

WYSTĘPOWANIE POWIETRZA W INSTALACJACH HYDRAULICZNYCH

opracowanie na podstawie magazynu Idraulica - Barbara Jurek

W artykule przyjrzymy się ważnemu, choć często pomijanemu zagadnieniu obecności powietrza w instalacjach hydraulicznych. Omówimy problemy, jakie generuje powietrze w instalacjach centralnego ogrzewania, ich konsekwencje dla działania całej instalacji, oraz wyjaśnimy jakie rozwiązania i urządzenia pozwalają skutecznie je usuwać.

DLACZEGO POWIETRZE W INSTALACJACH TO PROBLEM?

Jakość wody krążącej w instalacjach hydraulicznych jest kluczowym czynnikiem wpływającym na wydajność i trwałość instalacji. Chociaż woda jest doskonałym nośnikiem ciepła, to jej wydajność zmienia się w zależności od ciśnienia, temperatury i użytych materiałów. Obecność powietrza w obiegach jest jednym z najczęstszych, niedocenianych i niestety poważnych problemów.

Powietrze może występować w różnych formach. Występuje jako: powietrze swobodne, mikropęcherzyki i gazy rozpuszczone. Problemy z jakimi możemy się spotkać ze względu na występowanie powietrza w instalacji, to m.in. hałas, zmniejszenie wydajności, kawitacja, uderzenia hydrauliczne, nieprawidłowe działanie zaworów mieszających, zmniejszenie wymiany ciepła, korozja, stagnacja, a także problemy związane z wymiennikami i pompami obiegowymi. Część z nich omówimy bardziej szczegółowo w dalszej części artykułu.

Odpowietrzanie instalacji można podzielić na dwie fazy: napełniania i normalnej pracy. W tym momencie istotnie należałoby wyszczególnić obszary zastosowań automatycznych odpowietrzników i separatorów powietrza, opierając się na zasadzie działania tych urządzeń. Skuteczne usuwanie powietrza z instalacji hydraulicznych to niezbędny warunek do ich niezawodności, efektywności energetycznej oraz ciągłości działania.

NA CZYM POLEGA PRAWO HENRY'EGO?

Aby w pełni zrozumieć problemy związane z obecnością powietrza w obiegach hydraulicznych, musimy zacząć od wyjaśnienia zasadniczej różnicy pomiędzy właściwościami fizycznymi i chemicznymi wody, a właściwościami powietrza. Rozpuszczalność gazów w wodzie jest ściśle związana z czynnikami takimi jak temperatura i ciśnienie. Zjawiskiem tym rządzi prawo Henry'ego, które mówi, że w stałej temperaturze ilość (stężenie) gazu rozpuszczonego w określonej objętości cieczy jest wprost proporcjonalne do ciśnienia cząstkowego tego gazu nad cieczą. Istnieje zatem bezpośredni związek między ilością gazu rozpuszczonego w cieczy, a ciśnieniem parczalnym gazu nad samą cieczą. Przykładem tego jest np. codzienne otwieranie napojów gazowanych lub win musujących. W takich przypadkach ciecz pod ciśnieniem zawiera dużą ilość CO₂, która jest uwalniana po otwarciu butelki powodując spadek ciśnienia.

Gazy najczęściej rozpuszczone w wodzie to tlen, azot i dwutlenek węgla, przy czym tlen i azot stanowią większość całkowitej objętości gazów. Azot jest gazem obojętnym



Rys.1: Prawo Henry'ego

i nie powoduje korozji, ale stanowi około 78 % powietrza, które może zostać uwięzione w instalacji podczas napełniania. Problem związany z azotem ma głównie charakter fizyczny: jego rozpuszczalność w wodzie zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury. Kiedy instalacja się nagrzewa, rozpuszczony azot uwalnia się, tworząc pęcherzyki gazu, które powodują blokadę przepływu, słabą wymianę ciepła i problemy typowe dla mikropęcherzyków.

