

ANTROPOGENICZNE ZMIANY KRAJOBRAZU ZWIĄZANE Z DAWNYM GÓRNICTWEM WĘGLA BRUNATNEGO NA PRZYKŁADZIE POLSKIEJ CZĘŚCI OBSZARU ŁUKU MUŻAKOWA

ANTHROPOGENIC LANDSCAPE CHANGES CONNECTED WITH THE OLD BROWN COAL MINING BASED ON THE EXAMPLE OF THE POLISH PART OF THE MUSKAU ARCH AREA

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

W artykule omówiono zmiany pierwotnego krajobrazu geologicznego obszaru polskiej części Łuku Mużakowa wywołane dawnym odkrywkowym i podziemnym górnictwem węgla brunatnego, ilów ceramicznych oraz piasków i żwirów. Dla potrzeb identyfikacji form antropogenicznych wykorzystano metody wizualizacji numerycznego lidarowego modelu rzeźby terenu, w zestawieniu z historycznymi mapami topograficznymi i planami górniczymi. Wyniki ilościowej analizy form antropogenicznych z zastosowaniem metod analizy GIS, dostarczyły informacji na temat wykształcenia współczesnego krajobrazu pogórniczego.

Słowa kluczowe: krajobraz pogórniczny, antropogeniczne formy rzeźby terenu, dawne górnictwo węgla brunatnego, numeryczny model rzeźby terenu, GIS historyczny

Changes of the primeval geological landscape due to former lignite, ceramic clays as well as sand and gravel open-cast and underground mining, in the Polish part of Muskau Arch have been discussed in this paper. For the purposes of identification the anthropogenic forms visualisation methods of high-resolution lidar terrain model have been used, in accordance with historical topographical maps and mining plans. The results of the quantitative GIS analysis of the anthropogenic forms made in the selected area, provided information on the contemporary post-mining landscape.

Keywords: post-mining landscape, anthropogenic terrain forms, old brown coal mining, digital terrain model, historical GIS

Wprowadzenie

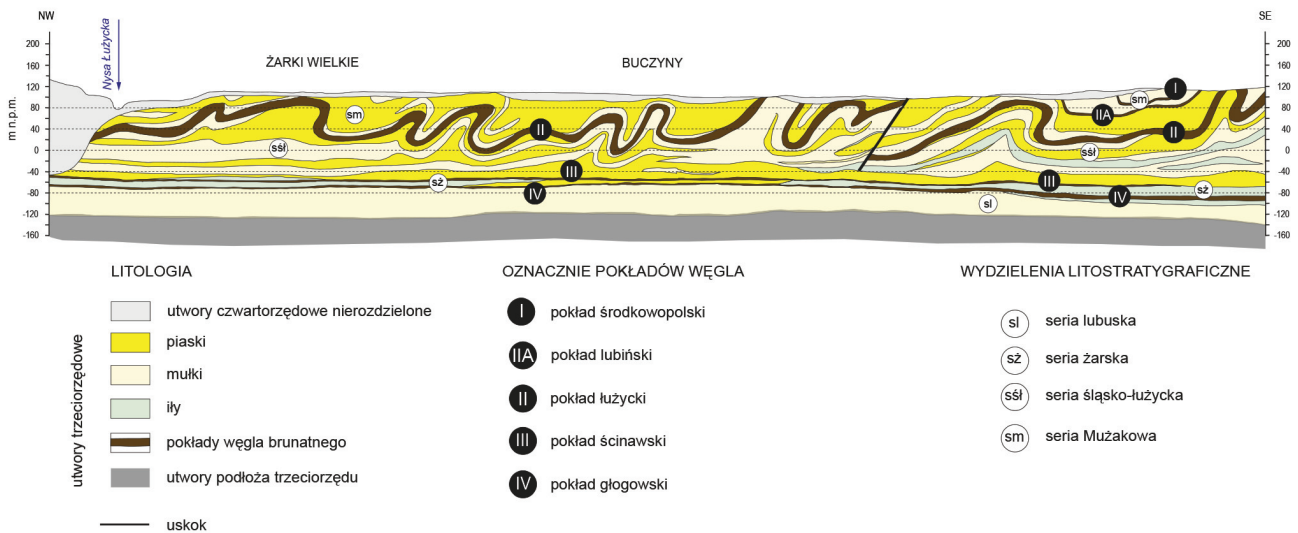
W południowej części pogranicza polsko-niemieckiego, w granicach powiatu żarskiego województwa lubuskiego, znajduje się wyraźnie widoczna w morfologii strefa zaburzeń glacitektonicznych nazywana Łukiem Mużakowa. W jego obszarze, zaburzeniom uległy utwory paleogenu i neogenu, w tym najpłycej położone pokłady węgla brunatnego wyróżniane jako: I pokład środkowopolski, II A pokład lubiński i II pokład łużycki oraz utwory ilaste i piaszczyste (rys. 1). Dane z licznych wierceń poszukiwawczo-geologicznych oraz wyrobisk kopalni węgla brunatnego wskazują, że dominującym stylem deformacji glacitektonicznych są struktury nieciągłe, o charakterze łusek, którym towarzyszą struktury fałdowe oraz diapiry i fałdy iniekcyjne [2,8,9,18].

W obrębie podobnie wykształconych wzniesień, będących odzwierciedleniem zasięgów lobów lodowcowych, położonych w regionie Dolnych Łużyc i Dolnego Śląska, Łuk Mużakowa zajmuje centralne położenie i wyróżnia się regularnym kształtem podkowy (rys. 2). W części środkowej przedzielony jest on doliną granicznej rzeki Nysy Łużyckiej na część niemiecką i polską. Na zachodzie Łuk Mużakowa, rozciąga się od okolic miejscowości Döbern, dalej w kierunku Weißwasser, a na

wschodzie od miejscowości Łęknica w kierunku Trzebiela, do miejscowości Tuplice. Jest to niewielka forma dająca się wpisać w kwadrat o wymiarach boków około 25 km. Jego całkowita powierzchnia wynosi około 170 km².

Warunki płytkiego zalegania pokładów węgla, związane z wymienionym stylem budowy geologicznej, przyczyniły się do ich wczesnej eksploatacji górniczej, której początki w całym polsko-niemieckim obszarze Łuku Mużakowa datowane są na rok 1843, a w jego obecnie polskiej części na rok 1854. Głównie eksploatowano węgle należące do II pokładu łużyckiego oraz w mniejszym stopniu węgle II A pokładu lubińskiego i I pokładu środkowopolskiego. Główny pokład posiadał miąższość od 8 do 13 m oraz dobre parametry jakościowe. Po zbrykietowaniu węgla był użytkowany jako surowiec energetyczny, wykorzystywany w miejscowych cegielniach, hutach szkła oraz do celów gospodarczych [5].

