

► Grzegorz Onyszczuk, Sławomir Świątecki

Powietrze i jego skutki Problemy z instalacją grzewczą, a jej odpowietrzenie

Najpowszechniejszym medium instalacyjnym jest woda z uwagi na jej właściwości fizyczne (ciepło właściwe), dostępność oraz koszt. Niekiedy stosujemy mieszaniny wody z glikolem jako zabezpieczenie antyzamrożeniowe. Warto zdać sobie sprawę z właściwości, które powodują problemy w zastosowaniu wody jako nośnika ciepła. Jednym z takich problemów jest powietrze w instalacji.

■ W jaki sposób gazy dostają się do instalacji w systemie zamkniętym?

Okazuje się, że możliwych dróg wnikania gazów do naszych instalacji jest bardzo dużo. Jedną z nich jest niewątpliwie napełnianie instalacji wodą zawierającą ogromne ilości powietrza. Należy pamiętać, iż przed napełnieniem instalacji w rurach znajduje się powietrze, które nigdy nie zostanie całkowicie usunięte przez system odpowietrzający.

Wszelkie czynności konserwacyjne (czyszczenie filtrów, odpowietrzanie grzejników, itp.) powodują ubytki eksploatacyjne wody, co prowadzi do konieczności jej uzupełnienia. Świeża woda zawiera ok. 22,1 ml/l gazów w formie rozpuszczonej, które wskutek podwyższonej temperatury wytrącają się następnie w postaci mikropęcherzyków powietrza. O dużej zawartości powietrza w wodzie świadczy jej silne zmętnienie oraz mleczna barwa. Bardzo często przyczyną zapowie-

Formy występowania gazów – prawo Henry’ego

Gazy mogą występować w wodzie jako swobodne pęcherzyki lub rozpuszczone molekuly. Czy ktoś zastanawiał się nad tym – od czego zależy forma występowania gazów? Woda ma naturalną własność do absorpcji gazów, a zjawisko to zostało odkryte już na początku XIX wieku przez angielskiego fizyka i chemika – Williama Henry’ego. Forma występowania gazów zależna jest od temperatury oraz ciśnienia wody. Wraz ze wzrostem temperatury wody maleje rozpuszczalność gazów, co powoduje ich desorpcję w postaci pęcherzyków powietrza. Zależność ta jest odwrotna w przypadku ciśnienia – obniżanie ciśnienia powoduje to samo zjawisko, co podnoszenie temperatury. W życiu codziennym również możemy zaobserwować oba zjawiska. Wystarczy podgrzać wodę w garnku lub otworzyć butelkę wody gazowanej, aby zobaczyć efekt tworzenia się pęcherzyków powietrza. W związku z powyższym ciśnienie w da-

nym punkcie instalacji będzie wpływało na formę występowania gazów. Stwierdzono, iż może ono występować w trzech postaciach jako:

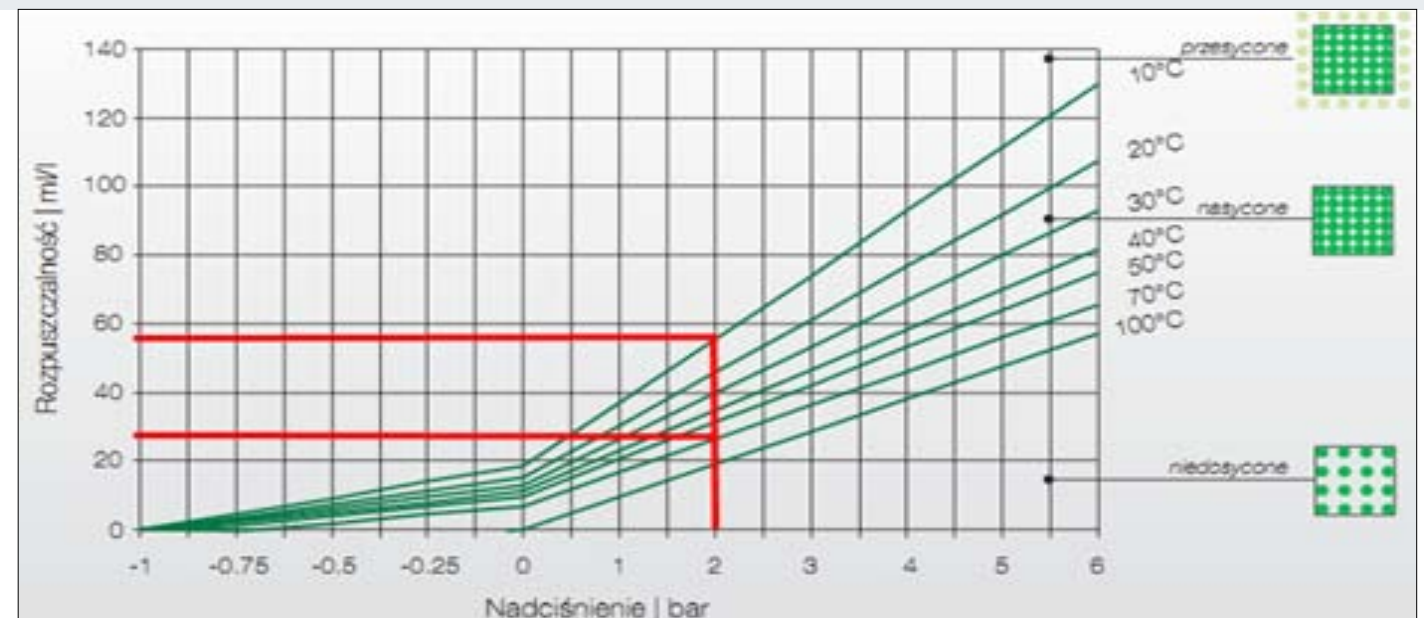
- wolne powietrze,
- mikropęcherze powietrza,
- w formie rozpuszczonej.

Wolne powietrze dostaje się do instalacji w wyniku jej napełniania lub uzupełniania oraz na drodze dyfuzji poprzez wszelkiego rodzaju nieszczelności. Mikropęcherze powietrza często określane w środowisku branżowym jako tzw. „bąble” o rozmiarach od 0,01 do 0,2 mm powstają w wyniku zmiany temperatury lub ciśnienia w instalacji.

Przykładowo, podwyższenie temperatury wody w instalacji od 10°C do 70°C przy stałym ciśnieniu równym 2 bary powoduje obniżenie rozpuszczalności gazów z wartości 56 ml/l do wartości 26 ml/l, co oznacza, że 30 ml powietrza w formie związanej w 1 l wody ulegnie

desorpcji i będzie krążyć w instalacji w formie mikropęcherzyków powietrza. Obniżenie ciśnienia będzie miało bardzo podobne konsekwencje.

Prawo Henry’ego opisuje rozpuszczalność gazów – przesycenie istnieje powyżej krzywych Henry’ego (rys. 1). Rozpuszczone gazy ulegają tam desorpcji i stają się pęcherzykami powietrza. W przypadku niedosycenia wszystkie gazy ulegają rozpuszczeniu. Podsumowując, patrząc na rys. 1, wszystko co pod krzywą to powietrze rozpuszczone w wodzie i im wyższa temperatura, tym mniej jest powietrza rozpuszczonego w wodzie oraz im niższe ciśnienie, uzyskujemy ten sam efekt. Czyli pęcherze powietrza będą powstawały wówczas, jeśli temperatura będzie wysoka i/lub ciśnienie niskie (ciśnienie statyczne). Takie wnioski pozwolą nam na dobór odpowiednich urządzeń do usuwania powietrza zarówno w instalacjach grzewczych czy chłodniczych.



1 Rozpuszczalność azotu w wodzie wg prawa Henry’ego

trzenia się instalacji jest nieprawidłowo funkcjonujący system utrzymania ciśnienia. Taki stan rzeczy może wynikać z błędnego doboru urządzeń lub części z ich wątpliwej jakości. W praktyce spotykamy się z problemami powstałymi wskutek obydwu nieprawidłowości. Instalacje w systemie zamkniętym powinny pracować ciągle w warunkach nadciśnienia, co chroni je przed zasysaniem powietrza z zewnątrz.

