

Dorota Pawluś\*, Piotr Witakowski\*

## GEOTECHNICZNE LABORATORIUM WIRTUALNE JAKO INFORMATYCZNY SYSTEM ZARZĄDZANIA BADANIAMI GEOINŻYNIERYJNYMI\*\*

---

### 1. Wstęp

Funkcjonowanie ośrodków badawczych wiąże się z zarządzaniem dużą ilością danych dotyczących między innymi prowadzonych badań, posiadanych urządzeń i innych. Ze względu na to, że ilość tych danych ciągle wzrasta często wymaga to wykorzystania najnowszych rozwiązań z dziedziny informatyki i telekomunikacji. Jednym z nich są laboratoria wirtualne. Ponieważ określenie to jest stosowane do systemów różnych typów, poniżej przytoczono definicje laboratorium wirtualnego, którą przyjęto w tej publikacji:

*Wirtualne laboratorium jest heterogenicznym, rozproszonym środowiskiem, które umożliwia grupie naukowców znajdujących się w różnych miejscach na świecie wspólną pracę nad wspólną grupą projektów [1–3].*

Laboratoria wirtualne dają nowe możliwości prowadzenia badań oraz współpracy naukowców i ośrodków naukowych. Pozwalają one na korzystanie z unikatowej i drogiej aparatury jednostkom badawczym, które jej nie posiadają, dają możliwość współpracy naukowców pochodzących z różnych odległych miejsc, pozwalają efektywniej wykorzystywać posiadane urządzenia, ułatwiają i przyspieszają proces kształcenia, umożliwiają dostęp do biblioteki pomiarów i publikacji itd. Na podkreślenie zasługuje fakt, że dzięki włączeniu wirtualnych laboratoriów do internetu powyższe działania są dostępne dla ich użytkowników niezależnie od czasu i przestrzeni.

W Katedrze Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki AGH podjęto prace nad utworzeniem systemu wspomagającego proces zarządzania badaniami w geoinżynierii, który umożliwi pracownikom naukowym, niezależnie od czasu i miejsca

---

\* Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

\*\* Artykuł został napisany w oparciu o badania w ramach prac statutowych AGH na 2010 rok nr 11.11.100.197

ich przebywania, wspólną pracą nad projektami badawczymi i usprawni proces edukacyjny. Efektem tych prac jest utworzenie Geotechnicznego Laboratorium Wirtualnego (GLW) dającego za pośrednictwem internetu fizyczny dostęp do zasobów aparaturowych, oprogramowania obliczeniowego, bazy danych [4, 5]. Geotechniczne Laboratorium Wirtualne umożliwia:

- planowanie, organizowanie i kontrolowanie prowadzonych badań,
- wykonywanie i obserwację badań laboratoryjnych na odległość,
- wykonywanie i obserwację badań polowych na odległość,
- kompleksową analizę otrzymanych wyników,
- korzystanie z informacji zgromadzonych w bazie danych z nim związanej,
- korzystanie z zasobów innych, podobnych systemów,
- współpracę za pośrednictwem internetu z innymi ośrodkami badawczymi,
- zdalne wykonywanie i obserwację badań przy użyciu urządzeń należących do innych ośrodków naukowych i badawczych współpracujących z systemem,
- ułatwienie i przyspieszenie kształcenia.

Nazwa GLW dotyczy zarówno systemu informatycznego, jak i specyficznego systemu zarządzania badaniami geoinżynierskimi.

## **2. Budowa informatycznego systemu Geotechnicznego Laboratorium Wirtualnego**

W literaturze funkcjonuje wiele definicji systemu informatycznego. W niniejszym artykule został on zdefiniowany następująco: *System informatyczny jest to zespół powiązanych ze sobą elementów, którego funkcją jest rejestrowanie, przechowywanie, przetwarzanie, udostępnianie i przesyłanie danych przy użyciu technik komputerowych.*

Podstawowe elementy systemu informatycznego to: sprzęt, oprogramowanie oraz zasady użytkowania tego systemu.

Geotechniczne Laboratorium Wirtualne umożliwia gromadzenie, przetwarzanie, przechowywanie, udostępnianie i przesyłanie danych dotyczących między innymi: użytkowników systemu, udostępnianych urządzeń, prowadzonych badań, publikacji, procedur badawczych, udostępnionych programów.