Tlen natomiast jest pierwiastkiem reaktywnym i stanowi główną przyczynę korozji w instalacjach grzewczych. Jego obecność uruchamia procesy utleniania, które uszkadzają metalowe elementy instalacji. Reakcja ta prowadzi do powstawania osadu i magnetytu (Fe_2O_3), żelazistego osadu, który gromadzi się w newralgicznych punktach układu, takich jak wymienniki ciepła czy np. zawory termostatyczne. Osady te mogą utrudniać przepływ, drastycznie obniżyć efektywność energetyczną instalacji, oraz powodować lokalne awarie.

POWIETRZE W INSTALACJI POD DWIEMA POSTACIAMI

POWIETRZE SWOBODNE

Ten rodzaj powietrza można podzielić na makropęcherzyki i mikropęcherzyki.

Makropęcherzyki są większe, natomiast mikropęcherzyki to mniejsze pęcherzyki powietrza, które woda uwalnia wraz ze wzrostem temperatury. Makropęcherzyki powstają w wyniku braku odpowietrzenia instalacji podczas fazy napełniania. Gromadzą się one w najwyższych punktach instalacji i jego elementach m.in. w kotłach, grzejnikach i zbiornikach. Problemy jakie powodują to: hałas, blokada przepływu, trudność w napełnianiu instalacji. Makropęcherzyki są najbardziej znanym rodzajem powietrza i często omawianym w publikacjach technicznych.

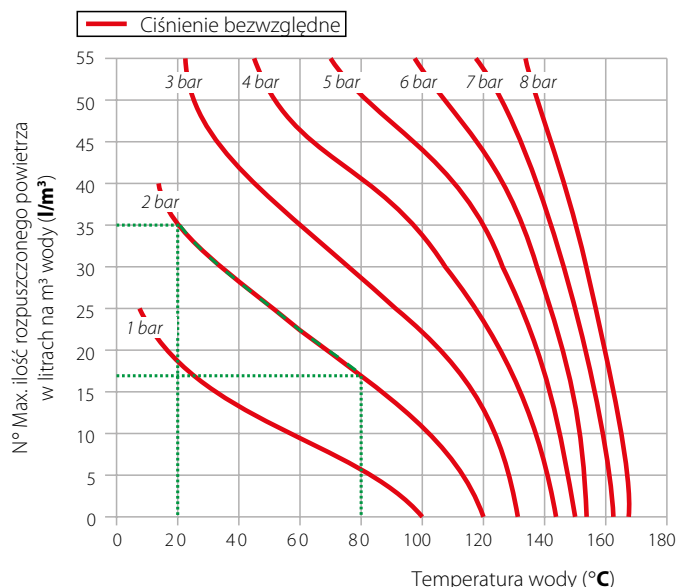
Mikropęcherzyki są często pomijane, a ich źródłem jest powietrze rozpuszczone w wodzie, które uwalnia się wraz ze wzrostem temperatury lub spadkiem ciśnienia. Ze względu na swoją lekkość, są one unoszone przez wodę i mogą powodować uszkodzenia w całej instalacji.

