

## LITERATURA

- [1] Beak W.E., Bonin D.W., Rechner M.R.: Non destructive testing predicts superheater tube problems. *Power Engineering* 1988, nr 6
- [2] Mechanismen und Schadenformen der HochtemperaturKorrosion an Uberhitzerrohren Steinkohleubefuehrter Groskessel. *Der Maschineschaden* 1977, nr 5

- [3] Zbroińska-Szczechura E., Dobosiewicz J.: Ocena stopnia wyczerpania trwałości węzownic przegrzewaczy kotłów parowych. *Prace IMiUE Politechniki Śląskiej* 1998, tom 3
- [4] Eckhart E., Funsten T.: Meranie grubky oxidickej vrstvy teploty-mennych trubiek ultrazvukom



Wojciech Brunné  
Pro Novum, Katowice

# Wpływ trasy rurociągu na jego bezpieczną eksploatację

Jednym z istotnych czynników mających wpływ na prawidłową pracę rurociągów wysokoprężnych i wysokotemperaturowych (nazywanych w dalszej części artykułu rurociągami) jest ich trasa. W niniejszym artykule zwrócono uwagę na dwa główne problemy wynikające z niewłaściwej trasy rurociągów:

- niedostateczną kompensację wydlużeń cieplnych,
- nieodwadnialność odcinków rurociągów.

Problemy z prawidłową pracą rurociągów związane z ich trasą mogą występować na etapie ich:

- projektowania,
- montażu,
- eksploatacji.

## Nieprawidłowości trasy rurociągów powstałe na etapie projektowania rurociągów

W fazie projektowania, w wytyczaniu trasy rurociągów najczęściej popełniane są cztery błędy:

- niedostateczne uwzględnienie rozszczelnności cieplnej metalu wynikającej z temperatury pary, a co za tym idzie zbyt mała kompensacja wydlużeń,

- pozostawienie nieodwadnialnych odcinków rurociągów bez odwodnień,
- nieprawidłowy dobór i rozmieszczenie zamocowań,
- poprowadzenie rurociągu w sposób kolizyjny z istniejącą konstrukcją stałą lub innym rurociągiem [1].

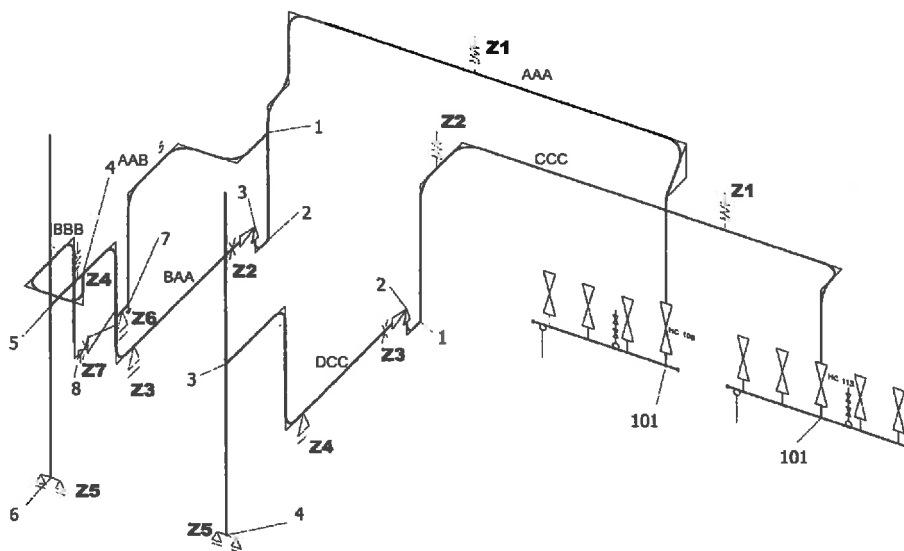
Ostatnia z wymienionych nieprawidłowości daje o sobie znać w czasie montażu i najczęściej jest usuwana na bieżąco, trzy pierwsze „wychodzą” w trakcie eksploatacji i niejednokrotnie eliminowane są dopiero po analizie przyczyn mniejszej lub większej awarii.

### Niedostateczna kompensacja wydlużeń cieplnych

Niedostateczna kompensacja rurociągu powoduje w stanie gorącym wzrost naprężeń, które mogą przekroczyć naprężenia dopuszczalne.

Długotrwałe i niejednokrotnie znaczne przekroczenie naprężeń dopuszczalnych jest powodem:

- inicjacji pęknięć – dla rurociągów wysokoprężnych,
- przyspieszenia procesów pełzania – dla rurociągów wysokotemperaturowych (o ile materiał rurociągu pracuje powyżej temperatury granicznej).



