

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII GIS I GPS W BADANIACH WPŁYWU PODŁOŻA ALUWIÓW NA PRZEBIEG WSPÓŁCZESNYCH PROCESÓW KSZTAŁTOWANIA DNA DOLINY WISŁY ŚRODKOWEJ

Tomasz Falkowski, Piotr Ostrowski

Katedra Geoinżynierii,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wstęp

W ostatnich latach coraz powszechniejszym narzędziem badawczym staje się Geograficzny System Informacyjny (GIS – Geographic Information Systems). Pozwala on na gromadzenie różnych typów danych środowiskowych oraz ich analizowanie w dowolnych zestawach tematycznych. Dzięki niezwykle szybkiemu rozwojowi technologii informatycznej – pamięci, procesorów, a także języków programowania, GIS przestał być technologią elitarną. Jego zastosowanie nie wymaga dziś kosztownego sprzętu. Pakiety oprogramowania typu GIS, takie jak ArcView czy MapInfo, działają wydajnie na „komputerach osobistych” wyposażonych w systemy operacyjne Windows (NT, 2000, XP). Wyniki pracy uzyskane przy ich pomocy zapisać można w wielu zunifikowanych standardach, a także w bardzo prosty sposób umieszczać w Internecie.

Kluczową cechą środowiska GIS jest możliwość lokalizacji przestrzennej gromadzonych danych. Koordynaty punktów badawczych ustalać można za pomocą Globalnego Systemu Pozycjonowania (GPS – Global Positioning Systems), który od 2000 roku został przez Departament Obrony USA udostępniony dla celów cywilnych. Technologia ta dzięki stosunkowo niskim kosztom (o ile nie wymagamy geodezyjnej dokładności pomiarów) i łatwości obsługi odbiorników, stała się również szeroko dostępna do badań przyrodniczych. W artykule przedstawiono przykład zastosowania technologii GIS i GPS w badaniach elementów środowiska przyrodniczego doliny rzecznej.

Doliny rzeczne są strefami o wyjątkowym znaczeniu gospodarczym i przyrodniczym. Intensywnym procesom morfo- i litotwórczym – erozji i akumulacji rzecznej towarzyszy duża wrażliwość środowiska przyrodniczego na antropopresję.

Utrwalenie aktualnego stanu dolin lub ich renaturyzacja wymaga często prowadzenia kompleksowych badań przyrodniczych. W artykule przedstawiono zarys prac przeprowadzonych w ramach grantu KBN 8T07G02021 [FALKOWSKI i in. 2004] na odcinku Wisły Środkowej od Annapola do Modlina. Do ich realizacji niezbędne okazało się wykorzystanie technologii GIS i GPS.

Materiał i metody badań

Głównym celem projektu badawczego było określenie wpływu kulminacji podłoża aluwiiów na takie procesy korytowe, jak: erozja, różnicowanie środowisk sedymentacji aluwiiów, koncentrowanie głównego nurtu czy powstawanie zatorów lodowych. Zjawiska te mają wpływ na różnicowanie siedlisk w obrębie dna doliny, a także trwałość i bezpieczeństwo budowli hydrotechnicznych.

W wybranym do badań fragmencie doliny Wisły można wydzielić odcinki różniące się morfologią i litologią stref wysoczyznowych, morfologią doliny i litologią utworów stanowiących podłoża aluwiiów.

Są to:

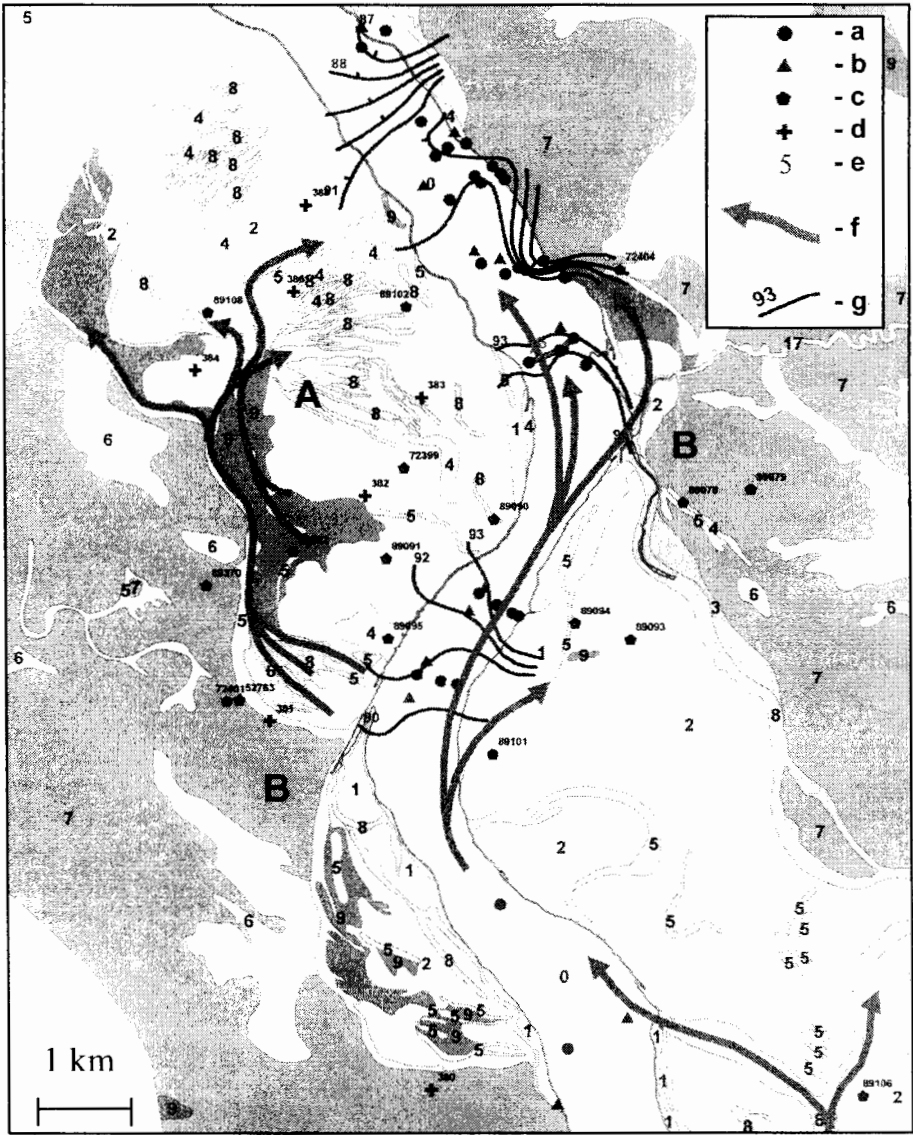
1. strefa „Przełomu Wisły przez wyżyny środkowe” [POŻARYSKI 1953], w obrębie której podłoża aluwiiów budują skały lite – opoki, margle i wapienie jury, kredy i paleogenu;
2. strefa, w której podłoża budują grunty nieskaliste – neogenu i plejstocenu, w strefach kulminacji często zaburzone glacictektonicznie.

Analizowany odcinek doliny Wisły od Annopola (km 298) do Modlina (km 550) ma długość 252 kilometry. Badania prowadzono w wytypowanych, na podstawie analizy materiałów archiwalnych i własnej charakterystyki geomorfologicznej, 18 odcinkach doliny, których długość wynosiła od 3 do 9 kilometrów. Realizacja projektu wymagała wykonywania badań strefy korytovej rzeki w kilku etapach. Były to:

1. Wiercenia w korycie – I etap – stwierdzenie obecności kulminacji, określenie zarysu morfologii ich stropu, pobór prób do badań gruntoznawczych;
2. Inwentaryzacja odsłonięć osadów rzecznych w brzegach koryta, opis i analiza struktur sedymentacyjnych osadów rzecznych;
3. Wiercenia w korycie – II etap – uszczegółowienie obrazu powierzchni kulminacji, pobór prób gruntów;
4. Echosondaż koryta w wyznaczonych odcinkach przy stanach niskich;
5. Echosondaż przy stanach wysokich;
6. Analiza struktur sedymentacyjnych osadów rzecznych różnych środowisk depozycyjnych strefy korytovej;
7. Rejestracja zmian temperatury wody w korycie (utrudnienia w zasilaniu koryta odpływem podziemnym w strefach kulminacji spoistego podłoża aluwiiów sprzyjać może intensywności zjawisk lodowych).

