

# PodKontrolą

automatyka i pomiary

wydawca:  
Introl Sp. z o.o.

01/2022 (57)



## w numerze:

temat  
wydania



akademia  
automatyki



dobra  
praktyka



Prawidłowe odwadnianie systemów parowych cz. 1

Sens wzorcowania i częstotliwość jego przeprowadzania

Pomiary w magazynach warzyw i owoców

## spis treści

|                                                                                  |                     |                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------|----|
|  | nowości             |                                                              | 4  |
|  | temat wydania       | <b>Prawidłowe odwadnianie systemów parowych cz. 1</b>        | 5  |
|  | dobra praktyka      | <b>Pomiary w magazynach warzyw i owoców</b>                  | 9  |
|  | akademia automatyki | <b>Sens wzorcowania i częstotliwość jego przeprowadzania</b> | 13 |

wydawca

**introl**

automatyka i pomiary

Introl Sp. z o.o.  
ul. Kościuszki 112, 40-519 Katowice  
tel. 32 789 00 00, fax 32 789 00 10

### redakcja

Paweł Głuszek  
Bogusław Trybus  
Magdalena Pajor  
Rafał Skrzypiciel  
Adam Reimann

### dodatkowe informacje i subskrypcja

[www.podkontrola.pl](http://www.podkontrola.pl)

## Drodzy Czytelnicy!

To pierwszy w tym roku numer naszego czasopisma. Pragnę więc, w imieniu swoim, całej redakcji oraz pracowników naszej firmy, przekazać Państwu życzenia wszelkiej pomyślności w 2022 roku. Choć okoliczności początku roku nie napawają optymizmem, życzę aby wbrew temu rok 2022 był dla Państwa lepszy od ubiegłych pod każdym względem. Pełni wiary w lepsze jutro zachęcamy do najnowszych artykułów naszych specjalistów.

Temat odwadniaczy był już niejednokrotnie poruszany na łamach „Pod kontrolą”. Z uwagi na szalejące ceny surowców energetycznych, konieczność tworzenia efektywnych energetycznie instalacji jest ważna jak nigdy dotąd. Dotyczy to także instalacji pary wodnej, których poprawna budowa lub modernizacja przynosi realne i wymierne korzyści ekonomiczne całemu zakładowi. Ponieważ para i odwadniacze idą ze sobą w parze, kolejny raz **„Temat wydania”** traktuje o prawidłowym odwadnianiu systemów parowych. Tym razem autor skupia się na omówieniu problematyki odwadniania w takich elementach parowych jak rurociągi przesyłowe i urządzenia wymiany ciepła.

Każdy z nas boryka się częściej lub rzadziej z problemem zgniłych owoców czy warzyw. W warunkach domowych jedno czy dwa podgniłe jabłka nie stanowią olbrzymiego problemu. Jednakże w warunkach masowej produkcji ogromnej ilości warzyw i owoców, warunki ich przechowywania stają się kluczowe dla opłacalności całego biznesu. Utrzymanie optymalnych warunków środowiskowych w magazynach zależy między innymi od jakości i dokładności prowadzonych pomiarów. **„Dobłą praktykę”** polecamy więc tym razem osobom zawodowo zajmującym się magazynowaniem warzyw i owoców.

Najnowsza **„Akademia automatyki”** omawia tematykę wzorcowania aparatury kontrolno-pomiarowej. Autor skupia się na omówieniu podstawowych pojęć z tego zakresu. Jednocześnie artykuł stara się odpowiedzieć na pytanie o częstotliwość wzorcowania określonych typów przyrządów.

Zapraszam do lektury  
Wojciech Mutwicki  
prezes zarządu





## Precyzyjny przetwornik prędkości powietrza do czystych pomieszczeń serii EE680

Nowy przetwornik przeznaczony do dokładnych pomiarów niewielkich ruchów laminarnych powietrza w czystych i ultra czystych pomieszczeniach (Clean and ultra-clean rooms), szafach bezpieczeństwa biologicznego oraz podobnych aplikacjach, w których szczególny nacisk położony jest na zapewnienie niewielkich, kontrolowanych przepływów.

Przetwornik jest odporny na sterylizację  $H_2O_2$ , czyli proces, który negatywnie wpływa na cienkowarstwowe sensory wilgotności i prędkości przepływu, powodując ich korozję. Opatentowana ochronna powłoka nałożona na aktywną powierzchnię czujnika, chroni wyeksponowany sensor prędkości. Dzięki temu znacznie wydłuża żywotność i wydajność pomiarową przetwornika oraz poprawia długoterminową stabilność anemometru.

Przetwornik zawiera prostą sondę – do montażu w ścianie lub sondę załamaną pod kątem prostym – do montażu w suficie. Przetwornik jest wykonany ze stali nierdzewnej, bez krawędzi i załamań, w celu lepszego czyszczenia (zgodnie z GMP). Dodatkowo w zakresie dostawy oferujemy certyfikat sprawdzający przetwornik w 6 punktach pomiarowych, zgodnie z DIN EN 10204-3.1.



## Termiczne jednopunktowe przepływomierze masowe serii FS10i

Jednopunktowe przepływomierze FS10i to nowe, kompaktowe, ekonomiczne rozwiązanie do pomiaru przepływu powietrza, sprężonego powietrza oraz gazu ziemnego. FS10i wykorzystuje zjawisko dyspersji termicznej. Zapewnia bardzo dokładną i powtarzalną linearyzację wyjścia natężenia przepływu 4 ... 20 mA. Przepływomierz FS10i jest przeznaczony dla średnic od 25 mm do 500 mm. Dla 25 mm lub 50 mm przewidziana jest zabudowa w trójkątniku, aby zapewnić dokładność i powtarzalność w instalacji. Przepływomierz FS10i zawiera 10-segmentową matrycę LED, która świeci proporcjonalnie do natężenia przepływu i zaczyna migać, jeśli wystąpi alarm. FS10i jest obecnie jedynym termicznym masowym przepływomierzem ze zgodnością z SIL 2.



## Przetworniki wilgotności i temperatury serii EE072

Wysokiej klasy czujnik przeznaczony do dokładnych pomiarów wilgotności względnej (RH) i temperatury (T). Jest to idealny wybór dla wymagających procesów i kontroli klimatu – prócz wygodnej komunikacji cyfrowej, przetwornik charakteryzuje się wysoką dokładnością, także w zakresie pomiaru temperatury. Przetwornik EE072 jest chroniony opatentowaną przez E+E powłoką chroniącą przed zanieczyszczeniami korozyjnymi i przewodzącymi prąd elektryczny. W połączeniu z solidną głowicą czujnikową i całkowicie zamkniętą elektroniką, EE072 zapewnia bardzo dokładne i długoterminowe stabilne pomiary, nawet w trudnych i skraplających się warunkach.



## Miernik przepływu materiałów sypkich DYNAmas

Miernik przepływu materiałów sypkich DYNAmas to nowość w zakresie ciągłego pomiaru przepływu wszelkiego rodzaju materiałów sypkich. Miernik pojemnościowy DYNAmas zapewnia dokładny pomiar przepływu w transporcie grawitacyjnym, a także w systemach transportu pneumatycznego. System pomiarowy jest niezależny od zmieniających się prędkości transportu, dzięki temu, że stężenie produktu i prędkość transportu są mierzone jednocześnie i niezależnie. Następnie są wykorzystywane do obliczenia natężenia przepływu masowego.

Miernik dostępny jest w różnych średnicach nominalnych, jest łatwy w kalibracji, a jego zmniejszone wymiary pozwalają na integrację z istniejącymi systemami.

DYNAmas sprawdza się w wielu różnych zastosowaniach. Miernik został zaprojektowany do reallizacji dowolnego przepływu materiałów sypkich, nawet do tych o małej objętości.





