

Geologiczno-inżynierska waloryzacja w planowaniu przestrzennym gminy z zastosowaniem danych kartograficznych analizowanych w technologii GIS

Paweł Dobak¹, Magdalena Kapelska¹



P. Dobak



M. Kapelska

Engineering-geological evaluation of spatial planning in a commune using cartographic data analyzed by GIS. *Prz. Geol.*, 65: 900–907.

Abstract: The paper presents the possibility of typical geological maps applications for evaluation of engineering-geological conditions in spatial planning analyses. Appropriate sheets of Detailed Geological Map, Hydrogeology Map and Geo-environmental Map were selected for the considered commune. Genesis and consistency of soils, level of first groundwater table and geodynamic processes should be the base to applying 4-level classification of engineering-geology conditions. The spatial and quantitative analyses were prepared using GIS technology. This procedure was tested for the case of “urban sprawl” area near Warsaw and led to evaluation scheduled solutions in “The study of the conditions and directions of the spatial management of the commune of Nadarzyn”.

Keywords: spatial planning, Nadarzyn commune, engineering-geological classifications, GIS technology

Praktyczna aplikacja zasady zrównoważonego rozwoju wymaga zmian metodyki szczegółowych rozwiązań w zakresie planowania przestrzennego. Odzwierciedleniem tego jest wprowadzanie do ustawodawstwa szeregu nowych pojęć i zasad dotyczących m.in. typologii zróżnicowanych obszarów funkcjonalnych oraz oszczędniejszego gospodarowania przestrzenią przeznaczoną do zabudowy i rozwijania infrastruktury. Istotnymi podstawowymi przesłankami charakteryzującymi walory i zagrożenia terenów są szeroko rozumiane dane geologiczne i środowiskowe, powszechnie dostępne w opracowaniach kartograficznych dla całego kraju. Ich wykorzystanie w modyfikowaniu obowiązujących podstawowych dokumentów planistycznych wymaga rozwijania metodyki ocen środowiska geologicznego z wykorzystaniem narzędzi analizy przestrzennej. Pogłębiona wieloczynnikowa interpretacja tych danych pozwala na ograniczenie uzupełniających prac dokumentacyjnych i znaczącą redukcję kosztów opracowań geologicznych sporządzanych na potrzeby planowania przestrzennego.

Celem artykułu jest prezentacja metodyki, która może być szeroko stosowana w uwzględnieniu warunków geologiczno-inżynierskich w planowaniu przestrzennym.

WYBRANE ROZWIĄZANIA PRAWNE I PROBLEMY ICH APLIKACJI

Wskazania terenów przeznaczonych do zabudowy w gminach zawarte są w obligatoryjnym dokumencie planistycznym, jakim jest Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego (SUiKZP). W stosowanych od lat procedurach sporządzania tego dokumentu (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 28 kwietnia 2004 r.) i zgodnie z Ustawą z dnia 27 marca 2003 r o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, uwzględnić należy występowanie:

- obszarów naturalnych zagrożeń geologicznych,

– udokumentowanych złóż kopalin, zasobów wód podziemnych oraz kompleksów podziemnego składowania dwutlenku węgla,

- terenów górniczych,

a także wymagania dotyczące ochrony przeciwpowodziowej.

Ustawodawca wymienia konieczność wyznaczania obszarów:

- osuwania się mas ziemnych,

- szczególnego zagrożenia powodzią,

– obiektów lub obszarów, dla których wyznacza się w złożu kopaliny filar ochronny.

Uwzględniane są zatem bezdyskusyjne zagrożenia związane z nadrzędnymi wymaganiami ochrony życia, zdrowia oraz mienia. W procesie optymalnego wyboru terenów przeznaczonych do zabudowy zwraca się uwagę na aspekty ekonomiczne i funkcjonalne w gospodarowaniu przestrzenią, a także ochronę zasobów przyrodniczych i dóbr kulturowych. W takim ujęciu można przyjąć milcząco założenie, że po rozpatrywaniu wyżej sygnalizowanych ograniczeń (Dobak, 2002) pozostała przestrzeń jest „równowarta” pod względem wskazania sposobu zagospodarowania. Pomija się więc zróżnicowanie geologiczno-inżynierskich uwarunkowań lokalizacji obiektów budowlanych oraz sieci infrastrukturalnych. Autorzy planów zazwyczaj zwracają uwagę na oczywiste ograniczenia w tym zakresie, kierując się przesłankami opartymi na istniejącym sposobie zagospodarowania, z reguły historycznie dostosowanym do warunków naturalnych.

Analiza szeregu konkretnych rozwiązań, a w szczególności wyznaczanie nowych lokalizacji inwestycji celu publicznego (np. dróg, obwodnic) wskazuje, że pominięcie aspektu geologiczno-inżynierskiego może prowadzić do błędów, powodujących nieuzasadniony wzrost kosztów zagospodarowania budowlanego. Dotyczy to np. miejsc o niekorzystnych warunkach gruntowo-wodnych, gdzie realizacja inwestycji wymaga stosowania kosztownych zabiegów geoinżynierskich polepszających podłoże.

¹ Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; P.Dobak@uw.edu.pl., m.radwanska@student.uw.edu.pl.

Kolejne nowelizacje ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym przyniosły rozszerzenie standardów w zakresie typowania terenów do zabudowy, wprowadzając wymagania sporządzania **bilansu terenów przeznaczonych pod zabudowę**. Intencją ustawodawcy było określenie potencjalnej chłonności obszarów, najpierw tych, które posiadają już wykształconą strukturę funkcjonalno-przestrzenną, a dopiero potem typowanie obszarów do nowej zabudowy, dostosowanej do uzasadnionych potrzeb w średniookresowej perspektywie czasowej (nie dłużej niż 30 lat).

Ta strategia oszczędnego i racjonalnego gospodarowania przestrzenią wymaga wyboru terenów z uwzględnieniem ich walorów funkcjonalnych i ekonomicznych. Spełnienie tych wymagań nie jest możliwe bez geologicznej waloryzacji opcjonalnych rozwiązań przestrzennych.