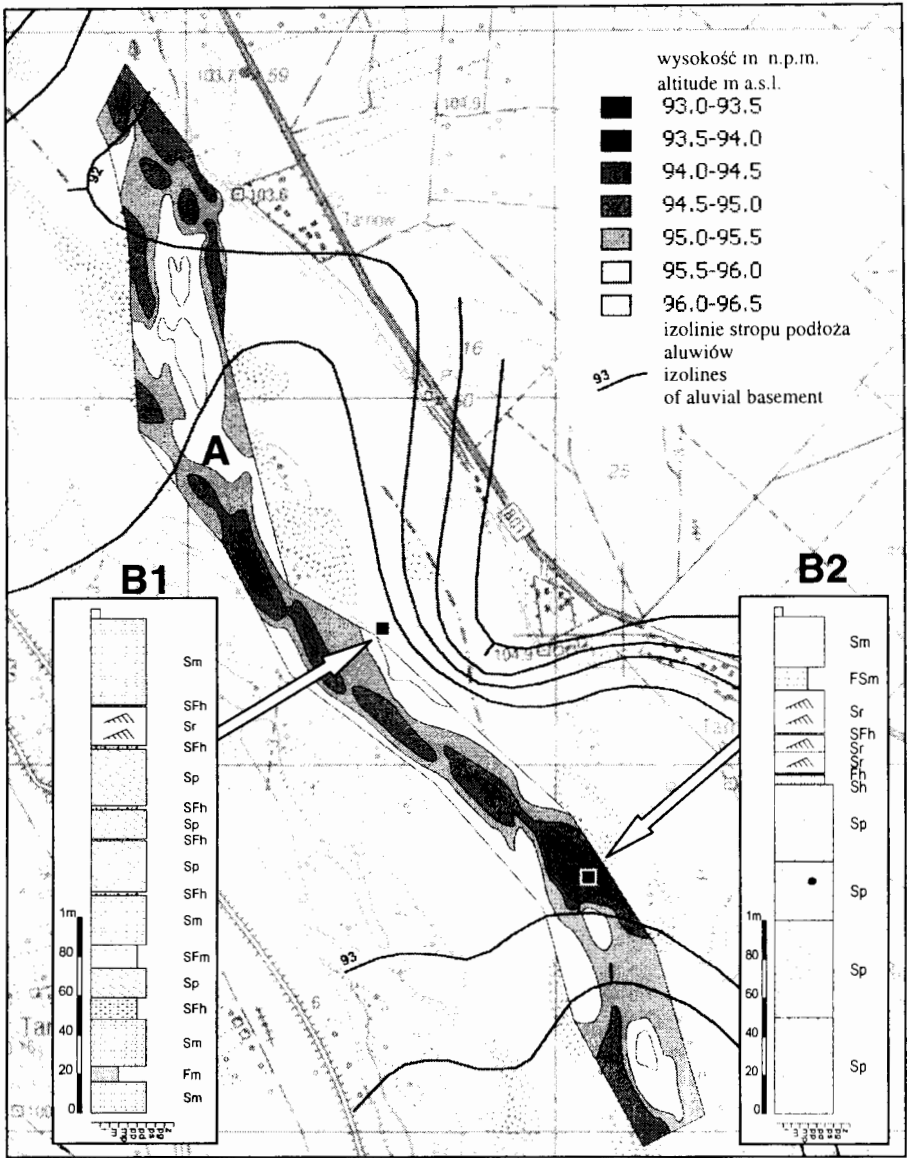
Oprócz wymienionych prac, równolegle prowadzono przegląd materiałów archiwalnych – geologicznych i hydrotechnicznych. Prowadzono także geologiczną analizę zdjęć lotniczych. Wyniki tych prac archiwizowane były w powstającej bazie GIS (rys. 1, 2).

