

Europejski Geopark Łuk Mużakowa

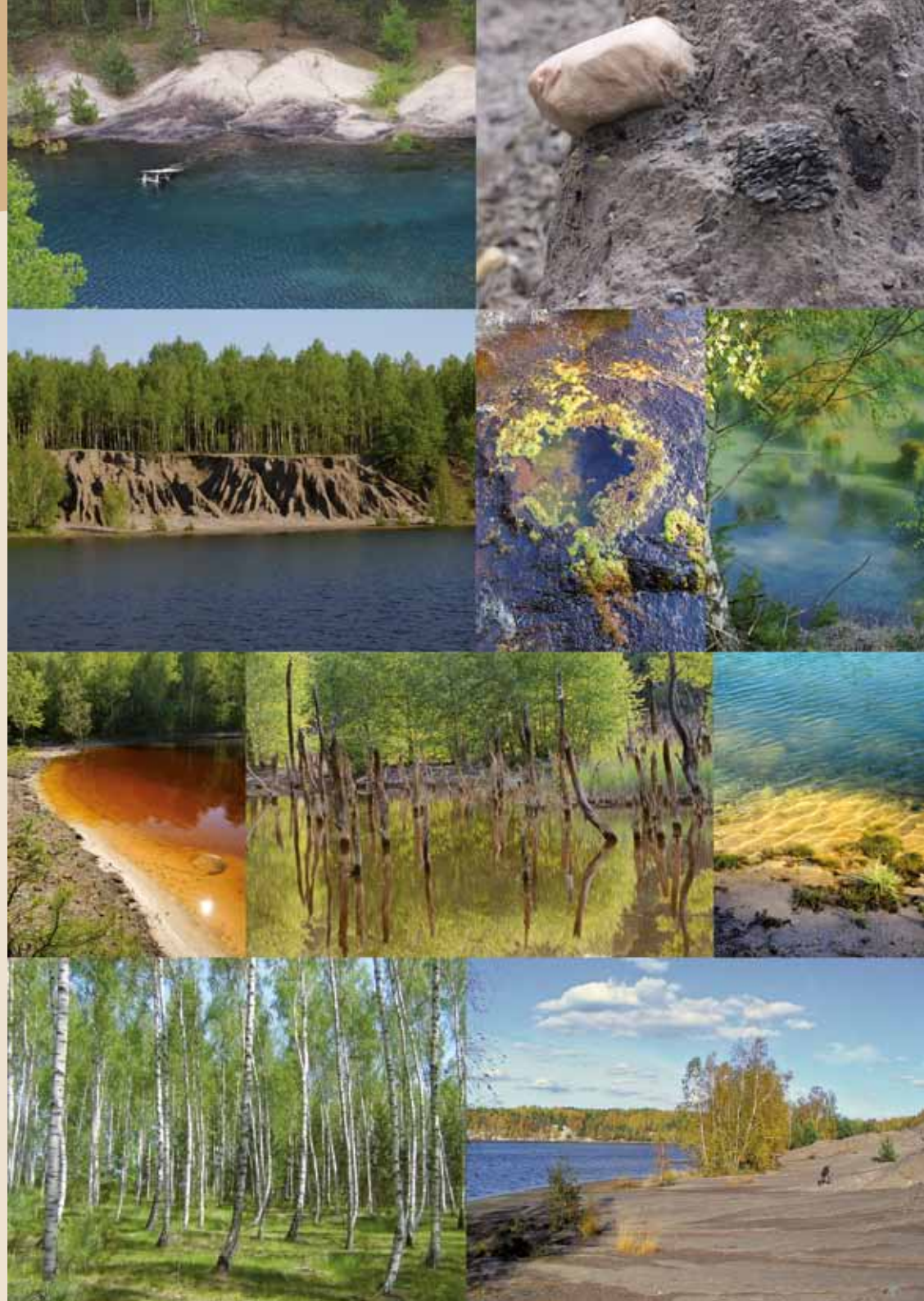
ŚCIEŻKA GEOTURYSTYCZNA „DAWNA KOPALNIA BABINA”

folder informacyjny

Żary, 2013

Wprowadzenie

Ścieżka geologiczna, do zwiedzania której Państwa zachęcamy, położona jest w obszarze dawnej, podziemnej i odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnych oraz ilów ceramicznych, która na skalę przemysłową prowadzona była tutaj w latach 1920-1973. Znajduje się ona, w bezpośrednim sąsiedztwie miasta Łęknicy, w południowej części morenowej struktury geologicznej nazywanej Łukiem Mużakowa, która kontynuuje się po stronie niemieckiej. Cała struktura Łuku Mużakowa znajduje się w granicach transgranicznego polsko-niemieckiego Geoparku Łuk Mużakowa, a jego polska część jest ponadto objęta prawną formą ochrony przyrody w formie – Parku Krajobrazowego Łuk Mużakowa. Przejście trasą ścieżki, o około 5 kilometrowej długości, umożliwi zapoznanie się w bezpieczny i wygodny sposób, z elementami niezwykle rzadkiego w Polsce krajobrazu pokopalnianego, który powstał w efekcie wieloetapowych przemian. Początkowo, zwiedzany obszar, był miejscem silnej degradacji środowiska naturalnego, wywołanej przemysłem wydobywczym. Nieodwracalne jego przekształcenia związane były głównie ze zmianami ukształtowania terenu oraz warunków geochemizmu gleb, skał, wód podziemnych i powierzchniowych. Najbardziej widocznym tego przejawem jest powstanie, w miejscach wyrobisk odkrywkowych i obniżen terenu nad wyrobiskami podziemnymi, licznych zbiorników wodnych, które w regionie mużakowskim tworzą specyficzne pojezierze antropogeniczne. Następnie, w efekcie kosztownych i pracochłonnych prac rekultywacyjnych, przeprowadzonych po zakończeniu robót górniczych, udało się częściowo zminimalizować szkody w środowisku naturalnym. Rekultywacja polegała głównie na złagodzeniu ukształtowania skarp wyrobisk i hałd, wykonaniu zabiegów przywracających pierwotne warunki powstawania gleb oraz wprowadzeniu nowych nasadzeń roślinnych. Po jej zakończeniu, teren ulegał procesom naturalnej renaturyzacji, regulowanej częściowo zabiegami rekultywacyjnymi. Doprowadziło to między innymi, do szybkiego rozwoju nowej szaty roślinnej. Procesy naturalnych przemian środowiskowych trwają do chwili obecnej. Bardziej wnikliwe ich poznanie wymaga informacji o stylu ogólnej budowy geologicznej regionu oraz historii rozwoju górnictwa węgla brunatnego i kopalin towarzyszących. Mamy nadzieję, że ułatwi to Państwu lektura niniejszego folderu, jak również objaśnień znajdujących się na mapie geoturystycznej oraz na tablicach informacyjnych rozmieszczonych wzdłuż trasy ścieżki.



