

PRZESTRZENNA OCENA PERSPEKTYW SUROWCOWYCH OBSZARU KRAKOWSKIEGO (PÓŁNOCNO-ZACHODNIA CZĘŚĆ WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO)

SPATIAL EVALUATION OF THE MINERAL DEPOSIT PROSPECTIVES FOR KRAKÓW REGION (NW PART OF THE MAŁOPOLSKA VOIVODESHIP)

Barbara Radwanek-Bąk – Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, Kraków

Jacek Koźma – Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, Wrocław

W artykule przedstawiono wyniki kartograficznej analizy geologiczno-środowiskowych i planistycznych uwarunkowań zagospodarowania, wydzielonych jednostek geologiczno-złożowych w obszarze położonym na zachód od Krakowa. Znajduje się on we fragmencie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, Kotliny Oświęcimskiej i brzeżnej strefy Pogórza Wielickiego.

W regionie tym występuje szereg znaczących, z punktu gospodarczego, złóż związanych z jurajskimi i paleozoicznymi utworami monokliny śląsko-krakowskiej, neogeńskimi utworami zapadliska przedkarpackiego, karpackimi utworami fliszowymi serii śląskiej i podśląskiej oraz czwartorzędowymi utworami dolin rzecznych. Jednocześnie znaczne fragmenty obszaru objęte są zróżnicowanymi, pod względem rangi, obiektami ochrony przyrody ożywionej oraz poddawane są silnej presji zabudowy terenu, trwale wykluczającej inne funkcje użytkowania.

Zaprezentowano metodę wartościowania stanu zagospodarowania omawianego terenu, z zastosowaniem podziału obszaru na równopowierzchniowe pola oceny, przeprowadzonego z zastosowaniem technik GIS. Wyniki zostały skonfrontowane z wydzieleniami jednostek geologiczno-złożowymi, co w efekcie końcowym umożliwiło wskazanie obszarów predysponowanych dla inwestycji górniczych, spełniających kryteria zrównoważonego rozwoju.

The paper deals with the results of the analysis of the geological-environmental mapping and land development conditions of the selected geological-mineral deposits units in the region west of Kraków. The discussed area is located in the part of the Kraków-Częstochowa Upland, the Oświęcim Basin and the border zone of Wielickie Foothills.

From the economical point of view there are many important mineral deposits which are related to the Jurassic and Paleozoic rocks of Krakow-Silesia monocline, Neocene deposits of the Carpathian Foredeep, the Silesian and under Silesian series of the Carpathian flysch as well as Quaternary river deposits. The considerable parts of the discussed area are covered by the various types of nature protection zones and strong building development – the factors which eliminate other options for land use.

The valuation method of the state of land development, based on the equal-surface valuation areas using of the GIS methods has been presented. The obtained results have been compared with the geological-mineral deposits units. The analysis allowed the indication of the areas predisposed towards mining activity which fulfills the sustainable development criteria.

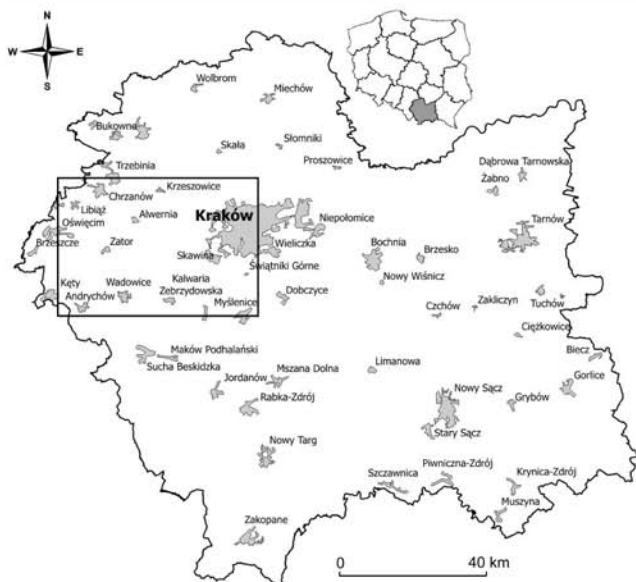
Wstęp

Ocena perspektyw surowcowych stanowi jedno z istotnych zagadnień związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa surowcowego kraju oraz jego rozwoju gospodarczego – tak w bliskiej, jak i dalszej skali czasowej. Ocena taka powinna być dokonywana zarówno w skali ogólnokrajowej, jak i regionalnej, a nawet lokalnej.

Oszacowanie perspektyw surowcowych dokonywane powinno być zarówno w aspekcie wielkości spodziewanych zasobów poszczególnych rodzajów kopalin, jak i ich przestrzennego rozmieszczenia. Obydwa te elementy są niezbędne dla planowania strategii rozwoju gospodarczego, oraz właściwego zarządzania i wykorzystania przestrzeni. Aspekt wykorzystania przestrzeni wiąże się ściśle z problemem zapewnienia dostępności terenów rokujących perspektywy surowcowe dla gospodarczego wykorzystania kopalin teraz i w przyszłości. Dotyczy w zasadniczej mierze (choć nie tylko) kopalin przeznaczonych do eksploatacji odkrywkowej, a związany jest z koniecznością pogodzenia różnych sposobów zagospodarowania powierzchni ziemi (przestrzeni), a w przypadkach konfliktowych – ustalenia

priorytetów jej zagospodarowania.

W tej sytuacji celowe wydaje się przeprowadzenie oceny relacji położenia wybranych komponentów środowiska naturalnego oraz obszarów o określonym sposobie użytkowania względem obszarów, które można uznać za perspektywiczne dla występowania i zagospodarowania złóż kopalin. Narzędziem takiej analizy jest system informacji przestrzennej, który umożliwia pozyskiwanie, przetwarzanie i udostępnianie danych, w których zawarta jest informacja przestrzenna (położenie geograficzne) i opisowa o analizowanych obiektach. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki takiej analizy przeprowadzonej w wybranym, testowym obszarze znajdującym się we fragmencie województwa małopolskiego i niewielkim fragmencie województwa śląskiego, położonym na zachód od Krakowa (rys. 1). W nawiązaniu do seryjnych map geologicznych, geośrodowiskowych i hydrogeologicznych Polski w skali 1:50 000, obejmuje on sześć arkuszy tych map: Kraków, Krzeszowice, Chrzanów, Wieliczka, Myślenice i Wadowice. Charakteryzuje się on zróżnicowaną morfologią, skomplikowaną budową geologiczną i bogatym inwentarzem skalnym. Liczne z występujących tu kopalin skalnych były i są aktualnie



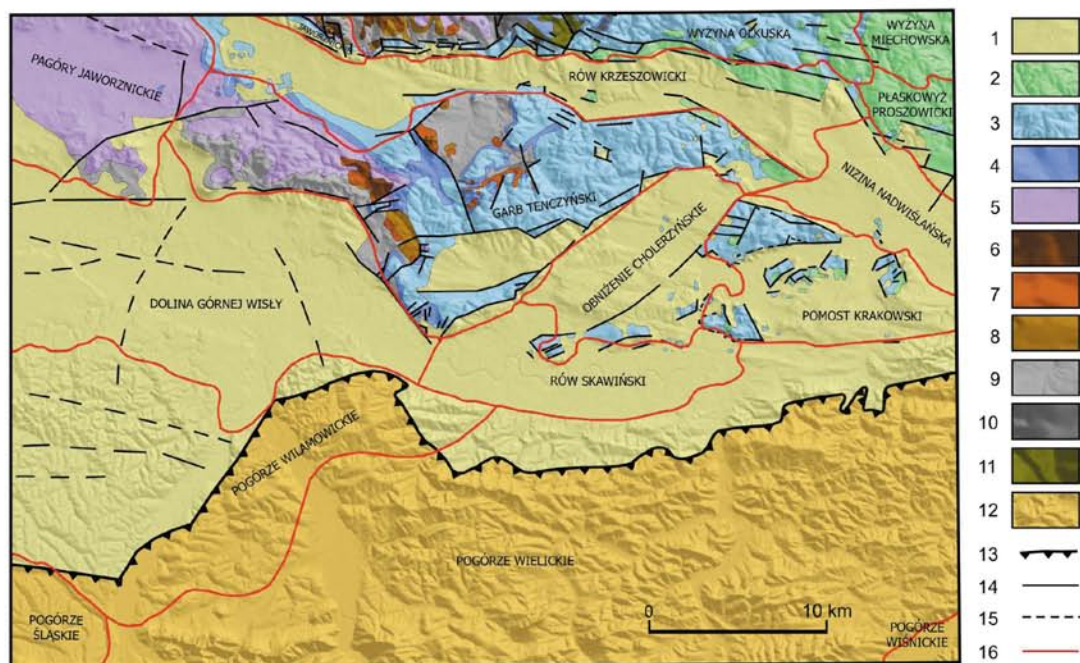
Rys. 1. Położenie omawianego obszaru
Fig. 1. Location of the discussed area

wykorzystywane gospodarczo, głównie na potrzeby budownictwa i drogownictwa aglomeracji krakowskiej i śląskiej, a niektóre również w bardziej oddalonych regionach kraju. Obszar krakowski posiada równocześnie wysokie walory krajobrazowe i przyrodnicze, w znacznej części objęte prawną ochroną. Bliskość Krakowa i aglomeracji śląskiej powoduje zapotrzebowanie na tereny przeznaczone do zabudowy, co zwiększa wysoki już stopień antropopresji. Sytuacja ta rodzi konflikty związane z koniecznością współistnienia różnorodnych form wykorzystania przestrzeni, co zadecydowało o wyborze tego obszaru jako testowego dla analizy przestrzennej.