Do najczęściej spotykanych przyczyn tworzenia się warunków podciśnienia w instalacji należą:

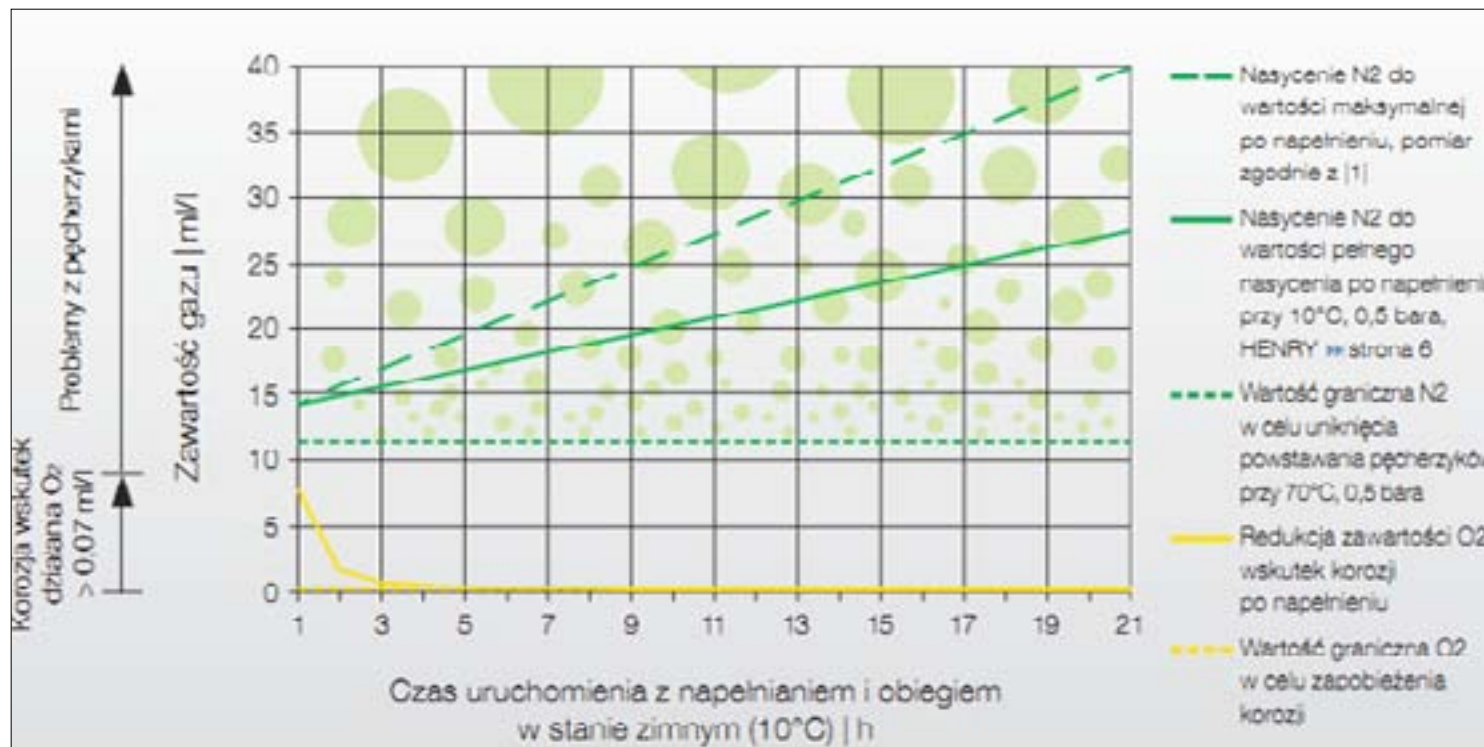
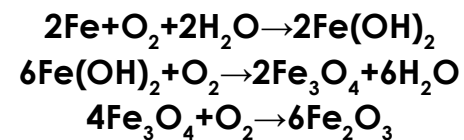
- zbyt mała pojemność naczynia wzbiorczego,
- nieprawidłowa lokalizacja naczynia wzbiorczego,
- nieodpowiednia wartość ciśnienia wstępnego (p_0),
- przenikanie powietrza przez membranę w wyniku dyfuzji,
- zbyt niska wartość ciśnienia napełniania (p_0),
- źle dobrany zawór bezpieczeństwa.

Dodatkowo należy uwzględnić reakcje chemiczne, wskutek których powstają również gazy oraz wytrącają się pęcherzyki powietrza w wyniku podwyższonej temperatury czynnika (np. na ściankach wymiennika kotła) lub różnicy ciśnień (np. na zwężkach).