Łuk Mużakowa

Łuk Mużakowa znajduje się w Polsce południowo-zachodniej, gdzie według podziału na jednostki fizycznogeograficzne wyróżniony jest jako Wał Mużakowski, należący do Wzniesień Łużyckich. Na północy jednostka ta graniczy z Kotliną Zasięką, na wschodzie zaś styka się z Wzniesieniami Żarskimi. Na południu Łuk Mużakowa graniczy z Borami Mużakowskimi, a dalej ku wschodowi z Borami Dolnośląskimi. Jest to struktura transgraniczna położona również na terenie Niemiec, gdzie jest częścią Wzniesień Łużyckich. Regionem nadrzędnym są Łużyce podzielone przez Wzniesienia Łużyckie na Dolne i Górne. Wał Mużakowski jest ciągiem wzniesień morenowych znajdujących się w pasie od miejscowości Tuplice, Trzebiel i Łęknica po stronie polskiej oraz Weißwasser, Döbern po stronie niemieckiej. W środkowej części jest on rozcięty doliną rzeki Nysy Łużyckiej, która stanowi jednocześnie granicę między Polską a Niemcami. Pod względem administracyjnym łuk wzniesień morenowych położony jest w obrębie: niemieckich landów – Saksonii, (powiat Görzitz) i Brandenburgii (powiat Spree-Neiße) oraz województwa lubuskiego w Polsce (powiat żarski). Całkowita powierzchnia łuku jako formy morfologicznej wynosi około 170 km², z czego w Polsce znajduje się 75 km², w Brandenburgii 54 km², a w Saksonii 41 km². Łuk Mużakowa jest specyficzną strukturą geologiczną, która w skali Europy Środkowej wyróżnia się z uwagi na swoją wielkość, kształt i stan zachowania. Powstała ona w efekcie wieloetapowego oddziaływania lądolodu z okresu zlodowaceń południowo- i środkowopolskich. Jest to struktura glacitektoniczna, to znaczy taka, która swoje powstanie zawdzięcza działalności lądolodu, polegającej na zaburzeniu skał podłoża i składanych przez niego osadów. Należy zaznaczyć, że w odniesieniu do innych struktur geologicznych tego typu, nie jest to forma zbyt duża. Szczególną uwagę zwraca nie jej rozmiar, ale bardzo regularny kształt, widoczny na mapach topograficznych i zdjęciach satelitarnych, w formie podkowy otwartej ku północy, której rozpiętość ramion wynosi nieco ponad 20 km. Podobne wymiary ma głębokość łuku, będącego odzwierciedleniem jezora lodowcowego, co powoduje że forma ta prawie daje się wpisać w kwadrat. W polskiej części obszaru, Łuk Mużakowa objęty jest ochroną prawną w formie parku krajobrazowego, o nazwie „Park Krajobrazowy Łuk Mużakowa”. Został on utworzony w 2001 roku, jako najmłodszy park krajobrazowy województwa lubuskiego, z czego jego część obejmująca dolinę Nysy Łużyckiej,



Transgraniczne położenie wału morenowego Łuku Mużakowa

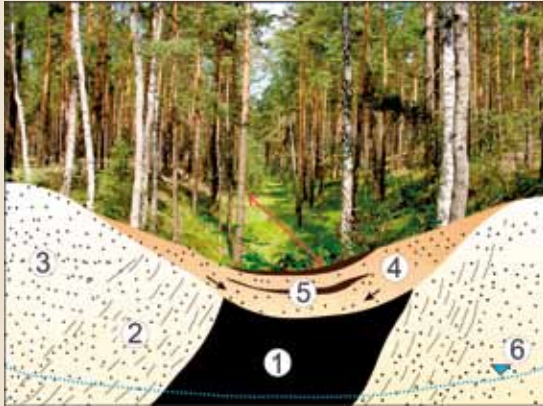
znajduje się poza granicami struktury morenowej. W granicach parku krajobrazowego i jednocześnie w obszarze Łuku Mużakowa, znajduje się bardzo cenny obiekt kulturowy o podobnej nazwie, jakim jest Park Mużakowski. Jest to park krajobrazowy Hermanna von Pücklera, położony w Bad Muskau po stronie niemieckiej i Łęknicy po stronie polskiej. Obiekt ten jest wpisany na listę światowego dziedzictwa UNESCO i stanowi przykład najwybitniejszych osiągnięć europejskiej architektury ogrodowej dziewiętnastego stulecia. Łuk Mużakowa dzięki swej unikalnej formie morfologicznej i charakterystycznej budowie wewnętrznej, podkreślonej specyficznym ułożeniem pokładów węgla brunatnego, od dawna był przedmiotem badań geologów. Wielu informacji o jego budowie wewnętrznej uzyskano na podstawie licznych prac wiert-



Rozmieszczenie geoparków stowarzyszonych w Sieci Geoparków Europejskich (ang. European Geopark Network - EGN), stan na 09.2011 r. Geopark Łuk Mużakowa - nr 43. Szczegóły zob. <http://www.europeangeoparks.org>

nicznych, a następnie robót górniczych. W obrębie licznych glaciektonicznych struktur fałdowych i łuskowych rozpoznano szereg złóż węgla brunatnego i towarzyszących im piasków, ilów ceramicznych oraz piasków szklarskich. Podziemna i odkrywkowa eksploatacja węgla brunatnego trwała tu od połowy XIX do drugiej połowy XX wieku. Obecnie w obszarze Łuku Mużakowa, obok naturalnych form terenu o genezie lodowcowej, widoczne są liczne ślady przemysłu wydobywczego. Najbardziej charakterystyczne jest występowanie zbiorników antropogenicznych i licznych zwałowisk. Obok naturalnego krajobrazu polodowcowego, możemy tutaj obserwować współczesne procesy przemian środowiskowych, jakie zachodzą w terenie pogórnym. Wymienione cenne walory geologiczne, przyrodnicze, krajobrazowe oraz związane z nimi dziedzictwo kulturowe stały się podstawą do przedstawiania Łuku Mużakowa jako obszaru ochrony i promocji dziedzictwa geologicznego, nazywanego geoparkiem.

