Andrzej J. Osiadacz
Maciej Chaczykowski
Łukasz Kotyński

Badania właściwości dynamicznych sieci gazowej z wykorzystaniem pakietu SimNet TSGas 3

Andrzej J. Osiadacz, Maciej Chaczykowski, Łukasz Kotyński, Fluid Systems Sp z o.o., ul. Opaczewska 43 lok. 13, 02 - 201 Warszawa

FLUID SYSTEMS

Cel obliczeń

- Dynamiczna symulacja sieci gazowych wysokiego ciśnienia.
- Integracja oprogramowania SimNet TSGas 3 z systememami SCADA funkcjonującymi w polskim przemyśle gazowniczym.

Algorytm symulacji dynamicznej

Algorytm symulacji dynamicznej oblicza wartości ciśnień lub przepływów w wybranych punktach (węzłach) sieci w określonych chwilach czasowych.

W porównaniu z algorytmem stanów ustalonych, liczba danych wejściowych jest znacznie większa ponieważ zarówno obciążenia jak również zasilania systemu mogą być funkcją czasu. Rośnie w sposób znaczący w porównaniu do symulacji statycznej czas obliczeń, ponieważ:

- problem polega na rozwiązaniu układu równań różniczkowych cząstkowych lub zwyczajnych zamiast algebraicznych,
- symulacja dynamiczna dotyczy określonego przedziału czasu a więc wielokrotnego rozwiązania układu równań.

FLUID SYSTEMS

Algorytm symulacji dynamicznej (c.d.)

Model matematyczny nieustalonego przepływu gazu w rurociągu formułowany jest w oparciu o równania zachowania masy, pędu i energii

$$\frac{\partial(\rho \cdot A)}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0$$

$$\rho \cdot g \cdot \sin\alpha + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot w) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\rho \cdot w^2\right) + \frac{2 \cdot \rho \cdot f \cdot w^2}{D} = 0$$

$$\Omega - W = \Delta E$$

gdzie: *A* - pole przekroju poprzecznego rurociągu, *M* - przepływ masowy, ρ - gęstość gazu, *x* - współrzędna przestrzenna, *t* – czas, *g* - przyspieszenie ziemskie, α - kąt nachylenia gazociągu w stosunku do poziomu, *w* - średnia prędkość gazu w przekroju rurociągu, *D* - średnica rurociągu, *f* - współczynnik oporu hydraulicznego Fanninga, Ω - ciepło dodane do systemu, W - praca wykonana przez system, ΔE - zmiana energii w systemie.

Algorytm symulacji dynamicznej (c.d.)

Należy rozróżnić dwa przypadki przepływu gazu:

- adiabatyczny $d\Omega / dt = 0$,
- izotermiczny $d\Omega / dt \neq 0$.

Adiabatyczny przepływ występuje w przypadku bardzo szybkich zmian przepływu gazu; efekt wymiany ciepła może być pominięty. Z kolei, izotermiczny przepływ odpowiada wolnym zmianom przepływu gazu; zmiana temperatury gazu na skutek wymiany ciepła pomiędzy gazem i ziemią może być pominięta.

Układ równań zachowania należy uzupełnić równaniem stanu. Przyjmując, że T = const. otrzymujemy:

$$p = \rho \cdot c^2$$

gdzie: c - prędkość dźwięku w gazie

Algorytm symulacji dynamicznej (c.d.)

Model nieizotermiczny w odróżnieniu od izotermicznego pozwala uwzględniać zmiany temperatury gazu w sieci. Stabilizacji temperatury w strumieniu służy dostatecznie duża długość gazociągu, przy niezmiennych warunkach termicznych panujących w gruncie. Jednak dla małych odległości od stacji przetłoczonych, gdzie następuje wzrost temperatury sprężanego gazu zmiany temperatury gazu T(x) są wyraźne.

Otrzymany model w oparciu o powyższe równania, typu hiperbolicznego uwzględnia zarówno zjawisko bezwładności przepływającego gazu, jak również ciśnienie dynamiczne. Czasami, w określonych warunkach, udział ilościowy tych członów w opisie zjawiska jest pomijalny dla stosunkowo wolnych obciążeń czy też gazociągów o dużych pojemnościach, i wtedy stosujemy modele uproszczone typu parabolicznego, które są znacznie prostsze do numerycznego rozwiązania w porównaniu z równaniem hiperbolicznym.

