Komputerowa symulacja sieci ciepłowniczej instrumentem zarządzania nowoczesną firmą ciepłowniczą

Politechnika Warszawska

Zakład Systemów Ciepłowniczych i Gazowniczych

FLUID SYSTEMS

Dr inż. Maciej Chaczykowski

Dr inż. Małgorzata Kwestarz

Warszawa, 8 listopad 2012r.

Zarządzanie przedsiębiorstwem

- zbiór procesów, zasad, praw oraz instytucji wpływających na to jak przedsiębiorstwo jest **zarządzane, kierowane i kontrolowane**.

Zarządzanie strategiczne



Zarządzanie przez jakość

Zarządzanie strategiczne –

to proces informacyjno-decyzyjny (wspomagany funkcjami planowania, organizacji i kontroli), którego celem jest rozstrzyganie o kluczowych problemach działalności przedsiębiorstwa, o jego przetrwaniu i rozwoju ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływań otoczenia i węzłowych czynników własnego potencjału wytwórczego. Jest całościową koncepcją zarządzania, która w obliczu burzliwości otoczenia zmierza do przeciwdziałania negatywnym trendom zewnętrznym i **znalezienia skutecznej przewagi konkurencyjnej zapewniającej przetrwanie i realizację celów przedsiębiorstwa**.

Zarządzanie przez jakość

podejście do zarządzania organizacją, w którym każdy aspekt działalności jest realizowany z uwzględnieniem **spojrzenia projakościowego**.
Uczestniczą w nim wszyscy pracownicy poprzez pracę zespołową, zaangażowanie, samokontrolę i stałe podnoszenie kwalifikacji. Celem jest osiągnięcie długotrwałego sukcesu, którego źródłem są **zadowolenie klienta** oraz **korzyści dla organizacji i jej członków oraz dla społeczeństwa**.

Zarządzanie strategiczne

Zarządzanie przez jakość

Przewaga konkurencyjna

Zadowolenie klienta

Realizacja celów przedsiębiorstwa

- **Ekonomicznego** (zysk, rentowność);
- **Finansowego** (płynność, zdolność kredytowa, samofinansowanie);
- **Rynkowego** (obrót, udział w rynku);
- **Socjalnego** (satysfakcja z pracy, integracja, rozwój kadr);
- **Związanego z władzą i prestiżem** (niezależność, wizerunek, wpływy społeczne i polityczne).

Przedsiębiorstwo energetyki cieplnej

Wytwarzanie ciepła (kogeneracja, trigeneracja) lub zakup ciepła

Przesył i dystrybucja ciepła

Magazynowanie ciepła
(zasobniki centralne i rozproszone)



Obsługa węzłów ciepłowniczych

Sprzedaż ciepła

Przedsiębiorstwo ciepłownicze w zakresie koncesji na przesył i dystrybucję ciepła odpowiada za:

- Bezpieczeństwo dostarczania ciepła (bezpieczeństwo funkcjonowania systemu i realizację umów z użytkownikami),
- Eksploatację, konserwację i remonty sieci, oraz instalacji i urządzeń,
- Rozbudowę sieci wynikająca z rosnących potrzeb eksploatacyjnych,
- Bilansowanie systemu i zarządzanie ograniczeniami w systemie ciepłowniczym w tym także politykę świadczenia usług w zakresie dostarczania ciepła.

Efektywne sterowanie systemem wymaga zastosowania:

- Zaawansowanych metod numerycznych,
- Algorytmów obliczeniowych o dużym stopniu złożoności i odpowiedniej jakości środków technicznych.

Opracowywane w oparciu o modele matematyczne oprogramowanie podzielić można na dwie grupy:
programy symulacyjne
i programy optymalizacyjne.

Pakiet SimNet SSHeat

- Pakiet SimNet SSHeat jest sieciową aplikacją obliczeniową GIS. wykorzystuje się w nim technologię GIS do przechowywania i zobrazowania graficznych (geograficznych) i alfanumerycznych informacji o obiektach sieci ciepłowniczej, potrzebnych do wykonania obliczeń symulacyjnych tej sieci.
- Informacje geograficzne (dotyczące topologii sieci) i informacje alfanumeryczne (opisowe) elementów sieci przechowywane są w bazie danych Microsoft Access lub standardowych wektorowych plikach graficznych oraz plikach relacyjnej bazy danych, odpowiednio formatu *.shp oraz *.dbf.

Moduł obliczeniowy

- Moduł obliczeniowy pozwala na wykonywanie obliczeń symulacyjnych wodnych sieci ciepłowniczych o dowolnej strukturze i dowolnym poziomie ciśnienia i temperatury.
- W obliczanej sieci może występować dowolna liczba źródeł ciepła o różnych wartościach temperatury oraz dowolna liczba innych elementów nieliniowych, z zadaną wartością jednego z parametrów: przyrostu (wysokości podnoszenia) lub spadku ciśnienia, ciśnienia na wejściu, ciśnienia na wyjściu lub przepływu.

Obiekty sieci

- Węzły sieci ciepłowniczej
- Odcinki sieci ciepłowniczej
- Źródła
- Pompownie
- Reduktory
- Węzły ciepłownicze
- Zasobniki ciepła
- Zawory

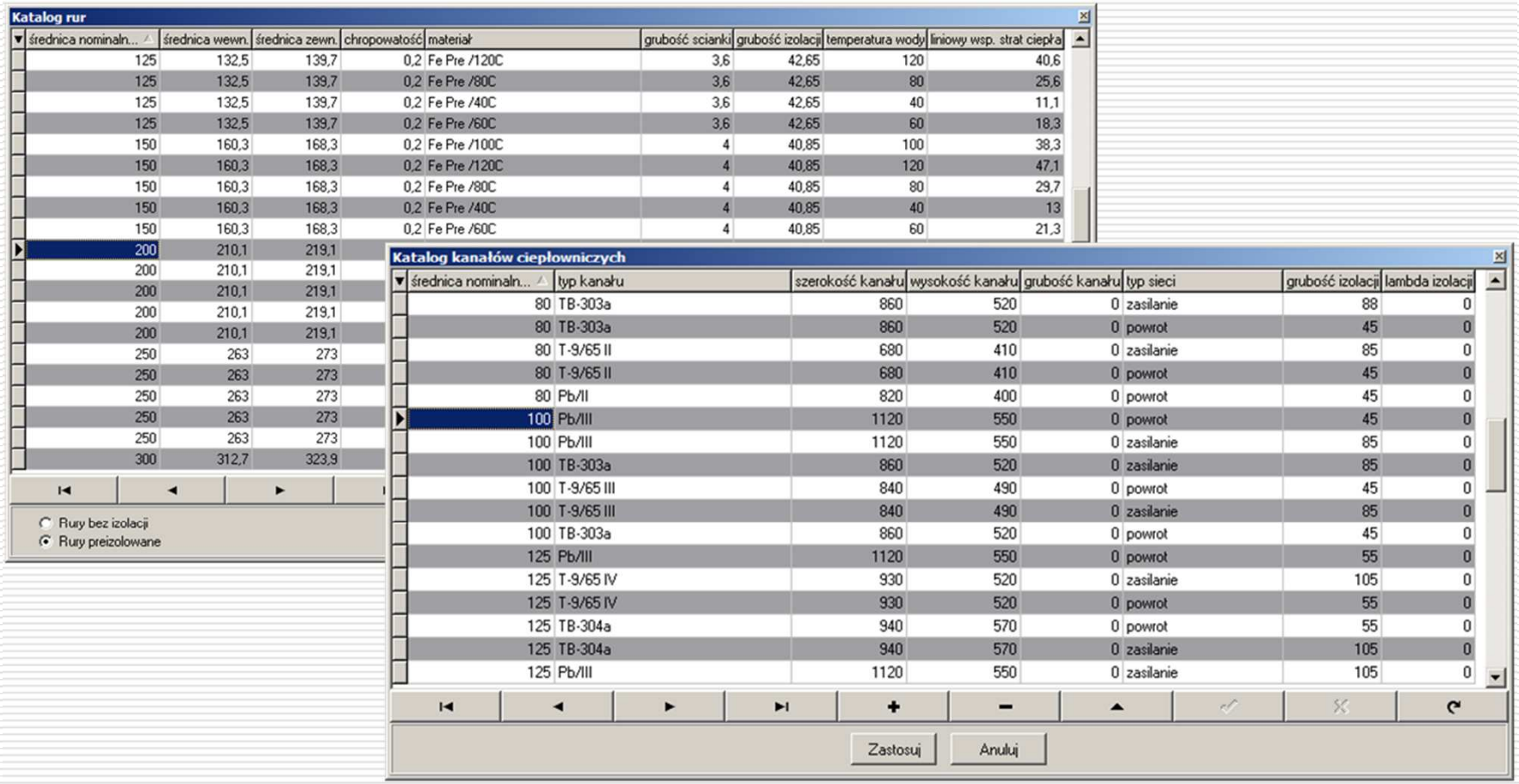
Elementy nieliniowe

Wartą podkreślenia funkcjonalnością oprogramowania jest sposób zapisu elementów nierurowych, reprezentowanych za pomocą dwóch węzłów: wejściowego i wyjściowego oraz jednego z pięciu parametrów: ciśnienie wejściowe, ciśnienie wyjściowe, stosunek ciśnienia na wyjściu do ciśnienia na wejściu (stopień redukcji / sprężania), natężenie przepływu, przyrost / spadek ciśnienia. Proponowany opis matematyczny elementu nierurowego pozwala w elastyczny sposób określać jego nastawy i umożliwia łatwą modyfikację oprogramowania na potrzeby wprowadzania charakterystyk pomp, regulatorów ciśnienia, regulatorów przepływu, zaworów, itp.

