciąganiu

Jednym z najprostszych i najbardziej powszechnych rodzajów badań mechanicznych jest próba udarności przy rozciąganiu. Próba rozciągania polega na przyłożeniu siły rozciągającej do materiału badanego i pomiarze reakcji próbki na przyłożone naprężenie. W ten sposób możemy określić, jak mocny jest dany materiał i jak bardzo może się wydłużyć. Zazwyczaj próby rozciągania wykonywane są na elektromechanicznych lub uniwersalnych maszynach wytrzymałościowych (UTM).

Możemy uzyskać pełen przebieg właściwości rozciągania poprzez badanie materiału w trakcie jego rozciągania. Dane te dają krzywą naprężenia/odkształcenia, która przedstawia jak materiał reaguje na przyłożone siły. Duże zainteresowanie skupia się na fazie przełomu lub zniszczenia, lecz inne istotne cechy obejmują moduł sprężystości, granicę plastyczności i odkształcenie.

Poniżej przedstawiono najważniejsze pojęcia związane z próbą udarności na rozciąganiu.



## Wytrzymałość na rozciąganie

Jedną z najważniejszych właściwości, które możemy wyznaczyć dla danego materiału jest jego wytrzymałość na rozciąganie (UTS).

Jest to maksymalne naprężenie, które próbka znosi podczas badania.

## Prawo Hooke'a

Prawo Hooke'a opisuje liniową zależność pomiędzy przyłożoną siłą lub obciążeniem a wydłużeniem próbki. Innymi słowy, prawo Hooke'a to prawo, wedle którego stosunek naprężenia do odkształcenia jest stały,  $E = \sigma/\epsilon$ . Gdzie:  $E$  jest „modułem sprężystości” lub „modułem Younga”,  $\sigma$  jest przyłożonym naprężeniem/obciążeniem,  $\epsilon$  jest odkształceniem obserwowanym w materiale dla przyłożonego obciążenia.

## Moduł sprężystości

Moduł sprężystości jest miarą sztywności materiału, zaś sztywność występuje tylko na początkowym odcinku krzywej. Ta część krzywej zwana jest „regionem sprężystym”, co oznacza, że w jego granicach materiał odzyska swój pierwotny kształt po odjęciu przyłożonego obciążenia.

W tabeli podano wartości modułu sprężystości różnych tworzyw sztucznych na podstawie ISO 527-1.

Material	Wartość (MPa, 23°C)
UPVC	2 700
CPVC	2 700
ABS	2 000
PP-H	1 300
PE100	1 000
PVDF	1 900

## Wytrzymałość plastyczna (wrażna granica plastyczności)

„Granica plastyczności” materiału jest to naprężenie przyłożone do materiału, przy którym zaczyna się on odkształcać plastycznie (trwale). Zakres w którym występuje takie zachowanie materiału nazywamy „regionem odkształcenia plastycznego”, co oznacza, że w jego granicach materiał traci zdolność do odzyskania pierwotnego kształtu nawet po odjęciu przyłożonego obciążenia.

W tabeli podano wartości granicy plastyczności różnych

Material	Wartość (MPa, 23°C)
UPVC	54
CPVC	53
ABS	40
PP-H	33
PE100	23
PVDF	50

## 1.7.2 Badanie płynięcia

Pomiar płynięcia stopionego polimeru obejmuje badanie szybkości płynięcia (MFR) i objętościowego wskaźnika szybkości płynięcia (MVR). W określonej temperaturze i przy określonej ilości masy dodanej, wartości te zależą od rodzaju materiału.

Próbka do badania płynięcia składa się z:

- ogrzewanego cylindra upłynniającego, z wyjmowaną formą na jednym końcu,
- regulatora temperatury cylindra,
- tłoka, pasującego do wnętrza cylindra.

### Wskaźnik szybkości płynięcia (MFR)

Szybkość wytłaczania stopionej żywicy przez formę o określonej długości i średnicy w określonych warunkach temperatury, obciążenia i położenia tłoka w cylindrze plastometru wytłaczającego, przy czym szybkość tę określa się jako ilość masy wytłoczonej w określonym czasie. Miarą MFR jest liczba gramów na 10 min (g/10 min)

### Objętościowy wskaźnik szybkości płynięcia (MVR)

Szybkość wytłaczania stopionej żywicy przez formę o określonej długości i średnicy w określonych warunkach temperatury, obciążenia i położenia tłoka w cylindrze plastometru wytłaczającego, przy czym szybkość tę określa się jako objętość wytłoczonej w określonym czasie. Miarą MVR jest liczba centymetrów sześciennych na 10 min (cm<sup>3</sup>/10 min).



### 1.7.3 Badanie termiczne

Badania termiczne przeprowadza się głównie w celu wyznaczenia dwóch ważnych właściwości materiałowych tworzyw sztucznych, czyli temperatury ugięcia cieplnego (HDT) oraz temperatury (punktu)

#### Temperatura ugięcia cieplnego (HDT)

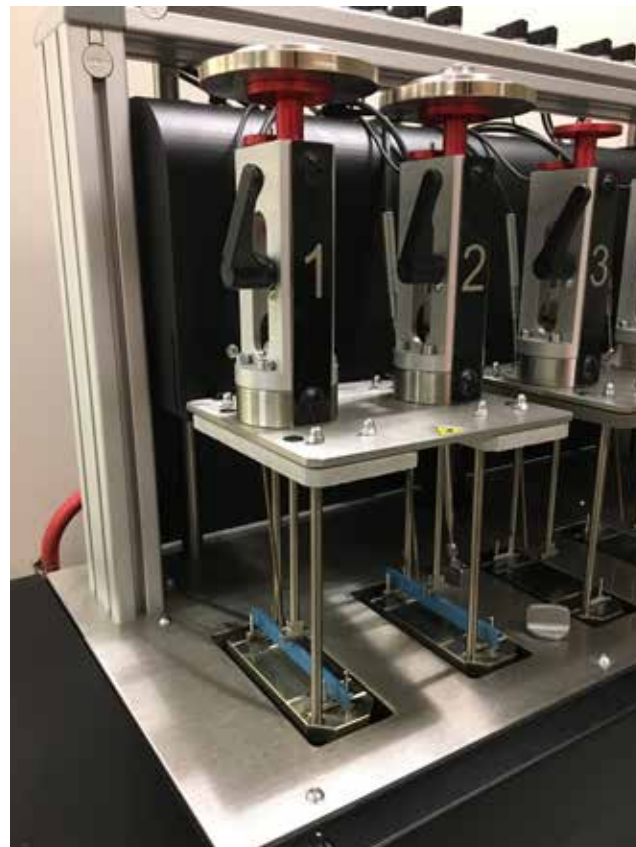
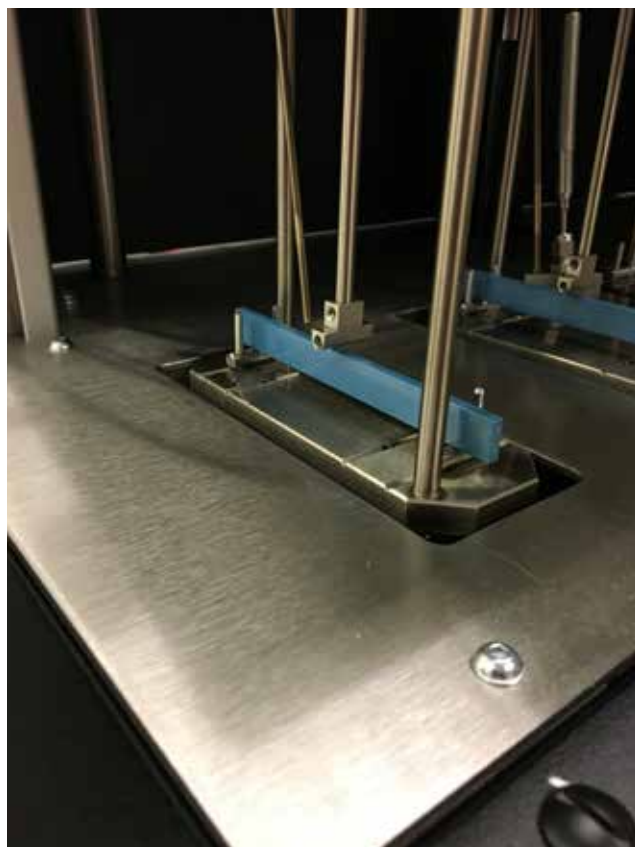
Temperatura ugięcia cieplnego lub temperatura ugięcia pod obciążeniem (HDT) to temperatura, w której próbka polimeru lub tworzywa sztucznego ulega ugięciu pod obciążeniem giętym. Ta właściwość tworzywa sztucznego znajduje zastosowanie w wielu aspektach projektowania, inżynierii i produkcji wyrobów z wykorzystaniem komponentów termoplastycznych.

Temperaturę odkształcenia cieplnego wyznacza się zgodnie z następującą procedurą badawczą opisaną w normie ISO 75-2 (ASTM D648). Próbka jest obciążana na zginanie w kierunku krawędziowym, w trzech punktach. Naprężenie włókien zewnętrznych stosowane w próbie wynosi 0,45 MPa lub 1,80 MPa, a temperatura wzrasta z prędkością 2°C/min do momentu ugięcia próbki o 0,25 mm.

W tabeli poniżej podano wartości temperatury ugięcia cieplnego (HDT) różnych tworzyw sztucznych na podstawie ISO 75-2 (ASTM D648).

Wartości, po których następuje litera B, podano dla 0,45 MPa, natomiast wartości, po których następuje litera A –

Material	Wartość (°C)	Maks. temperatura pracy systemu rur (°C)
UPVC	74 (A)	60
CPVC	103 (A)	95
ABS	78 (A)	60
PP-H	95-105 (B)	95
PE100	75 (B)	60
PVDF	110 (A), 145 (B)	140



#### Punkt mięknięcia Vicata

Temperatura mięknięcia Vicata lub twardość Vicata jest wyznaczeniem temperatury mięknięcia dla materiałów, które nie mają konkretnej temperatury topnienia – takich jak tworzywa sztuczne. Jest to temperatura, w której próbka jest penetrowana na głębokość 1 mm przez płasko zakończoną igłę o przekroju kołowym lub kwadratowym i powierzchni przekroju 1 mm<sup>2</sup>.

## 1.8 Oznaczenia rur i kształtek

Każdy element jest cechowany przed dostarczeniem do klienta.

Cechowanie stosuje się w celu łatwiejszego poznania ważnych informacji o części, w możliwie najprostszy sposób. Z reguły cechowanie to nadruk ważnych informacji – rodzaj materiału, nazwa producenta, wartość ciśnienia, rozmiar, norma i data produkcji.

Elementy oznakowania musi być nadrukowany lub naniesiony inną techniką bezpośrednio na element lub wydrukowany na jego etykiecie w taki sposób, aby czytelność cechowania nie uległa pogorszeniu pod wpływem warunków przechowywania, atmosferycznych, przeładunku lub montażu.

**UWAGA:** Producent nie ponosi odpowiedzialności za nieczytelność cechowania na podzespołach, spowodowaną czynnościami podczas montażu i użytkowania, takimi jak malowanie, zadrapania, zakrycie, użycie detergentów itp. – o ile nie zostało to uzgodnione lub określone przez producenta.

Cechowanie nie może spowodować pęknięć ani innych rodzajów wad, które negatywnie wpływają na charakterystykę użytkową części.

W przypadku nadruku, kolor drukowanych informacji różni się od koloru podłoża na elemencie. Wielkość cechowania musi być taka, aby oznakowanie było czytelne nieuzbrojonym okiem.

### Różnica między cechowaniem a etykietowaniem

Oznakowanie, inaczej cechowanie wytłacza się lub drukuje bezpośrednio na elemencie. Etykietowanie polega na wydruku osobnej etykiety, a następnie przyklejaniu jej do elementu tak oznakowywanego.

### 1.8.1 Minimalne wymagania dotyczące oznakowania rur

Rury należy cechować w odstępach nie większych niż 1 m, i musi widnieć co najmniej jedno cechowanie na sztuce rury. W poniższej tabeli przedstawiono dla przykładu minimalne wymagane oznakowanie rur produkowanych zgodnie z

Informacje	Oznakowanie lub symbol
Numer niniejszej normy międzynarodowej	ISO 15493
Nazwa producenta i/lub znak towarowy	Nazwa lub symbol
Nominalna średnica zewnętrzna	np. 110
Nominalna grubość ścianki	np. 5,3
Typoszereg rur S lub standardowy współczynnik wymiarowy SDR	np. S 10 lub SDR 21
Ciśnienie nominalne PN	np. PN 10
Materiał	np. PVC-U
Informacje o producencie	<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ze względu na obowiązkową identyfikowalność należy podać następujące informacje:

- okres produkcji (rok i miesiąc), w postaci liczbowej lub kodowej,
- nazwę lub kod zakładu produkcji, jeżeli producent prowadzi produkcję w różnych zakładach.



## 1.8.2 Minimalne wymagania dotyczące oznakowania kształtek

W poniższej tabeli przedstawiono minimalne wymagane oznakowanie kształtek produkowanych zgodnie z normą ISO 15493.

Informacje	Oznakowanie lub symbol
Numer niniejszej normy międzynarodowej <sup>a</sup>	ISO 15493
Nazwa producenta i/lub znak towarowy	Nazwa lub symbol
Nominalna średnica zewnętrzna (lub średnice zewnętrzne)	np. 63-32-63
Nominalna grubość ścianki	np. 5,8
Typoszereg rur S lub standardowy współczynnik wymiarowy SDR	np. S 10 lub SDR 21
Ciśnienie nominalne PN	np. PN 10
Wielkość nominalna DN <sup>b</sup>	np. DN 50
Material	np. PVC-U

<sup>a</sup> Informacja ta powinna być umieszczona przynajmniej na opakowaniu.

<sup>b</sup> Dotyczy tylko kołnierzy.

<sup>c</sup> W przypadku kształtek o DN > 32 mm, należy podać następujące informacje aby zagwarantować identyfikowalność:

- okres produkcji (rok i miesiąc), w postaci liczbowej lub kodowej,
- nazwę lub kod zakładu produkcji, jeżeli producent prowadzi produkcję w różnych zakładach.



## 1.8.3 Minimalne wymagania dotyczące oznakowania zaworów

Zawory powinny być oznakowane zgodnie z wymaganiami norm ISO 16135, ISO 16136, ISO 16137, ISO 16138, ISO 16139 lub ISO 21787, stosownie do typu zaworu.

## 1.9 MRS i zachowanie długotrwałe

Praktyczna trwałość użytkowa rury, która jest wystawiona na ciśnienie wewnętrzne, jest jednym z najważniejszych aspektów rur z tworzyw sztucznych. Cecha ta nazywana jest zachowaniem długotrwałym. Temperatura i czynnik przepływający przez rurę odgrywają ważną rolę w ocenie zachowania długotrwałego.

W przypadku Europy, długotrwała wytrzymałość hydrostatyczna materiałów rurociągów z tworzyw sztucznych, znana jako minimalna wymagana wytrzymałość (MRS), służy do wyznaczania wartości ciśnienia znamionowego rur z tworzyw sztucznych.

Wartość MRS jest wyznaczana na podstawie analizy długotrwałych prób rur zgodnie z następującymi normami:

- EN ISO 15493 (UPVC, CPVC i ABS).
- EN ISO 15494 (PE, PP).

Wartości MRS (minimalnej wymaganej wytrzymałości) dla materiałów termoplastycznych stosowanych w budowie rur przemysłowych przedstawiono w poniższej tabeli.

Material	Wartość MRS (MPa) Woda, 20°C, 50 lat
UPVC	25
CPVC (rura)	25
CPVC (kształtka)	20
ABS	14
PP-H	10
PE100	10
PE80	8
PVDF	25

### 1.9.1 Terminologia związana z zachowaniem długotrwałym

**Pełzanie:** Wszystkie tworzywa termoplastyczne wykazują właściwość znaną jako pełzanie, tzn. w pewnym okresie czasu ulegają odkształceniu, nawet w temperaturze pokojowej i przy stosunkowo niewielkim naprężeniu. Po odjęciu naprężenia, materiał odzyskuje swój pierwotny kształt, w zależności od czasu trwania naprężeń i ich wielkości.

Odształcenie, w którym materiał może odzyskać swój pierwotny kształt nazywamy odkształceniem sprężystym – natomiast gdy materiał traci swoją zdolność powrotu do pierwotnego kształtu, mówimy o odkształceniu plastycznym.

**Długotrwała próba materiału:** Wartości właściwości mechanicznych tworzywa sztucznego, które w większości przypadków zależą od trzech następujących parametrów.

- Czas.
- Temperatura.
- Naprężenie.

Właściwości mechaniczne materiału, w określonej temperaturze przez długi czas, można wyznaczyć w długoterminowej próbie (badaniu). Długoterminowa próba materiału to badanie, w którym można obliczyć zachowanie się materiału w przypadku uszkodzenia, poprzez symulowanie ciśnienia i temperatury przez długi czas, określony w normie ISO 1167 dla poszczególnych materiałów.

Dolna przewidywalna wartość graniczna (LPL) 97,5%: Oznacza to, że co najmniej 97,5% punktów danych powinno leżeć na lub powyżej krzywych odniesienia dla odpowiednich materiałów.

## 1.9.2 Długotrwałe zachowanie UPVC

The long-term behaviour of CPVC can be seen from the following hoop stress diagram. Fracture lines are shown for temperatures ranging from +10 °C to +95 °C and +10 °C to +90 °C for pipe and fittings material respectively. These are referred to as Lower Predictable Limit (LPL) curves, which means that 97.5 % of all fracture points are on or above the corresponding curve as described.

By using the Standard Extrapolation Method (SCM) according to EN ISO 9080, the long-term behaviour was calculated. The formula below helps us to determine various parameters like stress, temperature or time to failure for pipe and fitting materials in the temperature range of +10 °C to +95 °C and +10 °C to +90 °C respectively.

**Wzór:**

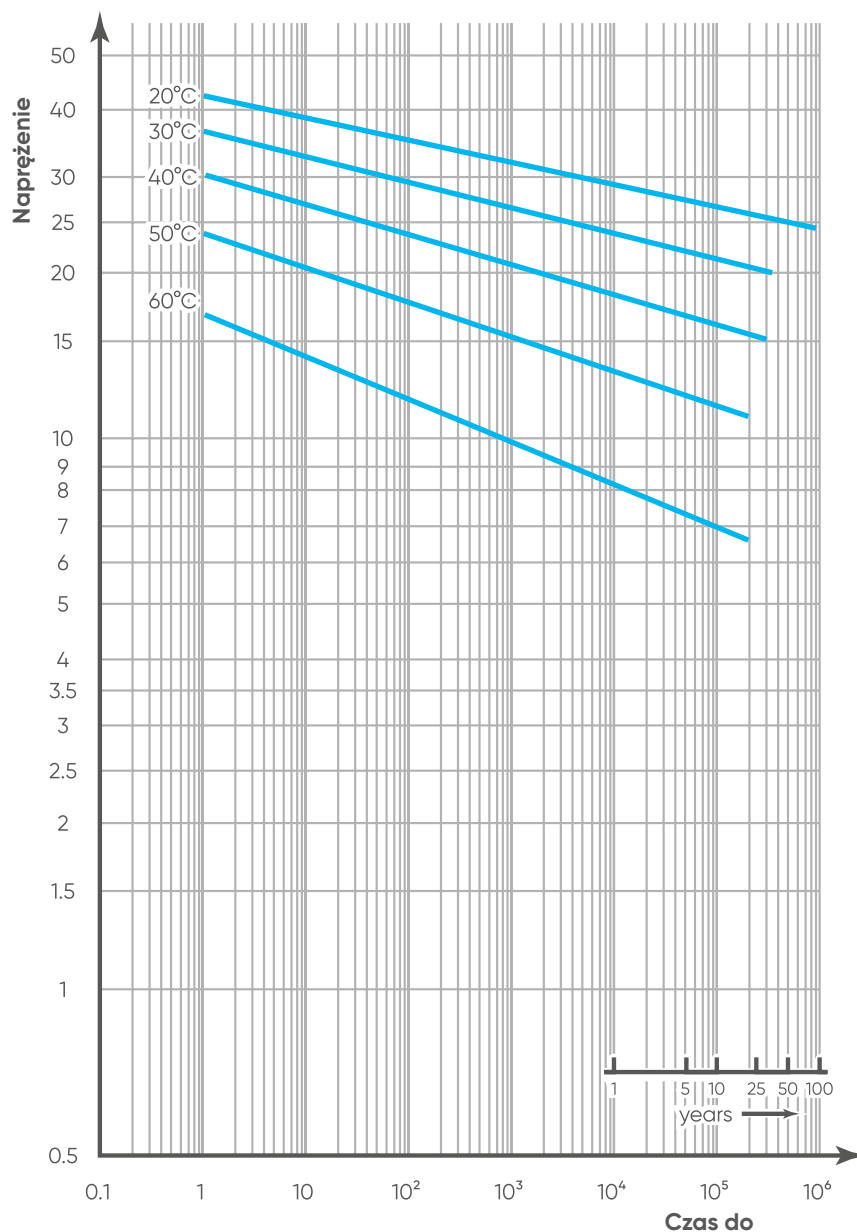
$$\log t = -164,461 - 29349,493 \times \frac{\log \sigma}{T} + 60126,534 \times \frac{1}{T} + 75,079 \times \log \sigma$$

gdzie:

$t_f$  = czas do zniszczenia (w godzinach),

T = temperatura przepływającego czynnika (w °C),

$\sigma$  = naprężenie obwodowe (w MPa) (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>).

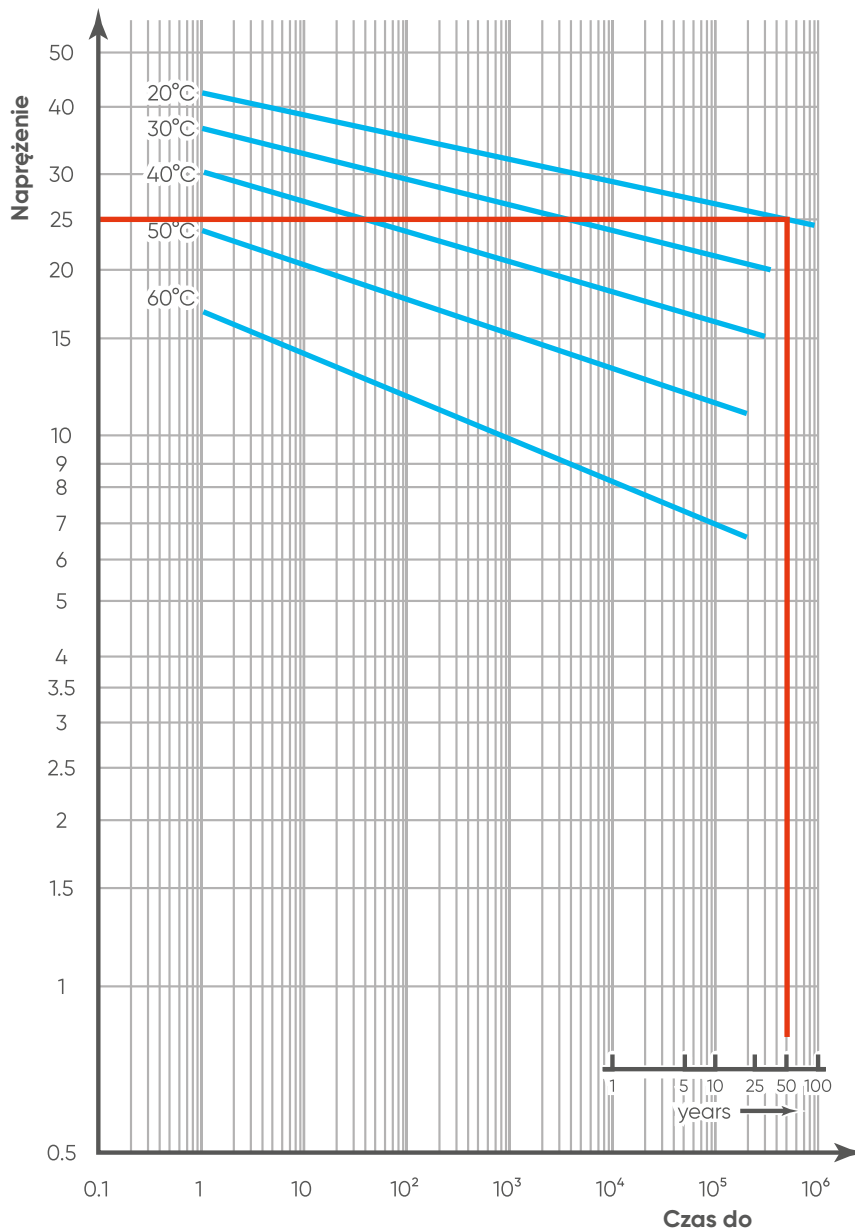


Krzywe hydrostatyczne minimalnej wymaganej wytrzymałości dla rur z UPVC

### Praktyczny przykład odczytania wykresu MRS:

1) Jaka jest wartość MRS dla rury UPVC transportującej wodę o temperaturze 20°C przez 50 lat użytkowania?

Patrząc na krzywą wytrzymałości hydrostatycznej dla UPVC, przy temperaturze 20°C i 50-letnim okresie użytkowania, wartość MRS wynosi 25 MPa, co zilustrowano



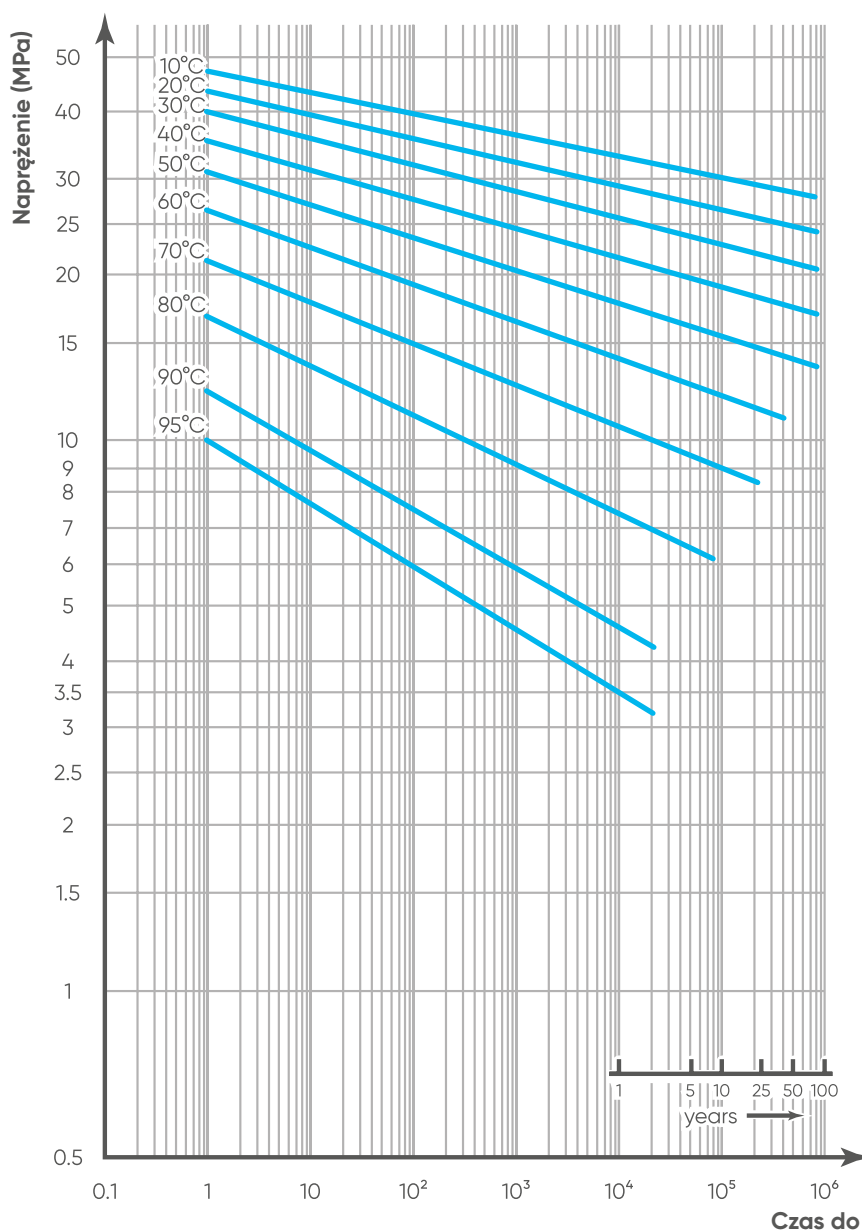
Krzywe hydrostatyczne minimalnej wymaganej wytrzymałości dla UPVC

### 1.9.3 Długotrwałe zachowanie CPVC

Długotrwałe zachowanie CPVC można zaobserwować na poniższym wykresie naprężeń obwodowych. Linie pęknięć zilustrowano dla temperatur od +10°C do +95°C i od +10°C do +90°C, odpowiednio dla materiału rur i kształtek. Są one zwane krzywymi dolnej przewidywanej wartości granicznej (LPL), co oznacza, że 97,5% wszystkich punktów pęknięcia znajduje się na lub powyżej odpowiedniej krzywej, zgodnie z opisem.

Za pomocą standardowej metody ekstrapolacji (SCM) opisanej w normie EN ISO 9080 obliczono zachowanie długoterminowe. Poniższy wzór pozwala wyznaczyć różne parametry, m.in. naprężenie, temperaturę lub czas do zniszczenia dla materiałów rur i kształtek w zakresie temperatur odpowiednio od

$$\log t = -109,95 - 21897,4 \times \frac{\log \sigma}{T} + 43702,87 \times \frac{1}{T} + 50,74202 \times \log \sigma$$



**Krzywe hydrostatyczne minimalnej wymaganej wytrzymałości dla rur z CPVC**

Formula applicable for a fitting made of CPVC (10 °C to 95 °C):

$$\log t = -121.699 - 25985 \times \log \sigma + 47143.18 \times \frac{1}{T} + 63.03511 \times \log T$$

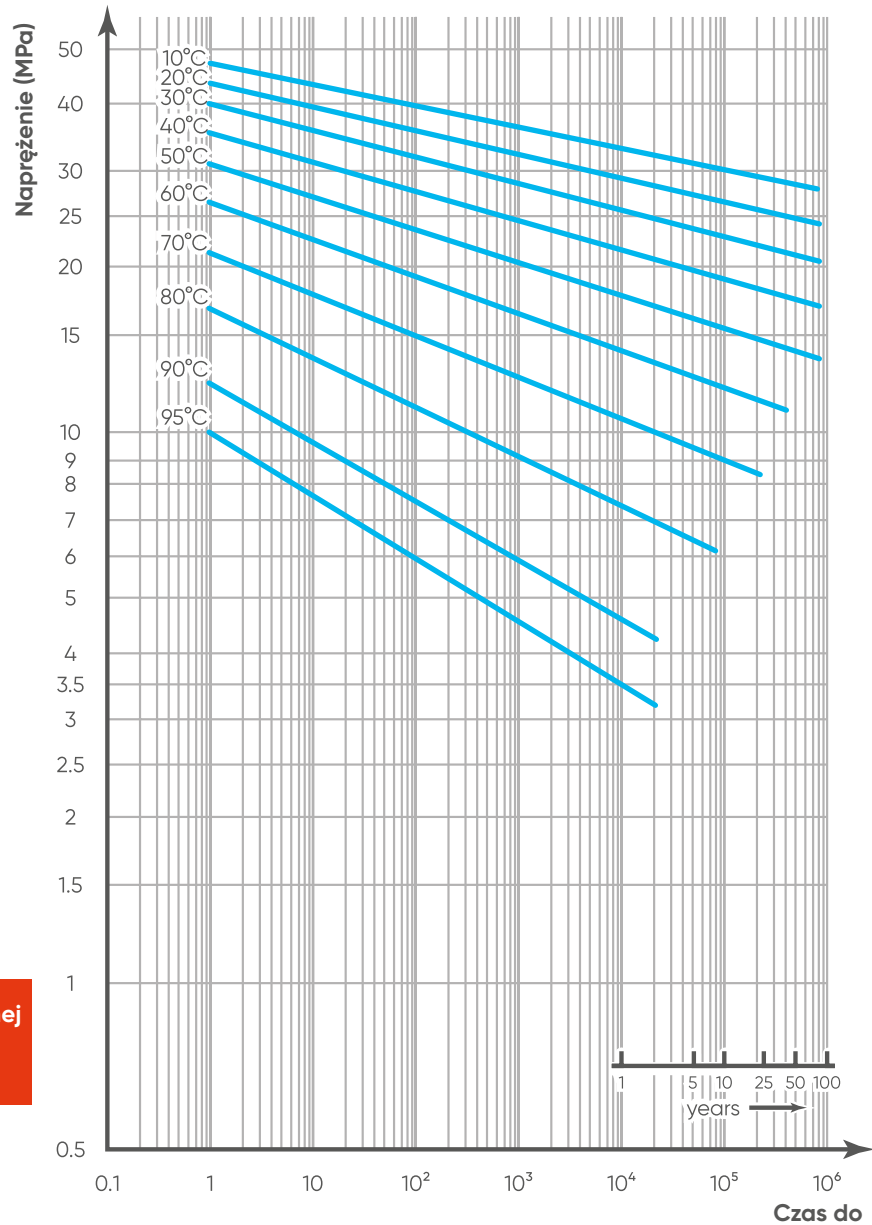
where:

t

f = time to failure (in hours),

T = temperature of the flowing medium (in °C),

$\sigma$  = Hoop stress (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>).



Krzywe hydrostatyczne minimalnej wymaganej wytrzymałości dla kształtek z CPVC

## 1.9.4 Długotrwałe zachowanie ABS

The long-term behaviour of ABS can be seen from the following hoop stress diagram. Fracture lines are shown for temperatures ranging from +10 °C to +60 °C. These are referred to as Lower Predictable Limit (LPL) curves, which means that 97.5 % of all fracture points are on or above the corresponding curve as described.

By using the Standard Extrapolation Method (SCM) according to EN ISO 9080, the long-term behaviour was calculated. The formula below helps us to determine various parameters like stress, temperature or time to failure for the temperature range of +10 °C to +60 °C.

Wzór:

$$\log t = -154.8961 - 35935.57 \times \log \sigma + 55180.34 \times T + 98.73749 \times \log \sigma T$$

T T

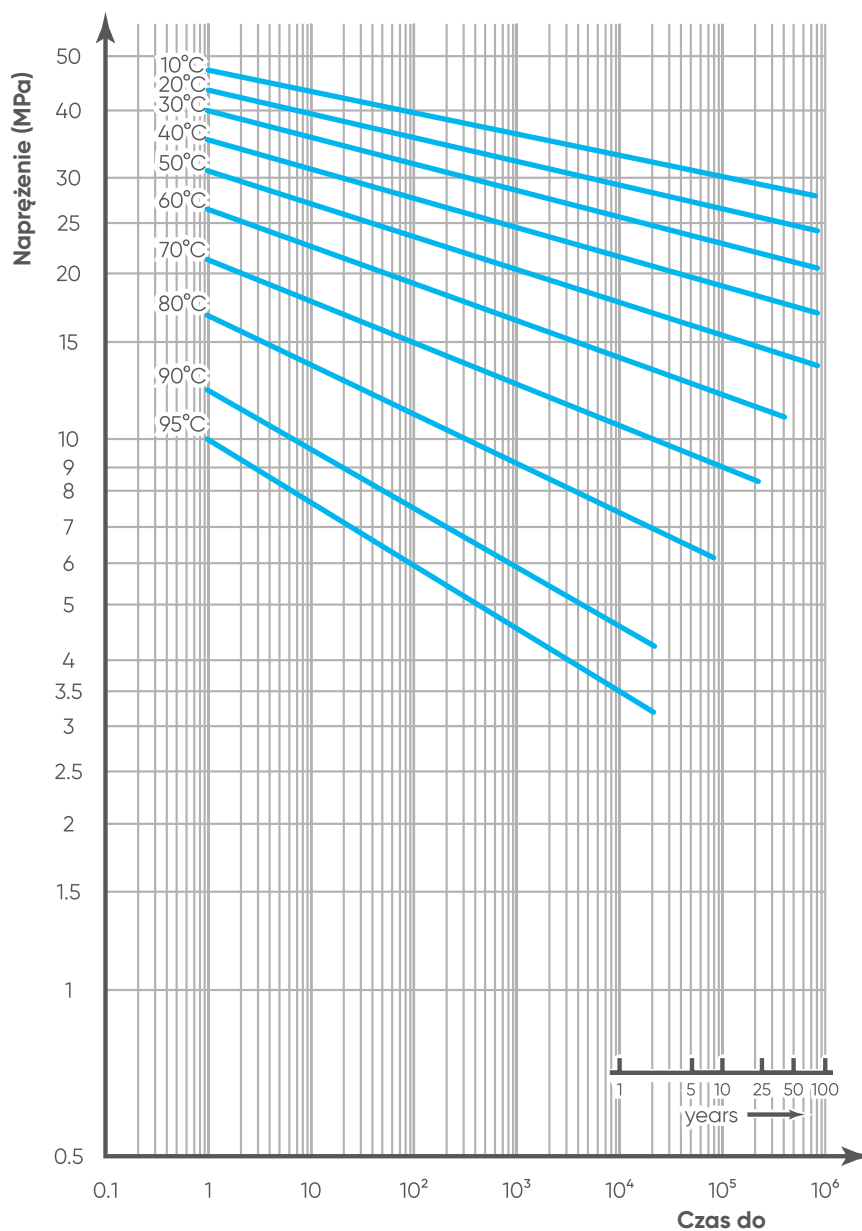
where:

t

= time to failure (in hours),

T = temperature of the flowing medium (in °C),

$\sigma$  = Hoop stress (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>)



Krzywe hydrostatyczne minimalnej wymaganej wytrzymałości dla rur z ABS

## 1.9.5 Długotrwałe zachowanie PP-H, PP-B i PP-R

Długotrwałe zachowanie PP-H, PP-B i PP-R można zaobserwować na poniższym wykresie naprężeń obwodowych. Linie pęknięć zilustrowano dla temperatur od +10°C do +110°C. Są one zwane krzywymi dolnej przewidywanej wartości granicznej (LPL), co oznacza, że 97,5% wszystkich punktów pęknięcia znajduje się na lub powyżej odpowiedniej krzywej, zgodnie z opisem. Za pomocą standardowej metody ekstrapolacji (SCM) opisanej w normie EN ISO 9080 obliczono zachowanie długoterminowe. Poniższy wzór pozwala wyznaczyć różne parametry, m.in. naprężenie, temperaturę lub czas do zniszczenia w zakresie temperatur od +10°C do +80°C. Jeżeli pomiary z dłuższymi okresami pomiarowymi prowadzi się odpowiednio w temperaturach 85°C, 90°C, 95°C i 110°C, dotyczą ich przerywane kreski krzywych odniesienia. Dłuższy okres badania należy wyprowadzić z wartości granicznych czasu ekstrapolacji określonych w normie ISO 9080.

**Uwaga:** W przypadku wody wewnątrz elementu i powietrza na

**Wzór dla PP-H:**

**Pierwsza odnoga: (dotyczy zakresu temperatur od +10°C do +80°C)**

$$\log t = -46,364 - 9601,1 \times \frac{\log \sigma}{T} + 20381,5 \times \frac{1}{T} + 15,24 \times \log \sigma$$

**Druga odnoga: (dotyczy zakresu temperatur od +80°C do +110°C)**

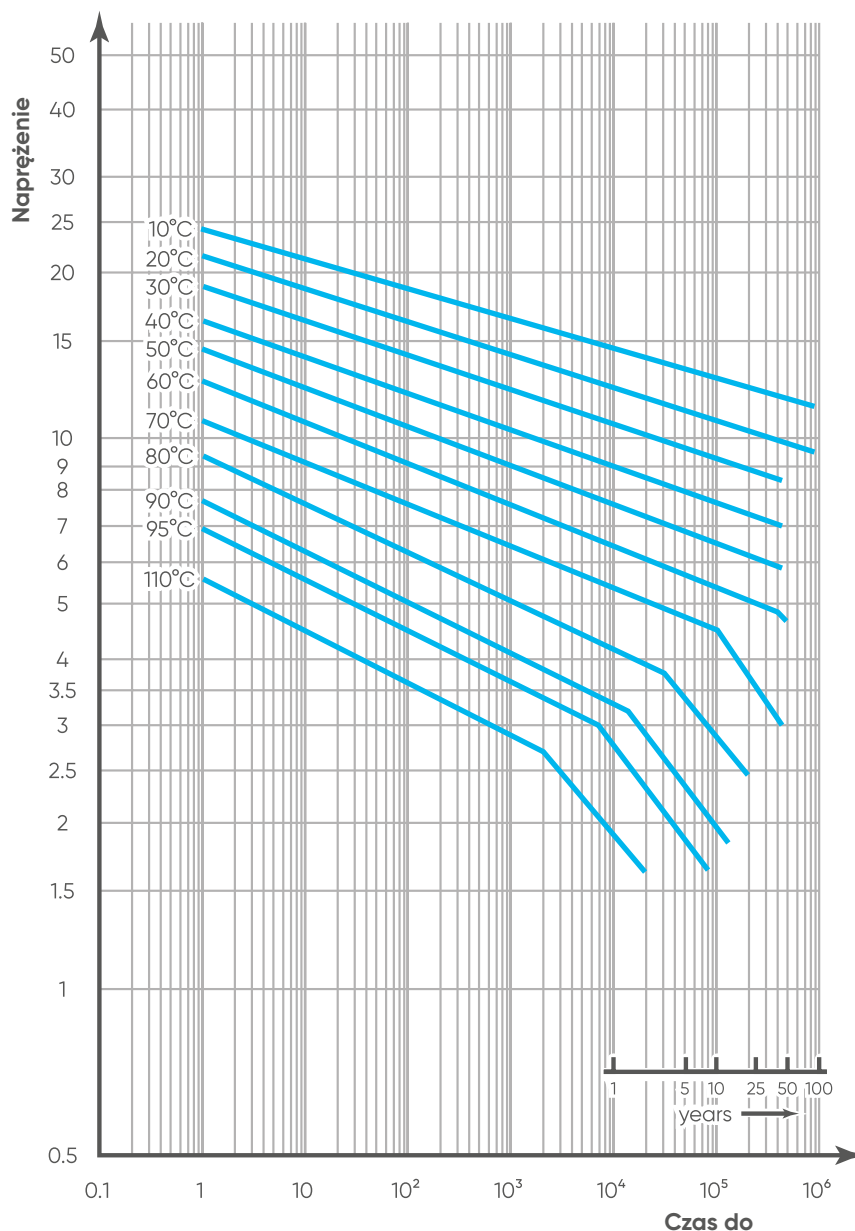
$$\log t = -18,387 - 8918,5 \times \frac{1}{T} - 4,1 \times \log \sigma$$

gdzie:

$t_f$  = czas do zniszczenia (w godzinach),

$T$  = temperatura przepływającego czynnika (w °C),

$\sigma$  = naprężenie obwodowe (w MPa) (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>).



Krzywe hydrostatyczne minimalnej wymaganej wytrzymałości dla



**Wzór dla PP-B:**

**Pierwsza odnoga: (dotyczy zakresu temperatur od +10°C do +80°C)**

$$\log t = - 56,086 - 10157,8 \times \frac{\log \sigma}{T} + 23971,7 \times \frac{1}{T} + 13,32 \times \log \sigma$$

**Druga odnoga: (dotyczy zakresu temperatur od +80°C do +110°C)**

$$\log t = - 13,699 - 6970,3 \times \frac{1}{T} - 3,82 \times \log \sigma$$

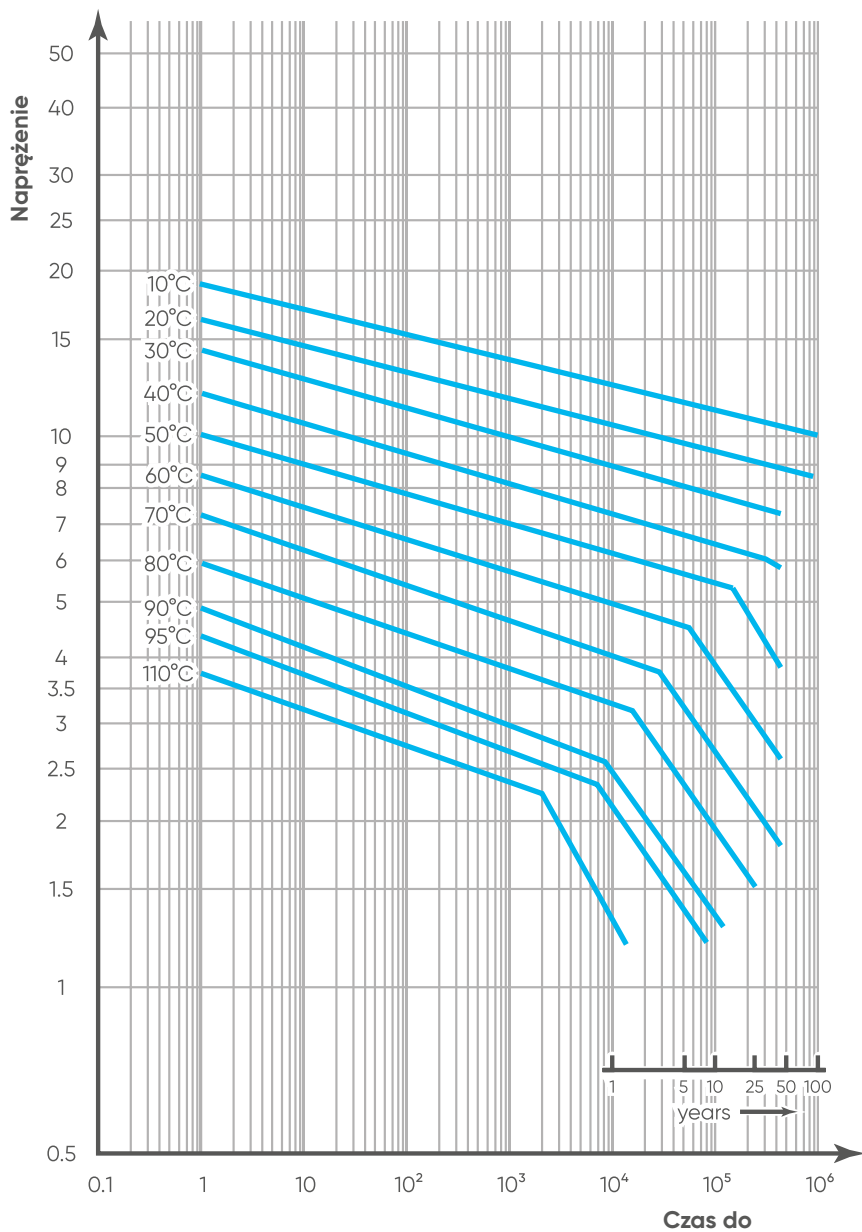
gdzie:

$t_f$  = czas do zniszczenia (w godzinach),

T = temperatura przepływającego czynnika (w °C),

$\sigma$  = naprężenie obwodowe (w MPa) (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>).

Krzywe hydrostatyczne minimalnej wymaganej wytrzymałości dla



Wzór dla PP-R:

Pierwsza odnoga: (dotyczy zakresu temperatur od +10°C do +80°C)

$$\log t = -55,725 - 9484,1 \times \frac{\log \sigma}{T} + 22502,2 \times \frac{1}{T} + 6,39 \times \log \sigma$$

Druga odnoga: (dotyczy zakresu temperatur od +80°C do +110°C)

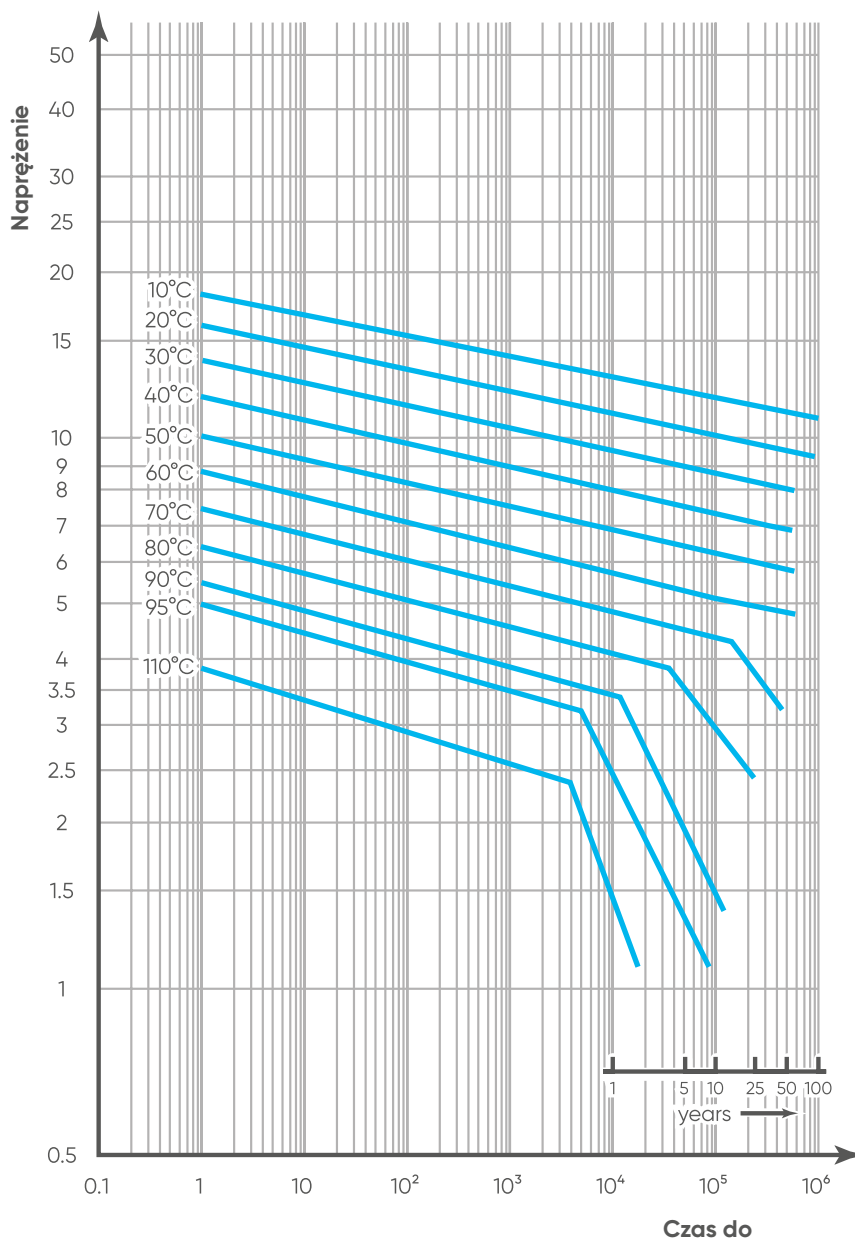
$$\log t = -19,98 + 9507 \times \frac{1}{T} - 4,11 \times \log \sigma$$

gdzie:

$t_f$  = czas do zniszczenia (w godzinach),

T = temperatura przepływającego czynnika (w °C),

$\sigma$  = naprężenie obwodowe (w MPa) (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>).



### 1.9.6 Długotrwałe zachowanie PE

Wzór dla PE-80

$$\log t = -42,5488 + 24074,8254 \times \frac{1}{T} - 37,5758 \times \log \sigma$$

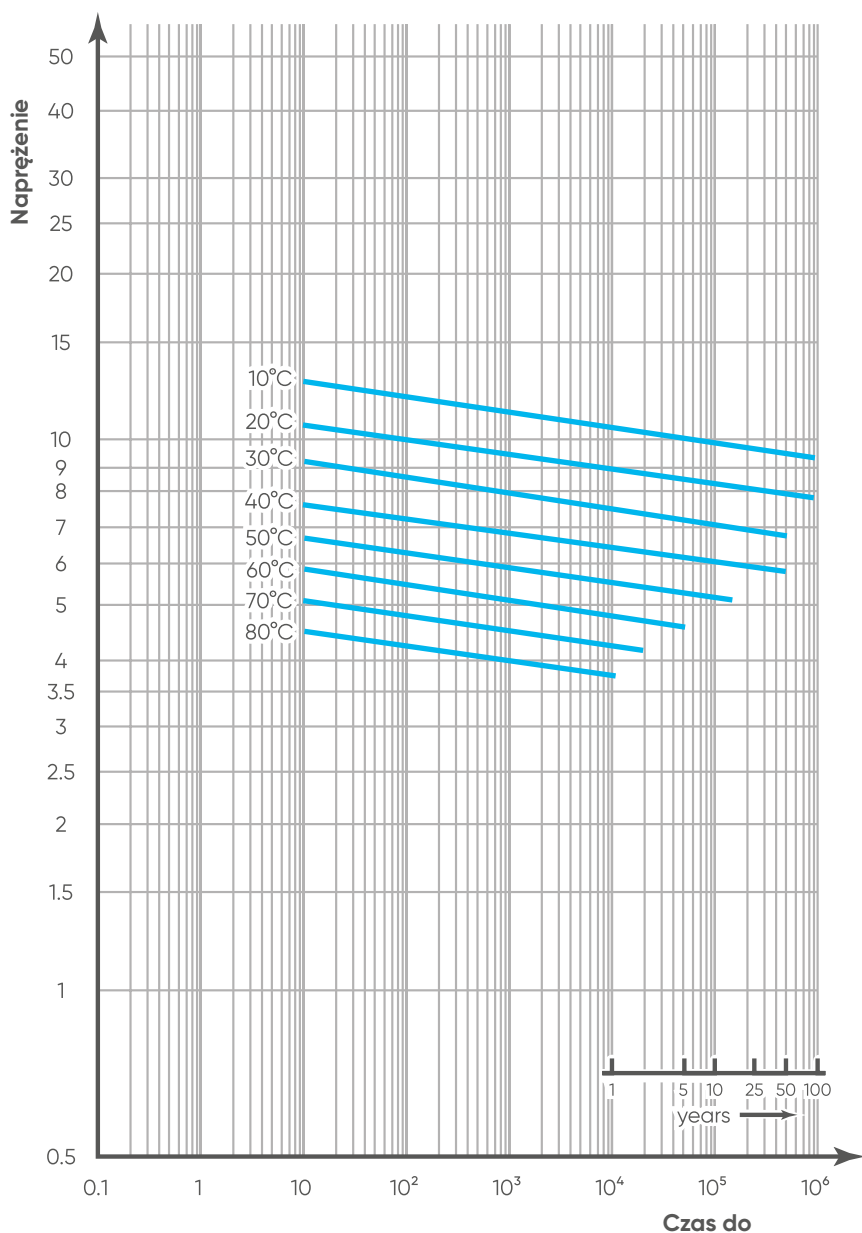
gdzie:

$t_f$  = czas do zniszczenia (w godzinach),

T = temperatura przepływającego czynnika (w °C),

$\sigma$  = naprężenie obwodowe (w MPa) (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>).

Krzywe hydrostatyczne minimalnej wymaganej wytrzymałości dla PE



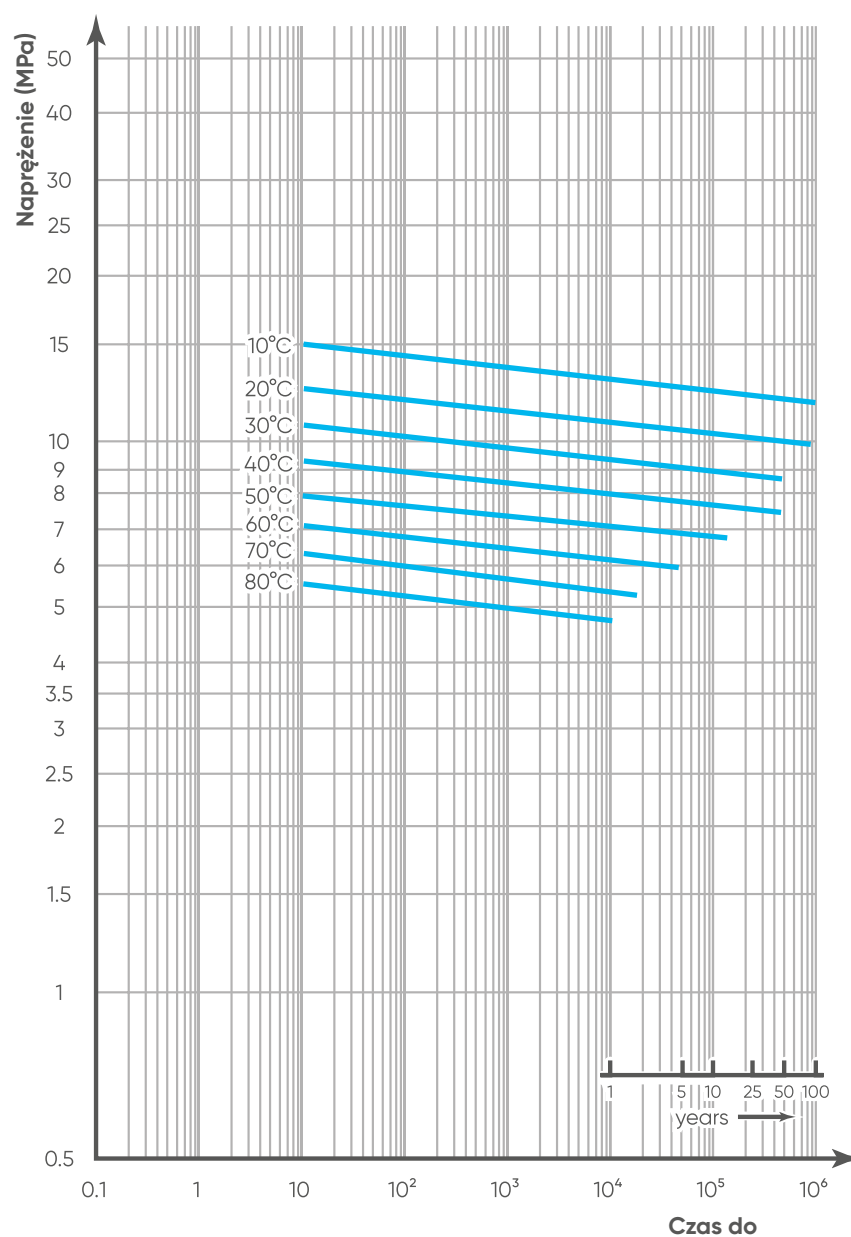
**Wzór PE-100**

$$\log t = -45.4008 + 28444.7345 \times \frac{1}{T} - 45.9891 \times \log \sigma$$

gdzie:

t<sub>f</sub> = czas do awarii (w godzinach),

T = temperatura przepływającego medium (w °C),

σ = naprężenie obwodowe (w MPa) (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>).

Minimalne wymagane krzywe  
wytrzymałości hydrostatycznej dla  
PE 100.

## 1.9.7 Długotrwałe zachowanie PVDF

Długoterminowe zachowanie PVDF można zobaczyć na poniższym diagramie naprężeń obwodowych. Linie pęknięć są pokazane dla temperatur w zakresie od +20 °C do +140 °C. Są one określane jako krzywe dolnej przewidywalnej granicy (LPL), co oznacza, że 97,5% wszystkich punktów złamań znajduje się na lub powyżej odpowiadającej krzywej, jak opisano. Korzystając ze standardowej metody ekstrapolacji (SCM) zgodnie z EN ISO 9080, obliczono zachowanie długoterminowe.

Poniższy wzór pomaga nam określić różne parametry, takie jak naprężenie, temperatura lub czas do uszkodzenia, oraz wykreślić wykres w celu wykazania długoterminowego zachowania PVDF w zakresie temperatur od +20 °C do +140 °C.

**Formuła:**

**First Branch: (applicable for the temperature range +20 °C to +90 °C)**

$$\log t = -165.4958 - 36518.7 \times \frac{\log \sigma}{T} + 78465.65 \times \frac{1}{T} + 57.0467 \times \log \sigma$$

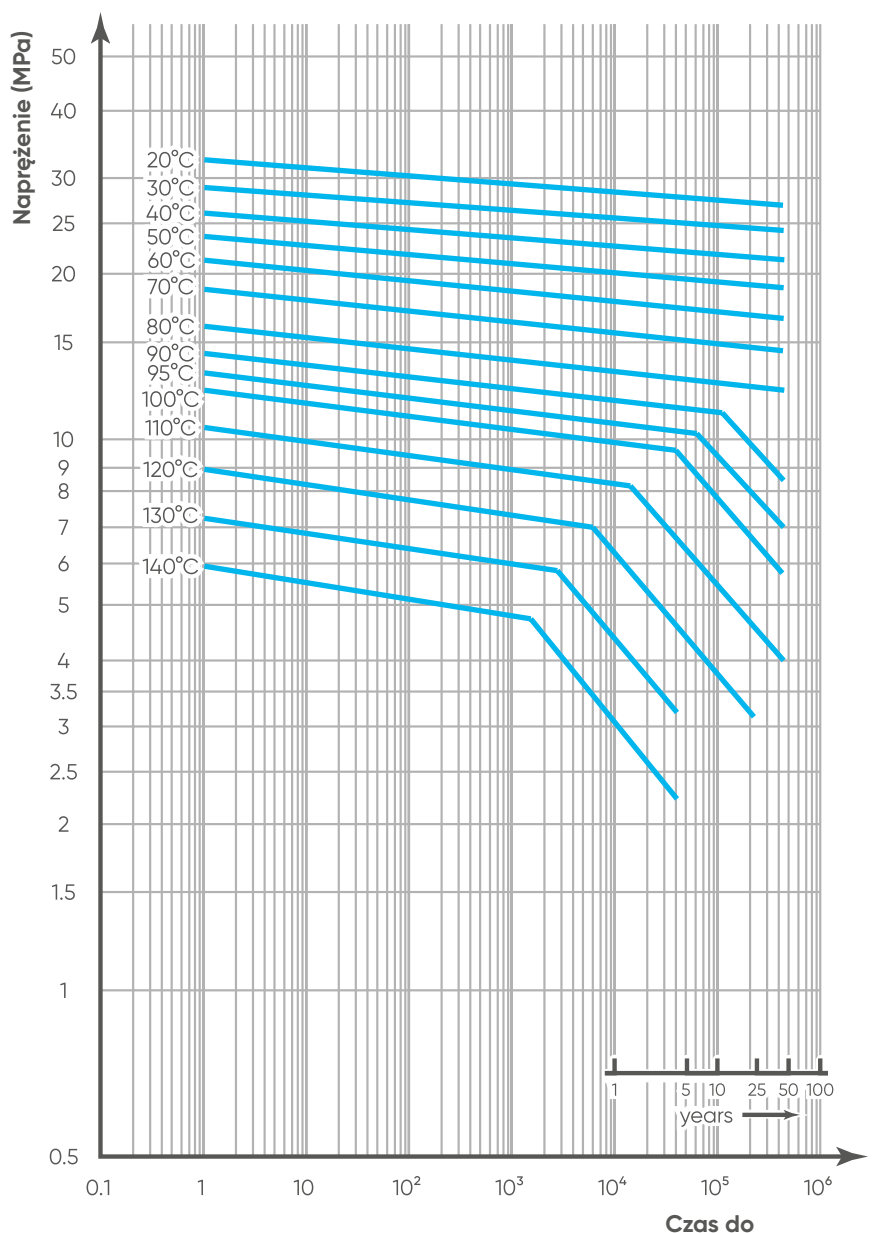
**Second Branch: (applicable for the temperature range +95 °C to +140 °C)**

$$\log t = -23.19426 - 1611.69 \times \frac{\log \sigma}{T} + 12100 \times \frac{1}{T} - 0.40473 \times \log \sigma$$

where,  $t_f$  = time to failure (in hours),

$T$  = temperature of the flowing medium (in °C),

$\sigma$  = Hoop stress (in MPa) (1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>).



Minimalne wymagane krzywe wytrzymałości hydrostatycznej dla PVDF.

## 1.9.8 Trwałość użytkowa a obciążenia nieciągłe

W przypadku zastosowań, w których regularnie występują obciążenia zmienne, teoria liniowego spiętrzenia uszkodzeń, zwana również regułą Minera, może posłużyć do wyznaczenia przybliżonego czasu eksploatacji dla zastosowań o zmiennych warunkach, zakładając przewidywaną trwałość użytkową.

Zgodnie z DVS 2205, oczekiwana trwałość użytkowa ( $t_m$ ) wyznaczana jest poprzez zsumowanie udziałów uszkodzeń dla nieciągłych warunków pracy.

Zgodnie z tą regułą, do obciążenia mechanicznego stosuje się następujące zasady:

$$\sum \frac{(a_i * t_m)}{(100 * t_i)} = 1$$

Dla dwóch obciążeń obowiązuje zatem:

$$t_m = \frac{(100 * t_{m1} * t_{m2})}{(a_1 * t_{m2} + 2 * t_{m1})}$$

Ponieważ dopuszczalna trwałość użytkowa elementów zależy nie tylko od obciążenia mechanicznego, ale również od starzenia cieplnego, wpływ starzenia ( $t_a$ ) należy określić za pomocą poniższego równania:

$$\sum \frac{(a_i * t_a)}{(100 * t_i)} = 1$$

gdzie:

$i$  = liczba obciążeń częściowych

$a_1, a_2, \dots, a_n$  = proporcja czasów obciążenia częściowego, które składają się na całkowity czas obciążenia w procentach

$t_{m1}, t_{m2}, \dots, t_{mn}$  = trwałość użytkowa w poszczególnych warunkach eksploatacji

$t_{a1}, t_{a2}, \dots, t_{an}$  = czasy starzenia w odpowiednich temperaturach

$t_m$  = obliczeniowa trwałość użytkowa pod obciążeniem mechanicznym

$t_a$  = obliczeniowa trwałość użytkowa pod wpływem starzenia się

### PRZYKŁAD PRAKTYCZNY

W poniższej tabeli opisano warunki pracy i udział uszkodzeń dla PP-H:

Naprężenia częściowe	Naprężenia	Temperatura	Proporcja czasu (a)	Obliczeniowa trwałość użytkowa przy naprężeniach częściowych ( $t_m$ )	Udział uszkodzeń %
1	6 N/mm <sup>2</sup>	50°C	75%	33,3 lat	82

Zgodnie z powyższym równaniem, przewidywana trwałość użytkowa na podstawie naprężeń mechanicznych wynosi:

$$t_m = \frac{(100 * 33,3 * 50,25)}{(75 * 50,25 + 25 * 33,3)} = 36,4 \text{ lat}$$

Można wtedy uwzględnić również udział starzenia i uszkodzeń:

Naprężenia częściowe	Temperatura	Proporcja czasu (a)	Początek starzenia cieplnego $t_A$	Udział uszkodzeń %
1	50°C	75%	91,23 lat	35,7
2	80°C	25%	16,9 lat	64,3

Trwałość użytkowa, której należy oczekiwać na podstawie starzenia się, oblicza się za pomocą równania:

$$t_a = \frac{(100 * 91,23 * 16,9)}{(75 * 16,9 + 25 * 91,23)} = 43,45 \text{ years}$$

## 1.10 Moduł pełzania

W tworzywach polimerowych poddawanych obciążeniu może zachodzić zjawisko pełzania, które polega na zależnym od czasu odkształceniu materiału poddanego działaniu stałego naprężenia.

Dlatego pod stałym obciążeniem przyłożonym w stałej temperaturze, odkształcenie to narasta z biegiem czasu.

Moduł pełzania jest zależny od czasu, naprężenia, temperatury, a także może zależeć od czynnika w przewodzie rurowym, szczególnie w przypadku czynników powodujących pęcznienie.

Moduł pełzania dla stosowanego materiału można wyznaczyć z funkcji danych parametrów na krzywych modułu pełzania.

Jest używany w następujących celach:

- w obliczeniach stabilności, przy pomocy poniższego równania:

$$E_{c(AI)st} = \frac{E_c}{A_{2E} * S}$$

gdzie:

$E_{c(AI)st}$  = dopuszczalny moduł pełzania w warunkach obliczeniowych dla stateczności (temperatura, naprężenie, czas, czynnik, współczynnik bezpieczeństwa) (N/mm<sup>2</sup>)

$E_c$  = moduł pełzania w warunkach obliczeniowych (temperatura, naprężenie, czas) (N/mm<sup>2</sup>)

$A_{2E}$  = współczynnik redukcyjny, uwzględniający wpływ otaczającego czynnika na moduł sprężystości

$S$  = współczynnik bezpieczeństwa

- do wyznaczania odkształceń, przy pomocy poniższego równania:

$$E_{c(AI)D} = \frac{E_c}{A_{2E}}$$

gdzie:

$E_{c(AI)st}$  = dopuszczalny moduł pełzania w warunkach obliczeniowych dla odkształcenia (temperatura, naprężenie, czas, czynnik) (temperatura, naprężenie, czas, czynnik, współczynnik bezpieczeństwa) (N/mm<sup>2</sup>)

$E_c$  = moduł pełzania w warunkach obliczeniowych (temperatura, naprężenie, czas) (N/mm<sup>2</sup>)

$A_{2E}$  = współczynnik redukcyjny, uwzględniający wpływ otaczającego czynnika na moduł sprężystości

Współczynnik redukcji  $A_{2E}$  – z wyjątkiem czynników powodujących pęcznienie – wynosi  $A_{2E} = 1$ .

W przypadku czynników, które powodują pęcznienie, wartość  $A_{2E}$  musi zostać wyznaczona w odpowiednich badaniach.

Współczynnik bezpieczeństwa  $S$  oznacza margines bezpieczeństwa dla wytrzymałości materiału na pełzanie – w przypadku, gdy element jest użytkowany zgodnie ze specyfikacjami, w dowolnym momencie jego obliczeniowej trwałości użytkowej.

Współczynnik bezpieczeństwa uwzględnia zatem również uproszczenia dokonane w założeniach dotyczących obciążeń oraz podczas oceny projektu lub doświadczalnej weryfikacji wytrzymałości.

Współczynniki bezpieczeństwa w poniższej tabeli podano dla dwóch przypadków obciążeń, w zależności od potencjalnego zagrożenia. Każdorazowo należy zdecydować, która klasyfikacja jest właściwa dla projektowanego elementu.

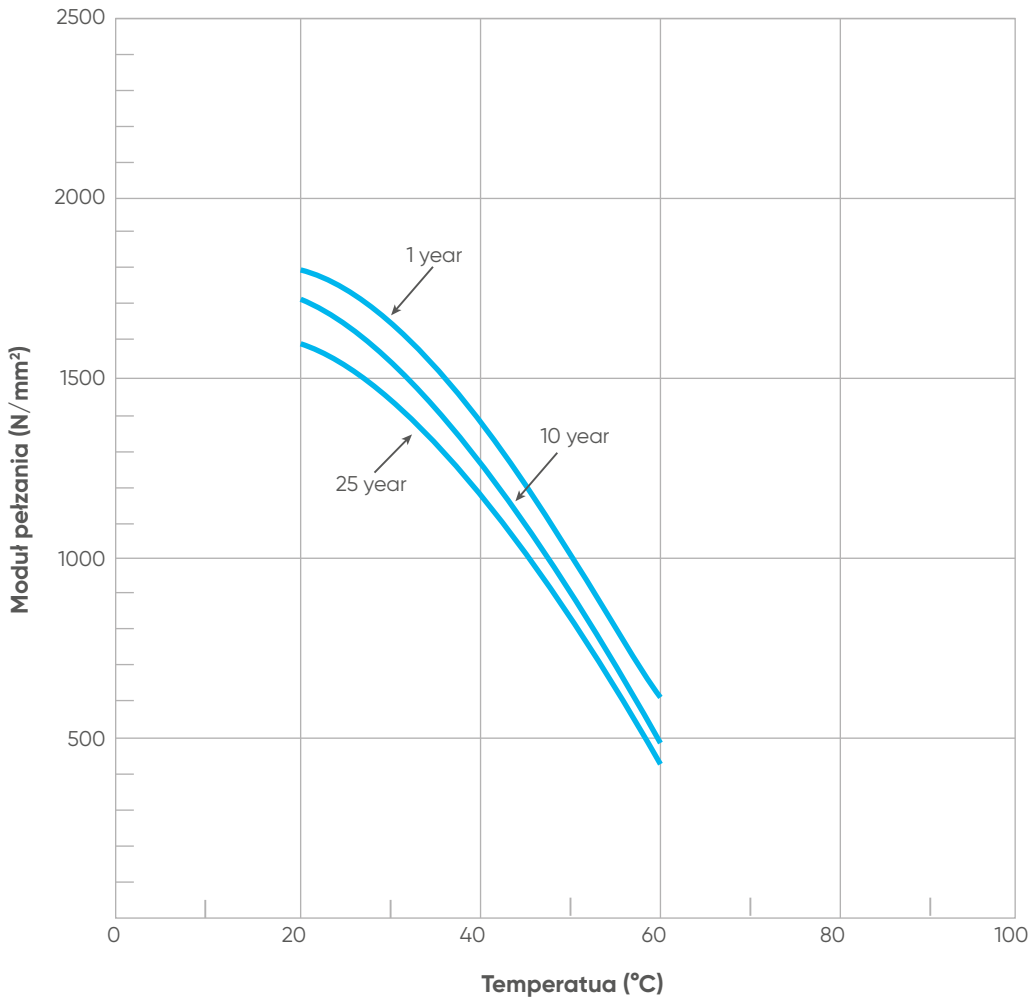
Rodzaj obciążenia	S
<b>Przypadek obciążenia nr 1</b> Obciążenie statyczne w temperaturze pokojowej i stałych warunkach. Brak możliwości zagrożenia dla osób, mienia i środowiska w razie zniszczenia	1,3
<b>Przypadek obciążenia nr 2</b> Obciążenie w zmiennych warunkach (np. temperatury czy poziomu napełnienia). Możliwe zagrożenie dla osób, mienia i środowiska w razie zniszczenia	2,0

W obliczeniach stateczności należy przyjąć minimalny współczynnik bezpieczeństwa równy 2.

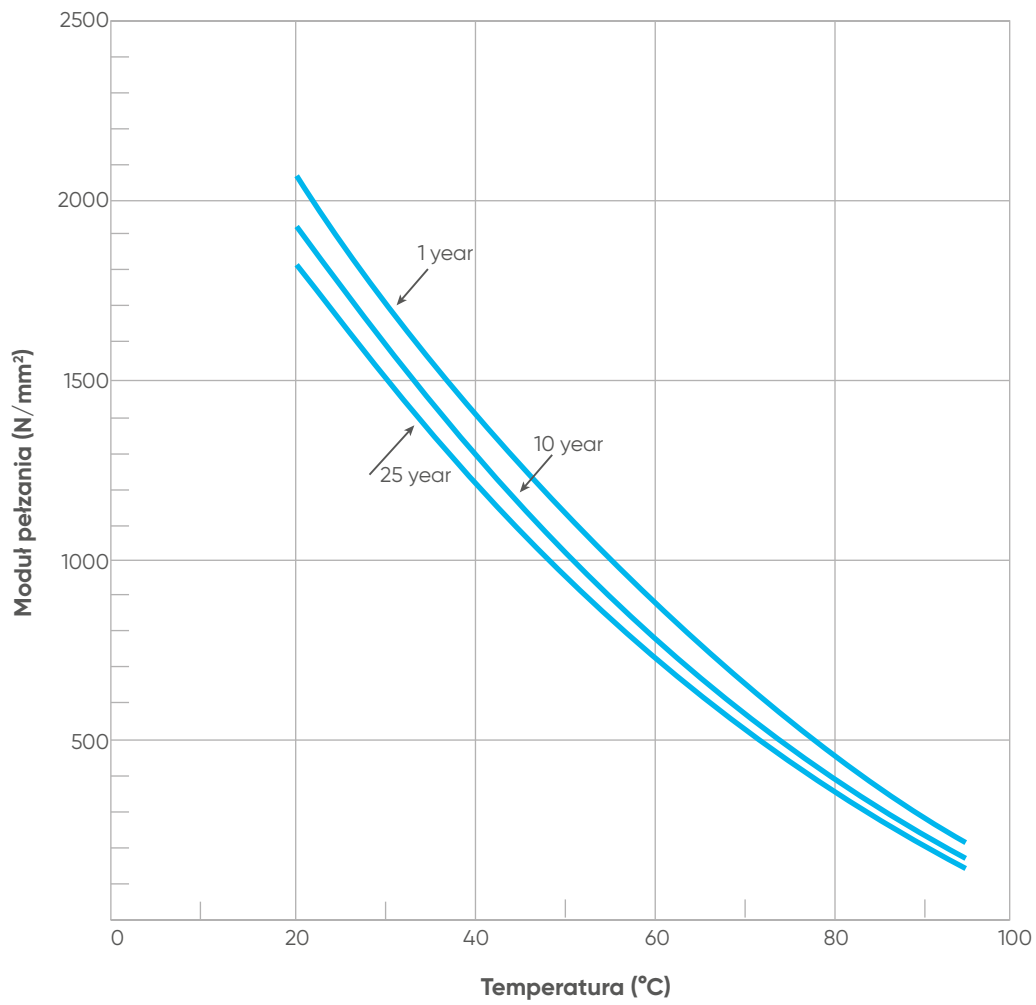
Należy oddzielnie rozpatrywać wpływ mimośrodowości i nieokrągłości.

Poniższe wykresy przedstawiają krzywe modułu pełzania tworzyw termoplastycznych w zależności od różnych poziomów naprężeń, lat i temperatur. Są zgodne z normami EN 1778 i DVS 2205-1.

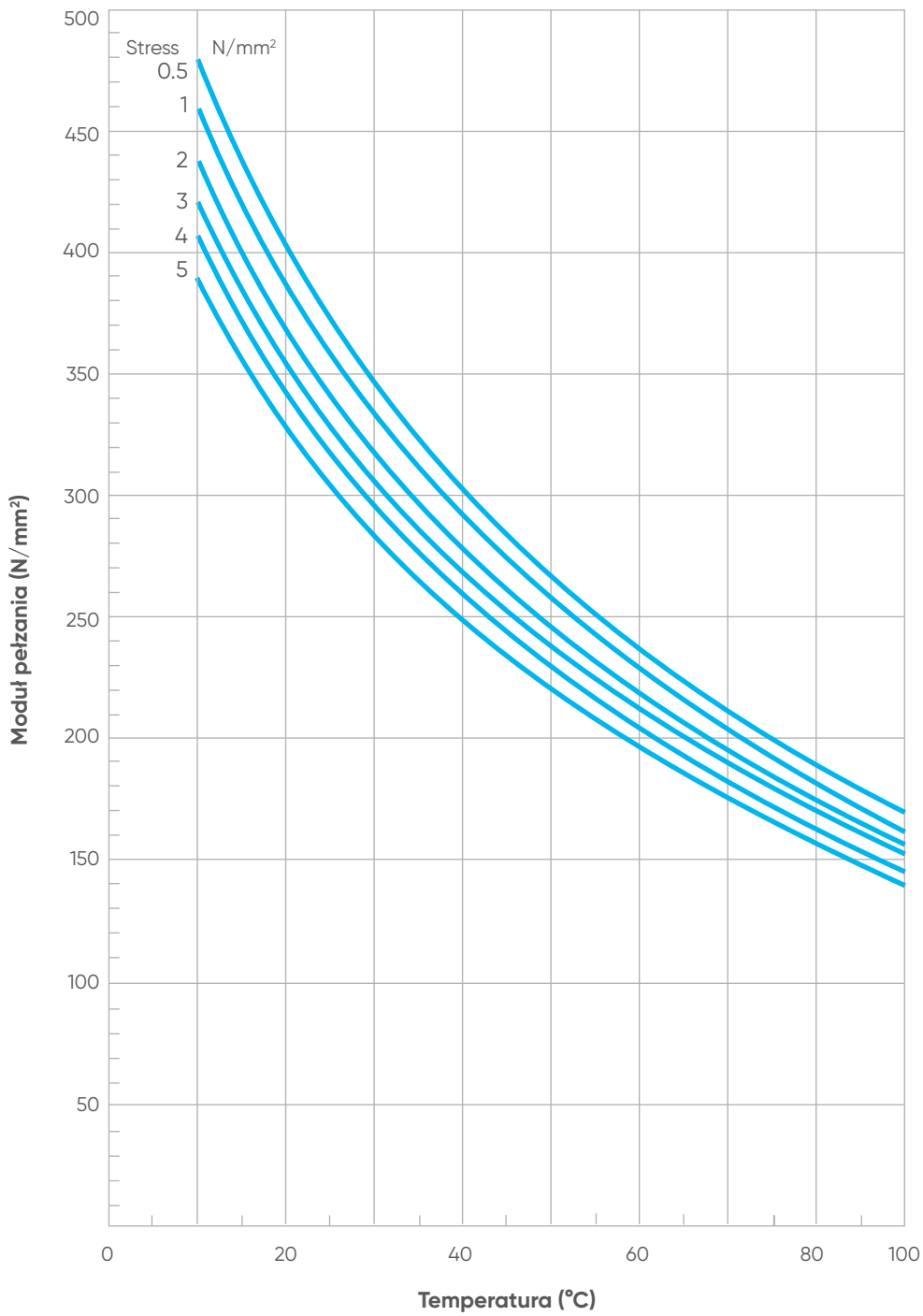
### Moduł pełzania UPVC dla zakresu naprężeń $\sigma = 2.5$ to $10 \text{ N/mm}^2$