# Prawidłowe odwadnianie systemów parowych cz. 1

*Nowe regulacje prawne, coraz większe podatki od emisji CO<sub>2</sub> i wzrost cen gazu sprawiają, że każdy zakład przemysłowy szuka możliwości oszczędzania energii. Jedną z prostszych rzeczy, którą można wdrożyć jest diagnostyka odwadniaczy i analiza ich prawidłowego stosowania. Podczas przeprowadzanej diagnostyki często spotykamy się z błędami montażowymi, źle dobranymi odwadniaczami dla danej aplikacji, czy też z nieprawidłowymi kieszeniami odwadniającymi. Efektem tego jest obniżona sprawność wymiany ciepła, uderzenia wodne i narastające problemy w utrzymaniu linii pary-kondensatu w należytym porządku. W niniejszym artykule skupimy się na doborze odwadniaczy zarówno na rurociągach przesyłowych, jak i urządzeniach wymiany ciepła. Podpowiemy na co zwracać uwagę przy doborze odwadniaczy i jakie czynniki brać pod uwagę.*



## WSZYSTKO ZACZYNA SIĘ OD PARY

Para jest niewidocznym gazem wytwarzanym na skutek dodania zewnętrznej energii cieplnej do wody w kotle. Proces wytwarzania pary jest prosty. Należy dodać wystarczającą ilość energii, by podnieść temperaturę wody do punktu wrzenia. Para jest bardzo wydajnym i łatwo kontrolowanym czynnikiem przenoszącym ciepło. Najczęściej służy do transportu energii z miejsca jej wytwarzania (najczęściej kotłownia) do dowolnej liczby miejsc w zakładzie, w którym jest stosowana do ogrzewania powietrza, wody lub ma zastosowanie bezpośrednio w procesach produkcyjnych. Mówiąc o parze musimy konieczne wspomnieć o procesach wymiany ciepła, które stanowią nieodzowny jej element. Poczynając od rurociągów przesyłowych, ciepło traczone jest poprzez ścianki rurociągów ze względu na niższą temperaturę otoczenia. Efektem tego zjawiska powstawanie kondensatu. Z tego też względu niezwykle istotna jest prawidłowa izolacja, by zminimalizować straty pary. Z kolei, gdy para dotrze do urządzeń wymiennikowych, sytuacja jest zgoła inna, gdyż wymiana ciepła jest pożądana. W wyniku wymiany ciepła, czyli de facto oddania energii z pary do np. powietrza w nagrzewnicy, czy do wody w podgrzewaczach, istotnym jest, by nic nie zakłóciło tego procesu i jak najwięcej energii zostało przekazane z pary.

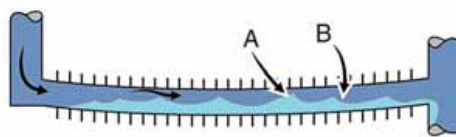


## DLACZEGO ODWADNIANIE KONDENSATU JEST TAK WAŻNE?

Zacznijmy od tego, że kondensat jest produktem ubocznym procesu wymiany ciepła w systemach parowych. W rurociągach przesyłowych powstaje na skutek radiacji, a w urządzeniach grzewczych lub procesowych powstaje w wyniku pożądanego transferu energii – oddania ciepła z pary do podgrzania określonego czynnika. Gdy

para pozbędzie się energii – ciepła utajonego, powstały kondensat musi być natychmiast usunięty. Mimo, że zawartość energii w kilogramie gorącego kondensatu jest znikoma w stosunku do kilograma pary, to powinien być powtórnie wykorzystany i zawrócony powrotnie do kotła.

Kondensat gromadzący się na dnie rurociągu może spowodować uderzenia wodne. Para przemieszczająca się rurociągiem z prędkością 150-180 km/h powoduje spiętrzenie kondensatu, przez co powstaną bardzo niebezpieczne fale. Pokazano na rysunku nr 1. Gdy kondensat zablokuje przepływ pary w punkcie „A”, a kondensat w punkcie „B” spowoduje różnicę ciśnienia, para zamieni się w taran wypychając kondensat z ogromną siłą, czego efektem mogą być uszkodzenia rurociągów, kolanek, filtrów, czy zaworów.



Rysunek 1

Spiętrzenie kondensatu w rurociągach parowych

Ponadto, przemieszczająca się woda o bardzo dużych prędkościach może spowodować erozję połączeń poprzez wyptukiwanie powierzchni metalowych.



## KONIECZNOŚĆ ODPROWADZANIA POWIETRZA I CO<sub>2</sub> Z RUROCIĄGÓW, CZYLI KONDENSAT TO NIE WSZYSTKO.

Powietrze obecne jest zarówno przy rozruchu urządzeń, jak i w wodzie zasilającej kocioł. Woda zasilająca może również zawierać rozpuszczone węglany, które uwalniają dwutlenek węgla. Para



PAWEŁ HOŁA

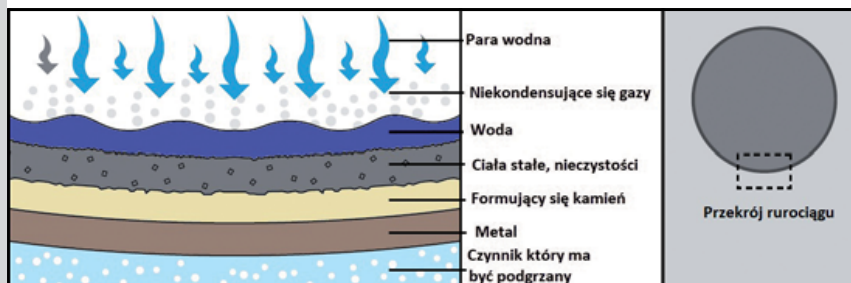
Absolwent Politechniki Śląskiej, od 2007 roku zawodowo zajmuje się armaturą przemysłową. W Introlu pracuje na stanowisku kierownika działu armatury przemysłowej.

tel. 601 55 33 61

„Para przemieszczająca się rurociągiem z prędkością 150-180 km/h powoduje spiętrzenie kondensatu, przez co powstaną bardzo niebezpieczne fale.

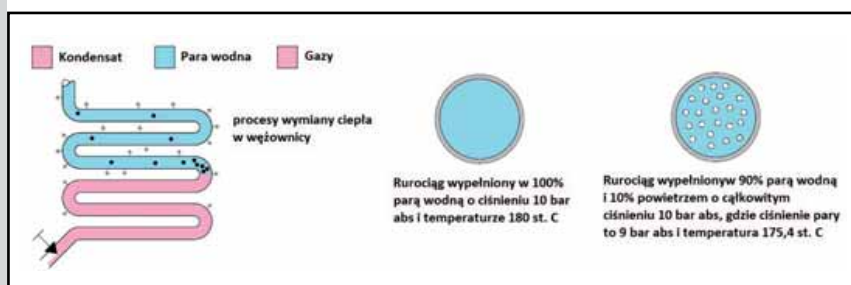


o dużych prędkościach popycha gazy ku ścianom wymienników ciepła, gdzie mogą blokować procesy wymiany ciepła. Jak wiemy, powietrze jest doskonałym izolatorem, a to z kolei pogłębia znaczenie odprowadzania kondensatu, bo wraz z nim musimy usunąć wspomniane gazy. Na rysunku nr 2 pokazano bariery, które zmniejszają efektywność energetyczną - ciepło pary musi przenikać przez wszystkie warstwy bo podgrzać czynnik.



Rysunek 2  
Bariery przeszkadzające w wymianie ciepła

Ponadto, jeżeli niekondensujące się gazy nie są usuwane, to zmniejszają temperaturę pary i mogą stopniowo wypełniać urządzenia wymiennikowe tworząc tzw. korki powietrzne blokując przepływ pary. Pokazano to na rysunku nr 3.



Rysunek 3  
Efekt powietrza w rurociągu parowym

Pamiętajmy również, że dwie główne przyczyny powstawania kamienia i korozji wewnątrz urządzeń stanowi dwutlenek węgla i tlen.  $\text{CO}_2$  wchodzi do systemu parowego pod postacią rozpuszczonych węglanów w wodzie zasilającej i, po zmieszaniu ze schłodzonym kondensatem, tworzy wyjątkowo żrący kwas węglowy, który może przeżerać rurociągi i wymienniki ciepła. Z kolei tlen dostaje się do systemu w postaci gazu rozpuszczonego w zimnej wodzie zasilającej i nasila

działanie kwasu węglowego, co przyspiesza korozję i wżery w powierzchni żelaza i stali.



## ODWADNIACZ JAKO STRAŻNIK INSTALACJI PAROWEJ

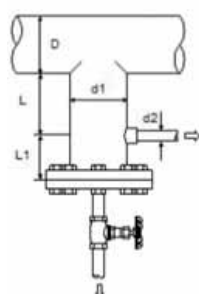
Jak już wielokrotnie wspominaliśmy, rolę odwadniacza parowego jest automatyczne odprowadzanie kondensatu i powietrza z rurociągów parowych. Oczekujemy od niego jednak znacznie więcej, tj. by minimalizował straty pary wodnej, działał niezawodnie i cieszył się długą żywotnością, odprowadzał niekondensujące się gazy, był odporny na zanieczyszczenia i korozję oraz prawidłowo pracował przy przeciwnieciu. Aby cieszyć się wszystkimi wymaganymi cechami, niezwykle istotny jest prawidłowy dobór typu odwadniacza, jego wielkości. Tak aby był on odpowiedni dla panującego ciśnienia roboczego i sprostał ilości kondensatu, który jest do odprowadzenia. Ponadto, odwadniacz musi być prawidłowo zamontowany i odpowiednio eksploatowany. Ze względu na zmienność parametrów roboczych, należy pamiętać o współczynnikach bezpieczeństwa, by odwadniacz był przygotowany na każde okoliczności systemu parowego. Zatem zacznijmy odwadniać nasz system parowy skupiając się na rurociągach przesyłowych i kilku urządzeniach wymiennikowych, w których często użytkownicy borykają się z problemami.