Charakterystyka badanych sieci

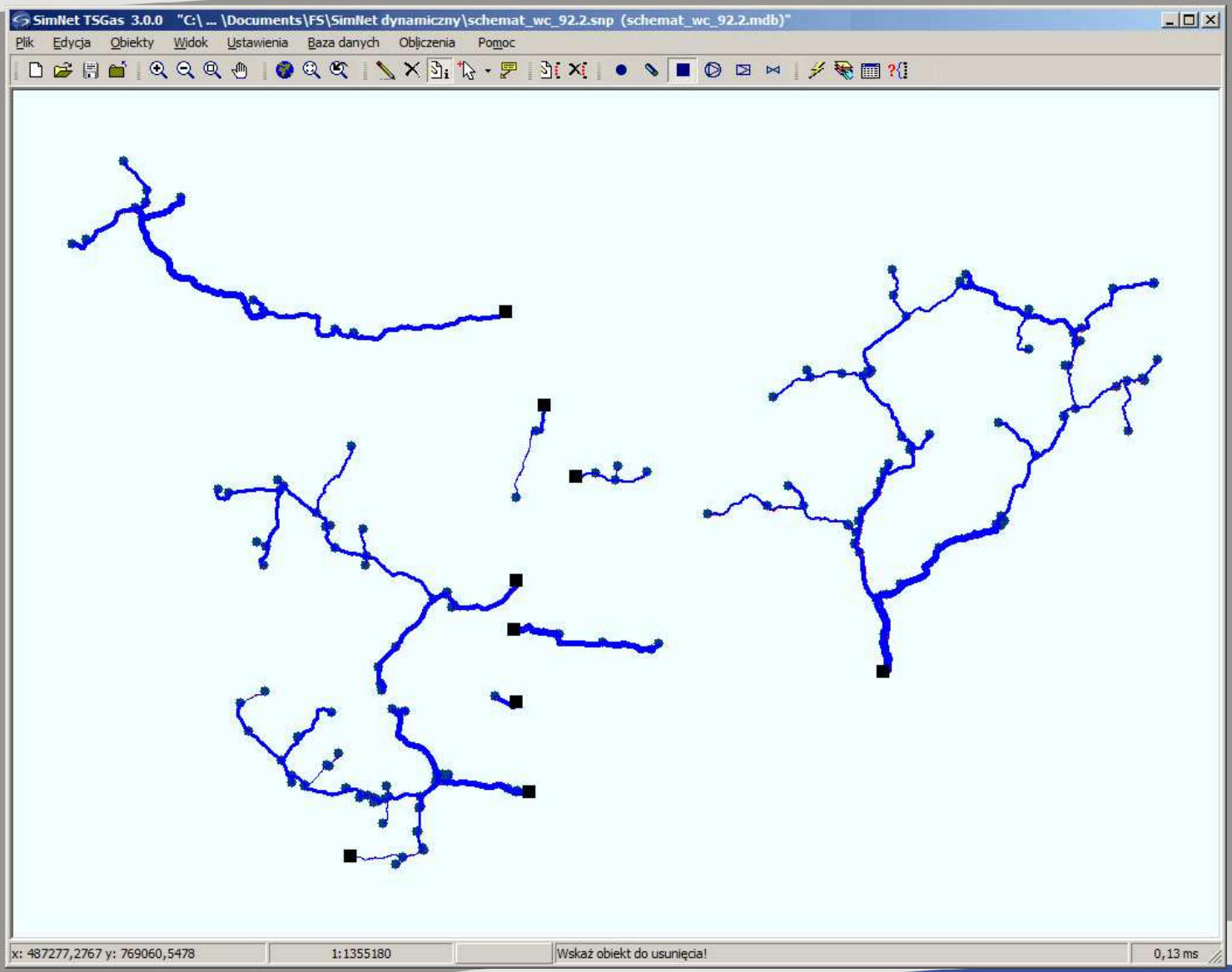
Badania dotyczyły dwóch sieci:

Sieć A

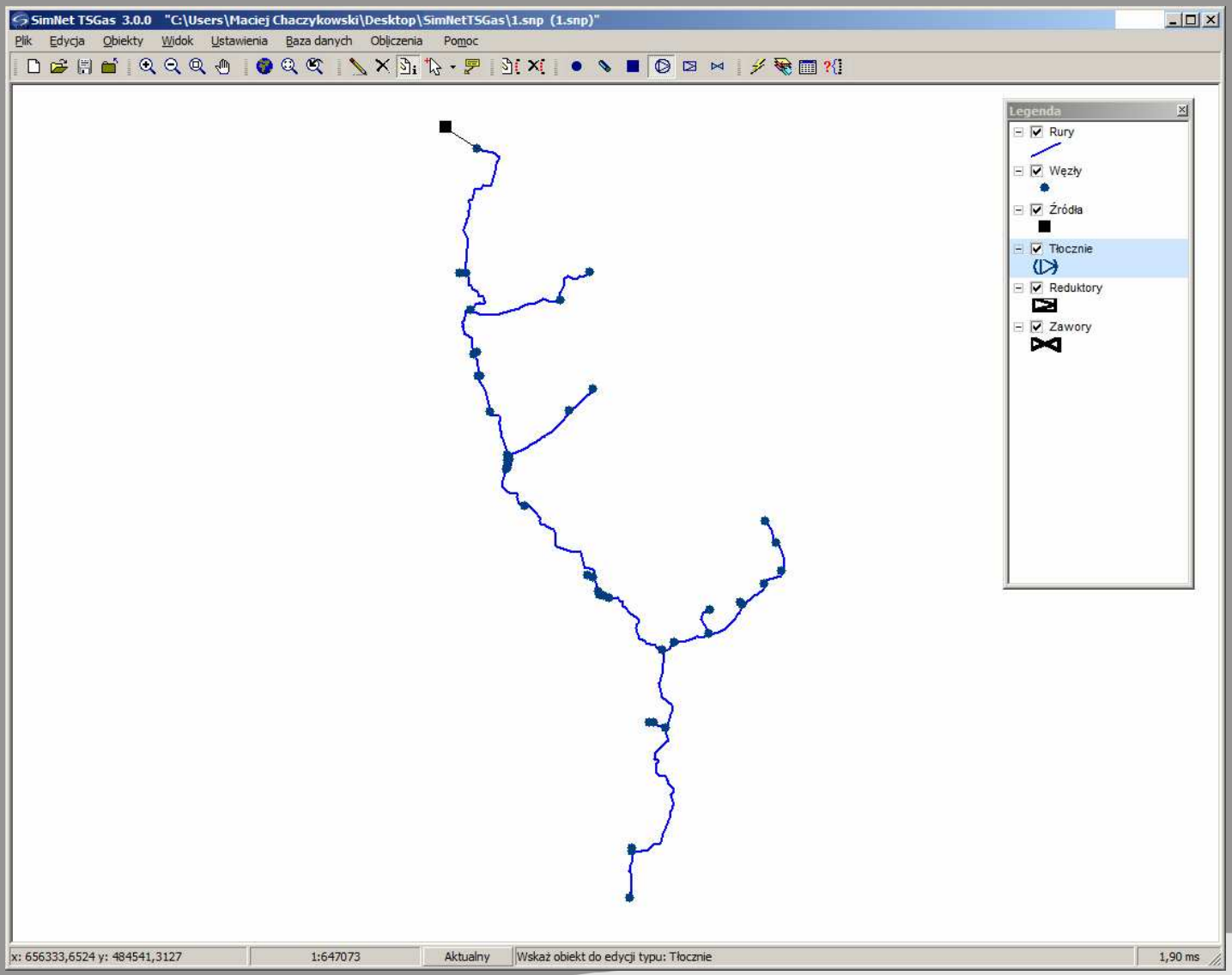
- Liczba rur, węzłów: 277, 261
- Liczba źródeł 9, w tym 1 węzeł systemowy oraz 8 stacji gazowych wysokiego ciśnienia zasilających sieć (p = 2,45-4,9 MPa)

Sieć B

- Liczba rur, węzłów: 44, 44
- Liczba źródeł 1, tj. węzeł systemowy zasilający sieć (p = 2,8-4,0 MPa)