Jakie są konsekwencje obecności powietrza w instalacji?

Korozja – wróg nr 1

Głównymi składnikami powietrza są azot (78%) oraz tlen (21%), które stanowią zupełnie różne zagrożenie dla systemów HVAC. Tlen jest pierwiastkiem o bardzo wysokim wskaźniku reaktywności, dlatego w instalacji bardzo szybko będzie reagował z żelazem, tworząc produkty korozji wg poniższych reakcji:



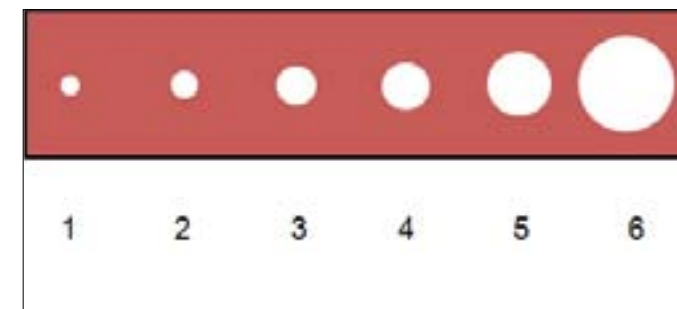
2 Zjawisko korozji elementów instalacji

Okazuje się, że tlen (O_2) powoduje korozję, aż do momentu obniżenia jego zawartości do wartości granicznej równej 0,07 ml/l.

Na rys. 2 możemy zauważyć, iż już po niespełna 3 h od momentu napełnienia instalacji cała ilość tlenu przereaguje, tworząc produkty korozji. Korozja jest procesem ciągłym, gdy nie skupimy się na wyeliminowaniu jej przyczyn – tzn. na zapobieganiu wnikania powietrza do instalacji oraz jego skutecznym usuwaniu, to cały czas będziemy walczyć z jej skutkami.

Procesy korozyjne przebiegają gwałtownie w kilku etapach, tworząc bardzo szybko magnetyt (Fe_3O_4) koloru czarnego, a następnie rdzę w postaci hematytu (Fe_2O_3) koloru czerwonego. Produkty korozji magnetyt (od 5 do 500 μm) i hematyt osadzają się w miejscach, gdzie jest mała prędkość przepływu np. w wymiennikach kotłów, na powierzchni grzejników oraz mają skłonność przywierania do powierzchni będących pod wpływem pola magnetycznego np. w korpusie pompy czy na elektrozaworach. W konsekwencji dochodzi do blokowania armatury, spadku wydajności oraz wysokości podnoszenia pomp, co wpływa bezpośrednio na obniżenie efektywności systemu grzewczego czy chłodniczego.

Należy pamiętać również, iż cząstki korozji



3 Wielkości otworów zaworu termostatycznego dla poszczególnych nastaw

(hematyt) potrafią przybierać dosyć okazałe rozmiary, co może prowadzić do zniszczeń armatury oraz pomp cyrkulacyjnych w wyniku procesów erozyjnych oraz ich zablokowania i braku chłodzenia przez przepływające medium. Na rys. 3 przedstawiono wielkości otworów dla poszczególnych nastaw zaworu termostatycznego – i tak na przykład wielkość otworu przy nastawie 6 wynosi 6,5 mm, ale dla nastawy 1 to jest już zaledwie 1 mm, co uświadamia nas, jak duże jest ryzyko zablokowania armatury przez produkty korozji. Niestety najbardziej kosztowne elementy instalacji (źródło ciepła/chłodu, pompy, zawory regulacyjne, odbiorniki końcowe) wykonane są z elementów podatnych na zjawisko korozji. Koszty serwisu bądź wymiany urządzeń są niewspółmierne do kosztów urządzeń zabezpieczających instalację przed takimi problemami, co powinno skłaniać do refleksji na ten temat.