Przyjęty w projekcie schemat postępowania, w którym kolejne etapy wyznaczały zakres badań dla następnych zadań, wymagał archiwizowania danych w taki sposób, aby możliwe było ich edytowanie w różnym zakresie i z różną dokładnością. Możliwość takie stwarzało zastosowanie bazy danych GIS łączącej w sobie zarówno elementy Systemu Informacji Geograficznej (SIG), jak i Systemu Infor-



Rys. 1. Fragment bazy danych GIS – mapa litologiczna dna doliny Wisły w okolicach Magnuszewa. A – strefa stożka napływowego wód wezbraniowych, B – strefa o ustabilizowanej obecności pokrywy madowej erozji, a – wiercenia w korycie, b – odsłonięcia utworów aluwialnych w strefie korytovej, c – wiercenia archiwalne PIG, d – sondy geologiczne na tarasie, e – piaski organiczne i namuły – przykład wydzielenia litologicznego, f – kierunek głównego nurtu oraz wód wezbraniowych, g – izolina stropu podłoża aluwioów

Fig. 1. Elements of GIS project – lithological map of Vistula valley bottom near Magnuszew. A – flood alluvial cone, B – mad cover occurrence stabilized zones, a – boreholes, b – outcrops of alluvial deposits in channel zone, c – boreholes (Geological Survey), d – boreholes on terrace, e – organic sands, warps – example of lithologic extracts, f – main streams as well as flood waters directions, g – isolines of alluvia basement



Rys. 2. Fragment bazy danych GIS przedstawiający wpływ morfologii podłoża aluwiiów na układ głównego nurtu i różnicowanie się środowisk sedimentacji. A – mapa hipsometryczna dna koryta Wisły wykonana na podstawie echosondażu z dnia 18.09.2004; B – analiza litofacjalna utworów aluwialnych odsłaniających się w korycie: B1 – struktury sedimentacyjne o cechach środowiska równi zalewowej oraz korytowe; B2 – struktury o dominacji cech środowiska koryta (kod litofacjalny według MIALLA [1999])

Fig. 2. Elements of GIS project – alluvia basement influence on main stream direction and differentiation of deposition conditions. A – hypsometric map of Vistula channel bottom – echo sounding from 18.09.2004 with isolines of alluvia basement surface; B – lithofacial analysis of channel deposits (crops out in channel zone): B1 – flood plain and channel structures, B2 – channel structures (based on MIALL [1999] lithofacial code)

macji o Terenie (SIT). Bazę danych GIS na potrzeby projektu stworzono przy pomocy pakietu oprogramowania ArcView GIS 8.1 amerykańskiej firmy ESRI, będącego częścią nowego, w pełni zintegrowanego i skalowanego systemu ArcGIS.

Badania prowadzone w strefie korytowej dużej roztokowej (dzikiej) rzeki nizinnej, charakteryzującej się ciągłymi zmianami morfologii tej strefy, wymagały zastosowania obiektywnej i dokładnej metody lokalizacji punktów badawczych. Metoda ta powinna umożliwiać w kolejnym etapie badań odszukanie punktów wytypowanych do szczegółowej analizy. W strefie korytowej Wisły, której szerokość przekracza często 1 km, poza odcinkami miejskimi brak jest w zasadzie charakterystycznych punktów terenowych umożliwiających szybką i precyzyjną lokalizację. Lokalizacja punktów badawczych jest szczególnie trudna podczas wykonywania badań (na przykład wierceń geologicznych) w korycie ze sprzętu pływającego. Problemy te pozwala rozwiązać zastosowanie technologii GPS. Do lokalizacji punktów badawczych, takich jak: miejsca wierceń, poboru próbek, analizowanych odsłonięć czy wykonanej dokumentacji fotograficznej, użyto ręcznego odbiornika DGPS o dokładności poziomej rzędu 2,5 m. Użycie odbiornika GPS pozwalało na dokładną lokalizację punktów badawczych i ich rejestrację w bazie danych GIS [WALAŃSKI i in. 2001]. Umożliwiało także szybkie ich odnajdywanie (jedna z podstawowych funkcji odbiorników GPS) w celu wykonania dodatkowych badań. Miało to szczególne znaczenie w przypadku pomiarów wykonywanych w korycie o szerokości kilkuset metrów bez żadnych punktów charakterystycznych.