Ogólna charakterystyka fizycznogeograficzna obszaru

Pod względem fizycznogeograficznym omawiany obszar znajduje się na granicy dwóch prowincji: Wyżyny Polski (wyżyna Krakowsko-Częstochowska) w części północnej oraz Karpat (Zewnętrzne Karpaty Fliszowe) i (Północnego) Podkarpacia w części południowej. Jednostki te dzielą się na szereg mniejszych, zróżnicowanych morfologicznie i krajobrazowo (rys. 2). W obrębie zajmującej Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, która pod względem geologicznym jest rozległą płytą wapieni górn jurajskich wyróżnia się tu: Wyżynę Olkuską, Rów Krzeszowski i Garb Tenczyński. Wyżynę Olkuską buduje zwarty kompleks wapieni górn jurajskich z licznymi formami skałkowymi, a jej względna wysokość wynosi około 400 m n.p.m. Wyraźnie widoczny w morfologii terenu Rów Krzeszowski, który pod względem geologicznym jest trzeciorzędowym zapadliskiem tektonicznym, wypełnionym osadami miocenu i czwartorzędu, jest obniżony w stosunku do kuesty jurajskiej o blisko 200 m. Jego długość przekracza 30 km długości, a szerokość kilka kilometrów. Od południa graniczy on z tzw. Garbem Tenczyńskim, który jest zrębem tektonicznym o skomplikowanej budowie geologicznej. Opada on systemem uskoków ku południowi ku Dolinie Wisły, należącej już do Północnego Podkarpacia. Względne wysokości oscylują tu wokół 400 m n.p.m.

Północno-zachodni fragment analizowanego terenu zajmują Pagóry Jaworznickie będące szeregiem zrębów tektonicznych zbudowanych z wapieni triasowych tworzących widoczne w morfologii wzniesienia o wysokościach rzędu 300 m n.p.m. Fragment północno-wschodni należy do Wyżyny Miechowskiej i Płaskowyżu Proszowickiego. Wyżyna Miechowska jest w swej głównej części niekłą wypełnioną mało odpornymi na wietrzenie marglami kredowymi. Jej zachodnią granicę wyznacza pas



Rys. 2. Podział obszaru na mezoregiony na tle rzeźby terenu i odkrytej mapy geologicznej (na podstawie [3], zmodyfikowane), wiek utworów: 1 – trzeciorzęd (poza Karpatami), 2 – kreda, 3 – jura górna, 4 – jura środkowa, 5 – trias, 6 – perm, tufy, 7 – perm, skały wulkaniczne, 8 – perm, zlepienie myślachowickie i martwica karniowicka, 9 – karbon górny, 10 – karbon dolny, 11 – dewon, 12 – kreda, trzeciorzęd (Karpaty), 13 – brzeg nasunięcia Karpat, 14 – uskoki stwierdzone, 15 – uskoki przypuszczalne, 16 – granica mezoregionów

Fig. 2. Division of the area into the mezoregions against a background of terrain and uncovered geological map (Gradziński, 2009, modified), age of the rocks: 1- Tertiary (outside the Carpathians), 2 – Cretaceous, 3 – upper Jurassic, 4 – middle Jurassic, 5 – Triassic, 6 – Permian, tuffs, 7 – Permian, volcanic rocks, 8 – Permian, Myślachowice conglomerates and Karniowice calc-sinter, 9 – Upper Carboniferous, 10 – Lower Carboniferous, 11 – Devonian, 12 – Cretaceous, Tertiary (Carpathians), 13 – edge of the Carpathians thrust, 14 – proved faults, 15 – inferred faults 10 – mezoregions boundaries

twardych zbitych wapieni górn jurajskich, oddzielający ją od Wyżyny Olkuskiej. Położony na południe od Niecki Miechowskiej Płaskowyż Proszowicki opada ku południowi ku dolinie Wisły, tworząc kilkudziesięciu metrowej wysokości próg. Pod względem geologicznym wyróżnia się on obecnością zwartej pokrywy ilastych osadów miocenu, leżących na marglach kredowych. Powierzchnię terenu pokrywają utwory lessowe.

Na południe od pasa wyżyn, w centralnej części analizowanego obszaru znajduje się dolina Wisły. Pod względem fizycznogeograficznym dzieli się ona na tym obszarze na: dolinę Górnej Wisły (na zachodzie) i Bramę Krakowską (na wschodzie). Dolina Górnej Wisły stanowi środkowy fragment rozleglejszej Kotliny Oświęcimskiej. Dolina, której szerokość wynosi około 8 km, ma na tym odcinku charakter płaskodenny, z licznymi tarasami, zbudowanymi z sykich piaskowo-żwirowych osadów akumulacji rzecznej. Wisła tworzy tu liczne meandry i starorzecza. W okolicach Zatora i Oświęcimia w dolinie znajdują się liczne stawy hodowlane.

Brama Krakowska jest obszarem przejściowym między dwoma kotlinami: Oświęcimską i Sandomierską, na którym występuje szereg pojedynczych wystąpień wapieni górnej jury. Powierzchnię terenu pokrywa less lub gliny lessopodobne. Dzieli się ona na trzy mezoregiony: Obniżenie Cholerzyńskie, graniczący z nim od południa Rów Skawiński, pochodzenia tektonicznego, wypełniony osadami miocenu oraz tzw. Pomost Krakowski. Obniżenie Cholerzyńskie jest łukowato wygiętą równiną położoną na lewym obrzeżu doliny Wisły, okalającą zrębowe wzgórza Pomostu Krakowskiego, zbudowane z wapieni górnjurajskich, tworzących skałki lub widoczne w morfologii wzniesienia. Jego fragment - przewężenie doliny Wisły koło Tyńca jest interesującą formą morfologiczną.

Na południe od doliny Wisły rozciąga się pas pogórzy karpackich: na zachodzie Wilamowskiego, w centrum i części wschodniej - Wielickiego. Wierchowiny pogórzy pokrywają plejstoceńskie gliny, oraz osady żwirowo-piaskowe.

Cały omawiany teren cechuje duża gęstość zaludnienia i wysoki stopień zabudowy. Bliskość aglomeracji krakowskiej i katowickiej powoduje dużą presję na wykorzystanie powierzchni pod zabudowę i towarzyszącą jej infrastrukturę komunikacyjno-komunalną. Jest to zarazem region o rozwiniętym przemyśle, w tym wydobywczym oraz rolnictwie. Trwająca od wieków,

Tab. 1. Udokumentowane złoża kopalin na obszarze objętym badaniami

Tab. 1. Evidenced mineral deposit in the discussed area

Rodzaj kopaliny	Wiek kompleksu surowcowego	Ilość złóż	Status złóż		
			eksploatowane	zaniechane	rezerwowe
wapień	karbon	1	1		
dolomity	dewon	3	1	2	
dolomity	trias (dewon)	8	2	3	3
wapień	trias	5	1		4
trachity	karbon	1		1	
arkoza	karbon	1		1	
tufy i tufity	perm	1		1	
porfiry	perm	3	1	1	1
melafiry	perm	2		2	
diabazy	perm	1	1		
wapień	jura	6	1	4	1
piaskowce	kreda	1		1	
piaskowce	trzeciorzęd	2	1		1
iły/gliny ceramiki budowlanej	trzeciorzęd/czwartorzęd	12	1	8	3
piaski i żwiry	czwartorzęd	36	16	9	11

a wzmoczona w drugiej połowie XX wieku, antropopresja spowodowała istotne przekształcenia krajobrazu. Zachowane i znaczne mimo tego walory przyrodniczo- krajobrazowe terenu są prawnie chronione. Szczególne nagromadzenie obiektów ochrony przyrody znajduje się w części północnej obszaru. W jego granicach znajduje się fragment otuliny Ojcowskiego Parku Narodowego, kilka parków krajobrazowych (Dolinki Krakowskie, Dłubniański, Tenczyński Rudniański i Bielańsko-Tyniecki), tworzących Zespół Jurajskich Parków Krajobrazowych, obszar chronionego krajobrazu o tej samej nazwie, stanowiący zarazem otulinę ww. parków, kilkanaście rezerwatów przyrody oraz liczne pomniki przyrody i geostanowiska [13]. Wiele z wymienionych obszarów ochrony przyrody ożywionej wchodzi również w skład europejskiego systemu obszarów chronionych Natura 2000, które w części południowej obszaru zajmują rozległe doliny rzeczne. Obok elementów ochrony przyrody, w granicach omawianego terenu występują również obszary związane z ochroną uzdrowiskową i ochroną wód podziemnych (strefy ochronne ujęć, GZWP) oraz ochroną wód powierzchniowych, które są głównie zlokalizowane w jego części północno-wschodniej.

Zarys budowy geologicznej

Budowa geologiczna oraz inwentarz skalny okolic Krakowa są niezwykle urozmaicone. Jest to związane z położeniem tego obszaru na styku czterech jednostek strukturalnych: brzeżnej, wschodniej części zapadliska górnośląskiego, monokliny śląsko-krakowskiej, zapadliska przedkarpackiego i zewnętrznych Karpat fliszowych, o skomplikowanej historii geologicznej. Na powierzchni terenu ukazują się tu utwory obejmujące interwał czasowy od dewonu do czwartorzędu.

Północno-zachodni fragment terenu należy geologicznie do brzeżnej części zapadliska górnośląskiego, które jest najbardziej wysuniętą ku wschodowi częścią dużej, starej, paleozoicznej struktury regionalnej śląsko-morawskiej. Zapadlisko górnośląskie wypełniają utwory karbonu, w szczególności górnokarbońska seria węglonośna. Jego zasięg przestrzenny wyznaczają wychodnie skał karbońskich, zaś północno-wschodnią granicę – dyslokacje tektoniczne. W obrębie brzeżnej części tego zapadliska znajdują się wychodnie skał dewońskich oraz permskich

skał intruzywnych.

