

Wpływ eksploatacji węgla brunatnego na strukturę przestrzenną i funkcjonowanie systemów krajobrazowych (na przykładzie odkrywki Władysławów)

Impact of lignite exploitation on the spatial structure and functioning of landscape systems – a case study of the opencast Władysławów



Dr Katarzyna Fagiewicz^{*)}



Mgr Monika Szulc^{**)}

Treść: W artykule przedstawiono zmiany struktury przestrzennej i funkcjonowania systemu krajobrazowego terenu górniczego Władysławów związane z kolejnymi etapami odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego. Analizie poddano powierzchnię budowę geologiczną, ukształtowanie terenu oraz jego pokrycie (płaty gruntów ornych, lasów, łąk, zbiorników wodnych naturalnych i antropogenicznych, obszary antropogeniczne), a zmiany tych elementów scharakteryzowano w ujęciu ilościowym i jakościowym. Funkcjonowanie krajobrazu określono na podstawie analizy wielkości i natężenia głównych strumieni materialno-energetycznych w geosystemie górniczym (energia elektryczna, węgiel brunatny, nadkład, wody).

Abstract: This paper presents changes in the spatial structure and functioning of the landscape system of the mining area Władysławów related to the successive stages of opencast lignite exploitation. The surface geological structure, terrain, and its cover (patches of arable land, forests, meadows, natural and anthropogenic water reservoirs, anthropogenic areas) were analyzed, and changes in these components in terms of quantity and quality characterized. The functioning of the landscape was determined on the basis of the size and intensity of the main material and energy streams of mining geosystems (electricity, lignite, overburden, water).

Słowa kluczowe:

eksploatacja węgla brunatnego, obszary pogórnice, rekultywacja, zmiany krajobrazu

Key words:

lignite mining, post-mining areas, reclamation, changes in the landscape

1. Wprowadzenie

Systemy krajobrazowe są układami dynamicznymi: zmieniają swoją strukturę i funkcje w różnych kierunkach i z różną intensywnością, w zależności od miejsca, czasu, sposobu działania sił przyrody oraz charakteru działalności człowieka [3]. Z punktu widzenia ekologii krajobrazu najbardziej istotne są zmiany przestrzenne [1], ich charakter i dynamika, warunkujące funkcjonowanie systemów krajobrazowych. Są one podmiotem opracowania, rozpatrywanym w kontekście procesu eksploatacji węgla brunatnego. Eksploatacja węgla brunatnego metodą odkrywkową, z racji swojej specyfiki,

jest przykładem działalności człowieka powodującej spektakularne przekształcenia krajobrazu. W pierwszej fazie przyczynia się do degradacji krajobrazu, a w kolejnych etapach, poprzez proces rekultywacji i zagospodarowania kształtuje nowe (wtórne) krajobrazy pogórnice. Przez wiele lat pojęcie rekultywacji w polskich definicjach ograniczało się do technicznego i biologicznego odzyskiwania terenów na rzecz środowiska przyrodniczego. Nowe podejście polega na adaptacji obszarów pogórnicznych do pełnienia nowych funkcji, przy wykorzystaniu ich atrakcyjności naturalnej oraz elementów antropogenicznych powstałych podczas działalności wydobywczej [10], a także promowaniu nowego postrzegania obszarów pogórnicznych - nie jako zagrożenia, a szansę dla rozwoju [por. 11]. Realizacja tego podejścia winna się opierać na współpracy specjalistów z zakresu planowania przestrzennego, zarządzania środowiskiem, architektury krajobrazu,

^{*)} Zakład Geografii Kompleksowej, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM, Poznań. ^{**)} Ekomos Ochrona Środowiska, Władysławów

a podstawę tej współpracy powinny stanowić kompleksowe studia geośrodowiskowe i krajobrazowe obszarów pogórnicych, charakteryzujące ich strukturę i funkcjonowanie, kierunki i dynamikę przemian, pozwalające określić optymalne kierunki rekultywacji i adaptacji tych terenów.

Modelowym przykładem obszaru zmian krajobrazu pod wpływem działań górnictwa odkrywkowego są okolice Władysławowa (gmina Władysławów, powiat turecki, województwo wielkopolskie). W opracowaniu poddano analizie wycinek przestrzeni geograficznej znajdującej się w granicach terenu górnicych Władysławów I. Obejmuje on powierzchnię 58,27 km², z czego 20,8 km² stanowi obszar górnicych wraz z reprezentatywnymi formami w postaci zwałowiska zewnętrznego, zwałowisk wewnętrznych, wyrobiska końcowego. Eksploatację złoża węgla brunatnego w odkrywcę Władysławów rozpoczęto w 1977 roku, zdejmowanie nadkładu zakończono w czerwcu 2011, natomiast zakończenie wydobycia nastąpiło 2 kwietnia 2012 roku. Przemiany krajobrazu będące skutkiem zarówno procesów naturalnych, jak i rekultywacji oraz zróżnicowanych form gospodarczego użytkowania dokonywały się na tym obszarze ponad 36 lat, a ich dynamika może utrzymywać się przez kolejne lata, w zależności od przebiegu procesów rekultywacyjnych.

2. Cel i metody badań

Celem opracowania jest analiza zmian struktury przestrzennej i funkcjonowania systemu krajobrazowego w granicach terenu górnicych Władysławów związanych z kolejnymi etapami odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego i fazami rekultywacji. Jedną z podstawowych metod badania przekształceń zachodzących w systemach krajobrazowych jest analiza zmian struktury terenu w przekrojach czasowych. W opracowaniu analizie poddano ukształtowanie powierzchni terenu, jego powierzchniową budowę geologiczną oraz pokrycie terenu (płaty gruntów ornych, lasów, łąk, zbiorników wodnych naturalnych i antropogenicznych, obszary antropogeniczne), charakterystyczne dla badanego obszaru przed rozpoczęciem eksploatacji węgla brunatnego (obszar przedgórnicych) i strukturę ukształtowaną w wyniku procesów naturalnych oraz rekultywacji i zagospodarowania (obszar pogórnicych). Funkcjonowanie krajobrazu rozpatrywane jest najczęściej ze względu na przepływ materii i energii, zakładając, że w ekosystemach tworzących krajobrazy naturalne, dopływ i przepływ materii oraz energii zależy od sił przyrody, a stopień przekształcenia krajobrazu wyraża wielkość dopływu antropogenicznych strumieni materialno-energetycznych [por. 2]. Przyjmując powyższe założenie, zmiany funkcjonowania systemu krajobrazowego w obrębie odkrywki Władysławów określono na podstawie analizy wielkości i natężenia przepływów materialno-energetycznych w geosystemie górnicych.

