



Michał Jaros, Krzysztof Majer, Paweł Pietrzykowski

Rola baz danych w opracowaniach geologiczno-inżynierskich

The role of data bases in engineering-geological studies

Streszczenie: Powszechna komputeryzacja umożliwia stworzenie informatycznych baz danych geologicznych i zebranie w nich wszelkich informacji o otworach wiertniczych do tej pory złożonych w archiwach w postaci papierowej. Istnienie takich baz daje możliwość między innymi szybkiej oceny warunków gruntowo-wodnych, kategoryzowania rodzajów gruntów podłoża czy też wykonania analiz geostatystycznych. Ponadto w powiązaniu z różnymi technologiami GIS pozwala na wizualizację gromadzonych przez dziesięciolecia wiadomości w postaci rozmaitych map zarówno monotematycznych, jak i zebranych w atlasach. W artykule przedstawiono sposób wykorzystania informatycznych baz danych otworów geologicznych.

Słowa kluczowe: baza danych geologicznych, GIS

Abstract: Common computerization allows building digital engineering-geological data bases and storing in their structure any borehole data which until now have been collected in the archives in a paper form. Those data bases create the opportunity of inter alia: quick ground-water conditions' assessment, categorization of soil types or conducting soils' valorization analyses. Moreover, connected to a proper GIS software, the data bases allow visualization of the information that have been collected for several decades in the form of different maps, mono-thematic or collected into atlases as well. The article presents the usage of digital engineering-geological borehole data bases.

Key words: engineering-geological data base, GIS

Wstęp

W geologii istotnym elementem pozyskania wiedzy o podłożu gruntowym są wiercenia badawcze: hydrogeologiczne, złożowe, geologiczno-inżynierskie. Informacje

Michał Jaros, Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, e-mail: michal.jaros@pgi.gov.pl

Krzysztof Majer, Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, e-mail: krzysztof.majer@pgi.gov.pl

Paweł Pietrzykowski, Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, e-mail: ppie@pgi.gov.pl

zdobyte z otworów umieszczano się w formie dokumentacji papierowej na kartach otworów we wszelkiego rodzaju ekspertyzach i dokumentacjach. Mapy wykonywane na podkładzie papierowym nie zezwalały na wprowadzanie poprawek lub zmian wynikających z dopływu nowych danych. Mapy takie szybko się dezaktualizowały i traciły przydatność jako źródła wiarygodnych informacji.

Dopiero rozwój komputeryzacji umożliwił zebranie wszystkich „danych otworowych” w informatycznych bazach danych. Mogą być w nich gromadzone informacje nie tylko geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne, ale również dane o infrastrukturze, środowisku, użytkowaniu terenu, stosunkach własnościowych, warunkach budowlanych itp.

Z doświadczeń wynika, że tworzenie baz danych zawierających informacje geologiczne jest niezbędne (Doktor i in., 1996; Bażyński, Frankowski, 1998; Instrukcja sporządzania atlasów..., 2000). Dostęp do informacji umieszczonych w bazach danych jest niewątpliwie łatwiejszy i prostszy od żmudnego przeszukiwania archiwów i dokumentacji. Tym bardziej że komputeryzacja ma charakter globalny i powszechny. Ponadto informatyczna baza danych ma dodatkową, niezaprzeczną i ważną zaletę. Można ją aktualizować i weryfikować czy to poprzez zmianę danych (np.: poziom zwierciadła wody, stratygrafii, stosunki własnościowe), czy poprzez dodanie nowych danych.

Przydatność baz danych geologiczno-inżynierskich

Geologiczno-inżynierskie bazy danych otworów można efektywnie wykorzystać jako dane podstawowe bądź uzupełniające na przykład przy ustalaniu geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych. Informacje z baz danych są używane na etapie projektowania prac geologicznych czy też w opracowaniach studialnych do projektów budowlanych. Szczególnie istotne są w przypadku wyboru wariantów przebiegu dróg czy planów zagospodarowania przestrzennego lub oceny warunków budowlanych.

