

Jakub Badowski
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

System komputerowy przeznaczony do gromadzenia i analizy danych o awariach na gazociągach przesyłowych

Wprowadzenie

Śledząc krajowe i zagraniczne statystyki awarii dojdziemy do wniosku, że rurociągi są jedną z najbezpieczniejszych form transportu gazu [3]. Mimo tego, z różnych przyczyn, od czasu do czasu ulegają one awariom, mogącym mieć tragiczne skutki – szczególnie jeśli towarzyszy im wybuch bądź pożar. Głównym problemem jest starzenie się gazociągów, a przyczynami awarii najczęściej bywa korozja oraz ingerencja w gazociąg stron trzecich. Skoro więc ryzyko awarii gazociągu istnieje, należy je zrozumieć i spróbować wyrazić w sposób liczbowy [2]. Aby tego dokonać niezbędne będą informacje o awariach jakie miały miejsce w przeszłości, zebrane w odpowiednio zaprojektowanych bazach danych. Gromadzone dane stanowią bazę do analizy statystycznej zdarzeń awaryjnych oraz umożliwiają szacowanie ryzyka eksploatacji gazociągów metodą ilościową. Proces ten wpływa na polepszenie bezpieczeństwa (zmniejszenie ryzyka eksploatacji), poprzez uniknięcie podobnych awarii w przyszłości (ang. *learning from experiences*).

Największe doświadczenie w procesie gromadzenia takich danych mają operatorzy ze Stanów Zjednoczonych i Europy Zachodniej. Amerykanie robią to od wczesnych lat 70. ub. wieku, a za zarządzanie bazą danych odpowiada tam Departament Transportu (DOT). Każdy operator rurociągu na terenie kraju jest zobowiązany do dostarczenia corocznego raportu ze zdarzeń, w terminie nieprzekraczającym 15 marca następnego roku. Raporty te wykonywane są według określonych kryteriów (np. za awarię uważa się wypływ gazu z rurociągu, który spowodował śmierć lub uszkodzenie ciała, lub gdy straty przekraczają

50 000 dolarów, bądź nastąpiła konieczność zatrzymania pracy instalacji) [6].

Europejscy operatorzy gazociągów nie mają obowiązku gromadzenia danych o awariach, jednak – rozumiejąc potrzebę takich działań oraz korzyści z nich płynące – w 1982 roku sześciu z nich podjęło inicjatywę gromadzenia danych o przypadkach niezamierzonego wypływu gazu na gazociągach przesyłowych. Inicjatywa ta została sformalizowana poprzez założenie organizacji pod nazwą *European Gas Pipeline Incident Data Group* (EGIG). Obecnie EGIG współpracuje z piętnastoma najważniejszymi operatorami sieci gazowych w Europie i jest właścicielem obszernej bazy wiedzy o zdarzeniach na gazociągach począwszy od 1970 r. Baza danych EGIG jest więc cennym i solidnym źródłem informacji o bezpieczeństwie przesyłu gazu w Europie, a przeprowadzone na jej podstawie i upublicznione statystyki cieszą się dużym zainteresowaniem – nie tylko branży gazowniczej, ale również organizacji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo publiczne [1].

Obserwując jak w miarę upływu lat kolejne kraje Europy przystępowały do inicjatywy EGIG, można dojść do wniosku, że naturalna potrzeba przyłączenia się do niej krajowych operatorów gazociągów przesyłowych jest tylko kwestią czasu. Korzyści wynikające z przystąpienia Polski do takiej inicjatywy byłyby obopólne; wiedza, którą wniesliby ze sobą operatorzy krajowi rozszerzyłaby bazę danych EGIG, a w zamian otrzymaliby oni nieograniczony dostęp do wiedzy i doświadczenia najważniejszych europejskich operatorów zrzeszonych w EGIG, bowiem uczestnicy tego przedsięwzięcia mają wgląd w bardzo szczegółowe dane

i statystyki o gazociągach oraz zdarzeniach awaryjnych jakie na nich zaistniały.