3. Zmiany struktury krajobrazu w granicach terenu górnicych Władysławów

Cechą charakterystyczną obszarów pogórnicych są dynamiczne zmiany wszystkich komponentów środowiska obserwowane na różnych etapach postępu robót górnicych, prac rekultywacyjnych i zagospodarowania terenu. Przejawiają się najsilniej w morfologii i hydrografii terenu, w szacie roślinnej i pokryciu terenu, prowadząc w konsekwencji do zmian sposobów użytkowania ziemi. Teren górnicych Władysławów jest modelowym przykładem zmian, jakie zachodzą w środowisku przyrodniczym pod wpływem procesu eksploatacji węgla

brunatnego. Zmiany te przedstawiono w tabeli 1, aby umożliwić porównanie stanu środowiska przyrodniczego przed rozpoczęciem działalności górnicych i po jej zakończeniu.

Wizualizacją procesów i zjawisk zachodzących w środowisku przyrodniczym pod wpływem eksploatacji węgla brunatnego (tabela 1) są zmiany krajobrazu terenu górnicych Władysławów. Ilościową charakterystykę tych zmian przedstawia tabela 2.

Krajobraz terenu górnicych Władysławów przed rozpoczęciem eksploatacji charakteryzował się dużym urozmaicheniem rzeźby. Dominującym typem terenu były obszary faliste i pagórkowate z deniwelacjami dochodzącymi do 20 m i spadkami 10 – 15°. Wraz z długimi zboczami, strefami krawędziowymi oraz wzniesieniami moren czołowych o deniwelacjach 20 – 40 m, pokrywały one 77,5% powierzchni. Krajobraz uzupełniały doliny rzek i cieków (9,25%) oraz wyniesione ponad nimi wysoczyzny równinne zajmujące 13% powierzchni terenu górnicych. Powierzchniowa budowa geologiczna charakterystyczna dla krajobrazów peryglacialnych z przewagą utworów piaszczystych (67,12%), piasków gliniastych i glin (16,84%). Grunty zmienione przez człowieka (antropogeniczne) występowały głównie pod zabudową mieszkaniową, przemysłową i miały niewielki udział (4,19%) w litologii badanego obszaru. Krajobraz przedgórnicych kształtowany był pod dominującym wpływem procesów zachodzących w systemie środowiska przyrodniczego, w niewielkim stopniu został zmieniony przez rolnicze użytkowanie. Płaty gruntów ornych (42,76 km²) zajmowały 73,38% powierzchni badanego obszaru. Drugim wyróżniającym się elementem krajobrazu pogórnicych były lasy, zajmujące powierzchnię 7,58 km² (13,01%), o charakterystycznej strukturze z dwoma dużymi, stabilnymi kompleksami leśnymi (2,97 km² i 1,18 km²) i licznymi, rozproszonymi w przestrzeni płatami leśnymi, o niewielkich powierzchniach, nieprzekraczających 1 ha. Powierzchnie leśne wraz z innymi elementami struktury ekologicznej w postaci łąk, pastwisk, obszarów podmokłych stanowiły 22,44%, natomiast pozostałe 4,19% powierzchni użytkowano głównie jako obszary zabudowy mieszkaniowej. Cechą charakterystyczną krajobrazu, typową dla obszarów staroglacjalnych, był zupełny brak naturalnych jezior, a wody powierzchniowe reprezentowane były przez 6 niewielkich oczek wodnych o średniej powierzchni 0,26 ha. Krajobraz przedgórnicych miał charakter typowo rolniczy, o niewielkiej lesistości, a jego strukturę w 95,82% tworzyły elementy naturalne i półnaturalne.

Analiza wartości analogicznych wskaźników obliczonych dla obszaru pogórnicych pozwala wskazać kierunki i tendencje zmian, jakie zaszły w krajobrazie w wyniku naturalnych procesów (ewolucji krajobrazu) oraz eksploatacji węgla brunatnego, rekultywacji i zagospodarowania terenu.

Najbardziej istotne z punktu widzenia ekologii krajobrazu są trwałe i nieodwracalne przekształcenia rzeźby terenu. Ukształtowanie terenu to czynnik, który wzbudza ruch powietrza, obieg wilgoci w atmosferze, grawitacyjne przenoszenie materiału po stoku, spływ wody po powierzchni terenu, ruch wody w gruncie oraz decyduje o ich kierunkach i natężeniu. Rzeźba terenu jest zatem determinantą funkcjonowania środowiska przyrodniczego. Zmiany rzeźby w granicach terenu górnicych Władysławów wiązały się głównie ze wzrostem udziału obszarów równinnych. Ich powierzchnia wzrosła z 7,79 do 12,81 km², co stanowi aktualnie 22% obszaru górnicych. Obszar eksploatacji objął swoim zasięgiem 5,84% obszarów falistych i pagórkowatych wraz ze strefami zboczowymi, 3,11% dolin oraz 1,69% równin. Obecnie obszar ten stanowi równopoziomowe, sypane do rzędnej wysokości terenu (tab. 1) zwałowisko wewnętrzne. Fizjonomię krajobrazu urozmaica pojedyncze, izolowane wzniesienie zwałowiska

Tabela 1. Zmiany środowiska przyrodniczego pod wpływem eksploatacji węgla brunatnego na przykładzie terenu górniczego Władysławów

Table 1. Changes in the natural environment under the influence of lignite exploitation – the case of the mining area Władysławów

