

Wytyczne ważenia



## Pomyślna integracja ważenia Zbiorniki i reaktory

METTLER TOLEDO



# Spis treści

<b>1</b>	<b>Streszczenie</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Ważenie – najwszechstronniejsza technika</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Typowe wagi technologiczne</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Wybór odpowiedniego procesu sporządzania partii</b> .....	<b>8</b>
	Wprowadzenie .....	8
	Jednoczesne sporządzanie partii .....	9
	Sekwencyjne sporządzanie partii .....	9
	Kumulacyjne sporządzanie partii .....	9
	Podsumowanie .....	10
<b>5</b>	<b>Podstawy technologiczne</b> .....	<b>12</b>
	Kompensacja siły magnetycznej .....	12
	Czujnik tensometryczny .....	13
	PowerMount™ .....	14
<b>6</b>	<b>Wybór właściwego czujnika wagowego/wagi</b> .....	<b>15</b>
	Jednopunktowe czujniki wagowe .....	16
	Wagi stołowe i podłogowe .....	17
	Czujniki wagowe i moduły wagowe pracujące na ściskanie .....	18
	Czujniki wagowe i moduły wagowe pracujące na rozciąganie .....	20
<b>7</b>	<b>Wskazówki dotyczące projektowania i instalacji wag</b> ...	<b>21</b>
	Instalacja rurowa .....	21
	Wsparcie konstrukcyjne .....	22
	Ważenie zbiorników przenośnych .....	23
	Zakres ważenia czujników .....	23
	Wzorcowanie .....	24
<b>8</b>	<b>Wpływ materiału i podajnika na dokładność</b> .....	<b>26</b>
	Materiały .....	26
	Podajniki .....	26
<b>9</b>	<b>Szybkość a dokładność</b> .....	<b>27</b>

<b>10</b>	<b>Sterowanie procesem</b> . . . . .	<b>28</b>
	Proces napelniania . . . . .	28
	Podawanie szybkie i precyzyjne . . . . .	29
	Naddatek . . . . .	29
	Wstrząsanie . . . . .	29
	Sterowanie . . . . .	30
	Terminale . . . . .	32
	Konwersja analogowo-cyfrowa i filtrowanie . . . . .	32
	Cyfrowe wejście/wyjście . . . . .	33
	Łączność . . . . .	33
	IND780batch . . . . .	33
	Sterownik IND780Q.iMPACT . . . . .	34
<b>11</b>	<b>Reaktory chemiczne</b> . . . . .	<b>35</b>
	Typy reaktorów i stosowalność ważenia . . . . .	35
	Obciążenie ciężarem własnym . . . . .	36
	Kilka układów z płynami . . . . .	37
	Płyny grzewcze/chłodnicze . . . . .	37
	Atmosfera . . . . .	37
	Temperatura . . . . .	38
	Drgania . . . . .	39
<b>12</b>	<b>Wymagania certyfikacyjne</b> . . . . .	<b>40</b>
<b>13</b>	<b>Literatura</b> . . . . .	<b>41</b>



# Dlaczego warto przeczytać te wytyczne

Niniejsze wytyczne są kierowane do użytkowników końcowych, którzy zamierzają kupić zbiorniki technologiczne, oraz do producentów maszyn. Mają pomóc w ocenie istniejących urządzeń technologicznych oraz ewentualnych rozwiązań alternatywnych.

Na potrzeby użytkowników końcowych omówiono podstawowe terminy oraz techniki ze szczególnym uwzględnieniem zalet i wad każdej z nich. Umożliwi to prowadzenie bardziej rzeczowych rozmów z potencjalnymi dostawcami i pomoże sporządzać profesjonalne zapytania ofertowe.

Producenci maszyn uzyskają przydatne informacje, które pomogą zoptymalizować działanie urządzeń technologicznych. Wyjaśniono również związek między szybkością a dokładnością oraz inne czynniki wpływające na ogólną sprawność wag technologicznych.

## Streszczenie

Sterowanie procesami technologicznymi na podstawie masy ma wiele zalet w porównaniu z metodami objętościowymi, m.in. dokładność oraz ułatwienia w zakresie statystycznego sterowania procesami i identyfikowalności procesów. Przetwarza się najrozmaitsze materiały ciekłe, gazowe i stałe w toku niemal nieskończonej różnorodności procesów. Ważenie stanowi technikę uniwersalną, której można używać bez względu na materiał. METTLER TOLEDO, oferując bogaty asortyment globalnie atestowanych produktów oraz trzy technologie wagowe, może sprostać prawie każdemu wymaganiu w zakresie sterowania procesami.

# Ważenie – najwszechstronniejsza technika

W wielu branżach przetwórczych zbiorniki lub reaktory chemiczne lokują się w sercu działań produkcyjnych. Dokładność transferu materiałów do nich i od nich jest ważna, jeśli nie krytyczna, w celu utrzymania niezmienności parametrów produktu, jakości oraz zgodności z przepisami. Oprócz tego waga może się bardzo przyczynić do poprawy efektywności produkcji, na przykład przez obniżenie zużycia materiału oraz ilości odpadów, a także dzięki utrzymywaniu dokładnie określonych stanów magazynowych.



Rysunek 1: Typowa waga zbiornikowa



Rysunek 2: Międzykondygnacyjna waga zbiornikowa

Do sterowania napełnianiem i opróżnianiem zbiorników można używać przepływomierzy lub wag. Przepływomierze objętościowe mają kilka niedostatków, których można uniknąć w przypadku ważenia. Oto kilka zalet ważenia:

- Ważenie jest techniką uniwersalną pod tym względem, że tej samej wagi można użyć do ważenia cieczy, substancji stałych i gazów bądź ich dowolnej mieszaniny.
- Inaczej niż w przypadku przepływomierzy na działanie wag nie mają wpływu zmiany we właściwościach materiałów, takich jak gęstość, lepkość, ilość porwanych gazów i spienienie.
- Sprzęt wagowy nie ma styczności z materiałem, dlatego jego sprawność nie ulega pogorszeniu pod wpływem materiałów korozyjnych bądź ściernych.
- Waga zbiornikowa zawsze od razu informuje o masie materiału obecnego w danej chwili. Jej wskazanie nie zależy od obliczeń opartych na prędkości przepływu, czasie i gęstości wszystkich poszczególnych materiałów po stronie wlotowej i wylotowej. Nawet jeśli przepływ odbywa się z nierównomierną prędkością lub nieoczekiwanie ustaje, masa materiału na wadze zbiornikowej nie budzi wątpliwości.
- Ważenie jest dokładniejsze i może działać w mniejszym przedziale tolerancji.
- W razie potrzeby ważeniem można się posługiwać w zastosowaniach komercyjnych (handlowych).
- Sprzęt wagowy można wzorcować i sprawdzać na miejscu. Nie trzeba go wysyłać do kosztownego wzorcowania.

Ważenie ma oczywiście pewne ograniczenia i zostaną one omówione poniżej. Niniejsze wytyczne zasadniczo poświęcone są małym i średnim zbiornikom technologicznym oraz sposobom ich ważenia. Zbiorniki technologiczne z reguły mieszczą ciecz, ale można też do nich dodatkowo wprowadzać gazy i substancje stałe. Niemniej jednak po stronie wylotowej zwykle występuje stosunkowo wolno płynąca ciecz lub gęsta zawiesina.

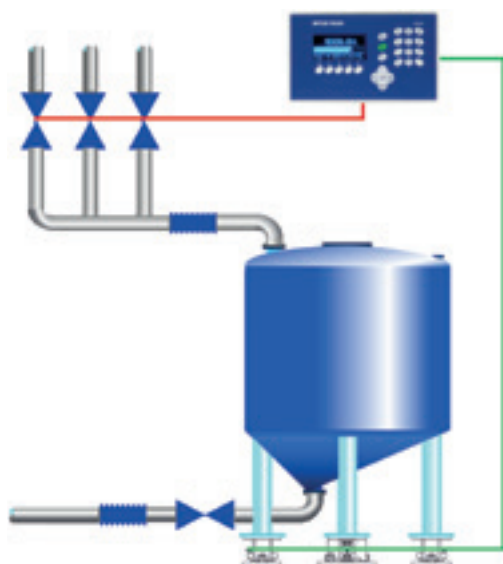


# Typowe wagi technologiczne

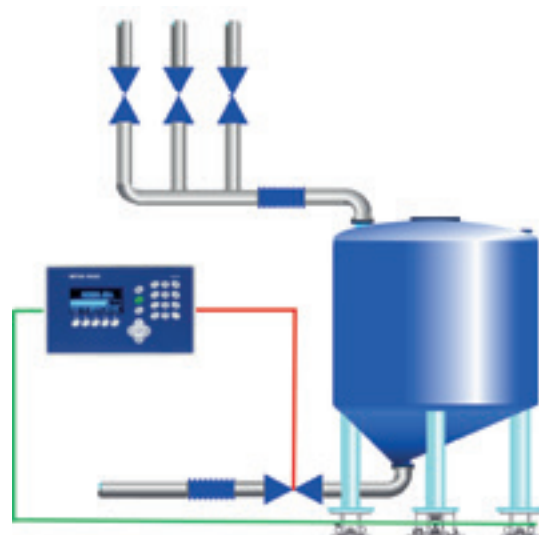
Na rysunku 3 przedstawiono typową wagę zbiornikową, w której zbiornik jest posadowiony na modułach wagowych połączonych z terminalem.

Terminal monitoruje masę zbiornika i steruje zaworami napełniającymi. Taka waga jest nazywana wagą dowozającą i zazwyczaj służy do porcjowania. Waga zbiornikowa może być autonomiczna, jak przedstawiono na rysunku, lub może być w rozmaity sposób zintegrowana z większym systemem zawierającym na przykład sterownik programowalny (PLC).

Rysunek 4 jest zasadniczo identyczny, z tym że terminal steruje zaworem wylotowym. Taka wagę nazywa się wagą odważającą. W tym przypadku waga może służyć do jak najszybszego podawania określonej masy materiału w procesie napełniania pojemników lub do podawania materiału z kontrolowaną prędkością w celu dalszego przetwarzania za wagą.



Rysunek 3: Waga zbiornikowa dowozająca



Rysunek 4: Waga zbiornikowa odważająca

Ponadto terminal może sterować przepływem na wlocie i wylocie. W jednej z typowych aplikacji waga zbiornikowa może pracować w trybie dowożenia, służąc do dodawania różnych materiałów w celu sporządzenia partii. Następnie, po wymieszaniu składników, może pracować w trybie odważania, służąc do napełniania pojemników przeznaczonych do wysyłki. Niektóre terminale mogą sterować napełnianiem i/lub rozładowywaniem przy użyciu kilku wag zbiornikowych jednocześnie. Jednak w przypadku zastosowania jednej wagi w danym czasie można przenieść tylko jeden materiał (napełnianie albo rozładowywanie). Jest to jedno z ograniczeń techniki ważenia, za sprawą którego najlepiej nadaje się ona do procesów sporządzania partii.

# Wybór odpowiedniego procesu

## Wprowadzenie

Procesy produkcyjne często są klasyfikowane jako ciągłe lub w partiach. Produkcja oparta na procesie ciągłym charakteryzuje się ciągłym przepływem surowców oraz przekształcaniem surowców w produkt końcowy, podczas gdy cały czas są w ruchu. Proces przewidziany do jednego produktu zwykle znajduje uzasadnienie w branżach produktów masowych, takich jak produkcja cementu, rafinacja oleju lub wytwarzanie energii elektrycznej. Produkcja oparta na procesie w partiach charakteryzuje się nieciągłym przepływem surowców, przekształcaniem surowców partiami oraz nieciągłym przepływem produktu końcowego. Zwykle wielkość produkcji jest mniejsza, a z różnych surowców w różnych połączeniach wytwarzane są rozmaite produkty końcowe. Zmiany na linii zachodzą często. Produkcja w partiach odbywa się w wielu gałęziach przemysłu, m.in. w branżach spożywczej, farmaceutycznej i chemicznej. Ważenie jest techniką, która nadaje się do produkcji w partiach i jest szeroko stosowana w tych branżach.

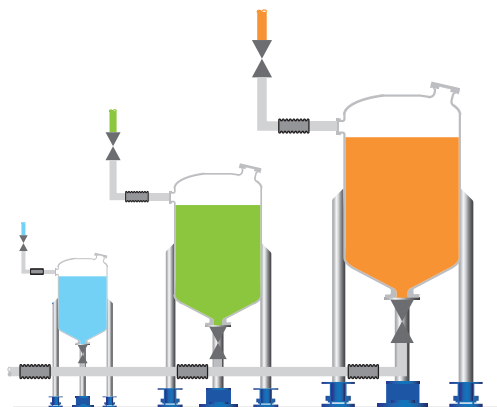


Metody produkcji w partiach można podzielić na oparte na porcjowaniu jednoczesnym, sekwencyjnym i kumulacyjnym. Każdy z tych sposobów ma mocne i słabe strony oraz duże znaczenie dla osiągniętej dokładności. Kwestie te omówiono w dalszych rozdziałach.

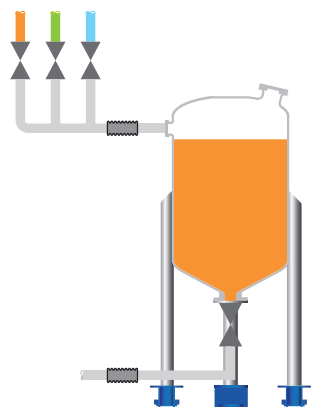


## Jednoczesne sporządzanie partii

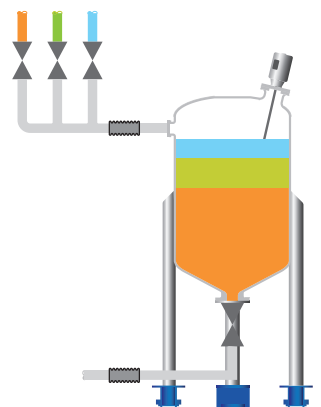
Jednoczesne sporządzanie partii (tzw. horyzontalne) wymaga jednej wagi na surowiec, jak pokazano na rysunku 5. Każdy taki materiał jest ważony niezależnie i wydawany do zbiornika mieszającego lub na linię w celu dalszego przetworzenia. Ponieważ każdy z materiałów ma własną wagę, jej nośność można dobrać optymalnie do materiału, co zapewni wysoką dokładność wyników. Jest to najszybsza z metod, ponieważ materiały można ważyć jednocześnie. Niemniej jednak jej wyposażenie wiąże się z najwyższymi kosztami inwestycyjnymi. Pełną listę zalet i wad podano w poniższym podsumowaniu.