Rozwój przemysłu wydobywczego opierał się również na eksploatacji kopalni towarzyszących węglom. Najwcześniej, około roku 1825, w rejonie Bad Muskau, w zachodniej części Łuku Mużakowa, pozyskiwano ily i mułki alunowe, wykorzystywane do produkcji alunu. Następnie w całym Łuku Mużakowa wydobywaniu węgla towarzyszyła eksploatacja ilów ceramicznych (ilów garncańskich) oraz powszechnie występu-



Rys. 1. Przekrój geologiczny Łuku Mużakowa przedstawiający wykształcenie zaburzenia pokładów węgla brunatnego, na podstawie [2]
 Fig. 1. Geological cross-section showing disturbances of coal seams, based on [2]

jących drobnoziarnistych mioceńskich piasków kwarcowych, wykorzystywana do produkcji szkła. W mniejszej skali wydobywano również piaski i żwiry czwartorzędowe do celów budowlanych.

Eksploatacja kopalni w obszarze polskiej części Łuku Mużakowa trwała około 120 lat. Do początków XX wieku wydobywanie węgla prowadzone było głównie metodą podziemną. Pokład węglowy udostępniano za pomocą szybów lub chodników upadowych. Początkowo, eksploatację odkrywkową prowadzono w niewielkich wyrobiskach, niewymagających znacznego odwodnienia. Po wybraniu najkorzystniejszych partii złoża wydobywanie przerywano, a prace górnicze podejmowano w innym miejscu. Odkrywkowy sposób eksploatacji węgla, prowadzony na szerszą skalę, zaczęto stosować dopiero z początkiem lat dwudziestych i trzydziestych XX wieku, co wynikało z rozwoju technicznych możliwości odwadniania i zabezpieczania dużych wyrobisk odkrywkowych oraz możliwości przemieszczania znacznych ilości skał nadkładu. Pozostałości górnictwa, zarówno podziemnego jak i odkrywkowego, są dzisiaj w różnym stopniu widoczne we współczesnym krajobrazie. W wybranych miejscach stanowią one element dominujący, składający się na wyjątkowy krajobraz antropogeniczny.

W niniejszym artykule, wszelkie odniesienia do krajobrazu utożsamiane są z wyglądem powierzchni Ziemi, będącym wynikiem wzajemnego oddziaływania różnych zjawisk i procesów przyrodniczych, w którym początkowo dominują procesy geologiczne i geomorfologiczne, prowadzące do powstania krajobrazu geologicznego. Krajobraz geologiczny poddany działalności człowieka przyjmuje formę krajobrazu kulturowego, rozumianego dalej jako krajobraz antropoge-

niczny [10,11,12].

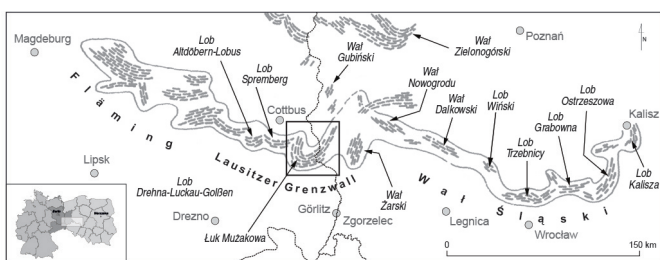
Łuk Mużakowa, jest bardzo dobrym miejscem obserwacji przemian krajobrazowych z uwagi na obecność niespotykanej gdzie indziej rzeźby terenu, ściśle związanej ze stylem glaciotektonicznej budowy obszaru, która w długim okresie rozwoju przemysłu wydobywczego była przekształcana przez górnictwo podziemne i odkrywkowe.

Po zakończeniu działalności górniczej, która nastąpiła wraz z zamknięciem powojennej kopalni „Przyjaźń Narodów – Szyb Babina” w roku 1973, w części obszaru pogórniczego prowadzono prace rekultywacyjne, głównie w kierunku rekultywacji leśnej. Pozostałe tereny, które krótko po ustaniu górnictwa, można było uznać za zdegradowane, w naturalny sposób ulegały dalszym przemianom. Powstały nowe formy morfologiczne i środowiska biotyczne, związane między innymi z występowaniem kwaśnych wód pokopalnianych. Zróżnicowane obiekty antropogeniczne w wielu miejscach posiadają rangę stanowisk geoturystycznych. W ich obrębie zachodzą obecnie samoistne procesy renaturyzacji, miejscami wspomagane przez gospodarkę leśną. Obiekty te są chronione i prezentowane w ramach tworzonego tu od roku 2009 geoparku krajowego, który od roku 2015 nosi nazwę „Światowy Geopark UNESCO Łuk Mużakowa” [6,7]. W tym kontekście rozpoznanie obiektów antropogenicznych i określenie mechanizmów ich powstania posiada praktyczne znacznie poznawcze.

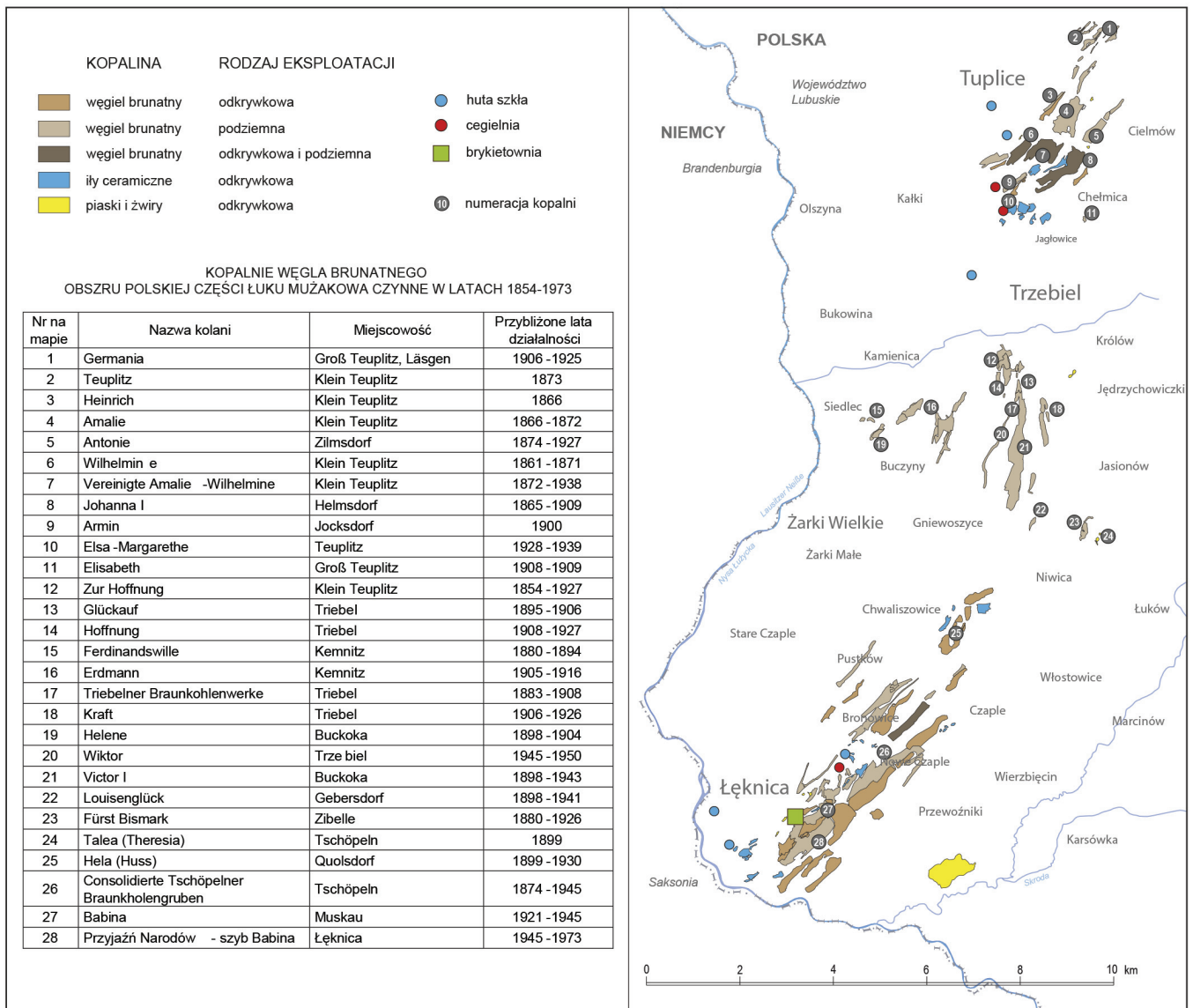
Rozmieszczenie wyrobisk górniczych w ujęciu historycznym