Przy dużym zurbanizowaniu i gęstej infrastrukturze ocena warunków budowlanych to jeden z głównych elementów projektowania rozbudowy obszarów miejskich (Bażyński, Frankowski, 1998; Instrukcja sporządzania mapy..., 1999). Wraz z racjonalnym i prawidłowym planowaniem przestrzennym ułatwia to wybór optymalnych wariantów lokalizacji wszelkich obiektów budowlanych z uwzględnieniem ochrony środowiska i ogólnego charakteru zagospodarowania terenu. Łatwy i szybki dostęp do archiwalnych informacji zebranych w bazach danych daje możliwość kompleksowego ich opracowania w postaci geologiczno-inżynierskich map tematycznych, pozwalając na prawidłową ocenę warunków geologiczno-inżynierskich.

Możliwości wykorzystania różnorodnych metod przetwarzania i aktualizacji informacji zebranych w bazach danych otworów geologicznych w zależności od potrzeb i wymaganej dokładności przedstawiono podczas opracowywania metodyki oceny warunków geologiczno-inżynierskich z uwzględnieniem problemów ochrony środowiska według zasad Systemu Informacji Geograficznej (GIS) (Instrukcja

sporządzania atlasów..., 2000). Wskazano na możliwości i rolę baz danych w tworzeniu opracowań geologiczno-inżynierskich opartych na informacjach bazodanych. Na podstawie takich baz możliwe jest przedstawienie nie tylko obrazu warunków geologiczno-inżynierskich, rodzaju infrastruktury, sposobu użytkowania terenu czy stosunków własnościowych, ale i metod pokazania wyników analiz ilościowo-jakościowych, współzależności czynników geologicznych i wskazania różnego rodzaju konfliktów, co pozwoli na wydzielenie obszarów o optymalnych parametrach dla określonych zadań inwestorskich (Frankowski i in., 2000; Dubaj-Nawrot i in., 2005).

Bazy danych otworowych mogą być różnej wielkości i w zależności od potrzeb zawierać różną liczbę danych. Przykładem dużej bazy danych przechowującej informacje z dziedziny geologii jest Centralna Baza Danych Geologicznych (CBDG). Obejmuje ona obszar całej Polski i zawiera między innymi informacje katalogowe o archiwalnych opracowaniach geologicznych, mapach cyfrowych i drukowanych, zdjęciach lotniczych, satelitarnych, radarowych, katalogi złóż Polski, dane karotażowe otworów wiertniczych czy dane grawimetryczne. W podsystemie „otwory” znajdują się dane o ponad 120 000 otworów wiertniczych (lub grupach otworów), jednak tylko nieznaczna część ma podane w bazie szczegółowe profile litologiczne, a więc informacje o budowie geologicznej.

Drugą co do wielkości bazą obejmującą obszar całej Polski jest Centralna Baza Danych Hydrogeologicznych (CBDH) (Skrzypczyk, 1997). Baza ta gromadzi ogromną liczbę informacji hydrogeologicznych. Dysponuje danymi dokumentacyjnymi o odwiertach, ujęciach i źródłach wód podziemnych zwykłych (pitnych), mineralnych i termalnych Polski. Zakres zgromadzonych danych zawiera informacje podstawowe o lokalizacji obiektu hydrogeologicznego, dane pomiarowe i obliczeniowe, dane fizyko-chemiczne próbek wód podziemnych.

Obydwie wyżej wymienione bazy mają charakter ogólny. CBDG zawiera głównie informacje o lokalizacji oraz ewentualnie o wykonawcach czy inwestorach otworów wiertniczych. W przypadku CBDH przechowane są jedynie podstawowe dane wiertnicze i litostratygraficzne, a dane o budowie geologicznej były wpisywane z punktu widzenia hydrogeologicznego, czyli bez informacji interesujących geologa inżynierskiego.