Dzięki staraniom polskiego i niemieckiego Stowarzyszenia Geopark Łuk Mużakowa, w roku 2006 Łuk Mużakowa uzyskał certyfikat, jako siódmy Narodowy Geopark Niemiec, a w roku 2009 jako pierwszy Narodowy Geopark Polski (Krajowy Geopark Łuk Mużakowa). Od września 2011 roku polsko-niemiecki obszar Łuku Mużakowa posiada status transgranicznego Geoparku stowarzyszonego w Europejskiej Sieci Geoparków, posiadających wsparcie UNESCO. Powstanie europejskiego geoparku nie oznacza utworzenia w obszarze Łuku Mużakowa nowej prawnej formy ochrony przyrody, lecz powinno być rozumiane jako promocja sposobu zagospodarowania i użytkowania terenu bazującego na wykorzystaniu jego geologicznego, przyrodniczego i kulturowego dziedzictwa. Ochrona dziedzictwa geologicznego prowadzona w ramach tworzenia geoparków posiada w Europie ponad dziesięcioletnią tradycję. Koncepcja geoparków opiera się na łączności działań środowisk naukowych w zakresie ochrony i konserwacji dziedzictwa geologicznego z potrzebami i priorytetami rozwoju społeczności lokalnych, zamieszkujących chroniony obszar. Geopark europejski posiada wyraźnie zdefiniowane granice, obejmuje obszar zawierający pojedyncze lub mozaikowo rozłożone obiekty, o wybitnej wartości dla nauk o Ziemi i edukacji oraz geoturystyki. Mimo że, większość obiektów w nim się znajdujących posiada charakter geologiczny, to jednocześnie w granicach geoparku są prezentowane obiekty przyrody ożywionej, archeologiczne, historyczne lub kulturowe, szczególnie te, które mają związek z historią geologiczną obszaru. W ramach geoparku promowany i realizowany jest rozwój turystyki ukierunkowanej przede wszystkim na edukację w zakresie nauk o Ziemi. Ten rodzaj turystyki nazywamy geoturystyką. Cele geoparku realizowane są przez lokalne organizacje i samorządy terytorialne oraz przedsiębiorstwa turystyczne, których działania zazwyczaj koordynuje zespół osób skupiających przedstawicieli tych jednostek. Wyróżnikiem Geoparku Łuk Mużakowa jest specyficzny krajobraz polodowcowy i pogórnicy. Na jego obszarze znajduje się ponadto wiele świadectw rozwoju przemysłowego XIX i XX wieku. Obok śladów budowli przemysłowych i wyrobisk górniczych są to również parki ogrodowe, których najlepszymi przykładami jest Park Księcia Pücklera w Bad Muskau i Łęknicy oraz Park Rododendronów w Kromlau. Walory geoparku prezentowane są między innymi przez tematyczne ścieżki piesze i rowerowe oraz szlaki turystyczne. Należą do nich tematyczne trasy turystyczne, znajdujące się w niemieckiej części geoparku, które prezentują rozwój Doliny Nisy Łużyckiej, historię dawnego górnictwa oraz rekultywacji terenów poeksploatacyjnych i dzieje przemysłu szklarskiego. Doskonałym rozwinięciem sieci ścieżek tematycznych jest, znajdująca się w polskiej części geoparku, prezentowana ścieżka geoturystyczna „Dawna kopalnia Babina”.