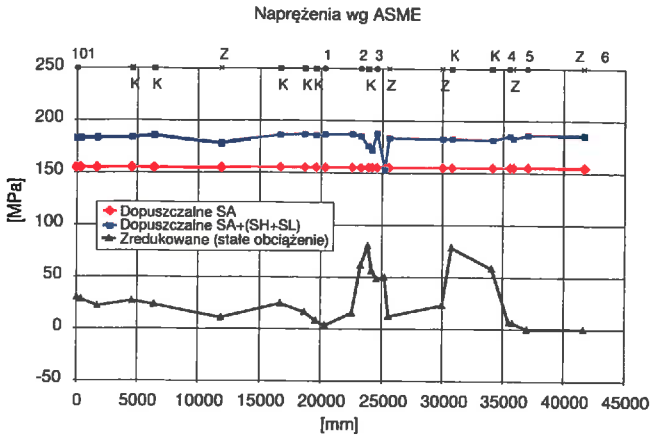
Rys. 1. Rurociągi pary świeżej do zmodernizowanych stacji redukcyjno-schładzających

Obie sytuacje prowadzą w konsekwencji do uszkodzeń rurociągu w obszarach o największym spiętrzeniu naprężeń, które zważywszy na charakter procesów degradacji pojawiają się często po wielu latach eksploatacji.

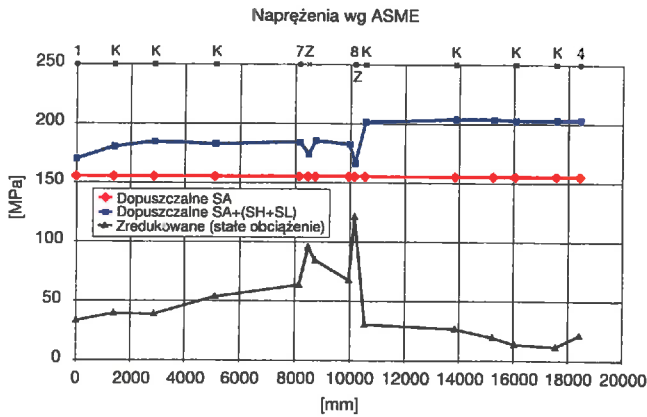
Przykładem niedostatecznej kompensacji wydłużeń cieplnych jest pierwotny projekt rurociągów do stacji redukcyjno-schładzających w jednej z elektrociepłowni przemysłowych (rys. 1) [2].

Wyniki obliczeń konstrukcyjnych przeprowadzone dla rurociągów do stacji redukcyjno-schładzających wykazały znaczne przekroczenia naprężeń dopuszczalnych (rys. 2, 3 i 4).

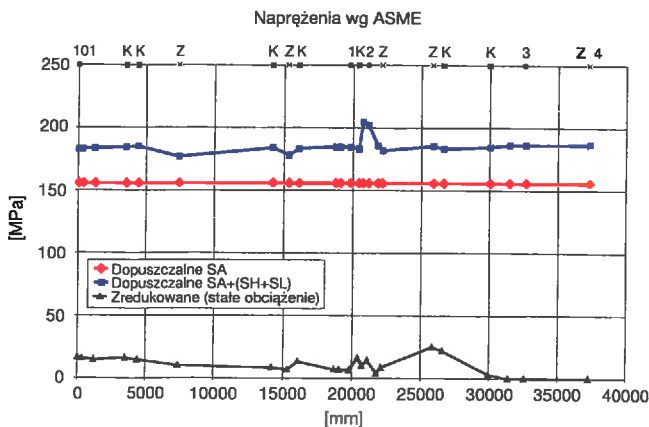
Wymienione sytuacje spowodowały konieczność zmiany trasy rurociągu, co biorąc pod uwagę „wolną przestrzeń do dyspozycji” nie było sprawą łatwą. Propozycję nowej trasy dla rurociągów AAA i BAA oraz AAB i BBA pokazano na rysunku 5. Wyniki obliczeń konstrukcyjnych dla rurociągów po zmianie trasy pokazano na rysunkach 6 i 7 [3].