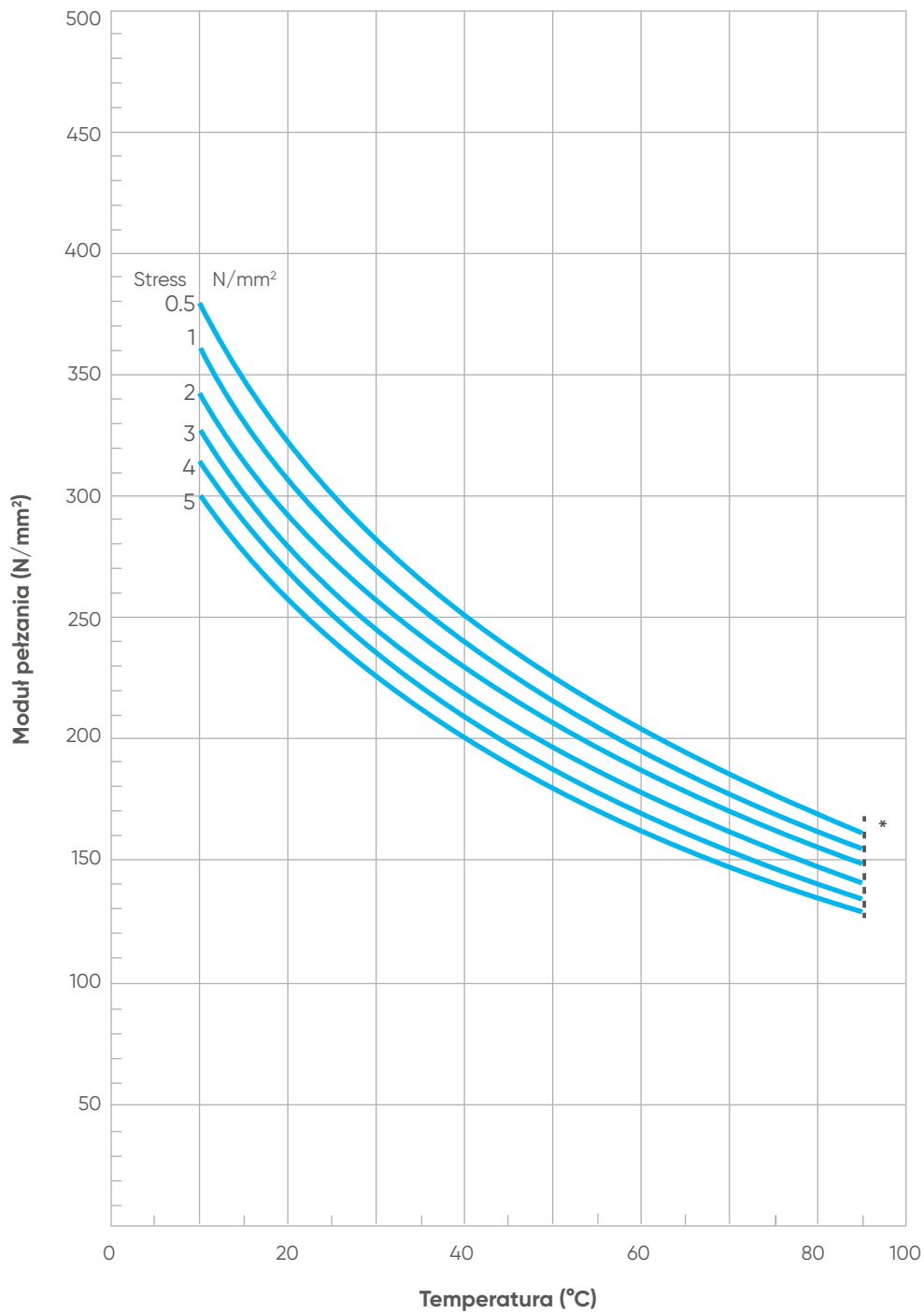


**Moduł pełzania CPVC dla zakresu naprężeń  $\sigma = 5$  to  $20 \text{ N/mm}^2$** 

## Moduł pełzania PP-H w ciągu 1 roku

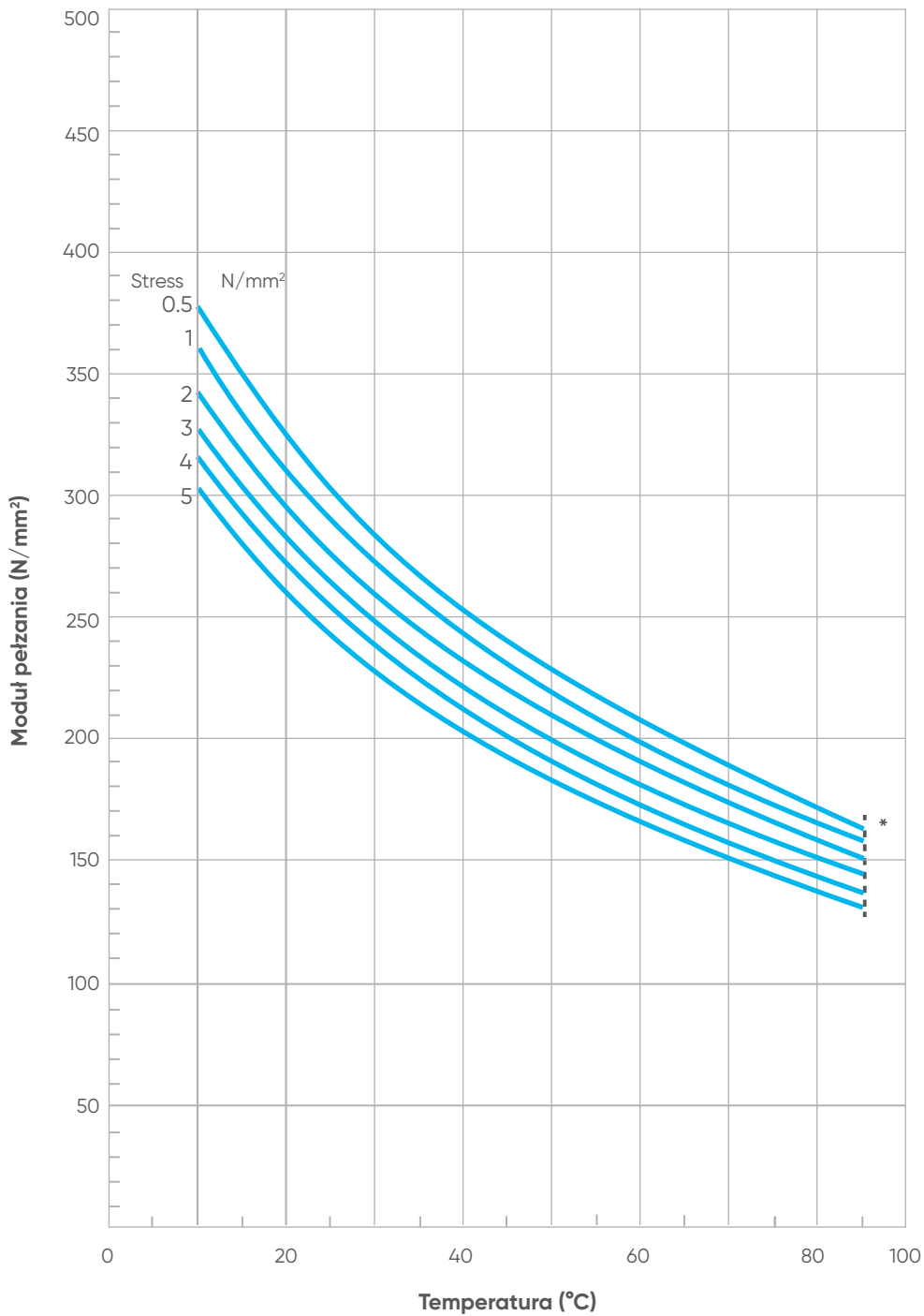


## Moduł ciągnięcia PP-H w ciągu 10 lat



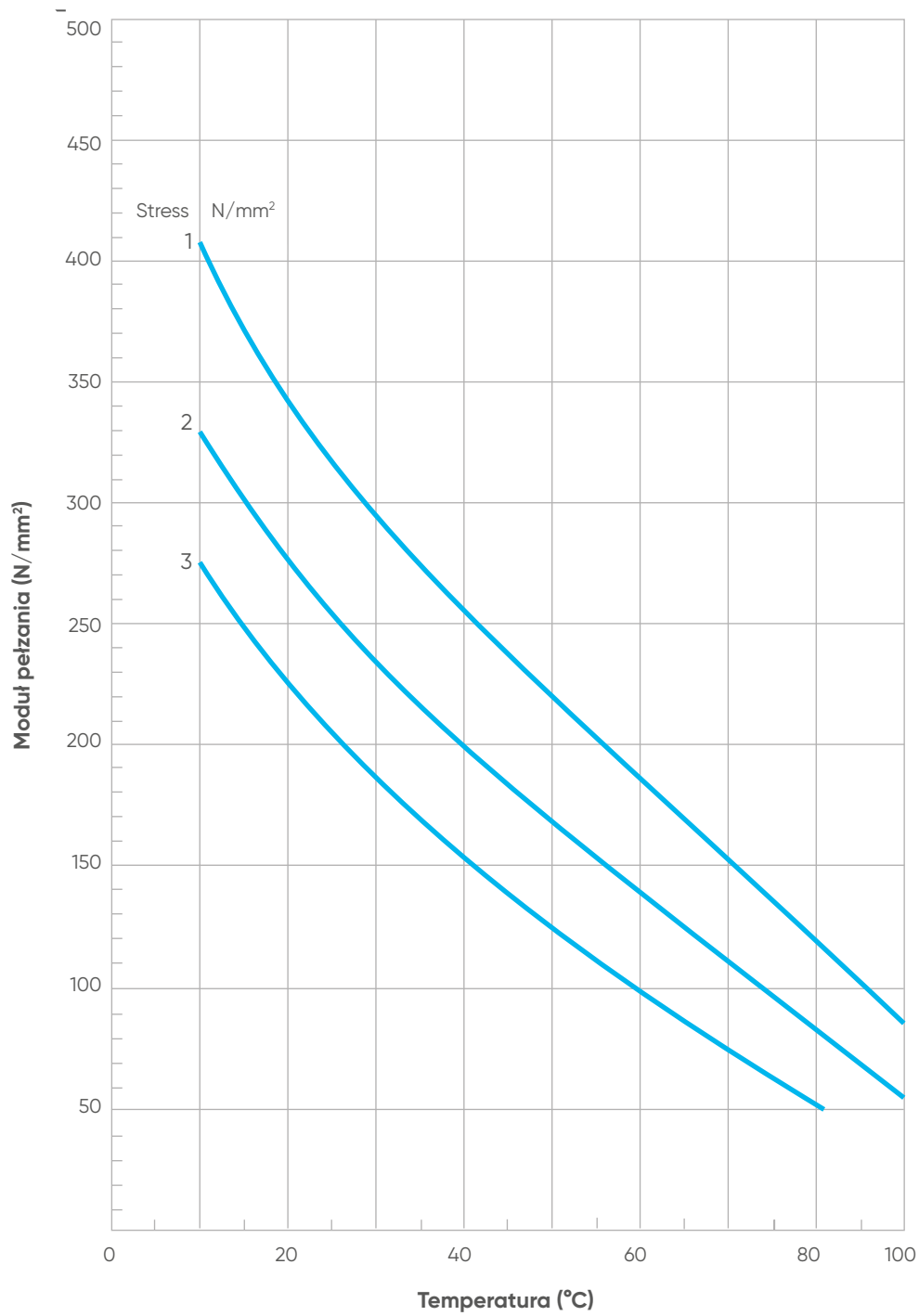
\* Początek starzenia

## Moduł pełzania PP-H w ciągu 25 lat

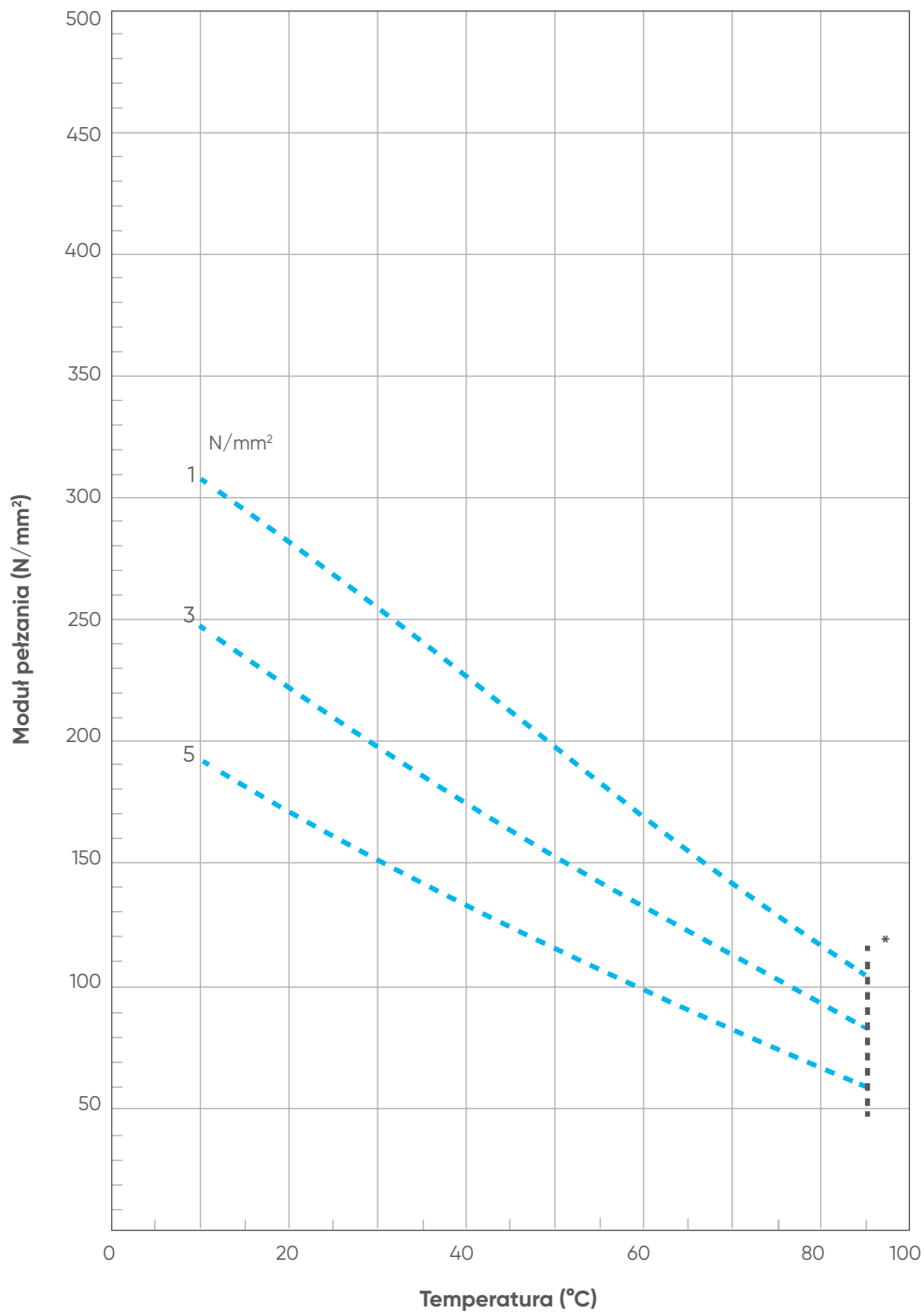


\* Początek starzenia

## Moduł pełzania PP-B w ciągu 1 roku

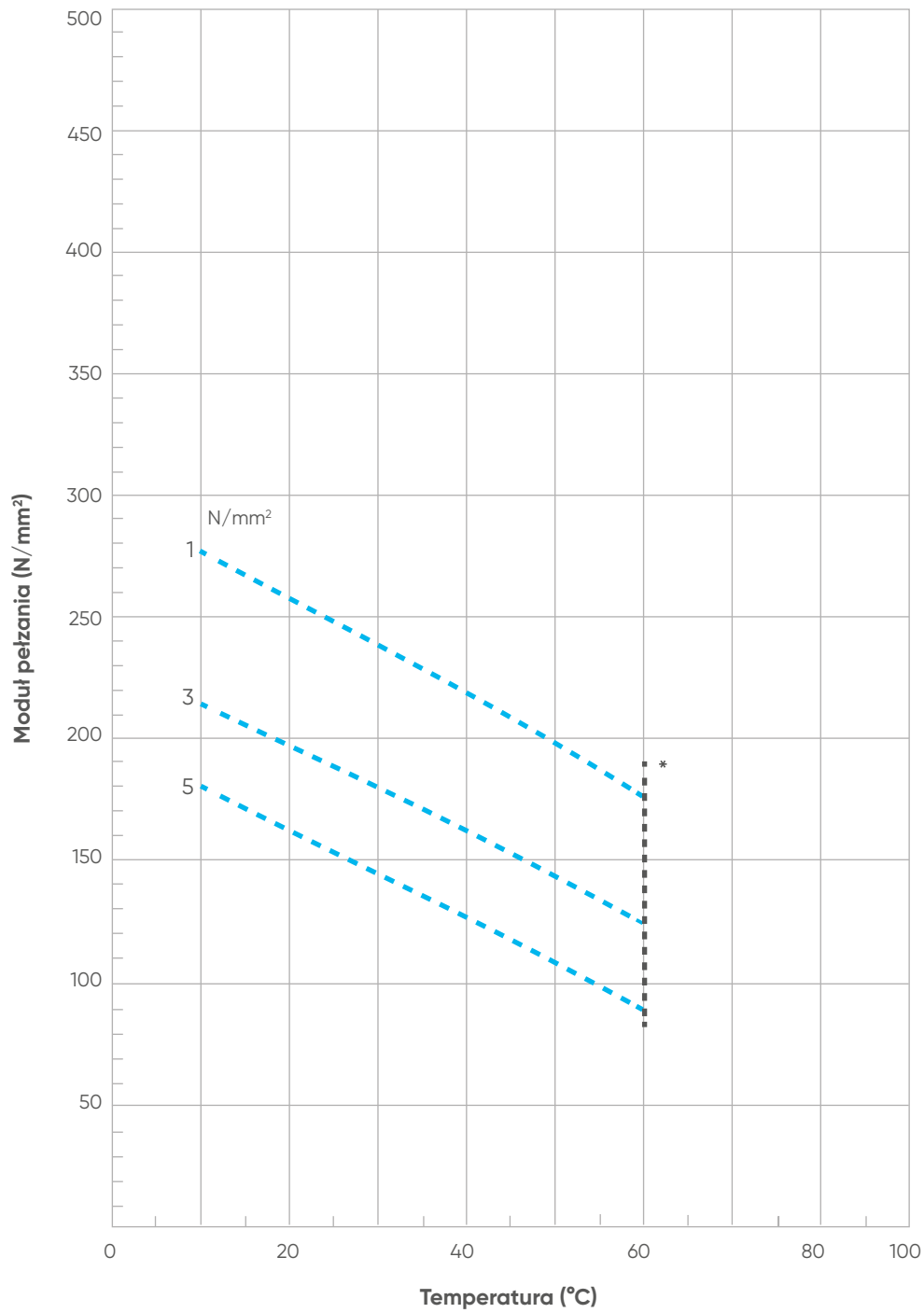


## Moduł pełzania PP-B w ciągu 10 lat



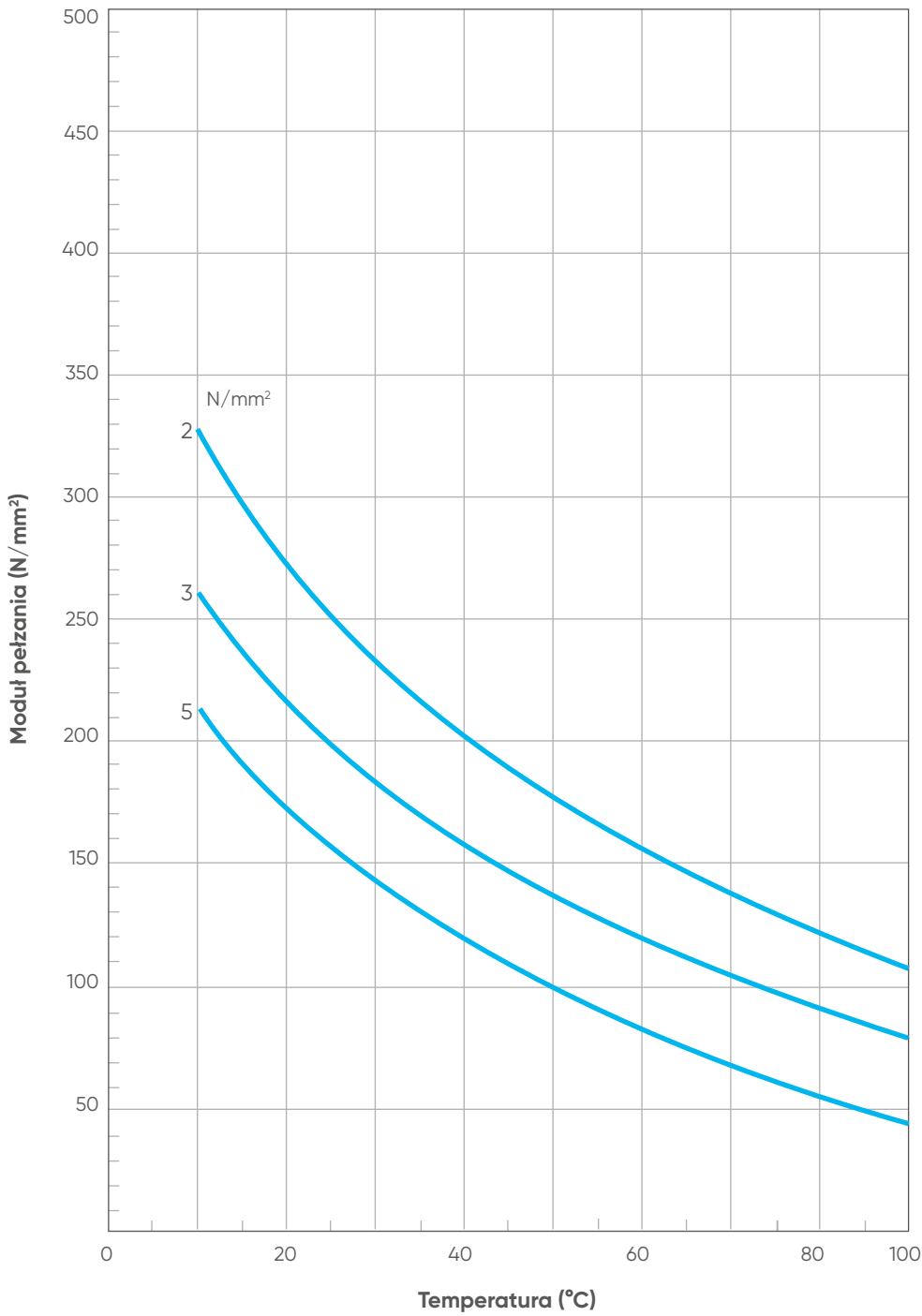
\* Początek starzenia

## Moduł pelzania PP-B w ciągu 25 lat



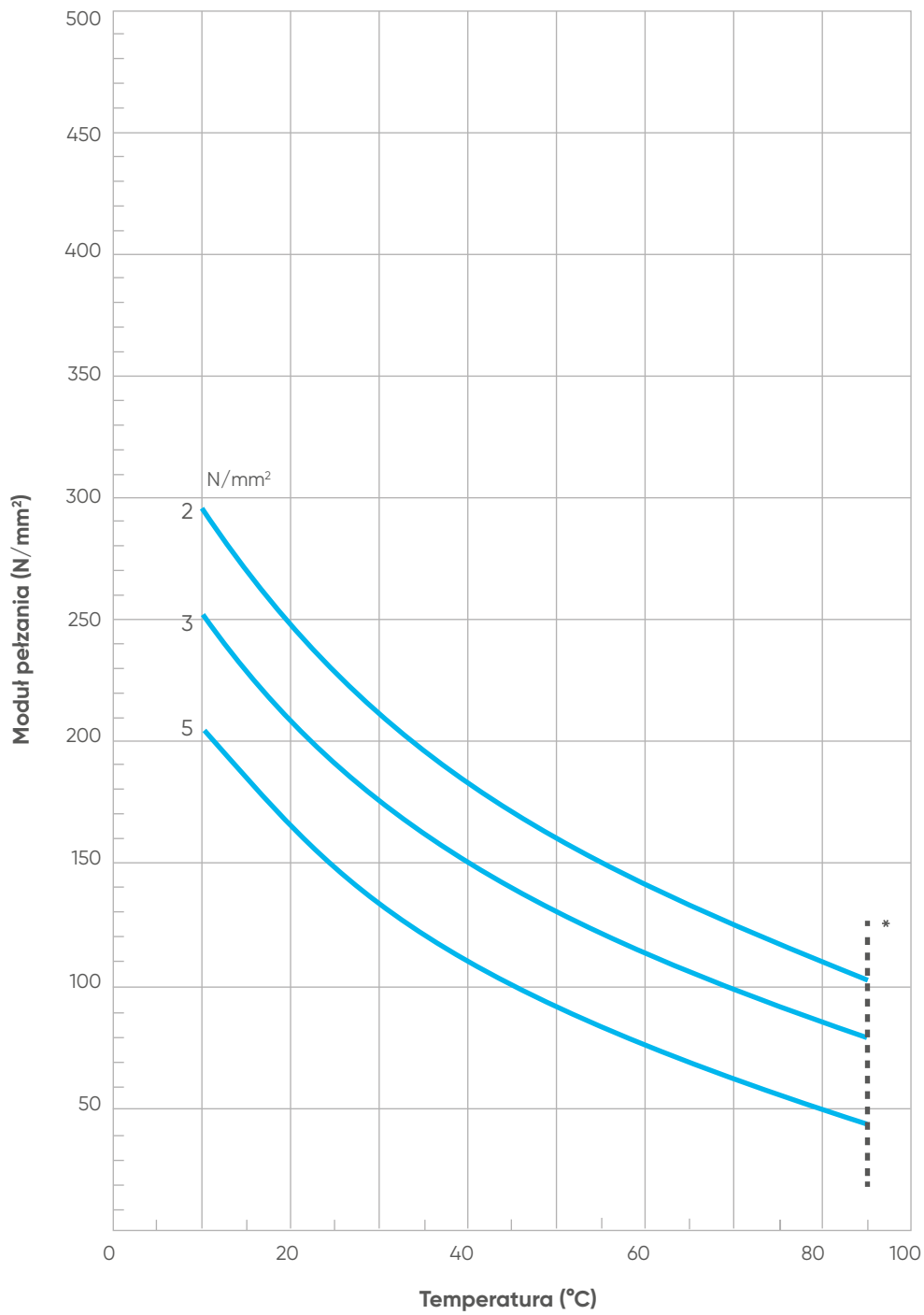
\* Początek starzenia

## Moduł pełzania PP-R w ciągu 1 roku



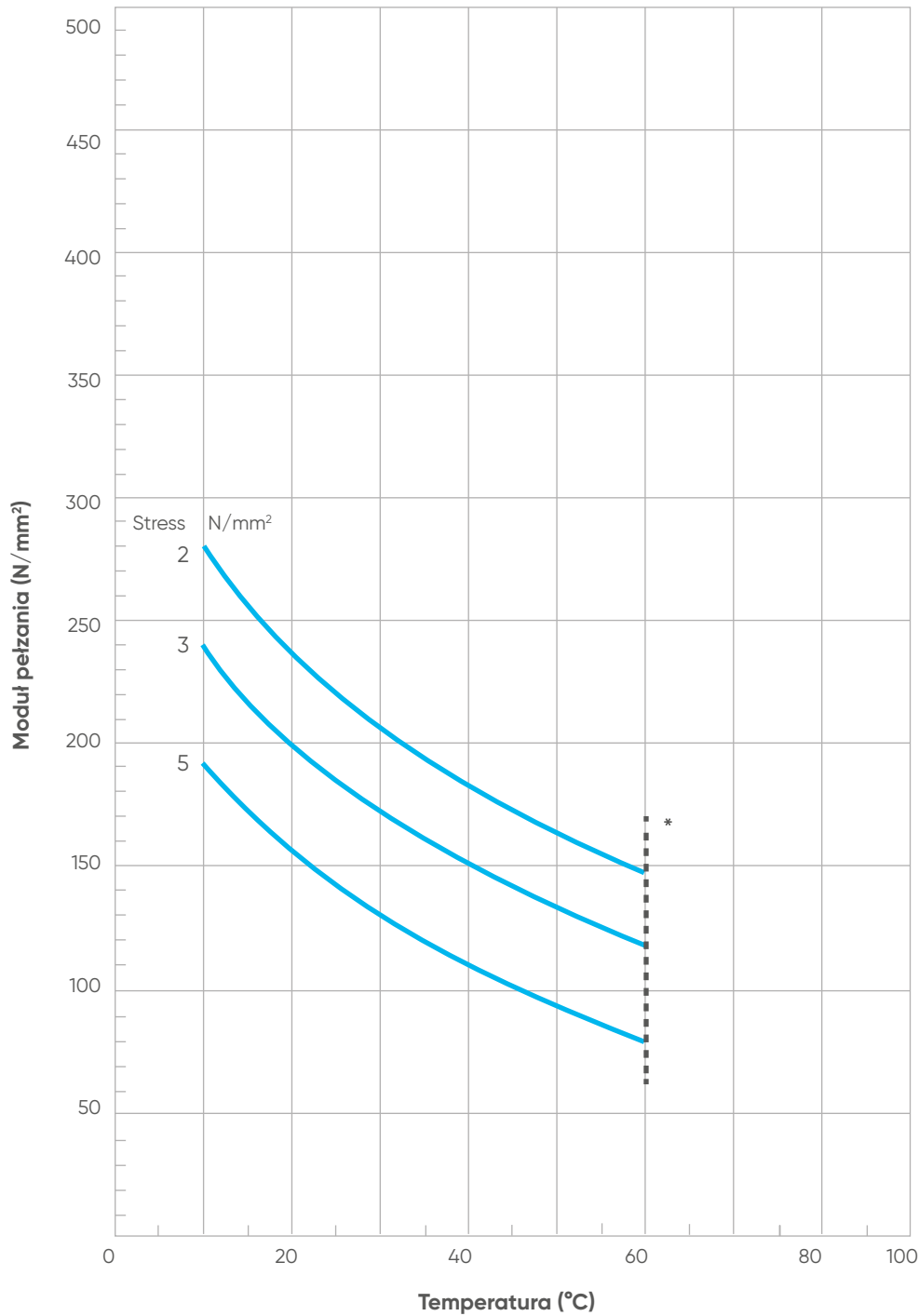


## Moduł pełzania PP-R w ciągu 10 lat



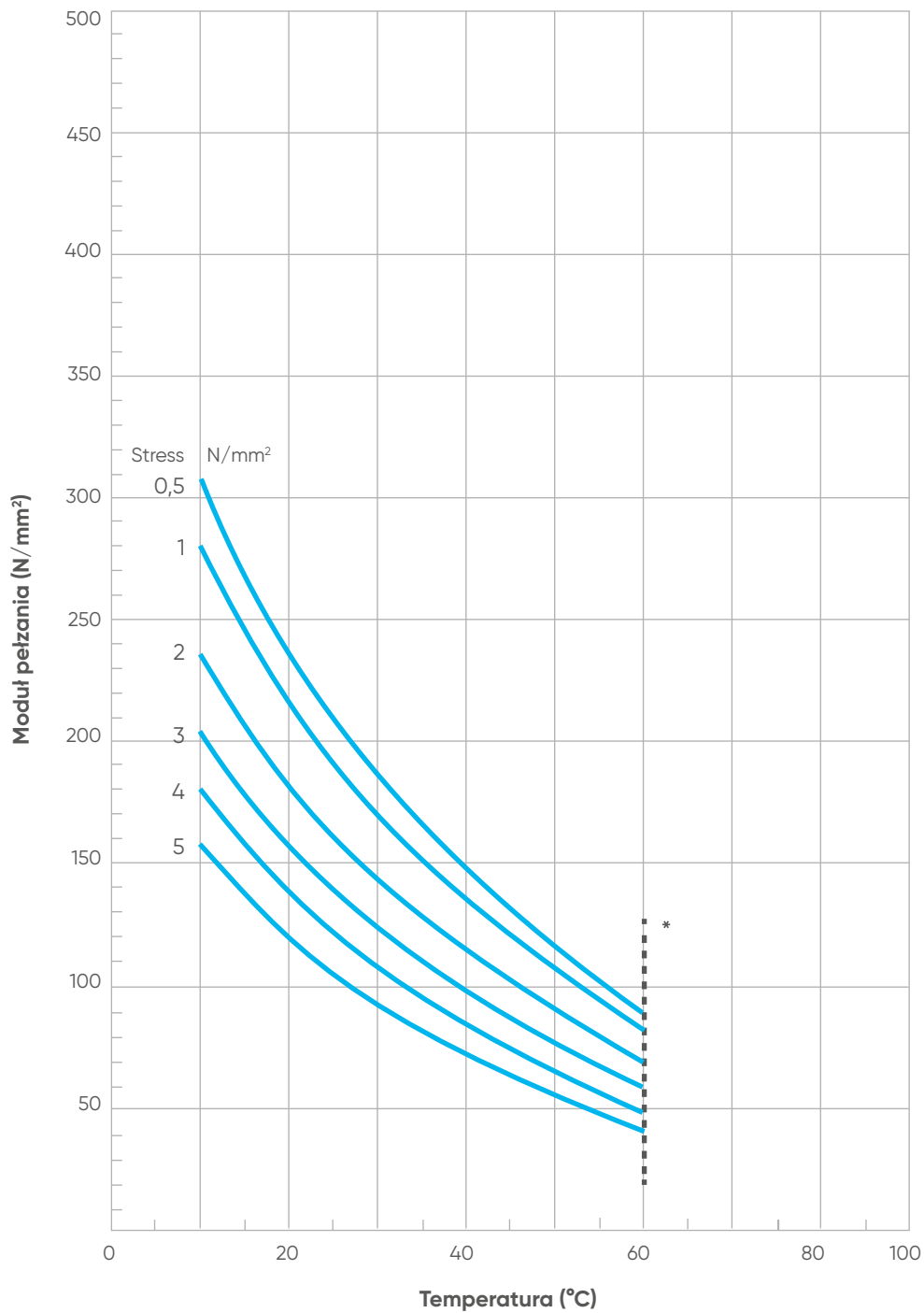
\* Początek starzenia

## Moduł pełzania PP-R w ciągu 25 lat



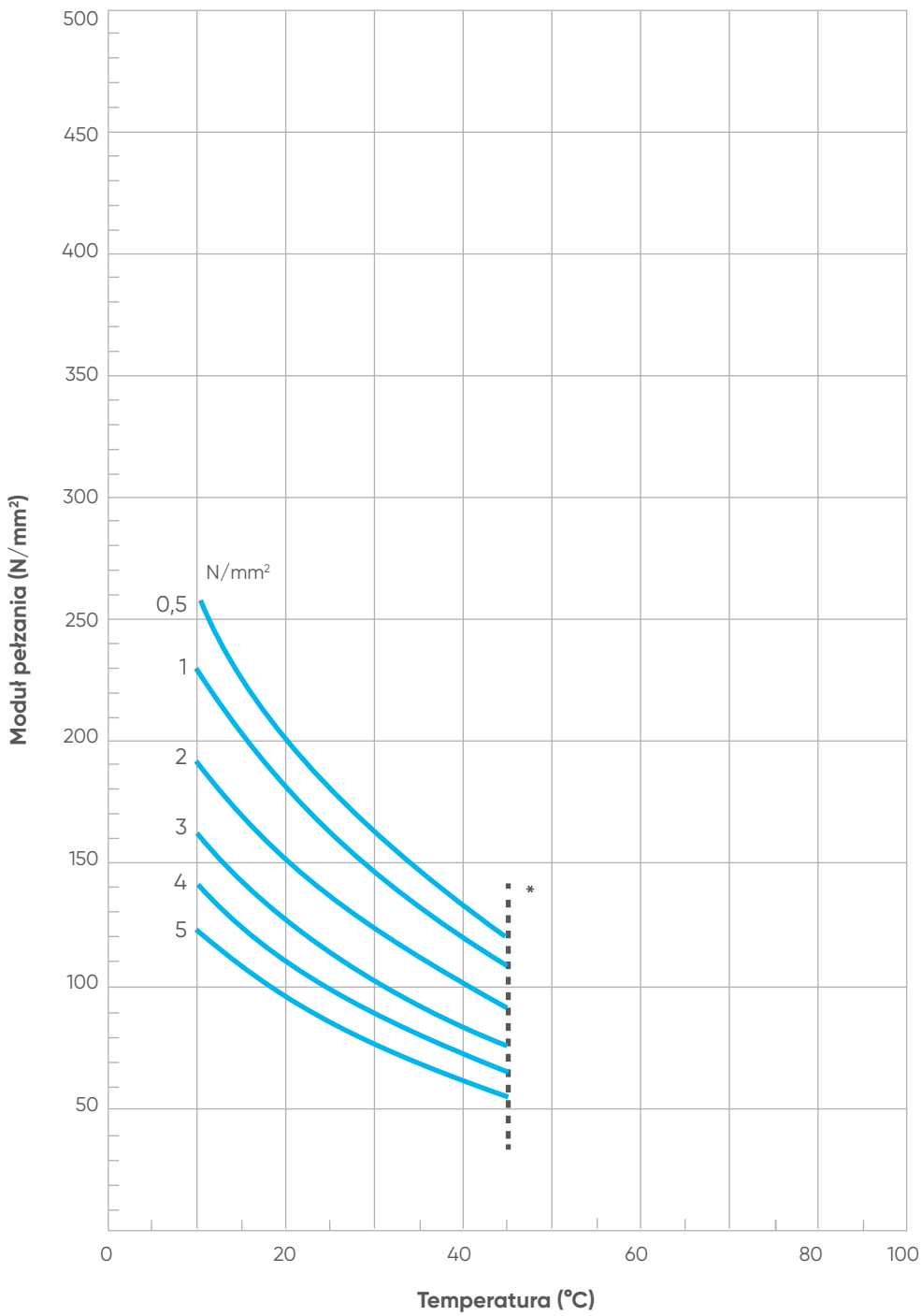
\* Początek starzenia

### Moduł pełzania of PE-HD w ciągu 1 roku



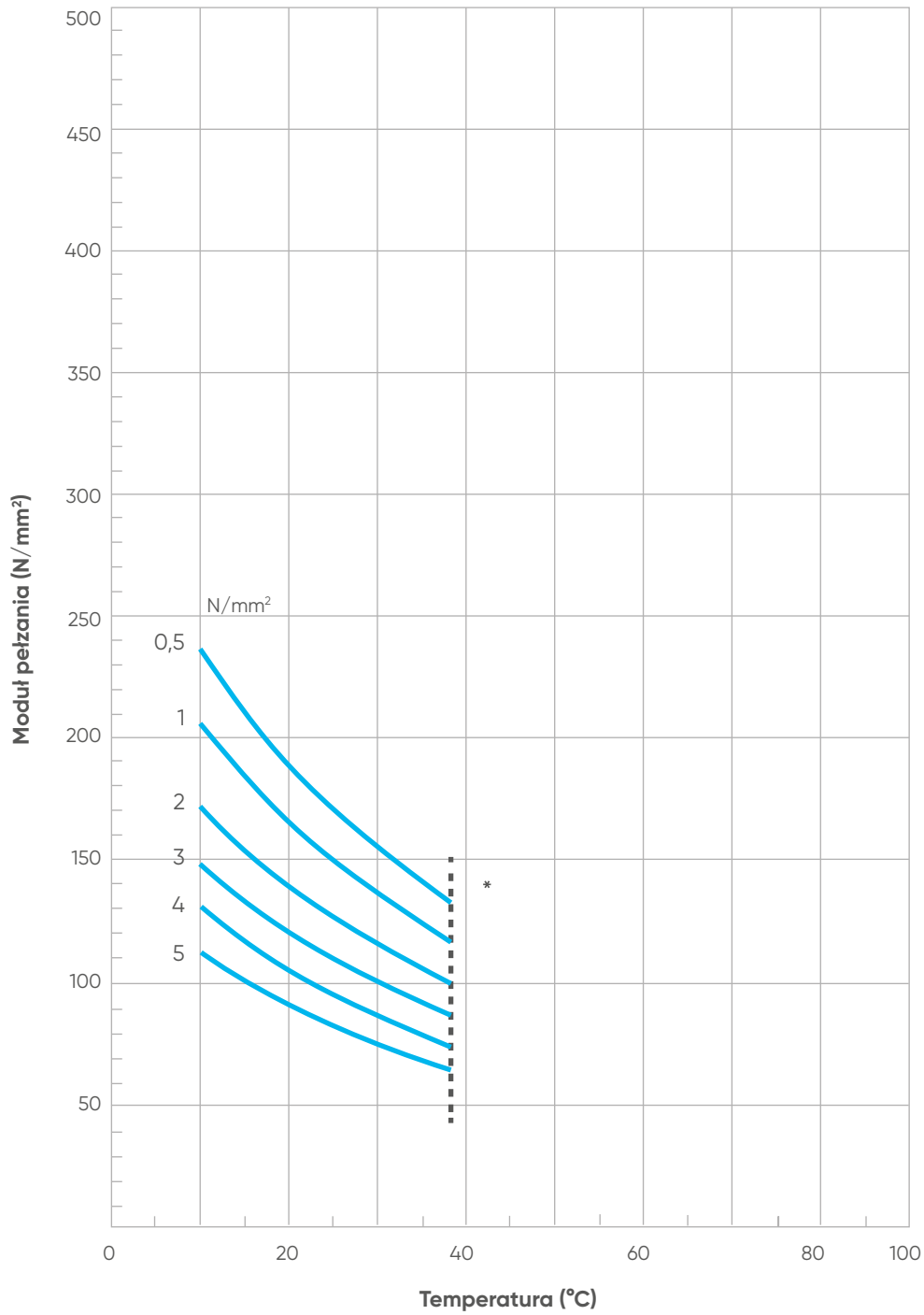
\* Początek starzenia

## Moduł pełzania PE-HD w ciągu 10 lat



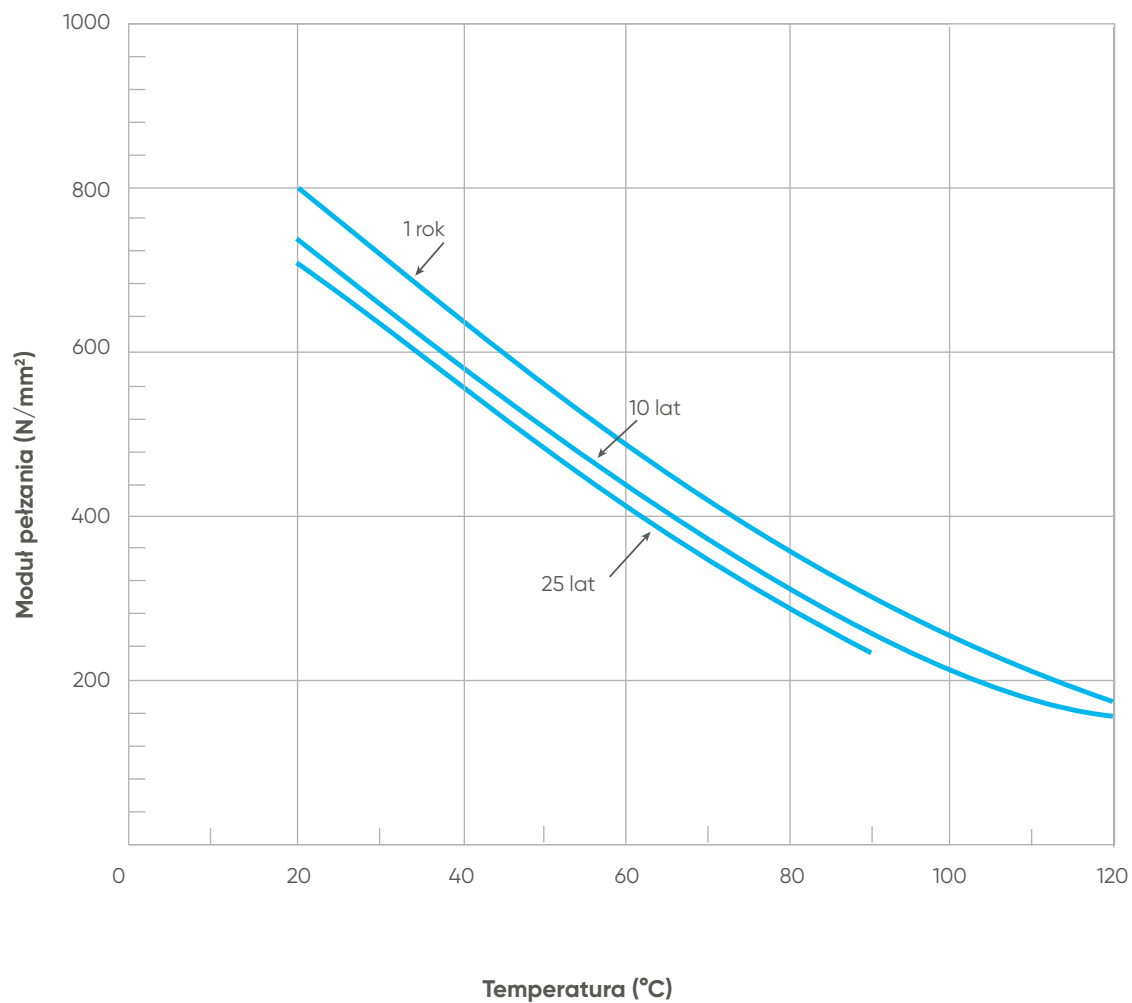
\* Start of ageing

## Moduł pelzania PE-HD w ciągu 25 lat



\* Start of ageing

## Moduł pełzania PVDF









## 2. Projektowanie systemów rur z tworzyw sztucznych 106

### 2.1 Symbole, skróty, jednostki miary, tabele przeliczeniowe 106

2.1.1 Symbole	106
2.1.2 Skróty	107
2.1.3 Jednostki miary	109

### 2.2 Dobór materiałów 113

### 2.3 Odporność chemiczna 114

### 2.4 Wymiarowanie i inżynieria hydrauliczna 117

2.4.1 Projektowanie rur	117
2.4.1.1 Obliczanie naprężeń teoretycznych na podstawie klasyfikacji MRS	117
2.4.1.2 Obliczanie ciśnienia nominalnego	118
2.4.1.3 Obliczanie standardowego stosunku wymiarów	119
2.4.1.4 Obliczanie szeregów	119
2.4.1.5 Obliczanie grubości ścianki	119
2.4.2 Wykres ciśnienia w funkcji temperatury	125
2.4.2.1 Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury	126
2.4.2.2 Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury	132
2.4.3 Obliczenia hydrauliczne	137
2.4.3.1 Obliczanie rozproszonego spadku ciśnienia	139
2.4.3.2 Obliczanie punktowego spadku ciśnienia	142
2.4.4 Regulacja przepływu i dobór zaworów	147
2.4.5 Skok ciśnienia	151
2.4.5.1 Młot wodny	151
2.4.5.2 Kawitacja	154

### 2.5 Dobór zaworu i jego właściwości 156

2.5.1 Charakterystyka cieczy	156
2.5.2 Naprężenia mechaniczne i drgania	157
2.5.3 Bezpieczeństwo	160
2.5.4 Ochrona fizyczna	161
2.5.5 Prosty montaż	161
2.5.6 Dokładna regulacja	162

### 2.6 Odpowietrzanie rurociągów 163

2.6.1 Zapowietrzanie: źródła i przyczyny	163
2.6.2 Jak radzić sobie z zapowietrzaniem przewodów	164

### 2.7 Projektowanie instalacji rurowych dla warunków podciśnieniowych 165

### 2.8 Projektowanie instalacji rurowych dla sprężonego powietrza 166

### 2.9 Dobór przepływomierza 169

2.9.1 Budowa przepływomierza	169
2.9.1.1 Zanurzeniowe czujniki przepływu	169
2.9.1.2 Przelotowe czujniki przepływu	171
2.9.1.3 Przepływomierze o zmiennym przekroju przepływu	172
2.9.2 Montaż przepływomierza	174
2.9.2.1 Zanurzeniowe czujniki przepływu	174
2.9.2.2 Przelotowe czujniki przepływu	176
2.9.2.3 Przepływomierze o zmiennym przekroju przepływu	176

### 2.10 Dobór czujnika pH i ORP 178

2.10.1 Budowa czujników pH i ORP	178
2.10.1.1 Pomiar odczynu pH	178
2.10.1.2 Pomiar ORP	181
2.10.1.3 Elektrody pH/ORP	182
2.10.2 Montaż czujników pH i ORP	184
2.10.2.1 Wytyczne dla montażu	184
2.10.2.2 Wytyczne eksploatacyjne	185

### 2.11 Dobór czujnika przewodności 186




















2.11.1 Budowa czujnika przewodności	186
2.11.1.1 Pomiar przewodności	186
2.11.1.2 Elektrody konduktometryczne	188
2.11.2 Montaż czujnika przewodności	189
2.11.2.1 Wytyczne dla montażu	189
2.11.2.2 Wytyczne eksploatacyjne	190

# 2. Projektowanie systemów rur z tworzyw sztucznych

## 2.1 Symbole, skróty, jednostki miary, tabele przeliczeniowe

### 2.1.1 Symbole

Poniższa tabela przedstawia podstawowe symbole służące do przedstawiania połączeń i zaworów w

Symbole	Połączenie	Symbole	Zawory
	Rura		Zawór ogólny
	Rura, izolowana		Zawór kulowy
	Skrzyżowanie bez połączenia		Zawór przeponowy
	Trójnik		Zawór klapowy
	Połączenie kołnierzowe		Pompa
	Wąż		Zawór kołnierzowy
	Spadek		Zawór motylkowy
	Połączenie		Zawór zwrotny
	Redukcja		Siłownik
	Naczynie, kołnierzowe		

## 2.1.2 Skróty

Skrót materiału	Nazwa materiału
UPVC	Nieplastyfikowany polichlorek winylu
CPVC	Chlorowany polichlorek winylu
ABS	Terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy
PP	Polipropylen
PPH	Homopolimer polipropylenu
PPB	Kopolimer blokowy polipropylenu
PPR	Kopolimer losowy polipropylenu
PP-EL	Polipropylen elektroprzewodzący
PE	Polietylen
PE-RC	Polietylen odporny na pękanie
PVDF	Polifluorek winylidenu
PA	Poliamid
PB	Polibutadien
PE-X	Polietylen usieciowany
EPDM	Kauczuk, monomer etylenowo-propylenowo-dienowy
FKM	Fluoroelastomer
FFKM	Perfluoroelastomer
PTFE	Politetrafluoroetylen
NBR	Kauczuk nitylowy

Skrót	Nazwa
MRS	Minimalna wymagana wytrzymałość
$\sigma$	Naprężenie obliczeniowe
C	Współczynnik projektowy
$C_{min}$	Minimalny współczynnik obliczeniowy
$F_j$	Długotrwały współczynnik połączenia
$F_c$	Współczynnik chemiczny
$F_t$	Współczynnik wytrzymałości
PN	Ciśnienie nominalne
DN	Średnica nominalna
$D_i$	Średnica wewnętrzna
$D_e$	Średnica zewnętrzna
SDR	Standardowy stosunek wymiarów
T	Temperatura
t	Grubość ścianki
r	Promień rury
$t_m$	Trwałość użytkowa pod obciążeniem mechanicznym
$t_a$	Trwałość użytkowa pod wpływem starzenia się
Q	Natężenie przepływu
V	Prędkość przepływu
$V_a$	Średnia prędkość
$V_m$	Prędkość maksymalna
Re	Liczba Reynoldsa
$\mu$	Lepkość dynamiczna
$\nu$	Lepkość kinematyczna
h	Spadek ciśnienia
g	Przyspieszenie grawitacyjne
$\lambda$	Współczynnik tarcia
A	Odcinek rury
Chw	Współczynnik przepływu Hazena i Williama
$\Delta p_{RF}$	Strata ciśnienia na kształtkach
$\Delta p_{RV}$	Strata ciśnienia na połączeniach rur
$\Delta p_{geod}$	Różnica ciśnień od wysokości
$\Delta p_{valv}$	Strata ciśnienia wewnątrz zaworu
$\epsilon_{RF}$	Współczynnik oporu kształtek
$\epsilon_{RV}$	Współczynnik oporu połączeń
$\Delta h_{geod}$	Różnica wysokości rurociągu
$K_v$	Standardowy współczynnik natężenia przepływu
$t_c$	Czas rozchodzenia się zaburzeń od młota wodnego
$V_{pw}$	Prędkość fali ciśnienia
$p_k$	Ciśnienie wyboczeniowe
$\sigma_k$	Rozciąganie wyboczeniowe
$E_c$	Moduł pełzania
f	Częstotliwość
Ep	Potencjał między dwiema elektrodami
$E_0$	Potencjał standardowy

Skrót	Nazwa
n	Ładunek jonu
F	Stała Faradaya
R	Rezystancja
K	Stała naczyńka
d	Odległość między elektrodami
S	Powierzchnia elektrody
S <sub>m</sub>	Długość skosu (fazki)
κ	Przewodność
E	Moduł sprężystości lub moduł Younga
ε	Odształcenie
t <sub>f</sub>	Czas do zniszczenia
α	Ugięcie kątowe
f <sub>m</sub>	Maksymalne ugięcie odkształceniowe
L	Rozstaw podpór
L <sub>p</sub>	Długość odrywania
L <sub>i</sub>	Długość zanurzona
M	Głębokość wykopu
m	Minimalna szerokość wykopu
I	Moment bezwładności
k	Współczynnik ugięcia sprężystego
W	Obciążenia statyczne
P <sub>p</sub>	Ciężar rury
P <sub>f</sub>	Ciężar przetaczanego płynu
s	Ciężar właściwy płynu w warunkach użytkowych
L <sub>A</sub>	Szerokość przęsła podparcia rury
T <sub>B</sub>	Temperatura robocza
T <sub>R</sub>	Temperatura pokojowa
R <sub>p</sub>	Odległość między końcami rury
X	Wartość nieokrągłości rury

### 2.1.3 Jednostki miary

W poniższej tabeli podano jednostki układu SI.

Nazwa wielkości	Znak	Nazwa wielkości	Znak
Długość	l	Metr	m
Masa	m	Kilogram	kg
Czas	t	Sekunda	s
Prąd elektryczny	I	Amper	A
Temperatura termodynamiczna	T	Kelvin	K
Ilość substancji	n	Mol	mol
Natężenie światła	ln	Kandela	cd

Kolejna tabela przedstawia przedrostki określone w systemie międzynarodowym.

Znaczenie	Nazwa	Znak	Czynnik potęgi	Liczba dziesiętna
Kwintylion	eksa	E	$10^{18}$	= 1 000 000 000 000 000 000
Kwadrilion	peta	P	$10^{15}$	= 1 000 000 000 000 000
Trylion	tera	T	$10^{12}$	= 1 000 000 000 000
Miliard	giga	G	$10^9$	= 1 000 000 000
Milion	mega	M	$10^6$	= 1 000 000
Tysiąc	kilo	k	$10^3$	= 1 000
Sto	hekto	h	$10^2$	= 100
Dziesięć	deka	da	$10^1$	= 10
Dziesiętna	decy	d	$10^{-1}$	= 0,1
Setna	centy	c	$10^{-2}$	= 0,01
Tysięczna	mili	m	$10^{-3}$	= 0,001
Milionowa	mikro	$\mu$	$10^{-6}$	= 0,000 001
Miliardowa	nano	n	$10^{-9}$	= 0,000 000 001
Trylionowa	pico	p	$10^{-12}$	= 0,000 000 000 001
	femto	f	$10^{-15}$	= 0,000 000 000 000 001
Kwintylionowa	atto	a	$10^{-18}$	= 0,000 000 000 000 000 001

Następna tabela przedstawia kilka wielkości wraz z ich jednostkami układu SI i przelicznikami.

Wielkość	Jednostka układu SI	Dopuszczalne jednostki spoza układem SI	Przeliczenie na odpowiednią jednostkę SI i zależności	Inne jednostki i przeliczniki spoza układu SI
Długość	m			1" = 0,0254 m 1 Sm = 1852 m
Powierzchnia	m <sup>2</sup>			1 b = 10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup> 1 Sm = 1852 m 1 a = 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup> 1 ha = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
Objętość	m <sup>3</sup>	l	1 l = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>	
Kąt przestrzenny	SR		1 sr = 1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	1° = 3,046 × 10 <sup>-4</sup> sr 1 g = 2,467 × 10 <sup>-4</sup> sr
Czas	s	min h d	1 min = 60 s 1 h = 3600 s 1 d = 86 400 s	
Częstotliwość	Hz		1 Hz = 1/s	
Prędkość obrotowa Częstotliwość	s <sup>-1</sup>	min <sup>-1</sup> U/min	1 min <sup>-1</sup> (1/60) s <sup>-1</sup> 1 U/min = 1 (1/min)	
Prędkość	m/s	km/h	1 km/h = (1/3,6) m/s	
Przyspieszenie	m/s <sup>2</sup>			1 Gal = 10 <sup>-2</sup> m/s <sup>2</sup>
Masa	kg	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg	1 q = 50 kg
Gęstość	kg/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup> kg/l	1 t/m <sup>3</sup> = 1000 kg/m <sup>3</sup> 1 kg/l = 1000 kg/m <sup>3</sup>	
Moment bezwładności	kg × m <sup>2</sup>			1 kp × ms <sup>2</sup> = 9,81 kg × m <sup>2</sup>

<b>Siła</b>	N		1 N = 1 kg × m/s <sup>2</sup>	1 dyn = 10 <sup>-5</sup> N 1 p = 9,80665 × 10 <sup>-3</sup> N 1 kp = 9,80665 N
<b>Wielkość</b>	<b>Jednostka układu SI</b>	<b>Dopuszczalne jednostki spoza układu SI</b>	<b>Przeliczenie na odpowiednią jednostkę SI i zależności</b>	<b>Inne jednostki i przeliczniki spoza układu SI</b>
<b>Moment obrotowy</b>	N × m			1 kpm = 9,80665 Nm 1 Nm = 0,7375 lb-ft
<b>Ciśnienie</b>	Pa	bar	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> 1 bar = 105 Pa	1 atm = 1,01325 bar 1 at = 0,980665 bar 1 torr = 1,333224 × 10 <sup>-3</sup> bar 1 m WS = 98,0665 × 10 <sup>-3</sup> bar 1 mm Hg = 1,333224 × 10 <sup>-3</sup> bar
<b>Naprężenie</b>	N/m <sup>2</sup> Pa		1 N/m <sup>2</sup> = 1 Pa	1 kp/m <sup>2</sup> = 9,80665 N/m <sup>2</sup> 1 kp/cm <sup>2</sup> = 98,0665 × 10 <sup>-3</sup> N/m <sup>2</sup> 1 kp/mm <sup>2</sup> = 9,80665 × 10 <sup>-6</sup> N/m <sup>2</sup>
<b>Lepkość dynamiczna</b>	Pa × s		1 Pa × s = 1 N × s/m <sup>2</sup>	1 P (puaz) = 10 <sup>-1</sup> Pa × s
<b>Lepkość kinematyczna</b>	m <sup>2</sup> /s		1 m <sup>2</sup> /s = 1 Pa × s × m <sup>3</sup> /kg	1 St (stokes) = 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
<b>Praca, energia</b>	J	eV W × h	1 J = 1 Nm = 1 WS 1 W × h = 3,6 KJ	1 cal = 4,1868 J 1 kpm = 9,80665 J 1 erg = 10 <sup>-7</sup> J
<b>Ładunek elektryczny</b>	C		1 C = 1 A × s	
<b>Napięcie elektryczne</b>	V		1 V = 1 W/A	
<b>Prąd elektryczny</b>	A			
<b>Opór elektryczny</b>	Ω		1 Ω = 1 V/A	1 Ω abs = 1 Ω
<b>Moc</b>	W		1 W = 1 J/s = 1 Nm/s 1 W = 1 V × A	1 PS = 735,498 W 1 kcal/h = 1,163 W 1 kpm/s = 10 W
<b>Pojemność elektryczna</b>	F		1 F = 1 C/V	
<b>Natężenie pola magnetycznego</b>	A/m			1 Oe = 79,5775 A/m
<b>Strumień magnetyczny</b>	Wb		1 Wb = 1 V × s	1 Mx = 10 <sup>-8</sup> Wb
<b>Gęstość strumienia magnetycznego</b>	T		1 T = 1 Wb/m <sup>2</sup>	1 G = 10 <sup>-4</sup> T
<b>Indukcyjność</b>	H		1 H = 1 Wb/A	
<b>Przewodność elektryczna</b>	S		1 S = 1/Ω	
<b>Temperatura termodynamiczna</b>	K		Δ 1°C = Δ 1 K	0°C = 273,15 K
<b>Temperatura w st. Celsjusza</b>	°C		Δ 1°C = Δ 1 K 0 K = -273,15°C	
<b>Pojemność cieplna</b>	J/K			1 Kcl/grad = 4,1868 10 <sup>-3</sup> J/K

Poniższa tabela przedstawia przeliczenia dla natężenia przepływu.

m <sup>3</sup> /h	l/min	l/s	m <sup>3</sup> /s	Imp. gal/min	US gal/min	cu. ft./h	cu. ft./s
1,0	16,67	0,278	2,78 × 10 <sup>-4</sup>	3,667	4,404	35,311	9,81 × 10 <sup>-3</sup>
0,06	1,0	0,017	1,67 × 10 <sup>-5</sup>	0,220	0,264	2,119	5,89 × 10 <sup>-4</sup>
3,6	60	1,0	1,00 × 10 <sup>-3</sup>	13,20	15,853	127,12	3,53 × 10 <sup>-2</sup>
3 600	60 000	1000	1,0	13 200	15 838	127 118	35,311
0,2727	4,55	0,076	7,58 × 10 <sup>-5</sup>	1,0	1,201	9,629	2,67 × 10 <sup>-3</sup>
0,2272	3,79	0,063	6,31 × 10 <sup>-5</sup>	0,833	1,0	8,0238	2,23 × 10 <sup>-3</sup>
0,0283	0,47	0,008	7,86 × 10 <sup>-6</sup>	0,104	0,125	1,0	2,78 × 10 <sup>-4</sup>
101,94	1 699	28,32	2,83 × 10 <sup>-2</sup>	373,77	448,8	3 600	1,0

Poniższa tabela przedstawia przeliczenia dla ciśnienia.

bar	kg/cm <sup>2</sup>	lbf/in <sup>2</sup>	atm	ft H <sub>2</sub> O	m H <sub>2</sub> O	mm Hg	in. Hg	kPa
1,0	1,0197	14,504	0,9869	33,455	10,197	750,06	29,530	100
0,9807	1,0	14,223	0,9878	32,808	10	735,56	28,959	98,07
0,0689	0,0703	1,0	0,0609	2,3067	0,7031	51,715	2,036	6,89
1,0133	1,0332	14,696	1,0	33,889	10,332	760,0	29,921	101,3
0,0299	0,0305	0,4335	0,0295	1,0	0,3048	22,420	0,8827	2,99
0,0981	0,10	1,422	0,0968	3,2808	1,0	73,356	2,896	9,81
13,3 × 10 <sup>-4</sup>	0,0014	0,0193	13,2 × 10 <sup>-4</sup>	0,0446	0,0136	1,0	0,0394	0,133
0,0339	0,0345	0,4912	0,0334	1,1329	0,3453	25,40	1,0	3,39
1,0 × 10 <sup>-5</sup>	10,2 × 10 <sup>-6</sup>	14,5 × 10 <sup>-5</sup>	9,87 × 10 <sup>-6</sup>	3,34 × 10 <sup>-4</sup>	10,2 × 10 <sup>-5</sup>	75,0 × 10 <sup>-4</sup>	29,5 × 10 <sup>-5</sup>	1,0



## 2.2 Dobór materiałów

Dobór tworzywa sztucznego jest kluczowym czynnikiem dla skutecznego i udanego projektu, ponieważ pozwala osiągnąć pożądaną funkcjonalność, bezpieczeństwo i określony minimalny okres trwałości użytkowej systemu, instalacji.

Materiał na rurociągi dobiera się na podstawie powszechnych praktyk i czynników, które można podsumować słowem „STAMP”, czyli skrótem od zbioru czynników: wielkości (Size), temperatury (Temperature), zastosowania (Application),

<b>S</b>	<b>T</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>P</b>
WIELKOŚĆ	TEMPERATURA	ZASTOSOWANIE	CZYNNIK	CIŚNIENIE

Dobór odpowiedniego materiału i prawidłowego jego wykorzystanie wymaga przede wszystkim odpowiedzi na szereg pytań, m.in.:

- Jakie jest zastosowanie materiału?
- Jaki czynnik będzie przetwarzany? Jakie jest jego stężenie?
- Jaka wielkość lub natężenie przepływu są konieczne?
- Jakie jest ciśnienie robocze?
- Jaka jest temperatura robocza?
- Czy jest to zastosowanie naziemne czy podziemne?
- Czy istnieją kodeksy i normy, które umożliwiają lub ograniczają stosowanie tworzyw sztucznych?

Poprawne odpowiedzi wymagają rozpatrzenia szeregu czynników – przede wszystkim składu płynu przepływającego przez rurę. W szczególności konieczne jest zbadanie właściwości chemicznych płynu i rozpatrzyć niepożądane zmiany jego składu w celu doboru odpowiedniego rozwiązania.

Warto zacząć od sprawdzenia odporności chemicznej materiału, z którego mają być wykonane rury: żywice termoplastyczne z zasady odznaczają się dużą odpornością na wiele różnych płynów, ale to może się zmienić w zależności od konkretnego czynnika chemicznego, wahań temperatury lub naprężeń, zatem ważne jest, aby rozpatrzyć każdy czynnik wpływający na ostateczny dobór materiału.

Następnie sugeruje się sprawdzić parametry związane z przepływem procesu technologicznego: w ten sposób można zadać potrzebny przepływ zgodnie z pożądaną prędkością płynu oraz minimalnym i maksymalnym ciśnieniem roboczym.

W tym celu należy również wziąć pod uwagę wszelkie zmiany ciśnienia, które mogą wystąpić, ponieważ mogą one wpłynąć na dobór wymiarów całej instalacji.

Jeśli chodzi o spadki ciśnienia, to mogą być one rozłożone w przewodach lub występować wewnątrz kształtek, połączeń lub zaworów.

Z drugiej strony, w przypadku nagłego zatrzymania przepływu może dojść do wzrostu ciśnienia, zwanego uderzeniem lub młotem wodnym. Jego skutki wymagają oceny odgórnej, aby wyznaczyć prawidłową wielkość instalacji.

Innym ważnym czynnikiem, który może mieć wpływ na proces technologiczny, jest jego miejsce i otoczenie: materiał wykonania dobiera się w zależności od tego, czy instalacja jest podziemna, czy też znajduje się na powierzchni lub jest napowietrzna.

Nawet temperatura zewnętrzna wymaga rozpatrzenia, ze względu na możliwe jej wahania: przejście z ekstremalnie gorącego klimatu do zimnego może wywołać kilka oddziaływań w tworzywie sztucznym, m.in. rozszerzenie się lub kurczenie, i problemy te należy rozwiązać, a także rozpatrzyć na etapie projektowania.

Jeśli chodzi o instalację, należy zapewnić wystarczającą ilość miejsca: rury nie powinny kolidować z niczym w sposób uniemożliwiający dostęp pracowników lub ruch drogowy, i nie powinny kolidować z dostępem rewizyjnym do innych elementów urządzeń. Miejsce magazynowania powinno być, rzecz jasna, pozbawione zagrożenia pożarowego.

Wreszcie, co nie mniej ważne, rozpatruje względy finansowe: każdy z omówionych powyżej czynników musi uwzględnić koszty materiału, montażu i konserwacji.

Biorąc pod uwagę każde z powyższych zagadnień, poprawny dobór i zastosowanie materiałów powinno przełożyć się na bardzo długą trwałość użytkową.

## 2.3 Odporność chemiczna

Na podstawie odporności chemicznej można zaklasyfikować każde tworzywo sztuczne i zrozumieć jego zachowanie w reakcji na różne środki chemiczne.

Żywice termoplastyczne, w zależności od ich budowy molekularnej, charakteryzują się wysoką odpornością na działanie szerokiej gamy płynów. Na obojętność tą w znacznym stopniu wpływają warunki eksploatacji, którym poddawane jest tworzywo termoplastyczne, czyli m.in. zmiany składu czynnika chemicznego, temperatura, naprężenia statyczne i dynamiczne, które mogą powodować zjawiska rozkładu skracające żywotność materiału.

Jak już wspomniano, odporność chemiczna materiału może w znacznym stopniu zależeć od temperatury, zasadne może być omówienie zależności pomiędzy szybkością reakcji chemicznej a jej temperaturą.

Zagadnienie to można podsumować jednym wzorem – równaniem Arrheniusa, które opisuje, jak stała szybkości lub stała kinetyczna rośnie wykładniczo wraz ze wzrostem temperatury.

Równanie Arrheniusa można zapisać następująco:

$$k = k_0 * e^{\left(\frac{-E_a}{R*T}\right)}$$

gdzie:

$k$  = stała szybkości (częstotliwość zderzeń powodujących reakcję), służąca do obliczania szybkości reakcji

$k_0$  = współczynnik przedwykładniczy, stały dla każdej reakcji chemicznej

$E_a$  = energia aktywacji reakcji (J/mol)

$R$  = uniwersalna stała gazowa (J/mol\*K)

$T$  = temperatura (K)

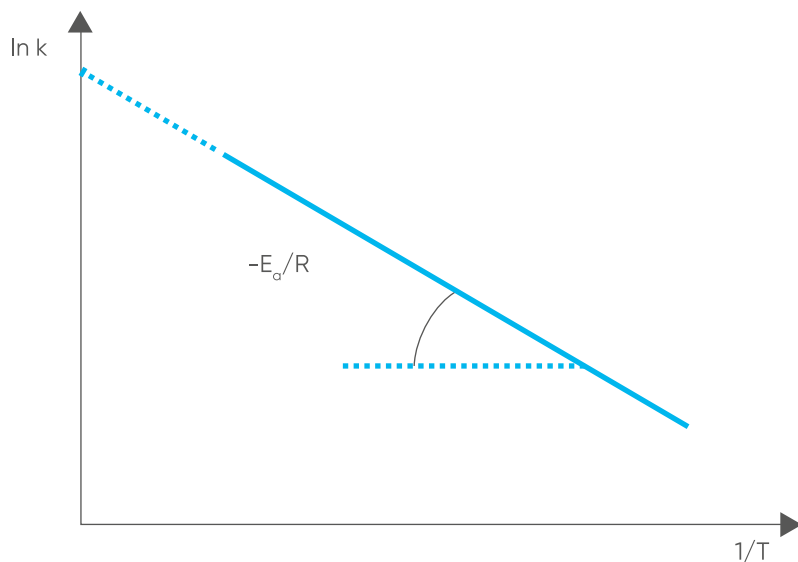
Gwoli wyjaśnienia należy pamiętać, że aby zaszła reakcja chemiczna, cząsteczki odczynników muszą się zderzyć z wystarczająco gwałtowną energią, aby pokonać tzw. energię aktywacji, czyli minimalną energię potrzebną układowi do rozpoczęcia reakcji.

W pewnej temperaturze nie wszystkie cząsteczki mają wystarczającą energię kinetyczną, aby przekroczyć wartość energii aktywacji, lecz wraz ze wzrostem temperatury rośnie odsetek cząsteczek, których energia kinetyczna jest większą od energii aktywacji.

Z drugiej strony, zapisując równanie Arrheniusa w następujący sposób:

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R*T}$$

Można zauważyć, że podnosząc temperaturę maleje wartość  $\ln k$ , co widać na wykresie.



Dlatego konieczna jest znajomość zachowania się tworzyw termoplastycznych w odpowiedzi na oddziaływanie związków chemicznych, aby móc dokonać precyzyjnego doboru najlepszego z materiałów.

Podsumowując informacje na temat każdego tworzywa sztucznego, można zauważyć, że na przykład PVC nadaje się do większości silnych kwasów, zasad, roztworów wodnych, węglowodorów alifatycznych i fluorków, ale nie jest zalecany w przypadku estrów, ketonów, eterów i węglowodorów aromatycznych lub chlorowanych.

CPVC jest jednym z tworzyw sztucznych o najbardziej interesujących cechach, ze względu na jego odporność na korozję chemiczną od substancji, które mogą pogorszyć i skrócić żywotność kilku metali – mowa o m.in. kwasie siarkowym i kwasie solnym, a także siarczanych i wodorotlenkach.

Odczyn pH w przypadku CPVC nie jest ograniczony i tworzywo znosi znacznie jego wahania w przetaczanych cieczach.

Dlatego też jest on powszechnie używany w procesach przemysłowych, m.in. galwanizacji metali, w przemyśle chloro-zasadowym, a także w oczyszczalniach ścieków.

Poliolefiny są odporne na wodne roztwory soli, rozcieńczone kwasy, zasady i oddziaływania elektrochemiczne, które mogą prowadzić do korozji metali.

Tylko silne środki utleniające, np. wysoko stężone nadtlenki i kwasy lub chlorowce, atakują to tworzywo po dłuższym czasie.

PVDF toleruje większość kwasów i soli nieorganicznych, kwasy organiczne, węglowodory alifatyczne i aromatyczne, ropę naftową i paliwa, alkohole i etera oraz fluorowce – z wyjątkiem fluoru.

ABS jest odporny na kwasy wodne, alkalia, stężony kwas solny i fosforowy, ale może ulec uszkodzeniu od stężonego kwasu siarkowego lub azotowego. Jest rozpuszczalny w estrach, ketonach i dichlorku etylenu.

FKM i FFKM to elastomery fluorowane, stanowiące bezwzględny punkt odniesienia dla uszczelek gumowych pod względem odporności chemicznej. Używane są w procesach zaawansowanych technologicznie, na przykład w przemyśle lotniczym i kosmicznym, w zastosowaniach wojskowych, do produkcji polimerowych włókien optycznych lub w systemach rur dla szczególnie agresywnych czynników, np. tlenu, fluoru, wodoru, siarkowodoru i kwasów.

W porównaniu do zwykłych kauczuków, mają wysoką odporność na działanie czynników chemicznych, promieniowania ultrafioletowego i utleniaczy.

Innym elastomerem, który należy do najbardziej popularnych rodzajów kauczuku syntetycznego jest EPDM, o bardzo dobrej odporności na utlenianie atmosferyczne, a więc na działanie ozonu, substancji chemicznych na bazie wody, a także kwasów i zasad.

Nawet jeśli na pierwszy rzut oka dobór materiału na podstawie odporności chemicznej dla przetaczanego płynu może wydawać się banalny, w rzeczywistości jest on bardzo skomplikowaną i selektywną procedurą, ponieważ, jak widać w tabeli, trudno jest znaleźć materiał, który nadaje się do dużej liczby różnych płynów.

Ponieważ temperatura w znacznym stopniu wpływa na odporność chemiczną materiału, tabela poniższa ma jedynie ogólny, orientacyjny charakter.

Zaleca się opracować szczegółową i bezpieczną analizę korzystając z bazy danych o odporności chemicznej tworzyw, dostępnej na stronie internetowej Aliaxis.

Substancja chemiczna	PVC-U	PVC-C	ABS	PE	PP	PVDF	EPDM	FKM
<b>Chlor gazowy, czysty (suchy)</b>	Warunkowo	Warunkowo	X	X	X	Warunkowo	X	√
<b>Chlor gazowy (mokry)</b>	Warunkowo	Warunkowo	X	X	X	Warunkowo	X	Warunkowo
<b>Woda chlorowana, nasycona</b>	√	√	X	Warunkowo	X	Warunkowo	√	√
<b>Chlor ciekły (gaz)</b>	X	X	X	X	X	Warunkowo	X	√
<b>Podchloryn sodu (12,5%)</b>	√	√	X	Warunkowo	Warunkowo	Warunkowo	Warunkowo	√
<b>Woda chloroaminowana</b>	√	√	X	Warunkowo	√	√	√	√
<b>Dwutlenek chloru, nasycony</b>	√	√	X	X	Warunkowo	Warunkowo	X	√
<b>Ozon (wodny)</b>	√	√	X	Warunkowo	Warunkowo	√	√	√

Celem ogólnego poznania zagadnienia oraz opracowania dokładniejszej listy substancji chemicznych, z którymi tworzywa sztuczne mogą mieć styczność, zalecamy zapoznać się z przewodnikami odporności na przemysłowe substancje chemiczne, dostępnymi na stronie internetowej Aliaxis lub w łatwo dostępnej aplikacji Aliaxis. W tabelach przewodników tych podano klasy odporności chemicznej tworzyw termoplastycznych i elastomerowych najczęściej stosowanych do produkcji zaworów i kształtek przeznaczonych do przetaczania płynów przemysłowych.

Dane tam podane oparto na doświadczeniach przemysłowych i wynikach laboratoryjnych prób zanurzeniowych.

Innymi miarodajnymi źródłami informacji na temat odporności chemicznej są dwie powszechnie przyjęte normy:

- ISO 10358.
- DIBt Media List 40.

Jak już wspomniano, zmiany w składzie związków chemicznych lub w warunkach pracy, np. ciśnienia i temperatury, a także naprężeń mechanicznych, mogą w znacznym stopniu zmieniać faktyczną odporność chemiczną tworzyw: w badaniach laboratoryjnych użyto czynników czystych, lecz należy pamiętać, że odporność chemiczna ulega zmianie – często na gorsze – w przypadku pracy z różnymi czynnikami chemicznymi lub mieszaninami zawierającymi zanieczyszczenia.

Dlatego też rozpatrując konkretne zastosowania, często warto jest przeprowadzić badania z użyciem rzeczywistej mieszanki płynnej, która będzie używana podczas eksploatacji z tworzywami.

Zgodnie z wytycznymi wobec odporności chemicznej, umownie używa się trzech różnych klas stopnia odporności chemicznej:

- klasa 1 – materiał o wysokiej odporności. Materiały w tej klasie są całkowicie odporne na działanie przetaczanego płynu, zgodnie z określonymi warunkami pracy,
- klasa 2 – materiały o ograniczonej odporności. Materiały należące do tej klasy częściowo ulegają szkodliwemu oddziaływaniu przetaczanego związku chemicznego. Średnia żywotność materiału ulega zatem skróceniu i zaleca się wyższy współczynnik bezpieczeństwa niż ten przyjęty dla materiałów klasy 1,
- klasa 3 – materiały nieodporne. Wszystkie materiały należące do tej klasy są narażone na korozję pod wpływem przetaczanego płynu i dlatego nie powinny być stosowane z nim.

W powyższy sposób można określić, czy odporność danego tworzywa jest dobra, czy też nie, wyszukując tworzywo i płyn przemysłowy, z którym ma ono mieć styczność.

Kończąc zagadnienie odporności chemicznej, oprócz właściwości chemicznych i mechanicznych rur i kształtek należy również wziąć pod uwagę spójność połączenia, które jest często najbardziej podatnym na uszkodzenie punktem instalacji przemysłowej.

Połączenia rurowe okazują się być bardzo odporne w przypadku zgrzewania doczołowego lub spawania rozpuszczalnikowego, a także zgrzewania elektrooporowego – wszystkie te trzy metody dają jednorodne połączenia przewodów.

Spawanie rozpuszczalnikowe jest w szczególności metodą montażu, która polega na zastosowaniu rozpuszczalników i żywic plastycznych do chemicznego spajania rur z kształtkami.

Rozpuszczalnik po naniesieniu zmiękcza i rozpuszcza wierzchnią warstwę materiału rury i kształtki, rozluźniając ich strukturę molekularną i tworząc ciągły odcinek tworzywa termoplastycznego.

W tym przypadku spoiny z klejem rozpuszczalnikowym zachowują taką samą odporność chemiczną jak tworzywo sztuczne, ponieważ składają się z tego samego materiału, nie zaś kleju czy obcego składnika dodawanego do montowanych elementów. Ponieważ żywica zawarta w kleju rozpuszczalnikowym wypełnia wszelkie przestrzenie, które w przypadku innych technik łączenia mogłyby występować w spoinie, odporność chemiczna takiego połączenia jest często wysoka.



**Oznaki szkodliwego działania chemicznego wystąpiły tu, ponieważ wybrano tworzywo termoplastyczne nie nadające się do pracy z przetaczanym płynem.**

## 2.4 Wymiarowanie i inżynieria hydrauliczna

Niniejszy rozdział wyszczególnia wybrane wymagania techniczne wobec bezpiecznego projektowania rur wykonanych z różnych tworzyw, takich jak UPVC, CPVC, PVDF, ABS, PP-H, PE100, do przewodzenia wody i płynów innych niż niebezpieczne.

### 2.4.1 Projektowanie rur

Pierwszym krokiem w projektowaniu systemu rur jest dobór średnicy przewodów rurowych.

W tym celu konieczne jest poznanie i zbadanie kilku czynników, z których niektóre są bezpośrednio związane z ciśnieniem:

- naprężenie obliczeniowe,
- ciśnienie nominalne,
- standardowy współczynnik wymiarowy (SDR),
- szereg,

#### 2.4.1.1 Obliczanie naprężeń teoretycznych na podstawie klasyfikacji MRS

Największym naprężeniem występującym w każdym układzie rurociągów pod ciśnieniem jest naprężenie obwodowe, które rozumie się jako siłę wywieraną obwodowo, prostopadle do osi i promienia obiektu, w obu kierunkach na każdą cząstkę w ścianie walcowej.

Jest to decydujący czynnik dla wyznaczania ciśnienia, które dany odcinek rury może znieść, i jest zwykle nazywany naprężeniem obliczeniowym, oznaczanym literą „ $\sigma$ ”.

Można go obliczyć za pomocą następującego równania:

$$\sigma = \frac{MRS}{C}$$

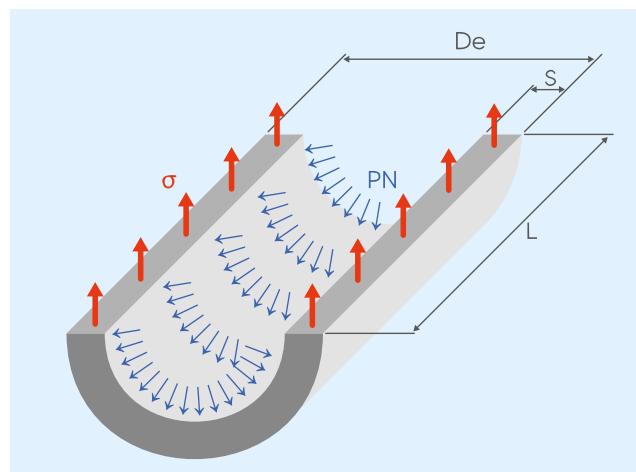
gdzie:

$\sigma$  = naprężenie obliczeniowe (MPa)

MRS = minimalna wymagana wytrzymałość (MPa), czyli minimalna gwarantowana wartość obciążenia niszczącego dla materiału w temperaturze 20°C z założeniem 50 lat ciągłej pracy.

C = współczynnik projektowy (-)

W niektórych przypadkach mogą być potrzebne dodatkowe współczynniki, zwykle w zależności od substancji chemicznej, materiału i temperatury lub metody łączenia przewodów rurowych, co opisano w poniższej tabeli, zaczerpniętej z DVS 2205.



Material	Współczynnik chemiczny	Współczynnik	Długotrwały współczynnik
UPVC	Zależnie od substancji chemicznej	Zależnie od materiału i temperatury	Zależnie od metody łączenia
CPVC (rura)			
CPVC (kształtka)			
ABS			
PPH			
PE 100			
PVDF			

W ten sposób poprzednie równanie naprężenia obliczeniowego można przekształcić na poniższe:

$$\sigma = \frac{MRS * F_j}{(C * F_c * F_t)}$$

gdzie:

$\sigma$  = naprężenie obliczeniowe (MPa)

MRS = minimalna wymagana wytrzymałość (MPa)

C = współczynnik projektowy (-)

$F_j$  = długotrwały współczynnik połączenia (-)

$F_c$  = współczynnik chemiczny (-)

$F_t$  = współczynnik wytrzymałości (-)

Zgodnie z krzywymi wytrzymałościowymi opisanymi w normach ISO 15494, ISO 15493 i ISO 10931, wartość naprężenia obwodowego można wyznaczyć dla każdego tworzywa, dla różnych wartości ciśnienia i liczby lat eksploatacji.

Jeśli chodzi o współczynnik obliczeniowy, przyjmuje się różne jego wartości w zależności od materiału, z którego wykonana jest rura i normy, do której się odwołujemy – w poniższej tabeli przedstawiono różne minimalne wartości współczynnika obliczeniowego ( $C_{min}$ ) podane w normie DIN, aprobacie DIBt i normie EN ISO 12162.

O ile DIN jest normą krajową, zaś EN normą europejską, aprobata DIBt jest wydawana przez DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik – Niemiecki Instytut Techniki Budowlanej).

Jest to niemiecka agencja rządowa, która wydaje poświadczenia potwierdzające, że badane produkty spełniają wymagania bezpieczeństwa i prawa niemieckiego.

Material	Normy DIN	Aprobata DIBt	ISO 12162
UPVC	2 – 2,5	2	1,6
CPVC	-	2	1,6
ABS	-	2	1,6
PPH	1,6 (10–40°C) 1,4 (40–60°C) 1,25 (<60°C)	2	1,6
PE100	1,25 – 1,6 – 2	2	1,25
PVDF	-	2	1,6

Norma EN ISO 12162 w szczególności opiera się na badaniach wykonanych na kształtkach rurowych i podane w nich wartości  $C_{min}$  są przydatne w obliczeniach dopuszczalnego ciśnienia, z którym instalacja może pracować.

Z drugiej zaś strony, trzeba obliczać ciśnienie nominalne, a więc ciśnienie robocze, za pomocą współczynników branżowych i podawanych przez producentów (C), zgodnie z zaleceniami poszczególnych wytwórców systemów rur.

Ponieważ współczynniki branżowe C ze względów bezpieczeństwa są wyższe niż wartości  $C_{min}$  podane w normie EN ISO 12162, ciśnienie robocze jest zawsze nieco niższe od dopuszczalnego.

### 2.4.1.2 Obliczanie ciśnienia nominalnego

Dla systemów rur z tworzyw sztucznych przeznaczonych do przesyłu wody, ciśnienie nominalne oznacza maksymalne ciśnienie robocze w barach przy temperaturze 20°C dla 50-letniej trwałości użytkowej.

W przypadku rur przewodzących inne ciecze przemysłowe, ciśnienie nominalne podaje się dla 25-letniej trwałości użytkowej.

Można je wyrazić następująco:

$$PN = 20 * \frac{\sigma}{(SDR - 1)}$$

gdzie:

PN = ciśnienie nominalne (bar)

$\sigma$  = naprężenie obliczeniowe (MPa)

SDR = standardowy współczynnik wymiarowy (-), opisany poniżej

Jak już wspomniano, należy pamiętać, że naprężenie obliczeniowe  $\sigma$  dla ciśnienia nominalnego oblicza się za pomocą branżowego współczynnika obliczeniowego C podanego przez naszą firmę a powszechnie przyjmowanego dla zastosowań przemysłowych.

### 2.4.1.3 Obliczanie standardowego współczynnika wymiarowego

Obciążalność ciśnieniowa rur i kształtek wyrażana jest poziomem SDR (standardowego współczynnika wymiarowego).

Można go opisać jako zależność pomiędzy średnicą zewnętrzną rury i grubością ścianki rury.

$$SDR = \frac{D_e}{t}$$

gdzie:

SDR = standardowy współczynnik wymiarowy (-)

$D_e$  = średnica zewnętrzna (mm)

$t$  = grubość ścianki (mm)

W zależności od ciśnienia nominalnego można obliczyć SDR również z poniższego równania:

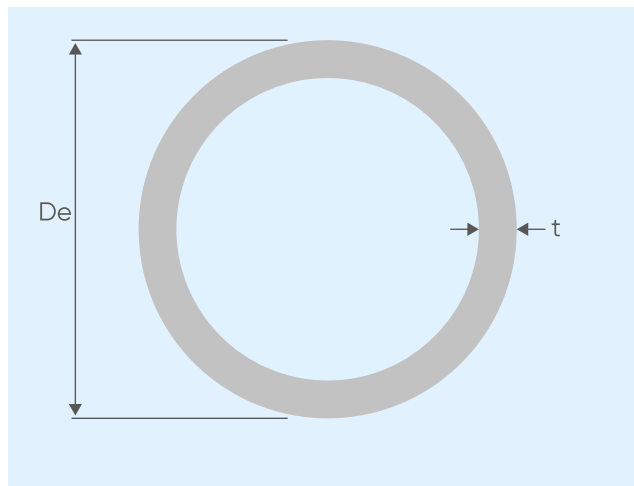
$$SDR = \frac{(20 * \sigma)}{PN + 1}$$

gdzie:

SDR = standardowy współczynnik wymiarowy (-)

$\sigma$  = naprężenie obliczeniowe (MPa)

PN = ciśnienie nominalne (bar)



#### PRZYKŁAD PRAKTYCZNY

Obliczyć wartość SDR dla  $D_e = 110$  mm i  $t = 10$  mm

$$SDR = \frac{D_e}{t} = \frac{110}{10} = 11$$

### 2.4.1.4 Obliczanie szeregów

ISO 4065 klasyfikuje rury według szeregów, w zależności od wartości ciśnienia – zatem rury o tym samym numerze szeregu mają taką samą wartość ciśnienia.

Szeregi rur oznaczane są literą S i można je obliczyć za pomocą następującego równania:

$$S = \frac{(SDR-1)}{2}$$

gdzie:

SDR = standardowy współczynnik wymiarowy (-)

S = szereg rury (-)

#### PRZYKŁAD PRAKTYCZNY

Obliczyć szereg dla SDR 11

$$S = \frac{(11-1)}{2} = 5$$

### 2.4.1.5 Obliczanie grubości ścianki

Dobór wymiarów rur termoplastycznych poddawanych ciśnieniu wewnętrznemu zależy od wymagań wobec wytrzymałości mechanicznej.

Wszystkie wielkości rur podane w normach oparte są na poniższym wzorze:

$$t = \frac{(D_e * PN)}{(20 * \sigma + PN)}$$

gdzie:

$t$  = grubość ścianki (mm)

$D_e$  = średnica zewnętrzna rury (mm)

$\sigma$  = naprężenie obliczeniowe (MPa)

PN = ciśnienie nominalne (bar)

W poniższych tabelach przedstawiono grubości ścianek dla każdego tworzywa w zależności od średnicy zewnętrznej i wartości SDR.

UPVC							
S	20	16	12,5	10	8	6,3	5
SDR	41	33	26	21	17	13,6	11
$D_e$ (mm)	$t$ (mm)						
12	-	-	-	-	-	-	1,5
16	-	-	-	-	-	-	1,5
20	-	-	-	-	-	1,5	1,9
25	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3
32	-	-	1,5	1,6	1,9	2,4	2,9
40	-	1,5	1,6	1,9	2,4	3	3,7
50	-	1,6	2	2,4	3	3,7	4,6
63	-	2	2,5	3	3,8	4,7	5,8
75	-	2,3	2,9	3,6	4,5	5,6	6,8
90	-	2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,2
110	2,7	3,4	4,2	5,3	6,6	8,1	10
125	3,1	3,9	4,8	6	7,4	9,2	11,4
140	3,5	4,3	5,4	6,7	8,3	10,3	12,7
160	4	4,9	6,2	7,7	9,5	11,8	14,6
180	4,4	5,5	6,9	8,6	10,7	13,3	16,4
200	4,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,7	18,2
225	5,5	6,9	8,6	10,8	13,4	16,6	-
250	6,2	7,7	9,6	11,9	14,8	18,4	-
280	6,9	8,6	10,7	13,4	16,6	20,6	-
315	7,7	9,7	12,1	15	18,7	23,2	-
355	8,7	10,9	13,6	16,9	21,1	26,1	-
400	9,8	12,3	15,3	19,1	23,7	29,4	-

CPVC				
S	10	6,3	5	4
SDR	21	13,6	11	9
$D_e$ (mm)	$t$ (mm)			
12	-	1,4	1,4	1,4
16	-	1,4	1,5	1,8
20	-	1,5	1,9	2,3
25	-	1,9	2,3	2,8
32	1,6	2,4	2,9	3,6
40	1,9	3	3,7	4,5
50	2,4	3,7	4,6	5,6
63	3	4,7	5,8	7,1
75	3,6	5,6	6,8	8,4
90	4,3	6,7	8,2	10,1
110	5,3	8,1	10	12,3
125	6	9,2	11,4	14
140	6,7	10,3	12,7	15,7
160	7,7	11,8	14,6	17,9
180	8,6	13,3	-	-
200	9,6	14,7	-	-
225	10,8	16,6	-	-



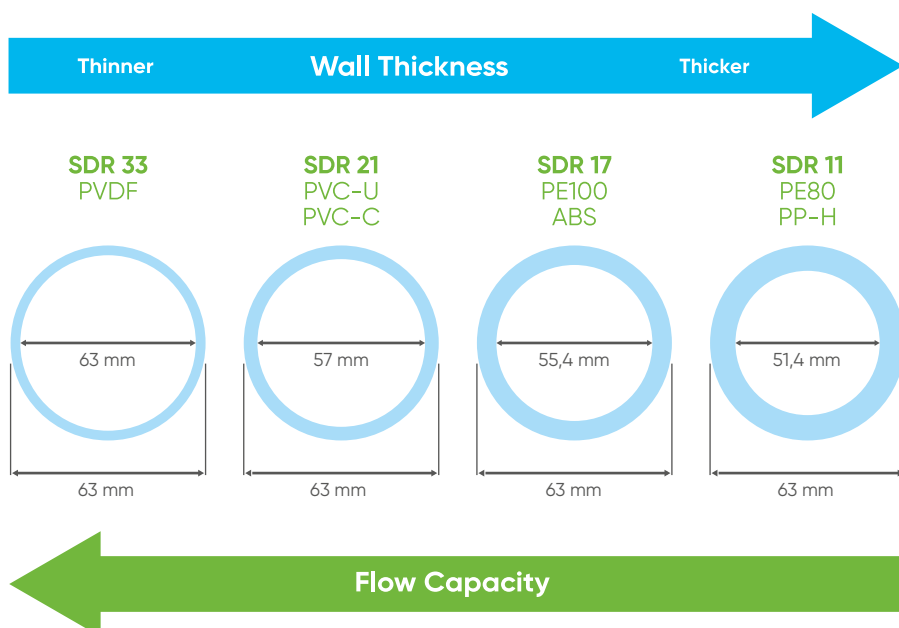
ABS								
S	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4
SDR	41	33	26	21	17	13,6	11	9
<b>D<sub>e</sub> (mm)</b>	<b>t (mm)</b>							
12	-	-	-	-	-	-	1,5	1,5
16	-	-	-	-	-	1,5	1,5	1,8
20	-	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3
25	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3	2,8
32	-	-	-	1,6	1,9	2,4	2,9	3,6
40	-	-	1,6	1,9	2,4	3	3,7	4,5
50	-	1,6	2	2,4	3	3,7	4,6	5,6
63	1,6	2	2,5	3	3,8	4,7	5,8	7,1
75	1,9	2,3	2,9	3,6	4,5	5,6	6,8	8,4
90	2,2	2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1
110	2,7	3,4	4,2	5,3	6,6	8,1	10	12,3
125	3,1	3,9	4,8	6	7,4	9,2	11,4	14
140	3,5	4,3	5,4	6,7	8,3	10,3	12,7	15,7
160	4	4,9	6,2	7,7	9,5	11,8	14,6	17,9
180	4,4	5,5	6,9	8,6	10,7	13,3	16,4	20,1
200	4,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,7	18,2	22,4
225	5,5	6,9	8,6	10,8	13,4	16,6	20,5	25,2
250	6,2	7,7	9,6	11,9	14,8	18,4	22,7	27,9
280	6,9	8,6	10,7	13,4	16,6	20,6	25,4	31,3
315	7,7	9,7	12,1	15	18,7	23,2	28,6	35,2
355	8,7	10,9	13,6	16,9	21,1	26,1	32,2	39,7
400	9,8	12,3	15,3	19,1	23,7	29,4	36,3	44,7

PP							
S	20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5
SDR	41	33	26	17,6	11	7,4	6
<b>D<sub>e</sub> (mm)</b>	<b>t (mm)</b>						
12	-	-	-	-	1,8	1,8	2
16	-	-	-	-	1,8	2,2	2,7
20	-	-	-	1,8	1,9	2,8	3,4
25	-	-	-	1,8	2,3	3,5	4,2
32	-	-	-	1,9	2,9	4,4	5,4
40	-	-	1,8	2,3	3,7	5,5	6,7
50	1,8	1,8	2	2,9	4,6	6,9	8,3
63	1,8	2	2,5	3,6	5,8	8,6	10,5
75	1,9	2,3	2,9	4,3	6,8	10,3	12,5
90	2,2	2,8	3,5	5,1	8,2	12,3	15
110	2,7	3,4	4,2	6,3	10	15,1	18,3
125	3,1	3,9	4,8	7,1	11,4	17,1	20,8
140	3,5	4,3	5,4	8	12,7	19,2	23,3
160	4	4,9	6,2	9,1	14,6	21,9	26,6
180	4,4	5,5	6,9	10,2	16,4	24,6	29,9
200	4,9	6,2	7,7	11,4	18,2	27,4	33,2
225	5,5	6,9	8,6	12,8	20,5	30,8	37,4
250	6,2	7,7	9,6	14,2	22,7	34,2	-
280	6,9	8,6	10,7	15,9	25,4	38,3	-
315	7,7	9,7	12,1	17,9	28,6	43,1	-
355	8,7	10,9	13,6	20,1	32,2	48,5	-
400	9,8	12,3	15,3	22,7	36,3	54,7	-
450	11	13,8	17,2	25,5	40,9	-	-
500	12,3	15,3	19,1	28,3	45,4	-	-
560	13,7	17,2	21,4	31,7	50,8	-	-
630	15,4	19,3	24,1	35,7	-	-	-
710	17,4	21,8	27,2	40,2	-	-	-
800	19,6	24,5	30,6	45,3	-	-	-
900	22	27,6	34,4	51	-	-	-
1000	24,5	30,6	38,2	-	-	-	-
1200	29,4	36,7	45,9	-	-	-	-
1400	34,3	42,9	53,5	-	-	-	-
1600	39,2	49	61,2	-	-	-	-

PE							
S	20	16	12,5	8	5	3,2	2,5
SDR	41	33	26	17	11	7,4	6
<b>D<sub>e</sub> (mm)</b>	<b>t (mm)</b>						
16	-	-	-	-	1,8	2,2	2,7
20	-	-	-	1,8	1,9	2,8	3,4
25	-	-	-	1,8	2,3	3,5	4,2
32	-	-	-	1,9	2,9	4,4	5,4
40	-	-	1,8	2,4	3,7	5,5	6,7
50	1,8	1,8	2	3	4,6	6,9	8,3
63	1,8	2	2,5	3,8	5,8	8,6	10,5
75	1,9	2,3	2,9	4,5	6,8	10,3	12,5
90	2,2	2,8	3,5	5,4	8,2	12,3	15
110	2,7	3,4	4,2	6,6	10	15,1	18,3
125	3,1	3,9	4,8	7,4	11,4	17,1	20,8
140	3,5	4,3	5,4	8,3	12,7	19,2	23,3
160	4	4,9	6,2	9,5	14,6	21,9	26,6
180	4,4	5,5	6,9	10,7	16,4	24,6	29,9
200	4,9	6,2	7,7	11,9	18,2	27,4	33,2
225	5,5	6,9	8,6	13,4	20,5	30,8	37,4
250	6,2	7,7	9,6	14,8	22,7	34,2	41,5
280	6,9	8,6	10,7	16,6	25,4	38,3	46,5
315	7,7	9,7	12,1	18,7	28,6	43,1	52,3
355	8,7	10,9	13,6	21,1	32,2	48,5	59
400	9,8	12,3	15,3	23,7	36,3	54,7	-
450	11	13,8	17,2	26,7	40,9	61,5	-
500	12,3	15,3	19,1	29,7	45,4	-	-
560	13,7	17,2	21,4	33,2	50,8	-	-
630	15,4	19,3	24,1	37,4	57,2	-	-
710	17,4	21,8	27,2	42,1	64,5	-	-
800	19,6	24,5	30,6	47,4	72,6	-	-
900	22	27,6	34,4	53,3	81,7	-	-
1000	24,5	30,6	38,2	59,3	90,8	-	-
1200	29,4	36,7	45,9	71,1	-	-	-
1400	34,3	42,9	53,5	83	-	-	-
1600	39,2	49	61,2	94,8	-	-	-
1800	44	55,1	68,8	106,6	-	-	-
2000	48,9	61,2	76,4	118,5	-	-	-
2250	55	68,9	86	-	-	-	-
2500	61,2	76,5	95,5	-	-	-	-

PVDF		
S	16	10
SDR	33	21
$D_e$ (mm)	$t$ (mm)	
8	-	-
10	-	-
12	-	-
16	-	-
20	-	-
25	-	-
32	-	-
40	-	-
50	-	-
63	2	3
75	2,3	3,6
90	2,8	4,3
110	3,4	5,3
125	3,9	6
140	4,3	6,7
160	4,9	7,7
180	5,5	8,6
200	6,2	9,6
225	6,9	10,8
250	7,7	11,9
280	8,6	13,4
315	9,7	-
355	10,9	-
400	12,3	-

Należy pamiętać, że rozpatrując tę samą wartość ciśnienia nominalnego w temperaturze 20°C i 50 lat trwałości użytkowej, dla niższej wartości SDR można przyjąć grubszą ściankę, zaś przy wyższym SDR – cieńszą.



**PRZYKŁAD PRAKTYCZNY**

Jakie jest dopuszczalne ciśnienie dla rury SDR 17 PE100 przesyłającej wodę w temperaturze 20°C?

Patrząc na krzywą wytrzymałości dla PE100, przy temperaturze 20°C i 50-letniej trwałości użytkowej, wartość MRS wynosi 10 MPa, co zilustrowano na poniższym rysunku.

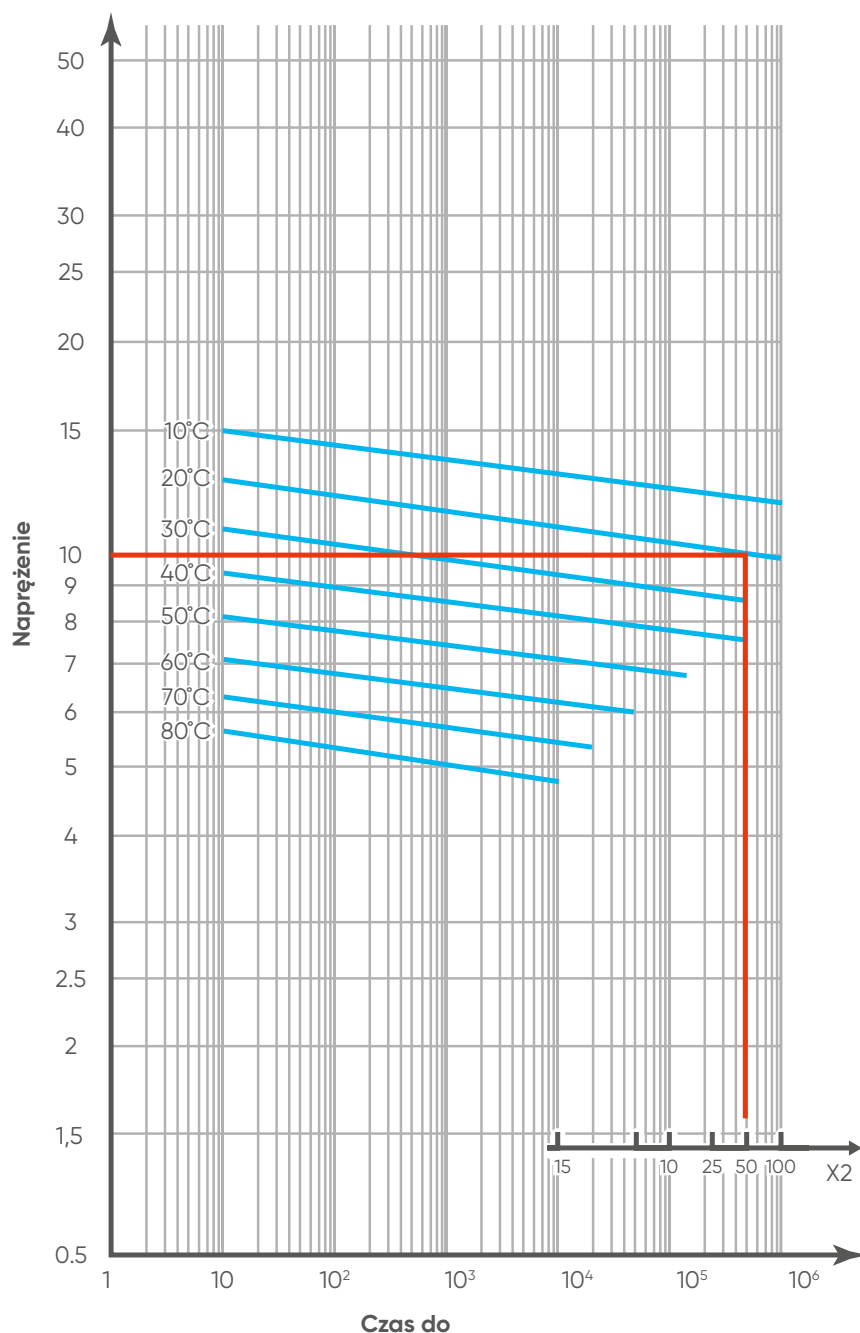
$C_{min}$  dla PE100 wynosi 1,25 zgodnie z normą ISO 12162.

Ciśnienie dopuszczalne można wyznaczyć obliczając:

$$\sigma = \frac{MRS}{C_{min}} = 8 \text{ MPa}$$

W ten sposób dopuszczalne ciśnienie wynosi:

$$20 * \frac{\sigma}{(SDR-1)} = 10 \text{ bar}$$

**2.4.2 Wykres ciśnienia w funkcji temperatury**

Jak widać na krzywej wytrzymałości, odporność materiału termoplastycznego jest zależna od temperatury.

Ponieważ standardowe wartości ciśnienia wyznacza się dla temperatury otoczenia 20°C, ciśnienie ulega zmianie dla wyższych lub niższych wartości temperatury – zależność pomiędzy ciśnieniem nominalnym i temperaturą a ciśnieniem dopuszczalnym i temperaturą jest przedstawiona na poniższych wykresach, po jednym dla każdego z tworzyw.

Należy zauważyć, że wykresy opracowano dla wody lub cieczy innych niż niebezpieczne, na które tworzywo uznaje się za odporne. W innych przypadkach konieczne jest odpowiednie obniżenie ciśnienia.

Aliaxis zaleca przyjmowanie wartości poniżej krzywych, a nie na ich krawędzi, ani tym bardziej powyżej krzywych.

### 2.4.2.1 Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury

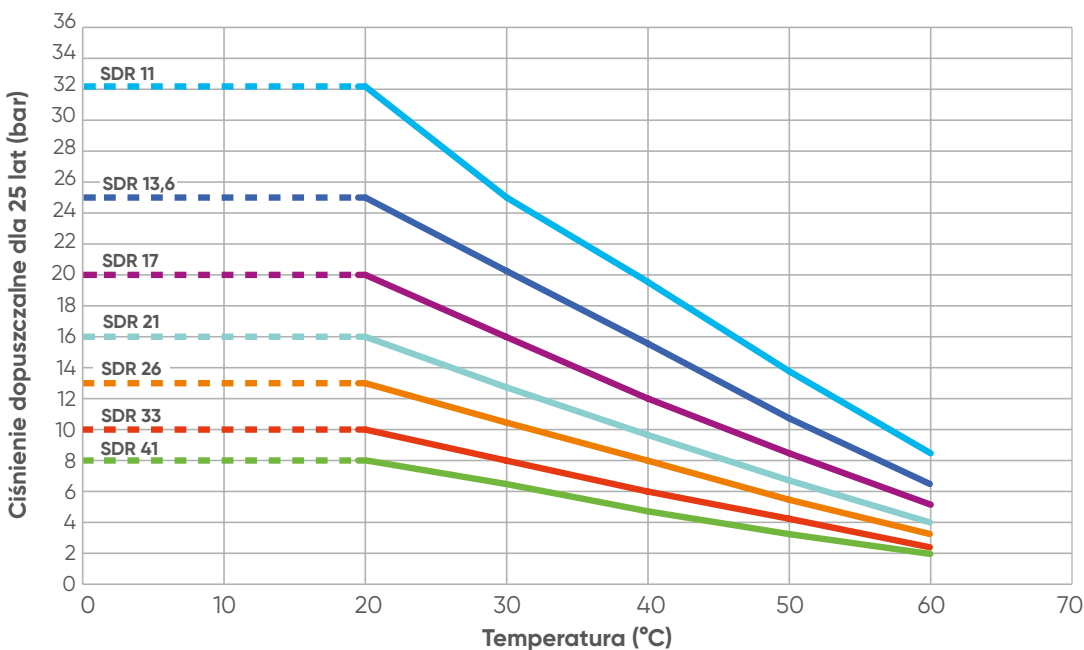
W poprzednim rozdziale objaśniono różnicę pomiędzy ciśnieniem nominalnym i ciśnieniem dopuszczalnym, czyli maksymalnym dopuszczalnym ciśnieniem.

Ze względu na to, że zgodnie z normą ISO 12162 można stosować minimalne współczynniki obliczeniowe ( $C_{min}$ ), dla określonych warunków można przyjmując ciśnienie obliczeniowe wyższe niż nominalne.

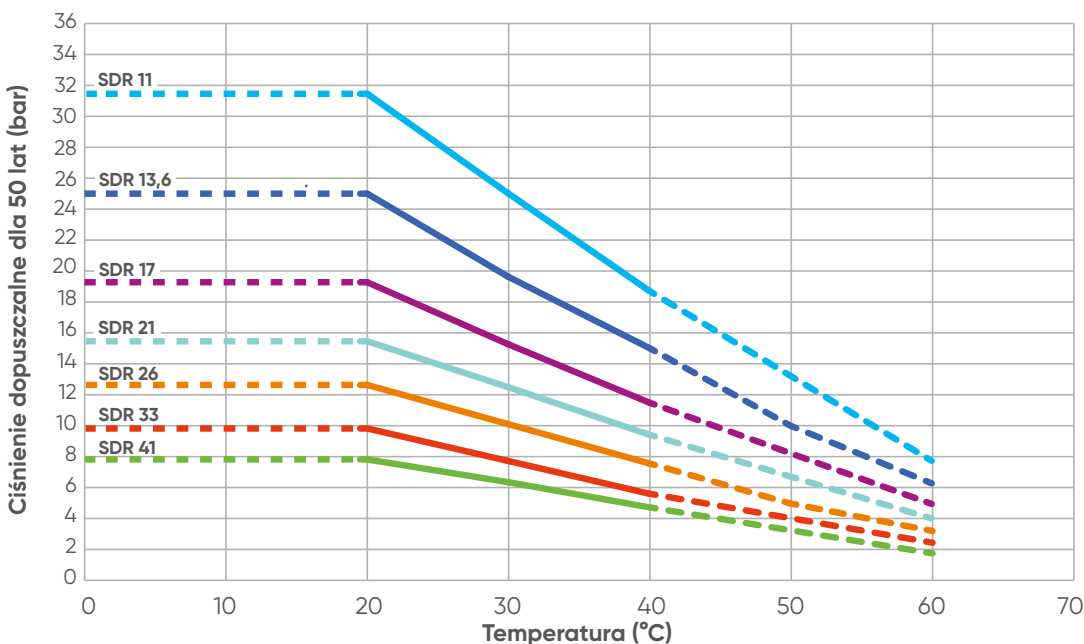
Poniższe wykresy przedstawiają dopuszczalną wartość ciśnienia w zależności od temperatury wedle SDR, minimalny współczynnik obliczeniowy ( $C_{min}$ ) oraz żywotność.