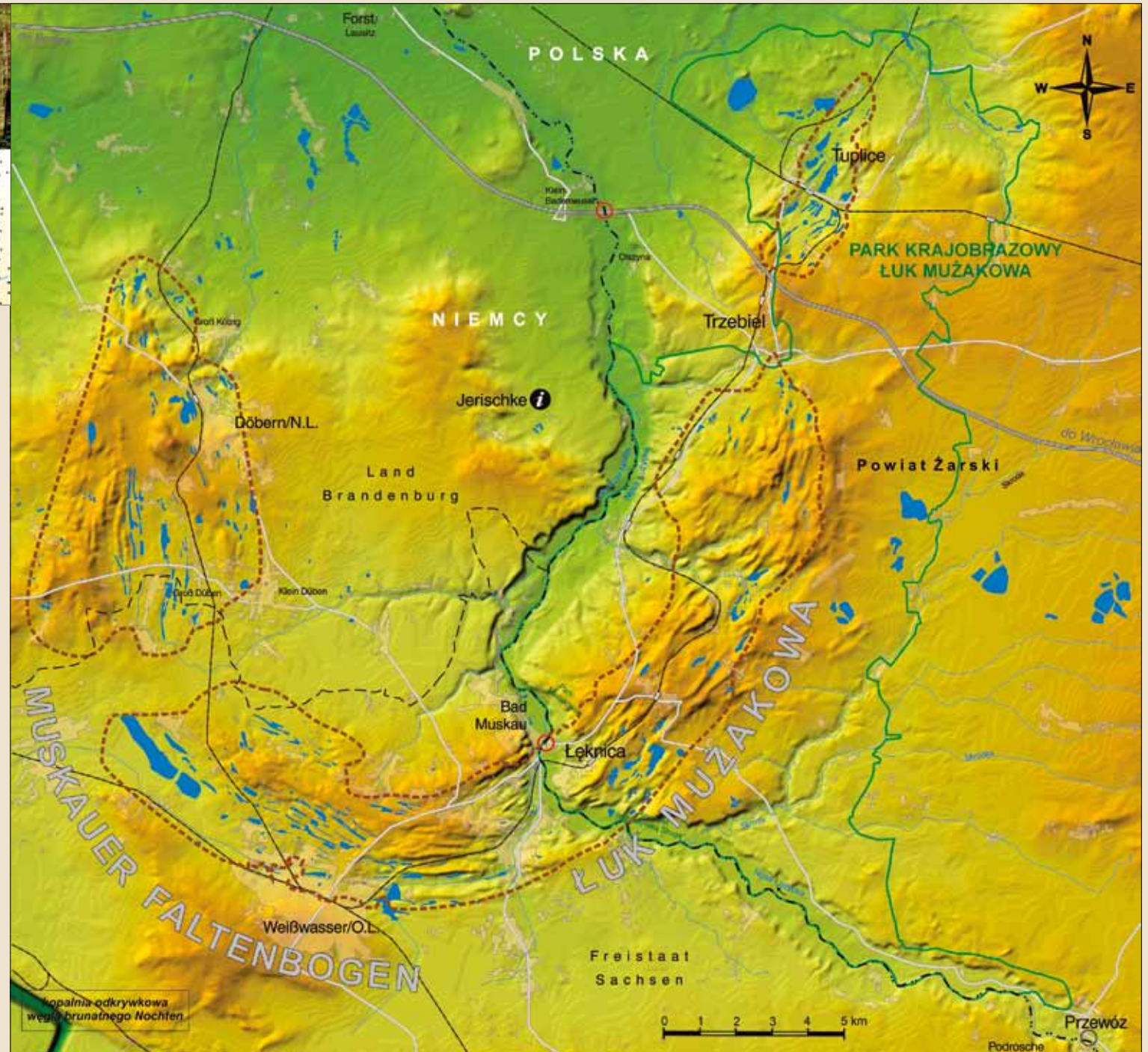


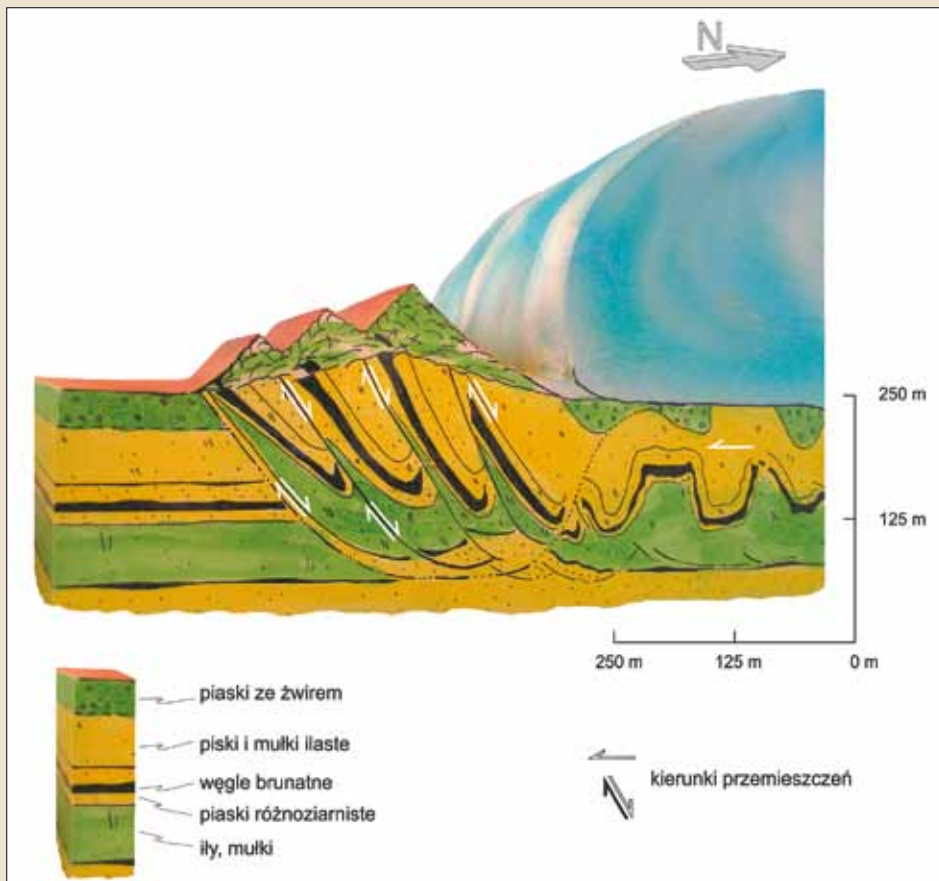
Przekrój rowu wietrzeńowego (gizeru).

Wydłużone obniżenie terenu, charakterystyczne dla obszaru Łuku Mużakowa, związane jest z wychodnią wietrzącego pokładu węgla brunatnego
 1 – węgiel brunatny, mursz, 2 – piaski ilaste, mułki, 3 – piaski drobnoziarniste, 4 – piaski i żwiry, 5 – torfy, gleby torfowe, 6 – poziom zwierciadła wody gruntowej

Mapa rzeźby terenu Łuku Mużakowa.

Linia przerywaną zaznaczono obszar zaburzeń glacytektonicznych, widocznych na powierzchni jako ciągi lokalnych wzniesień, oddzielonych równoległe ułożonymi strefami obniżień.
 Rozmieszczenie jezior pokopalnianych dodatkowo podkreśla ukształtowanie całej struktury. Izolowane pasmo wzniesień w rejonie Tuplic stanowi pozostałość starszej moreny. Brak wzniesień, w rejonie na południe od Klein Döbern, oznacza strefę rozmycia utworów morenowych. W środkowej części moreny, pomiędzy Bad Muskau i Łęknica, Łuk Mużakowa rozcięty jest doliną Nysy Łużyckiej. Na zróżnicowanych wysokościowo terasach rzecznych urządzony został Park Mużakowski





Model Łuku Mużakowa przedstawiający rodzaje deformacji glacitektonicznych, wywołanych ruchem i naciskiem lodowca kontynentalnego. W podłożu lodowca widoczne są fałdy, a na jego przedpolu łuki glacitektoniczne

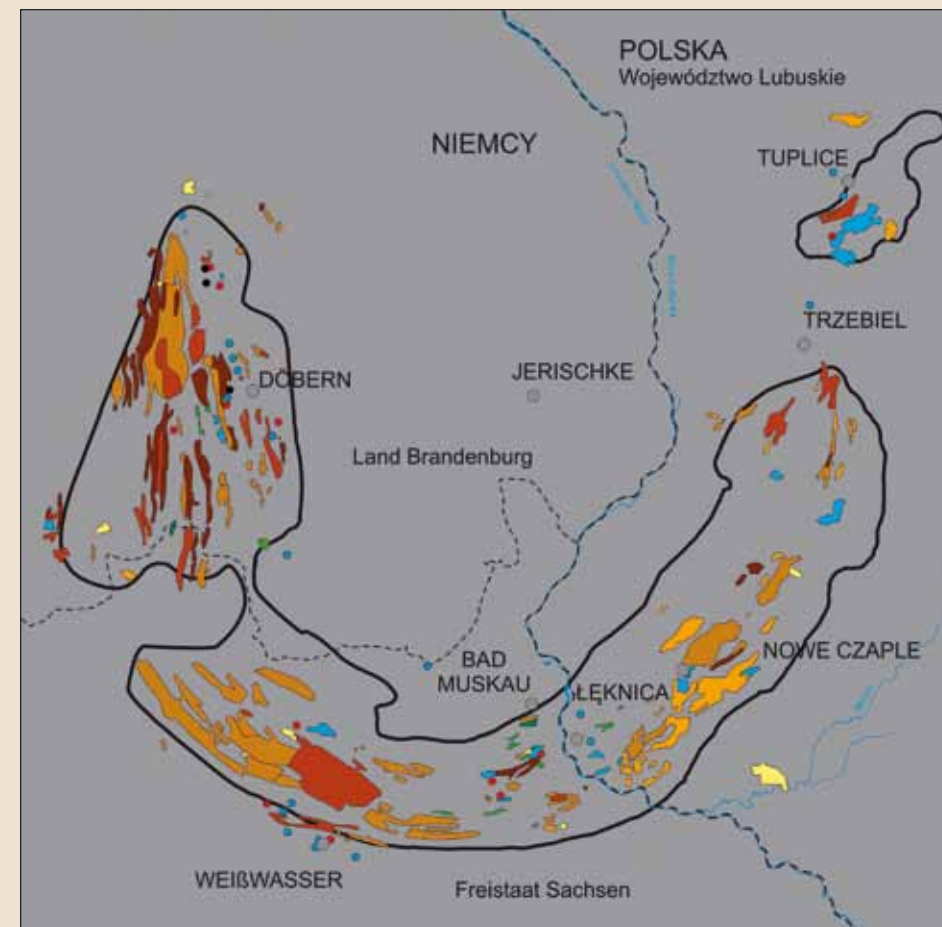
pokładów węgla brunatnego, sięga od 90 m do około 230 m poniżej poziomu terenu. Wychylenie pokładów węgla brunatnego, położonych pierwotnie na głębokości znacznie przekraczającej 100 m spowodowało, że obecnie znajdują się one prawie na powierzchni terenu, pod kilkumetrowym nadkładem osadów lodowcowych. Ich wschodnie, czyli miejsca w których utwory odsłaniają się na powierzchni lub zalegają pod niewielkim nadkładem, odpowiadają miejscu występowania wymienionych wcześniej wydłużonych obniżen terenu. Obniżenia nad pokładami węgla brunatnego nazywane są w niemieckiej literaturze giserami, a w polskiej również rowami wietrzeniowymi. Ich nazwa pochodzi od określenia giser lub gjeser, co według różnych źródeł tłumaczone jest jako słowiańskie określenie jezior, często obecnych w zagłębieniach terenu. Geneza tych form związana jest z osiadaniami nadkładu na