Często przedsiębiorstwa i firmy geologiczne tworzą mniejsze lub większe bazy otworów geologicznych na potrzeby własnych opracowań. Opracowania te mogą mieć charakter regionalny lub lokalny i dotyczyć zarówno obiektów liniowych (autostrady, drogi, obwałowania), powierzchniowych (lotniska, hale, parkingi), jak i punktowych (budynki, wiatraki, słupy antenowe).

Trzeba zaznaczyć, że w bazie danych geologiczno-inżynierskich powinny być gromadzone nie tylko informacje z archiwalnych kart otworów, takie jak rodzaj gruntu, jego geneza i właściwości, ale i dane o konstrukcji otworu wiertniczego oraz wyniki sondowań dynamicznych i statycznych specjalnie wykonanych na potrzeby opracowań (Instrukcja sporządzania mapy..., 1999; Instrukcja sporządzania atlasów..., 2000).

Budowa baz danych geologiczno-inżynierskich i przetwarzanie zebranych informacji

Wydaje się, że w zależności od celów, dla jakich jest przeznaczona baza danych, powinien być wybrany odpowiedni rodzaj wprowadzanych informacji. Może to być opłacalne ekonomicznie ze względów zarówno czasowych, jak i finansowych. Korzystniejsze jest jednak wprowadzanie wszystkich dostępnych danych związanych z otworem wierniczym, i to w przypadku tworzenia każdej bazy danych. Może być ona wtedy wykorzystana w różnych celach. Opierając się na „bogatej” w informacje bazie danych geologiczno-inżynierskich w zależności od warunków przyrodniczych rejonu, można dobrać dane tak, żeby umożliwić jak najszersze, a przy tym dokładne przedstawienie różnych zagadnień dla opracowywanego terenu.

Największym problemem z wykorzystaniem archiwalnych kart otworów przy tworzeniu baz danych jest weryfikacja, porównanie i korelacja informacji uzyskanych o podłożu podczas wierceń z różnych okresów. Archiwalne otwory z danego rejonu często były wykonywane w szerokim przedziale czasowym, a co za tym idzie – różny mógł być sposób i dokładność opisywania gruntów w zależności od obowiązujących w danym okresie norm. Niewystarczająca jest jedynie litologia, gdyż może to doprowadzić do błędnych wniosków i niepoprawnych wyników analiz, ponieważ grunty o tej samej litologii, lecz różnej genezie lub wieku mogą posiadać różne właściwości.

Rozwiązaniem może być w takiej sytuacji łączenie w grupy wydzielonych podczas wiercenia gruntów z różnych otworów, a posiadających podobne parametry. Na przykład w atlasach geologiczno-inżynierskich wykonanych dla Warszawy i aglomeracji katowickiej, przy wykorzystaniu dostępnych map i przekrojów geologicznych i przede wszystkim uwzględniając litologię, genezę, wiek oraz stan gruntu, wydzielono serie geologiczno-inżynierskie (Frankowski i in., 2000; Dubaj-Nawrot i in., 2005). Przypisanie gruntom w profilu otworu umieszczonego w bazie danych kolejnej cechy w postaci numeru serii umożliwiło prostą korelację danych uzyskanych z różnych otworów.

Ważne jest określenie kryteriów, według których łączymy grunty w zespoły. Zastosowany w powyższym przypadku podział na serie, a opierający się na zespołach litologicznych, genezie, stratygrafii i makroskopowej ocenie stanu gruntu wydaje się przydatny do wykonywania map. Jednak w zależności od potrzeb i rodzaju opracowania, a także od rejonu dokumentowania może być nie wystarczający. Dla poszczególnych warstw gruntów kryteria integrowania w grupy należy być może rozszerzyć o wyniki badań geologiczno-inżynierskich, takich jak na przykład sondowania DMT, presjometyczne, CPTU, BAT. Kąt tarcia wewnętrznego, spójność, moduł ścisłości, współczynnik filtracji i inne parametry pozwalają na lepszą charakterystykę gruntów przy ich grupowaniu, co w konsekwencji da możliwość łatwiejszego korelowania danych otworowych. Dobór kryteriów i parametrów przy łączeniu gruntów w serie, warstwy wymaga dalszych badań. Jest to problem otwarty i wydaje się, że powinien być poddany dyskusji.