Kolejnym *novum* ustawowym są plany zagospodarowywania obszarów zdegradowanych, wymagających przekształceń, rehabilitacji, rekultywacji i remediacji. Dla części z tych przypadków wprowadzono nowy typ dokumentu planistycznego, jakim jest **plan rewitalizacji**, któremu nadano wysoką rangę aktu prawa miejscowego. Do wyznaczenia terenów, które byłyby objęte tymi rozwiązaniami niezbędna jest najpierw diagnoza geosrodowiskowa, a następnie konkretne prace dokumentacyjne i projektowe. W nich powinna być szeroko uwzględniana problematyka geologiczno-inżynierska. Przykładem wyprzedzającej instrukcji metodycznej dedykowanej jednemu z elementów takiej problematyki były „Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach likwidowanych kopalń”. Opracowano je w 2009 r. z inicjatywy prof. Andrzeja Drągowskiego, byłego przewodniczącego Komisji Dokumentacji Geologiczno-Inżynierskich przy Ministrze Środowiska. Znaczącym rozszerzeniem tego nurtu prac metodycznych są opracowane przez specjalistów z Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego oraz Instytutu Techniki Budowlanej obszerne i wielowątkowe „Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla potrzeb rekultywacji terenów zdegradowanych” (Zasady, 2012). Przedstawiają one zalecenia dotyczące badań degradacji naturalnej oraz antropogenicznej. Wśród procesów geodynamicznych uaktywnianych zarówno przez czynniki naturalne, jak i związane z wpływem szeroko rozumianej działalności gospodarczej i budownictwa, wyróżniono zagadnienia dotyczące osuwisk, klifu, erozji na terenach lessowych, krasu, powodzi i podtopień. W typowo antropogenicznej degradacji przedstawiono problematykę uwarunkowaną górnictwem podziemnym, odkrywkowym, przemysłem chemicznym, infrastrukturą liniową i składowaniem odpadów.

Rozwijające się wyzwania w zakresie racjonalnego gospodarowania przestrzenią wymagają zróżnicowania zakresu **waloryzacji geologiczno-inżynierskiej** terenów. Opracowane są metodyki tych ocen, np. Instrukcja sporządzania mapy warunków geologiczno inżynierskich w skali 1 : 10 000 i większej na potrzeby planowania przestrzennego w gminach (Instrukcja, 1999), a także ramowe wymagania dotyczące sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich, m.in. na potrzeby zagospodarowania przestrzennego (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2016 r.). Brak odpowiedniego umocowania tej problematyki w procedurach sporządzania dokumentów planistycznych powoduje, że aspekty geologiczne są

niewystarczająco odzwierciedlane w kształtowaniu rozwiązań zarówno Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP), jak i w obligatoryjnych dla każdej gminy i miasta opracowaniach SUiKZP. Obawa, że wdrażanie tych ocen wiąże się ze znacznymi nakładami związanymi z terenowymi pracami dokumentacyjnymi jest w wielu przypadkach nieuzasadniona. Wstępne określenie warunków geologiczno-inżynierskich w opracowaniach planistycznych, takich jak SUiKZP może być oparte na odpowiedniej analizie map geologicznych sporządzanych dla całego kraju w skali 1 : 50 000. Dotyczy to rozpoznania aspektów geologicznych, hydrogeologicznych oraz geosrodowiskowych przedstawianych w opracowaniach Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (SMGP), Mapy Hydrogeologicznej Polski (MHP): pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika (PPW-WH) oraz Mapy Geosrodowiskowej Polski (MGŚP). Arkusze MGŚP obejmują cały obszar kraju i są aktualizowane przy okazji opracowywania rozszerzonych metodycznie i treściowo edycji, np. o problematykę waloryzacji naturalnej bariery izolacyjnej (NBI). Alternatywne ujęcie niektórych zagadnień związanych przede wszystkim z formami ochrony przyrody, przestrzeni rolnej i leśnej oraz form zagospodarowania, degradacji komponentów środowiska przyrodniczego i jego rekultywacji, zawierają arkusze Mapy Sozologicznej Polski w skali 1 : 50 000 wydawane przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii (Wytyczne techniczne, 2005). Aktualnie pokrywają one tereny północno-zachodnich i południowo-wschodnich województw. Część danych środowiskowych, z uwagi na ich zmiany w czasie, powinna być na bieżąco aktualizowana przy każdorazowym wykorzystywaniu.

Wyżej wymienione opracowania kartograficzne pozwalają na dokonywanie wstępnej, małoskalowej oceny rozwiązań planistycznych w odniesieniu do prawnych i metodycznych wymagań SUiKZP. Zalecane skale rysunku studium obejmują przedział od 1 : 5000 do 1 : 25 000, a więc są większe od wymienionych wyżej kartograficznych źródeł geologicznych (1 : 50 000). Stanowiąc to może utrudnienie w rozwiązywaniu konfliktowych problemów przestrzennych, natomiast wydaje się być wystarczające dla zgeneralizowanej oceny przyjętych rozwiązań planistycznych i w praktyce wydawania decyzji o warunkach zabudowy.

SPECYFIKA UWARUNKOWAŃ PLANISTYCZNYCH GMINY

Przedstawione w artykule porównanie SUiKZP gminy Nadarzyn z ocenami wynikającymi z analizy geologicznych materiałów kartograficznych ma na celu przeanalizowanie możliwości wykorzystania tych danych do optymalizacji praktyki zagospodarowania przestrzennego, zamierzonych korekt istniejących rozwiązań oraz typowania terenów do sporządzania wielkoskalowych miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (MPZP) w przypadkach skomplikowanych warunków gruntowo-wodnych. Proponowany przegląd materiałów kartograficznych stanowić powinien także podstawę do programowania niezbędnych prac geologicznych w przypadku sporządzenia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej na potrzeby zagospodarowania przestrzennego (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2016 r.).

Przykładowe możliwości wykorzystania istniejących materiałów kartograficznych w ocenie warunków geologiczno-inżynierskich w celach planistycznych przeanalizowano dla gminy Nadarzyn. Ten wybór wynika z dynamicznych zmian jej uwarunkowań rozwojowych. W kolejnych latach obserwuje się tu tendencje przejścia od dominacji rolniczego charakteru do przekształcania się w niekontrolowane suburbium warszawskie podlegające szeroko opisywanemu (m.in. Litwińska, 2010) zjawisku tzw. *urban sprawl*. Proces ten, obserwowany na całym świecie, wymaga się w sąsiedztwie dużych aglomeracji w Polsce, w związku z odchodzeniem od koncepcji umiarkowanego policentrycznego rozwoju i traktowaniem metropolii jako swoistego „koła zamachowego” nowoczesnej gospodarki. Trend do zmiany zagospodarowania terenów otaczających szlaki wylotowe z wielkich miast powinien być odpowiednio kształtowany funkcjonalnie i przestrzennie. Stąd jest uzasadniona walidacja przyjętych rozwiązań planistycznych wraz ze wskazaniem przesłanek do ich ewentualnej reambulacji.

Gmina Nadarzyn o powierzchni 73,4 km² charakteryzuje się warunkami naturalnymi typowymi dla makroregionu Niziny Środkowomazowieckiej. Największa część obszaru gminy należy do mezoregionu Równiny Błońskiej, a w północno-zachodniej części, przez które przepływa Utrata do mezoregionu Równiny Warszawskiej. Wznoszący się systematycznie w kierunku południowym teren wkracza w obszar Wysoczyzny Rawskiej (Kondracki, 2002). Geologiczne, hydrogeologiczne i środowiskowe aspekty zagospodarowania gminy są przedstawione na arkuszach Raszyn i Grodzisk Mazowiecki seryjnych opracowań kartograficznych kraju w skali 1 : 50 000. (Sarnacka, 1976; Szalewicz, 1985; Mianowski, 1997a, b; Kałus, Kapera, 2009; Kapera, Kruk, 2009).