FLUID SYSTEMS

Zakład Systemów Ciepłowniczych i Gazowniczych

Katalogi rur i kanałów sieci ciepłowniczej



Katalog rur

średnica nominaln...	średnica wewn.	średnica zewn.	chropowatość	materiał	grubość scianki	grubość izolacji	temperatura wody	liniowy wsp. strat ciepła
125	132,5	139,7	0,2	Fe Pre /120C	3,6	42,65	120	40,6
125	132,5	139,7	0,2	Fe Pre /80C	3,6	42,65	80	25,6
125	132,5	139,7	0,2	Fe Pre /40C	3,6	42,65	40	11,1
125	132,5	139,7	0,2	Fe Pre /60C	3,6	42,65	60	18,3
150	160,3	168,3	0,2	Fe Pre /100C	4	40,85	100	38,3
150	160,3	168,3	0,2	Fe Pre /120C	4	40,85	120	47,1
150	160,3	168,3	0,2	Fe Pre /80C	4	40,85	80	29,7
150	160,3	168,3	0,2	Fe Pre /40C	4	40,85	40	13
150	160,3	168,3	0,2	Fe Pre /60C	4	40,85	60	21,3
200	210,1	219,1						
200	210,1	219,1						
200	210,1	219,1						
200	210,1	219,1						
200	210,1	219,1						
250	263	273						
250	263	273						
250	263	273						
250	263	273						
250	263	273						
300	312,7	323,9						

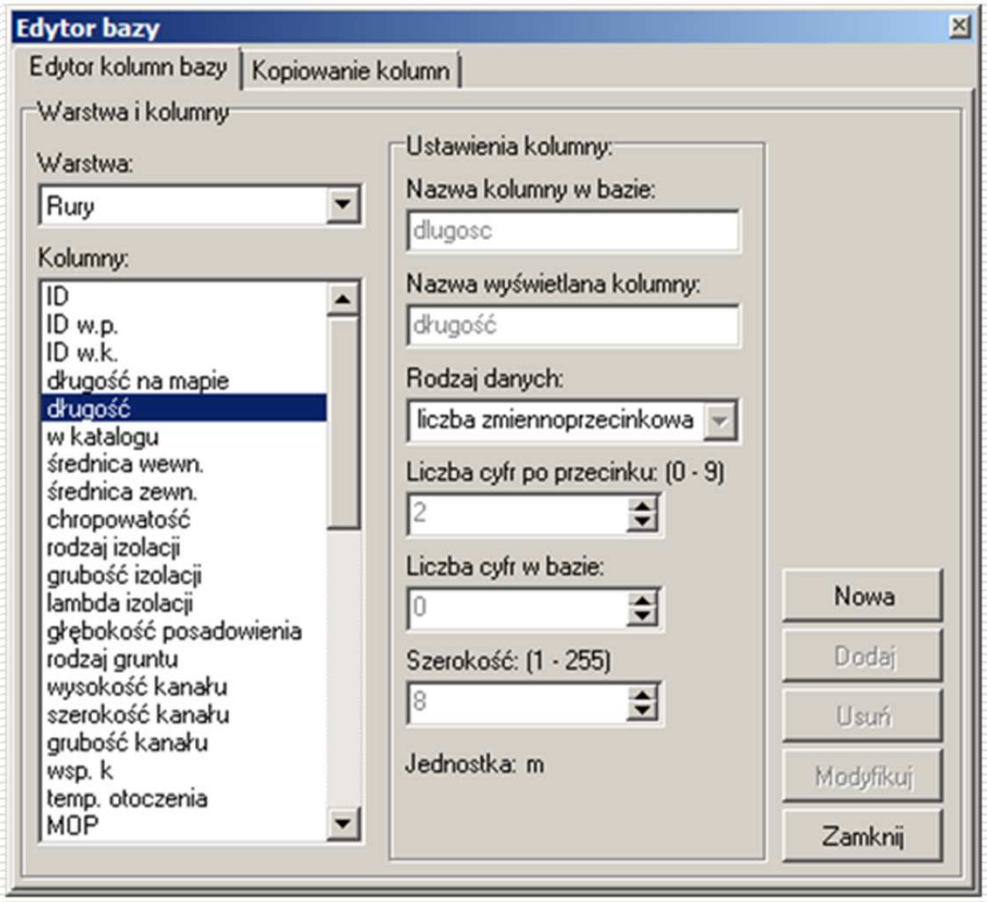
Rury bez izolacji
Rury preizolowane

Katalog kanałów ciepłowniczych

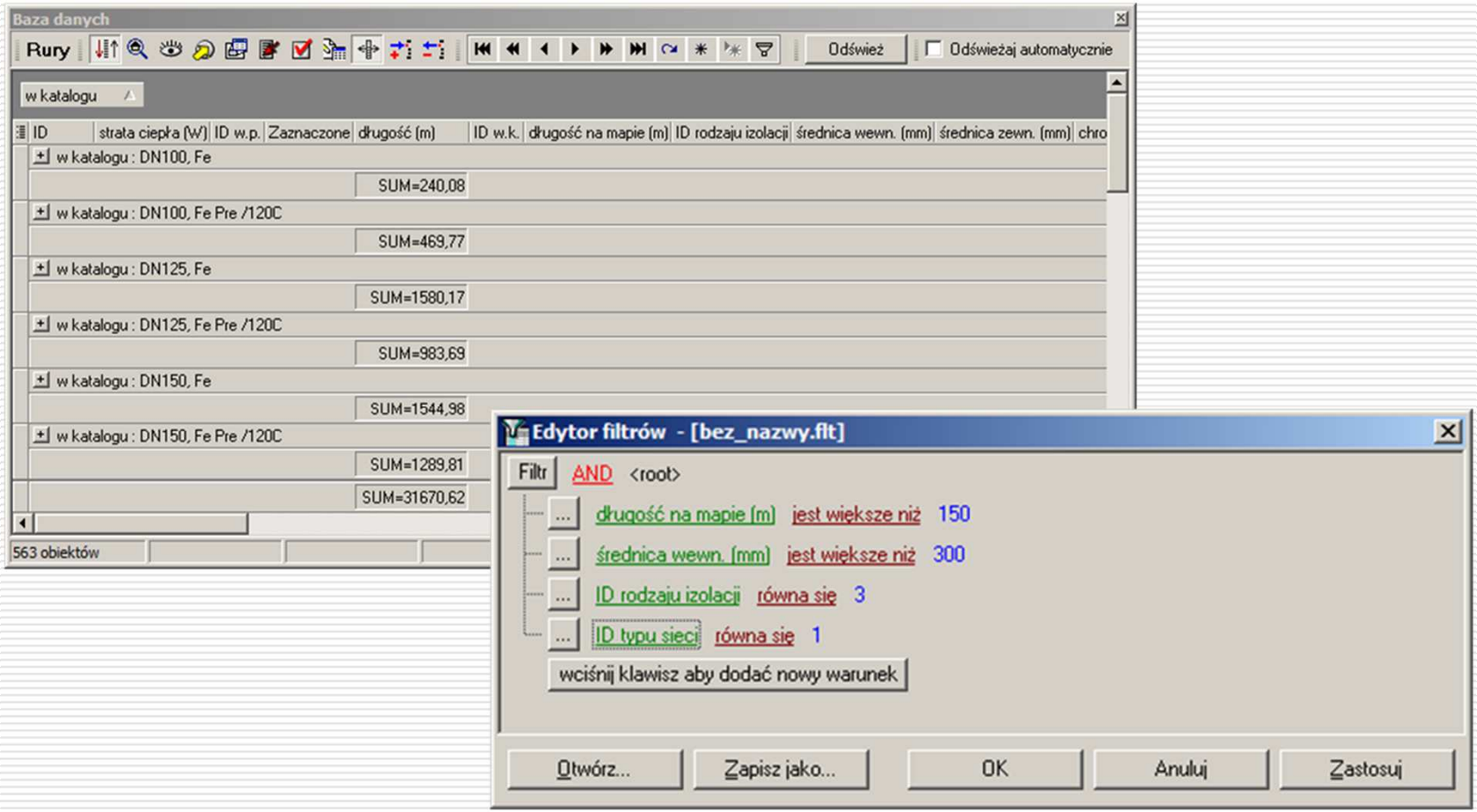
średnica nominaln...	typ kanału	szerokość kanału	wysokość kanału	grubość kanału	typ sieci	grubość izolacji	lambda izolacji
80	TB-303a	860	520	0	zasilanie	88	0
80	TB-303a	860	520	0	powrot	45	0
80	T-9/65 II	680	410	0	zasilanie	85	0
80	T-9/65 II	680	410	0	powrot	45	0
80	Pb/II	820	400	0	powrot	45	0
100	Pb/III	1120	550	0	powrot	45	0
100	Pb/III	1120	550	0	zasilanie	85	0
100	TB-303a	860	520	0	zasilanie	85	0
100	T-9/65 III	840	490	0	powrot	45	0
100	T-9/65 III	840	490	0	zasilanie	85	0
100	TB-303a	860	520	0	powrot	45	0
125	Pb/III	1120	550	0	powrot	55	0
125	T-9/65 IV	930	520	0	zasilanie	105	0
125	T-9/65 IV	930	520	0	powrot	55	0
125	TB-304a	940	570	0	powrot	55	0
125	TB-304a	940	570	0	zasilanie	105	0
125	Pb/III	1120	550	0	zasilanie	105	0