POWIETRZE ROZPUSZCZONE

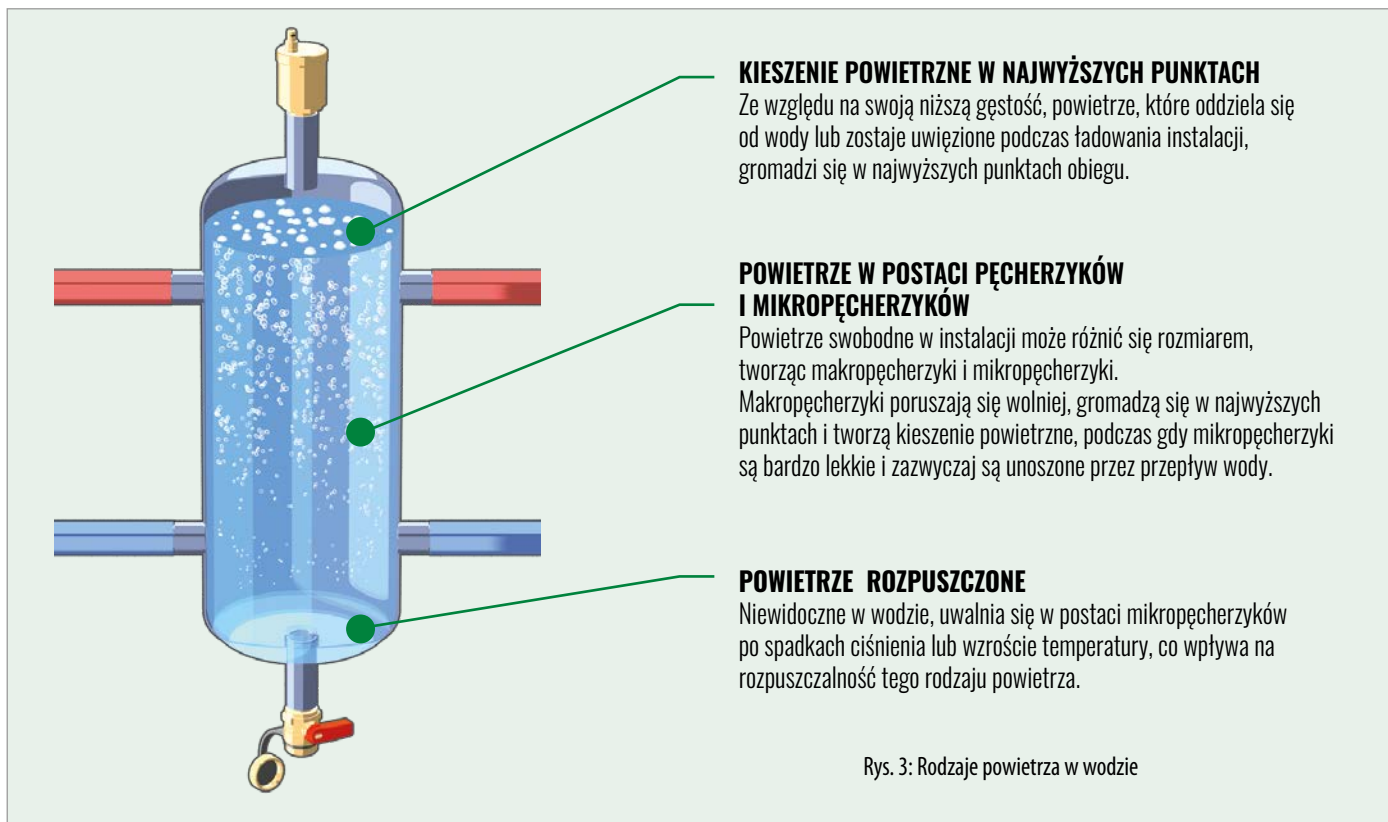
Powietrze rozpuszczone jest znacznie bardziej niebezpieczne, ponieważ jest niewidoczne. Gazy (głównie tlen i azot) rozpuszczają się w wodzie i wiążą z jej cząsteczkami.

Rozpuszczone powietrze nie jest więc widoczne gołym okiem, a jego ilość zależy od Prawa Henry'ego, zgodnie z którym zdolność wody do zatrzymywania rozpuszczonych gazów maleje wraz ze wzrostem temperatury i spadkiem ciśnienia.

Powietrze rozpuszczone jest źródłem mikropęcherzyków. Podczas normalnej pracy instalacji woda jest podgrzewana (na przykład w kotle) lub przedostaje się do obszarów o znacznych różnicach ciśnień (na przykład w pobliżu pompy obiegowej) i nie może już zatrzymywać uwalnianych gazów, tworząc mikropęcherzyki wolnego powietrza. Poniższy wykres przedstawia ilość uwalnianego powietrza z wody. Na przykład: przy ciśnieniu bezwzględnym 2 bar i ogrzaniu wody od 20 °C do 80 °C, ilość powietrza uwolnionego wyniesie 18 l na każdy m³ wody.



Rys. 2: Wykres rozpuszczalności powietrza w wodzie



DO JAKICH PROBLEMÓW MOŻE DOPROWADZIĆ POWIETRZE W INSTALACJI CENTRALNEGO OGRZEWANIA?