Rysunek 5: Jednoczesne sporządzanie partii



Rysunek 6: Sekwencyjne sporządzanie partii



Rysunek 7: Kumulacyjne sporządzanie partii

## Sekwencyjne sporządzanie partii

W przypadku sekwencyjnego sporządzania partii (rys. 6) ważenie i wydawanie poszczególnych składników odbywa się kolejno przy użyciu jednej wagi zbiornikowej. Różne materiały mogą być gromadzone w osobnych zbiornikach mieszających lub przesyłane dalej do dalszego przetworzenia. Zalety polegają na mniejszych rozmiarach fizycznych i najniższych kosztach. Główną wadą jest największa powolność procesu.

## Kumulacyjne sporządzanie partii

W przypadku kumulacyjnego sporządzania partii (inaczej zwanego wertykalnym) układ wagi jest identyczny z używanym w metodzie sekwencyjnej, z tym że zbiornik musi być dostatecznie duży, aby zgromadzić wszystkie składniki partii (rys. 7). Każdy materiał jest wprowadzany kolejno i gromadzony w zbiorniku, dopóki partia nie zostanie skompletowana. Główną zaletą jest to, że wszystkie materiały znajdują się w zbiorniku, więc w celu dalszego ich przetworzenia, na przykład mieszania i rozpuszczania, nie trzeba instalować osobnych urządzeń. Nośność wagi jest jednak największa i najmniej odpowiednia do ważenia składników mniejszościowych, przez co metoda ta ma najmniejszą dokładność.

## Podsumowanie

W poniższej tabeli zestawiono zalety i wady trzech omówionych metod:

### Porównanie metod sporządzania partii

Parametr	Metoda		
	Jednoczesna	Sekwencyjna	Kumulacyjna
Nośność wagi optymalizowana dla każdego materiału <sup>1</sup>	+++	++	+
Dokładność <sup>2</sup>	+++	++	+
Szybkość pracy	+++	+ <sup>3</sup>	++
Najniższy koszt wag	+	+++	++
Najmniejsza złożoność sterowania	+	+++	+++
Najmniejszy rozmiar wagi	+	+++	++
Najniższe ryzyko zanieczyszczenia krzyżowego <sup>4</sup>	+++	+	+
Możliwość dalszego przetwarzania na tej samej wadze	Nie dotyczy	Nie dotyczy	+++
Brak konieczności użycia dodatkowego zbiornika mieszającego	? <sup>5</sup>	? <sup>5</sup>	+++
Izolowanie materiałów aż do akceptacji partii <sup>6</sup>	+++	Nie	Nie
Wymagane dokładne wzorcowanie wag <sup>7</sup>	Tak	Nie	Nie

Tabela 1

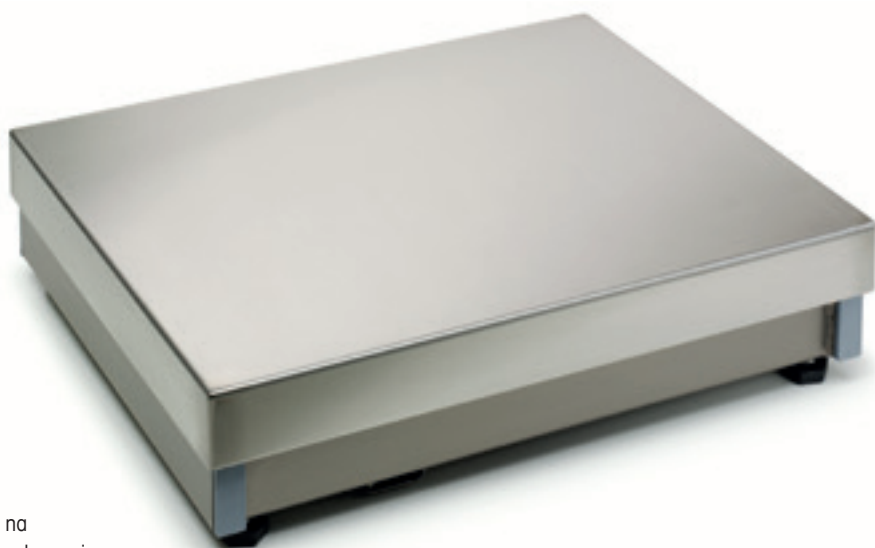
#### Uwagi:

- 1: Szczególnie ważne ze względu na dokładność, gdy proporcje między surowcami w recepturze są bardzo duże.
- 2: Szczególnie się liczy, gdy proporcje między surowcami w recepturze są bardzo duże.
- 3: Szybkość jest najmniejsza w metodzie sekwencyjnej ze względu na kilkakrotne wydawanie materiałów w cyklu.
- 4: W sytuacji, w której nie wszystkie surowce używane są w każdej recepturze.
- 5: Zależy od procesu za zbiornikiem.
- 6: Jeśli podczas sporządzania partii nie wszystko przebiega zgodnie z założeniem, wygodniej jest rozwiązać problem lub wykonać pracę od nowa albo ponownie przepuścić surowce przez system, gdy są one jeszcze wzajemnie odseparowane, dopóki partia nie zostanie ostatecznie zatwierdzona.
- 7: W przypadku jednoczesnego sporządzania partii wszystkie wagi muszą być poprawnie wywzorcowane, aby odmierzane proporcje między wagami były poprawne. W metodzie sekwencyjnej i kumulacyjnej niedostatecznie wywzorcowane wagi (skądinąd działające poprawnie, pod względem liniowości, powtarzalności itd.) sprawią, że masa bezwzględna produktu końcowego będzie błędna, ale proporcje poszczególnych składników będą poprawne.



Rysunek 8: Ważenie materiałów dodawanych ręcznie poza linią

W praktyce, aby zaradzić niedostąkom jednej konkretnej metody, często stosuje się kombinacje metod. Na przykład system może zawierać zbiornik kumulacyjny do ważenia głównych składników, a jednocześnie niezależny zbiornik sekwencyjny do ważenia składników mniejszościowych i wyładowywania ich do zbiornika kumulacyjnego.



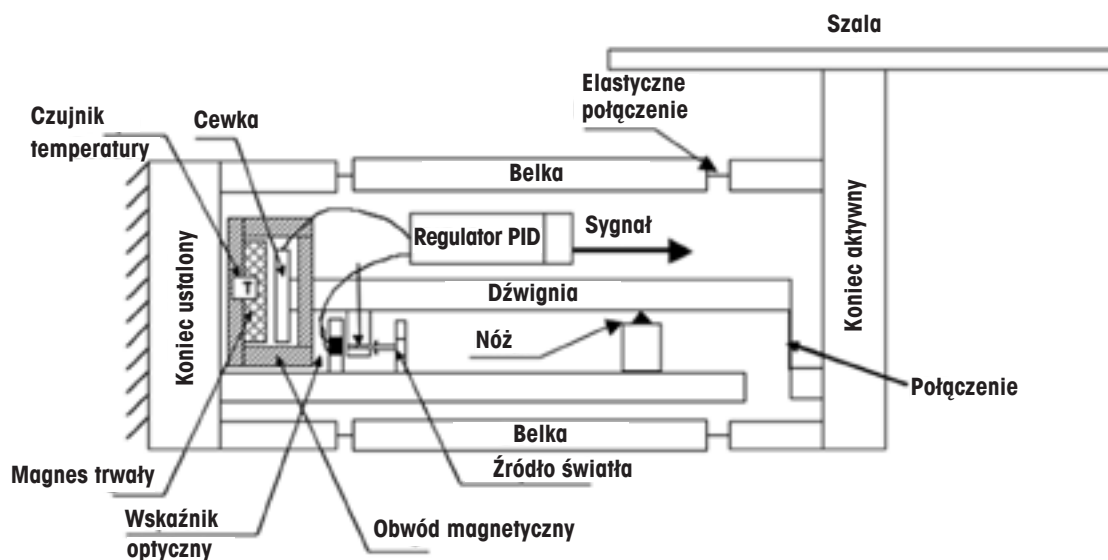
Waga platformowa K-Line oparta na technologii kompensacji siły magnetycznej

Dokładność wszystkich metod sporządzania partii można zwiększyć, ważąc składniki mniejszościowe, takie jak dodatki smakowe, aromaty i barwniki, na odpowiedniej wadze poza linią i dodając je ręcznie. Takie postępowanie jest szczególnie atrakcyjne w przypadku substancji stałych, gdyż w ten sposób unika się konieczności instalacji systemu podawania substancji stałych na zbiorniku. W tak ważnych aplikacjach często stosowane są (omawiane dalej) bardzo dokładne wagi platformowe WMH lub K-Line METTLER TOLEDO.

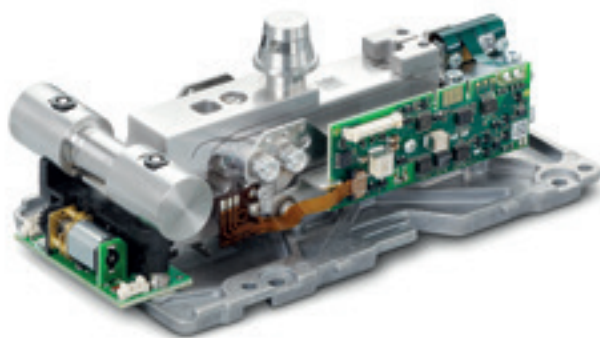
# Podstawy technologiczne

## Kompensacja siły magnetycznej

METTLER TOLEDO oferuje czujniki oparte na znakomitej technologii kompensacji siły magnetycznej (Magnetic Force Restoration, MFR), której dokładność jest około dziesięciokrotnie większa niż w przypadku innych czujników wagowych, opisanych w kolejnych rozdziałach. Na rysunku 9 przedstawiono budowę czujnika wagowego MFR (opis oraz porównanie z czujnikami tensometrycznymi zawiera poz. 4 z rozdziału Literatura).



Rysunek 9: Czujnik w technologii MFR METTLER TOLEDO



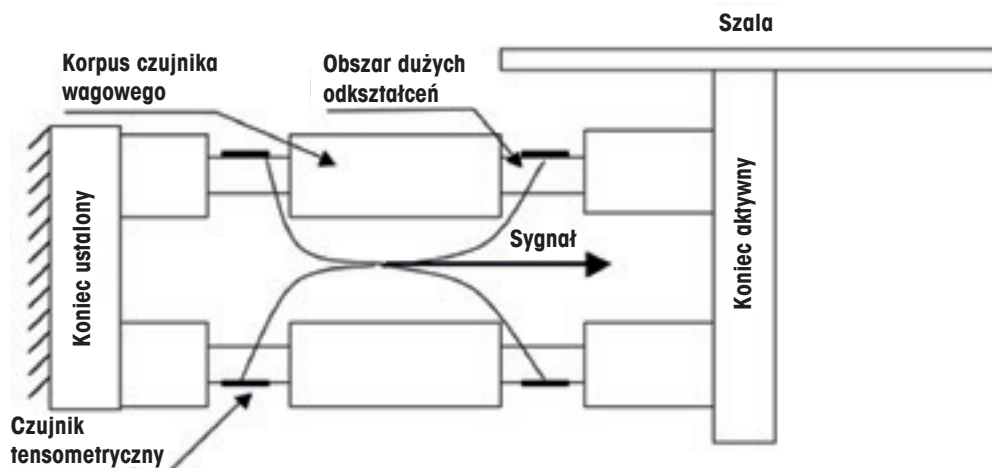
Czujnik wagowy MFR z układem wysokiej rozdzielczości w celu zapewnienia najlepszej dokładności.



Czujnik wagowy MFR w obudowie o stopniu ochrony IP66/67.

## Czujnik tensometryczny

Czujniki wagowe oparte na technologii czujników tensometrycznych są czujnikami wagowymi najczęściej używanymi w wagach przemysłowych. Ich wielka wszechstronność polega na tym, że tej samej technologii można używać w wagach o nośności od 3 kg do 600 t, a nawet większych. Można ich używać pojedynczo, a w przypadku większych wag – także w większej liczbie. Aby ułatwić integrację, METTLER TOLEDO udostępnia moduły wagowe w zestawach sprzętowych. Moduły te są dokładne, bezpieczne i solidne dzięki specjalnej konstrukcji opracowanej pod kątem współczesnych środowisk instalacyjnych i eksploatacyjnych (zob. pozycja 3 w rozdziale Literatura). Rozdzielczości metrologiczne sięgają klasy C6 wg OIML oraz 10 000 działek wg NTEP, klasa IIIM.



Rysunek 10: Czujnik oparty na tensometrach



Jednopunktowy czujnik wagowy w technologii tensometrycznej. Te czujniki wagowe zwykle są dostępne w zakresie od 3 kg do 2000 kg.



Hermetyczny belkowy czujnik wagowy w technologii tensometrycznej. Te czujniki wagowe zwykle są dostępne w zakresie od 5 kg do 5 t.



Czujnik wagowy typu S pracujący na rozciąganie w technologii tensometrycznej. Te czujniki wagowe zwykle są dostępne w zakresie od 50 kg do 10 t.



Pojemnikowy czujnik wagowy do dużych obciążeń w technologii tensometrycznej. Te czujniki wagowe zwykle są dostępne w zakresie od 7,5 t do 600 t.