Hałas w instalacji powoduje obniżenie komfortu

Drugim równie groźnym pierwiastkiem o przeważającym udziale w składzie powietrza jest azot (N_2), który nie ma tak wysokiego stopnia reaktywności, dlatego jego obecność w wodzie jest na stałym poziomie – zmienia się tylko jego forma występowania w zależności od temperatury i ciśnienia, co zostało już opisane. Wszelkie pęcherzyki i mikro-pęcherzyki powietrza występujące w instalacji są odpowiedzialne za efekt „stukania” w rurach oraz tzw. efekt „kaskady” – bulgotania w grzejnikach. Ponadto krążące po instalacji pęcherze powietrza powodują inne, bardzo niebezpieczne konsekwencje, które początkowo zakłócają pracę instalacji, a następnie mogą prowadzić do poważnych awarii. Duże bąble powietrza dysponują większą

siłą wyporności i dlatego najczęściej przemieszczają się w górnych częściach systemu. Natomiast małe kropki powietrza są porywane przez strumień wody i cały czas krążą po całej instalacji. Obecnie dużą wagę przywiązuje się do zapewnienia maksymalnego komfortu w miejscach przebywania ludzi – takie rozwiązania zwiększają atrakcyjność budynku, często udokumentowaną np. certyfikatami LEED, BREAM. Już nie tylko dla sal kinowych i konferencyjnych wymagany jest odpowiedni poziom akustyki – brak hałasu jest standardem dla nowo projektowanych budynków. Dlatego obecność powietrza w instalacji jest tak istotnym problemem, mającym negatywny wpływ na systemy HVAC.

Spadek efektywności systemu

Całkowita efektywność systemu HVAC zależy od wielu innych czynników – m.in. od efektywności systemu dystrybucji oraz samego

stopnia wymiany ciepła. Niestety olbrzymi negatywny wpływ w obniżaniu całkowitej sprawności mają pęcherzyki powietrza. Mikropęcherzyki powietrza mają skłonność do osadzania się na wewnętrznych powierzchniach wymienników ciepła oraz odbiorników końcowych np. grzejników, co prowadzi do obniżenia efektywności systemu. Powietrze jest doskonałym izolatorem, dlatego wymiana ciepła jest zdecydowanie ograniczona. Zapowietrzony grzejnik (rys. 4b) to nie tylko problem ograniczonej jego mocy, ale również jego negatywny wpływ na źródło ciepła. W kotłach kondensacyjnych ogromne znaczenie dla jego efektywności odgrywa temperatura powrotu czynnika. W przypadku zapowietrzonych grzejników temperatura czynnika na powrocie jest zdecydowanie wyższa wskutek braku możliwości przepływu i odbioru ciepła przez grzejnik (rys. 4b), czyli można się pokusić o stwierdzenie, że zapowietrzony grzejnik powoduje

zwiększone koszty eksploatacyjne przez podwyższenie temperatury powrotu oraz nie zapewnia odpowiedniego komfortu, ponieważ jego wydajność grzewcza jest znacząco ograniczona. Krążące po instalacji „poduszki powietrzne” powodują również zakłócenia cyrkulacji wody w wyniku zmniejszonego przekroju rur oraz obniżają wysokość podnoszenia oraz wydajność pomp.