Charakter geologicznej zmienności utworów powierzchniowych na tym terenie oraz skala opracowania planistycznego SUiKZP są przesłankami uszczegółowienia waloryzacji geologiczno-inżynierskiej. W tym celu przeprowadzono analizę, selekcjonowanie oraz przestrzenną generalizację danych z map źródłowych przez zdefiniowanie zagregowanych obszarów o określonych atrybutach geologicznych i planistycznych.

OKREŚLENIE I PORÓWNANIE ZASIĘGU ANALIZ PRZESTRZENNYCH

W pierwszym etapie należy określić zasięgi terenów przeznaczonych pod zabudowę. Podstawą jest rysunek planu załączony do SUiKZP (2013). W przypadku gminy Nadarzyn autorzy studium wyróżnili siedem typów liniowych wydzieleń o charakterze infrastrukturalnym, sześć rodzajów wydzieleń obszarowych o funkcji mieszkaniowej z ewentualnym połączeniem z usługami oraz trzy wydzienienia obszarowe z funkcjami wyłącznie produkcyjnymi, magazynowymi oraz usługowymi. Taki sposób zsyntetyzowania tła planistycznego był podstawą do dalszych porównań z wynikami analizy warunków geologiczno-inżynierskich.

Rozwiązania przestrzenne planu mogą być także rozpatrywane w celach studialno-metodycznych z warunkami geoodrodowskowymi z planszy A MGŚP (Kałus, Kapera, 2009; Kapera, Kruk, 2009). Ze zgeneralizowanych wydzieleń sposobu użytkowania terenu przedstawionych na

MGŚP wynika, że grunty orne w klasach I–IVA zajmują 29,8% powierzchni gminy, łąki na glebach pochodzenia organicznego 5,9%, a lasy 21,8%. Nie poddano waloryzacji terenów istniejącej zabudowy (15,1%). Na pozostałych warunki korzystne do planowania budownictwa wyznaczono na 15,7%, niekorzystne lub utrudniające budownictwo na 11,7% obszaru. Tymczasem w SUiKZP gminy Nadarzyn (Studium, 2013) możliwość zagospodarowania pozarolniczego i pozaleśnego przewiduje się na blisko 70% powierzchni gminy, na której są lub mogą być lokalizowane obiekty istniejącej lub potencjalnej zabudowy mieszkaniowej, usługowo-produkcyjnej oraz infrastrukturalnej. Polityka taka pozwala na dość znaczną elastyczność w kształtowaniu zindywidualizowanych rozwiązań zagospodarowania. Do określenia warunków geologiczno-inżynierskich nie wystarcza tu jednak waloryzacja podłoża budowlanego przedstawiona na planszach A MGŚP. Wyłącza się z niej bowiem (wg Instrukcji, 2005) tereny występowania złóż kopalin, wyrobisk i zwałowisk odpadów mineralnych, przyrodnicze obszary chronione, w tym nie tylko parki narodowe i rezerwy przyrody, ale także parki krajobrazowe, gdzie ograniczony zakres budownictwa jest dopuszczalny, tereny leśne i rolne w klasie I–IVA oraz łąki na glebach pochodzenia organicznego, tereny zieleni urządzonej, rejonu zwartej zabudowy dużych aglomeracji, tereny międzywala oraz rezerwy archeologiczne i zabytkowe zespoły architektoniczne. Te ograniczenie przestrzenne oraz tylko dwa wydzielenia warunków podłoża budowlanego (korzystne oraz niekorzystne – utrudniające budownictwo) są uzasadnione koniecznością przyjęcia jednolitych kryteriów oceny dla całego kraju (1085 arkuszy). W przypadku gminy Nadarzyn rekomendacje dla budownictwa w SUiKZP przekraczają powierzchniowo ponad 2,5-krotnie większy obszar niż zwaloryzowany na MGŚP, co jest spowodowane głównie planowaniem rozwoju osadnictwa na terenach rolnych, oraz jego kontynuacją na istniejących obszarach zabudowy, w tym objętych również opieką konserwatorską. Warto zwrócić uwagę, że porównanie planistycznego oraz geoodrodowskowego punktu widzenia (Dobak, 2002; Dobak, Pinińska, 2003) pozwala rozważyć ewentualne korekty zapisów planistycznych zmierzające w kierunku ograniczenia zamierzeń zagospodarowania budowlanego na terenach o zasobach przyrodniczych stosunkowo łatwo dostępnych, lecz mających istotne walory określane jako ubikwitety. Ich wartość jest niekiedy szacowana jako tzw. usługi ekosystemów, często w szerszym niż dla obszaru gmina kontekście przestrzennym.

KRYTERIA OCENY WARUNKÓW GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH

Podstawą określenia warunków geologiczno-inżynierskich są kryteria: litogenetycznych właściwości gruntów, położenia wód gruntowych, charakterystyki procesów geodynamicznych w powiązaniu z klasyfikowaniem spadków terenu, a także problematyka antropogenicznych przekształceń. Istnieją w tej dziedzinie liczne klasyfikacje i sposoby metodyczne, jednakże dobór rozwiązania waloryzacyjnego powinien być zawsze dostosowany do specyfiki analizowanego terenu i wynikających stąd ewentualnych modyfikacji metod.

Na terenie gminy Nadarzyn nie występują zagrożenia procesami geodynamicznymi, a spadki powierzchni terenu nie przekraczają 2%. Na potrzeby waloryzacji geologiczno-inżynierskiej liczne wydzielenia litogenetyczne z SMGP zgeneralizowano, wprowadzając osiem grup uwzględniających istotne, różnicowanie zachowania gruntów jako podłoża budowlanego (tab. 1). Dominującymi przestrzennymi grupami genetycznymi są: utwory glacialne zlodowacenia warty, wykształcone jako gliny zwałowe, piaski wodnolodowcowe i glacialne oraz ropy i mułki warwowe. Lokalnie w południowej części występują w formie kry ropy pliocenijskie. Cały teren jest pocięty siecią obniżeń dolinnych wypełnionych najczęściej aluwiami i deluwiami piaszczystymi z domieszkami organicznymi lub spoistymi, a w niektórych miejscach namułami i torfami. Zarówno na gruntach glacialnych, jak i aluwialnych występują miejscami niewielkie pola piasków eolicznych. Powierzchniowy udział tych wydzielenia na obszarach przeznaczonych do zagospodarowania budowlanego w gminie ilustruje rycina 1.