Z uwagi na obecność Polski w strukturach Unii Europejskiej, rozwiązania europejskie są niewątpliwie bardziej uzasadnione, dlatego przedstawiony w niniejszym artykule sposób gromadzenia i analizy danych w dużej mierze oparty

został na założeniach przyjętych w EGIG. Aby przybliżyć fakt przystąpienia Polski do inicjatywy EGIG, powinno się zwrócić uwagę krajowych operatorów na konieczność gromadzenia wiedzy o awariach gazociągów według jednolitych kryteriów opisu zdarzeń oraz wyboru formatu zapisu danych zgodnego ze standardami europejskimi.

Baza danych EGIG

Definicja

Baza danych EGIG zawiera informacje dotyczące gazociągów oraz zdarzeń awaryjnych (ang. *incident*) na nich zaistniałych, przy czym pod pojęciem „zdarzenia awaryjne” rozumie się wszystkie nieplanowane zdarzenia na gazociągu, które powodują niezamierzony wypływ gazu. Dane te odnoszą się do gazociągów przesyłowych i są gromadzone w bazie od roku 1970.

Cele

Celem bazy danych EGIG jest gromadzenie oraz prezentowanie danych na temat zdarzeń awaryjnych na gazociągach wysokiego ciśnienia, a w konsekwencji – przedstawienie obrazu bezpieczeństwa europejskiego systemu przesyłu gazu oraz dostarczenie obszernej bazy do obliczeń statystycznych.

Kryteria

Aby zdarzenie awaryjne mogło zostać zapisane w bazie danych EGIG, muszą zostać spełnione następujące warunki: musi ono doprowadzić do niezamierzonego wypływu gazu, natomiast gazociąg powinien:

- być wykonany ze stali,
- znajdować się na lądzie,
- jego maksymalne ciśnienie robocze (ang. *Maximum Operating Pressure* – MOP) powinno przekraczać 15 bar.

Zdarzenia awaryjne zaistniałe na armaturze, zasuwach czy tłoczniach nie są rejestrowane w bazie danych.

Zawartość

Baza danych EGIG zawiera ogólne informacje na temat głównych europejskich systemów przesyłu gazu oraz dane charakteryzujące zdarzenia awaryjne zaistniałe na gazociągach. Ogólne informacje o gazociągach są prezentowane w zestawieniach według roku raportowania oraz ze względu na długość gazociągów, a pogrupowane są według następujących kategorii:

- średnica (ang. *diameter class*),
- ciśnienie (ang. *maximum operating pressure*),

- rok budowy (ang. *year of construction*),
 - rodzaj powłoki ochronnej (ang. *type of coating*),
 - grubość przykrycia (ang. *cover class*),
 - klasa materiału (ang. *grade of material*),
 - grubość ścianki (ang. *nominal wall thickness*).
- Dane charakteryzujące zdarzenia awaryjne to:
- charakterystyka gazociągu, na którym doszło do awarii, czyli jego parametry wypunktowane powyżej,
 - wielkość wycieku (ang. *size of leak*):
 - a) mały (mały otwór lub małe pęknięcie) (ang. *pinhole/crack*) – jeżeli przekrój otworu jest mniejszy bądź równy 2 cm,
 - b) średni („zwykły” otwór) (ang. *hole*) – jeżeli przekrój uszkodzenia jest większy niż 2 cm, ale mniejszy bądź równy przekrojowi rury,
 - c) duży (pęknięcie/zerwanie) (ang. *rupture*) – jeżeli przekrój uszkodzenia jest większy od przekroju rury,
 - przyczyny powstania awarii:
 - a) czynniki zewnętrzne (ang. *external interference*),
 - b) korozja (ang. *corrosion*),
 - c) wady konstrukcyjno-materiałowe (ang. *construction defects/material failures*),
 - d) błędnie wykonane odgałęzienie spawane (wersja skrócona: niewłaściwe przyłączenie) (ang. *hot tap made by error*),
 - e) ruchy gruntu (ang. *ground movement*),
 - f) inne znane i nieznanne,
 - zapalenie się gazu (tak/nie),
 - konsekwencje/skutki, straty,
 - informacje o sposobie wykrycia uszkodzenia (ang. *type of detection*), czyli o tym, kto je wykrył (np.: przedsiębiorca budowlany, właściciel gruntu, patrol itp.),
 - dodatkowe informacje.
- W zależności od przyczyny awarii, w bazie danych gromadzi się dodatkowo następujące informacje:
- w przypadku „czynników zewnętrznych”:
 - rodzaj aktywności powodującej awarię, np.: wykopy (ang. *digging*), wbijanie słupów w ziemię (ang. *piling*), roboty ziemne (ang. *ground works*),
 - rodzaj urządzenia powodującego awarię, np.: kotwa