Monoklina Śląsko-Krakowska buduje całą północną część analizowanego obszaru. W rejonie Krakowa jej utwory tworzą tzw. rygiel krakowski, który dzieli położone na południe od niej zapadlisko przedkarpackie na dwie części- zachodnią i wschodnią. Efektem skrzyżowania obu struktur jest skomplikowana budowa geologiczna, charakteryzująca się obecnością licznych zrębów tektonicznych zbudowanych z utworów węglanowych jury i kredy, poprzedzielanych rowami, wypełnionymi osadami miocenu (rys. 2). Ważniejsze zręby to: zrab Wału Tenczyńskiego, Sowińca, Kajasówki, zaś rowy to: cholerzyński, krzeszowski. Struktury zrębowe utworzyły się głównie w miocenie w związku z wypiętrzeniem się łańcucha Karpat.

Część centralna omawianego obszaru, wraz z doliną Wisły należy geologicznie do zapadliska przedkarpackiego. Jego podłoże budują utwory piętra permomezozoicznego, na których leżą miększe piaskowcowo-mułowcowo- ilaste osady miocenu, przykryte osadami czwartorzędowymi. Przy brzegu Karpat osady miocenne są silnie sfałdowane i wypiętrzone. Granica Karpat przebiega na analizowanym odcinku niemal równoleżnikowo, równolegle do doliny Wisły. Na omawianym obszarze reprezentowane są dwie spośród głównych jednostek strukturalnych Karpat zewnętrznych: śląskiej i podśląskiej.

Najstarszymi skałami znanymi jedynie z pojedynczych wierzeń (np. okolice Rzeszotaru) są prekambryjskie skały metamorficzne głębokiego podłoża. Najstarszymi - odsłaniającymi się na powierzchni są dolomity, wapienie i margle środkowego i górnego dewonu. Zasięg przestrzenny ich wychodni jest niewielki i ogranicza się do okolic miejscowości Dębnie i Dubie (tzw. fałd Dębniaka). Środkowy dewon reprezentuje tzw. dolomit ze Zbrzy, na którym leży charakterystyczny, niemal czarny wapień, zwany marmurem dębniackim, a na nim młodsze, szarej barwy wapienie lub margle górnodewońskie.

Większe rozprzestrzenienie mają utwory karbońskie. Dolnokarbońskie wapienie węglowe osiągają tu miąższość rzędu 1000 m. Tworzą odsłonięcia w zboczach dolinek podkrakowskich: Szklarki, Raclawski, Eliaszkówki i Czernki. Górny karbon reprezentują osady lądowe -piaskowce .

Z okresu permskiego pochodzi kilka bardzo charakterystycznych osadów o niewielkim zazwyczaj zasięgu przestrzennym: martwica karniowska (wapień słodkowodny) i tzw. zlepienie myślachowickie. W permie przebiegały końcowe fazy ruchów górotwórczych orogenezy hercyńskiej, którym towarzyszyły zjawiska wulkaniczne. Ich pozostałościami są różnorodne skały magmowe wylewne: porfiry, melafiry, diabazy oraz towarzyszące im tufy (tzw. tufy filipowickie) i tufity.

W okresie triasu początkowo (pstry piaskowiec) w warunkach lądowych osadzały się piaskowce, a następnie (wapień muszlowy), osady morskie - wapienie. Występują one w całej północno-zachodniej części obszaru krakowskiego, a w rejonie Olkusza i Chrzanowa tworzą wychodnie. Ich zdolomityzowane ogniwa - tzw. dolomity kruszczońskie, odsłaniają się na powierzchni w niewielu miejscach np. w kamieniołomach w Pogorzycach i Żelatowej koło Chrzanowa. Więcej wychodni (np. w okolicach Libiąża) tworzą młodsze dolomity diploporowe. Osady najwyższego triasu zachowały się jedynie fragmentarycznie. Jedną z niewielu ich pozostałości są tzw. glinki grójeckie o własnościach ogniotrwałych, które w przeszłości były eksploatowane.

Środkową jurę reprezentują piaskowce i margle, zaś górną - wapienie z licznymi szczątkami fauny. Tworzą one dwie

główne odmiany: wapienie skaliste i płytowe. Pierwsze, dzięki odporności na erozję mają znaczenie rzeźbotwórcze, tworząc na powierzchni jurajskiej wierzchowiny oraz w zboczach dolinek zespoły charakterystycznych ostańców skalnych. Duże ich nagromadzenia występują w okolicach Jerzmanowic, Bębła, Sułoszowej i w Ojcowskim Parku Narodowym. Wapienie płytowe, znane z okolic Grojca i Zalasza nie wyróżniają się w morfologii terenu.

Z okresu przełomu jury i kredy nie zachowały się żadne osady. Utwory górnej kredy reprezentują serie skał marglistych z płatami zlepieńców w spągu i przelawieniami ilów marglistych z glaukonitem o lokalnym zasięgu.

Osady morskiego miocenu, głównie o charakterze ilasto-mułowcowym występują powszechnie w obrębie zapadliska przedkarpackiego, tworząc jego wypełnienie. Wśród nich wyróżnia się kilka kompleksów skalnych: formację skawińską (warstwy skawińskie), formacje z Krzyżanowic, z Wieliczki, warstwy chodenickie, grabowieckie i krakowieckie. Większość z nich ma znaczenie surowcowe.

Na części obszaru należącej do zewnętrznych Karpat fliszowych na powierzchni terenu odsłaniają się piaszczysto-lupkowe, sfałdowane utwory jednostek podśląskiej i śląskiej, utworzone w okresie od dolnej kredy po oligocen. Najstarszymi ogniwami są dolno kredowe łupki cieszyńskie. W górnej kredzie (alb-senon) powstały tzw. warstwy lgockie, godulskie oraz gezowe, a na pograniczu kredy i paleogenu (senon-paleocen) - miąższy kompleks tzw. warstw istebniańskich, wykształconych głównie jako gruboławicowe piaskowce z przerostami łupków. Młodsze, paleogeńskie utwory reprezentowane są przez łupki ilaste i piaskowce gruboławicowe (ciężkowickie), warstwy hieroglifowe (cienko ławicowe piaskowce z dużą ilością łupków), menilitowe (brunatne łupki z wkładkami rogowców). Najwyższą część profilu reprezentują oligoceńskie warstwy krośnieńskie (piaskowce ze zmienną ilością łupków).

W okresie czwartorzędu cała niemal powierzchnia omawianego obszaru została pokryta w mniejszym lub większym stopniu młodymi osadami - glinami zwałowymi, osadami piaszczysto-żwirowymi lessami i madami rzecznyymi. Śladami obecności lądolodu skandynawskiego (złodowacenie sanu) w tym rejonie są niewielkie, lokalnie zachowane fragmenty osadów morenowych (w okolicach Brodeł), nieliczne głązy narzutowe, a w obrębie rowu Krzeszowickiego - osady wodnolodowcowe.

Do najmłodszych osadów należą: czwartorzędowa martwica wapienna, znana z doliny Raclawski, gliny, piaski, żwiry i mady rzeczne oraz torfy i namuły torfiaste tworzące się współcześnie w zagłębieniach terenu. Duże nagromadzenia osadów piaskowo-żwirowych znajdują się w dolinie Wisły i w obrębie jej tarasów.

Złoża kopalin i perspektywiczne jednostki surowcowe

Dzięki złożonej budowie geologicznej, inwentarz skalny jest bogaty i obejmuje zarówno skały osadowe (wapienie, dolomity, piaskowce) jak i intruzywne (porfiry, melafiry, diabazy), a także skały ilaste oraz piaski i żwiry, głównie akumulacji rzecznej. Na analizowanym obszarze znajduje się ponad 80 złóż różnorodnych kopalin skalnych (tab. 1).

Kilkanaście złóż jest aktualnie eksploatowanych, w tym kilka na dużą skalę (tab. 2). Szczególnie intensywnie szczypany są zasoby złóż piasków i żwirów doliny Wisły w okolicach

Tab. 2. Ważniejsze eksploatowane złoża kopalin skalnych okolic Krakowa (dane wg Bilansu zasobów kopalin..., stan na 31.12.2009.)

Tab. 2. Important mineral deposits, under exploitation (data according to the „Report of Mineral Reserves...” dated on 31.12.2009)

Nazwa złoża	Rodzaj kopaliny	Zastosowanie kopaliny	Zasoby geologiczne/przemysłowe (mln t)	Wielkość wydobycia tys.t (2009)	Metody urabiania
Czatkowice	wapienie	przemysł wapienniczy, inne	179,9/40,6	1 589	strzałowe
Zalas	porfiry	drogownictwo	122,8/68,4	1 145	strzałowe
Dubie	dolomity	drogownictwo	122,7/18,9	774	strzałowe
Niedźwiedzia Góra	diabazy	drogownictwo	6,5/6,5	297	strzałowe
Plaża	wapienie	przemysł wapienniczy	11,8/8,0	18	strzałowe
Żelatowa	dolomity	budownictwo, drogownictwo, przem. mat. ogniotrwałych	16,6/8,7	53	strzałowe
Libiąż	dolomity	budownictwo, drogownictwo	6,7/3,7	364	mechaniczne,
Barwałd	piaskowce	budownictwo, drogownictwo	36,7/5,9	135	strzałowe
Smolice-Zakole B	piaski i żwiry	budownictwo, drogownictwo	3,0/2,1	136	mechaniczne, spod wody
Zator-Podolsze	piaski i żwiry	budownictwo, drogownictwo	1,9/1,1	112	mechaniczne, spod wody
Bór Zagórze	piaski i żwiry	budownictwo, drogownictwo	10,0/10,0	118	mechaniczne, spod wody
Dwory	piaski i żwiry	budownictwo, drogownictwo	4,3/1,1	154	mechaniczne, spod wody
Dwory-Libet	piaski i żwiry	budownictwo, drogownictwo	1,9/1,1	197	mechaniczne, spod wody

Oświęcimia i Zatora. Złoża te sąsiadują z sobą tworząc swego rodzaju okręg eksploatacji kruszyw.

Od wielu lat na dużą skalę eksploatowane jest złożo wapieni w Czatkowicach, w przeszłości głównie na potrzeby przemysłu hutniczego (topniki), a obecnie do produkcji wysokiej czystości mączek wapiennych m. in. dla przemysłu chemicznego, a ponadto kamień budowlany i drogowy. Na dużą skalę od lat eksploatowane są złoża: dolomitów dewońskich w Dubiu i porfirów w Zalasie, dostarczając wysokiej jakości kamienia łamanego dla drogownictwa.