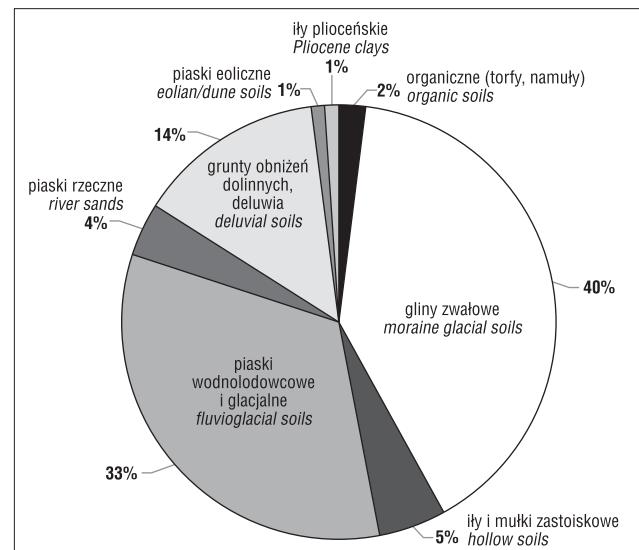
Drugim czynnikiem wpływającym znacząco na warunki prowadzenia prac budowlanych oraz eksploatacji obiektów jest położenie zwierciadła wody gruntowej poniżej powierzchni terenu.

Tab. 1. Litogeneza utworów powierzchniowych wg SMGP oraz ich grupowanie na potrzeby waloryzacji geologiczno-inżynierskiej
Table 1. Lithology and origin of soils in Detailed Geological Map and their sorting for engineering-geological characteristics

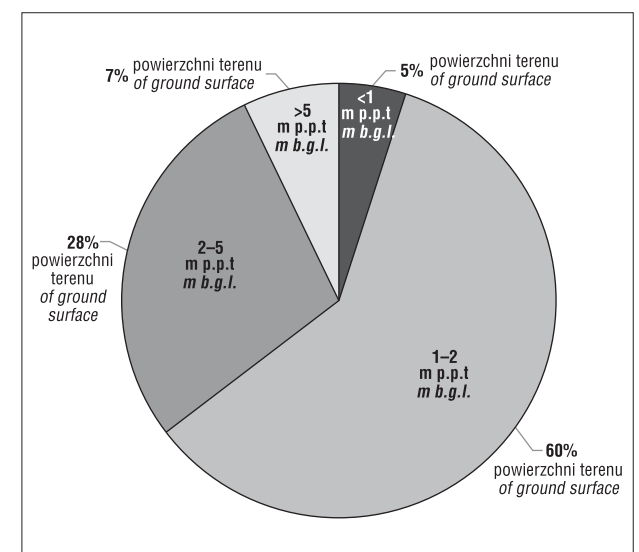
Nazwy zgeneralizowanych wydzieleni gruntów do celów planistycznych <i>Names of generalized groups of deposits for spatial planning analysis</i>	Symbole litogenetycznych wydzieleni wg SMGP <i>Symbols of litho-genetic deposits on Detailed Geological Map</i>
grunty organiczne (torfy, namuły) <i>Organic soils</i>	(t _{Q_h}), (v _n Q _h), (m _t Q _h)
Grunty obniżeń dolinnych deluwia <i>Deluvial soils</i>	(p _h Q _h), (p _h ^{li} Q _h), (^d Q),
Piaski eoliczne <i>Eolian/dune soils</i>	(^e Q), (^w Q)
Piaski rzeczne <i>River sands</i>	(_{v/p} Q _h), (_p Q ₄ ^t)
Ropy i mułki zastoiskowe <i>Hollow soils</i>	(p _{h/i} Q _h), (p _h ^{ili} Q _h), (p _i ^{fg3} Q _{p3} ²), (p _{m/i} ^{fg2} Q _{p3} ²), (p _{m/i} ^{fg} Q _{p3} ²), (g _{m/i} ^{fg} Q _{p3} ²), (p _i ^{fg1} Q _{p3} ²), (i ₁ Q _{p3} ²)
Piaski wodnolodowcowe i glacialne <i>Fluvioglacial soils</i>	(p _{h/m} ^{li} Q _h), (p _h ^{fg3} Q _{p3} ²), (p _m ^{fg3} Q _{p3} ²), (p _m ^{fg2} Q _{p3} ²), (p _{m/m} ^{fg2} Q _{p3} ²), (p _k ^{fg2} Q _{p3} ²), (m ₁ ^{fg} Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²)
Gliny zwałowe <i>Moraine glacial soils</i>	(p _{h/g} Q _h), (p _{h/g} ^{li} Q _h), (^{e/g} Q), (^z Q), (^{z/g} Q), (p _h ^{fg3} Q _{p3} ²), (p _m ^{fg2} Q _{p3} ²), (m ₁ ^{fg} Q _{p3} ²), (k ₁ ^{fg} Q _{p3} ²), (p _m ^z Q _{p3} ²), (g ₁ ^{fg} Q _{p3} ²), (p _h ^{fg1} Q _{p3} ²), (g ₁ ^{fg} Q _{p3} ²)
Ropy pliocenijskie <i>Pliocene clays</i>	(p ₁ Q)

Stratygrafia: Q_h – holocen, ^eQ, ^wQ – holocen, piaski eoliczne, ^zQ i ^dQ – holocen, eluwia, deluwia; Q_{p4} – plejstocen, zlodowacenie północnopolskie, Q_{p3}² – plejstocen, zlodowacenie środkowopolskie, stadiał warty, Q_{p3}¹ – plejstocen, zlodowacenie środkowopolskie, stadiał maksymalny; p₁Q – pliocen
 Stratigraphy: Q_h – Holocene, ^eQ, ^wQ – Holocene, eolian/dune soils, ^zQ and ^dQ – Holocene, deluvial soils; Q_{p4} – Pleistocene, North Poland glaciation, Q_{p3}² – Pleistocene, Central Poland glaciation, warty stadial, Q_{p3}¹ – Pleistocene, Central Poland glaciation, maximum stadial; p₁Q – Pliocene

Izobaty przedstawione na podstawie opracowania MHP plansza PPW-WH pozwoliły na dokonanie w technologii GIS bilansu ilościowego głębokości występowania zwierciadła wody gruntowej, co ma istotne znaczenie dla warunków posadowienia obiektów budowlanych. (ryc. 2). Dane hydrogeologiczne w ocenie warunków geologiczno-inżynierskich należy traktować jako szybkozmienne w czasie i powinno się przyjmować opcje bardziej niekorzystne, a więc uwzględniające najwyższe w roku stany tych wód. Ma to na celu m.in. ocenę konieczności wprowadzania izolacji przeciwwilgociowych fundamentów, warunków eksploatacji przyziemia obiektów (np. garaży), a także potrzeby ewentualnych odwodnień lub zabezpieczeń wykopów w trakcie prowadzenia robót budowlanych. W toku dokumentowania geologiczno-inżynierskiego zwraca się uwagę na możliwe