- (ang. *anchor*), spychacz (ang. *bulldozer*), koparka (ang. *excavator*), pług (ang. *plough*),
- stosowany rodzaj zabezpieczeń, np.: obudowa (ang. *causing*), tuleja (ang. *sleeve*),
- w przypadku „korozji”:
 - lokalizacja (wewnętrzna lub zewnętrzna),
 - typ korozji: galwaniczna (ang. *galvanic corrosion*), wżerowa (ang. *pitting corrosion*), naprężeniowa (ang. *stress corrosion cracking – SCC*),
- w przypadku „wad konstrukcyjno-materiałowych”:
 - rodzaj wady (konstrukcyjna bądź materiałowa),
 - specyfikacja wady: wada odlewu (ang. *hard spot*), rozwarstwienie (ang. *lamination*), parametry materiału, spoina montażowa (ang. *field weld*),
 - typ rury: prosta, zgięta w trakcie montażu (ang. *field bend*), fabrycznie zgięta (ang. *factory bend*),
- w przypadku „ruchów gruntu”:
 - rodzaj ruchu gruntu, przerwanie tamy/wału (ang. *dike break*), erozja (ang. *erosion*), powódź (ang. *flood*), uskok/osuwisko (ang. *landslide*), szkody górnicze (ang. *mining*), rzeka, nieznanne,

- w przypadku „innych znanych i nieznanach”:
 - w tej grupie określa się dodatkowe kategorie przyczyn, np.: błąd projektowy (ang. *design error*), uderzenie pioruna (ang. *lightning*), zła konserwacja (ang. *maintenance*).

Ograniczenia

Baza danych EGIG daje uśredniony obraz poziomu bezpieczeństwa systemów przesyłu gazu działających na terenie Europy, ukazując informacje na temat rozkładu zdarzeń awaryjnych w zależności od parametrów konstrukcyjnych – takich jak średnica, ciśnienie czy grubość ścianki – jednak nie oferuje możliwości dokonywania analiz skorelowanych. Innymi słowy, z zestawień zaproponowanych przez EGIG można dowiedzieć się, jaka jest częstotliwość zdarzeń na gazociągach o średnicy 42 cale lub jaka jest częstotliwość zdarzeń na gazociągach, których grubość ścianki wynosi 15 mm, jednak nie można uzyskać informacji o częstotliwości występowania awarii na gazociągach o średnicy 42 cale i grubości ścianki 15 mm.

Analizy i zestawienia zaproponowane przez EGIG

Celem analizy statystycznej jest interpretacja informacji zawartych w bazie danych oraz wyciągnięcie na ich podstawie odpowiednich wniosków. Analizy statystyczne związane z poziomem bezpieczeństwa systemów przesyłu gazu oparte są na wskaźnikach, takich jak: częstotliwość występowania awarii (ang. *failure frequency*) oraz prawdopodobieństwo zapłonu gazu (ang. *ignition probability*).

Definicje

Częstotliwość występowania awarii – oblicza się ją jako iloraz liczby zdarzeń (ang. *number of incidents*) i ekspozycji (ang. *exposure*). Raport EGIG prezentuje dwa rodzaje częstotliwości awarii: pierwotną (ang. *primary failure frequencies*) i wtórną (ang. *secondary failure frequencies*). Wskaźniki te odnoszą się odpowiednio do pojęć całkowitej (ang. *total system exposure*) i częściowej ekspozycji (ang. *partial system exposure*). Zostały one zdefiniowane w dalszej części artykułu.