## PowerMount™

METTLER TOLEDO produkuje cyfrowe czujniki wagowe od lat 80. XX wieku. Stały się one synonimem najwyższej klasy w różnych gałęziach przemysłu. Są to tensometryczne czujniki wagowe z konwerterem analogowo-cyfrowym (A/D) i mikroprocesorem w komplecie. Zapewniają lepszą jakość i działanie w porównaniu z tradycyjnymi analogowymi czujnikami wagowymi. METTLER TOLEDO oferuje teraz technologię PowerCell w modułach wagowych PowerMount™. Wnosi ona szereg korzyści do ważenia procesowego:



Moduł wagowy PowerMount™

1. Konserwacja zapobiegawcza. Waga monitoruje poszczególne czujniki wagowe i powiadamia użytkownika, jeśli stan którejkolwiek części systemu wskazuje na ewentualne wystąpienie problemu.
2. Brak skrzynki połączeniowej i odłączanych kabli. System PowerMount™ działa w sieci o topologii łańcuchowej, z kablem łączącym kolejne czujniki wagowe. Nie ma skrzynki połączeniowej typowej dla systemów analogowych, a często stanowiącej źródło niesprawności. Ponadto kable czujnika wagowego można odłączać, więc w razie uszkodzenia można wymienić same kable.
3. Przy wymianie podzespołów nie jest wymagane ponowne wzorcowanie. Wyjścia cyfrowego czujnika wagowego cechuje bardzo dobre dopasowanie, i to w takim stopniu, że ponowne wzorcowanie nie jest wymagane, gdy zachodzi potrzeba wymiany czujnika wagowego, kabla lub terminala.
4. Mocny sygnał cyfrowy o wysokiej odporności na zakłócenia RFI/EMI. Natężenie sygnałów analogowych jest bardzo niskie. Przyrost wartości na wyświetlaczu terminala zależy od wykrycia w sygnale zmiany wynoszącej około 5 milionowych części wolta ( $5 \mu\text{V}$ ).  
Do przesyłania danych moduł PowerMount® wykorzystuje magistralę CAN. Operuje ona bardzo odpornym na zakłócenia sygnałem cyfrowym o napięciu  $\pm 5 \text{ V}$  i jest powszechnie stosowana w przemyśle samochodowym.
5. Wyższe parametry. Dzięki mikroprocesorowi w każdym czujniku wagowym są kompensowane cyfrowo w stopniu zapewniającym wyższe parametry, sięgające klas OIML C10 i NTEP 10 000 III M.

Porównanie modułów wagowych PowerMount i analogowych zawiera poz. 5 w rozdziale Literatura.



# Wybór czujnika/wagi

Ważenie zbiorników różni się pod względem nośności, dokładności i technologii.






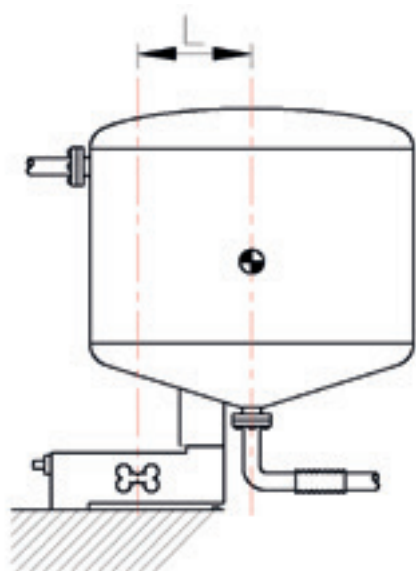
						
Kolumna		1	2	3	4	5
<b>Produkty oparte na czujnikach wagowych MFR</b>		Czujnik wagowy	Waga stołowa	Waga podłogowa	Czujniki/moduły wagowe	Czujniki/moduły wagowe
Waga stołowa, MFR	Nośność wagi kg/funty	–	32 / 70	–	–	–
	Rozmiar wagi cm/calca	–	28x35 / 11x14	–	–	–
	Atest: OIML/NTEP	–	II 32, III 6.4 / II 32, III 10	–	–	–
Waga podłogowa, MFR	Nośność wagi t/kilofunty	–	–	3 / 6	–	–
	Rozmiar wagi cm/calca	–	–	1,5x1,5 / 5x5	–	–
	Atest: OIML/NTEP	–	–	III 6 / –	–	–
<b>Produkty oparte na tensometrycznych czujnikach wagowych</b>						
Jednopunktowy czujnik wagowy	Liczba czujników wagowych	1	–	–	–	–
	Nośność wagi t/kilofunty	1 / 2,2	–	–	–	–
	Rozmiar wagi cm/calca	Patrz poniżej.	–	–	–	–
	Atest: OIML/NTEP	C3/IIIS 5	–	–	–	–
Czujnik wagowy lub moduł wagowy pracujący na ściskanie	Liczba czujników wagowych	–	–	–	3+	–
	Nośność wagi t/kilofunty	–	–	–	1000 / 2200	–
	Rozmiar wagi cm/calca	–	–	–	Brak ograniczeń	–
	Atest: OIML/NTEP	–	–	–	C10 / IIIM 10	–
Czujnik wagowy lub moduł wagowy pracujący na rozciąganie	Liczba czujników wagowych	–	–	–	–	1+
	Nośność wagi t/kilofunty	–	–	–	–	25 / 55
	Rozmiar wagi cm/calca	–	–	–	–	Brak ograniczeń
	Atest: OIML/NTEP	–	–	–	–	C3 / IIIM 5
Waga stołowa	Nośność wagi t/kilofunty	–	600 / 1000	–	–	–
	Rozmiar wagi m/stopy	–	60x80 / 24x32	–	–	–
	Atest: OIML/NTEP	–	III 6 / III 10	–	–	–
Waga podłogowa	Nośność wagi t/kilofunty	–	–	12 / 20	–	–
	Rozmiar wagi cm/calca	–	–	2x2 / 5x7	–	–
	Atest: OIML/NTEP	–	–	III 6 / III 5	–	–

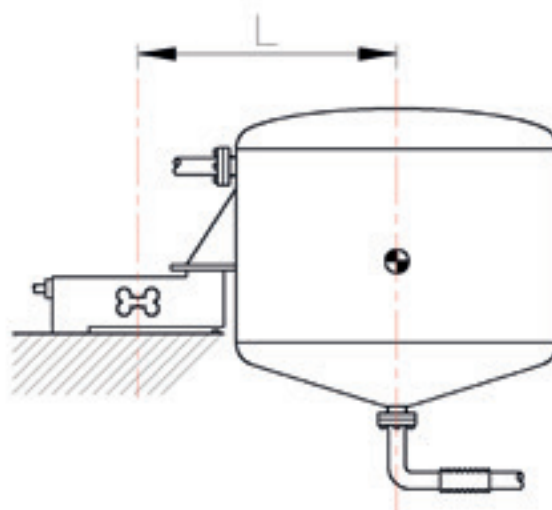
Tabela 2

## Jednopunktowe czujniki wagowe

Na rysunkach 11 i 12 przedstawiono zbiorniki zamontowane na jednopunktowych czujnikach wagowych. Te czujniki wagowe są przeznaczone do stosowania pojedynczo i skonstruowane tak, aby ważyły w granicach tolerancji mimo poprzecznego przemieszczenia środka ciężkości zbiornika. Jednopunktowe czujniki wagowe zwykle używane są w wagach stołowych, jak pokazano na rysunku 13. Jeden czujnik wagowy jest wyśrodkowany pod powierzchnią ważenia, a na wypadek takiej sytuacji w ich broszurach podany jest parametr „Max Platter Size” (Maksymalna wielkość szali). Gdy mają być używane tak, jak pokazano na rysunkach 11 i 12, środek ciężkości zbiornika najlepiej umieścić na osi podłużnej czujnika wagowego, przy czym wymiar L nie powinien przekraczać połowy maksymalnej wielkości szali podanej dla czujnika wagowego.



Rysunek 11: Mały zbiornik ważony na jednopunktowym czujniku wagowym



Rysunek 12: Mały zbiornik ważony na jednopunktowym czujniku wagowym odsuniętym w jedną stronę

Na przykład w przypadku czujnika wagowego MT1241 maksymalna wielkość szali wynosi 40x40 cm, co oznacza, że wymiar L dla tego czujnika nie może przekraczać 20 cm. Gdy wymiar L jest bliski tej wartości granicznej, należy z rezerwą dobierać nośność czujnika wagowego. W idealnym układzie wymiar L wyniósłby zero, tak że środek ciężkości zbiornika znalazłby się dokładnie nad środkiem czujnika wagowego, ale w praktyce rzadko udaje się go osiągnąć. Aby zapobiec uszkodzeniu czujnika wagowego, należy wykorzystywać blokadę przeciążenia. Gdy waga jest w ten sposób jednopunktowo zamontowana, należy zadbać o środki awaryjne do jej zabezpieczenia, aby ewentualna niesprawność czujnika wagowego lub elementu sprzętowego nie spowodowała strat materialnych ani obrażeń.

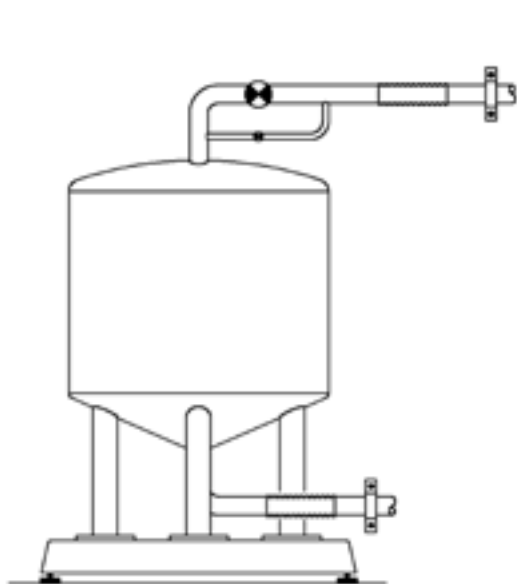
METTLER TOLEDO oferuje kompletny asortyment jednopunktowych czujników wagowych o nośnościach od 3 kg do 2000 kg, wykonanych z różnych materiałów, o różnych stopniach ochrony i z pełną gamą atestów.



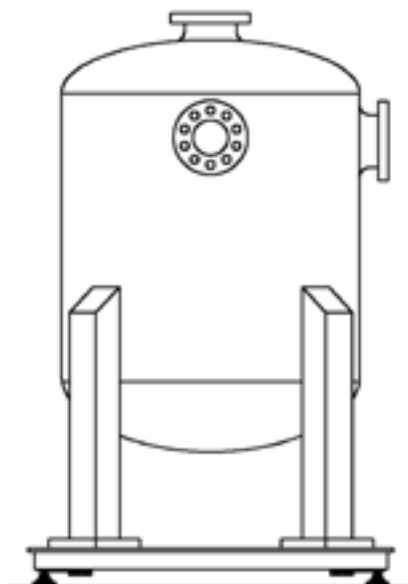
Jednopunktowy czujnik wagowy, model MT1241

## Wagi stołowe i podłogowe

Na rysunku 13 przedstawiono mały zbiornik zamontowany na typowej wadze stołowej, natomiast na rysunku 14 – większy zbiornik zamontowany na wadze podłogowej.



Rysunek 13: Mały zbiornik ważony na wadze stołowej



Rysunek 14: Zbiornik ważony na wadze podłogowej

Wagi podłogowe można zamontować na podłożu lub w zagłębieniu, jak pokazano na rysunku 21. W przypadku używania wag stołowych lub podłogowych zbiornik musi mieć stabilną konstrukcję zapobiegającą jego przewróceniu, ponieważ waga nie zapewnia ochrony przed uniesieniem. Ponadto należy się skonsultować z przedstawicielem METTLER TOLEDO w sprawie najlepszego umiejscowienia nóg zbiornika na powierzchni ważenia.

Odpowiednimi produktami są modele WMH i podstawy K-Line, o wielkości od 20 cm kwadratowych do 1,5 m kwadratowego i nośności od 3 kg do 3000 kg. Produkty te, jako zalegalizowane na poziomach do OIML i NTEP, klasa II 32000e, są około dziesięciokrotnie bardziej dokładne niż wagi oparte na czujnikach tensometrycznych i otwierają nowe możliwości w dziedzinie ważenia zbiorników. Mogą być wykonane ze stali galwanizowanej ognioowo lub stali nierdzewnej. Zawierają wbudowany wzorzec masy do regularnego okresowego.



Waga stołowa K-Line oparta na najnowocześniejszej technologii ważenia MFR



Waga podłogowa K-Line oparta na najnowocześniejszej technologii ważenia MFR

METTLER TOLEDO oferuje kompletny asortyment standardowych przemysłowych wag stołowych opartych na technologii tensometrycznej o nośnościach do 600 kg oraz wag podłogowych z większymi platformami o nośnościach do 12 t.