### **2.1. Sprzęt**

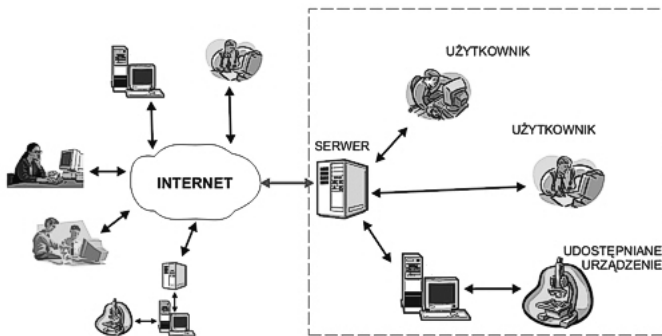
W skład GLW wchodzi następujący sprzęt:

- 1) informatyczny:
  - komputer PC pełniący funkcję serwera podłączony do sieci internetowej,
  - stacje robocze (komputery PC) połączone z aparaturą pomiarową oraz serwerem,
- 2) urządzenia pomiarowe i obserwacyjne:
  - maszyna wytrzymałościowa MTS,
  - aparat do badań trójosiowych gruntów GDS,

- kamera,
- sondy pomiarowe,
- inne,

### 3) infrastruktura sieciowa.

Serwer stanowi centrum systemu. Za jego pośrednictwem odbywa się komunikacja z wybranym urządzeniem, a także pomiędzy użytkownikami systemu (rys. 1). Odbiera on zlecenia od użytkowników i przekazuje je do komputera obsługującego udostępniane urządzenie oraz przekazuje wyniki z powrotem do użytkownika.



Rys. 1. Schemat komunikacji w GLW

Obecnie do GLW włączona jest maszyna wytrzymałościową MTS wraz z współpracującą z nią stacją roboczą. Planowane jest przyłączenie aparatury GDS i obsługującego ją komputera, a także kamery oraz sond pomiarowych. Jednakże system ma strukturę otwartą, dzięki czemu można włączyć do niego dowolne urządzenie, które daje wyniki w postaci cyfrowej i może być podłączone do komputera. Nie ma też ograniczeń odnośnie ilości sprzętu włączanego do systemu.

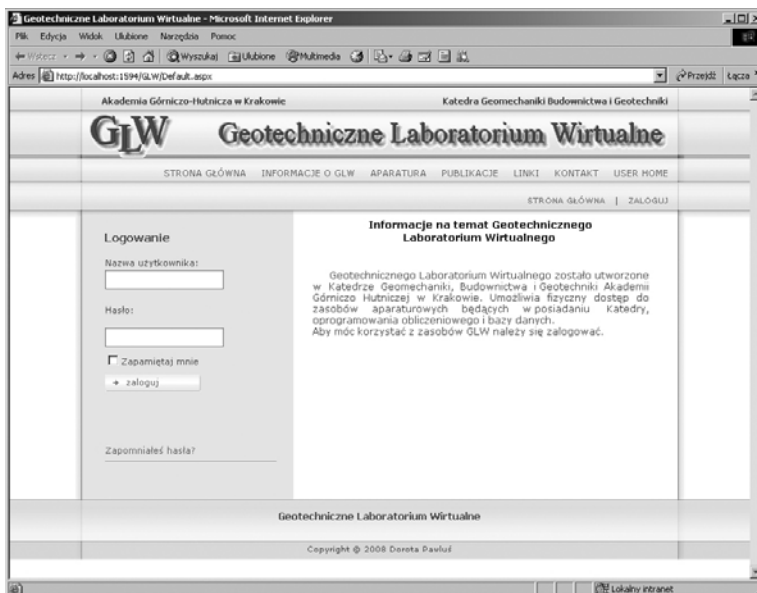
Komunikacja w systemie odbywa się poprzez sieć lokalną AGH oraz internet.

## 2.2. Oprogramowanie

Na oprogramowanie GLW składa się:

- oprogramowanie serwera,
- oprogramowanie stacji roboczych współpracujących z udostępnianymi w systemie urządzeniami,
- systemy zdalne dostępne za pośrednictwem systemu.