W obszarze polskiej części Łuku Mużakowa, w całym okresie aktywności przemysłu wydobywczego, czynnych było 28 kopalni węgla brunatnego, którym w wielu miejscach towarzyszyły odkrywkowe wyrobiska ilów ceramicznych [3,5,14]. Rozmieszczone one były w trzech regionach: na północy w rejonie Tuplic, w części środkowej, w obszarze na południe od Trzebiela oraz w części południowej, w obszarze pomiędzy Chwaliszowicami, a Łęknicą (rys. 3).

Najstarsza kopalnia „Zur Hoffnung”, z roku 1854, znajdowała się w regionie środkowym na południe od Trzebiela. Kolejno uruchamiane kopalnie, mniej więcej do roku 1870, „Wilhelmine”, „Amalie”, i „Teuplitz”, były zazwyczaj niewielkie i znajdowały się w północnej części obszaru, w rejonie Tuplic. Wydobywano w nich węgiel w niewielkiej ilości około 2 tys.



Rys. 2. Położenie Łuku Mużakowa w obrębie wzgórz Wału Śląskiego, Wzniesień Łużyckich i Wzgórz Flaming
 Fig. 2. Location of the Musakau Arch within Silesian Lampart hills, Lusatia Hills and Flaming Hills



Rys. 3. Rozmieszczenie kopalń w obrębie polskiej części Łuku Mużakowa
Fig. 3. Distributions of mines within the Polish part of the Muskau Arch

Mg., był często używany w pobliskich cegielniach. Kopalnie te, jako pola górnicze, zostały włączone do kopalni „Vereinigte Amalie-Wilhelmine”, powstałej w roku 1872. Jej maksymalne roczne wydobycie nieznacznie przekraczało 40 tys. Mg.

Podobnie na południe od Trzebiela, gdzie rozpoczęto wydobycie węgla, w latach 1880-1926 funkcjonowały drobne kopalnie takie jak: „Ferdinandswille”, „Glückauf”, „Helene”, „Fürst Bismarck”, „Louisenglück”, „Erdmann”, „Johanna I”. Były one zarządzane przez niewielkie spółki lub osoby prywatne. Roczne wydobycie węgla w poszczególnych kopalniach nie przekraczało 90 tys. Mg.

W części południowej obszaru w rejonie Nowych Czaplí, prowadzono wydobycie od roku 1874, gdzie początkowo również pracowały niewielkie kopalnie: „Pauline”, „Wilhelmine II”, „Friede”, „August”, „Talea”, „Hela” i „Friedenschluss”. Do roku 1905, podobnie jak w północnej części obszaru, zostały one połączone w dużą kopalnię czynną do 1945 roku, pod nazwą „Consolidierte Tschöpelner Braunkohlenwerke”. Jej właścicielem była spółka, do której należała także elektrownia znajdująca się tuż przy sortowni oraz pobliska cegielnia. Zakład górniczy zatrudniał około 500 osób. W roku 1930 przyłączono do niej kopalnię odkrywkową, „Hela (Huss), położoną w rejonie Chwaliszowic, która w roku 1924 produkowała ponad

75 tys. Mg. W latach 30-tych, średnie roczne wydobycie, skonsolidowanej kopalni w Nowych Czaplach, z wyrobiska odkrywkowego i podziemnego z dwoma szybami upadowymi, wynosiło 335 tys. Mg.

Również jedną z większych kopalń, w środkowej części omawianego obszaru, na wschód od Buczyn, była założona w roku 1898, kopalnia „Victor I”, o średnim rocznym wydobyciu około 110 tys. Mg. Kopalnia zatrudniała około 100 pracowników. Wydobycie węgla brunatnego było używane przez elektrownię w Nowych Czaplach, zakłady ceramiczne, huty szkła, pozostały przemysł miejscowy i okoliczną ludność.

W rejonie Łęknicy, w południowej części obszaru, znajdowała się największa kopalnia „Babina”, która została uruchomiona 1921 roku, przez spółkę „Babina Braunkohlenverwertung G.m.b.H. G.m.b.H. Muskau O.L.”. W jej skład wchodziła brykietownia i pobliska cegielnia. Obok eksploatacji podziemnej, prowadzono wydobycie w dwóch wyrobiskach odkrywkowych. Początkowo w latach dwudziestych, wynosiło ono od 45 do 97 tys. Mg, a w latach trzydziestych, około 225 tys. Mg. Produkcja brykietów w tym okresie, uzyskiwana przez cztery czynne prasy, przekraczała 76 tys. Mg. Stan załogi wynosił 208 pracowników.

W okresie powojennym, rozwój górnictwa omawianego

obszaru, związany był ściśle z historią kopalni „Przyjaźń Narodów – Szyb Babina”, która powstała wykorzystując zachowaną od zniszczeń infrastrukturę niemieckich kopalń, czynnych do zakończenia wojny. Były to kopalnie: „Babina”, „Consolidierte Tschöpelner Braunkohlenwerke”, oraz „Viktor I”. W latach pięćdziesiątych, po uruchomieniu wydobycia węgla z wyrobisk podziemnych, rozpoczęto pierwsze prace dokumentacyjne, poszerzające dotychczasowy obszar złożowy. Prowadzone one były w granicach całego obszaru polskiej części glacictektonicznej struktury Łuku Mużakowa, gdzie ostatecznie udokumentowano nowe złożo „Babina” o bilansowych zasobach około 230 mln t. Zostało ono podzielone na pola górnicze, kolejno od północy, „Tuplice”, „Trzebiel”, „Żarki” i „Pustków” (rys. 4) [1]. Eksploatacją objęto jedynie pola „Pustków” i „Żarki”.