TEREN GÓRNICZY WŁADYSŁAWÓW	
OBSZAR PRZEDGÓRNICZY	OBSZAR POGÓRNICZY
Ukształtowanie terenu	
Rzeźba ukształtowana w wyniku procesów glacialnych i fluwioglacjalnych zlodowacenia środkowopolskiego. Powierzchnię nad złożem stanowiła wysoczyzna morenowa płaska wyniesiona ponad dolinę Topca do wysokości 100 – 112 m n.p.m. Teren wokół złoża bardziej urozmaicony, o charakterze rzeźby decyduje wysoczyzna falista i pagórkowata, Wzgórza Władysławowskie i Białkowskie, ostaniec denudacyjny. Deniwelacje średnio 20–40 m, max. 76,4 m, spadki 10-15%, max. 25%. Kulminację stanowi wzniesienie Wzgórz Władysławowskich o wys. 164,8 m n.p.m, a najniżej położony punkt (88,4 m n.m) zlokalizowany jest w dolinie rzeki Topiec.	W zachodniej części obszaru (wieś Piorunów) nowa, dominująca ponad doliną Topca forma rzeźby w postaci zwałowiska zewnętrznego, o powierzchni 35,4 ha, wysokości względnej 20–28 m, stromych zboczach, niewyrównanej wierzchołwie wyniesionej do wysokości 116 m n.p.m. Zwałowisko wewnętrzne równopoziomowe (pow. 620 ha) zlokalizowane między południkową osią doliny Topca i dochodzącą do niej równoleżnikową dolinką erozyjno-denudacyjną, ograniczającą zwałowisko od północy. W części zachodniej zwałowisko wyniesione na wysokość 90 – 100 m n.p.m, w części środkowej i południowej na wysokość 110 – 130 m n.p.m i 140 m n.p.m w części wschodniej. W bezpośrednim sąsiedztwie zwałowiska znajduje się fragment wkopu otwierającego, zawodnionego i pełniącego obecnie funkcję osadnika wód kopalnianych. W części wschodniej obszaru górniczego, między Russocicami a Milinowem zlokalizowane jest wyrobisko końcowe o kubaturze ok. 42 mln. m ³ , powierzchni 119,3 ha, dno wyrobiska znajduje się na rzędnej od 65 do 80–83 m n.p.m. Planuje się wypełnienie wyrobiska wodą do wysokości 101-105 m n.p.m.
Budowa geologiczna	
W powierzchniowej budowie geologicznej występują warstwy skał trzeciorzędowych, głównie, neogeńskich piasków drobnoziarnistych z soczewkami węgla brunatnych, piasków pylastych oraz ilów, mulków i piasków ilastych. Przykryte w czwartorzędzie osadami lodowcowymi i wodnolodowcowymi zlodowacenia południowo i środkowopolskiego reprezentowanymi przez gliny piaszczyste i zwarte gliny zwałowe (rdzawe i szare), iły oraz piaski fluwioglacjalne, żwirów, głązy narzutowe, piaski międzyglinowe. W nadkładzie złoża dominują utwory spoiste (60%), pozostałą część stanowią utwory piaszczysto-żwirowe. W dolinach cieków i obniżeniach występują holocenijskie torfy, gytie i utwory organogeniczne.	Proces urabiania, transportu i zwałowania utworów występujących w nadkładzie spowodował przemieszanie gruntów: ilów, glin piaszczystych i zwałowych, głązów narzutowych, piasków i żwirów, a w efekcie nieodwracalne przekształcenie pierwotnej budowy geologicznej. Zmianom struktury towarzyszą zmiany właściwości fizycznych i mechanicznych gruntów - rozluźnienie, zbrzylenie, rozdrobnienie, wzrost ściśliwości. W rezultacie grunty zwałowe charakteryzują się większą ściśliwością, niż grunty o nienaruszonej strukturze, co uzewnętrznia się w postaci osiadań. Na zwałowisku zewnętrznym odnotowano osiadania rzędu 91 mm, na obszarach przyległych do odkrywki 0 - 41 mm.
Wody powierzchniowe	
Obszar położony w dorzeczu Warty, w zlewni Topca. Topiec, lewostronny dopływ Warty, to rzeka o długości 19 km, o częściowo uregulowanym korycie, ograniczająca teren górniczy od zachodu. Sieć hydrograficzną obszaru zmieniono głównie w wyniku prac melioracyjnych jeszcze przed rozpoczęciem eksploatacji. Silnie zawodniona dolina została w znacznym procencie zmeliorowana, osuszona i przeznaczona na grunty orne i łąki.	Zmiany w obrębie sieci hydrograficznej niewielkie, polegające głównie na adaptacji koryt do przyjęcia i odprowadzania wód z odwodnienia górotworu. Koryto Topca zostało przełożone na odcinku 700 m (po zachodniej stronie wkopu udostępniającego) oraz uregulowane i obwałowane na długości 1,5 km powyżej przełożonego odcinka. Odwodnienie grawitacyjne do rzeki Topiec (i dalej do Warty) systemem równoleżnikowych rowów (północnego i południowego). Drenujący charakter eksploatacji spowodował osuszenie znacznej części zlewni. Nowe elementy sieci hydrograficznej stanowi osadnik wód kopalnianych (brudnych), odprowadzalniki, a w przyszłości planowany w wyrobisku końcowym zbiornik wodny Władysławów o powierzchni 108,8 ha.
Gleby	
Dominują gleby wykształcone głównie na piaskach fluwioglacjalnych; pod względem typologicznym są to gleby brunatne wylugowane i płowe, zaliczane do 6 i 7 kompleksu rolniczej przydatności (V i VI klasa). Udział tych gleb w gruntach ornych stanowi ponad 70%. Korzystniejsze warunki glebowe występują w rejonie Władysławowa i Chylina oraz Natalii i Leonii, gdzie miejscami na piaskach gliniastych lekkich, piaskach gliniastych mocnych i glinach lekkich wykształciły się gleby brunatne właściwe reprezentujące 5 i 4 kompleks oraz czarne ziemie właściwe kompleksu 2.	Od początku działalności górniczej zrehabilitowano w kierunku rolnym 560 ha gruntów zwałowych, z czego przekazano i zbyto 455 ha (stan na 2009 r.). Gleby wytworzone z gruntów zwałowych podlegają ciągłemu procesowi rozwoju. Poddane bonitacji po okresie 10–15-letniej rekultywacji biologicznej (poprawa właściwości fizyczno-chemicznych dzięki zastosowaniu wysokiego nawożenia mineralnego oraz stosowaniu zespołu upraw mechanicznych) sklasyfikowane są w V i VI klasie. Oznacza to odtworzenie warunków glebowych sprzed eksploatacji. Racjonalne użytkowanie rolnicze tych gleb, regulacja stosunków wodnych, agromelioracyjne wapnowanie gruntów kwaśnych sprzyjać będzie rozwojowi procesów glebotwórczych w kolejnych latach, co stwarza szansę na poprawę właściwości fizyczno-chemicznych gleb i podniesienie klasy bonitacyjnej.
Użytkowanie terenu	
Obszar rolniczy z przewagą pól uprawnych (73,4%) i niewielkim udziałem łąk i pastwisk (9,4%). Lesistość na poziomie 13%. We wschodniej części obszaru górniczego występuje jeden zwarty kompleks leśny o charakterze ostoi (pow. 707,4 ha), który uzupełniają pojedyncze, niewielkie płaty leśne. Grunty antropogeniczne, rozproszone, zajmują ok. 10% powierzchni i występują głównie pod zabudową.	W strukturze użytkowania wzrost udziału gruntów antropogenicznych, co wiąże się z rozwojem zabudowy na tym obszarze i dużym odsetkiem użytków kopalnianych. Wzrost lesistości o 11,7% związany z leśnym kierunkiem rekultywacji zwałowiska zewnętrznego i wschodniego fragmentu zwałowiska wewnętrznego. Znaczna część zwałowiska zewnętrznego (90,3%) zrehabilitowana w kierunku rolnym. Nowymi, niewystępującymi przed eksploatacją elementami w strukturze użytkowania są zbiorniki wodne: osadnik i powstający w wyrobisku końcowym zbiornik Władysławów.