Zasadniczą część oprogramowania GLW jest zainstalowana na serwerze. Jest to przede wszystkim aplikacja GLW (rys. 2), która steruje działaniem całego systemu. Została ona wykonana w ramach pracy doktorskiej, przy wykorzystaniu technologii .NET (w tym ASP.NET oraz ADO.NET), przy użyciu środowiska programistycznego Microsoft Visual Studio.



Rys. 2. Główne okno platformy internetowej GLW

Na serwerze przechowywana jest także baza danych, system zarządzania bazą danych SQL Server, program Rejestrator do obsługi sond pomiarowych oraz udostępniane przez GLW programy użytkowe (Planista, Concrete, AutoCad, MAPINFO), umożliwiające np. analizę wyników badań.

Oprogramowanie każdej ze stacji roboczych składa się, przede wszystkim z: systemu operacyjnego, programu UltraVNC do obsługi zdalnego pulpitu oraz dostarczanego przez producenta programu do obsługi urządzenia (dla maszyny MTS jest to program *TestStar II* firmy MTS System Corporation). W miarę potrzeb mogą być zainstalowane także inne programy, np. do obsługi kamery.

System GLW dostosowany został do ścisłej współpracy z Centrum Usług Zarządzania Jakością w Budownictwie, jakie od 6 lat budowane jest w Instytucie Techniki Budowlanej. W ramach tego Centrum zbudowane zostały już liczne podsystemy pomiarowe i obliczeniowe [6, 7]. Na szczególną uwagę zasługują funkcjonujące już podsystemy zdalnego pomiaru:

- podsystem zdalnego pomiaru temperatury (SPT),
- podsystem zdalnego pomiaru wytrzymałości (SPD),
- podsystem zdalnego pomiaru położenia (GPS),
- podsystem zdalnej obserwacji wizualnej (ZOW),
- podsystem zdalnego pomiaru wilgotności (SPW),
- podsystem zdalnego pomiaru rezystancji (SPR),
- podsystem zdalnego pomiaru przemieszczeń (ZPP),
- podsystem zdalnego pomiaru przyspieszeń (ZPD).

W najbliższym czasie przewiduje się powstanie dalszych podsystemów zdalnego pomiaru, a wśród nich podsystemów zdalnego pomiaru: odkształceń, siły, ciśnienia i korozji. Celem jest wyposażenie Centrum Usług Zarządzania Jakością w Budownictwie w możliwość zdalnego pomiaru i obserwacji wszystkich wielkości niezbędnych dla oceny jakości i bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych. Podsystemy zdalnego pomiaru wchodzące w skład Centrum umożliwią Geotechnicznemu Laboratorium Wirtualnemu zdalne pozyskiwanie również wszelkich informacji niezbędnych w badaniach geoinżynierskich. System GLW już obecnie wykorzystuje dwa zdalne podsystemy:

- Zdalnej Obserwacji Wizualnej ZOW — umożliwiający zdalną obserwację obiektów przy użyciu dwóch kamer i rejestrowanie tych obserwacji (rys. 3) oraz
- Zdalnego Pomiaru Temperatury SPT — umożliwiający zdalny pomiar zarówno temperatur zewnętrznych jak też temperatur wewnątrz masywów betonowych.

Ponadto GLW może korzystać z bazy danych QMNG przechowującej i udostępniającej wszelkie dane gromadzone w ramach wspomnianego Centrum Usług. W ten sposób dostępne są dane pochodzące między innymi z systemu ZOW.



Rys. 3. Okno systemu ZOW

### 2.3. Zasady działania w systemie

W skład systemu GLW wchodzi także procedury korzystania z systemu lub inaczej zasady działania w systemie. Należą do nich:

- opis i ogólna instrukcja użytkowania systemu,
- dokumentacja projektowa,
- instrukcje użytkowania poszczególnych urządzeń,
- zasady diagnozowania,
- zasady serwisowania,
- zasady bezpieczeństwa,

- zasady pielęgnacji,
- zasady dostępności.

### 3. Koncepcja Geotechnicznego Laboratorium Wirtualnego jako systemu zarządzania badaniami geoinżynieryjnymi

Pojęcie zarządzania jest dobrze znane i opisane w literaturze. Funkcjonuje również wiele definicji zarządzania. W artykule przyjęto definicję podaną przez Tadeusza Pszczółkowskiego: *Zarządzanie to działanie polegające na dysponowaniu zasobami.*

*Zarządzanie badaniami* zdefiniowano jako działania obejmujące planowanie, organizowanie, analizę i kontrolowanie badań oraz związanych z nimi informacji i danych.