Ryc. 1. Procentowy udział zgrupowanych wydzieleni litogenetycznych gruntów na terenach przeznaczonych do zabudowy w gminie Nadarzyn
Fig. 1. Percentage of different litho-genetic groups in areas allowed to housing in Nadarzyn commune



Ryc. 2. Udział procentowy powierzchni terenów gminy Nadarzyn przeznaczonych do zabudowy względem głębokości pierwszego poziomu wodonośnego
Fig. 2. The depth of first groundwater level in areas allowed to housing in Nadarzyn commune

wahania poziomu wód, których świadectwem są np. strefy zażelazienia, zauważalne w profilach gruntowych. Uwzględnienie tego rodzaju informacji pozwala skorygować obserwacje poziomu wód gruntowych pozyskane w trakcie wierceń wykonywanych w okresach suchych. Należy podkreślić, że przebieg hydroizobat przedstawiany w opracowaniu MHP jest schematyczny, oparty na małej liczbie obserwacji. W efekcie miejscom występowania utworów glacialnych w tym glin zwałowych lub innych utworów zastoiskowych przyporządkowano głębokość pojawiania się wód gruntowych, analogiczną jak w sąsiadujących piaskach wodnolodowcowych i aluwialnych. Interpretacja taka z punktu widzenia geologicznego jest nieuzasadniona przy klasyfikowaniu warunków dla budownictwa i może być obciążona nadmiernym zapasem bezpieczeństwa. Bez lokalnych i prowadzonych w różnych porach roku obserwacji nie da się jednak zweryfikować możliwości występowania sączeń, czy też gromadzenia się wód w wykopach fundamentowych. Stąd przyjęto w dalszych analizach GIS obraz z MHP, a późniejsza korekta interpretacyjna zostanie zasygnalizowana w syntetycznym obrazie przestrzennym warunków geologiczno-inżynierskich.

Zaproponowana generalizacja litogenetyczna oraz wstępne określenie zagrożeń związanych z wodami gruntowymi pozwoliły na sformułowanie kryteriów 4-klasowej oceny warunków geologiczno-inżynierskich (tab. 2). Usytuowanie gruntów w profilu, ich geneza oraz kontakty z płytko występującymi wodami podziemnymi rzutują także na prawdopodobny stan tych gruntów (stopień pla-

styczności lub zagęszczenia), mający istotne znaczenie dla oceny podłoża budowlanego. Informacji tych nie można uzyskać bezpośrednio z map geologicznych lecz przyjmuje się na podstawie porównywalnych doświadczeń oraz genezy gruntów i ich położenia. Wysoce prawdopodobne jest założenie, że piaski aluwialne oraz eoliczne występują w stacjach luźnych $I_D < 0,33$, natomiast starsze piaski wodnolodowcowe i glacialne są średniozagęszczone, a nawet zagęszczone. Grunty spoiste w stanie plastycznym mogą występować w utworach zastoiskowych, madach ciężkich oraz w formacji iłów plioceńskich, gdy w obniżeniach ich stropu gromadzi się woda. Położone na wysoczyźnie morenowej gliny zwałowe są zazwyczaj półzwarłe lub twardoplastyczne. Lokalnego przechodzenia w stan plastyczny można się spodziewać w obniżeniach i strefach ułatwionej migracji wód (przewarstwienia piaszczyste). Właściwości podłoża morenowego, których zachowanie wskazuje na pewną prekonsolidację (przeciążeniową lub strukturalną związaną z tworzeniem się więzi cementacyjnych w osadzie), są i tak lepsze niż nieskonsolidowanych, wrażliwych strukturalnie utworów zastoiskowych. Aspekty te uwzględniono w kryteriach klasyfikacyjnych przedstawionych w tabeli 2.

Przestrzenna ocena warunków geologiczno-inżynierskich jest oparta na „zasadzie bezpieczeństwa”, według której jeśli na analizowanym fragmencie terenu uzyskuje się zróżnicowane rezultaty klasyfikacji w poszczególnych kryteriach (np. litogenezie gruntów oraz stosunkach wodnych), jako końcowy wynik przyjmuje się klasę wyznaczoną wg kryterium wskazującego gorsze warunki (Glazer i in., 1974; Liszkowski, 1974; Dobak, 2005).

Tab. 2. Kryteria klasyfikacji geologiczno-inżynierskiej na potrzeby planowania przestrzennego w gminach
Table 2. The criteria of engineering-geological classification for communes spatial planning

Kryteria Criterion	Grupy litogenetyczne gruntów Litho-genetic groups of soils	Przydatność dla budownictwa Usefulness for civil engineering			
		I dobra good	II przeciętna average	III ograniczona limited	IV niekorzystna unfavorable
(g) Litogeneza i stan (plastyczność/zagęszczenie) gruntów Litho-genetic and plasticity/density of soils	grunty organiczne organic soils	–	–	$I_L < 0$	$I_L \geq 0$
	grunty obniżeń dolinnych i deluwia valley and deluvial soils	–	–	$0,33 < I_D \leq 0,67$ $I_L \leq 0,25$	$I_D \leq 0,33$ $0,25 < I_L \leq 0,50$
	piaski eoliczne eolian sands	–	–	$I_D \leq 0,33$	–
	piaski rzeczne river sands	–	$0,33 < I_D \leq 0,67$	$I_D \leq 0,33$	–
	iły i mułki zastoiskowe hollow clays and muds	–	$I_L \leq 0,25$	$0,25 < I_L \leq 0,50$	–
	piaski wodnolodowcowe i glacialne fluvioglacial and glacial sands	$I_D > 0,33$	$I_D \leq 0,33$	–	–
	gliny zwałowe glacial tills	$I_L \leq 0,25$	$0,25 < I_L \leq 0,50$	–	–
iły plioceńskie Pliocene clays	–	$I_L \leq 0,25$	$0,25 < I_L \leq 0,50$	–	
(w) Wody gruntowe Groundwater	głębokość do wody gruntowej the depth to the ground water [m]	>5	2–5	1–2	<1
(p) Procesy geodynamiczne Geodynamical process	możliwość występowania possible occurrence	nie not	nie not	małe prawdopodobieństwo little possibility	prawdopodobne average and high possibility