Źródło: opracowanie K. Fagiewicz na podstawie [9], [4], [5], [7], Mapa geologiczna Polski 1 : 200 000

Source: developed by K. Fagiewicz using [9], [4], [5], [7], Polish Geological Map 1:200 000

Tabela 2. Zmiany krajobrazu w granicach terenu górniczego Władysławów – ujęcie ilościowe
Table 2. Landscape changes within the mining area Władysławów – quantification

TEREN GÓRNICZY WŁADYSŁAWÓW (pow. 58,27 km ²)	Typy rzeźby terenu (powierzchnia, km ²)					
	Doliny, obniżenia terenu, zagłębienia bezodpływowe	Obszary faliste i pagórkowate	Obszary równinne	Wzgórza	Strefy krawędziowe, zbocza	
przed eksploatacją	5,55	26,54	7,79	13,54	4,85	
po eksploatacji	3,58	25,24	12,81	13,89	2,75	
Powierzchniowe utwory geologiczne (litologia) (powierzchnia, ha)						
	Rumosze i żwiry	Piaski luźne, słabo gliniaste	Piaski gliniaste, gliniaste mocne, gliny	Grunty organiczne (torfy i gleby murszowe)	Grunty antropogeniczne (zmieszane)	
przed eksploatacją	0,00	39,11	9,81	6,87	2,44	
po eksploatacji	0,00	32,34	8,02	6,95	10,96	
Użytkowanie terenu (powierzchnia, ha)						
	Obszary rolnicze (grunty orne, sady, uprawy trwałe)	Łąki, pastwiska	Lasy	Zabudowa mieszkaniowa, przemysłowa i usługowa	Zbiorniki wodne (naturalne i sztuczne)	Nieużytki
przed eksploatacją	42,76	5,48	7,58	2,44	0,02	0,00
po eksploatacji*	38,21	1,77	14,39	2,63	0,07	1,19
po zakończeniu procesu rekultywacji (prognoza na rok 2018)	rekultywacja rolna gruntów w otoczeniu zbiornika	jw.	zalesienie NE części otoczenia zbiornika	rozwój zabudowy rekreacyjnej mieszkaniowej w otoczeniu zbiornika	powstanie zbiornika Władysławów w wyrobisku końcowym o pow. 1,09 km ²	obszary poddane rekultywacji

Źródło: Opracowanie własne, Fagiewicz
 Source: personal work, Fagiewicz

zewnątrznego, zlokalizowanego w dnie doliny Topca, które według klasyfikacji geokompleksów antropogenicznych [6] zalicza się do form obcych w tym środowisku, odcinających się od bliższego, a nawet dalszego otoczenia [5].

Do trwałych i nieodwracalnych zmian środowiska przyrodniczego związanych z górnictwem odkrywkowym należą przekształcenia litologii. Przemieszczenie utworów występujących w nadkładzie złoża w procesie urabiania, transportu i zwałowania powoduje trwałe i nieodwracalne zmiany w powierzchniowej budowie geologicznej obszaru. W litologii obszaru górniczego Władysławów obecnie 14,3% stanowią grunty przekształcone w wyniku działalności wydobywczej, 4,3% grunty pod zabudowę. Razem udział gruntów antropogenicznych zwiększył się z 4,19 do 18,81%.

Przekształcenia struktury dotyczą głównie zmian udziału poszczególnych typów użytkowania w krajobrazie. Powierzchnia gruntów ornich (z uwzględnieniem gruntów pogórnich zrehabilitowanych w kierunku rolnym) zmniejszyła się z 42,76 km² do 38,21 km² (o 10,64%), a ich procentowy udział w krajobrazie do 65,57%. Najbardziej charakterystyczną i pożądaną z punktu widzenia ekologii krajobrazu zmianą jest prawie 90-procentowy wzrost powierzchni lasów (z 7,58 do 14,39 km²) i zmiany ich struktury. Płaty leśne są mniej liczne w krajobrazie, natomiast ich powierzchnia się zwiększyła. We wschodniej części terenu górniczego wykształcił się duży kompleks leśny o powierzchni 7,36 km², mający charakter ostoi, a powierzchnie kolejnych czterech kompleksów przekraczają 1 km², co pozwala uznać je za stabilne kompleksy leśne. Udział lasów w strukturze krajo-

brazu terenu górniczego wzrósł z 13,01% do 24,7%. Wzrost lesistości związany jest głównie z polityką zalesieniową kraju, w mniejszym stopniu z rekultywacją w kierunku leśnym. Powierzchnia gruntów pogórnich zrehabilitowanych w kierunku leśnym wynosi 89 ha (stan na 2009 r.). Dużej redukcji, z 5,48 do 1,77 km² (68%) uległy powierzchnie obszarów podmokłych i użytków zielonych (łąk i pastwisk). Proces ten związany jest z eksploatacją węgla brunatnego w dolinie Topca i dopływającego do niego rowu północnego. Obecnie część dolin tych cieków zajmuje zachodni fragment zwałowiska wewnętrznego zrehabilitowany w kierunku rolnym, zalesione zwałowisko zewnętrzne i osadnik wód brudnych (we wkopie udostępniającym złożo). Odwodnienie złoża spowodowało wcześniejsze procesy melioracji, powodując osuszenie zlewni i przeznaczenie znacznej części użytków zielonych na grunty orne. Zbilansowanie powierzchni pól tworzących strukturę ekologiczną (lasów, obszarów podmokłych, łąk i zbiorników wodnych) wskazuje, że ich udział w krajobrazie zwiększył się do 27,85% (z 22,44 %). Nowy, nie występujący w krajobrazie przedgórnym typ użytkowania, stanowi nieużytek (2,04%) w postaci wyrobiska końcowego. Według założeń rekultywacyjnych w okresie 5 lat (do 2018 r.) zagłębienie zostanie wypełnione wodą. Powstały zbiornik wodny o powierzchni 108,8 ha stanowić będzie nowy element krajobrazu pogórnego, który wzbogaci starogłębny, pozbawiony jezior obszar, wzmocni jego strukturę ekologiczną (udział pól tworzących strukturę ekologiczną wzrośnie do 30%), będzie miał istotne znaczenie dla gospodarki wodnej oraz rozwoju turystyki i rekreacji wodnej.