Zastosuj
Anuluj

Możliwość rozbudowy bazy danych z poziomu aplikacji



Edytor zapytań do bazy danych



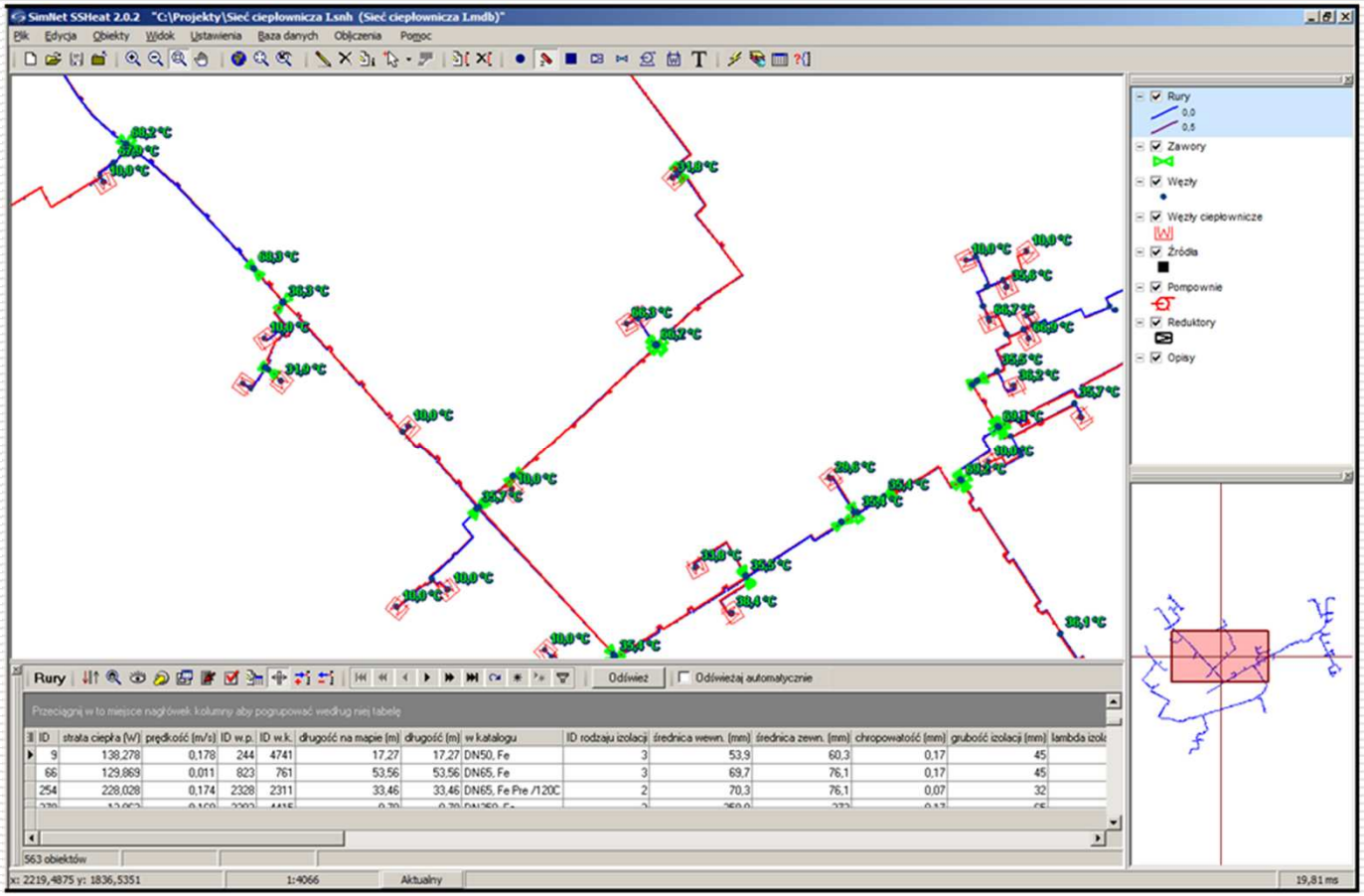
Interfejs graficzny

- Moduł geograficzny wykorzystuje mapowe, obiektowe oprogramowanie GIS, charakteryzujące się następującymi cechami:
  - możliwość jednoczesnego otwarcia nieograniczonej liczby warstw,
  - gradientowanie kolorem i rozmiarem etykiet i obiektów, zmiany wyglądu (kolor, styl, wypełnienie, obramowanie, symbol, przezroczystość, itp.), w oparciu o wartości parametrów będących danymi do obliczeń sieci lub wynikami symulacji,

Interfejs graficzny (cd.)

- Wyświetlanie dowolnych warstw użytkownika:
  1. pliki wektorowe GIS: SHP, TAB, MID/MIF, DXF, DGN, oraz warstwy wektorowe OPENGIS® z bazy danych SQL,
  2. pliki do rejestracji obrazów rastrowych: GeoTIFF, World File, TAB,
  3. pliki graficzne:GIF, TIF, JPEG, PNG, BMP,
     - import, eksport warstw GIS,
     - import danych alfanumerycznych z zewnętrznych baz danych lub arkuszy kalkulacyjnych,

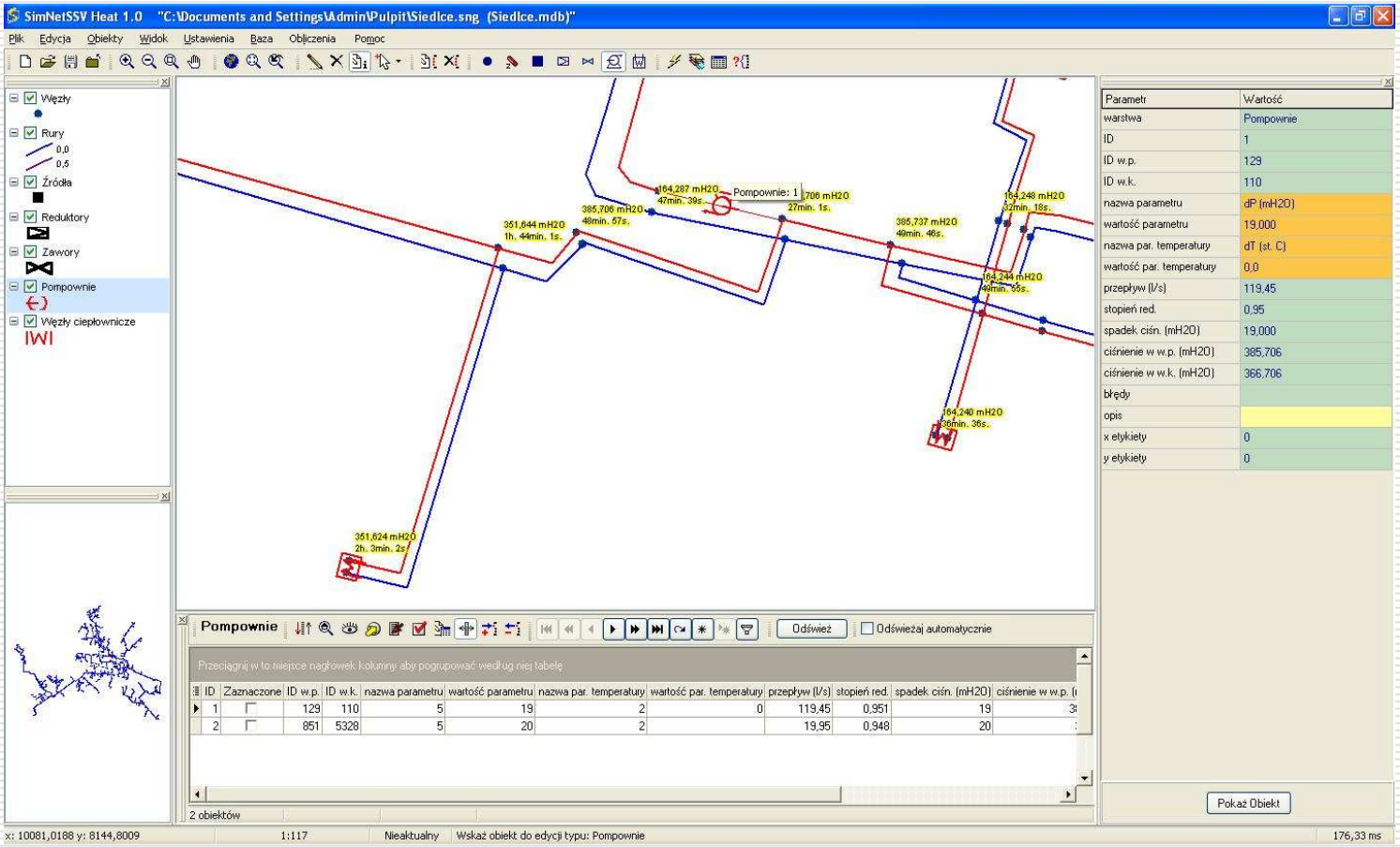
Interfejs graficzny (cd.)