Metodyka badań

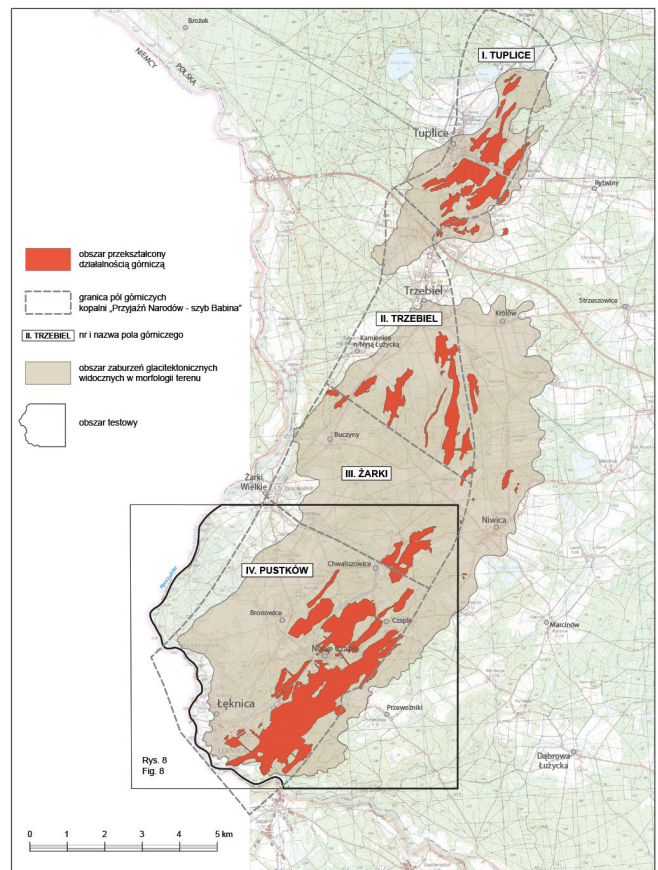
Analizę zmian krajobrazowych przeprowadzono w oparciu o szczegółową identyfikację różnowiekowych obiektów pogórnich, która obejmowała ich klasyfikację genetyczną. Intensywność zmian krajobrazowych oceniono, w ujęciu ilościowym, poprzez pomiar powierzchni, jaką współcześnie zajmują zróżnicowane formy ukształtowania terenu, związane z obiektami pogórnymi.

Badania terenowych obiektów antropogenicznych oparto na analizie informacji znajdujących się w dokumentacjach geologicznych i górniczych oraz historycznych i współczesnych opracowaniach kartograficznych. Do tego celu wykorzystano wielkoskalowe i średnioskalowe plany górnicze, głównie powojennej kopalni „Babina” z lat 50-tych i 60-tych, niemieckie mapy topograficzne tzw. Meßtischblätter w skali 1:25 000 z różnych lat z okresu 1901-1940, niemieckie mapy geologiczne z roku 1928 oraz polskie wydawnictwa kartograficzne z lat 80-tych i 90-tych, w skali 1:10 000.

Przetworzenie zgromadzonych danych kartograficznych do postaci cyfrowej, w jednolitym układzie współrzędnych geograficznych, umożliwiło zastosowanie metod badawczych opartych na technologii Systemów Informacji Geograficznej (GIS). W niniejszym artykule wykorzystano doświadczenia badawcze z zakresu GIS-u historycznego (hGis), który traktuje mapę jako podstawowe źródło informacji, natomiast jako narzędzie jej przetwarzania używane jest specjalistyczne oprogramowanie [13,17].

Za pomocą technik analiz przestrzennych odtworzono w postaci wektorowej, granice lub punkty lokalizujące dawne kopalnie lub pola górnicze, granice wyrobisk odkrywkowych, zasięgi granic wyrobisk podziemnych, linie zarysu zwałowisk, linie wyznaczające trasy transportowe oraz linie lub punkty oznaczające lokalizację budowli kopalnianych.

Dane wektorowe, pozyskane z map historycznych, zostały następnie uszczegółowione poprzez porównanie ich z obrazem numerycznego modelu współczesnej rzeźby terenu (NMT). Do tego celu wykonano szereg map cieniowanego reliefu zróżnicowanych pod względem zmian kąta obserwacji i kierunku oświetlenia. Do konstrukcji modelu wykorzystano dane ze skaningu laserowego, pochodzące z zasobu geodezyjnego i kartograficznego Głównego Geodety Kraju, które niedawno zostały udostępnione do powszechnego użytku. Utworzony na ich podstawie model terenu dostarcza wiele nieznanych dotąd informacji, z uwagi na ich niedostępność. Oparty jest on na pomiarach punktów wy-



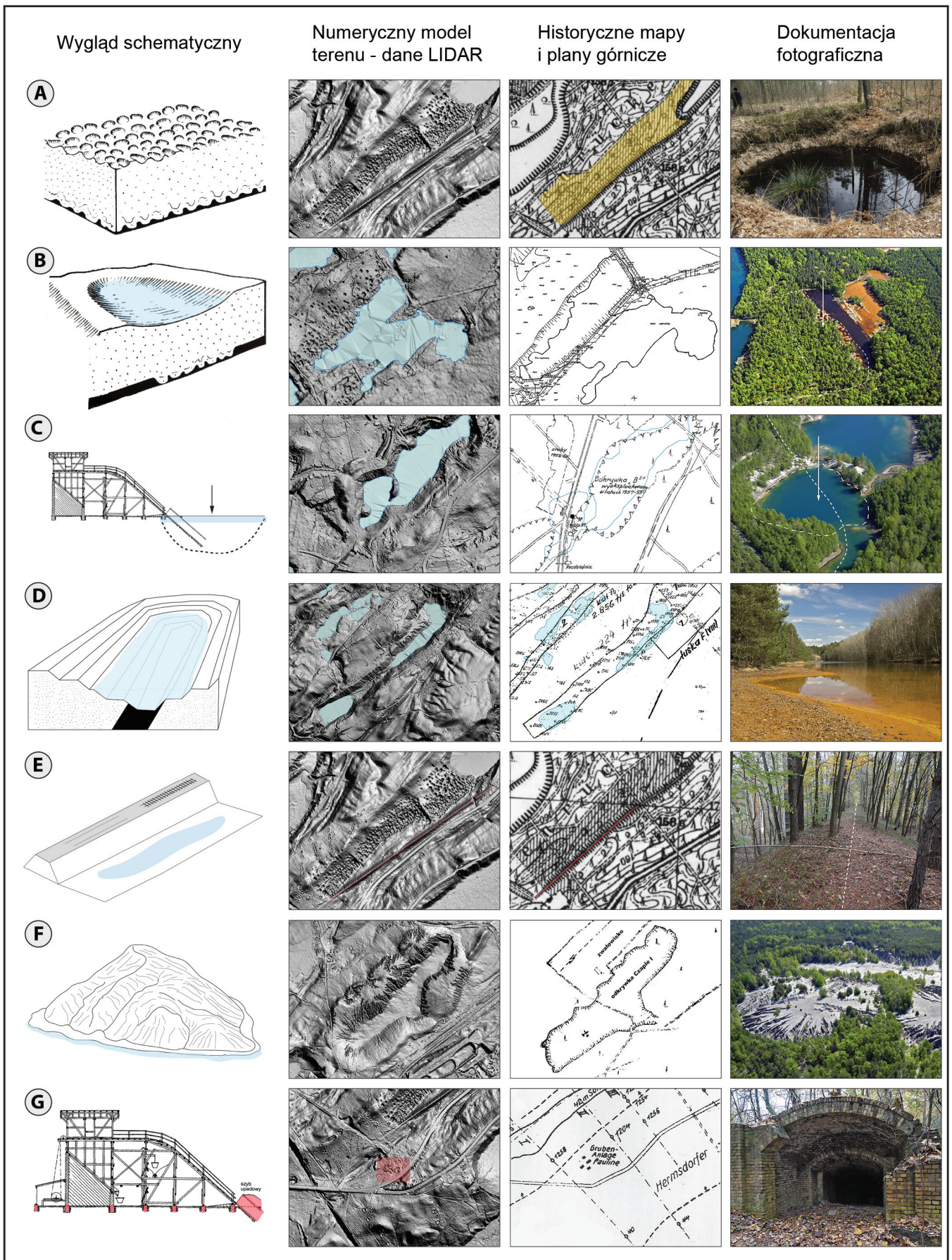
Rys. 4. Położenie obszarów pogórnich w granicach struktury glacictektonicznej polskiej części Łuku Mużakowa
Fig. 4. Location of the post-mining areas within the boundaries of glaciotecktonic structure in the Polish part of Muskau Arch