Rys. 1.
Struktura sieci A



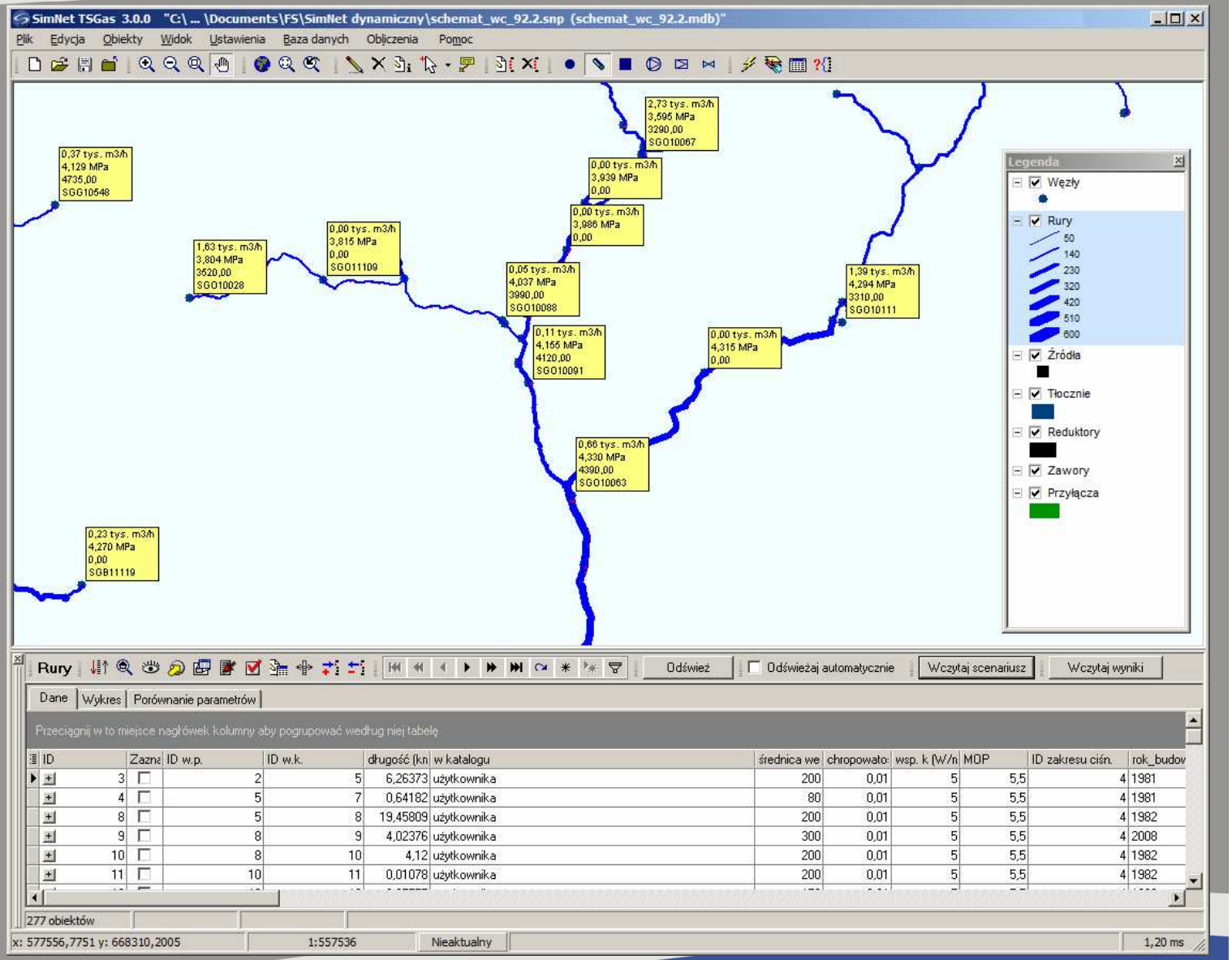
Rys. 1.
Struktura sieci B

Charakterystyka sieci (c.d.)

Sieć A
Łączna długość gazociągów 1590 km
Zakres średnic DN50-DN400
Maksymalne ciśnienie robocze MOP = 5-5,5 MPa
Wiek gazociagów 2-32 lat

Sieć B
Łączna długość gazociągów 235 km
Zakres średnic DN80-DN300
Maksymalne ciśnienie robocze – brak danych
Wiek gazociagów – brak danych

FLUID SYSTEMS



Rys. 2.
Widok mapy
z fragmentem
sieci wysokiego
ciśnienia (sieć A)

Dane dotyczące poborów gazu

- Zbiór danych o parametrach opisujących ruch sieci (np. przebieg zmian poboru w wezłach i ciśnienia w źródłach sieci w funkcji czasu), nazywany scenariuszem symulacji, udostępniany jest w formie raportu z bazy danych systemu SCADA.

FLUID SYSTEMS

SimNet TSGas – pakiet oprogramowania do dynamicznej symulacji sieci gazowych [5]