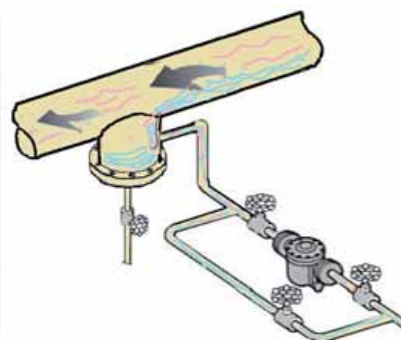
## ODWODNIENIE ELEMENTÓW DYSTRYBUCJI PARY

Mówiąc o systemach dystrybucji pary należy wziąć pod uwagę główne rurociągi przesyłowe, kolektory rozpraszające oraz „nitki” pary stanowiące rozgałęzienia od linii głównej. Wszędzie tam istotne są odwodnienia i projektowanie prawidłowych kieszeni odwadniających. Rysunek nr 4 przedstawia jak prawidłowo powinno się zaprojektować kieszeń odwadniającą.

W zakładach produkcyjnych dość często można spotkać błędnie wykonane kieszenie odwadniające. Najczęściej da się zauważyć zbyt małe średnice rurociągów, do których powinien napływać kondensat lub montaż odwadniaczy jest z boku rurociągów parowych. Istotnym jest, by rurociągi przesyłowe były wyposażone w kieszenie odwadniające co 50 do 100 m oraz by odwadniać



| D mm | d1 mm | L mm | L1 mm | d2 mm |
|------|-------|------|-------|-------|
| 20   | 20    | 115  |       |       |
| 25   | 25    | 128  | 70    |       |
| 32   | 32    | 144  |       |       |
| 40   | 40    | 155  |       |       |
| 50   | 50    | 175  | 80    |       |
| 65   | 65    | 208  |       |       |
| 80   | 80    | 230  |       |       |
| 100  | 100   | 180  | 100   |       |
| 150  | 100   | 275  |       |       |
| 200  | 100   | 280  |       |       |
| 250  | 125   | 325  |       |       |
| 300  | 150   | 370  | 160   |       |
| 350  | 175   | 455  |       | 25-40 |



Rysunek 4  
Zasady odwodnień rurociągów przesyłowych



rurociąg na jego końcu, czyli przed zaworami regulacyjnymi, przy zmianach kierunku przepływu, szczególnie przed podnoszeniem rurociągu do góry. Nasuwa się więc pytanie jaki rodzaj odwadniacza stosować? Pod uwagę należy wziąć czynniki zewnętrzne, czy istnieje możliwość zamarzania kondensatu, czy nie. Ponadto należy rozważyć ciśnienie robocze, rodzaj zabudowy i ilość kondensatu. Najczęściej poleca się odwadniacze dzwonowe z uwagi na odporność przed uderzeniami wodnymi, zanieczyszczeniami, czy świetną pracę przy przeciwcisnieniu. Ponadto, odwadniacze dzwonowe, te w wykonaniu nierdzewnym, odporne są na zamarzanie (patrz Tabela 1).

W przypadku pary przegrzanej odwadniacz pełni swoją rolę w fazie rozruchowej, a następnie powinien być w pozycji zamkniętej. Dla tego typu aplikacji stosuje się odwadniacze bimetaliczne. Pamiętajmy, by odwadniacze montować jak najbliżej kieszeni odwadniających oraz w łatwo dostępnych miejscach, pozwalających na dogodne prace serwisowe w przyszłości.

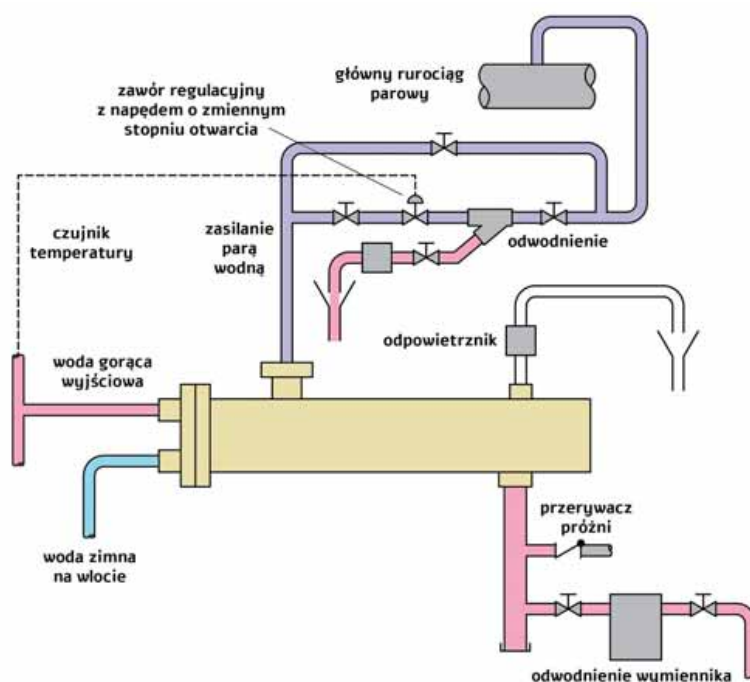


## ODWADNIANIE URZĄDZEŃ WYMIENNIKOWYCH

Wymienniki ciepła to jedne z najbardziej powszechnie stosowanych urządzeń w zakładach produkcyjnych. Służą do podgrzewania czynnika, najczęściej wody potrzebnej do procesu czy mycia. Ciśnienie pary oraz jego zmienność determinuje to, jaki rodzaj odwadniacza powinien być zastosowany. Kluczowym faktorem jest zdolność szybkiego odpowietrzania przy niskiej różnicy ciśnień, płynna praca, skuteczne usuwanie brudów i osadów z kondensatu. Cechy te są ściśle powiązane z wydajnością i jakością produktu oraz efektywnością energetyczną. Błędny wybór odwadniacza spowoduje nierównomierne ogrzewanie, niski transfer ciepła lub inne problemy. Niestety częstym błędem jest stosowanie odwadniaczy bez uwzględnienia współczynników bezpieczeństwa lub odwadnia-

czy o cyklicznej charakterystyce pracy. Niektóre urządzenia ogrzewane parą mogą mieć zmienne ciśnienie wynikające z pracy zaworu regulującego, który dostosowuje się do zapotrzebowania na ciepło, a następnie obniża ciśnienie dostarczanej pary poniżej ciśnienia doprowadzonego. Wówczas może okazać się, że ciśnienie po stronie kondensatu jest wyższe niż po stronie pary. Zachodzi wówczas tzw. efekt Stall, czyli problem z podciśnieniem. Kiedy występuje to zjawisko potrzebny jest inny rodzaj urządzenia do odwodnienia tj. kombinacja pompy kondensatu i odwadniacza, by uniknąć problemów z odprowadzaniem kondensatu, uderzeniami wodnymi, spadkiem efektywności energetycznej itp.

**„Istotnym jest, by rurociągi przesyłowe były wyposażone w kieszenie odwadniające co 50 do 100 m oraz by odwadniać rurociąg na jego końcu.”**



Rysunek 5

Typowy schemat odwadniania wymienników ciepła

### PREFEROWANY TYPI ODWADNIACZA DLA RUROCIĄGÓW PRZESYŁOWYCH

Zalecany typ odwadniacza dla instalacji wewnątrz budynku

**Pierwszy wybór:** odwadniacz dzwonowy

**Wybór alternatywny:** odwadniacz pływakowy

Zalecany typ odwadniacza dla instalacji, w których istnieje zagrożenie zamarzania kondensatu

**Pierwszy wybór:** odwadniacz dzwonowy

**Wybór alternatywny:** odwadniacz termostatyczny lub termodynamiczny

Tabela 1

### PREFEROWANY TYPI ODWADNIACZA DLA WYMIENNIKÓW CIEPŁA

#### Ciśnienie stałe

##### Ciśnienie 0 – 2 bar man

1. Odwadniacze dzwonowe z powiększonym otworem odpowietrzającym
2. Odwadniacz pływakowo-termostatyczny

##### Ciśnienie powyżej 2 bar

1. Odwadniacze dzwonowe z powiększonym otworem odpowietrzającym
2. Odwadniacz pływakowo-termostatyczny

#### Ciśnienie zmienne

##### Ciśnienie 0 – 2 bar man

1. Odwadniacz pływakowo-termostatyczny
2. Odwadniacze dzwonowe z dodatkowym odpowietrznikiem termostatycznym

##### Ciśnienie powyżej 2 bar

1. Odwadniacz pływakowo-termostatyczny
2. Odwadniacze dzwonowe z powiększonym otworem odpowietrzającym

Tabela 2



**„Najczęściej napotykanym problemem podczas odwadniania kociołków parowych są korki powietrze powstające w ich płaszczach.**

Zakładając, że ciśnienie różnicowe jest dodatnie, typowy schemat odwadniania wymienników pokazano na rysunku nr 5.