4. Zmiany funkcjonowania krajobrazu w granicach terenu górniczego Władysławów

Stopień przekształcenia krajobrazu w ujęciu funkcjonalnym wyraża się wielkością przepływów antropogenicznych strumieni materialno-energetycznych [2]. Funkcjonowanie geosystemów sztucznych (antropogenicznych), do których należą geosystemy górnicze, determinują przepływy materialno-energetyczne, których wielkością i natężeniem steruje człowiek. Analizę ich wielkości w odkrywce Władysławów przeprowadzono w oparciu o dwa podejścia: merologiczne i holistyczne (metoda „czarnej skrzynki”). Podejście merologiczne pozwoliło wyróżnić strumienie materii i energii na „wejściu” i „wyjściu” z ekosystemu (ryc.1). Metoda „czarnej skrzynki” zakłada pominięcie transformacji tych strumieni wewnątrz ekosystemu [8]. Przyjęcie takiego założenia wynikało z braku danych ilościowych określających wielkość i stopień przekształceń. Ocenę funkcjonowania geosystemu górniczego Władysławów oparto na analizie dynamiki zmian wielkości i natężenia głównych strumieni materialno-energetycznych „wejściowych” (energii elektrycznej) i „wyjściowych” (węgiel brunatny, nadkład, wody).

Najbardziej istotnym, z punktu widzenia działalności wydobywczej, strumieniem materii jest węgiel brunatny. Od momentu rozpoczęcia wydobywania węgla w 1978 r. do roku 2008 ze złoża „Władysławów” wydobyto 35,68 mln Mg

węgla. Ilość wydobywanego surowca w ciągu roku wahała się od 2,09 mln Mg w 1995 r. do 0,50 mln Mg w roku 2008 (ryc.2). Niskie wartości wydobywania charakterystyczne są dla okresu poprzedzającego zakończenie eksploatacji (2012 r.). Węgiel brunatny jest strumieniem materialnym wychodzącym poza geosystem. Jego trwały brak jest nieodwracalnym skutkiem przekształcenia budowy geologicznej i stanowi jeden z elementów zaburzających równowagę w geosystemie środowiska przyrodniczego.

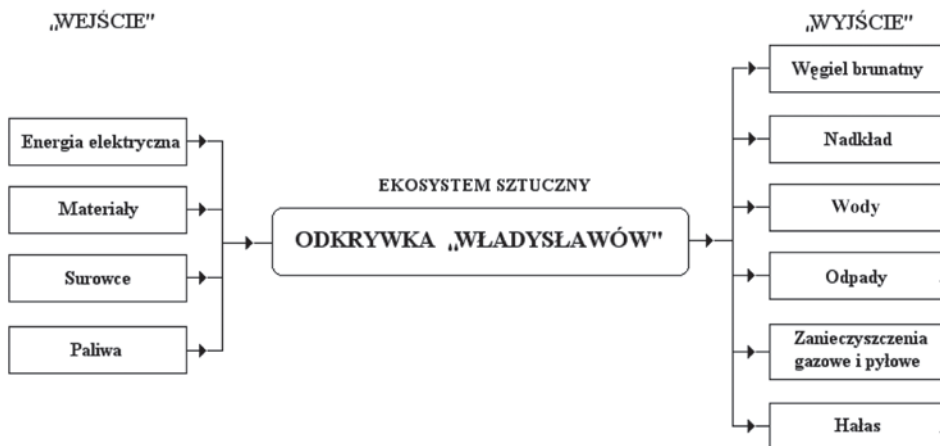
Kolejnym strumieniem materii wychodzącym z ekosystemu górniczego jest nadkład. Nadkład stanowią utwory geologiczne zalegające nad złożem, które w pierwszej fazie eksploatacji opuszczają geosystem i powracają do niego po wydobywaniu kopaliny, tworząc zwałowiska nadpoziomowe, podpoziomowe lub równe rzędnej otaczającego terenu. Zmiana ich właściwości fizycznych (tab.1) wpływa na zmiany funkcjonowania wykształconych w procesie rekultywacji geosystemów pogórnich (osiadanie, infiltracja, retencja gruntowa, parowanie). Zbieranie nadkładu w Odkrywce „Władysławów” rozpoczęto w 1976 r. Do końca 2008 r. zdeponowano ponad 144,71 mln m³ gruntów. Od początku rozpoczęcia eksploatacji do 1995 r. ilość zdejmowanego nadkładu systematycznie wzrastała, osiągając w latach kolejnych średnią wartość 4,39 mln m³. W porównaniu z pozostałymi odkrywkami KWB „Adamów” wielkość tego wskaźnika jest najniższa. W odkrywce „Adamów”

Ryc. 1. Model antropogenicznych przepływów materii i energii przez ekosystem kopalni węgla brunatnego

Źródło: Opracowanie własne M. Szulc

Fig. 1. Model of anthropogenic flows of matter and energy through an ecosystem of a lignite mine

Source: personal work Szulc

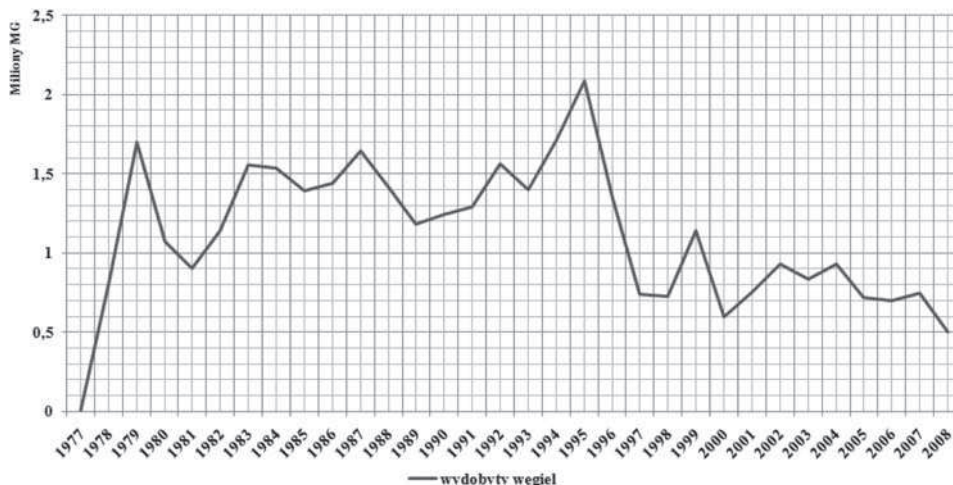


Ryc. 2. Wydobywanie węgla w odkrywce Władysławów w latach 1977 - 2008

Źródło: Opracowanie własne M. Szulc na podstawie materiałów KWB „Adamów”