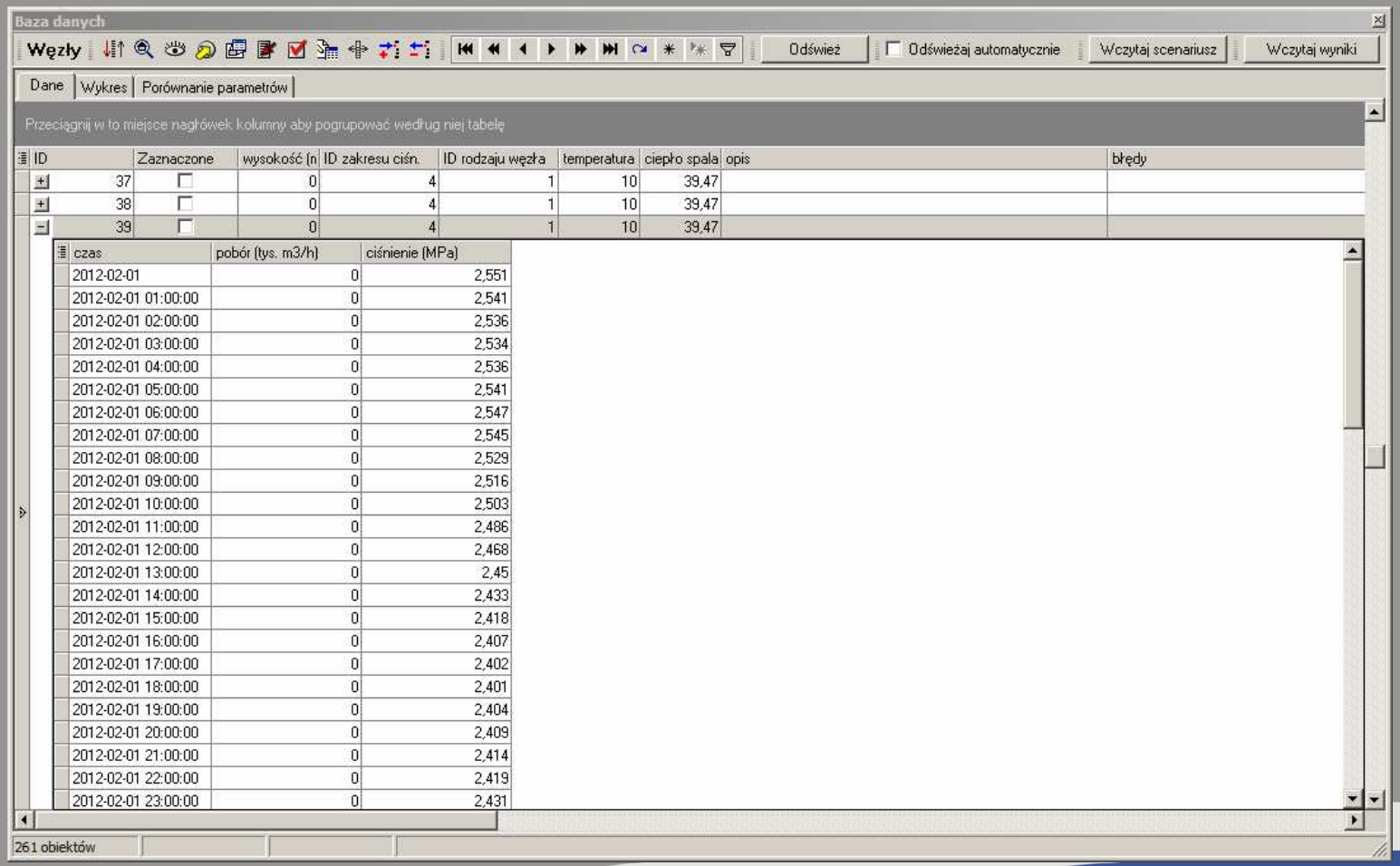
- SimNet TSGas jest pakietem oprogramowania do symulacji sieci gazowych w stanach nieustalonych. Umożliwia symulację sieci gazowych wysokiego ciśnienia (przesyłowych) o dowolnej konfiguracji.
- W obliczanej sieci może występować dowolna liczba źródeł z zadanym przebiegiem zmian ciśnienia lub wydajności w określonym przedziale czasu oraz dowolna liczba innych elementów nieliniowych: tłoczni (sprężarek), stacji redukcyjnych (reduktorów) i zaworów. Elementy te mogą pracować z zadanym przebiegiem zmian wartości jednego z następujących parametrów: ciśnienie wejściowe, ciśnienie wyjściowe, stopień sprężania (stopień redukcji), spadek ciśnienia (przyrost ciśnienia), przepływ.