skutek wietrzenia, znajdujących się niżej pokładów węgla brunatnego, ustawionego pod dużym kątem w stosunku do powierzchni terenu. Partie pokładów węgla, znajdujące się w napowietrzonych suchych strefach, powyżej poziomu wód gruntowych, ulegają procesowi murszenia, co prowadzi do rozpadu ich pierwotnej struktury i zmiany objętości, powodującej powolne osiadanie terenu. Płytkie zaleganie węgla brunatnego oraz towarzyszących im ilów i piasków kwarcowych było również bardzo dogodne dla rozwoju górnictwa węgla brunatnego, które przyczyniło się także do powstania przemysłu szklarskiego i ceramicznego. Przemysłowe górnictwo, w regionie Łuku Mużakowa ma ponad 130-letnią tradycję. Działalność górnictwa została zapoczątkowana około 1825 roku w okolicach Muskau (obecnie Bad Muskau i Łęknica) i pierwotnie dotyczyła eksploatacji ilów i mułków aluwialnych występujących wśród utworów węglonośnych ponad pokładami węgla brunatnego, która prowadzona była w niewielkich płytkich kopalniach odkrywkowych i podziemnych, za pomocą prostych narzędzi górniczych. Jednak najcenniejszą kopalnią Łuku Mużakowa był węgiel brunatny. Pierwszą kopalnią węgla brunatnego w rejonie Łuku Mużakowa była kopalnia „Julius”, która powstała w roku 1843 koło miejscowości Wolfshain, na południe od Döbern i wchodząc w skład pobliskiej kopalni „Conrad” znajdującej się w okolicy Groß Köllzig, została zamknięta w 1959 roku. Ostatnią kopalnią, która była czynna od 1921 i zakończyła swoją działalność w 1973 roku, była kopalnia „Przyjaźń Narodów – Szyb Babina” w Łęknicy. Szczegółowy opis historii poszczególnych kopalń znacznie przekracza ramy niniejszego opracowania. Należy natomiast wspomnieć, że w początkowym okresie, wiele niewielkich kopalń, obejmujących jedno lub dwa pola górnicze, szybko ulegało likwidacji lub połączeniu na skutek zmian właścicielskich, którym w kolejnych okresach rozwoju nadawano różne nazwy. Ocenia się, że w całym obszarze Łuku Mużakowa mogło być łącznie czynnych około 80–90 kopalń węgla, którym towarzyszyły wyrobiska związane z eksploatacją ilów ceramicznych oraz piasków szklarskich. Z tego względu obszar mużakowski należy uznać za dawny okręg przemysłowy



Wagoniki używane w rejonie dawnej kopalni Babina do transportu ilów ceramicznych

górnictwa i przetwórstwa kopalin (produkcja wyrobów ceramicznych i hutnictwo szkła) o znaczeniu ponadregionalnym. Działalność górnicza prowadzona była początkowo przede wszystkim metodą eksploatacji podziemnej, ponieważ nie dysponowano jeszcze możliwościami technicznymi pozwalającymi na odwadnianie większych wyrobisk odkrywkowych. Zakrojona na szeroką skalę eksploatacja odkrywkowa ruszyła dopiero na początku XX wieku. Pokłady węgla udostępniane były za pomocą pionowych szybów lub tak zwanych upadowych, czyli szybów ustawionych skośnie do powierzchni terenu, często zgodnie z zaleganiem wychylonego pokładu. Eksploatację głębinową prowadzono od wykonanych w węglu poziomych przekopów i gęstych chodników. Likwidacja wyrobisk prowadzona była systemem filarowym na zawał. Późniejsza eksploatacja odkrywkowa wiązała się z koniecznością usunięcia skał nadkładu znajdujących się ponad pokładem węgla. Odpowiednio bezpieczne ukształtowanie skarp wyrobisk, aby zachować ich stateczność i zapobiec osuwaniu się skał, wymagało budowy odkrywek o szerokości dużo większej od miąższości węgla. Dla przykładu wyrobisko odkrywkowe o głębokości 10 m, w którym pokład węgla posiadał również taką miąższość i zapadał pod kątem 30°, musiało być szerokie na około 47 m. Obecnie w terenie napotykamy wiele śladów wyrobisk odkrywkowych i podziemnych, w większości w postaci podłużnych zbiorników wodnych. Geneza poszczególnych zbiorników jest trudna do odgadnięcia bez znajomości rozmieszczenia dawnych wyrobisk górniczych. Głębsze, i zazwyczaj szersze zbiorniki, związane są z eksploatacją odkrywkową. Powstały one w efekcie wypełniania wodą dawnych odkrywek, których stoki zostały częściowo zrehabilitowane, poprzez złagodzenie ich nachylenia. Natomiast węższe i nieco płytsze zbiorniki, w których znajdują się obumarłe drzewa, powstały w miejscach osiadania terenu ponad podziemnymi wyrobiskami. Wszystkie zbiorniki pokopalniane polsko-niemieckiego obszaru Łuku Mużakowa, których łączna powierzchnia wynosi ponad 800 ha, wypełnione są tak zwanymi kwaśnymi wodami kopalnianymi. Wody te, powstały na skutek zakwaszenia kwasem siarkowym, który tworzy się w procesie wietrzenia minerałów siarczkowych, znajdujących się w pokładach węgla. Stopień kwasowości poszczególnych zbiorników jest zmienny i obok wielu innych czynników zależy również od ich wieku.