sokościowych znajdujących się w regularnej siatce o oczku jednego metra, przy średnim błędzie pomiaru wysokości w przedziale do 0,2 m.

Charakterystyka antropogenicznych form ukształtowania terenu

Zidentyfikowane na podstawie analiz przestrzennych GIS obszary przekształcone przez górnictwo zajmują w polskiej części Łuku Mużakowa powierzchnię 1324 ha. Ich rozmieszczenie w skali granic struktury glacictektonicznej Łuku Mużakowa wskazuje na wyraźną rejonizację, wynikającą z lokalizacji dawnych kopalń. Tereny pogórnice występują w czterech rejonach. W kierunku od północy ku południowi, znajdują się one: w okolicy Tuplic, na południe od Trzebiela, w okolicy Chwaliszowic oraz w rejonie pomiędzy Nowymi Czapłami i Łęknica. Rejonizacja ta odpowiada również podziałowi obszaru na pola górnicze powojennej kopalni „Przyjaźń Narodów - szyb Babina”: I. - „Tuplice”, II. - „Trzebiel”, III. - „Żarki” i IV. - „Pustków” (rys. 4).

Dla potrzeb szczegółowej, ilościowej oceny skali przekształceń terenu, do dalszej analizy wybrano rejon najbardziej południowy, nazywany obszarem testowym, obejmujący pole „Pustków” i fragment pola „Żarki”. Jego granice, od zachodu oparte o linię rzeki Nysy Łużyckiej, przedstawiono na rysunku 4. W rejonie tym, w stosunku do całego obszaru Łuku Mużakowa, występuje największa koncentracja, obiektów pogórnich, bardzo dobrze czytelnych zarówno na modelu terenu jak i w terenie. Na podstawie wykonanych analiz przestrzennych



Rys. 5. Rodzaje obiektów antropogenicznych (opis w tekście)

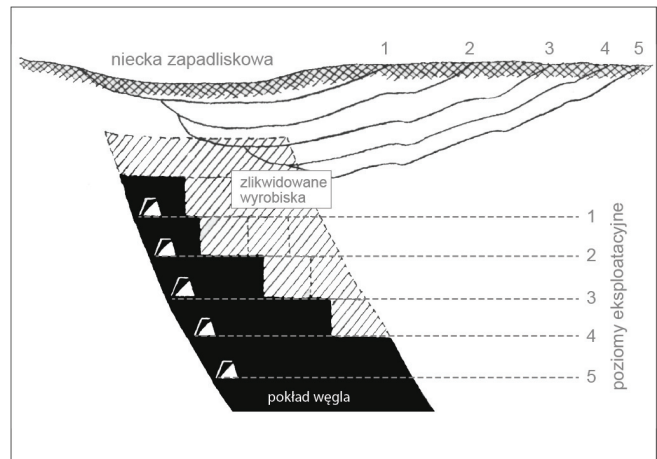
Fig. 5. Types of anthropogenic objects (description in the text)

GIS i bezpośrednich obserwacji terenowych oraz danych literaturowych [14,15,16], wyróżniono ich poszczególne rodzaje, z którymi związane są charakterystyczne antropogeniczne formy

geomorfologiczne. Zostały one zestawione na rysunku 5, który przedstawia ich typowy wygląd na obrazie numerycznego modelu terenu, mapach topograficznych i planach górniczych

oraz rzeczywisty wygląd w terenie. Do wyróżnionych obiektów antropogenicznych należy:

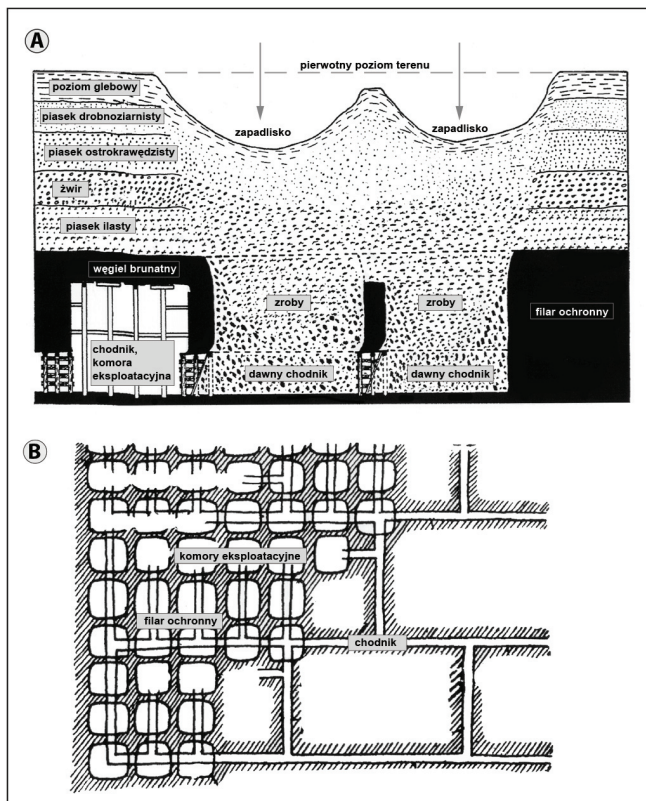
- zapadlisko (rys. 5A) - jest to nieckowate często niezawodnione obniżenie terenu powstałe na skutek osiadania sypkich i luźnych osadów nad likwidowanymi metodą „na zawal” wyrobiskami kopalni podziemnej. Zapadliska te są najczęściej wydłużone na odcinku do 2-3 km i stosunkowo wąskie (do kilkudziesięciu metrów). Z nieckami zapadliskowymi tego typu związane jest występowanie charakterystycznych kolistych obniżzeń o średnicy i głębokości do 2-4 metrów. Są one ułożone w regularnych odstępach, które wyznaczają położenie komór eksploatacyjnych (rys. 6).
- niecki z osiadania (rys. 5B) - nieckowate wydłużone obniżenie terenu o takiej samej genezie jak zapadliska. Jest ono niedużej głębokości, maksymalnie kilku metrów, najczęściej wypełnione wodą. Niecki tego typu zazwyczaj mają nieregularne kształty, długość od 200 do 400 m i zmienną szerokość od 50 do 150 m. Charakterystyczne jest występowanie w ich obrębie fragmentów pni drzew, zniszczonych przez kwaśne wody. Główna oś niecki z osiadania jest zazwyczaj przesunięta w stosunku do osi dawniej eksploatowanego pokładu węgla, co wynika z pochylenia pokładu węgla i rozmieszczenia wyrobisk podziemnych. Wielkość powierzchni zapadliska związana jest z ilością poziomów eksploatacyjnych, na których występują kolejno likwidowane wyrobiska (rys. 7).
- zapadlisko w rejonie szybów kopalnianych (rys. 5C) - widoczne są jako zawodnione zagłębienia, o znacznych głębokościach w części centralnej, prawie kolistych kształtach i niezbyt dużych rozmiarach w stosunku do