Na podstawie dużej liczby informacji zawartych w bazach danych łatwiej niż kiedyś można określić nie tylko proste zależności, ale i przeprowadzić mniej lub bardziej skomplikowaną analizę statystyczno-przestrzenną. Wydaje się, że geostatystyka ma coraz większe znaczenie w analizach geośrodowiskowych, geologiczno-inżynierskich lub w projektowaniu i ocenach oddziaływania obiektu na podłoże.

Na mapach za pomocą metod geostatystycznych bez trudu można wizualizować wyniki analiz, np. w postaci wykresów rozkładów statystycznych, histogramów i blokdigramów, a następnie skorelować je. Między innymi można przedstawić koncentrację najmniejszych, średnich lub największych interesujących nas wartości w badanym terenie, wytypować obszar posiadający cechy z odpowiedniego przedziału wartości czy o określonej liczebności lub rozkładzie.

Bogata baza danych może pozwolić na stworzenie mapy miąższości danej warstwy, np.: piasków, torfów, ilów, glin lub warstwy słabo przepuszczalnej itp. Niezwykle ważna z punktu widzenia inwestycji może być informacja dotycząca ilości gruntu przeznaczonego do wymiany czy do eksploatacji. Pobierając dane z informatycznej bazy otworów, za pomocą programów GIS można szybko określić np.: kurbaturę nasypów niebudowlanych (hałdy górnicze, składowiska odpadów itp.), gruntów słabych (nienośnych) czy złóż (np. piasków lub ilów).

Jeżeli w bazie danych dostępne są informacje o elementach mogących zmieniać się w czasie, takie jak: osiadanie, poziom zwierciadła wody lub stężenie wybranego jonu czy pH, to możemy je przedstawić wraz z prognozą zmian w przyszłości.

Bazy danych otworów geologicznych wykorzystano przy tworzeniu atlasów geologiczno-inżynierskich Warszawy i aglomeracji katowickiej, w ramach których sporządzono przekroje geologiczno-inżynierskie i wiele różnotematycznych map (Frankowski i in., 2000; Dubaj-Nawrot i in., 2005). Duża ilość informacji zawarta w utworzonych na potrzeby atlasów bazach pozwoliła na ich szeroką analizę i syntezę w postaci tematycznych map cyfrowych za pomocą narzędzi GIS.

Jednym z przykładów takiej analizy są mapy gruntów na określonych głębokościach od powierzchni terenu. Rozbudowana baza danych pozwoliła na automatyczną ekstrapolację stwierdzonych utworów na wybranej głębokości. Dzięki temu stworzono dokładne mapy teoretycznego zasięgu od otworu serii geologiczno-inżynierskich, powstały swego rodzaju głębokościowe, „odkryte” mapy geologiczne.

Innym przykładem są wykonane na podstawie bazy danych mapy stropu (zarówno głębokości od powierzchni terenu, jak i wysokości nad poziomem morza) m.in. utworów triasu, karbonu, pliocenu czy poziomu zwierciadła wód gruntowych.

Mapa warunków budowlanych to także przykład analitycznego wykorzystania bazy danych. Poprzez syntezę danych przedstawiają one czynniki geologiczne, hydrogeologiczne, geodynamiczne i geomorfologiczne kształtujące warunki budowlane w podłożu. Warstwę przydatności terenów dla celów budowlanych uzyskuje się poprzez połączenie na poszczególnych obszarach serii geologiczno-inżynierskich charakteryzujących się zbliżonymi parametrami i nośnością w powiązaniu na przykład z danymi o położeniu zwierciadła wody, występowaniu pustek po eksploatacji kopalni i innych.