**W zastosowaniach przemysłowych zawsze zaleca się podawać ciśnienie nominalne (PN) zamiast ciśnienia dopuszczalnego.**

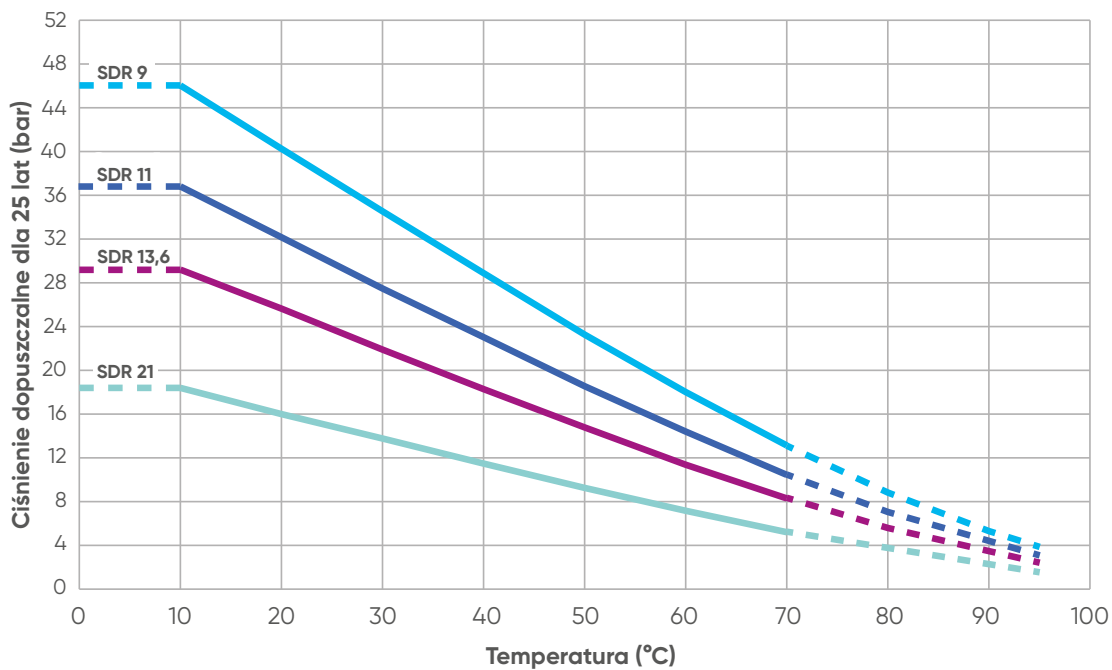
#### Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla UPVC (25 lat)



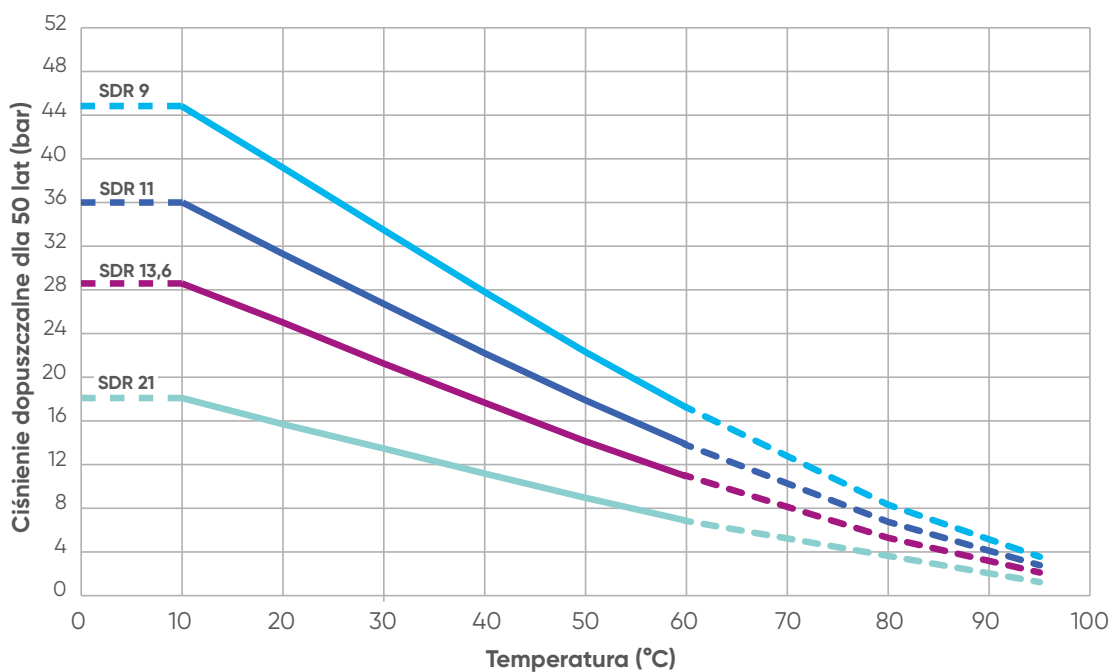
#### Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla UPVC (50 lat)



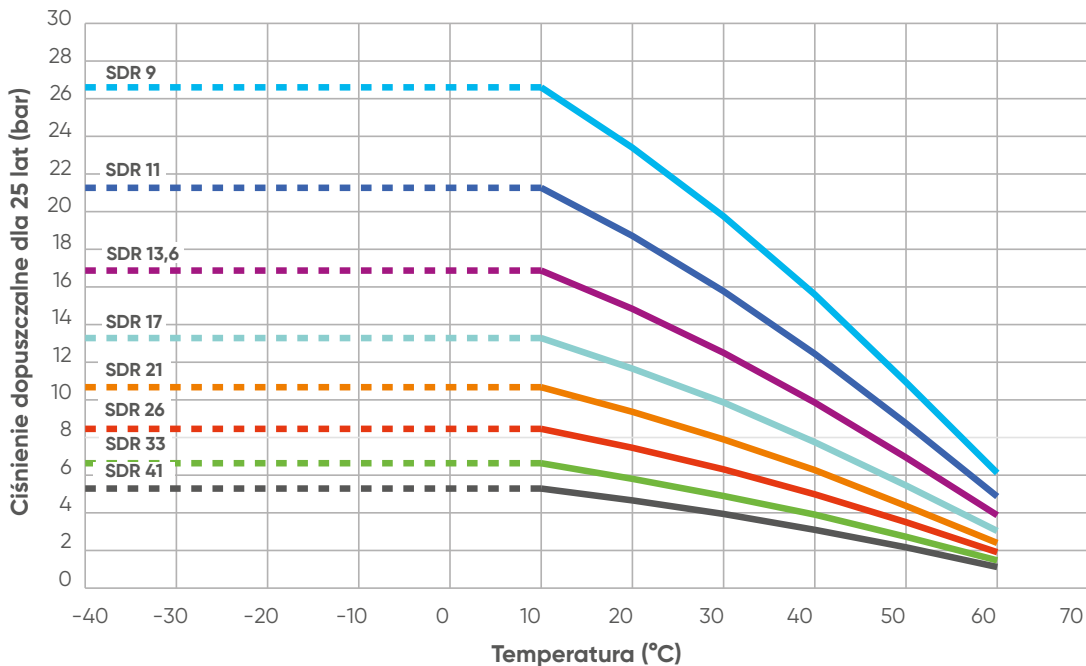
Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla CPVC (25 lat)



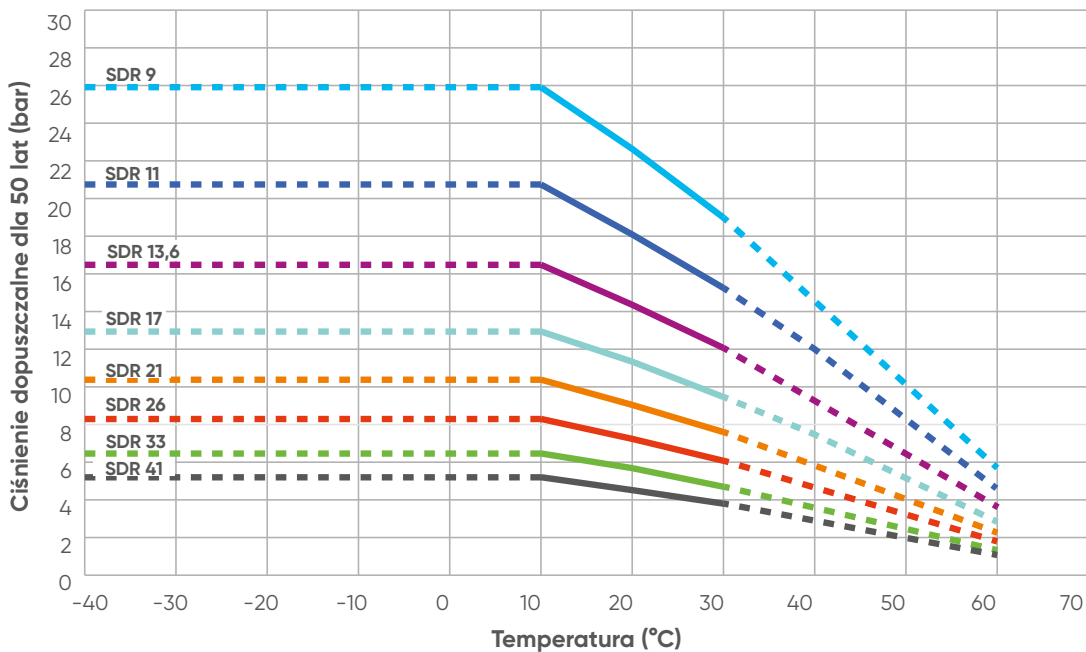
Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla CPVC (50 lat)



Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla ABS (25 lat)

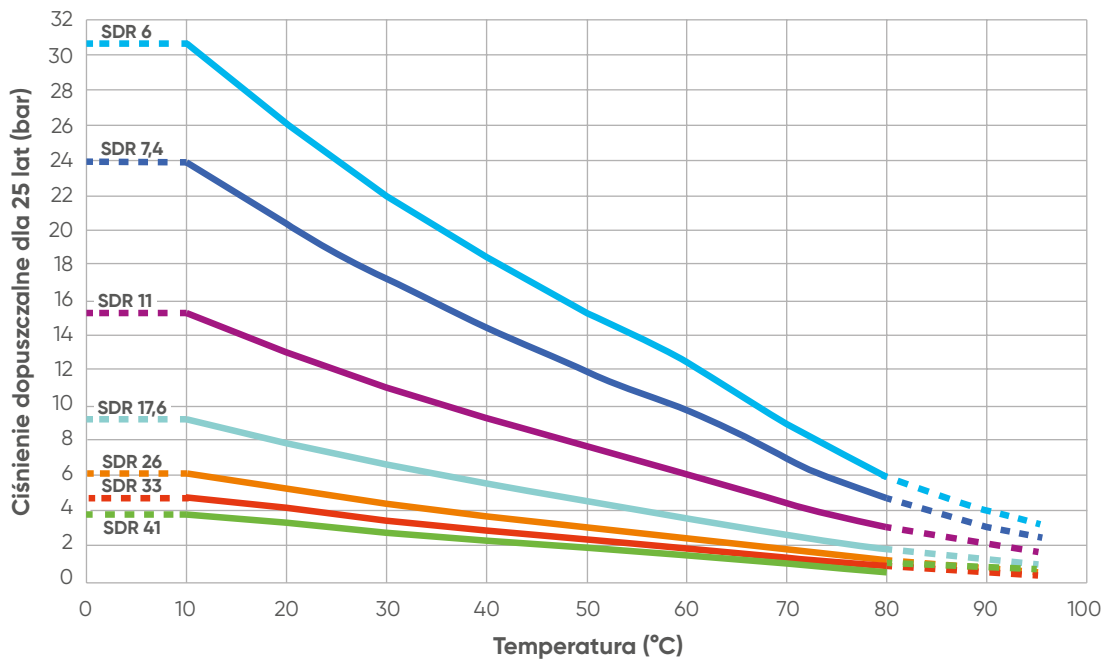


Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla ABS (50 lat)

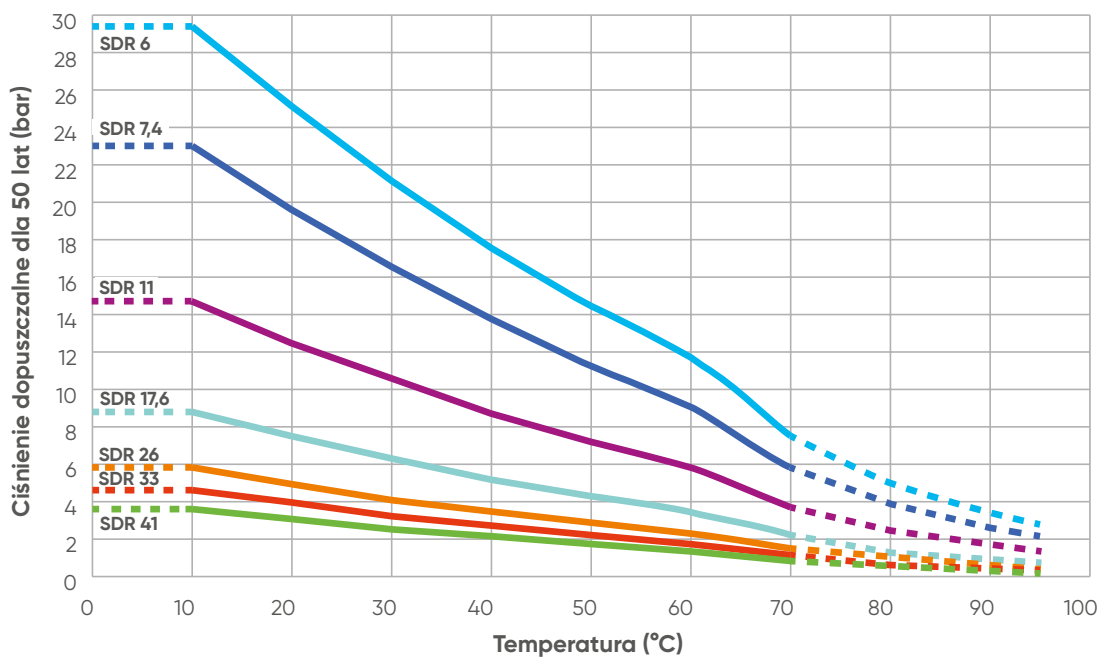




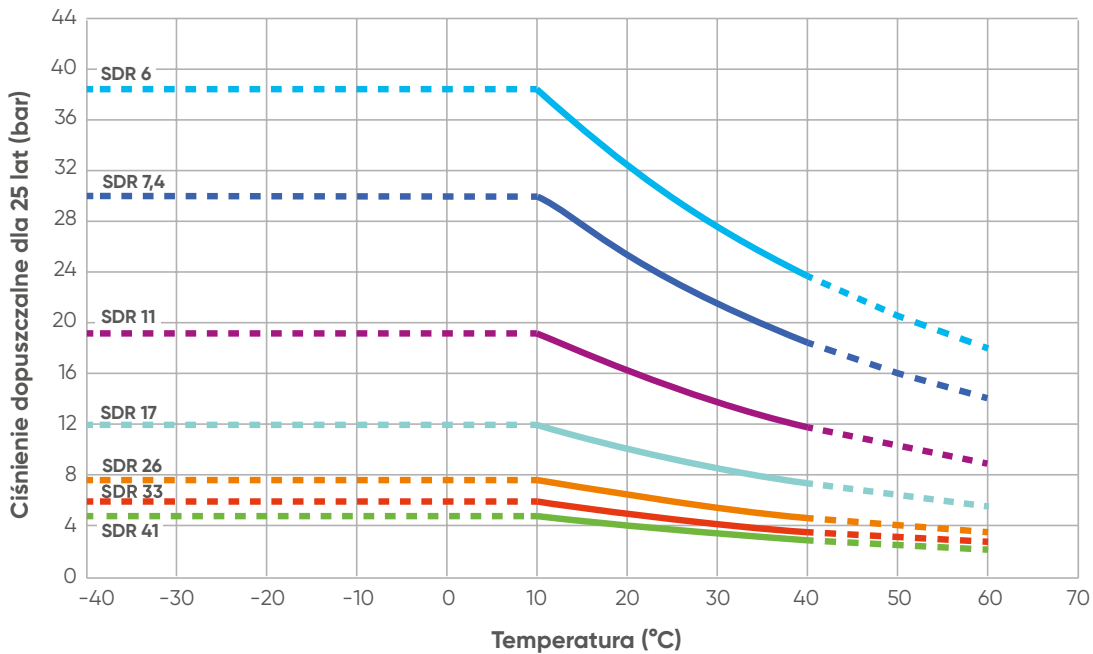
Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla PP-H (25 lat)



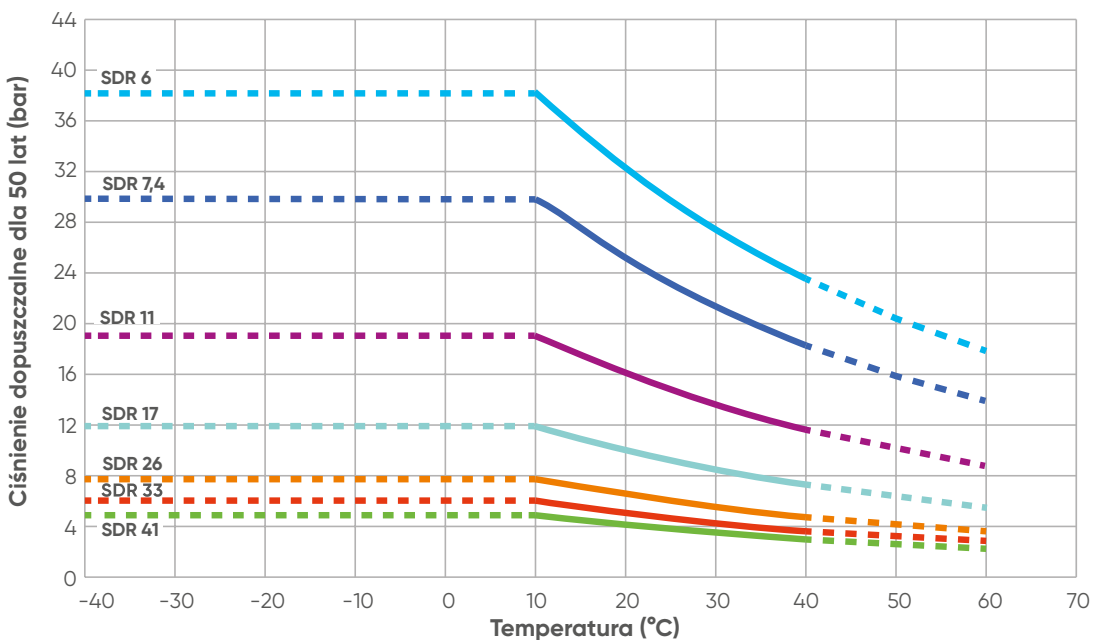
Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla PP-H (50 lat)

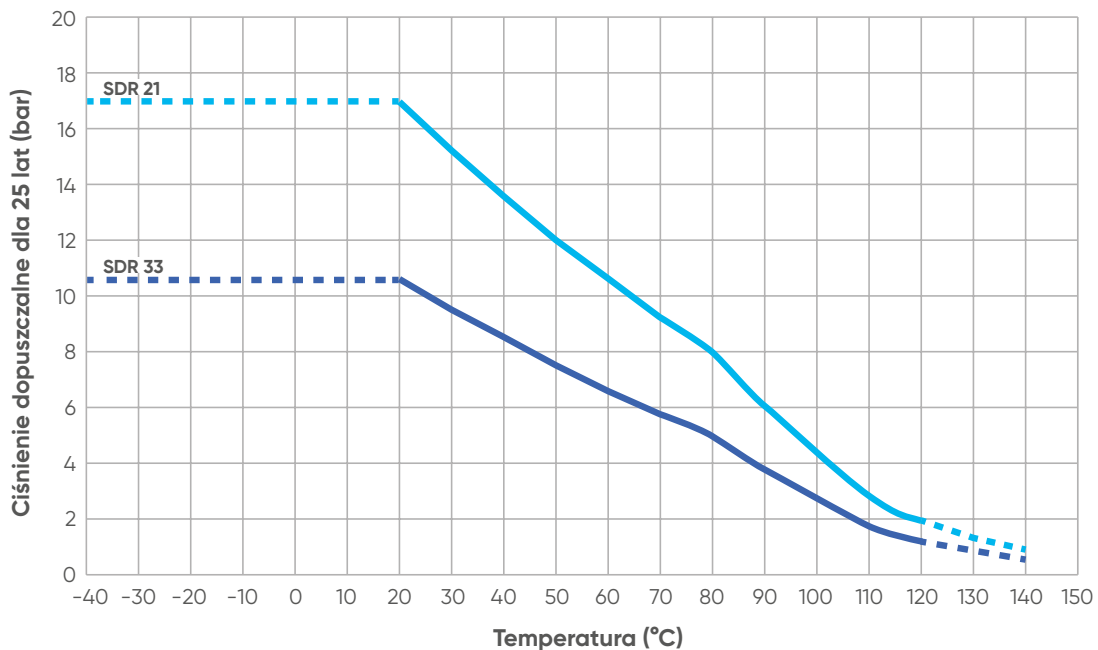
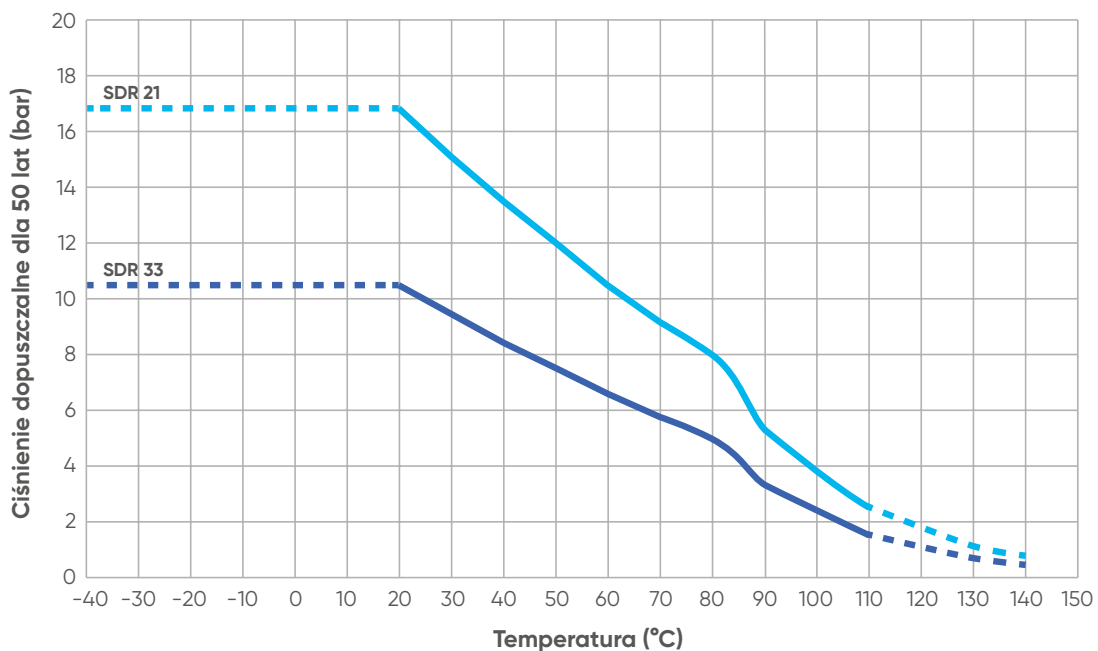


## Wykres dopuszczalnego ciśnienia i temperatury dla PE100 (25 lat)



## Wykres dopuszczalnego ciśnienia i temperatury dla PE100 (50 lat)



**Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla PVDF (25 lat)****Wykres ciśnienia dopuszczalnego w funkcji temperatury dla PVDF (50 lat)**

### 2.4.2.2 Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury

Zgodnie ze zilustrowanymi tu wykresami, jeśli temperatura wzrasta powyżej 20°C, wytrzymałość na zginanie i ciśnienie spadają, ponieważ wartości MRS zmieniają się na krzywych wytrzymałości w funkcji temperatury.

Natomiast w przypadku spadku temperatury roboczej poniżej 20°C, ciśnienie nominalne utrzymuje się na stałym poziomie.

Jak już opisano, ciśnienie nominalne oblicza się za pomocą współczynników branżowych C, których wartości są sugerowane przez naszą firmę.

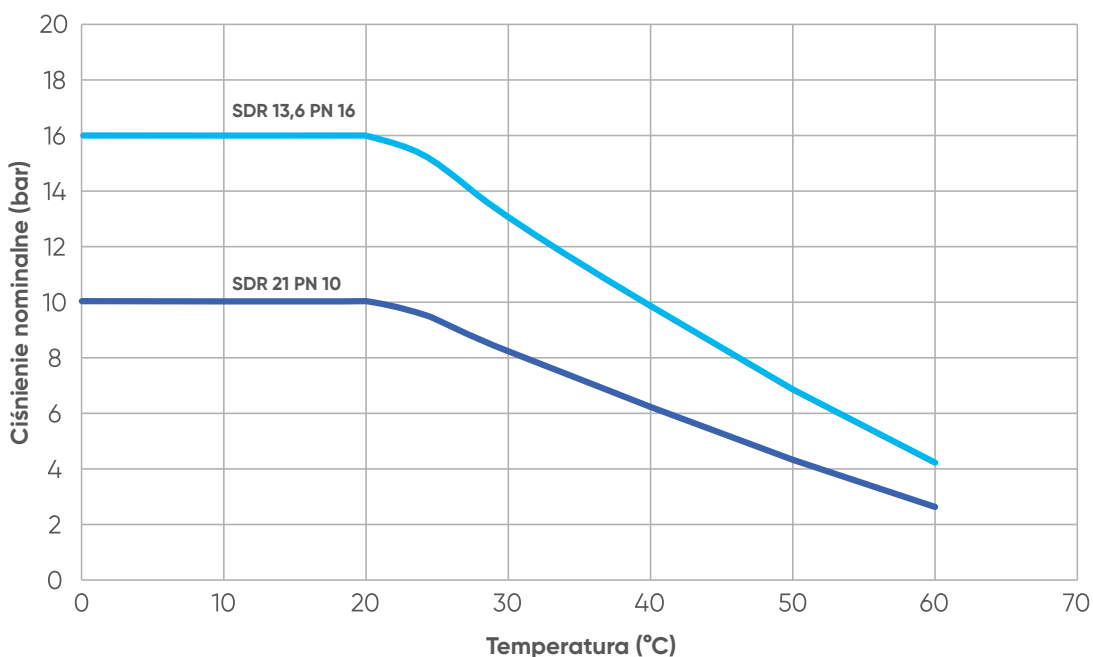
Ponieważ współczynniki te są ze względów bezpieczeństwa wyższe niż wartości  $C_{min}$  podane w normie EN ISO 12162, nominalne ciśnienie robocze jest zawsze nieco niższe od dopuszczalnego.

Poniższe wykresy dotyczące ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury należy stosować dla wody i cieczy innych niż niebezpieczne, dla których tworzywo zaklasyfikowano jako odporne chemicznie (przy trwałości użytkowej rzędu 25 lat). W innych przypadkach konieczne jest ograniczenie ciśnienia nominalnego.

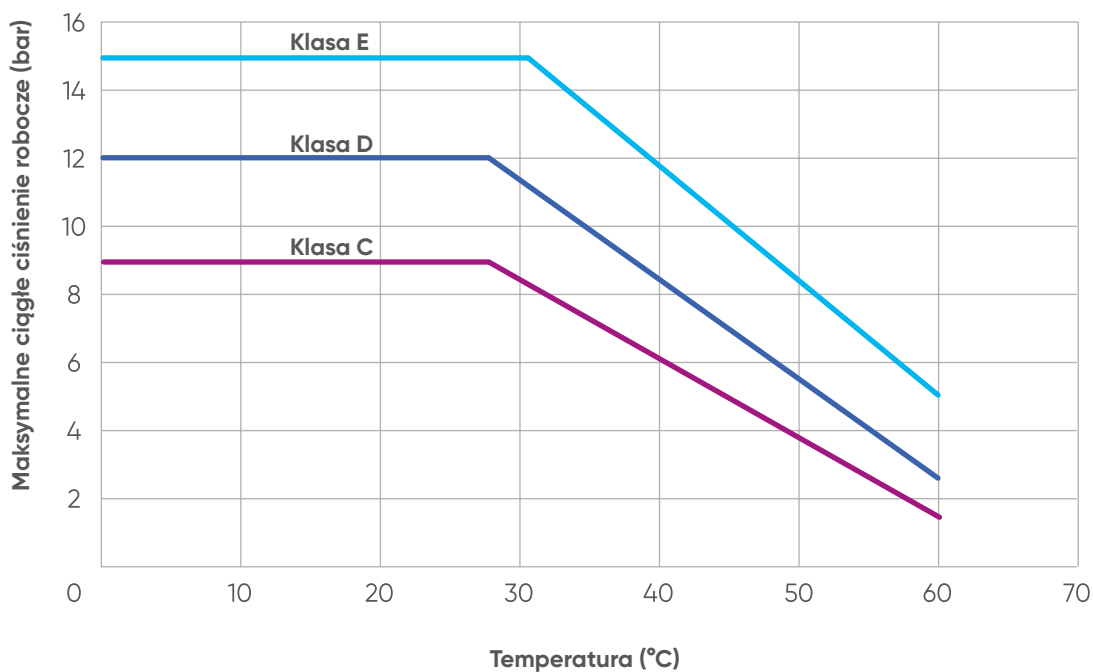
**W przypadku zastosowań przemysłowych, należy korzystać z wykresów ciśnienia nominalnego, zilustrowanych poniżej.**

#### Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury dla UPVC, 25 lat

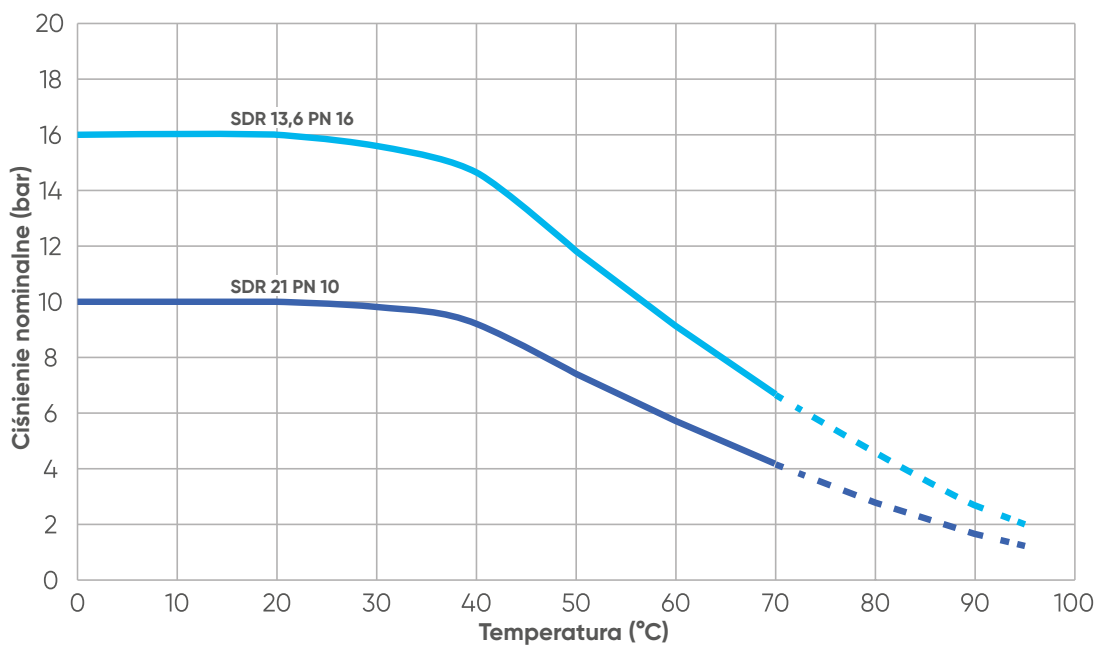
Poniższy wykres przedstawia zależność pomiędzy ciśnieniem nominalnym i temperaturą w systemie metrycznym na podstawie normy EN ISO 15493.



Poniższy wykres przedstawia zależność pomiędzy ciśnieniem nominalnym i temperaturą w systemie angielskim na podstawie normy BS EN ISO 1452-2.

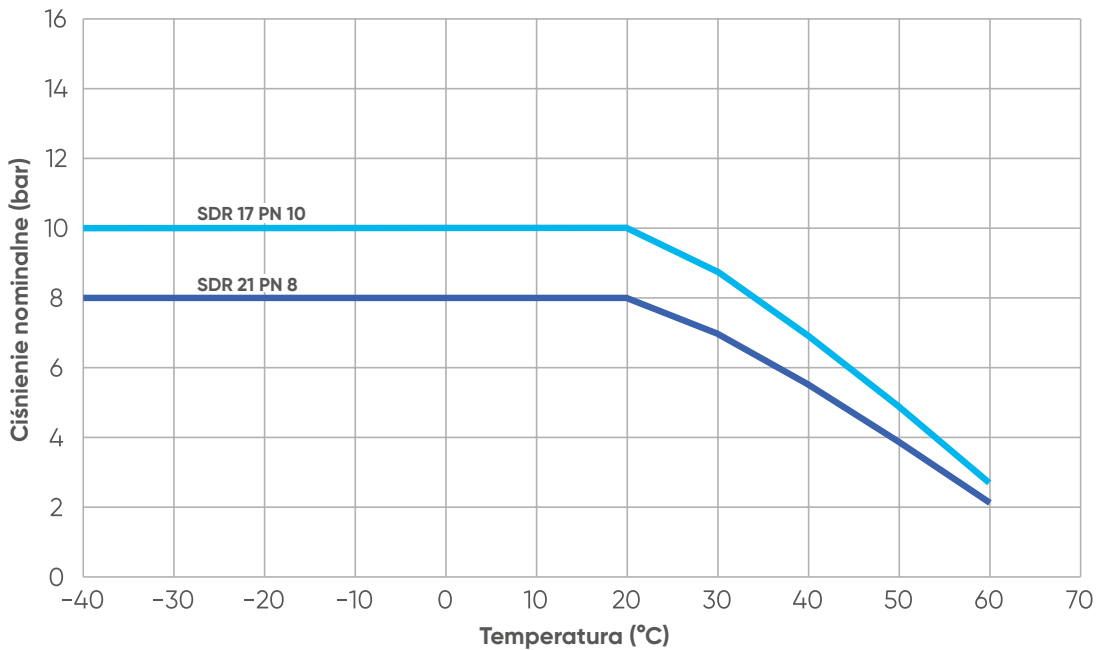


Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury dla CPVC, 25 lat

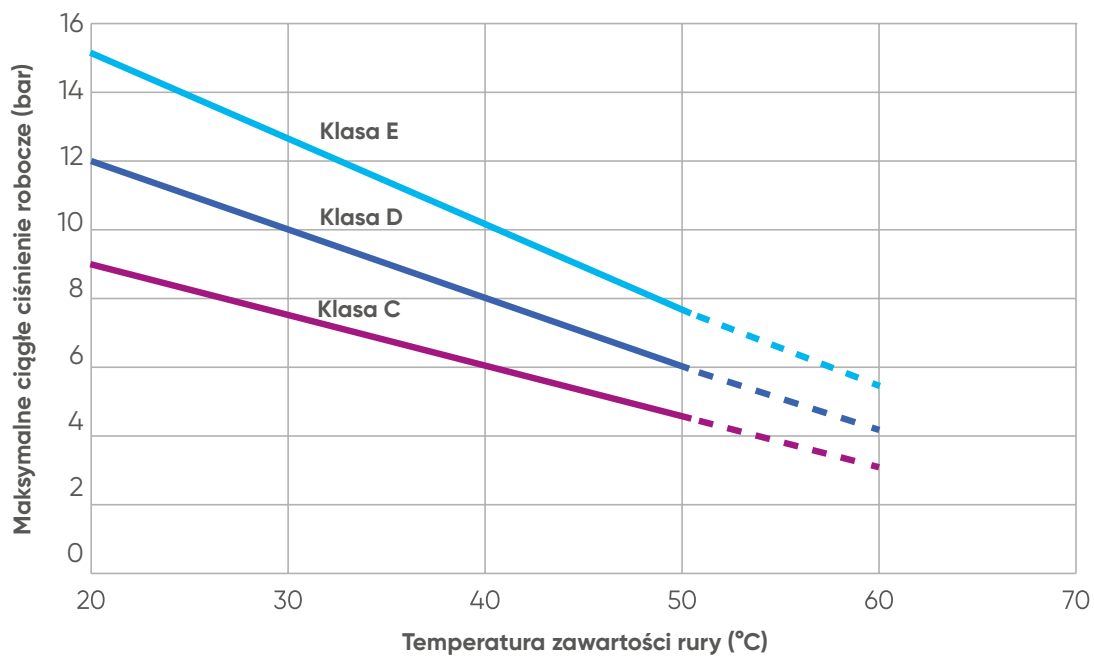


### Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury dla ABS, 25 lat

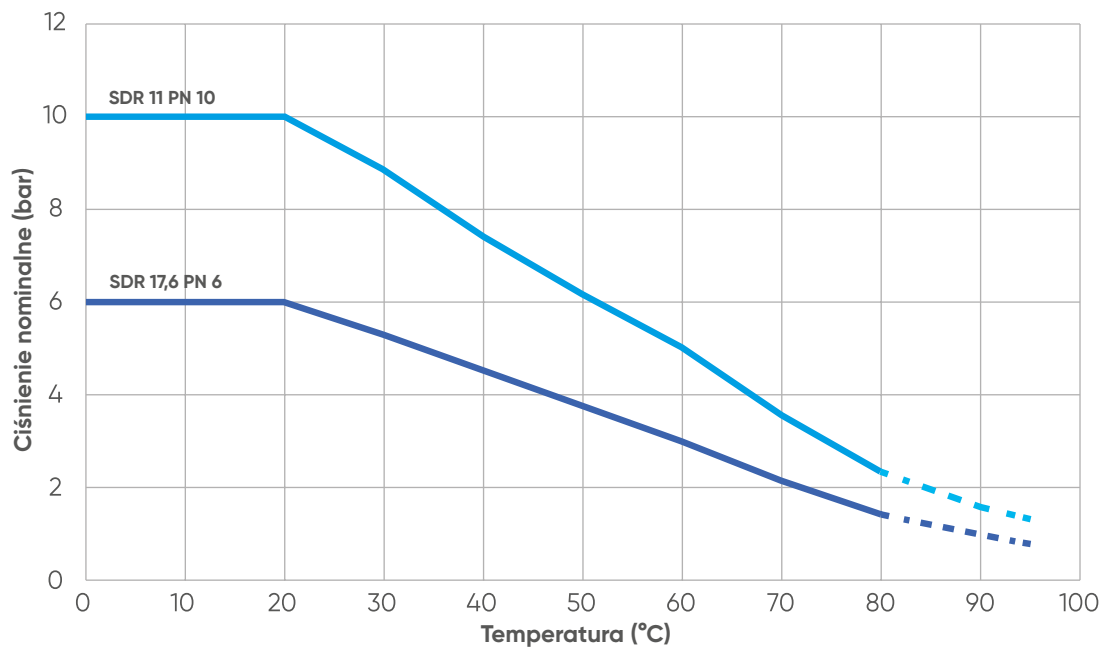
Poniższy wykres przedstawia zależność pomiędzy ciśnieniem nominalnym i temperaturą w systemie metrycznym na podstawie normy EN ISO 15493.



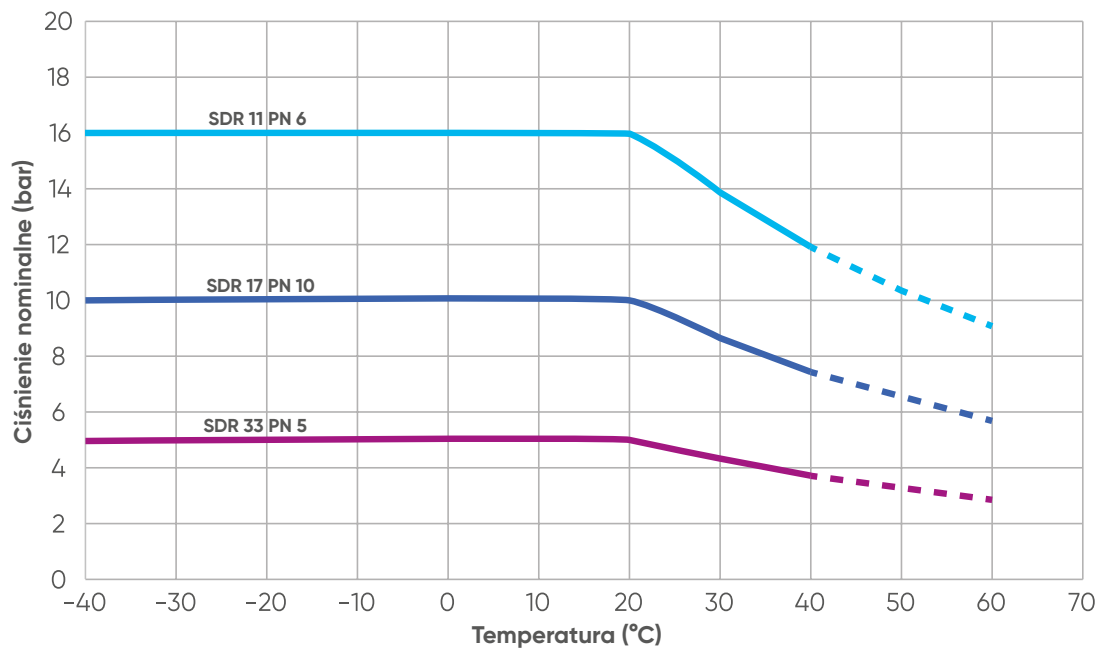
Poniższy wykres przedstawia zależność pomiędzy ciśnieniem nominalnym i temperaturą w systemie angielskim na podstawie normy BS 5391-1.



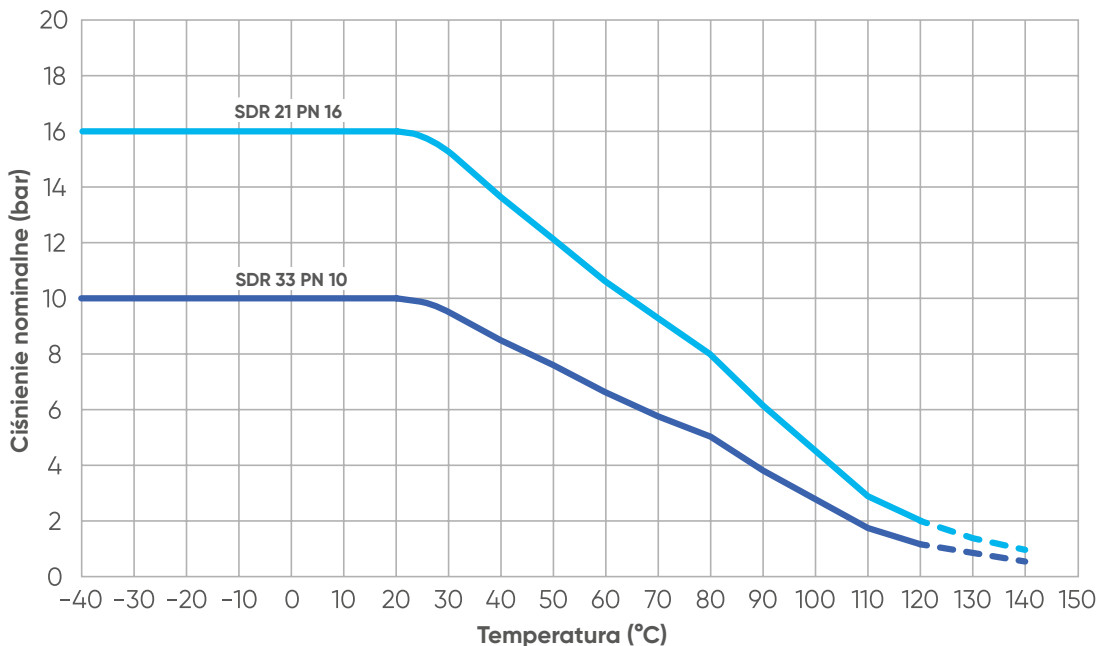
Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury dla PP-H, 25 lat



Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury dla PE100, 25 lat



### Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury dla PVDF, 25 lat



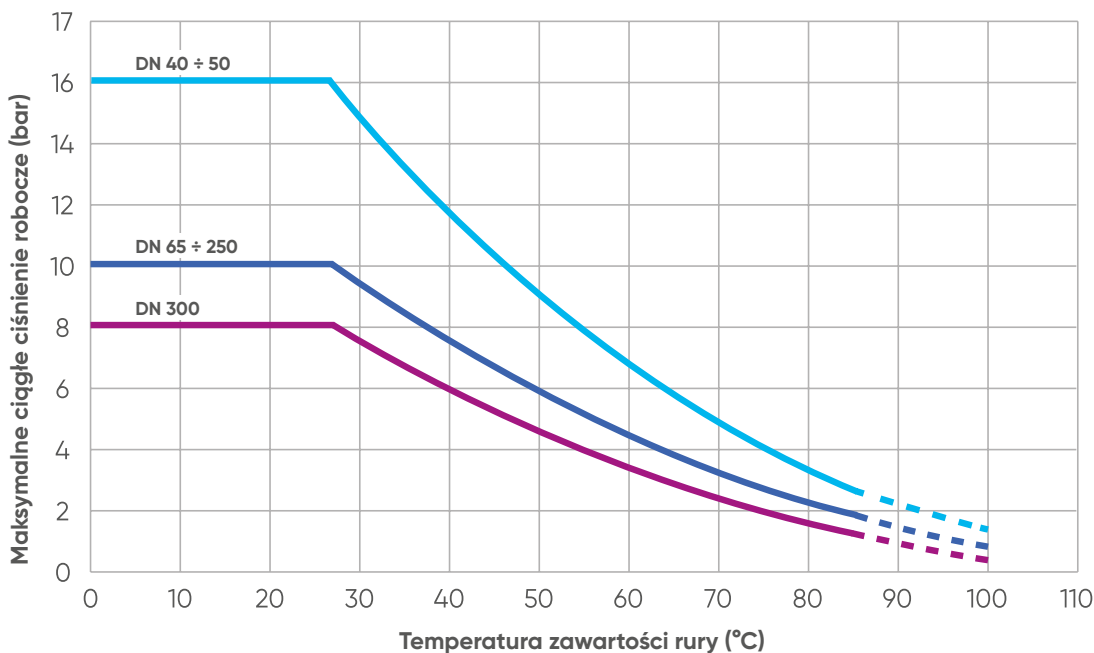
### Wykres ciśnienia nominalnego w funkcji temperatury dla zaworów i kształtek

Dla konkretnych wyrobów, takich jak zawory i kształtki formowane wtryskowo, sugeruje się rozpatrywać wykresy ciśnienia w funkcji temperatury opracowane dla konkretnych wyrobów – ze względu na fakt, że typowe cechy konstrukcyjne mają wpływ na ciśnienie nominalne.

Dla przykładu, zawór motylkowy FK wykonany z C-PVC ma różne średnice nominalne, w zależności od ciśnienia nominalnego. Wykonanie międzykołnierzowe:

- DN 40 ÷ 50: PN 16 dla wody 20°C,
- DN 65 ÷ 250: PN 10 dla wody 20°C,
- DN 300: PN 8 dla wody 20°C.

W ten sposób można wykreślić trzy różne krzywe ciśnienia w funkcji temperatury, w zależności od średnic i budowy zaworu, o czym mowa powyżej.





### 2.4.3 Obliczenia hydrauliczne

Procesy produkcji rur i kształtek z żywic termoplastycznych umożliwiają uzyskanie wyjątkowo gładkich powierzchni wewnętrznych przewodów, wyróżniających się niskimi współczynnikami chropowatości.

Dlatego też charakterystyka hydrauliczna płynu przepływającego w rurach z tworzyw termoplastycznych jest porównywalna do ruchu płynu w rurach gładkich i pozostaje praktycznie niezmienna z upływem czasu, ponieważ wysoka gładkość ścianek wewnętrznych uniemożliwia rozwój korozji i twardych powłok osadowych. Jeśli chodzi o odporność biologiczną, systemy rur z PVC i CPVC są odporne na rozwój grzybów i bakterii – zwłaszcza tych, które normalnie powodują korozję w instalacjach z rur metalowych.

Warto wspomnieć, że rura zasadniczo podlega działaniu siły, która biegnąc przeciwnie do kierunku ruchu, powoduje rozproszenie energii przez płyn wewnątrz rury.

Wartość rozproszenia można oszacować na podstawie spadku ciśnienia i nazywa się stratami na tarcie lub spadkiem ciśnienia w przewodzie.

Zasadniczo rzecz ujmując, w rurach przemysłowych występują dwa rodzaje spadku ciśnienia:

- Rozproszony spadek ciśnienia: występuje, gdy straty energii powstają od tarcia powierzchniowego między cieczą a ściankami przewodu, więc są obecne i rozłożone wszędzie w rurach. Tarcie jest funkcją chropowatości rury, jej wielkości, właściwości fizycznych przepływającego płynu, jego gęstości i lepkości oraz prędkości przepływu,
- punktowy spadek ciśnienia: w tym przypadku straty energii powstają od tarcia kształtowego, spowodowanego zmianą kierunku płynu na styku z zaworami i kształtkami, np. łukami, kolanami, trójnikami i innymi kształtami w świetle przewodu.

Całkowite spadki ciśnienia w instalacji można wyznaczyć sumując wszystkie rozproszone i punktowe spadki ciśnienia w przewodzie.

Ogólnie rzecz biorąc, straty rozproszone mogą być większe lub mniejsze niż straty punktowe w zależności od konkretnego zastosowania: jeśli na przykład mamy do czynienia z długą, prostą rurą z kilkoma przeszkodami dla przepływu, które mogą dawać straty energii, większość spadków ciśnienia będzie miała charakter rozproszony.

W przeciwnym razie, np. w przypadku kompaktowej instalacji, w której dominują zawory i kolana rurowe, potrzebne są tylko krótkie odcinki proste przewodów i przeważać będą punktowe straty ciśnienia.

Jeśli znane są właściwości fizyczne płynu, wymiary rury i przepływ hydrauliczny, można za pomocą różnych korelacji matematycznych ocenić spadki ciśnienia płynu, który przepływa przez rury z tworzyw sztucznych. Wszystkie te trzy parametry są wzajemnie powiązane. Ich związek wyrażają poniższe równania.

Natężenie przepływu można obliczyć jako:

$$Q = A * V$$

gdzie:

Q = natężenie przepływu (m<sup>3</sup>/s)

A = pole przekroju rury (m<sup>2</sup>)

V = prędkość (m/s)

Prędkość można obliczyć jako:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D_i^2}$$

gdzie:

D<sub>i</sub> = średnica wewnętrzna

Ogólnie rzecz biorąc, płyn płynący się w rurociągu może charakteryzować się ruchem laminarnym, jeśli elementy masowe płynu mają prędkości o przebiegu równoległym do kierunku ruchu i nie mają składowych promieniowych.

Z drugiej strony, jeżeli elementy płynu oprócz prędkości równoległych do kierunku ruchu mają składową promieniową, mowa o ruchu turbulentnym (zaburzonym).

Aby określić, czy przepływ przez rury jest laminarny czy turbulentny, stosuje się liczbę Reynoldsa, oznaczaną symbolem Re.

Jest to wartość liczbowa bezwymiarowa przyjęta w termodynamice. Jej wartość rozgranicza dwa warunki w zależności od kształtu bryły, w której płyn przepływa, a także od właściwości płynu.

Dla przykładu w przypadku płynu wewnątrz rury:

- dla wartości  $Re < 2500$  układ ma przepływ laminarny,
- dla wartości  $2500 < Re < 4000$  zostaje przekroczony warunek przejściowy,
- dla wartości  $Re > 4000$  występuje przepływ turbulentny.

Liczba Reynoldsa da się obliczyć z poniższych równań:

$$Re = \frac{V * D_i}{\nu} \quad Re = \frac{\rho * V * D_i}{\mu}$$

gdzie:

$Re$  = liczba Reynoldsa (-)

$V$  = prędkość przepływu (m/s)

$D_i$  = średnica wewnętrzna (m)

$\nu$  = lepkość kinematyczna (m<sup>2</sup>/s)

$\rho$  = gęstość płynu (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = lepkość dynamiczna (kg/(m \* s))

Kończąc omówienie zagadnienia prędkości, oprócz wzoru opisanego powyżej, należy również pamiętać o tym, w jaki sposób można zmierzyć prędkość płynu wewnątrz przewodu rurowego: odbywa się to za pomocą czujników przepływu, opisanych w kolejnych rozdziałach, które mierzą miejscową prędkość przepływu ( $V_m$ ), co pozwala obliczyć średnią prędkość ( $V_a$ ) i objętościowe natężenie przepływu.

Jeśli chodzi o punkt pomiaru prędkości przepływu w rurze, można dobrać jedno z dwóch miejsc pomiaru:

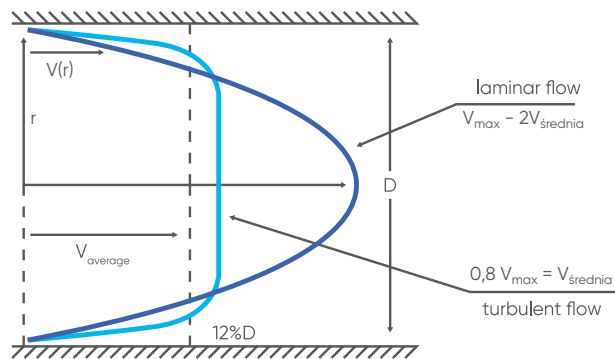
- położenie krytyczne: czujnik prędkości jest umieszczony w miejscu, w którym prędkość miejscowa odpowiada prędkości średniej, czyli w punkcie odpowiadającym 12% wymiaru średnicy wewnętrznej. W tym przypadku prędkość średnia odpowiada zmierzonej prędkości miejscowej, stąd  $V_a = V_m$ ,
- położenie centralne: czujnik prędkości jest umieszczony w środku przekroju rury. Miejscowa prędkość odpowiada prędkości maksymalnej:  $V_m = V_{max}$

W ten sposób można poznać, w jaki sposób prędkość wpływa na to, czy ruch jest laminarny czy turbulentny, ponieważ prędkość występuje we wzorze na liczbę Reynoldsa.

Profil prędkości w ruchu laminarnym jest paraboliczny, z maksymalną wartością na osi rury, gdzie  $V_{max} = 2 * V_{średnia}$ , i malejącą ku ścianie rury, zaś przepływ bezpośrednio przy ścianie jest de facto zerowy.

Z drugiej strony, profil prędkości ruchu turbulentnego jest bardziej spłaszczony niż paraboliczny: prędkość jest bliska wartości maksymalnej nawet w pobliżu ścianki rury, lecz bezpośrednio przy ścianie prędkość jest zerowa.

Profile prędkości ruchu laminarnego i turbulentnego przedstawione są na rysunku.



### 2.4.3.1 Obliczanie rozproszonego spadku ciśnienia

Podczas przepływu płynu przez układ rur występują straty ciśnienia w przewodzie zależne od m.in. prędkości płynu, gładkości ścianki rury i wewnętrznego pola powierzchni przewodu.

Istnieje kilka metod obliczania strat ciśnienia w instalacjach rurowych, przy czym dwie najbardziej popularne to metoda Darcy'ego-Weisbacha oraz metoda Hazena-Williamsa.

Metoda Hazena-Williamsa jest najczęściej przyjmowaną metodą obliczania spadku ciśnienia w przewodach z tworzyw sztucznych, natomiast metoda Darcy'ego-Weisbacha jest najbardziej uniwersalna, ponieważ nadaje się do rur z dowolnego materiału.

#### Metoda Darcy'ego-Weisbacha

Wzór Darcy'ego-Weisbacha służy do obliczania strat ciśnienia wewnątrz przewodu i jest fundamentalny dla nowoczesnej dynamiki płynów.

Dotyczy on przepływu laminarnego i turbulentnego w zależności od tego, jaką wartość mamy współczynnikowi tarcia  $\lambda$ .

$$h = \frac{\lambda * V^2}{2 * g * D_i}$$

gdzie:

$h$  = strata ciśnienia w przewodzie (m/m)

$V$  = prędkość (m/s)

$g$  = przyspieszenie grawitacyjne ( $m/s^2$ ) = 9,81  $m/s^2$

$D_i$  = średnica wewnętrzna (m)

$\lambda$  = współczynnik tarcia rury (-)

$\lambda$  to współczynnik tarcia, który dla polimerów wynosi zazwyczaj od 0 do 0,02.

Jego wartość można wyznaczyć z wykresu Moody'ego.

Jest to wykres bilogarytmiczny i służy do obliczania współczynnika tarcia rury na podstawie znanej chropowatości względnej i liczby Reynoldsa dla przepływu w rurze. Po obliczeniu współczynnika wystarczy wykorzystać znane prawa mechaniki płynów, aby w prosty sposób wyznaczyć spadek ciśnienia.

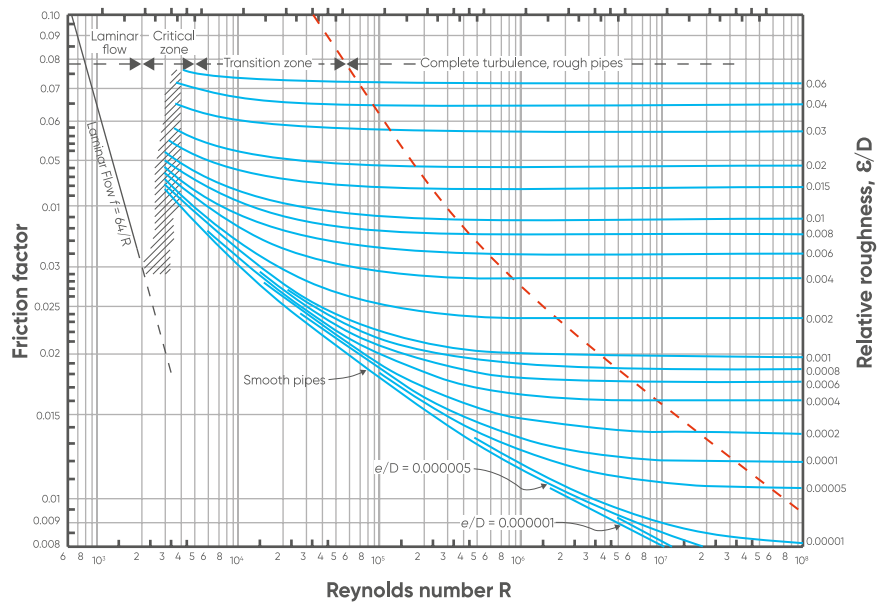
Obecnie jego znaczenie jest głównie dydaktyczne, gdyż rozwiązanie numeryczne można łatwo przeprowadzić za pomocą komputera – jednakże nie dysponując takim urządzeniem metoda jest jedyną wykonalną, gdyż nie istnieje ogólne analityczne rozwiązanie korelacji.

W lewej części wykresu jest jedna prosta, która reprezentuje współczynnik tarcia w ruchu laminarnym, opisanym przez niskie wartości liczby Reynoldsa.

W skrajnie prawej części wykresu Moody'ego jest się pęk krzywych: reprezentują one różne wartości chropowatości względnej. W zależności od wartości chropowatości względnej, po zapoznaniu się z liczbą Reynoldsa względem ruchu, można wyznaczyć wartość  $\lambda$ .

Obszar ten, odpowiadający warunkom turbulentnym, dzieli się dwie części:

- pierwszy obszar, bardziej po lewej, w którym przepływ ma turbulentny ruch przejściowy,
- drugi obszar, bardziej po prawej, w którym krzywe mają tendencję do układania się równolegle do osi odciętych, co odpowiada ruchowi turbulentnemu.



Jeżeli przepływ jest laminarny ( $Re < 2500$ ), współczynnik tarcia można przyjąć jako  $\lambda = \alpha (Re)$ , a dokładniej:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Jeżeli przepływ jest turbulentny ( $Re > 4000$ ), jak to zwykle ma miejsce w rurach z tworzyw sztucznych, tarcie nie zależy tylko od liczby Reynoldsa, ale również od współczynnika względnej chropowatości powierzchni ( $\epsilon/D_i$ ), zatem:

$$\lambda = \alpha \left( Re * \frac{\epsilon}{D_i} \right)$$

Tuż samum dla przepływu turbulentnego, współczynnik tarcia  $\lambda$  można obliczyć za pomocą równania Colebrooka-White'a:

$$\frac{1}{\left(\lambda \left(\frac{1}{2}\right)\right)} = -2 \log \left( \frac{(\epsilon/D_i)}{3.71} + \frac{2.51}{\left(Re * \lambda \left(\frac{1}{2}\right)\right)} \right)$$

gdzie:

$\lambda$  = współczynnik tarcia

$\epsilon$  = bezwzględny współczynnik chropowatości (mm)

$\epsilon/D_i$  = współczynnik względnej chropowatości powierzchni (-)

$Re$  = liczba Reynoldsa

Ponadto, z praktycznego punktu widzenia, sensowne może być rozważenie poniższego wzoru uproszczonego, który nie uwzględnia chropowatości:

$$\lambda = 0,079 * Re^{-0,25}$$

### Metoda Hazena-Williamsa

Wzór Hazena-Williamsa dotyczy przepływu turbulentnego i wyraża się go następująco:

$$h = 10,666 * C_{hw}^{(-1,85)} * D_i^{(-4,87)} * Q^{(1,85)}$$

gdzie:

$h$  = strata ciśnienia w przewodzie (m/m)

$Q$  = objętościowe natężenie przepływu ( $m^3/s$ )

$C_{hw}$  = współczynnik przepływu (-)

$D_i$  = średnica wewnętrzna (m)

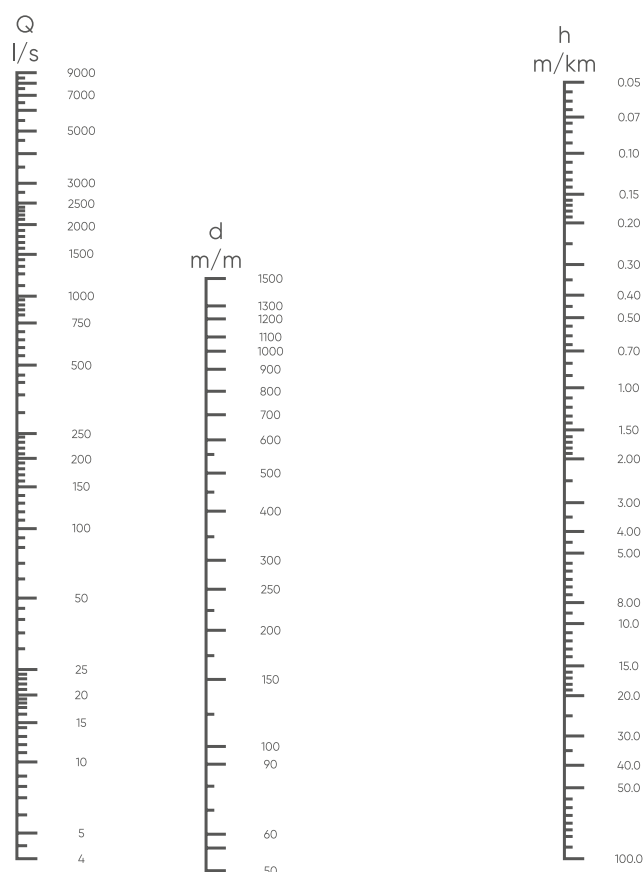
Ta korelacja jest prawidłowa wyłącznie w obliczeniach dla rur przewodzących wodę i stosować ją dla średnic większych niż 50 mm.

Współczynnik przepływu jest funkcją materiału wykonania i wyznacza się go na podstawie badań doświadczalnych – w poniższej tabeli podano wartości współczynnika przepływu dla różnych materiałów.

Rodzaj rury	Wartość $C_{hw}$	
Rura żeliwna lub stalowa o gładkiej powierzchni wewnętrznej	120	Nowa
	110	Wiek 10 lat
	90	Wiek 20 lat
	70	Wiek 50 lat
UPVC	145–160	
Rury PP i PE	140–150	

Przedstawiono nomogram Hazena-Williams dla współczynnika przepływu  $C_{hw} = 100$ , aby uniknąć obliczeń. W ten sposób wystarczy wykreślić linię łączącą dwie znane wartości współczynnika, aby otrzymać wartość nieznaną.

Przykładowo, znając natężenie przepływu i średnicę rury, można wyznaczyć spadek ciśnienia.



Jeżeli  $C_{hw}$  ma inną wartość, to wartości przepływu objętościowego ( $Q$ ) i straty ciśnienia w przewodzie ( $h$ ) wyznaczone z nomogramu należy pomnożyć przez względne współczynniki konstrukcyjne  $M_q$  i  $M_h$  podane w tabeli.

$C_{hw}$	$M_q$	$M_h$
70	0,70	1,93
90	0,90	1,22
100	1,00	1,00
110	1,10	0,84
120	1,20	0,71
130	1,30	0,62
140	1,40	0,54
150	1,50	0,47
160	1,60	0,42

Po przeprowadzeniu wszystkich omówionych dotychczas obliczeń można stwierdzić, że istnieje szybka metoda doboru wielkości rury: jak wynika z równania Hazena-Williamsa, strata ciśnienia jest odwrotnie proporcjonalna do piątej potęgi średnicy wewnętrznej przewodu.

Dlatego po obliczeniu spadku ciśnienia dla jednej średnicy, można obliczyć go dla innych średnic na podstawie

$$h_2 = \frac{h_1 * D_1^5}{D_2^5}$$

gdzie:

$h_1$  = spadek ciśnienia dla znanej średnicy

$h_2$  = spadek ciśnienia dla nowej średnicy

$D_1$  = znana średnica wewnętrzna (m)

$D_2$  = nowa średnica wewnętrzna (m)

### PRZYKŁAD PRAKTYCZNY

Obliczyć straty ciśnienia w przewodzie rurowym o przekroju kolistym, w którym płynie woda, o średnicy  $D_i = 50$  mm i natężeniu przepływu  $Q = 1$  l/s. Niech  $\lambda = 0,02$ .

Aby obliczyć straty ciśnienia za pomocą równania Darcy'ego-Weisbacha, należy znaleźć wartość prędkości.

$$V = \frac{Q}{A} = \left( \pi * \left( \frac{D_i}{2} \right)^2 \right) = 5 \text{ m/s}$$

Teraz, stosując równanie Darcy'ego-Weisbacha, można wyznaczyć spadek ciśnienia:

$$h = \frac{(\lambda * V^2)}{(2 * g * D_i)} = 0,51 \text{ m/m}$$

### 2.4.3.2 Obliczanie punktowego spadku ciśnienia

Rozproszone straty ciśnienia w przewodzie nie są jedyną przyczyną spadków ciśnienia w przewodach hydraulicznych – istnieją również tzw. skupione lub punktowe straty ciśnienia. Wynikają one z przeszkód takich jak łuki, kolanka, zawory, i wszystko inne, co może spowodować nagłą zmianę ciśnienia wewnątrz instalacji.

Aby obliczyć wszystkie punktowe straty ciśnienia w instalacji, można zsumować każdą z nich:

$$\Sigma \Delta p_{punkt} = \Delta p_{RF} + \Delta p_{RV} + \Delta p_{geod} + \Delta p_{valv}$$

gdzie:

$\Delta p_{RF}$  = strata ciśnienia na kształtkach

$\Delta p_{RV}$  = strata ciśnienia na połączeniach rur

$\Delta p_{geod}$  = różnica ciśnień od wysokości

$\Delta p_{valv}$  = strata ciśnienia wewnątrz zaworu

#### Strata ciśnienia na kształtkach

W licznych badaniach doświadczalnych wykazano, że straty ciśnienia w przewodzie spowodowane przez kształtki są proporcjonalne do wysokiej prędkości przepływu przy stałym wykładniku, wahającym się pomiędzy 1,8 a 2,1.

W przypadku typowych obliczeń hydraulicznych można przyjąć, że strata ciśnienia od przepływu cieczy przez kształtkę jest proporcjonalna do kwadratu średniej prędkości, co opisano w DVS 2210:

$$\Delta p_{RF} = \frac{\xi_{RF} * \rho}{(2 * 10^5) * V^2}$$

gdzie:


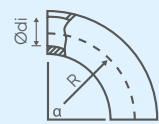
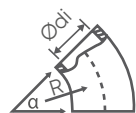
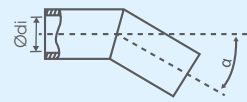
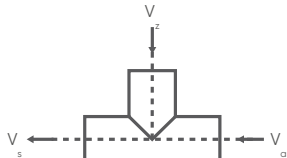
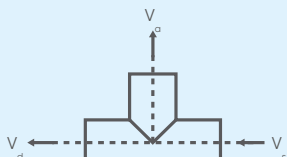
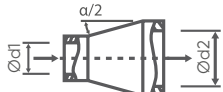
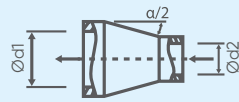
$\Delta p_{RF}$  = spadek ciśnienia (bar)

$\xi_{RF}$  = współczynnik oporu dla kształtki (-)

$\rho$  = gęstość przewodzonej substancji (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = prędkość (m/s)

Współczynnik  $\xi$  jest charakterystyczny dla typu i wielkości najczęściej stosowanych kształtek i można go łatwo znaleźć w DVS 2210.

Typ kształtki	Parametr	Współczynnik oporu $\xi$			Rysunek  = kierunek przepływu
Łuki $\alpha = 90^\circ$	$R = 1,0 \times d_a$	0,51			
	$1,5 \times d_a$	0,41			
	$2,0 \times d_a$	0,34			
	$4,0 \times d_a$	0,23			
Łuki $\alpha = 45^\circ$	$R = 1,0 \times d_a$	0,34			
	$1,5 \times d_a$	0,27			
	$2,0 \times d_a$	0,20			
	$4,0 \times d_a$	0,15			
Kąty (kolanka)*	$\alpha = 45^\circ$	0,30			
	$30^\circ$	0,14			
	$20^\circ$	0,05			
	$15^\circ$	0,05			
	$10^\circ$	0,04			
Trójniki (odgałęzienia rurowe $90^\circ$ ) ze zbiegiem przepływów $V_s = V_a + V_z$	$V_z/V_s = 0,0$	$\xi_z = -1,20$	$\xi_d = 0,06$		
	0,2	-0,40	0,20		
	0,4	0,10	0,30		
	0,6	0,50	0,40		
	0,8	0,70	0,50		
	1,0	0,90	0,60		
Trójniki (odgałęzienia rurowe $90^\circ$ ) z rozdziałem przepływu $V_s = V_a + V_d$	$V_a/V_s = 0,0$	$\xi_z = 0,97$	$\xi_d = 0,10$		
	0,2	0,90	-0,10		
	0,4	0,90	-0,05		
	0,6	0,97	0,10		
	0,8	1,10	0,20		
	1,0	1,30	0,35		
Zwężki koncentryczne (rozszerzenie przewodu) $\xi$ – wartości dla $\lambda_R = 0,025$	Kąt $\alpha$	4...8°	16°	24°	
	$d_2/d_1 = 1,2$	0,10	0,15	0,20	
	1,4	0,20	0,30	0,50	
	1,6	0,50	0,80	1,50	
	1,8	1,20	1,80	3,00	
	2,0	1,90	3,10	5,30	
Zwężki, koncentryczne (zwężenie przewodu) $\xi$ – wartości dla $\lambda_R = 0,025$	Kąt $\alpha$	4°	8°	20°	
	$d_2/d_1 = 1,2$	0,046	0,023	0,010	
	1,4	0,067	0,033	0,013	
	1,6	0,076	0,038	0,015	
	1,8	0,031	0,041	0,016	
	2,0	0,034	0,042	0,017	

\* Dla kolan o kącie  $\alpha = 90^\circ$  sugeruje się przyjąć współczynnik oporu  $\xi = 0,60$

Oprócz poniższych wyrażeń powszechną metodą opisywania spadków ciśnienia na kształtkach jest odniesienie ich do rury jako równoważnej długości rury ( $L/D_i$ ). Stosunek  $L/D_i$  jest równoważną długością dla średnicy rury prostoliniowej, która daje taki sam spadek ciśnienia, jak kształtki w takich samych warunkach przepływu.

### Strata ciśnienia na połączeniach rur

Nie można podać dokładnych danych dotyczących strat ciśnienia na połączeniach rur, ponieważ wymiary geometryczne (np. spoiny zgrzewów) nie są stałe.

Zaleca się, aby do obliczeń strat ciśnienia przyjmować współczynnik oporu  $\xi_{RV} = 0,1$  dla każdego połączenia w instalacji rur z tworzyw sztucznych, np. zgrzewów doczołowych i mufowych, a także dla kołnierzy.

Na tej podstawie sugeruje się następujące równanie wg DVS 2210:

$$\Delta p_{RV} = \frac{\xi_{RV} * \rho}{(2 * 10^5) * V^2}$$

gdzie:

$\Delta p_{RV}$  = spadek ciśnienia (bar)

$\xi_{RV}$  = współczynnik oporu połączeń (-)

$\rho$  = gęstość przewodzonej substancji (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = prędkość (m/s)

Ponadto, aby wyznaczyć przybliżoną stratę ciśnienia na połączeniach rurociągu, wystarczy przyjąć, że jest ok. 15% większa od straty ciśnienia na kształtkach,  $\Delta p_{RF}$ .

### Różnica ciśnień od wysokości

Czynnik ten należy uwzględnić gdy przeciwległe końce rurociągu dzieli różnica wysokości.

$$\Delta p_{geod} = \Delta h_{geod} * \rho * 10^{(-4)}$$

gdzie:

$\Delta p_{geod}$  = geodezyjna różnica ciśnień (bar)

$\Delta h_{geod}$  = różnica wysokości rurociągu (m)

$\rho$  = gęstość czynnika (kg/m<sup>3</sup>)

### Strata ciśnienia na zaworach

W ramach oceny strat ciśnienia spowodowanych przepływem cieczy przez zawór, praktyczną zasadą jest odnieść się do określonego współczynnika przepustowości, zwanego umownie współczynnikiem przepływu  $K_v$ .

W szczególności można obliczyć stratę ciśnienia wewnątrz zaworu za pomocą poniższego równania:

$$\Delta p_{valv} = \rho \left( \frac{Q}{K_v} \right)^2$$

gdzie:

$\Delta p_{valv}$  = strata ciśnienia wewnątrz zaworu (bar)

$Q$  = natężenie przepływu (m<sup>3</sup>/h)

$\rho$  = stosunek masy właściwej płynu w do z masy właściwej wody w temperaturze 15°C (-)

$K_v$  = współczynnik natężenia przepływu (m<sup>3</sup>/h)

$K_v$  jest najważniejszym parametrem służącym do obliczania spadku ciśnienia na zaworze.

Jest to natężenie przepływu płynu przez zawór przy danym spadku ciśnienia i można je wyznaczyć za pomocą następującego równania:

$$K_v = Q * \left( \frac{\rho}{\Delta P} \right)^{\left( \frac{1}{2} \right)}$$

gdzie:

$K_v$  = współczynnik natężenia przepływu (m<sup>3</sup>/h)

$Q$  = natężenie przepływu (m<sup>3</sup>/h)

$\Delta P$  = spadek ciśnienia (bar)

$\rho$  = stosunek masy właściwej płynu w do z masy właściwej wody w temperaturze 15°C (-)



Na podstawie współczynnika przepływu  $K_v$ , możliwe jest:

- dobranie wielkości zaworu: znając spadek ciśnienia i współczynnik przepływu, można określić najlepszą średnicę zaworu,
- obliczenie natężenie przepływu przez zawór jako funkcji różnicy ciśnienia i współczynnika przepływu,
- obliczenie punktowego (skupionego) spadku ciśnienia na zaworze: jeśli znane są natężenie przepływu i współczynnik przepływu, wyznacza się  $\Delta p$ .

### Nominalny współczynnik przepływu $K_{v100}$

Należy zauważyć, że pojęcie nominalnego współczynnika przepływu, oznaczanego symbolem  $K_{v100}$  (l/min), odnosi się do maksymalnego możliwego współczynnika przepływu, a więc przy całkowicie otwartym zaworze, w temperaturze 20°C i dla spadku ciśnienia  $\Delta p = 1$  bar.

Zasadniczo jest on zależy od poniższych czynników:

- średnicy nominalnej zaworu, ponieważ większe zawory dają wyższe współczynniki przepływu,
- typu zaworu.

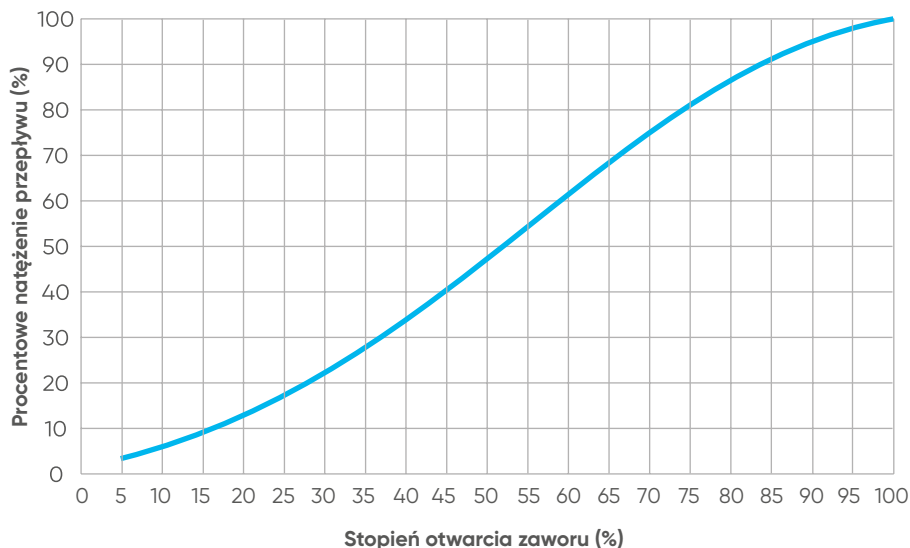
Poniższa tabela pozwala porównać wartości  $K_{v100}$  (l/min) głównych zaworów stosowanych w instalacjach przemysłowych (modele VKR, VKD, DK, FK) o średnicy nominalnej od 10 do 100 mm.

Zawór	DN									
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
VKR	83	88	135	256	478	592	1068	-	-	-
VKD	80	200	385	770	1100	1750	3400	5250	7100	9500
DK	-	112	261	445	550	1648	1087	1600	-	-
FK	-	-	-	-	-	1000	1285	1700	3550	5900

Zamiast nominalnego współczynnika przepływu stosuje się często względny współczynnik przepływu, który z oczywistych względów ma niższą wartość.

W szczególności dotyczy to do względnego  $K_v$ , gdy otwarcie zawierała nie jest pełne lub gdy stosowany jest płyn roboczy inna niż woda (np. ciecz chemiczna, która daje inne współczynniki przepływu niż nominalne wyznaczone dla wody).

Wartość nominalna podawana jest przez producenta, który w karcie katalogowej produktu przedstawia charakterystykę regulacji lub przebieg wartości współczynnika przy średnicy nominalnej i otwarciu – najczęściej w formie graficznej (oś odciętych to skok tłoka lub obrót kuli, oś rzędnych to współczynnik przepływu), co zilustrowano rysunku dla zaworu membranowego DK.



**Zależność między  $K_v$  i  $C_v$**

Jak już opisano, przepisy europejskie określają objętościowe natężenie przepływu w  $m^3/h$ , ciśnienie w barach i odnoszą się do współczynnika przepływu  $K_v$ .

W krajach anglosaskich natomiast odnosi się do współczynnika przepływu oznaczonym symbolem  $C_v$ , który odpowiada przepływowi wody wyrażonemu w GPM (galonach na minutę) w temperaturze  $60^\circ F$  przy spadku ciśnienia 1 psi.

Te dwa współczynniki są skorelowane ze sobą następującą zależnością:

$$K_v = 0,865 C_v$$

**Konfiguracja szeregowo lub równoległa**

Z praktycznego punktu widzenia, jeśli chcemy oszacować specyficzną wydajność grupy kilku zaworów połączonych szeregowo, z których każdy ma swoje własne  $K_v$ , otrzymana wydajność całkowita będzie wynikać z następującej zależności:

Podana powyżej zależność matematyczna wskazuje, że całkowita wydajność właściwa kilku elementów w szeregu jest mniejsza niż najmniejsza wydajność właściwa charakterystyczna dla elementu w szeregu.

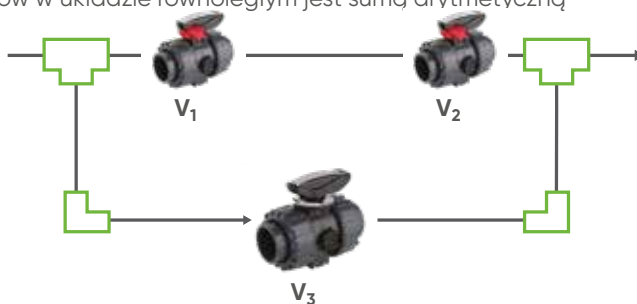
Jeżeli zawory są połączone równolegle, to wynikająca z tego całkowita wydajność odejmowana jest od następującej zależności:

$$K_{v_{tot}} = K_{v1} + K_{v2} + \dots + K_{vn}$$

Stąd wynika, że całkowita wydajność właściwa kilku elementów w układzie równoległym jest sumą arytmetyczną wydajności właściwych wszystkich tych elementów.

**PRZYKŁADY PRAKTYCZNE**

- Obliczyć całkowite wydajności jednostkowe grupy zaworów należących do obiegu wykonanego z tworzywa UPVC, zakładając pomijalne rozłożone straty ciśnienia.
  - dla szeregowo połączonych zaworów ( $V_1, V_2$ )



Straty energii są związane z obecnością zaworów, ponieważ jest ich duża ilość. Dlatego sugeruje się skupić na punktowych spadkach ciśnienia powstałych na zaworach.

W tym celu należy odnieść się do  $K_{v100}$  każdego z zaworów w zależności od średnicy nominalnej przewodu rurowego, co pokazano w poniższej tabeli.

Nazwa zaworu	Typ zaworu	DN	$K_{v100}$ (l/min)
V <sub>1</sub>	VKD	32	1100
V <sub>2</sub>	VKD	32	1100

W tym momencie można obliczyć spadki ciśnienia w układzie szeregowym lub równoległym dla całego obiegu:

- Szeregowo:

$$\frac{1}{K_{vtot}} = \frac{1}{K_{v1}} + \frac{1}{K_{v2}} = 0.0018 \text{ min/l} \quad K_{vseries} = \frac{1}{0.0018} = 555.5 \text{ l/min}$$

- Równoległe:

$$K_{vtot} = K_{vseries} + K_{v3} = 1623.5 \text{ l/min}$$

- Niech natężenie przepływu wynosi 13,2 m<sup>3</sup>/h, zaś przewidywany spadek ciśnienia 0,4 bara, zatem K<sub>v</sub> będzie wynosił:

$$K_v = \frac{13.2}{(0.4)^{0.5}} = 20.87 \text{ m}^3/h$$

Konieczne będzie określenie który zawór ma K<sub>v</sub> równy 20,87, więc wychodząc z danych omawianego projektu, można dobrać najbardziej odpowiedni zawór z katalogu.

- Niech natężenie przepływu Q = 2,2 m<sup>3</sup>/h a współczynnik K<sub>v</sub> = 2,5 – jaki będzie spadek ciśnienia?

$$\Delta P = \left(\frac{2.2}{2.5}\right)^2 = 0.77 \text{ bar}$$

## 2.4.4 Regulacja przepływu i dobór zaworów

Dobór właściwego zaworu jest podstawowym etapem projektowania, ponieważ każda praca wykonywana w instalacji przez zawory zainstalowane na rurociągach zależy zasadniczo od ich wydajności.

Ogólnie rzecz biorąc, główne elementy zaworu sterowanego ręcznie można podsumować następująco:

- mechanizm napędowy: jest to urządzenie, które generuje ruch trzpienia i zawieradła, np. rączka, pokrętło lub dźwignia, w zależności od typu zaworu.
- zawieradło: jest to ruchomy element, który zmienia przekrój światła przepływu płynu, aż do całkowitego zamknięcia lub otwarcia. W zależności od rodzaju zaworu może to być kula, tarcza lub membrana.
- korpus zaworu: jest to główna konstrukcja zaworu, w której znajdują się przeloty umożliwiające przepływ płynu.
- uszczelnienie: może być wykonane z różnych materiałów, np. EPDM, FKM, PTFE, aby znosić czynnik przepływający.

Dobór zaworu opiera się na jego funkcji i sposobie eksploatacji w instalacji. Zawory zasadniczo służą do co najmniej jednej z trzech funkcji:

- odcinające: do pracy dwustawnej, tj. albo na pełne otwarcie, lub pełne zamknięcie przepływu – najczęściej stosowanymi zaworami są zawory kulowe i motylkowe,
- dławienie: do dławienia, inaczej regulacji przepływu – najczęściej stosowane są zawory membranowe, zawory motylkowe lub nasz regulacyjny zawór kulowy FIP VKR,
- zapobieganie przepływowi zwrotnemu: do zapobiegania cofaniu się lub przepływowi zwrotnemu najczęściej stosowane są kulowe zawory zwrotne – tłokowe, kulowe, sprężynowe lub tarczowe.

Ponieważ konkretna funkcja może być realizowana przez więcej niż jeden konkretny zawór, proces doboru można uściślić uwzględniając specyficzne wymagania procesu technologicznego.

Należą do nich:

- czynnik przepływający: należy wiedzieć, czy płyn może powodować problemy z materiałami zwilżonymi zaworu, co wynika z głównych cech czynnika, takich jak korozyjność, ścieralność, lepkość, temperatura, ciśnienie oraz stopień zanieczyszczenia,
- kompatybilność elementów sterujących zaworu z przepływającym czynnikiem,
- wymagania wobec przestrzeni fizycznej – konieczne sprawdzenie ograniczeń wagowych i wymagań eksploatacyjnych. Zawory sterowane ręcznie mają do wyboru dźwignie, przekładnie i inne elementy wykonawcze mechanizmu napędowego w zależności od wielkości, natomiast zawory sterowane zdalnie mogą być uruchamiane elektrycznie lub pneumatycznie.

Po powyższym wprowadzeniu w cechy zaworu, można przejść do omówienia jego doboru.

Wymiarowanie zaworu zależy zasadniczo od dwóch czynników:

- parametrów procesu technologicznego,
- wyboru typu zaworu.

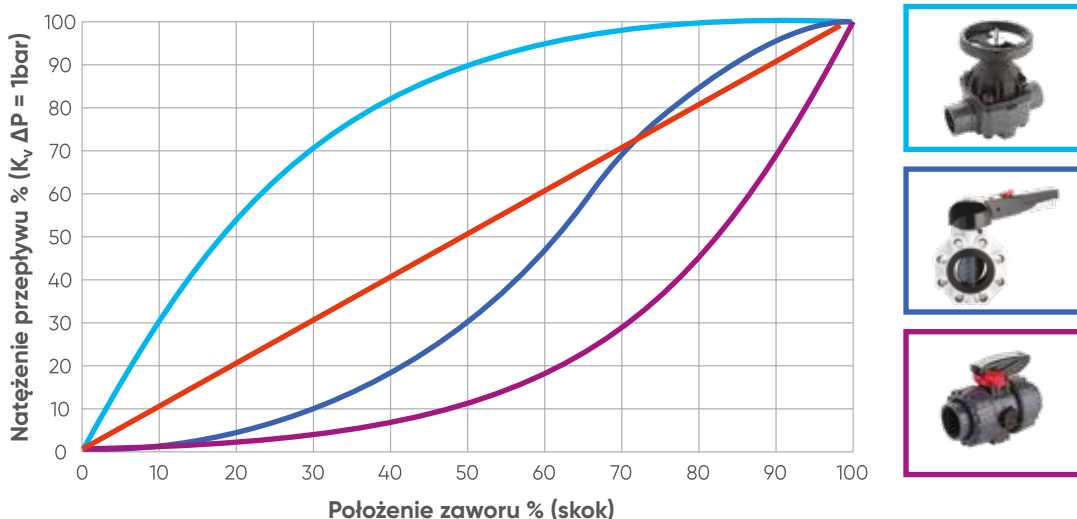
W przypadku parametrów procesu technologicznego, konieczne jest rozpatrzenie natężenia przepływu i ciśnienia wlotowego/wylotowego, co opisano wcześniej.

Dobór zaworu jest bezpośrednio związany z krzywymi charakterystyki.

Krzywe te są specyficzne dla każdego rodzaju zaworu i opisują zmiany natężenia przepływu w funkcji skoku (zakresu ruchu) zawieradła. Są wynikiem kształtu geometrycznego zawieradła, którego rodzaje mogą być następujące: istnieją zawieradła o otwieraniu szybkim, liniowym lub równym procentowym.

Zawory membranowe w szczególności – co ilustruje poniższy rysunek – charakteryzują się szybkim otwieraniem zawieradła: wzrost natężenia przepływu występuje prawie wyłącznie w pierwszej części ruchu otwierania zawieradła, po czym dalszy wzrost skoku ku otwarciu daje niewielki wzrost natężenia przepływu.

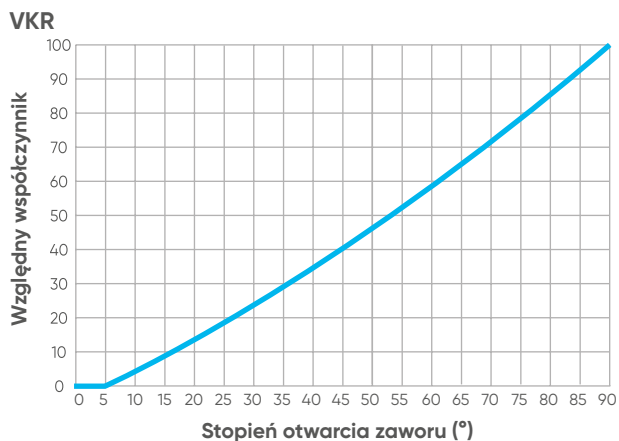
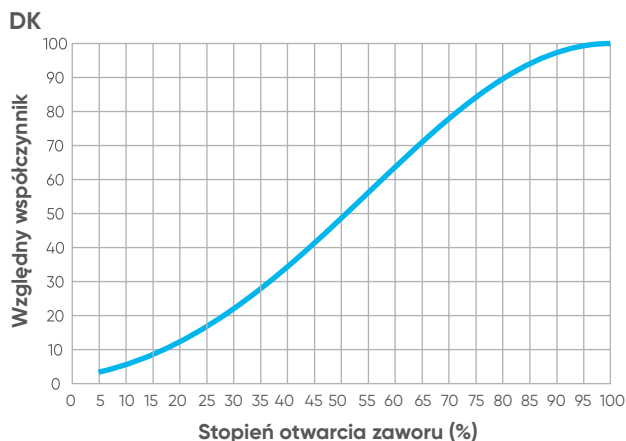
Zawór kulowy z kolei ma równy procent otwarcia, dlatego w przypadku zawiera dła kulowego równy wzrost skoku otwarcia odpowiada stałemu procentowemu wzrostowi natężenia przepływu przy tej samej różnicy ciśnień – zawór daje większość przepływu w najwyższym odsetku otwarcia.



Przy zastosowaniu zaworu membranowego FIP DK i regulacyjnego zaworu kulowego FIP VKR możliwe jest uzyskanie regulacji bliskiej liniowości pomiędzy stopniem otwarcia zaworu a natężeniem przepływu.

Zawory regulowane liniowo są niezbędne w przypadku gdy konieczna jest precyzyjna regulacja procesu, z zachowaniem ograniczonych zmian natężenia przepływu.

Na tym rysunku przedstawione są krzywe charakterystyki zaworów membranowych FIP DK i zaworu kulowego VKR, ilustrujące ich trend liniowy.



W celu zapoznania się z charakterystykami poszczególnych zaworów warto zajrzeć do katalogów produktów Aliaxis.

Oprócz zaworów ręcznych, do regulacji i sterowania przepływem bardzo często stosuje się obecnie zawory napędzane, ponieważ podnoszą rentowność i wydajność pracy, zapewniając dokładniejszą kontrolę nad krytycznymi procesami i pomagając wyeliminować błędy ludzkie.

Zapotrzebowanie na zawory napędzane elektrycznie i pneumatycznie stale rośnie ze względu na rosnące koszty pracy przy zaworach obsługiwanych ręcznie, zwłaszcza w odległych obiektach.

Zalety eksploatacyjne zastosowania zaworu napędzanego to:

- łatwe, tanie dostosowanie do regulacji w pełni modulowanej,
- umożliwia automatyczne sterowanie kolejnością pracy zaworów w układach wielostopniowych lub o wielu stopniach mieszania, gdzie ręczna koordynacja pracy jest trudna, a nawet niemożliwa,
- oferuje wiele możliwości ograniczenia kosztów i nakładu pracy, które lepiej odpowiadają wymaganiom procesu i środowiska przemysłowego,
- umożliwia pracę awaryjną (tj. bezpieczną w razie awarii) i eliminuje konieczność ręcznej obsługi przez człowieka tych zaworów, które przetaczają niebezpieczne płyny.

Przy doborze siłowników, inaczej napędów, nie należy kierować się wyłącznie cechami czy ceną. Należy również wziąć pod uwagę koszt dostarczenia zasilania dla napędu, montażu i konserwacji, trwałość użytkową i ewentualną wymianę w przyszłości.

Istnieją dwa podstawowe rodzaje napędów: elektryczne i pneumatyczne. Jeżeli energia elektryczna i powietrze są dostępne na obiekcie, należy przede wszystkim rozważyć potrzebną moc zasilania napędu. Z drugiej strony, siłowniki pneumatyczne są zwykle tańsze, lecz w przypadku mniejszych rozmiarów zaworu, mniejszy ciężar siłownika elektrycznego i prostszy jego montaż czynią go idealnym rozwiązaniem w wielu zastosowaniach.

Należy również zwrócić uwagę na regulację prędkości napędów elektrycznych i pneumatycznych. Zbyt szybkie zamknięcie zaworu przy przepływie cieczy może spowodować uderzenie wodne, a skutkiem tego – uszkodzenie zaworu



Zdjęcie przedstawia zawór kulowy FIP VKD z napędem elektrycznym.



Zdjęcie przedstawia zawór membranowy FIP DK z liniowym napędem pneumatycznym.

### PRZYKŁADY PRAKTYCZNE

- Znając warunki eksploatacji w procesie technologicznym, trzeba poznać zakres natężenia przepływu, z którym wybrany zawór poradzi sobie.

Rozważmy zawór VKR DN 50, przez który przepływa woda o ciśnieniu wlotowym 6 bar i ciśnieniu wyjściowym 3 bar.

Odnosząc się do tabeli w katalogach, dla każdej wielkości DN można wyznaczyć wartość  $K_{v100}$ , czyli natężenie przepływu w l/min, które daje spadek ciśnienia o 1 bar przy całkowicie otwartym zaworze.

DN	10	15	20	25	32	40	50
$K_{v100}$ (l/min)	83	88	135	256	478	592	1068

W tym przypadku dla DN 50 mamy  $K_{v100} = 1068$  l/min.

Wiedząc, że  $P_{wlot} = 6$  barów i  $P_{wylot} = 3$  bary, można obliczyć  $\Delta P = P_{wlot} - P_{wylot} = 3$  bary.

Na podstawie wartości  $K_{v100}$  i spadku ciśnienia można obliczyć natężenie przepływu, korzystając z następującego

$$Q_{fullyopen} = K_{v100} * \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

Alternatywnie, aby uniknąć tych obliczeń, można skorzystać z kalkulatora na stronie Aliaxis.

Z wykonanych obliczeń wynika, że:  $Q_{pełneotw} = 1849,8$  l/min, co odpowiada  $110,9$  m<sup>3</sup>/h.

Należy pamiętać, że takie natężenie przepływu można uzyskać przy całkowicie otwartym zaworze VKR DN50.

W celu przeanalizowania zmian natężenia przepływu w zależności od stopnia otwarcia zaworu warto rozpatrzyć poniższy wykres, gdzie oś pozioma przedstawia stopnie otwarcia zaworu, a oś pionowa względny współczynnik przepływu ( $K_{v\%}$ ).

Dla przykładu niech otwarcie zaworu wynosi 60 stopni, zatem mamy  $K_{V\%}$  równy 60%, co daje następujące natężenie przepływu:

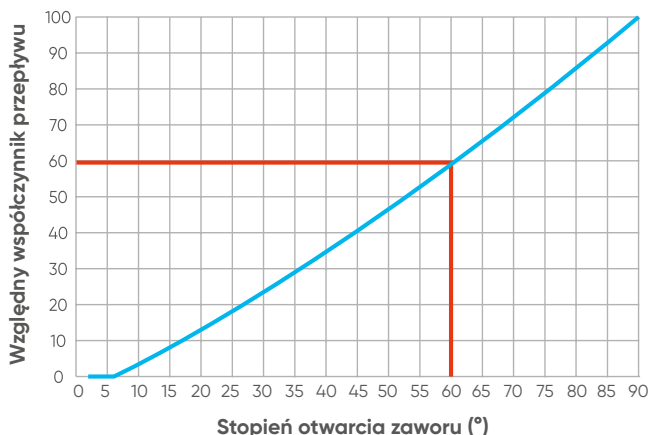
$$Q_{końcowy} = K_{V\%} * Q_{pełnotw} = 0,60 * 110,9 = 66,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dlatego zawór ten może nadawać się do regulacji przepływu w granicach otwarcia od 20° do 80°, ponieważ należy pamiętać, że aby uzyskać optymalną regulację, zaleca się taki dobór wielkości zaworów, aby pożądany przepływ mieścił się w środkowej części krzywych regulacji.

Na przykład dla 20 stopni mamy  $K_{V\%}$  równy 13%:

$$Q_{końcowy} = K_{V\%} * Q_{pełnotw} = 0,13 * 110,9 = 14,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dla 80 stopni mamy  $K_{V\%}$  równy 87%:



- Znając natężenie przepływu i spadek ciśnienia, należy ustalić, jaką wielkość i stopień otwarcia musi mieć zawór, aby poradzić sobie z daną objętością.

Rozważmy przepływ wlotowy  $Q = 300 \text{ l/min}$  i zawór VKR o ciśnieniu wlotowym 6 barów i ciśnieniu wylotowym 3 barów.

Wiedząc, że  $P_{wlot} = 6 \text{ bar}$  i  $P_{wylot} = 3 \text{ bary}$ , można obliczyć  $\Delta P = P_{wlot} - P_{wylot} = 3 \text{ bary}$ .

Ponieważ przetaczaną cieczą jest woda, można obliczyć  $K_{V100}$ , natężenie przepływu w l/min, które daje spadek ciśnienia o 1 bar przy całkowicie otwartym zaworze, korzystając z następującego wzoru:

$$K_{V100} = Q * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}}$$

Mamy  $K_{V100} = 173,20 \text{ l/min}$ .

Alternatywnie, aby uniknąć tych obliczeń, można skorzystać z kalkulatora na stronie Aliaxis.

Odnosząc się do tabeli w katalogach można ustalić wielkość DN według obliczonego  $K_{V100}$ .

Oczywiście zawsze należy wybrać DN dla wartości  $K_{V100}$  wyższej od obliczonej, aby móc zmieścić się w środkowej części krzywej regulacji.

W przykładowym przypadku, dla  $K_{V100} = 173,20 \text{ l/min}$  zaleca się zastosowanie co najmniej DN25.

Jak widać w tabeli, DN25 odpowiada  $K_{V100} = 256 \text{ l/min}$ .

DN	10	15	20	25	32	40	50
$K_{V100}/\text{l/min}$	83	88	135	256	478	592	1068

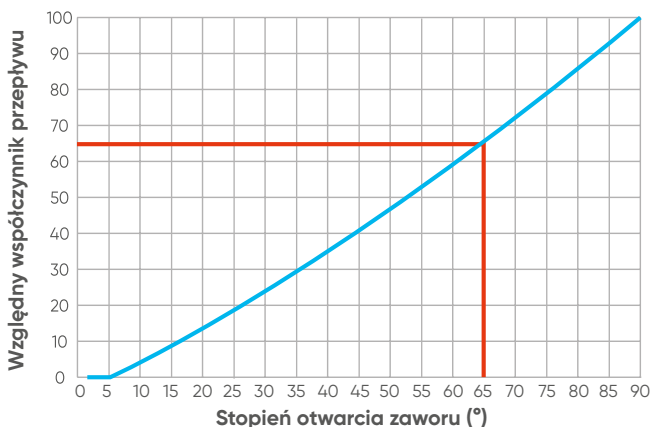
Kolejnym krokiem jest wyznaczyć wartość  $K_{V\%}$  na podstawie stosunku pomiędzy obliczoną wartością  $K_{V100}$  a wartością odpowiadającą DN 25.

$$K_{V\%} = 173,20/256 = 0,676 = 67,6\%$$

Teraz można wyznaczyć stopień otwarcia zaworu odpowiadający wartości procentowej  $K_V = 67,6\%$  za pomocą poniższego wykresu, który przedstawia stopień otwarcia zaworu na osi poziomej i względny współczynnik przepływu ( $K_{V\%}$ ) na osi pionowej.

Krzyżując z dla  $K_{V\%} = 67,6\%$  mamy stopień otwarcia zaworu równy około 65°.

Należy zauważyć, że wartości te znajdują się w środkowym obszarze krzywej regulacji, co pozwala na zachowanie marginesu na zwiększenie lub zmniejszenie natężenia przepływu.



## 2.4.5 Skok ciśnienia

### 2.4.5.1 Młot wodny

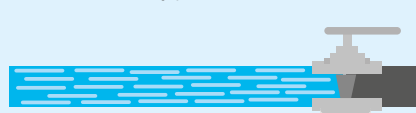
Młot wodny, inaczej udar wodny, jest terminem hydraulicznym opisującym chwilowy wzrostu ciśnienia w rurze, gdy przepływ jest szybko przerywany lub otwierany. Gdy zawór wykonuje szybki ruch mający na celu zmniejszenie lub zwiększenie przepływu cieczy, powstaje zaburzenie w postaci fali ciśnienia, która rozchodząc się wzdłuż rurociągu, dynamicznie napręża jego ścianki aż następuje stopniowe tłumienie.

Należy również podkreślić, że młot wodny jest nie tylko problemem ze względu na instalację, lecz również problemem dla bezpieczeństwa, ponieważ oprócz powszechnych przypadków pęknięcia czy przełamania rur, doprowadził już do kilku katastrof.

Najczęstsze przyczyny tego zjawiska – które może powodować rozległe uszkodzenia połączeń, zaworów, urządzeń pomiarowych i pomp – mają zwykle następującą przyczynę:

- szybkie zamykanie zaworów zaporowych,
- nagłe odcięcie zasilania przewodu,

1 Zawór zamknięty – woda



2 Zawór otwarty – woda w



3 Zawór nagle zamknięty –  
**MŁOT WODNY**



**Na rysunku można zobaczyć graficzne przedstawienie młota wodnego spowodowanego nagłym zamknięciem zaworu, z następującym po tym powstaniem się fali ciśnienia, która rozchodzi się w rurze.**

Z powyższego powodu należy zminimalizować możliwość wystąpienia uszkodzeń spowodowanych uderzeniami hydraulicznymi, starannie rozpatrując odpowiednie rozwiązanie konstrukcyjne.