Rys. 7. Rozwój niecki zapadliskowej, według [16], zmodyfikowane
 Fig. 7. Development of subsidence depression, according to [16], modified

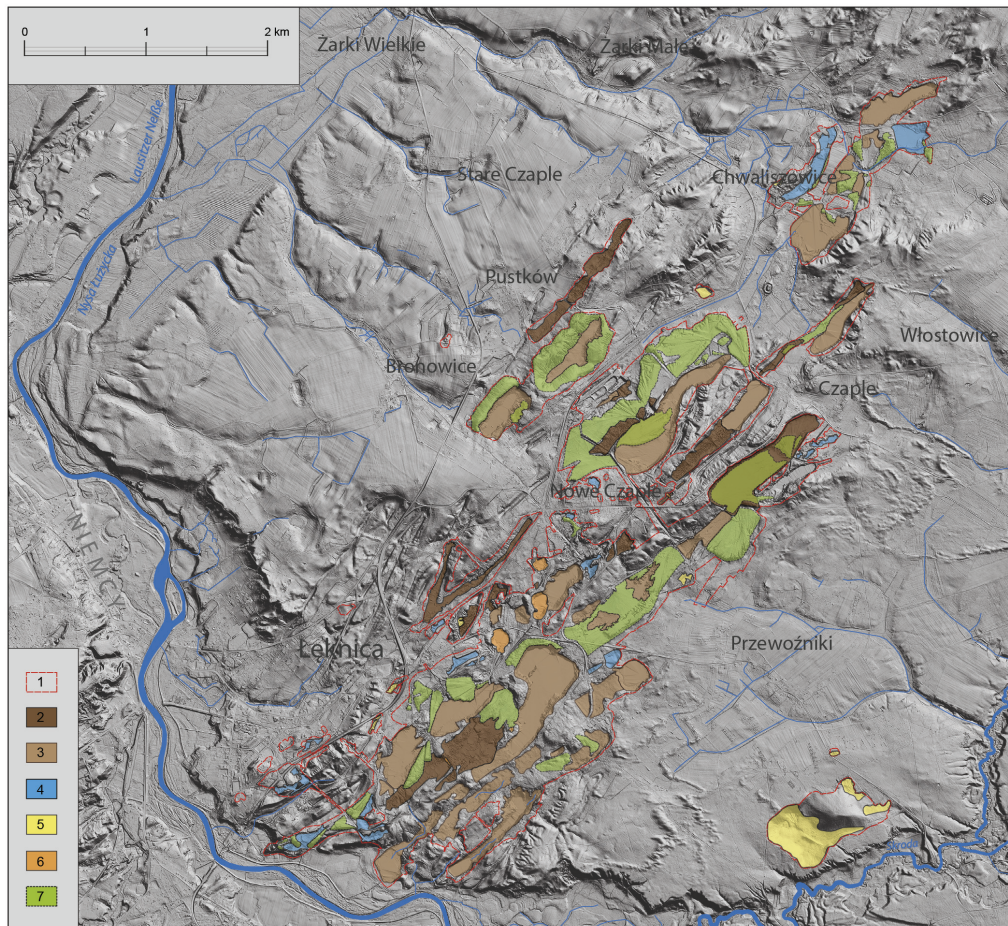
innych zbiorników antropogenicznych. Są one związane z miejscem występowania wyrobiska kopalni podziemnej, które posiadało łączność z powierzchnią terenu i od których prowadzone były chodniki poziome. Były to najczęściej skośne szyby eksploatacyjne i wentylacyjne. W kopalni „Babina” występowały one parami.

- zagłębienie, wyrobisko odkrywkowe (rys. 5D) - jest miejscem odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego lub ilów ceramicznych. Nieliczne z nich związane były z pozyskiwaniem piasków i żwirów. Widoczne jest ono jako rozległe obniżenie terenu wypełnione wodą, zazwyczaj o dużej powierzchni i wydłużonym kształcie. Długość największego zbiornika wyrobiskowego, znajdującego się w obszarze testowym (dawna odkrywka „łuska C”) wynosi 880 m, maksymalna szerokość 430 m, a powierzchnia około 20 ha. Zbiorniki tego typu posiadają zmienną głębokość od kilku do kilkudziesięciu metrów.
- nasyp transportowy (rys. 5E) - miejsce przebiegu dróg transportowych związanych z różnego rodzaju kolejkami górniczymi. Były to kolejki wąskotorowe łańcuchowe i linowe oraz poruszane lokomotywą spalinową. Ich trasy widoczne są najczęściej jako linijnie ułożone budowle z materiału gruntowego lub widoczne jako przekopy w naturalnych osadach morenowych.
- nasypy i hałdy (rys. 5F) - wyraźnie widoczne w krajobrazie formy pozytywne, zbudowane ze skał nadkładu złóż węgla. Zbudowane są one ze skał osadowych, o dużym udziale frakcji piaszczystych i pylistych z domieszką pyłów węglowych oraz głazików i głazów skał polodowcowych. Często zajmują one znaczne obszary, o powierzchni do 40 ha. Wysokość względna większych hałd wynosi od 9,0 do 14,0 m i dochodzi do ponad 20 m. Miejscami osady tego typu nie stanowią form pozytywnych, a jedynie wypełniają i maskują dawne wyrobiska odkrywkowe.
- pozostałości budowli górniczych (rys. 5G) - nie stanowią wyraźnych form morfologicznych. Obiekty tego typu zachowane są bardzo słabo i widoczne są jako nagromadzenia elementów budowlanych lub ruiny budowli. Wielu informacji dostarcza rozmieszczenie fundamentów, szczególnie budynków nadszybia, na podstawie których miejscami można określić ich konstrukcję (na rys. 5G – zaznaczone kolorem czerwonym).