Perspektywiczne jednostki surowcowe

Perspektywy surowcowe analizowanego obszaru wiążą się z paleozoicznymi i jurajskimi utworami monokliny śląsko-krakowskiej: wapieniami, dolomitami oraz skałami wylewnymi (porfiry, melafiry, diabazy), neogeńskimi utworami ilastymi zapadliska przedkarpackiego, kredowo-trzeciorzędowymi piaskowcami karpackimi jednostek śląskiej i podśląskiej oraz czwartorzędowymi piaskami i żwirami dolin rzecznych. Wystąpienia tych kopalin są znane w omawianym rejonie, ich złoża były lub są eksploatowane, przestrzenny zasięg poszczególnych utworów jest pokazany na szczegółowych mapach geologicznych. Były one również przedmiotem badań, prac poszukiwawczych i rozpoznawczych. Analiza materiałów źródłowych pozwoliła na sprecyzowanie i weryfikację tych wstępnych wskazań.

Poniżej, w podziale na rodzaje kopalin, scharakteryzowano wszystkie perspektywiczne jednostki surowcowe analizowanego obszaru. Dla czytelności prezentacji graficznej, zasięgi

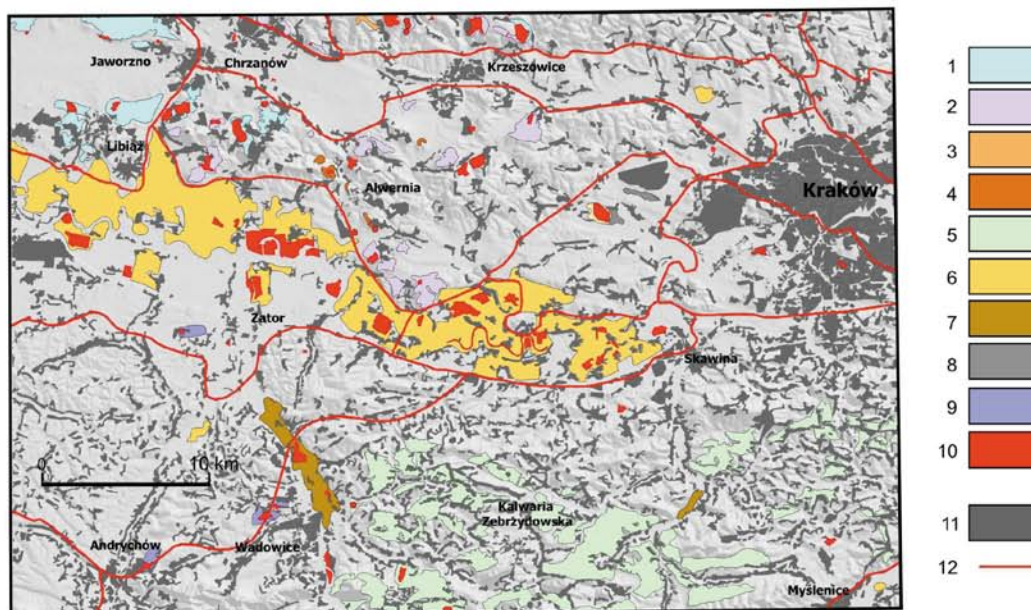
przestrzenne poszczególnych jednostek perspektywicznych przedstawiono na mapach w sposób uproszczony, tj. łącząc z sobą niektóre jednostki lito- stratygraficzne i tworząc perspektywiczne jednostki litologiczne (rys. 3). Takie ujęcie wydaje się wystarczające dla pokazania procesu przestrzennej analizy i oceny perspektywiczności. Ponieważ wszystkie dane geologiczne dotyczące obszarów perspektywicznych zostały wprowadzone do bazy danych, mogą być one uwzględnione w bardziej szczegółowych analizach.

Zasięgi obszarów perspektywicznych pokazane na rysunku 3 zostały zmodyfikowane w stosunku do granic wydzieleni zaznaczonych na mapie geośrodowiskowej Polski, po uwzględnieniu nowych danych ze szczegółowej mapy geologicznej Polski oraz poprzez „wycięcie” z nich obszarów o zwartej zabudowie. Obecność takiej zabudowy realnie wyklucza możliwość innego wykorzystania terenu.

Dolomity

Dolomity dewońskie (dolomity ze Zbrzy) - występują w okolicach Krzeszowic, budując wraz z dewońskimi wapieniami tzw. antyklinę Dębniaka. Wiekowo przynależą do eiflu-żywetu i należą do najstarszych skał odsłaniających się na terenie całego województwa małopolskiego. Zasięg przestrzenny ich wychodni jest mały i oprócz rejonu Dębniaka występują w okolicach Siewierza i Olkusza. Zlokalizowane są one w większości na obszarach objętych ochroną.

Dolomity triasowe – na analizowanym obszarze to głównie wtórnie zdolomitowane wapienie dolnego wapienia muszlowego (dolomity kruszczońskie) oraz młodsze od nich (środkowy wapien muszlowy) dolomity diploporowe. Dolomity



Rys. 3. Rozmieszczenie obszarów perspektywicznych dla występowania złóż z podziałem na główne grupy kopalin: 1 – dolomity, 2 – wapień, 3 – tufy i tuffity, 4 – melafiry, 5 – piaskowce, 6 – piaski i żwiry, 7 – żwiry, 8 – torfy, 9 – gliny i iły ceramiczne budowlane; 10 – obszary udokumentowania złóż, 11 – obszary zabudowane, 12 – granica mezoregionów

Fig. 3. Location of the prospective areas for mineral deposits with separation into the main deposits groups: 1 -dolomites, 2- limestones, 3 – tuffs and tuffites, 4 – melaphyres, 5 – sandstones, 6 – sands and gravels, 7- gravels, 8 – peats, 9 – clays and ceramic clays, 10 – areas of deposit reserves Reports, 11 – build-up areas, 12 – mezoregion boundaries

kruszczone mają zmienną miąższość od 20-60 m, przeważnie 20-40 m. Ich jakość jest zmienna. Dotyczy to głównie zawartości krzemionki i tlenków żelaza. Zawartość MgO zależy od stopnia zdolomityzowania wapieni i waha się od 15-20 %. Skały te w większości spełniają jednak wymagania stawiane kopalinom dla przemysłu hutniczego (topniki, częściowo przemysł materiałów ogniotrwałych) i drogownictwa, a więc mogą być uznane za perspektywiczną jednostkę surowcową. W regionie śląsko-krakowskim udokumentowano liczne złoża dolomitów kruszczone. Były i są one wykorzystywane gospodarczo. W wielu z nich z dolnych, głębszych partiach występują dolomity dewońskie.

Niekiedy dolomity kruszczone współwystępują w złożach z młodszymi dolomitami diploporowymi [5]. Przeciętna miąższość dolomitów diploporowych wynosi 15-20 m. Mają one potencjalne szerokie spektrum wykorzystania. Ze względu na wysoką (zazwyczaj około 20 %) zawartość MgO, a niską zawartość krzemionki (zazwyczaj poniżej 1 %) i zmienne, choć raczej korzystne, niewielkie zawartości tlenków żelaza, są dobrym surowcem dla przemysłu materiałów ogniotrwałych [1]. Posiadają również korzystne warunki fizyko mechaniczne, a niektóre ich grubo ławicowe partie cechuje bloczność [12]. Cechy te kwalifikują je jako surowiec dla budownictwa lub drogownictwa. Ponadto mogą być również wykorzystywane do produkcji nawozów mineralnych. W regionie śląsko-krakowskim udokumentowano szereg ich złóż. Wiele z nich było lub jest obecnie eksploatowanych. Dolomity triasowe, zarówno kruszczone, jak i diploporowe stanowią jednostkę litologiczną o wysokiej perspektywności.

Wapień

Wapień dewońskie (żywet), tworzą lokalne wychodnie w rejonie wsi Dębnik k. Krakowa. Ze względu na swoje walory dekoracyjne (charakterystyczna czarna barwa), fizyko mechaniczne i bloczność zwane są marmurami dębnickimi i od wieków wykorzystywane w budownictwie jako elementy

architektoniczne, posadzki, rzeźby [9]. Były one również wykorzystywane do produkcji kamienia łamanego. Są bardzo cennym materiałem kamiennym i jako takie powinny stanowić kopalinę o wysokiej perspektywności.

Wapień karbonu tworzą kompleks o znacznej miąższości. Jest on dwudzielny. Dolne ogniwo tworzą wapień wizenu, a górne – turnieju. Rozgranicza je około 30 m grubości warstwa skrzemienianych wapieni z rogowcami. Lokalnie, są one w różnym stopniu zdolomityzowane. Obszar ten cechuje skomplikowana budowa geologiczna i duże zaangażowanie tektoniczne. Oba główne ogniwa kompleksu charakteryzują się generalnie dużą czystością i korzystnymi właściwościami fizyko mechanicznymi, co sprawia, że mogą być uznane za kopalinę o wielosurowcowym wykorzystaniu, w szczególności dla potrzeb hutnictwa, przemysłu chemicznego lub szklarskiego [9]. Niestety zasięg wychodni jest ograniczony do otoczenia antykliny Dębника w rejonie Czatkowic, gdzie były i są od lat eksploatowane.

Wapień triasowe – węglanowe utwory dolnego wapienia muszlowego (warstwy gogolińskie, górażdżańskie, terebratulowe i karchowickie) są na omawianym obszarze w większości wtórnie zdolomityzowane (dolomity kruszczone). Tylko lokalnie w kilku miejscach w rejonie. Chrzanowa (np. złoża Płaza) ich profil ma charakter wapienny. Zawartość CaCO_3 w tym złożu wynosi 86,7 %, zaś MgO – 8,5 %. Niska jest też zawartość tlenków żelaza (0,67 %). Nie zdolomityzowane są też w większości najstarsze warstwy gogolińskie. Wapień triasowe stanowią głównie surowiec dla przemysłu materiałów budowlanych (kamień łamany), mogą być też, wykorzystywane w przemysłach wapienniczym i cementowym, choć dla tych zastosowań ich parametry nie są najwyższe.