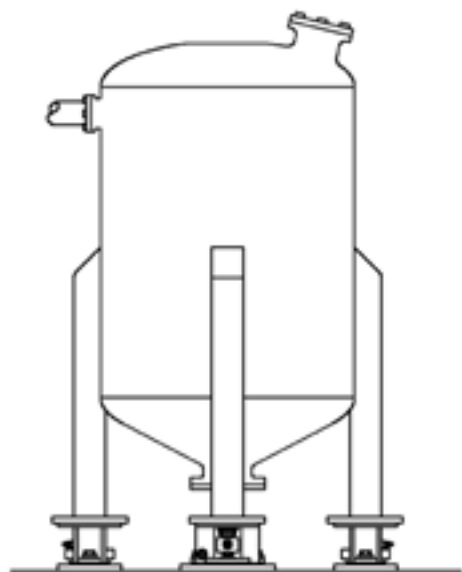


Waga stołowa, model PBD655

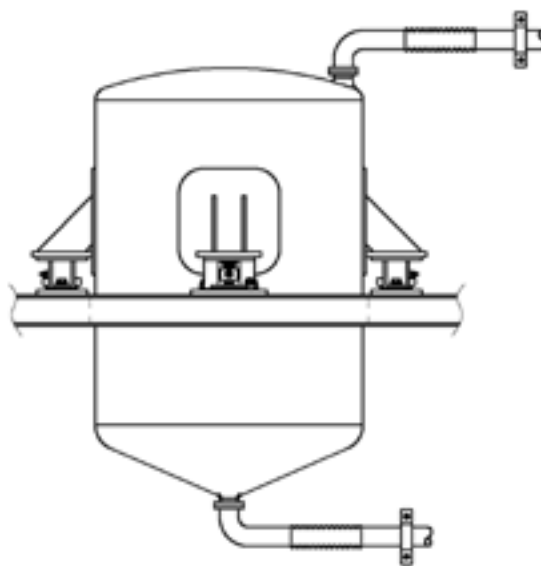


Waga podłogowa, model 2256 VLC

## Czujniki wagowe i moduły wagowe pracujące na ściskanie

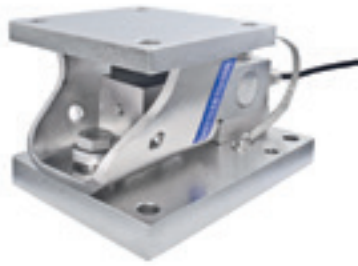


Rysunek 15: Zbiornik ważony na modułach wagowych pracujących na ściskanie



Rysunek 16: Zbiornik wagowy ważony na modułach wagowych pracujących na ściskanie, w metodzie „międzykondygnacyjnej”

Czujniki i moduły wagowe pracujące na ściskanie zapewniają największą wszechstronność pod względem ważenia zbiorników z zastosowaniem tej samej podstawowej koncepcji do zbiorników o nośności od 10 kg do 1000 t, a nawet większej. Należy zamontować co najmniej trzy takie czujniki lub moduły, aby waga była osadzona stabilnie, przy czym w przypadku wag kwadratowych i prostokątnych zazwyczaj montuje się cztery sztuki.



Moduł wagowy MultiMount pracujący na ściskanie z zintegrowanym tradycyjnym tensometrycznym czujnikiem wagowym.



Moduł wagowy PowerMount pracujący na ściskanie z zintegrowanym tensometrycznym czujnikiem wagowym i mikroprocesorem w komplecie.

Można je umieścić pod nogami zbiornika (rys. 15) lub w układzie międzykondygnacyjnym (rys. 16). Można wykorzystać czujniki wagowe, ale należy starannie zaprojektować prawidłowe mocowanie i wprowadzanie obciążenia, tak aby konstrukcja mogła się swobodnie rozszerzać i kurczyć pod wpływem temperatury. W ofercie są akcesoria montażowe, które ułatwią wykonanie prac, jednak wszystkie ograniczniki poziome i pionowe należy zapewnić we własnym zakresie.

Łatwiejsze podejście polega na użyciu modułów wagowych, w przypadku których wszystkie takie kwestie rozwiązano w konstrukcji modułu. Ponadto, używając modułów wagowych PowerMount™, można korzystać z licznych dodatkowych funkcji, na przykład z konserwacji zapobiegawczej.



Belkowy czujnik wagowy SLB215 z gwintowanym otworem na wprowadzenie obciążenia



Akcesoria montażowe do czujnika wagowego SLB215 ułatwiające jego prawidłową instalację



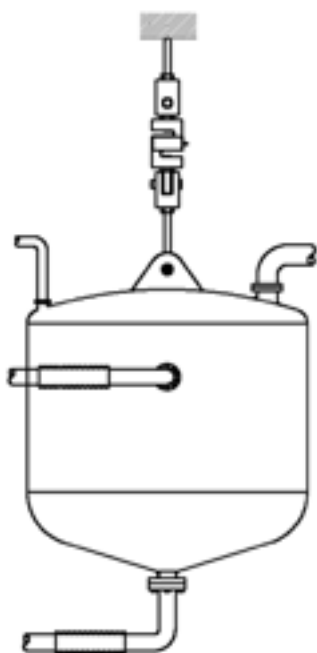
Belkowy czujnik pomiarowy 0745A ze ślepym otworem na wprowadzenie obciążenia



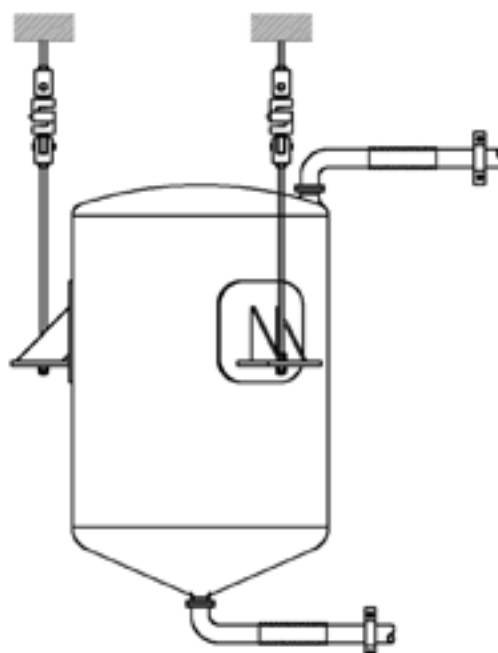
Akcesoria do czujnika wagowego 0745A umożliwiające optymalne wprowadzenie obciążenia i sprawność

## Czujniki wagowe i moduły wagowe pracujące na rozciąganie

Zbiorniki można podwiesić na jednym czujniku lub module wagowym pracującym na rozciąganie, jak pokazano na rysunku 17. Natomiast na rysunku 18 przedstawiono bardziej typową sytuację, w której zbiornik jest podwieszony na trzech modułach wagowych.



Rysunek 17: Mały zbiornik ważony na module wagowym pracującym na rozciąganie



Rysunek 18: Zbiornik ważony na modułach wagowych pracujących na rozciąganie

Ta metoda montażu może być wygodna w sytuacji, gdy już istnieje górna konstrukcja albo gdy podłoże pod wagą musi pozostać puste. Można ją stosować do wag o nośnościach od około 20 kg do 30 t.

Często są potrzebne poziome stabilizatory zapobiegające kołysaniu. Uzyskane dokładności są takie same jak w systemach pracujących na ściskanie. Tutaj również czujniki wagowe mogą być wykorzystane bezpośrednio albo można użyć modułów wagowych, takich jak moduły SWS310 zapewniające idealne wprowadzanie obciążenia, co skutkuje większą wygodą w integracji.

Wszystkie wagi zawieszane muszą mieć zabezpieczenie, takie jak na przykład łańcuchy i pręty (nie pokazane na rysunkach 17 i 18), w celu ochrony przed awarią systemu zawieszenia.



Moduł wagowy pracujący na rozciąganie SWS310



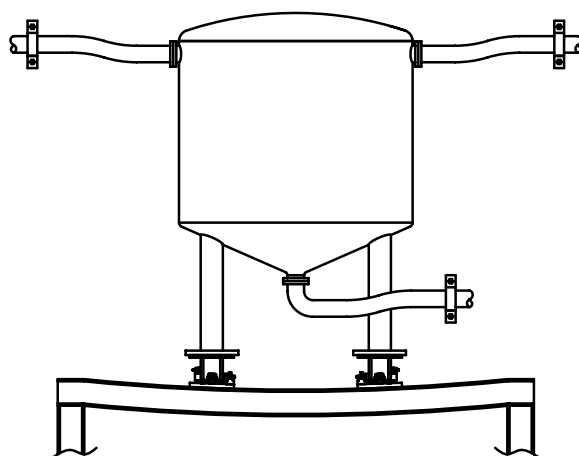
# Projektowanie i instalacja wag

## Orurowanie

Niektóre wagi zbiornikowe do cieczy nie mają przyłączonych rur. Z punktu widzenia dokładności ważenia jest to doskonała konstrukcja. Na rysunku 19 przedstawiono wagę, której zbiornik jest otwarty u góry i ma cztery nieprzyłączone rury wlotowe. Rura wylotowa również nie jest podłączona i jest przyłączana tylko w razie potrzeby. Dokładność pomiarowa takiej wagi zbiornikowej do cieczy może być zbliżona do wartości granicznych stosowanej technologii ważenia. Nieprzyłączone rury są oczywiście niepraktyczne w wielu sytuacjach, na przykład gdy ważone materiały są niebezpieczne lub toksyczne albo gdy waga musi być pod ciśnieniem.



Zbiornik z nieprzyłączonymi rurami



Rysunek 19: Ugięcie załadowanego zbiornika z przyłączonymi rurami

Po przyłączeniu rur można się spodziewać spadku dokładności ważenia. Przyczyna jest zilustrowana na rysunku 19, który przedstawia załadowany zbiornik z ugięciem konstrukcji nośnej w dół (znacznie przejeżdżanym) powodującym analogiczne ugięcie rur. Rury działają jak resory piórowe – wywierają opóźnioną siłę po załadowaniu wagi i powodują ugięcie w dół. Zależnie od sztywności rur siła opóźniona może być bardzo duża i powodować znaczne zmniejszenie masy rejestrowanej przez wagę. Gdyby rury były idealnie liniowymi sprężynami, wszystko byłoby w porządku, ponieważ ich oddziaływanie można by było skompensować przez kalibrację. Jednak rurom daleko jest do idealnych sprężyn za sprawą poślizgów, które mogą występować w zaciskach rur. Waga charakteryzuje się więc złą liniowością, histerezą, powtarzalnością i powrotem do zera. Problem ten może zostać rozwiązany przez zastosowanie następujących środków:



Zbiorniki z kilkoma przyłączonymi rurami

1. Zmniejszenie ugięcia wagi. Należy usztywnić konstrukcję nośną lub w miarę możliwości zamontować zbiornik na poziomie podłoża na sztywnym fundamencie betonowym. Należy pamiętać, że czujniki wagowe nieco się uginają, zwykle o 0,25 mm przy nośności znamionowej. Jest to nieodłączna cecha ich konstrukcji, której nie można uniknąć.
2. Zmniejszenie sztywności rur. Należy podłączyć tylko rury poziome i użyć odcinków węży elastycznych lub złączy kompensacyjnych.
3. Skalibrowanie z użyciem wzorców masy. Skalibrować wagę z zastosowaniem jednej z metod obciążenia wagi. Spowoduje to takie naprężenie rur, że terminal wagowy będzie mógł wykrywać i kompensować ich tłumiący wpływ na sygnał masy.

Podsumowując, najpierw należy zmniejszyć oddziaływanie orurowania na tyle, by było w uzasadnionym zakresie i liniowe, a następnie skalibrować wzorcem masy w celu wyeliminowania pozostałego oddziaływania. Aby uzyskać więcej informacji, zob. pozycja 1 w rozdziale Literatura.

## Wsparcie konstrukcyjne

Wsparcie konstrukcyjne zbiorników jest ważne ze względu na bezpieczeństwo i dokładność oraz tym ważniejsze, im większa jest nośność wagi. Oto niektóre przyczyny:

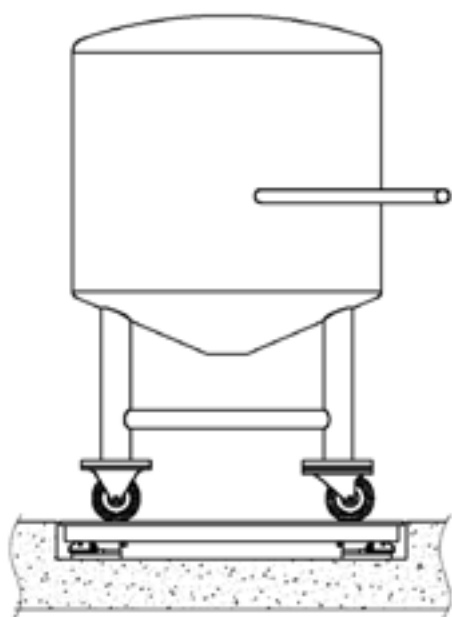
1. Ugięcie poziome wagi z obciążeniem powoduje nasilenie oddziaływania orurowania, jak wspomniano wcześniej.
2. Zmienna sztywność punktów podparcia powoduje przenoszenie ciężaru pomiędzy czujnikami wagowymi oraz może spowodować niedokładności pomiaru i uszkodzenie czujników wagowych.
3. Gdy na tej samej konstrukcji zamontowanych jest kilka wag, ugięcie może powodować wzajemne zakłócenia pomiędzy wagami podczas ich napełniania i opróżniania.
4. Waga musi być zablokowana w taki sposób, aby instalacja była bezpieczna we wszystkich warunkach – zarówno rutynowych, jak i szczególnych.

Aby uzyskać więcej informacji, zob. pozycja 1 w rozdziale Literatura.

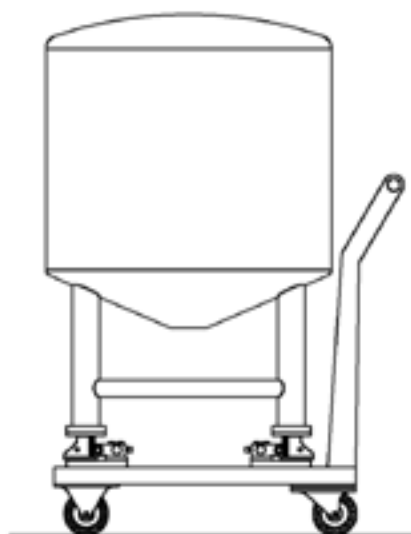
## Ważenie zbiorników przenośnych

Zbiornik przenośny można zważyć na zagłębionej wadze podłogowej (rys. 20). Jest to wygodne, gdy ważenie musi się odbywać tylko na jednym stanowisku. Jeśli zbiornik przenośny ma wbudowaną wagę w celu używania w różnych miejscach, w jego ramie można zamontować czujniki wagowe lub moduły wagowe (rys. 21). Należy pamiętać, że ramę trzeba koniecznie umieścić pod płytami podstawowymi modułów wagowych, ponieważ kółka samonastawne nie będą stabilne w przypadku zamocowania bezpośrednio do nich (zob. pozycja 1 w rozdziale Literatura).