Fig. 2. Coal mining in opencast Władysławów from 1977 to 2008

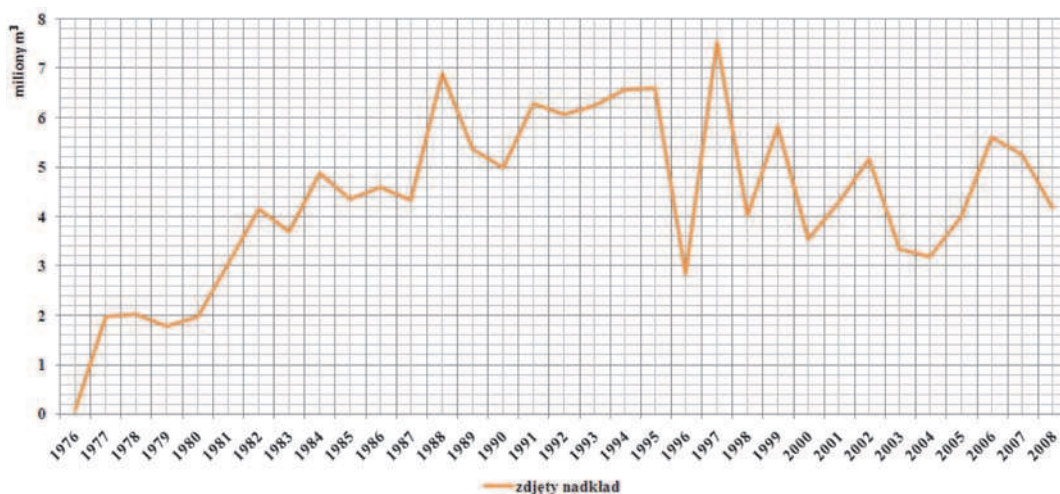
Source: personal work M. Szulc, based on the materials of the Lignite Mine “Adamów”



zdejmuje się 17,24 mln m³, w odkrywce „Kozmin” 8,67 mln m³. Odkrywka „Władysławów” charakteryzowała się korzystnym stosunkiem N/W (nadkładu do węgla) – 3,1 : 1. Średnia grubość nadkładu wynosiła 26,8 m, przy średniej miąższości pokładu węgla 8,6 m [12]. Tendencje zmian ilości zdejmowanego nadkładu prezentuje ryc. 3

Wydobycie węgla wiąże się z koniecznością odwodnienia złoża. Proces ten uruchamia odpływ wód powierzchniowych poza granice geosystemu górniczego i naturalnej zlewni. Wody z odwodnienia złoża Władysławów odprowadzane były poprzez rowy północny i południowy do rzeki Topieć. Izolacja odkrywki Władysławów względem pozostałych odkrywek KWB „Adamów” nie umożliwiała zagospodarowania wód z odwodnienia (wody z odwodnienia odkrywek „Adamów” i „Kozmin” wykorzystywane są jako źródło zasila-

nia budowanych zbiorników wodnych). Ogólną dynamikę ilości przetrzucanych wód kształtują wody z odwodnienia powierzchniowego i głębinowego, a wielkości obydwu wskaźników charakteryzują się dużym zróżnicowaniem. Wielkość odwodnienia powierzchniowego (z rzepia) kształtowana jest głównie przez warunki pogodowe, od których zależy wielkość parowania, opady itp., natomiast odwodnienie głębinowe (ze studni) uzależnione jest od warunków hydrogeologicznych (skał zalegających nad stropem i pod spągami węgla brunatnego, głębokości zalegania węgla). Największe ilości wody z odwodnienia powierzchniowego odprowadzono do osadnika wód brudnych w latach 1976 – 1980. W 1979 r. wskaźnik ten osiągnął wartość maksymalną – ilość wypompowanej wody wyniosła ponad 24,9 mln m³ wody. W kolejnych latach ilość wód odprowadzanych do osadnika w Piorunowie systema-

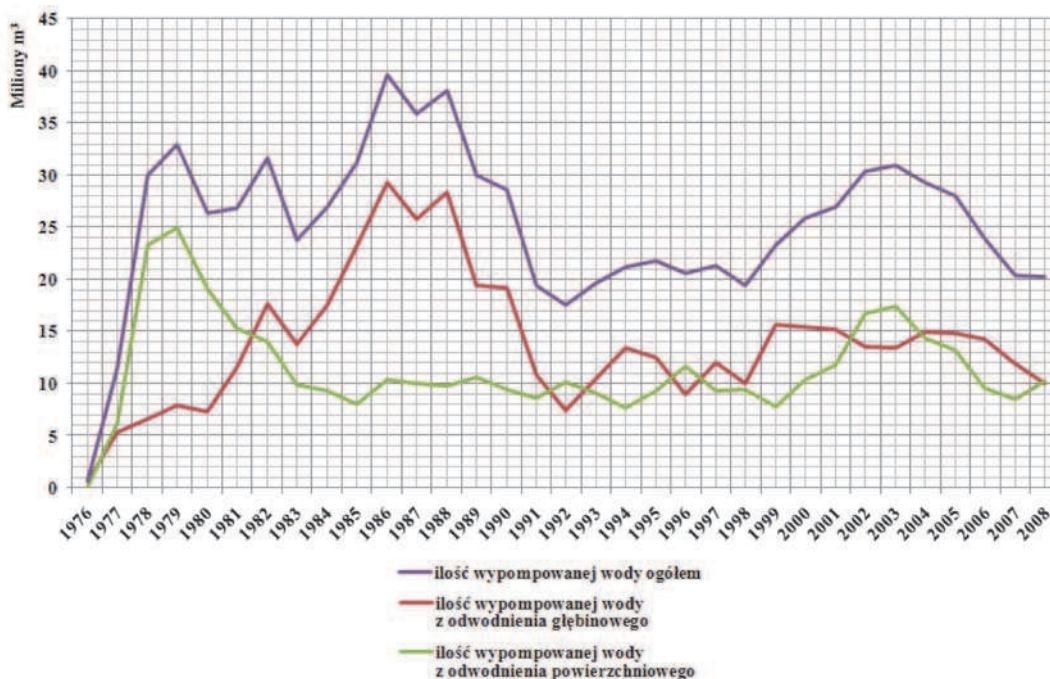


Ryc. 3. Wielkość zdejmowanego nadkładu w odkrywce Władysławów w latach 1977 – 2008

Źródło: Opracowanie własne K. Szulc na podstawie materiałów KWB „Adamów”

Fig. 3. Size of removable overburden in the opencast Władysławów from 1977 to 2008

Source: personal work, based on the materials of the Lignite Mine “Adamów”



Ryc. 4. Ilość wody wypompowanej w procesie odwadniania złoża Władysławów w latach 1976-2008

Źródło: Opracowanie własne K. Szulc na podstawie materiałów KWB „Adamów”

Fig. 4. Amount of water pumped out in the process of drainage of the deposits Władysławów from 1976 to 2008

Source: personal work, based on the materials of the Lignite Mine “Adamów”

tycznie malała i ustabilizowała się na poziomie 7,71 - 11,79 mln m³ wody. Ponowny wzrost ilości wód związany był z zakończeniem rozbudowy systemu odwodnienia głębinowego i zwiększającą się ilością wód podsiąkających ze spągu wyrobiska. W efekcie rowy powierzchniowe zbierające wodę z powierzchni wyrobiska odprowadzały większe ilości wód do rzepia.