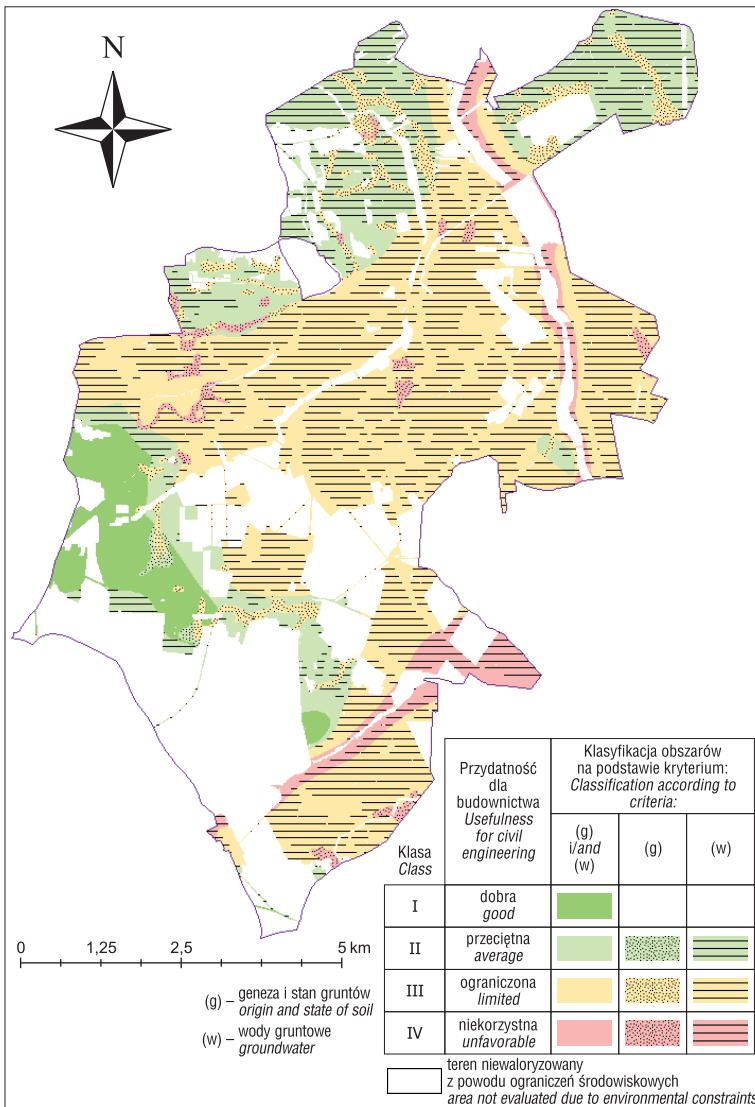
APLIKACJE PRZESTRZENNYCH ORAZ ILOŚCIOWYCH DANYCH GIS

Przetwarzanie danych w technologii GIS pozwala na prezentację przestrzenną oraz analizę ilościową uzyskiwanych rozwiązań (Harder, 2011). Na rycinie 3 przedstawiono ocenę terenów, korzystając z oznaczeń barwnych oraz szrafur. Kombinacja tych oznaczeń daje dodatkową informację o kryteriach podejmowania decyzji o klasyfikowaniu danego wydzielenia przestrzennego:

– na terenach zaznaczonych barwą bez dodatkowych szrafur podstawą do oceny warunków geologiczno-inżynierskich była zgodność klasy (I, II, III lub IV) przydatności do budownictwa na podstawie kryterium litogenetycznego gruntów oraz głębokości występowania wód (por. tab. 2);

– w miejscach wskazanych szrafurą występowała niezgodność ocen wg rozpatrywanych kryteriów i podstawą do określenia zgeneralizowanej klasy warunków geologiczno-inżynierskich (barwa) był czynnik (szrafura) pogarszający te warunki.

Zatem:



Ryc. 3. Uwarunkowania klasyfikacji geologiczno-inżynierskiej terenów przeznaczonych do zabudowy w gminie Nadarzyn

Fig. 3. Conditioning of engineering-geological classification for building sites in Nadarzyn commune

– szrafurą z poziomych kresek oznaczono obszar wskazujący, że czynnikiem pogarszającym ocenę i decydującym o klasie warunków geologiczno-inżynierskich były stosunki wodne. Domyślnie w miejscach tych czynnik litogenetyczny pozwalałby na wyższe ich zaklasyfikowanie;

– z kolei szrafurą z kropek zaznaczono obszary o gorszych uwarunkowaniach wynikających z litogenezy i stanu gruntów, natomiast głębokość zwierciadła wody wskazuje na lepsze warunki niż zaznaczono to barwą.

Przyjęty sposób ilustracji atrybutów wydzieleni przestrzennych umożliwił rozszerzone przedstawienie informacji o zestandaryzowanych uwarunkowaniach geologiczno-inżynierskich w każdym rozpatrywanym miejscu.

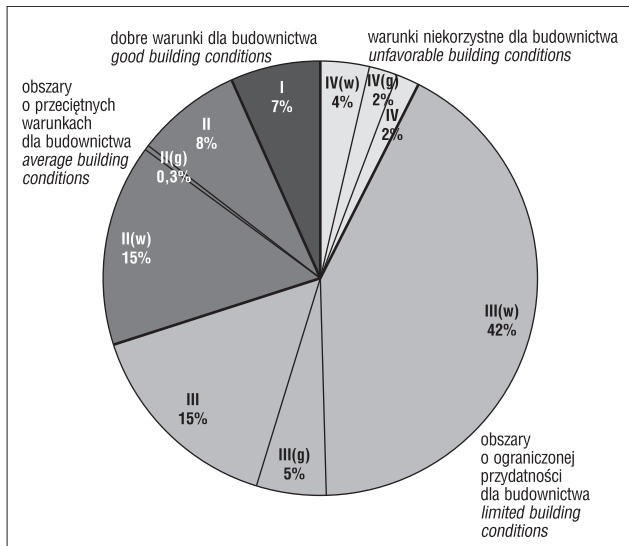
W efekcie omawianych relacji uzyskujemy 10 wydzieleni waloryzacyjnych możliwych do przedstawienia na mapie. Pozwala to na uzupełnienie i skorygowanie charakterystyki wynikającej z podstawowych reguł 4-stopniowej klasyfikacji. Wspomniana wyżej „zasada bezpieczeństwa” spowodowała na przykład „nadreprezentację” ocen ograniczonej przydatności dla budownictwa (klasa III). Było to w wielu miejscach efektem zaniżenia klasy wynikającym

z implementacji schematycznej mapy hydroizobat. Na przykład w centralnej części gminy są wskazywane utrudnione warunki dla budownictwa (III) spowodowane przyjęciem płytkiego położenia wód gruntowych. Czynnik ten jest szybkozmienny i może być znacząco zależny od intensyfikacji zagospodarowania (obniżenie zwierciadła wód gruntowych w terenach o rozwiniętej podziemnej infrastrukturze). Zgeneralizowany obraz hydroizobat w MHP nie uwzględnia też występowania utworów słabo-przepuszczalnych, np. glin zwałowych, których miąższość jest nieznana, a rola ewentualnego występowania niżej leżących wód o charakterze naporowym – hipotetyczna. Tak więc tereny o klasie III (barwa żółta) z zaznaczonymi potencjalnie płytkim położeniem wód gruntowych (szrafura z linii poziomych) mogą być z dużym prawdopodobieństwem usytuowane w ocenie pomiędzy klasą III i II.