Ekspozycja – jest to wielkość obrazująca potencjalne narażenie gazociągu na zagrożenia awaryjne w okresie jego zarejestrowania w bazie danych. Oblicza się ją jako iloczyn długości gazociągu (suma długości odcinków, wyrażona w kilometrach) i okresu zarejestrowania gazociągu w bazie (wyrażonego w latach) – sumując ten iloczyn dla każdego

roku uwzględnianego w analizie. Przykładowo, w bazie danych przez 5 lat znajdowała się stała długość 1000 km gazociągów przesyłowych firmy A. Jej ekspozycja wyniesie zatem 5×1000 km, czyli 5000 km/rok. Ekspozycja rośnie z upływem lat tym szybciej, im większa jest ekspansja sieci gazociągów (do bazy dodawane są nowe odcinki).

$$E = \sum_{t=t_p}^{t_k} l_i(t_k - t + 1)$$

gdzie:

E – ekspozycja,

t_p – początkowy rok analizy danych,

t_k – końcowy rok analizy danych,

l_i – długość gazociągów (suma długości) zgromadzonych w bazie w danym roku.

Całkowita ekspozycja, zdefiniowana jak powyżej, obliczana jest ze wszystkich danych dostępnych w bazie (bez ich dodatkowego podziału na kategorie).

Częściowe ekspozycje – obliczane są z podziałem ze względu na parametry konstrukcyjne, takie jak np. średnica gazociągu lub grubość jego przykrycia.

Całkowita długość sieci przesyłowej – jest to suma długości wszystkich gazociągów istniejących w bazie danych.

Pięcioletnia średnia ruchoma (ang. *5 year moving average*) – pojęcie to zostało wprowadzone w celu przedstawienia obrazu bezpieczeństwa (ang. *safety performance*) z ostatnich lat. Oznacza to, że w obliczeniach brana jest pod uwagę średnia z ostatnich pięciu lat w stosunku do roku, w którym analiza jest wykonywana.

Pierwotna częstotliwość występowania awarii – obliczana jako iloraz liczby zdarzeń odnotowanych w systemie w danym okresie i całkowitej ekspozycji sieci, odpowiadającej temu okresowi. EGIG porównuje pierwotne częstotliwości zdarzeń z różnych okresów:

- z całego okresu uwzględnionego w raporcie 1970–2007,
- z okresu zawartego w szóstym raporcie EGIG (1970–2004),
- z pięciu lat wstecz (2003–2007),
- z ostatniego roku analizy (2007).

Dane te zestawiono w tablicy 1.

W raporcie EGIG użyto również dwóch pojęć statystycznych: „przedział ufności” (ang. *confidence interval*) oraz „analiza starzenia” (ang. *ageing analysis*).

Zestawienia

1. Analiza informacji zawartych w bazie EGIG na temat tendencji, jakie zachodzą w europejskim systemie przesyłu gazu (zmiany ekspozycji, główne parametry konstrukcyjne):

- całkowita długość sieci przesyłowej:
 - całkowita długość gazociągów w bazie danych EGIG,
 - całkowita długość z rozbiem na średnicę,
 - całkowita długość z rozbiem na rok budowy,
 - całkowita długość z rozbiem na rodzaj powłoki ochronnej,
 - całkowita długość z rozbiem na grubość przykrycia,
 - całkowita długość z rozbiem na grubość ścianki,
 - całkowita długość z rozbiem na klasę materiału,
 - całkowita długość z rozbiem na maksymalne ciśnienie robocze,

• całkowita ekspozycja sieci przesyłowej.

2. Analiza częstotliwości zaistniałych na gazociągach zdarzeń awaryjnych:

- liczba zdarzeń awaryjnych,
- skumulowana liczba zdarzeń awaryjnych,
- pierwotna częstotliwości zdarzeń awaryjnych:
 - rozkład pierwotnej częstotliwości awarii w kolejnych latach analizy,
 - pierwotna częstotliwość zdarzeń awaryjnych i przedział ufności dla 95%,
 - udział procentowy zdarzeń w zależności od przyczyny awarii,
 - podział zdarzeń ze względu na przyczynę,
 - pierwotna częstotliwość zdarzeń awaryjnych według przyczyn występowania, względem kolejnych lat analizy,
 - pierwotna częstotliwość zdarzeń awaryjnych według przyczyn występowania, względem pięcioletniej średniej ruchomej,
 - związek między przyczyną awarii a wielkością wycieku,
 - udział procentowy rodzajów aktywności powodujących awarie, zakwalifikowanych do czynników zewnętrznych,
- wtórna częstotliwości zdarzeń awaryjnych:
 - związek pomiędzy czynnikami zewnętrznymi, wielkością wycieku i wybranym parametrem konstrukcyjnym,
 - związek pomiędzy korozją, wielkością wycieku i wybranym parametrem konstrukcyjnym,
 - związek pomiędzy wadami konstrukcyjno-materiałowymi, wielkością wycieku i rokiem budowy,
 - związek pomiędzy niewłaściwymi przyłączeniami, wielkością wycieku i średnicą gazociągu,
 - związek pomiędzy ruchami gruntu, wielkością wycieku i średnicą gazociągu,
 - podział przyczyny awarii „ruchy gruntu” na podkategorie.