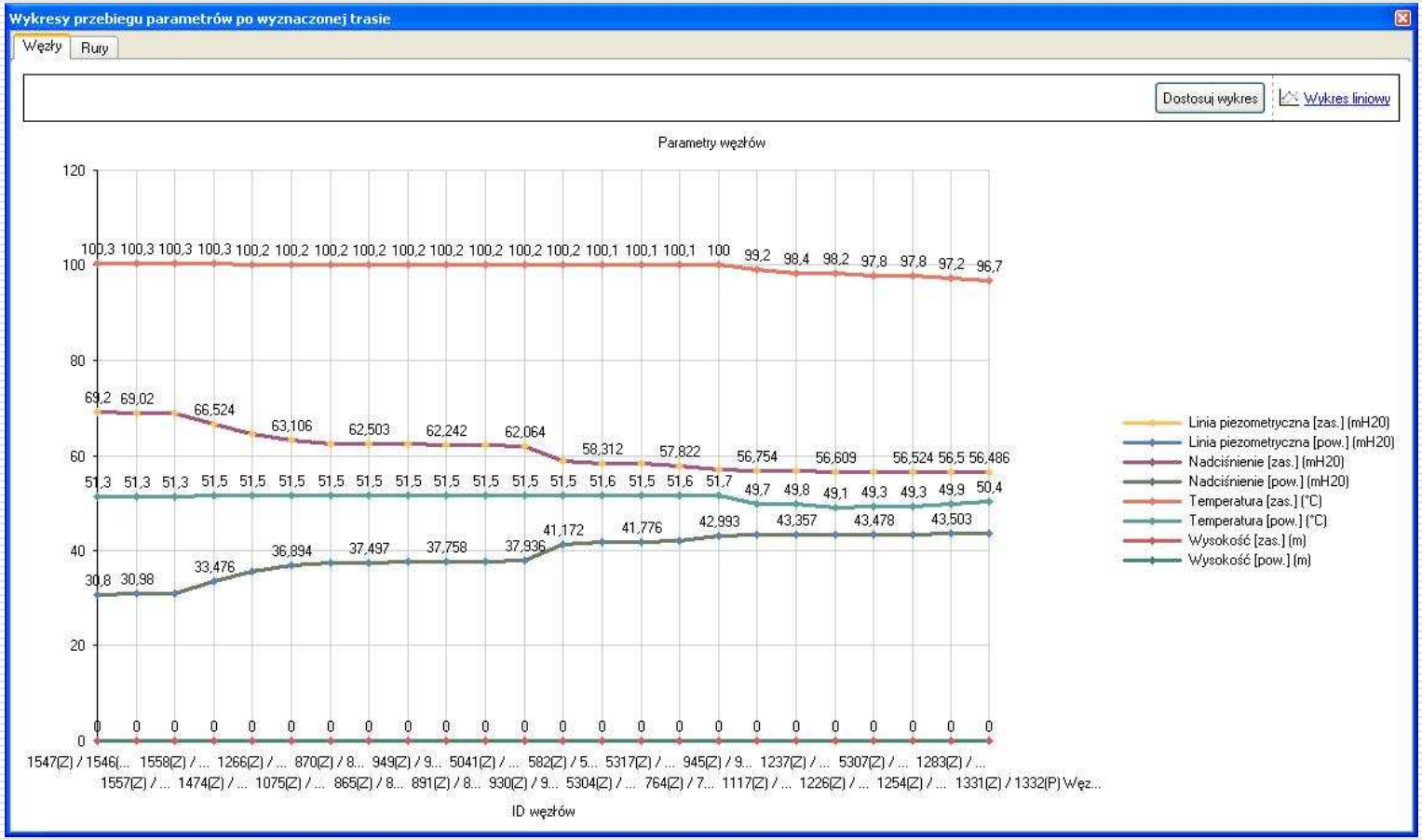
FLUID SYSTEMS

Zakład Systemów Ciepłowniczych i Gazowniczych

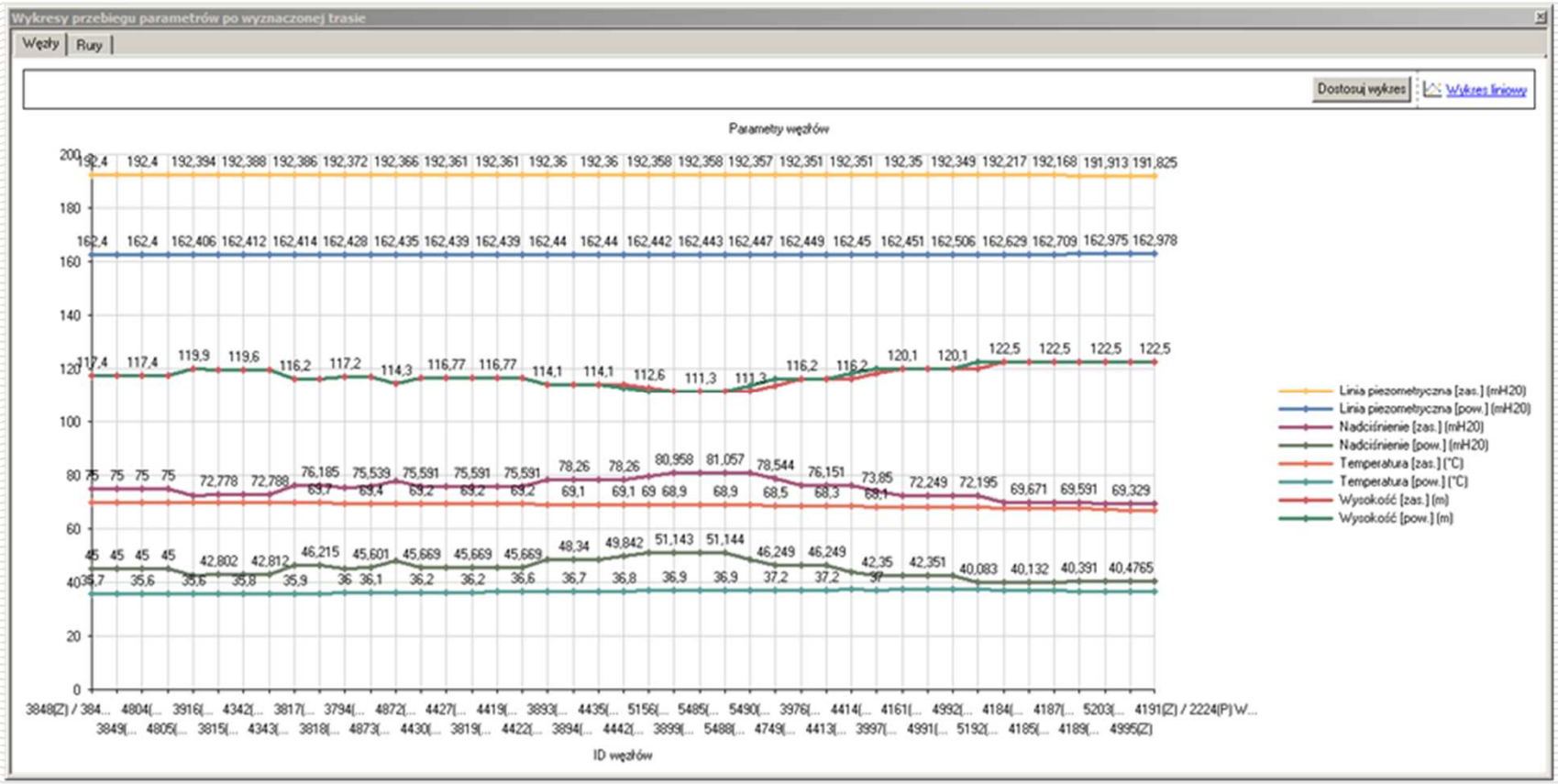
Interfejs graficzny (cd.)



Interfejs graficzny (cd.)



Interfejs graficzny (cd.)



Przykład 1-1: Symulacja zjawiska uderzenia hydraulicznego w systemie ciepłowniczym

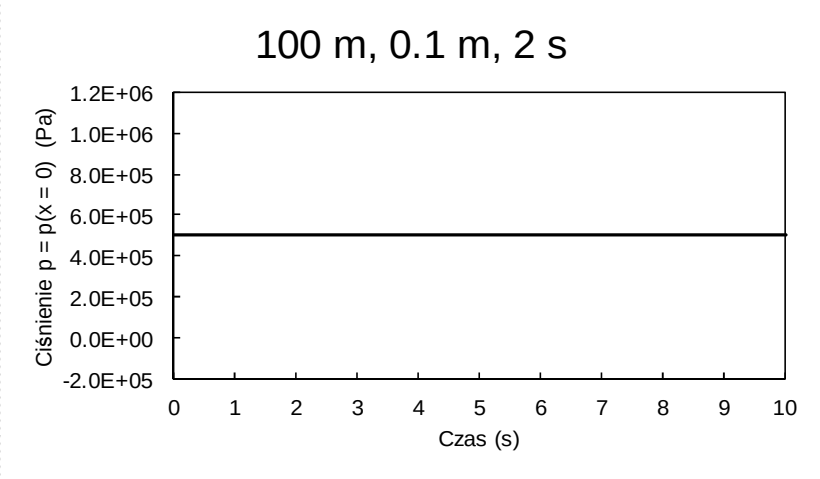
średnica wewnętrzna D = 0.1 m,
długość L = 100 m,
chropowatość k = 30 μm,
rurociąg sztywny (dA/dp = 0)

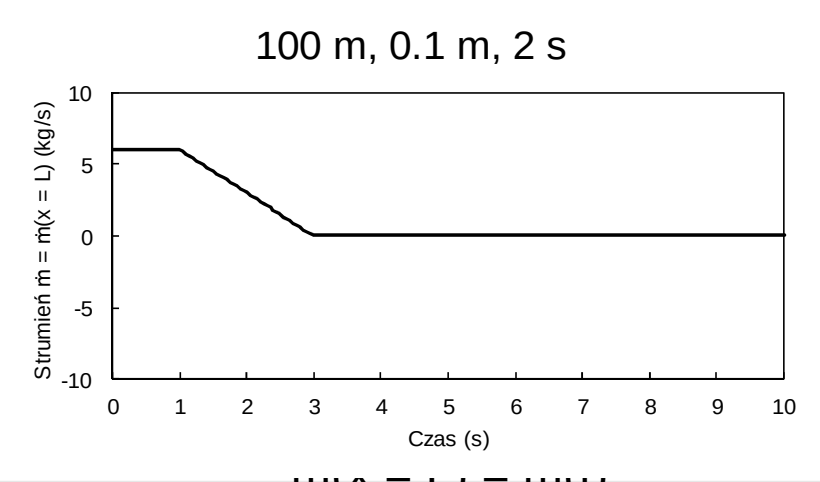


Czynnik: woda
p(x = 0) = 500 kPa = idem
T = 15℃

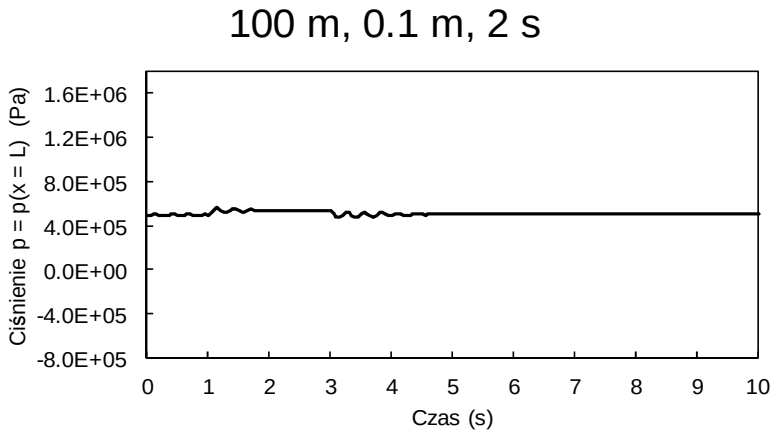
Szybkie zamknięcie zaworu:
$\dot{m}$(x = L) = $\dot{m}$(t)
Czas zamknięcia zaworu (2 – 0,1) s

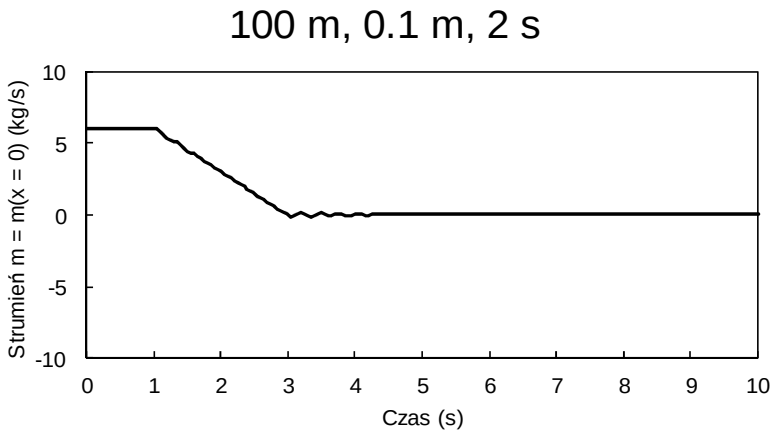
Przykład 1-1: Warunki brzegowe (czas zamknięcia zaworu 2 s)



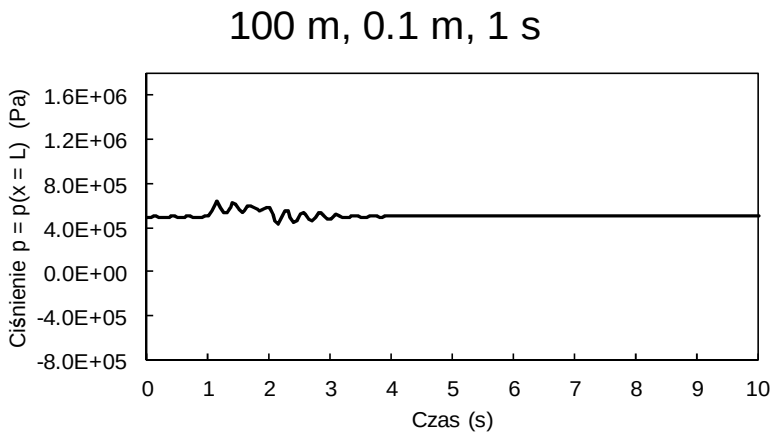


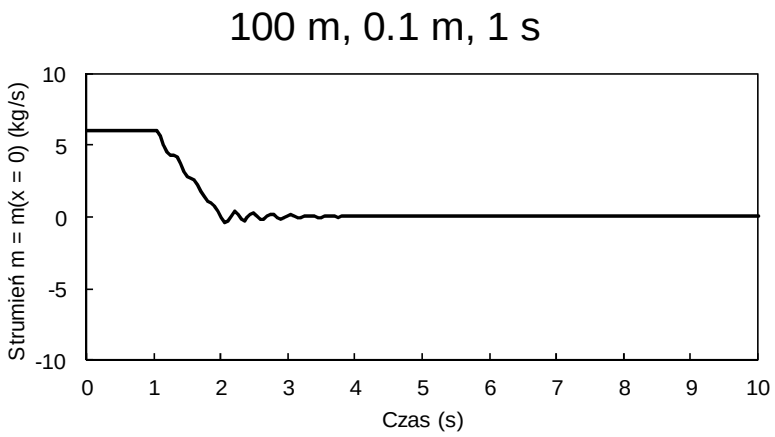
Przykład 1-1: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 2 s)