Wapień górnokarpackie są szeroko rozpowszechnione na omawianym terenie i tworzą wiele wychodni. Mają one zróżnicowane wykształcenia facjalne. Najpowszechniejsze są skaliste wapień rafowe, często spotykane są również wapień ławicowe (z bogatą fauną gąbek i sinic) oraz wapień płytowe,

zazwyczaj mikrytowe. Wszystkie odmiany odznaczają się na ogół wysoką zawartością węgla wapnia – powyżej 90 %, dość dużą czystością, przez co kwalifikują się jako surowiec dla przemysłu wapienniczego, oraz do produkcji mączek wapiennych dla różnych odbiorców. Niekiedy zawierają domieszki krzemieni, które tworzą charakterystyczne buły krzemienne i obniżają jakość kopaliny. Wapienie górnourajskie mają również dobre parametry wytrzymałościowe, co pozwala na ich wykorzystanie jako kamienie budowlane [12]. Wiele budowli Krakowa i okolic zbudowanych jest przy znacznym udziale tego budulca. Cechuje je jednak duża zmienność właściwości fizykomechanicznych co ogranicza ich zastosowanie jako surowca do produkcji kruszyw łamanych. Generalnie lepsze parametry wytrzymałościowe mają wapienie skaliste i ławicowe, a gorsze – wapienie płytowe. W przeszłości wapienie jurajskie eksploatowane były na szeroką skalę w licznych mniejszych lub większych łomach, obecnie jedynie w kamieniołomie w Nielepicach.

Permskie melafiry, porfiry i diabazy odznaczają się w okolicach Miękinii, Alwerni, Poręby-Żegoty, Regulicach, w formie pokryw lawowych, Niedźwiedziej Górze (jako żyła pokładowa), Zalasie (jako rozległy lakkolity). Skąły te, dzięki korzystnym właściwościom fizykomechanicznym stanowią wysokiej jakości kopalinę, wykorzystywaną w budownictwie i drogownictwie. Na analizowanym obszarze udokumentowano kilka ich złóż. Zasoby część z nich zostały już wyeksploatowane. Dotyczy to w szczególności melafirów (złoża: Regulice, Poręba Żegoty). Perspektywy surowcowe i możliwość udokumentowania nowych złóż o znaczeniu przemysłowym są znikome z uwagi na niewielkie rozmiary wychodni, które dodatkowo znajdują się na terenach chronionych lub blisko zabudowy.

Piaskowce

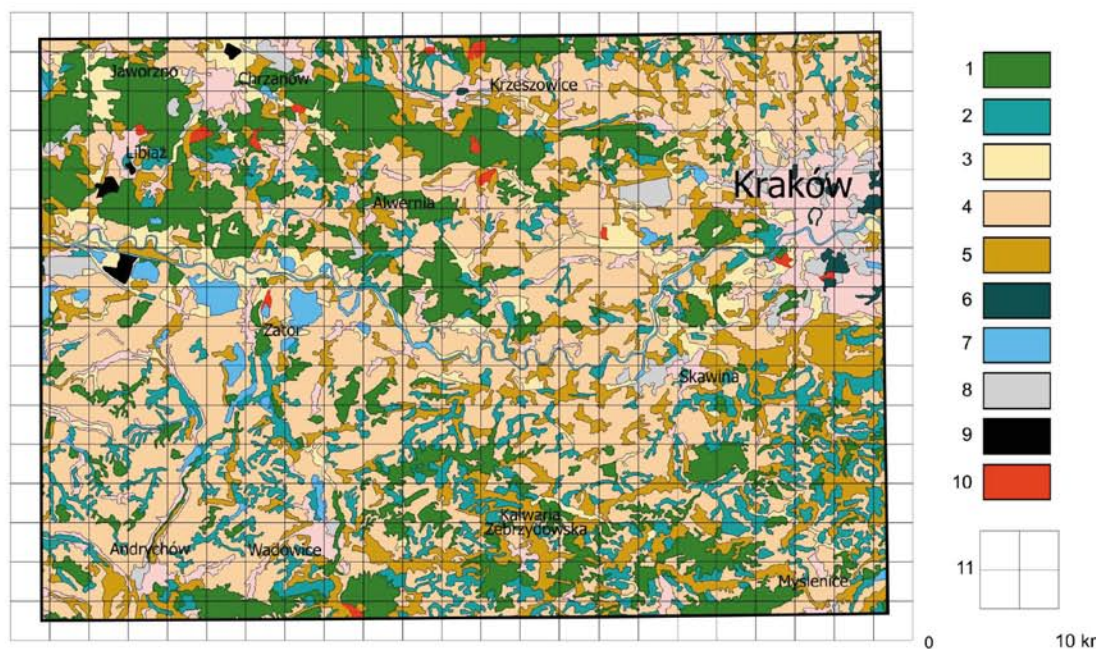
Piaskowce z większości ogniw litostratygraficznych obszaru Karpat mają w mniejszym lub większym zakresie znaczenie surowcowe jako kopaliny przydatne dla budownictwa lub/i drogownictwa [10,11]S. Poszczególne rodzaje piaskowców mają zróżnicowane właściwości fizykomechaniczne. Zmienność ta może wystąpić również w obrębie tych samych zespołów warstw tak w profilu pionowym jak i w poziomie. O znaczeniu surowcowym poszczególnych kompleksów litostratygraficznych oprócz właściwości samych piaskowców decyduje ilość i grubość przerostów łupkowych, grubość nadkładu i zaangażowanie tektoniczne (Radwanek-Bąk, 2005). Na analizowanym terenie główne znaczenie perspektywiczne spośród kilku występujących tu ogniw piaskowców karpackich mają piaskowce istebniańskie [10, 11, 19], w szczególności piaskowce z warstw istebniańskich dolnych. Są to piaskowce grubo ławicowe, grubo lub średnioziarniste o spoiwie ilasto-krzemionkowym, rzadziej ilasto-wapiennym lub wapiennym. Piaskowce te posiadają niekiedy przerosty łupkowe. Zasięg przestrzenny ich wychodni jest duży. Znane są z licznych odsłoneń. W przeszłości były licznie, choć na małą skalę eksploatowane jako kamienie budowlane, gdyż w wielu miejscach wykazują własności bloczne. Ze względu na generalnie niewielką wytrzymałość na ściskanie piaskowce te nie są wykorzystywane w drogownictwie.

Perspektywiczne są też piaskowce z warstw krośnieńskich, mimo, że właściwości techniczne są zmienne. Najbardziej perspektywiczne są piaskowce grubo lub średnioławicowe, wapieniste, budujące trzon kompleksu. W górnych częściach profilu piaskowce stają się cienkoławicowe, a ponadto wzrasta

udział przerostów łupkowych. Zasięg przestrzenny ich wychodni jest duży [14]. Na analizowanym obszarze znajdują się dwa duże złoża tych piaskowców: „Barwałd” i „Pawlikówka” oraz kilka starych zarośniętych dziś łomów. Perspektywy surowcowe roszą też piaskowce lgockie, zwłaszcza z poziomu środkowego, których jedno (Klecza) zaniechane już złożo i kilka nieudokumentowanych punktów dawnego wydobywania znajdują się w obrębie obszaru badań. Kompleks ten budują cienko ławicowe piaskowce i łupki, których udział w profilu waha się od 30 do 50 %. Piaskowce posiadają korzystne właściwości fizykomechaniczne, dużą wytrzymałość na ściskanie i ścieranie, niską nasiąkliwość, mrozoodporność, co kwalifikuje je jako kopalinę przydatną dla drogownictwa. W odległej przeszłości w okolicach Kalwarii Zebrzydowskiej (góra Żar) eksploatowano też występujące jedynie lokalnie, gruboławicowe piaskowce lgockie poziomu dolnego. Wykorzystywano je w budownictwie m.in. przy budowie klasztoru w Kalwarii Zebrzydowskiej. Zasięg wychodni warstw lgockich na analizowanym obszarze jest jednak niewielki, co obniża ich przestrzenną perspektywiczność. Pozostałe ognia piaskowców (grodziskie, gezowe) ze względu na zmienne parametry jakościowe, skomplikowane zazwyczaj warunki geologiczno-górnice i niewielkie rozmiary wychodni, nie roszą na analizowanym obszarze perspektyw surowcowych.

Iły miocenne ze względu na korzystne i w miarę stałe właściwości ceramiczne stanowią zazwyczaj dobry surowiec ceramiki budowlanej. Występują one na omawianym obszarze dość powszechnie, głównie w obrębie zapadliska przedkarpackiego, jak i wypełniając rowy tektoniczne w brzeżnej, południowej części monokliny śląsko-krakowskiej (np. rów krzeszowski). Są pochodzenia morskiego, a reprezentują osady wieku badeńskiego i sarmackiego. Kompleksami o znaczeniu surowcowym są: dolnobadeńskie warstwy skawińskie wykształcone jako ilowce lub mułowce o barwie zielonkawej, lokalnie z wkładkami piasków; górnobadeńskie warstwy chodenickie, wykształcone jako szare ilowce, lokalnie z wkładkami tufitów; warstwy grabowieckie, które tworzą ily z niewielkimi przewarstwieniami piasków, również wieku górnobadeńskiego oraz dolno sarmackie ily krakowieckie - zielonkawe lub szarozielone ilowce i mułowce. Iły krakowieckie mają szerokie rozprzestrzenienie na obszarze całego zapadliska przedkarpackiego i stanowią regionalną jednostkę perspektywiczną. Warstwy skawińskie, grabowieckie i chodenickie mają raczej znaczenie lokalne. Wszystkie w/w odmiany ilów miocennych są reprezentowane na analizowanym obszarze. Udokumentowano tu również kilka ich złóż.