Rozmieszczenie kopalń w obszarze Łuku Mużakowa. Kolorami oznaczono obszary przekształcone przez podziemne i odkrywkowe górnictwo węgla brunatnego, iłów alunowych, piasków szklarskich, iłów ceramicznych i kruszywa naturalnego (piasków i żwirów)



Przyroda ożywiona i formy ochrony

Teren Łuku Mużakowa, w którym dominuje krajobraz staroglacjalny oraz krajobraz pogórnicy, wyróżnia się również mozaikowym zróżnicowaniem środowisk przyrodniczych. W polskiej części, największy udział w jego powierzchni posiadają lasy, na które przypada blisko 60% oraz łąki i pastwiska, które zajmują 32% powierzchni. Zbiorniki pokopalniane, tworzące „pojezierze antropogeniczne”, zajmują 3,5% obszaru. Jak określają to leśnicy i przyrodnicy, Łuk Mużakowa to unikalne „żywe laboratorium przyrody”. Można tu bowiem obserwować procesy sukcesji roślinnej i zwierzęcej, zachodzącej na terenach pierwotnie silnie zdegradowanych przez przemysłową działalność człowieka. Jest to szczególnie dobrze widoczne w wykształceniu różnowiekowych zbiorników pokopalnianych, polskiej części obszaru, których charakter, pod względem bogactwa świata roślinnego i zwierzęcego, zmienia się od północy ku południowi. Szczególne wartości przyrody ożywionej, związane ze specyficznym geologicznym wykształceniem obszaru, zadecydowały o utworzeniu w polskiej części Łuku Mużakowa Parku Krajobrazowego o tej samej nazwie. Park Krajobrazowy Łuk Mużakowa, o powierzchni 18 200 ha, w większości obejmuje obszar morenowy, poza niewielką jego południową częścią która obejmuje fragment doliny Nysy Łużyckiej. W granicach parku krajobrazowego udokumentowano 625 gatunków roślin naczyniowych, z których do ciekawszych należy wrzosiec bagienny, elisma wodna, a przede wszystkim selery wężłobaldachowe, które mają tu swoje jedyne stanowisko w Polsce. Ponadto stwierdzono tu występowanie wielu cennych gatunków ważek, ryb, płazów, gadów, ptaków i ssaków. Do wyjątkowo rzadkich i chronionych gatunków zwierząt należy traszka górską, bąk, bielik, rzęsorek rzeczek, nocek łydkowłosa oraz wilk. Do interesujących obiektów przyrodniczych parku krajobrazowego należy rezerwat „Nad Młyńską Strugą”, o powierzchni 132,56 ha. Jest to rezerwat leśny, który chroni fragmenty nadrzecznych lasów łęgowych położonych w rejonie ujścia meandrującej rzeki Skrody do Nysy Łużyckiej. Występują w nim pojedyncze okazy jodły pospolitej. Rezerwat można zwiedzać poruszając się oznakowaną tablicami informacyjnymi ścieżką przyrodniczą, która prowadzi do uroczyska „Kulczyk”, gdzie dawniej znajdował się młyn wodny. Z rezerwatem związany jest inny obszar ochrony jakim są „Łęgi nad Nysą Łużycką”, należące do Europejskiej Sieci Ekologicznej „Natura 2000”. Jest to specjalny obszar ochrony siedlisk o powierzchni 499,9 ha, który obejmuje cenny fragment doli-



Widłaczek torfowy

ny rzecznej, położony pomiędzy Łęknicą, a miejscowością Potok, wraz z ujściowym odcinkiem rzeki Skrody, chronionym w rezerwacie „Nad Młyńską Strugą”. W obszarze tym, znajdują się zbiorowiska dobrze wykształconych łągów dębowo-wiązowo-jesionowych, a przy ujściu Młyńskiej Strugi łągów olszowo-jesionowych. W rejonie, który należy do rezerwatu, znajdują się bardzo dobrze zachowane płyty grądu środkowoeuropejskiego. Walorem wyróżniającym ten obszar ochrony jest stanowisko, wspomnianej, niezwykle rzadkiej rośliny – elismy wodnej, znajdujące się w południowej jego części, w dolinie Nysy Łużyckiej. W północnej części parku, na krawędzi morenowej struktury, w pobliżu Wielkiego Stawu, na terenie gmin Brody i Tuplice, znajduje się fragment kolejnego obszaru sieci Natura 2000 – „Uroczyska Borów Zasi Eckich”. Jego całkowita powierzchnia wynosi 4375,4 ha. Znajduje się tu wiele unikatowych siedlisk przyrodniczych, między innymi siedlisko wydm śródlądowych z murawami napiaskowymi. Związane jest ono z położoną tu, doskonale wykształconą, dużą wydumą paraboliczną o wysokości bezwzględnej około 15 m. Do tej kategorii ochrony należy również, położony w południowej części parku, obszar siedliskowy „Wilki nad Nysą”. Został on utworzony dla ochrony lokalnej populacji wilka w Borach Dolnośląskich, który bytuje również po stronie niemieckiej, w okolicy na południe od Weisswasser.



Ważka czteroplama

Do obszarów „Natura 2000” należy również obszar specjalnej ochrony ptaków „Bory Dolnośląskie”, którego niewielki fragment położony jest w granicach parku krajobrazowego. Ochronie podlegają tu takie gatunki ptaków jak: bielik, bocian czarny, żuraw, dzięcioł zielonosiwy, kania ruda i sóweczka. Na terenie Łuku Mużakowa, utworzono 20 pomników przyrody, z czego 17 obiektów położonych jest

w granicach Parku Krajobrazowego Łuk Mużakowa, a 3 znajdują się w Łęknicy. Wśród pomników jest 17 pojedynczych drzew, 2 grupy drzew i 1 głaz narzutowy, który należy do obiektów przyrody nieożywionej. Stanowi on atrakcję geoturystyczną geoparku. Głaz narzutowy „Diabelski Kamień”, znany również pod nazwą „Głaz Krabata”, został objęty ochroną pomnikową z uwagi na swoje znaczne rozmiary. Jego długość wynosi około 5,1 m, szerokość 3,5 m, a wysokość od powierzchni gruntu 2,5 m. Głaz położony jest około 2 km na zachód od Trzebiela, w dolinie rzeki Lanki. Zwraca on swoją uwagę także ze względu na szczególne urzeźbienie. Na jego powierzchni można dostrzec układy otworów i żłobin wykonanych przez człowieka, które jednoznacznie wskazują na jego kultowy charakter, jako wczesnośredniowieczny ołtarz ofiarny. W granicach Parku Krajobrazowego Łuk Mużakowa znaleźć można również interesujące zabytki związane z kulturą Łużyczan. Należą do nich chaty o zabudowie przysłupowej oraz zabudowania gospodarcze, w których elementami ozdobnymi są łamane głazy narzutowe. Elementy dekoracyjne z głazów narzutowych dodatkowo wzbogacone są fragmentami szlaki z pieców hutnictwa szkła lub rudą darniową. Wybrane obiekty tego typu uznawane są w geoparku za stanowiska geoturystyczne. Ilustrują one bowiem wykorzystanie typowych dla obszaru glacialnego materiałów miejscowych, jakimi są głazy narzutowe. Za wyjątkową atrakcję geoturystyczną Parku Krajobrazowego Łuk Mużakowa oraz geoparku, należy uznać Park Mużakowski – obecnie uznawany za rezerwat kulturowy. Posiada on powierzchnię 728 ha i rozciąga się transgranicznie pomiędzy Bad Muskau i Łęknicą, w sąsiedztwie przejścia granicznego. Park jest jednym z najznakomitszych przykładów angielskiej sztuki ogrodowej XIX w., utworzonym przez Księcia Hermanna von Pückler-Muskau (1785-1871). Z uwagi na wybitne walory krajobrazu ogrodowego, w roku 2004 park został wpisany na listę Światowego Dziedzictwa UNESCO oraz uznany za pomnik historii na mocy Rozporządzenia Prezydenta RP. W krajobrazowej kompozycji ogrodu doskonale wykorzystano, natu-