3. Inne analizy:

- analiza starzenia,
- wykrywanie zdarzeń awaryjnych,
- prawdopodobieństwo zapłonu, w zależności od:
 - rodzaju wycieku,
 - wielkości wycieku.

Tablica 1. Częstotliwość występowania awarii w wybranych przedziałach czasowych

Czas ekspozycji		Liczba awarii	Całkowita ekspozycja [km/rok]	Pierwotna częstotliwość awarii [1000 km · lat]
1970–2007	Cały okres	1172	$3,15 \times 10^6$	0,37
1970–2004	Okres 6 raportu EGIG	1123	$2,77 \times 10^6$	0,40
2003–2007	Ostatnie 5 lat	88	$0,62 \times 10^6$	0,14
2007	Ostatni rok	14	$0,13 \times 10^6$	0,11

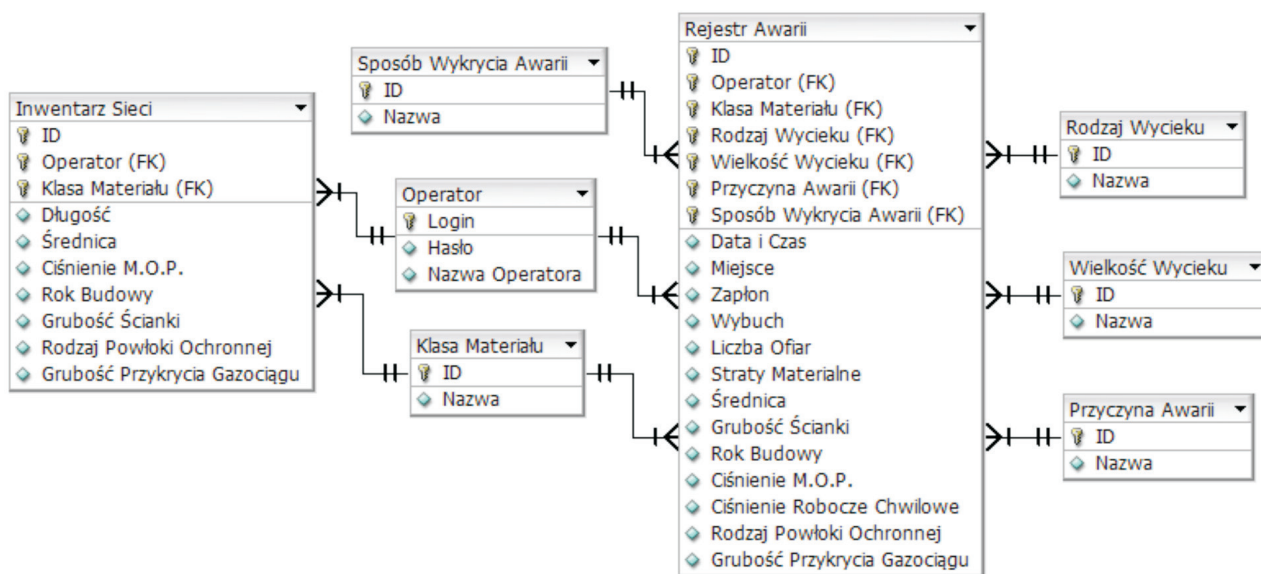
Wnioski z 7 raportu EGIG

1. EGIG utrzymuje i rozwija bazę danych o awariach na gazociągach europejskich. Każdego roku firmy transportowe (obecnie z 15 krajów Europy) zbierają dane o zdarzeniach awaryjnych zaistniałych na niespełna 130 000 kilometrach gazociągów wysokiego ciśnienia. Całkowita ekspozycja, wyrażana jako suma długości wszystkich gazociągów w całym okresie trwania analizy (zbierania informacji), wynosi 3,15 mln kilometro-lat.
2. Statystyki dotyczące informacji o zdarzeniach awaryjnych zebranych w bazie danych dają wiarygodny obraz częstotliwości występowania awarii. Całkowita częstotliwość zdarzeń w latach 1970–2007 jest równa 0,37 awarii na rok i na 1000 km.
3. Średnia częstotliwość zdarzeń w ostatnich pięciu latach trwania analizy wyniosła 0,14 awarii na rok i na 1000 km, co stanowi wynik prawie 6 razy niższy niż w tym samym raporcie utworzonym z pierwszych lat gromadzenia danych (1970–1974).
4. Częstotliwość występowania awarii ulegała redukcji w całym okresie trwania analizy/gromadzenia danych, choć w ostatnich latach wskaźnik redukcji był coraz mniejszy.
5. Główną przyczyną zdarzeń awaryjnych są czynniki zewnętrzne (50% wszystkich zdarzeń), następnie wady konstrukcyjno-materiałowe (16%) oraz korozja (15%). W ciągu ostatnich pięciu lat 48% wszystkich zdarzeń było spowodowanych przez czynniki zewnętrzne – stosunkowo wysoki udział tych czynników podkreśla ich znaczenie dla operatorów gazociągów oraz władz.