Dokładna lokalizacja wymagana jest także przy prowadzeniu serii pomiarów terenowych liczących po kilkadziesiąt tysięcy punktów badawczych. Takie rygory towarzyszyły badaniom echosondażowym. W trakcie prac korzystano z echosondy sprzężonej z różnicowym odbiornikiem GPS o dokładności poziomej większej niż 1 metr. Zestaw ten, zamontowany na sprzęcie pływającym, umożliwiał wykonywanie punktowych pomiarów głębokości z jednoczesnym zapisem współrzędnych geograficznych punktu pomiaru, niezależnie od prędkości i kierunku poruszania się łodzi. W trakcie badań odczyty głębokości i współrzędnych punktów wykonywane były co 1 sekundę. Wartości te zapisywane były w pamięci wewnętrznej echosondy. Serie pomiarowe liczące od kilku do kilkudziesięciu tysięcy punktów eksportowano do komputera PC i poddawano je dalszej obróbce (postprocesingowi). Na ich podstawie powstały mapy batymetryczne i hipsometryczne dna koryta rzeki wytypowanych odcinków badawczych [OSTROWSKI 2004]. Technologia GPS umożliwiła szybkie wykonanie map dla dużych obszarów oraz pracę w bardzo trudnych warunkach dużych wezbrań. Przeprowadzenie pomiarów hydrograficznych w czasie wezbrania, niezwykle istotnego z punktu widzenia analizy dynamiki procesów korytowych, miało duże znaczenie poznawcze. Zebranie takich danych nie byłoby możliwe przy zastosowaniu tradycyjnych metod (echosondaż w wyznaczonych przekrojach).

Rejestracja wyników w bazie GIS pozwoliła na porównanie ze sobą serii pomiarowych wykonanych przy niskich i wysokich stanach wody oraz wyciągnięcie na ich podstawie wniosków dotyczących dynamiki zmian morfologii koryta.

Wyniki

Przeprowadzone badania wykazały wpływ morfologii powierzchni kulminacji podłoża aluwiiów na:

- przebieg głównego nurtu i różnicowanie stref depozycji osadów korytowych (rys. 1),
- morfologię powierzchni tarasowej, w tym przebieg form i erozyjnych wód wezbraniowych (rys. 1),
- rozmieszczenie i charakter form depozycyjnych związanych z działalnością wielkich wód (na przykład stożki napływowe na powierzchni tarasu madowego), rys. 1, 2,
- częstotliwość powstawania zatorów lodowych,
- trwałość elementów morfologii koryta (makroformy depozycyjne).

Do analizy i prezentacji wyników posłużyła baza danych GIS stworzona specjalnie na potrzeby grantu KBN 8T07G02021. Jej podkład rastrowy stanowiło 48 skalibrowanych map topograficznych w układzie Pulkowo 1942. W bazie danych umieszczono między innymi lokalizowane techniką GPS: sondy i wiercenia w korycie (własne), sondy i wiercenia na tarasie zalewowym (własne), opisane odsłonięcia osadów rzecznych, mapy hipsometryczne dna koryta oraz wyniki pomiarów temperatury wody. W celu analizy tych danych w szerszym aspekcie, bazę danych wzbogacono rastrową mapą geologiczną podłoża czwartorzędu oraz mapą wektorową litologii (z elementami morfogenezy) dna doliny Wisły i przyległych stref wysoczyznowych. Bazę danych wzbogacono także o dane zawarte w materiałach archiwalnych (np. wiercenia archiwalne PIG, kilometrąz biegu rzeki na podstawie zdjęć lotniczych). Stopniowo uzupełniana baza danych służyła jako pomoc także podczas badań terenowych w trakcie trwania projektu badawczego. Jej fragmenty drukowane w postaci map wybranych obszarów z naniesionymi punktami wierceń I etapu, były niezwykle pomocne w czasie wykonywania badań uszczegóławiających.

Korelacja przestrzenna i łatwa wizualizacja zebranych w bazie danych informacji ułatwiła ich analizę oraz opracowanie wyników (między innymi wykreślenie izoliny stropu podłoża aluwiiów dla badanych szczegółowo odcinków oraz wykonanie szeregu przekrojów poprzecznych koryta).

Wnioski

Zastosowanie technologii GIS i GPS pozwoliło na:

- dokładną lokalizację punktów badawczych, także w strefie korytowej Wisły,
- precyzyjne odnajdywanie kluczowych stref w kolejnych etapach badań,
- szybkie wykonywanie echosondażu dużych odcinków koryta rzeki oraz wiarygodne porównywanie ich wyników,
- wykonywanie badań hydrograficznych w trakcie wezbrań,
- zestawianie wielu typów uzyskanych danych oraz szeroką ich analizę.