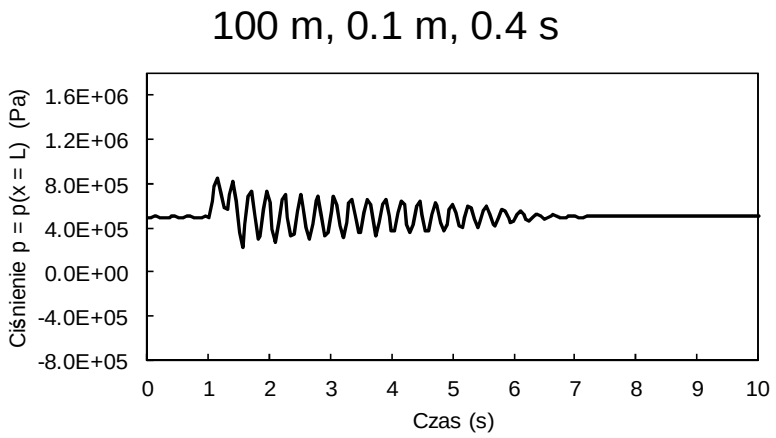


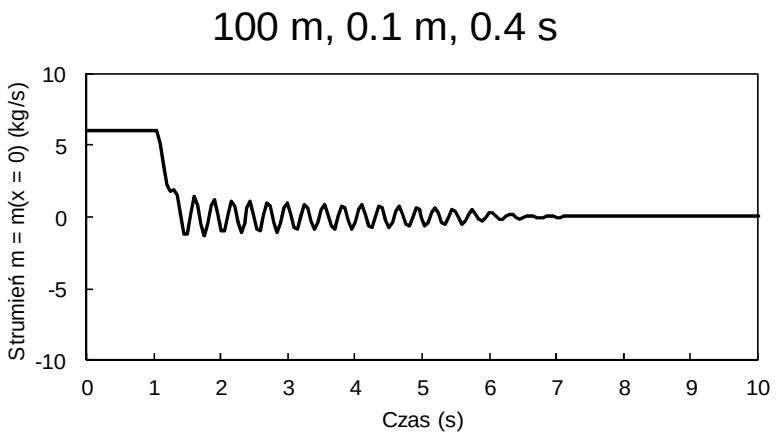
Przykład 1-2: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 1 s)



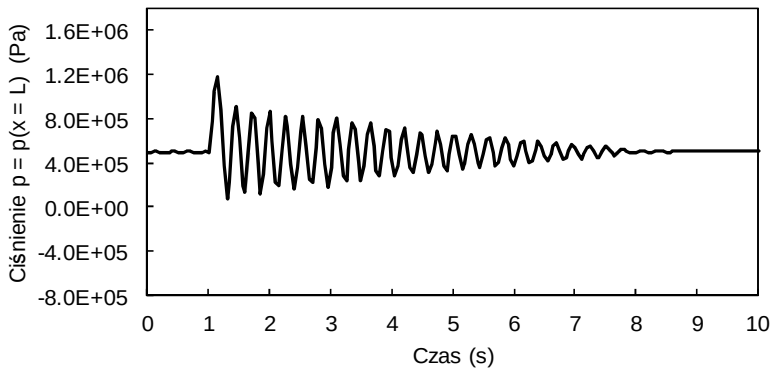


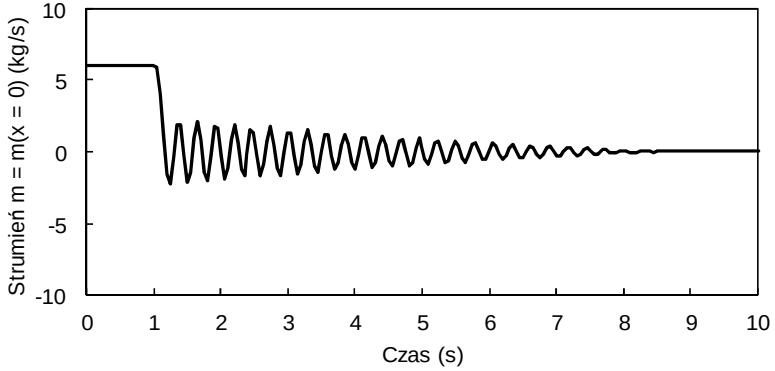
Przykład 1-3: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.4 s)





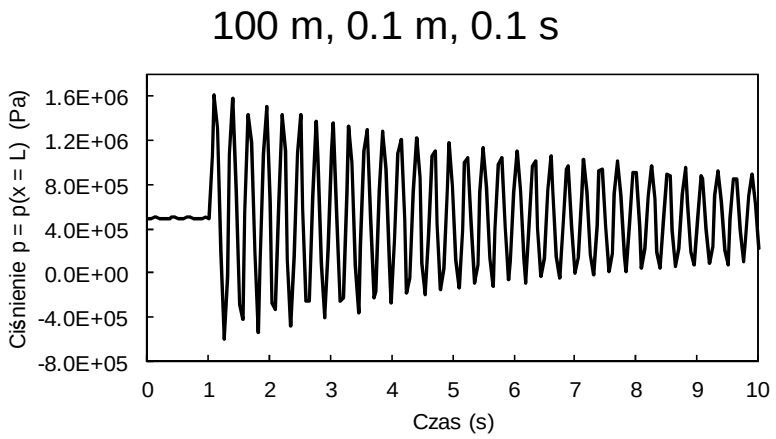
Przykład 1-4: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.2 s)

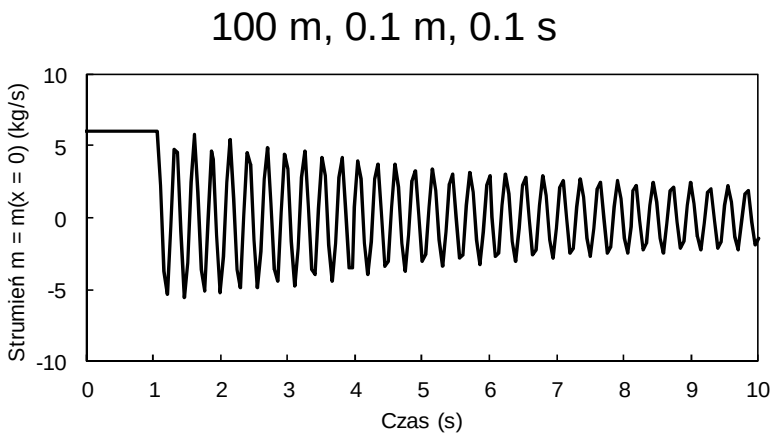




p_0 = 0,493 MPa, max(p) = 1,180 MPa, max(Δp) = 0,687 MPa

Przykład 1-5: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.1 s)





p_0 = 0,493 MPa, max(p) = 1,608 MPa, max(Δp) = 1,115 MPa

Przykład 2-1: Sieć ciepłownicza, brak naprężeń osiowych (obecność kompensatorów).

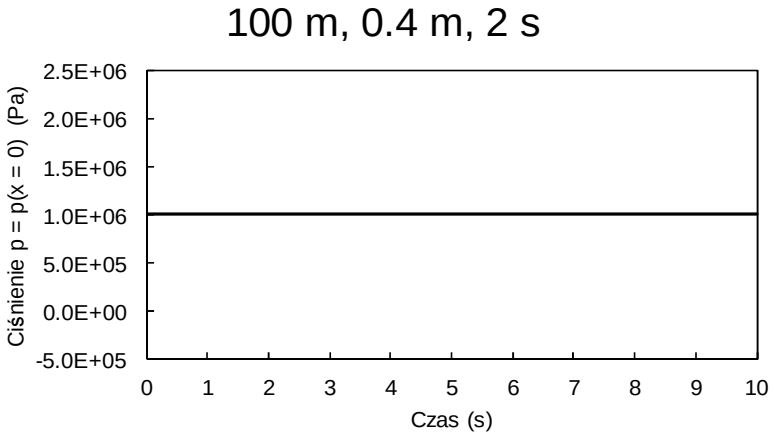
Rurociąg stalowy DN400
średnica wewnętrzna D = 0.3938 m,
długość L = 100 m,
chropowatość k = 46 μm,
grubość ścianki e = 6.3 mm
moduł Younga materiału rur E = 200 GPa
współczynnik Poissona ν = 0.3

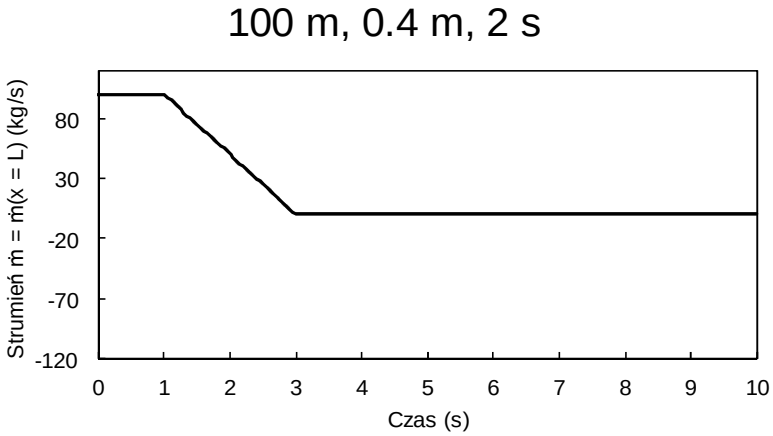


Czynnik: woda
$p(x = 0)$ = 1 MPa = idem
T = 120℃/60℃

Szybkie zamknięcie zaworu:
$\dot{m}(x = L) = \dot{m}(t)$
Czas zamknięcia zaworu (5 – 2) s

Przykład 2-1: Warunki brzegowe (czas zamknięcia zaworu 2 s)