6. Zdarzenia spowodowane przez czynniki zewnętrzne charakteryzują się poważnymi konsekwencjami (duże i średnie wielkości wycieku).
7. Starzejące się gazociągi wykazują wyższą częstotliwość zdarzeń spowodowanych korozją we wczesnych latach eksploatacji – w porównaniu do gazociągów wybudowanych stosunkowo niedawno. W ostatnich latach, z powodu poprawy stanu utrzymania i konserwacji gazociągów, ich wiek nie wpływa już w takim stopniu na występowanie zdarzeń spowodowanych korozją.

Komputerowa realizacja systemu

Zakład Informatyki Instytutu Nafty i Gazu przygotował narzędzie operatorskie, w formie aplikacji internetowej, gotowe do pracy na zdalnym serwerze i dostępne dla użytkowników przez przeglądarkę WWW. Aplikacja ta wyposażona jest w relacyjną bazę danych, o strukturze zgodnej ze standardami EGIG (rysunek 1), oraz intu-

icyjny interfejs użytkownika. System składa się z dwóch głównych modułów funkcjonalnych: modułu gromadzenia oraz modułu analizy danych, które dzielą się na mniejsze jednostki (tablica 2). Moduł gromadzenia danych służy do wprowadzania i edycji informacji o gazociągach oraz o zdarzeniach awaryjnych, natomiast zadaniem modułu analizy



Rys. 1. Model bazy danych systemu komputerowego przeznaczonego do gromadzenia i analizy danych o awariach na gazociągach przesyłowych

Tablica 2. Podział funkcjonalności aplikacji przeznaczonej do gromadzenia i analizy danych o awariach na gazociągach przesyłowych

Moduł gromadzenia danych	Moduł analizy danych
Inwentarz sieci gazowej	Analiza danych inwentarza
Rejestr zdarzeń na sieci gazowej	Analiza danych z rejestru zdarzeń

danych jest tworzenie tabel przestawnych i wykresów ze zgromadzonych danych o sieci gazociągów przesyłowych oraz o zdarzeniach awaryjnych, jakie na niej zaistniały.