Aby uzyskać dobrą dokładność, rury i przewody należy podłączyć do zbiornika przenośnego w sposób powtarzalny.



Rysunek 20: Zbiornik przenośny ważony na wadze podłogowej



Rysunek 21: Zbiornik przenośny z wbudowaną wagą

## Zakres ważenia czujników

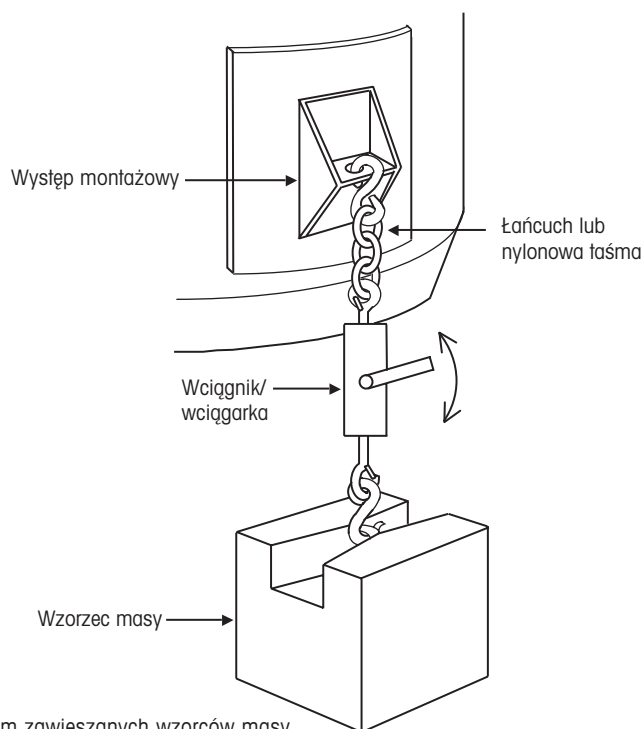
Ważne jest dobranie prawidłowego zakresu ważenia czujników do zastosowania. Jeśli będzie zbyt mały, może dojść do uszkodzenia czujnika; jeśli zbyt duży, zmniejszy się dokładność. Typowe podejście polega na zsumowaniu wszystkich obciążeń czujników, w tym obciążeń użytkowych i obciążeń ciężarem własnym (zob. również sekcja poświęcona reaktorom chemicznym), pomnożeniu uzyskanej wartości przez współczynnik bezpieczeństwa (zwykle 1,25) i podzieleniu przez liczbę czujników wagowych lub modułów wagowych. Następnie należy wybrać czujnik o takim zakresie ważenia lub następnym większym. W niektórych sytuacjach może być wymagane bardziej konserwatywne podejście. Mogą to być następujące sytuacje:

1. Obciążenia (dynamiczne lub statyczne) nie są znane.
2. Skoncentrowane obciążenie ciężarem własnym (np. mieszalnika) rozkłada się nierównomiernie.
3. Równomierny rozkład obciążenia jest trudny do uzyskania, na przykład gdy występują więcej niż 3 punkty podparcia.
4. Można oczekiwać sił powodowanych przez wiatr lub drgania sejsmiczne.
5. Punkt obciążenia na wadze może być w różnych miejscach.
6. Waga podlega obciążeniom udarowym.

Aby uzyskać więcej informacji, zob. pozycja 1 w rozdziale Literatura.

## Wzorcowanie

Dostępne są różne metody wzorcowania, które są kompromisem między dokładnością z jednej strony, a trudnościami i kosztami z drugiej. Poniżej znajduje się opis najważniejszych dostępnych metod: od najbardziej do najmniej dokładnych.

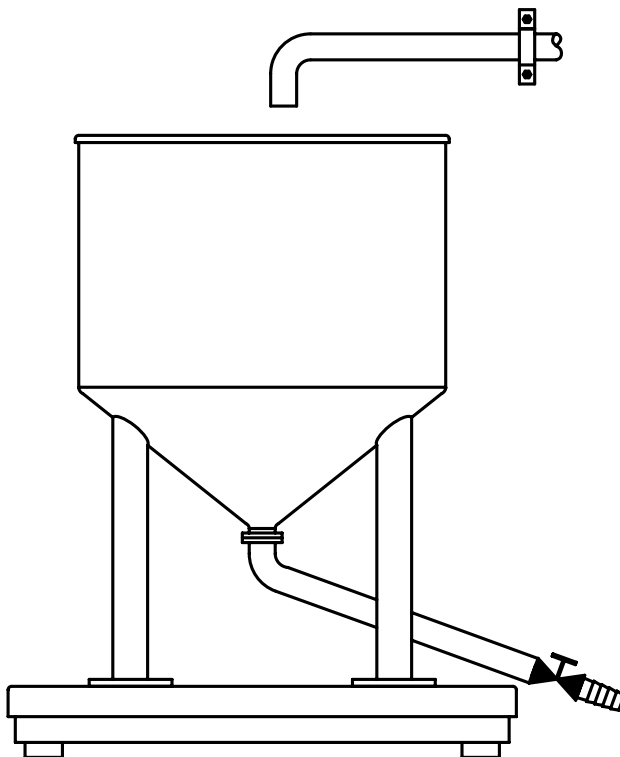


Rysunek 22: Kalibracja zbiornika z użyciem zawieszanych wzorców masy

**1. Wzorce masy.** Użycie wzorców masy jest metodą najdokładniejszą, wymagającą do wzorcowania wag dostępnych w handlu (dopuszczonych do obrotu). Wzorcowanie z użyciem wzorców masy jest dość łatwe w przypadku małych wag, ale coraz trudniejsze i mniej praktyczne wraz ze wzrostem nośności wagi. Zbiorniki nie mają płaskiej powierzchni, na której można umieścić wzorce masy, dlatego wcześniej należy zaplanować metodę obciążania, na przykład zamontować uchwyty z boku zbiornika przeznaczone do wieszania wzorców masy, jak pokazano na rysunku 22.

**2. Zastępowanie materiału.** W tej metodzie wymagane jest zastosowanie małych wzorców masy (od 5% do 10% nośności wagi). Wzorce masy są ustawiane na wadze i wykonywany jest odczyt wskazania wagi. Wzorce masy są zdejmowane, a materiał jest „zastępowany” (dodawany do wagi) do momentu, aż waga wskaże taką samą wartość. Ponownie dodawane są wzorce masy i wykonywany jest odczyt nowego wskazania wagi (mniej więcej o dwukrotnie większej wartości). Wzorce masy są zdejmowane, a materiał jest ponownie zastępowany do momentu, aż odczytana wartość zostanie ponownie wyświetlona. Ten proces jest kontynuowany do czasu, aż ilość materiału na wadze będzie wystarczająca do kalibracji. Ta metoda jest mniej dokładna niż metoda z użyciem wzorców masy, a ponadto dość pracochłonna.

**3. Transfer materiałów.** W tej metodzie materiał (np. woda) jest ważony na osobnej wadze referencyjnej i przenoszony do określonego zbiornika w celu wykonania wzorcowania. Metoda ta jest zależna od dokładności wagi referencyjnej i należy dołożyć starań, aby uniknąć strat materiału podczas transferu. Może być bardzo dokładna, jeśli waga referencyjna jest precyzyjną wagą METTLER TOLEDO opartą na technologii MFR i zostaną zminimalizowane oddziaływania orurowania, jak pokazano na rysunku 23.



Rysunek 23: Referencyjna waga zbiornikowa do cieczy

**4. CalFree™.** Jest to metoda wzorcowania teoretycznego dostępna z niektórymi terminalami METTLER TOLEDO. Wartości wyjściowe czujników wagowych (pochodzące z analogowych czujników wagowych) są uśredniane i wprowadzane do terminalu, który automatycznie wykonuje wzorcowanie. Jest to prosta i bardzo szybka metoda, ale ma też pewne ograniczenia. Nie może kompensować oddziaływań mechanicznych (np. orurowania) ani tłumienia sygnałów z czujników wagowych przez przewody, skrzynki przyłączeniowe ani bariery iskrobezpieczne w obwodzie. Dlatego typowa granica dokładności CalFree wynosi 0,2%.

W połączeniu z technologią cyfrową PowerCell stosowaną w modułach PowerMount, funkcja CalFree™ Plus zapewnia maksymalną możliwą dokładność przy wzorcowaniu teoretycznym. Terminal odczytuje wartości wyjściowe bezpośrednio z czujników wagowych i automatycznie wykonuje wzorcowanie. W obwodzie nie ma skrzynek przyłączeniowych, a przewody nie oddziałują na sygnały cyfrowe. W obliczeniach są również uwzględniane lokalne zmiany wartości przyspieszenia grawitacyjnego ( $g$ ). W tej metodzie jedno naciśnięcie przycisku powoduje skalibrowanie systemu do największej możliwej dokładności. Dokładność może być wyższa niż 0,1%, gdy nie ma oddziaływań mechanicznych (np. orurowania).

Aby uzyskać więcej informacji, zob. pozycja 1 w rozdziale Literatura.

# Wpływ na dokładność

## Materiały

Ważenie procesowe z użyciem zbiorników związane jest głównie z materiałami ciekłymi, ale czasem także z cieczami zawierającymi gazy i ciała stałe. W takich przypadkach produkt końcowy i tak jest zwykle płynną pastą lub zawiesiną. Aby uzyskać większą dokładność, należy wziąć pod uwagę kilka zaleceń dotyczących materiału:

1. Przepływ materiału ze zbiornika do podajnika powinien się odbywać w sposób ciągły, bez przerw. Tam, gdzie dostarczanie materiału może być przerywane, należy zapewnić odpowiedni jego zapas buforowy.
2. Porcjowanie według masy nie jest tak bardzo zależne od właściwości materiałów jak inne techniki. Jednak jeśli system ma zapewniać najwyższą dokładność, należy zminimalizować zmienność właściwości materiałów, takich jak lepkość, gęstość czy ziarnistość. Należy regulować temperaturę i wilgotność materiałów w sytuacjach, gdy parametry te mogą istotnie wpływać na charakterystykę przepływu.
3. Należy regulować ciśnienie cieczy przed zaworami napełniającymi. Trudno to osiągnąć środkami mechanicznymi; łatwiej jest utrzymywać wysokość ciśnienia statycznego w zbiorniku zasobnikowym.
4. Należy utrzymywać stały poziom materiałów stałych nad podajnikami, takimi jak zsypy suwakowe i szczękowe.
5. Należy zatrzymać proces porcjowania, gdy przepływ materiału jest nieregularny. Wznawiać go wyłącznie po zgromadzeniu wystarczającego zapasu buforowego.

## Podajniki

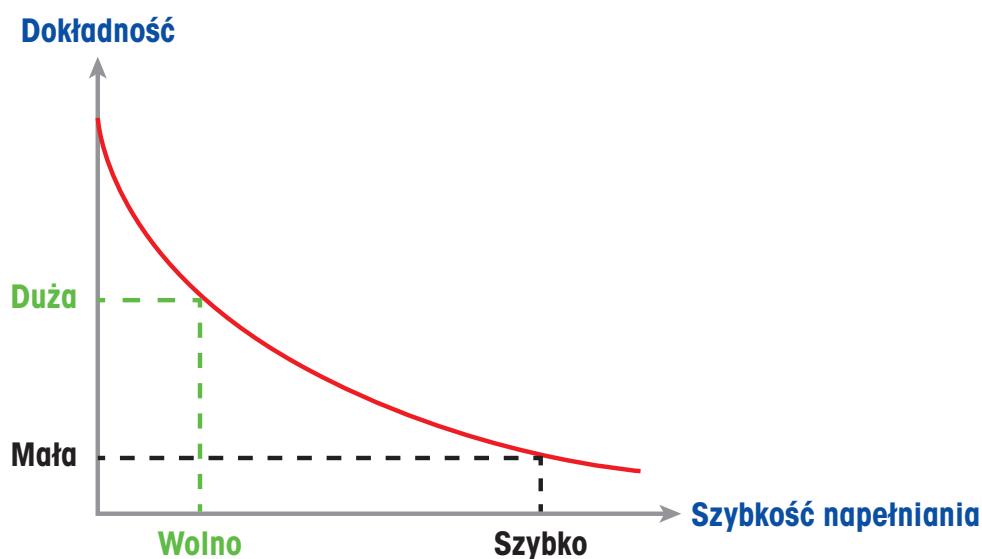
Termin „podajnik” jest tutaj używany w najszerszym znaczeniu, tzn. obejmuje urządzenia zarówno przemieszczające materiał i regulujące jego przepływ, jak i urządzenia tylko regulujące przepływ, np. zawory. Sposób działania tych urządzeń może znacznie wpływać na spójność i dokładność porcjowania. Najlepiej byłoby, gdyby reagowały i odcinały przepływ materiału natychmiast, natomiast przynajmniej ich czas reakcji i czas działania powinny być stałe i niezależne od właściwości materiałów, takich jak lepkość czy wielkość/twardość cząstek stałych. Sam typ konstrukcji niektórych podajników sprawia, że są dokładniejsze niż inne, ale wybór może być ograniczony właściwościami materiału. Aby uzyskać większą dokładność, należy wziąć pod uwagę:

1. Urządzenia z napędem silnikowym mają tendencję do poruszania się rozpędem aż do zatrzymania. Może na to wpływać zmienność właściwości materiału i stan urządzenia. Najlepiej używać silnika z hamulcem, aby zapewnić bardziej regularne zatrzymania.
2. W urządzeniach pneumatycznych zasilanie powietrzem powinno być kondycjonowane i regulowane, aby zapewnić stałość czasów reakcji i działania.
3. Tam gdzie ma zostać zastosowane napełnianie dwuprędkościowe, zazwyczaj bardziej odpowiednia jest sytuacja, gdy podajnik może realizować to napełnianie przez modulację przepływu. W przeciwnym razie należy zamontować równoległe podajniki o różnej wydajności i wybiórczo je uruchamiać.
4. Tam gdzie ma być stosowana funkcja wstrząsania, podajnik musi być przystosowany do regularnego uruchamiania na krótką chwilę bez uszkodzenia.