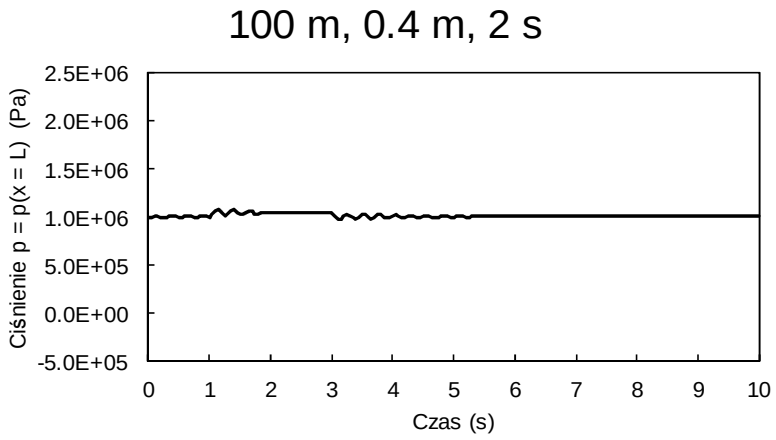


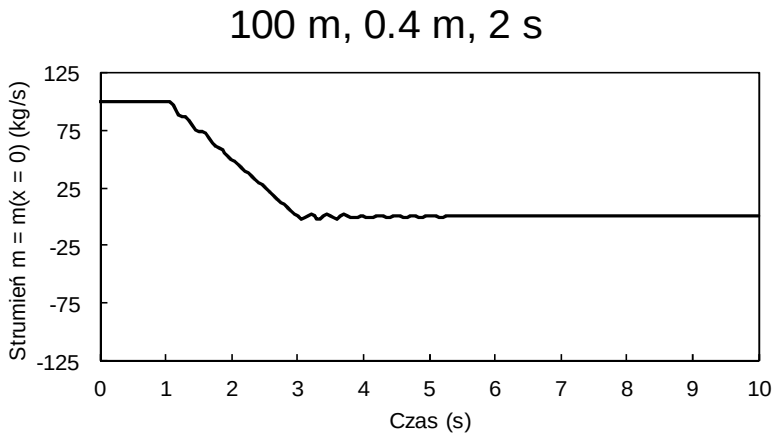


P(x = 0) = 1000 kPa = idem

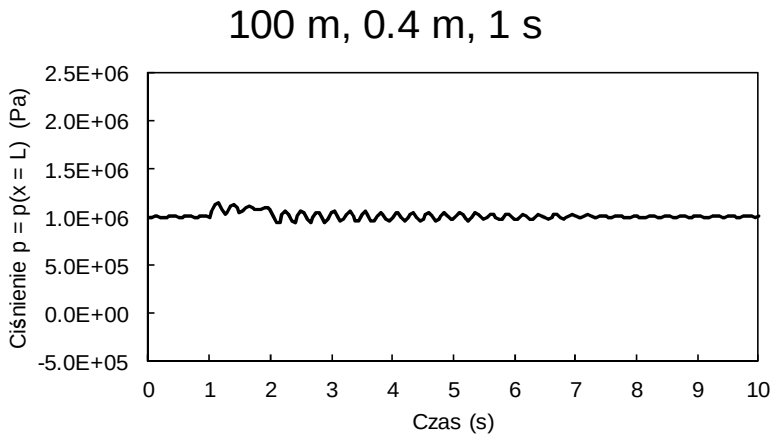
ṁ(x = L) = ṁ(t)

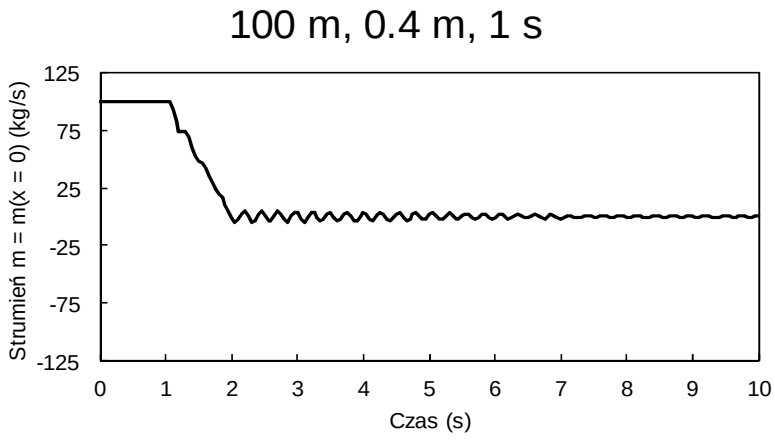
Przykład 2-1: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 2 s)



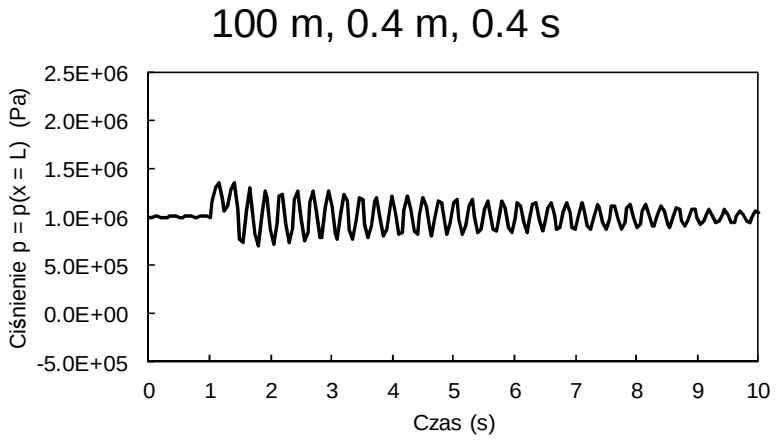


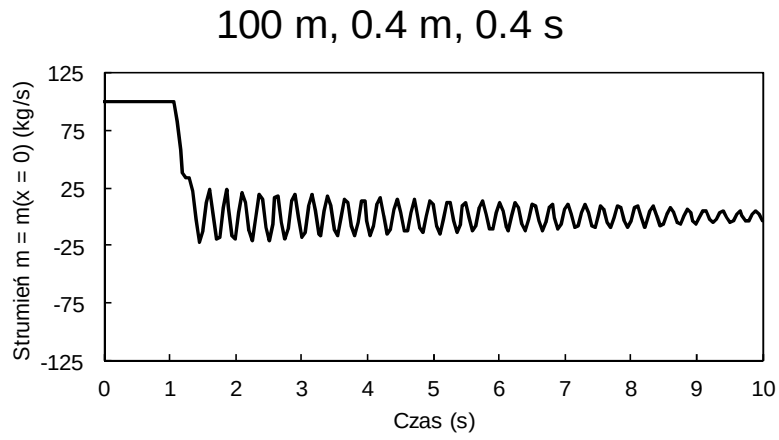
Przykład 2-2: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 1 s)



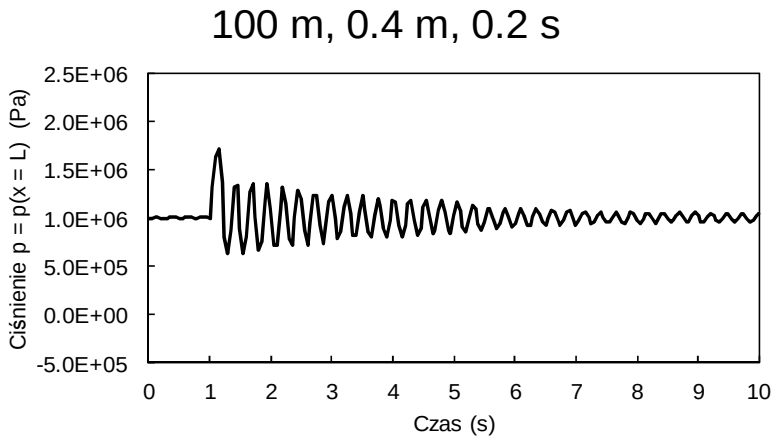


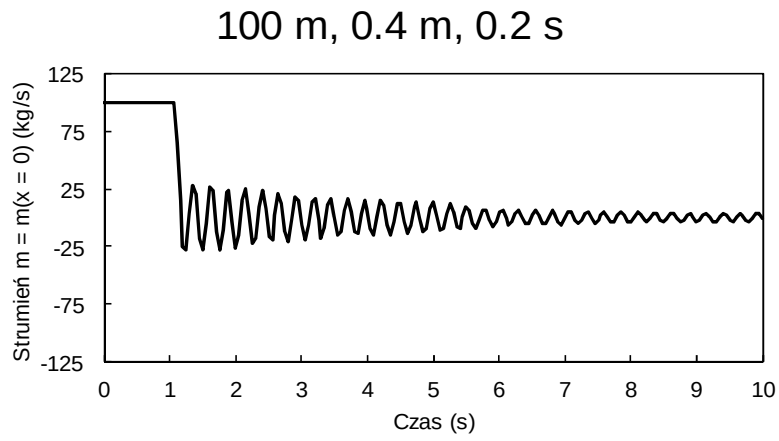
Przykład 2-3: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.4 s)



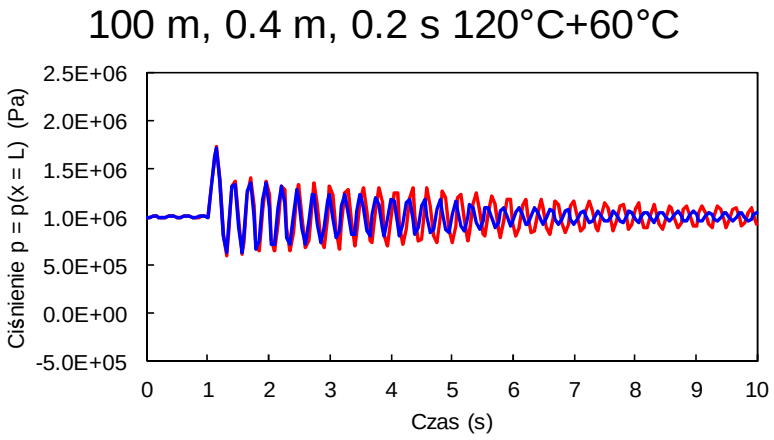


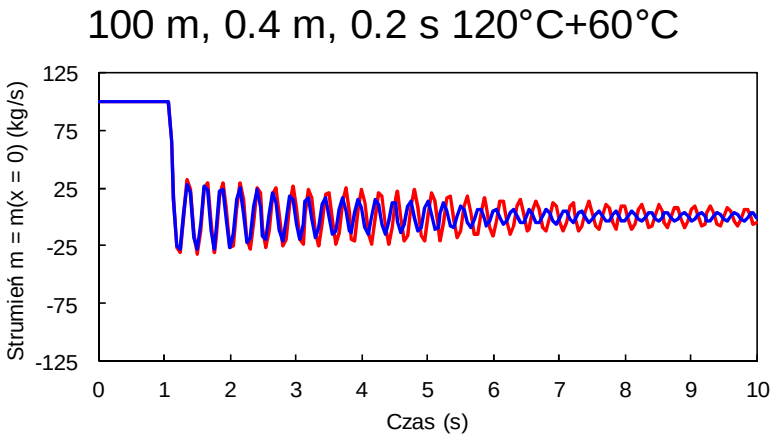
Przykład 2-4: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.2 s)