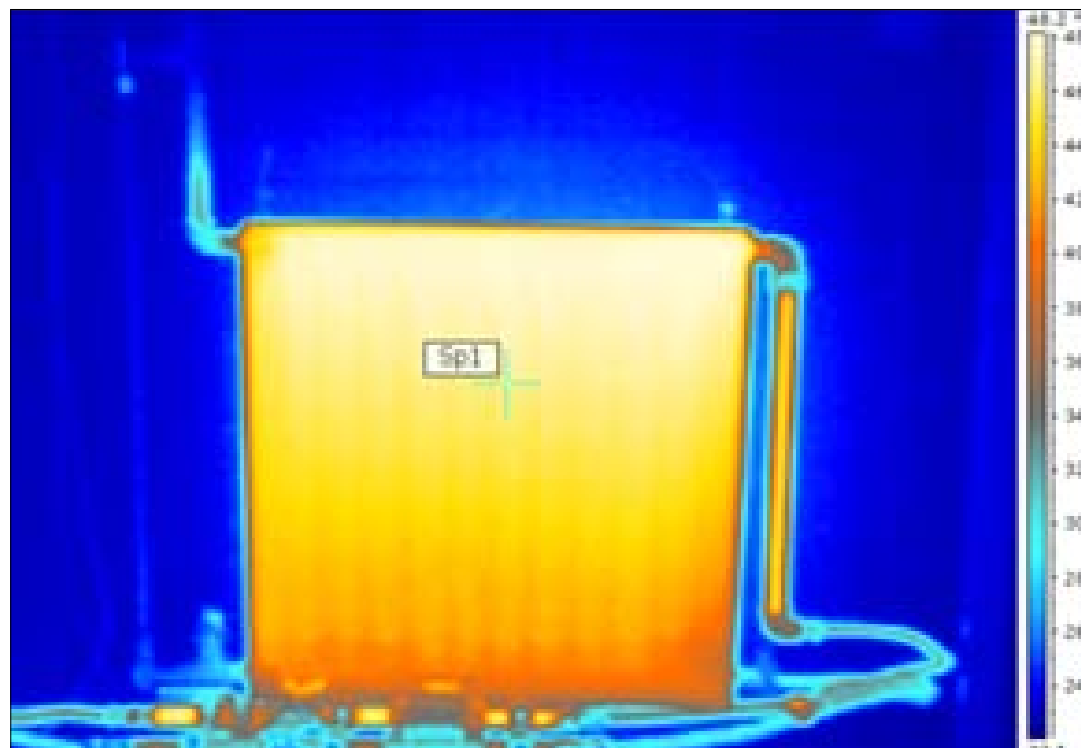
Wpływają także destrukcyjnie na żywotność pomp z uwagi na utrudnione chłodzenie pomp oraz zużywanie łożysk i wszelkiego rodzaju uszczelnień. Mogą również w wyniku efektu Venturiego (nagłej zmiany ciśnienia np. na pompach, zwężkach, zaworach termostatycznych) wywoływać kawitację. Miejscowe obniżenie ciśnienia poniżej wartości krytycznej powoduje nagłe tworzenie się pęcherzy powietrza, a następnie ich zanikanie w strefie wyższego ciśnienia. Podczas zanikania pęcherzyków w czasie ok. 0,001 s ciśnienie może osiągnąć wartość 350 MPa,

powodując mikroeksplozje, które niszczą mechanicznie urządzenia (np. pompę, zawór).

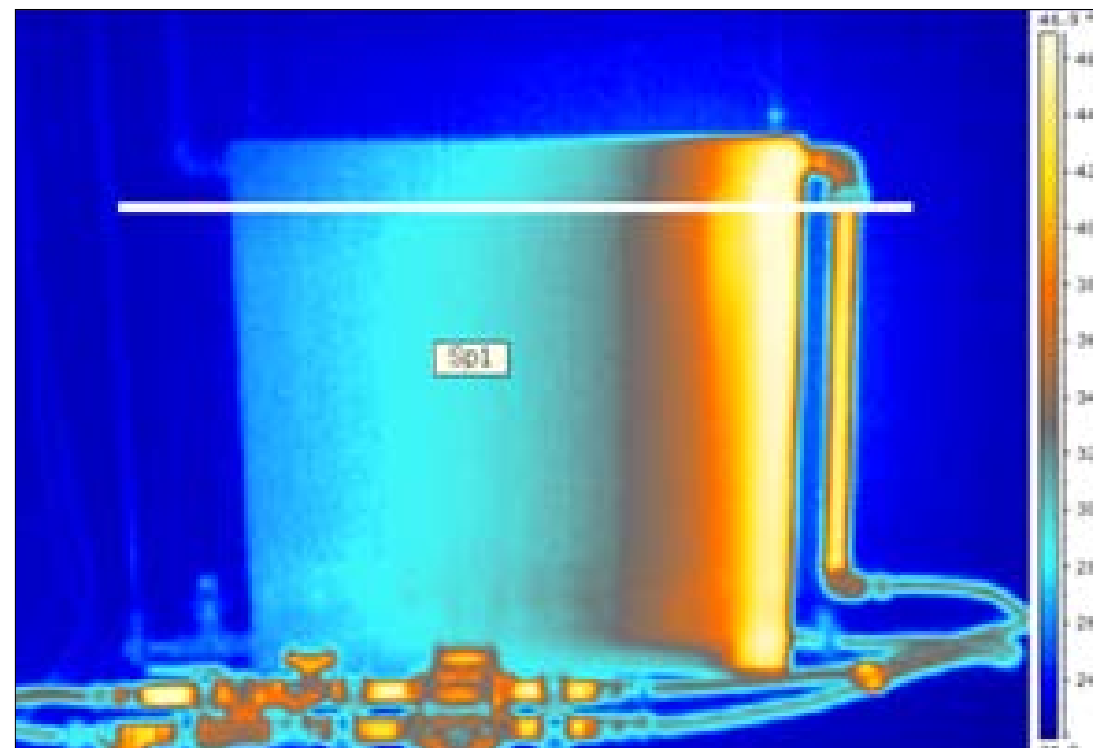
Brak możliwości równoważenia hydraulicznego i diagnostyki instalacji