Wykorzystanie technologii GIS i GPS umożliwiło przeprowadzenie założonych badań, w sposób znaczący przyspieszając ich wykonanie oraz zmniejszając koszty. Nie bez znaczenia jest fakt, że wyniki przechowywane są w pełni skalowalnej bazie danych, którą w przyszłości można rozbudowywać, a każdy z jej elementów dowolnie wykorzystywać w innych projektach badawczych.

Literatura

- FALKOWSKI T., ZŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK H., POPEK Z., WILK E., OSTROWSKI P., FALKOWSKA E., GÓRKA M., OSTROWSKA A. 2004. *Związek dynamiki wybranych procesów korytowych ze zróżnicowaniem rzeźby i litologii podłoża aluwiiów na przykładzie doliny Wisły od Annapola do Modlina*. Sprawozdanie z grantu KBN 8T07G 020 21.
- MIALL A. 1999. *Principles of sedimentary basin analysis*. Springer – Verlag: 616 ss.
- OSTROWSKI P. 2004. *Wykorzystanie techniki GIS w badaniach procesów korytowych dużych rzek na przykładzie Wisły Środkowej*. Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska 2/29: 32–40.
- POŻARYSKI W. 1953. *Plejstocen w przełomie Wisły przez wyżyny południowe*. Prace Instytutu Geologicznego PAN, Tom 9: 134 ss.
- WALAWSKI M., OSZCZAK S., BAKUŁA M. 2001. *Integracja pozycji satelitarnej z numerycznymi modelami terenu*. Konferencja „Satelitarne metody wyznaczania pozycji we współczesnej geodezji i nawigacji”. Dęblin, 22–23 V 2001, Zeszyty Naukowe WSOSP w Dęblinie 2, Dodatek: 102–109.

Słowa kluczowe: dolina rzeczna, podłoże aluwiiów, procesy korytowe, GIS, GPS

Streszczenie

W pracy przedstawiono wnioski z realizacji badań fragmentów doliny Wisły na odcinku od Annapola do Modlina, realizowanych w ramach grantu KBN nr 8T07G02021. Ich celem było ustalenie wpływu kulminacji podłoża aluwiiów, zbudowanego z utworów o większej odporności na erozję, na przebieg procesów korytowych, takich jak erozja, akumulacja, koncentrowanie się głównego nurtu i zjawiska lodowe. W pracach wykorzystywano bazę danych GIS oraz system GPS.

Wpływ kulminacji podłoża aluwiiów na przebieg procesów korytowych zaznacza się w morfologii powierzchni tarasowej, morfologii koryta oraz w różnicowaniu się środowisk sedymentacji utworów facji korytovej. Miejsca takie są także strefami o większym prawdopodobieństwie tworzenia się zatorów lodowych. Wyniki badań były archiwizowane i zestawiane w bazie danych GIS.

APPLICATION OF GIS AND GPS TECHNOLOGY FOR ESTIMATION OF ALLUVIA BASEMENT INFLUENCE ON CONTEMPORARY PROCESSES OF CENTRAL VISTULA VALLEY BOTTOM CREATION

Tomasz Falkowski, Piotr Ostrowski
Department of Geotechnical Engineering,
Warsaw Agricultural University, Warszawa

Key words: river valley, alluvia basement, channel processes, GIS, GPS

Summary

Paper presents some results of investigations, carried out in the middle Vistula river valley. On the basis of geomorphological analysis of terrace surface, as well as geological and hydrotechnical data, the alluvia basement culminations were recognized in channel zones. The culmination influence on channel processes of contemporary Vistula can be observed in directions of main stream at all stages, directions of the flood water erosion forms on the valley bottom surface as well as lithology of channel alluvia. The GIS data base was created, containing the archival (geological, hydrological, hydrotechnical) data, and the results of field investigations (boreholes, lithological and lithofacial analysis, echo-sounding). Localization of all field facts was realized with the use of GPS technology.

Dr Tomasz Falkowski
Katedra Geoinżynierii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166
02-787 WARSZAWA
e-mail: falkowski@alpha.sggw.waw.pl