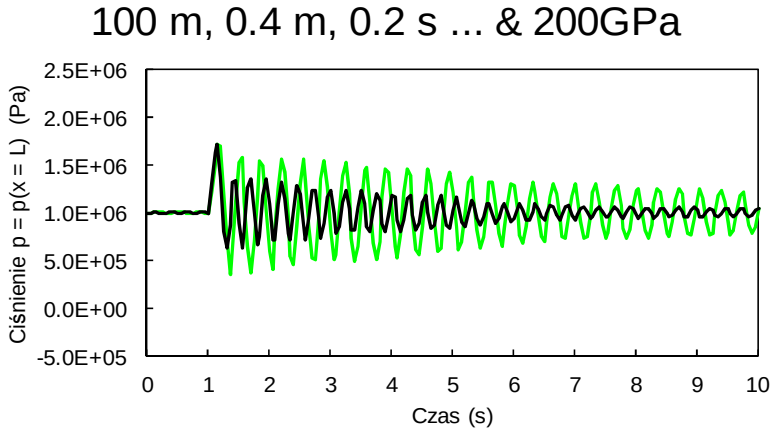


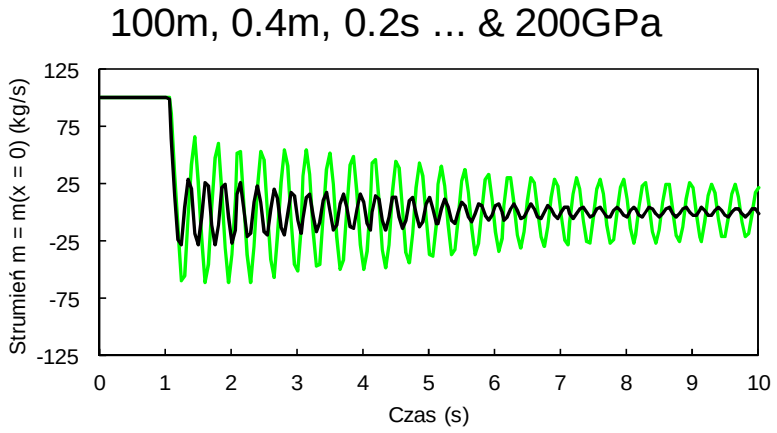
Przykład 2-4a: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.2 s)



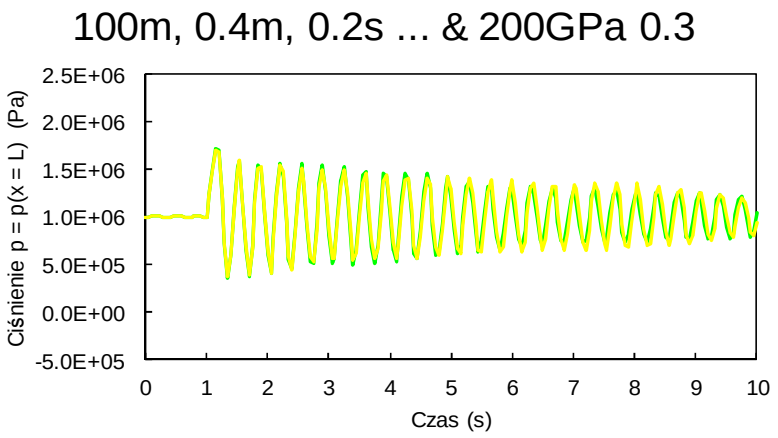


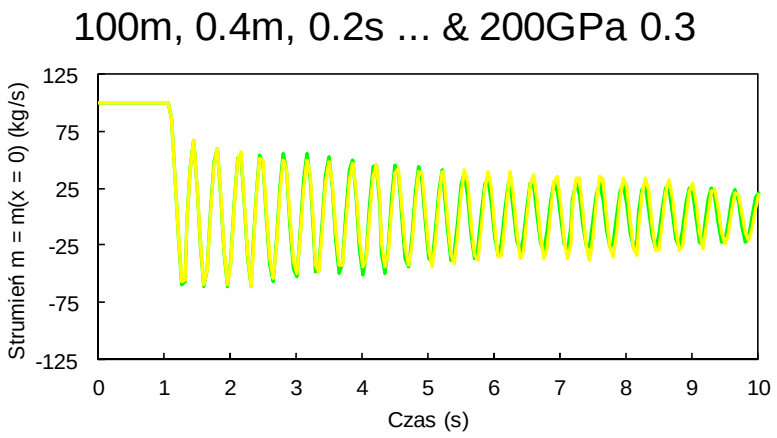
Przykład 2-4b: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.2 s)



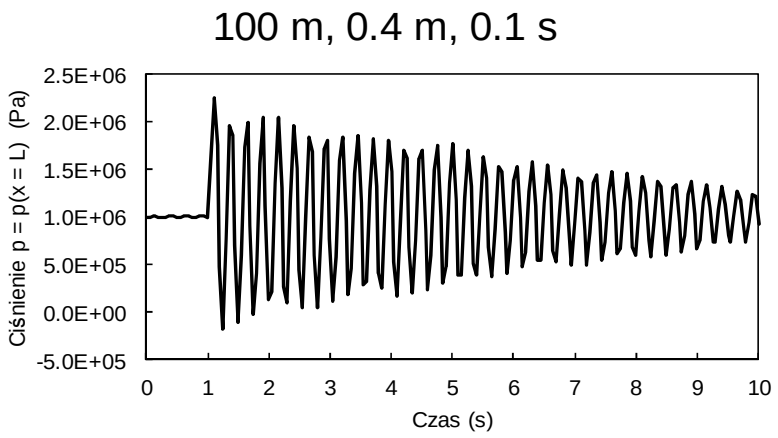


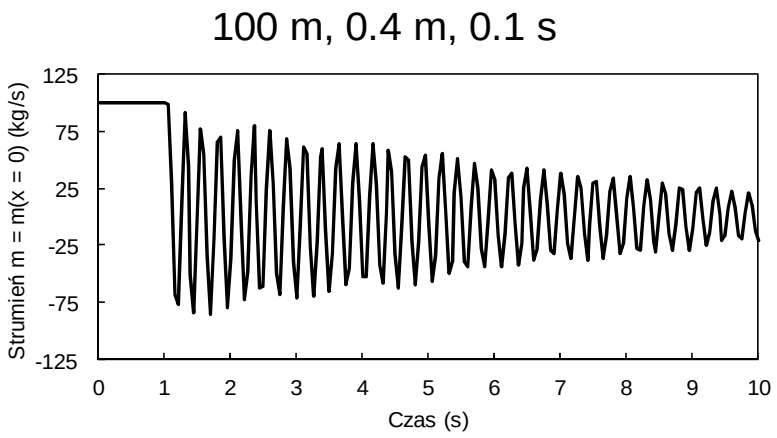
Przykład 2-4c: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.2 s)



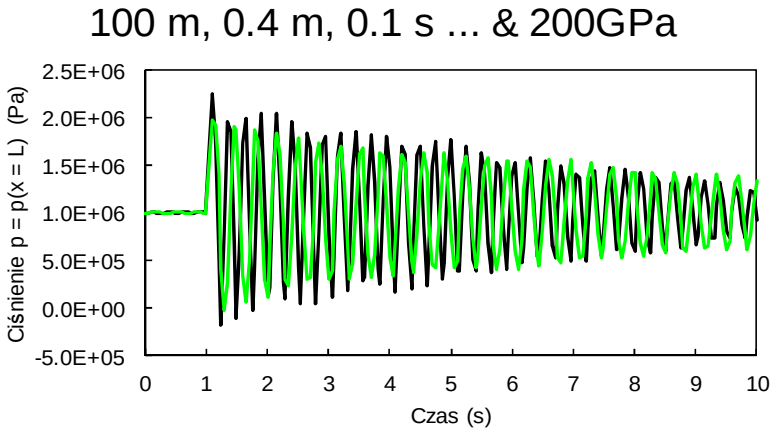


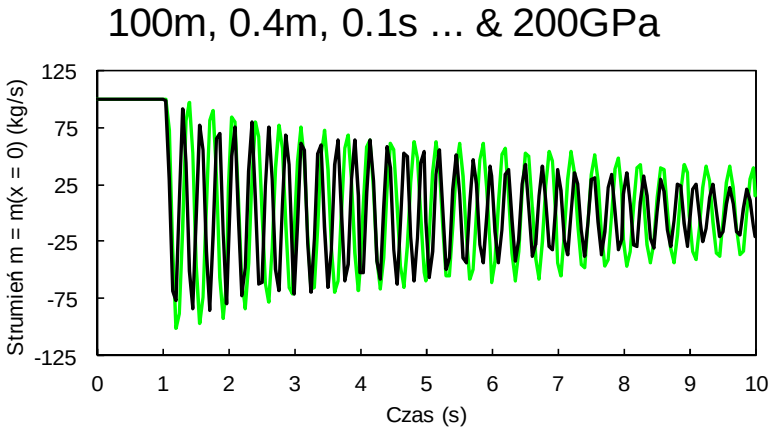
Przykład 2-5: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.1 s)



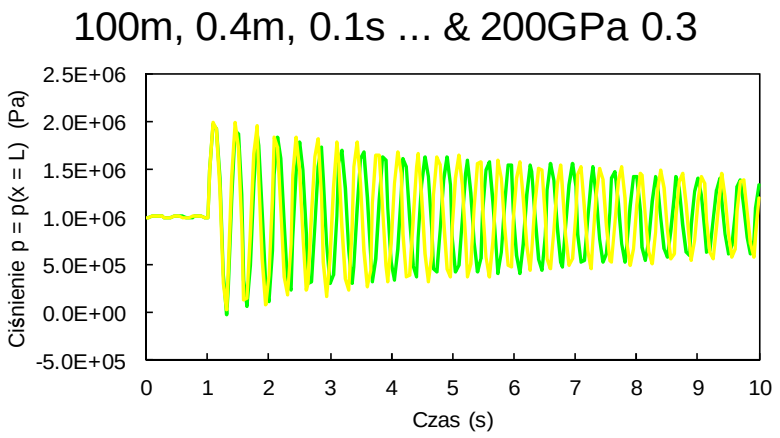


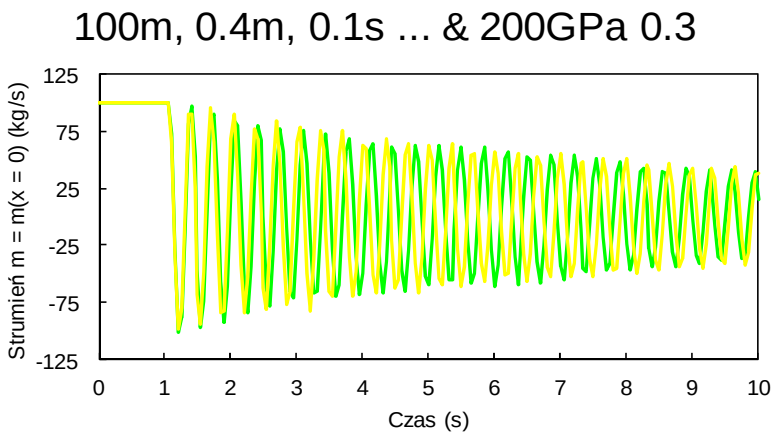
Przykład 2-5a: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.1 s)