Powietrze dostaje się do instalacji zamkniętych i otwartych na różne sposoby: podczas napełniania instalacji, podczas konserwacji, przez nieodpowiednie uszczelniania, w układach otwartych przez naczynia wyrównawcze, lokalne wahania ciśnienia spowodowane nagłym zatrzymaniem pompy czy uderzeniem hydraulicznym, jak również na skutek wytrącania się z wody w postaci mikropęcherzyków w warunkach do tego sprzyjających. W związku z tym powietrze jest przyczyną różnych problemów występujących w różnych częściach instalacji.

HAŁAS

Kieszenie powietrzne tworzące się na górze grzejników, działają jak komory rezonansowe i powodują hałas. Jedną z przyczyn występowania hałasu jest przepływ pęcherzyków powietrza przez najwęższe sekcje układu, takie jak np. zawory.

KAWITACJA

Zjawisko kawitacji występuje wtedy gdy woda, płynąc z bardzo dużą prędkością, przepływa przez strefy niskiego ciśnienia. Ten nagły spadek ciśnienia powoduje, że woda zaczyna "wrzeć", nawet przy niskich temperaturach, zamieniając się w parę i tworząc mikropęcherzyki. Gdy tylko te mikropęcherzyki opuszczają strefę niskiego ciśnienia, mogą gwałtownie impłodować z powodu nagłej zmiany ciśnienia. Pęcherzyk bardzo szybko zapada się, uwalniając w miejscu ekstremalnie wysokie ciśnienie (do 1000 atmosfer), co powoduje uszkodzenie elementów.

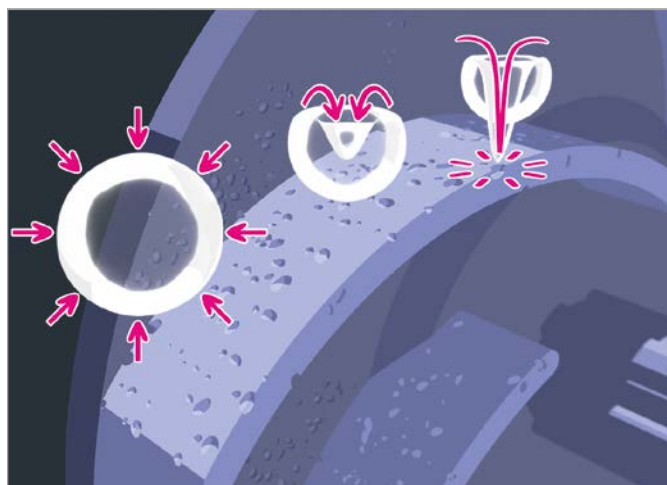


Rys. 4: Hałas spowodowany powietrzem

Implozja może zachodzić symetrycznie lub asymetrycznie. W przypadku implozji symetrycznej ciśnienie cieczy działa równomiernie na mikropęcherzyki, powodując ich kuliste zapadanie się. Z powodu niedoskonałości cieczy, większość mikropęcherzyków zapada się asymetrycznie. To właśnie te implozje generują kierunkowe fale uderzeniowe, które prowadzą do typowych uszkodzeń powodowanych przez zjawisko kawitacji. Ponieważ kawitacja jest związana z powstawaniem pęcherzyków powietrza, podstawowym rozwiązaniem w celu jej przeciwdziałania jest użycie dobrze odpowietrzonej wody.

Kawitacja powoduje:

- spory hałas i vibracje;
- uszkodzenia mechaniczne i korozję: implozje powodują erozję i pozostawiają ślady na powierzchniach metalowych podobne do uderzeń.



Rys. 5: Kawitacja na wirniku pompy obiegowej

BLOKADA PRZEPŁYWU

Zablokowanie przepływu, głównie przez mikropęcherzyki powietrza jest często widocznym problemem w instalacjach podłogowych, przez co wymiana ciepła przez duże powierzchnie może ulec znacznemu zmniejszeniu.