Piaski i żwiry aluwialne, wieku czwartorzędowego występują w dolinie Wisły i innych, podrzędnie z dolinami mniejszych cieków powierzchniowych. Współwystępują one z sobą, tworząc wzajemne przewarstwienia. Niekiedy daje się zauważyć dwudzielną budowę serii złożowej – w jej górnej części dominują piaski, w dolnej zwiększa się udział frakcji grubszych. Osady aluwialne wypełniają dna dolin oraz budują tarasy rzeczne. Duża koncentracja złóż znajduje się w dolinie Wisły koło Oświęcimia i Zatora. Miąższość serii złożowej w tej części doliny zmienia się w granicach od 5 do 17 m, a punkt piaskowy od 37 % (złożo Zator-Podolsze Nowe) do 71,5 % (złożo Dwory-Mańki). W większości złóż seria złożowa wykształcona jest dwudziennie, choć miąższość górnej-piaskowej warstwy jest bardzo zmienna (od 1 do blisko 9 m). Jej znaczenie surowcowe jest duże.



Rys. 4. Użytkowanie terenu, na podstawie CORINE land cover, zgeneralizowane. 1 – lasy, 2 – obszary naturalnej roślinności, 3 – pastwiska i zakrzewienia, 4 – obszary uprawne, 5 – obszary gospodarki rolnej, 6 – roślinność parkowa, 7 – wody powierzchniowe, 8 – obszary przemysłowe, 9 – składowiska, 10 – miejsca wydobycia kopalin, 11 – siatka pól oceny

Fig. 4. Land-use according to the CORINE land cover, simplified: 1 – forests, 2 – natural vegetation areas, 3 – pastures and bushes, 4 – cultivable areas, 5 – agricultural areas, 6 – parks, 7 – surface waters, 8 – industrial areas, 9 – dump sites, 10 – places of mineral deposits mining, 11 – evaluation areas grid

Piaski fluwioglacjalne wieku plejstocńskiego mają pod-
rzedne znaczenie, głównie ze względu na mniejszy i bardziej
skomplikowany zasięg przestrzenny. Charakteryzują się punk-
tem piaszkowym rzędu 80-96% i niewielką zawartością pyłów
mineralnych (przeciętnie 1-4 %). Ich miąższość może docho-
dzić do kilkunastu metrów. Występują one w dolinie Rudawy,
częściowo w dolinie Wisły, w okolicach Brzezia i Skotnik.
Ekspluatowane są m.in. w złożu „Bór-Zagórze”. Nie tworzą
na tym obszarze odrębnej jednostki surowcowej o znaczeniu
perspektywnym.

Gliny lessopodobne i lessy pokrywają płacami powierzch-
nię terenu, zwłaszcza w północnej części analizowanego obsza-
ru. Ich parametry techniczne są niekorzystne [19], co sprawia,
że samodzielnie mogą być przydatne jedynie do produkcji
najniższych gatunków cegły pełnej. W miejscach, gdzie wy-
stępują one w nadkładzie lub sąsiedztwie iłów krakowieckich
wykorzystywane były jako surowiec schudający. Nie rokuja
one perspektyw surowcowych.

Uwarunkowania zagospodarowania przestrzennego i ochrony przyrody analizowanego obszaru

Na rysunku 3 obszary perspektyw surowcowych oraz udo-
kumentowane złoża kopalin przedstawiono na tle zabudowy
terenu. Jej obecność, a w szczególności zabudowę o zwartym
charakterze uznano za najbardziej kolizyjny element ogranicza-
jący realne możliwości przyszłego zagospodarowania występu-
jących w jej zasięgu kopalin. Rysunek 4 ukazuje aktualny stan
pokrycia i użytkowania terenu. Poza terenami zabudowanymi
znaczne powierzchnie zajmują tereny rolne oraz leśne, które
skupiają się zarówno w części północnej, jak i południowej
analizowanego obszaru. Zwraca uwagę fakt, że w północnej
części obszaru, między Libiążem, a Krzeszowicami w obrębie
kompleksów leśnych lub przy ich granicach znajdują się liczne
udokumentowane złoża kopalin. Rysunek 5 ilustruje w sposób
spektakularny wielkość i zasięg przestrzenny obszarów objętych

prawną ochroną. Oprócz rozległych obszarów ochrony przyrody,
występują tu również ważne obszary ochrony wód podziemnych
i powierzchniowych.

Metodyka analizy przestrzennej

Analizę przestrzenną obszaru testowego, o powierzchni
1 987 km² wykonano z zastosowaniem oprogramowania GIS
MapInfo. Na wstępie w systemie informacji przestrzennej,
z zachowaniem dokładności odpowiadającej mapie o skali
1:50 000, w układzie współrzędnych 1992, zgromadzono dane
rastrowe i wektorowe, które zostały umieszczone na poszcze-
gólnych warstwach tematycznych. Zakres zgromadzonych
informacji i ich źródło przedstawia tabela 3.

Zebranie wymienionych danych w jednolitym układzie
odniesienia oraz w podziale na warstwy tematyczne pozwoliło
na przeprowadzenie kolejnych operacji w systemie GIS. W
efekcie nakładania obiektów przestrzennych takich jak rastrowa
mapa geologiczna, rastrowy obraz cieniowanego reliefu rzeźby
terenu, wektorowy obraz granic obszarów perspektywnych
i prognostycznych dla występowania złóż kopalin, wydzie-
lono granice perspektywnych jednostek surowcowych.
Jak już wspomniano wcześniej, w kolejnym kroku w efekcie
odejmowania poligonów, wydzielone na podstawie przesłanek
geologiczno-złożowych obszary perspektywiczne zostały ogra-
niczone do miejsc całkowicie pozbawionych zabudowy, która
definitywnie wyklucza ich zagospodarowanie. W dalszej części
analizy obszary te były konfrontowane z elementami użyt-
kowania terenu wykluczającymi lub znacznie ograniczającymi
możliwości ich górniczego zagospodarowania.

W celu określenia skali ograniczeń dla potencjalnych
możliwości eksploatacji kopalin przeprowadzono ich ilościową
ocenę w oparciu o metodę bonitacji punktowej z wykorzysta-
niem pola podstawowego oceny. Metodyka ta, nie znajdująca
dotychczas zastosowania w omawianej problematyce, jest od
dawna wykorzystywana w ocenach środowiska prowadzonych

Tab. 3. Zakres informacji zgromadzonych na potrzeby analizy przestrzennej
 Tab. 3. Scope of the data collected for the spatial analysis

Nazwa warstwy informacyjnej	Rodzaj danych lub źródło informacji
Topografia i delimitacja obszaru	- Mapa topograficzna Polski w skali 1:50 000 (raster) - podział na jednostki fizjograficzne (wektor) - podział na jednostki administracyjne (wektor)
Ukształtowanie terenu	- numerycznego modelu terenu w formacie DTED Level2 (grid)
Budowa geologiczna	- Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000 (raster) - Mapa geologiczna obszaru krakowskiego (wektor) - Mapa Geologiczna Polski w skali 1:200 000 (raster)
Złoża kopalin, obszary perspektywiczne	- Mapa geologiczno-gospodarcza Polski w skali 1:50 000 (wektor) - Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (wektor)
Przyrodnicze obiekty i obszary podlegające ochronie prawnej	- Mapa geologiczno-gospodarcza Polski w skali 1:50 000 (wektor) - Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1:50 000 (wektor) - baza danych Centrum Informacji o Środowisku (wektor)
Obszary ochrony wód powierzchniowych i podziemnych	- Mapa geologiczno-gospodarcza Polski w skali 1:50 000 (wektor) - Mapa geośrodowiskowa Polski w skali 1 : 50 000 (wektor) - baza danych Centrum Informacji o Środowisku (wektor)
Użytkowanie i pokrycie terenu	- granice obszarów zabudowanych w skali 1:10 000 (wektor) - baza danych wektorowych pokrycia terenu (Corine Land Cover) Europejskiej Agencji Środowiska (EEA), rozdzielczość 30 x 30 m,

na gruncie ekologii krajobrazu i geografii fizycznej kompleksowej [16, 2, 15]. Została ona również szeroko zaprezentowana w pracy Kota, 2006 dotyczącej problematyki oceny georóżnorodności.

Analizowany obszar, został podzielony na 368 kwadratów, każdy o boku 2,5 km i powierzchni 6,25 km², nazywanych polem oceny. Dobór wielkości pola oceny przeprowadzony był metodą ekspercką, z uwzględnieniem celu opracowania, zróżnicowania rozmieszczenia ocenianych obiektów w obszarze

oraz wielkości najmniejszego i największego wydzielienia. Za pomocą tak skonstruowanej siatki, metodą odcinania poligonów, pozyskano w bazie GIS wymiarną wartość powierzchni obszaru o określonej funkcji zagospodarowania terenu, która w bazie danych dla każdego regularnego pola oceny została zapisana jako procent jego powierzchni.

W kolejnym kroku analizy, uzyskane procentowe wartości udziału obszaru o określonej funkcji, dla niektórych typów obszaru, zostały skorygowane za pomocą indeksu zmniejszającego ich końcową wartość. Indeksy korygujące zostały dobrane z uwagi na zróżnicowane znaczenie określonego typu użytkowania terenu dla oceny stopnia konfliktowości z potencjalnym użytkowaniem górniczym. Podobnie jak wielkość pola oceny, współczynniki korygujące zostały dobrane w sposób subiektywny, na podstawie doświadczeń autorów analizy (tab. 4).