Rozkład ilości wody pochodzącej z odwodnienia głębinowego jest odmienny. W pierwszych trzech latach od rozpoczęcia odwodnienia złoże ilość odpompowanej wody nie przekraczała 10 mln m³ rocznie. Największą ilość wody wypompowano w latach 1985 – 1988. Każdego roku studnie odprowadziły ponad 40 mln m³ wody. Od 2004 r. do 2008 r. ilość wód pochodzących z odwodnienia głębinowego maleje. Jest to skutek zakończenia rozbudowy systemu odwodnienia kopalni, które nastąpiło w 2005 r. w związku z planowanym zakończeniem eksploatacji złoże na 2012 r.

Od początku funkcjonowania odkrywki do 2008 r. poza zlewnię odprowadzono 833,6 mln m³ wód z czego 457,61 mln m³ stanowiły wody głębinowe, a 375,99 mln m³ wody powierzchniowe.

Stronę rozchodową (wyjścia z geosystemu) uzupełniają strumienie materialno-energetyczne o charakterze antropogenicznym (odpady, emisja gazów i pyłów do atmosfery, hałas), które ze względu na niewielki wpływ na przekształcenia geosystemu nie zostały zbilansowane. Zasadnicze znaczenie dla funkcjonowania geosystemu kopalni mają przeanalizowane powyżej naturalne strumienie materialno-energetyczne (węgiel brunatny, wody, skały). Ich obieg wewnątrz geosystemu, przemieszczanie na zewnątrz (poza geosystem) i powrót do ekosystemu (np. masy ziemne w postaci zwalisk wewnętrznych) jest warunkowany dużymi subwencjami energii i paliw. Najważniejszym strumieniem energetycznym wchodzącym do ekosystemu kopalni jest energia elektryczna, wykorzystywana przez pracujące maszyny górnicze, taśmociągi transportujące węgiel i nadkład, pompy odwadniające oraz urządzenia oświetlające teren wyrobiska. Wielkość energii dostarczonej do geosystemu kopalni Władysławów ewidencjonowano w ostatnich 17 latach działalności odkrywki. W latach 1996 – 2008 odkrywka „Władysławów” zużyła łącznie 296 606,86 MWh energii elektrycznej (rys.

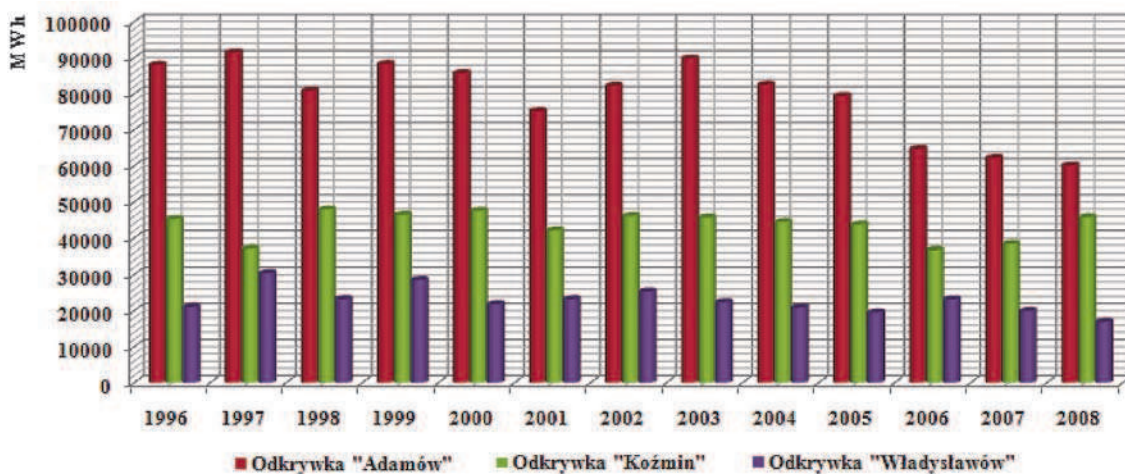
5). Średnie roczne zużycie kształtowało się na poziomie ok. 22 815,91 MWh i było najniższe w porównaniu z pozostałymi odkrywkami KWB „Adamów” (rys. 5). W analizowanym przedziale czasowym każdego roku największe zużycie energii elektrycznej na cele techniczne ma Odkrywka „Adamów” (powyżej 60 000 MWh/rok), Odkrywka „Kozłmin” (powyżej 35 000 MWh/rok).

Wskaźnikiem bardziej obiektywnym, charakteryzującym energochłonność przemysłu wydobywczego jest zużycie energii na 1 Mg węgla (ryc. 6). Wartości charakterystyczne dla poszczególnych odkrywek i przedziałów czasowych, niewykazujące jednoznacznych tendencji, odzwierciedlają aktualne, w danym miejscu i czasie, warunki zalegania złoże i określają wielkość nakładów niezbędnych do wydobycia 1 Mg surowca.

Trudność identyfikacji wszystkich strumieni materialno-energetycznych i częsta ich niemierzalność nie umożliwia modelowania funkcjonowania geosystemów górniczych. Przedstawione wielkości strumieni materialno-energetycznych wchodzących do i wychodzących z ekosystemu kopalni obrazują dynamikę zmian funkcjonowania systemu przyrodniczego w efekcie działalności górniczej i wynikające z tego przeobrażenia struktury geosystemów (ich cech fizycznych, chemicznych i biologicznych), charakterystyczne dla etapu eksploatacji złoże.