## KOCIOŁKI, WYMIENNIKI, RUROCIĄGI – CIĄG DALSZY NASTĄPI



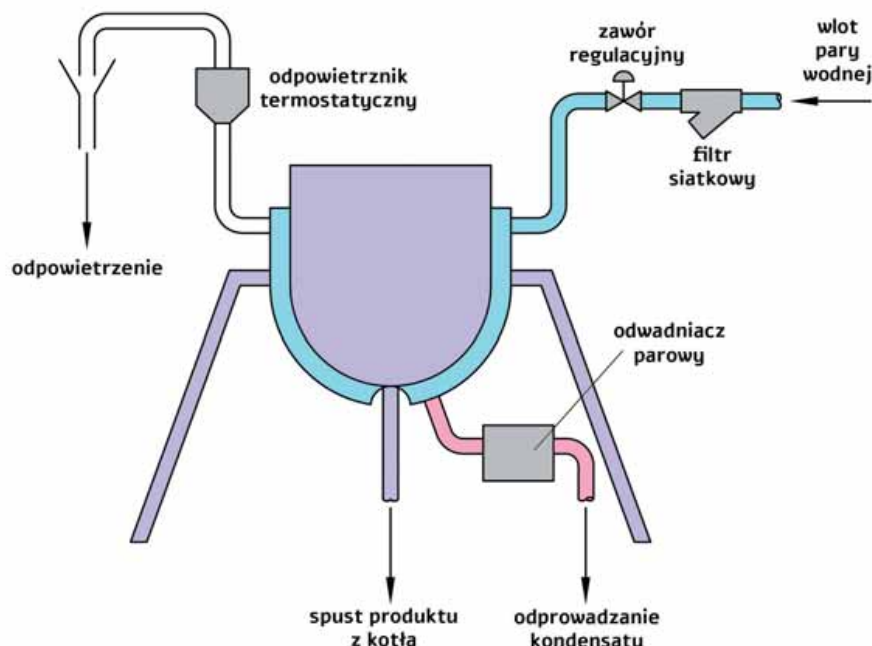
### ODWADNIANIE KOCIOŁKÓW GRZEWczyCH

Kociołki grzewcze to zasadniczo naczynia wyposażone w płaszcz parowe, z których oddawana jest energia. Mają bardzo szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, dlatego warto omówić ich prawidłowe odwadnianie. Otóż najważniejszym i najczęściej napotykanym problemem podczas odwadniania kociołków parowych są korki powietrze powstające w ich płaszczach. Uwięzione powietrze powoduje spadek temperatury. Zazwyczaj proces z wykorzystaniem kociołków, polega na utrzymaniu jednolitej temperatury wsadu – produktu, a krytyczna jest temperatura „gotowania”. Nagromadzone powietrze może spowodować duże wahania temperatury, co w efekcie może spowodować spalenie produktu i/lub spowolnienie produkcji. Mówiąc dokładniej, pod pewnymi warunkami nawet połowa z 1% objętości powietrza w parze może tworzyć warstwę izolacyjną na powierzchni wymiany ciepła i zmniejszyć wydajność nawet o 50%. Kociołki wymagają ciągłego odprowadzania kondensatu, bo jego gromadzenie prowadzi do problemów w regulacji temperatury, spadek wydajności i powoduje uderzenia wodne. Typowy kociołek warzelny pokazano na rysunku 6.

Te kilka przykładów prawidłowego odwodnienia różnych punktów instalacji parowej pokazuje co należy brać pod uwagę, by dobrze to zrobić. Możliwość gromadzenia się powietrza, występowanie uderzeń wodnych, odprowadzenie dużej ilości kondensatu w krótkim czasie, szczególnie przy zmiennym ciśnieniu, to najważniejszej z warunków jakie należy brać pod uwagę.

Świadomość stosowania odwadniaczy parowych w instalacji to tylko połowa sukcesu. Na całość powodzenia składa się ich prawidłowa selekcja i rozważny dobór. Tylko wówczas osiągniemy wysoką sprawność urządzeń wymiany ciepła, wydłużymy ich żywotność i zagwarantujemy większy spokój służbom utrzymania ruchu w ich codziennej pracy.

Kociołki, rurociągi przesyłowe czy wymienniki ciepła to nie jedyne urządzenia czy elementy instalacji, które nie tylko warto ale trzeba prawidłowo odwadniać. Potrzeba odwadniania dotyczy wielu innych elementów takich jak: wężywnice, autoklawy, nagrzewnice, paro-grzejki, prasy. O prawidłowym doborze urządzeń do odwadniania tych urządzeń napiszemy w artykule „Prawidłowe odwadnianie systemów parowych cz. 2.”. Zapraszamy zatem do lektury kolejnych numerów Pod kontrolą.



Rysunek 6

Układ podgrzewania produktu w kociołku warzelnym

#### PREFEROWANY TYP ODWADNIACZA DLA KOTŁÓW WARZELNYCH

##### Na co zwrócić uwagę:

- ciągłe odpowietrzenie
- odporność na uderzenia wodne
- zdolność odprowadzenia zanieczyszczeń
- żywotność odwadniacza

Odwadniacz dzwonowy z powiększonym otworem odpowietrzającym w dzwonie

Alternatywnie odwadniacz pływakowy lub termostatyczny

Tabela 3



# Pomiary w magazynach warzyw i owoców

Obserwując postęp technologiczny w ostatnich dziesięcioleciach szybko dochodzimy do wniosku, że dotyczy on wszystkich gałęzi gospodarki. Nieustający wyścig we wzroście produkcji i wydajności nie omija więc także branży spożywczej. Cały cykl od siewu, poprzez uprawę, zbiór, transport, magazynowanie, pakowanie i dostawę do odbiorcy uległ zautomatyzowaniu i ukierunkowany jest na wzrost efektywności. Bardzo często finalne dojrzewanie warzyw czy owoców następuje już po zbiorze plonu, w magazynach. Wywoływane jest sztucznie, gdyż przynosi zyski w procesie produkcyjnym – zwalnia miejsce na nowy siew oraz przesuwa etap dojrzewania bliżej etapu dostawy do Klienta, wydłużając tym samym okres przydatności do spożycia. Jakie czynniki wpływają na jakość magazynowania warzyw i owoców. Jak w tym obszarze pomaga metrologia? Spróbujemy przyjrzeć się tym zagadnieniom.



## KLUCZOWE MAGAZYNOWANIE

Obecnie z jednego metra kwadratowego uzyskiwane są plony wielokrotnie większe niż w przeszłości. Jednocześnie rolnicy łączą swoje areale tworząc coraz większe obszary produkcyjne. Niejednokrotnie mamy do czynienia z całymi regionami nastawionymi na produkcję tego samego produktu. Tak duża, skoncentrowana produkcja wymaga zaawansowanych technik magazynowania i transportu.

Mamy świadomość, że najnowsze rozwiązania w dziedzinie magazynowania są często dobrze strzeżoną tajemnicą handlową. Istnieją jednak pewne uniwersalne zasady, którymi kierują się wszyscy uczestnicy rynku warzyw i owoców. Podstawowym celem magazynu jest stworzenie takich warunków, aby produkt w nim przechowywany utrzymywał swoją świeżość (wygląd, ciężar, smak, strukturę) jak najdłużej. Specyficzne warunki, a nawet pewien ich ciąg przygotowywany jest pod konkretny produkt. Warunki są zatem inne dla jabłek, inne dla pomidorów i jeszcze inne dla ziemniaków. Mają one jednakże wiele wspólnych cech.