Poniższe sugestie mogą pomóc w uniknięciu omawianych problemów:

- w każdym układzie rurociągow, w tym wykonanych z tworzyw termoplastycznych, prędkość cieczy nieprzekraczająca 1,5 m/s zmniejszy skutki uderzeń hydraulicznych, nawet w przypadku zaworów szybkiego zamykania,
- zastosowanie zaworów z napędami o określonym czasie ruchu zamykania ograniczy możliwość niezamierzonego, zbyt szybkiego otwarcia lub zamknięcia zaworu,
- należy ocenić przepływ płynu podczas rozruchu pompy i podczas jej wyłączenia, a także określić, ile powietrza, jeśli w ogóle, jest wprowadzane do rurociągu podczas rozruchu pompy,
- podczas uruchamiania pompy należy – jeśli to możliwe – przymknąć zawór w przewodzie tłocznym, aby zminimalizować objętość cieczy, która zostaje gwałtownie przyspieszana w instalacji. Gdy pompa osiągnie prędkość roboczą, a przewód zostanie całkowicie wypełniony, można otworzyć zawór,
- rozważnie stosować urządzenia regulacji przepływu i pionu rurowe, aby umożliwić magazynowanie zładu płynu podczas wzrostu ciśnienia i tym samym ograniczyć do minimum rozdzielanie się słupa cieczy. Można montować zawory zwrotne w pobliżu pomp, aby przewody pozostawały w pełni zalane zładem,
- należy użyć odpowiednio dobranych zaworów-przerywaczy próżni z odpowietrznikami do kontroli ilości powietrza, które trafia do instalacji lub jest z niej usuwane.

Jak wynika z poniższego wzoru, prędkość fali ciśnienia wywołanej chwilowym zatrzymaniem przepływu jest funkcją modułu sprężystości zarówno płynu, jak i materiału rurociągu oraz stosunku grubości rury do jej średnicy wewnętrznej.

$$V_{pw} = \left( \frac{K}{\rho * \left( 1 + \frac{K + D_i}{t * E} \right)} \right)^{\left( \frac{1}{2} \right)}$$

gdzie:

$V_{pw}$  = prędkość fali ciśnienia (m/s)

$K$  = moduł sprężystości płynu (Pa)

$\rho$  = gęstość płynu (kg/m<sup>3</sup>)

$E$  = moduł sprężystości ścianki rury (Pa)

$D_i$  = średnica wewnętrzna (mm)

$t$  = grubość ścianki (mm)

Gdy znana jest prędkość fali ciśnienia, należy sprawdzić, czy układ jest w stanie zmieścić ewentualne uderzenie wodne.

Maksymalna zmiana ciśnienia, która może trafić do układu z dokładną wartością  $V_{pw}$  jest obliczana za pomocą następującego wzoru:

$$\Delta p = V_{pw} * (V_1 - V_2) * \frac{\rho}{1000}$$

gdzie:

$\Delta p$  = maksymalna zmiana ciśnienia (bar)

$\rho$  = gęstość płynu (kg/m<sup>3</sup>)

$V_{pw}$  = prędkość fali ciśnienia (m/s)

$V_1$  = prędkość płynu przed zmianą (m/s)

$V_2$  = prędkość płynu po zmianie (m/s)

W związku z tym oblicza się maksymalne i minimalne ciśnienia wewnątrz układu:

$$p_{max} = p + \Delta p$$

$$p_{min} = p - \Delta p$$

gdzie:

$p_{max}$  = ciśnienie maksymalne (bar)

$p_{min}$  = ciśnienie minimalne (bar)

$p$  = oczekiwane ciśnienie robocze (bar)

$\Delta p$  = zmiana ciśnienia po uderzeniu wodnym (bar)

Należy podkreślić, że dla danego płynu każdy materiał konstrukcyjny rury daje inny wzrost ciśnienia – przy zachowaniu stałej wartości SDR, materiały termoplastyczne, charakteryzujące się niskim modułem sprężystości, dają mniejsze wzrosty ciśnienia w porównaniu z tradycyjnymi materiałami konstrukcyjnymi, co widać w tabeli poniżej.

	UPVC	PP	Żeliwo	Stal węglowa
<b>DN (mm)</b>	100	100	60	100
<b>D<sub>i</sub> (mm)</b>	93,6	90	48	94,3
<b>D<sub>p</sub> (m.c.a)</b>	73	57	201	207

Znając maksymalne ciśnienie, jakie może powstać w układzie, należy obliczyć maksymalny współczynnik bezpieczeństwa ( $C_{max}$ ) i porównać go z minimalnym współczynnikiem bezpieczeństwa ( $C_{min}$ ) każdego materiału opisanego w poprzednich rozdziałach.

$$C_{max} = \frac{(20 * \sigma)}{(p_{max} * (SDR - 1))}$$

gdzie:

$C_{max}$  = maksymalny współczynnik bezpieczeństwa

$\sigma$  = naprężenie obwodowe (N/mm<sup>2</sup>)

$p_{max}$  = ciśnienie maksymalne (bar)

SDR = standardowy współczynnik



Jeśli chodzi o współczynnik C, w przypadku niezbyt częstych uderzeń wodnych można przyjąć minimalne współczynniki bezpieczeństwa dla każdego materiału, jak wspomniano powyżej, ale jeśli zjawisko występuje regularnie, należy porównać  $C_{max}$  z  $C_{min} = 3$ .

Jeśli obliczony  $C_{max}$  jest większy niż  $C_{min}$ , rura nadaje się dla niezbyt częstych uderzeń wodnych.

Jeśli  $C_{max}$  jest także większy niż  $C_{min} = 3$ , to rura może nadawać się do pracy z regularnymi uderzeniami wodnymi.

Jeżeli współczynnik bezpieczeństwa C nie odpowiada żadnemu z tych kryteriów bezpieczeństwa, należy prawidłowo dobrać wymiary instalacji.

Czas zaburzenia ma zasadnicze znaczenie w obliczeniach uderzenia wodnego – maksymalne nadciśnienie powstaje, gdy czas zatrzymania przepływu, np. od zamknięcia zaworu, jest mniejszy lub równy czasowi rozchodzenia się zaburzenia ( $t_c$ ), który można oszacować zgodnie z następującą zależnością:

$$t_c = \frac{(2 * L)}{V_{pw}}$$

gdzie:

$t_c$  = czas rozchodzenia się zaburzenia (s)

L = długość rury (m)

$V_{pw}$  = prędkość fali ciśnienia (m/s)

W przypadku urządzeń mechanicznych o czasach zamknięcia  $t \leq t_c$  mówimy o urządzeniach krótkozwłocznego (inaczej: szybkiego) działania i powodują one w rurociągu uderzenie wodne z nadciśnieniem o maksymalnym natężeniu.

Jeśli natomiast czas zamknięcia  $t > t_c$ , mówimy o urządzeniu zwłocznym (długiego działania), które powoduje zjawisko uderzenia wodnego z niewielkim, jeśli nie pomijalnym, nadciśnieniem.

Podsumowując, jeżeli wszystkie zmienne występujące w poprzednich wzorach nie są znane, można w praktyce użyć następującego wzoru do szybkiego obliczenia nadciśnienia spowodowanego uderzeniem wodnym:

$$\Delta p = \frac{2 * V * L}{g * t_c} * 0.1$$

gdzie:

$\Delta p$  = maksymalna zmiana ciśnienia (bar)

V = prędkość wody na początku zamykania (m/s)

L = długość rury (m)

g = przyspieszenie grawitacyjne (= 9,81 m/s<sup>2</sup>)

$t_c$  = czas rozchodzenia się zaburzenia (s)

Dlatego ciśnienie maksymalne można obliczyć następująco:

$$p_{max} = p_i + \Delta p = p_i + \frac{2 * V * L}{g * t_c} * 0.1$$

gdzie:

$p_{max}$  = ciśnienie maksymalne (bar)

$p_i$  = ciśnienie wlotowe (bar)

$\Delta p$  = maksymalna zmiana ciśnienia (bar)

V = prędkość wody na początku zamykania (m/s)

L = długość rury (m)

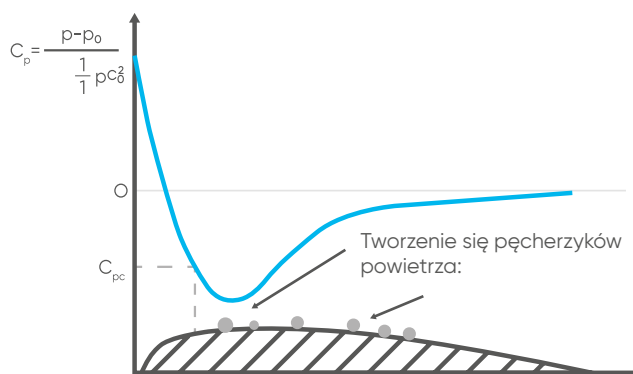
g = przyspieszenie grawitacyjne (= 9,81 m/s<sup>2</sup>)

$t_c$  = czas rozchodzenia się zaburzenia (s)

### 2.4.5.2 Kawitacja

Nazwa kawitacja (z łacińskiego „powstawanie pustek”, czyli pęcherzy) wzięła się od obecności makroskopowych, pustych przestrzeni w nieściśliwym płynie będącym w ruchu.

Zjawisko kawitacji powstaje w cieczy, gdy z przyczyn dynamicznych lokalne ciśnienie spada poniżej odpowiedniej wartości prężności par tej cieczy i rozpuszczonych w niej gazów, w wyniku czego ciecz paruje – powstają zatem pęcherzyki pary i gazu.



Zjawisko to nasila się, ponieważ powietrze rozpuszczone w wodzie jest szczególnie bogate w tlen, a zatem ma dużą siłę utleniającą i wyjątkowo agresywnie atakuje powierzchnie narażone na jego działanie.

Zjawisko powstawania pęcherzy gazowych staje się tym bardziej intensywne, im bardziej spada ciśnienie, w konsekwencji ograniczając jeszcze bardziej użyteczne światło przepływu cieczy. Ponadto prędkość cieczy rośnie, a to powoduje dalszy spadek ciśnienia, sprzyjając tym samym intensyfikacji zjawiska wywołującego kawitację. Stąd można powiedzieć, że kawitacja jest zjawiskiem samonapędzającym się.

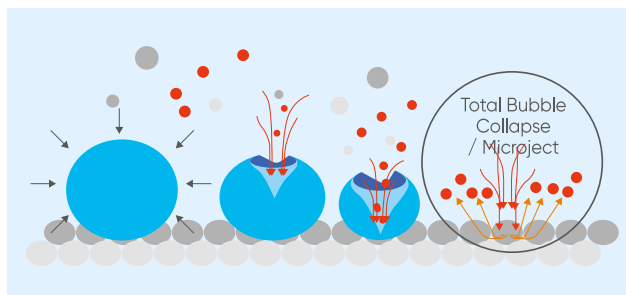
Z zasady kawitacja może powstać z dwóch różnych przyczyn:

- profil ciała stałego zanurzonego w prądzie cieczy powoduje spadek jej ciśnienia,
- spadek ciśnienia w wyniku nagłego przerwania przepływu, i w konsekwencji gwałtowne tworzenie się pęcherzyków

w objętości cieczy.

Pęcherze gazowe, które przekraczają strefę niskiego ciśnienia, przybierają większe rozmiary, a pęcherzyki, porywane przez prąd cieczy, docierają do stref wyższego ciśnienia, gdzie kurczą się – pod działaniem wyższego ciśnienia zewnętrznego zachodzi zbliżanie się ścian pęcherzyka do jego środka i implozja pęcherzyka.

Ten szybki ruch skurczowy gazów może wyzwoić dużą energię w postaci fali uderzeniowej lub energii kinetycznej cieczy, więc w przypadku, gdy zjawisko rozwija się w pobliżu ściany, następuje efekt erozji, która może być Dlatego kawitacja może wystąpić na przykład, na końcach łopatek turbin hydraulicznych lub pomp, lub w rurach z przewężeniem, w których zgodnie z twierdzeniem Bernoulliego, wzrost prędkości odpowiada spadkowi ciśnienia.



W tym przypadku zjawisko kawitacji może wywoływać liczne drgania i wstrząsy, które poddają ścianki przewodu intensywnym naprężeniom zmęczeniowym i powodują korozję lub odkształcenia materiału.

W każdym przypadku bądź należy zauważyć, że korozja występująca na tworzywie sztuczne różni się znacznie od tej, która pojawia się na materiale metalowym.

Główna różnica wynika z powierzchni tych produktów: metale, mające nieregularną i chropowatą powierzchnię, łatwiej zatrzymują zanieczyszczenia z zewnątrz i w skutkiem tego rośnie ryzyko korozji materiału.

Przykładem korozji miejscowej, która łatwo występuje w metalu, jest korozja wżerna. Polega ona na powstawaniu punktowych obszarów anodowych, które dają bardzo głębokie wgłębienia, przebijające materiał podłoża na kształt stożka, lub tworzą bardzo duże kawerny (jamy).

Z kolei powierzchnia materiałów termoplastycznych jest bardzo gładka i pozbawiona wnęk, w których może wystąpić korozja miejscowa, nie sprzyja podobnym zjawiskom: polimery poddane naprężeniom w środowisku chemicznym tworzą powierzchniowe strefy pełzania, prowadzące do pęknięć rozchodzących się w masie materiału.

Proces degradacji tworzywa sztucznego polega zatem głównie na zmianie właściwości – takich jak wytrzymałość na rozciąganie lub kolor i kształt – pod wpływem jednego lub kilku czynników otoczenia, np. ciepła, światła, soli, kwasów lub zasad.

Kawitacja jest zjawiskiem powszechnym również w zaworach, ponieważ zawieradło, w zależności od jego położenia zależy szerokość światła przelotu w układzie. Gdy płyn przechodzi przez zwężenie, jego prędkość wzrasta, podczas gdy ciśnienie maleje.

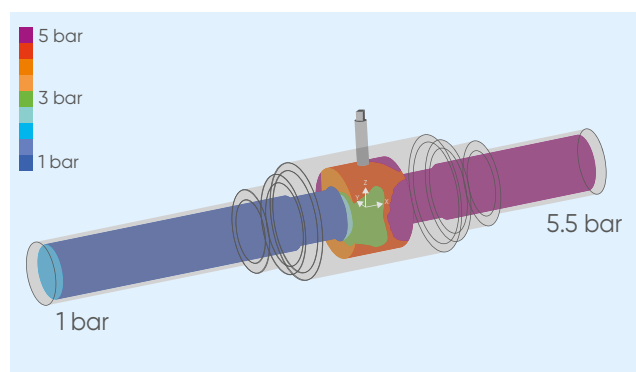
Jeżeli w punkcie minimalnego przekroju ciśnienie spada poniżej prężności par danej cieczy, tworzą się pęcherzyki powietrza i tym samym może dojść do erozji zarówno zawieradła, jak i gniazda zaworu. Ponadto, ze względu na dużą ilość pęcherzyków powietrza, prędkość przepływu nie rośnie i dochodzi do swoistego zatoru.

Potem prędkość maleje, a przekrój i ciśnienie rosną.

Jak opisano powyżej, jeśli ciśnienie wzrośnie na tyle, że przekroczy prężność par, pęcherzyki implodują. Jeżeli natomiast ciśnienie wylotowe zaworu pozostaje niższe niż prężność par cieczy, mieszanina cieczy i par pozostaje obecna nawet za zaworem.

Zawory poddane działaniu kawitacji odznaczają się zwykle bardzo nieregularną, chropowatą i wżerową powierzchnią.

Na rysunku można zobaczyć różnicę ciśnień wewnątrz zaworu w konkretnych symulowanych warunkach, które mogą generować zjawisko kawitacji (duża prędkość przepływu i ograniczone otwarcie zaworu).



Aby zapobiec występowaniu tego zjawiska, konieczne jest dokładne zaplanowanie instalacji z uwzględnieniem kilku czynników:

- prężność par płynu technologicznego – dobiera się zawór, w którym ciśnienie, nawet w minimalnym przekroju, pozostaje wyższe niż prężność par,
- położenie zaworu – im bliżej źródła ciśnienia płynącej cieczy jest zawór, tym mniejsze ryzyko spadku ciśnienia poniżej prężności par cieczy,
- przecieki przez zamknięty zawór – konieczne należy unikać przecieków występujących na zamkniętym zaworze, ponieważ w ich przypadku płyn szybko przechodzący z obszaru wysokiego ciśnienia do obszaru niskiego ciśnienia może ulec kawitacji,
- natężenie przepływu i materiał – problem kawitacji wzmacnia się wraz z wielkością przepływu, zaś uszkodzenia zaworu zależą od odporności jego materiału wykonania.

W celu uzyskania pomocy i oceny prosimy o kontakt z przedstawicielami handlowymi Aliaxis.

## 2.5 Dobór zaworu i jego właściwości

Zawory służą do zatrzymywania lub regulacji przepływu cieczy w przewodach, o czym wspomniano w poprzednim rozdziale.

Urządzenia te wykonuje się z różnych tworzyw sztucznych i w kilku modelach – w zależności od rodzaju ich zastosowań, stąd niezwykle ważne jest, aby wybrać zawór najlepszy pod względem charakterystyki pracy.

W tym rozdziale postaramy się pomóc w doborze odpowiedniego zaworu w zależności od rodzaju cieczy, naprężeń mechanicznych, które mogą wystąpić w instalacji (m.in. wibracje i rozszerzalność cieplna), względów bezpieczeństwa lub w zależności od tego, czy zależy nam na łatwym wykonaniu montażu, czy bardzo dokładnej regulacji przepływu.

### 2.5.1 Charakterystyka cieczy

Charakterystyka i stan cieczy technologicznej powinny być dokładnie znane aby móc dobrać właściwy typ zaworów – czyste ciecze umożliwiają szeroki wybór typów zaworów, zaś w przypadku cieczy zanieczyszczonych wybór jest ograniczony.

Czyste media oznaczają płyny wolne od ciał stałych i zanieczyszczeń, np. powietrze, azot i inne gazy techniczne, wodę pitną i demineralizowaną, parę wodną, olej smarowy, olej napędowy, metanol i większość substancji chemicznych dozowanych lub wtryskiwanych do procesów chemicznych. Płyny te są generalnie mniej szkodliwe dla zaworów, co przekłada się na długotrwałą wydajność i niezawodność armatury.

Media zanieczyszczone oznaczają natomiast płyny z zawieszonymi cząstkami stałymi, które mogą poważnie pogorszyć działanie zaworów, jeśli dobrano ich niewłaściwy typ; czynniki takie można zaklasyfikować jako zasadniczo ścierny lub zapiaszczony.

Media ścierny oznaczają obecność cząstek ściernych w instalacjach rurociągów, w tym rdzy z rur, zgorzeliny, żużła spawalniczego, piasku, drobin z katalizatorów i drobnych zanieczyszczeń mechanicznych.

Warunki ścierny występują powszechnie podczas montażu, płukania i oczyszczania przewodów.

Media zapiaszczony odpowiadają czynnikom technologicznym silnie ściernym i erozyjnym, typowym dla wydobywania ropy naftowej i gazu, w których piasek złożowy przedostaje się z odwiertu do instalacji.

Duże spadki ciśnienia i wysokie prędkości mogą oznaczać silną erozję mechanizmu i korpusu zaworu.

Należy przy tym pamiętać, że zawory kulowe zaleca się tylko do czystych mediów, natomiast nie nadają się do zanieczyszczonych mediów – gromadzenie się ciał stałych wokół kuli grozi erozją jej materiału.

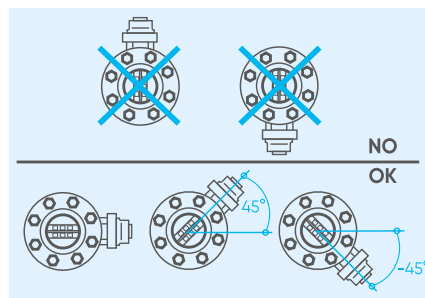
Z drugiej strony, do pracy z mediami żrącymi, erozyjnymi i zanieczyszczonymi idealnie nadają się zawory membranowe.

Można stosować różne typy membran – wykonanych z EPDM, FKM lub PTFE – w zależności od końcowych zastosowań, np. w instalacjach chemicznych przetwórstwa zawiesin, lepkich lub chemicznie agresywnych cieczy.

Oczywiście zawory te mają elementy zużywalne, które podlegają zużyciu i zmęczeniu, więc wymagają konserwacji w razie częstej pracy. razie częstej pracy.

Zawory motylkowe nadają się do przetaczania zarówno czystych jak i zanieczyszczonych płynów, w zależności od konkretnego kierunku montażowego zaworu – patrz przykłady poniżej:

- do przesyłania czystych cieczy zawór może być bez żadnego ryzyka ustawiony trzpieniem prostopadle do płaszczyzny podparcia rury,
- do przesyłania cieczy zanieczyszczonych lub zawierających osady sugeruje się ustawić zawór trzpieniem równoległe do płaszczyzny podparcia rury, aby uniknąć gromadzenia się osadów u podstawy tarczy zawieradła, lub z trzpieniem pod kątem  $45^\circ$ , co zilustrowano poniżej.

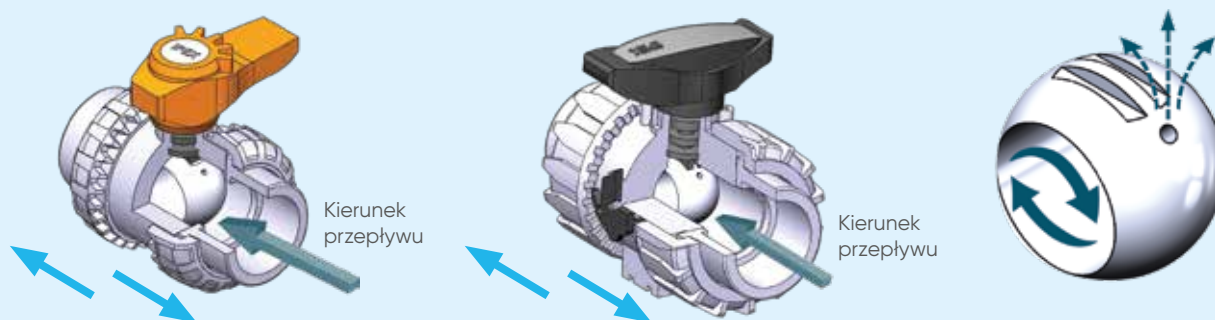


Aby ograniczyć przedostawanie się cząstek stałych obecnych w cieczy, zaleca się stosowanie separatora zanieczyszczeń FIP RV: wewnątrz tej armatury znajduje się łatwo wymienny filtr, ułatwiający czyszczenie lub wymianę.

W niektórych zastosowaniach, w których występują czynniki lotne, np. podchloryn sodu lub nadtlenek wodoru, zawory kulowe mogą być wyposażone w otwór odpowietrzający, który jest po prostu wnęką na powierzchni zawieradła kulowego.

Gdy zawór kulowy jest zamknięty, czynnik zostaje uwięziony we wnętrzu na kuli. Gdy zawór nie jest często używany, uwięziony czynnik zaczyna się starzeć i może zacząć się rozkładać. Zjawisko to ulega przyspieszeniu w przypadku, gdy zawór jest wystawiony na działanie źródeł ciepła.

Dla przykładu, gdy podchloryn sodu rozkłada się, zaczyna wydzielać gaz, czemu towarzyszy wzrost objętości w przestrzeni – może wywołać nadciśnienie we wnętrzu na kuli, skutkując awarią, a nawet rozerwaniem zaworu.



**W tak niebezpiecznej sytuacji, gdy zawór jest w pozycji zamkniętej, płyn, który w innym wypadku byłby uwięziony we wnętrzu na kuli, może swobodnie wypłynąć z otworu odpowietrzającego, jak widać na rysunku.**

W sprawie wyposażenia zaworu w takie rozwiązanie prosimy o kontakt z przedstawicielami handlowymi Axialis.

## 2.5.2 Naprężenia mechaniczne i drgania

Przy wyborze zaworu zawsze należy brać pod uwagę typowe problemy mechaniczne, które mogą występować w instalacjach – m.in. naprężenia, rozszerzalność cieplną i drgania, które wpływają na prawidłową pracę samych zaworów.

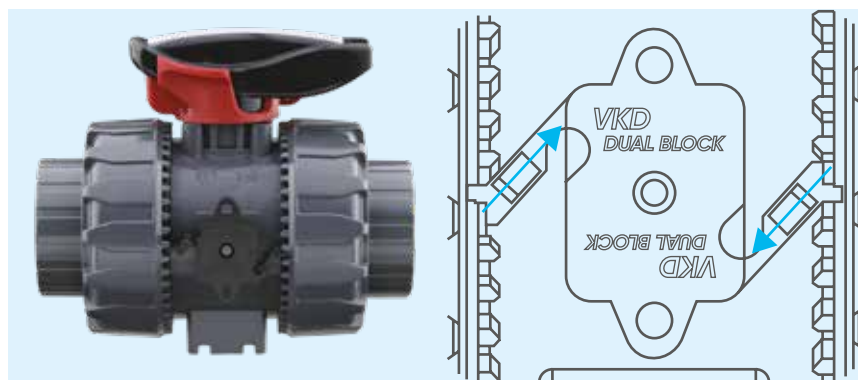
Celem ograniczenia do minimum i rozwiązania takich problemów, firma FIP zaprojektowała kilka systemów i specjalnych funkcji, w które wyposażone są nasze zawory.

Podstawowe opisano poniżej.

### System DUAL BLOCK®



DUAL BLOCK® jest opatentowanym systemem opracowanym przez FIP, który pozwala na zablokowanie śrubunków zaworów kulowych w zadanym położeniu.



Blokada śrubunku pozwala na jego obrót tylko w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara podczas montażu i uniemożliwia obrót w kierunku przeciwnym.

Po zamontowaniu zaworu i dokręceniu śrubunków, system DUAL BLOCK® zapobiega ich przypadkowemu poluzowaniu – zawór FIP VKD jest szczególnie przydatny w trudnych warunkach pracy, gdzie drgania, zmiany ciśnienia lub rozszerzalność cieplna mogą wpływać na poprawne działanie zaworów dwuśrubunkowych.

System DUAL BLOCK® umożliwia montaż plastikowych zaworów dwuskrubunkowych w instalacjach chemicznych i liniach przesyłu niebezpiecznych cieczy, łącząc elastyczność i prosty montaż zaworu śrubunkowego z bezpieczeństwem typowym dla wytrzymałego zaworu kołnierzowego bez korpusu dzielonego.

W przypadku rur o średnicy nominalnej poniżej 63 mm, demontaż zaworu z rurociągu jest prosty – wystarczy rozblokować system DUAL BLOCK®, zdjęć

Dla średnicy nominalnej pomiędzy 65-100 mm, jak zilustrowano poniżej, przekręcając przycisk w lewo i ustawiając strzałkę na symbolu otwartej kłódki, DUAL BLOCK® zostaje rozblokowany – można obrócić śrubunki w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara lub do niego przeciwnym.

Obrót przycisku w prawo i ustawienie strzałki na symbol zamkniętej kłódki, DUAL BLOCK® zostaje zablokowany, unieruchamiając śrubunki.



### System DIALOCK®

System DIALOCK® składa się z nowatorskiego pokrętkła sterującego, wyposażonego w opatentowany, bezwłoczný, ergonomiczny mechanizm blokady rączki zaworu w dowolnym położeniu zawieradła.

Pokrętkło i pokrywa wykonane są z PP-GR o wysokiej odporności mechanicznej i chemicznej: gwarantuje to całkowitą ochronę i izolację wszystkich wewnętrznych części metalowych od kontaktu z



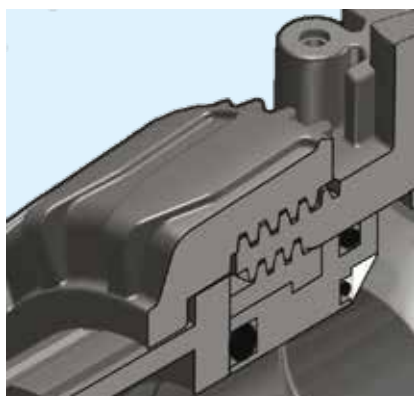
Po ustawieniu zaworu w odpowiednim położeniu, wystarczy unieść pokrętkło, aby je zablokować, co zilustrowano na przykładzie zaworu



Blokadę znosi się naciskając pokrętkło w dół.

### System SEAT STOP®

W zaworach FIP VKD i TKD zastosowano opatentowany system SEAT STOP®.



Oprawa gniazda kuli składa się z dwóch części – jednej zewnętrznej gwintowanej do montażu i jednej wewnętrznej, w której osadzono uszczelki.

Oprawy gniazda zaworu umożliwiają niewielką, ale precyzyjną regulację podparcia



Ponieważ przypadkowe poluzowanie oprawy kuli nie jest możliwe, można wyjąć korpus zaworu w kierunku promieniowym w sposób całkowicie



Oprawę kuli można wyjąć tylko za pomocą specjalnego narzędzia w rękojeści.

## Trzon ze stali nierdzewnej 316

Przepustnice FIP FK, jak pokazano na kolejnym zdjęciu, wyróżniają się trzpieniem wykonanym ze stali nierdzewnej AISI 316.

W tym zaworze trzpień jest całkowicie odizolowany od czynnika, więc stal nierdzewna nie ma z nim styczności.

Główne zalety stosowania stali nierdzewnej na trzpień, w porównaniu z innymi materiałami, wynikają z jej lepszych parametrów mechanicznych.



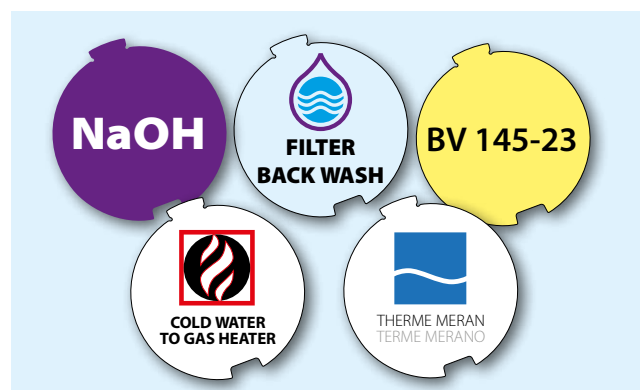
## 2.5.3 Bezpieczeństwo

Aby zapobiec problemom związanym z bezpieczeństwem instalacji – szczególnie w przypadku pracy z cieczami niebezpiecznymi – zaleca się stosować systemy oznakowania lub zawory, które umożliwiają sygnalizację przetaczanego płynu lub warunków pracy.

### System oznakowania

Często konieczne jest dostosowanie zaworu do indywidualnych potrzeb poprzez jego oznakowanie lub etykietowanie – taki system umożliwi opracowanie etykiet montowanych wewnątrz rączki / rękojeści zaworu.

Dzięki temu można łatwo rozpoznać zawór na instalacji wedle potrzebnych kryteriów, na przykład przeznaczenia zaworu w instalacji lub – ze względów bezpieczeństwa – przetwarzanej przez zawór cieczy; można w ten sposób oznakować zawór innymi informacjami, np. danymi klienta lub datą i miejsce montażu.



Specjalny moduł LCE składa się z przezroczystej, sztywnej i odpornej na wodę nakładki z UPVC, oznaczonej na rysunku literą **A**, oraz białej oprawki na etykietę z tego samego materiału, oznaczonej literą **B**.

Oprawkę na etykiety można łatwo wyjąć i wykorzystać do samodzielnego oznakowania jej strony puste.

Moduł LCE EASY FIT® jest dostępny dla zaworów kulowych FIP modeli VEE, VXE, SXE, dla zaworów motylkowych FIP modeli FE, FK oraz dla zaworów kulowych FIP VKD DUAL BLOCK® o dużej średnicy przelotu.



Zawór membranowy FIP DK jest wyposażony w płytę szablonową, którą można dostosować do szczególnych potrzeb.



Korpus zaworu jest przystosowany do montażu tabliczki identyfikacyjnej.

### Podwójny o-ring na trzpieniu

Nasze przemysłowe zawory kulowe, na przykład VKD, VXE i VKR, wyróżniają się trzpieniem o wysokiej jakości powierzchni, z podwójnym o-ringiem i podwójnym wpustem mocowania kuli (tylko w przypadku VKD i VKR). Podwójny o-ring jest wykonany z EPDM lub FKM.

Uszczelka FKM jest znana ze swojej odporności na wysokie temperatury, zaś uszczelka EPDM – z wysokiej charakterystyki użytkowej w uszczelnieniach hydraulicznych.

### System DUAL BLOCK®

System ten pozwala na obrót śrubunku tylko w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara i uniemożliwia obrót w kierunku przeciwnym, może zatem być przydatny w instalacjach technologicznych cieczy niebezpiecznych, chroniąc przed ewentualnymi szkodami.

Więcej informacji podano w rozdziale dotyczącym doboru zaworu w zależności od naprężeń mechanicznych.

## 2.5.4 Ochrona fizyczna

Ochrona fizyczna służy ochronie przed m.in. sabotażem i niepożądaną ingerencją w instalację. Z tego względu sugeruje się znaleźć zawór o następujących cechach.

### System DIALOCK®

System ten może być bardzo przydatny, ponieważ po osiągnięciu żądanego położenia rączki napędu zaworu, wystarczy podnieść pokrętło, aby rączka została zablokowana.



#### Zamek

Przesterowanie zaworów kulowych FIP VKD, motylkowych FK i membranowych DK można wykluczyć dzięki blokadzie umieszczonej obok rączki



## 2.5.5 Łatwy montaż

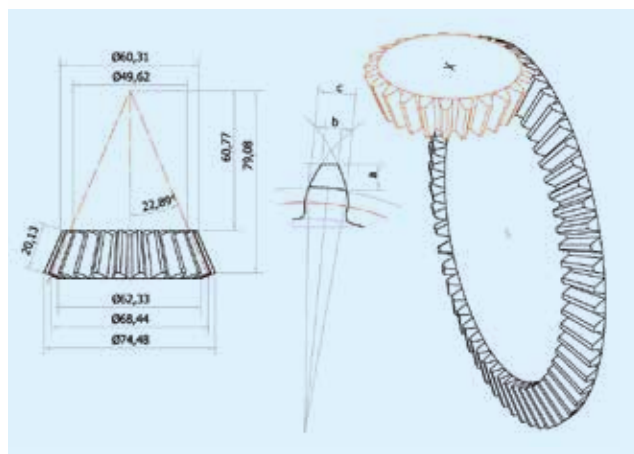
### System EASY FIT®



FIP i Giugiaro Design zaprojektowały system EASY FIT® dla zaworów VEE i VXE.

Jest to innowacyjny zawór kulowy dwuśrubunkowy z przekładnią zębatą, wykorzystujący zaawansowaną metodę montażu, która sprzyja długiej, bezawaryjnej pracy.

Przekładnia zębata stożkowa kontroluje obrót śrubunków podczas montażu zaworu.



Dzięki zredukowanemu przelozeniu momentu obrotowego, śrubunki zaworu można łatwo i bezpiecznie dokręcić lub odkręcić bez nadmiernego obciążania gwintowanych elementów armatury i króćców złącznych rurociągu.

Mechanizm EASY FIT® może być bardzo przydatny w bardzo różnych instalacjach, szczególnie tam, gdzie przestrzeń montażowa i rewizyjna jest ograniczona, ponieważ trzpień armatury jest osią przekładni zębatej stożkowej.

Rączka wielofunkcyjna jest organem wykonawczym napędu, który zakłada się na osi trzpienia zaworu i służy do obracania śrubunków aby je przykręcić lub odkręcić.

Jest to najlepsze rozwiązanie z punktu widzenia obsługi technicznej w ciasnych miejscach, z ograniczonym dostępem do miejsca montażu zaworu. Zawsze zaleca się stopniowe ściskanie uszczelki O-ring oraz unikać stosowania innych narzędzi – mogą uszkodzić śrubunki lub doprowadzić do wycieku.

Rączka może również służyć do regulacji oprawy gniazda kuli, co zilustrowano na zdjęciu.



FIP rozszerzył również tę linię zaworów, uzupełniając ją o zawory kulowe DN 65–100.

W tym przypadku rączka się z centralnej piasty, która jest na stałe połączona z trzpieniem zaworu. Piasta łączy się z uchwytem podwójnym, który można zdjąć z piasty za pomocą prostej czynności, zaś haczykowata wkładka w rączce jest kluczem do dokręcania śrubunków.

Rączka gwarantuje doskonałe uszczelnienie hydrauliczne oraz chroni przed przypadkowym uszkodzeniem śrubunków innymi narzędziami.

Rączka po zdjęciu z piasty, jak pokazano na rysunku, może służyć jako klucz do śrubunków.

W tym celu należy wyjąć, odwrócić i wsunąć w odpowiednie miejsce wkładkę znajdującą się w gnieździe.



Narzędzie takiej konstrukcji jest niezwykle wytrzymałe, a jednocześnie lekkie dzięki projektowi opartemu na metodzie elementów skończonych (FEM), wyróżniając się przy tym bardzo ergonomicznym chwytem.

Wkładka haczykowa idealnie przylega do zewnętrznego profilu śrubunków, dając pewny chwyt i pozwalając na przyłożenie dużego momentu obrotowego bez uszkodzenia śrubunków w jakikolwiek sposób.



## 2.5.6 Dokładna regulacja

### Zawór VKR DUAL BLOCK®

Zawory FIP VKR DUAL BLOCK® łączą w sobie typową dla przelnaprzelotowych zaworów kulowych VKD niezawodność i bezpieczeństwo oraz dokładną, powtarzalną regulację przepływu, która spełnia najbardziej wyśrubowane wymagania zastosowań przemysłowych.

Opatentowana konstrukcja kuli daje liniową regulację przepływu w całym zakresie pracy, nawet gdy zawór jest otwarty tylko o kilka stopni, gwarantując minimalne straty ciśnienia.

Jedną z głównych cech charakterystycznych jest rączka zaworu, wyposażona w tarczę wskaźnika położenia zaworu z podziałką 5° o czytelnych, prostych wskazaniach, co zilustrowano na zdjęciu.



## 2.6 Odpowietrzanie rurociągów

Powietrze uwięzione wewnątrz rurociągu może być niekiedy problematyczne. W tym rozdziale omówimy wszystko, co należy wiedzieć o przyczynach zapowietrzania się przewodów oraz sposobach ich odpowietrzania.

### 2.6.1 Zapowietrzenie: źródła i przyczyny

Zapowietrzanie się przewodów ciśnieniowych jest zagadnieniem szeroko badanym i omawianym. Budzi zaniepokojenie wielu projektantów, chcą oni w pełni poznać wszelkie skutki problemu oraz metody służące zapobieganiu zagrożeniom od zapowietrzania przewodów.

Zachowanie się powietrza w instalacji rurowej nie da się łatwo przeanalizować, lecz zapowietrzenie takie może mieć katastrofalne skutki.

Istnieje wiele potencjalnych źródeł zapowietrzania rurociągów, zaś w każdej instalacji może być ich więcej niż jedno. Najprawdopodobniejszym źródłem zapowietrzania się jest napełnianie instalacji zładem – po raz pierwszy lub po opróżnieniu. W niektórych instalacjach powietrze dostaje się do ich wnętrza po każdorazowym wyłączeniu pomp, gdy rurociągi opróżniane są np. poprzez nisko położone zraszacze lub otwarte zawory.

Powietrze często przedostaje się do instalacji tam, gdzie wchodzi do niej woda – jest to szczególnie częsty problem w przypadku rurociągów zasilanych grawitacyjnie, ale może wystąpić również w instalacjach pompowych.

Nawet woda wypompowywana z głębokich studni może porywać powietrze z kaskady wodnej do wnętrza instalacji.

Mniej oczywistym źródłem zapowietrzania jest uwalnianie się powietrza rozpuszczonego w wodzie w wyniku zmian temperatury i/lub ciśnienia. W tym przypadku ilości powietrza mogą być niewielkie, lecz z biegiem czasu jest go już tyle że prowadzi do problemów.

Często zdarza się, że powietrze dostaje się do rurociągów przez mechaniczne zawory odpowietrzające lub przerywacze próżni, gdy ciśnienie wewnątrz instalacji spada poniżej ciśnienia atmosferycznego – może to nastąpić podczas postoju pompy lub podczas ujemnych skoków ciśnienia.

Powietrze wewnątrz instalacji ma tendencję gromadzić się w jej najwyższych częściach w warunkach niskiego lub zerowego przepływu. Wraz ze wzrostem natężenia przepływu, powietrze może zostać przetoczone wzdłuż przewodów przez poruszającą się wodę i utknąć w bardziej skrajnych punktach u szczytu instalacji, ograniczając tym samym światło przepływu cieczy. Takie zatory powietrza ograniczają przepływ, co zmniejsza sprawność i wydajność instalacji.

W miarę jak zator powiększa się, prędkość przepływu w miejscu jego występowania maleje, aż w końcu powietrze zostaje pochwycone i porwane ku ujściu cieczy. O ile przewężenia przewodów od zapowietrzania są problematyczne, poważniejsza sytuacja może wystąpić, gdy powietrze zostaje gwałtownie upuszczone z instalacji pod ciśnieniem.

Wyobrażenie o skali problemu daje fakt, że woda ma gęstość około pięć razy większą od powietrza pod ciśnieniem 7 barów, więc kiedy zator sprężonego powietrza dociera do ujścia, np. główki zraszacza lub zaworu odpowietrzającego, zostaje uwolnione bardzo gwałtownie. Woda natychmiast napływa aby wypełnić w przewodach próżnię po uchodzącym powietrzu.

Kiedy woda dociera do ujścia z przewodu, jej prędkość nagle maleje – przy wspomnianym wyżej ciśnieniu 7 bar powietrze ucieka około pięć razy szybciej niż ciecz.

Skutek przypomina natychmiastowe zamknięcie zaworu – z tą różnicą, że zmiana prędkości może znacznie przekroczyć normalną prędkość przepływu w rurociągu. To zachowanie przebadano na Colorado State University w USA, gdzie

zaobserwowano skoki ciśnienia do 15 razy wyższe od ciśnienia robocze gdy zatory powietrzne uchodziły z instalacji w sposób gwałtowny. Takie skoki ciśnienia mogą z łatwością przekroczyć wytrzymałość elementów instalacji i nawet przy mniejszych wartościach, ich wielokrotne występowanie z pewnością osłabi konstrukcję układu.

## 2.6.2 Jak radzić sobie z zapowietzeniem przewodów

Najlepszym rzecz jasna sposobem na ograniczenie problemów spowodowanych przez zapowietzenie jest zapobieganie zapowietzaniu instalacji. Należy wprowadzić środki ostrożności eliminujące dostęp powietrza do przewodów. Instalacje należy napełniać zładem – pierwszym, po opróżnieniu na okres zimowy czy po naprawie – robiąc to powoli, z prędkością przepływu 0,3 m/s lub mniejszą, zaś powietrze trzeba usuwać z najwyższych punktów instalacji przed osiągnięciem normalnego ciśnienia w obiegu. Pomimo takich środków ostrożności, pewna ilość powietrza może dostać się do obiegu.

Aby poradzić sobie z resztkami powietrza lub napływającym do obiegu w wyniku procesu w instalacji, należy zamontować na przewodach jeden lub więcej zaworów odpowietrzających o działaniu ciągłym. Jednym z rozwiązań jest zastosowanie ręcznych zaworów odpowietrzających, np. kulowych. Rozwiązanie to nie jest idealne, ponieważ strategicznie rozmieszczone ręczne zawory odpowietrzające mogą usunąć zatory powietrza podczas rozruchu, ale nie pracują ani automatycznie ani też nie radzą sobie skutecznie z powtarzającym się zapowietzaniem. Ręczne odpowietrzniki ponadto nieuchronnie prowadzą do wycieków, które mogą spowodować zanieczyszczenie obiektu lub wypadek na zdrowiu lub życiu pracowników (w zależności od czynnika w instalacji).

Najlepiej jest, aby skuteczny sposób odpowietrzania opierał się o zawory odpowietrzające o działaniu ciągłym. Zawory o działaniu ciągłym mają mechanizm pływakowy, który umożliwia ujście powietrza przez małą kryzę, nawet gdy przewód jest pod ciśnieniem.

Na rynku dostępne są również kombinowane przerywacze próżni z odpowietrznikami. Produkty te pełnią podwójną funkcję. Gdy np. danych zbiornik jest napełniany, powietrze może ujść przez taki zawór, a ciecz może przepływać nie napotykając zatorów powietrza. W odwrotnej sytuacji, podczas opróżniania zbiornika, mechanizm zamykający zawór otwiera go, umożliwiając napływ powietrza, które zastępuje objętość poprzednio zajmowaną przez ciecz, zapobiegając w ten sposób powstaniu potencjalnie szkodliwego podciśnienia.

W Aliaxis oferujemy zawór FIP VA Air Release, będący tłokowym przerywaczem próżni z odpowietrznikiem, dostępnym w różnych rozmiarach. Należy zauważyć, że funkcje otwierania i zamykania takiego „inteligentnego” zaworu są sterowane czynnikiem, nie zaś ciśnieniem, jak w przypadku innych zaworów odpowietrzających.

Ta cecha daje kilka korzyści: do otwarcia lub zamknięcia zaworu nie jest potrzebne minimalne nadciśnienie lub podciśnienie, co gwarantuje zadziałanie zaworu w każdych warunkach, a jednocześnie eliminuje możliwość wycieku.

Należy pamiętać, że zawór FIP VA nie nadaje się do gazów pod ciśnieniem.

Natężenie przepływu przez zawór podano w tabeli.

DN	VA FIP
15	12 Nm <sup>3</sup> /h
20	23 Nm <sup>3</sup> /h
25	45 Nm <sup>3</sup> /h
32	70 Nm <sup>3</sup> /h
40	90 Nm <sup>3</sup> /h
50	345 Nm <sup>3</sup> /h



## 2.7 Projektowanie instalacji rurowych dla warunków podciśnieniowych

W niektórych przypadkach systemy przewodów są narażone na działanie ciśnienia zewnętrznego, zwykle nazywanego ciśnieniem wyboczenia. Dzieje się tak na przykład wtedy, gdy instalacja jest zanurzona w wodzie, zakopana w gruncie lub pracuje do pracy na podciśnieniu – jako układ rur ssących.

Obciążenie mechaniczne w próżni absolutnej odpowiada różnicy próżni cząstkowej równej 1 bar, co oznacza, że ciśnienie na wewnętrznej ściance rury jest o 1 bar niższe niż ciśnienie na ściance zewnętrznej przy standardowym ciśnieniu atmosferycznym.

Ciśnienie wyboczenia można obliczyć za pomocą poniższego wzoru dla rury walcowej:

$$p_k = \frac{10 * E_c}{4 * (1 - \mu^2)} * \left(\frac{t}{r}\right)^3$$

gdzie:

$p_k$  = krytyczne ciśnienie wyboczenia (bar)

$E_c$  = moduł pełzania (N/mm<sup>2</sup>)

$\mu$  = współczynnik Poissona, zwykle  $\mu=0,4$  dla tworzyw termoplastycznych z założeniem 25-letniej trwałości użytkowej

$t$  = grubość ścianki (mm)

$r$  = średni promień rury (mm)

$$\sigma_k = p_k * \frac{r}{t}$$

gdzie:

$\sigma_k$  = naprężenie wyboczeniowe (bar)

$p_k$  = ciśnienie wyboczenia (bar)

$r$  = średni promień rury (mm)

$t$  = grubość ścianki (mm)

W tych obliczeniach nie uwzględniono żadnych możliwych zmian kłistości czy mimośrodowości.

Oczywiście tylko rury ciśnieniowe mogą być stosowane w układach narażonych na ciśnienie zewnętrzne – cieńsze rury nie nadają się do takich warunków.

## 2.8 Projektowanie instalacji rurowych dla sprężonego powietrza

Do tej pory zajmowaliśmy się układami przesyłającymi ciecze. W tym rozdziale skupimy się na instalacjach transportujących gaz, w szczególności sprężone powietrze.

### Czym jest sprężone powietrze?

Powietrze jest mieszaniną gazów, co oznacza, że składa się z wielu gazów, głównie z azotu (78%) i tlenu (21%) oraz pary wodnej, dwutlenku węgla i innych pierwiastków gazowych (1%).

Sprężone powietrze to powietrze atmosferyczne, którego objętość została zmniejszona przez sprężarkę lub pompę i jest pod ciśnieniem w naczyniu.

Sprężanie powietrza oznacza wtłoczenie go do mniejszej przestrzeni niż zajmuje pod normalnym ciśnieniem. To sprawia, że cząsteczki powietrza poruszają się bardzo szybko i zbliżają się do siebie – powietrze, podobnie jak inne gazy, nie ma swojego własnego kształtu, ale dostosowuje się do przestrzeni wewnątrz naczynia.

Objętość zajmowana przez powietrze zależy od ciśnienia i temperatury, którym jest ono poddawane zgodnie z prawem gazów.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Drugie prawo Gay-Lussaca stanowi, że ciśnienie gazu o stałej objętości jest wprost proporcjonalne do temperatury bezwzględnej gazu.

Wzór jest następujący, jeśli  $V = \text{const}$ :

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Prawem rządzącym zależnością objętości gazu idealnego od ciśnienia jest prawo Boyle'a-Mariotte'a.

Zgodnie z nim dana objętość pewnej ilości gazu doskonałego zamkniętego w naczyniu w stałej temperaturze jest odwrotnie proporcjonalna do ciśnienia bezwzględnego.

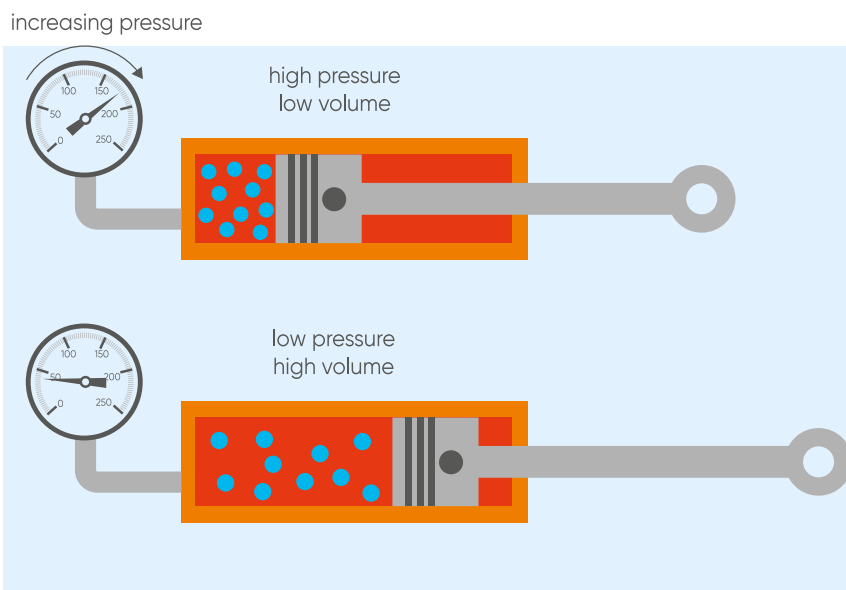
Wzór jest następujący, jeśli  $T = \text{const}$ :

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Jak widać na kolejnej ilustracji, tłok ściska powietrze wewnątrz walca – umieszczając gaz w naczyniu i poddając go stopniowo rosnącemu ciśnieniu, objętość gazu maleje, a skutkiem tego cząsteczki gazu zbliżają się do siebie szybkim ruchem.

Łącząc ze sobą trzy prawa gazowe, doświadczalnie okazuje się, że zachodzi taka zależność:

$$\frac{p_1}{T_1} V_1 = \frac{p_2}{T_2} V_2$$



Ponieważ temperatura jest wprost proporcjonalna do energii kinetycznej, ruch cząsteczek w wyniku ściskania powoduje wzrost temperatury.

W ten sposób energia uwalniania podczas sprężania gazu jest równa energii potrzebnej do wtłoczenia powietrza do określonej przestrzeni, stąd sprężone powietrze jest doskonałym nośnikiem do magazynowania i przekazywania energii.

Jest ono coraz częściej stosowany w przemyśle produkcyjnym ze względu na jego wyraźne zalety – czystość, elastyczność, bezpieczeństwo i opłacalność użytkowania w porównaniu z innymi źródłami energii, np. akumulatory elektryczne, czy para wodna.

W zastosowaniach gdzie urządzenia są przeciążone, aparatura elektryczna może stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa, zaś narzędzia pneumatyczne mogą być stosowane w różnych warunkach, np. przy dużej wilgotności.

## Instalacja sprężonego powietrza

Instalacja sprężonego powietrza musi być kontrolowana, regulowana i zwymiarowana celem zabezpieczenia odpowiedniej ilości powietrza o określonym ciśnieniu i czystości.

Jeśli chodzi o jej projektowanie, różni się ono znacznie od projektowania instalacji dla cieczy nieściśliwych, ponieważ w przypadku gazów ściśliwych trzeba rozpatrywać więcej zmiennych.

Instalacja sprężonego powietrza powinna w szczególności uwzględniać obecne i przyszłe wymagania, aby zmaksymalizować stosunek kosztów do efektywności – dla przykładu, spadki ciśnienia w rurociągach powinny być ograniczone do absolutnego minimum, ponieważ nie da się ich odzyskać, stanowiąc jedynie stratę energetyczną i finansową.

Z praktycznego punktu widzenia sprężone powietrze nigdy nie jest czyste, lecz zawiera zanieczyszczenia o różnym charakterze i postaci fizycznej, przed przystąpieniem do projektowania instalacji należy określić jakie są to zanieczyszczenia oraz ich ilość, aby ustalić, jakie urządzenia są potrzebne do ich redukcji lub usunięcia.

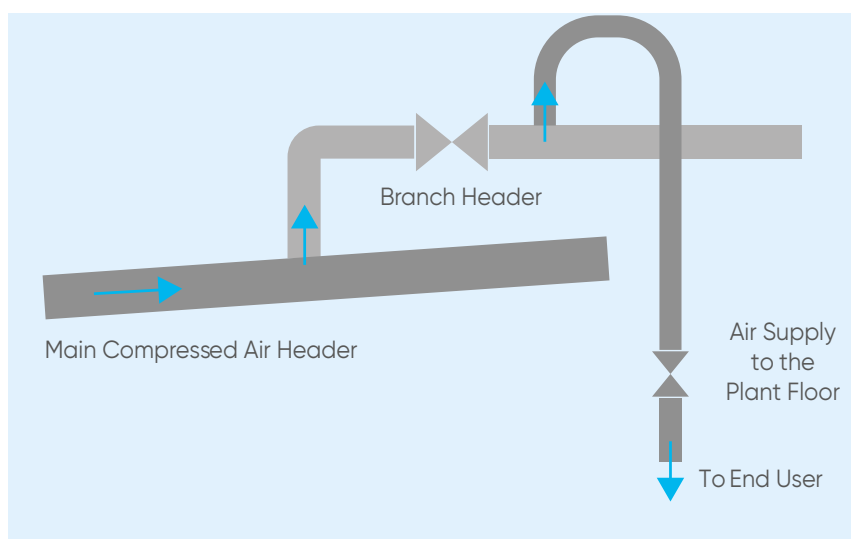
Należy więc pamiętać, że zazwyczaj są to zanieczyszczenia, które oddziałują na siebie i mieszają się, tworząc związki:

- **woda:** jest obecna w powietrzu atmosferycznym w postaci pary wodnej. Kiedy powietrze jest sprężane, ciśnienie cząstkowe pary wodnej wzrasta, ale ze względu na wzrost temperatury spowodowany sprężaniem, nie dochodzi do skraplania się pary; kiedy powietrze jest następnie schładzane, woda skrapla się, przechodząc w ciecz. Należy pamiętać, że wilgoć może powodować korozję i uszkodzić produkt końcowy,
- **olej:** powietrze nieuchronnie zanieczyszcza się olejem w sprężarkach smarowanych, lecz również powietrze wytwarzane przez sprężarki niesmarowane może zawierać śladowe ilości oleju z atmosfery,
- **cząstki stałe:** ciała stałe o wielkości poniżej 10 mikronów nie są zatrzymywane przez filtry strony ssawnej, dlatego trafiają do obiegu sprężonego powietrza. Zanieczyszczenie to występuje w przypadku każdego rodzaju sprężarki.

Aliaxis proponuje dwie dedykowane linie produktów do przetaczania sprężonego gazu: GIRAIR i AIRLINE. W instalacjach sprężonego powietrza o prawidłowej budowie stosuje się dwa rodzaje rurociągów: magistralny i odgałęzienia.

Magistrala służy do przetaczania przeważającej ilości sprężonego powietrza.

Jeśli ten przewód ma za małą średnicę, prędkość powietrza będzie bardzo wysoka, więc trudno będzie oddzielić wodę od powietrza, ponieważ duża ilość skroplonej pary wodnej, płynącej w postaci wody wzdłuż dna rury, będzie porywana szybko poruszającym się strumieniem powietrza.



Przy dużej średnicy przewodu prędkości są mniejsze, co pozwala wodzie zbierać się na dnie rury, podczas gdy powietrze przepływa w wyższych partiach przelotu. Dlatego nadmierna wielość przewodu zwiększa początkowe nakłady inwestycyjne, lecz większe rury są korzystne, ponieważ działają niczym naczynie dla powietrza. Zmniejsza to obciążenie sprężarki i zapewnia wydajność w razie wzrostu poboru w przyszłości.

Zasadniczo rzecz ujmując, w przypadku magistrali rozdzielczej można uniknąć nadmiernych spadków ciśnienia i strat energii ograniczając prędkość powietrza do maksimum 33 l/min.

Z drugiej strony, odgałęzienia mają stosunkowo niewielką długość: ponieważ woda skraplająca się z wilgoci oddzielana w magistralach, mniejsze odgałęzienia dają większe prędkości przepływu i spadki ciśnienia.

Niezbędne są zatem złączki typu „gęsia szyja” (syfonowe), ponieważ zapobiegają one przedostawaniu się wody z magistrali do przewodu odgałęźnego – de facto czerpiąc powietrze z górnej części przelotu magistrali.

Podsumowując, do zaprojektowania instalacji i określenia prawidłowej wielkości rur potrzebne są następujące informacje:

- Całkowite natężenie przepływu wszystkich urządzeń poboru powietrza – fundamentalne znaczenie ma wyznaczenie objętości powietrza i zakresu ciśnienia w każdym miejscu poboru. Informacje o ciśnieniu i natężeniu przepływu dla urządzeń takich jak narzędzia można uzyskać od producentów. Jeśli informacje te nie są, należy założyć wstępne wielkości aż do uzyskania konkretnych ich wartości.
- Maksymalne ciśnienie robocze. Jest to maksymalne ciśnienie pracy ciągłej, dla którego systemy GIRAIR lub AIRLINE zostały zaprojektowane. Zależy ono od temperatury przetaczanego płynu i/lub temperatury otoczenia, która może występować w bezpośrednim otoczeniu instalacji. Wzrost temperatury powoduje spadek modułu sprężystości materiałów użytych do budowy instalacji, co z kolei zmniejsza jej odporność na ciśnienie hydrostatyczne.

Temperatura otoczenia lub płynu	Maksymalne ciśnienie robocze
0°C – 25°C	12,5 bar
25°C – 40°C	10 bar

- Cykl pracy, czyli ile czasu poszczególne narzędzie lub proces technologiczny pracuje w ciągu jednej minuty.
- Przepięki i możliwość przyszłej rozbudowy – przecieki wynikają z liczby i rodzaju połączeń, zastosowania połączeń rozłącznych, wieku instalacji oraz jakości procesu pierwszego montażu. W dobrze utrzymanej instalacji sprężonego powietrza dopuszczalny poziom nieszczelności wynosi 2–5%. Konieczne jest również określenie wszelkich możliwości przyszłej rozbudowy: należy rozważyć przewymiarowanie niektórych elementów, aby uniknąć kosztów ich późniejszej wymiany.
- Dopuszczalne spadki ciśnienia dla całego instalacji.
- Wysokość nad poziomem morza, temperatura i poprawki na usuwanie zanieczyszczeń.
- Wystarczająca ilość miejsca dla sprężarki powietrza i urządzeń pomocniczych – proces, stanowisko pracy lub element wyposażenia, w którym używa się sprężonego powietrza, powinny być naniesione na planie instalacji i należy prowadzić wyczerpujący wykaz takich miejsc, aby uprościć ewidencję.
- Opracowanie ostatecznego planu instalacji rurowych i zwymiarowanie sieci rurociągów – należy określić wymagania dotyczące uzdatniania czynnika w instalacji dla każdego jej odbiornika, co dotyczy dopuszczalnej zawartości wilgoci, wielkości ziarna cząstek stałych i zawartości oleju. Należy ustalić, czy instalacja wymaga dodatkowych urządzeń uzdatniających, w tym osuszaczy, filtrów, smarownic i regulatorów ciśnienia.

W razie potrzeby prosimy o kontakt z przedstawicielami handlowymi Aliaxis.

#### **OSTRZEŻENIE: Bezwzględnie nie wolno używać tworzyw UPVC i CPVC ze sprężonym powietrzem**

Bezwzględnie nie wolno używać sprężonego powietrza w rurach i kształtkach wykonanych z UPVC i CPVC. Tworzywa UPVC i CPVC nadają się wyłącznie do wody i substancji chemicznych uznanych przez producenta. Wynika to z dwóch zasadniczych powodów:



- Rury PVC poddane naprężeniom, których nie są w stanie znieść, mogą ulec rozerwaniu wystrzeliwując ostre odłamki tworzywa, co grozi ciężkimi urazami, a nawet śmiercią.
- Rura UPVC [od wpływem ujemnych temperatur może stać się krucha i pękać znacznie łatwiej niż w wyższych temperaturach, dlatego nie należy przepuszczać przez nią sprężonych gazów.
- Do transportu sprężonego powietrza należy stosować systemy Girair i Airline.





## 2.9 Dobór przepływomierza

Pomiar przepływu w rurach jest ważny z różnych powodów, na przykład ze względu na chęć kontroli poprawności działania procesów przemysłowych lub kontroli kosztów energii.

W tym celu najlepiej jest zainstalować układy kontroli przepływu, wyprowadzające dokładne i wiarygodne dane, które ułatwiają sprawną eksploatację, bieżący nadzór nad procesem i konserwację prognostyczną.

Aliaxis oferuje kompletny asortyment produktów należących do FLS, które zostały zaprojektowane z myślą o wyprowadzaniu wiarygodnych i spójnych danych wejściowych dla szerokiego zakresu zastosowań służących do pomiaru przepływu, odczynu pH, przewodności i potencjału redoks.

W tym rozdziale skupimy się na pomiarze przepływu, który można realizować za pomocą przepływomierzy. W szczególności można wyróżnić ich trzy rodzaje:

- zanurzeniowe czujniki przepływu,
- przelotowe czujniki przepływu,
- przepływomierze o zmiennym przekroju przepływu.

### 2.9.1 Budowa przepływomierza

#### 2.9.1.1 Zanurzeniowe czujniki przepływu

Technika pomiaru zanurzeniowego – w masie płynu – opiera się na pracy miernikach prędkości płynu, montowanych wewnątrz walcowej rury prostej i służących do pomiaru miejscowej (punktowej) prędkości przepływu ( $V_m$ ) celem obliczenia średniej prędkości ( $V_a$ ) i objętościowego natężenia przepływu ( $Q_v$ ).

Teoretyczną zasadą działania takich czujników przepływu są prawa dynamiki płynów mające zastosowanie do każdej rury o przekroju kołowym, gdy zachowany jest w pełni rozwinięty przepływ turbulentny, a więc gdy liczba Reynolda jest większa niż 4500.

$$F_p = \frac{V_a}{V_m}$$

gdzie:

$F_p$  = współczynnik profilu

$V_a$  = prędkość średnia (m/s)

$V_m$  = miejscowa prędkość przepływu (m/s)

Wykorzystując powyższy współczynnik mamy:

$$Q = \frac{V_a * D_i^2}{4} = \frac{F_p * V_m * D_i^2}{4}$$

gdzie:

$Q$  = przepływ wewnątrz rury ( $m^3/s$ )

$V_a$  = prędkość średnia (m/s)

$V_m$  = miejscowa prędkość przepływu (m/s)

$D_i$  = średnica wewnętrzna rury (m)

Odpowiedni punkt pomiarowy dla prędkości przepływu nazywany jest „położeniem krytycznym”: czujnik prędkości jest zanurzony w takim punkcie, w którym prędkość miejscowa (punktowa) odpowiada prędkości średniej ( $V_a$  ( $V_a = V_m$  zaś  $F_p = 1$ )). Miejsce to odpowiada 12% długości średnicy wewnętrznej.

Główne cechy technologii pomiaru zanurzeniowego:

- wszystkie zanurzeniowe czujniki przepływu w technice pomiaru zanurzeniowego są urządzeniami do pomiaru przepływu w oparciu o prędkość,
- montaż zazwyczaj wymaga jedynie niewielkiego otworu w rurze, umożliwiającego prostopadłe wsunięcie czujnika,
- wymiary czujnika nie są zależne od rozmiaru rury, ponieważ są niezależne od przekroju poprzecznego rury.

Istnieją głównie trzy różne typy zanurzeniowych czujników przepływu:

### Czujnik łopatkowy

Ów czujnik przepływu składa się z przetwornika i pięciółopatkowego, otwartego wirnika ECTFE osadzonego na ceramicznym wałku, który leży ortogonalnie do kierunku przepływu.

Czujnik jest montowany wewnątrz rury za pomocą szerokiej gamy kształtek zanurzeniowych oferowanych przez FLS.

Przykład czujnika łopatkowego zilustrowano na kolejnym rysunku.

Koło łopatkowe ma magnes stały wbudowany w każdą łopatkę.

Gdy magnes zbliża się do przetwornika, generowany jest impuls, dlatego gdy ciecz przepływa rurą, koło łopatkowe obraca się, dając sygnał wyjściowy w postaci fali kwadratowej.

Częstotliwość sygnału jest proporcjonalna do prędkości przepływu zgodnie z następującym równaniem:

$$Q = \frac{f}{K_{factor}}$$

gdzie:

Q = natężenie przepływu (l/s)

f = częstotliwość (1/s)

Współczynnik K (1/l) reprezentuje liczbę impulsów wytwarzanych przez czujnik na litr zmierzonej cieczy – jest to wartość przeliczeniowa, którą trzeba wyznaczyć w celu przeliczenia sygnału wyjściowego czujnika (częstotliwości) na natężenie przepływu.

Współczynniki K podane w tabelach katalogowych FLS dotyczą do wody w temperaturze pokojowej. Oczywiście jeśli czujniki są stosowane do pomiaru innej cieczy, konieczne jest przeprowadzenie kalibracji na obiekcie.

Jeśli chodzi o konserwację, wirnik i wałek są w bezpośrednim kontakcie z cieczą, zatem konieczne jest zwrócić uwagę na jej charakterystykę.

Ponieważ każdy płyn ma inne właściwości, trudno jest oszacować żywotność tych podzespołów. Trzeba odnieść się do kompatybilności chemicznej każdego podzespołu mającego kontakt z substancją chemiczną aby dobrać optymalny materiał.

Ponadto zaleca się unikać stosowania przepływomierzy łopatkowych do pomiaru bardzo zanieczyszczonych cieczy, cieczy zawierających włókna lub cieczy dużymi ciałami stałymi (kamyczki i patyki, na przykład), które mogłyby złamać lub uszkodzić wirnik lub wałek.

Ciała stałe mogą wpływać na reakcję czujnika, zmieniając również tarcie wałka.

W przypadku, gdy konieczne jest użycie koła łopatkowego w cieczach zawierających ciała stałe, należy zaplanować regularną procedurę czyszczenia części zanurzonych, ponieważ zaniedbane koło łopatkowe dawało będzie coraz gorszą dokładność pomiaru – w ramach procedury czyszczenia zaleca się detergenty lub środki chemiczne

### Czujnik elektromagnetyczny

Czujnik ten działa wedle prawa Faradaya, ponieważ indukuje on napięcie w przewodniku elektrycznym, gdy porusza się on w polu magnetycznym.

Przykład czujnika elektromagnetycznego zilustrowano na kolejnym rysunku.

Cewka zamontowana w korpusie czujnika wytwarza pole magnetyczne prostopadłe do kierunku przepływu cieczy. To pole magnetyczne i prędkość przepływu indukują napięcie pomiędzy elektrodami. Napięcie jest wprost proporcjonalne do prędkości przepływu.

Napięcie jest przekształcane na proporcjonalny do przepływu sygnał wyjściowy 4–20 mA lub częstotliwościowy sygnał wyjściowy.

Jeśli chodzi o konserwację, to przepływomierz elektromagnetyczny nie wymaga szczególnych zabiegów.

W przypadku, gdy czujnik elektromagnetyczny służy do pomiaru bardzo zanieczyszczonej cieczy, można zasugerować okresowe czyszczenie przyrządu szmatką lekko zwilżoną wodą lub płynem kompatybilnym z materiałami, z których wykonano przyrząd i szmatkę, gdyż zabrudzone elektrody mogą dawać niedokładne pomiary.

Nie należy używać środków ściernych do konserwacji.



### Przeływomierz montowany pod ciśnieniem

Zastosowanie przyrządów montowanych pod ciśnieniem zalecane jest w przypadku rurociągów pod ciśnieniem oraz w przypadku, gdy nie ma możliwości przerwania przepływu przez rurociąg, a więc np. w instalacjach dystrybucji wody.

Przeływomierz montowany pod ciśnieniem nie ma ruchomych części mechanicznych, może być stosowany do pomiaru cieczy zanieczyszczonych, o ile są jednorodne i elektroprowadzące – w rzeczywistości przeływomierz taki jest elektromagnetyczny.

Czujniki przeznaczone do montażu pod ciśnieniem nadają się również do rur o średnicy większej niż maksymalna uwzględniona dla czujników tradycyjnych (typowo DN 600) i wolno podłączać je wyłącznie poprzez kształtki do mocowania na przewodach pod ciśnieniem.

Zdjęcie przedstawia przykład przeływomierza montowanego pod ciśnieniem.



### 2.9.1.2 Przelotowe czujniki przepływu

FLS oferuje dwa różne rodzaje czujników przelotowych do niskich wartości przepływu, odpowiadając tym samym na różne zastosowania w zależności od zakresu pracy i lepkości cieczy.

Oba rodzaje czujników przelotowych mają różne charakterystyki, lecz oba muszą być stosowane do pomiaru cieczy wolnych od ciał stałych, ponieważ występują w nich elementy ruchome.

#### Czujnik ultraniskiego przepływu (ULF)

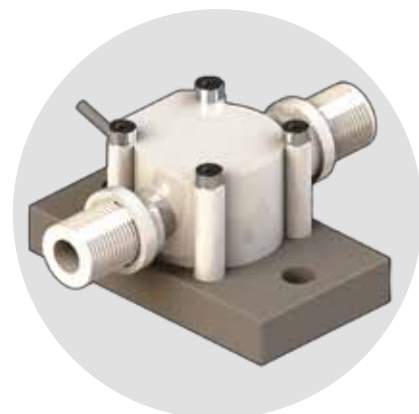
Ten przelotowy czujnik przepływu składa się z przetwornika i pięciopłatkowego wirnika.

Koło łopatkowe ma magnes stały wbudowany w każdą łopatkę. Gdy

magnes zbliży się do przetwornika, generowany jest impuls, dlatego gdy ciecz przepływa przez korpus czujnika, koło łopatkowe obraca się, dając sygnał wyjściowy w postaci fali kwadratowej.

Czujnik ULF może być stosowany do wszystkich rodzajów cieczy agresywnych i wolnych od ciał stałych. Może być mocowany do elastycznych lub sztywnych przewodów za pomocą gwintowanych króćców technologicznych.

Zdjęcie przedstawia przykładowy czujnik ULF.



#### Czujnik owalno-kołowy

Korpus czujnika zawiera dwa owalne koła zębate, które obracają się pod wpływem przepływającej cieczy.

Koła zębate są zazębione pod kątem 90° co pozwala wyznaczać stałą objętość cieczy przetaczanej przy każdym obrocie.

W każdym z kół zębatach są umieszczone dwa magnesy stałe których pole magnetyczne wykrywa czujnik hallotronowy, dając sygnał wyjściowy w postaci fali kwadratowej o częstotliwości proporcjonalnej do ilości przetaczanej objętości cieczy.

Czujnik owalno-kołowy został zaprojektowany zgodnie z zasadniczymi wymaganiami zastosowań przemysłowych, m.in. wysokiej odporności mechanicznej i niezawodności pracy. Nadaje się do pomiaru szerokiego zakresu lepkich cieczy wolnych od ciał stałych, i to z bardzo wysoką dokładnością i powtarzalnością.

Czujniki można montować na elastycznych lub sztywnych przewodach rurowych za pomocą gwintowanych króćców technologicznych. Materiały wykonania, ECTFE, PP lub stal nierdzewna, gwarantują wysoką wytrzymałość i odporność chemiczną.

Zdjęcie przedstawia przykładowy czujnik owalno-kołowy.



Jeśli chodzi o płyny, z którymi mogą pracować czujniki przelotowe, należy pamiętać, że ewidentnie ścierne lub zanieczyszczone płyny mogą potencjalnie uszkodzić powierzchnie uszczelniające i łożyska oraz zapchać czujnik, więc konieczne może być zabezpieczenie go filtrem.

Ponieważ tego typu aparatura stosowana jest głównie w instalacjach dozowania (odmierzenia), bardzo często muszą mieć styczność z agresywnymi roztworami chemicznymi.

Warto uważać na następujące względy:

- Substancje chemiczne mogą się skryzalizować na czujniku jeśli pozostaje on przez dłuższy czas bez przepływu, dlatego też zdecydowanie zaleca się zaplanowanie czyszczenia czujnika w przypadku, gdy ma pracować nieregularnie. Do czyszczenia można użyć wody lub innych roztworów kompatybilnych z materiałami zwilżanymi i mierzoną substancją chemiczną.
- Substancje chemiczne mogą wydzielać gazy, dlatego zaleca się rozpatrzyć ich możliwe występowanie – szczególnie w okresie postoju, upewniając się, że pęcherzyki gazu będą usuwane z instalacji z czujnikami przelotowymi.

W przypadku czujników owalno-kołowych, pomiary przepływu w obecności pęcherzyków powietrza będą dawały wyniki zawyżone względem rzeczywistego przepływu cieczy, ponieważ objętość pęcherzyków powietrza będzie mierzona tak, jakby była objętością cieczy.

W przypadku czujników ULF pomiary przepływu w obecności pęcherzyków gazu nie są dokładne, gdyż powodują one zaburzenia w komorze pomiarowej czujnika.

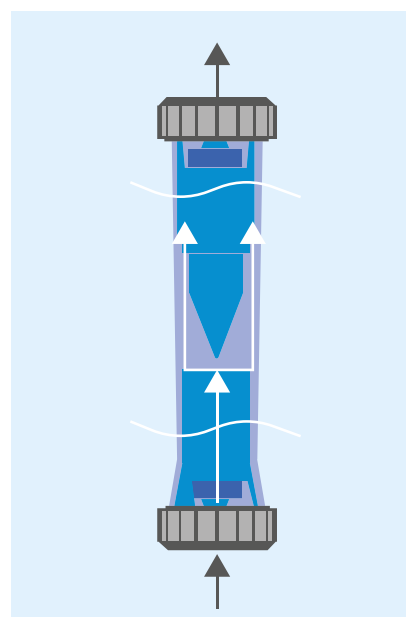
### 2.9.1.3 Przepływomierze o zmiennym przekroju przepływu

Przepływomierz o zmiennym przekroju przepływu jest jedną z najstarszych i rozwiniętych zasad pomiaru przepływu, wyróżniając się prostą budową: tradycyjna metoda pomiaru natężenia przepływu polega na zawieszeniu pływaka w stożkowej rurce, węższej od dołu, która stopniowo rozszerza się ku górze.

Przykład zilustrowano na rysunku po prawej stronie.



W przepływomierzu o zmiennym przekroju przepływu płyn przepływa z dołu do góry lub z lewej do prawej strony. W międzyczasie pływak unosi się pod siłą przepływu, jak widać na rysunku.



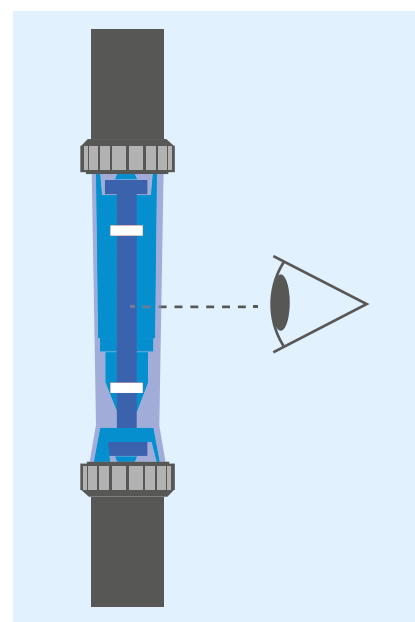
Przepływ można odczytać, gdy pływak zatrzyma się w miejscu, w którym równowagę osiągną siła skierowana ku górze, pochodząca od przepływu, i siła skierowana ku dołowi, pochodząca od ciężaru pływaka.

Zazwyczaj rurka stożkowa jest produkowana z przezrystych materiałów skalibrowanych dla przepływu w taki sposób, aby można było odczytywać wartości pomiaru bezpośrednio z rurki.

Na podziałce można wtedy znaleźć natężenie przepływu odpowiadające położeniu pływaka – jest to wartość przepływu chwilowego.

Celem ułatwienia odczytu przepływu, maksymalne i minimalne wartości graniczne mogą być wyróżnione za pomocą czerwonych znaków na przepływomierzu, jak pokazano na rysunku.

Aby uzyskać prawidłowy odczyt, pływak musi znajdować się na wysokości oczu.



W charakterze podsumowania w poniższej tabeli przedstawiono wartości przeliczników prędkości

Prędkość (f/s) = (Natężenie przepływu (l/s) * 1273,2) / D <sub>i</sub> <sup>2</sup>		Natężenie przepływu (l/s) = (Prędkość (m/s) * D <sub>i</sub> <sup>2</sup> ) / 1273,2													
Prędkość															
ft/s		0,16	0,33	0,5	0,7	1,6	2,6	3,3	6,6	9,8	13,1	16,4	20	23	26,2
m/s		0,05	0,1	0,15	0,2	0,5	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8
D [mm]	DN [mm]	Natężenie przepływu, l/s													
20	15	0,01	0,02	0,03	0,04	0,09	0,14	0,18	0,35	0,53	0,71	0,88	1,06	1,24	1,41
25	20	0,02	0,03	0,05	0,06	0,16	0,25	0,31	0,63	0,94	1,26	1,57	1,89	2,20	2,51
32	25	0,02	0,05	0,07	0,10	0,25	0,39	0,49	0,98	1,47	1,96	2,45	2,95	3,44	3,93
40	32	0,04	0,08	0,12	0,16	0,40	0,64	0,80	1,61	2,41	3,22	4,02	4,83	5,63	6,43
50	40	0,06	0,13	0,19	0,25	0,63	1,01	1,26	2,51	3,77	5,03	6,28	7,54	8,80	10,05
63	50	0,10	0,20	0,29	0,39	0,98	1,57	1,96	3,93	5,89	7,85	9,82	11,78	13,74	15,71
75	65	0,17	0,33	0,50	0,66	1,66	2,65	3,32	6,64	9,96	13,27	16,59	19,91	23,23	26,55
90	80	0,25	0,50	0,75	1,01	2,51	4,02	5,03	10,05	15,08	20,11	25,13	30,16	35,19	40,21
110	100	0,39	0,79	1,18	1,57	3,93	6,28	7,85	15,71	23,56	31,42	39,27	47,13	54,98	62,83
125	110	0,48	0,95	1,43	1,90	4,75	7,60	9,50	19,01	28,51	38,01	47,52	57,02	66,53	76,03
140	125	0,61	1,23	1,84	2,45	6,14	9,82	12,27	25,54	36,82	49,09	61,36	73,63	85,91	98,18
160	150	0,88	1,77	2,65	3,53	8,84	14,14	17,67	35,34	53,02	70,69	88,36	106,03	123,70	141,38
200	180	1,27	2,54	3,82	5,09	12,72	20,36	25,45	50,90	76,34	101,79	127,24	152,69	178,13	203,58
225	200	1,57	3,14	4,71	6,28	15,71	25,13	31,42	62,83	94,25	125,67	157,08	188,50	219,92	251,34
250	225	1,99	3,98	5,96	7,95	19,88	31,81	39,76	79,52	119,29	159,05	198,81	238,57	278,33	318,10
280	250	2,45	4,91	7,36	9,82	25,54	39,27	49,09	98,18	147,27	196,36	245,44	294,53	343,62	392,71
315	280	3,08	6,16	9,24	12,32	30,79	49,26	61,58	123,15	184,73	246,31	307,89	369,46	431,04	492,62

## 2.9.2 Montaż przepływomierza

Jak opisano w części poświęconej projektowaniu, istnieją trzy sposoby pomiaru przepływu w układach:

- zanurzeniowe czujniki przepływu dla dużych przepływów i rurociągów magistralnych,
- przelotowe czujniki przepływu dla małych przepływów i odmierzenia substancji chemicznych,
- przepływomierz o zmiennym przekroju przepływu.

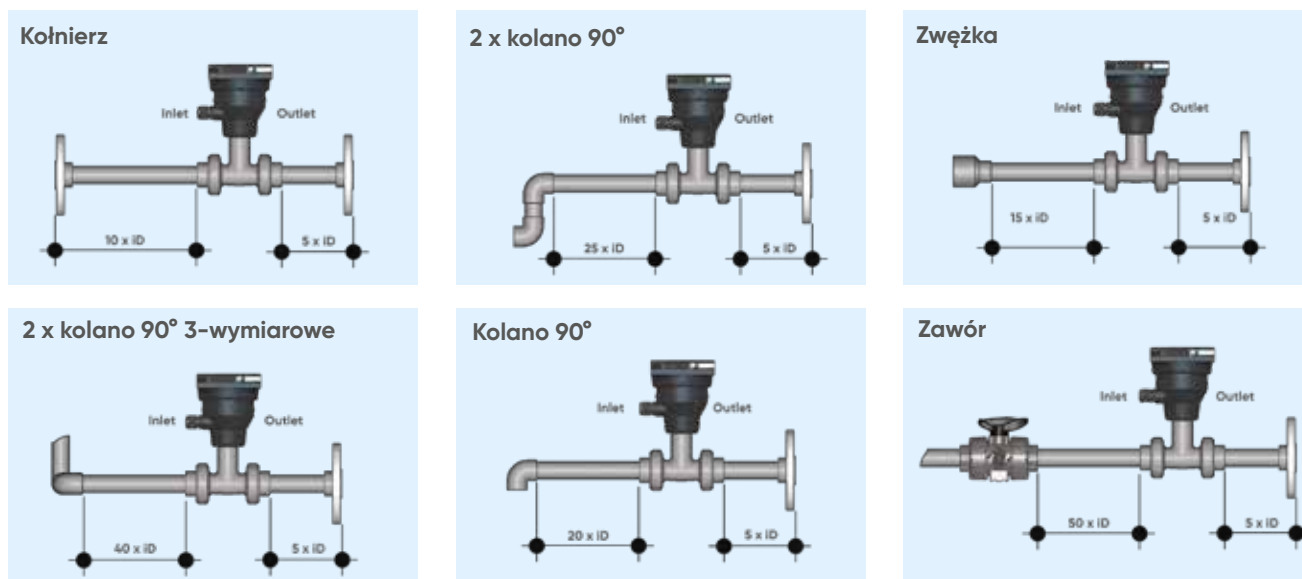
### 2.9.2.1 Zanurzeniowe czujniki przepływu

Ponieważ czujniki te muszą być umieszczone wewnątrz przewodu rurowego, oczywiście bardzo ważne jest, aby określić ich prawidłowe położenie i tym samym móc uzyskać dokładny i wiarygodny odczytu: w szczególności konieczne jest sprawdzić, czy w rozpatrywanym miejscu rura jest całkowicie wypełniona w każdym momencie przepływu, zaś prędkość przepływu jest jednolita.

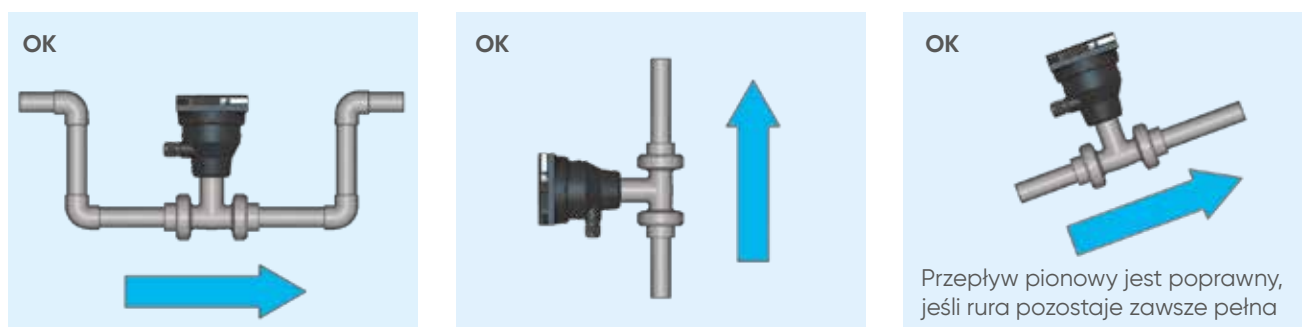
Jeśli rura nie jest wypełniona, przepływomierz będzie dawał niedokładne odczyty, nawet jeśli czujnik jest zawsze całkowicie zanurzony: czujnik będzie obliczał natężenie przepływu przy założeniu, że rura jest pełna, co prowadzi do przeszacowania przepływu.

Ponieważ przepływomierze mierzą prędkość cieczy, powinna ona być jednolita w całym przekroju poprzecznym rury w miejscu montażu czujnika.

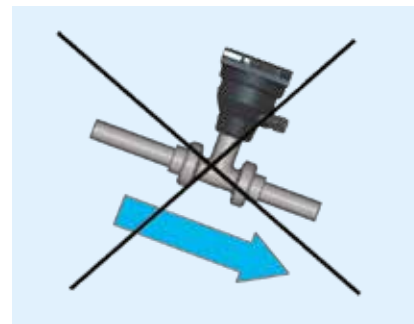
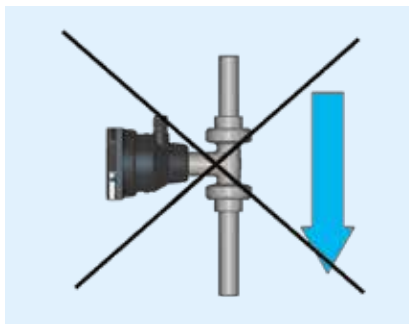
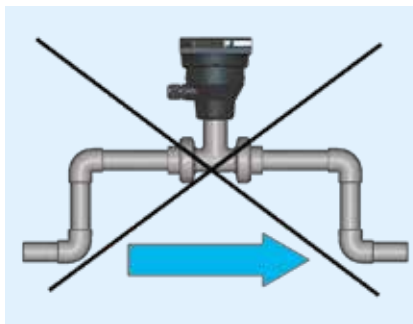
Aby wybrać najlepsze miejsce w rurociągu dla czujnika łopatkowego lub elektromagnetycznego, należy przyrzeć się poniższym rysunkom przedstawiającym sześć najczęstszych konfiguracji montażu.



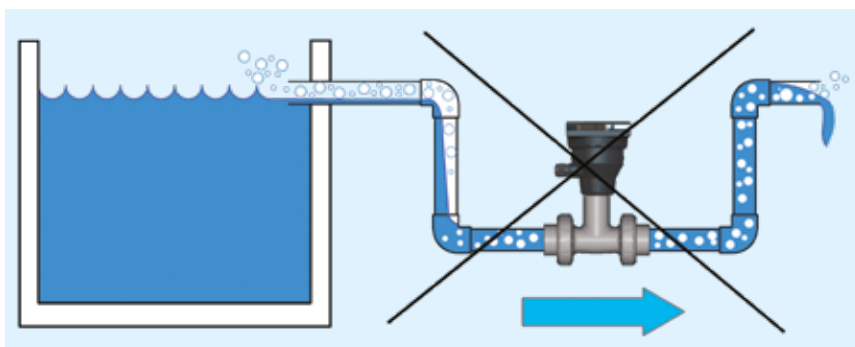
Należy zapoznać się z poniższymi zdjęciami, aby ustalić, czy rura jest zawsze pełna. Prawidłowy pomiar czujnikiem wyklucza jego wystawienie na pęcherzyki powietrza.



Z tego powodu należy unikać montażu zilustrowanego na poniższych zdjęciach, chyba że jest całkowita pewność, że czujnik nie będzie wystawiony na pęcherzyki powietrza.



W instalacjach z przepływem grawitacyjnym połączenie ze zbiornikiem musi być tak zaprojektowane, aby poziom nie spadał poniżej wylotu ze zbiornika: pozwoli to uniknąć zasysania powietrza ze zbiornika przez rurę, co dawałoby niedokładny pomiar z

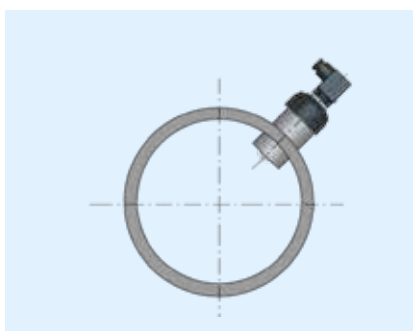


Oprócz umiejscowienia czujnika należy określić wytyczne dotyczące położenia części pomiarowej czujnika, czyli wirnika w przypadku koła łopatkowego i elektrod w przypadku czujnika elektromagnetycznego.

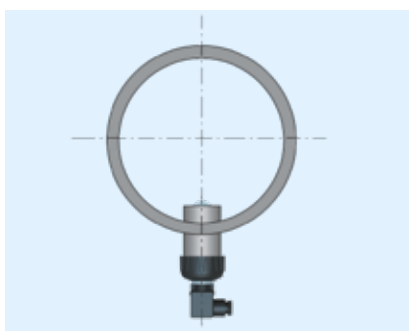
Powinien on być w punkcie odpowiadającym 12% średnicy wewnętrznej, gdzie, opierając się na teorii pomiaru zanurzeniowego, można zmierzyć średnią prędkość.

Na dokładność odczytu mogą mieć wpływ pęcherzyki powietrza, osady oraz tarcie pomiędzy wałkiem i łożyskami.

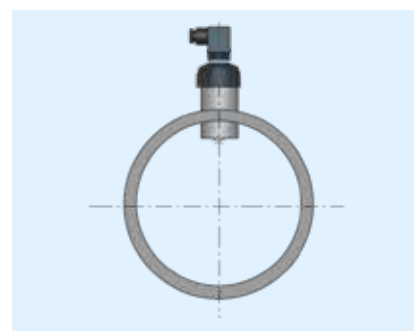
Aby uniknąć tych problemów, sugeruje się kilka pozycji montażu dla poziomych odcinków rur: aby na przykład uniknąć



pęcherzyków powietrza i osadów, najlepszym położeniem dającym najlepsze wyniki jest kąt  $45^\circ$ , co zilustrowano na rysunku.



Sugeruje się, aby nie montować czujnika na dnie rury, jak pokazano na zdjęciu, ponieważ może tam występować osad.



Rozważania te są ważne zarówno dla czujników łopatkowych jak i elektromagnetycznych. Czujnik łopatkowy nie musi być również montowany pod kątem  $90^\circ$ , w przeciwnym razie tarcie może wpłynąć na pomiar. Montaż w pionowych odcinkach rur można wykonać z dowolnym kierunkiem: preferowany jest przepływ w górę, aby rura była zawsze napełniona. Więcej informacji można znaleźć w normie EN ISO 5167-1.

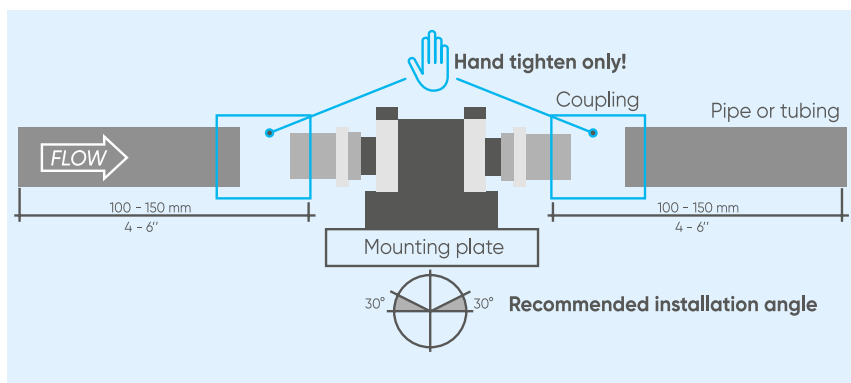
### 2.9.2.2 Przelotowe czujniki przepływu

Przepływomierz przelotowy można zamontować zarówno poziomo jak i pionowo, chociaż preferowany jest przepływ poziomy, ponieważ montaż różny od poziomu może dawać większy błąd w dolnej części zakresu pomiarowego.

Bez względu na powyższe sugeruje się ustawienie czujnika pod niewielkim kątem w przypadku,

Zaleca się montaż czujnika strzałką w kierunku przepływu, zachowanie maksymalnej możliwej odległości pomiędzy czujnikiem i pompą oraz nie montować czujnika bezpośrednio za zaworami, kolanami lub jakimikolwiek przeszkodami: proponuje się 150 mm prostego odcinka przewodu przed i za czujnikiem.

Należy wziąć pod uwagę spadek ciśnienia związany z czujnikami przepływu, szczególnie w przypadku, gdy są one stosowane w rurociągu o średnicy innej niż 6,35 mm: duży spadek ciśnienia na czujniku może spowodować przedwczesne zużycie albo uszkodzenie łożysk i uszczelnień.



### 2.9.2.3 Przepływomierze o zmiennym przekroju przepływu

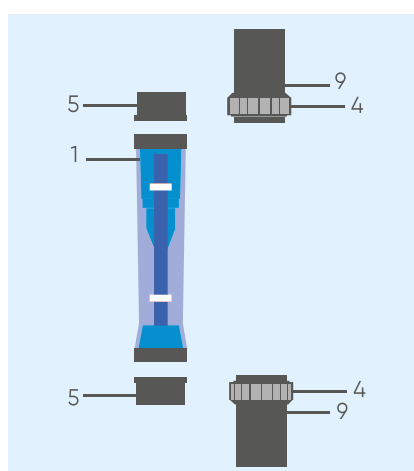
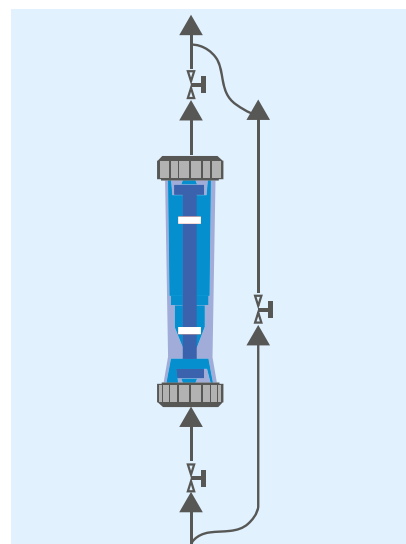
Przepływomierz o zmiennym przekroju przepływu nie wymaga szczególnych metod montażu.

Jedynym podstawowym ograniczeniem dla prawidłowego pomiaru przepływu jest konieczność montażu pionowo i bez żadnych naprężeń.

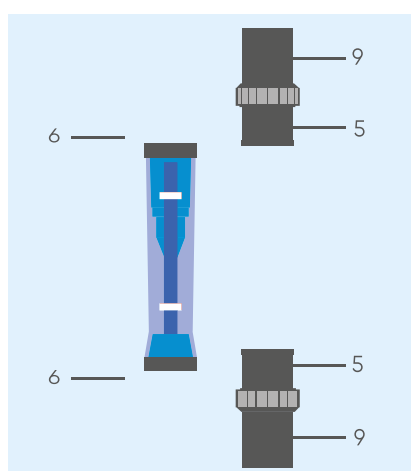
Aby umożliwić demontaż przepływomierza gdy rurociąg jest pełny, należy przewidzieć zawór odcinający przed i za przepływomierzem.

Jeżeli przepływomierz ma być demontowany podczas eksploatacji rurociągu, zaleca się montaż obejścia, jak pokazano na rysunku.

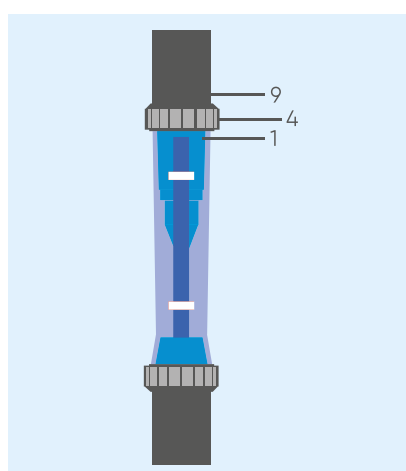
Prawidłowy montaż przepływomierza wymaga wykonania poniższych czynności, zilustrowanych zdjęciami:



- Odkręcić śrubunki (4).
- Nasunąć śrubunki (4) na rury (9).



- Wstawki (5) zgrzewać rozpuszczalnikowo, przyspawać lub przykręcić na gwint do rur (9).
- Włożyć o-ringi (6) do rurki pomiarowej.



- Umieścić rurkę pomiarową (1) pomiędzy rurami (9) i przykręcić ją mocno śrubunkami (4).
- Przepływomierz jest zainstalowany i należy sprawdzić szczelność montażu.



W ramach podsumowania należy podkreślić następujące wymagania, których należy przestrzegać podczas fazy rozruchu:

- Trzeba upewnić się, że rzeczywiste ciśnienie robocze i temperatura nie przekraczają wartości granicznych podanych na tabliczce znamionowej.
- Unikać uderzeń pływaka: zaleca się uruchomić przyrząd przy zamkniętym zaworze i podawać ciśnienie roboczego powoli otwierając zawór. W szczególności nie zaleca się stosowania zaworów elektromagnetycznych.
- Podczas pomiaru cieczy należy ostrożnie otworzyć przepływ na rurociąg, aby zapobiec skokom ciśnienia spowodowanym przez pęcherzyki gazu.
- W przypadku pomiaru gazów, ciśnienie robocze trzeba zwiększać powoli, aby uniknąć szoku ciśnieniowego.
- Wraz z uruchomieniem nowych instalacji może dojść do utrwalenia pozostałości w korpusie pływaka: dlatego Aliaxis zaleca wyczyszczenie przyrządu po stosunkowo krótkim okresie eksploatacji.
- W przypadku pracy przyrządu w najniższym zakresie, przyrząd należy oddać do eksploatacji poddając go przez krótki czas wysokiemu przepływowi, aby umożliwić wyrównanie pływaka.



#### **OSTRZEŻENIE: Ważne aspekty montażu przepływomierza o zmiennym przekroju przepływu**

- Pływak może wypaść lub ulec uszkodzeniu: ostrożnie odkręcać śrubunki.
- Rurka pomiarowa i pływak powinny być czyste i wolne od ciał obcych.
- Należy usunąć zaślepki ochronne i zabezpieczenia transportowe.
- Rurociągi powinny być połączone koncentrycznie i zmontowane bez żadnych naprężeń mechanicznych.
- Przepływ powinien biec się z dołu do góry.
- Instalacja musi być wypłukana i wolna od ciał obcych oraz substancji szkodliwych.
- Drgania rurociągu powinny być odizolowane od przepływomierza za pomocą odpowiednich akcesoriów i metod montażu.
- Ciśnienie czynnika musi być wystarczające do pokonania strat ciśnienia na pływaku.