Ostateczną miarą konfliktowości obecnej funkcji obszaru z potencjalnym użytkowaniem górniczym

Jest stopień konfliktowości wyrażony wzorem:

$$K = \sum_{i=1, 2, \dots, n} (p_i \times W_k) \quad (1)$$

gdzie:

K – stopień konfliktowości

n – ilość typów obszarów posiadających i-tą cechę

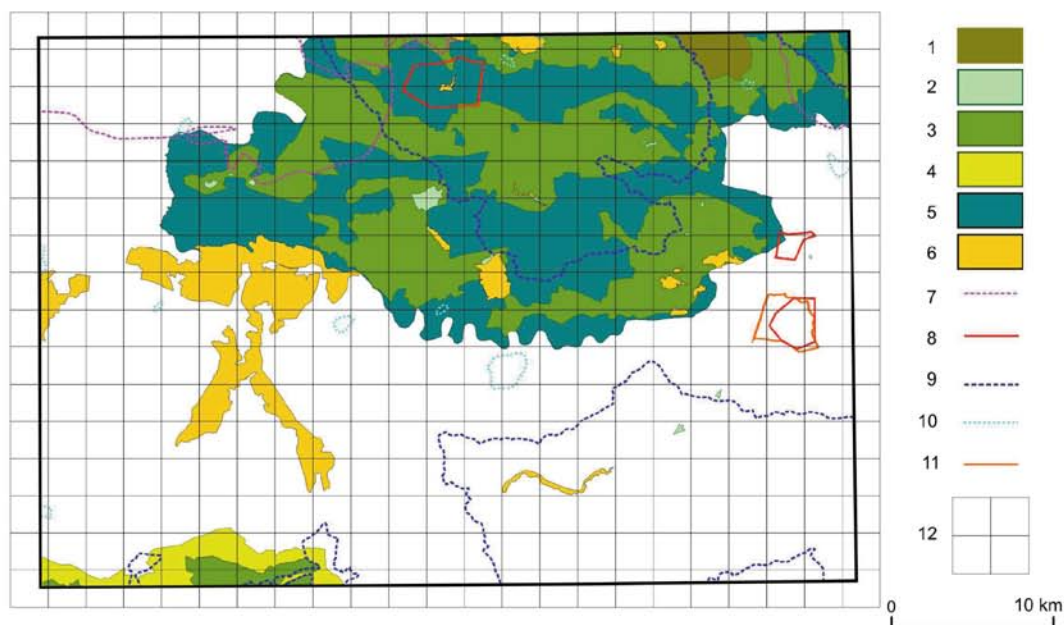
p_i – powierzchnia obszaru posiadającego i-tą cechę w stosunku do powierzchni pola oceny w %

W_k – współczynnik korygujący

W tym miejscu warto zaznaczyć, że w sytuacji zastosowania metody analizy przestrzennej w innych obszarach i innych skalach odwzorowania można i należy dobierać współczynniki w sposób dostosowany do celu analizy i rodzaju danych wyjściowych.

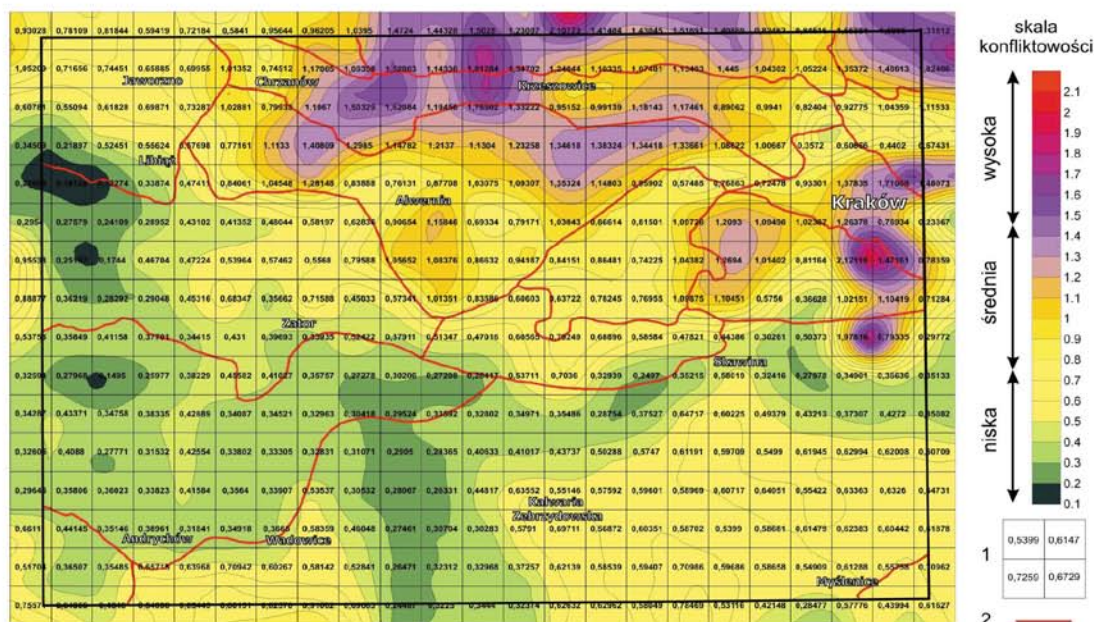
Tab. 4. Przyjęte współczynniki korygujące
 Tab. 4. Correcting index used by analysis

Użytkowanie terenu	Współczynnik korygujący
Pokrycie terenu	
obszar leśny	0,2
obszar naturalnej roślinności	0,4
obszar gospodarki rolnej	0,3
pastwiska, zakrzewienia	0,3
roślinność parkowa	1
obszar przemysłowy	0
obszar zabudowany	1
składowiska	0
obszar eksploatacji kopalin	0
wody powierzchniowe	1
gleby chronione (I-IV)	0,8
Przyrodnicze obszary chronione	
rezerwat przyrody	1
park narodowy	1
park krajobrazowy	0,6
obszar chronionego krajobrazu	0,2
obszar Natura 2000	0,5
Obszary ochrony wód	
obszar ochrony uzdrowiskowej	1
obszar ochrony ujęć wód powierzchniowych	0,3
udokumentowane GZW	0,5
obszar górniczy wód podziemnych	1
strefy ochrony wód podziemnych	1



Rys. 5. Obszary ochrony przyrody ożywionej oraz wód podziemnych i powierzchniowych, 1 – otulina parku narodowego, 2 – rezerwat, 3 – park krajobrazowy, 4 – otulina parku krajobrazowego, 5 – obszar chronionego krajobrazu, 6 – obszar Natura 2000, 7 – granica udokumentowanego GZWP, 8 – obszar górniczy wód podziemnych, 9 – obszar ochrony ujęć wód powierzchniowych, 10 – strefa ochrony ujęć wód podziemnych, 11 – strefa ochrony uzdrowiskowej, 12 – siatka pól oceny

Fig. 5. Areas of the protected nature and the subsurface and surface waters, 1- National Park's protection zone, 2 – Nature reserve, 3 – Landscape Park, 4 – Landscape Park's protection zone, 5 – Protected Landscape area, 6 – Nature 2000 area, 7 – boundary of the GZWP (major groundwater basin), 8 – mine-field of subsurface waters, 9 – protection area of the surface waters intakes, 10 – protection area of the groundwater's intakes, 11 – protection area of the health resort, 12 – evaluation areas grid



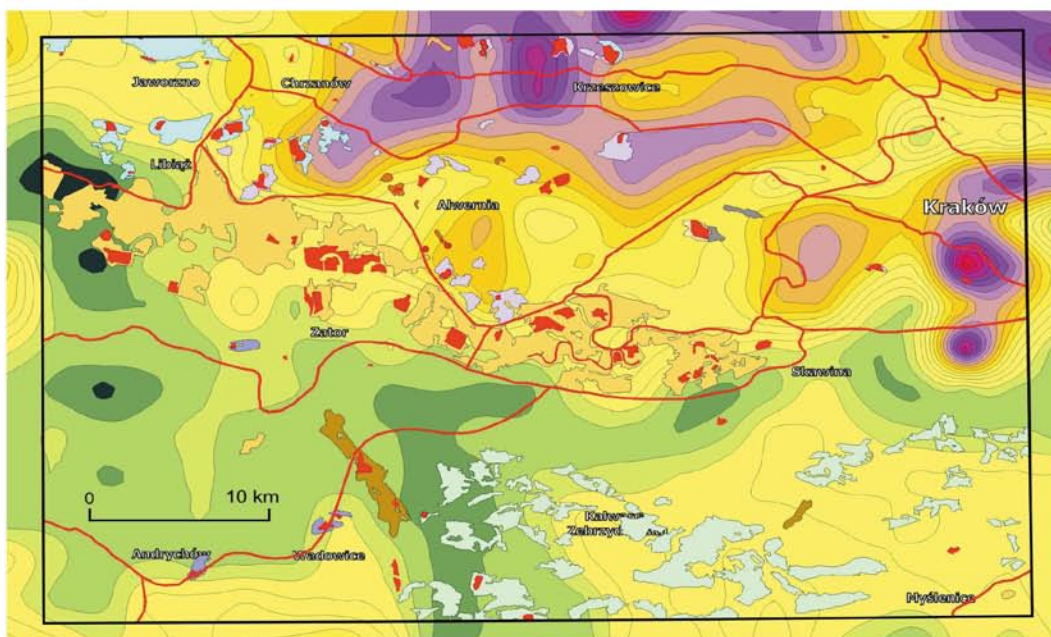
Rys. 6. Mapa wynikowa waloryzacji przestrzenno-przyrodniczej. 1 – siatka pól oceny, stopień konfliktowości wyrażony liczbowo, 2 – granica mezoregionów

Fig. 6. Final map of the spatial-environmental evaluation, 1 – evaluation areas grid, degree of conflict (clash), showed in numbers, 2 – mezoregions boundary

W efekcie końcowym, dla potrzeb wizualizacji kartograficznej, wartość miary konfliktowości została przypisana do środka pola oceny i następnie przedstawiona na mapie za pomocą obrazu izoliniowego. Końcowa analiza polegała na porównaniu (nałożeniu) obrazu warstwy przedstawiającej zasięgi wykartowanych obszarów perspektywicznych i warstwy obrazującej rozkład stopnia ich konfliktowości - fig. 6. Elementem pomocniczym dla interpretacji mapy wynikowej jest tutaj dodatkowo przedstawiony podział obszaru na jednostki fizjograficzne, które podkreślają zróżnicowanie obszaru z punktu widzenia jego wykształcenia geosrodowiskowego.