## KONTROLOWANA ATMOSFERA KLUCZEM DO SUKCESU

W naturalnym środowisku, po szczytowym procesie dojrzewania, stan owoców i warzyw ulega pogorszeniu. Towarzyszą temu procesy:

- oddychania,
- odwodnienia,
- rozwoju mikroelementów (choroby),
- zmiany składu i procesy fermentacyjne.

Warzywa i owoce nieprzerwanie uwalniają do otoczenia ciepło, wodę oraz dwutlenek węgla. Oznacza to, że podstawą pomiarów jakie powinny się znaleźć w takim magazynie to właśnie pomiary wilgotności, temperatury oraz  $\text{CO}_2$ .

W języku branżowym istnieje określenie Controlled Atmosphere (CA). Oznacza ono kontrolowa-

nie atmosfery poprzez ciągłe jej monitorowanie oraz redukcję tlenu. W rezultacie prowadzi to do ograniczenia procesu oddychania i wydłuża okres przechowywania. Istnieją także inne metody jak DCA, gdzie kontrola obejmuje także pomiar fluoroscencji chlorofilu czy wydzielania etanolu. Zaawansowana dynamicznie kontrolowana atmosfera (DCA) ma jeszcze precyzyjniej determinować generowane warunki, mając dodatkową informację o nadchodzących procesach fermentacji.



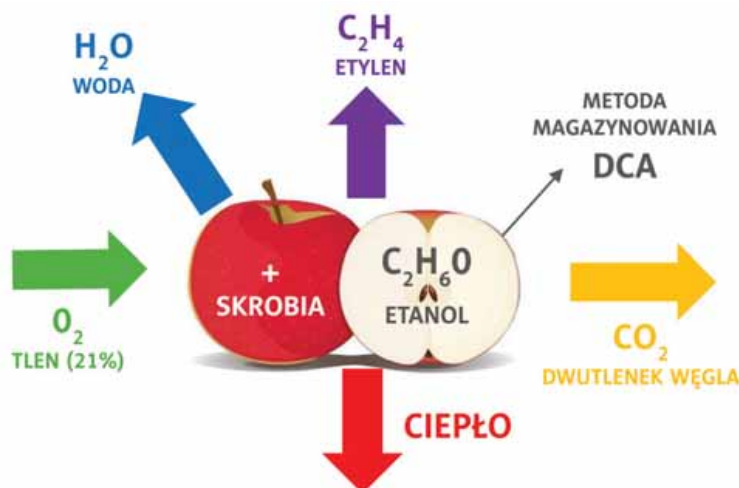
## $\text{O}_2$ i $\text{CO}_2$

Pod hasłem CA kryje się kilka koncepcji między innymi są to ULO, XLO, ILOS, DILOS, DCE. Przykładowo, ULO (Ultra Low Oxygen) oznacza wypieranie tlenu z magazynu w początkowej fazie magazynowania, XLO (Extra Low Oxygen) – redukcję tlenu jeszcze bardziej poniżej 1%. Brak tlenu wraz ze zmniejszeniem temperatury apowoduje, że procesy dojrzewania i oddychania warzyw i owoców zwalniają.

## GRZEGORZ CIAŁOŃ

Ukończył studia na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Elektrycznym. W Introilu pracuje od 2006 roku, obecnie jest kierownikiem działu komponentów automatyki. Zajmuje się głównie doborem urządzeń pomiarowych w systemach HVAC oraz do regulacji i rejestracji procesów.

tel: 32 789 00 18



Rysunek 1  
Schemat metody DCA



„Podstawowym celem magazynu jest stworzenie takich warunków, aby produkt w nim przechowywany utrzymywał swoją świeżość

| Skład w normalnej atmosferze |       | Warunki magazynowania według ULO |
|------------------------------|-------|----------------------------------|
| Azot                         | 79%   | 97%                              |
| Tlen                         | 20,9% | 1%                               |
| Dwutlenek węgla              | 0,04% | 0,7-4%                           |

Tabela 1

Skład atmosfery w magazynie o niskiej zawartości tlenu

Zwolnienie procesu dojrzewania to pierwszy krok. Choć wolniej, tlen nadal pobierany jest z atmosfery i przetwarzany na dwutlenek węgla. Należy więc uzupełniać braki powyżej poziomu minimalnego, gdyż owoce pozbawione tlenu całkowicie obumrą i nastąpi szybki wzrost fermentacji.



## TEMPERATURA

Magazynowane owoce i warzywa wydzielają energię ciepłą. Ciepło to należy kompensować obniżając temperaturę. Przy okazji należy zwrócić uwagę na to, aby nie dochodziło do lokalnych zmrożeń, gdyż nieodwracalnie uszkadzają one strukturę produktu. Należy także zdawać sobie sprawę z tego, że w różnych częściach magazynu występują także różnice temperatury, na przykład w pobliżu ścian czy też elementów chłodzących.



## WILGOTNOŚĆ

Aby ograniczyć odwodnienie generuje się wilgotność atmosfery bliską 100%. W warunkach bliskich kondensacji owoce nie wysuszają się, nie tracą na wadze, zachowują pożądaną jędrność. Niestety, kiedy dojdzie do nasycenia i skropleń, każda kropla może stać się zaczątkiem rozwoju mikroorganizmów i potencjalnym źródłem zagrożenia całego procesu. Pojawienie się wody może

być wywołane zarówno na skutek mało precyzyjnego układu regulacji, jak też zmian pogodowych (temperatury) na zewnątrz magazynu.



## WYMAGANIA W STOSUNKU DO URZĄDZEŃ POMIAROWYCH

Proces CA zaczyna się więc komplikować. Aby przeprowadzić go właściwie potrzebne są urządzenia pomiarowe. Urządzenia te powinny charakteryzować się długoterminową stabilnością w niesprzyjających warunkach, a w szczególności posiadać:

- wysoką odporność technologii na wilgoć (czujniki podgrzewane),
- dokładne pomiary (małe niepewności poniżej 1,5%),
- szybki czas reakcji nawet przy wysokiej wilgotności,
- odporność na zabiegi chemiczne,
- sondy ze stali nierdzewnej (preferowane w przemyśle spożywczym),
- IP65 (również do pomiaru CO<sub>2</sub>), czasami IP68,
- konstrukcje szybko zdejmowane, odporne na przekładanie, łatwo wymienne elementy.

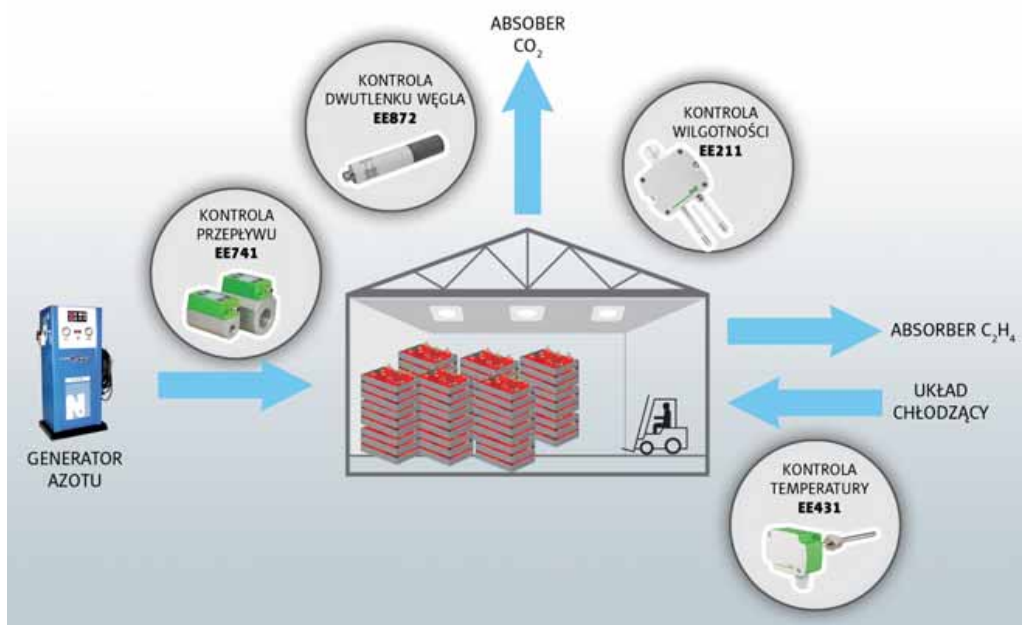


## APARATURA POMIAROWA W MAGAZYNIE JABŁEK

Szacuje się, że na całym świecie magazynowane jest od 400 do 600 ton jabłek. Jabłka wśród owoców są produktem, który magazynowany jest najdłużej – nawet do 12 miesięcy. Główne wyzwania w tych magazynach to:

- wilgotność 90...95%,
- temperatura 0...5°C,
- CO<sub>2</sub> 0...5000ppm,

Długi okres przechowywania wymaga stabilnego i niezawodnego systemu. Do pomieszczeń beztlenowych generalnie obowiązuje zakaz



Rysunek 2

Schemat aparatury pomiarowej w magazynie jabłek



wstępu, więc urządzenia muszą być niezawodne i bezobsługowe.