#### **OSTRZEŻENIE: Cechy szczególne pomiaru przepływu gazu w przepływomierzu o zmiennym przekroju przepływu**

- Za przyrządem trzeba zamontować zawory, gdy  $p > 1$  bar i zazwyczaj przed przyrządem, gdy  $p = 1$  bar.
- Zamontować zawór regulacyjny bezpośrednio za przyrządem pomiarowym, aby zapobiec drganiom ściskającym podczas pomiaru.
- Aby uniknąć błędnych pomiarów, układ powinien być taki, aby ciśnienie robocze w przepływomierzu odpowiadało skalibrowanemu ciśnieniu odniesienia.

## 2.10 Dobór czujnika pH i ORP

### 2.10.1 Budowa czujników pH i ORP

#### 2.10.1.1 Pomiar odczynu pH

Czujnik pH jest przyrządem służącym do pomiaru stopnia kwasowości lub zasadowości (odczynu) roztworu, określanych również jako odczyn pH, mierzony w skali od 0 do 14.

Odczyn pH definiuje się jako ujemny logarytm aktywności jonów wodorowych, zgodnie z następującym wzorem:

$$pH = \log\left(\frac{1}{[H^+]}\right)$$

gdzie:

[H<sup>+</sup>] oznacza stężenie jonów wodorowych (mol/l)

Wartość pH jest wyrazem stosunku [H<sup>+</sup>] do [OH<sup>-</sup>], czyli stężenia jonów wodorotlenkowych.

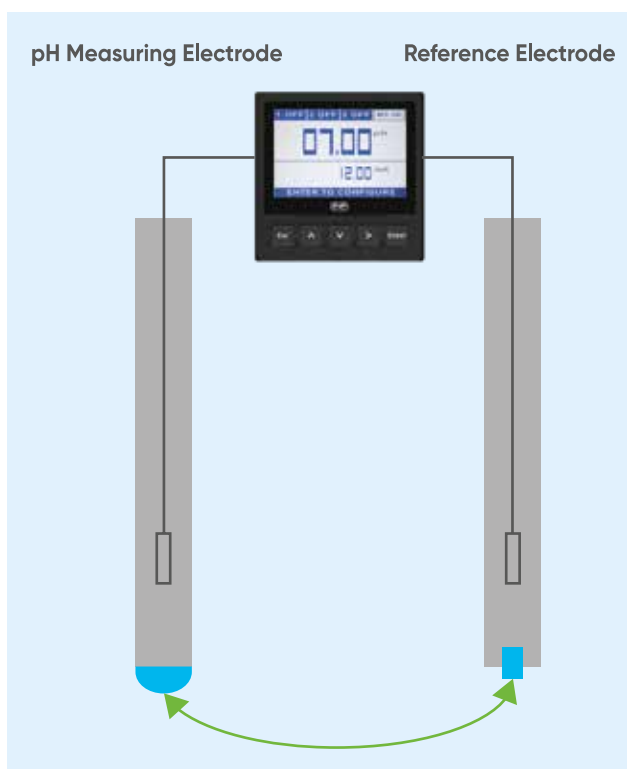
Dlatego jeśli [H<sup>+</sup>] jest większe niż [OH<sup>-</sup>], roztwór jest kwaśny. Zatem w przeciwnym przypadku, jeśli [OH<sup>-</sup>] jest większy niż [H<sup>+</sup>], roztwór jest zasadowy.

Przy pH 7 stosunek [H<sup>+</sup>] do [OH<sup>-</sup>] jest równy, a zatem roztwór jest obojętny.

Pomiar odczynu PH metodą potencjometryczną polega na zastosowaniu elektrody zdolnej do pomiaru stężenia jonów wodorowych.

Dlatego układ pomiaru odczynu pH składa się z trzech części, jak pokazano na poniższym rysunku:

- elektroda do pomiaru pH, wyposażona w bańkę szklaną wrażliwą na jony wodoru,
- elektroda odniesienia, nie jest wrażliwa na zmiany aktywności jonów wodorowych,
- miernik o wysokiej impedancji wejściowej.



Opis charakterystyki elektrody można przedstawić równaniem Nernsta z 1889 roku:

$$E_p = E_0 - \left(\frac{2,3 \cdot R \cdot T}{n \cdot F}\right) \cdot \log a$$

gdzie:

$E_p$  = całkowity potencjał między dwiema elektrodami (mV)

$E_0$  = potencjał standardowy jonu

R = uniwersalna stała gazowa (J/(mol\*K))

T = temperatura (K)

n = ładunek jonu

F = stała Faradaya (C/mol)

a = aktywność jonu

Cały człon  $(2,3 \cdot R \cdot T)/(n \cdot F)$  nazywany jest współczynnikiem Nernsta, lub współczynnikiem nachylenia: człon ten określa wielkość zmiany w całkowitym potencjale dla każdej dziesięciokrotnej zmiany w stężeniu jonów.

Dla aktywności jonów wodorowych, gdzie  $n = 1$ , współczynnik Nernsta wynosi 59,16 mV na każdą dziesięciokrotną zmianę aktywności w temperaturze 25°C.

Oznacza to, że na każdą zmianę jednostki pH, całkowity potencjał zmieni się o 59,16 mV w temperaturze 25°C.

Jak widać na kolejnym rysunku, roztwory zasadowe dają sygnał ujemny (-mV), roztwory kwaśne – sygnał dodatni (+mV), zaś pH 7 odpowiada 0 mV.

KWAS							pH	ZASADA						
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
+414	-355	+296	+237	+177	+118	+59	00	-59	-118	-177	-237	-296	-355	-414
mV														

Elektrody pomiarowa i odniesienia mogą mieć dwie postaci: dwie fizycznie oddzielone elektrody, jak pokazano na poprzednim rysunku, lub połączone razem w jednym korpusie, zwanym elektrodą kombinowaną.

Kombinowana elektroda pH oznacza elektrodę składającą się z dwóch półogniw: elektrody pomiarowej i elektrody odniesienia, z częścią wrażliwą na pH odpowiadającą cienkiej szklanej membranie wrażliwej na jony  $[H^+]$ .

Zazwyczaj składa się z zewnętrznej rurki zawierającej drut srebrny, chlorek srebra i elektrolit, które działają jako elektroda odniesienia, oraz wewnętrznej rurki, która działa jako elektroda pomiarowa, która zawiera drut srebrny, chlorek srebra i roztwór buforowy.

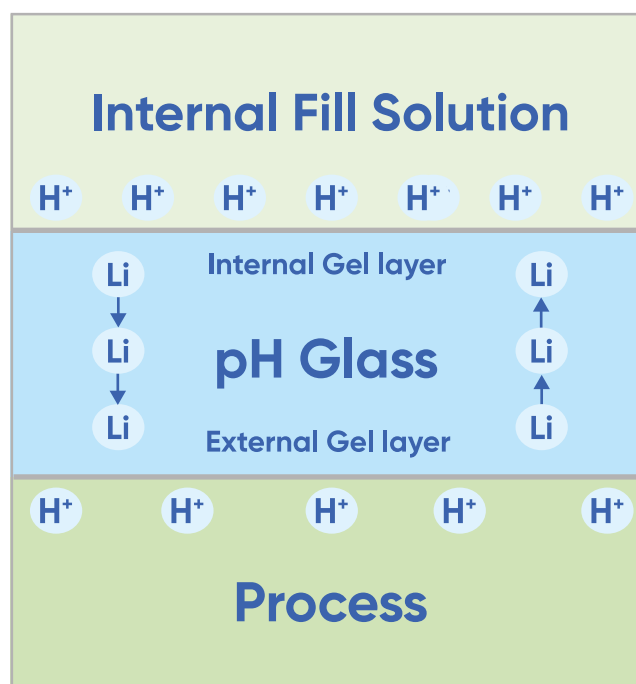
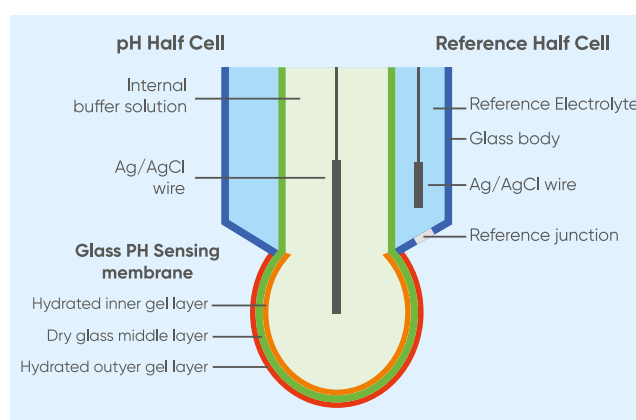
Rurka wewnętrzna styka się z roztworem mierzonej próbki poprzez cienką szklaną membranę umieszczoną na jej końcu, natomiast rurka zewnętrzna styka się z roztworem mierzonej próbki poprzez porowatą membranę, która działa jak mostek solny.

Na zewnętrznej i wewnętrznej powierzchni cienkiej szklanej membrany zachodzi wymiana pomiędzy jonami litowymi szkła i jonami  $[H^+]$  roztworów, z którymi te powierzchnie się stykają.

Wewnętrzna strona styka się z buforowanym roztworem o znanym odczynie pH i jest fizycznie odizolowana od środowiska zewnętrznego – zewnętrzna strona styka się z badanym roztworem:

- jeśli roztwór jest kwaśny, nastąpi nagromadzenie jonów  $[H^+]$  na powierzchniowej warstwie membrany,
- jeśli roztwór jest zasadowy, nastąpi zubożenie jonów  $[H^+]$  na powierzchniowej warstwie membrany.

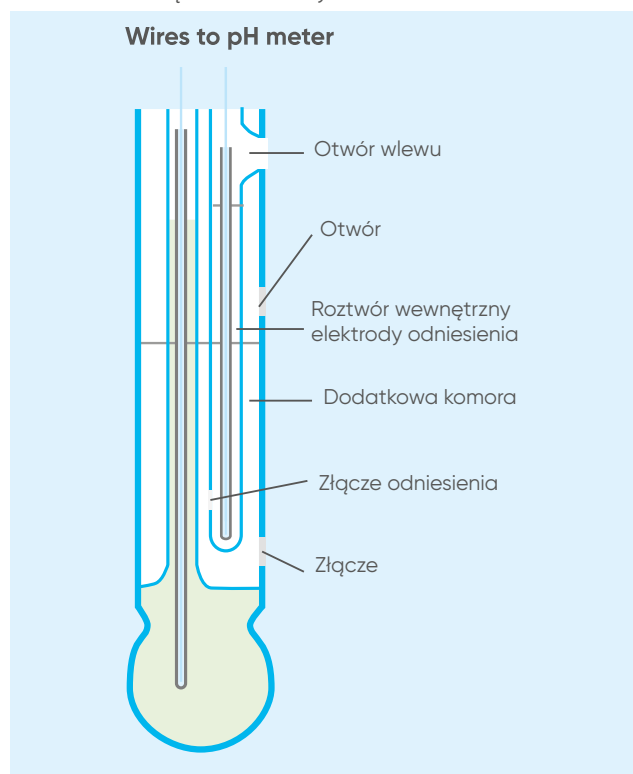
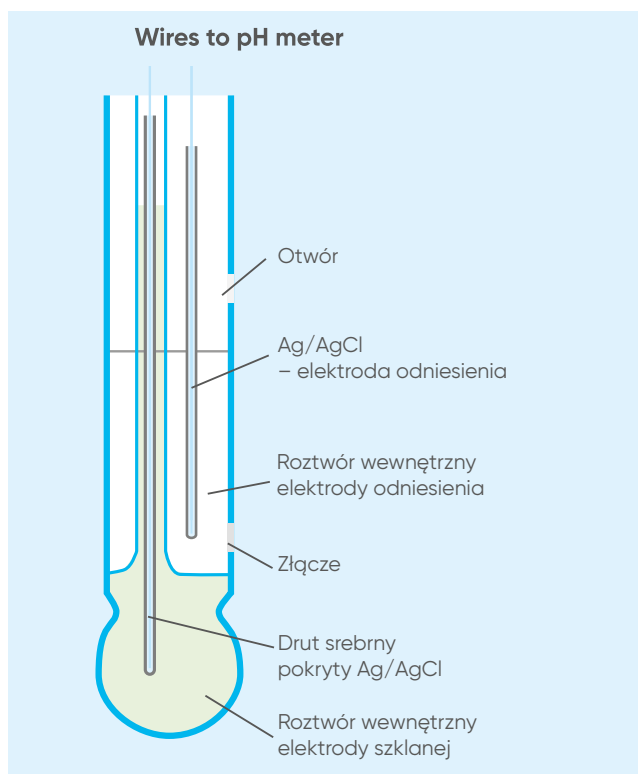
Potencjał elektryczny rejestrowany przez elektrodę jest wynikiem nierównowagi pomiędzy jonami  $[H^+]$  obecnymi na wewnętrznej i zewnętrznej warstwie membrany.



Elektroda odniesienia może być wykonana na dwa sposoby:

1) ze złączem pojedynczym: do zastosowań ogólnych – nadaje się, gdy anion chlorkowy i kation srebra nie dają niepożądaną reakcji.

2) o złączu podwójnym: zalecana, gdy ważne jest, aby mieć dodatkową barierę chroniącą roztwór odniesienia przed zanieczyszczeniami od siarczków, białek czy metali ciężkich. Elektrody te mają dodatkowy mostek solny, aby zapobiec reakcjom pomiędzy roztworem elektrody a próbką, które w przeciwnym razie spowodowałyby uszkodzenie złącza elektrody.



### Wpływ temperatury na odczyn pH

Temperatura wpływa na pomiar odczynu pH w dwojaki sposób:

- Wraz ze zmianą temperatury roztworu zmienia się również wartość pH, ze względu na zmiany stałych dysocjacji jonów w mierzonym roztworze. Istniejąca aparatura nie jest w stanie tego uwzględnić, ponieważ stałe dysocjacji różnią się w zależności od roztworu.
- Ponieważ szklana elektroda pomiarowa jest przewodnikiem jonowym, opór szkła będzie się zmieniał wraz ze zmianą temperatury roztworu. Dzieje się tak dlatego, że napięcie wyjściowe szklanej elektrody pH w miliwoltach zmienia się w zależności od temperatury – zgodnie z równaniem Nernsta.

W szczególności, wraz ze wzrostem temperatury wzrasta napięcie wyjściowe w miliwoltach – przykład:

- w temperaturze 25°C nachylenie sygnału elektrody pH wynosi 59,16 mV/jednostkę pH,
- w temperaturze 0°C nachylenie sygnału elektrody pH wynosi 54,2 mV/jednostkę pH,
- w temperaturze 50°C nachylenie sygnału elektrody pH wynosi 64,1 mV/jednostkę pH,

Ta zmiana może być skompensowana w pH-metrze – w rzeczywistości ta liniowa funkcja dla temperatury i zmiany pH może być wyrażona następująco:

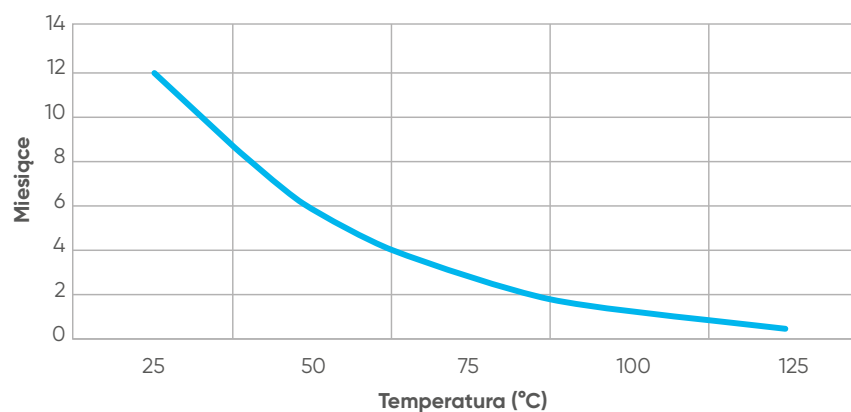
Błąd 0,003 pH na jednostkę pH i co jeden stopień Celsjusza.

Podsumowując, należy pamiętać, że wzrost temperatury wpływa na żywotność elektrody pH.

Żywotność typowej elektrody pH wynosi około 12-18 miesięcy, ale skraca się o 50% na każde 25°C wzrostu temperatury pracy, jak pokazano na następnym wykresie.

Podsumowując, należy pamiętać, że wzrost temperatury wpływa na żywotność elektrody pH.

Żywotność typowej elektrody pH wynosi około 12-18 miesięcy, ale skraca się o 50% na każde 25°C wzrostu temperatury pracy, jak pokazano na następnym wykresie.



Sugeruje się, aby ograniczyć ten problem poprzez zastosowanie chłodzenia lub wykonywanie pomiarów okresowych zamiast ciągłych – w ten sposób elektroda będzie mniej narażona na zmiany temperatury.

### PRZYKŁAD PRAKTYCZNY

Przykładowo jeśli układ pH jest standaryzowany w buforze pH 7 w temperaturze 25°C, to w temperaturze 75°C nieskompensowany system pH będzie dawał odczyt 4,45 pH, ponieważ:

$$0,003 * (7\text{pH} - 4\text{pH}) * (75^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 0,45$$

### 2.10.1.2 Pomiar ORP

ORP (Oxidation-Reduction Potential), czyli potencjał redoks, jest miarą, w miliwoltach, skłonności substancji chemicznej lub roztworu do utleniania lub redukcji innej substancji chemicznej.

Utlenianie to utrata elektronów przez atom, cząsteczkę lub jon, podczas gdy redukcja to zysk netto elektronów.

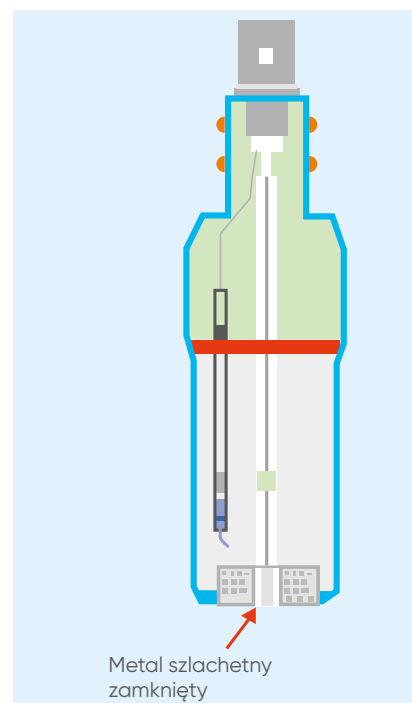
Czujnik ORP składa się z elektrody ORP i elektrody odniesienia, podobnie jak w pomiarze odczynu pH.

Zasada pomiaru opiera się o elektrodę z obojętnego metalu (platyny lub złota), która ze względu na swoją niską rezystancję będzie oddawać elektrony utleniaczowi lub przyjmować elektrony od reduktora.

Elektroda ORP będzie przyjmowała lub odpowiednio oddawała elektrony, aż do osiągnięcia potencjału – od nagromadzonego ładunku – który jest równy ORP roztworu.

Dla elektrody odniesienia obowiązują te same zasady, co dla elektrody odniesienia do pomiaru pH.

Zdjęcie przedstawia przykładowy układ pomiaru ORP.



### 2.10.1.3 Elektrody pH/ORP

W zależności od zastosowań i głównych cech, wyróżnia się cztery różne grupy czujników pH i ORP:

#### Elektroda bańkowa z korpusem epoksydowym

Ta linia elektrod została zaprojektowana z myślą o opłacalności przelotowego lub zanurzeniowego pomiaru z szerokim zakresem zastosowań.

Dostępne są modele ze złączem pojedynczym lub podwójnym, które mogą być stosowane w temperaturze do 60°C. Ponadto, w celu automatycznej kompensacji temperatury, dostępny jest wariant czujnika pH z wbudowanym czujnikiem temperatury.

Dzięki wysokiej odporności chemicznej tego tworzywa, elektrody epoksydowe nadają się do następujących zastosowań:

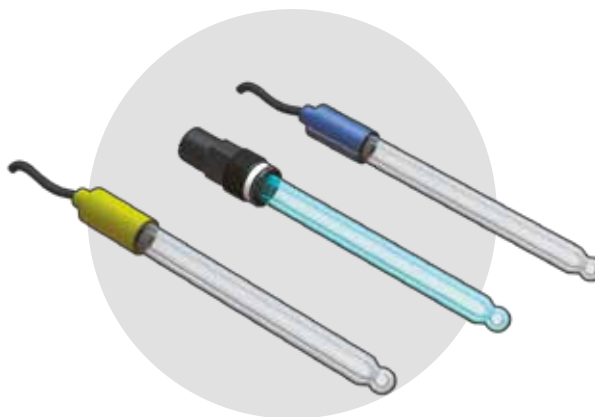
- Uzdatnianie wody.
- Systemy neutralizacji.
- Kontrola jakości wody.
- Baseny i uzdrowiska.
- Akwakultura.
- Rolnictwo i systemy nawożenia.
- Regulacja procesów.



#### Elektroda bańkowa z korpusem szklanym

Elektrody z korpusem szklanym są czujnikami o wysokiej wydajności i zostały zaprojektowane do szerokiego zakresu zastosowań:

- Uzdatnianie wody.
- Systemy neutralizacji.
- Kontrola jakości wody.
- Regulacja procesów.
- Rolnictwo i systemy nawożenia.
- Galwanizernie i garbarnie.
- Wieże chłodnicze i płuczki.



Złącze ceramiczne gwarantuje wysoką wydajność pod względem ciśnienia i temperatury (do 130°C). Nie są zalecane do szybkich przepływów.

W zależności od wymagań zastosowania, dostępne są różne typy złączy ceramicznych: pierścieniowe o krótszym czasie reakcji lub z trzema membranami dla wyższego ciśnienia. Ponadto złącze podwójne zapobiega zanieczyszczeniu roztworu wzorcowego, co daje długi okres użytkowania.

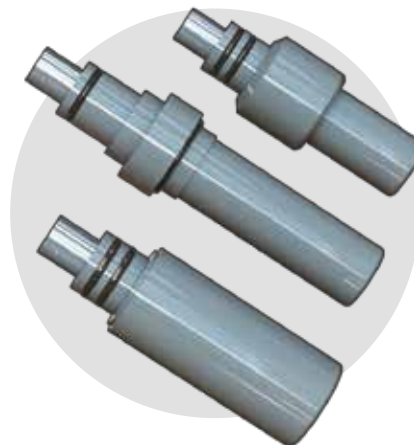
### Elektroda płaska z korpusem CPVC

Jest to wytrzymała wersja tradycyjnych elektrod płaskich z ulepszonym efektem samoczyszczenia: dzięki płaskiej powierzchni czołowej, zanieczyszczona ciecz przechodzi bez zatrzymywania się w pobliżu powierzchni elektrody i nie zanieczyszcza jej. Sugerowana jest również do szybkich przepływów.

Wewnątrz korpusu elektrody znajduje się uszczelnione, wypełnione żelazem podwójne złącze: taka budowa tworzy dodatkową barierę przed zanieczyszczeniem po stronie odniesienia i pozwala na stosowanie elektrod w trudnych warunkach, przedłużając ich żywotność.

Są one używane w wielu zastosowaniach, m.in.:

- Oczyszczanie wody i ścieków.
- Wstępne chlorowanie i odchlorowanie.
- Systemy neutralizacji.
- Kontrola jakości wody.
- Oczyszczanie ozonem.
- Wieże chłodnicze.
- Instalacje kotłów.
- Produkcja wybielaczy.
- Wybielanie masy papierniczej.
- Akwakultura.
- Procesy barwienia tkanin.



### Elektroda płaska z korpusem Ryton

Elektroda ta wyróżnia się masywnym korpusem z tworzywa Ryton, połączonym z płaską powierzchnią samoczyszczącą, dzięki czemu może być stosowana przy szybkim przepływie i silnym zanieczyszczeniu cieczy; ma też wbudowany czujnik temperatury.

Duży rozmiar złącza poprawia wydajność w obecności zawiesiny ciał stałych.

Jest ona sugerowana do tych zastosowań:

- Przemysł przetwórczy i wytwórczy.
- Przetwórstwo chemiczne.
- Procesy uzdatniania wody.
- Procesy chłodnicze.
- Procesy ogrzewania.



## 2.10.2 Montaż czujników pH i ORP

Istnieją trzy sposoby montażu elektrody pH/ORP – pod tym względem dzielimy czujniki na:

- czujniki przelotowe,
- czujniki zanurzeniowe,
- czujniki montowane pod ciśnieniem.

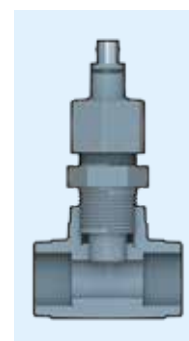
### 2.10.2.1 Wytyczne dla montażu

#### Montaż przelotowy

Montaż przelotowy jest możliwy w przypadku wszystkich rodzin czujników pH/ORP i jest zalecany do stosowania w rurach od DN15 do DN100.

W szczególności przy montażu w małych rurach należy zwrócić uwagę, aby szkło elektrody pH nie stykało się z powierzchnią rury.

Elektrody pH/ORP mogą być montowane pod kątem maksymalnie 30° od pionu, upewniając się, że czujnik jest całkowicie w kontakcie z mierzonym roztworem.

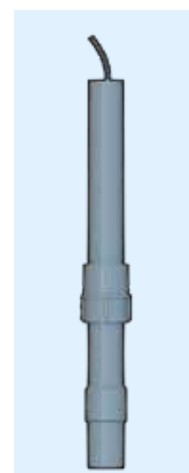


#### Montaż zanurzeniowy

Montaż zanurzeniowy jest możliwy w przypadku elektrod bańkowych z korpusem epoksydowym oraz dla elektrody o płaskiej powierzchni z korpusem z C-PVC.

Elektroda powinna być zamontowana w pobliżu wylotu zbiornika, z dala od miejsc jego napełniania, celem pomiaru reprezentatywnego roztworu.

Czujnik powinien znajdować się poniżej poziomu odpływu, aby zapobiec wysychaniu elektrody.

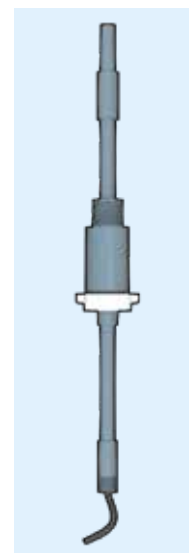


#### Montaż pod ciśnieniem

Montaż pod ciśnieniem jest możliwy tylko dla specjalnej wersji elektrody z płaską powierzchnią, w korpusie CPVC (PH655CD, ORP655CD).

Montaż pod ciśnieniem może być korzystny w przypadku, gdy dane zastosowanie wymaga ustawienia elektrody innego niż standardowo pod kątem 30° od pionu, jak również w przypadku przewodów, gdzie nie ma możliwości redukcji ciśnienia na czas czynności konserwacyjnych.

Montaż pod ciśnieniem może również rozwiązać problem z wykonaniem montażu przelotowego na rurach większych niż DN100.





## 2.10.2.2 Wytyczne eksploatacyjne

### Przechowywanie

Jeśli pomiary pH wykonywane są rzadko, np. w odstępie kilku dni lub tygodni, elektrodę można przechowywać w butelce z roztworem do wymaczania, zabezpieczoną korkiem ochronnym.

Jeśli roztwór do przechowywania w butelce do wymaczania jest przeterminowany lub wyschnięty, zaleca się bufor 3M KCl lub o pH 4.

### Pielęgnacja i czyszczenie

Powłoki obce na powierzchni pomiarowej elektrody mogą prowadzić do błędnych odczytów, w tym zawężenia zakresu pomiarowego i wydłużenia czasu reakcji.

Oczywiście, technika czyszczenia zależy od rodzaju powłoki obcej:

- Miękkie powłoki można usunąć poprzez energiczne mieszanie, za pomocą atomizera lub – bardzo ostrożnie – delikatnie przecierając miękkim i czystym papierem nieściernym lub ściereczką.
- Nie należy używać szczołek ani środków czyszczących o właściwościach ściernych na szkło elektrody pH.
- Twarde powłoki należy usuwać chemicznie: środek chemiczny do usuwania powłoki powinien być najmniej agresywnym środkiem chemicznym, który jednocześnie rozpuszcza powłokę w ciągu 1 lub 2 minut i nie szkodzi materiałowi wykonania.

Bezwzględnie nie wolno ścierać ani szlifować powierzchni elektrody pH. W przypadku czujnika ORP w szczególności, elektroda może być delikatnie przetrarta ścierniwem P600 na mokro papierem krzemowo-węglkowym, szmatką jubilerską lub bardzo drobną wełną stalową, lecz przede wszystkim należy najpierw sprawdzić skuteczność czyszczenia chemicznego.

### Regeneracja

W przypadku konieczności regeneracji elektrody z powodu jej starzenia, sugeruje się zastosować poniższe metody chemiczne, przedstawionych w kolejności odpowiadającej nasileniu szkodliwego działania na szkło elektrody pH. Jednakże metody te mogą nie poprawić parametrów elektrody (a w niektórych przypadkach mogą je wręcz pogorszyć).

- Zanurzyć końcówkę elektrody w 0,1 M HCl na 15 sekund, wypłukać w wodzie bieżącej, a następnie zanurzyć końcówkę w 0,1 M NaOH na 15 sekund i wypłukać w wodzie bieżącej.

Powtórzyć czynność trzy razy, a następnie ponownie sprawdzić działanie elektrody.

Jeśli wydajność nie została przywrócona, należy wypróbować niższą czynność.

- Zanurzyć końcówkę w 20% roztworze difluorku amonu na 2-3 minuty, wypłukać w wodzie bieżącej i ponownie sprawdzić wydajność.

Jeśli wydajność nie została przywrócona, należy wypróbować niższą czynność.

- Zanurzyć końcówkę elektrody w 5% HF na 10-15 sekund, dobrze wypłukać w wodzie bieżącej, szybko wypłukać w 5 M HCl, dobrze wypłukać w wodzie bieżącej i ponownie sprawdzić wydajność.

Jeśli wydajność nie została przywrócona, należy użyć innej elektrody pH.

W przypadku czujnika ORP sugeruje się czyszczenie powierzchni metalowych za pomocą łagodnego środka ściernego, np. pasty do zębów lub bardzo drobnego proszku do szorowania.



### OSTRZEŻENIE

Należy podjąć stosowne środki ostrożności podczas pracy z wymienionymi powyżej niebezpiecznymi substancjami chemicznymi.

Difluorek amonu i kwas fluorowodorowy są bardzo niebezpieczne i powinny być używane wyłącznie przez osoby wykwalifikowane.

### Kalibracja

Kalibracja jest podstawą dla osiągnięcia dobrej dokładności i wiarygodnych pomiarów.

Częstotliwość kalibracji jest funkcją elektrody, pehametru i roztworów, na których działanie elektroda jest wystawiona. Ponadto częstotliwość ta jest skorelowana z temperaturą zastosowania oraz z tym, jak bardzo krytyczny jest pomiar. Automatyczna kalibracja z wartością standardową buforu (pH 7, pH 4, pH 10) może służyć do celów ogólnych.

Należy wziąć pod uwagę, że bufor pH 10 jest mniej stabilny niż bufor pH 4, ponieważ można w nim rozpuścić CO<sub>2</sub>, dlatego w przypadku, gdy ta sama butla z buforem jest używana do kilku kalibracji, lepiej wybrać pH 4.

Trzeba pamiętać, aby wyczyścić elektrodę w wodzie przed zanurzeniem jej w każdym kolejnym buforze, aby uniknąć zanieczyszczenia krzyżowego buforów. W przypadku, gdy konieczna jest większa precyzja przy stałej wartości, można zastosować kalibrację ręczną z użyciem buforów wokół wartości oczekiwanej.

## 2.11 Dobór czujnika przewodności

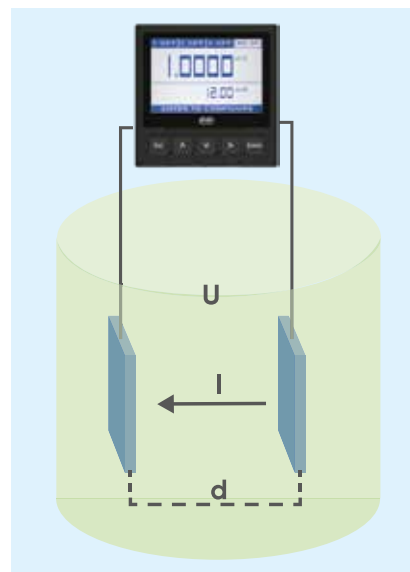
### 2.11.1 Budowa czujnika przewodności

#### 2.11.1.1 Pomiar przewodności

Przewodność to zdolność roztworu elektrolitu do przewodzenia prądu elektrycznego. Prąd ten jest przewodzony przez kationy i aniony. Jednostką przewodności w układzie SI jest siemens na metr (S/m) i wyznaczana jest dla temperatury 25°C.

To, jak dobrze roztwór przewodzi prąd zależy od kilku czynników, m.in. stężenia roztworu, ruchliwości i walencji jonów oraz temperatury.

Przewodność jest mierzona poprzez doprowadzenie napięcia przyłożonego (U) do dwóch elektrod zanurzonych w roztworze, jedna w pewnej odległości od drugiej (d). Podczas tego procesu kationy przechodzą do elektrody ujemnej, aniony do dodatniej, a roztwór działa jak przewodnik elektryczny. W ten sposób można zmierzyć powstały prąd (I) oraz przewodność lub rezystywność.



Ponadto, aby obliczyć przewodność, trzeba wiedzieć, czym jest stała naczynka. Jest to stosunek odległości (d) między elektrodami do powierzchni (S) elektrod, co opisuje poniższe równanie:

$$K = \frac{d}{S}$$

gdzie:

K = stała naczynka (m<sup>-1</sup>)

d = odległość między elektrodami (m)

S = powierzchnia elektrod (m<sup>2</sup>)

Dlatego też przewodność można wyrazić jako:

$$k = \frac{d}{S} * \frac{1}{R}$$

gdzie:

k = przewodność (S/m)

d = odległość między elektrodami (m)

S = powierzchnia elektrod (m<sup>2</sup>)

R = rezystancja (om = 1/S)

Stała naczynka ma zasadnicze znaczenie dla obliczeń przewodności, ponieważ bezpośrednio wpływa na czułość i dokładność pomiaru.

Niższe stałe naczynka są niezbędne celem uzyskania dobrego sygnału dla urządzenia pomiarowego dla próbek o niskiej przewodności (a więc o wysokiej rezystywności). W analogiczny sposób wyższe stałe komórkowe są niezbędne do pomiaru próbek o wysokiej przewodności (a więc o niskiej rezystywności). Przyrząd pomiarowy musi znać dokładną stałą naczynka podłączonego czujnika i odpowiednio znormalizować odczyt.

Dla przykładu, poniższa tabela przedstawia niektóre wartości stałej naczynka w zależności od zakresu pracy czujnika i zastosowania.

Stała naczynka (K)	0,01	0,1	1	10
<b>Zakres roboczy</b>	0,055 μS – 200 μS	0,1 μS – 2000 μS Optymalnie: 0,5–200 μS	1 μS – 20000 μS Optymalnie: 5–10000 μS	10 μS – 200000 μS Optymalnie: 0,5–200 mS
<b>Zastosowania</b>	Woda ultraczysta	Woda dejonizowana i destylowana	Woda destylowana, woda wodociągowa, wieże chłodnicze	Ścieki, woda morską

### Wpływ temperatury na przewodność

Temperatura ma znaczący wpływ na przewodność.

Ogólnie rzecz biorąc, wzrost temperatury roztworu powoduje zmniejszenie jego lepkości oraz wzrost ruchliwości i liczby jonów w roztworze na skutek dysocjacji cząsteczek.

Ponieważ przewodność roztworu jest zależna od tych czynników, wzrost temperatury roztworu prowadzi do wzrostu jego przewodności.

Przy niskich stężeniach jonów, np. w bardzo czystej wodzie, jonizacja wody daje kilka jonów przewodzących: proces ten jest zależny od temperatury, a zatem przewodność zależy od temperatury.

Zależność ta jest zwykle wyrażana jako względna zmiana na stopień Celsjusza w określonej temperaturze, zwanej temperaturą odniesienia, zwykle odpowiadającej 25°C, 20°C lub 18°C.

Szybkość, z jaką wzrasta przewodność roztworu, nazywana jest temperaturowym współczynnikiem zmienności lub współczynnikiem kompensacji temperaturowej.

Współczynnik zmienności jest różny dla każdego rozpuszczalnika lub mieszaniny – wybrane wartości dla konkretnych cieczy można znaleźć w poniższej tabeli. Podczas odczytywania przewodności w wysokich i niskich temperaturach, dane są zwykle normalizowane do 25°C.

Roztwór	Współczynnik zmienności temperatury %/°C przy 25°C
Woda ultraczysta	5,5
NaOH 5%	2,01
NaOH 30%	4,50
HCl 5%	1,58
HCl 30%	1,52
KCl 5%	2,01
KCl 20%	1,68
Woda słodka	ok. 2,0

Z tych danych jasno wynika, że niewielka różnica w temperaturze daje dużą różnicę w przewodności, zaś efekt ten jest bardzo niedogodny, gdy potrzebna jest duża dokładność.

### 2.11.2.1 Elektrody konduktometryczne

W zależności od zastosowań i głównych cech, wyróżnia się trzy różne grupy czujników konduktometrycznych (przewodności):

#### Czujnik grafitowy lub platynowy

Czujniki przewodności mają grafitowe lub platynowe elektrody dające wysoką rozdzielczość, zaś korpus wykonany z żywicy epoksydowej gwarantuje wysoką odporność i niezawodność.

Są one w stanie dać dokładny pomiar o wysokiej rozdzielczości, również dzięki dołączonemu czujnikowi temperatury, połączonemu ze wskaźnikiem funkcji ATC (automatycznej kompensacji temperatury).

Elektrody są ponadto skutecznie chronione, więc jest mało prawdopodobne, aby naczynko stałe zostało uszkodzone ciałami stałymi. Dostępne są trzy stałe naczynka (0,1, 1, 10), dobierane w zależności od częstotliwości użycia.

Mogą być używane do pomiarów laboratoryjnych i przemysłowych na czystych cieczach:

- Zatężanie substancji chemicznych.
- Przemysł spożywczy.
- Produkcja pary.
- Obróbka metali i górnictwo.
- Przemysł tekstylny.
- Przemysł celulozowo-papierowy.
- Uzdatnianie wody.
- Odwrócona osmoza.
- Dejonizacja.
- Destylacja.
- Akwakultura.



#### Czujnik przewodności ze stali nierdzewnej

Czujniki ze stali nierdzewnej obejmują dwie różne serie.

Seria C100 jest w szczególności przeznaczona dla rolnictwa i zastosowań w przemyśle lekkim oraz zanieczyszczonych płynów, gdzie warunki próbek pozwalają na użycie stali. Stosuje się go na przykład w warunkach w których może dochodzić do niedrożności:

- Uzdatnianie wody.
- Przemysł spożywczy.
- Instalacje rolnicze.
- Kotły elektrociepłownicze.

Czujniki tego typu wyróżniają się szczególnie korzystnym stosunkiem kosztów do wydajności.

Połączenie czujnika temperatury z funkcją ATC (automatycznej kompensacji temperatury) wskaźnika umożliwia uzyskanie dokładnego pomiaru. Szeroki wybór stałych naczynek gwarantuje dostępność najlepszych produktów dla niezliczonej ilości specyficznych zastosowań.

Seria C300 z kolei została zaprojektowana do kontrolowania wody ultraczystej, z certyfikowaną stałą naczynek 0,01 i do kontrolowania ścieków ze stałą naczynekową 10.



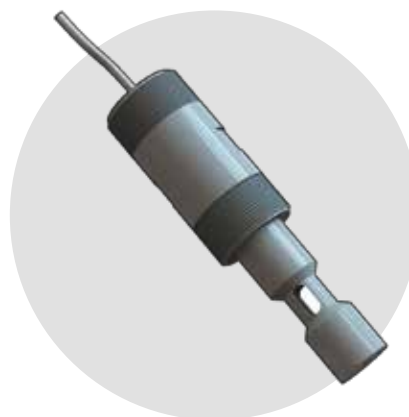
### Indukcyjny przetwornik przewodności

Indukcyjny przetwornik przewodności składa się z urządzenia wyjściowego 4–20 mA zintegrowanego z indukcyjnym czujnikiem przewodności. Ten typ technologii pomiarowej umożliwia szeroki zakres zastosowań, szczególnie do pomiaru wysokich wartości przewodności (od 10 mS do 1000 mS) w agresywnych cieczach, gdzie element z C-PVC jest jedynym zwilżanym materiałem).

Ponieważ żadna z elektrod nie jest w bezpośrednim kontakcie z cieczą, gwarantowany jest niezawodny i stabilny pomiar przez długi czas pracy. Odpowiedni układ automatycznej kompensacji temperatury (ATC) wbudowano w korpus przyrządu.

Przeznaczony jest głównie do poniższych zastosowań:

- Oczyszczanie wody i ścieków.
- Wieże chłodnicze.
- Instalacje płuczek.



## 2.11.2 Montaż czujnika przewodności

Czujnik przewodności można zamontować na dwa sposoby, stąd wyróżnia się:

- czujniki przelotowe,
- czujniki zanurzeniowe.

### 2.11.2.1 Wytyczne dla montażu

#### Montaż przelotowy

Montaż przelotowy jest możliwy dla każdego czujnika przewodności.

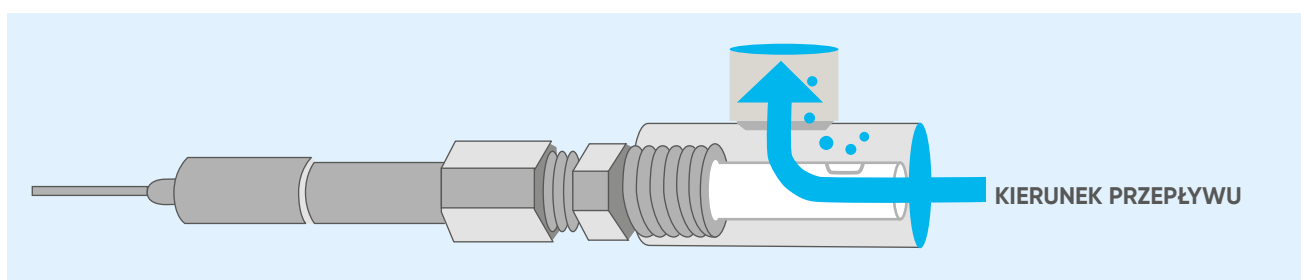
W szczególności można wykonać dwa różne typy montażu przelotowego:

- Pionowo na prostym odcinku rurociągu za pomocą odpowiedniego trójnika – montaż ten wymaga umieszczenie czujnika od dołu (lub przynajmniej pod kątem 45° od tego położenia), ponieważ położenie to chroni przed zatorami powietrza.
- Przez boczny króciec trójnika – ten sposób montażu jest zalecany, ponieważ ogranicza do minimum zatrzymywanie pęcherzy powietrza i daje najlepsze ciągłe próbkowanie cieczy.

Zawsze konieczne jest, aby elektrody czujnika były w pełni zanurzone w reprezentatywnym roztworze, nie zaś w martwej objętości.

Czujniki przewodności mogą pracować prawidłowo w każdym kierunku.

Przykład montażu przelotowego zilustrowano na kolejnym rysunku.

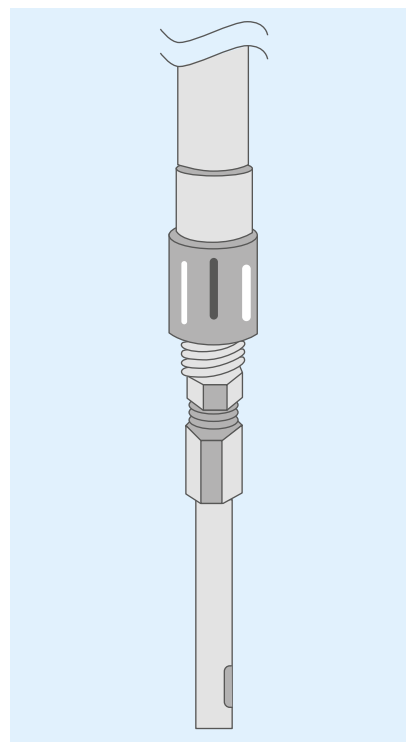


### Montaż zanurzeniowy

Montaż zanurzeniowy jest możliwy dla rodziny grafitowych lub platynowych czujników przewodności.

Czujnik powinien być zamontowany w pobliżu wylotu zbiornika, z dala od miejsc jego napełniania, celem pomiaru reprezentatywnego roztworu.

Poniższa ilustracja przedstawia przykład montażu zanurzeniowego.



## 2.11.2.2 Wytyczne eksploatacyjne

### Pielęgnacja i czyszczenie

Wszystkie czujniki przewodności mogą być czyszczone delikatnym detergentem – ponadto rodziny czujników grafitowych i platynowych mogą być czyszczone 5% roztworem HCl.

Nie należy szlifować ani ścierać powierzchni elektrod, ponieważ zabieg ten zmienia właściwości powierzchni i daje błędne odczyty.

W każdym przypadku można zastosować każdy roztwór kompatybilny z materiałem wykonania elektrod i korpusu czujnika.

### Kalibracja

Kalibracja jest podstawą dla osiągnięcia dobrej dokładności i wiarygodnych pomiarów.

Częstotliwość kalibracji jest funkcją czujnika, roztworów, które mają być mierzone i jest skorelowana z tym, jak bardzo krytyczny jest pomiar.

Należy zwrócić uwagę, czy podczas kalibracji nie występują pęcherzyki powietrza, gdyż może to dać błędne odczyty.

Ponieważ temperatura ma duży wpływ na pomiar przewodności, należy zwrócić uwagę na:

- temperaturę odniesienia (powinna być taka sama dla monitora i dla roztworu kalibracyjnego),
- kompensację temperatury – w szczególności, jeśli jest ona włączona, należy przyjąć wartość przewodności roztworu kalibracyjnego w temperaturze odniesienia. Jeśli nie jest włączona, sugeruje się użyć wartości przewodności roztworu kalibracyjnego w temperaturze roztworu kalibracyjnego,
- współczynnika kompensacji temperatury – trzeba sprawdzić, czy jest on właściwy dla kalibracji i dla mierzonego roztworu.









### 3. Wytyczne dla montażu 194

#### 3.1 Technologie łączenia 194

3.1.1 Spawanie rozpuszczalnikowe	195
3.1.1.1 Spawanie rozpuszczalnikowe rur z UPVC	196
3.1.1.2 Spawanie rozpuszczalnikowe rur z CPVC	200
3.1.1.3 Spawanie rozpuszczalnikowe rur z ABS	204
3.1.2 Zgrzewanie doczołowe	210
3.1.3 Zgrzewanie mufowe	217
3.1.4 Zgrzewanie elektrooporowe	224
3.1.5 Spawanie gazowe na gorąco	228
3.1.6 Połączenia kołnierzowe	232
3.1.7 Połączenia gwintowane	239
3.1.8 Połączenia mechaniczne Straub	243

#### 3.2 Mocowanie rur i zalecenia 253

3.2.1 Rozszerzalność i kurczliwość cieplna	253
3.2.1.1 Kompensatory rurowe	252
3.2.1.2 Uskok	259
3.2.1.3 Pętle rozprężne i zmiany kierunku	259
3.2.2 Ogrzewanie przewodowe	261
3.2.3 Kotwienie rur	264
3.2.3.1 Podpory i utwierdzenia rur	265
3.2.3.2 Tabele i wykresy	267
3.2.4 Instalacje podziemne (kanały rurowe)	279

#### 3.3 Badanie rurociągów na obiektach 284

#### 3.4 Przechowywanie, przewóz i przeładunek 288

# 3. Wytyczne dla montażu

## 3.1 Technologie łączenia

Jednym z powodów, dla których coraz więcej branż budowlanych i przemysłowych sięga po żywice termoplastyczne jako rozwiązanie problemów projektowych i konstrukcyjnych rurociągów, jest duża łatwość wykonywania połączeń rur i kształtek z tworzyw termoplastycznych za pomocą różnych technik.

Ta uniwersalność, w połączeniu z innymi cechami fizykochemicznymi wymienionymi powyżej, takimi jak dobra odporność na czynniki chemiczne i obojętność na korozję elektrochemiczną, doprowadziła do obniżenia kosztów instalacji i konserwacji rur z tworzyw termoplastycznych, sprzyjając ich wykorzystaniu w zastosowaniach średnio- i długoterminowych, również względem tradycyjnych materiałów konstrukcyjnych.

W zależności od rodzaju oczekiwanego połączenia, fizycznych i mechanicznych właściwości materiału konstrukcyjnego oraz warunków użytkowania i eksploatacji, połączenie wzdłużne rur i kształtek z żywic termoplastycznych można wykonać stosując różne systemy łączenia, które często znacznie różnią się nakładami inwestycyjnymi i kosztami.

Systemy łączenia rur termoplastycznych dzielą się na dwie duże grupy – trwałe połączenia wzdłużne i rozłączne (tymczasowe) połączenia wzdłużne.

W tym rozdziale chcemy zaoferować pomoc wszystkim instalatorom, którzy po raz pierwszy mają do czynienia z montażem rur i kształtek z tworzyw termoplastycznych.

W tym celu zestawiono dane i informacje uznane za niezbędne i przydatne do wykonania prawidłowego montażu elementów z żywic termoplastycznych zgodnie z podstawowymi technikami stosowanymi obecnie w budowie rur do transportu płynów pod ciśnieniem.

### Połączenia trwałe

Systemy połączeń trwałych to wszystkie te, które wykorzystując nieodwracalny proces fizyko-chemiczny dający nierozłączne połączenia wzdłużne.

Ze względu na trwały charakter połączenia, systemy te znajdują szerokie zastosowanie tam, gdzie konieczna jest wysoka wytrzymałość mechaniczna połączenia oraz najwyższe bezpieczeństwo przy przesyłaniu niebezpiecznych lub toksycznych płynów lub substancji, które mogą być zanieczyszczone czynnikami zewnętrznymi.

Do układania rur z tworzyw termoplastycznych powszechnie stosowane są następujące systemy połączeń trwałych, które opisano w następnych rozdziałach:

- spawanie rozpuszczalnikowe,
- zgrzewanie doczołowe,
- zgrzewanie w podczerwieni,
- zgrzewanie mufowe,
- spawanie gazem na gorąco,
- zgrzewanie elektrooporowe.

Do oceny wiedzy i umiejętności praktycznych spawacza, od którego wymaga się wykonywania spawania/zgrzewania przy konstruowaniu nowych wyrobów z tworzyw sztucznych lub przy wykonywaniu ich napraw, trzeba odnieść się do normy EN 13067.

Dodatkowo, na końcu każdego rozdziału dotyczącego każdego połączenia trwałego opisano najczęstsze wady, które mogą wystąpić: szczegółowe informacje na ten temat podano w normie EN 14728.

## Połączenia rozłączne

Systemy połączeń rozłącznych to systemy, które za pomocą określonych elementów mechanicznych umożliwiają demontaż połączenia bez naruszania spójności rurociągu.

Nadają się one do zastosowań, w których konieczna jest okresowa konserwacja i kontrola rur.

W szczególności w kolejnych rozdziałach opisane są następujące systemy połączeń rozłącznych:

- połączenia z elementami kołnierzowymi,
- połączenie z elementami gwintowanymi,
- połączenia mechaniczne na złączki Straub.

### 3.1.1 Spawanie rozpuszczalnikowe

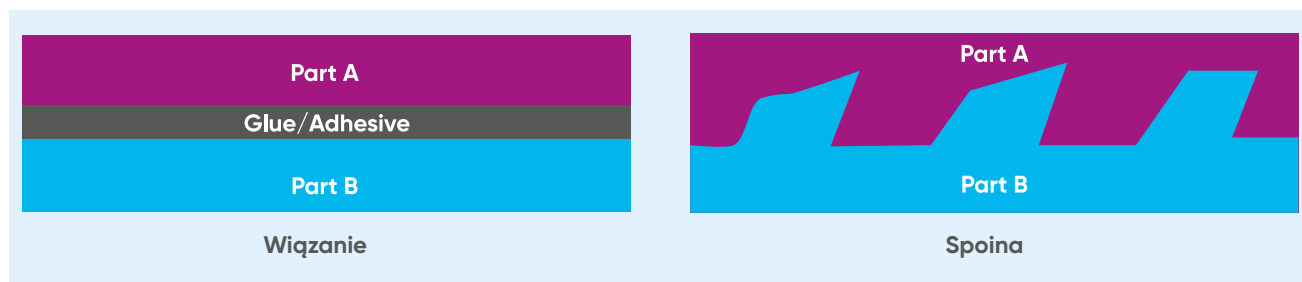
Spawanie chemiczne za pomocą rozpuszczalników jest najbardziej rozpowszechnionym systemem połączeń wzdłużnych rur, kształtek i zaworów wykonanych z UPVC, CPVC i ABS.

Pojęcia „klej” i „klej rozpuszczalnikowy” są często używane zamiennie w odniesieniu do instalacji rurowych z tworzyw termoplastycznych: na podstawowym poziomie, oba produkty dają bezpośredni cel łączenia rur i kształtek, lecz substancje te są w rzeczywistości bardzo różne.

Klej działa dzięki przyleganiu (adhezji) i kohezji. Kiedy dwa kawałki rury klejone razem, siły przylegania to te, które łączą klej z każdym z kawałków rury, zaś siła kohezji daje spójność samego kleju.

Spawanie rozpuszczalnikowe działa w zupełnie inny sposób: odbywa się przy użyciu klejów rozpuszczalnikowych uzyskanych przez rozpuszczenie polimeru CPVC, UPVC i ABS w mieszaninie. Stosowany rozpuszczalnik upłynnia ścianki rury i kształtki, umożliwiając chemiczne połączenie ich materiału składowego, a następnie jego spojenie.

Poniższy rysunek pokazuje różnicę między klejem a spawaniem rozpuszczalnikowym.



Pozwala to na uzyskanie trwałych połączeń wzdłużnych o właściwościach mechanicznych i chemicznych zbliżonych do odpowiednich właściwości łączonych rur i kształtek.

Mieszaniny należy dobierać w zależności od rodzaju żywicy termoplastycznej, która ma być spawana, ponieważ charakter rozpuszczalnika zależy od tworzywa łączzonego.

Należy również pamiętać, że wszystkie rozpuszczalniki chemiczne przeznaczone do wzdłużnego łączenia rurociągów termoplastycznych muszą być stosowane do łączenia jednorodnych rur i akcesoriów: należy bezwzględnie unikać stosowania tego samego rozpuszczalnika do spawania elementów wykonanych z różnych żywic termoplastycznych.

### 3.1.1.1 Spawanie rozpuszczalnikowe rur z UPVC

W przypadku instalacji rurociągów ze sztywnego UPVC, spawanie rozpuszczalnikowe należy uznać za bardziej powszechny system łączenia, ponieważ w połączeniu z szerokimi możliwościami łączenia z kształtkami i akcesoriami z UPVC pozwala ograniczyć zaangażowanie zasobów w fazie montażu.

Zastosowanie tej techniki łączenia wymaga użycia rur i kształtek z końcówkami kielichowymi: spawanie mufowe z użyciem rozpuszczalnika pozwala na uzyskanie połączeń o wysokim współczynniku spawania, który zachowuje niezmienny warunek odporności na ciśnienie wewnętrzne łączonych rur i kształtek.

Jeśli nie podano inaczej, klej rozpuszczalnikowy stosowany na łączonych powierzchniach musi również nadawać się do użytku z zachowaniem następujących tolerancji:

- maksymalny luz ujemny 0,2 mm,
- maksymalny luz 0,6 mm.

Poniższa tabela przedstawia wartość hydraulicznego ciśnienia próbnego, które musi być osiągnięte przez połączenia klejone zgodnie z normą ISO 15493 i współczynnikiem bezpieczeństwa 2,5.

Temperatura badania (°C)	Min. czas trwania badania (h)	Ciśnienie próbne (kg/cm <sup>2</sup> )
20	1000	0,6 x PN
60	1000	1,7 x PN

Ponieważ nie dopuszcza się możliwości bezpośredniego łączenia rur z akcesoriami wykonanymi z innych mas, spawanie rozpuszczalnikowe jest używane ze złączami rozłącznymi, takimi jak kołnierze, gwinty itp., co pozwala na stosowanie sztywnych rurociągów UPVC również w szczególnie skomplikowanych przewodach zawierających różne przyrządy i akcesoria.

W celu uzyskania doskonałego połączenia rury z kształtką należy wybrać i zastosować najbardziej odpowiedni klej zaprojektowany i wyprodukowany do wzdłużnego łączenia rur ze sztywnego UPVC, zgodnie z wymiarami elementów łączonych i warunkami użytkowania, którym ma być poddane wykonywane połączenie.

#### Instrukcja spawania dla połączeń wzdłużnych rur i kształtek z UPVC

Przed rozpoczęciem operacji spawania rozpuszczalnikowego należy sprawdzić sprawność i stan używanego sprzętu oraz montowanych elementów, a w szczególności jednorodność, płynność i datę ważności cementu rozpuszczalnikowego.

Główne kroki, których wymaga spawanie rozpuszczalnikowe, są następujące:



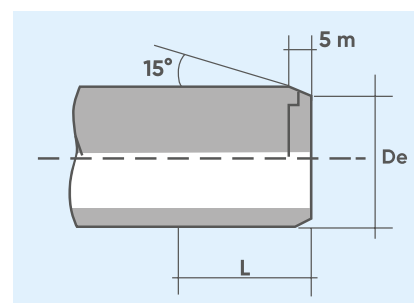
**1)** Przeciąć rurę prostopadłe do jej osi, aby uzyskać czysty, prostopadły do osi przekrój – najlepiej przy użyciu przecinaka rolkowego przeznaczonego specjalnie do rur termoplastycznych.



**2)** Zewnętrzne krawędzie rury należy sfazować tak, aby weszła ona w kielich kształtki pod kątem 15°.

Fazowanie należy wykonać bezwzględnie – w przeciwnym razie brak fazy może doprowadzić do starcia rozpuszczalnika z powierzchni kształtki, a tym samym do obniżenia skuteczności połączenia. Fazowanie musi być wykonane przy użyciu odpowiedniego narzędzia do fazowania.

Szczegóły dotyczące długości skosu (fazki) w zależności od długości i średnicy rury można znaleźć w poniższej tabeli i na odpowiednim rysunku.



Srednica zewnętrzna $D_e$ (mm)	Długość klejona $L$ (mm)	Skos $S_m$ (mm)
16	14	-
20	16	1,5
25	18,5	3
32	22	3
40	26	3
50	31	3
63	37,5	5
75	43,5	5
90	51	5
110	61	5
125	68,5	5
140	76	5
160	86	5
180	96	5-6
200	106	5-6
225	118,5	5-6
250	131	5-6
280	146	5-6
315	163,5	5-6



**3)** Zmierzyć głębokość kielicha kształtki – do wewnętrznego występu.



**4)** Zaznaczyć odpowiednią odległość od końca rury.

**UWAGA:** nie należy nanosić żadnych oznaczeń grawerując je.



5) Za pomocą czystego ręcznika papierowego lub aplikatora nasączonego zmywaczem gruntującym należy usunąć wszelkie ślady brudu i smaru z zewnętrznej powierzchni rury na całej długości klejonej.

Powtórzyć tę samą czynność na wewnętrznej powierzchni kielicha kształtki, aby zmiękczyć powierzchnię.

Przed nałożeniem kleju rozpuszczalnikowego należy pozostawić powierzchnie do wyschnięcia na kilka minut.

Należy pamiętać, że zmywacz gruntujący oprócz oczyszczenia powierzchni połączenia spełnia również ważną rolę zmiękczenia i przygotowania powierzchni do przyjęcia rozpuszczalnika, co umożliwi uzyskanie idealnej spoiny.

**UWAGA** Nie należy dotykać oczyszczonych powierzchni.



6) Nałożyć klej rozpuszczalnikowy równą warstwą, wzdłużnie na obie części, które mają być połączone, a więc na zewnętrzną powierzchnię rury i wewnętrzną powierzchnię kształtki.

Warstwę kleju należy nanieść na rurę i kształtkę tak aby pokryła całą długość powierzchni kształtki:

- na całą długość końca rury, uprzednio zaznaczoną na jej zewnętrznej powierzchni (rys. **A**),
- na całą głębokość kielicha kształtki aż do wewnętrznego występu (rys. **B**).



W tym celu zaleca się użyć szorstkiego i czystego pędzla o odpowiednich wymiarach, jego wymiar nie powinien być mniejszy niż połowa średnicy rury: szczegółowe informacje znajdują się w poniższej tabeli.

Średnica zewnętrzna $D_e$ (mm)	Rodzaj pędzla lub aplikatora	Wymiary pędzla lub aplikatora (mm)
16-25	Okrągły	8-10
32-63	Okrągły	20-25
75-160	Prostokątny/okrągły	45-50
>160	Prostokątny/walcowy	45-50
>160-315	Prostokątny/walcowy	60-65



**7)** Rura musi być wprowadzona do kształtki lub zaworu natychmiast po nałożeniu rozpuszczalnika i bez ruchu wkręcającego – dopiero po osiągnięciu przewidzianej głębokości wsunięcia, możliwy jest obrót maksymalnie o 1/4 pomiędzy rurą a kształtką.

**8)** W zależności od średnicy zewnętrznej rury i ewentualnych trudności w pracy, należy wprowadzić rurę do kształtki:

- ręcznie, przez jedną osobę – dla średnic zewnętrznych < 90 mm;
- ręcznie, przez dwie osoby – dla średnic zewnętrznych 90 mm <  $D_e$  < 160 mm;
- za pomocą mechanicznych wbijaków do rur – dla średnic zewnętrznych > 160 mm.



**9)** Natychmiast po całkowitym wsunięciu rury do kształtki należy na kilka sekund docisnąć łączone elementy do siebie.

Następnie za pomocą papieru krepowego lub czystej szmatki usunąć nadmiar kleju rozpuszczalnikowego z powierzchni zewnętrznych i w miarę możliwości z powierzchni wewnętrznych.



**10)** Połączone części należy odstawić, aby klej rozpuszczalnikowy mógł naturalnie związać, bez wywoływania niepotrzebnych naprężeń.

Czas wiązania zależy od wielkości naprężeń, jakim będzie poddawane połączenie.

W szczególności należy przestrzegać następujących minimalnych czasów wiązania w zależności od temperatury otoczenia:

- przed dotknięciem/przeniesieniem połączenia:
  - od 5 do 10 minut dla temperatury otoczenia  $T > 10^{\circ}\text{C}$ ,
  - od 15 do 20 minut dla temperatury otoczenia  $T < 10^{\circ}\text{C}$ ,
- połączenia na rurach o dowolnej wielkości i ciśnieniu, nie podlegających próbom hydraulicznym:
  - 1 godzina na każdą atmosferę przyłożonego ciśnienia,
- połączenia na rurach i kształtkach o dowolnej średnicy poddawanych próbom ciśnieniowym do PN 16:
  - minimum 24 godziny.

Podane czasy wiązania kleju rozpuszczalnikowego obowiązują w temperaturze otoczenia (ok.  $25^{\circ}\text{C}$ ): w przypadku szczególnych warunków klimatycznych (wilgotność, temperatura itp.) zalecamy kontakt z naszym działem technicznym i/lub producentem kleju rozpuszczalnikowego w celu uzyskania dalszych informacji.

### Ilość kleju rozpuszczalnikowego dla tworzywa UPVC

Ilość kleju rozpuszczalnikowego dla połączenia zależy od wielu czynników (warunki środowiskowe, wielkość rur, lepkość kleju, doświadczenie operatora, itp.), które często jest trudno określić ilościowo.

W związku z tym, w tabeli podano przybliżone ilości kleju stosowane zwykle do łączenia rur i kształtek z UPVC o konkretnych średnicach.

D (mm)	Liczba połączeń na 1 kg kleju rozpuszczalnikowego
16	550
20	500
25	450
32	400
40	300
50	200
63	140
75	90
90	60
110	40
125	30
140	25
160	15
180	12
200	10
225	6
250	4
280	2
315	2

#### 3.1.1.2 Spawanie rozpuszczalnikowe rur z CPVC

Dzięki wysokiej jakości żywicy oraz własnym cechom mechanicznym i chemiczno-fizycznym, CPVC stanowi jedno z najbardziej opłacalnych rozwiązań w dziedzinie materiałów termoplastycznych w obliczu problemów, które można napotkać przy dystrybucji ciepłej i zimnej wody bytowej oraz przy przesyłce agresywnych substancji chemicznych pod ciśnieniem.

Główne przyczyny takiego wyboru można przypisać poniższym cechom:

- wysoka odporność na szczególnie agresywne substancje chemiczne,
- obojętność na korozję elektrochemiczną (optymalne tworzywo do transportu ciepłej wody bytowej w instalacjach konwencjonalnych i solarnych),
- obniżony współczynnik przewodzenia ciepła (praktycznie eliminuje skraplanie się wilgoci),
- wysoka odporność na starzenie, dzięki właściwościom chemiczno-fizycznym materiału bazowego,
- niska chropowatość powierzchni, która znacznie ogranicza straty wynikające z tarcia cieczy oraz narastanie osadów i materiału biologicznego,
- możliwość przetaczania płynów odżywczych,
- wysoka stabilność termiczna dla temperatur do 100°C,
- wysoka odporność na spalanie.

Temperatura badania (°C)	Min. czas trwania badania (h)	Ciśnienie próbne (kg/cm <sup>2</sup> )
20	1000	1,7 x PN
80	1000	0,5 x PN

W przypadku UPVC, nawet CPVC nie daje możliwości bezpośredniego łączenia rur i akcesoriów z innymi materiałami, więc spawanie rozpuszczalnikowe jest często stosowane z połączeniami rozłącznymi, np. kołnierzowymi czy gwintowanymi.

Jeśli nie podano inaczej, klej rozpuszczalnikowy stosowany na łączonych powierzchniach musi również nadawać się do użytku z zachowaniem następujących tolerancji:

- maksymalny luz ujemny 0,2 mm,
- maksymalny luz 0,3 mm.



### Instrukcja spawania dla połączeń wzdłużnych rur i kształtek z CPVC

Przed rozpoczęciem operacji spawania rozpuszczalnikowego należy sprawdzić sprawność i stan używanego sprzętu oraz montowanych elementów, a w szczególności jednorodność, płynność i datę ważności cementu rozpuszczalnikowego.



**1)** Przeciąć rurę prostopadłe do jej osi, aby uzyskać czysty, prostopadły do osi przekrój – najlepiej przy użyciu przecinaka rolkowego przeznaczonego specjalnie do rur termoplastycznych, patrz ilustracja.

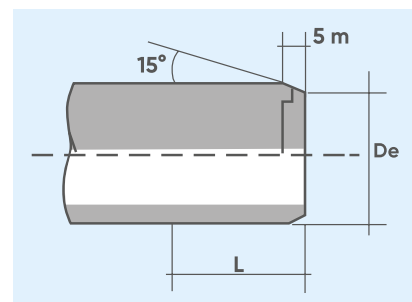


**2)** Zewnętrzne krawędzie rury należy szazować tak, aby weszła ona w kielich kształtki pod kątem  $15^\circ$ .

Fazowanie należy wykonać bezwzględnie – w przeciwnym razie brak fazy może doprowadzić do starcia rozpuszczalnika z powierzchni kształtki, a tym samym do obniżenia skuteczności połączenia.

Fazowanie musi być wykonane przy użyciu odpowiedniego narzędzia do fazowania.

Szczegóły dotyczące długości skosu (fazki) w zależności od długości i średnicy rury można znaleźć w poniższej tabeli i na rysunku.



Średnica zewnętrzna $D_e$ (mm)	Długość klejona L (mm)	Skos $S_m$ (mm)
16	14	1,5
20	16	1,5
25	18,5	3
32	22	3
40	26	3
50	31	3
63	37,5	5
75	43,5	5
90	51	5
110	61	5
160	86	5
225	118,5	5-6



3) Zmierzyć głębokość kielicha kształtki – do wewnętrznego występu.



4) Zaznaczyć odpowiednią odległość od końca rury.

**UWAGA:** nie należy nanosić żadnych oznaczeń grawerując je.



**A**

5) Za pomocą czystego ręcznika papierowego lub aplikatora nasączonego zmywaczem gruntującym należy usunąć wszelkie ślady brudu i smaru z zewnętrznej powierzchni rury na całej długości klejonej (rys. **A**).

Powtórzyć tę samą czynność na wewnętrznej powierzchni kielicha kształtki, aby zmiękczyć powierzchnię (rys. **B**).

**UWAGA** Nie należy dotykać oczyszczonych powierzchni.

Przed nałożeniem kleju rozpuszczalnikowego należy pozostawić powierzchnie do wyschnięcia na kilka minut.

Należy pamiętać, że zmywacz gruntujący oprócz oczyszczenia powierzchni połączenia spełnia również ważną rolę zmiękczenia i przygotowania powierzchni do przyjęcia kleju rozpuszczalnikowego, co umożliwia uzyskanie idealnej spoiny.



**B**



**C**

5) Nanieś klej rozpuszczalnikowy równą warstwą, wzdłuż, na obie części które mają być połączone, a więc na zewnętrzną powierzchnię rury i wewnętrzną powierzchnię kształtki, używając aplikatora (rys. **C**) lub odpowiedniej wielkości grubego pędzla (rys. **D**) zgodnie z poniższą tabelą.



**D**

Średnica zewnętrzna D <sub>e</sub> (mm)	Rodzaj pędzla lub aplikatora	Wymiary pędzla lub aplikatora (mm)
16–25	Okrągły	8–10
32–63	Okrągły	20–25
75–160	Prostokątny/okrągły	45–50
>160	Prostokątny/walcowy	45–50

Zaleca się stosować aplikator lub pędzel o wymiarach nie mniejszych niż połowa średnicy rury.

Klej rozpuszczalnikowy musi być naniesiony na całej długości powierzchni połączenia, zarówno na rurze jak i kształtce:

- na całą głębokość kielicha kształtki – do wewnętrznego występu,
- na całej długości połączenia na rurze, uprzednio zaznaczonej na jej powierzchni zewnętrznej.



**6)** Rura musi być wprowadzona do kształtki lub zaworu natychmiast po nałożeniu rozpuszczalnika i bez ruchu wkręcającego – dopiero po osiągnięciu przewidzianej głębokości wsunięcia, możliwy jest obrót maksymalnie o 1/4 pomiędzy rurą a złączką.

**7)** Rura musi być wsunięta do złączki tak szybko i sprawnie jak to możliwe (zaleca się nie dłużej niż po 20–25 sekundach od naniesienia kleju). W zależności od średnicy zewnętrznej rury i ewentualnych trudności w pracy, należy wprowadzić rurę do kształtki:

- ręcznie, przez jedną osobę – dla średnic zewnętrznych < 90 mm.
- ręcznie, przez dwie osoby – dla średnic zewnętrznych 90 < D<sub>e</sub> < 160 mm.
- za pomocą mechanicznych wbijaków do rur – dla średnic zewnętrznych > 160 mm.

**8)** Natychmiast po całkowitym wsunięciu rury do kształtki należy na kilka sekund docisnąć łączone elementy do siebie. Następnie za pomocą papieru krepowego lub czystej szmatki usunąć nadmiar kleju rozpuszczalnikowego z powierzchni zewnętrznych i w miarę możliwości z powierzchni wewnętrznych, patrz kolejna ilustracja.



**9) Wiązanie kleju rozpuszczalnikowego:** połączone części należy odstawić, aby klej rozpuszczalnikowy mógł naturalnie związać, bez wywoływania niepotrzebnych naprężeń.

Czas wiązania zależy od wielkości naprężeń, jakim będzie poddawane połączenie. W szczególności należy przestrzegać następujących minimalnych czasów wiązania w zależności od temperatury otoczenia:

- przed dotknięciem/przeniesieniem połączenia:
  - od 5 do 10 minut dla temperatury otoczenia T > 10°C,
  - od 15 do 20 minut dla temperatury otoczenia T < 10°C,
- połączenia naprawiane na rurach o dowolnej wielkości i ciśnieniu, nie podlegających próbom hydraulicznym:
  - 1 godzina na każdą atmosferę przyłożonego ciśnienia,
- na rurach i kształtkach o dowolnej średnicy poddawanych próbom ciśnieniowym do PN 16:
  - minimum 24 godziny.

Podane czasy wiązania kleju rozpuszczalnikowego obowiązują w temperaturze otoczenia (ok. 25°C). W przypadku szczególnych warunków klimatycznych (wilgotność, temperatura itp.) zalecamy kontakt z naszym

### Ilość kleju rozpuszczalnikowego dla tworzywa CPVC

Ilość kleju rozpuszczalnikowego dla połączenia zależy od wielu czynników (warunki środowiskowe, wielkość rur, lepkość kleju, doświadczenie operatora, itp.), które często jest trudno określić ilościowo.

W związku z tym, w kolejnej tabeli podano przybliżone ilości kleju stosowane zwykle do łączenia rur i kształtek z CPVC o konkretnych średnicach.

D (mm)	Liczba połączeń na 1 kg kleju rozpuszczalnikowego
16	550
20	500
25	450
32	400
40	300
50	200
63	140
75	90
90	60
110	40
160	15
225	6

#### 3.1.1.3 Spawanie rozpuszczalnikowe rur z ABS

Tworzywo ABS, znajdujące wiele zastosowań od płynów agresywnych poprzez zawiesiny, aż po płyny pokarmowe, ma następujące cechy zasadnicze:

- optymalna odporność na ścieranie (nadaje się do przesyłu zawiesin korozyjnych i materiałów ściernych),
- niska chropowatość powierzchni, która znacznie ogranicza straty wynikające z tarcia cieczy oraz narastanie osadów, a także erozję przewodów,
- szeroki zakres temperatur stosowania (od -40 do +60°C),
- wysoka udarność: ABS zachowuje się plastycznie do temperatury -40°C,
- doskonała kompatybilność z płynami pokarmowymi.

Podczas montażu rurociągów z ABS należy zwrócić uwagę na wcześniej wspomniane wskazówki dotyczące spawania rozpuszczalnikowego UPVC i CPVC.

Jeśli nie podano inaczej, klej rozpuszczalnikowy stosowany na łączonych powierzchniach musi również nadawać się do użytku z zachowaniem następujących tolerancji:

- maksymalny luz ujemny 0,6 mm,
- maksymalny luz 0,2 mm.

W związku z tym w poniższej tabeli podano wartości z prób odporności na ciśnienie wewnętrzne połączeń klejonych,

Temperatura badania (°C)	Min. czas trwania badania (h)	Ciśnienie próbne (kg/cm <sup>2</sup> )
20	1000	2 x PN

Jak opisano dla innych tworzyw, nawet w przypadku ABS nie ma możliwości bezpośredniego łączenia rur i akcesoriów z innych materiałów, więc spawanie rozpuszczalnikowe jest często stosowane z połączeniami rozłącznymi, np. kołnierzowymi czy gwintowanymi.

Elementy z ABS należy łączyć klejem typu DURAPIPE ABS.

Ponadto sugeruje się, po obróbce odpowiednim papierem ściernym, użycie zmywacza na bazie MEK

### Instrukcja spawania dla połączeń wzdłużnych rur i kształtek z ABS

Przed rozpoczęciem operacji spawania rozpuszczalnikowego należy sprawdzić sprawność i stan używanego sprzętu oraz montowanych elementów, a w szczególności jednorodność, płynność i datę ważności cementu rozpuszczalnikowego.

Nie należy zwiększać luzu między rurami i kształtkami. Należy przestrzegać opisanej poniżej procedury łączenia:



**1)** Rura musi być przycięta czysto i prostopadle. Odpowiedni frez tarczowy tnie nie pozostawiając



**2)** Sfazować koniec rury za pomocą grubego pilnika lub odpowiedniego narzędzia do fazowania. Skos powinien liczyć około 45° na długości 3 mm do 5 mm, w zależności od rozmiaru rury.



**3)** Oznaczyć na rurze znaną długość od jej końca, która ma zostać wyczyszczona, patrz ilustracja.

Oznaczenie ma służyć do sprawdzenia, czy rura weszła do końca w kielich lub kształtkę.



**4)** Upewnić się, że powierzchnie połączenia są czyste i suche. Wyczyścić dokładnie powierzchnie zmywaczem Durapipe Eco-Cleaner, używając niestrzępiącej się szmatki lub papierowego ręcznika.



**5)** Za pomocą czystego pędzla nanieść klej na rurę i kształtkę.

Powierzchnie połączenia powinny być całkowicie pokryte klejem. Klej należy nakładać z puszek za pomocą odpowiedniej wielkości pędzla. Ważne jest, aby klej nakładać szybko, aby umożliwić montaż bez konieczności użycia nadmiernej siły. W przypadku nakładania kleju pędzlem, wielkość pędzla powinna być w przybliżeniu o połowę mniejsza niż wielkość łączonej rury – przy czym wielkość pędzla do 63 mm dla puszek 0,5 litra i do 75 mm dla puszek 1 litr.



**6)** Rura musi być wprowadzona do kształtki lub zaworu natychmiast po nałożeniu rozpuszczalnika i bez ruchu wkręcającego – dopiero po osiągnięciu przewidzianej głębokości wsunięcia, możliwy jest obrót maksymalnie o 1/4 pomiędzy rurą a kształtką. Przytrzymać rurę i kształtkę przez czas od kilku sekund do 1 minuty, w zależności od rozmiaru. Niewielki stożek uformowany wewnątrz kształtki może w przeciwnym razie spowodować zsuniecie się jej z rury, a w konsekwencji utratę wytrzymałości połączenia. Nałożenie odpowiedniej ilości kleju da prawidłowy ścieg kleju na krawędzi kształtki i rury. Należy unikać nadmiernej ilości kleju wewnątrz kształtek, ponieważ mogą one osłabić ściankę, szczególnie w przypadku mniejszych rozmiarów.

Podczas pracy w niskich temperaturach należy upewnić się, że połączenia są wolne od mrozu i wilgoci.



**7)** Zetrzeć nadmiar kleju z zewnętrznej strony połączenia.

**8)** Korzystając z wcześniej wykonanego znaku należy sprawdzić, czy rura została całkowicie wsunięta.

**9)** Nie dotykać połączenia przez co najmniej 10 minut.

W przypadku większych rozmiarów nie należy wystawiać połączenia na działanie sił zginających lub skręcających przez co najmniej 4 godziny.

Podczas wykonywania kolejnych połączeń, które można wykonywać bez odczekiwania, należy uważać, aby nie przenosić sił na świeżo wykonane połączenia w instalacji.

Czasy schnięcia zależą od pasowania, ilości naniesionego kleju rozpuszczalnikowego, temperatury otoczenia i ciśnienia roboczego. Zaleca się, aby tam gdzie to możliwe, połączenia o wymiarach do 225 mm pozostawić do wyschnięcia na co najmniej 24 godziny, a o wymiarach 250 mm i 315 mm na co najmniej 48 godzin.

Wytyczne te podano dla temperatury otoczenia od 10°C do 40°C.

Przy niższych i wyższych temperaturach otoczenia wymagane są dłuższe czasy schnięcia.



Wskazówki dotyczące pracy, gdy temperatura otoczenia wynosi od 10°C do 40°C, a temperatura zawartości przewodu nie przekracza 20°C, są następujące:

Zakres wielkości	Do 75 mm	Od 90 mm do 125 mm	Od 140 mm do 160 mm	Od 200 mm do 225 mm	Od 250 mm do 315 mm
Czas schnięcia	0,5 h/bar	1 h/bar	1,5 h/bar	2 h/bar	Minimum 48 h

**UWAGA:** minimalny czas schnięcia nie powinien być krótszy niż 1 godzina.

Należy pamiętać, że przy temperaturach otoczenia poniżej 20°C należy wydłużyć czas schnięcia, a poniżej 0°C nie należy wykonywać połączeń klejami rozpuszczalnikowymi.

W celu uzyskania szczegółowych informacji prosimy o kontakt z działem technicznym Aliaxis.

### Ilość kleju rozpuszczalnikowego dla tworzywa ABS

Ilość kleju rozpuszczalnikowego dla połączenia zależy od wielu czynników (warunki środowiskowe, wielkość rur, lepkość kleju, doświadczenie operatora, itp.), które często jest trudno określić ilościowo.

W poniższej tabeli można znaleźć wskazania dotyczące liczby połączeń z tworzywa w ABS, które należy wykonać na litr kleju.

Wielkość (mm)	Zalecana wielkość opakowania	Liczba połączeń na litr dla ABS
16-32	0,5 l	400
40-63	0,5 l	200
75-110	0,5 l	70
125-140	1 l	20
160-225	1 l	10
250-315	1 l	5



### OSTRZEŻENIA OGÓLNE DOTYCZĄCE SPAWANIA ROZPUSZCZALNIKOWEGO

Podczas spawania rozpuszczalnikowego zaleca się przestrzegać poniższych wskazówek:

- 1)** W przypadku, gdy średnica zewnętrzna rury i średnica wewnętrzna kształtki leżą się na przeciwległych krańcach swoich wartości tolerancji, nie można włożyć suchej rury do suchego kielicha kształtki. Połączenie będzie możliwe dopiero po nałożeniu zmywacza i następnie kleju rozpuszczalnikowego na obie łączone części.
- 2)** Przy stosowaniu zmywacza z klejem rozpuszczalnikowym należy zachować następujące środki ostrożności:
  - używać rękawic i okularów ochronnych, aby chronić ręce i oczy,
  - używać zmywacza z klejem rozpuszczalnikowym w miejscu pracy z wystarczającą wentylacją, aby uniknąć tworzenia się chmur rozpuszczalnika, który może podrażniać drogi oddechowe i oczy,
  - ze względu na lotny charakter rozpuszczalników zmywacza i kleju, opakowania muszą być zamknięte natychmiast po użyciu,
  - rozpuszczalniki w fazie gazowej mają tendencję do tworzenia mieszanin palnych. Dlatego należy usunąć z miejsca pracy wszelkie źródła zapłonu, np. od spawania ogniowego, nagromadzenia ładunków elektrostatycznych, nie wolno palić tytoniu. We wszystkich przypadkach zaleca się ściśle przestrzegać instrukcji producenta kleju rozpuszczalnikowego – są podane na jego opakowaniu,
  - w celu uniknięcia pogorszenia działania zmywacza i kleju rozpuszczalnikowego, operacje łączenia należy wykonać w zakresie temperatur otoczenia od + 5 do + 40°C,
  - aby uzyskać właściwą szybkość nakładania kleju na rury o średnicach 140 mm i większych, jedna osoba powinna nanosić go na rurę, a druga jednocześnie na kształtkę.
- 3)** Po wykonaniu wszystkich połączeń i przed oddaniem rur do użytku należy upewnić się, że wnętrza rur i kształtek są całkowicie wolne od resztek i oparów rozpuszczalników. Zapobiega to zanieczyszczeniu przetaczanych cieczy.
- 4)** Zaleca się unikać układania w wykopie rurociągów łączonych wzdłużnie szybciej niż po 10-12 godzinach od wykonania połączeń.
- 5)** Nie wolno dokręcać całkowicie połączeń kołnierzowych, dopóki nie upłynie przewidziany czas schnięcia kleju.
- 6)** Spawanie rozpuszczalnikowe zaworów kulowych Aliaxis powinno być wykonywane przy korpusie zaworu odłączonym od reszty przewodu, aby nie pozostawiać kropeł kleju na elementach uszczelniających.
- 7)** W celu uniknięcia skażenia transportowanych płynów (wody pitnej, żywności, napojów) należy upewnić się, że rurociągi, które mają zostać oddane do użytku, zostaną całkowicie opróżnione z oparów rozpuszczalników, które mogą ewentualnie znaleźć się wewnątrz przewodów.
- 8)** Podczas montażu zaworów w pionowych przewodach, ze względu na normalne (wewnętrzne) opadanie rozpuszczalnika, zaleca się wykonać spawanie rozpuszczalnikowe po wymontowaniu zawieradeł z korpusu zaworu.
- 9)** Należy również pamiętać, że połączenia wzdłużne klejone rozpuszczalnikowo zachowują niezmienione właściwości mechaniczne materiału podstawowego. Ewentualne nieprawidłowości są wynikiem błędnego wykonania spawania (przyczyny można ustalić poprzez analizę każdego takiego przypadku).

### Zalety i zastosowania

Spawanie rozpuszczalnikowe może być wykorzystywane w kilku różnych zastosowaniach, takich jak instalacje wewnętrzne, kanalizacja i odpowietrzanie, oraz w budowie kanałów i instalacji podziemnych. Jedną z jego najbardziej charakterystycznych cech jest to, że ten rodzaj spawania pozwala na uzyskanie jednorodnego i ciągłego połączenia. Może być bardzo przydatne przy pracy z delikatnym tworzywem, ponieważ nie wymaga wysokiej temperatury.

Ponadto, jak opisano wcześniej, zachowuje ono żywotność i odporność chemiczną użytego tworzywa, jest łatwe do opanowania i opłacalne, ponieważ nie wymaga drogich narzędzi.



### Najczęstsze wady

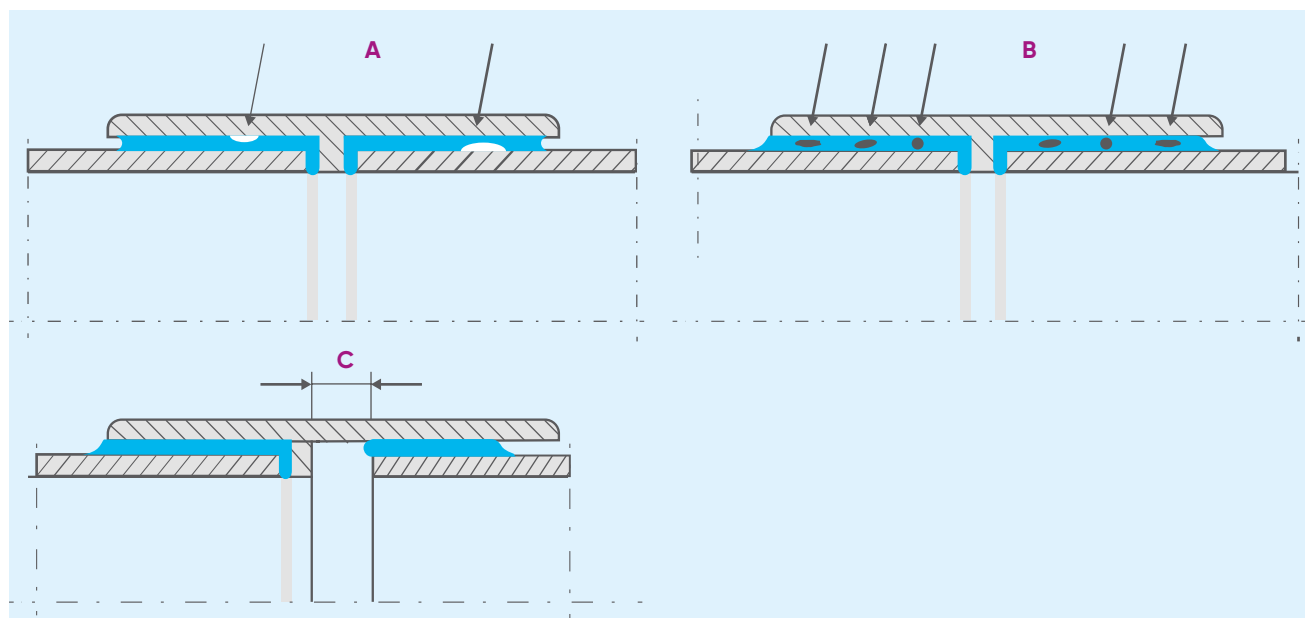
W poniższej tabeli wymieniono najczęstsze rodzaje wad występujących w przypadku nieprzestrzegania prawidłowej procedury spawania rozpuszczalnikowego.

Zbyt lejny klej rozpuszczalnikowy (niewłaściwa proporcja rozcieńczalnika)	
<b>Natychmiastowy efekt</b>	Brak sklejenia
<b>Skutek</b>	Rozpadnięcie się połączenia lub przecieki między rurą a kształtką
Nadmiar kleju rozpuszczalnikowego	
<b>Natychmiastowy efekt</b>	Zacieki wewnątrz i na zewnątrz poza strefę połączenia
<b>Skutek</b>	Oslabienie powierzchni zewnętrznej w obszarze połączenia i powstawanie pęcherzyków z mikropęknięciami/zalążkami pęknięć w tworzywie
Zgęstnienie kleju rozpuszczalnikowego od odparowania rozpuszczalnika	
<b>Natychmiastowy efekt</b>	Brak sklejenia
<b>Skutek</b>	Rozpadnięcie się połączenia lub przecieki między rurą a kształtką Możliwe pęknięcia powierzchniowe, powodujące pęknięcia w głąb tworzywa
Niewystarczająca ilość kleju rozpuszczalnikowego lub jego niewłaściwe nałożenie	
<b>Natychmiastowy efekt</b>	Brak sklejenia lub punktowe osłabienie połączenia
<b>Skutek</b>	Rozpadnięcie się połączenia lub przecieki między rurą a kształtką
Nieprawidłowe włożenie rury (niepełne, nadmierne, nie w osi)	
<b>Natychmiastowy efekt</b>	Nieprawidłowe połączenie
<b>Skutek</b>	Przeniesienie naprężeń mechanicznych z rury na kształtkę i/lub przecieki z połączenia
Zanieczyszczenia i/lub wilgoć na powierzchniach łączonych części	
<b>Natychmiastowy efekt</b>	Nieprawidłowe połączenie
<b>Skutek</b>	Rozpadnięcie się połączenia („pocenie się” cieczy) lub przecieki między rurą a kształtką

Norma EN 14728 klasyfikuje niedoskonałości, które mogą wystąpić w termoplastycznych połączeniach spawanych.

Poniższe zdjęcia opisują odpowiednio:

- A** – nieprawidłowe rozprowadzenie kleju rozpuszczalnikowego (są miejsca, w których na styku rura/kształtka nie ma kleju),
- B** – ciała obce uwięzione w połączeniu od zanieczyszczeń na powierzchniach łączonych części,
- C** – niepełne wsunięcie rury.



### 3.1.2 Zgrzewanie doczołowe

Zgrzewanie doczołowe z zastosowaniem stykowych elementów grzejnych jest procesem łączenia dwóch elementów (rur, kształtek lub króćców zaworów) o tej samej średnicy i grubości, których powierzchnie łączące są podgrzewane aż do stopienia w kontakcie z elementem grzejnym, a następnie po odjęciu elementu grzejnego dociskane do siebie tworząc spoinę.

Poniższe instrukcje podano wyłącznie w celach orientacyjnych. Instalatorzy muszą być odpowiednio przeszkoleni i posiadać dogłębną wiedzę na temat procedur, których należy przestrzegać w zależności od rodzaju stosowanego wyposażenia spawalniczego.



#### Instrukcje zgrzewania

Warunki prawidłowego wykonania połączenia:

- temperatura otoczenia musi mieścić się w zakresie od +5°C do +40°C,
- podczas oględzin elementów przeznaczonych do zgrzewania, należy sprawdzić ich wymiary (sprawdzić czy nie ma nadmiernej owalności),
- sprawdzić temperaturę roboczą elementu grzejnego za pomocą kalibrowanego termometru stykowego. Pomiar ten wykonuje się po 10 minutach od osiągnięcia temperatury znamionowej, co pozwala na rozgrzanie elementu na całej powierzchni i głębokości. Temperatura spoiny musi wynosić od 200°C do 220°C,
- sprawdzić powierzchnię elementu grzejnego (stan powłoki nieprzylepnej) i wyczyścić ją za pomocą niestrzępiącej się ściereczki lub miękkiej papierowej chusteczki,
- sprawdzić, czy urządzenie spawalnicze działa prawidłowo,
- sprawdzić sprawność zacisków szczękowych urządzenia spawalniczego – upewnić się, że są one w stanie zagwarantować prawidłowe zosiowanie obu stron połączenia oraz że powierzchnie styku są idealnie równoległe,
- sprawdzić siłę pociągową suportu, zarówno pod względem tarcia, jak i względem do przenoszonego obciążenia – rur lub kształtek,
- sprawdzić sprawność przyrządów pomiarowych (manometru i zegara),
- sprawdzić, czy rury i/lub kształtki, które mają być ze sobą zgrzewane, mają tę samą średnicę i grubość (ten sam SDR),

Poniżej podano instrukcje, jak krok po kroku należy przygotować materiał rury i/lub kształtki do zgrzewania



1) Przed ustawieniem elementów do zgrzewania należy usunąć wszelkie ślady brudu, smaru, oleju i kurzu z zewnętrznych i wewnętrznych powierzchni końcówek, używając czystej, niekłaczącej szmatki nasączonej odpowiednim detergentem. Przy wyborze rodzaju płynnego detergentu należy stosować zalecane produkty dostarczane przez wyspecjalizowanych producentów: odpowiednie substancje to trichloroetan, chloroten, alkohol etylowy i alkohol izopropylowy.

2) Końce dwóch zgrzewanych części należy zamocować w taki sposób, aby niewspółosiowość nie przekraczała 10% grubości.

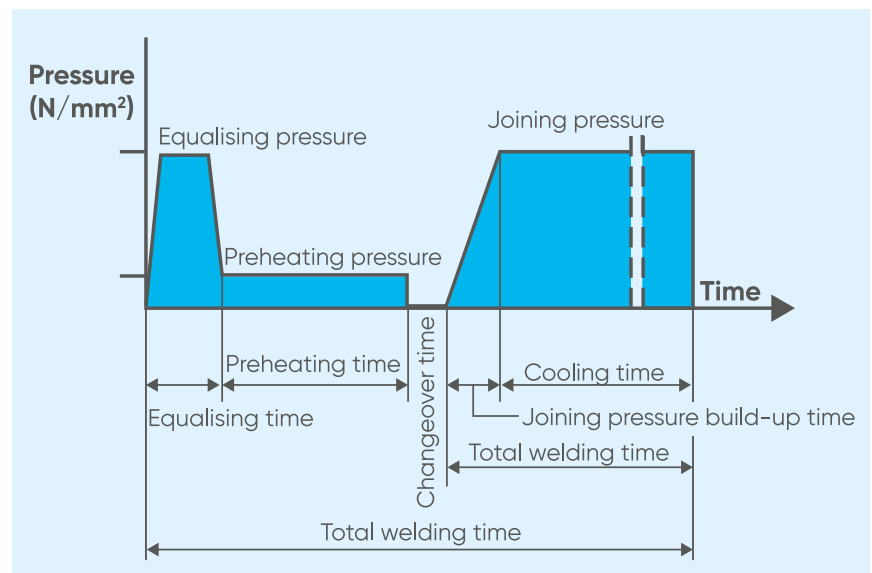


3) Aby zapewnić właściwą równoległość i płaskość oraz, co równie ważne, aby wyeliminować tworzącą się warstwę utlenioną, końce obu łączonych części muszą zostać splanowane. Po zakończeniu tej procedury należy zetknąć oba końce ze sobą i upewnić się, że luzy między nimi nie przekraczają 0,5 mm.

Wióry muszą tworzyć się w sposób ciągły na obu spawanych krawędziach, jak pokazano na rysunku.

Zgrzewanie doczołowe rur i/lub kształtek przy użyciu stykowych elementów grzejnych trzeba wykonać wykonując wszystkie opisane etapy cyklu zgrzewania. Poniższy rysunek dotyczy cyklu zgrzewania opisanego w DVS 2207.

**UWAGA:** Trzeba zwrócić uwagę na zmiany wartości w tabeli cykli zgrzewania dla różnych tworzyw. Poniżej podano tabelę cykli zgrzewania dla PP-H, PE i PVDF zaczerpniętą z DVS 2207.



## Cykl zgrzewania PP-H

Nominalna grubość ścianki (mm)	Wyrównanie Wysokość ściegu na elemencie grzejnym po zakończeniu czasu wyrównywania (wartości minimalne) (wyrównanie $p = 0,15 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ ) (mm)	Podgrzewanie Czas podgrzewania = $10 \times$ nominalna grubość ścianki (podgrzewanie $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$ ) (sek.)	Przełączenie Czas przełączania	Łączenie Czas narastania docisku (czas maksymalny, podcięcie maks. 50%) (sek.)	Czas chłodzenia (wartości minimalne) przy docisku połączenia $p = 0,15 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ (min)
do 4,5	0,5	do 53	5	6	poniższa tabela
4,5 - 7	0,5	53 - 81	5 - 6	6 - 7	
7 - 12	1	81 - 135	6 - 7	7 - 11	
12 - 19	1	135 - 206	7 - 9	11 - 17	
19 - 26	1,5	206 - 271	9 - 11	17 - 22	
26 - 37	2	271 - 362	11 - 14	22 - 32	
37 - 50	2,5	362 - 450	14 - 17	32 - 43	
50 - 70	3	450 - 546	17 - 22	43	

## Czas chłodzenia PP-H

Nominalna grubość ścianki (mm)	Czas chłodzenia (wartości minimalne) przy docisku połączenia $p = 0,10 - 0,01 \text{ N/mm}^2$ w funkcji temperatury otoczenia			
	Do 15°C (min)	15°C - 25°C (min)	25°C - 40°C Czas chłodzenia (min)	Czas chłodzenia (wartości minimalne) przy zgrzewaniu $p = 0,10 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ w warunkach szczególnych* (min)
do 4,5	4	5	6,5	3,5
4,5 - 7	4 - 6	5 - 7,5	6,5 - 9,5	3,5 - 5
7 - 12	6 - 9,5	7,5 - 12	9,5 - 15,5	5 - 8
12 - 19	9,5 - 14	12 - 18	15,5 - 24	8 - 12
19 - 26	14 - 19	18 - 24	24 - 32	12 - 16
26 - 37	19 - 27	24 - 34	32 - 45	16 - 23
37 - 50	27 - 36	34 - 46	45 - 61	23 - 31

\* Te czasy chłodzenia obowiązują tylko w następujących warunkach:

- zgrzewanie wykonane w laboratorium/warsztacie,
- wyjęcie elementu ze zgrzewarki i jego tymczasowe przechowywanie do momentu całkowitego ostygnięcia przez określony czas, zgodnie z piątą kolumną powyżej powoduje nieznaczne obciążenie połączenia.