# Szybkość a dokładność

Napełnianie jest operacją dynamiczną z odwrotną zależnością między szybkością a dokładnością, jak pokazano na rysunku 24. Im większa szybkość napełniania, tym mniejsza dokładność, i odwrotnie. Dokładny przebieg i skala tego wykresu różnią się w przypadku każdego zbioru warunków i zależą od wykorzystywanych urządzeń wagowych i podających, całościowej konstrukcji, materiału oraz otoczenia. Wraz ze zbliżaniem się szybkości napełniania do zera dokładność ważenia zbliża się do oczekiwanej dokładności ważenia statycznego wagi.



Rysunek 24: Szybkość a dokładność napełniania

Po poznaniu tej charakterystyki można wybrać punkt pracy stanowiący kompromis między potrzebą wyższej dokładności ważenia i minimalizacji strat z jednej strony a potrzebą większej szybkości napełniania z drugiej. W różnych częściach niniejszego dokumentu znajdują się wskazówki dotyczące sposobów poprawy dokładności. Poniżej wymieniono najważniejsze warunki szybkiego i dokładnego porcjowania:

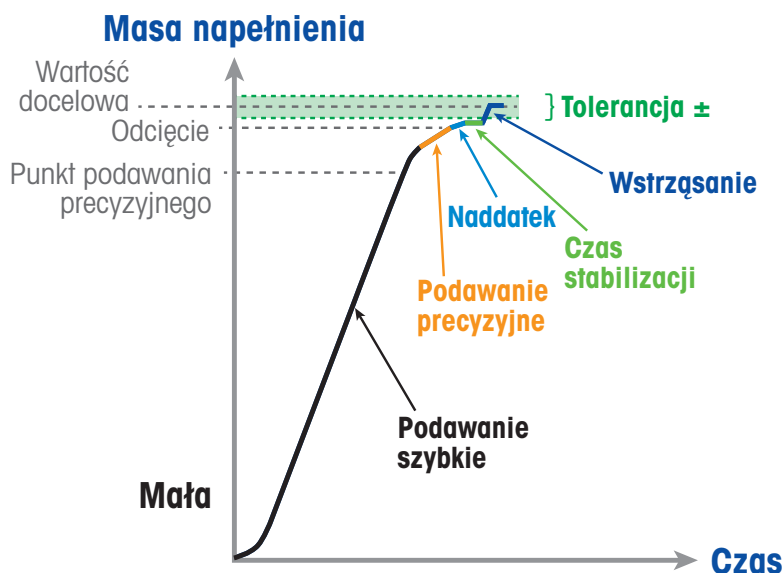
1. Należy starannie wybrać metodę porcjowania, szczególnie w przypadku dużych różnic masy najbliższych i najcięższych składników receptury. Należy zwrócić uwagę na systemy hybrydowe i rozważyć ręczne dodawanie składników o znaczeniu krytycznym. Patrz rozdział „Wybór odpowiedniego procesu porcjowania”.
2. Należy wybrać terminal z wysokiej jakości przetwornikiem A/D oraz wysoką częstotliwością wewnętrznej aktualizacji. Aby reagować na czas w kluczowych momentach cyklu napełniania, potrzebne są niezwykle dokładne informacje o ważeniu uzyskiwane bardzo szybko. Wysoka częstotliwość aktualizacji danych pierwotnych jest mniej przydatna niż niższa częstotliwość aktualizacji danych przetworzonych przez algorytmy filtrujące, takie jak algorytmy TraxDSP METTLER TOLEDO, zaadaptowane do urządzeń technologicznych i środowiska. Ogólnie można stwierdzić, że algorytmy filtrujące opracowane przez producentów urządzeń wagowych są lepsze od algorytmów umieszczonych w sterownikach PLC lub innych.
3. Należy wybrać terminal o wysokiej częstotliwości aktualizacji sygnałów przesyłanych magistralą we/wy oraz podajniki, które reagują i działają szybko i powtarzalnie w dłuższym okresie.
4. Należy skontrolować otoczenie (pod kątem szumów spowodowanych urządzeniami mechanicznymi i elektrycznymi) i wybrać terminal o zaawansowanych funkcjach filtrowania, które można dostroić do konkretnego środowiska.

5. Na rysunku 25 wskazano jeden ze sposobów rozwiązania problemu zależności między szybkością a dokładnością. Można napełnić większą część zbiornika szybko i z małą dokładnością, a pod koniec napełniać wolno i z dużą dokładnością. Innymi słowy należy wykorzystywać napełnianie dwuprędkościowe omówione dokładnie poniżej. Nie ma żadnych negatywnych konsekwencji napełniania większej części zbiornika z małą dokładnością, jeśli tylko w odpowiednim momencie nastąpi przejście na napełnianie dokładne. To konwencjonalne podejście do uzyskiwania zadowalającej równowagi między szybkością a dokładnością napełniania jest obecnie powszechnie stosowane.
6. Można użyć sterownika z zaawansowanymi algorytmami sterującymi, które dla każdego napełnienia tworzą w czasie rzeczywistym matematyczny model uczący się i kompensujący automatycznie. Takie bardzo zaawansowane sterowniki umożliwią zwiększenie szybkości i poprawę dokładności napełniania przy wykozystaniu prostszego, jednoprędkościowego procesu napełniania. Patrz sekcja „Sterownik IND780 Q.IMPACT”.

## Sterowanie procesem

### Proces napełniania

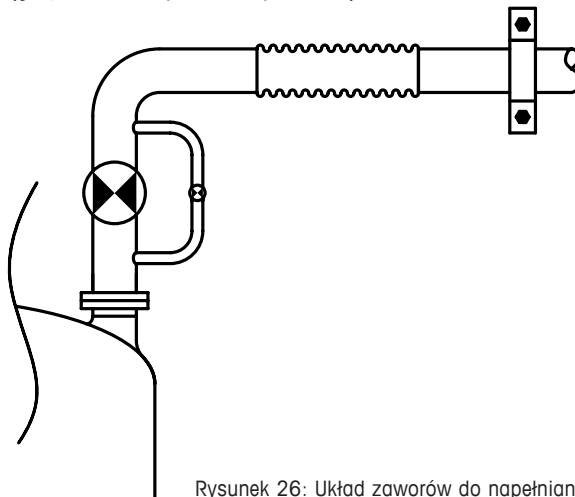
Na rysunku 25 przedstawiono wykres zależności masy napełnienia od czasu w konwencjonalnej operacji napełniania dwuprędkościowego. W zależności od wymaganej dokładności, do typowej operacji napełniania mogą zostać włączone niektóre lub wszystkie elementy. U góry pokazana jest docelowa masa napełnienia wraz z polem tolerancji  $\pm$ . Cykl napełniania można podzielić na kilka faz, które również pokazano na wykresie. Po pewnym czasie od pierwszego uruchomienia podajnika przepływ materiału stabilizuje się i masa wzrasta liniowo. Jest to faza szybkiego podawania, która obejmuje większość czasu i masy napełnienia. Po niej występują dodatkowe fazy, w których masa napełnienia zbliża się do wartości docelowej, aż znajdzie się w granicach tolerancji. Poniżej wyjaśniono terminy znajdujące się na wykresie.



Rysunek 25: Operacja napełniania dwuprędkościowego

### Podawanie szybkie i precyzyjne

Połączenie podawania szybkiego i precyzyjnego jest popularnie określane „napełnianiem dwuprędkościowym”. Technika ta pozwala poprawić jednocześnie szybkość i dokładność napełniania. W okresie podawania szybkiego większość materiału jest podawana bardzo szybko, po czym szybkość podajnika jest zmniejszana do szybkości podawania precyzyjnego, przy której można dokładniej sterować końcowymi etapami. Na przykład 97% docelowej masy napełnienia można wprowadzić w fazie szybkiej, po czym można przełączyć podajnik na 1/10 znamionowej szybkości (podawanie precyzyjne) w celu napełnienia pozostałych 3%.



Rysunek 26: Układ zaworów do napełniania dwuprędkościowego

Napełnianie dwuprędkościowe można realizować na przykład przez zmianę prędkości obrotowej silnika podajników śrubowych lub bębnowych.

W przypadku cieczy bardziej skuteczne mogłoby być równoległe zamontowanie dwóch prostych zaworów dwupołożeniowych (z położeniami: otwarte/zamknięte), jak pokazano na rysunku 26. W jednym odgańzieniu natężenie przepływu mogłoby być 10 razy większe niż w drugim. W fazie szybkiego napełniania oba zawory byłyby otwarte, po czym zawór szybkiego podawania byłby zamykany w celu zapewnienia dokładnego napełniania.

### Naddatek

Gdy urządzenie podające odcina przepływ, istnieje pewna ilość materiału w ruchu, która już opuściła podajnik, ale nie została jeszcze zarejestrowana na wadze. Materiał ten jest nazywany naddatkiem, porcją wyrzuconą przed odcięciem lub materiałem w locie.

Ilość naddatku zależy od wysokości podajnika i szybkości podawania. Niektóre terminale mają funkcje kompensacji naddatku powodujące wcześniejsze zatrzymanie podajnika, jednak zasadniczo naddatek jest źródłem zmienności i błędów, dlatego należy go minimalizować. Wskazówki jak minimalizować naddatek i poprawić dokładność:

1. Należy maksymalnie skrócić odległość od zaworów lub podajników do zbiornika.
2. Zastosować napełnianie dwuprędkościowe, aby zminimalizować natężenie przepływu w momencie odcięcia.

Należy zauważyć, że w operacjach ważenia trzeba brać pod uwagę ilość materiału, która opuściła podajnik przed jego pełnym zamknięciem, ale naddatek nie ma znaczenia w tej metodzie ważenia.

### Wstrząsanie

Funkcja wstrząsania włącza na chwilę podajnik w celu dostarczenia niewielkiej ilości dodatkowego materiału do zbiornika z niedowagą. Zbiornik jest napełniany normalnie aż do odcięcia, po czym następuje przerwa na stabilizację i porównanie masy napełnienia z masą docelową. W razie stwierdzenia niedowagi można włączyć funkcję wstrząsania i uzupełnić brak. Ta metoda jest skuteczna tylko w przypadku niewystarczającego napełnienia.

## Sterowanie

W operacjach ręcznego napełniania waga wyświetla masę zbiornika operatorowi sterującemu podajnikiem, w razie potrzeby reguluje masę końcową napełnienia oraz decyduje, czy napełnienie mieści się w dopuszczalnych granicach. Operator wykonuje te czynności dla każdego składnika, a następnie decyduje, czy cała partia materiału jest dopuszczalna. Terminal nie wymaga do takiej operacji danych we/wy. Może jednak wysyłać informacje o masie składników i partii materiału do innego systemu na potrzeby kontroli zapasów i identyfikowalności. Do tego celu można użyć prawie każdego prostego terminala METTLER TOLEDO.



Rysunek 27: Operacja napełniania ręcznego

Najczęściej jednak waga steruje podajnikami z różnymi poziomami automatyzacji, aż do sterowania w pełni automatycznego. Waga kontroluje każdy składnik i decyduje, kiedy partia materiału jest dopuszczalna. Na rysunku 27 pokazano wagę zbiornikową z analogowymi modułami wagowymi. Czujniki wagowe są podłączone do skrzynki przyłączeniowej, w której sumowane są ich odczyty, a ta z kolei do terminala. Napełnianie można kontrolować na trzy sposoby:

1. W przypadku systemu autonomicznego terminale METTLER TOLEDO IND560, IND690 i IND780 mogą sterować systemem porcjowania o niskim lub średnim stopniu złożoności, w którym nie jest wymagany sterownik PLC/PAC. Terminale te można wyposażyć w opcjonalne oprogramowanie przeznaczone do napełniania. Potrafi ono obsługiwać wszystkie funkcje opisane we wcześniejszych sekcjach.



Terminal IND560 do napełniania

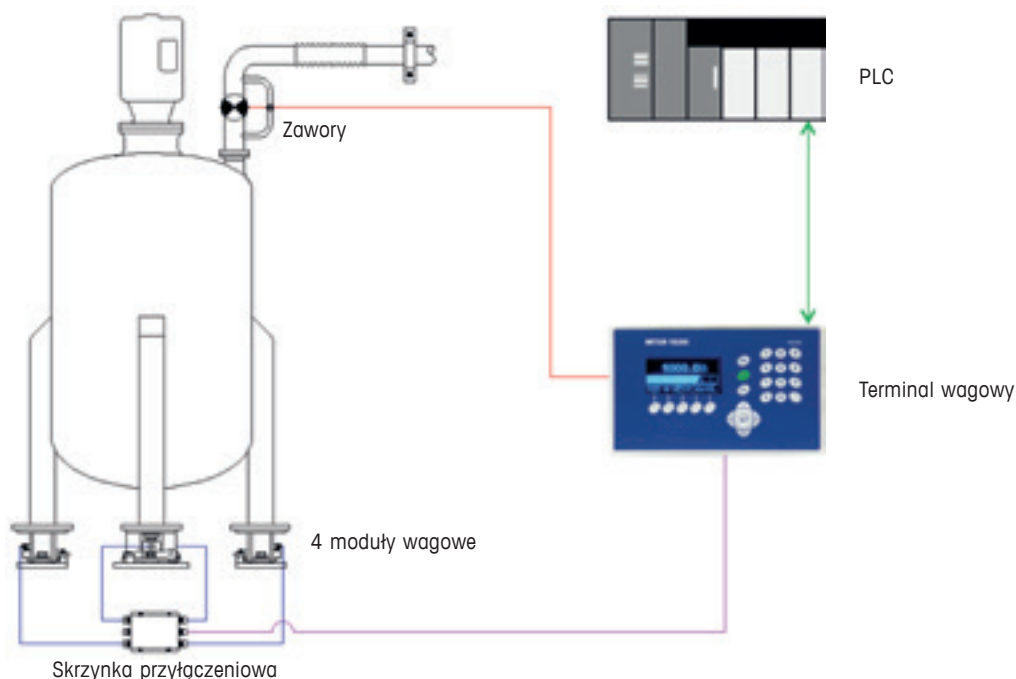
2. Prosty terminal, taki jak model IND131, może przekazywać odczyty mas tylko do sterownika PLC/PAC, który może wykonywać wszystkie funkcje sterujące.