Głównym założeniem projektu jest centralizacja danych oraz swobodny, zdalny dostęp do aplikacji. System uruchomiony jest w jednym egzemplarzu, na dedykowanym serwerze, dzięki czemu dostęp do niego może nastąpić w dowolnym czasie, przez całą dobę. Wyjątkiem od tej reguły są przerwy administracyjne w celu konserwacji

sprzętu, oprogramowania oraz samej aplikacji. Podejście takie ma kilka zalet. Przede wszystkim dostęp do aplikacji można uzyskać z dowolnego miejsca, dysponując jedynie stanowiskiem komputerowym oraz łączem internetowym. Obsługa techniczna aplikacji odbywa się w jednym miejscu i na jednym

egzemplarzu systemu. Istnieje również możliwość zdalnego zarządzania aplikacją, używając protokołu SFTP. Scentralizowanie danych sprawia, iż można nimi zarządzać w sposób niezwykle prosty – pracując bezpośrednio na serwerze lub zdalnie. Centralizacja danych ma duży wpływ na ich bezpieczeństwo i spójność – trudno bowiem wyobrazić sobie stworzenie spójnej kopii zapasowej, jeśli fragmenty danych znajdowałyby się na wielu stacjach komputerowych różnych operatorów.

Podsumowanie

Postępująca liberalizacja rynku przesyłu gazu oraz efektywna współpraca między operatorami w Europie, jak również wspólna polityka Unii Europejskiej sprawiają, że kładziony jest coraz większy nacisk na kwestię bezpieczeństwa przesyłu gazu – także w Polsce. Niewątpliwie częścią polityki bezpieczeństwa jest gromadzenie danych o zdarzeniach awaryjnych na sieciach gazowych. W krajach zachodnich Europy takie praktyki stosowane są od wielu lat, zatem należy się spodziewać, że wkrótce także krajowi operatorzy staną przed koniecznością podjęcia konkretnych, sformalizowanych działań w kwestii bezpieczeństwa przesyłu i dystrybucji gazu. Prezentowany system informatyczny wychodzi naprzeciw temu zagadnieniu – oferując gotowe narzędzie przeznaczone do gromadzenia i analizy danych o awariach na sieci gazowej.

Głównym celem niniejszej pracy jest zwrócenie uwagi krajowych operatorów sieci gazowych na konieczność gromadzenia danych o awariach gazociągów w sposób zgodny z normami europejskimi oraz dostarczenie im gotowego narzędzia przeznaczonego do tego celu. Zaprezentowana aplikacja ma charakter studialny – jest to prototyp demonstrujący możliwości, jakie niesie ze sobą zastosowanie narzędzi informatycznych w gromadzeniu i analizie danych o awariach gazociągów. Przed wdrożeniem u konkretnego odbiorcy system ten powinien zostać dostosowany w szczególności; jeśli tylko wystąpi taka konieczność, może on być łatwo rozbudowany o nowe funkcjonalności. Jeśli w ramach współpracy z operatorami sieci gazowych uda się zgromadzić taką wiedzę, będzie można podjąć próbę włączenia jej do struktur EGIG, a tym samym przystąpić do tej inicjatywy.

Artykuł nadesłano do Redakcji 7.10.2010 r. Przyjęto do druku 9.11.2010 r.

Recenzent: prof. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] Dietrich A.: *Problem gromadzenia i analizy danych o awariach na gazociągach wysokiego ciśnienia a System Zarządzania Ryzykiem*. Nafta-Gaz nr 5, 2001.
- [2] EGIG 7th Report: *Gas Pipeline Incidents Data Group*, December 2008.
- [3] National Transportation Safety Board: *Safety Report. Transportation Safety Databases*, September 2002.
- [4] Polska Norma PN-EN 15494: *Systemy dostawy gazu. Rurociągi o maksymalnym ciśnieniu roboczym powyżej 16 bar. Wymagania funkcjonalne*, 2006.
- [5] Trachtenberg A., Skalar D.: *PHP Receptury*. Wydawnictwo Helion, 2007.
- [6] Vieth P.H., Kiefner J.F. et al.: *Final Report on Analysis of DOT Reportable Incidents for Gas Transmission and Gathering Pi-*

pelines. January 1, 1985 through December 31, 1994. Kiefner & Associates, Inc. 1996.

- [7] Welling L., Thomson L.: *PHP and MySQL. Tworzenie stron WWW*. Wydawnictwo Helion, 2005.



Mgr inż. Jakub BADOWSKI – pracownik Zakładu Informatyki Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie, absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej Wydziału Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, kierunku Informatyka Stosowana. Zajmuje się tworzeniem oprogramowania komputerowego wykorzystującego technologie oparte o internet. Entuzjasta wolnego oprogramowania.