## Cykl zgrzewania PE

Nominalna grubość ścianki (mm)	Wyrównanie Wysokość ściegu na elemencie grzejnym po zakończeniu czasu wyrównywania (wartości minimalne) (wyrównanie $p = 0,15 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ ) (mm)	Podgrzewanie Czas podgrzewania = $10 \times$ nominalna grubość ścianki (podgrzewanie $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$ ) (sek.)	Przełączenie Czas przełączania	Łączenie Czas narastania docisku (czas maksymalny, podcięcie maks. 50%) (sek.)	Czas chłodzenia (wartości minimalne) przy docisku połączenia $p = 0,15 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ (min)
do 4,5	0,5	do 45	5	5	poniższa tabela
4,5 - 7	1	45 - 70	5 - 6	5 - 6	
7 - 12	1,5	70 - 120	6 - 8	6 - 8	
12 - 19	2	120 - 190	8 - 10	8 - 11	
19 - 26	2,5	190 - 260	10 - 12	11 - 14	
26 - 37	3	260 - 370	12 - 16	14 - 19	
37 - 50	3,5	370 - 500	16 - 20	19 - 25	
50 - 70	4	500 - 700	20 - 25	25 - 35	
70 - 90	4,5	700 - 900	25 - 30	35	
90 - 110	5	900 1,100	30 - 35	35	
110 - 130	5,5	1,100 - 1,300	maks. 35	35	

## Czas chłodzenia PE

Nominalna grubość ścianki (mm)	Czas chłodzenia (wartości minimalne) przy docisku połączenia $p = 0,10-0,01 \text{ N/mm}^2$ w funkcji temperatury otoczenia		
	Do 15°C (min)	15°C - 25°C (min)	25°C - 40°C Czas chłodzenia (min) (wartości minimalne) przy zgrzewaniu $p = 0,10 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ w warunkach szczególnych* (min)
do 4,5	4	5	6,5
4,5 - 7	4 - 6	5 - 7,5	6,5 - 9,5
7 - 12	6 - 9,5	7,5 - 12	9,5 - 15,5
12 - 19	9,5 - 14	12 - 18	15,5 - 24
19 - 26	14 - 19	18 - 24	24 - 32
26 - 37	19 - 27	24 - 34	32 - 45
37 - 50	27 - 36	34 - 46	45 - 61
50 - 70	36 - 50	46 - 64	61 - 85
70 - 90	50 - 64	64 - 82	85 - 109

### Cykl zgrzewania PVDF

Nominalna grubość ścianki (mm)	Wyrównanie Wysokość ściegu na elemencie grzejnym po zakończeniu czasu wyrównywania (wartości minimalne) (wyrównanie $p = 0,10 \text{ N/mm}^2$ ) (mm)	Podgrzewanie Czas podgrzewania = $10 \times$ nominalna grubość ścianki (podgrzewanie $p \leq 0,01 \text{ N/mm}^2$ ) (sek.)	Przełączenie Czas przełączania	Łączenie Czas narastania docisku (czas maksymalny, podcięcie maks. 50%) (sek.)	Czas chłodzenia (wartości minimalne) przy docisku połączenia $p = 0,10 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$ $t = \text{ok. } 1,2 \times$ grubości ściany + 2 min (min)
1,9 - 3,5	0,5	59 - 75	3	3 - 4	5 - 6
3,5 - 5,5	0,5	75 - 95	3	4 - 5	6 - 8,5
5,5 - 10	0,5 - 1	95 - 140	4	5 - 7	8,5 - 14
10 - 15	1 - 1,3	140 - 190	4	7 - 9	14 - 19
15 - 20	1,3 - 1,7	190 - 240	5	9 - 11	19 - 25

W tym miejscu opisane są etapy cyklu spawania.



**1)** Jak pokazano w cyklu zgrzewania, wyrównywanie jest pierwszym etapem, w którym dwie krawędzie do zgrzania umieszcza się przy elemencie grzejnym pod naciskiem równym  $p_1 + p_t$ , przez niezbędny czas, w celu utworzenia jednolitego wewnętrznego i zewnętrznego ściegu (rys. **A**).

Ten etap wyrównywania jest zakończony, gdy wysokości ściegu na całym obwodzie rury osiągną wartości podane w poprzedniej tabeli.

Wartość docisku wyrównawczego musi być taka, aby w kontakcie z elementem grzejnym na zgrzewane powierzchnie wywierany był nacisk opisany w tabeli – aby osiągnąć ten warunek, wartości nacisku  $p_1$  należy przyjąć z tabel dostarczonych przez producenta zgrzewarki, ponieważ oprócz średnicy i grubości zgrzewanych elementów wartości te zależą również od przekroju cylindra dociskowego w obwodzie zgrzewarki i dlatego mogą się zmieniać w zależności od konkretnego modelu używanego urządzenia zgrzewającego.

Znak „ $p_t$ ” wskazuje docisk ciągnący wymagany do pokonania tarcia wytwarzanego przez urządzenie zgrzewające i ciężar rury zamocowanej w ruchomej prowadnicy, które razem utrudniają swobodny ruch prowadnicy. Wartość tę odczytuje się na manometrze dostarczonym wraz z urządzeniem, podczas przesuwania ruchomej prowadnicy (rys. **B**).

Bezwzględnie nie może być ona wyższa niż wartość nacisku  $p_1$ , w przeciwnym razie może okazać się konieczne zastosowanie suportów lub systemów podwieszania celem łatwiejszego przemieszczania rury.





2) Po uformowaniu się ściegu, podczas etapu podgrzewania, nacisk jest zmniejszany, jak widać w tabeli (około 10% poprzedniej wartości), co pozwala na równomierne nagrzanie się tworzywa na całej jego głębokości.

3) Fazę przełączenia należy wykonać jak najszybciej, odłączając zgrzewane krawędzie rur od elementu grzejnego, wyciągając element bez uszkodzenia zmięczonych powierzchni, a następnie natychmiast stykając ze sobą dwie krawędzie przeznaczone do zgrzania.

Uwaga: Czynność ta musi być wykonana szybko, aby uniknąć ryzyka nadmiernego wystudzenia krawędzi (temperatura powierzchni spada o 17°C w ciągu zaledwie 3 sekund).

4) W okresie narastania połączenia obie krawędzie stykają się, jak pokazano na rysunku, a względny nacisk jest stopniowo zwiększany do wartości  $(p_5+p_t)$ , gdzie  $p_5=p_1$ , a  $p_t$  jest naciskiem ciągnącym.



5) Nacisk zgrzewania musi być utrzymywany przez czas podany w kolumnie czasu chłodzenia dla nacisku łączenia. Poniższy rysunek przedstawia jak wygląda obszar zgrzewany po zgrzaniu.

6) Po wykonaniu połączenia usuwa się docisk i można wyjąć łączone elementy z maszyny do zgrzewania, jednak nie wolno poddawać ich obciążeniom mechanicznym do czasu całkowitego ostygnięcia.

Czas wymagany do całkowitego ostygnięcia jest taki sam, jak opisany w tabeli w kolumnie „Czas schłodzenia”.



### OSTRZEŻENIA

Podczas zgrzewania doczołowego należy zwrócić uwagę na następujące zalecenia:

- Zawsze używać odpowiednich środków ochrony indywidualnej (np. rękawic i okularów ochronnych).
- Należy przestrzegać wszystkich instrukcji bezpieczeństwa podanych przez producenta sprzętu spawalniczego.
- Dobrą praktyką jest, po etapie planowania, kontrola powstałych wiórów w celu sprawdzenia braku wad produkcyjnych. Należy usunąć wióry z wewnętrznej powierzchni zgrzewanych elementów za pomocą szczotki lub czystej szmatki.
- W każdym przypadku po planowaniu nie wolno dotykać obu powierzchni połączenia ani dopuścić do ich zanieczyszczenia – z tego powodu operacje zgrzewania muszą być wykonywane natychmiast po przygotowaniu.
- Jeżeli na splanowanych powierzchniach osiadł pył, przed przystąpieniem do zgrzewania należy je oczyścić szmatką nasączoną specjalnym detergentem.

### Zalety i zastosowania

Zgrzewanie doczołowe nadaje się dla szerokiego zakresu rozmiarów przekroju i skomplikowanych kształtów, ponieważ ta technika jest bardziej opłacalna, zwłaszcza dla elementów, których średnica przekracza 200 mm. Ponadto, ta technika zgrzewania nie wymaga żadnych dodatkowych kształtek do wykonania połączenia, zaś urządzenie zgrzewające może być obsługiwane w pełni lub półautomatycznie.

Elementy zgrzewane doczołowo są stosowane głównie na placu budowy, a ich typowe zastosowania obejmują również naprawy w zakładach wodociągowych i chemicznych.

### Kontrola jakości połączeń zgrzewanych

Połączenia można kontrolować pomocą dwóch alternatywnych technik: badań nieniszczących i badań niszczących. Te drugie wymagają wprowadzenia specjalistycznego sprzętu, ale jakość połączenia można również sprawdzić za pomocą typowych oględzin. Oględziny powinny uwzględniać poniższy zakres:

- ścieg spoiny musi być jednolity na całym obwodzie połączenia,
- korb na środku ściegu musi leżeć powyżej zewnętrznej średnicy zgrzewanych elementów,
- zewnętrzna powierzchnia ściegu nie może wykazywać żadnych oznak porowatości ani wtrąceń pyłu lub innych zanieczyszczeń,
- nie powinno być widocznych śladów pęknięcia powierzchni,
- powierzchnia jeziorka spawalniczego nie powinna mieć bardzo wysokiego współczynnika odbicia światła, ponieważ jest to oznaką przegrzania,
- niewspółosiowość części zgrzewanych nie może być większa niż 10% ich grubości.

### Najczęstsze wady

Poniższa tabela przedstawia najczęstsze rodzaje wad występujących w przypadku nieprzestrzegania prawidłowej procedury zgrzewania.

<b>Nieregularny przebieg ściegu po obwodzie rury</b>	
<b>Możliwe przyczyny</b>	Niedostatecznie staranne przygotowanie końcówek do zgrzewania, a w konsekwencji nierównomierne rozprowadzenie ciepła
<b>Zmniejszony rozmiar ściegu</b>	
<b>Możliwe przyczyny</b>	Nieprawidłowe ustawienie parametrów zgrzewania (temperatura, nacisk i czas)
<b>Korb w środku zgrzewu jest zbyt głęboki</b>	
<b>Możliwe przyczyny</b>	Wartości temperatury lub nacisku są zbyt niskie
<b>Wtrącenia na powierzchni jeziorka spawalniczego</b>	
<b>Możliwe przyczyny</b>	Niewystarczające oczyszczenie końcówek do zgrzewania
<b>Porowatość ściegu</b>	
<b>Możliwe przyczyny</b>	Zgrzewanie w warunkach nadmiernej wilgotności otoczenia
<b>Powierzchnia ściegu ma nadmiernie gładkie, błyszczące wykończenie</b>	
<b>Możliwe przyczyny</b>	Przegrzanie podczas zgrzewania
<b>Niewspółosiowość przekracza 10% grubości rury i kształtki</b>	
<b>Możliwe przyczyny</b>	Nieprawidłowe centrowanie lub nadmierna owalność rury



## Zgrzewanie w podczerwieni

Zgrzewanie w podczerwieni (IR) jest techniką bezkontaktowego spawania termicznego, która daje wyjątkowo solidne spoiny, szczelne dla powietrza i cieczy. Promieniowanie podczerwone jest najczęściej określane jako ciepło pochodzące od światła słonecznego i tak jak w przypadku każdego źródła światła, promieniowanie elektromagnetyczne w spektrum podczerwieni jest emitowane z bardzo wysokim natężeniem.

Jako celowe źródło ciepła można wykorzystać promieniowanie podczerwone, co sprawia, że jest ono coraz częściej stosowane w procesach przemysłowych i produkcji półprzewodników. Elementy termoplastyczne można bardzo łatwo podgrzać do temperatury topnienia, ponieważ długość fali można regulować (w zgrzewaniu w podczerwieni), a następnie elementy można połączyć podobnie jak w przypadku spawania lub zgrzewania na gorąco (mufowego lub doczołowego).

### Instrukcja zgrzewania

Podczas zgrzewania w podczerwieni, obie połówki połączenia są utrzymywane nieruchomo w pobliżu płyty emitującej podczerwień.

Następnie płyta dociskowa emituje silne światło podczerwone na obie części wzdłuż ustalonej ścieżki połączenia, zwykle w kształcie okręgu lub linii. Płyta dociskowa jest szybko odejmowana, a połówki połączenia są natychmiast łączone i ponownie krzepną pod dociskiem.

Spoiny powstałe w wyniku zgrzewania w podczerwieni są jednorodne i wykazują dobre właściwości.

### Zalety i zastosowania zgrzewania w podczerwieni

Jedną z największych zalet tej techniki spawania jest to, że pozwala ona na większą elastyczność w doborze materiałów (zastosowania bezстыkowe). Ponieważ technika ta jest bezdotykowa, tym samym eliminuje wymianę wkładek / powłoki materiału płyty (grzejnika), co uniemożliwia przyklejanie się części łączonych do urządzeń montażowych. Ponadto, technika ta jest o 50% szybsza niż zgrzewanie doczołowe. Nie ma lub jest minimalne ryzyko zanieczyszczenia, a powstające ścięgi są minimalne. Ze względu na bardzo równomierne nagrzewanie, powstawanie naprężeń w połączeniach zgrzewanych jest bardzo małe.

## 3.1.3 Zgrzewanie mufowe

Zgrzewanie mufowe na gorąco to metoda polegająca na wtapianiu rury w mufę kształtki. Połączenie jest wykonywane poprzez jednoczesne połączenie powierzchni męskiej i żeńskiej za pomocą specjalnych ręcznych lub automatycznych urządzeń grzewczych. Urządzenia te, w swojej najprostszej formie, składają się z płyty grzejnej, na której zamontowany jest szereg tulei grzejnych. Urządzenia wyposażone są w odpowiedni układ grzewczy wraz z automatycznym regulatorem temperatury. Do tego typu zgrzewania nie są potrzebne dodatkowe materiały. Zgrzewanie mufowe nie ma wpływu na odporność chemiczną materiału, ani na odporność na ciśnienie wewnętrzne łączonych rur i kształtek. Rura przeznaczona do zgrzania musi być w razie potrzeby przycięta, sfazowana i oskórowana. Zewnętrzna powierzchnia rury i wewnętrzna powierzchnia kształtki muszą być starannie oczyszczone, a zewnętrzne powierzchnie rury i kształtki mogą być oznaczone nacięciem w celu wyeliminowania ryzyka niezamierzonego obrotu podczas ustawiania kształtki. Następnie należy włożyć rurę do tulei żeńskiej i kształtkę do tulei męskiej, przytrzymać je w tym położeniu przez niezbędny czas nagrzewania; po upływie tego czasu należy szybko wyjąć elementy z tulei, a następnie wsunąć rurę do złączki na pełną, wcześniej ustaloną długość wsunięcia, zwracając uwagę na prawidłowe spasowanie nacięć. Oba elementy muszą być zamocowane nieruchomo przez około 15 sekund po pierwszym włożeniu, a następnie pozostawione do ostygnięcia w temperaturze otoczenia, bez użycia wymuszonego przepływu powietrza lub zanurzenia w wodzie.



### Instrukcje zgrzewania

Opisana poniżej metoda ma zastosowanie tylko przy wykonywaniu termicznych spoin mufowych, które wymagają użycia ręcznego sprzętu spawalniczego.

Stosowanie automatycznych i półautomatycznych urządzeń, które nadają się szczególnie do średnic większych niż 63 mm, wymaga szczególnej wiedzy na temat narzędzia spawalniczego. W takim przypadku należy ściśle przestrzegać instrukcji producenta narzędzia.



**1)** Wybrać tuleje żeńskie i tuleje męskie o wymaganych średnicach, włożyć je i zamocować na płycie grzejnej, jak pokazano na rysunku.



**2)** Dokładnie wyczyścić powierzchnie styku, jak pokazano na rysunku. Przy wyborze rodzaju płynnego detergentu należy stosować zalecane produkty dostarczane przez wyspecjalizowanych producentów: odpowiednie substancje to trichloroetan, chlorotlen, alkohol etylowy i alkohol izopropylowy.



**3)** Nastawić temperaturę narzędzia grzewczego. Aby prawidłowo uformować połączenie, temperaturę należy ustawić w zakresie od 250°C do 270°C.

**4)** Po osiągnięciu przez urządzenie zadanej temperatury, należy sprawdzić temperaturę płyty grzejnej za pomocą termometru krótkozwłocznego.

**5)** Obciąć rurę (rys. **A**), sfazować ją i jeśli to konieczne, oskórować (rys. **B**).



Średnica i długość skórowania oraz głębokość skosu muszą odpowiadać wartościom podanym w poniższej tabeli wymiarów skórowania i fazowania rur. Proces fazowania może być przeprowadzony zarówno po skórowaniu, jak i równocześnie z tą operacją, za pomocą specjalnych, wzorcowanych narzędzi.

#### Wymiary dla skórowania i fazowania rur PP-H

Średnica zewnętrzna $D_e$ (mm)	Długość skórowana $L_p$ (mm)	Skos $S_m$ (mm)
20	14	2
25	16	2
32	18	2
40	20	2
50	23	2
63	27	3
75	31	3
90	35	3
110	41	3

#### Wymiary dla skórowania i fazowania rur PVDF

Średnica zewnętrzna $D_e$ (mm)	Długość skórowana $L_p$ (mm)	Skos $S_m$ (mm)
16	13	2
20	14	2
25	16	2
32	18	2
40	20	2
50	23	2
63	27	3
75	31	3
90	35	3
110	41	3



6) Oznaczyć na rurze długość jej wsunięcia  $L_1$ , jak pokazano na rysunku, odnosząc się do wartości podanych w tabeli długości wsunięcia rur – patrz poniżej.

#### Długość wsunięcia rury PP-H

Średnica zewnętrzna $D_e$ (mm)	Długość wejścia w mufę kształtki $L_1$ (mm)
20	14
25	15
32	17
40	18
50	20
63	26
75	29
90	32
110	35

#### Długość wsunięcia rury PVDF

Średnica zewnętrzna $D_e$ (mm)	Długość wejścia w mufę kształtki $L_1$ (mm)
16	12
20	14
25	15
32	17
40	18
50	20
63	26
75	29
90	32
110	35



7) Nanieść linię odniesienia wzdłuż zewnętrznej strony rury i kształtki, aby zapobiec obracaniu się tych dwóch części podczas zarabiania połączenia, jak pokazano na rysunku.



8) Oczyszczyć kształtkę i rurę z wszelkich śladów oleju lub pyłu na powierzchniach zgrzewanych.



9) Po sprawdzeniu, że temperatura powierzchni płyty grzewczej ustabilizowała się na wymaganej wartości, włożyć rurę do tulei żeńskiej, a kształtkę do tulei męskiej, jak pokazano na rysunku.

Trzymając elementy włożone w obie tuleje (kształtka włożona do oporu, rura włożona do końca długości skórowanej), odczekać minimalny czas nagrzewania podany w poniższej tabeli czasów nagrzewania, zgrzewania i chłodzenia, które zaczerpnięto z DVS 2207.

D <sub>e</sub> (mm)	Rury PP wg: DVS 2207 część 11			
	Minimalna grubość* (mm)	Czas nagrzewania (s)	Czas przełączenia (s)	Czas chłodzenia (min)
20	2,5	5	4	2
25	2,7	7	4	2
32	3	8	6	4
40	3,7	12	6	4
50	4,6	18	6	4
63	3,6	24	8	6
75	4,3	30	8	6
90	6,1	40	8	6

\* Do prawidłowego zgrzewania zalecamy stosowanie rur o grubości ścianki powyżej 2 mm, a konkretniej:

- dla D<sub>e</sub> do 50 mm: typoszeregi rur PN 10 i PN 16,
- dla D<sub>e</sub> od 63 do 110 mm: typoszeregi rur PN 16, PN 10 i PN 6.

### Czas nagrzewania, zgrzewania i chłodzenia PVDF

D <sub>e</sub> (mm)	Rury PVDF wg: DVS 2207 część 15			
	Minimalna grubość* (mm)	Czas nagrzewania (s)	Czas przełączenia (s)	Czas chłodzenia (min)
16	1,5	4	4	2
20	1,9	6	4	2
25	1,9	8	4	2
32	2,4	10	4	4
40	2,4	12	4	4
50	3	18	4	4
63	3	20	6	6
75	3	22	6	6
90	3	25	6	6

\* Do prawidłowego zgrzewania zalecamy stosowanie rur o grubości ścianki powyżej 2 mm, a konkretniej:

- dla D<sub>e</sub> do 50 mm: typoszeregi rur PN 10 i PN 16,
- dla D<sub>e</sub> od 63 do 110 mm: typoszeregi rur PN 16, PN 10 i PN 6.



**10)** Po upływie minimalnego czasu nagrzewania szybko wyjąć elementy z tulei i wsunąć rurę do kształtki na całą długość wsunięcia L<sub>1</sub> oznaczoną wcześniej jak na rysunku. Nie obracać rury w złączce; należy upewnić się, że linie odniesienia są idealnie spasowane, co widać na poniższym rysunku.

**11)** Zgodnie z tabelą „Czas nagrzewania, zgrzewania i chłodzenia” przytrzymać łączone elementy nieruchomo na czas zgrzewania, zwany „czasem przełączenia”.

Następnie pozostawić je do ostygnięcia na „czas chłodzenia”. Należy zauważyć, że ten etap powinien odbywać się w temperaturze otoczenia i bez użycia wymuszonego przepływu powietrza ani zanurzenia w wodzie.

**12)** Po dostatecznym schłodzeniu powierzchni wewnętrznych i zewnętrznych, podnieść ciśnienie w instalacji w celu przeprowadzenia próby hydraulicznej połączenia.



### OSTRZEŻENIA

Podczas zgrzewania mufowego należy zwrócić uwagę na następujące zalecenia:

- Zawsze używać odpowiednich środków ochrony indywidualnej (np. rękawic i okularów).
- Należy przestrzegać wszystkich instrukcji bezpieczeństwa podanych przez producenta sprzętu spawalniczego.
- w przypadku zgrzewania mufowego połączeń nie jest możliwa kompensacja błędów ustawienia lub głębokości połączenia, ponieważ chłodzenie połączenia następuje tak szybko, że po zatrzymaniu wsuwania rury w mufę nie można dokonać korekty,
- w przypadku ograniczonej przestrzeni roboczej i mniejszej liczby połączeń do wykonania, sugerujemy, aby instalacja rurowa była w miarę możliwości prefabrykowana metodą mocowania narzędzia zgrzewającego w imadle stołowym,
- połączenia, które są wykonane prawidłowo, z dobrym ustawieniem i głębokością wsunięcia, są bardzo trudne do wykonania fizycznie. Jest to szczególnie prawdą w przypadku połączeń końcowych wykonywanych „z reki”, gdzie narzędzie grzewcze jest przenoszone przez jednego z monterów, podczas gdy inny monter zespołu wciska nasadkę mufy do męskiej tulei grzejnej (podzespołu zgrzewania czołowego), podczas gdy rura jest wciskana w żeńską tuleję grzejną przez trzeciego monter. Aby stopić te elementy w tulejach, potrzebna jest duża i stała siła, wówczas elementy wejdą w siebie dopiero po stopieniu, bez względu na siłę osiową. Prawdziwą trudnością jest utrzymanie siły potrzebnej do wsunięcia nasadki mufowej wystarczająco szybko i prosto na rurę, tak aby ustawienie rury i głębokość wejścia w mufę była prawidłowa. Dlatego proponujemy, aby umożliwić prefabrykację wszystkich połączeń na maszynie stołowej do zgrzewania.
- przed wykonaniem połączeń zgrzewanych mufowych można sprawdzić na miejscu, czy tolerancje wymiarowe mufy są prawidłowe. W przypadku, gdy mufa jest za duża, nie można jej użyć,
- stopione tworzywo sztuczne grozi poważnymi oparzeniami. Nie wolno dotykać zgrzewarki ani gorącego tworzywa, Gdy monterzy muszą opuścić miejsce pracy, często dobrym pomysłem jest ułożenie koca termicznego na gorącym uchwycie narzędzia zgrzewającego lub na stole montażowym. Należy wywiesić tablicę ostrzegawczą o niebezpieczeństwie poparzeń na stole maszyny do zgrzewania,
- podczas nastawiania ręcznej zgrzewarki należy zwrócić szczególną uwagę na poniższe wskazówki. Zgrzewarki są wstępnie ustawione fabrycznie na temperaturę od 250°C do 270°C. Temperaturę pracy narzędzia można zmienić obrotem śruby regulacyjnej termostatu za pomocą przyrządu znajdującego się w zestawie do ręcznego łączenia zgrzewaniem. Ten przyrząd jest identyczny z ostrzem śrubokręta płaskiego, którego trzon jest ustawiony pod kątem 90°. Obrót zgodnie z ruchem wskazówek zegara zmniejsza temperaturę, natomiast obrót w kierunku przeciwnym zwiększa temperaturę.

### Zalety i zastosowania

Metoda zgrzewania mufowego odgrywa kluczową rolę tam, gdzie konieczna jest mniejsza liczba narzędzi. Ponieważ technika ta wykorzystuje większą powierzchnię styku podczas zgrzewania, skraca czas potrzebny do ogrzania i stopienia rury. Ponadto, ta technika zgrzewania wymaga mniejszego nacisku niż zgrzewanie doczołowe.

Typowe obszary zastosowań zgrzewania mufowego to np. instalacje wodociągowe i gazowe, systemy nawadniające, instalacje chemiczne i ścieków itp.

### Kontrola jakości połączeń zgrzewanych

Próba ścinania przy skręcaniu i próba promieniowego odrywania służą do szybkiego sprawdzenia jakości połączeń rurowych zgrzewanych mufowo. Grubość ścianki rury powinna wynosić  $\geq 4$  mm.

- Próba ścinania przy skręcaniu: próba skręcania przy ścinaniu służy do oceny zachowania się i wyglądu pęknięcia połączenia spawanego. W tym celu próbkę do badań mocuje się w całości w imadle z jedną częścią np. o przekroju mufy. Druga część, np. przekrój rury, jest chwyтана za pomocą odpowiedniego narzędzia i skręcana o 90° na złączu spawanym. Częstotliwość skoku jest bardzo mała, aby w szerokim zakresie wykluczyć pęknięcie próbki podczas badania. Miejsca mocowania powinny być lekko podcięte, aby wprowadzić moment skręcający skierowany na odcinek złącza spawanego.
- Próba promieniowego odrywania: w tym badaniu przekrój poprzeczny rury próbki badanej, który jest zamocowany za przekrój poprzeczny mufy w imadle wciągarki za pomocą odpowiednich cęgów lub innego urządzenia mocującego, jest promieniowo odrywany przy możliwie małej prędkości. Do oceny wyników służy poniższa tabela.

### Kryteria oceny w próbie ścinania przy skręcaniu i promieniowego odrywania

Zachowanie się przy pękaniu	Typ, charakterystyka	Ocena
Duże siły przerwania, pęknięcia ciągliwe, > 80 % strefy spawania	Bardzo uporządkowany wygląd pęknięć z plastycznym i ciągliwym ustąpieniem materiału	Niewielkie wady
Strefa spawania jest częściowo lub całkowicie przetopiona, ale tylko zgrzewana punktowo	Odrębne rozwarstwienia, zanieczyszczenia, niedostateczne oderwanie powierzchni	
Pęknięcia kruchościowe	Strefa przerwania ma duże pory, drobną strukturę, z dużą ilością pustych przestrzeni, częściowo przepalona, przegrzane połączenie spawane	Niedopuszczalne wady
	Powierzchnia rury nie stopiła się, spoina spawana zbyt zimna, zbyt duża szczelina spawalnicza	

#### Najczęstsze wady

- Nieprawidłowe ustawienie temperatury na narzędziu do ogrzewania powoduje przypalenie elementem grzejnym.
- Spawano nie sprawdzając czy nie ma zanieczyszczeń na powierzchniach zgrzewanych.
- Nieprawidłowe mocowanie może spowodować niewspółosiowość rury.
- Spawano w niepożądanych warunkach pracy (np. temperatura otoczenia, temperatura narzędzia grzewczego, itp.), co dało nieprawidłowe połączenie.

### 3.1.4 Zgrzewanie elektrooporowe

Zgrzewanie elektrooporowe jest bardzo bezpieczną i przyjazną dla użytkownika technologią zgrzewania, stosowaną głównie do rur PE w instalacjach gazowych, wodnych, kanalizacyjnych i przemysłowych. Element grzejny wykonany jest z drutu i stanowi nieodłączną część złączek, kształtek oraz wielu innych rodzajów elementów przewodowych i zaworów.

Po przyłożeniu prądu do drutu spawalniczego, dzięki zjawisku Joule'a, otaczające go tworzywo sztuczne zostaje podgrzane do temperatury 200°C. Wnętrze mufy i zewnętrzna strona rury topią się i zbiegają ze sobą. Regulacja temperatury lub czasu spajania służy osiągnięciu odpowiedniej ilości stopionego materiału i zatrzymania ogrzewania w odpowiednim momencie. Po schłodzeniu tworzywo sztuczne spaja się, tworząc solidne i jednorodne połączenie bez konieczności stosowania dodatkowego materiału uszczelniającego.

Zgrzewanie elektrooporowe może być stosowane z tworzywami poliolefinowymi o mikrostrukturze półkryształicznej, takimi jak PE80, PE100, PE100-RC, PE-X, PP, PB lub PA.

Jest to obecnie najczęściej stosowana technika zgrzewania przy montażu rur PE i niektórych rur wielowarstwowych.

#### Instrukcja zgrzewania

Poniżej przedstawiono szczegółową instrukcję zgrzewania elektrooporowe.



- 1) Zmierzyć i zaznaczyć głębokość wsunięcia rury w kształtkę.
- 2) Oskrobać końce rur za pomocą skrobaka obrotowego, aby usunąć utlenioną warstwę wierzchnią, umożliwiając zestyk czystego tworzywa z kształtką.
- 3) Wyczyścić końcówki rur i wewnętrzną powierzchnię złączki za pomocą dopuszczonego zmywacza.
- 4) Ponownie oznaczyć głębokość wsunięcia aby kontrolować przebieg zgrzewania elektrooporowego.
- 5) Włożyć koniec rury do kształtki na odpowiednią głębokość.







**6)** Chwycić szczypcami i połączyć kształtkę ze zasilaczem elektrooporowym za pomocą przewodów elektrycznych.



**7)** Zeskanować lub odczytać kod kreskowy zgrzewania elektrooporowego i rozpocząć je. W przypadku problemów z odczytem kodu kreskowego, parametry zgrzewania można wyprowadzić z numeru nad kodem kreskowym i wpisać ręcznie do zgrzewarki.

**8)** Po automatycznym zatrzymaniu procedury, połączenie nie może być dotykane ani poddawane naciskom/ciśnieniu przed upływem czasu chłodzenia.

Aby przeprowadzić zgrzewanie elektrooporowe, konieczne jest właściwe zrozumienie tego procesu oraz sprzętu i narzędzi z nim związanych. Znajomość instrukcji zgrzewania oznacza m.in. znajomość czasu nagrzewania, czasu chłodzenia, kompensacji temperatury itp. i jest obowiązkiem monterów.

Poniższy rysunek przedstawia przykład kodu kreskowego zgrzewania elektrooporowego zgodnego z normą ISO 13950. Musi zostać zeskanowany, aby rozpocząć procedurę.

Znaczenie liczb w kodzie kreskowym jest następujące:

- cyfry od 1 do 8 służą do opisu nazwy producenta kształtki, typu kształtki, korekty energii stosowanej do nominalnego czasu spajania, typu i oznaczenia czasu chłodzenia,
- cyfry od 9 do 11 oznaczają średnicę kształtki,
- cyfra 12 to wartość rezystancji (K),
- cyfry od 13 do 14 to nominalne napięcie topienia (V),
- cyfry 15, 16, 17 to rezystancja elementu grzejnego ( $\Omega$ ),
- cyfra 18 to zmienność rezystancji (%),
- cyfry 19, 20, 21 to czas ogrzewania (s),
- cyfry od 22 do 23 oznaczają korektę energii (%),

Cyfry pogrubioną czcionką oznaczają numer partii.

Więcej informacji na ten temat można znaleźć w normie ISO 13950.





### OSTRZEŻENIA

Podczas zgrzewania elektrooporowego należy postępować zgodnie z poniższymi wskazówkami:

- Zawsze używać odpowiednich środków ochrony indywidualnej (np. rękawic i okularów).
- Należy przestrzegać wszystkich instrukcji bezpieczeństwa podanych przez producenta sprzętu spawalniczego.
- Powierzchnie łączonych rur i wewnętrzne powierzchnie kształtek muszą być absolutnie czyste, suche i odtłuszczone. Bezpośrednio przed montażem i po oskrobaniu należy oczyścić te miejsca odpowiednim zmywaczem i wyłącznie chłonnym, niestrzępiącym się i niebarwionym papierem. Podczas czyszczenia należy uważać, aby do strefy połączenia nie dostały się zanieczyszczenia z nieoskrobanej powierzchni rury.
- Jeśli warstwa tlenkowa nie zostanie całkowicie usunięta, może dojść do powstania niejednorodnych, nieszczelnych połączeń spawanych.
- Nadmierne usunięcie wiórów może spowodować powstanie zbyt dużej szczeliny pierścieniowej, która nie może być zamknięta przetopem lub będzie nim niedokładnie zamknięta. Dlatego należy regularnie sprawdzać stan ostrza na skrobaku. Zużyte ostrza należy wymienić.
- Możliwe jest łączenie różnych gatunków PE jak PE80/PE100, PE100/PE100-RC lub PE100/PE-X, natomiast nie można zgrzewać różnych tworzyw ze sobą.
- Czas chłodzenia jest bardzo ważny, aby uzyskać pożądaną jakość połączenia.
- Podczas cięcia rury należy zachować ostrożność. Nieprostopadłe obcięcie rury może spowodować, że cewka grzejna nie będzie przykryta rurą, co może skutkować przegrzaniem, niekontrolowanym tworzeniem się przetopu lub samozapłonem tworzywa.

### Zalety i zastosowania zgrzewania elektrooporowego

Ta technika zgrzewania bardzo dobrze sprawdza się w przypadku poliolefin i innych polimerów krystalicznych. Zgrzewanie elektrooporowe staje się coraz bardziej popularne, ponieważ obejmuje duży zakres średnic elementów. Ponadto technika ta umożliwia naprawę bez konieczności demontażu rur. Ponadto, brak tworzenia się ściągów spoiny wewnątrz rury sprawia, że technika ta jest najchętniej stosowana. Zautomatyzowane sterowanie procesem spajania zapewnia wysoką niezawodność połączeń.

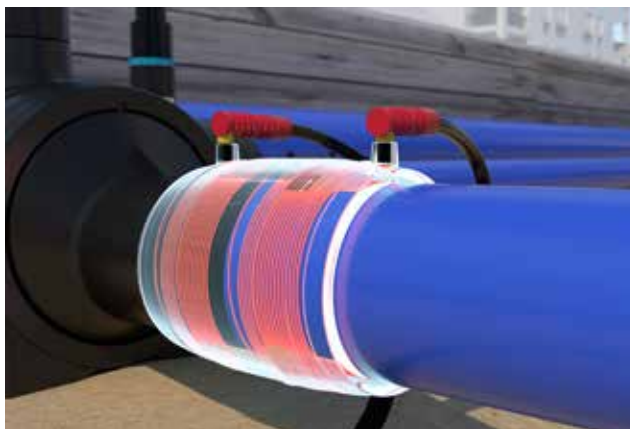
Typowe obszary zastosowań techniki zgrzewania elektrooporowego to np. budowa gazociągów, wodociągów i kanalizacji z PE, czy rurociągów przemysłowych z PP lub PE.

### Większa głębokość wsunięcia daje lepszą jakość połączeń

Jedną z korzyści płynących z zastosowania naszej kształtki elektrooporowej jest duża głębokość wsunięcia rury, co czyni to rozwiązanie wysoce skutecznym. Zapewnia to dodatkowe bezpieczeństwo, ponieważ końce rur są znacznie

### Dłuższa strefa stopienia daje lepszy chwyt stron połączenia

Kolejną zaletą naszej kształtki elektrooporowej jest dłuższa strefa stopienia (scalenia), co pozwala na uzyskanie większej siły chwytu. Ten aspekt ostatecznie zmniejsza naprężenia zginające, a także pomaga zapobiegać utracie ciśnienia topnienia. Ponadto pomaga w kompensacji rur, które nie zostały przycięte pod kątem prostym i kompensuje luki w docisku rury do kształtki. Dłuższe strefy spojenia umożliwiają pochłanianie energii na większej powierzchni. Ponadto technika ta daje większą stabilność i bezpieczeństwo montażu.



Poniższa tabela pozwala lepiej zrozumieć różnice pomiędzy strefą stopienia na Frialen® a wymaganiami normy europejskiej. Tabela odpowiada normom DIN EN 12201-3 i DIN EN 1555-3.

D <sub>e</sub> (mm)	Minimalna długość strefy stopienia/spojenia (mm) wg DIN EN 12201-3 i DIN EN 1555-3	Długość strefy stopienia FRIALEN (mm)	Stosunek
32	10	21	2,1
63	11	29	2,6
125	16	42	2,6
225	26	71	2,7

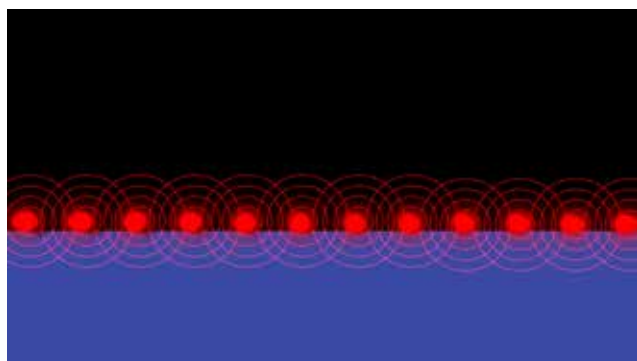
### Odslonięta spirala grzejna poprawia chwyt

Główną zaletą zastosowania odkrytej spirali grzejnej w naszych kształtkach elektrooporowych jest lepszy chwyt. Poza tym, aspekt ten przynosi wiele innych korzyści. Powłoka tlenkowa, który występuje również wewnątrz złączki, jest znacznie mniejsza i nie wpływa na jakość zgrzewania. Ponadto zapewnia szybkie stopienie powierzchni rur i kształtek. Nagrzewanie i osiągnięcie wymaganego nacisku spajającego przebiega w możliwie najkrótszym czasie.

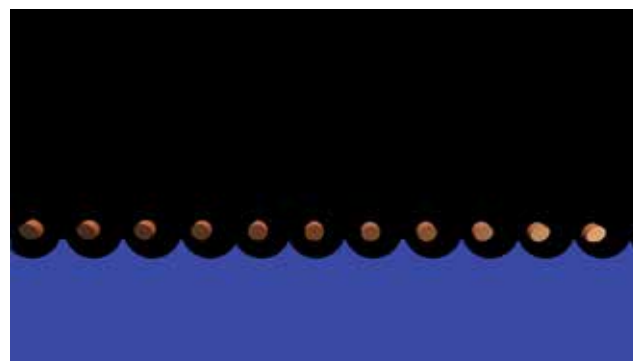
Dwie trzecie spirali grzejnej jest zalanych kształtką, co zapobiega uszkodzeniu drutu.

Zdjęcia ilustrują odpowiednio przykład montażu z odsłoniętą spiralą grzewczą i końcowe formowanie fali stopionego tworzywa.

#### Podczas zgrzewania



#### Tworzenie się fali po zgrzaniu



### Kontrola jakości połączenia zgrzewanego

Wskaźniki PIN kształtek bezpieczeństwa FRIALEN sygnalizują, czy zgrzewanie zostało wykonane, czy nie.

#### Przed



#### Po spojeniu



W każdym razie, aby upewnić się, że zgrzanie udało się, należy sprawdzić sygnały na zasilaczu zgrzewarki.

Duże mufy wyposażone są we wskaźniki kolorystyczne: po stopieniu widoczny jest kolor fioletowy, natomiast przed stopieniem wskaźnik nie ma żadnego koloru.

### Najczęstsze wady

- Nieprostokątne obcięcie rury może spowodować, że cewka grzejna nie będzie przykryta rurą, co może skutkować przegrzaniem, niekontrolowanym tworzeniem się przetopu lub samozapłonem tworzywa.
- Powierzchnia rury nieprawidłowo oskrobana jest również jedną z najczęstszych przyczyn wadliwych połączeń. Aby uniknąć tego typu problemów, zaleca się stosowanie odpowiednich skrobaków.
- Nieprawidłowe oznaczenie głębokości wsunięcia rury skutkuje wadliwym wykonaniem połączenia. W celu prawidłowego oznaczenia głębokości wsunięcia należy upewnić się, że jest to połowa długości mufy plus 5 mm dodatkowej tolerancji.
- Brak ponownego zaokrąglenia rur niekształtnych. Rury, w szczególności wiązane w kręgi i szpule, mogą stracić swoją okrągłość podczas składowania. Jeśli nieokrągłość rury w obszarze strefy stopienia/spojenia przekracza 1,5% średnicy zewnętrznej lub przekracza 3 mm, rury te wymagają zaokrąglenia w obszarze strefy stopienia. Do ponownego zaokrąglenia zaleca się stosowanie odpowiednich zacisków zaokrąglających.
- Nieprawidłowe użytkowanie przyrządów mocujących lub ich brak może spowodować niewspółosiowość rury.
- Przechyłanie rury podczas jej wsuwania, wielokrotne używanie tej samej chusteczki do odtłuszczenia oraz przesuwanie kształtki przed jej całkowitym ostygnięciem może dać nieprawidłowe połączenie.

### 3.1.5 Spawanie gazowe na gorąco

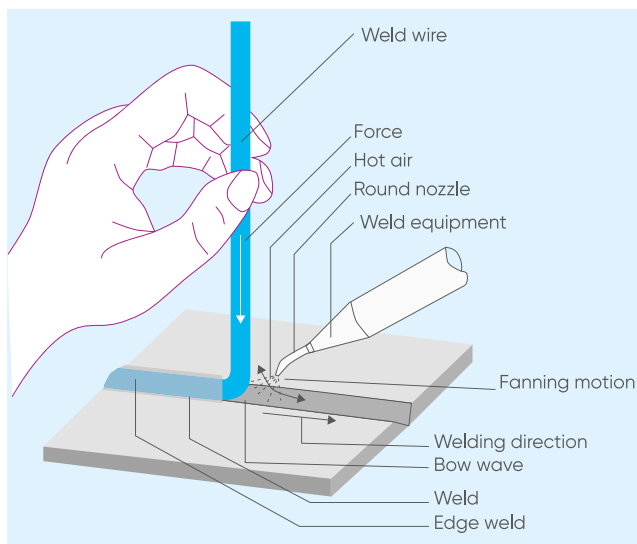
Podczas spawania gazowego na gorąco powierzchnie łączone i zewnętrzne strefy połączenia przechodzą w stan plastyczny od ciepła gazu, z reguły gorącego powietrza, i są łączone pod naciskiem.

Za pomocą gorącego gazu można spawać kilka tworzyw: PE, CPVC, UPVC, PP i PVDF.

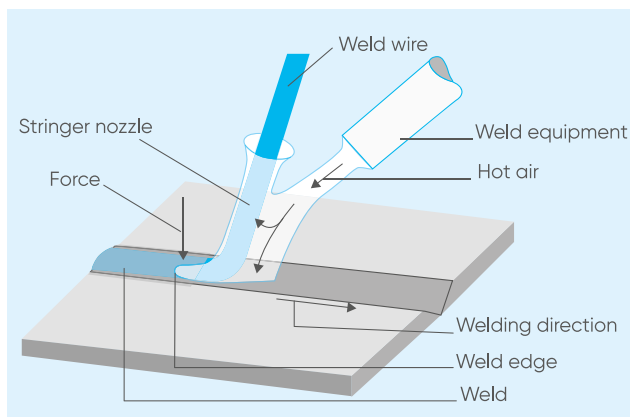
Z zasady, spawarka na gorący gaz służy do wykonywania trzech funkcji: podgrzewania tworzywa, prowadzenia i podgrzewania sztyftu spawalniczego oraz dociskania obszaru spawania.

Wyróżnia się dwa różne rodzaje spawarek:

- spawanie gazem na gorąco za pomocą palnika oddzielnego od sztyftu spawalniczego (WF) – podgrzewanie odbywa się za pomocą okrągłej dyszy. Ukosowana końcówka sztyftu spawalniczego jest przytrzymywana na początku rowka spawalniczego i podgrzewana wraz z tworzywem elementu łączonego. Dysza jest prowadzona wzdłuż spoiny tak, że prąd gorącego powietrza pada na tworzywo i sztyft spawalniczy. Prowadzi się ją po spoinie, poddając sztyft spawalniczy możliwie pionowemu dociskowi, jak pokazano na rysunku.



- Spawanie gorącym gazem ze ścięciem prostym (WZ): sztyft spawalniczy jest podgrzewany w dyszy do spawania ścięciem prostym i wciskany do rowka spawalniczego za pomocą noska w dolnej części dyszy. Sztyft spawalniczy jest wybierany samoczynnie przez ruch dyszy do przodu. Niezbędny nacisk można przyłożyć łatwiej i jest bardziej równy. Przykład zilustrowano na rysunku.



### Instrukcje zgrzewania

Jakość gazu użytego jako czynnik przenoszący ciepło, nacisk i temperatura są krytycznymi czynnikami wpływającymi na jakość spoiny.

Szybkie spawanie gazem na gorąco wymaga podawania gazu pod niskim ciśnieniem i o dużej objętości, gaz też musi być wolny od oleju i wilgoci.

W poniższej tabeli, zaczerpniętej z DVS 2207, podano niektóre zalecane wartości parametrów spawania dla różnych tworzyw.

Symbol materiału	Rodzaj spawania <sup>(1)</sup>	Nacisk spawania (N) ze sztyftem spawalniczym <sup>(2)</sup>		Temperatura gorącego powietrza, °C <sup>(3)</sup>	Ilość powietrza l / min
		okrągły Ø 3 mm	okrągły Ø 4 mm		
PE-HD	WF	6–10	15–20	300–250	40–60
	WZ	10–16	25–35		
PE-LD (4)	WF			260–320	
	WZ				
PP	WF	6–10	15–20	280–330	
	WZ	10–16	25–35		
PVC-U, PVC-HI	WF	5–9	8–12	320–370	
	WZ	8–12	15–25		
PVC-P <sup>(4)</sup>	WF	15–20	18–25	300–370	
	WZ	4–8	7–12		
PVC-C	WF	10–15	15–20	350–400	
	WZ	15–20	20–25		
PMMA <sup>(5)</sup>	WF	12–16	12–16	320–370	
	WZ	12–16	20–30		
PVDF	WF	10–15	15–20	350–400	
	WZ	12–17	25–35		

<sup>(1)</sup> WF = spawanie gazem na gorąco za pomocą palnika oddzielnego od sztyftu spawalniczego, WZ = spawanie gazem na gorąco ze spoiną prostą.

<sup>(2)</sup> Siłę nacisku spawania można sprawdzić poprzez spawanie próbne na wadze do arkuszy.

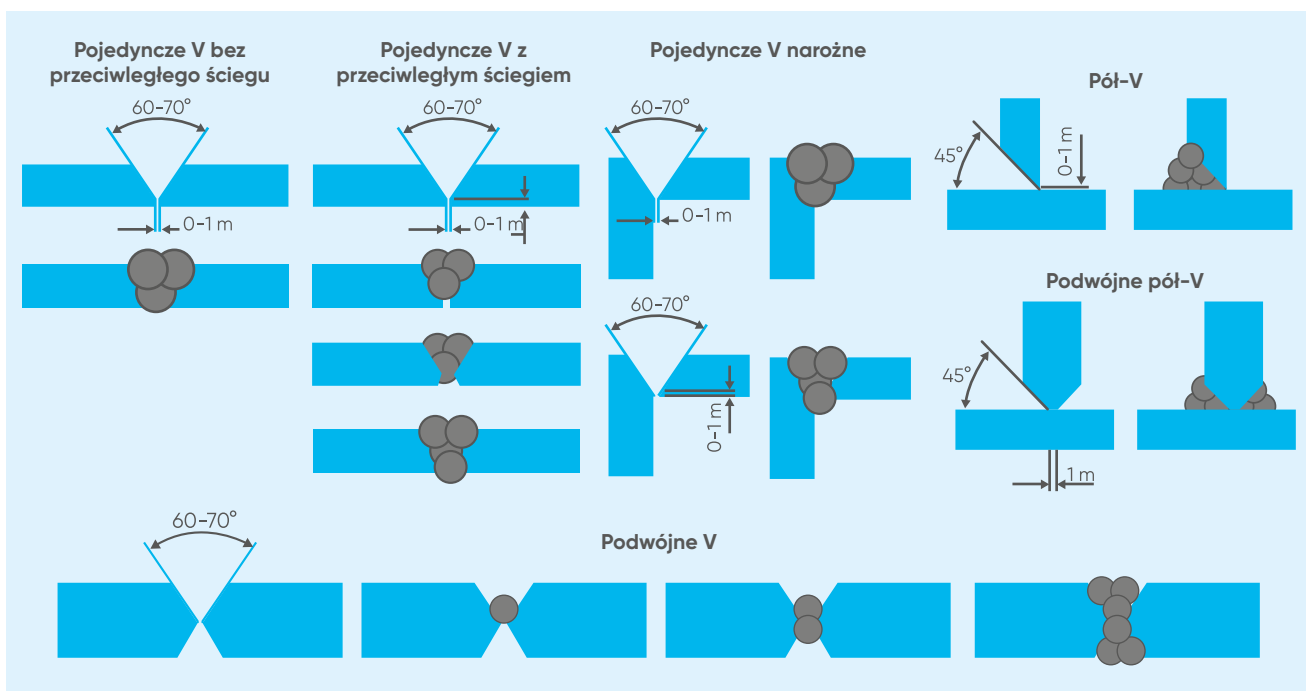
<sup>(3)</sup> Mierzone w strumieniu gorącego powietrza ok. 5 mm wewnątrz dyszy, w przypadku dysz okrągłych – w środku dyszy, w przypadku dysz podłużnych – w głównym otworze dyszy.

<sup>(4)</sup> WF da się wykonać w przypadku tych tworzyw sztucznych tylko z pomocą odpowiedniego wałka do poduszek

Aby wykonać prawidłowe spawanie ze sztyftem, należy postępować zgodnie z poniższymi wskazówkami:

- 1) Aby uzyskać najlepszą spoinę, końce łączonych elementów muszą być sfazowane. Skos można wykonać przy pomocy piły ustawnej, frezarki lub innego odpowiedniego narzędzia. Kąt między skosami dwóch łączonych elementów powinien wynosić od 60 do 70 stopni, z wyjątkiem sytuacji, gdy jeden element jest łączony prostopadłe do drugiego, w którym to przypadku kąt ogranicza się do 45 stopni.
- 2) Części przeznaczone do montażu muszą być bardzo czyste. Aby usunąć pozostałości z powierzchni, zaleca się lekkie szlifowanie lub skrobanie ostrym nożem w miejscu spawania i na sztyfcie spawalniczym.
- 3) Jeżeli połączenie nie będzie szczipiane przed spawaniem, zaleca się pozostawić szczelinę o szerokości 0,5 - 1 mm pomiędzy dwoma łączonymi elementami, tak aby materiał sztyftu spawalniczego mógł przeniknąć do podstawy skosu i nieco przelać się na drugą stronę. Jeśli części będą najpierw klejone, powinny być dociśnięte doczołowo bez szczeliny. Łączone części powinny być solidnie zamocowane za pomocą odpowiednich zacisków, jeśli to konieczne.

Na poniższym rysunku pokazano typowe konfiguracje połączeń spawanych.



4) Aby ułatwić rozpoczęcie spawania, końcówkę czołową sztyftu spawalniczego można ścieć pod ostrym kątem. Sztyft spawalniczy nie powinien być wprowadzany do końcówki spawalniczej z dużą prędkością aż do momentu, gdy operator jest gotowy do rozpoczęcia spawania, w przeciwnym razie może dojść do nadpalenia sztyftu.

5) Aby rozpocząć spawanie, operator trzyma końcówkę spawalniczą nad spawanym obszarem, aby zapobiec przypaleniu tworzywa przed rozpoczęciem pracy, jak



6) Następnie operator wkłada sztyft spawalniczy do rurki podgrzewającej i przykładą zaostroszoną końcówkę sztyftu do tworzywa na początku spoiny. Trzymając spawarkę pod kątem około 45 stopni, należy podawać sztyft przez końcówkę, aż zetknie się z tworzywem. Po rozpoczęciu spawania, należy je prowadzić z równomierną prędkością.

7) Aby przerwać spawanie przed wyczerpaniem sztyftu, operator powinien odchylić spawarkę do tyłu, odciąć sztyft czubkiem noska i natychmiast usunąć resztę sztyftu z końcówki spawalniczej. Spawanie można również zakończyć poprzez przeciągnięcie końcówki spawarki po reszcie sztyftu i obcięcie go.

W razie potrzeby należy nałożyć kilka warstw, aż do całkowitego wypełnienia spoiny, jak pokazano na poprzednim zdjęciu. Jeśli spoina jest podwójnym V lub podwójnym pół-V, najlepsze wyniki uzyskuje się, gdy warstwy ściągów są układane na przemian po przeciwnych stronach spoiny.

W tabeli przedstawiono zalecenia dotyczące układania ściągów dla różnych grubości tworzywa i konfiguracji

Grubość tworzywa, mm		Ilość sztyftu spawalniczego x średnica
<b>Spoina na pojedyncze V</b>	2	1 x 4
	3	3 x 3
	4	1 x 3 + 2 x 4
	5	6 x 3
<b>Podwójne</b>	4	2 (1 x 4)
	5	2 (3 x 3)
	6	2 (3 x 3)
	8	2 (1 x 3 + 2 x 4)
	10	2 (6 x 3)



#### OSTRZEŻENIE

Ponieważ temperatura i nacisk są krytycznymi czynnikami podczas spawania gazem na gorąco, ważne jest, aby dokładnie przestrzegać wskazówek dotyczących temperatury i przyłożonej siły i uniknąć wykonania

#### Zalety i zastosowania

Spawanie sztyftem jest stosowane w rurociągach wodociągowych i gazowych – w szczególności jest zalecane dla małych lub szczególnych produkcji i prac specjalnych, ponieważ nadaje się do wielu rodzajów powierzchni i materiałów o różnych kształtach. Ponadto spoiny tworzyw sztucznych są z pewnością znacznie lżejsze od łączników mechanicznych, więc gdy jest to możliwe, zaleca się spawanie tą techniką zamiast łączenia mechanicznego.

#### Kontrola jakości połączenia zgrzewanego

W miarę postępu spawania, wizualna kontrola spoiny pozwala określić jakość: brązowe lub zwęglone krawędzie występują, gdy spawarka porusza się zbyt wolno lub jest przegrzana.

Jeśli sztyft został zbyt mocno zmięczony przez przegrzanie, rozciągnie się i pęknie lub spłaszczy.

### 3.1.6 Połączenia kołnierzowe

Połączenie z końcówkami kołnierzowymi jest najpopularniejszym systemem połączeń rozłącznych do wzdłużnego łączenia rur termoplastycznych o dużych średnicach. Nadaje się szczególnie do wszystkich instalacji, w których szybkie odłączenie elementów rurociągu i osprzętu jest niezbędne do prac konserwacyjnych i inspekcyjnych.

System ten daje możliwość łączenia urządzeń i odcinków rur wykonanych z różnych materiałów konstrukcyjnych, pod warunkiem, że łączone kołnierze mają to samo owiercenie.

Kołnierze stosowane do łączenia rur i kształtek z tworzyw termoplastycznych różnią się w różnych systemach połączeń rodzajem powierzchni styku, na której realizowane jest uszczelnienie hydrauliczne złącza – w szczególności można wyróżnić kołnierze swobodne lub utwierdzone:

- **Swobodne kołnierze:** kołnierze, które nie są sztywno połączone z rurą, ale mogą swobodnie obracać się wokół jej osi.  
Uszczelnienie hydrauliczne połączenia uzyskuje się poprzez ściskanie specjalnych uszczelek elastomerowych umieszczonych na styku końcówek króćców podporowych, jedynych elementów układu połączenia połączonych bezpośrednio z rurociągiem za pomocą złączy nieruchomych lub ruchomych.  
Szczególne zalety tego systemu kołnierzowego można podsumować jak niżej:
  - eliminacja operacji wstępnego osiowania owiercenia podczas montażu połączenia kołnierza z rurą.
  - możliwość ustawienia wokół osi centralnej rurociągu kształtek odgałęźnych i zaworów z końcówkami kołnierzowymi w pełnym zakresie 360°.
  - możliwość zastosowania kołnierzy z materiału innego niż materiał rur.
  - szeroka dostępność króćców podporowych wykonanych z tworzywa termoplastycznego o różnym wykończeniu powierzchni uszczelniających (czoło płaskie, czoło ząbkowane lub skrawane pod zawory motylkowe).
- **Kołnierze nieruchome:** kołnierze, które są bezpośrednio połączone z rurociągiem za pomocą stałych lub rozłącznych połączeń. W przypadku stałego połączenia wzdłużnego (spawanie rozpuszczalnikiem, zgrzewanie mufowe, doczołowe lub elektrooporowe) kołnierz i króciec złącza wykonane są z tego samego materiału konstrukcyjnego co rura, natomiast tylko w przypadku połączeń wzdłużnych typu ruchomego (pierścień gumowy, złącze zaciskowe itp.) możliwe jest zastosowanie kołnierzy i króćców z materiału, który różni się od rury.  
Ponieważ króciec połączenia pomaga podnieść wytrzymałość mechaniczną kołnierza, kołnierze nieruchome szczególnie nadają się zarówno do zastosowań wysokociśnieniowych, jak i do złączy z płaskimi uszczelnkami elastomerowymi, gdzie moment dokręcenia śrub jest szczególnie wysoki.  
W tej grupie można wyróżnić kołnierze z wyniesioną powierzchnią czołową (RF) i kołnierze z płaską powierzchnią czołową (FF): kołnierz z wyniesioną powierzchnią czołową jest nazywany w ten sposób ze względu na wyniesienie powierzchni nad okręgiem owiercenia, gdzie umieszczona jest uszczelka. Uszczelnienie tego typu czoła kołnierza uzyskuje się przez ściśnięcie uszczelki w obrębie wyniesienia czołowego pomiędzy współpracującymi kołnierzami. Kołnierze z płaską powierzchnią czołową nie mają wyniesionej powierzchni, jak kołnierze RF. Zamiast tego, cała powierzchnia jest płaska. Oznacza to, że uszczelka z kołnierzem FF ma pełny kontakt z całą powierzchnią, która łączy oba kołnierze

#### Kształt uszczelki

Biorąc pod uwagę warunki pracy i siły uszczelniające, dobór odpowiednich uszczelek kołnierzowych w rurociągach z tworzyw termoplastycznych zależy od następujących czynników – są to:

- kształt,
- wymiar,
- materiał,
- odporność chemiczna na czynnik.

Ogólnie rzecz biorąc, nie da się dokładnie określić z góry, który rodzaj powierzchni uszczelniającej powinien być użyty do konkretnego zastosowania, bez wcześniejszego doświadczenia, na podstawie którego można określić względne kryteria doboru.

W przypadku kołnierzy swobodnych z króćcem podporowym stosuje się zazwyczaj trzy różne powierzchnie styku:

- **powierzchnia uszczelniająca z płaską powierzchnią czołową:** powierzchnie uszczelniające z płaską powierzchnią czołową są stosowane w złączkach z uszczelnkami płaskimi, do transportu nieszkodliwych cieczy przy niskim ciśnieniu lub w złączkach z uszczelnkami typu o-ring. Kołnierze nieruchome z płaską powierzchnią uszczelniającą są szeroko stosowane do łączenia z zaślepieniami kołnierzowymi, przy wykonywaniu połączeń kołnierzowych dla urządzeń takich jak odpowietrzniki i odpływy. Ponadto stosowane są również w połączeniu z zaworami motylkowymi wyposażonymi w uszczelnienie okładzinowe lub zawór klapowy z o-ringiem,
- **powierzchnia uszczelniająca z ząbkowaną powierzchnią czołową:** powierzchnie uszczelniające z ząbkowaną powierzchnią czołową mają koncentryczne rowki na powierzchniach nośnych uszczelek, które zwiększają nacisk szczątkowy uszczelek płaskich w zastosowaniach wysokociśnieniowych. Ten typ powierzchni uszczelniającej



jest szeroko stosowany we wszystkich złączach kołnierзовych przejściowych, gdzie kołnierze z tworzywa termoplastycznego są połączone z przeciw-kołnierzami z materiału metalowego (żeliwa, stali węglowych i stopowych),

- powierzchnia uszczelniająca z gniazdem dla pierścienia elastomerowego: są one mniej powszechne niż poprzednie – nadają się dla połączeń kołnierзовych z materiału termoplastycznego, ponieważ wymagają ograniczonych wartości sił dokręcania śrub w celu uzyskania doskonałego uszczelnienia hydraulicznego połączenia.

### **Materiały uszczelniające**

Uszczelki stosowane w połączeniach kołnierзовych są klasyfikowane według materiału i kształtu, który jest bezpośrednio związany z rodzajem powierzchni uszczelniającej kołnierza.

Do transportu agresywnych cieczy przemysłowych szeroko stosowane są elastomery etylenowe lub fluorowane, takie jak EPDM i FPM, ze względu na ich wysoką odporność chemiczną i mechaniczną również w wysokich temperaturach.

Z drugiej strony, kauczuki takie jak NBR i PTFE oferują dużą niezawodność w przesyłce wody pitnej lub wody przeznaczonej do spożycia, nawet jeśli obecnie NBR jest mało używany ze względu na niską odporność chemiczną.

Dobór materiału wykonania uszczelki zależy od rodzaju płynu transportowanego w rurociągu oraz od warunków pracy, na jakie narażone jest połączenie kołnierzowe.

Materiał uszczelki określa również obciążenie dokręcania śrub zastosowanych w złączu kołnierзовym: należy pamiętać, że zastosowanie elastomerów o różnej twardości i wartości zadanej ściskania wymaga innych momentów dokręcania gwarantujących szczelność hydrauliczną połączenia.

Ponieważ ścisnięcie uszczelki zależy od właściwości materiału elastomerowego, od rodzaju powierzchni styku kołnierza i od ciśnienia roboczego rurociągu, zawsze zaleca się – jeżeli nie można wykorzystać wcześniejszych doświadczeń – sprawdzić obciążenia dokręcania, które przewiduje się dla śrub.

### **Dobór śrub**

Śruby stosowane na połączenia kołnierzowe rur termoplastycznych składają się z całkowicie lub częściowo nagwintowanych prętów metalowych, zwanych prętami ściągającymi, zakończonych dwoma nakrętkami oporowymi lub – w przypadku zwykłych śrub z całkowicie lub częściowo nagwintowanym trzonem – zakończonych nakrętką ściągającą.

Typ i wymiary śrub zależą od owiercenia kołnierzy oraz od wybranego typu połączenia kołnierowego.

Śruby ze stali węglowych i niskostopowych o jednostkowej wytrzymałości na zerwanie od 50 do 70 kg/mm<sup>2</sup> gwarantują odpowiednią wytrzymałość mechaniczną połączeń kołnierзовych, ponieważ ze względu na ograniczone temperatury pracy, na które narażone są rury z tworzyw termoplastycznych, nie występują zjawiska pełzania metalu.

Stosowanie śrub, nakrętek i prętów ze stali nierdzewnej oraz stopów miedzi, brązu i mosiądzu o wysokiej odporności należy rozważać wyłącznie w zastosowaniach charakteryzujących się środowiskowymi zjawiskami korozyjnymi, takimi jak zakopywanie w agresywnych glebach, korozja spowodowana zanieczyszczeniem atmosferycznym i środowisko morskie.

W tych ostatnich przypadkach, odpowiednia obróbka powierzchni ochronnej, jak cynkowanie lub malowanie epoksydowe, może z nadmiarem wystarczyć do ograniczenia szczególnych zjawisk korozji środowiskowej w czasie.

Przy doborze materiałów sugeruje się odwołać do obowiązujących norm międzynarodowych, które obejmują klasyfikację, badania i pakowanie.

Przy wyborze gwintu preferowane jest stosowanie śrub grubozwojnych, ponieważ gwarantuje to lepszą odporność na zrywanie gwintów w porównaniu z równoważnymi śrubami drobnozwojnymi.

Zaleca się również, aby przy wyborze nakrętek ściągających kierować się ogólnymi specyfikacjami dotyczącymi doboru śrub i prętów ściągających.

### **Kołnierze znormalizowane**

Aby ułatwić wymianę urządzeń i akcesoriów przewodów rurowych z króćcami kołnierзовymi i uniknąć obliczeń wielkości w fazie projektowania, wszystkie kołnierze stosowane obecnie w budowie rur termoplastycznych są produkowane zgodnie z określonymi międzynarodowymi standardami unifikacji.

Międzynarodowe normy unifikacyjne dla konstrukcji kołnierzy dla rur termoplastycznych wzorują się na równoważnych normach dla rur metalowych, określają wymiary elementów łączących kołnierza i jednoznacznie:

- odległość owiercenia (lub średnicę okręgu owiercenia),
- liczbę i średnicę śrub oraz otworów na śruby,

- średnicę zewnętrzną i grubość kołnierza.

Wymiary elementów łączących, zwanych w uproszczeniu owierceniem, ujednolicone są w zależności od ciśnienia nominalnego PN kołnierza i umownej średnicy złączki, zwanej w uproszczeniu średnicą nominalną DN.

W celu sprawdzenia dopasowania różnych owierceń przewidzianych przez normy unifikacyjne, zaleca się zapoznanie się z poniższą tabelą, która przedstawia główne wymiary złączy kołnierzowych zgodnie z DIN 2501, z owierczeniami PN10/16 do DN 150 i PN10 od DN200.

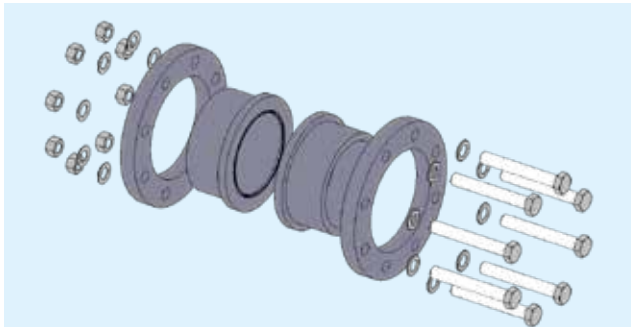
#### Wymiary pierścieni podporowych wg DIN 2501, z wierceniem PN10/16 do DN150 i PN10 od DN200

D <sub>e</sub> (mm)	DN	Średnica owiercenia	Średnica otworu	Liczba śrub
20	15	65	14	4
25	20	75	14	4
32	25	85	14	4
50	32	100	18	4
50	40	110	18	4
63	50	125	18	4
75	65	145	18	4
90	80	160	18	8
110	100	180	18	8
125	125	210	18	8
140	125	210	18	8
160	150	240	22	8
200	200	295	22	8
225	200	295	22	8
250	250	350	22	12
280	250	350	22	12
315	300	400	22	12
355	350	460	22	16
400	400	515	25	16

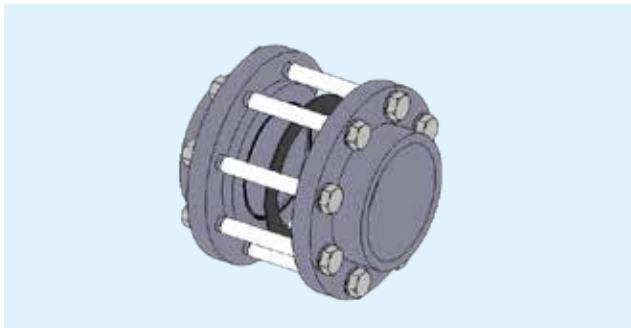
W celu uzyskania dalszych informacji na temat naszej pełnej oferty kołnierzy oraz różnych standardów owiercenia i rozmiarów, prosimy zapoznać się z katalogami systemów Aliaxis.

## Instrukcja montażu

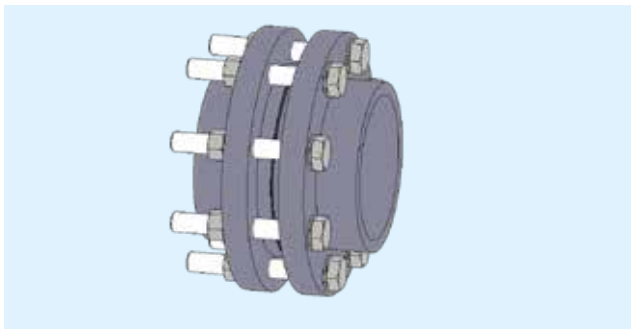
Aby zagwarantować prawidłowy montaż elementów kołnierzowych, zaleca się wykonanie następujących czynności:



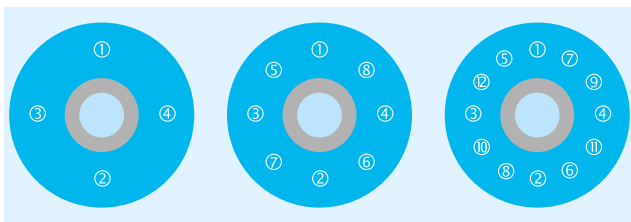
- 1) Przed przystąpieniem do montażu króćca należy założyć na rurę ewentualny pierścień oporowy.
- 2) W przypadku kołnierza nieruchomego należy sprawdzić, czy owiercenie jest prawidłowo spasowane z przeciwołnierzem.
- 3) Sprawdzić, czy położenie przeciwołnierza uwzględnia całkowite wymiary odległości między elementami.



- 4) Włożyć uszczelkę płaską pomiędzy króćce (ten krok nie jest konieczny dla przepustnic FIP i Astore), upewniając się, że powierzchnie uszczelniające kołnierzy nie są oddalone od siebie na zbyt dużą odległość.



- 5) Przystąpić do spawania rozpuszczalnikowego lub zgrzewania nieruchomych kołnierzy – lub króćca w przypadku pierścieni oporowych – zgodnie z instrukcją zgrzewania lub spawania rozpuszczalnikowego.
- 6) Włożyć wszystkie śruby, podkładki i nakrętki.



- 7) Po upływie czasu chłodzenia, przystąpić do dokręcania śrub „na krzyż”, jak opisano na rysunku dla kołnierza 4, 8 lub 12 śrubowego.
- 8) Dokończyć proces dokręcania śrub za pomocą klucza dynamometrycznego, aż do osiągnięcia właściwej wartości momentu dokręcania.

W następnym tabeli podano wartości momentu dokręcania dla nakrętek i śrub do uzyskania uszczelnienia z kołnierzami z CPVC i UPVC z uszczelkami z EPDM/FPM/NBR.

#### Momenty dokręcania dla pierścieni oporowych CPVC i UPVC

<b>D<sub>e</sub> (mm)</b>	<b>DN</b>	<b>Moment obrotowy (Nm)</b>
20	15	9
25	20	9
32	25	9
40	32	9
50	40	9
63	50	12
75	65	15
90	80	18
110	100	20
125	125	35
140	125	55
160	150	40
200	200	55
225	200	55
250	250	70
280	250	70
315	300	70
355	350	75
400	400	75

Tolerancja momentu obrotowego wynosi +/-10%.

Momenty dokręcania dla śrub kołnierzowych w systemie rur ABS podano w poniższej tabeli.

#### Momenty dokręcania dla pierścieni oporowych ABS

<b>D<sub>e</sub> (mm)</b>	<b>DN</b>	<b>Moment obrotowy (Nm)</b>
16	10	15
20	15	15
25	20	15
32	25	15
40	32	20
50	40	30
63	50	35
75	65	40
90	80	40
110	100	40
140	125	50
160	150	60
225	200	70
250	250	80
315	300	100

Tolerancja momentu obrotowego wynosi +/-10%.

W kolejnych tabelach podano wartości momentu dokręcania dla uzyskania uszczelnienia przy zastosowaniu kołnierzy

#### Momenty dokręcania dla pierścieni oporowych PP-St i kołnierzy zaślepionych

D <sub>e</sub> (mm)	DN	Moment obrotowy dla pierścieni	Moment obrotowy dla kołnierzy
20	15	15	15
25	20	15	15
32	25	15	15
40	32	20	25
50	40	30	35
63	50	35	35
75	65	40	40
90	80	40	40
110	100	40	45
125	100	40	45
140	125	50	50
160	150	60	60
180	150	60	60
200	200	70	70
225	200	70	70
250	250	80	100
280	250	80	100
315	300	100	110
355	350	120	160
400	400	140	170

W następnym tabeli podano minimalne długości śrub dla połączeń kołnierzowych zaworów motylkowych FIP.

#### Śruby o minimalnej długości dla połączeń kołnierzowych zaworów motylkowych FIP

D <sub>e</sub> (mm)	DN	L <sub>min</sub> (mm)
50	40	M 16x150
63	50	M 16x150
75	65	M 16x170
90	80	M 16x180
110	100	M 16x180
125/140	125	M 16x210
160/180	150	M 20x240
200/225	200	M 20x260
250/280	250	M 20x310
315	300	M 20x340
355	350	M 20x360
400	400	M 24x420

W poniższej tabeli podano minimalne długości śrub dla połączeń kołnierzowych rur.

#### Śruby o minimalnej długości dla połączeń kołnierzowych rur

$D_e$ (mm)	DN	$L_{min}$ (mm)
20	15	M 12x70
25	20	M 12x70
32	25	M 12x70
40	32	M 16x85
50	40	M 16x85
63	50	M 16x95
75	65	M 16x95
90	80	M 16x105
110	100	M 16x105
125	125	M 16x115
140	125	M 16x120
160	150	M 20x135
200	200	M 20x140
225	200	M 20x140
250	250	M 20x150
280	250	M 20x160
315	300	M 20x180
355	350	M 20x180
400	400	M 22x180

Należy pamiętać, że:

- zastosowanie kołnierzy z powlekanego metalu lub włókna szklanego może pozwolić na wyższe momenty dokręcania, pod warunkiem, że nie przekroczą one granicy elastoplastyczności materiału,
- zastosowanie innych elastomerowych materiałów uszczelniających niż te wymienione w poprzedniej tabeli może wymagać nieco wyższych momentów dokręcania,
- Aliaxis zawsze zaleca stosowanie podkładek o odpowiednim rozmiarze dla każdej śruby stosowanej w kołnierzu połączenia.



#### OSTRZEŻENIE

W naszych zaworach motylkowych okładzina gniazda wychodzi na obie strony zaworu. Dzięki temu nie ma potrzeby stosowania uszczelek, ponieważ gniazdo spełnia ich funkcję. Ponadto, stosowanie uszczelek płaskich w przepustnicach może powodować problemy ze szczelnością z powodu kontaktu guma-guma.

#### Zalety i zastosowania

Połączenia kołnierzowe stosowane są w rurociągach przeciwpożarowych, gazowych, wodnych oraz w procesach przemysłowych. Stosuje się je, ponieważ mogą stanowić szczelny punkt rozłączny i umożliwiają wprowadzenie do instalacji urządzeń pomiarowych i regulacyjnych. Są one łatwo rozbieralne, opłacalne i, jak opisano wcześniej, dają możliwość połączenia ze sobą dwóch rur o różnych rozmiarach.

### 3.1.7 Połączenia gwintowane

Połączenie gwintowane to z zasady system połączeń wzdlużnych, który umożliwia scalenie dwóch współpracujących, uzupełniających się elementów (męskiego i żeńskiego) poprzez ruch spiralny tychże.

Łączenie rur i kształtek z tworzyw termoplastycznych za pomocą końcówek gwintowanych jest szeroko stosowane w instalacjach budowlanych i przemysłowych, gdzie istnieje potrzeba łączenia różnych urządzeń i akcesoriów.

Zastosowanie tych połączeń w jednorodnych rurociągach termoplastycznych jest preferowane w przypadku, gdy sieć rurociągów musi być rozbierana do okazjonalnego czyszczenia lub przebudowy.

Ponieważ gwint zmniejsza efektywną grubość ścianki, rury gwintowane charakteryzują się mniejszą wytrzymałością mechaniczną w porównaniu do rur niegwintowanych i tych, które można łączyć za pomocą zgrzewania/spawania termicznego lub rozpuszczalnikowego.

Wymagający szczególnej sztywności materiału gwint zalecany jest tylko dla określonych żywic termoplastycznych: np. jest szeroko stosowany w rurach jednorodnych ze sztywnego PVC, gdyż wiąże się z niewątpliwymi zaletami instalacyjnymi, takimi jak możliwość natychmiastowej eksploatacji, szybkie rozłączanie połączeń oraz szeroka gama akcesoriów i kształtek do budowy nawet skomplikowanych instalacji przewodowych. Stosuje się je również w C-PVC i ABS, natomiast nie są zalecane do rur PP i PE, chyba że zostaną dodane odpowiednie wypełniacze w mieszance, takie jak włókno szklane, które zwiększają sztywność i odporność mechaniczną.

W produkcji rur i kształtek ze sztywnego PVC stosuje się gwinty BSP (British Standard Pipe) lub gwinty NPT (National Pipe Thread).

Główne cechy charakterystyczne:

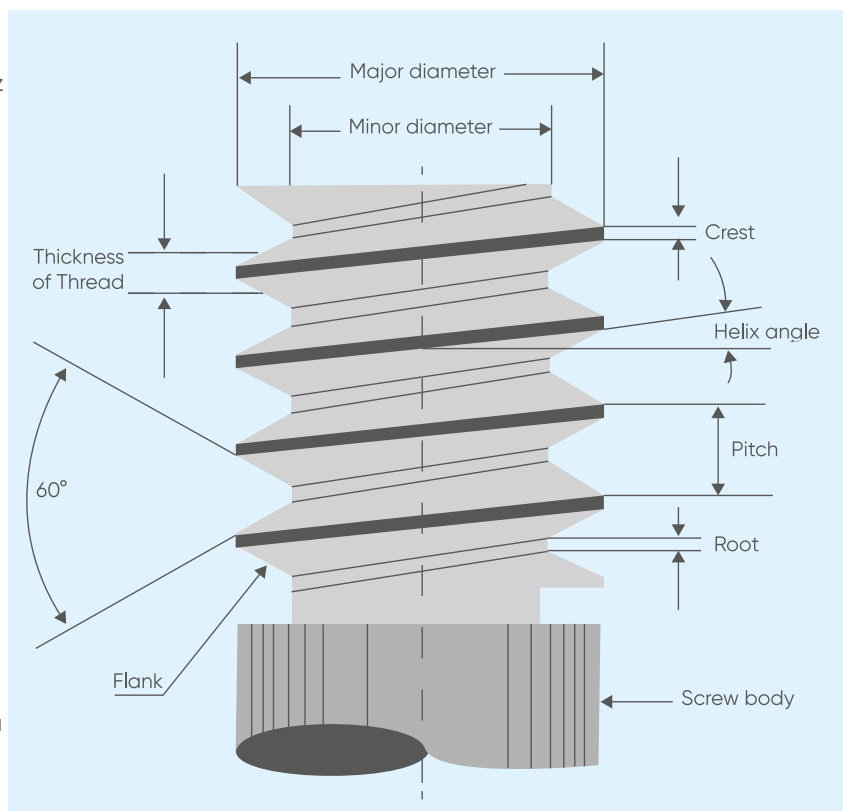
**1) Gwint BSP:** został przyjęty na całym świecie do wzajemnego łączenia i uszczelniania rur i kształtek poprzez zazębienie zewnętrznego (męskiego) gwintu z wewnętrznym (żeńskim) gwintem. Został on przyjęty jako standard w hydraulice i armaturze przewodowej, z wyjątkiem Ameryki Północnej, gdzie używane są NPT i pokrewne gwinty.

Rozróżnia się dwa rodzaje gwintów:

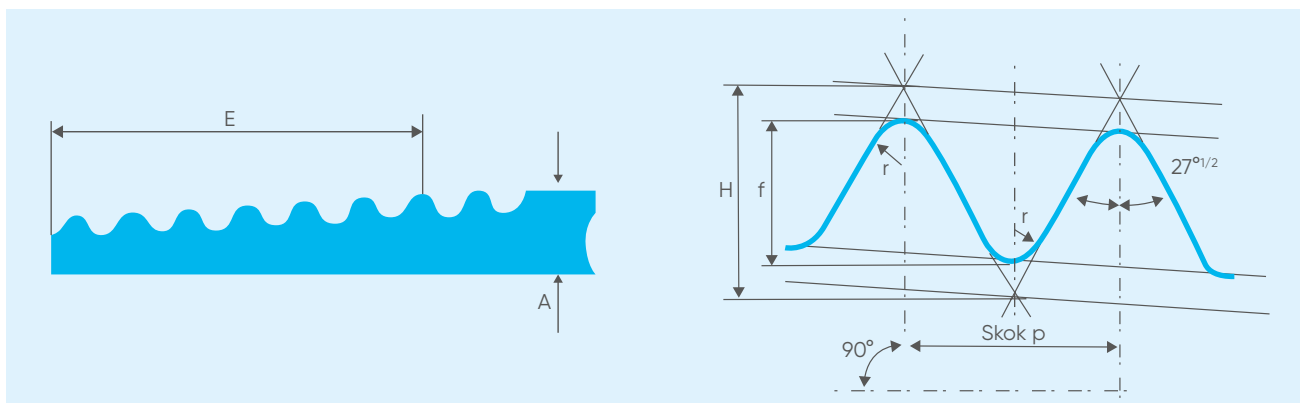
- Gwint British Standard Pipe Parallel (BSPP), które mają stałą średnicę, oznaczane literą G. Gwinty żeńskie i męskie są równoległe. Gwint BSPP używany jest, gdy szczelne połączenie wykonuje się poprzez ścisnięcie miękkiego materiału (takiego jak uszczelka o-ring lub podkładka) pomiędzy powierzchnią czołową gwintu zewnętrznego a powierzchnią czołową mufy, z dokręceniem nakrętki oporowej,
- Gwint British Standard Pipe Taper (BSPT), którego średnica zwiększa się lub zmniejsza na długości gwintu; oznaczany literą R. Gwint BSPT jest stosowany tam, gdzie szczelność jest osiągana poprzez połączenie dwóch gwintów. Normy międzynarodowe wymagają, aby wszystkie gwinty żeńskie były równoległe, a gwinty męskie stożkowe.

Zanim szczegółowo przyjrzymy się konfiguracji gwintu BSPP i porównamy ją z NPT, warto zdefiniować główne elementy gwintu:

- średnica większa – średnica zewnętrzna,
- średnica mniejsza – średnica wewnętrzna,
- grzbiet – występ gwintu,
- grubość gwintu – odległość między sąsiednimi bokami gwintu, mierzona wzdłuż lub równoległe do linii podziałowej,
- kąt spirali – kąt między dowolną spiralą a linią osiową po jej prawej stronie,
- skok – odległość między sąsiednimi gwintami,
- kształt – profil lub kształt gwintu;
- stopa – dno rowka pomiędzy dwiema powierzchniami bocznymi gwintu,
- bok – proste boki, które łączą grzbiet ze stopą.



Na dwóch ilustracjach poniżej zilustrowano układ gwintu BSPP.



Norma ISO 228-1 przedstawia główne wymiary dla gwintów rurowych, w których nie wykonuje się połączeń szczelnych na gwintach. Podano je w poniższej tabeli.

DN (in.)	Liczba gwintów na 25,4 mm (cal)	Skok (mm)	Wysokość gwintu (mm)	Efektywna długość gwintów (mm)
	n	p	h	E
1/4"	19	1,337	0,856	9,688
3/8"	19	1,337	0,856	10,025
1/2"	14	1,814	1,162	13,152
3/4"	14	1,814	1,162	14,514
1"	11	2,309	1,479	16,714
1 1/4"	11	2,309	1,479	19,050
1 1/2"	11	2,309	1,479	19,050
2"	11	2,309	1,479	23,378
2 1/2"	11	2,309	1,479	26,698
3"	11	2,309	1,479	29,873
4"	11	2,309	1,479	35,791

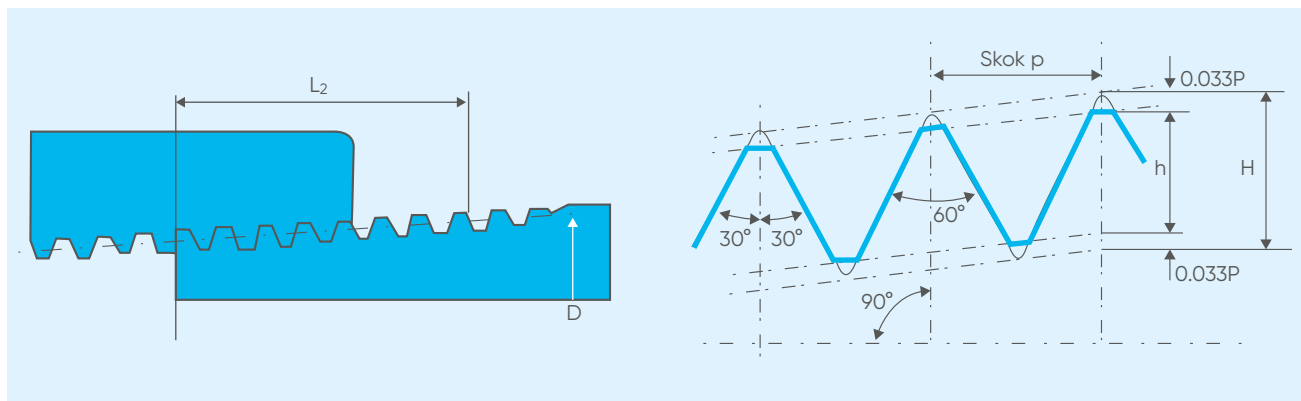
Norma ISO 7-1 przedstawia główne wymiary dla gwintów rurowych, w których wykonuje się połączenia szczelne na gwintach. Podano je w poniższej tabeli.

DN (in.)	Liczba gwintów na 25,4 mm (cal)	Skok (mm)	Wysokość gwintu (mm)	Efektywna długość gwintów (mm)
	n	p	h	E
1/4"	19	1,337	0,856	9,7
3/8"	19	1,337	0,856	10,1
1/2"	14	1,814	1,162	13,2
3/4"	14	1,814	1,162	14,5
1"	11	2,309	1,479	16,8
1 1/4"	11	2,309	1,479	19,1
1 1/2"	11	2,309	1,479	19,1
2"	11	2,309	1,479	23,4
2 1/2"	11	2,309	1,479	26,7
3"	11	2,309	1,479	29,8
4"	11	2,309	1,4789	35,8



**2) Gwint NPT:** odpowiada amerykańskim krajowym normom technicznym dla gwintów śrubowych, i jest szczególnie stosowany w budowie rurociągów do transportu płynów pod ciśnieniem w przemyśle chemicznym i petrochemicznym.

Na poniższych dwóch rysunkach przedstawiono konfigurację walcowego gwintu NPT.



Gwint NPT, określany jako wodoszczelny, jest stosowany w stożkowych złączach śrubowych i mufowych, których wymiary i charakterystyki przedstawiono w normach ANSI B1.20.1 z ich kolejnymi zmianami.

Główne wymiary podano w tabeli.

DN (in.)	Liczba gwintów na 25,4 mm (cal)	Skok (mm)	Wysokość gwintu (mm)	Efektywna długość gwintów (mm)
	n	p	h	E
1/4"	18	1,4112	1,1288	10,2057
3/8"	18	1,4112	1,1288	10,3581
1/2"	14	1,8143	1,4514	13,556
3/4"	14	1,8143	1,4514	13,8608
1"	11,5	2,2088	1,7671	17,3431
1 1/4"	11,5	2,2088	1,7671	17,9527
1 1/2"	11,5	2,2088	1,7671	18,3769
2	11,5	2,2088	1,7671	19,2151
2 1/2"	8	3,175	2,54	28,8925
3	8	3,175	2,54	30,48
4	8	3,175	2,54	33,02

## Instrukcja montażu

Aby zagwarantować szczelność hydrauliczną połączenia na kształtkach i zaworach z gwintowaną końcówką żeńską, Aliaxis zaleca wykonać następujące czynności:



**1)** Należy zacząć nawijać taśmę uszczelniającą PTFE na zewnętrzną część gwintowanego króćca męskiego, uważając, aby nie przesłonić otworu przelotowego w rurze, złączce lub zaworze.



**2)** Zakończyć pierwszą warstwę, nawijając taśmę zgodnie z ruchem wskazówek zegara, aż do stopy gwintu. Należy pamiętać, aby taśma była napięta przez cały czas.



**3)** Nacisnąć na występy gwintu, aby upewnić się, że taśma w pełni przylega do uchwyty podpory.

**4)** Zwiększać grubość warstwy PTFE, nakładając napiętą taśmę i nawijając ją zgodnie z ruchem wskazówek zegara, aż do osiągnięcia optymalnej grubości.

**6)** Upewnić się, że warstwa PTFE nie zostanie usunięta podczas wkręcania, ponieważ mogłoby to zagrozić uszczelnieniu hydraulicznemu połączenia.

**7)** Dokończyć skręcanie obu końcówek na całą długość gwintu za pomocą klucza taśmowego lub podobnego narzędzia.

**8)** Unikać zbyt mocnego dokręcania elementów, gdyż może to spowodować uszkodzenie gwintów lub naprężenie elementów łączonych.

Celem prawidłowego montażu Aliaxis zaleca stosowanie wyłącznie taśmy uszczelniającej z niespiekanego PTFE.

W żadnym wypadku nie wolno stosować na gwintach metalowych materiałów takich jak sznur konopny, szarpie lub farby stosowane zwykle do uszczelnień hydraulicznych na gwintach metalowych.



### OSTRZEŻENIA

Należy unikać stosowania połączeń gwintowanych w przypadku:

- wysoce krytycznych zastosowań, takich jak przesył chemicznie agresywnych lub toksycznych płynów,
- w obecności średnich lub wysokich ciśnień – w tym przypadku Aliaxis zaleca stosowanie połączeń spawanych rozpuszczalnikowo, połączeń spawanych na gorąco lub połączeń kołnierzowych,
- systemów narażonych na obciążenia mechaniczne i/lub termiczne, takie jak uderzenia młotem wodnym, silne zmiany temperatury, zgięcia, rozregulowania i naprężenia poprzeczne, które mogą spowodować przedwczesne pęknięcie połączenia gwintowanego,
- łączenia elementów o zbyt dużym odległości od siebie.

### Zalety i zastosowania

Połączenia gwintowane są stosowane w rurociągach wodnych i gazowych. Charakteryzują się wysoką nośnością i niezawodnością. Kontrola, naprawa lub wymiana połączenia gwintowanego nie są drogie, ale łatwe, ponieważ można je zdemontować w razie potrzeby.

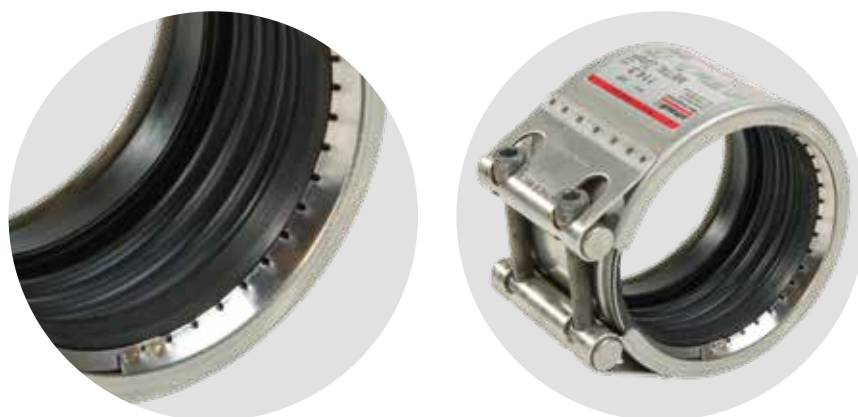
### 3.1.8 Połączenia mechaniczne rur na złączki Straub

Istnieje wiele możliwości łączenia rur, które wymagają dużej wiedzy specjalistycznej połączonej z utrzymywaniem dużego stanu części. Złączki Straub wynaleziono ponad 50 lat temu w celu rozwiązania powyższego problemu. Podstawową ideą złącza rurowego Straub jest połączenie gładkich końców rur bez konieczności obróbki ani końcówek rur, ani złączki.

Szybki, łatwy i niezawodny system Straubing zastąpił spawanie i połączenia kołnierzowe. Dzięki swojej genialnej koncepcji, oryginalne złącze STRAUB jest uważane za jedną z przełomowych innowacji na światowym rynku technologii połączeń rurowych.

W gamie STRAUB można wyróżnić podział na dwie grupy: Złączki GRIP są osiowo utwierdzone, natomiast złączki FLEX są osiowo nieutwierdzone.

Dynamiczny system mocowania STRAUB-GRIP jest w stanie przejąć siły osiowe wynikające z ciśnienia wewnętrznego, dzięki specjalnym pierścieniom kotwiącym, które wchodzą w tworzywo rury i tworzą połączenie mechaniczne. Jeżeli obciążenie osiowe rozciągające rury wzrasta z powodu rosnącego ciśnienia wewnętrznego, pierścień kotwiący wciska się głębiej w powierzchnię rury.



Podczas gdy standardowym zastosowaniem złączek STRAUB-GRIP jest łączenie rur metalowych prawie każdego rodzaju, istnieją dwa rozwiązania dla rur z tworzyw sztucznych: STRAUB-COMBI-GRIP, który jest stosowany na przejściach z rur metalowych na rury z tworzywa sztucznego oraz STRAUB-PLAST-GRIP do łączenia rur z tworzywa sztucznego.

Montaż i łączenie rur z tworzyw sztucznych stawia przed wykonawcą nowe wyzwania. Wiele typów połączeń jest zależnych od pogody lub temperatury, wymaga urządzeń elektrycznych i specjalnych narzędzi do montażu lub specjalnej wiedzy i atestów. Za pomocą STRAUB-PLAST-GRIP można łatwo łączyć rury ze wszystkich rodzajów tworzyw sztucznych. W szczególności można połączyć ze sobą dwa różne tworzywa sztuczne.

W przypadku korekt lub zmian w już wykonanych instalacjach, połączenie rurowe można łatwo rozłączyć i ponownie wykorzystać. Stosunek kosztów do korzyści jest dobry.

STRAUB-COMBI-GRIP i STRAUB-PLAST-GRIP są niezawodnymi połączeniami rurowymi z utwierdzeniem osiowym, które mogą być stosowane wszędzie i zawsze. Oba złączka dostępne są w zakresie średnic od 38 mm do 355 mm i mogą być



Jeszcze jedna odmiana złączy rurowych z utwierdzeniem osiowym nosi nazwę STRAUB-PLAST-PRO i jest stosowana głównie do montażu rur ciśnieniowych wykonanych z polietylenu (PE). STRAUB-PLAST-PRO stanowi alternatywę dla tradycyjnych metod łączenia PE stosowanych w instalacjach wodnych, ściekowych, przemysłowych i utrzymania ruchu. Kompletny asortyment produktów dostępny jest dla rur PE w wymiarach SDR 11 (63,0 - 180,0 mm; PN 16) i SDR 17 (125,0 - 355,0 mm; PN 10).

Pełna gama produktów ma tę wielką zaletę, że rury można łatwo łączyć bez potrzeby doprowadzania zasilania do urządzeń montażowych czy przygotowania końcówki rury, nawet w trudnych warunkach pogodowych.

Rury wykonane z PE 80 lub PE 100 łączone są za pomocą kombinacji wkładek i korpusów zewnętrznych. Koncepcja połączenia umożliwia łatwy i szybki montaż produktu.

Rury PE z dodatkowymi warstwami ochronnymi są dostępne w różnych wersjach, jak np. rury PE z warstwą ochronną z folii aluminiowej, które są powszechnie preferowane do układania w glebie skażonej. W ten sposób zapobiega się przedostawaniu się zanieczyszczeń do rury oraz przedostawaniu się czynnika z rur do gruntu.

STRAUB-PLAST-PRO łączy również rury warstwy ochronnej w sposób łatwy i bezpieczny, bez konieczności przygotowywania końcówek rur. Przed montażem należy sprawdzić średnicę zewnętrzną rury i czy mieści się ona w zakresie roboczym danego korpusu złącza. Zakres temperatury pracy obejmuje od  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$ .

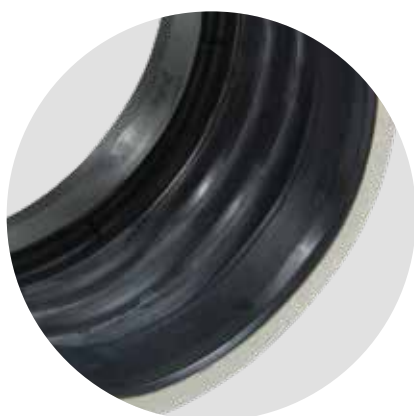
STRAUB-PLAST-PRO został pomyślnie przebadany zgodnie z brytyjską normą WIS 4-24-01 i spełnia wymagania europejskiej normy EN 1254-3.



Złącza rurowe STRAUB-FLEX umożliwiają wykonanie połączeń rurowych dla praktycznie wszystkich możliwych średnic rur, dla tych samych lub różnych typów materiałów rurowych, różnych mediów i temperatur, jak również dla szerokiego zakresu wartości ciśnienia roboczego.

Ponieważ złącza rurowe STRAUB-FLEX nie mogą przejmować osiowo żadnych sił, rury muszą być utwierdzone osiowo za pomocą odpowiednich środków na obiekcie, takich jak pręty ściągające, podparcia stałe i przesuwne, przyczółki betonowe itp. Tuleja uszczelniająca oddziela korpus złącza od powierzchni rury, dzięki czemu dźwięk, drgania i oscylacje są optymalnie tłumione.

Złącza STRAUB-FLEX są dostępne w zakresie średnic od 48,3 mm do 4064 mm i mogą być stosowane w zakresie temperatur od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+180^{\circ}\text{C}$ . Tuleje uszczelniające tych złączy wykonane są z EPDM, NBR lub FKM.



STRAUB-OPEN-FLEX, to z kolei złącza rurowe mające te same właściwości co złącza STRAUB-FLEX, ale rozszerzają możliwości ich zastosowania. Korpusy serii produktów STRAUB-OPEN-FLEX mogą być mocowane na zawiasach oraz dostępne są w wersji dwu- lub trzyczęściowej. Dzięki temu złączki STRAUB-OPEN-FLEX mogą być stosowane do łączenia rur lub napraw bez konieczności demontażu istniejących rur.

Złączka STRAUB-OPEN-FLEX są dostępne w zakresie średnic od 48,3 mm do 4064 mm i mogą być stosowane w zakresie temperatur od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+180^{\circ}\text{C}$ . Tuleje uszczelniające tych złączy wykonane są z EPDM, NBR lub FKM.



Podczas montażu rur konieczne może być połączenie rur o różnych średnicach zewnętrznych. Nasze rozwiązanie dla powyższego scenariusza nosi nazwę STRAUB-STEP-FLEX.

Możliwe różnice średnic łączonych rur mogą wynosić od 10 mm do maks. 30 mm. Większe różnice średnic można uzyskać poprzez zintegrowanie kształtki redukcyjnej z dwoma złączkami. Mniejsze różnice średnic (5–9 mm) mogą być łączone na życzenie klienta za pomocą STRAUB-FLEX 2 / 3.

Złączki rurowe STRAUB-STEP-FLEX pracując pod ciśnieniem, ze względu na różnice średnic, są zawsze popychane przez siły wewnętrzne w kierunku mniejszej średnicy rury i dlatego muszą być zabezpieczone przed poślizgiem za pomocą odpowiednich środków.

Pierścienie oporowe są dostępne na życzenie, pierścienie zabezpieczające nie są konieczne w zastosowaniach bezciśnieniowych.

Złączki STRAUB-STEP-FLEX są dostępne w zakresie średnic zewnętrznych od 219,1 mm do 2032 mm i mogą być stosowane w zakresie temperatur od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+100^{\circ}\text{C}$ . Tuleje uszczelniające tych złączy wykonane są z EPDM. Możliwa jest różnica średnic do 30 mm pomiędzy łączonymi rurami.