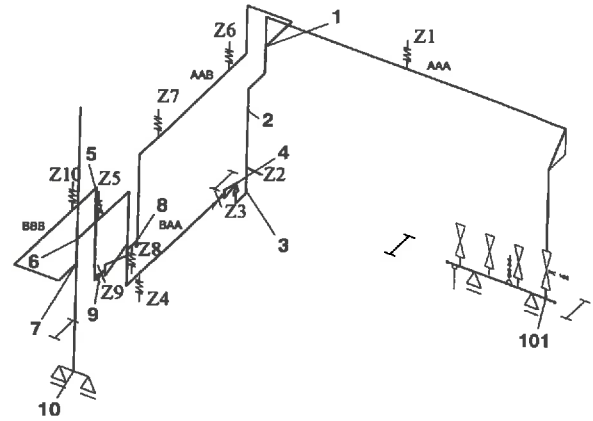
Rys. 2. Naprężenia zredukowane i dopuszczalne wg kryterium normy ANSI/ASME B31.1 dla rurociągu AAA



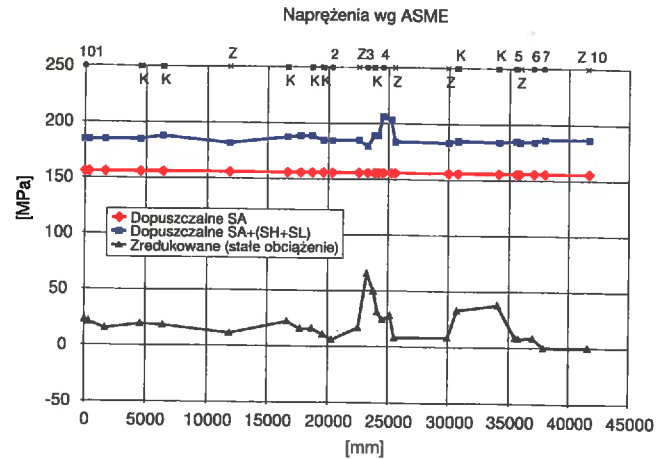
Rys. 3. Naprężenia zredukowane i dopuszczalne wg kryterium normy ANSI/ASME B31.1 dla rurociągu AAB



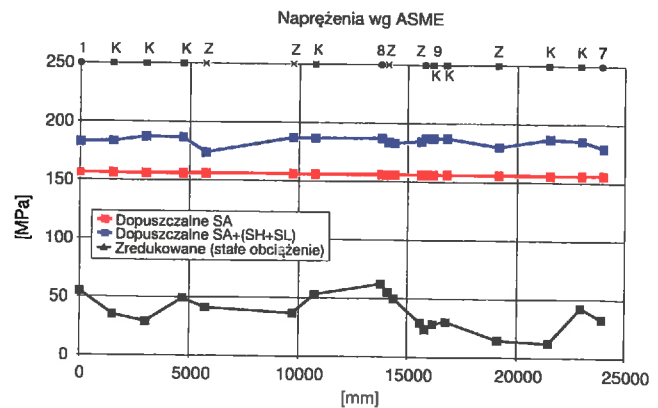
Rys. 4. Naprężenia zredukowane i dopuszczalne wg kryterium normy ANSI/ASME B31.1 dla rurociągu CCC



Rys. 5. Propozycja zmiany trasy dla rurociągów AAA, BAA, AAB i BBA



Rys. 6. Naprężenia zredukowane i dopuszczalne wg normy ANSI/ASME B 31.1 dla rurociągu AAA po zmianie trasy



Rys. 7. Naprężenia zredukowane i dopuszczalne wg normy ANSI/ASME B 31.1 dla rurociągu AAB po zmianie trasy

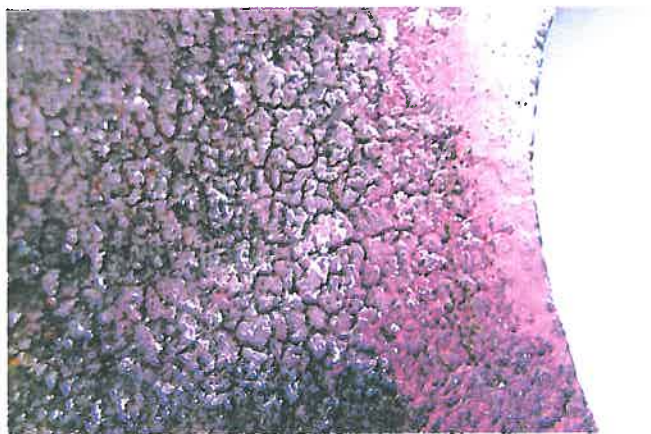
Na rysunkach 6 i 7 widać wyraźnie, że naprężenia zredukowane są znacznie niższe od naprężeń dopuszczalnych, a więc problem braku kompensacji wydłużeń został rozwiązany. Dokonano niezbędnych zmian w projekcie i na tej podstawie zmontowano i uruchomiono rurociągi do stacji redukcyjno-schładzających.