FLUID SYSTEMS

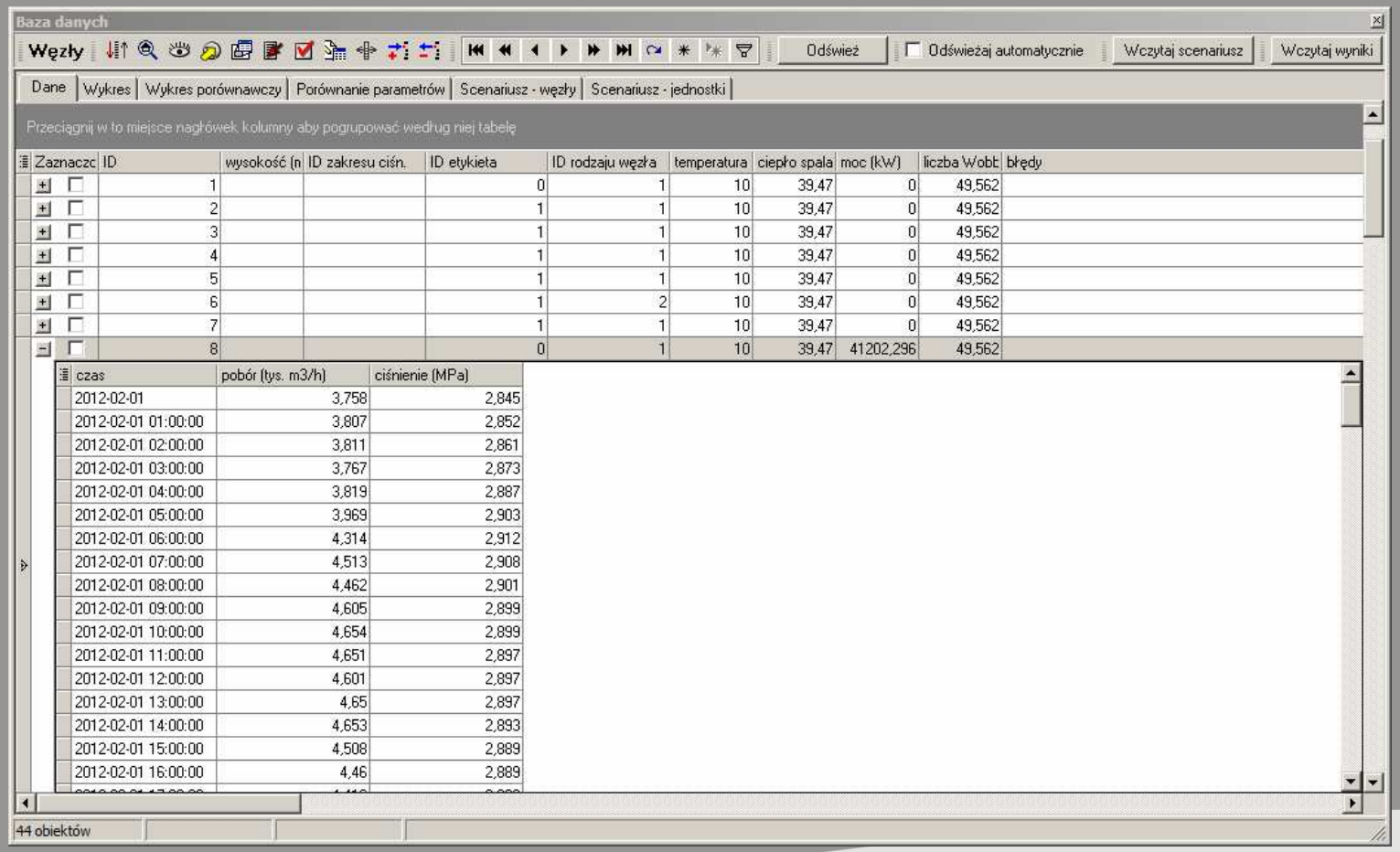
SimNet TSGas – pakiet oprogramowania do dynamicznej symulacji sieci gazowych (c.d.) [5]

- Ponadto, w sieci może znajdować się dowolna liczba zaworów odcinających, pracujących w stanach: otwarty / zamknięty.
- Rezultatem symulacji są m.in: przebieg zmian ciśnienia w węzłach w funkcji czasu, przebieg zmian natężenia przepływu i średniej prędkości przepływu w rurach w funkcji czasu, zmiany akumulacji gazu w sieci w funkcji czasu.
- Program posiada opcję obliczeniową, pozwalającą na symulację rozpływu strumieni energii oraz analizę zjawiska uderzenia hydraulicznego w sieci.

Przykład wyników symulacji (sieć A)