ralne tarasowe ukształtowanie przełomowej doliny Nysy Łużyckiej oraz sąsiedztwo pól, łąk i śródpolnych zadrzewień. W ten sposób powstała rewolucyjna w swojej formie kompozycja, pionierska w środkowoeuropejskiej sztuce ogrodowej XVIII wieku. Względne różnice wysokości terenu, sięgające ponad 30 metrów wykorzystano do lokalizacji wzajemnie powiązanych kompozycyjnie budowli i miejsc widokowych. W parku znajduje się także zamek Muskau, oranżeria i kilka klasycystycznych budynków, pomnik – głaz narzutowy tzw. Kamień Pücklera, Most Królewski, Wiadukt, Taras Mauzoleum oraz ruiny folwarku.

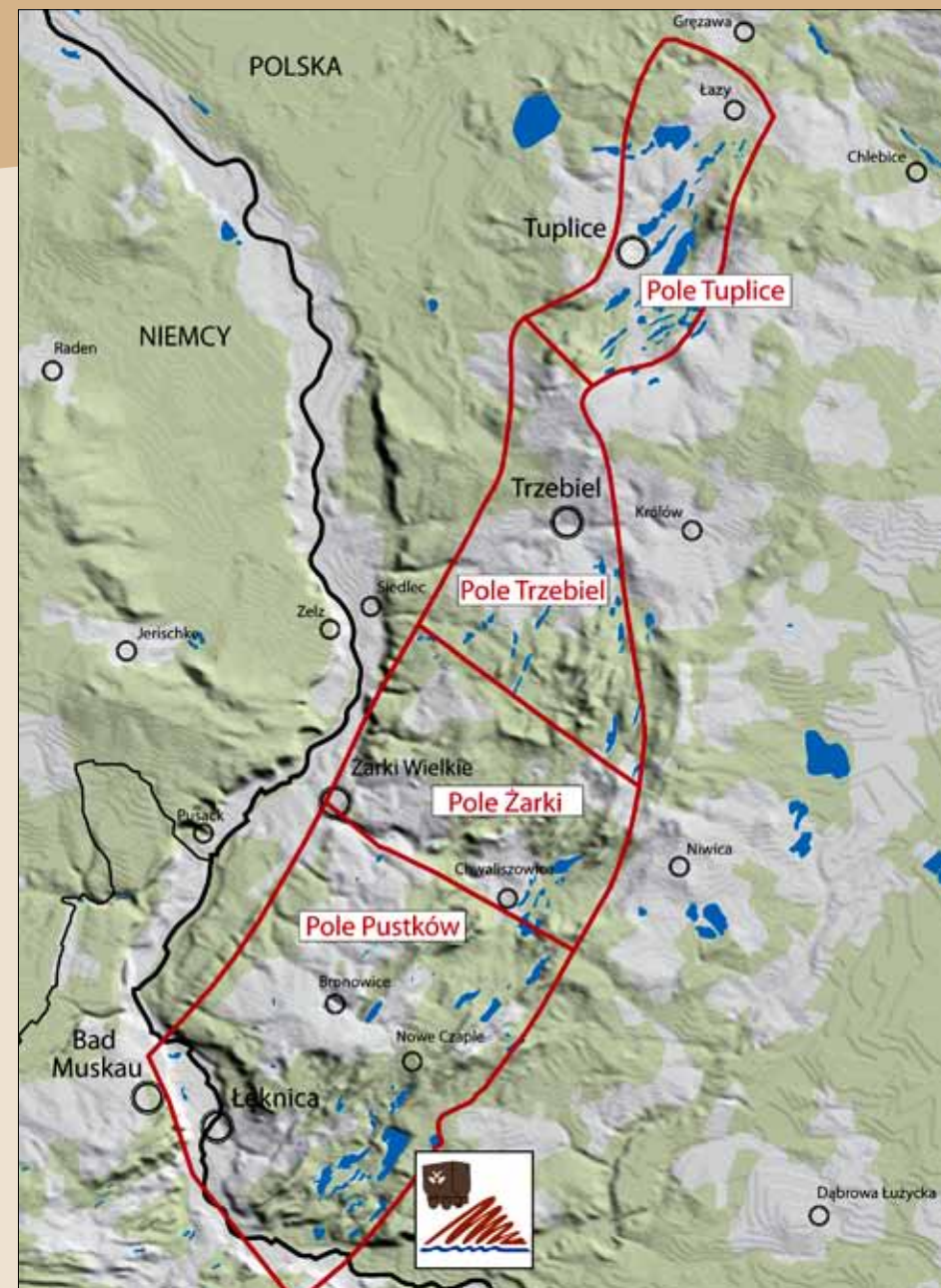


Roślinność wodna

Dawna kopalnia „Babina”