Zastosowanie szrafur pozwala także na zindywidualizowane opiniowanie z uwzględnieniem zróżnicowania wag czynników. Tam gdzie obniżenia klasyfikacji terenu dokonano na podstawie szacowania głębokości położenia wód gruntowych, podniesienie klasy oceny przy realizacji inwestycji jest bardziej prawdopodobne niż w przypadku klasyfikacji, w której czynnikiem decydującym były litogenetyczne uwarunkowania gruntowe.

Technologia GIS umożliwia automatyczne sporządzanie bilansów kreowanych wydzieleni i dokonywanie rozmaitych porównań. Na rycinie 4 przedstawiono udział powierzchniowy dziesięciu omawianych wyżej wydzieleni waloryzacyjnych na obszarach przeznaczonych w SUKiZP gminy Nadarzyn do zagospodarowania budowlanego oraz infrastrukturalnego.

Interesującym aspektem jest porównanie rezultatów zaproponowanych w niniejszym opracowaniu ocen warunków geologiczno-inżynierskich



Ryc. 4. Procentowy udział rozszerzonych klas warunków geologiczno-inżynierskich na terenach przeznaczonych do zabudowy w gminie Nadarzyn

Fig. 4. Percentage of extended engineering-geological condition-class of areas allowed to housing in Nadarzyn commune

skich na 27,4% obszaru gminy, które zostały objęte waloryzacją podłoża budowlanego, przeprowadzoną na MGŚP oraz 70% powierzchni gminy, na której dopuszcza się wg SUiKZP różne formy zagospodarowania budowlanego. W klasach obszarów o niekorzystnych i przeciętnych warunkach dla budownictwa oceny te są w ilościowym udziale bardzo do siebie zbliżone. Różnica występuje w ocenach dobrych oraz ograniczonej przydatności. Rozszerzenie obszaru waloryzacji wynikające z zapisów SUiKZP spowodowało ok. 2-krotne zmniejszenie udziału terenów klasyfikowanych jako dobre i ok. 20% zwiększenie udziału terenów o ograniczonej przydatności dla budownictwa. Porównanie to pokazuje, że oszczędna pod względem zajmowanej powierzchni rekomendacja terenów potencjalnej zabudowy, wynikająca z ograniczeń geosrodowiskowych (MGŚP), umożliwiła wskazanie nieco lepszych do zabudowy terenów niż znacząco rozszerzone przestrzennie wskazania SUiKZP.

Na rycinie 5 przedstawiono sklasyfikowaną ocenę warunków geologiczno-inżynierskich na tle grup obszarów rekomendowanych w SUiKZP do zabudowy mieszkaniowej, funkcji usługowo-produkcyjnych oraz istniejącej i planowanej infrastruktury. Ten przestrzenny obraz ilustruje znaczne zróżnicowanie warunków geologiczno-inżynierskich terenów do zabudowy pokazanych w SUiKZP.

Szczególny niepokój budzi fakt, że aż na 8% tej powierzchni warunki dla budownictwa oceniono jako niekorzystne. Blisko 30% terenów posiada warunki geologiczno-inżynierskie korzystne oraz przeciętne. Wyniki tej klasyfikacji stanowią więc mogą przesłankę w ukierunkowaniu bilansu terenów przeznaczonych do dalszego inwestowania.

WNIOSKI

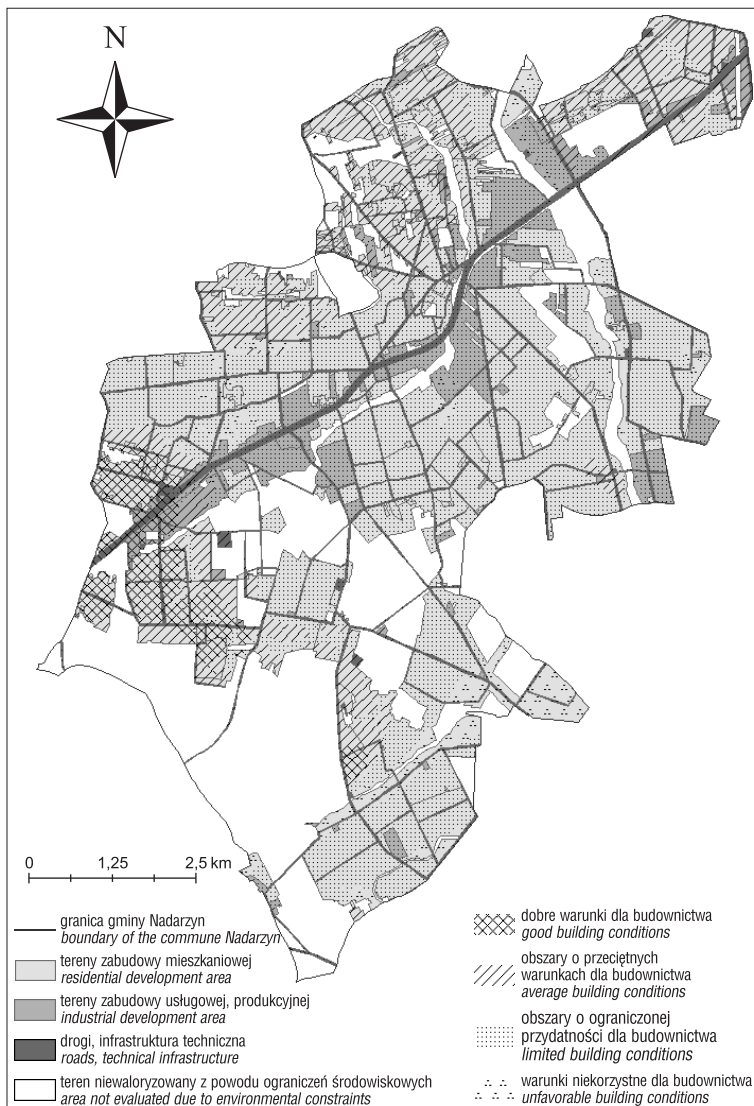
1. Przedstawiona analiza potwierdza możliwość wykorzystania geologicznych materiałów kartograficznych w skali 1 : 50 000 na potrzeby waloryzowania geologiczno-inżynierskiego terenów wskazanych do zabudowy w SUiKZP gminy. Metodyka takiej analizy jest niskonakładowa, ale umiejętne wykorzystanie istniejących materiałów wymaga odpowiednich doświadczeń potwierdzonych, podobnie jak w przypadku opracowań planistycznych, systemem geologicznych uprawnień zawodowych oraz procedurą merytorycznych ocen opracowań.