Terminal IND131 montowany na szynie DIN

3. Na rysunku 28 pokazano system hybrydowy. Sterowanie napełnianiem jest wykonywane przez terminal taki jak IND560, IND690 lub IND780, natomiast sterownik PLC/PAC kontroluje całościowy proces. Sterownik PLC/PAC może nakazywać, kiedy należy wykonać napełnianie, a także podawać parametry napełniania, np. docelową masę i tolerancję dla każdego składnika. Dane te są jednak pobierane to terminala, który autonomicznie realizuje proces porcjowania. Po zakończeniu porcjowania terminal może wysłać do sterownika PLC/PAC dane sprawozdawcze na potrzeby archiwizacji, kontroli zapasów itd.

Taka konfiguracja ma kilka zalet. Terminal zajmuje się wyłącznie odczytywaniem masy i sterowaniem podajnikami, czyli najważniejszymi procesami każdej operacji porcjowania. Bardzo ważne jest odcięcie podajnika w odpowiednim momencie, a terminal może wykonać tę czynność najszybciej i bez zakłóceń. Ponadto terminale są dostępne z pakietami oprogramowania zaprojektowanymi specjalnie do zaawansowanego sterowania operacjami napełniania i porcjowania. W konfiguracji 2 system sterowania zawiera więcej urządzeń. Rodzi to niebezpieczeństwo opóźnienia, szczególnie na sterowniku PLC/PAC, jeśli w momencie, gdy trzeba zainicjować odcięcie, akurat wykonuje on inną operację.



Rysunek 28: System hybrydowy sterowania porcjowaniem ze sterownikiem PLC i terminalem wagowym

## Terminale

Terminal jest podstawowym składnikiem każdego systemu wagowego. Dostarcza napięcie wzbudzenia to analogowych czujników wagowych i odbiera ich analogowe sygnały wyjściowe. Wykonuje konwersję analogowo-cyfrową, filtrowanie i przetwarzanie w celu wygenerowania skalibrowanej wartości masy przeznaczonej do wyświetlenia, bezpośredniego sterowania procesem lub wysłania do innych urządzeń.



Terminal  
IND560

### Konwersja analogowo-cyfrowa i filtrowanie

Przetwornik analogowo-cyfrowy jest sercem operacji. Konwersja musi się odbywać bardzo szybko, aby terminal mógł śledzić postęp napełniania i aktywować odcięcie w odpowiedniej chwili. Niestety, sygnał analogowy jest zanieczyszczony szumami elektrycznymi generowanymi przez okoliczne urządzenia elektryczne oraz szumami mechanicznymi generowanymi przez inne maszyny, takie jak mieszalniki, pompy, ubijarki, a nawet przez samo napełnianie.

Zastrzeżony prawnie system TraxDSP™ METTLER TOLEDO łączy w sobie ultraszybką technologię konwersji analogowo-cyfrowej (do 366 Hz), dostrajalne wielostopniowe filtry cyfrowe oraz opatentowane algorytmy kompensacji, co łącznie pozwala błyskawicznie i w sposób ciągły monitorować część sygnału z czujnika wagowego przekazującą dane o rzeczywistej masie. Szumy mechaniczne i elektryczne różnią się w zależności od instalacji (np. pod względem częstotliwości i amplitudy). W związku z tym system TraxDSP™ można dostroić do konkretnych warunków, optymalizując szybkość, stabilność i dokładność pomiarów, co skutkuje ultraszybkim (50 Hz) wewnętrznym porównywaniem z wartościami docelowymi i zapewnia najlepszą w klasie dokładność napełniania i porcjowania. System TraxDSP™ jest dostarczany standardowo w terminalach do zarządzania procesami, takich jak IND131, IND560 i IND780.



Zewnętrzny moduł we/wy ARM100



## Cyfrowe wejście/wyjście

Bardziej zaawansowane terminale mają szereg wewnętrznych i zewnętrznych wejść/wyjść cyfrowych. Wewnętrzne wejścia/wyjścia są ograniczone, ale często wystarczają do wykonywania prostych operacji napełniania i porcjowania. Wiele terminali może też korzystać z zewnętrznych modułów wejść/wyjść, np. METTLER TOLEDO ARM100, w przypadku bardziej złożonych systemów.

## Komunikacja

W dzisiejszym świecie kluczową rolę odgrywa łączność. Terminale mogą zapewnić szereg standardowych i opcjonalnych interfejsów szeregowych, takich jak RS232/422/485, oraz interfejsów Ethernet TCP/IP i PLC. Wymieniono je w tabeli 3.

Interfejsy PLC
• Analogowy 4–20 mA
• AB RIO
• ControlNet
• DeviceNet
• Ethernet/IP
• Modbus RTU
• Modbus TCP
• Profibus DP
• Profinet
• CC-Link

Tabela 3:

## IND780batch

Terminal METTLER TOLEDO IND780batch łączy w sobie wiele opcji sterowania z łatwością konfiguracji w zastosowaniach z wykorzystaniem maksymalnie czterech wag. Funkcje i zalety:

- Zgodność z normą ISA S88, zapewniająca zgodny protokół operacji porcjowania.
- Maks. 40 wejść i 56 wyjść, co umożliwia maksymalną elastyczność konfiguracji sterowania.
- Zapis maks. 1000 receptur z aż 99 etapami na recepturę i możliwość sterowania 42 automatycznymi podajnikami materiału.
- Konfigurowalna na bieżąco zmiana skali receptur i tworzenie sekwencji receptur.
- Tryb ręczny, półautomatyczny i automatyczny, z komunikatami definiowanymi przez użytkownika i uproszczonym gromadzeniem danych dla operatorów.
- Komputerowe narzędzie konfiguracyjne BatchTool 780 upraszczające tworzenie receptur i sekwencji, rejestrację śledzenia i monitorowania, konfigurowanie parametrów bezpieczeństwa, raportowanie wykorzystania oraz tworzenie kopii zapasowych konfiguracji i przywracanie konfiguracji.
- Ekran widoków urządzeń pokazujące status systemu, które umożliwiają zaawansowaną diagnostykę.



Terminal IND780

Kompaktowe urządzenie IND780batch obsługuje jedną wagę i ma następujące funkcje i zalety:

- Niezależny, samodzielny sterownik porcjowania
- Układ logiczny automatycznego podawania 10 materiałów, układ zrzutu całkowitego i układ sterowania urządzeniami pomocniczymi
- Przyciski startu/wznowienia oraz wstrzymania/przerwania
- Kontrolka sygnalizacyjna statusu



Kompaktowy terminal IND780batch

### Sterownik IND780 Q.iMPACT

Terminal IND780 z zaawansowanym oprogramowaniem do zarządzania przekazywaniem materiału Q.iMPACT reprezentuje najnowocześniejsze sterowniki napełniania i porcjowania. Opatentowane algorytmy predykcyjnego sterowania adaptacyjnego tworzą w czasie rzeczywistym matematyczny model każdego napełnienia, zapamiętując i automatycznie kompensując naturalne odchyłki procesu podczas każdego podawania. W systemie wykorzystywane jest proste jednopiętrowe sterowanie (włączanie/wyłączanie), co znacznie zmniejsza złożoność systemu oraz koszty zakupu i serwisowania. Przy sterowaniu jednopiętrowym napełnianie jest szybsze oraz znacznie dokładniejsze niż w konwencjonalnych układach. W ten sposób przedsiębiorstwo może osiągnąć wyższą wydajność produkcyjną przy niższych kosztach kapitałowych i jednocześnie poprawić jakość i jednorodność produktów. Specjalne narzędzie konfiguracyjne instalowane na komputerze ułatwia ustawienia i konfigurację.



Terminal IND780 Q.iMPACT

# Reaktory chemiczne

Reaktory chemiczne mogą stwarzać problemy z perspektywy ważenia. Omówiono to w kolejnych sekcjach. Niektóre z tych problemów dotyczą również ważenia zbiorników, ale zwykle w mniejszym stopniu.



Rysunek 29: Zbiornik do ważenia

## Typy reaktorów i przydatność technologii ważenia

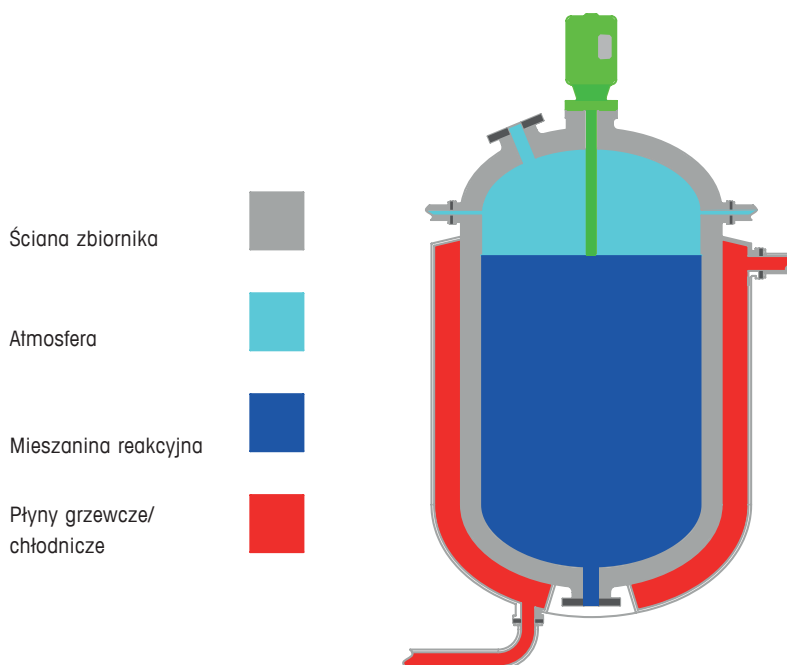
Reaktor partii materiału (rys. 29) jest zbiornikiem, do którego są dodawane wszystkie materiały wejściowe (odczynniki, katalizator i reagenty) przed rozpoczęciem reakcji przez (na przykład w przypadku reakcji endotermicznej) podniesienie temperatury mieszaniny reakcyjnej. W trakcie reakcji nie są dodawane ani zrzucane żadne materiały. Produkt i ścieki są zrzucane tylko po zakończeniu reakcji.

Reaktor półpartii materiału przypomina reaktor partii materiału; różni się tym, że na początku są dodawane wszystkie materiały wyjściowe z wyjątkiem jednego odczynnika. Odczynnik ten jest następnie dozowany w celu kontrolowania szybkości reakcji. W innym trybie reaktor półpartii materiału zaczyna pracę z wszystkimi materiałami wejściowymi (podobnie jak reaktor partii materiału), ale produkt jest zrzucany z kontrolowaną szybkością w miarę postępu reakcji. Nie zdarza się to często, ale reaktor półpartii materiału może być wykorzystywany do obu zadań – dozowania odczynnika i zrzutu produktu lub ścieków w trakcie reakcji.

Jedną z możliwości kontrolowania masy jest proporcjonalne dodawanie materiałów wejściowych do wag zbiornikowych do cieczy z wykorzystaniem opisanych wcześniej metod porcjowania jednoczesnego lub sekwencyjnego, z rozładunkiem materiału z wag bezpośrednio do reaktora.

Inną możliwością jest zamontowanie wagi do reaktora i zastosowanie metody porcjowania kumulacyjnego do porcjowania materiałów wejściowych. W przypadku reaktorów półpartii materiału wagi można też użyć do dozowania dodatkowych odczynników lub zrzutu produktu. Problem pojawia się tylko wtedy, gdy dozowanie i zrzut muszą odbywać się jednocześnie i nie można ich wykonywać naprzemiennie.

W reaktorze z mieszadłem i przepływem ciągłym (CFSTR) operacje dodawania składników i zrzut produktu i ścieków wykonywane są jednocześnie. W takim reaktorze nie można stosować technologii ważenia.



Rysunek 30: Przekrój poprzeczny typowego reaktora partii materiału

## Obciążenie ciężarem własnym

Na rysunku 30 przedstawiono przekrój poprzeczny typowego reaktora partii materiału. Na obciążenie ciężarem własnym reaktora ma wpływ wiele czynników:

1. Grubość ścian reaktorów może być bardzo duża w porównaniu z typowymi zbiornikami, ponieważ reaktory często pracują pod wysokim ciśnieniem. Mogą też być wykonane ze stali wyłożonej szkłem lub ceramiką, co dodatkowo zwiększa obciążenie ciężarem własnym.
2. Reaktory są zwykle wyposażone w mieszalniki zamontowane bezpośrednio na zbiorniku. To, jak również kołnierze, zawory i inne wyposażenie dodatkowe, może powodować znaczny wzrost obciążenia ciężarem własnym.
3. Większość reaktorów jest wyposażona w węzownicę lub płaszcz grzewczy/chłodzący (rys. 30). Masa samego reaktora, a czasami w jeszcze większym stopniu masa zawartej w nim cieczy, zwiększa wartość obciążenia ciężarem własnym. Taki reaktor ma zwykle izolację z osłoną zewnętrzną ze stali nierdzewnej, co też powoduje zwiększenie obciążenia ciężarem własnym.

Masa własna zbiornika może być znacznie większa od masy partii materiału, uwzględnieniem masy reagentów. METTLER TOLEDO oferuje czujniki i moduły wagowe o zakresach ważenia 600 t i więcej, więc masa nie stanowi problemu, chociaż dokładność ważenia jest mniejsza, szczególnie w przypadku lekkich reagentów.