### Wkładki paskowe

Bezpieczne połączenie złączki STRAUB jest zapewnione przez unikalność i zaawansowane funkcje jego akcesoriów. Wkładki paskowe służą do ochrony tulei uszczelniającej przed uszkodzeniami mechanicznymi lub chemicznymi przy końcu rury. Wkładki paskowe są niezbędne w następujących sytuacjach:

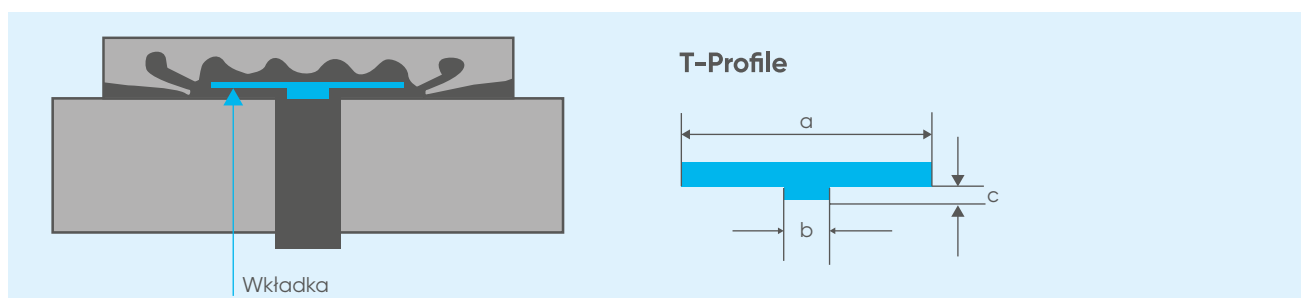
- nadmierna odległość między końcami rur,
- ruch osiowy (rozszerzanie, kurczenie),
- ugięcie kątowe i niewspółosiowość,
- podciśnienie (np. przewód ssący),
- ciśnienie zewnętrzne (np. rurociąg podwodny),
- wysoka temperatura,
- paliwa i czynniki palne,
- pęcznienie gumy spowodowane kontaktem z chemikaliami.

Dobór materiału jest uzależniony od przesyłanego czynnika i temperatury. W temperaturach otoczenia, przy słonej wodzie i chemikaliami stosowane są wkłady paskowe z tworzywa sztucznego. Wkładki paskowe ze stali nierdzewnej są wymagane dla wyższych temperatur, próżni i ciśnienia zewnętrznego. Możliwe są również kombinacje tworzywa sztucznego i stali nierdzewnej. Wkładki paskowe o profilu T zapewniają utwierdzenie mocowania tam, gdzie występują silne i dynamiczne obciążenia.

Wkładki paskowe wykonane z PVDF mogą być stosowane w zakresie temperatur od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $115^{\circ}\text{C}$ , natomiast wkładki paskowe z HDPE w zakresie temperatur od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $70^{\circ}\text{C}$ .

Poniższe tabele ułatwiają dobór odpowiedniej wkładki paskowej w zależności od złączki.

STRAUB złączka rurowa	Stal nierdzewna		Tworzywo		Tworzywo, profil T*	
	AISI 316 I lub podobny	AISI 301	PVDF	HDPE	PVDF	HDPE
STRAUB-METAL-GRIP			x			
STRAUB-GRIP 25,0-168,3 mm	x		x	x		
STRAUB-GRIP 180,0-711,2 mm	x					
STRAUB-ECO-GRIP	x					
STRAUB-PLAST / COMBI-GRIP	x		x			
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 1	x		x		x (od 76,1 mm)*	
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 2	x			x		x *
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 3	x			x		x *
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 3,5		x		x		
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 4		x		x		



\* Charakterystyka profilu wkładki plastikowej o profilu T dla OPEN-FLEX 1, OPEN-FLEX 2, OPEN-FLEX 3 podana jest w

Tworzywo, profil T (Plastic-T-	D <sub>e</sub>	Szerokość paska,	Szerokość krzywki,	Wysokość krzywki,
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 1	76,1 - 118,0 mm	45	5	3,5
	127,0 - 168,3 mm	55	5	3,5
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 2	wszystkie D <sub>e</sub>	75	7,5	6
STRAUB-FLEX / OPEN-FLEX 3	wszystkie D <sub>e</sub>	118	10	6

### Pierścienie usztywniające

Rury termoplastyczne mogą ulegać odkształceniom pod wpływem ciśnienia i ciepła. Dzięki zastosowaniu pierścieni usztywniających STRAUB zapobiega się zwężeniu końcówek rur z tworzywa sztucznego. Pierścienie usztywniające STRAUB wykonane są ze stali nierdzewnej DIN 14301/AISI 304 i dostępne w wersji szczelinowej (D<sub>e</sub> 40 - 315mm) i spawanej (D<sub>e</sub> 355 - 1600 mm). Może być potrzebna znajomość jednego z poniższych parametrów:

- średnica wewnętrzna,
- liczba SDR;
- grubość ścianki rury z tworzywa sztucznego

Jeżeli rury wykazują już zwężenia spowodowane długim przechowywaniem, zalecamy odcięcie tych zwężeń przed założeniem pierścieni usztywniających STRAUB. Szczelinowe pierścienie usztywniające muszą być zamontowane w kierunku zaznaczonym strzałką i zainstalowane równo z końcem rury.

Uwaga: W przypadku rur z tworzyw sztucznych PVC, ABS i CPVC oraz rur z włókna szklanego, przy temperaturach mediów poniżej 40°C nie są wymagane żadne pierścienie usztywniające.



Poniższa tabela, która dotyczy wyłącznie miękkich rur termoplastycznych, np. PP, PE, itp. może być przydatna w doborze pierścienia usztywniającego dla złącza STRAUB-PLAST-GRIP.

SDR	41	33/32,25	26	17,6	17	11	7,4/7,25
Nr szeregu	S 20	S 16/S 15,625	S 12,5	S 8,3	S 8	S 5	S 3,2/S 3,125
Norma	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074	DIN 8074
D <sub>e</sub> rury	D <sub>i</sub> rury	D <sub>i</sub> rury	D <sub>i</sub> rury	D <sub>i</sub> rury	D <sub>i</sub> rury	D <sub>i</sub> rury	D <sub>i</sub> rury
D <sub>e</sub> (mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
40	-	-	36,4	35,4	35,2	32,6	29
50	-	46,4	46,0	44,2	44,0	40,8	36,2
63	59,4	59,0	58,0	55,8	55,4	51,4	45,8
75	71,2	70,4	69,2	66,4	66,0	61,4	54,4
90	85,6	84,4	83,0	79,8	79,2	73,6	65,4
110	104,6	103,2	101,6	97,4	96,8	90,0	79,8
125	118,8	117,2	115,4	110,8	110,2	102,2	90,8
140	133,0	131,4	129,2	124,0	123,4	114,6	101,6
160	152,0	150,2	147,6	141,8	141,0	130,8	116,2
180	171,2	169,0	166,2	159,6	158,6	147,2	130,8
200	190,2	187,6	184,6	177,2	176,2	163,6	145,2
225	214,0	211,2	207,8	199,4	198,2	184,0	163,4
250	237,6	234,6	230,8	221,6	220,4	204,6	181,6
280	266,2	262,8	258,6	248,2	246,8	229,2	203,4
315	299,6	295,6	290,8	279,2	277,6	257,8	228,8

Dobór pierścieni usztywniających na podstawie pomiarów na rurach – możliwy tylko warunkowo

Dotyczy tylko dla miękkich rur termoplastycznych, np. PE, PP, itp.

Pierścienie usztywniające są akcesoriami opcjonalnymi i muszą być zamawiane oddzielnie.

### Instrukcja montażu

1) Luka między końcami rur może powstać w wyniku niewspółosiowości, ruchów podłoża, niedokładnego montażu lub zmiany długości. Złącza STRAUB mogą łączyć rury pomimo luk między ich końcami

- 5–10 mm bez wkładki paskowej (w zależności od średnicy rury, patrz tabliczka znamionowa złączki)
- 5–35 mm z wkładką paskową (w zależności od  $D_e$  rury, patrz karta danych technicznych)

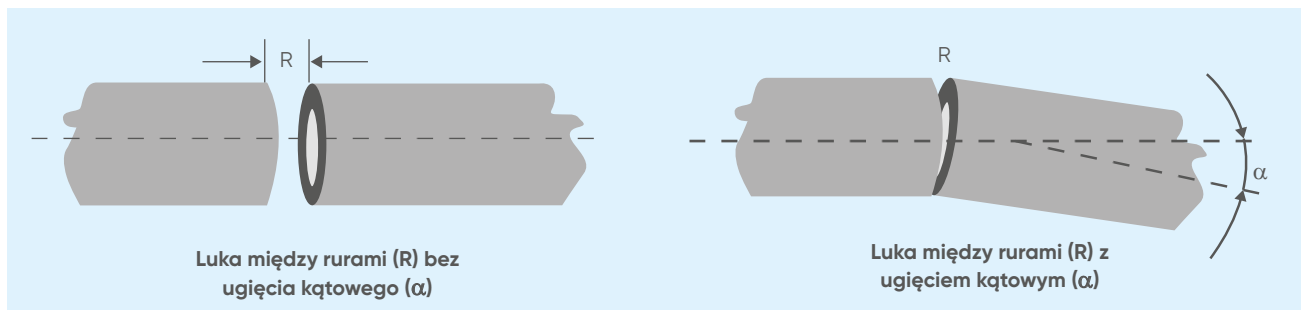
Wkładki paskowe stosuje się w przypadku: dużej odległości między końcami rur, pęcznienia pod wpływem agresywnych cieczy, próżni, pod ciśnieniem zewnętrznym, wysokiej temperatury. Wkładki paskowe są elementami dodatkowymi i należy je zamawiać oddzielnie.

$D_e$ (mm)	$\alpha$ w stopniach						
	1	2	4	6	8	10	12
	Rmax (mm)			Rmax (mm)			
26,9	0,5	1	2	3	4	5	6
30,0	0,5	1	2	3	4	5	6
33,7	0,5	1	2	3	4	6	7
38,0	1	1	3	4	5	7	8
40,0	1	2	3	4	6	7	8
42,4	1	2	3	4	6	7	9
44,5	1	2	3	5	6	8	9
48,3	1	2	3	5	7	8	10
50,0	1	2	4	5	7	9	11
54,0	1	2	4	6	8	9	11
57,0	1	2	4	6	8	10	12
60,3	1	2	4	6	8	11	13
63,0	1	2	4	7	9	11	13
75,0	1	3	5	8	11	13	16
76,1	1	3	5	8	11	13	16
84,0	2	3	6	9	12	15	18
88,9	2	3	6	9	12	16	19
90,0	2	3	6	9	13	16	19
104,0	2	4	7	11	15	18	22
108,0	2	4	8	11	15	19	23
110,0	2	4	8	12	15	19	23
114,3	2	2	8	12	16	20	24
125,0	2	2	9	13	17	22	26
129,0	2	5	9	14	18	23	27
133,0	2	5	9	14	19	23	28
139,7	2	5	10	15	20	24	29
140,0	2	5	10	15	20	24	29
154,0	3	5	11	16	22	27	32
159,0	3	6	11	17	22	28	33
160,0	3	6	11	17	22	28	33
168,3	3	6	12	18	24	30	35

$D_e$ (mm)	$\alpha$ w stopniach					
	1	2	3	4	6	8
	Rmax (mm)			Rmax (mm)		
180,0	3	6	9	13	19	25
200,0	4	7	11	14	21	28
219,1	4	8	12	15	23	31
244,5	4	9	13	17	26	34
250,0	4	9	13	17	26	35
267,0	5	9	14	19	28	37
273,0	5	10	14	19	29	38
304,0	5	11	16	21	32	42
323,9	6	11	17	23	34	45
355,6	6	12	19	25	37	50
406,4	7	14	21	28	43	57
457,2	8	16	24	32	48	
508,0	9	18	27	36	53	-
559,0	10	20	29	39	59	
575,0	10	20	30	40	-	-
609,6	11	21	32	43		
711,2	12	25	37	50	-	-
762,0	13	27	40	53		
812,8	14	28	43	57	-	-
914,4	16	32	48			
1016,0	18	36	53	-	-	-
1117,6	20	39	59			
1219,2	21	43	-		--	-
1320,8	23	46				
1422,4	25	50	-	-	-	-
1524,0	27	53				
1625,6	28	57	-	-	-	-
1727,2	30					
1828,8	32	-	-	-	-	-
1930,4	34					
	36	-	-	-	-	-



Luki między końcami rur powstają w wyniku ugięcia kąтового, niedokładnego montażu i zmian długości. Luka ta nie może przekraczać wartości  $R_p$  ( $R_p$  = luka na końcu rury / można odczytać z karty katalogowej produktu). Za pomocą wkładki paskowej można powiększyć rurę i lukę. Maksymalna wartość wartości zależy od budowy każdego typu złączki i może być odczytana z odpowiedniej karty katalogowej produktu.



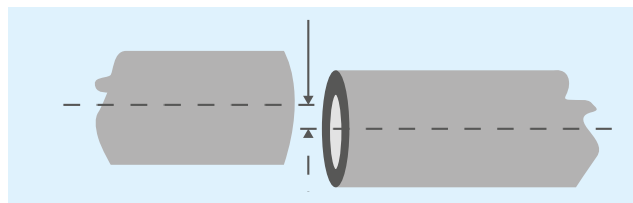
**2)** Złącza STRAUB do łączenia dwóch rur o dowolnym odchyleniu kątowym od osi rury:

- $< \varnothing 60,3 \text{ mm} \text{ ---->>> } 5^\circ$
- $> \varnothing 76,1 \text{ mm} \text{ ---->>> } 4^\circ$
- $> \varnothing 219,1 \text{ mm} \text{ ---->>> } 2^\circ$
- $> \varnothing 609,6 \text{ mm} \text{ ---->>> } 1^\circ$

Patrz odległość między końcami rur [ $R_p$ ]

**3)** Złącza rurowe STRAUB dopuszczają małą niewspółosiowość:

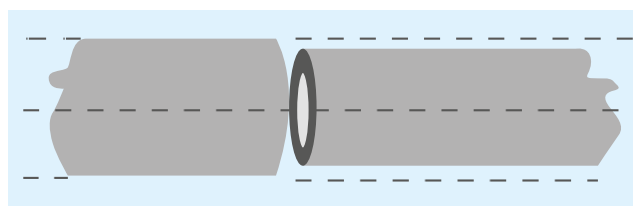
- 1% średnicy zewnętrznej (maks. 3 mm)



**4)** Złącza STRAUB kompensują rury o różnych średnicach zewnętrznych.

Muszą być spełnione następujące wymagania:

- $< \varnothing 100 \text{ mm} \text{ ---->>> } 2 \text{ mm}$
- $> \varnothing 100 \text{ mm} \text{ ---->>> } 2\% \text{ wartości } D_e$
- $> \varnothing 300 \text{ mm} \text{ ---->>> } 6 \text{ mm}$
- Odchylenie do 9 mm ---->>> STRAUB-FLEX
- Odchylenie od 10 mm ---->>> STRAUB-STEP-FLEX

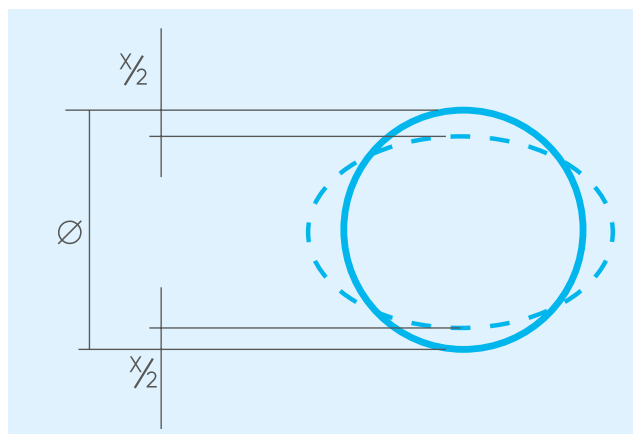


**5)** Rury często wykazują nieokrągłość (różnica pomiędzy największą i najmniejszą średnicą zewnętrzną).

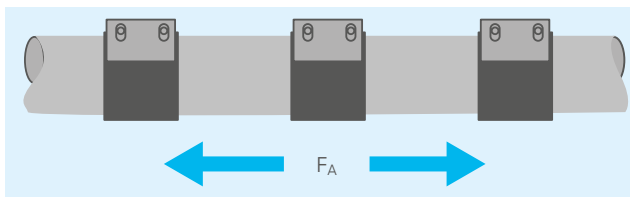
Prawidłowa nieokrągłość:

- STRAUB-FLEX 1 ---->>> 4 mm
- STRAUB-FLEX 2 ---->>> 2% średnicy
- STRAUB-FLEX 3 ---->>> 2% średnicy
- STRAUB-FLEX 3,5 ---->>> 2% średnicy
- STRAUB-FLEX 4 ---->>> 2% średnicy

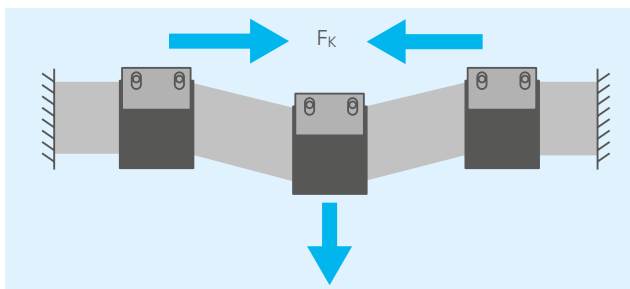
STRAUB-FLEX 2: w celu zapewnienia możliwości nasuwania poślizgowego, nieokrągłość [X] musi również mieścić się w dopuszczalnej różnicy średnic ( $X$  = maks. 6 mm).



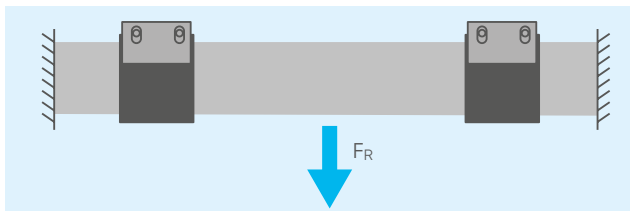
6) Ciśnienie wewnętrzne PN działa bezpośrednio jako siła rozciągająca na każde połączenie rurowe. Przeważająca siła rozciągająca może być obliczona na podstawie odpowiedniego ciśnienia wewnętrznego i znanej średnicy rury. Nie może być zniesiona przez STRAUB-FLEX i STRAUB-OPEN-FLEX.



7) Jeśli rura jest utwierdzona przed ruchem osiowo, rura ma tendencję do wyboczenia w przypadku wzrostu ciśnienia wewnętrznego w połączeniu z nieodpowiednim ułożeniem rur. Nie może być to zniesione przez STRAUB-FLEX i STRAUB-GRIP.



8) Składa się na to masa odcinka rury oraz masa znajdującego się w nim czynnika. Złącza rurowe mogą przyjąć tylko bardzo małe siły ścinające. Może być zniesione w ograniczonym stopniu przez STRAUB-FLEX i STRAUB-GRIP.



9) Rury narażone są na wahania temperatury zarówno ze strony czynnika (np. zimna i ciepła woda), jak i otoczenia (np. promienie słoneczne, niskie temperatury zimą). Te wahania temperatury powodują ruchy osiowe w rurze.

Ruch osiowy zależy od materiału rury, długości danego odcinka rury i wahań temperatury.

W przypadku stosowania złączy rurowych STRAUB-GRIP, mocowania rur są tak dobrane, że ruch osiowy zmienia się w ugięcie kątowe.

Jeżeli stosowane są złącza rurowe STRAUB-FLEX, należy zadbać, aby występująca zmiana osiowa w każdym odcinku rury nie była większa niż zdolność kompensacyjna zastosowanego złącza rurowego STRAUB-FLEX.

Tabela poniżej przedstawia wartości maksymalnych dopuszczalnych osiowych zmian długości dla STRAUB-FLEX i STRAUB-OPEN-FLEX.

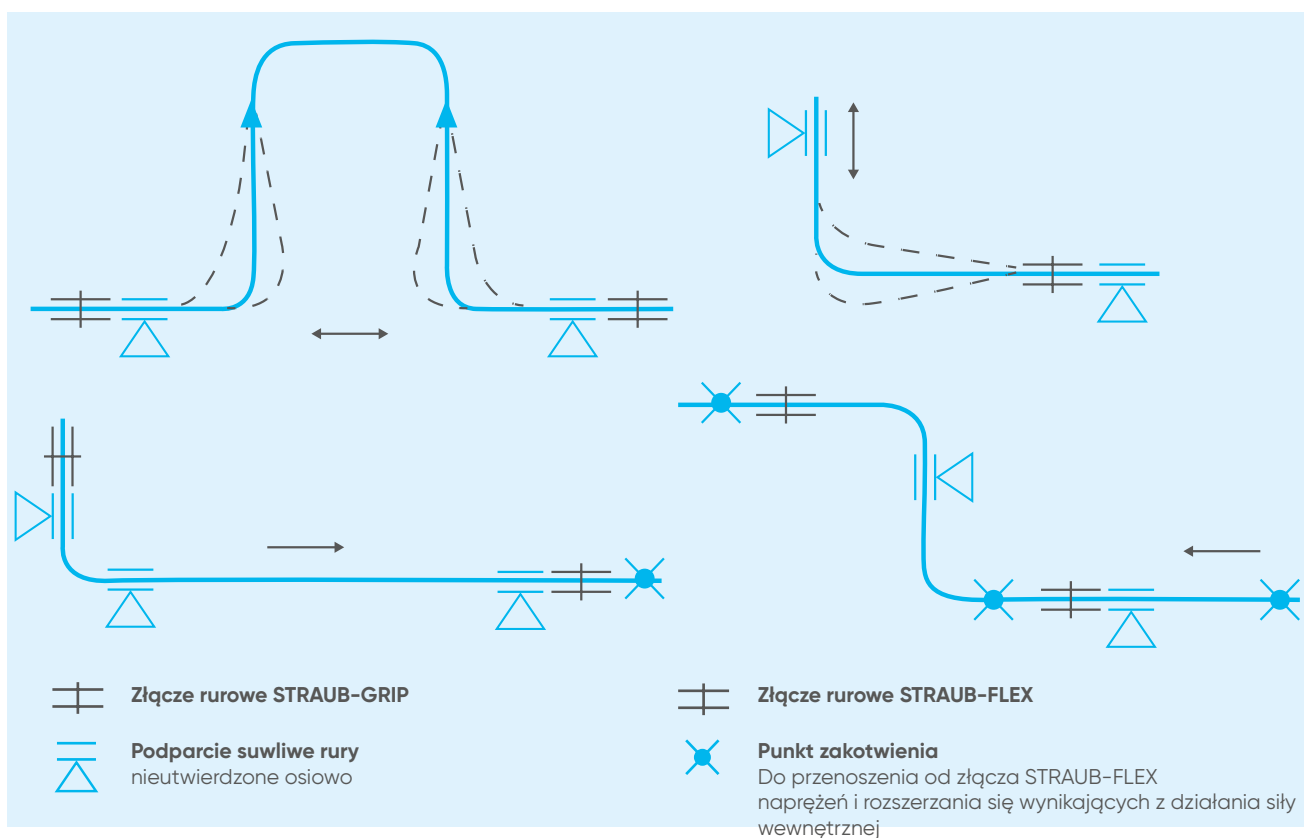
STRAUB-FLEX STRAUB-OPEN-FLEX	$\Delta l$ (mm)
1	5
2	10
3	15
3,5	15
4	20

**10) Mocowanie rur za pomocą STRAUB-GRIP:**

- rury są zakotwiczone w złączce,
- potrzebne są tylko uchwyty / wsporniki,
- ruchy osiowe rur muszą być kompensowane poza złączem, np. za pomocą łuków rozporowych (patrz rysunek poniżej).

**Mocowanie rur za pomocą STRAUB-FLEX:**

- rury nie są zakotwiczone w złączce,
- każdy odcinek rury potrzebuje jednego podparcia stałego i jednej lub więcej podparć suwliwych,
- ruchy osiowe rur mogą być kompensowane w obrębie złącza.

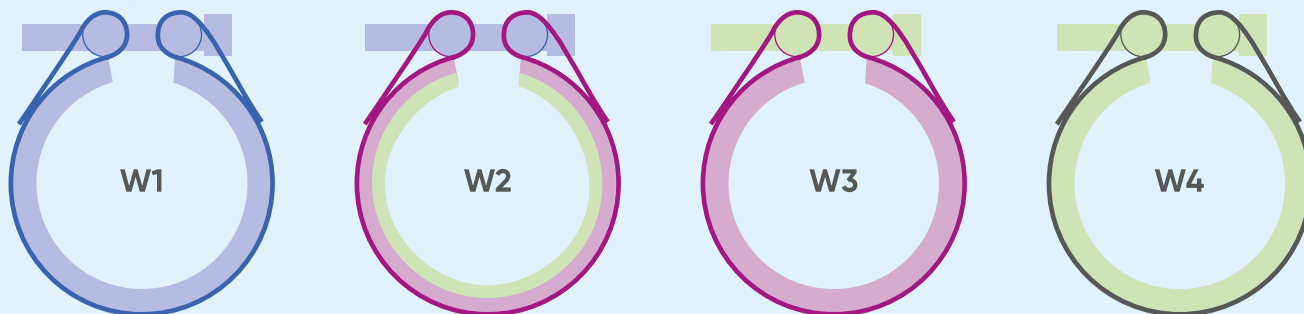
**OSTRZEŻENIA**

Przy obliczaniu kompensacji ruchów osiowych należy uwzględnić poniższe czynniki termiczne.

- Jeśli temperatura robocza jest wyższa niż temperatura montażu, powoduje to wydłużenie rury. W przeciwnym wypadku rura kurczy się, gdy temperatura robocza jest niższa niż temperatura montażu.

### Specyfikacja materiałowa złączy STRAUB

Dostępne są różne gatunki materiałów w zależności od wielkości, typu, odporności na korozję i ciśnienia znamionowego złączy. Zasadniczo W1 jest w całości wykonane z ocynkowanej stali węglowej, podczas gdy W2 składa się z korpusu ze stali nierdzewnej i śrub/ prętów ze stali węglowej. Inna odmiana W4 jest wykonana z normalnego korpusu ze stali nierdzewnej i śrub / prętów z wysokiej jakości stali nierdzewnej, W5 jest w całości wykonana z wysokiej jakości stali nierdzewnej.



Poniższa tabela ułatwia dobór odpowiedniego materiału w zależności od złączy.

Podzespoły	Materiały							
	W1		W2		W4		W5	
	DIN	AISI	DIN	AISI	DIN	AISI	DIN	AISI
<b>Korpus</b>	A738 lub podobny, ocynk ogniowy	1024	1,4404	316 L	1,4301	304	1,4404	316 L
			1,4301	304				
			1,4162	S32101			1,4162	S32101
<b>Śruby</b>	1,7220	4135	1,7220	4135	A4 - 80	A4 - 80	A4 - 80	A4 - 80
<b>Pręty</b>	1,0737 ocynk	12L14	1,0737 ocynk	12L14	1,4404 1,4435	316 L	1,4404 1,4435	316 L
<b>Pierścień kotwiący</b>	1,4310	301	1,4310 1,4301 (PLAST-GRIP)	301 304	1,4310 1,4301 (PLAST-GRIP)	301 304	1,4310	301
<b>Wkładki paskowe (opcja)</b>	1,4435 PVDF/HDPE	316 L	1,4435 PVDF/HDPE	316 L	1,4435 PVDF/HDPE	316 L	1,4435 PVDF/HDPE	316 L

### Zalety i zastosowania

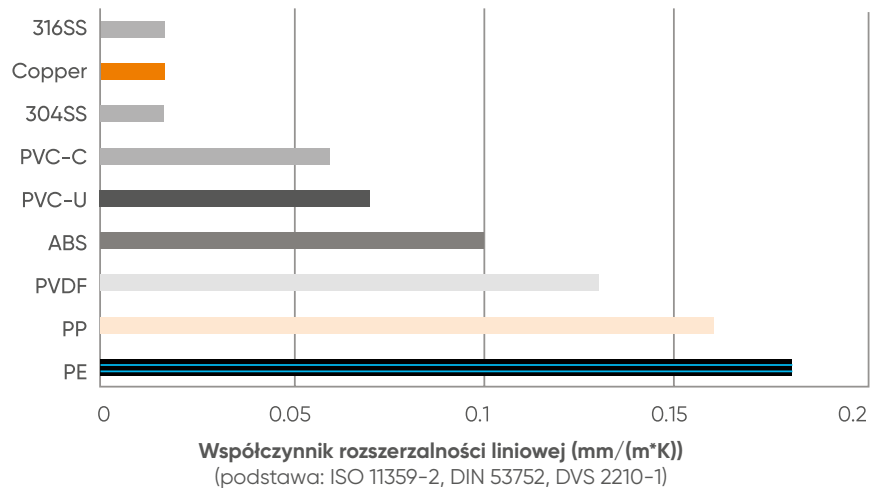
Złącza STRAUB są kompatybilne z prawie każdym tradycyjnym systemem łączenia. Są bardziej niezawodne, ponieważ kompensują ruchy osiowe i ugięcia kątowe. Ponadto mają zdolność do znoszenia ciśnienia i dają nienaprężone, elastyczne połączenia rur. Złącza STRAUB służą przez wiele lat, ponieważ są odporne na korozję i temperaturę, mając również dobrą odporność na czynniki chemiczne. Ponieważ złącza STRAUB nie wymaga specjalnych urządzeń i narzędzi, ani też czasu na związanie, jest rozwiązaniem bardziej opłacalnym. Jest to idealne rozwiązanie tam, gdzie istnieje potrzeba kompaktowego połączenia, ponieważ złącza STRAUB mają mniejszą masę w porównaniu do kołnierzy. Ze względu na swoje wielkie zalety, złącza STRAUB są używane głównie w takich obszarach zastosowań jak: wodociągi i gazownictwo, prace ziemne i przemysłowe oraz stoczniactwo i przemysł morski.

## 3.2 Mocowanie rur i zalecenia

### 3.2.1 Rozszerzalność i kurczliwość cieplna

Przy realizacji projektu instalacji z żywic termoplastycznych należy zawsze uwzględnić rozszerzanie się i kurczenie pod wpływem zmian temperatury.

Efekty termiczne w tworzywach sztucznych są inne niż w metalach: aby zilustrować ten fakt, na poniższym rysunku przedstawiono różnice pomiędzy różnymi tworzywami sztucznymi i metalowymi materiałami na rury funkcji ich



Wzrost temperatury w instalacji spowoduje, że rura termoplastyczna będzie rozszerzała się.

Problem polega na tym, że jeśli instalacja jest utwierdzona nieruchomo i nie ma możliwości rozszerzać się, to oczywiście naprężenia będą rosły i jeśli przekroczą dopuszczalne naprężenia tolerowane przez instalację, rurociąg ulegnie zmęczeniu i w końcu może ulec awarii.

Postępujące odkształcenie może wystąpić przy powtarzających się wahaniach cieplnych lub przy długotrwałej ekspozycji na podwyższoną temperaturę w układzie utwierdzonym.

Dlatego instalacje rur termoplastycznych wymagają odpowiedniej elastyczności, aby uniknąć problemu rozszerzania i kurczenia się, a tym samym:

- uszkodzenia rurociągów lub podpór na skutek nadmiernego obciążenia lub zmęczenia,
- wycieków,
- szkodliwych naprężeń lub odkształceń w rurociągach lub podłączonych urządzeniach.

Ogólnie rzecz biorąc, rozszerzanie lub kurczenie się, spowodowane początkiem skoku termicznego, można łatwo oszacować za pomocą wzoru:

$$\Delta L = \alpha * L * \Delta T$$

gdzie:

$\Delta L$  = wartość rozszerzenia lub skurczu (mm)

$\Delta T$  = różnica temperatur (°C)

L = długość rury (m)

$\alpha$  = współczynnik rozszerzalności lub kurczliwości liniowej (1/°C)

$\alpha$	UPVC	CPVC	ABS	PP	PE HD	PVDF
(1/°C)	$0,8 * 10^{-4}$	$0,67 * 10^{-4}$	$1 * 10^{-4}$	$1,5 * 10^{-4}$	$2 * 10^{-4}$	$1,20 * 10^{-4}$

W celu obliczenia parametrów z poprzedniego równania zaleca się skorzystać z kalkulatora dostępnego na stronach internetowych Aliaxis.

Ogólnie rzecz biorąc, kompensację rozszerzalności cieplnej uzyskuje się za pomocą elementów, które, wykorzystując lub zwiększając wewnętrzną elastyczność przewodów, pozwalają ograniczyć skutki wywołane przez zmiany wymiarowe indukowane w rurach.

Prawidłowy i opłacalny dobór odpowiednich systemów kompensacji termicznej prowadzi do zastosowania następujących elementów:

- kompensatory mechaniczne,
- uskok,
- pętle rozprężne,
- zmiany kierunku.

Oczywiście, aby określić właściwe zastosowanie tych trzech metod, należy znać i przeanalizować następujące zagadnienia:

- warunki temperaturowe obliczeniowe, eksploatacyjne i montażu,
- rodzaj materiału i rozmiar rury,
- chemiczne i fizyczne właściwości transportowanego płynu,
- układ rurociągów z uwzględnieniem wszystkich wymiarów i wszystkich różnych ruchów termicznych wywołanych przez niejednorodne materiały zastosowane do budowy urządzeń instalacji technologicznej,
- ruchy i maksymalne obciążenia końcowe w punktach termicznych, w których rurociąg połączony jest z urządzeniami o ograniczonej wytrzymałości mechanicznej,
- obliczeniowe i eksploatacyjne warunki hydrauliczne, np. ciśnienie statyczne i dynamiczne.

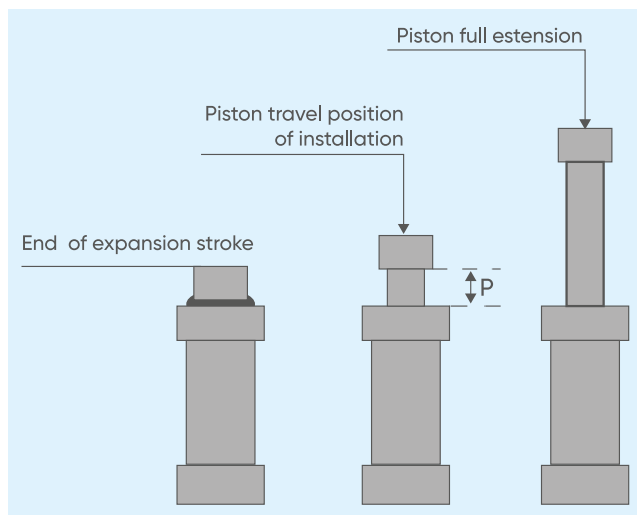
### 3.2.1.1 Mechaniczne kompensatory rurowe

Kompensatory zapewniają skuteczną absorpcję przemieszczeń i zmian wymiarowych w rurach poddawanych powtarzającym się wahaniom termicznym.

Przykład kompensatora zilustrowano na kolejnym rysunku.

Stosuje się je w instalacjach, w których jest mało miejsca, a zbyt wysokie koszty infrastruktury nośnej i kotwiącej uniemożliwiają kompensację rozszerzalności cieplnej za pomocą dodatkowych odcinków rur.

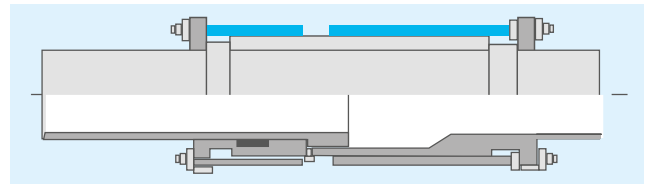
Kompensatory wybiera się ze względu na ich zdolność do absorbowania osiowych, poprzecznych i obrotowych przemieszczeń rur podlegających zmianom temperatury. W przypadku rur termoplastycznych stosowane są dwa rodzaje kompensatorów: suwliwe i elastyczne.



### Połączenia suwliwe

Kompensatory te składają się z dwóch elementów ślizgowych, które umożliwiają kompensację przemieszczeń osiowych rur.

Na poniższej ilustracji przedstawiono połączenie suwliwe.



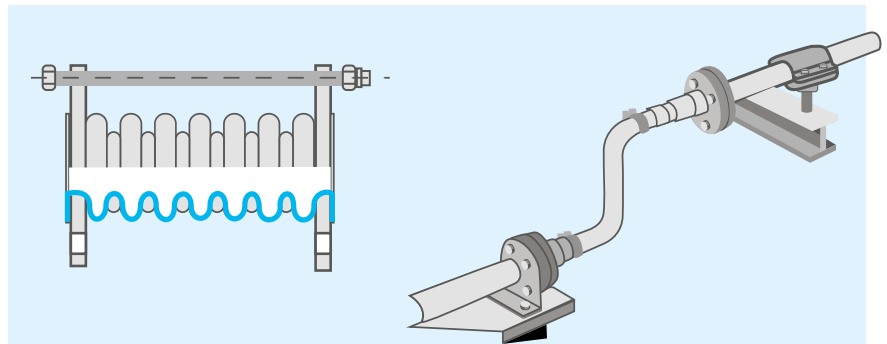
Korpusy wykonane są z żywic termoplastycznych (UPVC, CPVC, PP i ABS) i wyposażone w elementy typu o-ring, dzięki czemu pozwalają na kompensację wydłużeń osiowych w zakresie od 150 do 600 mm.

W przypadku braku możliwości zastosowania pętli rozprężnych lub zmiany kierunku zaleca się stosowanie połączenia suwliwego, natomiast nie zaleca się stosowania go w przesyle płynów dających osady i zawiesin stałych.

Aby uniknąć zjawiska niestabilności, kompensatory teleskopowe o długim skoku wyposażone są w prowadnice kierunkowe z ogranicznikami skoku, które gwarantują współosiowy poślizg pomiędzy komorą prowadnicy a tłokiem. Konieczne jest również poddawanie ich okresowym przeglądom i czynnościom konserwacyjnym: w ten sposób sprawdzany jest stan elementów uszczelniających, aby wykluczyć wszelkie zjawiska nieszczelności między komorą a tłokiem, które mogą powstać z powodu obecności osadów i ograniczonego smarowania.

### Połączenia elastyczne

Kompensatory elastyczne umożliwiają kompensację wydłużeń osiowych i poprzecznych poprzez odkształcanie pewnych elementów wykonanych z materiałów o wysokiej elastyczności – przykład pokazano na kolejnych zdjęciach.



Można stosować dwa rodzaje kompensatorów elastycznych: miechy i przeguby gumowe.

Kompensatory miechowe wykonane są z harmonijkowych, elastycznych elementów z PTFE, które absorbują rozszerzenia osiowe od 10 do 200 mm: ich zaletą jest brak części uszczelniających, które mogą być narażone na wycieki i konserwację, są również stosowane do transportu substancji agresywnych w wysokich temperaturach.

Kompensatory gumowe są podobne do kompensatorów miechowych, ale wykonane są z pojedynczych elementów sprężystych z materiału elastomerowego. Nadają się do przetaczania gęstych substancji i lepkich płynów, lecz ich zdolność do kompensacji jest ograniczona i waha się między 10 a 60 mm.

Element elastyczny może być wykonany z różnych elastomerów, takich jak EPM i NBR, stosowanych w temperaturach roboczych do 90°C. Gdy osiowe przemieszczenia termiczne są bardzo duże lub takie, że nie pozwalają na kompensację przez konwencjonalne kompensatory, możliwe jest zastosowanie elementów kompensacyjnych wykonanych z kawałków elastycznej rury, połączonych z instalacją za pomocą wkładek mechanicznych. Granice zastosowania takiej rury elastycznej należy określić na podstawie maksymalnej temperatury i ciśnienia roboczego oraz minimalnego promienia gięcia, na jaki pozwala materiał.

### Montaż kompensatorów

Nieprawidłowy lub niepewny montaż kompensatorów bywa często główną przyczyną różnych awarii w rurach obciążonych termicznie. Rury termoplastyczne charakteryzują się niskim modułem sprężystości, dlatego też wymuszenia osiowe powstające podczas zmiany temperatury są stosunkowo niewielkie w porównaniu z instalacjami metalowymi.

Celem podjęcia decyzji o sposobie kompensacji efektów termicznych przydatne może być obliczenie naprężeń występujących w systemie. Ograniczenie ruchu liniowego spowodowane rozszerzalnością cieplną i skurczem powoduje powstanie naprężeń termicznych, które można obliczyć za pomocą tego równania:

$$S_t = E * \alpha * \Delta T$$

gdzie:

$S_t$  = naprężenie termiczne wywołane w rurze (N/mm<sup>2</sup>)

E = moduł sprężystości (N/mm<sup>2</sup>)

$\alpha$  = współczynnik rozszerzalności cieplnej (mm/(mm \* °C))

$\Delta T$  = (T<sub>max</sub> - T<sub>instal</sub>) (°C)

Znając naprężenia termiczne instalacji, termiczne obciążenie końców rurociągów i kotew można określić za pomocą następującego równania:

$$F_t = S_t * A = E * \alpha * \Delta T * A$$

gdzie:

$F_t$  = termiczne obciążenie końca rury (N)

$A = \pi/4 * (D_e^2 - D_i^2)$  = pole przekroju poprzecznego rury (mm<sup>2</sup>)

$E$  = moduł sprężystości (N/mm<sup>2</sup>)

$\alpha$  = jednostkowy liniowy współczynnik rozszerzalności cieplnej (mm/(mm\*°C))

$\Delta T$  = różnica między temperaturą maksymalną i minimalną (°C)



Kompensator musi być dobrany i zainstalowany również w celu kompensacji ewentualnego skurczu rury spowodowanego spadkiem temperatury.

Dlatego przed montażem kompensatora należy dobrać długość wstępnego sprężenia kompensatora.

Wielkość tej długości, zwanej długością sprężenia i oznaczanej symbolem  $L^*$ , można oszacować za pomocą poniższego równania:

$$L^* = R * \left( \frac{(T_i - T_{min})}{(T_{max} - T_{min})} \right)$$

gdzie:

$L^*$  = długość sprężenia (mm)

$R$  = skok kompensatora (mm)

$T_i$  = temperatura montażu (°C)

$T_{min}$  = temperatura minimalna (°C)

$T_{max}$  = maksymalna temperatura (°C)

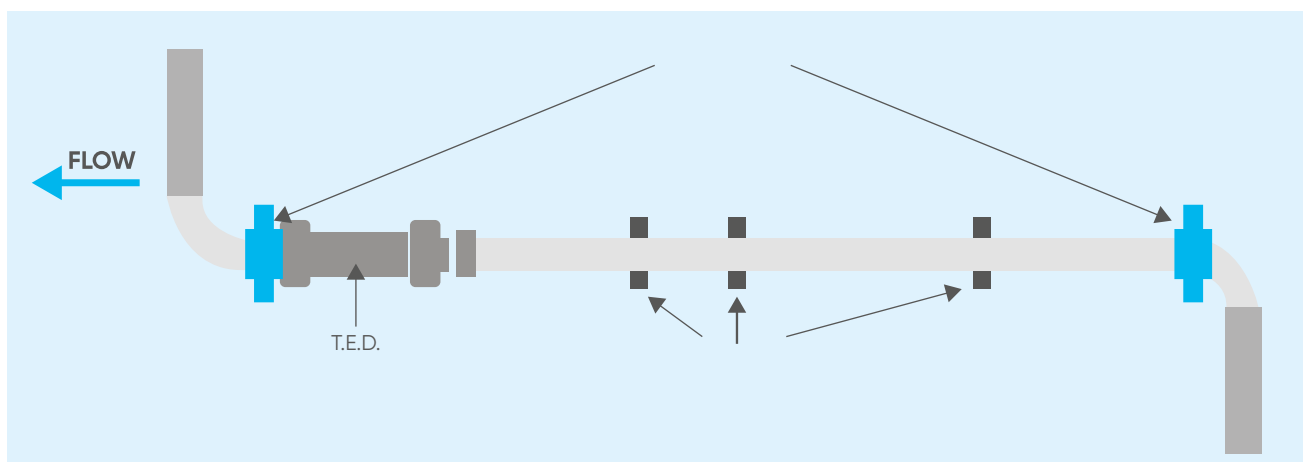
Odpowiednie kotwy są potrzebne w celu zniesienia bezpośredniego naporu ciśnienia, jak również wszelkich innych obciążeń, które mogą być przyłożone do kompensatorów, podczas gdy przewodnice kierunkowe, zainstalowane wzdłuż rozszerzających się rur, muszą sprawić, że połączenie jest chronione przed wszystkimi obciążeniami, które nie mogą być przenoszone i znoszone.

Instalacja kilku kompensatorów na jednym ciągu rurowym pomiędzy dwoma kolejnymi kotwami jest bezwzględnie niewskazana.



W tym momencie warto jest zrozumieć, gdzie w instalacji należy umieścić kompensator teleskopowy. Przeanalizowano cztery różne przypadki:

#### Przykład A



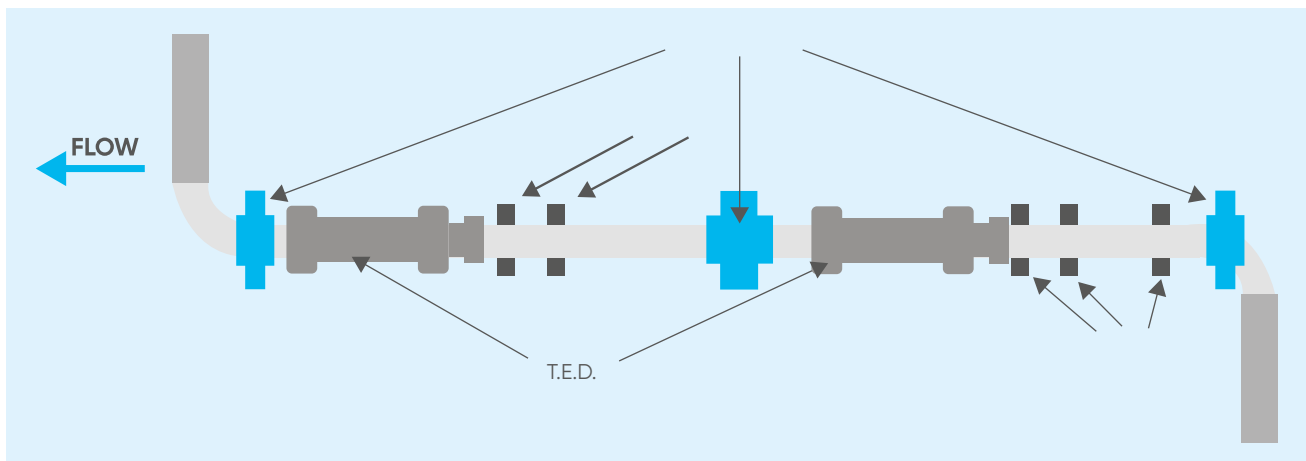
Długi ciąg rur, zakotwionych na każdym końcu, co wymaga kompensacji rozszerzalności cieplnej.

Obliczenia wykazały, że jedno urządzenie może być stosowane z pośrednimi prowadnicami rur. Zaleca się, aby urządzenie znajdowało się najbliżej zakotwienia na końcu ciągu (w zależności od kierunku przepływu).

Pierwsza prowadnica powinna być zainstalowana w pobliżu połączenia rury z odbiornikiem na ruchomym odcinku kompensatora. Dzięki temu ugięcie będzie ograniczone do oczekiwanego kierunku osiowego.

Druga prowadnica znajduje się stosunkowo blisko pierwszej, aby uniknąć wyginania się rury. Dodatkowe prowadnice, rozmieszczone w równych odstępach, są montowane w miarę potrzeby.

#### Przykład B

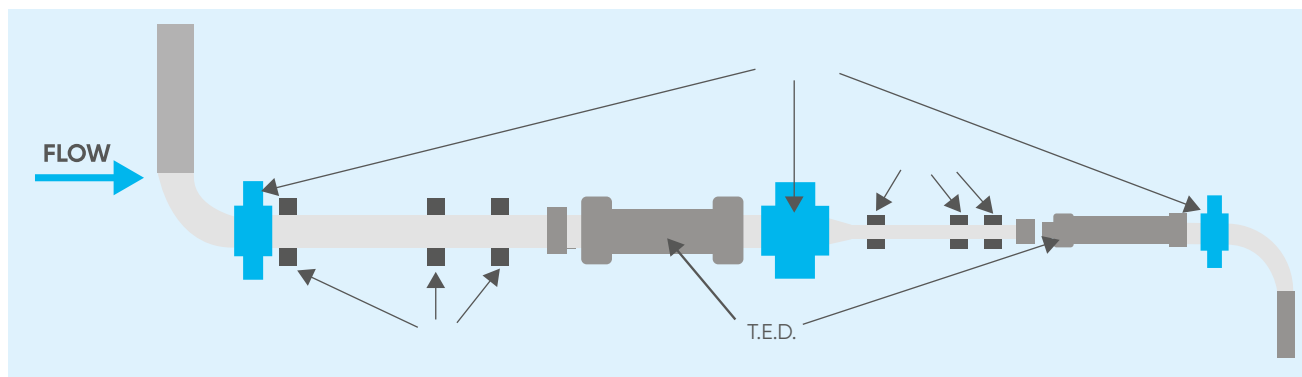


Ilustruje on jeszcze dłuższy ciąg rury.

Obliczenia wykazały, że konieczne jest zastosowanie dwóch urządzeń.

W wyniku tego ciąg został podzielony na dwa równe odcinki przez środkowy punkt zakotwienia. Na każdym końcu wcześniej podzielonych odcinków umieszczony jest kompensator.

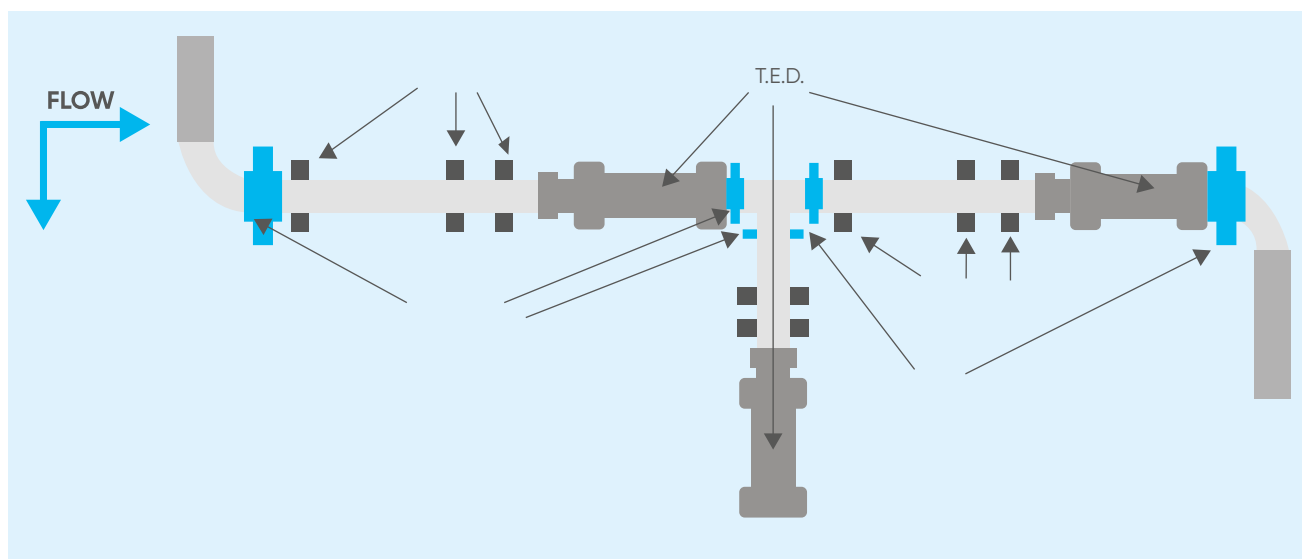
Rozmieszczenie prowadnic jest zgodne z zarysem w przykładzie A.

**Przykład C**

Ilustruje on długi ciąg, w którym rura o większej średnicy jest redukowana do mniejszej średnicy w pobliżu środka ciągu.

Chociaż rozszerzalność tworzywa termoplastycznego nie jest funkcją średnicy rury, w przypadku gdy potrzebne są dwa oddzielne urządzenia kompensacyjne, dobrą praktyką jest podzielenie przebiegu za pomocą kotwy w punkcie przejściowym.

Następnie należy stosować procedury identyczne jak w przykładzie B.

**Przykład D**

Ilustruje on rozgałęzienie długiego odcinka rurociągu.

W przypadku głównego odcinka rury, układ jest identyczny jak w przykładzie B

należy jednak stosować zakotwienie główne na trójniku, a nie na odcinku głównym rury. Zakotwienie główne zaprojektowano tak, aby znieść napór odgałęzienia.

W kierunku głównej linii, zakotwienie musi również wytrzymać dynamiczną nierównowagę naporu ciśnienia wynikającą z turbulencji powodowanych przez odgałęzienia.

Jeżeli przebieg przewodu odgałęzienia tego wymaga, należy zainstalować kompensator teleskopowy zgodnie z procedurą podaną w przykładzie A.

### 3.2.1.2 Uskok

Uskok kompensacyjny jest używany, gdy rura nie może być utwierdzona.

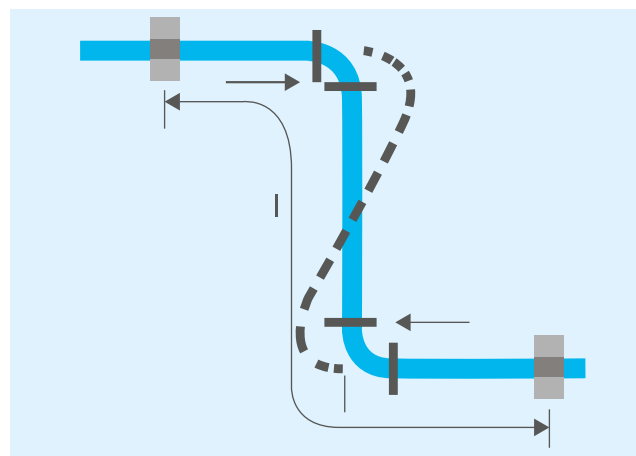
Przykład zilustrowano na rysunku.

Uskoki kompensacyjne są zwykle montowane w środku ciągu rur.

Każde kolanko, jak również pionowy odcinek rury, dają pewien stopień ugięcia, podczas gdy wieszaki lub prowadnice służą do ustawienia każdego odcinka rury.

Ponieważ rura rozszerza się, górne i dolne kolanka są dociskane, a to spowoduje, że pionowy odcinek będzie się przechylać w prawo.

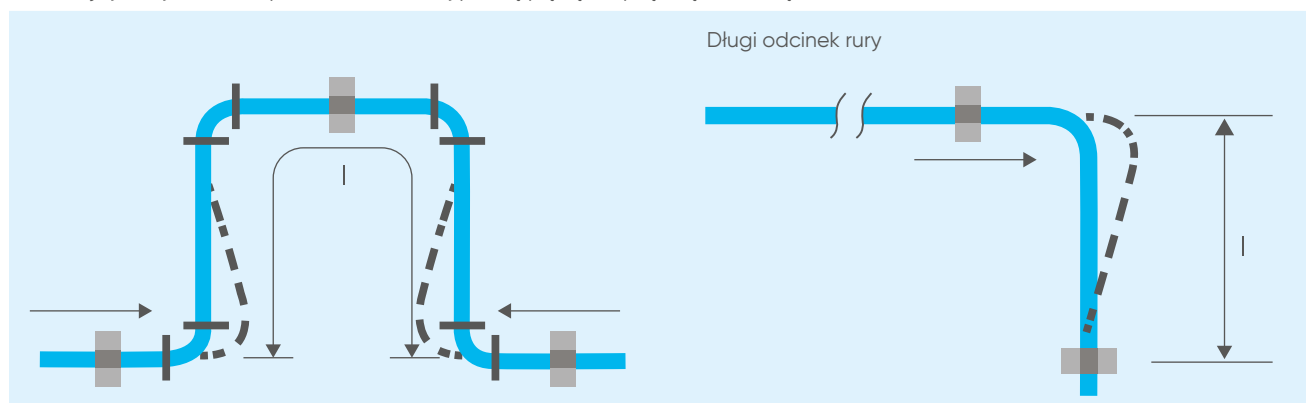
Z drugiej strony, w przypadku skurczu, rura pionowa będzie odchylana w lewo.



### 3.2.1.3 Pętłe rozprężne i zmiany kierunku

Gdy rozszerzalność cieplna osiąga wysokie wartości, kompensatory rozszerzalności, ze względu na ograniczony skok na ściskanie, są nieoptyczne – w takich przypadkach stosuje się pętłe rozprężne lub zmiany kierunku.

Na kolejnych rysunkach przedstawiono typową pętlę rozprężną i zmianę kierunku.



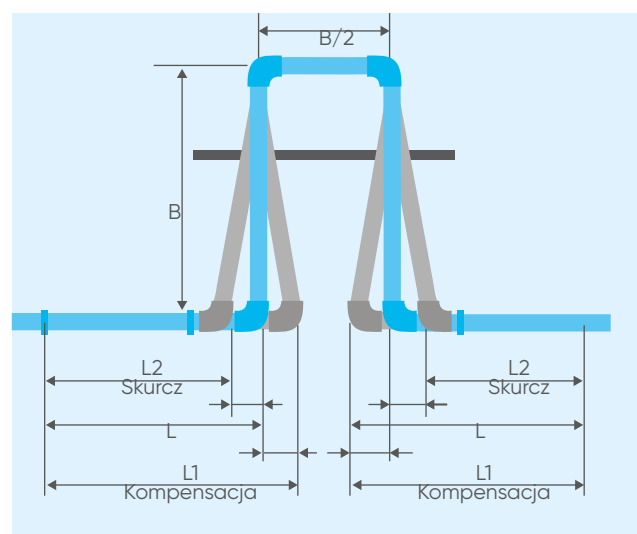
Podczas rozszerzania się, otwór U pętli zwęża się, a podczas kurczenia otwór U poszerza się.

Zmiana kierunku z drugiej strony, pozwala na pewien stopień ruchu: podczas rozszerzania się rury, załamanie przesuwa się na zewnątrz, zaś podczas skurczu załamanie przesuwa się do wewnątrz.

Zaleca się, aby pętłe rozprężne były wykonywane z kolan 90° i rur prostych, które są ze sobą spawane rozpuszczalnikowo, aby lepiej znosić naprężenia powstające podczas rozprężania.

Montaż pętli rozprężnych wymaga szczególnej staranności poprzez zamontowanie odpowiednich prowadnic kierunkowych zapewniających zosiowanie rur rozszerzających się – położenie prowadnic musi również gwarantować, że pętla rozprężna poddawana jest jedynie naprężeniom zginającym, zaś rury rozszerzające się mogą swobodnie poruszać się wzdłuż własnej osi wzdłużnej.

Projekt pętli rozprężnej i zmiany kierunku opiera się na właściwościach sprężystych rur i wymaga analizy elastyczności rurociągu.



Dodatkowo można zauważyć, że szerokość pętli odpowiada długości B podzielonej przez 2.

Aby wyznaczyć długość B wymaganą do przejścia obliczonego rozszerzenia w przypadku pętli rozprężnej, sugeruje się poniższe równanie:

$$B = 34 * \left( De * \frac{\Delta L}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

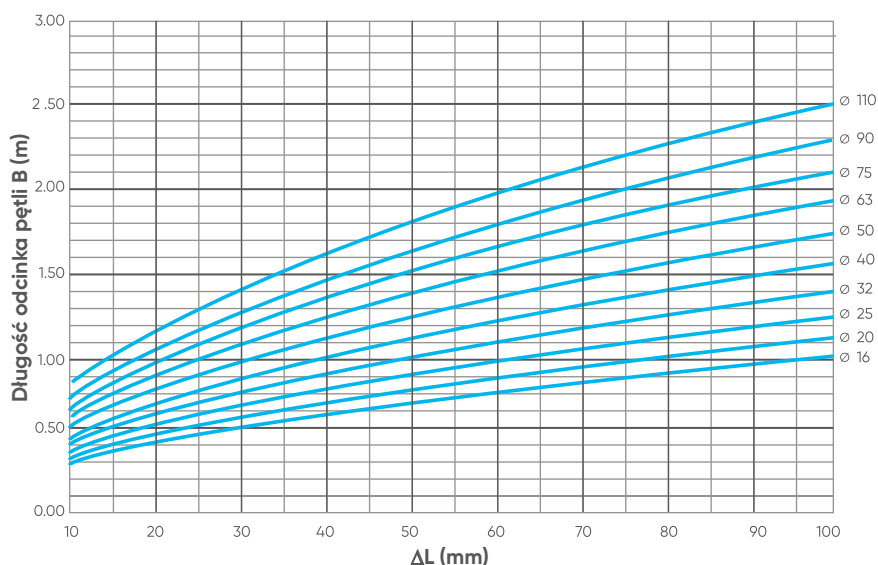
gdzie:

B = odcinek rury (mm)

De = średnica zewnętrzna (mm)

$\Delta L$  = odchyłka długości, pamiętając, że  $\Delta L = \alpha * L * \Delta T$

Odcinek B można również obliczyć na podstawie poniższego wykresu, zawsze w zależności od średnicy rury i odchyłki długości.



W przypadku zmiany kierunku, długość B jest odległością kotwy od kolana na rurze, jak widać na kolejnym rysunku.

W przypadku pętli rozprężnej, pozostawiając długość B nieutwierdzoną, rura może rozszerzać się i kurczyć swobodnie, aby wyeliminować naprężenia występujące w instalacji.

W odcinku B nadal konieczne jest, aby podeprzeć rury zgodnie ze standardowym rozstawem podpór, ale bez mocowania utwierdzonego: podparcie powinno być gładkie i wolne od ostrych krawędzi, ponieważ rura będzie ślizgać się po nim.

W tym momencie długość B wymaganą do kompensacji obliczonego rozszerzenia w przypadku zmiany kierunku można obliczyć za pomocą tego równania:

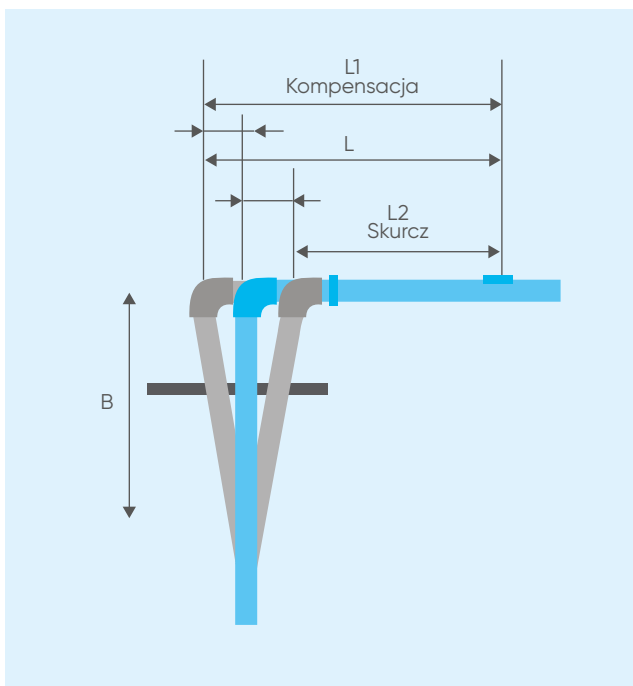
$$B = 34 * \left( De * \Delta L \right)^{\frac{1}{2}}$$

gdzie:

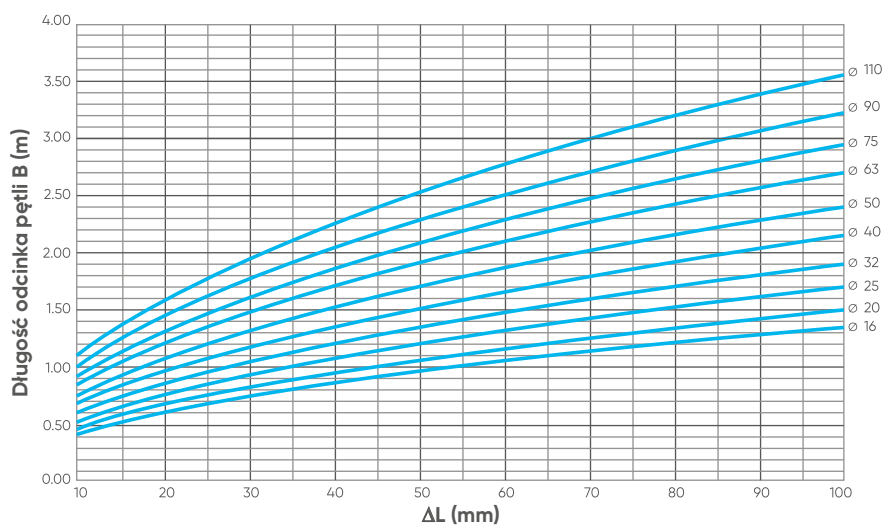
B = odcinek rury (mm)

De = średnica zewnętrzna (mm)

$\Delta L$  = odchyłka długości, pamiętając, że  $\Delta L = \alpha * L * \Delta T$



Odcinek B można również obliczyć na podstawie poniższego wykresu, zawsze w zależności od średnicy rury i odchyłki długości.



### PRZYKŁAD PRAKTYCZNY

Obliczyć odcinek B dla zmiany kierunku o długości 6 metrów o średnicy 90 mm i  $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ , tworzywo U-PVC.

Wiedząc, że dla U-PVC

$$\alpha = 0,00008 \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

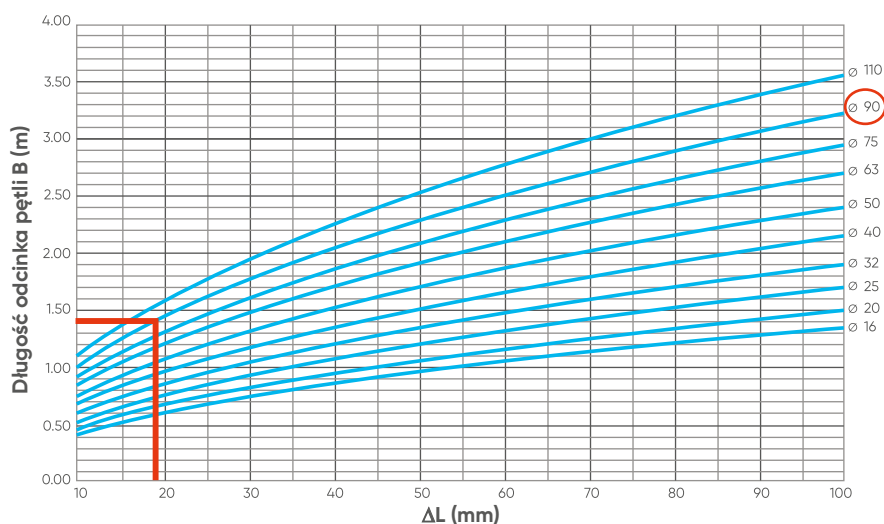
można obliczyć  $\Delta L$ .

$$\Delta L = \alpha * L * \Delta T = 18,7 \text{ mm}$$

W ten sposób, stosując równanie, można wyznaczyć B.

$$B = 34 * (D_e * \Delta L) = 1,4 \text{ m}$$

Alternatywnie, znając wartości  $\Delta L$  i  $D_e$ , można z wykresu wyprowadzić wartość B, jak pokazano na rysunku.



## 3.2.2 Ogrzewanie przewodowe

W procesie chemicznym kontrola temperatury jest konieczna w przypadku cieczy, które wraz ze spadkiem temperatury mogą powodować problemy podczas pracy, na przykład wzrost lepkości, przejście w stan stały, rozdzielanie składników, wytrącanie się substancji zawieszonych, rozkład itd.

Istnieją pewne niezawodne metody ochrony przed zamarzaniem i utrzymania temperatury: zewnętrzne ogrzewanie przewodowe za pomocą grzałek elektrycznych typu „samoregulującego” oraz metoda izolacji za pomocą rur dwupłaszczowych, jak w przypadku gamy produktów AkathermThermoPlus.

### Budowa zewnętrznego ogrzewania przewodowego z samoregulacją

Rury z tworzyw sztucznych topią się w stosunkowo niskich temperaturach w porównaniu z rurami metalowymi – jeśli temperatury są wystarczająco wysokie, zewnętrzne ścianki rury z tworzywa sztucznego mogą się zwęglić lub spalić. Ze względu na te właściwości, jedynym zalecanym rodzajem elektrycznego ogrzewania jest grzałka samoregulująca: poprzez automatyczną zmianę mocy cieplnej i oddawanie niezbędnego ciepła, grzałka kompensuje zmienne instalacyjne i eksploatacyjne, np. wahania napięcia, rozpraszanie ciepła i zmiany temperatury otoczenia.

Samoregulacja działa poprzez zastosowanie kabla samoregulującego z półprzewodzącą osnową, składającą się z mieszaniny polimeru i węgla elektroprowadzącego, wytłoczoną na dwóch przewodnikach.

Na początku osnowa ta jest napromieniowywana, aby utrwalić jej strukturę i początkową „pamięć”.

Cząsteczki węgla tworzą między sobą przewodzące łańcuchy, które mogą być traktowane jako wiele małych oporników elektrycznych umieszczonych równolegle między dwoma przewodnikami; kiedy przewodniki są zasilane na jednym końcu i izolowane po przeciwnej stronie obwodu, prąd elektryczny przepływa przez te oporniki, wytwarzając ciepło.

Wraz ze wzrostem temperatury kabla, cząsteczki polimeru rozszerzają się i przerywają łańcuchy węglowe, co widać na zdjęciu, a w konsekwencji moc cieplna maleje.

Ze względu na początkowe napromieniowanie, osnowa zapamiętała swoją początkową strukturę molekularną, więc zjawisko jest odwracalne: w rzeczywistości, gdy temperatura kabla spada, materiał powraca do stanu początkowego.

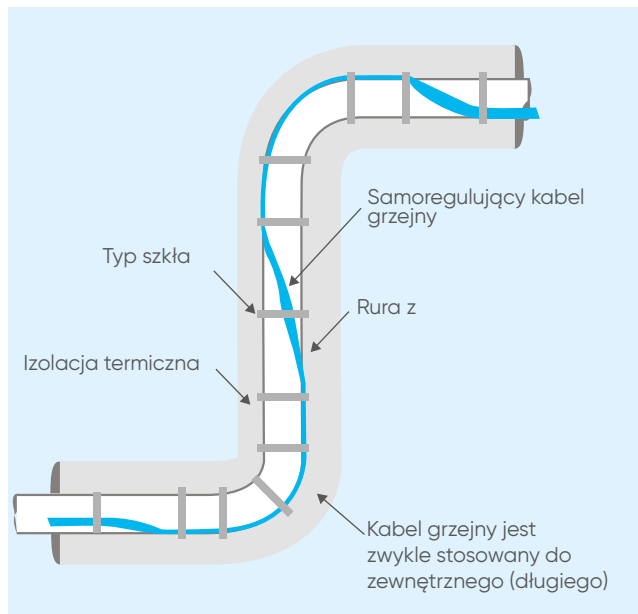
Aby prawidłowo zaprojektować instalację z elektrycznym ogrzewaniem przewodowym, konieczna jest znajomość pewnych zmiennych, takich jak obliczeniowa różnica temperatur, napięcie, powierzchnia, środowisko i całkowita długość rury.



Następnie należy wykonać następujące czynności:

- 1)** Dobór odpowiedniej grzałki, w zależności od maksymalnej temperatury ekspozycji i pożądanych temperatur konserwacji.
- 2)** Dobór odpowiedniej grzałki zgodnie z krzywymi mocy cieplnej dla danej grzałki, tak aby moc cieplna w temperaturze utrzymywanej była równa lub większa od strat ciepła.
- 3)** Jeżeli obliczona strata ciepła jest większa niż moc dostarczana przez grzałkę, należy zastosować się do poniższych wskazówek:
  - przyjąć grubszą izolację,
  - zastosować izolację o niższej przewodności cieplnej,
  - stosować dwie lub więcej równoległych taśm grzejnych,
  - użyć spiralnego ogrzewania przewodowego.

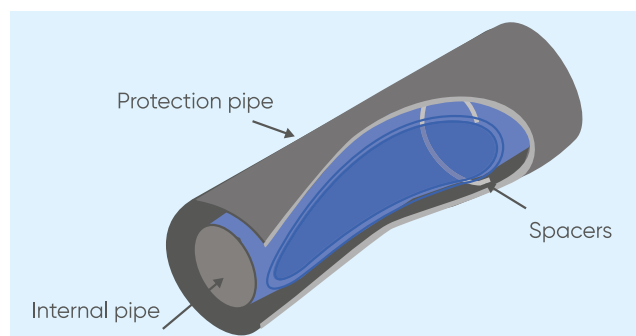
Na poniższym rysunku zilustrowano przykład montażu taśmy grzejnej na rurze.



### AkathermThermoPlus

Systemy dwuścienne lub dwupłaszczowe są stosowane do transportu płynów lub substancji niebezpiecznych. AkathermThermoPlus to system hermetyzacji dwupłaszczowej, który umożliwia uzyskanie ochrony przeciwzamrożeniowej lub utrzymanie określonej temperatury wewnątrz rury za pomocą kabla grzejącego.

Ogólnie rzecz biorąc, rura dwupłaszczowa składa się z rury ochronnej zewnętrznej, przekładek i rury wewnętrznej, jak widać na rysunku.

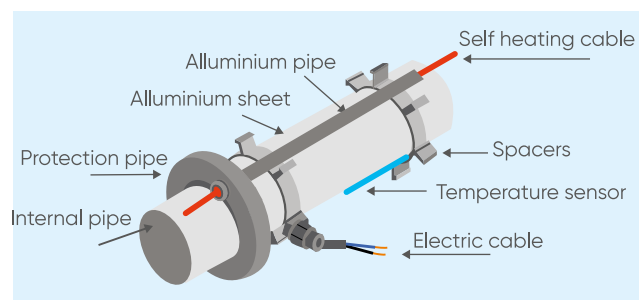


Konstrukcja pierścieniowa AkathermThermoPlus może być dostępna w trzech różnych wariantach w zależności od zastosowania końcowego:



W szczególności na poniższym zdjęciu można przeanalizować wewnętrzną strukturę systemu, pamiętając, że rura jest wykonana z PE-HD.

AkathermThermoPlus może być używany w różnych obszarach zastosowań, na przykład w zakładach przemysłowych i chemicznych, w elektrowniach, w instalacjach kanalizacyjnych lub w przemyśle spożywczym.



### 3.2.3 Kotwienie rur

Zakotwienie rurociągu odgrywa ważną rolę dla prawidłowego funkcjonowania instalacji rurowej. Rura musi być podparta na odpowiedniej rozpiętości, aby zachować trwałość instalacji.

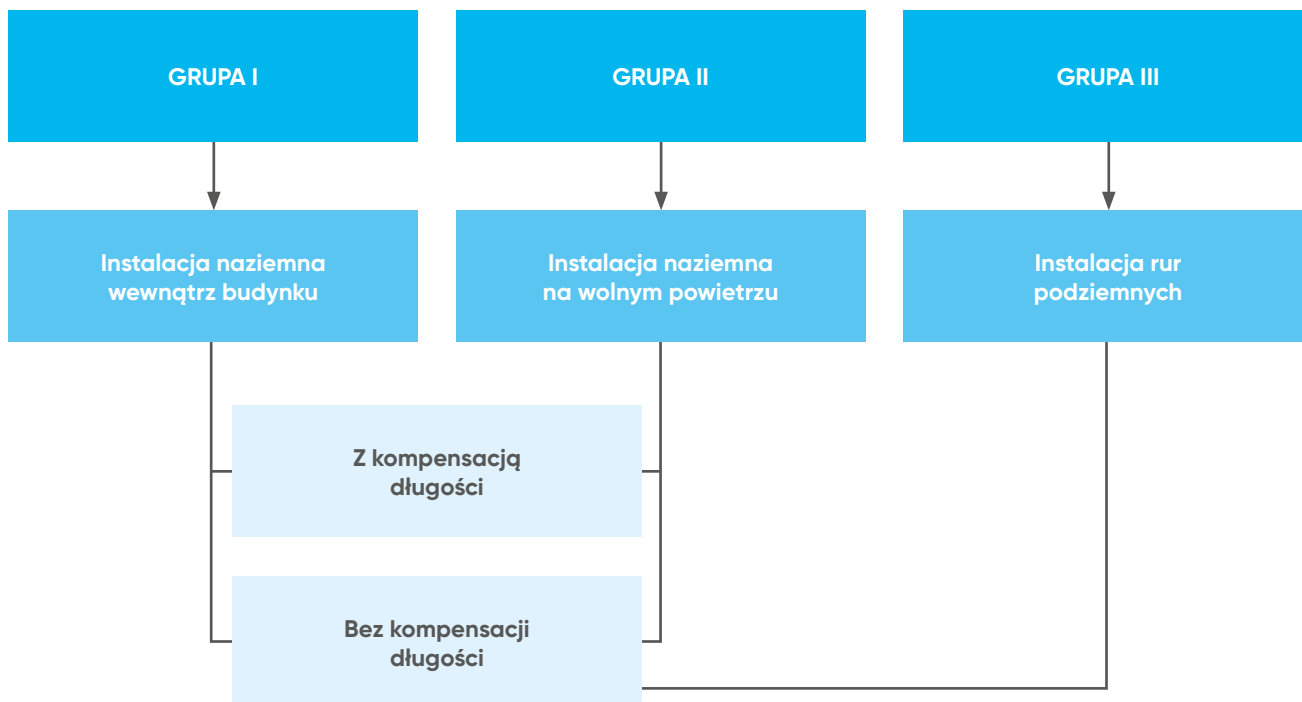
Rurociągi z tworzyw termoplastycznych charakteryzują się wysokimi współczynnikami rozszerzalności cieplnej i niskim osiowym modułem sprężystości, dlatego wymagane są odpowiednie systemy nośne, które będą w stanie przenosić obciążenia stałe generowane przez ciężar rur i kształtek oraz pochłaniać naprężenia mechaniczne powstające w wyniku zmian temperatury.

Wybór rodzajów podpór i ich rozmieszczenia będzie zależał od warunków eksploatacji i przebiegu rur, a także od ograniczeń nałożonych na naprężenia i ruchy rur.

Obciążenia rurociągów powstałe na skutek ciśnienia, temperatury, ciężaru lub zdarzeń okazjonalnych muszą być przenoszone z rur na konstrukcje nośne za pomocą odpowiednich wsporników rurowych.

#### Systemy prowadzenia rur z tworzyw sztucznych

Przy planowaniu i prowadzeniu systemów rur z tworzyw termoplastycznych należy zawsze brać pod uwagę właściwości materiału. Konstrukcja niezawodnej instalacji rurociągów zależy od profesjonalnego zastosowania i obróbki tworzyw sztucznych. Poniższe informacje mają służyć jako wytyczne orientacyjne, szczególnie na etapie planowania. Poniższy rysunek przedstawia ogólne różnice w sposobie montażu systemów rur z tworzyw sztucznych.



Grupa I i Grupa II to nadziemne instalacje rurowe z tworzyw sztucznych z kompensacją lub bez kompensacji długości wewnątrz i na zewnątrz budynków. Instalacje te wymagają z reguły konstrukcji nośnej i są stosowane np. w przemyśle chemicznym, w oczyszczalniach ścieków i przy budowie basenów. Wymagają one zazwyczaj największego nakładu pracy.

Rurociągi Grupy III (podziemne instalacje rurowe) są na przykład częścią miejskich sieci wodociągowych. Równie często są one montowane w instalacjach ścieków przemysłowych. Ze względu na elastyczność rur z tworzyw sztucznych, koszt prac podziemnych jest niższy niż w przypadku układania rur stalowych, żeliwnych czy betonowych.

Szczególną formą rurociągów podziemnych są rurociągi betonowane. Ze względu na brak lub ograniczoną dostępność dla służb utrzymania ruchu, ta szczególna forma układania rur powinna być zarezerwowana tylko dla przewodów grawitacyjnych lub odwadniających o niskim obciążeniu. Otulina betonowa przekształca elastyczną rurę w sztywną konstrukcję bez wytrzymałości na zginanie, likwidując wiele korzyści płynących z zastosowania systemów rur z tworzyw sztucznych.



### 3.2.3.1 Podpory i utwierdzenia rur

Termin utwierdzenie jest niezmiennie stosowany wobec podpór rurociągów.

Istnieje niewielka różnica pomiędzy podparciem a utwierdzeniem rury: podpory rurowe służą do podparcia instalacji rurowej poprzez przenoszenie obciążeń pionowych, podczas gdy utwierdzenia rur ograniczają ruchy rur, więc przejmują obciążenia poziome. Podpory i utwierdzenia połączone efektywnie są systemami nośnymi rur.

#### Podpory rur

Zadaniem wsporników jest bezpieczne przejście wszystkich obciążeń rurociągu i przeniesienie ich na budynek lub podbudowę. Ze względu na ograniczoną i zależną od temperatury wytrzymałość i stabilność wymiarową rurociągów z tworzyw termoplastycznych, wymagania są tutaj inne niż w przypadku rurociągów metalowych.

Podczas układania rurociągu pierwszym krokiem jest montaż systemu podpór, który będzie utrzymywał odcinki rurociągu.

Procedura ta pozwala uniknąć stosowania zbędnych konstrukcji pomocniczych i nieodpowiedniego mocowania tymczasowego, a ponadto jest to bezpieczna metoda montażu, która w znacznym stopniu wyklucza niedopuszczalne obciążenia rurociągu podczas instalacji.

Procedura odwrotna, taka jak dostosowanie podpór do rur już zainstalowanych i tymczasowo zamocowanych, jest dozwolona tylko w wyjątkowych przypadkach, ponieważ późniejszy montaż planowanych podpór może wiązać się z ograniczeniami, które zmniejszają bezpieczeństwo eksploatacji rurociągu. W przypadku większych rurociągów ryzyko awarii i jej konsekwencji wzrasta, jeśli podpory tymczasowe nie zostaną poddane ocenie wytrzymałości. Taka procedura jest zatem niedozwolona.

Zasadniczo podpora rury musi być klasyfikowana zgodnie z jej funkcją.

#### Wspornik zwykły (GL)

Wspornik zwykły w rurociągu ułożonym poziomo może przejmować tylko siły (obciążenia) skierowane pionowo. Przede wszystkim powinien on zapewniać jak najmniejsze opory przy związanych z eksploatacją zmianach długości rurociągu. Swoboda ruchu musi być zapewniona zarówno w kierunku wzdłużnym rury, jak i poprzecznym do osi rury.

#### Wspornik prowadzący (FL)

Wspornik prowadzący musi zapobiegać przesuwaniu się rurociągu na boki. Dlatego jest w stanie pochłaniać siły poprzeczne i jest wymagany, na przykład, w osiowo mocowanych odcinkach rur, aby zapobiec wyboczeniu. W zależności od funkcji, podparcie prowadzące może być stałe lub ruchome w kierunku osi rury. Ruch suwliwy rury w obęjmie, jako rozwiązanie zastępcze dla podparcia prowadzącego z łożyskiem ślizgowym, jest rozwiązaniem niebezpiecznym i dlatego wyklucza się je.

#### Podparcie stałe (FP)

Podparcia stałe mają za zadanie zapobiegać przemieszczaniu się poszczególnych odcinków rur w dowolnym kierunku. Służą one również do pochłaniania sił reakcji w przypadku stosowania kompensatorów lub tulei suwliwych i wtykowych. Podparcia stałe muszą być montowane w taki sposób, aby zmiany długości w instalacji rur mogły być znoszone przez elementy kompensacyjne, pod względem wielkości i kierunku.

#### Poziome ciągi rur (HL)

Miejsca podparcia poziomych ciągów rurowych zależą od istniejących już konstrukcji, które są dostępne jako podbudowa podparcia rurociągu, oraz od lokalizacji obciążeń skupionych, takich jak zawory i ciężkie wyposażenie rurociągu. Minimalizacja naprężeń zginających i ścinających spowodowanych obciążeniami statycznymi jest głównym celem przy projektowaniu miejsc podparcia. Rozstaw podpór jest zatem oparty na dopuszczalnym całkowitym naprężeniu rury oraz na ustalonej z góry wielkości dopuszczalnego ugięcia między podporami.

Aby wyznaczyć długość między podporami (ich rozstaw), należy zapoznać się z tabelami zamieszczonymi w następnym rozdziale.

Długość ta zależy od materiałów rur, wymiarów i temperatur.

### Pionowe ciągi rur (VL)

Piony lub pionowe ciągi rur mogą być podparte z zachowaniem tego samego rozstawu prowadnic, który jest stosowany dla rur poziomych. Sugeruje się jednak zmniejszenie rozstawu między sąsiednimi prowadnicami, aby zapobiec niestabilności kolumny rury.

### Miejsca podparcia

W przypadku rurociągu z tworzyw termoplastycznych lokalizacja podpór nie może być wyznaczona na podstawie z góry ustalonych zasad, ponieważ za każdym razem inne czynniki techniczne sprawiają, że jedno rozwiązanie będzie bardziej odpowiednie od innego.

Wymiary i materiały rur, konfiguracje rurociągów, lokalizacja zaworów i kształtek, dostępność mocowań do budynków lub innych konstrukcji, rozszerzalność cieplna i źródła generujące drgania, przeciążenia wywołane trzęsieniami ziemi i czynnikami atmosferycznymi mogą okazać się istotnymi czynnikami, które inżynier musi wziąć pod uwagę, aby wyznaczyć prawidłowe położenie każdej podpory.

Celem niniejszego ustępu jest zatem przedstawić ogólne kryteria i sugestie, które mogą pomóc inżynierowi projektu w przygotowaniu opracowań.

W następnym ustępie podano konkretne informacje dotyczące rozstawu podpór uchwytów rurowych dla różnych materiałów zgodnie z normą DVS 2210.

### Podpory z uchwytami do rur

Montaż systemów rur termoplastycznych wymaga zastosowania uchwytów z podporami, aby zapobiec zginaniu i wynikającym z tego naprężeniom mechanicznym. Przy układaniu rurociągów należy uwzględnić zarówno szerokość podpór rurowych, jak i odległości montażowe. Oba terminy opisują mocowanie rurociągów z tą różnicą, że z jednej strony zachowuje jest dopuszczalne ugięcie rurociągu, a z drugiej strony wyboczenie rurociągu.

Przy wyznaczaniu przęsła podparcia na podstawie dopuszczalnego ugięcia, rurociąg traktowany jest jako tzw. belka cięgła, w której elastyczne są tylko odcinki końcowe (przed i za łukiem rurowym).

Przy wyznaczaniu przęsła na podstawie dopuszczalnego wyboczenia (przęsła rur dla instalacji z rurami w uchwytach) należy sprawdzić rurociąg z tworzywa sztucznego pod kątem możliwego wyboczenia bocznego. Mniejsza z dwóch wyznaczonych wartości rozpiętości określa minimalną szerokość podparcia rury, która ma być zachowana.

Odległość pomiędzy uchwytami zależy od materiału rury, SDR, temperatury powierzchni i gęstości przewodzonego czynnika.

Przed montażem uchwytów należy sprawdzić odległości podane w poniższych tabelach, które są zgodne z wytycznymi

COBRA	MONOKLIP	FIP-GOEMA	ASTORE
			

### 3.2.3.2 Tabele i wykresy

Chcąc uniknąć obliczania projektu, można skorzystać z poniższych tabel i wykresów, które przedstawiają typowe rozpiętości rur z tworzyw termoplastycznych na podstawie DVS 2210-1. Są one wyznaczone z danych doświadczalnych.

#### Rozstaw podpór dla rur UPVC

Wielkość rury D <sub>e</sub> (mm)	Średnica nominalna DN	Rozpiętość podpór (LA), mm, w temperaturze pokojowej (TR)				
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
16	10	950	900	850	750	600
20	15	1100	1050	1000	900	700
25	20	1200	1150	1050	950	750
32	25	1350	1300	1250	1100	900
40	32	1450	1400	1350	1250	1000
50	40	1600	1550	1500	1400	1150
63	50	1800	1750	1700	1550	1300
75	65	2000	1900	1850	1700	1450
90	80	2200	2100	2000	1850	1550
110	100	2400	2250	2250	2050	1750
125	100	2550	2400	2400	2200	1850
140	125	2700	2600	2500	2300	1950
160	150	2900	2800	2700	2500	2100
180	150	3100	2950	2850	2650	2200
200	200	3250	3150	3000	2800	2350
225	200	3450	3300	3200	2950	2500
250	250	3650	3500	3350	3100	2600
280	250	3750	3700	3550	3300	2750
315	300	4100	3900	3750	3500	2950
355	350	4300	4200	4000	3700	3100
400	400	4600	4450	4250	3950	3300

  Zaznaczony obszar: SDR 13,6 / S 6,3 / PN 16.

  Inny obszar: SDR 21 / S 10 / PN 10.

Dla różnych wartości SDR należy pomnożyć dane z tabeli przez następujące współczynniki:

- 1,08 dla SDR 13,6 / S6,3 / PN16 – zakres wymiarów D<sub>e</sub> 25 – 400,
- 1,15 dla SDR 11 / S5 / PN20 – cały zakres wymiarów.

Należy pamiętać, że w zależności od przewodzonej substancji, przęsło podpór należy pomnożyć przez współczynnik podany w tabeli.

Materiał	PN	Przewodzona substancja		
		Woda	Inna	
		Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )		
		1	1,25	1,50
UPVC	10	1	0,96	0,92
	16			
	20			

## Rozstaw podpór dla rur CPVC

Wielkość rury D <sub>e</sub> (mm)	Średnica nominalna DN	Rozpiętość podpór (LA), mm, w temperaturze pokojowej (TR)							
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
16	10	1000	950	900	850	750	675	600	500
20	15	1150	1100	1025	950	875	775	700	600
25	20	1200	1150	1100	1000	900	800	700	600
32	25	1350	1250	1200	1100	1000	900	800	700
40	32	1500	1400	1300	1250	1150	1050	900	800
50	40	1650	1600	1500	1400	1300	1200	1100	900
63	50	1850	1750	1650	1600	1500	1350	1250	1050
75	65	2050	1950	1850	1750	1650	1500	1350	1200
90	80	2250	2100	2000	1900	1800	1650	1500	1300
110	100	2500	2350	2200	2100	1950	1800	1650	1450
125	100	2650	2500	2350	2250	2100	1950	1750	1550
140	125	2800	2650	2500	2350	2200	2050	1850	1650
160	150	3000	2850	2700	2550	2400	2200	2000	1750
180	150	3150	3000	2850	2700	2500	2300	2100	1850
200	200	3350	3150	3000	2850	2650	2450	2200	1950
225	200	3550	3350	3200	3000	2800	2600	2350	2100
250	250	3750	3550	3350	3150	3000	2750	2500	2200
280	250	3950	3750	3550	3350	3150	2900	2650	2350
315	300	4200	4000	3750	3550	3350	3050	2800	2450
355	350	4450	4250	4000	3800	3550	3250	2950	2650
400	400	4750	4500	4250	4000	3750	3450	3150	2800

Zaznaczony obszar: SDR 13,6 / S 6,3 / PN 16.

Inny obszar: SDR 21 / S 10 / PN 10.

Dla różnych wartości SDR należy pomnożyć dane z tabeli przez następujące współczynniki:

- 1,08 dla SDR 13,6 / S6,3 / PN16 – zakres wymiarów D<sub>e</sub> 40 - 400,
- 1,12 dla SDR 11 / S 5 / PN20 – cały zakres wielkości

Należy pamiętać, że w zależności od przewodzonej substancji, przęsło podpór należy pomnożyć przez współczynnik podany w tabeli.

Materiał	PN	Przewodzona substancja		
		Woda	Inna	
			Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )	
		1	1,25	1,50
CPVC	10	1	0,96	0,92
	16			
	20			

### Rozstaw podpór dla rur ABS

W uzupełnieniu do przepisów DVS dla polichlorku winylu i poliolefin, nasz ekspert zaleca te wartości dla rur ABS.

Wielkość rury D <sub>e</sub> (mm)	Średnica nominalna DN	Rozpiętość podpór (LA), mm, w temperaturze pokojowej (TR)		
		20°C	50°C	60°C
16	10	800	500	400
20	15	900	600	500
25	20	1000	700	600
32	25	1100	800	700
40	32	1200	900	700
50	40	1300	1000	700
63	50	1400	1100	800
75	65	1500	1200	800
90	80	1600	1200	900
110	100	1800	1300	1000
125	100	1900	1400	1000
140	125	2000	1500	1100
160	150	2100	1600	1200
200	150	2200	1700	1300
225	200	2300	1800	1500
250	250	2500	2000	1700

Wartości w tabeli oparte są na rurze klasy C każdej wielkości. Dla wielkości 32 mm, 40 mm, 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90 mm i 110 mm, odległość podparcia może być zwiększona o 10% w klasie rur E.

Ponadto należy pamiętać, że jeżeli przewodzona substancja ma ciężar właściwy większy niż 1, odległość należy zmniejszyć, dzieląc zalecane odległości (rozstaw) międzyosiowy przez ciężar właściwy.

## Rozstaw podpór dla rur PP

Wielkość rury D <sub>e</sub> (mm)	Średnica nominalna DN	Rozpiętość podpór (LA), mm, w temperaturze pokojowej (TR)						
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
16	10	650	625	600	775	550	525	500
20	15	700	675	650	625	600	575	550
25	20	800	775	750	725	700	675	650
32	25	950	925	900	875	850	800	750
40	32	1100	1075	1050	1000	950	925	875
50	40	1250	1225	1200	1150	1100	1050	1000
63	50	1450	1425	1400	1350	1300	1250	1200
75	65	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250
90	80	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350
110	100	1850	1800	1750	1700	1600	1500	1400
125	100	2000	1950	1900	1800	1700	1600	1500
140	125	2100	2050	2000	1900	1800	1700	1600
160	150	2250	2200	2100	2000	1900	1800	1700
180	150	2350	2300	2200	2100	2000	1900	1800
200	200	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1900
225	200	2650	2550	2450	2350	2250	2150	2000
250	250	2800	2700	2600	2500	2400	2300	2150
280	250	2950	2850	2750	2650	2550	2450	2300
315	300	3150	3050	2950	2850	2700	2600	2450
355	350	3350	3250	3150	3000	2850	2750	2600
400	400	3550	3450	3350	3200	3050	2900	2750

Wartości podane w tabeli odpowiadają SDR 11/S 5/PN 10.

Odległość ta może być zwiększona o 30% w przypadku pionowego prowadzenia rury.

Dla różnych wartości SDR należy pomnożyć dane z tabeli przez następujące współczynniki:

- 0,91 dla SDR 17,6 / S 8,3 / PN 6.

Należy pamiętać, że w zależności od przewodzonej substancji, przęsto podpór należy pomnożyć przez współczynnik podany w tabeli.

Materiał	PN	Przewodzona substancja		
		Woda	Inna	
		Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )		
		1	1,25	1,50
PP	6	1	0,96	0,92
	10			

## Rozstaw podpór dla rur PE-HD

Wielkość rury D <sub>e</sub> (mm)	Średnica nominalna DN	Rozpiętość podpór (LA), mm, w temperaturze pokojowej (TR)				
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
16	10	500	450	450	400	350
20	15	575	550	500	450	400
25	20	650	600	550	550	500
32	25	750	750	650	650	550
40	32	900	850	750	750	650
50	40	1050	1000	900	850	750
63	50	1200	1150	1050	1000	900
75	65	1350	1300	1200	1100	1000
90	80	1500	1450	1350	1250	1150
110	100	1650	1600	1500	1450	1300
125	100	1750	1700	1600	1550	1400
140	125	1900	1850	1750	1650	1500
160	150	2050	1950	1850	1750	1600
180	150	2150	2050	1950	1850	1750
200	200	2300	2200	2100	2000	1900
225	200	2450	2350	2250	2150	2050
250	250	2600	2500	2400	2300	2100
280	250	2750	2650	2550	2400	2200
315	300	2900	2800	2700	2550	2350
355	350	3100	3000	2900	2750	2550
400	400	3300	3150	3050	2900	2700

Wartości podane w tabeli odpowiadają SDR 17 / S8 / PN10.

W przypadku rur prowadzonych pionowo odległości podpór można pomnożyć przez 1,3.

Dla różnych wartości SDR należy pomnożyć dane z tabeli przez następujące współczynniki:

- 0,91 dla SDR 26 / S 12,5 / PN 6,
- 1,07 dla SDR 11 / S 5 / PN 16.

Należy pamiętać, że w zależności od przewodzonej substancji, przęsto podpór należy pomnożyć przez współczynnik podany w tabeli.

Materiał	PN	Przewodzona substancja		
		Woda	Inna	
		Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )		
		1	1,25	1,50
PE-HD	6	1	0,96	0,92
	10			
	16			

## Rozstaw podpór dla rur PVDF

Wielkość rury D <sub>e</sub> (mm)	Średnica nominalna DN	Rozpiętość podpór (LA), mm, w temperaturze pokojowej (TR)								
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	100°C	120°C
16	10	725	700	650	600	575	550	500	450	400
20	15	850	800	750	750	700	650	600	500	450
25	20	950	900	850	800	750	700	675	600	500
32	25	1100	1050	1000	950	900	850	800	700	600
40	32	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	750	650
50	40	1400	1350	1300	1200	1150	1100	1000	900	750
63	50	1400	1350	1300	1250	1200	1150	1100	950	800
75	65	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200	1050	850
90	80	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1100	950
110	100	1800	1750	1700	1650	1550	1500	1450	1250	1100
125	100	1900	1850	1800	1700	1650	1600	1500	1350	1200
140	125	2000	1950	1900	1800	1750	1700	1600	1450	1250
160	150	2150	2100	2050	1950	1850	1800	1700	1550	1350
180	150	2300	2200	2150	2050	1950	1900	1800	1600	1400
200	200	2400	2350	2250	2150	2100	2000	1900	1700	1500
225	200	2550	2500	2400	2300	2200	2100	2000	1800	1600
250	250	2650	2600	2500	2400	2300	2200	2100	1900	1700
280	250	2850	2750	2650	2550	2450	2350	2250	2000	1800
315	300	3000	2950	2850	2750	2600	2500	2400	2150	1900
355	350	3200	3100	3000	2850	2750	2650	2500	2250	2000
400	400	3400	3300	3200	3050	2950	2800	2650	2400	2100

  Zaznaczony obszar: SDR 21 / S 10 / PN 16

  Inny obszar: SDR 33 / S 16 / PN 10

Dla różnych wartości SDR należy pomnożyć dane z tabeli przez następujące współczynniki:

- 1,08 dla SDR21 / S10 / PN16 – zakres rozmiarów D<sub>e</sub> 63 – 400,
- 1,12 dla SDR17 / S8 / PN20 – cały zakres rozmiarów.