Na zlecenie Ministerstwa Środowiska realizowane są następne atlasy geologiczno-inżynierskie aglomeracji miejskich: Krakowa, Poznania, Rybnika, Trójmiasta, Wrocławia. Powstają kolejne „duże” bazy danych geologiczno-inżynierskich przydatne do opracowania różnych analiz zleczonych przez władze administracyjne.

Podsumowanie

Otwartym zagadnieniem przy budowie bazy danych otworów geologicznych pozostaje dobór kryteriów do łączenia gruntów w grupy, aby porównanie i korelacja informacji uzyskanych o podłożu podczas wiercenia była szybka, prosta i prawidłowa. Wydaje się, że podstawą powinno być oparcie się na zespołach litologicznych, genezie i stratygrafii wraz z makroskopową oceną stanu gruntu. Jednak należy zastanowić się, czy podczas tworzenia bazy danych nie poszerzyć oceny gruntów przy ich zespaleniu w grupy o dodatkowe parametry.

Dane z bazy otworów geologicznych poza tworzeniem map cyfrowych można wykorzystać jako dane podstawowe bądź obok odwiertów wykonanych na potrzeby inwestycji jako uzupełniające na przykład przy ustalaniu geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych.

Prace nad tworzeniem baz danych otworów wiertniczych i wykonanie na ich podstawie różnych opracowań można podsumować następująco:

- bazy danych otworów geologicznych dają łatwy i szybki dostęp do informacji o podłożu gruntowym;
- cyfrowe mapy oparte na aktualnych bazach danych tak jak i one same mogą być aktualizowane na bieżąco wraz z dopływem nowych informacji o otworze (np.: poziom zwierciadła wody);
- dane z informatycznej bazy danych oraz wykonane na ich podstawie cyfrowe mapy po odpowiedniej selekcji mogą być udostępniane poprzez Internet bądź nośniki cyfrowe; ponadto cyfrowe redagowanie aktualizowanych map zezwala na szybki wydruk dowolnej konfiguracji map, przy czym pomniejszenie skali od nominalnej do żądanej nie stanowi żadnego problemu i może być bardzo szybko wykonane;
- oparta na bazie danych i opracowana przy zastosowaniu geostatystyki i bogatych technik GIS ocena warunków inwestycyjnych obszarów miejskich umożliwia w szybki sposób znalezienie odpowiedzi na różne pytania tematyczne i wskazanie optymalnego terenu ze względu na zadane parametry niezbędne dla inwestycji;
- zarchiwizowane w bazach danych materiały geologiczne poszerzone o wiadomości dotyczące ochrony środowiska i infrastruktury pozwalają na analizowanie różnorodnych informacji przestrzenno-opisowych i ich wizualizację na cyfrowych mapach tematycznych zebranych na przykład w postaci cyfrowych atlasów geologiczno-inżynierskich.

Literatura

- Bażyński J., Frankowski Z., 1998. Współczesne problemy kartografii geologiczno-inżynierskiej dla potrzeb zagospodarowania przestrzennego. Materiały konferencyjne: „Współczesne problemy geologii inżynierskiej w Polsce”, Poznań.
- Doktór S., Graniczny M., Mikołajczyk M., 1996. Kartograficzne bazy danych w formacie GIS. Przegląd Geologiczny 7.
- Dubaj-Nawrot J. i in., 2005. Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji katowickiej. Arch. KPG, Katowice.
- Frankowski Z., Wysokiński L. i in., 2000. Atlas geologiczno-inżynierski Warszawy w skali 1:10 000. Arch. PIG, Warszawa.
- Instrukcja sporządzania atlasów geologiczno-inżynierskich dla miast techniką cyfrową, 2000. Arch. PIG, Warszawa.
- Instrukcja sporządzania mapy warunków geologiczno-inżynierskich w skali 1:10 000 i większych dla potrzeb planowania przestrzennego w gminach. 1999. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Skrzypczyk L., 1997. Zastosowanie banków danych hydrogeologicznych jako źródła informacji wyjściowej na potrzeby opracowań kartograficznych i dokumentacyjnych. Przegląd Geologiczny 9.