### Brak odwodnień

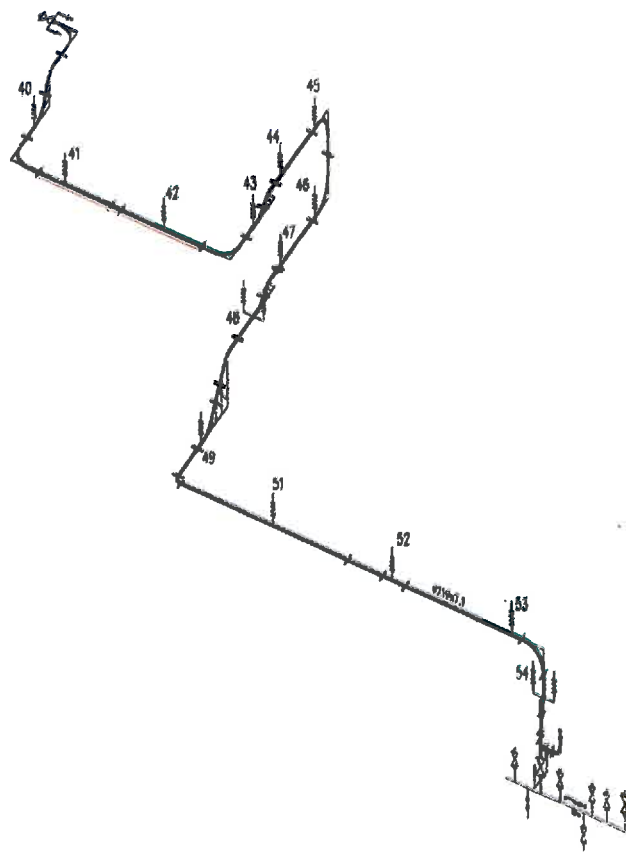
Bardzo niebezpieczne dla eksploatacji rurociągów jest zjawisko uderzeń wodnych, które często prowadzi do awarii (rys. 8). Powstaje ono, gdy nieodwadniany rurociąg jest uruchamiany. Drugim negatywnym zjawiskiem spowodowanym brakiem odwodnienia rurociągu jest powstawanie i rozwój pęknięć termoszkowych, aż do rozszczelnienia rurociągu (rys. 9). Bywa niestety, że konstrukcja rurociągu nie umożliwia obsłudze „odwodnienia rurociągu przed jego uruchomieniem”. Zapis taki znajduje się w każdej instrukcji eksploatacji rurociągu i na ogół jest przestrzegany. Przykład trasy rurociągu, gdzie konstrukcyjnie założono wyraźne obniżenie poziomego odcinka rurociągu pokazano na rysunku 10 [5]. O ile samo przeprowadzenie trasy rurociągu tak, że występują odcinki niżej położone niż koniec rurociągu nie jest niczym nagannym, o tyle pozostawienie takiego odcinka bez odwodnienia, i to w wersji bezobsługowej, jest błędem projektowym.



Rys. 8. Urwane zamocowanie statosiłowe rurociągu pary wtórnego przegrzewacza na skutek uderzenia wodnego podczas uruchamiania [4]



Rys. 9. Termoszkowe pęknięcia rurociągu pary wtórnego przegrzanej w rejonie nieprawidłowo działającego odwodnienia [9]



Rys. 10. Nieodwadniany poziomy odcinek rurociągu pary świeżej

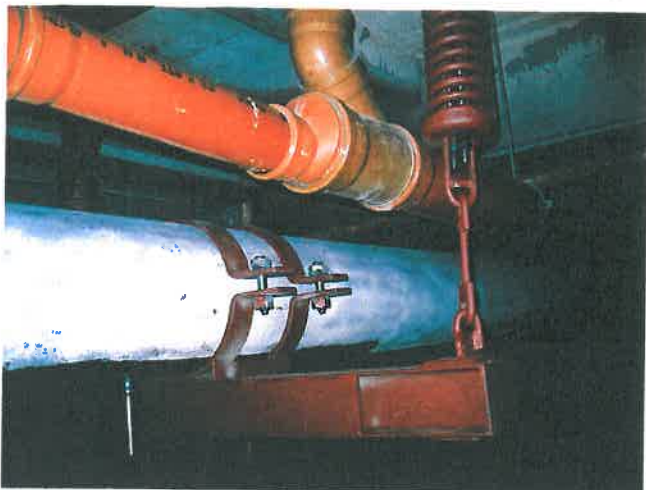
### Nieprawidłowy dobór i rozmieszczenie zamocowań

Nieprawidłowy dobór zamocowań został omówiony w publikacji [1]. W niniejszym artykule zwrócono uwagę na optymalne rozmieszczenie zamocowań. Prawidłowo zaprojektowana trasa rurociągu wymaga dobrego „podparcia” długich odcinków poziomych rurociągów. Liczba projektowanych podparć wynika z podziałów budowlanych (odległości pomiędzy słupami nośnymi kotłowni lub maszynowni – np. 6,0 m). Najczęściej jest to wystarczające, ale nie można mechanicznie przenosić podziału budowlanego na rozmieszczenie zamocowań. Przykładem obniżenia rurociągu z powodu zbyt małej liczby podparć jest rurociąg pary świeżej (rys. 11), dla którego 6-metrowy odstęp pomiędzy zawieszzeniami okazał się niewystarczający.