W celu oceny wymaganej nośności wagi oraz liczby czujników lub modułów wagowych, nie można zapomnieć o uwzględnieniu wszystkich wymienionych powyżej czynników.

## Kilka układów ciecży

Podczas ważenia reaktora, np. przy początkowym dodawaniu materiałów wejściowych, istotna jest masa mieszaniny reakcyjnej. Waga waży jednak także inne układy ciecży, a jeśli ich masa będzie się zmieniać podczas ważenia, uzyskane dane będą błędne.

### Płyny grzewcze/chłodnicze

Każda zmiana masy płynu grzewczego/chłodniczego umieszczonego na wadze podczas ważenia będzie mieć bezpośredni wpływ na dokładność ważenia. Biorąc pod uwagę zmiany temperatur w reaktorach, wpływ ten może być duży. Należy uwzględnić zmiany pojemności wewnętrznej węzownicy lub płaszcza oraz zmiany gęstości płynu w wyniku zmian temperatury. W przypadku układów ogrzewanych parą ilość nagromadzonego kondensatu musi być stała podczas ważenia.

### Atmosfera

W reaktorach często zwiększane jest ciśnienie w celu przyspieszenia reakcji. Należy uwzględnić zmiany masy powietrza atmosferycznego nad mieszaniną reakcyjną (o ile występują podczas ważenia). Przyjmując na przykład, że temperatura powietrza jest stała i wynosi 21°C, ma ono gęstość 1,2 kg/m<sup>3</sup> przy nadciśnieniu 0 Pa, ale przy 6895 kPa ma gęstość aż 83 kg/m<sup>3</sup>. Oczywiście gęstość gazu zmienia się też wraz ze zmianą temperatury. Ponadto układ pod ciśnieniem stwarza też pewne unikatowe problemy w odniesieniu do podłączonych rur. Jak już wspomniano, podczas podłączania rur do zbiorników wskazane jest użycie węży elastycznych lub złączy kompensacyjnych. Pod wpływem zmian ciśnienia te elementy mogą jednak działać jak „siłowniki pneumatyczne” i wywierać niepożądane siły na wagę. Jest to szczególnie szkodliwe, gdy węży elastyczny lub złącze kompensacyjne jest w rurociągu podłączonym pionowo do wagi. Aby uzyskać więcej informacji, zob. pozycja 1 w rozdziale Literatura.



Górna część reaktora przechodzi przez otwór w suficie, z odpowiednim miejscem na ruchy reaktora.



Dolna część reaktora jest zamontowana na elastycznych dociskowych modułach wagowych.

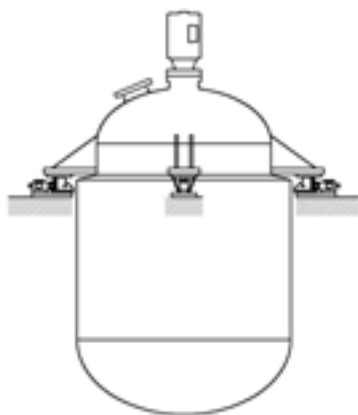
Niektóre reakcje powodują wydzielanie się gazu. Jego odprowadzanie będzie powodować odpowiedni spadek masy wskazywanej przez wagę.

Należy również wziąć pod uwagę oddziaływania w procesach z półpartiami materiału, w których bąbelki gazowego odczynnika dostają się do mieszaniny reakcyjnej podczas reakcji chemicznej. Zwykle podawany jest dodatkowy gaz, a jego nadmiar jest usuwany w sposób ciągły. Oczywiście wzrost masy mieszaniny reakcyjnej jest równy masie dodanego gazu pomniejszonej o masę odprowadzonego gazu.

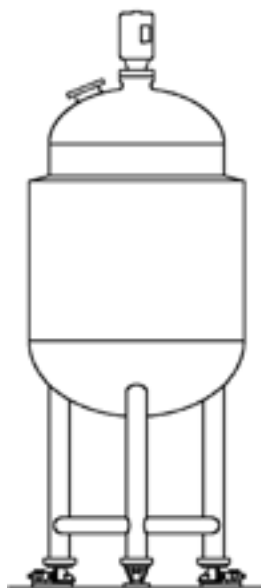
## Temperatura

Czujniki wagowe są wrażliwe na zmiany temperatury, które wpływają zarówno na ich zerowy sygnał wyjściowy, jak i czułość. Jest to brane pod uwagę w procesie ich produkcji, a czujniki wagowe z atestami komercyjnymi (handlowymi) są ustawiane na bardzo wąskie tolerancje. Pewna wrażliwość na zmiany jednak pozostaje, dlatego z punktu widzenia dokładności należy ograniczyć zmiany temperatur czujników wagowych we wszystkich zastosowaniach. Ponadto czujniki wagowe mają zakres dopuszczalnych temperatur roboczych, poza którym mogą działać niedokładnie lub ulec uszkodzeniu. Również z tego powodu należy ograniczyć zmiany temperatur czujników wagowych.

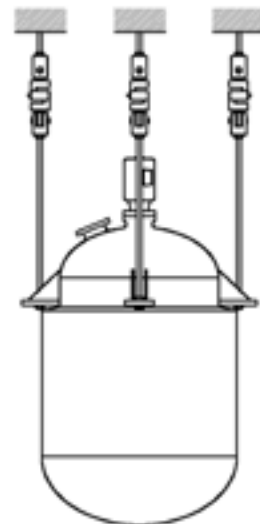
Jest to ważne w przypadku reaktorów, które często pracują w temperaturach bardzo odbiegających od temperatury pokojowej. Na rysunku 31 przedstawiono najbardziej niekorzystny układ montażowy ze względu na krótką drogę przewodzenia ciepła do czujnika wagowego, a na rysunkach 32 i 33 – korzystniejsze sytuacje, z dłuższymi drogami przewodzenia.



Rysunek 31: Reaktor zamontowany na docisk, w układzie „międzykondygnacyjnym”



Rysunek 32: Reaktor zamontowany na docisk, ze wzmocnionymi nogami



Rysunek 33: Reaktor zamontowany na rozciąganiu, z modułami wagowymi pracującymi na rozciąganiu

Jeśli nie można uniknąć układu montażowego pokazanego na rysunku 31, METTLER TOLEDO oferuje termiczne podkładki izolacyjne do swoich modułów wagowych. Są one montowane pomiędzy górną płytą modułu wagowego a zbiornikiem w celu ograniczenia przewodzenia ciepła. Oprócz tego czujniki wagowe muszą znajdować się jak najdalej od wlotu płynu grzewczego/chłodniczego, ponieważ jest to najcieplejszy/najzimniejszy punkt zbiornika.

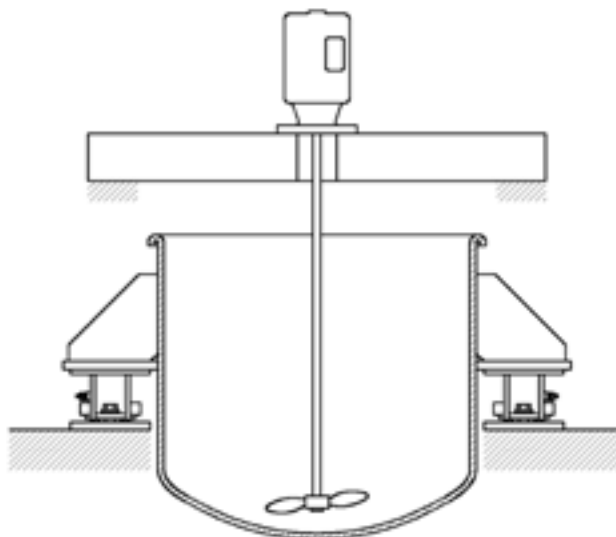
Zasadniczo, gdy czujnik wagowy jest narażony na oddziaływanie wypromieniowywanego ciepła, można go w prosty sposób ochronić przez założenie metalowych osłon pomiędzy czujnik a źródło ciepła.



## Drgania

Jak pokazano na rysunku 34, reaktory są zawsze wyposażone w mieszalniki. Czasem mogą one być bardzo duże w porównaniu z pojemnością zbiornika. Może to powodować oscylacje i drgania wagi oraz wprowadzić zakłócenia do sygnału elektrycznego, a w rezultacie zmniejszyć dokładność. W celu ograniczenia tych problemów można zrobić kilka rzeczy:

1. W razie możliwości nie należy uruchamiać mieszalnika w trakcie ważenia.
2. Jeśli czujnik wagowy jest typu samonastawnego zawieszeniowego, zastosować poziome stabilizatory w celu ustabilizowania wagi.  
Do niektórych modułów wagowych METTLER TOLEDO są dostępne opcjonalne stabilizatory.
3. Użyć podkładek przeciwwstrząsowych/przeciwdrganiowych, oferowanych przez METTLER TOLEDO do większości modułów wagowych. Są one zakładane pomiędzy górną płytę modułu wagowego a wagę w celu wyłumienia drgań.
4. Zastosować terminal METTLER TOLEDO z systemem TraxDSP, jak wspomniano wcześniej.



Rysunek 34: Zbiornik z mieszalnikiem zewnętrznym

Gdy zbiornik (zwykle nie reaktor) jest wyposażony w zamontowany na zewnątrz mieszalnik (rys. 34), na zbiornik mogą być przenoszone duże momenty skręcające, które spowodują znaczne zmniejszenie dokładności. Konieczne jest ustabilizowanie wagi za pomocą styčných stabilizatorów.

Aby uzyskać więcej informacji na temat drgań, mieszalników itd., zob. pozycja 1 w rozdziale Literatura.

## Wymagania certyfikacyjne

Bezpośrednie otoczenie systemów porcjujących jest często uznawane za niebezpieczne z powodu emisji oparów lub pyłów w trakcie procesu porcjowania. METTLER TOLEDO produkuje kompletny asortyment produktów spełniających różne globalne wymagania dotyczące urządzeń elektrycznych używanych w strefach zagrożonych wybuchem. Te certyfikaty są oferowane w standardzie dla wielu czujników wagowych METTLER TOLEDO (zob. pozycja 6 w rozdziale Literatura). Ponadto wiele akcesoriów do modułów wagowych i czujników wagowych spełnia standardowo wymagania norm EN dotyczące urządzeń nieelektrycznych eksploatowanych w strefach zagrożonych wybuchem (zob. pozycja 10 w rozdziale Literatura). METTLER TOLEDO oferuje także szereg zasobów, które pomagają wybrać urządzenia do stref zagrożonych wybuchem (zob. pozycje 9, 11, 12 i 13 w rozdziale Literatura). SeminaRIA internetowe są dostępne na stronach [www.mt.com/webinar](http://www.mt.com/webinar) i [www.mt.com/hazardous](http://www.mt.com/hazardous).

W niektórych sytuacjach działanie urządzeń wagowych musi być zgodne z wymogami przepisów krajowych i międzynarodowych, szczególnie gdy są używane do pomiaru nadzorowanego. METTLER TOLEDO oferuje pełną gamę produktów zatwierdzonych na całym świecie do zastosowań komercyjnych (handlowych). Te certyfikowane produkty są oferowane jako wyposażenie standardowe w czujnikach wagowych (zob. pozycja 6 w rozdziale Literatura lub strona [www.mt.com/ind-weighing-component-catalog](http://www.mt.com/ind-weighing-component-catalog)).

# Literatura

1. Podręcznik dotyczący systemów modułów wagowych, METTLER TOLEDO AG.  
[www.mt.com/ind-system-handbook](http://www.mt.com/ind-system-handbook)
2. Dokładność ważenia wag zbiornikowych do cieczy, METTLER TOLEDO AG.
3. Nowoczesne moduły wagowe, METTLER TOLEDO AG.
4. Techniki ważenia, METTLER TOLEDO AG.
5. Porównanie PowerMount™ z analogowymi modułami wagowymi, METTLER TOLEDO AG.
6. Katalog podzespołów wagowych, METTLER TOLEDO AG.
7. Zaawansowane sterowanie porcjowaniem, METTLER TOLEDO AG.
8. Poznaj swój system porcjowania, METTLER TOLEDO AG.
9. Katalog wyposażenia do stref niebezpiecznych, METTLER TOLEDO AG.
10. Norma EN 13463-1: Urządzenia nielektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem  
Część 1: Podstawowe założenia i wymagania, CEN.
11. Bezpieczeństwo procesów wykorzystujących iskrobezpieczne systemy ważenia, METTLER TOLEDO AG.
12. Seminarium internetowe: Ważenie w strefach niebezpiecznych – podstawy, METTLER TOLEDO AG.
13. Seminarium internetowe: Ważenie w strefach niebezpiecznych – dla zaawansowanych,  
METTLER TOLEDO AG.

# Kompleksowy asortyment podzespołów wagowych

Kompleksowa oferta modułów wagowych obejmuje zakres ważenia od 11 g do 300 t. Największa dokładność odczytu sięga 0,001 mg. Oferta urządzeń elektronicznych obejmuje kompletne terminale wagowe do paneli sterowania, jak również elementy do montażu na szynach DIN w szafkach sterowniczych. Zależnie od wersji układy elektroniczne można włączyć w systemy komunikacji za pośrednictwem interfejsów analogowych lub szeregowych, Profibus DP, Profinet IO, Ethernet IP, Modbus, DeviceNet lub ControlNet i CC-Link.

Szczegółowe informacje o produktach, w tym rysunki i instrukcje montażu, przedstawiono w katalogu na 200 stronach.



Zamów drukowany egzemplarz katalogu systemów ważenia w języku angielskim lub ściągnij odrębne arkusze danych technicznych w formacie PDF.

► [www.mt.com/weighing-component-catalog](http://www.mt.com/weighing-component-catalog)

[www.mt.com](http://www.mt.com)

Więcej informacji

**Mettler-Toledo AG**  
Industrial Division  
CH-8606 Nänikon, Switzerland

Local contact: [www.mt.com/contacts](http://www.mt.com/contacts)

Subject to technical changes  
© 09/2014 Mettler-Toledo AG  
Order Number:30220330