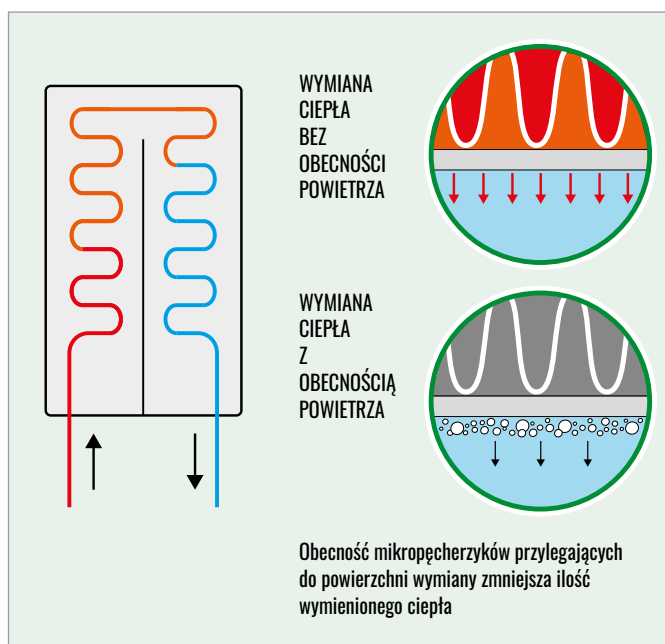
REDUKCJA WYMIANY CIEPŁA

Obecność powietrza w instalacjach grzewczych znacznie ogranicza wymianę ciepła ponieważ przewodność właściwa powietrza wynosi $0,026 \text{ W/m}^1\text{K}$. W porównaniu do wody, gdzie wynosi $0,6 \text{ W/m}^1\text{K}$ (stosunek 23:1). Problem ten jest szczególnie istotny w obszarach o wysokiej wymianie ciepła, czyli np. w grzejnikach, ogrzewaniu podłogowym i wymiennikach.

Pęcherzyki powietrza mogą gromadzić się wzdłuż powierzchni wymiany ciepła, co poważnie obniża sprawność wymiany. To z kolei ma bezpośrednie konsekwencje dla wydajności instalacji. Jeżeli kanały wymienników zostaną mocno zablokowane przez pęcherzyki powietrza, to może to prowadzić do spadku sprawności nawet o 5-10%. Problem ten jest jeszcze poważniejszy w przypadku instalacji z pompą ciepła, ponieważ prowadzi to do niespełnienia wymagań użytkowników w zakresie komfortu cieplnego.

STAGNACJA

Stagnacja jest zjawiskiem naturalnym występującym w większości instalacji solarnych. Jest to przegrzanie układu, które występuje, gdy kolektory słoneczne wciąż pochłaniają energię, ale ciepło nie jest odbierane przez glikol. Dzieje się tak najczęściej latem, przy wysokim nasłonecznieniu, gdy zasobnik ciepłej wody użytkowej osiągnie maksymalną temperaturę, a sterownik wyłącza pompę obiegową (solarną). W takiej sytuacji temperatura w kolektorach (tzw. temperatura stagnacji) gwałtownie rośnie nawet do ponad



Rys. 6: Wymiana ciepła

200 °C. Wówczas glikol zmienia się w parę. Na skutek wzrostu ciśnienia duże ilości czynnika trafiają do naczynia przeponowego.

To zjawisko ma wiele negatywnych skutków dla instalacji, jednym z nich jest to, że powstała para może zapowietrzyć układ, co w konsekwencji utrudni jego ponowny rozruch.

W układzie solarnym separatory powietrza umieszcza się na powrocie z zasobnika do panelu solarnego, a więc nie w miejscu o najwyższej temperaturze. Stosuje się taką praktykę aby zapobiec wydostawaniu się pary o bardzo wysokich temperaturach, ponieważ mogłoby to stanowić zagrożenie dla ludzi.

Automatyczny odpowietrznik, który został umieszczony w najwyższym punkcie instalacji, powinien być odkręcony tylko wtedy, gdy instalacja się wystudzi. Warto zaznaczyć, że jest to jedna z niewielu sytuacji, w których automatyczny odpowietrznik powinien być zakręcony podczas pracy instalacji - właśnie w celach bezpieczeństwa.