Do tego typu aplikacji proponujemy zastosowanie przetworników wilgotności i temperatury z podgrzewanym sensorem, przetworniki dwutlenku węgla z podgrzewanym modułem pomiarowym i kompensacją zmian ciśnienia, termiczne przepływomierze masowe, a także przetworniki temperatury.



**Rysunek 3**  
Przetwornik stężenia dwutlenku węgla EE872

**Przetwornik stężenia dwutlenku węgla EE872** wyróżnia się podgrzewanym modułem pomiarowym. Podniesienie temperatury o kilka stopni powyżej otoczenia pozwala obniżyć wilgotność wewnątrz urządzenia, a to zapobiega kondensacji wody oraz korozji.

Klasa ochrony IP65 oraz filtr teflonowy zapewniają doskonałą ochronę w zanieczyszczonym środowisku. Pomiar ciśnienia atmosferycznego zabudowany w urządzeniu pozwala na kompensację zmian ciśnienia aplikacji. Zwiększa tym samym dokładność urządzenia. W przetworniku zastosowano wymienny moduł pomiarowy, co pozwala na szybkie i bezproblemowe prace serwisowe.



**Rysunek 4**  
Termiczny przepływomierz masowy EE741

**Termiczny przepływomierz masowy EE741** służy do pomiaru przepływu powietrza i gazów technicznych np. azotu. Czujnik przepływu może być zainstalowany na rurach od DN15 do DN50. Stopień ochrony obudowy przepływomierza to IP65. Przepływomierz może być elementem układu sterowania – wyposażony jest w wyjścia impulsowe, analogowe 4 ... 20 mA lub przekaznikowe.



**Rysunek 5**  
Przetwornik wilgotności serii EE211

**Przetwornik wilgotności serii EE211** posiada element podgrzewający okolice sensora pomiarowego. Dzięki temu na sensorze unika się skropleń wody powodujących nieprawidłowe wskazanie 100% wilgotności. To główna zaleta tego rozwiązania. Dodatkowo zmniejsza się ryzyko korozji oraz wykwitów biologicznych na sensorze.

Aby jednak obliczyć rzeczywistą wilgotność w aplikacji, w przetworniku występuje odrębny sensor temperatury. Sensor ten może być zamontowany bezpośrednio w przetworniku – wtedy określona zostanie wilgotność powietrza wokół przetwornika. Przy zastosowaniu przewodu, można sensor temperatury wprowadzić w okolice, a nawet pryzmę ziemniaków. Otrzymamy wtedy pomiary w okolicach samego składowanego materiału. Warto podkreślić, że metalowa konstrukcja czujnika pozwala na kontakt z żywnością.



## MAGAZYNOWANIE WARZYW

Przechowywanie warzyw korzeniowych w kontrolowanej atmosferze wymaga trzech głównych czynników:

- **Właściwa wentylacja.** Szczególnie na początku odbywa się silne wentylowanie powietrzem zewnętrznym, aby uzyskać odpowiednie przesuszenie i schłodzenie produktu. Następnie wentylowanie ma na celu utrzymywać właściwy poziom stężenia dwutlenku węgla i wydzielanego etylenu. Choć etylen we właściwej proporcji jest korzystny, to jego nadmiar może powodować duże straty przez np. kiełkowanie ziemniaków. W przypadku przechowywania cebuli stosuje się techniki CA/ULO.
- **Chłodzenie.** Warzywa dłużej pozostają świeże i nadają się do sprzedaży, gdy temperatura jest stale niska. Zmiany temperatury zewnętrznej muszą być korygowane przez wewnętrzne urządzenia schładzające (chillery). Należy jednak uważać, by zbyt nie wysuszyć powietrza!
- **Nawilżanie.** Ziemniaki, marchewki, pory, seler, aby nie ulegały nadmiernemu osuszeniu, powinny być przechowywane przy wysokiej wilgotności względnej od 90 do 95%. Stosuje się specjalne nawilżacze ultradźwiękowe, które pozwalają minimalizować osuszanie powietrza wywołane przez urządzenia schładzające.

**„Należy zdawać sobie sprawę z tego, że w różnych częściach magazynu występują różnice temperatury, na przykład w pobliżu ścian czy też elementów chłodzących**



## APARATURA POMIAROWA W MAGAZYNIE ZIEMNIAKÓW

Szacuje się, że na całym świecie produkuje się rocznie prawie 400 mln ton ziemniaków. Największym producentem są Chiny z produkcją prawie 100 mln ton. Ziemniaki ze swej natury nadają się do długotrwałego przechowywania, jednak stworzenie optymalnych warunków pozwala na wydłużenie tego okresu przy zachowaniu świeżości. Około 50 mln ton ziemniaków jest przechowywanych w nowoczesnych magazynach. Te największe magazyny mogą przyjąć ponad 5000 ton. Podstawowe wymagania magazynu to:

- wilgotność 90...95%,
- temperatura 5...10 °C,
- CO<sub>2</sub> 3000...5000ppm, max 3%,
- wentylacja powietrzem zewnętrznym (różne typy),
- odporność na zanieczyszczenia aparatury pomiarowej,
- ryzyko wzrostu materiałów biologicznych na aktywnych częściach sensorów.

W magazynach ziemniaków, podobnie do jabłek, najlepiej sprawdzają się wspomniane już przetworniki EE211 z podgrzewanym sensorem oraz przetworniki dwutlenku węgla EE872 z podgrzewanym modułem pomiarowym i kompensacją zmian ciśnienia. W przypadku magazynowania ziemniaków należy także zastosować przetworniki wilgotności EE210 z osłoną radiacyjną do pomiaru warunków zewnętrznych, przetworniki różnicy ciśnień EE600 do określenia prawidłowej wentylacji wsadu i pomieszczenia, a także przetworniki temperatury.

**Przetwornik różnicy ciśnień EE600** przeznaczony jest do bardzo dokładnego pomiaru różnicy ciśnień powietrza w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Może być także stosowany do monitorowania filtrów. Wykorzystany może być do monitorowania kanałów rozprowadzania powietrza.



Rysunek 7  
Przetwornik różnicy ciśnień EE600

**Przetwornik EE210 Outdoor** to z kolei przetwornik wilgotności i temperatury z osłoną radiacyjną, do pomiarów warunków atmosferycznych na zewnątrz budynków.



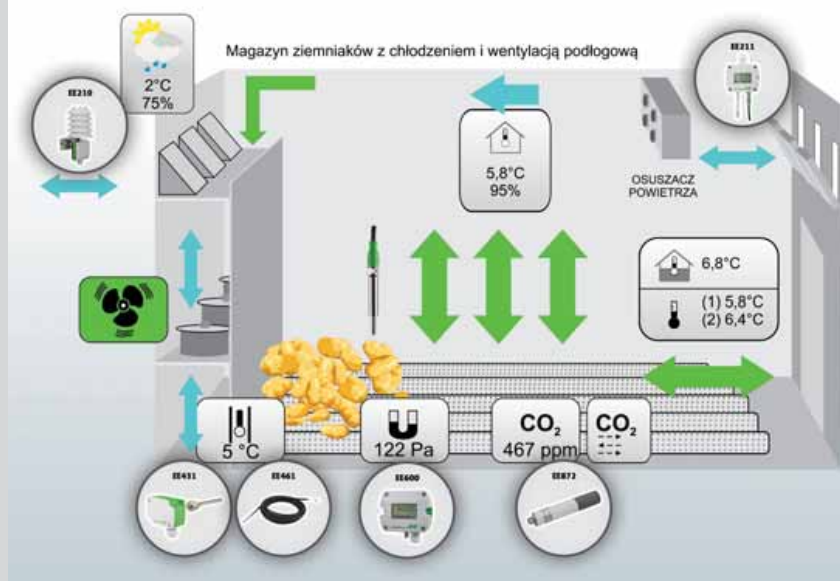
Rysunek 8  
Przetwornik EE210 Outdoor



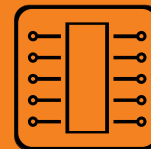
## MAGAZYNOWANE WYMAGA DOKŁADNOŚCI

Magazyny warzyw i owoców to obecnie duże powierzchnie naszpikowane urządzeniami do pomiaru, rejestracji i sterowania. To także olbrzymie zaplecza sprzętu w postaci układów wentylacji, schładzania, nawadniania i regulacji składu atmosfery. Wszystko dograne według najnowszych algorytmów, aby utrzymać optymalne warunki.