Przykład 2-5b: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.1 s)





Przykład 3-1 : Sieć ciepłownicza, wpływ długości rurociągu, dane dot. rurociągu:

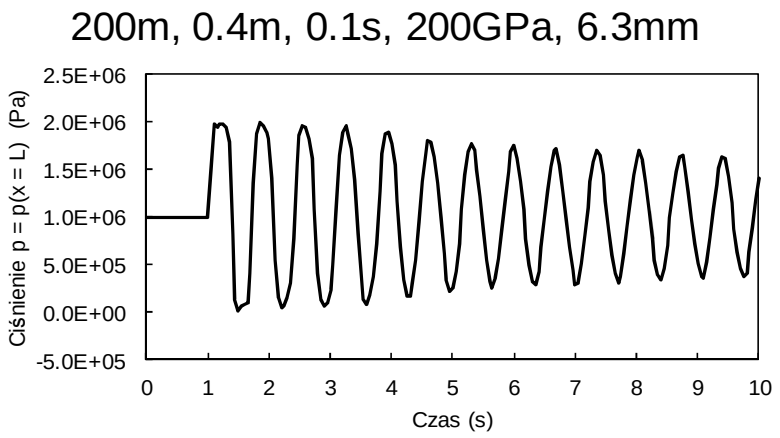
Rurociąg stalowy DN400
średnica wewnętrzna D = 0.3938 m,
długość L = 200 m,
chropowatość k = 46 μm,
grubość ścianki e = 6.3 mm
moduł Younga materiału rur E = 200 GPa
współczynnik Poissona ν = 0.3

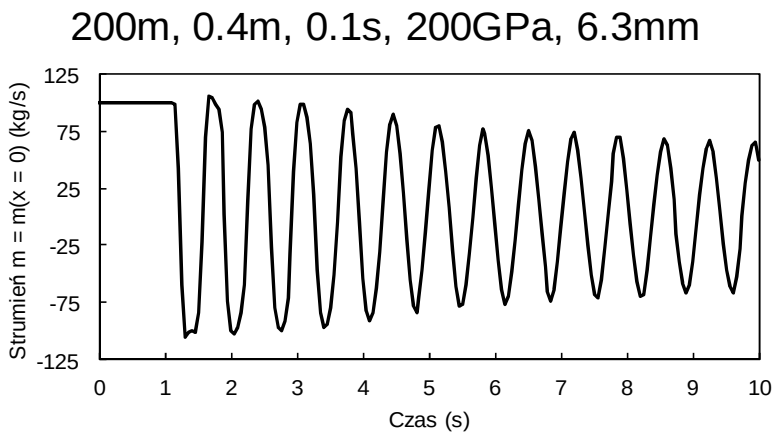


Czynnik: woda
p(x = 0) = 1 MPa = idem
T = 120℃/60℃

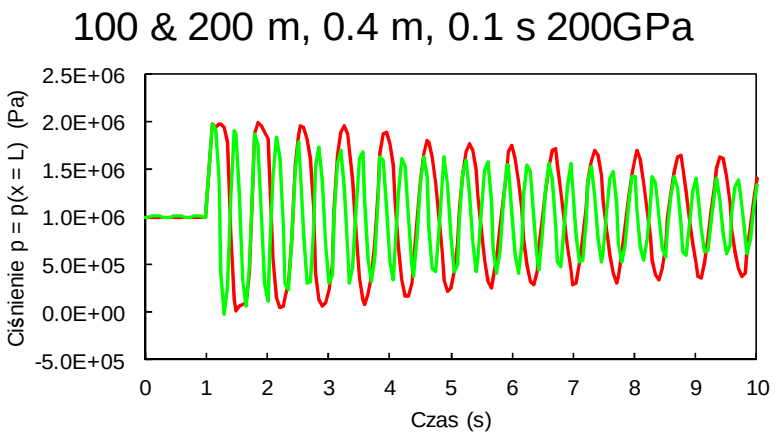
Nagłe zamknięcie zaworu:
$\dot{m}(x = L) = \dot{m}(t)$
Czas zamknięcia zaworu (2 – 0,1) s

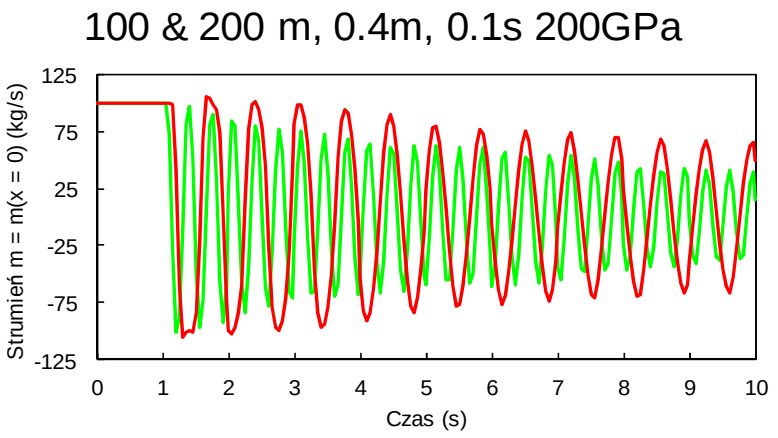
Przykład 3-1: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.1 s)



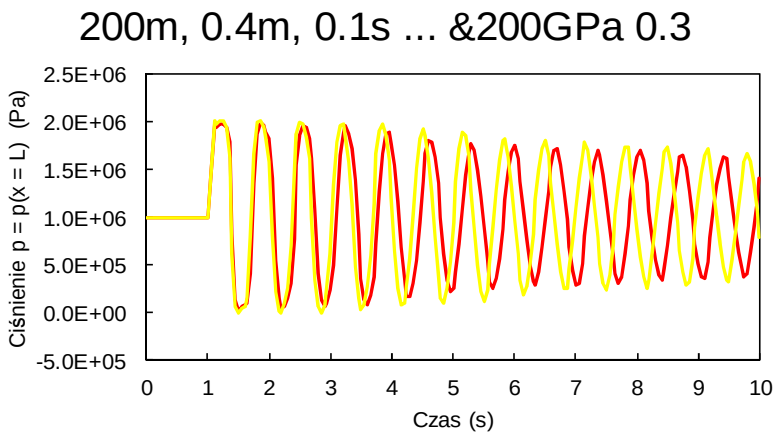


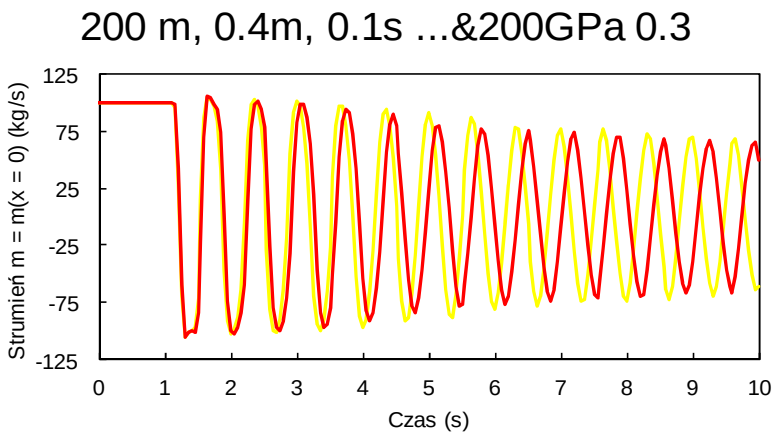
Przykład 3-1b: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.1 s)





Przykład 3-1c: Wyniki symulacji (czas zamknięcia zaworu 0.1 s)





Oprogramowanie użytkowe do analizy zjawiska uderzenia hydraulicznego

Oprogramowanie pozwala na:

- Bezpieczne i efektywne prowadzenie ruchu sieci ciepłowniczej przez służby dyspozytorskie,
- Dobór odpowiednich wymiarów geometrycznych elementów sieci oraz lokalizacji elementów wywołujących uderzenie hydrauliczne na etapie projektowania tak aby zapobiec wystąpieniu tego zjawiska lub ograniczyć jego skutki,
- Odpowiedni dobór środków dla zapobiegania i osłabienia uderzenia hydraulicznego w sieciach istniejących.

Wnioski

Efektywne zarządzanie przedsiębiorstwem sieciowym nie jest możliwe bez pełnej wiedzy na temat właściwości cieplno-hydraulicznych sieci, której jest ono operatorem. Algorytmy symulacji umożliwiają realizację następujących funkcji:

- Symulację w celu monitorowania pracy sieci,
- Ocenę jakości pracy systemu telemetrycznego i urządzeń pomiarowych,
- Dokładną analizę zjawiska uderzenia hydraulicznego

Wnioski (c.d.)

- Wydawanie zapewnień dostawy ciepła odbiorcom,
- Sprawdzenie jakości funkcjonowania sieci podczas prowadzenia remontu wybranej jej części,
- Ocenę możliwości przepustowych sieci magistralnych i dystrybucyjnych,
- W przypadku awarii sieci określenie straconej masy czynnika i ciepła.

Oprogramowanie do analizy zjawiska uderzenia hydraulicznego powinno być częścią składową każdego pakietu do komputerowej symulacji sieci ciepłowniczej (wodociągowej) w stanach nieustalonych.

Literatura

[1] Kwestarz, M., 2011, Analiza wpływu zasobnika ciepła na parametry pracy sieci ciepłowniczej, Rozprawa doktorska, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

[2] SimNet SSHeat, 2011, Pakiet do symulacji sieci ciepłowniczych w stanach ustalonych, Dokumentacja i instrukcja obsługi, Fluid Systems, Warszawa.

[3] Osiadacz, A.J., Kwestarz, M., 2012, Analiza wpływu rozproszonych zasobników ciepła na parametry pracy sieci ciepłowniczej, przyjęty do druku w czasopiśmie Rynek energii.

[4] Osiadacz, A.J., Chaczykowski, M., Kotyński Ł., 2012, Pakiet oprogramowania do statycznej symulacji sieci ciepłowniczych, przyjęty do druku w czasopiśmie Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, wentylacja.

[5] Osiadacz, A.J., Chaczykowski, M., 2012, Komputerowa symulacja zjawiska uderzenia hydraulicznego w sieci ciepłowniczej, w materiałach XVI Forum Ciepłowników Polskich, Międzyzdroje.



Politechnika Warszawska



Zakład Systemów Ciepłowniczych i Gazowniczych

FLUID SYSTEMS

Dziękujemy za uwagę

Dr inż. Maciej Chaczykowski

maciej.chaczykowski@fluidsystems.pl

Dr inż. Małgorzata Kwestarz

malgorzata.kwestarz@is.pw.edu.pl