KOROZJA I TWORZENIE SIĘ OSADÓW

Warto podkreślić, że problem powietrza w instalacji oraz problem zanieczyszczeń są ze sobą powiązane.

Obecność powietrza w instalacji sprzyja powstawaniu korozji tlenowej. Korozja jest niewątpliwie zjawiskiem, którego należy się najbardziej obawiać w instalacji grzewczej, i które ma największy wpływ na powstawanie szlamu, oraz wżerów, drastycznie zmniejszając sprawność instalacji. Jest to bardzo złożone zjawisko, które na ogół ma

tendencję do oddziaływania na całą instalację, a nie tylko na jej poszczególne części.

Na skutek korozji tlenowej powstaje szlam i osad (tzw. magnetyt), a więc zanieczyszczenie stałe, które już możemy zaobserwować choćby podczas czyszczenia separatorów i filtrów. Stanowi to poważny problem w instalacji. Finalnie dostajemy spadek wydajności energetycznej, hałas i kosztowne awarie instalacji.

ZANIECZYSZCZENIE MIKROBIOLOGICZNE W OGRZEWANIU PODŁOGOWYM

Tlen jest jednym z wielu czynników wpływających na rozwój zanieczyszczenia mikrobiologicznego w ogrzewaniu podłogowym, czyli tzw. biofilmu. Tlen znacząco przyspiesza proces powstawania tego rodzaju zanieczyszczenia, ponieważ jest on niezbędny do życia i szybkiego namnażania się bakterii tworzących biofilm.

JAKIE PROBLEMY POWODUJE POWIETRZE W INSTALACJI WODY UŻYTKOWEJ?

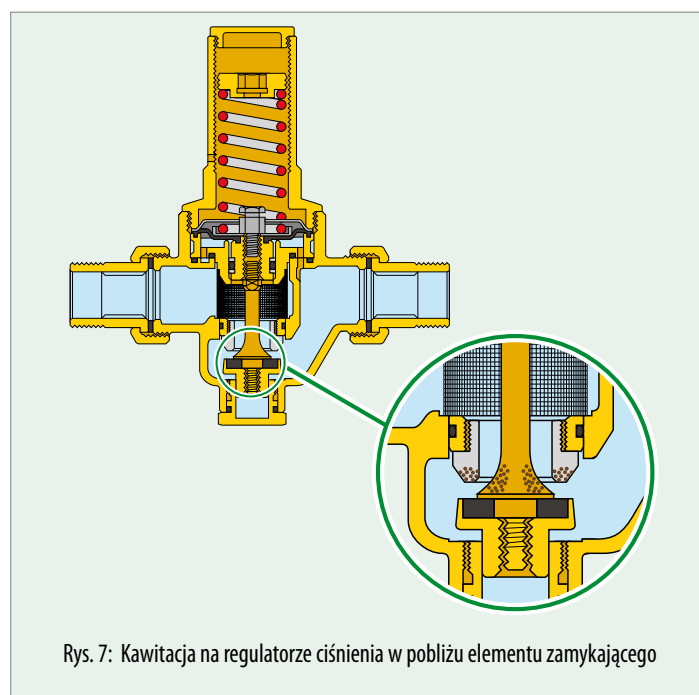
Tak jak powietrze w instalacji centralnego ogrzewania jest sprawą bardzo powszechną, tak rzadziej mówi się o zapowietrzonych instalacji wody użytkowej. Poniżej chcę przedstawić tylko niektóre problemy związane z powietrzem, które mogą wystąpić w takiej instalacji.

KAWITACJA

W instalacji wody użytkowej również możemy spotkać się ze zjawiskiem kawitacji występującym na regulatorach ciśnienia wody. Może się ona pojawić w momencie kiedy dojdzie do nagłego spadku ciśnienia w wąskim przewężeniu regulatora, co w konsekwencji będzie skutkowało powstawaniem mikropęcherzyków powietrza i późniejszej implozji. Finalnie prowadzi to do postępujących uszkodzeń prowadzących do utraty szczelności, drgań i hałasu, a w dłuższej perspektywie do uszkodzeń korpusu regulatora.