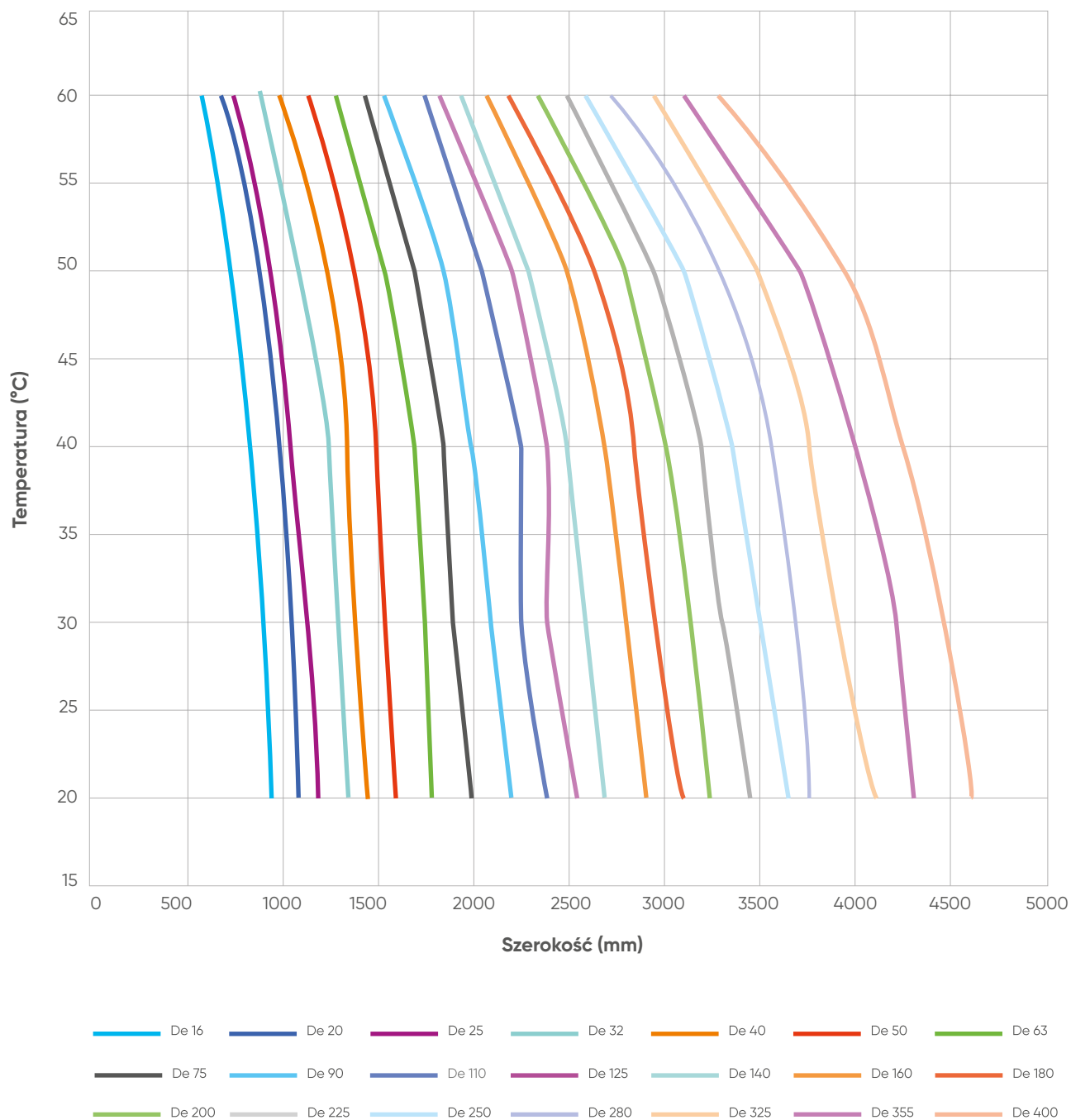
Należy pamiętać, że w zależności od przewodzonej substancji, przęsło podpór należy pomnożyć przez współczynnik podany w tabeli.

Materiał	PN	Przewodzona substancja		
		Woda	Inna	
		Gęstość (g/cm <sup>3</sup> )		
		1	1,25	1,50
PVDF	10	1	0,96	0,92
	16			
	20			

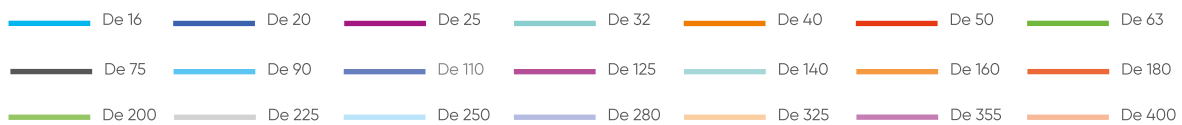
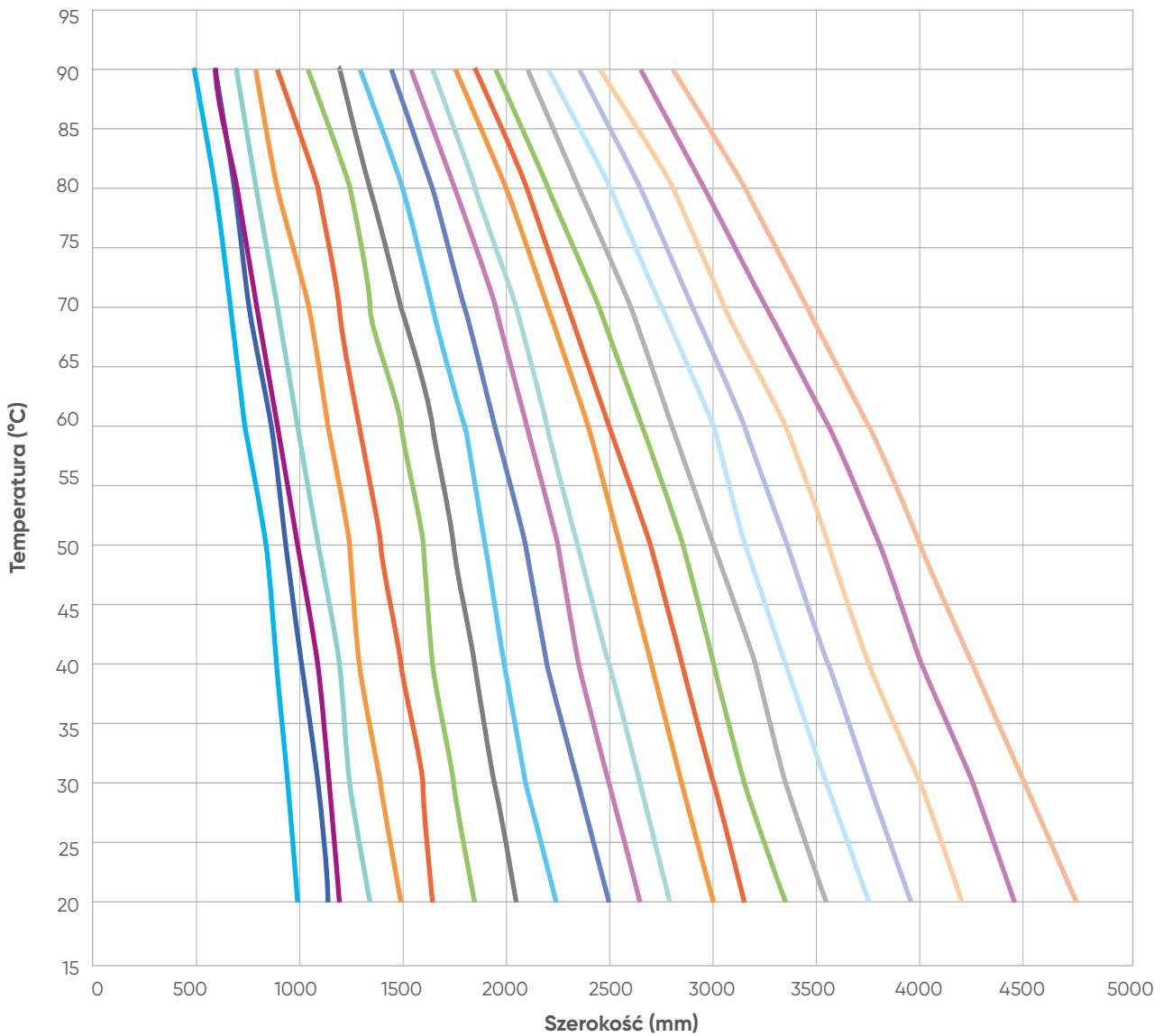


Poniższe wykresy opracowano na podstawie tabel rozstawu podpór rurowych zgodnie z DVS 2210-1.

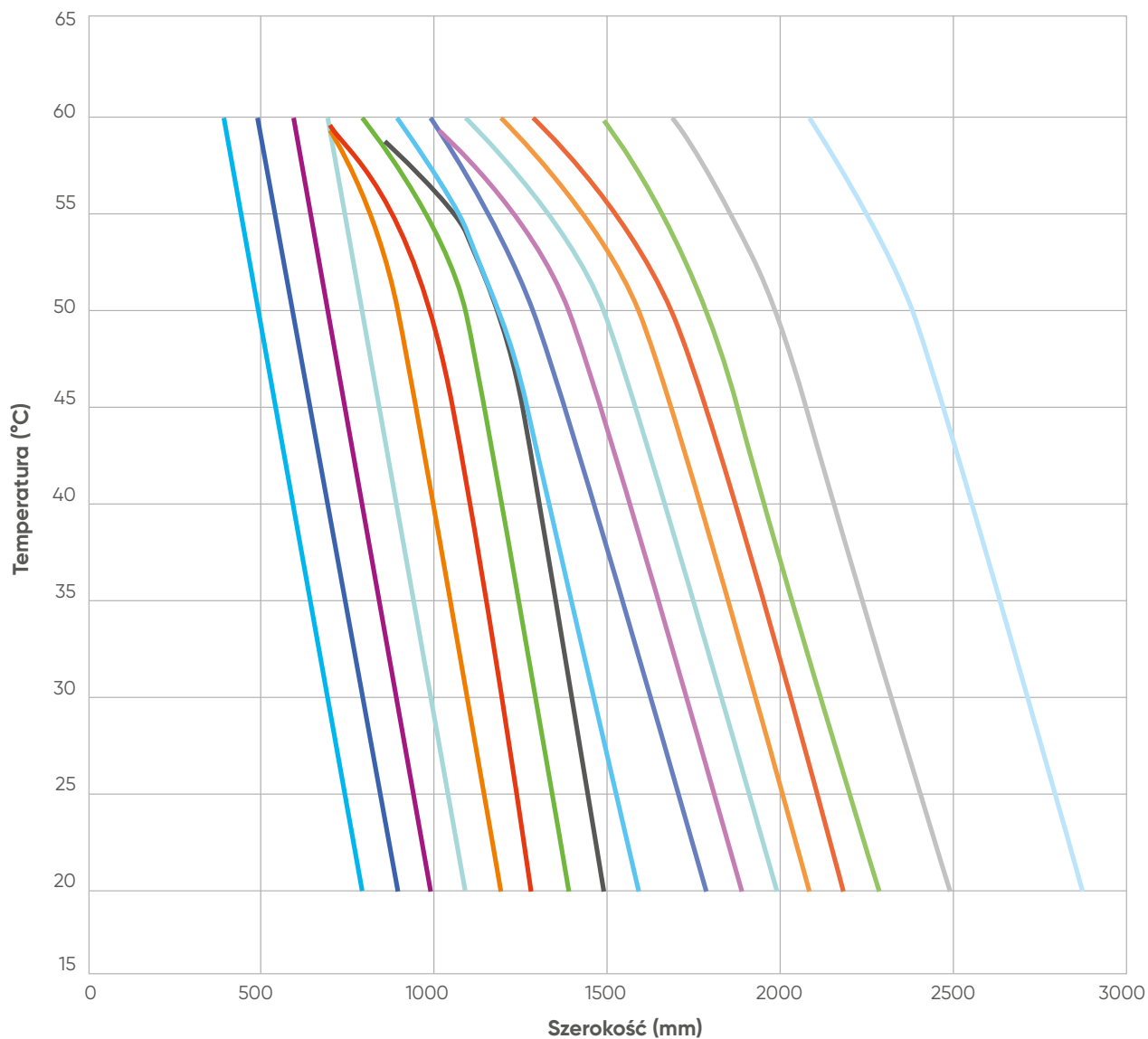
### Wykres rozstawu podpór rur UPVC



## Wykres rozstawu podpór rur CPVC

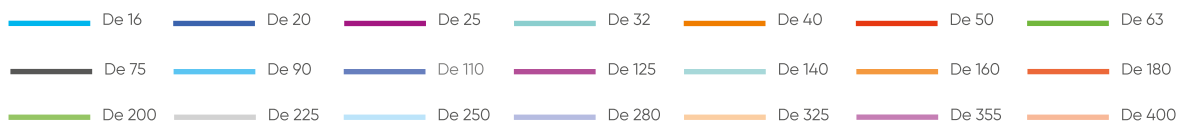
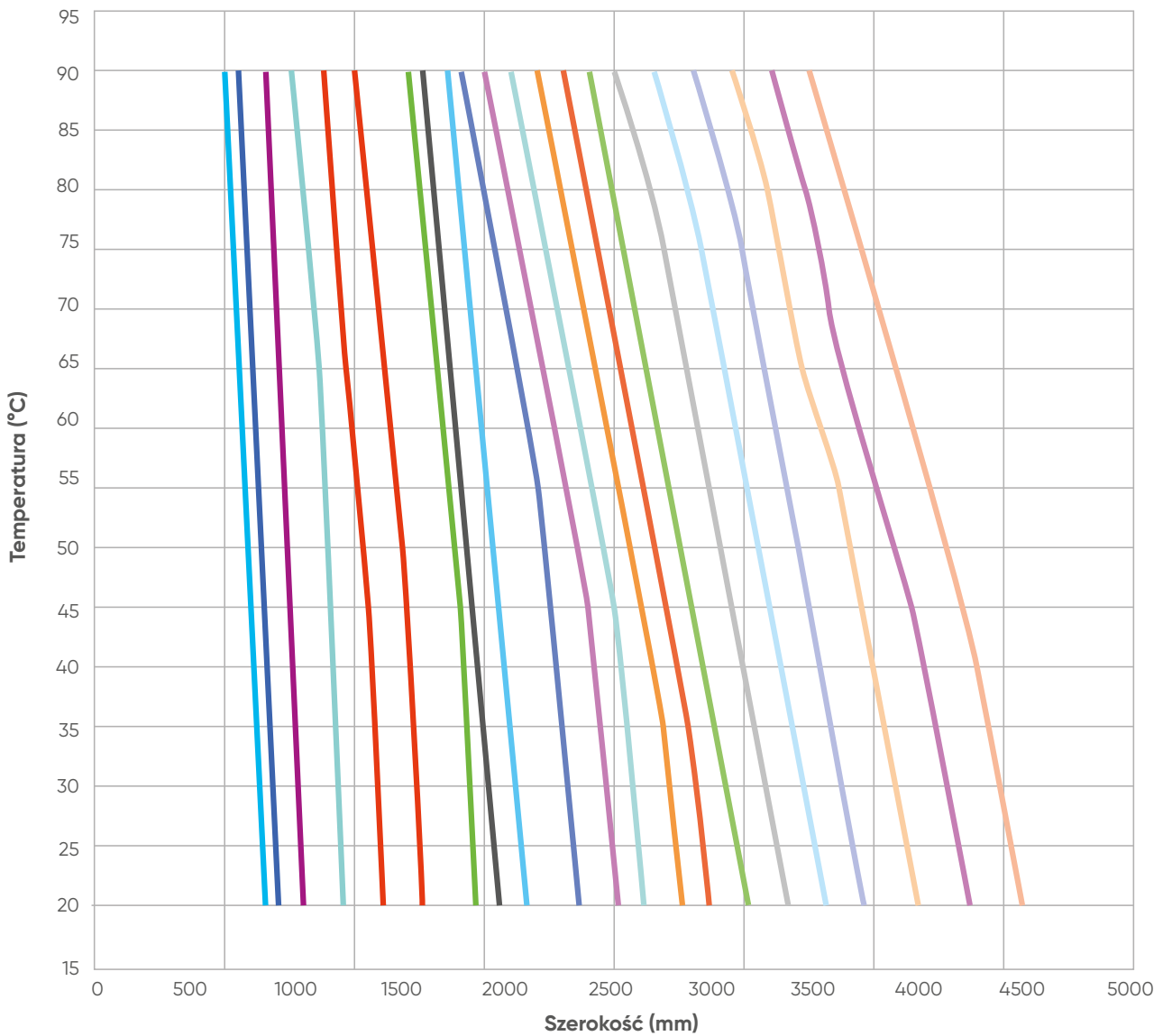


Wykres rozstawu podpór rur ABS

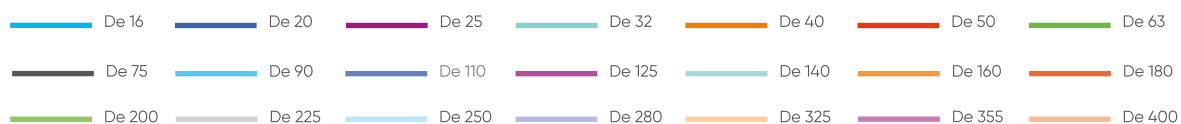
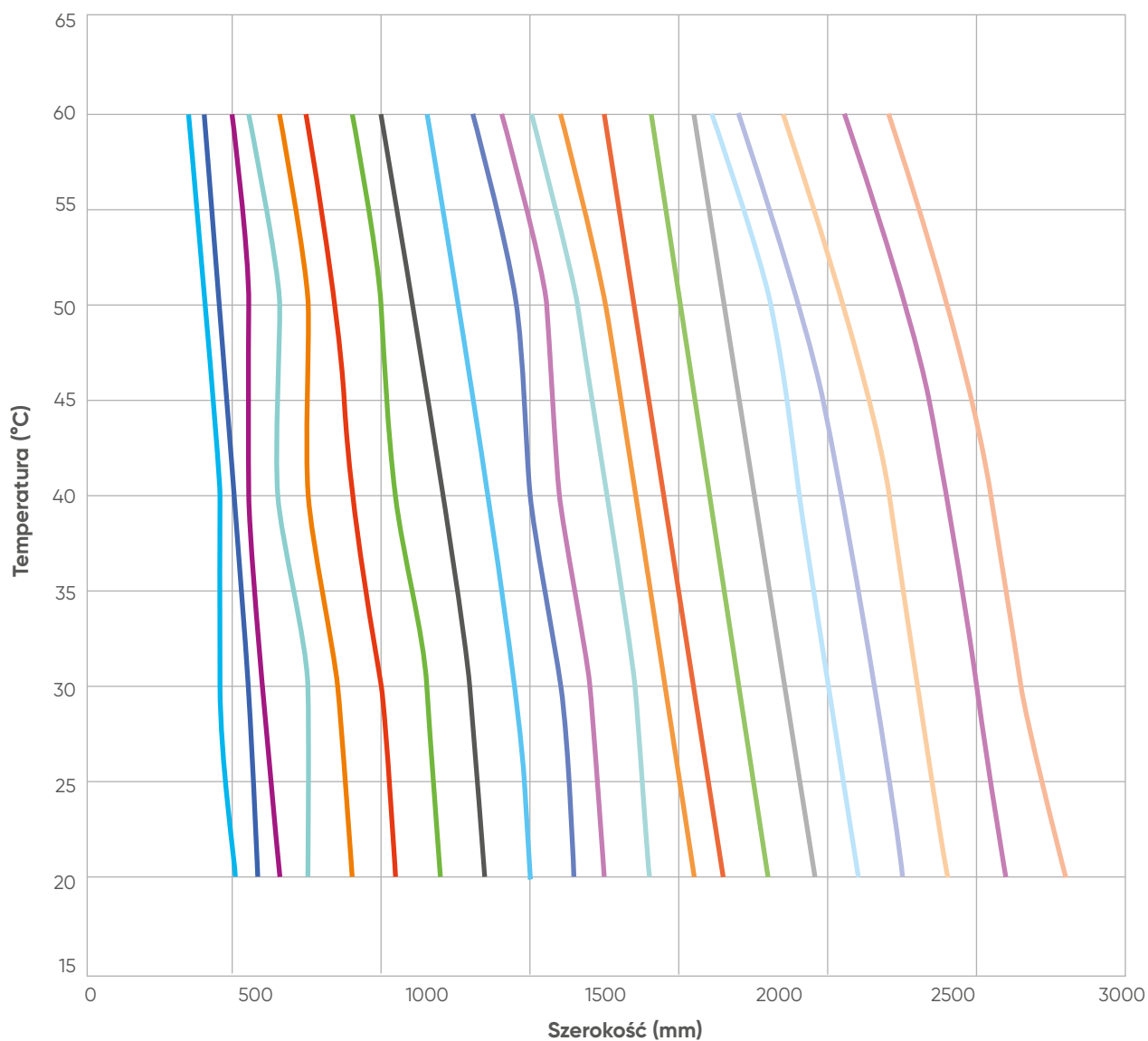


- |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |
|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|
|  | De 16  |  | De 20  |  | De 25  |  | De 32  |  | De 40  |  | De 50  |  | De 63  |
|  | De 75  |  | De 90  |  | De 110 |  | De 125 |  | De 140 |  | De 160 |  | De 200 |
|  | De 225 |  | De 250 |  | De 315 |  |        |  |        |  |        |  |        |

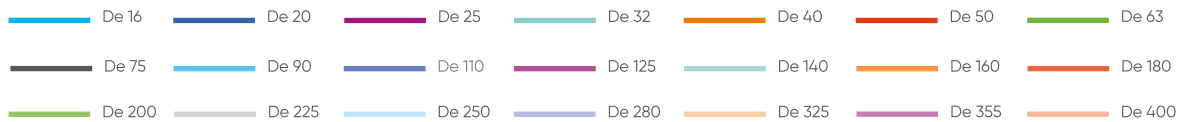
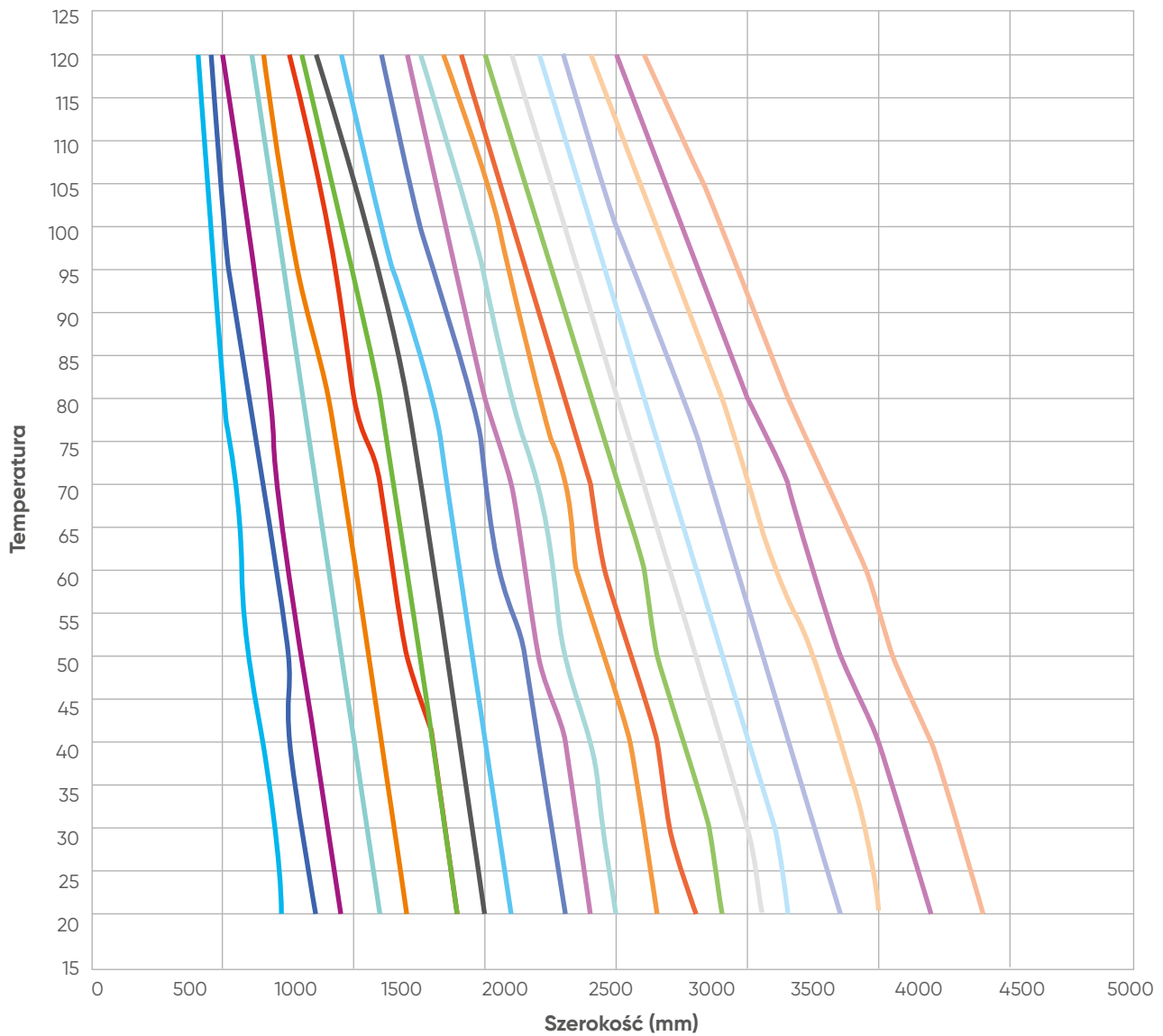
## Wykres rozstawu podpór rur PP



## Wykres rozstawu podpór rur PE



## Wykres rozstawu podpór rur PVDF



Jeżeli rurociągi są ułożone w taki sposób, że nie jest możliwe osiowe rozszerzenie się wszystkich lub pojedynczych odcinków rur (stałe mocowanie rurociągu), należy sprawdzić obliczoną odległość mocowania pod kątem bezpieczeństwa wybożenia. Jeśli obliczona odległość prowadnic jest mniejsza niż obliczona odległość podparcia, rurociąg musi być podparty zgodnie z mniejszą wartością.

Jeżeli osiowo mocowane rurociągi są eksploatowane w podwyższonych temperaturach lub należy spodziewać się spadku wartości modułu pełzania na skutek działania substancji chemicznych, wzrasta niebezpieczeństwo wybożenia. W takich przypadkach ustalona odległość prowadnic musi być zredukowana o 20%. Wartości podane w poniższej tabeli należy przyjąć dla podwyższonych temperatur pracy.

Material	Temperatura (°C)
PE-HD	>45
PP	>60
UPVC	>40
CPVC	>80
PVDF	>100
ABS	>40

### Podparcie zaworów

W wielu zastosowaniach wszystkie zawory, zarówno ręczne, jak i napędzane, muszą być odpowiednio podparte. Wszystkie nasze serie zaworów VKD, VKR, TKD itd. są wyposażone w zintegrowany wspornik, który umożliwia bezpośrednie zamocowanie korpusu zaworu bez konieczności stosowania innych elementów.

Specjalny zintegrowany wspornik na naszym zaworze VKD zilustrowano na poniższym zdjęciu.

Do montażu ściennego można zastosować dedykowane płyty montażowe PMKD, które są dostępne jako akcesoria. Płyty te powinny być przymocowane do zaworu przed montażem na ścianie. Płyty PMKD umożliwiają również osiowanie zaworów VKD za pomocą uchwytów rurowych FIP GOEMA, jak również pozwalają na osiowanie zaworów o różnych rozmiarach.



### 3.2.4 Instalacje podziemne (kanały rurowe)

Wszystkie instalacje rurociągów podziemnych poddawane są obciążeniom wewnętrznym i zewnętrznym. Obciążenie wewnętrzne jest związane z wymaganiami przetaczanego czynnika i właściwościami materiałowymi rury. W przypadku obciążeń zewnętrznych, rury termoplastyczne są uważane za elastyczne (zdolne do zginania się bez pęknięcia) i do przenoszenia obciążeń zewnętrznych służy ścianka rury oraz otaczający je ośrodek gruntowy. Innymi słowy, grunt i rura stanowią integralną konstrukcję. W zależności od charakterystyki obciążenia, rura będzie albo ugięta albo ściśnięta. Obciążenia zewnętrzne, które należy wyznaczyć, to obciążenia statyczne i dynamiczne.

#### Wymagania dotyczące projektowania instalacji podziemnych

Układanie rurociągów podziemnych z materiałów termoplastycznych, w szczególności o temperaturze pracy powyżej 40°C, wymaga zastosowania metody projektowania podziemnej dostosowanej do materiału i obciążenia.

Istotnym czynnikiem bezpieczeństwa eksploatacji rurociągów z tworzyw sztucznych jest pełna zgodność wykonywanych robót budowlanych z założeniami obliczonymi w trakcie analiz matematycznych, które dotyczą w szczególności strefy zakopania. Przestrzeganie określonego stopnia zagęszczenia w strefie zakopania jest istotnym warunkiem utworzenia ustroju podparcia podstawy rur przy zastosowaniu rur giętkich, co dotyczy również tworzyw termoplastycznych.

Poniższe zasady układania rur podziemnych należy traktować jako uzupełnienie ogólnych przepisów.

#### Wykopy pod rurociągi

Wykopy pod rurociągi należy wykonać zgodnie z normami DIN EN 1610 i DIN 4124 „Wykopy i rowy”. Minimalne szerokości wykopu, zależne od szerokości nominalnej rury i głębokości wykopu, są wartościami orientacyjnymi, które muszą być dostosowane do metod instalacji i montażu rur. Szerokość wykopu musi być wystarczająca, aby umożliwić prawidłowe i bezpieczne wykonanie prac wymaganych do bezpiecznej eksploatacji rurociągu.

### Głębokość wykopu

Rury termoplastyczne będą miały tendencję do uginania, nie zaś pęknięcia pod wpływem obciążenia. Wielkość ugięcia można wyznaczyć na podstawie głębokości zakopania, sztywności rury oraz wielkości obciążenia (np. gruntem, ruchem kołowym) rury. Mimo że maksymalne dopuszczalne ugięcie wynosi 7,5% przy współczynniku bezpieczeństwa 4:1, wyboczenie krytyczne występuje przy 30%. Dla danej sytuacji można obliczyć rzeczywiste ugięcie i głębokość zakopania.

Aby uzyskać więcej szczegółów dotyczących głębokości zakopania i szacowania ugięcia w różnych warunkach, należy skontaktować się z naszym działem wsparcia technicznego Aliaxis.

### Szerokość rowu

Budowa i zabezpieczenie wykopu, prace w wykopie i jego zasypywanie muszą być wykonane z uwzględnieniem norm EN 805, DIN 4124 i DIN EN 1610 w przypadku wykopów pod kanalizację. Ponadto należy uwzględnić zasady bezpieczeństwa przemysłowego oraz wszelkie dodatkowe specyfikacje projektanta. Szerokość wykopu musi być zgodna z danymi podanymi w obliczeniach statycznych dla rur.

### Dno rowu

Aby prawidłowo podeprzeć rurę, dno wykopu powinno być ciągłe, stosunkowo gładkie i wolne od kamieni. W miejscach, gdzie napotyka się twarde strop lub głazy, dno wykopu powinno być wyścielone co najmniej 100 mm warstwą kruszywa kamiennego lub piasku pod rurą. Do podpierania lub układania rury nie wolno używać gruntów i materiałów zamrażających.

Tam, gdzie podłoże gruntowe jest niestabilne (np. materiał organiczny), dno wykopu powinno być pogłębione i następnie zniwelowane za pomocą odpowiedniego wypełnienia.

### Podsypka pod rury

Dolna warstwa podsypki (podpora rury w wykopie) musi zostać wyrównana, zagęszczona i wypoziomowana pod zasyp, a w razie potrzeby wykonana z określonym spadkiem. Grubość warstwy musi być taka, aby nierówności na dnie wykopu w żadnym wypadku nie mogły dotykać dna rurociągu w stanie po montażu. Jeśli nie zostanie wykonane zagęszczanie podsypki rury, stopień zagęszczenia znajdującego się nad nią wypełnienia może mieć niekorzystny wpływ.

### Układanie rury

Rury i kształtki należy umieszczać w wykopie za pomocą lin i płóz, zawiesi na łyżce koparki lub ręcznie. Nie wolno wrzucać ani upuszczać rur lub kształtek do wykopu, gdyż może to spowodować ich uszkodzenie. Szczególną ostrożność należy zachować przy przenoszeniu rur w niskich temperaturach, ponieważ materiał będzie mniej odporny na uderzenia. Przed montażem należy upewnić się, że wszystkie materiały są w dobrym stanie.

### Problematyka naporu

W przypadku zakopanych rur ciśnieniowych siły naporu mogą wystąpić w każdym punkcie systemu rurociągów, w którym zmienia się kierunek lub przekrój poprzeczny drogi wodnej. Siły te należy zredukować za pomocą betonowych bloków oporowych lub obudowy betonowej. Można to osiągnąć poprzez wylanie betonu do odpowiednio zwymiarowanych form w każdym punkcie rurociągu, w którym wystąpią siły naporu. Blok betonowy należy umieścić pomiędzy kształtką i niewzruszonym gruntem rodzimym z boku wykopu.

Głębokość	Minimalna szerokość wykopu (m)
< 1,00	nie określono minimalnej szerokości wykopu
≥ 1,00 do ≤ 1,75	0,80
> 1,75 do ≤ 4,00	0,90
> 4,00	1,00

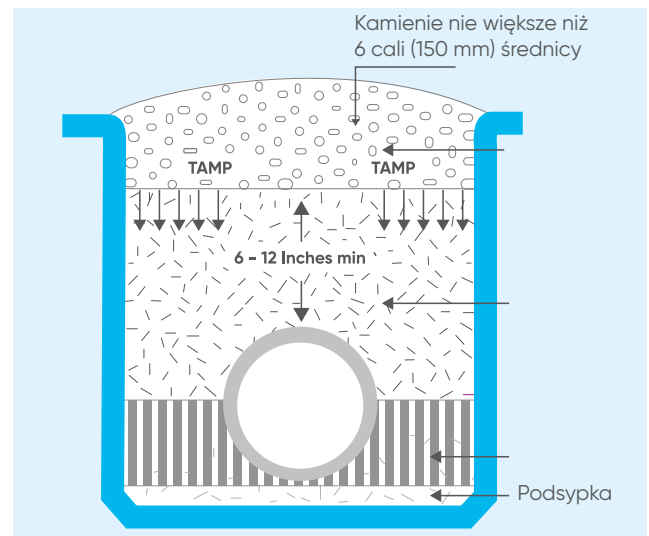


### Zасыpywanie wstępne

Zасыpywanie wstępne polega na przykryciu rury na głębokość od 150 mm do 300 mm odpowiednim materiałem zasyпки, wolnym od kamieni, ostrych przedmiotów, gruzu lub ziaren większych niż 75 mm. Warstwy układa się każda o grubości 150 mm, upewniając się, że dla każdej z nich osiągnięto właściwy poziom zagęszczenia, i zасыpuje wykop aż do uzyskania przykrycia o wysokości od 150 mm do 300 mm nad wierzchem rury. Trzeba upewnić się, że wszystkie połączenia są widoczne dla kontroli wzrokowej. Pozostawić rurociąg aby osiadł i doszło do normalizacji wymiarów, a następnie sprawdzić szczelność wszystkich połączeń. Jeśli rurociąg ma zadowalający stan, należy ubijać początkową warstwę zasyпки.

Uwaga 1: Podczas ubijania należy upewnić się, że nie zostało naruszone ułożenie rury, zarówno w pionie, jak i w poziomie.

Uwaga 2: Podczas upałów zaleca się zасыpywanie w chłodniejszych godzinach porannych, gdy rurociąg jest w pełni skurczony, aby uniknąć niewłaściwego zagęszczenia spowodowanego rozszerzaniem się rur.



### Próby instalacji

Po zmontowaniu instalacji i wstępnym zасыpaniu należy sprawdzić jej szczelność. Należy pamiętać, że rura musi być odpowiednio zасыpana, aby zapobiec jej przemieszczaniu się podczas próby.

Przeprowadzić próbę ciśnieniową zgodnie z procedurą opisaną w rozdziale „Badanie rurociągów”. Jeśli próba wypadnie pomyślnie, można zасыpać instalację. Jeśli nie, należy dokonać niezbędnych napraw i ponownie przeprowadzić badanie – do skutku, aż instalacja będzie sprawna.

Ogólnym zaleceniem dotyczącym montażu rur UPVC pod ziemią jest, że rura nigdy nie powinna być zalewana betonem. Otulina betonowa przekształca elastyczną rurę w sztywną konstrukcję bez wytrzymałości na zginanie, likwidując wiele korzyści płynących z zastosowania systemów rur z tworzyw sztucznych.

### Zagęszczanie zasyпки ostatecznej

Zасыпка ostateczna to materiał, który jest nakładany na zasyпkę wstępną aż do górnej krawędzi wykopu. Zagęścić podsyпanie boków rurociągu, zasyпkę wstępną i zasyпkę ostateczną za pomocą ręcznego sprzętu zgodnie z rysunkami technologii robót. Należy przestrzegać następujących środków ostrożności:

- gdy używany jest materiał „samozagęszczalny”, np. kruszony kamień, należy upewnić się, że materiał ten nie wygina się w łuk ani nie „zawisa” pod bokiem rury. Takie puste przestrzenie należy zасыpywać końcówką szpadla,
- podczas zagęszczania materiału pod rurą i po obu jej stronach nie wolno dopuścić, by narzędzie lub maszyna uderzyły w rurę,
- gdy w obszarze zasyпу boków rury wymagane jest zagęszczenie przekraczające 85% standardowej gęstości Proctora, należy upewnić się, że siła zagęszczania nie spowoduje przemieszczenia rury od właściwego poziomu. Jeśli zagęszczanie spowoduje przemieszczenie się rury, należy ponownie ułożyć ją na właściwym poziomie,
- ze względu na wytrzymałość konstrukcyjną rury nie jest konieczne zagęszczanie zasyпки bezpośrednio nad wierzchem rury. Może to być jednak konieczne ze względu na konstrukcję np. jezdni,
- przy układaniu długich odcinków rurociągów w podwyższonych temperaturach powietrza zaleca się rozpoczęcie prac od ustalonego punktu - np. wejścia lub wyjścia z budynku i kontynuowanie ich od tego punktu, testując i zасыpując zgodnie z poprzednimi punktami. Procedura ta powinna umożliwić rurociągowi stopniowe przejmowanie temperatury gruntu w miarę postępu prac.

Posadowienie rurociągu z tworzywa sztucznego bezpośrednio na dnie wykopu jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy występuje drobnoziarnisty grunt piaszczysty i zapewnione jest równomierne podparcie na całej trasie rurociągu. Montaż rurociągów z tworzyw sztucznych o specjalnych właściwościach (np. o zmniejszonej wrażliwości na pęknięcia lub z dodatkowymi warstwami ochronnymi) określają odpowiednie przepisy producenta systemu.

Grubość standardowej warstwy podsypki musi wynosić  $\geq 10$  cm w stanie zagęszczonym. W przypadku kamienistego lub twardego dna wykopu grubość warstwy podsypki należy zwiększyć do  $\geq 15$  cm. Przed i podczas montażu rurociągu należy sprawdzić, czy warstwa podsypki jest wolna od kamieni.

### Obciążenia rurociągów podziemnych

Przy wymiarowaniu podziemnych rurociągów z tworzyw sztucznych należy odróżniać obciążenia wewnętrzne (powstające podczas eksploatacji) i zewnętrzne (pochodzące z otoczenia instalacji). Ogólna analiza musi uwzględniać mechaniczne, termiczne i chemiczne obciążenie instalacji rurowej. W razie potrzeby, w analizach matematycznych należy ocenić obciążenia występujące w stanie budowy i w stanie badanym (podczas prób).

Im dokładniejsze są założone obciążenia, tym bezpieczniejsze i bardziej opłacalne jest wymiarowanie rurociągu. Dotyczy to w szczególności elementów rur z tworzywa sztucznego. Nieprecyzyjne lub niejasne dane powodują, że do obliczeń wykorzystywane są niekorzystne kombinacje obciążeń, co może prowadzić do przewymiarowania. Inną możliwością jest to, że jeśli wielkość obciążenia nie jest dokładnie odwzorowana, wówczas stabilność rurociągu z tworzywa sztucznego może być zagrożona.

Składowe obciążenia w podziemnym rurociągu z tworzyw sztucznych mogą występować zarówno pojedynczo, jak i łącznie, a ich skutki mogą być krótkotrwałe lub długotrwałe. Zazwyczaj jest to połączenie obciążeń, gdzie obciążenie jest stałe i to, wraz z powtarzającymi się dodatkowymi obciążeniami, musi być rozpatrywane powierzchniowo.

Poniższa tabela według DVS 2210-3 pokazuje, jakie obciążenia należy uwzględnić podczas planowania i wymiarowania podziemnych rurociągów z tworzywa sztucznego.

### Zestawienie obciążeń ze zmiennymi i oddziaływaniami

Rodzaj obciążenia	Zmienne i oddziaływania
Obciążenia od gruntu i ruchu drogowego	W zależności od głębokości montażu od wierzchołka rury
Ciężary własne i ciężary czynnika w rurach	Mniejszy wpływ niż w przypadku instalacji rurowych prowadzonych nad ziemią
Obciążenie od wód gruntowych	Zależne od poziomu wód gruntowych nad dnem rury
Obciążenia mechaniczne spowodowane nieprawidłowym montażem rur w strefie zakopania (np. przez kamienie, kantówki, ciała obce itp.)	Związane z miejscowym odkształceniem rury i ryzykiem pęknięcia, zależnym od struktury materiału
Obciążenie nadciśnieniem lub podciśnieniem	Ogólne obciążenia wynikające z eksploatacji rurociągu
Naprężenia termiczne	Związane z naprężeniami termicznymi, gdy temperatura robocza TB wynosi $> 20^{\circ}\text{C}$ i podlega znacznym wahaniom
Obciążenie przetaczanym czynnikiem	Niektóre przewodzone czynniki mogą powodować zmiany właściwości materiałowych tworzyw sztucznych (np. zmniejszenie wytrzymałości na skutek działania rozpuszczalników).

### Obciążenia od gruntu i ruchu drogowego

Obciążenia gruntem, ruchem drogowym i naciskami na powierzchnię powyżej górnej części rury generują naprężenia zginające i ściskające w ścianie rury. Należy rozróżnić, czy są one krótkoterminowe (np. na etapie budowy), czy też mają trwałe skutki.

Ponadto okrągły przekrój poprzeczny rury, taki jak podczas montażu, zostanie trwale zdeformowany przez przyłożone obciążenia. Wielkość naprężeń i odkształceń zależy od jakości prac wykopowych podczas układania rurociągu w strefie zakopania.

Ogólnie rzecz biorąc, im mniejszy jest efekt nośny otaczającego gruntu, tym większe są naprężenia i odkształcenia w przekroju poprzecznym rury. Z tego względu szczególną wagę przywiązuje się do prawidłowego montażu.

### Obciążenie od wód gruntowych

Oprócz wyżej wymienionych obciążeń, kolejną zmienną jest wpływ wód gruntowych. O ile poziom wód gruntowych może podnieść się powyżej dna rury, należy zbadać jego obliczeniami stateczności. Rurociąg musi mieć wystarczającą odporność na wyboczenie w przypadku nadciśnienia zewnętrznego (nakładanie się obciążeń ziemnych, od ruchu komunikacyjnego i nacisków powierzchniowych oraz wpływu wód gruntowych).

### Obciążenia eksploatacyjne

Obciążenia eksploatacyjne mogą wynikać zarówno z wewnętrznego nadciśnienia lub podciśnienia, jak i z temperatury oraz rodzaju transportowanego medium. W ramach obliczeń statycznych należy uwzględnić zewnętrzne obciążenia od ziemi i ruchu drogowego oraz obciążenie ciśnieniem roboczym występujące wewnątrz rury (efekt superpozycji-nakładania się).

Wymienione w podstawowych normach dla rur dodatnie ciśnienia robocze, zależne od temperatury roboczej i czasu pracy, dostarczają informacji o wewnętrznej obciążalności ciśnieniowej rurociągu z tworzywa sztucznego. Podczas wymiarowania należy wziąć pod uwagę MOP każdego pojedynczego elementu rurociągu, który może być różny dla rur i kształtów segmentowych.

W przypadku elementów wtryskiwanych, które są wykonane z rur (kolana segmentowe, odgałęzienia z przyspawanymi przyłączami wlotowymi), zmniejszenie wewnętrznej nośności ciśnieniowej wskazanej w normach podstawowych jest spowodowane wpływami procesu technologicznego i/lub geometrycznymi.

Kolejne istotne obniżenie nośności na ciśnienie wewnętrzne rurociągów z tworzyw sztucznych w stosunku do danych zawartych w podstawowych normach dotyczących rur wynika z wpływu przewodzonego czynnika na zachowanie się danego tworzywa sztucznego podczas pełzania.

## 3.3 Badanie rurociągów na obiektach

Próba ciśnieniowa to próba przeprowadzana po zainstalowaniu rurociągu i przed oddaniem go do użytku.

Celem próby ciśnieniowej jest zbadanie różnych ograniczeń rurociągu, aby poznać jego niezawodność, maksymalną pojemność, szczelności, złączy i ciśnienia, w przeciwnym razie rura nie może być oddany do użytku.

Dlatego też informacje uzyskane podczas prób ciśnieniowych pomagają w dotrzymaniu norm bezpieczeństwa i utrzymania technicznego rurociągu.

Zalecenia ogólne zostały przedstawione w następujących ustępach:

- przygotowanie do próby,
- ciśnienie próby,
- wykonanie próby,
- interpretacja wyników.

### Przygotowanie do próby

**1)** Instalacje rurowe powinny być poddawane próbom hydraulicznym na odcinkach o długości odpowiedniej do średnicy i warunków terenowych.

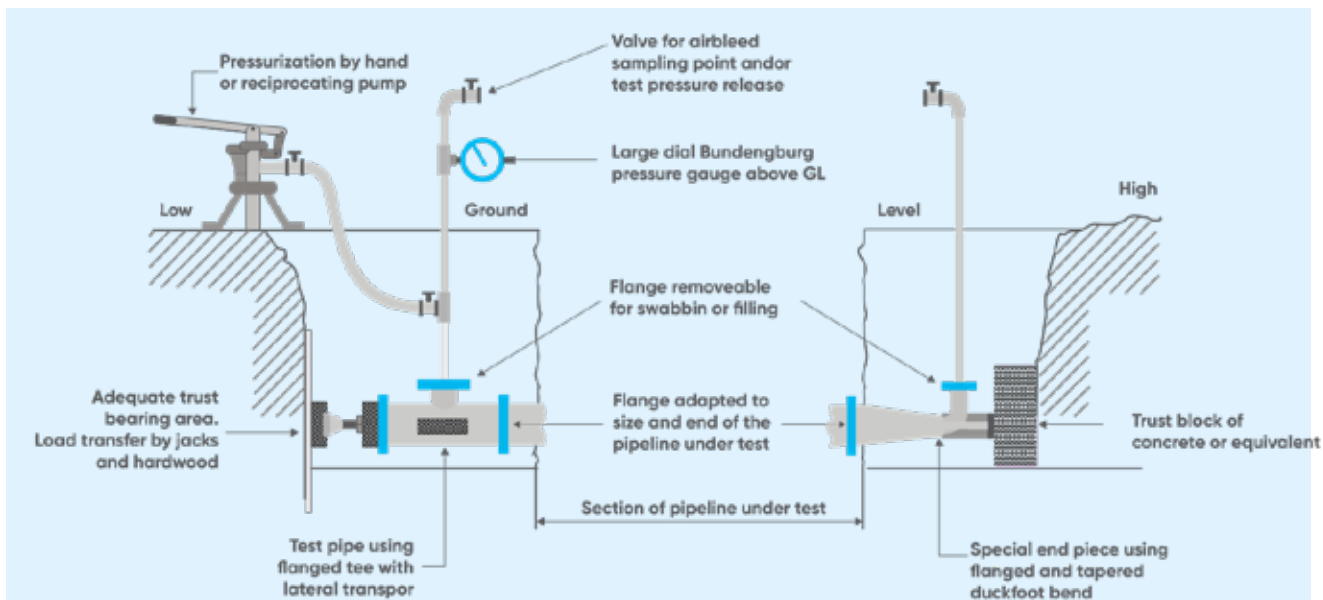
**2)** Zaleca się przeprowadzenie próby pomiędzy zaślepionymi kołnierzami. Końce badanego rurociągu można dostosować za pomocą odpowiednich nasadek kołnierzowych lub przykręcanych przejściówek kołnierzowych.

Ślepe końce powinny być owiercone i gwintowane, jak to konieczne, aby dało się podłączyć wlot i wylot czynnika próbnego.

Końce głównego rurociągu i wszystkie połączenia odgałęzień powinny być podparte i zakotwiczone tak, aby odpowiednio znosiły napór ciśnienia próbnego.

**3)** Podnośniki lub rozpórki kotwiące powinny mieć odpowiednią wytrzymałość i być prawidłowo rozmieszczone.

Typowe układy do prób ciśnieniowych ilustruje poniższy rysunek.



**4)** Próby nie powinny być przeprowadzane zanim beton użyty do utwierdzenia rurociągu zwiąże i osiągnie wymaganą wytrzymałość. Złącza spawane rozpuszczalnikowo należy pozostawić do utwardzenia na minimum 24 godziny przed poddaniem ich warunkom próby.

**5)** Warunki panujące na placu budowy zazwyczaj decydują o tym, czy wszystkie połączenia można pozostawić niezakryte. W każdym przypadku, gdy jest to wykonalne, połączenia powinny być odsłonięte podczas próby.

Ważne jest, aby podłoże i zasypka nad głównym korpusem rury były wystarczająco zagęszczone, co ma zapobiec przemieszczeniu i utrzymać stabilne temperatury podczas próby.

6) Tam, gdzie to możliwe, stanowisko badawcze powinno znajdować się w najniższym punkcie przebiegu rurociągu, aby umożliwić odpowietrzanie przewodu zalewanego cieczą.

W miejscu tym zwykle rejestruje się maksymalną wysokość ciśnienia i umożliwia ono łatwiejszą kontrolę nad uwalnianiem się wody próbnej. We wszystkich wysokich punktach wzdłuż rurociągu należy umieścić odpowiednie mechanizmy odpowietrzające.

7) Króćce próbne powinny być zaprojektowane w sposób umożliwiający opomiarowane napełnianie, a następnie opróżnianie rurociągu.

Kołnierze zaślepiające, rury próbne lub zaślepki końcowe powinny być wyposażone w odpowiednie przyłącza pod niezbędne manometry i aparaturę.

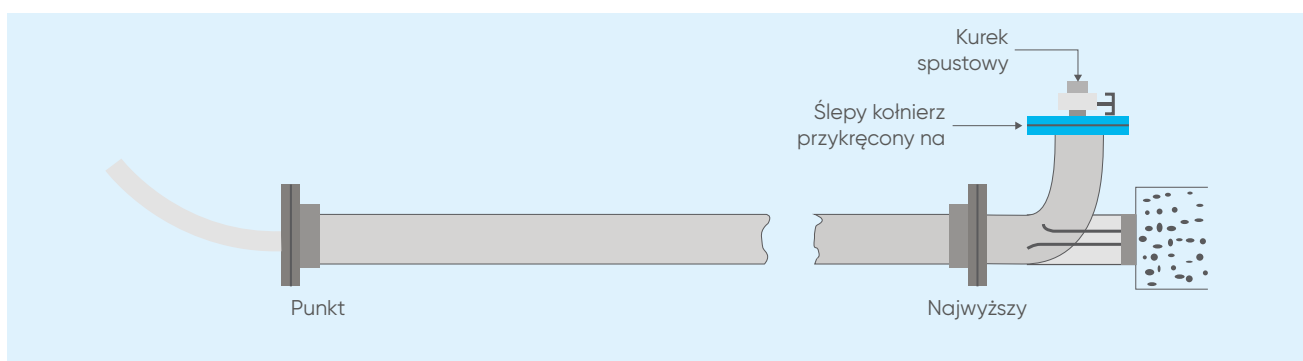
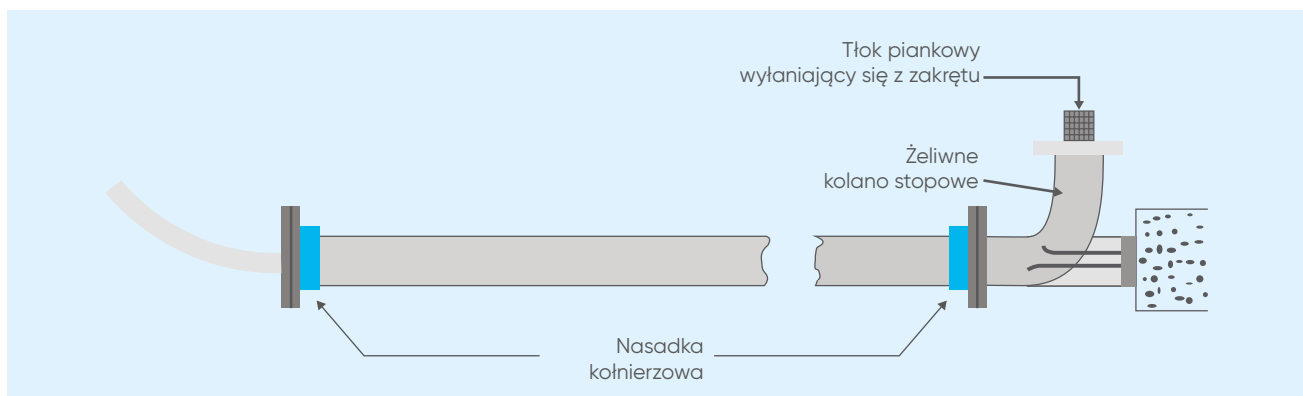
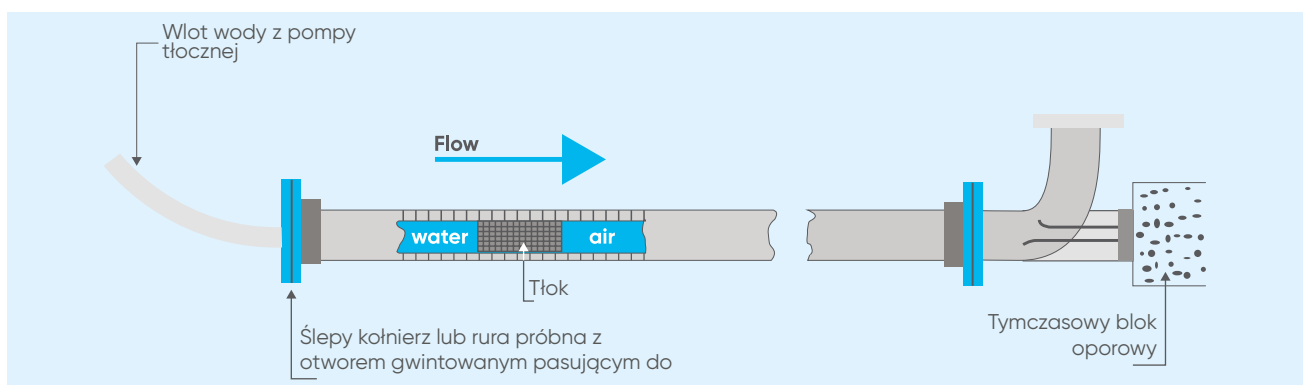
Na każdym końcu odcinka badanego powinien znajdować się upust powietrza.

8) Urządzenia ciśnieniowe, zarówno ręczne, jak i mechaniczne, powinny być odpowiednio zwymiarowane i wystarczająco wytrzymałe, z połączeniami o odpowiedniej konstrukcji, aby rozwinąć, przyłożyć i utrzymać wymagane ciśnienia próby.

Wszystkie uszczelki i mechanizmy zaworów zwrotnych powinny być sprawdzone przed próbą.

Zaleca się stosowanie automatycznych urządzeń rejestrujących ciśnienie.

9) Przed napełnieniem rurociągu należy sprawdzić drożność wszystkich zaworów przelotowych i układów odpowietrzających.



**10)** Jeżeli instalacja ma służyć do wody pitnej, czynnikiem próbnym powinna być woda pitna.

Ważne jest, aby napełniać każdy rurociąg powoli, przy czym szybkość napełniania ma być regulowana przez urządzenia odprowadzające powietrze ze stałym objętościowym natężeniem przepływu.

Upewniwszy się, że rurociąg jest całkowicie napełniony, należy zamknąć wszystkie odpowietrzniki.

Automatyczne zawory pneumatyczne uszczelniają się samoczynnie pod ciśnieniem, ale ich działanie i mocowanie powinno być sprawdzone w ramach próby.

**11)** Podczas napełniania i podnoszenia ciśnienia można spodziewać się niewielkich ruchów rurociągu między punktami zakotwienia, wynikających z jednego lub kilku z poniższych czynników:

- dodatkowy ciężar rury w miarę jej napełniania, powodujący niewielkie korekty na styku grunt-rura,
- niewielkie zmiany wymiarowe oraz tendencję rurociągu do prostowania się pod wpływem ciśnienia,
- ruch termiczny spowodowany różnicą temperatur na styku woda/rura/grunt.

**12)** Wobec powyższego, cały rurociąg należy pozostawić na pewien czas pod ciśnieniem nominalnym lub eksploatacyjnym aż ustabilizuje się.

W przypadku nawet najmniejszego rurociągu należy przeznaczyć na powyższy etap minimum 2 do 3 godzin.

### Próba ciśnieniowa

Próba hydrostatyczna powinna odpowiadać następującym warunkom:

- należy przeprowadzać ją w temperaturze otoczenia,
- ma trwać od 1 godziny i nie dłużej niż 24 godziny,
- nie może przekroczyć 1,5-krotności maksymalnego ciśnienia znamionowego, które jest najniższym dla wszystkich elementów składowych badanego odcinka instalacji.

To ostatnie zalecenie interpretuje się na różne sposoby – w rzeczywistości wymagania dotyczące ciśnienia próby wahają się od 1,5-krotności ciśnienia nominalnego przewodu PN, do 1,5-krotności rzeczywistego ciśnienia roboczego, a więc ciśnienia ciągłego, które jest utrzymywane w instalacji gdzie nie ma skoków ciśnienia.

W związku z tym zalecane ciśnienie próbne, które należy zastosować, powinno być równe większej z tych wartości:

- ciśnienie nominalne PN instalacji rurowej (najniższe PN ze wszystkich części składowych)
- 1,5-krotność rzeczywistego ciśnienia roboczego (nie powinno przekraczać ciśnienia nominalnego PN + 5 bar)

### Wykonanie próby

Przed rozpoczęciem próby ciśnieniowej należy sprawdzić:

- Czy instalacja została wykonana zgodnie z dostępnym projektem?
- Wszystkie urządzenia nadmiarowo-ciśnieniowe i kłapy zamontowane w kierunku przepływu?
- Wszystkie zawory końcowe zamknięte?
- Zawory znajdujące się przed innymi urządzeniami zamknięte celem ochrony przed ciśnieniem?
- Wynik oględzin wszystkich złączy, pomp, urządzeń pomiarowych i zbiorników?
- Czy został zachowany okres oczekiwania po ostatnim spawaniu/zgrzewaniu/klejeniu?

Po upływie czasu wystarczającego do ustabilizowania się rurociągu, można przystąpić do próby ciśnieniowej i napełnić rurociąg od najniższego punktu geodezyjnego zgodnie z opisanymi poniżej krokami:

**1)** Ciśnienie można przyłożyć ręcznie lub za pomocą motopompy – manometry powinny być obserwowane przez cały czas i ma być rejestrowane tempo wzrostu ciśnienia.

**2)** Ciśnienie należy zwiększać aż do osiągnięcia określonego ciśnienia próby w najniższym punkcie odcinka.

Ciśnienie utrzymuje się na tym poziomie – w razie potrzeby poprzez dopompowanie, przez okres 1 godziny.

Następnie zamyka się wszystkie zawory i odłączany jest agregat ciśnieniowy (pompa). Przez okres 1 godziny do badanego odcinka nie powinna napływać dodatkowa woda.

**3)** Następujące wartości pomiarowe muszą być konsekwentnie rejestrowane podczas testów:

- ciśnienie wewnętrzne w bezwzględnie najniższym punkcie rurociągu,
- temperatura otoczenia i czynnika,
- początkowa objętość wody,
- końcowa objętość wody,
- prędkość spadku ciśnienia,
- oględziny połączeń i złączy badanego odcinka.

### Interpretacja wyników

**1)** Jeżeli w czasie próby nastąpił spadek ciśnienia, pierwotne ciśnienie próbne przywraca się poprzez zatłoczenie odmierzonej ilości wody do odcinka badanego.

**2)** Wynik próby można uznać za zadowalający, jeżeli:

- nie ma spadku ciśnienia (możliwy jest nawet niewielki wzrost spowodowany zmianami temperatury lub ruchami tworzywa),
- zmierzona ilość wody wymagana do przywrócenia pierwotnego ciśnienia próby jest mniejsza niż „dopuszczalne maksimum”.

**3)** Po zakończeniu każdej próby, ciśnienie szczątkowe należy spuszczać powoli i w ściśle kontrolowany sposób.

**4)** Wszystkie wady ujawnione podczas badania powinny zostać usunięte, a procedura próby powtarzana aż do uzyskania zadowalającego wyniku.

**Uwaga:** „Dopuszczalna maksymalna” wartość ciśnienia wody i metoda jej obliczania różnią się znacznie w zależności od kraju: należy zatem uzyskać informacje na temat wymagań użytkowników i stosować je odpowiednio do sytuacji.

Objętość wody dodatkowej jest dodatkową ilością wody zatłaczaną w celu skompensowania naturalnego rozszerzania się i ruchu rury oraz elastycznych połączeń pod ciśnieniem, oraz nieuniknionego uwięzienia niewielkich ilości powietrza w badanym odcinku.



### OSTRZEŻENIA

- Próby ciśnieniowe nigdy nie powinny być przeprowadzane z użyciem sprężonego powietrza jako czynnika próbnego.
- Gwałtowna dekompresja uwięzionego powietrza może wywołać gwałtowny udar, który jest potencjalnie niebezpieczny zarówno dla rurociągu, jak i dla pracowników.
- W przypadku zastosowania zaworu kulowego, próbę rurociągu należy przeprowadzić tylko wtedy, gdy zawór jest zamknięty i prawidłowo zmontowany, kompletny ze wszystkimi elementami, z nakrętką pierścieniową i tuleją włącznie. Ma to decydujące znaczenie dla uniknięcia pęknięcia lub odkształcenia zaworu pod wpływem ciśnienia.

To samo zalecenie dotyczące prawidłowego montażu musi być przestrzegane, jeśli zawór kulowy znajduje się na końcu rury w uruchomionej już instalacji rurociągów.

## 3.4 Przechowywanie, przewóz i przeładunek

Komponenty do przemysłowych rurociągów termoplastycznych są projektowane i produkowane z myślą o zastosowaniu w instalacjach o dużym obciążeniu, w których przetwarzane są ciecze agresywne. Aby zapewnić ich spójność po zainstalowaniu, należy obchodzić się z nimi z należytą ostrożnością przed montażem.

### Przechowywanie na obiekcie

Mimo że tworzywa sztuczne mają doskonałą odporność na warunki atmosferyczne, zaleca się, aby dłuższe ich przechowywanie odbywało się pod przykryciem, aby zachować ich przydatność do montażu i zapewnić odpowiednią ochronę przed promieniowaniem UV.

Ponadto należy unikać przechowywania na otwartym powietrzu, gdzie temperatura otoczenia jest poniżej 0°C. Nie wolno przekraczać temperatury przechowywania powyżej maksymalnej temperatury dopuszczalnej dla danego tworzywa (należy zapoznać się z właściwościami tworzyw podanymi w niniejszej instrukcji oraz w katalogach produktów Aliaxis).

Produkty muszą być przechowywane w oryginalnym opakowaniu do momentu montażu.

Rury w wiązkach mogą być układane w stosy dwuwarstwowe, pod warunkiem, że ich ciężar jest rozkładany przez płyty przekładek.

### Przeładunek

Jeśli chodzi o przeładunek, należy zachować ostrożność, aby uniknąć brutalnego obchodzenia się z rurami, kształtami i zaworami.

Wszystkie ostre krawędzie skrzyni ładunkowej pojazdu transportowego lub przyczepy, które mogłyby wejść w kontakt z rurą, powinny być zabezpieczone okładzinami.

Do podnoszenia wiązek rur należy stosować wyłącznie zawiesia pasowe lub linowe z tworzywa sztucznego – nie wolno używać łańcuchów.

### Transport

W celu uniknięcia zginania, zwisania lub naprężeń, podczas transportu rur z tworzyw sztucznych należy zwrócić uwagę na to, aby rury były w pełni podparte. Pojazdy powinny dawać podparcie rury na całej jej długości.

Przewis niepodparty nie powinien przekraczać 1 m długości. Wszelkie powierzchnie, które mogą mieć kontakt z materiałem, powinny być wolne od gwoździ i ostrych krawędzi. Tam, gdzie stosuje się podpory boczne, powinny być one gładkie, bez ostrych krawędzi i umieszczone w odstępach nie większych niż 1,5 m. Rury powinny być zawsze ładowane od najcięższych na dole sterty.

Zdjęcie poniżej jest przykładem prawidłowego składowania rur.



Rura ciśnieniowa FIP UPVC gotowa do załadunku na magazynie.



Podsumowując, należy zawsze przestrzegać następujących wytycznych:

- rurociągi powinny być podparte na całej swojej długości podczas transportu i składowania,
- w miejscach załadunku i składowania należy unikać gwoździ, szorstkich krawędzi i kamieni,
- należy unikać rzucania i upuszczania rur z pojazdu,
- nie wolno przeciągać rurociągów po ziemi,
- rury nie powinny być układane w wysokie sterty,
- należy chronić rury przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych,
- składowane rury nie mogą mieć styczności z nieodpowiednimi substancjami chemicznymi i olejami,
- należy zachować szczególną ostrożność podczas przeładunku rur w niskich temperaturach,
- należy sprawdzić wszystkie rury przed montażem i unikać montażu rur uszkodzonych, wyłobionych lub mocno porysowanych.



<b>4. Rozwiązania systemowe i produktowe</b>	<b>291</b>
4.1 Systemy UPVC spawane rozpuszczalnikowo	292
4.2 Systemy FIP CPVC spawane rozpuszczalnikowo	294
4.3 Systemy SuperFlo ABS spawane rozpuszczalnikowo	296
4.4 Systemy FIP PP zgrzewane	298
4.5 Systemy PE zgrzewane	300
4.6 Systemy FIP PVDF zgrzewane	302
4.7 Instalacje dwupłaszczowe	304
4.8 Sprężone powietrze	306
4.9 Instalacje paliwowe PLX	308
4.10 Vulcathene	310
4.11 Połączenia mechaniczne Straub	312



## 4. Rozwiązania systemowe i produktowe

Wieloletnie doświadczenia z zastosowanych rozwiązań w dziedzinie rur z tworzyw sztucznych, Aliaxis uczestniczy w wielu etapach przesyłu wody od jej źródła do użytkownika końcowego. Nasze marki od ponad 60 lat są innowacyjnymi rozwiązaniami oraz reprezentują naszą historię i naszą wiedzę na polu budownictwa, infrastruktury i przemysłu. W każdym z tych segmentów oferujemy kompleksową gamę wysokiej jakości produktów i rozwiązań, które spełniają najbardziej wyśrubowane wymagania naszych klientów.

Oferujemy systemy do przesyłu wody, chemikaliów i gazów oraz kanalizację elektroenergetyczną i teletechniczną dla instalacji cyfrowego opomiarowania przepływu. Od zaworów i kształtek po rury. Od kleju rozpuszczalnikowego i narzędzi tnących po systemy zgrzewania elektrooporowego. Niezależnie od produktu lub zastosowania, nasi klienci mogą być

pewni, że wszystko, czego potrzebują dla danego rozwiązania, zostanie dostarczone z jakością i na poziomie usług, jakich oczekuje się od lidera branży. Nasze rozwiązania systemowe dla przemysłu to przede wszystkim atestowane surowce, spełniające wszystkie kryteria najistotniejszych norm międzynarodowych i w pełni zgodne z obowiązującymi przepisami ochrony środowiska.

Ogromna sieć dystrybutorów, zorganizowana w sposób gwarantujący nie tylko dostępność produktów, ale także bezpośrednie wsparcie i doradztwo, to jedna z wielu zalet, jakie Aliaxis daje swoim klientom.





## 4.1 Systemy UPVC spawane rozpuszczalnikiem

Różne formy użytkowe uzyskane wprowadzając odpowiednie dodatki i stabilizatory czynią UPVC najbardziej wszechstronnym ze wszystkich tworzyw sztucznych, co pozwala na dostosowanie go do wielu zastosowań z udziałem płynów pod ciśnieniem.

W dziedzinie tworzyw termoplastycznych i metali, UPVC jest jednym z bardziej opłacalnych materiałów do budowy urządzeń przeznaczonych do przetaczania żrących cieczy chemicznych oraz ogólnego uzdatniania wód.

System rur z tworzywa sztucznego UPVC nadaje się do pracy w temperaturach od 0°C do +60°C.

System UPVC jest dostępny w różnych portfolio i pod różnymi markami, z myślą o zaspokojeniu wszystkich potrzeb klientów w wielu różnych podsegmentach.

Nasze portfolio FIP UPVC, przedstawione na zdjęciu poniżej, to kompleksowy system oparty na innowacyjnych zaworach, szerokiej gamie kształtek i wysokiej jakości rurach do wszelkich zastosowań przemysłowych i technologicznych.







## 4.2 Systemy FIP CPVC spawane rozpuszczalnikowo

W 1986 roku FIP jako pierwsza europejska firma wyprodukowała zintegrowany system zaworów, kształtek i rur. Skutkiem tego powstała cała seria produktów dla zakładów przemysłowych.

System FIP CPVC jest jednym z bardziej opłacalnych rozwiązań w dziedzinie materiałów termoplastycznych, pozwalającym pokonać trudności spotykane w przemysłowych instalacjach technologicznych i infrastruktury do przesyłu gorących, żrących płynów, jak również w domowych instalacjach dystrybucji ciepłej i zimnej wody.

Obecnie w Aliaxis oferujemy wysokiej klasy produkty z CPVC pod marką FIPIndustrial.

Żywice CPVC zaprojektowano konkretnie do zastosowań przemysłowych i są w pełni kompatybilne z wymaganiami przesyłu wody do stacji uzdatniania, jak również do przesyłu wody zdemineralizowanej i wody uzdrowiskowej.

System rur z tworzywa sztucznego CPVC nadaje się do pracy w temperaturach od 0°C do +95°C.

### Typowe zastosowania

- Przemysłowe stacje uzdatniania wody.
- Przemysł przetwórstwa chemicznego.
- Przemysł obróbki powierzchni.
- Dystrybucja ciepłej i zimnej wody.
- Baseny i uzdrowiska.



#### Dane techniczne

<b>Ciśnienie nominalne</b>	Maks. 16 bar
<b>Zakres temperatury</b>	0°C – 95°C
<b>Zakres wielkości</b>	16 mm – 315 mm
<b>Technologia łączenia</b>	Klejenie rozpuszczalnikowe, połączenia gwintowane, połączenia kołnierzowe
<b>Normy i wytyczne *</b>	ANSI B16.5, ASTM D1784 kl. min 23447, ASTM F437, ASTM F439, ASTM F441, DIN 2501, DIN 8079-8080, EN 558-1, EN 1092-1, EN 10226-1, EN 10226-2, EN 14728, EN ISO 15493, ISO 228-1, ISO 7005-1, ISO 9624, ISO 5211, JIS B 2220, UNI 11242
<b>Aprobaty</b>	ABS, ACS, BUREAU VERITAS, DNV-GL, EAC, LR - Lloyd's Register, KR - Korean Register, NSF, TA-Luft, UKR SEPRO, WRAS, RMRS

\*Tabela przedstawia główne normy i wytyczne dla systemu – mogą istnieć inne lokalne normy, które nie zostały tu podane, lecz nadal są obowiązujące wedle właściwości.



## Zestawienie produktów CPVC

D <sub>e</sub>	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	125	150	150	200	200	250	250	300	350	400
Całe	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	5"	6"	6"	8"	8"	10"	10"	12"	14"	16"
Rury	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
<b>Kształtki</b>																					
Kształtki spawane	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
Kształtki przejściowe	•	•	•	•	•	•	•														
<b>Zawory</b>																					
Zawór kulowy 2-drożny	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•											
Zawór kulowy 3-drożny	•	•	•	•	•	•	•														
Zawory membranowe		•	•	•	•	•	•	•	•	•											
Zawór motylkowy						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Filtr sitkowy osadów		•	•	•	•	•	•														
Zawory zwrotne	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Kołnierze i uszczelki</b>																					
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				

## 4.3 Systemy FIP ABS spawane rozpuszczalnikowo

SuperFlo ABS to spawany rozpuszczalnikowo, w pełni dopasowany system rur obejmujący rury, kształtki i zawory, dostępny w rozmiarach angielskich i metrycznych.

SuperFlo ABS pracuje w szerokim zakresie temperatur i pozostaje niezwykle plastyczny nawet w temperaturach sięgających nawet  $-40^{\circ}\text{C}$ , co czyni go idealnym rozwiązaniem, gdy istnieje potrzeba zastosowania systemu rurowego do transportu zimnych płynów pod ciśnieniem.

Ponadto SuperFlo ABS jest niezwykle lekki i znacznie łatwiejszy w transporcie niż tradycyjne materiały, zwłaszcza podczas montażu, co znacznie skraca jego czas i obniża koszty. Ma również pełną aprobatę WRAS.

System rur Superflo ABS nadaje się do pracy w temperaturach od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+60^{\circ}\text{C}$ .

### Typowe zastosowania

- Woda lodowa.
- Żywność i napoje.
- Woda pitna.
- Chłodzenie niskotemperaturowe.
- Woda demineralizowana.
- Instalacje próżniowe.
- Ścieki.



#### Dane techniczne

<b>Ciśnienie nominalne (angielskie)</b>	Klasa E (do 4"), Klasa D (do 6"), Klasa C (do 8")
<b>Ciśnienie nominalne (metryczne)</b>	10 bar (16–250mm), 8 bar (250–315mm)
<b>Zakres temperatury</b>	$-40^{\circ}\text{C}$ – $60^{\circ}\text{C}$
<b>Zakres wielkości (angielskie)</b>	1/2" – 12"
<b>Zakres wielkości (metryczne)</b>	16 mm – 315 mm
<b>Technologia łączenia</b>	Klejenie rozpuszczalnikowe, połączenia gwintowane, połączenia kołnierzowe
<b>Normy i wytyczne *</b>	BS EN 1452, ASTM D638, EN ISO 1183-1, ISO 527
<b>Aprobaty</b>	ABS, BUREAU VERITAS, DNV, FDA, GL – Germanischer Lloyd, LR – Lloyd's Register, REG 31, WRAS

\*Tabela przedstawia główne normy i wytyczne dla systemu – mogą istnieć inne lokalne normy, które nie zostały tu podane, lecz nadal są obowiązujące wedle właściwości.





## 4.4 Systemy FIP PP spawane rozpuszczalnikowo

Dzięki wyjątkowym właściwościom chemicznym i termicznym żywicy, nasz system polipropylenowy oferuje doskonałą charakterystykę użytkową w wysokich temperaturach pracy. System marki FIP wykonano z polipropylenu, obejmując szeroką gamę rur, kształtek i zaworów przeznaczonych do budowy linii technologicznych i infrastrukturalnych do transportu płynów przemysłowych pod ciśnieniem.

System rur z polipropylenu nadaje się do pracy w temperaturach od 0°C do +95°C.

### Typowe zastosowania

- Przemysłowe stacje uzdatniania wody i oczyszczalnie ścieków
- Przemysł przetwórstwa chemicznego.
- Przemysłowa obróbka powierzchni.
- Dystrybucja wody demineralizowanej i uzdrowiskowej



Dane techniczne	
<b>Ciśnienie nominalne</b>	Maks. 10 bar
<b>Zakres temperatury</b>	0°C – 95°C
<b>Zakres wielkości</b>	16 mm – 800 mm
<b>Technologia łączenia</b>	Zgrzewanie doczołowe, mufowe i elektrooporowe
<b>Normy i wytyczne *</b>	ANSI B16.5 kl. 150, ASTM D 4101-06, BS 10, DIN 2501, DIN 8077, DIN 8078, DVS 2202-1, DVS 2207-11, DVS 2208-1, EN 558-1, EN 1092-1, EN 10226-1, EN 10226-2, EN 14728, EN ISO 15494, ISO 228-1, ISO 5211, ISO 7005-1, ISO 9624, JIS B 2220, UNI 11318, UNI 11397
<b>Aprobaty</b>	DIBt, EAC, RINA, TA-Luft, UKR SEPRO, NIZP

\*Tabela przedstawia główne normy i wytyczne dla systemu – mogą istnieć inne lokalne normy, które nie zostały tu podane, lecz nadal są obowiązujące wedle właściwości.





## 4.5 Systemy PE spawane rozpuszczalnikowo

Nasz system rur z polietylenu jest stosowany od dziesięcioleci w dziedzinach, w których instalacje rurowe muszą spełniać wysokie normy trwałości i niezawodności. Standardy te są spełnione dzięki połączeniu doskonałych właściwości materiałowych PE i doświadczenia w produkcji formowanych wtryskowo, wytłaczanych i produkowanych elementów z tworzyw sztucznych.

Nasze systemy polietylenowe składają się z najwyższej jakości króćców, kołnierzy i przejściówek marki FIP oraz wyjątkowej gamy kształtek elektrooporowych Frialen.

Systemy te nadają się idealnie do wszelkich zastosowań w technice instalacji przemysłowych. Inne podstawowe obszary zastosowania to przesył ścieków przemysłowych i komunalnych, oczyszczanie ścieków i uzdatnianie wody w oczyszczalniach Woda a także różne zastosowania w technice basenowej.

System rur z polietylenu nadaje się do pracy w temperaturach od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+60^{\circ}\text{C}$ .

### Typowe zastosowania

- Miejskie oraz przemysłowe stacje uzdatniania wody i oczyszczalnie ścieków.
- Woda technologiczna i chłodnicza.
- Przemysł przetwórstwa chemicznego.
- Baseny.
- Oczyszczalnie ścieków.
- Dystrybucja wody i gazu.



#### Dane techniczne

<b>Ciśnienie nominalne</b>	Maks. 16 bar
<b>Zakres temperatury</b>	$-40^{\circ}\text{C}$ – $60^{\circ}\text{C}$
<b>Zakres wielkości</b>	20 mm – ponad 800 mm
<b>Technologia łączenia</b>	Zgrzewanie doczołowe i elektrooporowe
<b>Normy i wytyczne *</b>	DIN 2501, DVS 2202-1, DVS 2207-1, DVS 2208-1, EN 1092-1, EN 1555, EN 13244, EN ISO 15494, ISO 7005-1, ISO 9624, ISO 27, ISO 4437, ISO 21307, UNI 10520
<b>Aprobaty</b>	DVGW, RINA, KIWA, KTW

\*Tabela przedstawia główne normy i wytyczne dla systemu – mogą istnieć inne lokalne normy, które nie zostały tu podane, lecz nadal są obowiązujące wedle właściwości.





## 4.6 Systemy PVDF spawane rozpuszczalnikowo

System FIP PVDF jest najlepszą alternatywą dla materiałów metalowych ze względu na wysoką czystość oraz wyjątkowe właściwości chemiczne i mechaniczne w szerokim zakresie temperatur.

Jest on szeroko stosowany w przemyśle m.in. chemicznym, olejowym, farmaceutycznym, celulozowo-papierniczym oraz elektronicznym.

System FIP z tworzywa sztucznego PVDF nadaje się do pracy w temperaturach od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+140^{\circ}\text{C}$ .

### Typowe zastosowania

- Przemysł przetwórstwa chemicznego.
- Obróbka powierzchni.
- Mikroelektronika.
- Przemysł naftowy i gazowy.
- Przemysł farmaceutyczny.
- Przemysł celulozowo-papierowy.



#### Dane techniczne

<b>Ciśnienie nominalne</b>	Maks. 16 bar
<b>Zakres temperatury</b>	$-40^{\circ}\text{C}$ – $140^{\circ}\text{C}$
<b>Zakres wielkości</b>	16 mm – 400 mm
<b>Technologia łączenia</b>	Zgrzewanie doczołowe i mufowe
<b>Normy i wytyczne *</b>	ANSI B16.5, ASTM D3222, DIN 2501, DVS 2202-1, DVS 2207-15, DVS 2208-1, EN 558-1, EN 1092-1, EN ISO 10931, EN 14728, ISO 5211, ISO 7005-1, ISO 9624
<b>Aprobaty</b>	DIBt, DVGW KTW, W270, EAC, FDA, NSF, TA-Luft, UKR SEPRO, WRAS

\*Tabela przedstawia główne normy i wytyczne dla systemu – mogą istnieć inne lokalne normy, które nie zostały tu podane, lecz nadal są obowiązujące wedle właściwości.



## Zestawienie produktów PVDF

D <sub>e</sub>	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	125	150	150	200	200	250	250	300	350	400
Cale	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	5"	6"	6"	8"	8"	10"	10"	12"	14"	16"
Rury	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•											
<b>Kształtki</b>																					
Kształtki zgrzewane doczołowo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
Kształtki zgrzewane mufowo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•											
Kształtki przejściowe		•	•	•	•	•															
<b>Zawory</b>																					
Zawór kulowy	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•											
Zawór kulowy		•	•	•	•	•	•														
Zawory	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•											
Zawór motylkowy						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Zawory zwrotne		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
<b>Kolnierze i uszczelki</b>																					

## 4.7 Instalacje dwupłaszczowe

Systemy rurowe dwupłaszczowe są idealnym rozwiązaniem wszędzie tam, gdzie konieczny jest wysoki poziom bezpieczeństwa. Transport czynników żrących, niebezpiecznych lub toksycznych zawsze stanowi ogromne ryzyko dla ludzi i środowiska. W takich zastosowaniach nieodzowną rolę odgrywają systemy rurowe dwupłaszczowe.

System dwupłaszczowy składa się z dwóch rur, jednej o mniejszej średnicy wewnątrz drugiej o większej średnicy: ciecz jest przenoszona przez rurę wewnętrzną, rura zewnętrzna zapewnia dodatkową ochronę w przypadku rozszczelnienia rury wewnętrznej. Istnieją różne podejścia stosowane do wykrywania wycieków, na przykład system monitorowania wycieków jest zwykle stosowany przez użytkowników końcowych w celu ostrzeżenia operatorów instalacji.

Rozwiązania te mogą służyć w różnych zastosowaniach, głównie do oczyszczania ścieków chemicznych i wód odpadowych. Zależnie od ich przeznaczenia, rura wewnętrzna i zewnętrzna mogą być wykonane z tego samego tworzywa lub kombinacji różnych materiałów na rury.

### A – Rura zewnętrzna

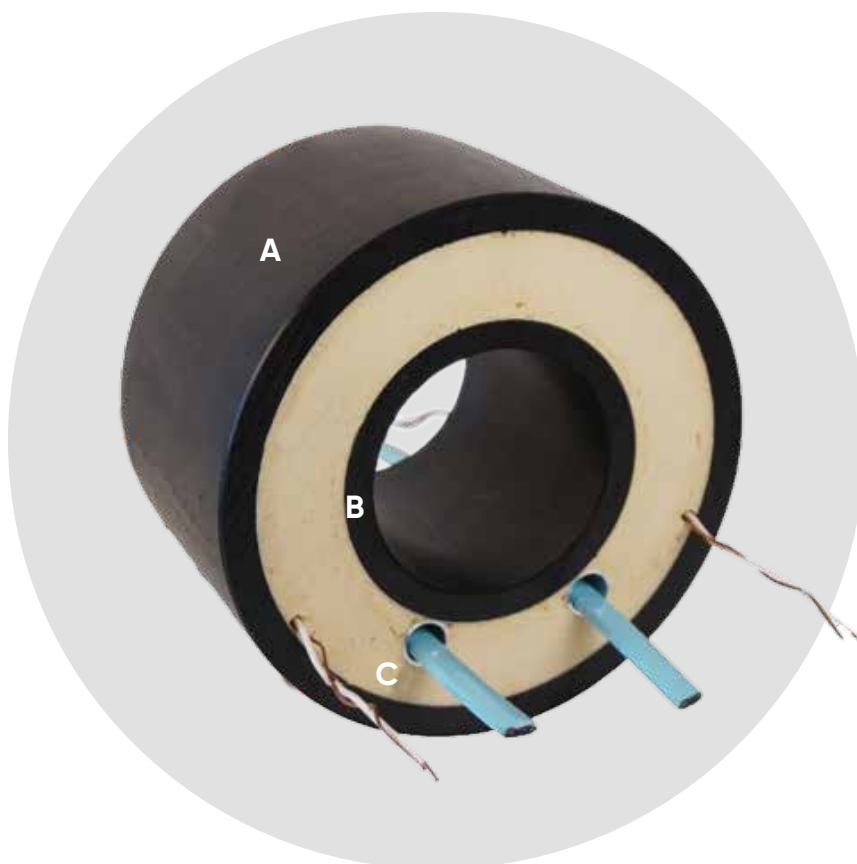
System podwójnych ścianek do ochrony otoczenia przed wyciekami płynu lub do ochrony czynnika przewodzonego przed wpływami zewnętrznymi.

### B – Rura wewnętrzna

Płynne przewodzenie z odpornością na ciśnienie.

### C – Przestrzeń międzypłaszczowa

Przestrzeń pomiędzy rurami, która ma zawierać wyciekający płyn lub być wyposażona w izolację, układ detekcji wycieków lub ogrzewanie przewodowe.



#### Dane techniczne

<b>Ciśnienie nominalne</b>	Systemy odwadniania bezciśnieniowego – systemy ciśnieniowe do 16 bar
<b>Zakres temperatury</b>	-40°C – 140°C
<b>Zakres wielkości rury</b>	Do 800 mm
<b>Technologia łączenia</b>	Zgrzewanie doczołowe, mufowe i elektrooporowe

## Omówienie produktów dwupłaszczowych

Aliaxis oferuje szeroką gamę rozwiązań dwupłaszczowych z UPVC, PP i PE do wielu zastosowań, czy to do odprowadzania chemikaliów z laboratoriów, czy też do izolowanych rur do tłustych cieczy, rur ochronnych do wody pitnej w zanieczyszczonych gruntach. Każdy z tych systemów jest specjalnie zaprojektowany, aby idealnie pasował do specyficznych potrzeb przy minimalnych kosztach montażu i całkowitego posiadania.

Aby uzyskać więcej informacji, prosimy o kontakt z przedstawicielami handlowymi Aliaxis.

### Typowe zastosowania

- Oczyszczanie wody i ścieków.
- Przesył niebezpiecznych cieczy.
- Ochrona środowiska.
- Ochrona krytycznych obiektów.
- Melioracja.
- Przesył odpadów chemicznych z laboratoriów.

## 4.8 Sprężone powietrze GIRAIR®

Sprężone powietrze, główne źródło energii w przemyśle, jest coraz częściej wykorzystywane zarówno w przemyśle wytwórczym, jak i przetwórczym. Tam w pełni wykorzystuje się jego wyraźne zalety w postaci czystości, elastyczności, bezpieczeństwa i ekonomii użytkowania w porównaniu z innymi źródłami energii.

Koszt instalacji sprężonego powietrza zależy przede wszystkim od poboru energii. Każdy wyciek w systemie to dodatkowe źródło kosztów poboru energii.

Dlatego dla większego bezpieczeństwa i spokoju właściciele instalacji powinni wybrać taki system dystrybucji sprężonego powietrza, który będzie odporny na liczne zagrożenia pochodzące z otoczenia.

W Aliaxis oferujemy dwa rozwiązania dla dystrybucji sprężonego powietrza, każde wykonane z innego materiału:

- GIRAIR UPVC.
- Air-Line Xtra ABS.



### Typowe zastosowania

- Dystrybucja sprężonego powietrza.
- Dystrybucja gazów obojętnych.
- Sieci scentralizowane.
- Żywność i napoje – zaopatrzenie w CO<sub>2</sub>.
- Wentylacja.
- Sterowanie zaworami.
- Powietrze zakładowe.

#### Dane techniczne

<b>Ciśnienie nominalne</b>	Maks. 12,5 bar
<b>Zakres temperatury</b>	-20°C – 50°C
<b>Zakres wielkości</b>	16–110 mm
<b>Technologia łączenia</b>	Spawanie rozpuszczalnikowe i połączenia gwintowane
<b>Normy i wytyczne *</b>	BS 4800, BS 1710, DIN 8062–8063, ISO 11359, EN ISO 1183-1, EN ISO13846, EN 13501-1, NF EN 921, NF EN 1452, NF T54-038
<b>Aprobaty</b>	BSI, Bureau Veritas, DNV, świadectwo ppoż. LNE, National Accreditation of Certification

\*Tabela przedstawia główne normy i wytyczne dla systemu – mogą istnieć inne lokalne normy, które nie zostały tu podane, lecz nadal są obowiązujące wedle właściwości.

## Zestawienie produktów do instalacji

D <sub>e</sub>	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110
DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Cale	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Rury	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Kształtki</b>										
Kształtki spawane rozpuszczalnikowo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Kształtki gwintowane	•	•	•	•	•	•	•			
Złączki przejściowe	•	•	•	•	•	•	•			
<b>Zawory</b>										
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<b>Kolnierze i uszczelki</b>										



## 4.10 Vulcathene **Vulcathene**

Vulcathene to specjalnie zaprojektowany i skonstruowany system odwadniania laboratoriów, który od ponad 65 lat jest specyfikowany i instalowany jako bezpieczne rozwiązanie do transportu odpadów chemicznych z laboratoriów w szkołach, na uniwersytetach, w szpitalach, placówkach badawczych i środowiskach przemysłowych na całym świecie.

Vulcathene, jako jedyny system zatwierdzony przez BBA do kanalizacji dla laboratoriów, oferuje najszerszy zakres elementów wyposażenia stanowisk, w tym zlewozmywaki, kubki ociekowe oraz odpływy niesyfonowe i do odzyskiwania roztworów, umożliwiając zaprojektowanie i specyfikację kompletnego laboratoryjnego systemu kanalizacji chemicznej.

Wybór dwóch prostych metod łączenia, mechanicznej dla połączeń rozłącznych i zgrzewania elektrooporowego dla połączeń spawanych, daje elastyczność w projektowaniu, wydajność instalacji oraz łatwość rozbudowy i konserwacji.

### Typowe zastosowania

Produkty Vulcathene są używane we wszystkich tych zastosowaniach, w których wymagane jest odwodnienie odpadów chemicznych, na przykład:

- Laboratoria w szkołach.
- Laboratoria na uniwersytetach i w szkołach wyższych.
- Szpitale i kliniki.
- Firmy farmaceutyczne.
- Zakłady badawcze.



#### Dane techniczne

<b>Zakres wielkości</b>	38–152 mm
<b>Zakres temperatury</b>	-20°C – 100°C (100°C tylko chwilowo)
<b>Normy i wytyczne</b>	BS1710
<b>Aprobaty</b>	BBA

### Zestawienie produktów Vulcathene

D <sub>e</sub>	48,3	60,3	89	114,3	168,3
DN	38	51	76	102	152
Cale	1 1/2"	2"	3"	4"	6"
Rury	•	•	•	•	•
<b>Kształtki</b>					
Kształtki mechaniczne	•	•	•	•	
Złączki elektrooporowe	•	•	•	•	•

## 4.11 Złączki mechaniczne Straub

Szybki, łatwy i niezawodny system złączy mechanicznych Straubing zastąpił spawanie i połączenia kołnierzowe. Oryginalne złącze STRAUB zrewolucjonizowało technologię połączeń rurowych, ponieważ jest to uniwersalne złącze rurowe, które może być stosowane bardzo łatwo i szybko.

Złączki STRAUB są dostępne w różnych rozmiarach i w różnych odmianach. Do każdego zastosowania można dobrać najlepszy rodzaj złączki.

### Typowe zastosowania

- Wodociągi i kanalizacja.
- Hydroenergetyka.
- Roboty ziemne i przemysłowe.
- Stoczniactwo i przemysł morski.



#### Dane techniczne

<b>Ciśnienie nominalne</b>	Maks. PN16 (klasa morska)
<b>Zakres wielkości</b>	21–4064 mm
<b>Zakres temperatury</b>	-20°C – 100°C
<b>Normy i wytyczne *</b>	DIN 8074, EN 1254-3, ISO 19921, ISO 19922
<b>Aprobaty</b>	ABS, BUREAU VERITAS, DNV-GL, KR – Korean Register, LR – Lloyd's Register, NSF, VdS, WRc

\*Tabela przedstawia główne normy i wytyczne dla systemu – mogą istnieć inne lokalne normy, które nie zostały tu podane, lecz nadal są obowiązujące wedle właściwości.



## Zestawienie produktów STRAUB

D <sub>e</sub>	21,3	30	38	40	48,3	63	168,3	180	219	355	609,6	711,2	2032	4064
<b>Utwardzone</b>														
METAL-GRIP (łączenie rur metalowych i sztywnych tworzyw sztucznych)		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
GRIP (łączenie rur metalowych i sztywnych tworzyw sztucznych)	•	•	•	•	•	•	•							
GRIP-L (łączenie rur metalowych i sztywnych tworzyw sztucznych)								•	•	•	•	•		
COMBI-GRIP (łączenie rury metalowej z plastikową)			•	•	•	•	•	•	•	•				
PLAST-GRIP (łączenie rur z tworzywa sztucznego)				•	•	•	•	•	•	•				
PLAST-PRO (łączenie rur z tworzywa sztucznego)						•	•	•	•	•				
<b>Elastyczne</b>														
FLEX (łączenie rur z tych samych lub różnych tworzyw)					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
OPEN-FLEX (łączenie rur lub naprawy bez konieczności demontażu istniejących rur)					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
STEP-FLEX (łączenie rur o różnych średnicach zewnętrznych)									•	•	•	•	•	



## 4.12 System bezsilikonowy FIP

Silikon jest obecny w wielu szeroko stosowanych produktach przemysłowych, takich jak oleje i smary.

Produkty na bazie silikonu są względnie chemicznie obojętne: oznacza to, że klienci muszą zwracać szczególną uwagę na unikanie zanieczyszczeń przy stosowaniu produktów bez silikonu.

Branże objęte tymi uwarunkowaniami to te, w których przeprowadza się obróbkę powierzchni lub inne operacje, w tym z wykorzystaniem farb lub lakierów – przede wszystkim sektor motoryzacyjny.

W zakładach produkcyjnych, w których wykonywane są takie operacje, kładzie się duży nacisk na montaż i użytkowanie wyłącznie komponentów, co do których istnieje gwarancja, że nie zawierają śladów silikonu.

Aliaxis spełnia tę potrzebę dzięki produktom zaklasyfikowanym dla pomieszczeń czystych na poziomie ISO 5 (klasa 100) zgodnie z normą ISO 14644-1. Zawory ręczne FIP, przepływomierze o zmiennym przekroju przepływu i cała gama kształtek z tworzyw sztucznych o średnicy do 160 mm mogą być używane w pomieszczeniach czystych i wykonane bez silikonu.

Asortyment zaworów kulowych do zastosowań przemysłowych może być również dostarczany w wersji bez silikonu – oraz bez używania smarów do ich montażu.

### Typowe zastosowania

- Motoryzacja.
- Obróbka powierzchni metali.
- Przemysł farmaceutyczny.
- Żywność i napoje.
- AGD.



#### Dane techniczne

<b>Ciśnienie nominalne</b>	Maks. 16 bar
<b>Zakres wielkości</b>	16 mm – 160 mm
<b>Normy i wytyczne</b>	ISO 14644-1





## 4.13 FLS

Aliaxis oferuje pełną gamę produktów oznaczonych marką FLS, które zostały zaprojektowane jako źródła dokładnych i wiarygodnych danych, ułatwiających sprawne prowadzenie działalności poprzez umożliwienie bieżącej kontroli procesu i konserwacji prognostycznej.

Urządzenia FLS służą w wielu procesach i zastosowaniach do pomiaru przepływu, pH, przewodności i potencjału redoks.

Rozwiązania te oferują szereg korzyści, zarówno ogólnych, jak i specyficznych, takich jak elastyczność montażu,



### Typowe zastosowania

Produkty FLS są stosowane we wszystkich zastosowaniach, które wymagają pomiaru przepływu lub charakterystyki cieczy, na przykład:

- Systemy uzdatniania wody.
- Oczyszczanie i odzyskiwanie ścieków przemysłowych.
- Baseny i uzdrowiska.
- Przemysł chemiczny.
- Obróbka powierzchni.
- Górnictwo i hydrometalurgia.
- Nawadnianie i nawożenie.
- Detekcja wycieków.

Poniższe tabele obejmują główne dane techniczne przyrządów do pomiaru przepływu, pH, potencjału redoks i przewodności: może to pomóc w szybkiej identyfikacji urządzeń z gamy FLS.

Dla każdego rodzaju pomiaru poniższa tabela podaje najbardziej odpowiedni przyrząd, minimalną i maksymalną wartość, którą przyrząd może analizować i odpowiadający mu zakres DN.

Pomiar	Przyrząd	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Zakres DN
Przepływ	Czujnik przepływu	1,5 (l/h)	18*10 <sup>6</sup> (l/h) (*)	10–900 (mm)
	Przeływomierz o zmiennym przekroju przepływu	1,5 (l/h)	50,000 (l/h)	10–65 (mm)
pH	Czujnik pH	0	14	wszystkie
Potencjał redoks	Czujnik ORP	-2000 (mV)	+2000 (mV)	wszystkie
Przewodność	Czujnik przewodności	0,055 (μS/cm)	1 (S/cm) (**)	wszystkie

(\*) Specjalne rozwiązania dla większych przepływów.

(\*\*) Specjalne rozwiązania dla wyższych wartości, do 2 S/cm.

(\*\*\*) Specjalne rozwiązania dla wyższych wartości, do 100 bar.

Poniższa tabela opisuje główne materiały mające styczność z czynnikami w każdej rodzinie aparatury.

Główne materiały zwilżane	Przyrządy							
		Czujnik łopatkowy	Czujnik	ULF	Czujnik owalno-kołowy	Czujnik pH/ORP	Czujnik	Przetwornik poziomu i ciśnienia
UPVC	•							
CPVC	•	•				•	•	
ABS		•						
PP					•			
PVDF	•	•	•					•
PEEK			•					
Żywica epoksydowa						•	•	
POM				•				
Trogamid	•							
Polisulfon	•							
Ryton						•		
Szkło						•		
Grafit							•	
Platyna						•	•	
316 SS		•	•		•		•	
304 SS			•					
ECTFE		•		•	•			
EPDM		•	•					•
FPM		•	•	•	•			•

Informacje podano w niniejszej broszurze w dobrej wierze. Nie ponosimy odpowiedzialności za dane techniczne, które nie są bezpośrednio objęte uznanymi normami międzynarodowymi. Aliaxis zastrzega sobie prawo do wszelkich zmian. Produkty muszą być montowane i utrzymywane przez wykwalifikowanych pracowników.

**Aliaxis Poland Sp. z o.o.**  
ul. Energetyczna 6, 56-400 Oleśnica, Polska  
T +48 601 484 526  
przemysl.pl@aliaxis.com / www.aliaxis.pl