Rys. 6. Powstawanie zapadlisk nad wyrobiskami kopalni podziemnej, A – przekrój zapadliska, B – typowy plan komór eksploatacyjnych, według [16], zmodyfikowane

Fig. 6. Development of subsidence depressions above excavations underground mine, according to [16], modified



Rys. 8. Rozmieszczenie i rodzaje obiektów antropogenicznych w obszarze testowym. 1 – obszar pogórnicy, 2 – zapadliska nad wyrobiskami podziemnej kopalni węgla brunatnego, obniżenia związane z eksploatacją odkrywkową; 3 – węgli brunatnych, 4 – ilów ceramicznych, 5 – piasków i żwirów, 6 – obniżenia w rejonie sztybów upadowych, 7 – nasypy i hałdy skał nadkładu

Fig. 8. Distribution and kinds of anthropogenic objects in test area. 1 - post-mining area, 2 - subsidence depressions above excavations underground brown coal mine, subsidence depressions connected with open cast mining; 3 - brown coals, 4 - ceramic clays, 5 - sands and gravels, 6 - subsidence depressions in region around former inclined mine shaft, 7 - dumps and heaps of overburden rocks

Skala przekształceń krajobrazowych

Skale przekształceń krajobrazowych, które w największym stopniu dotyczą zmian ukształtowania terenu, określono na podstawie pomiaru powierzchni zidentyfikowanych obiektów antropogenicznych, znajdujących się w obszarze testowym, w rejonie dawnej kopani „Babina” (rys. 4). Pochodzą one z różnych okresów eksploatacji, a ich obecne wykształcenie jest efektem wielu nakładających się procesów górniczych. Informacji na ten temat dostarczają mapy historyczne, z których dla przykładu wynika, że wyrobisko odkrywkowe z lat 30-tych XX wieku, które znajdowało się na południe od Nowych Czapli, obecnie wypełnione jest materiałem nadkładowym pochodzącym z największego wyrobiska odkrywkowego „łuska C” (współczesny zbiornik „Afryka”), czynnego w latach 1963-1968. Udostępnienie złoża w tej odkrywce wymagało przemieszczenia nadkładu o wielkości ponad 500 tys. m³. Podobnie przemodelowaniu uległo szereg starszych zwałowisk, które zostały zniszczone przez powojenne wyrobiska odkrywkowe.

Współczesne rozmieszczenie form antropogenicznych w obszarze testowym, w podziale na rodzaje eksploatowanych kopalni przedstawia rysunek 8. Natomiast wielkość obiektów antropogenicznych oraz procentowy udział ich powierzchni w granicach obszaru pogórnicy o powierzchni ponad 870 ha, przedstawiono w tabeli 1.

Pomiary powierzchni obiektów antropogenicznych wy-

stępujących w południowej części Łuku Mużakowa wskazują, że największy zakres zmian krajobrazowych związany jest z wyrobiskami odkrywkowymi po eksploatacji węgla brunatnych oraz ilów ceramicznych, zachowanych w postaci zbiorników kwaśnych wód kopalnianych. W granicach obszaru testowego znajduje się obecnie 67 zbiorników, o łącznej powierzchni 105,93 ha. Oznacza to, że z 332 ha negatywnych form terenu, wodami wypełnione jest około 32%. Kolejny duży udział powierzchni przekształconych związanych jest z hałdami i nasypami skał nadkładowych, które w krajobrazie najczęściej występują jako dominujące formy pozytywne. Mają one około 20% udział w powierzchni obszarów przekształconych. Wyróżnione wcześniej nasypy transportowe, są obiektami liniowymi i nie posiadają znaczącego udziału w powierzchni obszarów pogórnicy. W terenie widoczne są one jedynie w wybranych miejscach. Drogi transportowe zostały w tabeli przedstawione łącznie z pozostałymi gruntami antropogenicznymi, które występują na znacznych obszarach. Grunty te słabo są widoczne w morfologii terenu. Granice ich występowania pokrywają się z wyznaczonymi granicami obszarów przekształconych i zostały wykartowane na podstawie zasięgów obszarów kopalnianych, oznaczonych na historycznych mapach topograficznych i górniczych.

Ujawnione proporcje w wielkości wyróżnionych form antropogenicznych w obszarze testowym można odnieść do pozostałych rejonów Łuku Mużakowa. Ślady dawnego gór-

Tab. 1. Powierzchnia obiektów antropogenicznych w obszarze testowym
 Tab. 1. Surface area of anthropogenic objects within the test area

Rodzaj obiektu antropogenicznego	Rodzaj eksploatowanej kopaliny	Powierzchnia w ha	Udział powierzchni w obszarze pogórnym w %
Zapadliska i niecki z osiadania nad wyrobiskami kopalni podziemnej	węgiel brunatny	88,75	10,20
Zagłębienia, wyrobiska odkrywkowe	węgiel brunatny	207,50	23,85
	ił ceramiczne	27,30	3,14
	piaski i żwiry	2,57	0,30
Zapadliska w miejscu sztywów upadłych	-	5,89	0,66
Nasypy transportowe, pozostałe grunty antropogeniczne	-	367,49	42,23
Hałdy i nasypy skał nadkładowych	-	170,70	19,62
Razem	-	870,20	100

nictwa są tam jednak trudniejsze do zidentyfikowania, z uwagi na dłuższy czas, jaki upłynął od zakończenia górnictwa oraz ze względu na rozwój nasadzeń leśnych i innych zbiorowisk roślinnych.

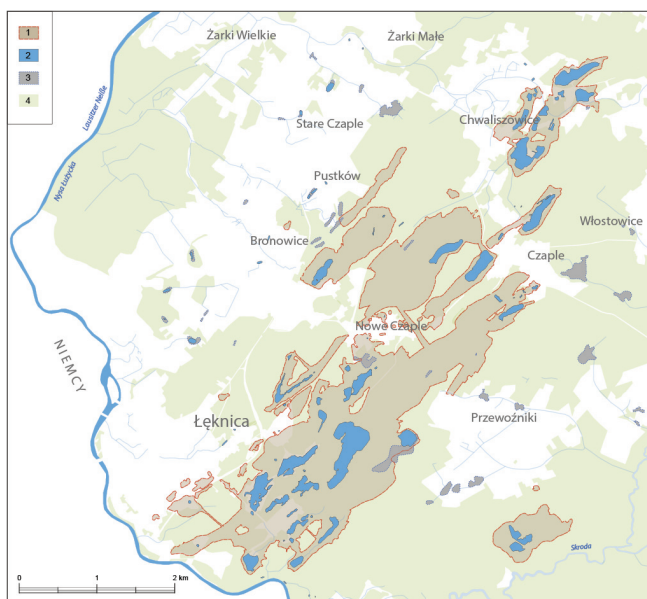
Podsumowanie

W obszarze Łuku Mużakowa eksploatacja węgla brunatnego, ilów ceramicznych oraz kruszyw prowadzona była sposobem podziemnym, odkrywkowym i podziemno-odkrywkowym (rys. 3), co doprowadziło do znacznych zmian pierwotnego krajobrazu polodowcowego. Najbardziej widoczne jest powstanie zagłębień terenu, zróżnicowanych pod względem wielkości, formy i genezy. W ich miejscu powstały acidotroficzne zbiorniki poeksploatacyjne, wypełnione silnie zakwaszonymi i zsiarczonymi wodami, których skrajne pH wynosi 2,5. Porównanie rozmieszczenia zbiorników w analizowanym

obszarze testowym sprzed okresu górnictwa, takich jak jeziora powstałe w miejscach naturalnych obniżen nad pokładami węgla i stawy hodowlane, z dzisiejszym położeniem zbiorników pogórnym, wskazuje na bardzo intensywną przebudowę stosunków wodnych (rys. 9). Wielu zbiornikom towarzyszy występowanie rozległych zwałowisk skał nadkładowych zbudowanych z materiału piaszczysto-pyłastego z domieszką pyłu węglowego. Materiał ten będący źródłem minerałów siarczkowych, zakwaszających wody, jest dodatkowo mało stabilny i łatwo ulega procesom erozyjnym. Ich ciągły rozwój prowadzi do powstawania nowych sztucznych form morfologicznych.