2. Uzyskane wyniki mogą być podstawą do wskazania miejsc, gdzie należałoby dokonać uszczegółowienia danych, przez włączenie analiz opartych na innych istniejących dokumentacjach (np. geologiczno-inżynierskich) lub opracowaniach, a także prowadzenia wizji terenowych



Ryc. 5. Ocena geologiczno-inżynierskich warunków dla budownictwa na tle sposobów planowanego zagospodarowania w gminie Nadarzyn

Fig. 5. Evaluation of engineering-geological usefulness for building on the background of planned development in Nadarzyn Commune



z płytką prospekcją, w celu rozstrzygnięcia ewentualnych wątpliwości.

3. Zaproponowana metodyka klasyfikacji wydaje się być adekwatna dla terenów o prostych i złożonych warunkach gruntowo-wodnych. Natomiast w przypadku skomplikowanych warunków (występowanie procesów geodynamicznych, oddziaływań górniczych, w obszarach szczególnych zagrożeń powodziowych) niezbędne jest dokumentowanie geologiczno - inżynierskie ukierunkowane na problematykę zagospodarowania przestrzennego.

4. Wartościowym narzędziem w pracach analitycznych jest zastosowanie wybranych technik analiz danych, jakie oferuje oprogramowanie GIS. Należy przede wszystkim wymienić kreowanie elementarnych wydziałów przestrzennych o zdefiniowanych jakościowo atrybutach, analizowanie ich wzajemnych relacji poprzez operacje oparte na algebrze zbiorów, dokonywanie optymalnych syntez oraz określanie ilościowych charakterystyk. Narzędzia te umożliwiają modyfikację przyjmowanych kryteriów dla syntetycznych klasyfikacji.

5. Przedstawiony przykład metodyczny nawiązuje do nowych zadań związanych z ustawowymi nowelizacjami planowania przestrzennego, akcentującymi konieczność oszczędnego bilansowania terenów przeznaczonych do zabudowy. Bilans ten powinien uwzględniać m.in. przegląd warunków gruntowo-wodnych i waloryzację geologiczno-inżynierską w odniesieniu do istniejących zapisów planistycznych w perspektywie ich reambulacji oraz korekt.

Autorzy składają podziękowania recenzentom: Pani prof. Beacie Hejmanowskiej oraz Panu dr. Zbigniewowi Frankowskiemu. Zasygnalizowane uwagi pozwoliły na wprowadzenie szerszego kontekstu źródeł przydatnych w opracowaniach planistycznych.

LITERATURA

DOBAK P. 2002 – Środowiskowa problematyka geologiczno-inżynierska w planowaniu przestrzennym. *Prz. Geol.*, 50 (10/2): 924–928.
 DOBAK P. 2005 – Waloryzacja geologiczno-inżynierska dla potrzeb zagospodarowania przestrzennego. *Problemy ocen środowiskowych*, 4 (31): 51–59.
 DOBAK P., PINIŃSKA J. 2003 – Zagrożenia geologiczno-inżynierskie jako element planowania przestrzennego. *Proc. Intern. Conf. dedicated to the 120 anniversary of Geography at Lviv University: Modern problems and tendencies of the geography science development*. Lviv, September 24–26, 2003: 61–69.

GLAZER Z., KOWALSKI W.C., ŁOZIŃSKA-STĘPIEŃ H. (red.) 1974 – Atlas geologiczno-inżynierski miasta Słucka w skali 1 : 10 000. *Wyd. Geol.*, Warszawa.
 HARDER Ch. 2011 – *Understanding GIS: An ArcGIS Project Workbook*, Esri Press.
 INSTRUKCJA sporządzania Mapy warunków geologiczno-inżynierskich w skali 1 : 10 000 i większej dla potrzeb planowania przestrzennego w gminach. *Min. Środ., Państw. Inst. Geol.*, 1999.
 INSTRUKCJA opracowania Mapy Geośrodowiskowej Polski. *Min. Środ., NFOŚiGW, Państw. Inst. Geol.*, 2005.
 KAŁUS D., KAPERA H. 2009 – Mapa Geośrodowiskowa Polski plansza A w skali 1 : 50 000, arkusz Grodzisk Mazowiecki wraz z objaśnieniami, *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
 KAPERA H., KRUK L. 2009 – Mapa Geośrodowiskowa Polski plansza A w skali 1 : 50 000, arkusz Raszyn wraz z objaśnieniami, *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
 KONDRACKI J. 2002 – Regionalizacja fizycznogeograficzna Polski. *PWN*, Warszawa.
 LISZKOWSKI J. (red.) 1974 – *Objaśnienia do atlasu inżyniersko-geologicznego miasta Słucka skala 1 : 10 000*. *Wyd. Geol.*, Warszawa.
 LITWIŃSKA E. 2010 – Modelowanie struktur metropolitalnych w aspekcie zjawiska Urban Sprawl. *Czas. Tech. Architektura*, *Wyd. PKrak.*, Kraków.
 MIANOWSKI Z. 1997a – Mapa Hydrogeologiczna Polski. Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika, 1 : 50 000, arkusz Grodzisk Mazowiecki. *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
 MIANOWSKI Z. 1997b – Mapa Hydrogeologiczna Polski. Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika, 1 : 50 000, arkusz Raszyn. *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
 ROZPORZĄDZENIE Ministra Infrastruktury z dnia 28 kwietnia 2004 r. w sprawie zakresu projektu studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy. *Dz.U.* z 2004 r nr 118, poz.1233.
 ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. *Dz.U.* z 2016 r. poz. 2033.
 STUDIUM uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Nadarzyn, 2013 r. Tom I – Uwarunkowania oraz załącznik graficzny w skali 1 : 10 000. Tom II – Kierunki zagospodarowania przestrzennego oraz załącznik graficzny w skali 1 : 10 000.
 SARNACKA Z. 1976 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Raszyn wraz z objaśnieniami. *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
 SZALEWICZ H. 1985 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Grodzisk Mazowiecki wraz z objaśnieniami. *Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
 USTAWA z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. *Dz.U.* z 2003 nr 80, poz. 717 z późn. zm.
 WYTYCZNE techniczne GIS-4: Mapa Sozologiczna Polski skala 1 : 50 000 w formie analogowej i numerycznej. *Główny Urząd Geodezji i Kartografii*. Warszawa 2005.
 ZASADY dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla celów likwidacji kopalń. *Min. Środ.*, 2009.
 ZASADY dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla potrzeb rekultywacji terenów zdegradowanych. *Inst. Tech. Bud., Państw. Inst. Geol.-PIB*, Warszawa 2012.