Rys. 11. Ugięty długi poziomy odcinek rurociągu pary świeżej

Na rysunku 12 pokazano ten sam rurociąg po korekcie wstępnej. Piętna korekta trasy nastąpi po sukcesywnym doregulowaniu sprężyn zawieszenia dwukolumnowego poziomego [9] w stanie gorącym rurociągu.



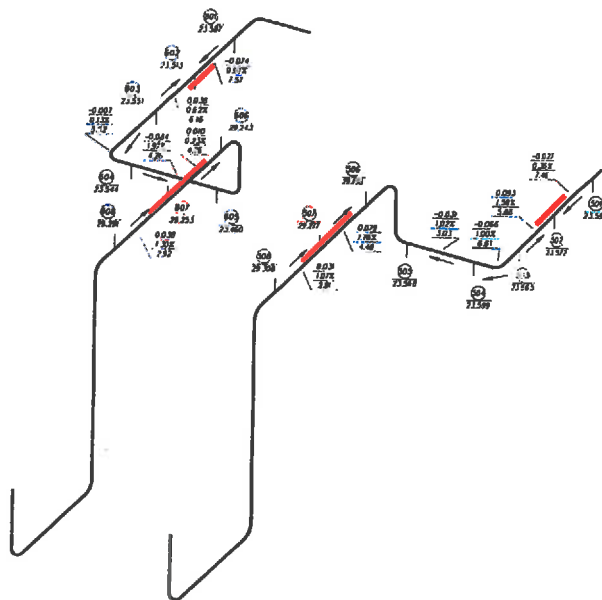
Rys. 12. Korekta trasy rurociągu pary świeżej polegająca na zabudowie poziomego zawieszenia sprężynowego, dwukolumnowego

## Nieprawidłowości trasy rurociągów powstałe na etapie montażu

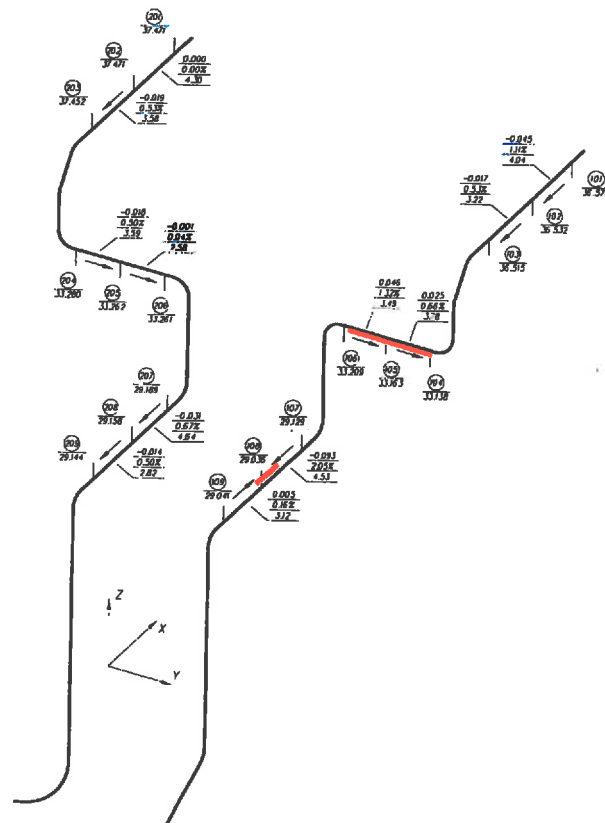
### Montaż długich odcinków poziomych

Najczęstszym, i niestety powtarzającym się, błędem popełnianym w czasie montażu rurociągów jest zbyt mały lub wręcz przeciwny spad poziomych odcinków rurociągów. Dobra praktyka inżynierska wskazuje, że rurociąg powinien mieć spad 2–5‰ w kierunku przepływu czynnika lub w kierunku najbliższego odwodnienia. W projektach najczęściej pojawia się symbol  $\angle 3\text{‰}$ . Spady przeciwnie powodują, że na trasie rurociągu mogą wystąpić