NIEPOPRAWNA PRACA ZAWORÓW MIESZAJĄCYCH

Termostatyczne zawory mieszające to urządzenia wymagające bardzo precyzyjnych warunków pracy, aby zapewnić optymalną wydajność i bezpieczeństwo. Obecność pęcherzyków powietrza w takim zaworze może powodować przerywany lub nieregularny przepływ wody. W zaworach termostatycznych, równowaga między wodą ciepłą, a zimną jest regulowana przez czujnik termostatyczny. Wszelkie anomalie ciśnienia lub przepływu spowodowane przez pęcherzyki powietrza będą przyczyną nagłych wahań temperatury. Oprócz tego, że obniży to



Rys. 7: Kawitacja na regulatorze ciśnienia w pobliżu elementu zamykającego

komfort użytkownika wody to może również powodować realne zagrożenie poparzeniem

KOROZJA

Tlen w instalacjach wody użytkowej może również wywołać lub przyspieszyć procesy korozji, co oczywiście prowadzi do szeregu późniejszych problemów.



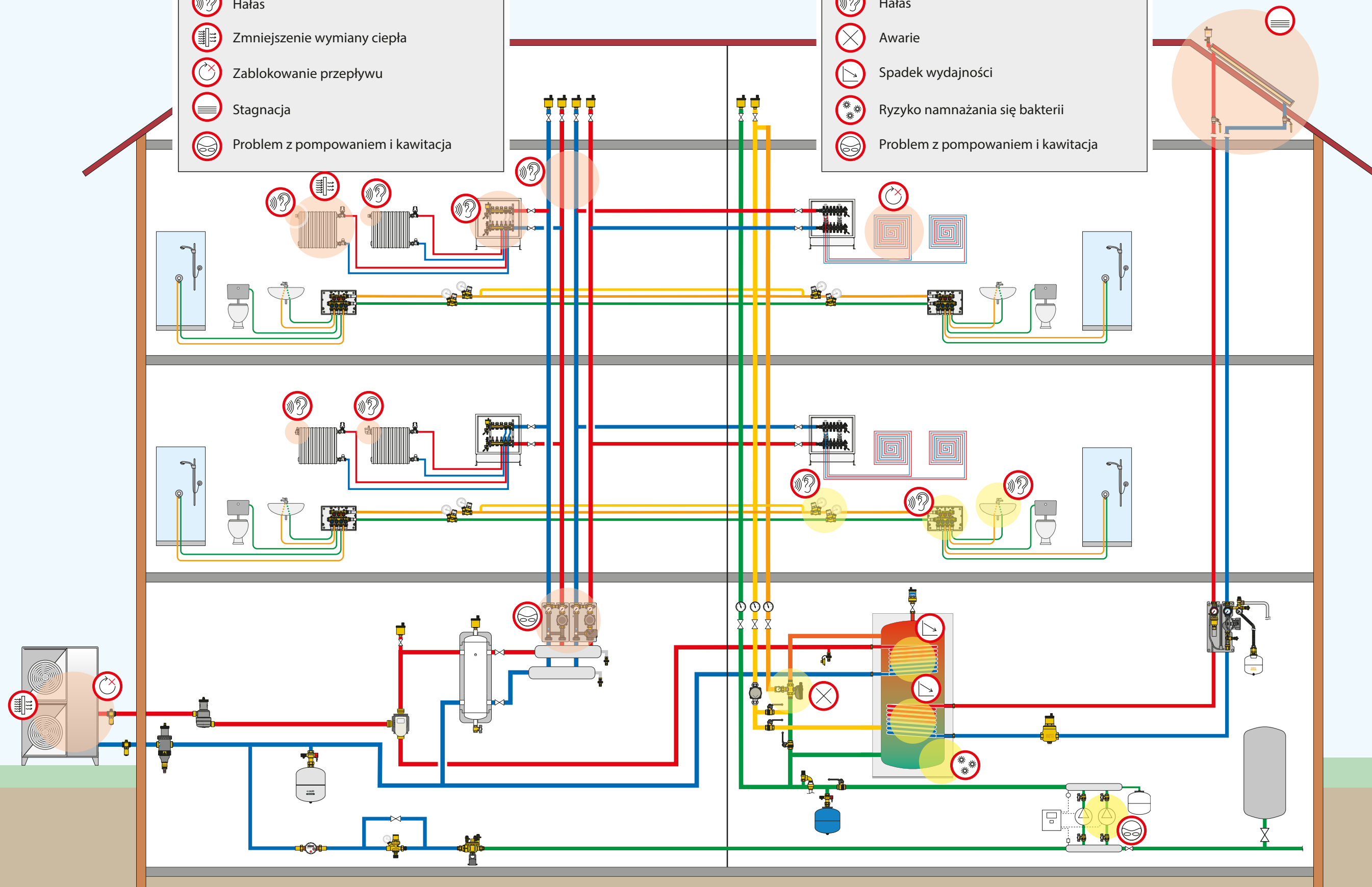
Możliwe problemy z instalacją grzewczą

- Hałas
- Zmniejszenie wymiany ciepła
- Zablokowanie przepływu
- Stagnacja
- Problem z pompowaniem i kawitacja



Możliwe problemy z instalacją wody użytkowej

- Hałas
- Awarie
- Spadek wydajności
- Ryzyko namnażania się bakterii
- Problem z pompowaniem i kawitacja



JAK POZBYĆ SIĘ POWIETRZA Z INSTALACJI?

Na podstawie produktów firmy Caleffi, przedstawimy urządzenia przeznaczone do usuwania każdego rodzaju powietrza, zarówno w postaci makro i mikropęcherzyków.

Powietrze w postaci makropęcherzyków można usunąć za pomocą odpowietrzników automatycznych i ręcznych zlokalizowanych w różnych miejscach w instalacji. Drugi rodzaj powietrza w postaci mikropęcherzyków usuniemy już tylko za pomocą separatorów powietrza zlokalizowanych tam, gdzie mamy do czynienia z największą ilością tego rodzaju powietrza. Ważne jest, by wyszczególnić te dwa rodzaje urządzeń. Klasyczny odpowietrznik usuwa powietrze, które się