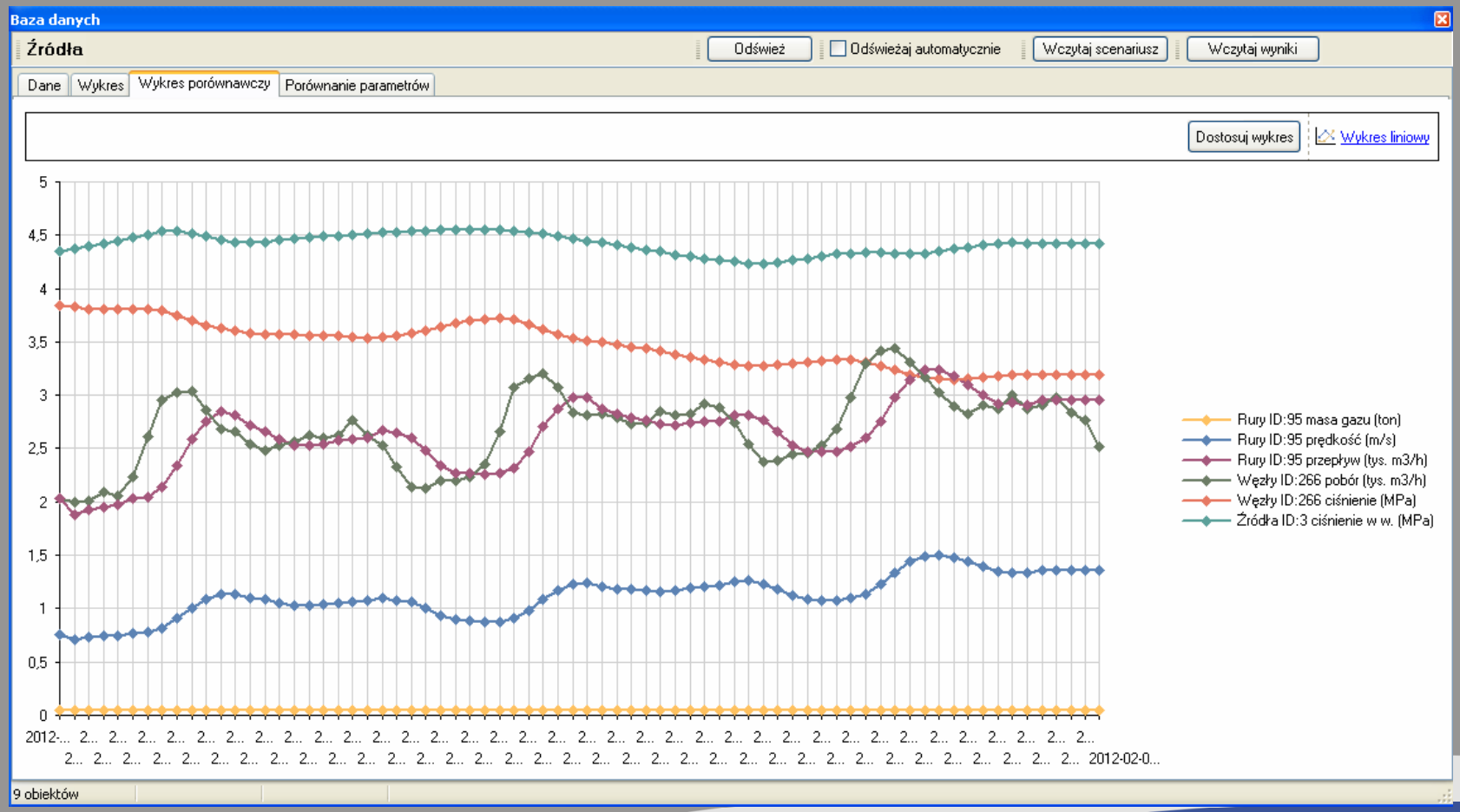


Przykład wyników symulacji (sieć B)