Jeden mały czynnik pozbawiony kontroli może być początkiem katastrofy. Chociażby zmiana temperatury zewnętrznej. Oczywiście sprawą jest, że słaba izolacja termiczna wpływa na skoki temperatury wewnątrz magazynu. Mniej oczywistym może być fakt, że gdy w magazynie mamy 8°C i 92% wilgotności względnej (optymalne warunki do przechowywania ziemniaków), **to punkt rosy wynosi zaledwie 6,78°C**. Oznacza to, że jeśli gdzieś w okolicy (np. dachu czy też konstrukcji stalowej) dopuścimy do lokalnego schłodzenia zaledwie o 1,5°C, to nastąpi efekt kondensacji i skropliny wody wpłyną na produkt. Tego staramy się uniknąć, a pomocnym będzie stosowanie urządzeń pomiarowych o podwyższonej klasie dokładności. Podobną kontrolę należy stosować w magazynach dojrzewania, czy też podczas transportu. Te aplikacje jednak przybliżymy w innym artykule.



Rysunek 6  
Magazyn warzyw korzeniowych – schemat wentylacji



# Sens wzorcowania i częstotliwość jego przeprowadzania

*Wzorcowanie aparatury pomiarowej to dziś chleb powszedni. Wszyscy wiemy, że żadne urządzenie nie jest wystarczająco dokładne na wieki i dziś wiemy, że nawet nowy miernik musi być wzorcowany. Ale nie zawsze tak było i przez wiele lat w zakładach stosowane były przyrządy, których dokładności wskazań nikt nie sprawdzał. Przyjrzyjmy się zatem historii wzorcowania w Polsce, samej definicji oraz temu dlaczego i jak często wzorcować aparaturę pomiarową.*



## ZARYS HISTORYCZNY

W Polsce szczególny nacisk na sprawdzanie przyrządów pomiarowych zaczął pojawiać się wraz z wprowadzaniem Systemów Zapewnienia Jakości (np. ISO, HCCP). W celu kwalifikacji i oznaczania wyrobów znakami jakości i znakami bezpieczeństwa, utworzono Centralne Biuro Jakości Wyrobów (CBIW). System akredytacji istnieje od lat 90. Zarządzenie nr 45 Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacji Miar i Jakości (PKNMij) utworzyło krajowy system akredytacji laboratoriów badawczych zgodny z wymaganiami norm serii EN 45000.

Pierwszy certyfikat akredytacji został przyznany laboratorium badawczemu w 1992 r., jednostce certyfikującej – w 1993 r., laboratorium pomiarowemu – w 1997 r., jednostce kontrolującej – w 2000 r., weryfikatorowi EMAS i weryfikatorowi GHG – w 2006 r., organizatorowi badań biegłości – w 2009 r. i laboratorium medycznemu – w 2010 r.

W dniu 3 kwietnia 1993 r. Sejm Rzeczypospolitej Polskiej uchwalił ustawy: o badaniach i certyfikacji oraz prawo o miarach. W kolejnym roku, 1 stycznia 1994 r., weszła w życie Ustawa o badaniach i certyfikacji – powstało Polskie Centrum Badań i Certyfikacji (PCBC), które przejęło zadania CBIW.

Ostatecznie w dniu 01.01.2001 r. zostało utworzone Polskie Centrum Akredytacji. Jest to krajowa jednostka upoważniona do akredytacji jednostek certyfikujących, kontrolujących, laboratoriów badawczych i wzorcujących oraz innych podmiotów prowadzących oceny zgodności i weryfikacje na podstawie ustawy z dnia 28.04.2000 r. o systemie oceny zgodności, akredytacji oraz zmianie niektórych ustaw. Polskie Centrum Akredytacji posiada status państwowej osoby prawnej i jest nadzorowane przez Ministerstwo Gospodarki. Od tego czasu PCA niezmiennie działa. Na początku stycznia 2022 r. udzieliło 201 akredytacji dla laboratoriów wzorcujących. Laboratorium Pomiarowe firmy Introl Sp. z o.o. posiada akredytację od maja 2003 r. o numerze AP 053. Laboratorium wzorcuje przyrządy do pomiaru ciśnienia, temperatury i wilgotności w zakresie akredytacji.



## CZYM JEST WZORCOWANIE?

Wzorcowanie jest to zbiór operacji ustalających, w określonych warunkach, relację między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy lub układ pomiarowy, albo wartościami reprezentowanymi przez wzorzec miary lub przez materiał odniesienia; a odpowiednimi wartościami realizowanymi przez wzorce jednostek miary. Akredytacja laboratoriów wzorcujących (pomiarowych) ma za zadanie potwierdzić kompetencje laboratorium do wykonywanych konkretnych pomiarów, zarówno na wewnętrzne potrzeby kraju, jak również w celu swobodnego przepływu towarów w Unii Europejskiej i na całym świecie. Wzorcowanie, które przeprowadzone są w akredytowanym laboratorium uznawane są więc nie tylko w Polsce, ale również we wszystkich krajach UE oraz krajach, z którymi PCA podpisało porozumienie ILAC MRA.

Właśnie takie laboratoria stanowią punkt wyjścia do wzorcowania przyrządów przemysłowych. Wszystkie przyrządy, które używane są w przemyśle bezpośrednio lub jako wzorce do sprawdzania innych przyrządów, powinny podlegać wzorcowaniu w takich laboratoriach i powinny posiadać akredytowane Świadectwa Wzorcowania.

Współczesne laboratoria, aby potwierdzić własne kompetencje techniczne, poddawane są corocznej ocenie przeprowadzanej przez PCA. Cykl akredytacji trwa 4 lata i na ten okres nadawany jest Certyfikat Akredytacji. Podczas ocen przeprowadzanych przez PCA, audytor wiodący potwierdza funkcjonowanie systemu zarządzania oraz spełnienie wymagań normy odniesienia



**MARIUSZ BORKOWSKI**

Absolwent Uniwersytetu Opolskiego Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii oraz studiów podyplomowych na Uniwersytecie Śląskim. W Introlu pracuje od 2002 roku, obecnie na stanowisku Dyrektora ds. Jakości. Na co dzień zajmuje się nadzorowaniem dwóch działów: Laboratorium Pomiarowego i Działu Jakości. W latach 2017-2021 był Przewodniczącym Sekcji Laboratoriów Wzorcujących w POLLAB Warszawa – stowarzyszenia zrzeszającego polskie laboratoria.

tel. 32 789 01 08



Rysunek 1  
Certyfikat akredytacji



**”W przypadkach krytycznych, koszt przekroczenia dopuszczalnych błędów pomiarowych może być niezmiernie wysoki, dlatego też bezpieczniej jest częściej wzorcować sprzęt.**

PN-EN ISO/IEC 17025 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”. Audytorzy techniczni potwierdzają natomiast kompetencje personelu w danej dziedzinie pomiarowej.



## CO I PO CO WZORCOWAĆ?

Laboratoria, które istniały kiedyś nie podlegały żadnym kontrolom – nie było więc wiadomo, czy wzorcowanie przyrządów, które wykonują, jest przeprowadzone poprawnie czy też nie. Nikt nie miał więc pewności czy wykorzystywane przyrządy wskazywały poprawne wyniki. Nowe przyrządy najczęściej (choć nie zawsze) wskazywały poprawnie, ale z czasem też pojawiały się błędy. Dzisiaj wiemy, że nawet nowe przyrządy mogą błędnie działać i je również należy wzorcować przed użyciem.

Wzorcowaniu podlegają praktycznie wszystkie przyrządy za wyjątkiem wskaźników oraz takich urządzeń, które służą do rozliczeń finansowych (wówczas podlegają legalizacji). Wskaźniki są używane w sytuacjach gdy wartości, którą one wskazują mają mniejsze znaczenie, a sam wskaźnik ma zadanie bardziej informować czy zachodzi jakiś proces czy nie. Legalizacji natomiast podlegają takie urządzenia jak tachografy, wodomierze, ciepłomierze itp. Pełny wykaz przyrządów podlegających legalizacji można znaleźć na stronie Głównego Urzędu Miar [www.gum.gov.pl](http://www.gum.gov.pl).