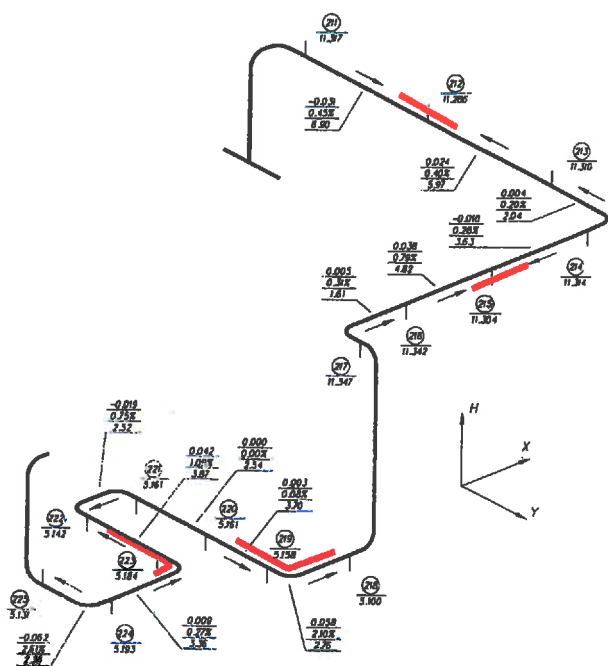
obszary z zalegającymi skroplinami, tzw. kieszenie, które z kolei są przyczyną wspomnianych uderzeń wodnych. Mały przeciwspad montażowy często po długotrwałej eksploatacji przechodzi w stale pogłębiający się przeciwspad, który najczęściej występuje bezpośrednio za relatywnie długim odcinkiem pionowym rurociągu. Na rysunkach 13–15 pokazano przykłady przeciwspadów wynikających z pozornie błahych błędów montażowych. Przeciwnospady rurociągów najlepiej jest wykonać na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych rurociągów z dobrze zaprojektowanym układem reperów.



Rys. 14. Przeciwnospady na obu nitkach rurociągu pary do wtórnego przegrzewacza [7]



Rys. 15. Przeciwnospady na prawej nitce rurociągu pary świeżej [8]

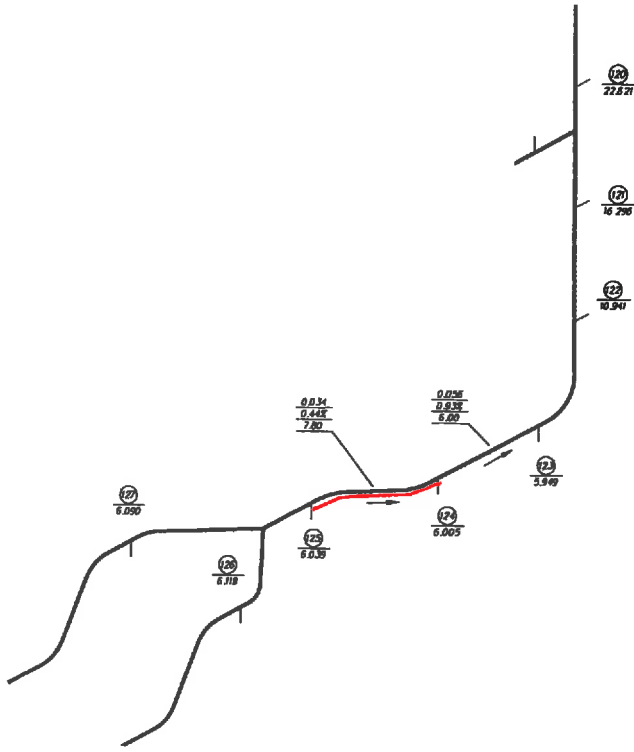


Rys. 13. Kieszenie na dwóch „poziomach” rurociągu pary świeżej [6]