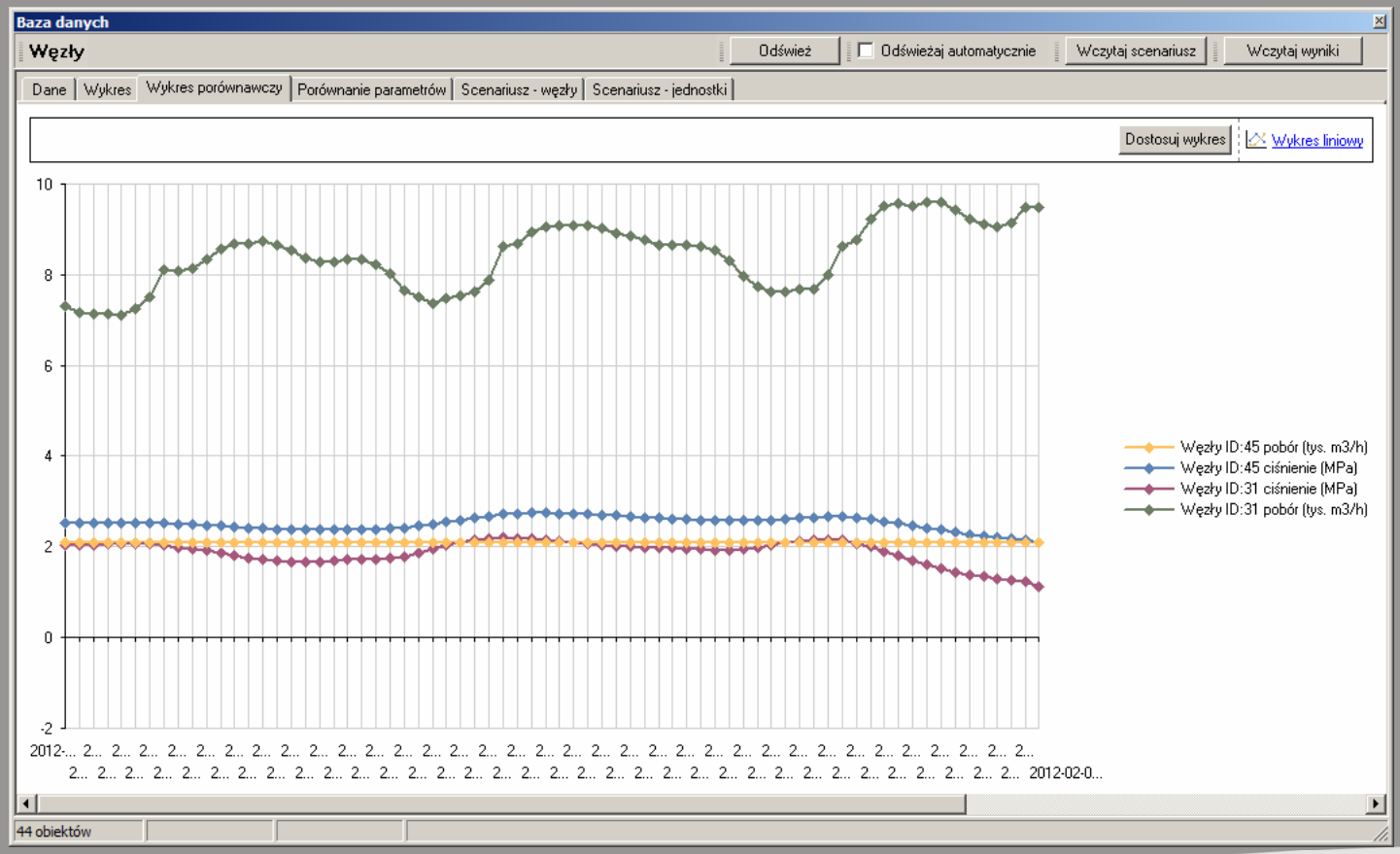


FLUID SYSTEMS

Przykład wyników symulacji (sieć A)



Przykład wyników symulacji (sieć B)



Wnioski

W obydwu badanych przypadkach potwierdzono poprawność działania algorytmu na zbiorze danych rzeczywistych. Wyniki obliczeń pokazały brak zapasu przepustowości w wybranych fragmentach badanej sieci B, który został potwierdzony w rzeczywistości.

Dzięki algorytmom symulacji możemy znacznie zmniejszyć nakłady na wyposażenie pomiarowe systemów gazowniczych a także zakładając poprawność modeli uzyskiwać pełną i dokładną informację o systemie. Algorytmy symulacji powinny umożliwiać realizację następujących funkcji:

- przeprowadzanie symulacji sieci w całości lub wybranych jej fragmentów w trybie off-line w celu analizy reakcji sieci na określone wymuszenia lub zmiany jej konfiguracji.
- symulacja on-line na bazie danych dostarczonych przez system telemetryczny.

FLUID SYSTEMS

Wnioski

- ocenę jakości pracy systemu telemetrycznego i urządzeń pomiarowych,
- symulacja w celu monitorowania pracy sieci,
- śledzenie zmian akumulacji gazu w systemie,
- wydawanie zapewnień dostawy gazu przyszłym odbiorcom,
- sprawdzenie jakości funkcjonowania sieci podczas prowadzenia remontu wybranej jej części,
- określenie masy gazu traconej w systemie na skutek nieszczelności,
- ocenę możliwości przepustowych sieci,
- śledzenie procesu mieszania się gazów o różnych składach.
- w przypadku awarii sieci określenie straconej masy gazu.

FLUID SYSTEMS

Literatura

[1] A.J. Osiadacz, Simulation and analysis of gas network, E & F. N. Spon, 1987, London

[2] A.J. Osiadacz, Numerical analysis of a method of transient simulation for gas networks, International Journal of Systems Science 21 (5) 1990, pp. 961-975

[3] A.J. Osiadacz, M. Chaczykowski, Pakiet do symulacji dynamicznej sieci gazowych, Nowoczesne Gazownictwo, Nr 3 (IX) 2004

[4] A.J., Osiadacz, M. Chaczykowski, Comparison of isothermal and non-isothermal pipeline gas flow models Chemical Engineering Journal 81 (1-3) 2001, pp. 41-51

[5] SimNet TSGas 3.0 – Dokumentacja techniczna oprogramowania, Fluid Systems