Antropogeniczne środowisko kwaśnych wód kopalnianych uznawane jest za największe zagrożenie, szczególnie w miejscach zurbanizowanych. Przeprowadzona analiza krajobrazu pogórnym wskazuje jednak, że jego występowanie ograniczone jest jedynie do fragmentu obszaru polskiej części Łuku Mużakowa, którego głównym elementem krajobrazowym jest wał morenowy. Na podstawie interpretacji lidarowego modelu terenu, w powiązaniu z obrazem map geologicznych i geomorfologicznych, można uznać, że powierzchnia moreny glacialitektonicznie spiętrzonej wynosi 7718 ha, z czego działalnością górnym objętych było 1324 ha (17,5%). Na zbiorniki antropogeniczne, w ilości 154 obiektów wodnych, przypada 207,3 ha obszaru morenowego (2,69%). Część z nich położona na północy Łuku Mużakowa w rejonie Tuplic, uległa naturalnej rewitalizacji [4] i dzisiaj wykorzystywana jest do celów wędkarskich. Łączna powierzchnia zwałowisk i hałd nadkładu jest zbliżona do powierzchni zbiorników pokopalnianych i wynosi 163 ha, czyli 2,11% powierzchni moreny mużakowskiej.

Uzyskane wyniki analizy krajobrazu antropogenicznego, pozwalają w sposób pośredni określić skalę negatywnego oddziaływania przemysłu wydobywczego na środowisko Łuku Mużakowa. Zdaniem autora ostateczny bilans negatywnych zmian środowiskowych oraz ocena celowości renaturyzacji obiektów antropogenicznych powinny uwzględniać, trwające do dziś procesy przyrodnicze, które przyczyniły się do powstania nowego jakościowo krajobrazu pogórnym. Jest on obecnie chroniony i prezentowany w granicach parku krajobrazowego oraz geoparku.



Rys. 9. Zmiany sieci hydrograficznej obszaru testowego wywołane górnym.
 1 – obszar pogórnym, 2 – współczesne zbiorniki antropogeniczne,
 3 – naturalne zbiorniki wodne wg mapy topograficznej z 1847, sytuacja przed rozwojem górnictwa, 4 - las

Fig. 9. Changing of drainage systems within the test area caused by mining.
 1 - post-mining area, 2 - modern post-mining lakes, 3 - natural lakes according to topographical map from 1847, situation before mining activity, 4 - wood



Krajobraz antropogeniczny Łuku Mużakowa (fot. J. Koźma)
Anthropogenic landscape of Muskau Arch (photo by Jacek Koźma)

Literatura

- [1] Ciuk E., Piwocki M. Map of Brown Coal Deposits and Prospect Areas in Poland, 1:500 000, Państw. Inst. Geol., 1990, Warszawa, s. 21
- [2] Dyjor, S., Chlebowski Z. Budowa geologiczna polskiej części Łuku Mużakowa. Acta Universitatis Wratislaviensis Pr. Geol. Mineral. III No 192. 1973, Warszawa-Wrocław, s. 3-37
- [3] Jaros J. Słownik historyczny kopalń węgla na ziemiach polskich, Katowice, Wyd. II, Śl. Inst. Nauk., Katowice, 1984, ISBN 83-00-00648-6, s. 200
- [4] Jędrzak A. Skład chemiczny wód pojezierza antropogenicznego w Łuku Mużakowskim. Wyd. WSInż. w Zielonej Górze, Seria Monografie Nr 5, 1992, s. 135
- [5] Kasiński J. R., Piwocki M. Dawne górnictwo węgla brunatnego na obszarze polskiej części łuku Mużakowa. W: Konf. Polsko-Niemiecka „Geopark Łuk Mużakowa - tran graniczny obszar ochrony georóżnorodności” (red. J. Koźma, M. Gawlikowska), 2003, s. 13-18. Państw. Inst. Geol. Warszawa
- [6] Koźma J., Kupetz M. The transboundary geopark Muskau Arch. Przegl. Geol., 52, 8/1, 2008, s. 692-698
- [7] Koźma J. Transgraniczny geopark Łuk Mużakowa. Prz. Geol. vol. 59, nr 4, 2011, s. 276-290
- [8] Kupetz M. Geologischer Bau und Genese der Stauchendmoräne Muskauer Faltenbogen. Brandenburgische Geowiss., 1997, Beitr. 4, 2 Kleinmachnow
- [9] Kupetz M. Die geomorphologie des Muskauer Faltenbogens im hochauflösenden digitalen Geländemodell. Brandenburgische Geowiss. Beitr 10, 1/2, 2003, Kleinmachnow, s. 19-28
- [10] Myga-Piątek U. Spór o pojęcie krajobrazu w geografii i dziedzinach pokrewnych. Prz. Geograf., 2001, 73: 163–176
- [11] Nieć M., Salamon E., Kawulak M. Poeksploatacyjny krajobraz geologiczny. [W:] Kształtowanie krajobrazu terenów poeksploatacyjnych w górnictwie. Wyd. AGH-Polit. Krakowska, 2003, Kraków, s. 195–207
- [12] Nita J. Ewolucja krajobrazu środkowej części Wyżyny Częstochowskiej - Aspekt przyrodniczy. W: K. German, J. Balon (red.), Przemiany środowiska przyrodniczego Polski i jego funkcjonowanie. 2001, Problemy ekologii krajobrazu, 10, Inst. Geograf. Gosp. Przestrz. UJ, Kraków, s.350–357
- [13] Nita J., Myga-Piątek U. Rola GIS w ocenie historycznych opracowań kartograficznych na przykładzie Wyżyny Częstochowskiej. Źródła kartograficzne w badaniach krajobrazu kulturowego. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego Nr 16, Komisja Krajobrazu Kulturowego PTG, Sosnowiec, 2012, 116-135
- [14] Schossig W., Kulke M. Braunkohlenbergbau auf dem Muskauer Faltenbogen. Cottbus 2006, s. 200, ISBN 3-9808035-8-9, Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz e.V., Cottbus
- [15] Sperling D. Niederlausitzer Braunkohlenbergbau im 19. Jahrhundert - Findbuch Niederlausitzer Braunkohlengruben und bergrechtlicher Verleihungen. Cottbus 2005, s. 234, ISBN 3-9808035-9-7, Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz e.V., Cottbus
- [16] Sperling D. Historisches Wörterbuch zum Braunkohlenbergbau und zum Bergrecht. Cottbus 2004, s. 156; ISBN 3-9808035-5-4, Förderverein Kulturlandschaft Niederlausitz e.V., Cottbus
- [17] Szady B. GIS w historii, Geodeta. Magazyn Geoinformacyjny, 2008, 4 (155), s. 35-38
- [18] Urbański, Łuk Mużakowa jako złożona struktura glaciektoniczna. Zeszyty Naukowe 134, Inżynieria Środowiska 14, 2007, Uniwersytet Zielonogórski, s. 179-190