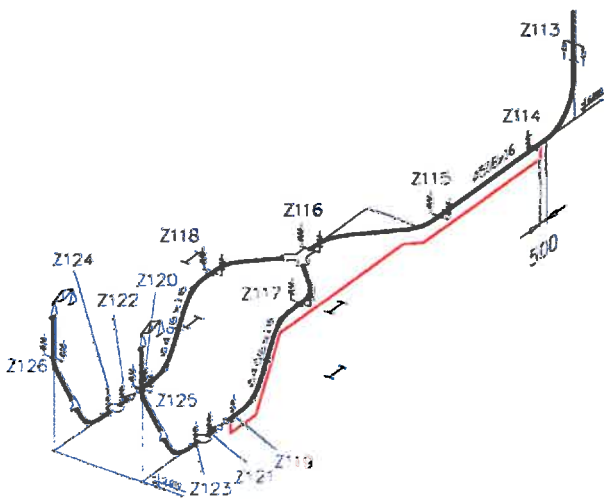


## Montaż kolan nierozwartych

Błędem montażowym mającym wpływ na prawidłowość trasy rurociągu, w tym wypadku powodującym powstawanie „kieszoni”, jest zabudowa kolan nierozwartych pomiędzy pionowym a poziomym odcinkiem rurociągu. Jeżeli na odcinku pionowym nie ma podpory stałej względem osi pionowej lub niepodparty odcinek pionowy jest relatywnie długi, przeciwspad pogłębia się w czasie eksploatacji. Przykładem takiej sytuacji jest przeciwspad na rurociągu pary wtórnie przegrzanej (rys. 16) [9].



Rys. 16. Przeciwspad za kątem 89° na rurociągu pary wtórnie przegrzanej

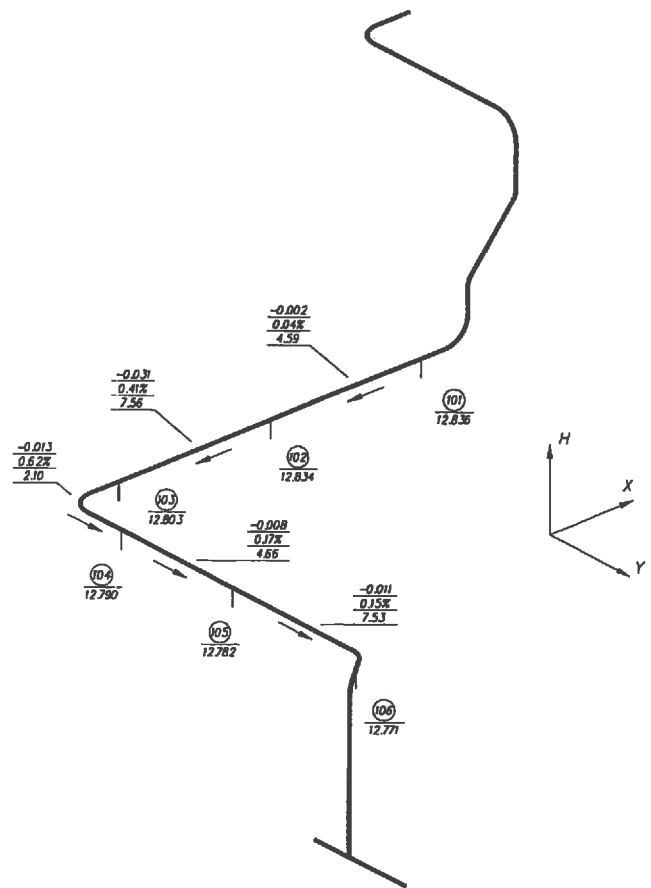


Rys. 17. Bezobstugowe odwodnienie rurociągu pary wtórnie przegrzanej – schemat

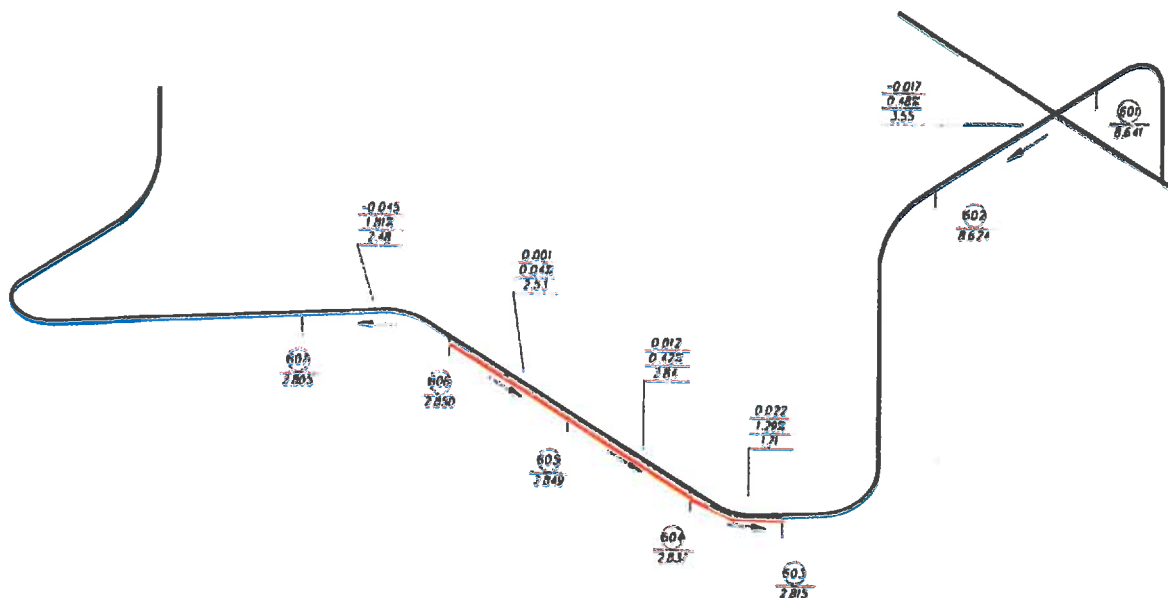
Usuwanie takiej nieprawidłowości jest kłopotliwe, bo nie wystarczy skrócenie pionowego odcinka rurociągu, należy jeszcze rozewrzeć kolano. Są to kosztowne i pracochłonne operacje technologiczne. Prosta, ale nie zawsze możliwa do wykonania jest zabudowa bezobstugowego odwodnienia. Schemat postępowania w tej sytuacji pokazano na rysunku 17 [10]. Projektując bezobstugowe odwodnienie należy pamiętać o tym, by króciec wprowadzający skropliny do niżej położonych partii rurociągu miał konstrukcję specjalną, zapobiegającą ściekaniu zimnej wody po ściankach rurociągu lub był włączony w istniejący system odwodnień.