Podsumowanie, wyniki analizy przestrzennej

1. Ilościowa waloryzacja zebranych informacji dotyczących różnych form użytkowania terenu oraz wymagań związanych z koniecznością prawnej ochrony przyrody przeprowadzona przy zastosowaniu prezentowanej metody obliczeniowej, pozwoliła na stworzenie przestrzennego obrazu konfliktowości badanego obszaru w stosunku do potencjalnych możliwości eksploatacji kopalin. Obliczenia wykonane dla każdego z wydzielonych jednostkowych pól oceny pozwalają na precyzyjne wskazanie obecnych walorów środowiskowo-planistycznych terenu (rys. 6). Przyjmując najmniej skomplikowaną, trójstopniową skalę



Rys. 7. Położenie obszarów perspektywicznych na tle mapy wynikowej waloryzacji przestrzenno-przyrodniczej. Objasnienia zob. rys. 3 i rys. 6.
Fig. 7. Location of the prospective areas compared to the final map of the spatial-environmental evaluation. For explanation - see fig.3 and fig. 6

można wyróżnić i wizualizować na kartogramie obszary o miernych, średnich i wysokich walorach. W prezentowanym przykładzie nie wyznaczano ścisłych granic ich przedziałów, ale ukazano stopniową gradację. Obraz jaki otrzymano wskazuje, że najbardziej cenne pod względem przyrodniczo-planistycznym i jednocześnie w znacznym stopniu ograniczone dla lokalizacji inwestycji górniczych obszary znajdują się w północnej części analizowanego obszaru, w rejonie Chrzanowa i Krzeszowice oraz na wschodzie - w Krakowie i jego bezpośrednim otoczeniu. Zważyły na tym w znacznym stopniu uwarunkowania związane z ochroną przyrody, oraz występowanie w tym miejscu obiektów i obszarów ochrony wód powierzchniowych i podziemnych.

2. Zestawienie przestrzennego obrazu waloryzacji planistyczno-przyrodniczej obszaru z zasięgami perspektywicznych jednostek surowcowych i obszarami udokumentowanych złóż kopalin pozwala na ocenę ich stopnia konfliktowości w stosunku do potencjalnych możliwości wykorzystania kopalin (rys. 7). Skala konfliktowości odpowiada tu walorom środowiskowo-planistycznym. Im są one wyższe, tym wyższy poziom konfliktowości. Na prezentowanym kartogramie widać dobrze, że największą konfliktowością odznaczają się obszary występowania ważnych pod względem surowcowym skał węglanowych: wapieni i dolomitów oraz skał wylewnych, zaś najniższą konfliktowością objęte są wystąpienia piaskowców karpaccich. Złóża i obszary perspektywiczne występowania piasków i żwirów rzecznych w dolinie Wisły i jej dopływów znajdują się w strefie średniej konfliktowości.

3. Prezentując metodę przestrzennej analizy perspektywiczności testowanego obszaru, wszystkie jednostki perspektywiczne traktowano w sposób równoważny, nie prowadząc ich waloryzacji geologiczno-surowcowej. Przeprowadzenie takiej waloryzacji wydaje się konieczne celem wskazania obszarów najbardziej cennych surowcowo, które mimo dużej nieraz konfliktowości planistyczno-przyrodniczej należałoby chronić. Problem lokalizacji złóż i obszarów perspektywicznych w rejonach o znacznym stopniu ograniczeń powinien być w pierwszym rzędzie przedstawiony do dyskusji w gronie specjalistów i władz samorządowych, dla wypracowania

kompromisowych rozwiązań. Waloryzację taką należałoby przeprowadzić, analogicznie do waloryzacji udokumentowanych złóż kopalin przy użyciu zaprezentowanej w niniejszej publikacji metody analizy przestrzennej. Określając kryteria takiej waloryzacji, oprócz typowo geologicznych, należałoby również uwzględnić kryteria przestrzennego zróżnicowania dokładności ich rozpoznania. Działania autorów w tym zakresie będą kontynuowane w przyszłości.

4. Przyjęta do obliczeń wielkość pola obliczeniowego odpowiada kartograficznej skali mapy 1 : 50 000, która nadaje się do analiz regionalnych. Przy powierzchniowo małych wydzieleniach o charakterze lokalnym (np. wychodnie wapieni karbońskich lub dolomitów dewońskich) staje się ona mniej precyzyjna. Dla analiz takich wydzieleni i oszacowania ich konfliktowości z różnymi formami zagospodarowania przestrzennego i ochrony przyrody pożądana byłaby modyfikacja wielkości pola obliczeniowego, co pozwoliłoby na uzyskanie dokładniejszych wyników.

5. Prezentowana kartograficzna metoda oceny obszaru pod kątem wskazania stopnia konfliktowości eksploatacji kopalin jest w dużym stopniu uniwersalna i może być zastosowana dla zróżnicowanych obszarów, zarówno pod względem powierzchni (skali mapy) jak i rodzajów obiektów podlegających ocenie. Wielkości współczynników przyjęte do obliczeń walorów planistyczno-przestrzennych mogą być modyfikowane, zależnie od generalnych koncepcji gospodarki środowiskiem, przyjętej strategii rozwoju poszczególnych obszarów oraz długofalowych programów docelowego wykorzystania terenu i ochrony środowiska.

Praca powstała w ramach projektu pt. „Strategie i Scenariusze Technologiczne Zagospodarowania i Wykorzystania Złóż Surowców Skalnych” (Nr POIG.01.03.01-00-001/09), realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, lata 2007-2013, Priorytet 1, Działanie 1.3, Poddziałanie 1.3.1 Projekty rozwojowe.

Literatura

- [1] Bąk, B., Radwanek-Bąk B., Wyszomirski P. 2011 – Aktualny przegląd krajowych złóż dolomitów w aspekcie wykorzystania w przemyśle materiałów ogniotrwałych. Gosp. Sur. Min. t.27, z.1
- [2] Bartkowski T., 1986 - Zastosowania geografii fizycznej. Wyd. PWN. Warszawa
- [3] Gradziński R., 2009 - Mapa Geologiczna Obszaru Krakowskiego w skali 1:100 000. Wyd. Muzeum geologiczne. Instytut nauk geologicznych PAN. Kraków
- [4] Kot R., 2006 - Georóżnorodność - problemy jej oceny i zastosowania w ochronie i kształtowaniu środowiska na przykładzie fordońskiego odcinka doliny dolnej Wisły i jej otoczenia., Studia Societatis Scientorum Torunensis vol. XI, nr 2, Toruń
- [5] Myszkowska J., 1992 – Litofacje i sedymentacja dolomitów diploporowych (środkowy wapień muszlowy) wschodniej części obszaru śląsko-krakowskiego. Rocznik P.T.G., 62, 1, 19-47
- [6] Nieć M., 2000 – Złoża dolomitów. W: R. Ney [red.] – Surowce mineralne Polski. Surowce skalne. Surowce węglanowe. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków
- [7] Nieć M., 2007 – Złoża kopalin do produkcji kruszywa naturalnego łamanego. W: R. Ney [red.] – Surowce mineralne Polski. Surowce skalne. Kruszywa mineralne. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków
- [8] Nieć M., 2007 – Złoża kruszywa naturalnego żwirowego i piaskowego. W: R. Ney [red.] – Surowce mineralne Polski. Surowce skalne. Kruszywa mineralne. Wyd. IGSMiE PAN. Kraków
- [9] Nieć M., Tchórzewska D., 2000 – Złoża wapieni i surowców wapniowych.[w] Surowce skalne – surowce węglanowe. Wyd. IGSM i E PAN. Kraków
- [10] Peszat Cz., 1976 a – Okręgi eksploatacji piaskowców w Karpatach na tle prac geologicznych. Zesz. Nauk. AGH., Geologia, t.2, z.2, s.39-63
- [11] Peszat Cz., 1976 b – Własności techniczne i przydatność przemysłowa piaskowców karpaccich. Górn. Odkr., nr 5-6, s. 131-142
- [12] Pinińska J.(red.). 1999 – Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Cz. III. Jura Krakowsko-Częstochowska. Wyd. Uniw. Warsz
- [13] Radwanek-Bąk B. (red.), 2011 – Georóżnorodność i atrakcje geoturystyczne województwa małopolskiego. Wyd. Compass. Kraków
- [14] Radwanek-Bąk B., 2005 – Gospodarka zasobami kopalin skalnych w Karpatach Polskich w warunkach zrównoważonego rozwoju. Prace PIG.CLXXXIII, Wyd PIG
- [15] Richling A., Solon J., 1996 - Ekologia krajobrazu. Wyd. PWN. Warszawa
- [16] Sołowiej D., 1992 – Podstawy metodyki oceny środowiska przyrodniczego człowieka. Wyd. Nauk. UAM., Poznań
- [17] Wołkowicz S., Malon A., Tymiński M., (red.), 2010 - Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce, stan na 31.12.2009. Wyd. PIG. Warszawa
- [18] Wyrwicki R., 1984 – Lessy i osady lessopodobne Lubelszczyzny jako surowce ceramiczne. Przegl. Geol. 6,s.354-359
- [19] Wyrwicki R., 1994 – Klasyfikacja kopalin ilastych ceramiki budowlanej. . Przegl. Geol. 6,s.346-352
- [19] Zasoby perspektywiczne, kopalin Polski (red. S. Wołkowicz, T. Smakowski), 2011. Wyd. PIG-PIB

Artykuł recenzował dr inż. Andrzej Pomorski
 Rękopis otrzymano 11.10.2011 r. *2227



Fot. Ze zbiorów Pracowni NS w Poltegor-Institut