Nikogo nie trzeba przekonywać do konieczności wykonania równoważenia hydraulicznego instalacji w celu zapewnienia prawidłowej jej pracy.

Aby osiągać wymaganą moc cieplną we wszystkich odbiornikach przy ich pełnym obciążeniu, wymagane jest uzyskanie odpowiednich przepływów czynnika w poszczególnych częściach systemu. Ma to również istotne znaczenie z punktu widzenia właściwego rozruchu instalacji np. po nocnym obniżeniu. W przypadku instalacji nierównoważonej hydraulicznie czasu, po których zostanie osiągnięta wymagana temperatura będą zdecydowanie wydłużone. Niekiedy jednak osoby zajmujące się uruchamianiem instalacji i przekazaniem jej do eksploatacji zapominają o tym, że nawet dysponując najlepszym sprzętem pomiarowym oraz najbardziej zaawansowanymi metodami równoważenia, nie są w stanie wykonać tych czynności poprawnie, gdy w instalacji znajdują się miliardy pęcherzyków powietrza. Okazuje się, że odchyłka pomiarów wielkości przepływu jest na tyle duża, iż uznanie takiego wyniku pomiaru za dostatecznie dobry, jest niedopuszczalne. Norma PN-EN 14336 „Instalacje ogrzewcze budynków – instalacja i przekazanie do eksploatacji wodnego systemu grzewczego” określa w tabeli G.1 dopuszczalne odchyłki wyników pomiarów przepływu. Dlatego coraz częściej wyspecjalizowane firmy sięgają po sprawdzone metody usuwania powietrza na etapie poprzedzającym procedury równoważenia instalacji. Co nie oznacza, że powietrze wy-



4a Zdjęcie z kamery termowizyjnej grzejnika o mocy 800 W



4b Zdjęcie z kamery termowizyjnej tego samego grzejnika – moc 53 W



Fot., rys. TA Hydraulics

5 Urządzenie TA SCOPE do pomiarów i równoważenia hydraulicznego

starczy usunąć w momencie uruchomienia instalacji tak, aby można było zrównoważyć instalację. Systemy HVAC powinny być wyposażone w systemy usuwania powietrza w trybie ciągłym, co pozwoli na właściwą ich diagnostykę w przypadku wystąpienia jakichkolwiek problemów eksploatacyjnych.

Wszystkie wymienione skutki obecności powietrza w instalacji prowadzą do obniżenia jej efektywności oraz wpływają bezpośrednio na wysokie koszty obsługi i nadzoru w czasie eksploatacji.

Wszelkiego rodzaju zakłócenia podczas eksploatacji systemu powodują niezadowolenie użytkownika, dlatego warto odpowiednio wcześniej zabezpieczyć swoją instalację. O sposobach skutecznej ochrony w kolejnym wydaniu InstalReportera. ■

NFOŚiGW otrzymał prestiżowe wyróżnienie – EPSA 2011

NFOŚiGW, jako jedyna polska instytucja, otrzymał prestiżowe wyróżnienie – Certyfikat Dobrych Praktyk Europejskiej Nagrody Sektora Publicznego 2011 (Best Practice Certificate EPSA 2011).

Na konkurs o EPSA 2011 34 kraje i instytucje europejskie złożyły łącznie 274 wnioski – 21 spośród nich pochodziło z Polski. Certyfikat Dobrych Praktyk EPSA 2011 uzyskało 58 projektów reprezentujących 18 europejskich państw, w tym tylko jeden z Polski – NFOŚiGW za program Dopłaty na częściowe spłaty kapitału kredytów bankowych przeznaczonych na zakup i montaż kolektorów słonecznych dla osób fizycznych i wspólnot mieszkaniowych. Wyróżnienie to przyznano w jednej z trzech kategorii konkursowych: Going Green:

Concrete Solutions from the Public Sector (ochrona środowiska: konkretne rozwiązania pochodzące z sektora publicznego).