5. Podsumowanie

Zmiany struktury i funkcjonowania geosystemu górniczego Odkrywki „Władysławów” określają stan degradacji - stan charakterystyczny dla pierwszego z trzech etapów procesu eksploatacji węgla brunatnego. Rozpoznanie dynamiki tych zmian, określenie ich wielkości i natężenia jest podstawą do formułowania prognoz, oceny niezbędnych nakładów oraz określenia kierunków działań, które umożliwią przejście ekosystemów górniczych do stanu wtórnej równowagi i wytworzenia nowych, antropogenicznych systemów krajobrazowych (etap II). Etap ten realizowany jest głównie poprzez proces rekultywacji. W Odkrywce „Władysławów” rekultywacja gruntów zdegradowanych prowadzona była równoległe z postępowaniem frontu wydobywczego, a po zakończeniu

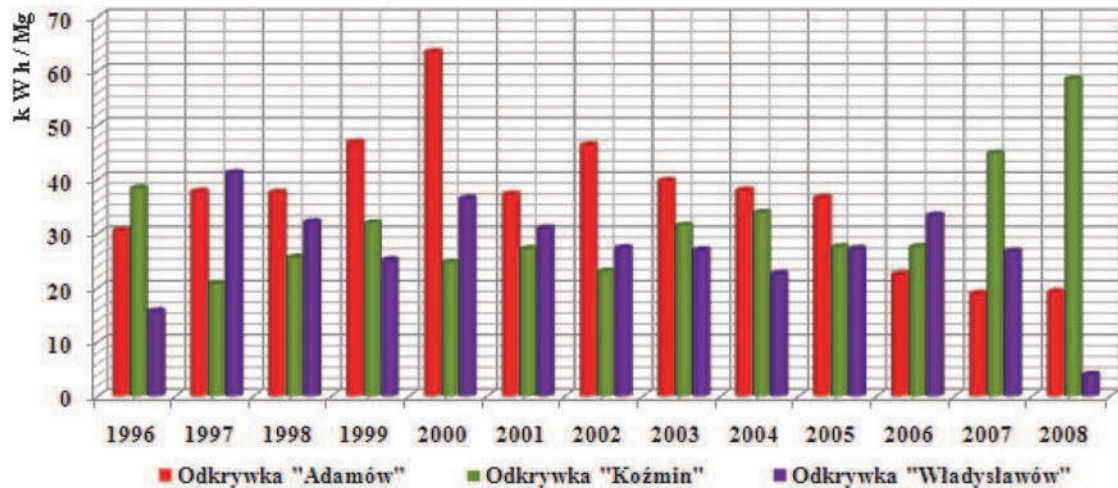


Ryc. 5. Zużycie energii elektrycznej na cele techniczne w poszczególnych odkrywkach należących do KWB „Adamów” w latach 1996 – 2008

Źródło: Opracowanie własne K. Szulca na podstawie materiałów KWB „Adamów”

Fig. 5. Electricity consumption for technical purposes in different opencast mines belonging to the KWB (Lignite Mine) “Adamów” from 1996 to 2008

Source: personal work, based on the materials of the Lignite Mine “Adamów”



Ryc. 6. Zużycie energii elektrycznej na 1 Mg węgla w poszczególnych odkrywkach KWB „Adamów” w latach 1996 – 2008

Źródło: Opracowanie własne Szulc na podstawie materiałów KWB „Adamów”

Fig. 6. Electricity consumption per 1 Mg of carbon in various opencast mines of KWB “Adamów” from 1996 to 2008

Source: personal work, based on the materials of the Lignite Mine “Adamów”

eksploatacji krajobraz tego obszaru tworzyć będzie ok. 466,2 ha gruntów zrehabilitowanych w kierunku rolnym, 63,8 ha lasów oraz zbiornik wodny o powierzchni 108,8 ha, o nadzrędnym znaczeniu dla procesu kształtowania retencji wodnej krajobrazu i odbudowy utraconych zasobów wodnych. Etap III – zagospodarowanie terenów zrehabilitowanych otwiera możliwości rozwoju nowych funkcji gospodarczych. W analizowanym przypadku, proces biologicznej rekultywacji gruntów pogórnich w oparciu o uprawy roślin strukturotwórczych, głównie traw luźnokępkowych i roślin motylkowych (lucerna, koniczyna) dał podstawę rozwoju hodowli bydła mlecznego w okolicach Władysławowa. Powstający zbiornik wodny i jego kompleksowe zagospodarowanie stanowi potencjał do rozwoju nowych, niewystępujących wcześniej (ze względu na brak naturalnych uwarunkowań terenu), form turystyki, głównie kwalifikowanej, związanej z wodą oraz aktywnej rekreacji i wypoczynku.

Literatura

1. *Antrop M.*: Sustainable landscapes: contradiction, fiction or utopia? *Landscape and Urban Planning* 75, s. 187-197, 2006.
2. *Bartkowski T.*: Zastosowania geografii fizycznej, PWN, Warszawa 1986.
3. *Chmielewski T.J.*: Systemy krajobrazowe. Struktura – funkcjonowanie – planowanie. Wyd.1. PWN, Warszawa 2012.
4. *Kaszelewicz Z.*: Rekultywacja terenów pogórnich w polskich kopalniach odkrywkowych, Fundacja Nauka i Tradycje Górnicze, AGH, Kraków 2010.
5. *Kozacki L.*: Geosystem antropogeniczny odkrywki „Władysławów”, w: *Geologia i ochrona środowiska Wielkopolski. Przewodnik LXXI Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań 2000.
6. *Kozacki L.*: Klasyfikacja geokompleksów antropogenicznych (poeksploatacyjnych). Sprawozdania PTPN 107, Poznań 1988.
7. *Langhamer L.*: Warunki przyrodnicze produkcji rolnej. Województwo konińskie. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy 1990.
8. *Macias A.*: Antropogeniczny przepływ energii i materii na przykładzie wybranych małych miast Wielkopolski, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Poznań 2001.
9. *Ostręga A., Polak K., Cala M., Rózkowski K., Bucholski K., Wójnicka-Put B.*: Koncepcja rewitalizacji zbiornika Władysławów wraz z otoczeniem, AGH, Kraków 2010.
10. *Pietrzyk-Sokulska E.*: Kryteria i kierunki adaptacji terenów po eksploatacji surowców skalnych. Studium dla wybranych obszarów Polski. Studia, Rozprawy, Monografie, Nr 131, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2005.
11. *Pietrzyk-Sokulska E.* (red): Tereny pogórnice szansą rozwoju obszarów ich występowania – studium na przykładzie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Wyd. Instytutu GSMiE PAN, Kraków 2008.
12. *Piasecki A.*: Kopalnia Węgla Brunatnego Adamów 1956-1999, Wydawnictwo 910977, Turek 1999.
13. *Szulc (Glapińska) M.*: Antropogeniczne przepływy materii i energii w kontekście ochrony środowiska na przykładzie KWB „Adamów” – odkrywka Władysławów. Praca magisterska, (niepublikowana) wykonana pod kierunkiem dr. hab. A. Maciasa, Archiwum Zakładu Geografii Kompleksowej, WNGiG, UAM, Poznań 2010.