Geotechniczne Laboratorium Wirtualne jako system zarządzania badaniami spełnia następujące funkcje:

- ewidencja zasobów,
- planowanie badań,
- dokumentacja wykonanych badań,
- udostępnianie zasobów,
- kontrola uprawnień,
- zabezpieczanie danych,
- przetwarzanie danych.

Aby system zarządzania badaniami działał efektywnie musi posiadać następujące cechy: wielodostęp, niezależność dostępu od położenia i czasu oraz bezpieczeństwo.

System GLW spełnia powyższe wymagania. Został on zaprojektowany tak, by umożliwić równoczesny dostęp wielu użytkownikom niezależnie od czasu i miejsca ich przebywania.

Bezpieczeństwo zapewnia podział poszczególnych uprawnień i ich rozdział między różnych uczestników systemu. W GLW funkcjonują trzy grupy użytkowników: administrator, pracownik, student. Aby móc pracować w systemie należy się zalogować. Po identyfikacji użytkownika przeprowadzany jest proces uwierzytelnienia<sup>1</sup>, a następnie autoryzacji<sup>2</sup>. Dopiero po pozytywnym przejściu tych procesów możliwa jest praca w systemie i wykonywanie działań udostępnionych dla danego użytkownika.

### 4. Funkcjonowanie Geotechnicznego Laboratorium Wirtualnego

Geotechniczne Laboratorium Wirtualne spełnia dwie podstawowe funkcje:

- edukacyjną,
- badawczą.

---

1 *Uwierzytelnienie* — proces polegający na weryfikacji zadeklarowanej tożsamości osoby, urzędnika bądź usługi biorącej udział w wymianie danych. Następuje po identyfikacji czyli zadeklarowaniu swojej tożsamości przez użytkownika.

2 *Autoryzacja* — proces, w którym sprawdzane jest czy dany podmiot (o ustalonej tożsamości) ma prawo dostępu do zasobów, o które prosi.

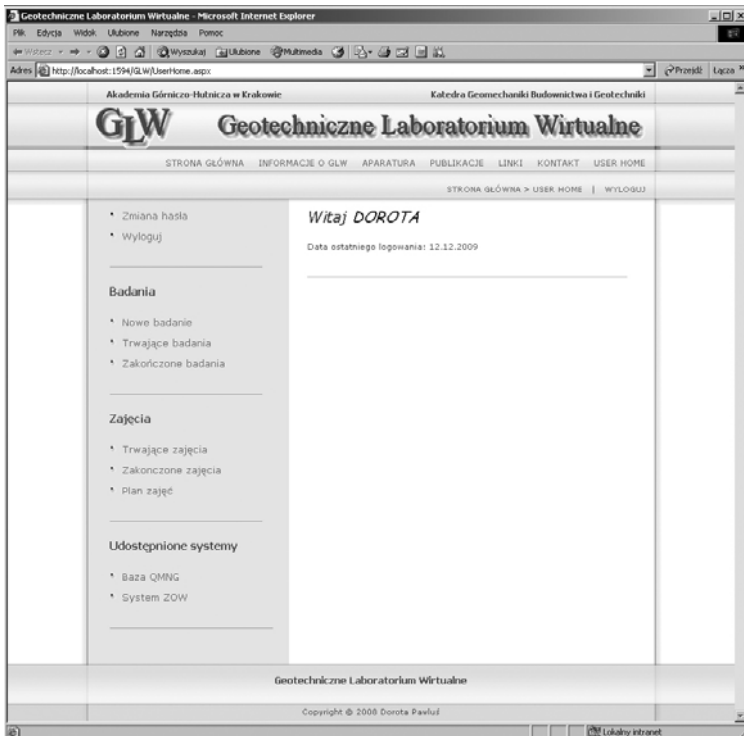
Część edukacyjna dotyczy prowadzenia zajęć ze studentami, udostępniania zasobów informacyjnych takich jak publikacje, wyniki badań i inne, oraz udostępniania programów.

Część badawcza obejmuje badania w laboratorium własnym (badania geotechniczne, wytrzymałościowe) oraz badania zdalne (obserwacje, pomiary, monitoring).