## Nieprawidłowości trasy rurociągów powstałe podczas eksploatacji

Wieloletnie doświadczenie *Pro Novum* związane ze stałym nadzorem diagnostycznym [11, 12] dowodzi, że sposób eksploatacji ma istotny wpływ na charakter spadów poziomych odcinków rurociągów. Konsekwentne sprawdzanie stanu i regulacji zamocowań wraz z jej ewentualną korektą pozwala na zapobieganie przeciwspadom, często także na ich eliminację (rys. 18). Brak przeglądów uniemożliwia podjęcie działań zapobiegawczych (profilaktyka), co z kolei prowadzi do pogłębiania się przeciwspadów (rys. 19).



Rys. 18. Prawidłowe spadki rurociągu z kotła do kolektora po przeprowadzonej regulacji zamocowań opartej na analizie wyników okresowych pomiarów geodezyjnych [6]



Rys. 19. Przeciwspad, który powstał i pogłębił się w czasie eksploatacji [5]

## Podsumowanie

Nieodwodniony rurociąg narażony jest w czasie uruchomienia na uderzenie wodne, które może prowadzić do poważnej awarii, dlatego należy dążyć do skutecznego odwodnienia rurociągów. Może je zapewnić systematyczna profilaktyka lub korekta trasy rurociągu.

### Działania profilaktyczne

Bezpieczna eksploatacja rurociągów wymaga przeciwdziałania powtarzaniu przeciwspadów lub gdy takie zaistnieją, skutecznego odwodnienia rurociągu. Można to uzyskać w wyniku okresowych przeglądów i korekt regulacji zamocowań prowadzonych na podstawie analizy wyników pomiarów geodezyjnych.

### Remontowe

Usunięcie negatywnych skutków eksploatacyjnych przeciwspadów wymaga:

- korekty trasy rurociągu lub
- zabudowy bezobstugowego odwodnienia.

Wybór jednego z podanych sposobów usuwania zalegających skroplin wymaga gruntownej analizy sytuacji technicznej i ekonomicznych aspektów przedsięwzięcia. Projekt korekty trasy lub rozbudowy odwodnienia powinien być uzgodniony z Dozorem Technicznym.

## LITERATURA

- [1] Brunné W.: Zamocowania rurociągów wysokoprężnych i wysokotemperaturowych po długotrwałej eksploatacji. VII Sympozjum Informacyjno-Szkoleniowe „Diagnostyka i remonty długo eksploatowanych urządzeń energetycznych”. Ustroń, październik 2006.
- [2] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 6.1679/2005, praca niepublikowana
- [3] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 27.1701/2005, praca niepublikowana
- [4] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 5.231/1993, praca niepublikowana
- [5] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 120.1928/2006, praca niepublikowana
- [6] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 51.1725/2005, praca niepublikowana
- [7] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 14.1687/2005, praca niepublikowana
- [8] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 58.1589/2004, praca niepublikowana
- [9] Sprawozdanie *Pro Novum* nr 137.1608/2004, praca niepublikowana
- [10] Technologia *Pro Novum* nr T.047.423/2004, do użytku służbowego
- [11] Brunné W.: Wytyczne nadzoru stanu rurociągów elektrowni. *Energetyka* 1996, nr 5
- [12] Brunné W.: Stały nadzór nad stanem rurociągów wysokoprężnych w elektrowniach i elektrociepłowniach. *Energetyka* 1999, nr 11