Z grona 58 finalistów międzynarodowe jury wybierze zwycięzcę, który otrzyma główną nagrodę EPSA 2011.

Ceremonia wręczenia nagród odbyła się w dniach 15-17 listopada 2011 roku w Maastricht w Holandii.

Szczegółowe informacje: <http://www.epsa2011.eu/>



Jak kształcić przyszłych inżynierów?

Od 26 do 28.10 br. w Lublinie obradowała Konferencja Rektorów Polskich Uczelni Technicznych. Jej uczestnicy rozmawiali m.in. o: efektach rządowego projektu „kierunków zamawianych”, modelu studiów inżynierskich oraz losach absolwentów.

W konferencji wzięło udział kilkudziesięciu rektorów uczelni technicznych z całego kraju. Polską Izbę Inżynierów Budownictwa reprezentowali: Andrzej R. Dobrucki prezes PIIB i Marian Płachecki przewodniczący Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej PIIB.

Gościem konferencji był prezes Fundacji Rektorów Polskich prof. Jerzy Woźnicki, który przedstawił aktualny stan wiedzy i dyskusji na temat sporu wokół sprawy podpisywania umów przez uczelnie ze studentami studiów stacjonarnych. Podkreślił także, że studentom są potrzebne lepsze gwarancje ciągłości toku studiów lub kontynuacji nauki, zwłaszcza w sytuacji, gdy uczelnie np. będą chciały zamknąć jakieś kierunki studiów, które okazały się niefortunne i mało popularne.

Nowelizacja ustawy o szkolnictwie wyższym zobowiązuje też uczelnie do badania losów zawodowych swoich absolwentów. Wyniki badań absolwentów z 2010 roku są bardzo dobre. Po sześciu miesiącach 80% absolwentów ma pracę, a około 10% kontynuuje edukację, np. na studiach doktoranckich.

Rektorzy dyskutowali także na temat programu kierunków zamawianych. Z jednej strony podkreślali, że jest to dobry pomysł na wspieranie studentów oraz popularyzowanie studiów technicznych, ale z drugiej wskazywali na wady kryteriów ich przyznawania uczelniom.

Ważnym punktem była dyskusja dotycząca modelu studiów inżynierskich oraz wzmocnienia tytułu inżyniera. Andrzej R. Dobrucki przedstawił zasady funkcjonowania samorządu zawodowego inżynierów budownictwa oraz jego kompe-

tencje z uwzględnieniem nadawania uprawnień budowlanych absolwentom. Marian Płachecki omówił wymagania programowe stawiane kandydatom na uprawnienia budowlane. Krajowa Komisja Kwalifikacyjna w trosce o poziom nauczania inżynierów budownictwa na uczelniach publicznych dokonała analizy programów nauczania na kierunkach studiów obejmujących specjalności, w których są nadawane uprawnienia do pełnienia samodzielnych funkcji technicznych. Raport z tej analizy udokumentował brak korelacji pomiędzy specjalnościami, w których kształcą szkoły wyższe a liczbą specjalności budowlanych wynikających z prawa. Krajowa Komisja Kwalifikacyjna określiła propozycje „standardów nauczania” dla specjalności zawodowych zgodnych z wymaganiami Izby. Dyskutowano także nad problemem efektywności kształcenia oraz obowiązujących programów nauczania.

W opinii prof. Włodzimierza Kiernożeckiego z Uniwersytetu Zachodniopomorskiego kadra naukowo-techniczna na uczelniach powinna posiadać uprawnienia budowlane. Uczestnicy zdecydowali, że problem jest na tyle istotny, aby dyskusję dotyczącą modelu studiów inżynierskich kontynuować na następnym spotkaniu w przyszłym roku.

Pełny tekst na www.piib.org.pl

Konferencja Rektorów Polskich Uczelni Technicznych

...skupia 21 rektorów uczelni technicznych. Jest to dobrowolne stowarzyszenie. Działa od 22 lat. Jego celem jest współpraca i koordynowanie wspólnych działań oraz występowanie w sprawach uczelni technicznych wobec organów władzy państwowej.