Funkcje systemu są realizowane przez trzy podsystemy użytkowe: wewnętrzny podsystem laboratoryjny, podsystem edukacyjny oraz internetowy podsystem pomiarowy i obserwacyjny. Na początek, dla każdego z podsystemów użytkowych wykonano po jednym module:

- dla wewnętrznego podsystemu laboratoryjnego — moduł pozwalający na obsługę maszyny wytrzymałościowej MTS,
- dla podsystemu edukacyjnego — moduł umożliwiający prowadzenie ćwiczeń laboratoryjnych dla studentów,
- dla internetowego podsystemu pomiarowego i obserwacyjnego — moduł służący do połączenia z systemem do zdalnej obserwacji wizualnej i monitoringu.

GLW będzie również umożliwiać pracę przy użyciu programów: CONCRETE [8, 9] umożliwiającego symulację zjawisk związanych z dojrzewaniem betonu i MapInfo stanowiącego dynamicznie rozwijający się system GIS (*Geographical Information System*).



Rys. 4. Okno użytkownika po zalogowaniu do systemu

Użytkownik, który zechce wykonywać badania w GLW będzie łączyć się z systemem poprzez interfejs uruchamiany za pomocą przeglądarki Internetowej. Nie ma potrzeby instalowania żadnych dodatkowych programów. Interfejs użytkownika umożliwi między innymi: zlecanie zadań dla urządzeń badawczych GLW, przeglądanie wyników, korzystanie z informacji bazy danych i inne. Po zalogowaniu do systemu, w zależności od posiadanych uprawnień, użytkownik może wykonywać określone zadania systemu (rys. 4) [5].

## 5. Podsumowanie

Przedstawiony w artykule system zarządzania badaniami geoinżynieryjnymi działa w oparciu o Geotechniczne Laboratorium Wirtualne i posiada możliwości tego typu systemów, takie jak: zdalne prowadzenie badań, wykonywanie obserwacji i pomiarów na odległość, równoczesny dostęp wielu użytkowników, korzystanie ze zgromadzonej bazy wiedzy.

System ten nie tylko ułatwi wykonywanie badań, ale także usprawni proces dydaktyczny poprzez umożliwienie studentom prowadzenia zdalnych obserwacji, a nawet uczestnictwo w badaniach przy wykorzystaniu urządzeń, do których dostęp jest ograniczony ze względu na ich wartość lub położenie.

Zaletą Geotechnicznego Laboratorium Wirtualnego jest fakt, że jest to system otwarty, który cały czas będzie rozwijany i wzbogacany o nowy sprzęt oraz oprogramowanie.

## LITERATURA

- [1] *Adamiak W., Gdaniec Z., Lawenda M., Meyer N., Popenda Ł., Zieliński K.*: Laboratorium wirtualne w środowisku gridowym. Poznań 2003
- [2] *Lawenda M.*: Laboratorium wirtualne i teleimersja. Raport wewnętrzny PCSS nr RW-34/01, Poznań 2001
- [3] *Meyer R., Stroinski M.*: Nowe aplikacje i usługi w środowisku Grid. Zakopane 2003
- [4] *Pawluś D., Witakowski P.*: Od przyrządu analogowego do laboratorium wirtualnego. Przegląd Górniczy, nr 9, 2009, s. 130–133
- [5] *Pawluś D.*: Laboratorium wirtualne do badań geotechnicznych. *Górnictwo i Geoinżynieria*, nr 33, z. 3/1, 2009, s. 289–295
- [6] *Witakowski P.*: Internetowy system zarządzania jakością w budownictwie betonowym. materiały konferencyjne III Konferencji „DNI BETONU — tradycja i nowoczesność”, Wisła październik 2004
- [7] *Witakowski P.*: Koncepcja centrum usług zarządzania jakością w budownictwie betonowym. Warszawa, Wydawnictwo ITB, 2005
- [8] *Witakowski P.*: Termodynamiczna teoria dojrzewania, Zastosowanie do konstrukcji masywnych z betonu. Politechnika Krakowska, seria Inżynieria Ładowa, z. 1, 1998
- [9] *Witakowski P.*: Komputerowy system zdalnego pomiaru dojrzałości betonu, kwartalnik Prace ITB, Wydawnictwo ITB, Warszawa czerwiec 2002