w nim gromadzi, czyli inaczej mówiąc - zatrzymuje. Separator powietrza działa w inny sposób. Takie urządzenie samo zatrzymuje mikropęcherzyki powietrza i kieruje je w górną część gdzie są usuwane. Takich mikropęcherzyków nie usunie z kolei odpowietrznik. Szczególnie warto zwrócić uwagę na instalację podłogową, w której nie ma pionów ani grzejników. Odpowietrznik znajduje się na rozdzielaczu, natomiast brak jest możliwości odpowietrzenia na samym elemencie grzejnym. W takim przypadku tym bardziej powinniśmy zadbać o usuwanie powietrza już u samego źródła, za co właśnie odpowiada separator powietrza. Oczywiście najlepiej aby był jak najbardziej wydajny w swej pracy.

WYBRANE PRODUKTY PRZEZNACZONE DO USUWANIA POWIETRZA Z INSTALACJI HYDRAULICZNYCH

1. Odpowietrznik grzejnikowy ręczny i automatyczny, seria 5080
2. Odpowietrznik do montażu na pionach instalacji, na rozdzielaczach lub innych elementach instalacji, w miejscach gdzie mogą tworzyć się, np. kieszenie powietrzne ROBOCAL
3. Odpowietrznik na zbiorniki buforowe lub np. zasobniki ciepłej wody użytkowej, seria 551
4. Wysokowydajny separator powietrza na zasilaniu zaraz za pompą ciepła CALEFFI HED®, seria 5516
5. Separator powietrza o szerokim zakresie przepływów i średnic dla instalacji z każdego rodzaju źródłem ciepła, seria 551



1



2



3



4



5

W powyższym materiale przedstawione zostały przyczyny występowania powietrza w instalacjach hydraulicznych. Zostały również opisane najważniejsze problemy z jakimi możemy się spotkać ze względu na obecność powietrza w instalacjach. Na końcu pokrótce przedstawione zostały elementy do usuwania powietrza jakie można znaleźć w ofercie firmy Caleffi.