Aby więc mieć pewność, że przyrządy działają sprawnie, należy oddać je okresowo do wzorcowania do akredytowanego laboratorium wzorcującego. W laboratoriach tych, to co jest bardzo istotne, zachowywana jest spójność pomiarowa. Oznacza ona, że wyniki wzorcowania odniesione są do wzorców wyższego rzędu, które z kolei również są wzorcowane przez jeszcze dokładniejsze przyrządy, aż dochodzimy do porównań międzynarodowych.



## NIEPEWNOŚĆ

Wszystkie wzorcowania obarczone są zawsze jakimś błędem, który nazwany jest niepewnością wzorcowania. Parametr ten podawany jest na Świadectwach Wzorcowania. Istotne jest również to, aby niepewność była jak najmniejsza, gdyż w przeciwnym razie przedział poprawności wskazań przyrządu będzie coraz większy. Należy stale dążyć do zmniejszania wartości niepewności lub przynajmniej utrzymywania jej na podobnym poziomie. Na niepewność pomiarów składa się wiele czynników np. przy wzorcowaniu prostych ciśnieniomierzy wskazówkowych, uwzględnia się niepewność wzorca, niepewność związana z rozrzutem wskazań podczas pomiarów oraz niepewność związana z dokładnością odczytu na ciśnieniomierzu wzorcowanym. Jednak przy bardziej skomplikowanych pomiarach, składowych mających wpływ na niepewność końcową może być znacznie więcej, nawet do kilkunastu. Więcej informacji dotyczących niepewności można znaleźć w dokumencie EA-4/02 „Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu”.

Każde wzorcowanie przeprowadzone przez osobę posiadającą odpowiednie kwalifikacje powinno być zakończone wystawieniem świadectwa wzorcowania. Na świadectwie, oprócz wyników, istotne jest aby wyliczyć niepewność. Należy zadbać również o zachowanie spójności przy wzorcowaniu.



## JAK CZĘSTO WZORCOWAĆ?

Mając już świadomość tego, jak istotny jest sam fakt wzorcowania, kolejnym najczęściej pojawiającym się zagadnieniem jest częstotliwość przeprowadzania wzorcowania. Nie ma żadnych przepisów, które podawałyby jak często należy przeprowadzać wzorcowanie. Należy jednakże uwzględnić kilka parametrów, które pozwolą ustalić częstotliwość wzorcowania. Punktem wyjścia są wytyczne producenta, bowiem to on zna przyrząd i wie jaką ma on stabilność. Nie zaleca się jednak, aby ponowne wzorcowanie przeprowadzić później niż 1 rok od zakupu przyrządu. Mając już dwa Świadectwa Wzorcowania tzn. po zakupie przyrządu oraz po roku użytkowania, należy przeanalizować historię stabilności. Jeśli wskazania na świadectwach się nie zmieniły, wówczas można zastanowić się nad wydłużeniem okresu wzorcowania co 1,5 roku lub nawet co 2 lata. Można z takimi decyzjami się wstrzymać mając większą ilość świadectw np. 3 lub 4 i dopiero wówczas przeprowadzić analizę stabilności i podjąć decyzję o okresie częstotliwości wzorcowania.

Przy ustaleniu częstotliwości wzorcowania bierze się pod uwagę również koszt ponownego wzorcowania oraz konsekwencję przekroczenia dopuszczalnych błędów pomiarowych. W przypadkach krytycznych koszt przekroczenia dopuszczalnych błędów pomiarowych może być niezmiernie wysoki (np. w przemyśle samochodowym, spożywczym, farmaceutycznym czyli



**Rysunek 2**  
Termometry szklane i termometr cyfrowy

w przypadku bezpieczeństwa ludzi), dlatego też bezpieczniej jest częściej wzorcować sprzęt. Istotnymi kwestiami, które również należy wziąć pod uwagę przy ustalaniu okresu wzorcowania, są np. obciążenie sprzętu, warunki, w jakich będzie on używany, ilość czynności transportowych oraz fakt, czy sprzęt wygląda na zniszczony.

Nie wszystkie przyrządy należy traktować w jednakowy sposób. Dla przykładu weźmy pod uwagę termometr szklany i miernik elektryczny. Termometr szklany działa na zasadzie własności fizycznych, czyli wraz ze wzrostem temperatury zwiększa się objętość rtęci. Jeśli nie okaże się np. że rtęć uległa rozdzieleniu, wówczas można uznać, że termometr nie zmieni swoich wskazań zbyt szybko i w takim wypadku wydłużenie okresu wzorcowania nawet na 5 lat nie będzie przesadą. Inaczej ma się sprawa w przypadku miernika elektrycznego – nawet bez widocznych zmian wskazanie miernika mogą się zmienić. W tym wypadku należy być bardziej ostrożnym i wzorcowanie ustalić nie rzadziej niż np. co 1 rok, przynajmniej do momentu, gdy nie poznamy jego stabilności. Innym przykładem mogą być ciśnieniomierze obciążnikowo-tłokowe i ciśnieniomierze elektroniczne. W przypadku pierwszego z nich, jeśli nie ulegnie on zniszczeniu, to parametry jego nie powinny zmieniać się zbyt często. Przy pomiarach istotne są bowiem obciążniki, średnica tłoka i przyspieszenie ziemskie, które się nie zmieniają. W tym wypadku nie będzie przesadą jeśli wyznaczymy częstotliwość wzorcowania co 5 lat. W przypadku ciśnieniomierza elektronicznego, jego wskazania mogą zmieniać się znacznie częściej. W zależności od istotności danego ciśnieniomierza dla procesu, zmian od poprzedniego wzorcowania oraz innych wspomnianych już czynników, należy wzorcowanie ustalić na okres 1-3 lat.



**Rysunek 3**  
Wzorcowanie przy zastosowaniu ciśnieniomierza obciążnikowo-tłokowego

Podjęcie decyzji o częstotliwości wzorcowania musi być więc dokonane świadomie przez osobę znającą się na tym zagadnieniu, po dokonaniu analizy. Po podjęciu decyzji o częstotliwości wzorcowania każdego przyrządu, należy przygotować harmonogram wzorcowania na dany rok i dokładnie przestrzegać terminów. Warto przypomnieć historyczny okres ważności Świadectw Wzorcowania, który obowiązywał przed 2003 rokiem, czyli 13 miesięcy. Taka częstotliwość wydaje się bardzo rozsądna. Większość użytkowników pozostało przy takim okresie, decydując się na wzorcowanie raz w roku.



## WZORCOWANIE

W ramach podsumowania należy zaznaczyć, że podstawowym celem okresowego wzorcowania wyposażenia pomiarowego jest upewnienie się, czy jego dokładność nie pogorszyła się. Wzorcowanie ma też za zadanie wyeliminowanie z użycia mierników, które nie spełniają wymagań dotyczących dokładności wskazań.

Praktycznymi kryteriami kwalifikowania wyposażenia pomiarowego do wzorcowania są:

- konieczność oceny czy wyposażenie pomiarowe spełnia ustalone wymagania (nowy zakupiony przyrząd, lub po naprawie);
- konieczność uwzględnienia w wyniku pomiaru poprawki do wskazań i/lub niepewności pomiaru.

Przy wyznaczaniu odstępów czasu między wzorcowaniami należy wziąć pod uwagę: typ wyposażenia, zalecenia producenta, dane dotyczące trendu uzyskane na podstawie zapisów z poprzednich wzorcowań, zapis przebiegu konserwacji i obsługi, zakres i intensywność użytkowania, tendencje do zużycia się i dryfu, częstość sprawdzania przez porównanie z innym wyposażeniem pomiarowym, a zwłaszcza z wzorcami jednostek miar. Ważne również są: częstość i poprawność wewnętrznych wzorcowań sprawdzających, warunki otoczenia (temperatura, wilgotność, drgania itd.), oczekiwana dokładność pomiaru.

Kluczowe są także konsekwencje uznania niepoprawnie zmierzonej wartości za poprawną, wskutek wykorzystania niedokładnego wyposażenia pomiarowego (ryzyko związane z użyciem ztego przyrządu).



**Rysunek 4**  
Przetwornik ciśnienia Introbar 20

# Pierwszy na świecie bezinwazyjny przepływomierz do pary wodnej FLUXUS ST-LH



- mierzy ultradźwiękowo, bez ingerencji w rurociąg
- nie trzeba zatrzymywać przepływu/procesu
- nie generuje spadku ciśnienia
- łatwy w montażu
- w wersji stacjonarnej i przenośnej
- idealne rozwiązanie dla branży spożywczej  
czy farmaceutycznej

[przeplyw@introl.pl](mailto:przeplyw@introl.pl)

Introl Sp. z o.o.

[www.introl.pl](http://www.introl.pl)

**introl**

automatyka i pomiary