Łużycka i przedwojenna nazwa kopalni „Babina” (w języku łużyckim – babcia) w rzeczywistości dotyczy nie jednej konkretnej kopalni, ale zawiera w sobie historię wielu początkowo odrębnych kopalń, które ulegały likwidacji lub połączeniu w ramach zmieniających się struktur własnościowych. Przed II wojną światową kopalnia Babina obejmowała rejon położony na południowy wschód od Łęknicy, w kierunku na Nowe Czaple. W okresie powojennym pola górnicze kopalni Babina, w których wznowiono wydobywanie, rozpoczęto nową eksploatację oraz prowadzono bardzo intensywne geologiczne prace dokumentacyjne, rozciągały się w granicach całej polskiej części Łuku Mużakowa od Łęknicy do Tuplic. Wówczas znaczone one były na mapach górniczych, kolejno od południa, jako: „Pole Pustków”, „Pole Żarki”, „Pole Trzebiel” i „Pole Tuplice” należące do przedsiębiorstwa górniczego o nazwie „Przyjaźń Narodów – Szyb Babina”. W takim podziale obszarów górniczych, ścieżka geoturystyczna „Dawna kopalnia Babina” znajduje się jedynie we fragmencie obszaru objętego wpływem górnictwa, w rejonie kopalni „Grube Babina” oraz w najbardziej południowym fragmencie powojennego „Pola Pustków”. Kopalnia Babina, była największym zakładem górniczym w obecnym obszarze polskiej części Łuku Mużakowa i jedną z większych w całym regionie mużakowskim. Została założona w 1921 r. jako „Babina Braunkohlenverwertung GmbH Muscau O. L.” z siedzibą w Bad Muskau. Obok spółki akcyjnej „Braunkohlen- und Brikettindustrie A.G.” w Berlinie, udziałowcem przedsiębiorstwa była rodzina von Arnim. Rozbudowująca się kopalnia w latach 1935–1939 osiągnęła wydobywanie o wielkości 225 tysięcy ton rocznie, a pobliska brykietownia w Łęknicy produkowała ponad 75 tysięcy ton brykietów. Odbiorcami brykietów była elektrownia w Nowych Czaplach oraz cegielnie i huty szkła w Łęknicy i najbliższych okolicach. Część produkcji brykietów wykorzystywana była przez miejscową ludność do ogrzewania mieszkań. Wydobywanie początkowo prowadzono w przewadze metodą podziemną, a następnie również metodą odkrywkową. Złoże udostępniane było za pomocą szybów nazywanych upadowymi. Upadowe pełniły rolę szybów transportowych z taśmociągami, którymi wydobywano urobek i którymi górnicy dochodzili do wyrobisk po szerokich płaskich schodach. W pobliżu szybów transportowych znajdowały się również szyby służące do przewietrzania wyrobisk podziemnych, tak zwane upadowe wentylacyjne. Początkowo drewniane obudowy wlotów szybów i znajdujących się na



Pola górnicze powojennej kopalni „Przyjaźń Narodów - Szyb Babina”. Ścieżka geoturystyczna znajduje się w południowej części kopalni. Wydobywanie węgla prowadzone było głównie w polach „Pustków” i „Żarki” oraz częściowo w polu „Trzebiel”. W całym obszarze kopalni prowadzono geologiczne prace poszukiwawcze. Do dzisiaj znajdują się tu udokumentowane złoża węgla



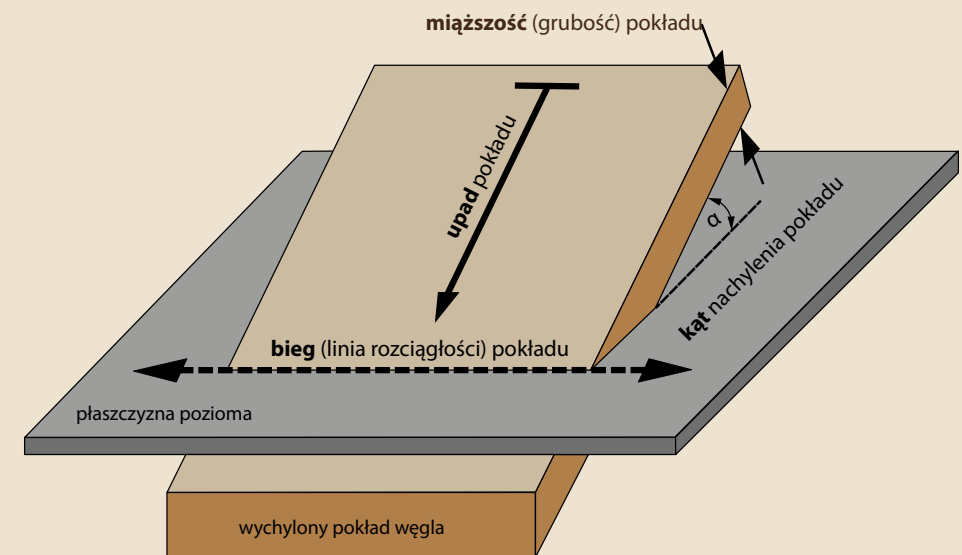
Rekonstrukcja chodnika kopalni podziemnej z oryginalnych elementów (obudowa drewniana, narzędzia, fragmenty węgla). Wystawa w muzeum regionalnym w Groß Köllzig

powierzchni urządzeń wyciągowych zastępowane były konstrukcjami murowanymi z charakterystycznej dla regionu mużakowskiego żółtej cegły. Nieliczne ślady takiej budowli są widoczne na początku trasy geoturystycznej przy upadowej VIa. Upadowe były nachylone względem powierzchni terenu, często zgodnie z kątem zapadania wychylonego glaciektonicznie pokładu węgla. Polski termin „upadowa” określający skośnie nachylony szyb, związany jest z górniczym i geologicznym terminem, określającym ułożenie warstwy skalnej (pokładu węgla). Upadem nazywamy linię wyznaczającą największe nachylenie warstwy, prostopadłą do jej rozciągłości, czyli biegu.

Upad wyraża się liczbowo, podając kąt między nim a poziomem (od 0°, co oznacza powierzchnię poziomą, do 90°). W okresie przedwojennym czynne były upadowe O, I, II, III i IV. Zasadniczo do połowy XX w. nie dysponowano wystarczającymi środkami, które pozwoliłyby na budowanie większych i głębszych wyrobisk odkrywkowych, co w dużym stopniu związane było z problemem odwadniania kopalń. Stąd jedynie niewielka część tylko najpłycej położonych pokładów, wydobywana była w odkrywkach, czyli w wyrobiskach, w których węgiel dostępny jest od razu po zdjęciu (odkryciu) skał nadkładu. W sąsiedztwie ścieżki geoturystycznej, na północ od szosy Nowe Czaple–Przewoźniki, znajdowały się odkrywki, czynne w latach 1935–1940. Obecnie są one zasypane urobkiem wydobytym w trakcie budowy powojennych wyrobisk odkrywkowych. Od skośnie ułożonego szybu odchodziły poprzecznie chodniki, które znajdowały się na różnych głębokościach i wyznaczały kolejne poziomy eksploatacyjne. Maksymalna głębokość eksploatacji dochodziła do rzędnej + 90 m n.p.m., co odpowiadało głębokości od 50 do około 60 m poniżej poziomu terenu. We wszystkich wyrobiskach podziemnych stosowano obudowy drewniane, co wymagało pozyskiwania dużej ilości drewna, prowadzącego do znacznego wylesiania. Rozległe obszary, w rejonie Łęknicy, pozbawione drzew widoczne są na dawnych fotografiach z lat 30-tych. Pełne obudowy podziemnych wyrobisk stosowane były jedynie w stropie, natomiast ściany nie wszędzie były zabudowywane. Środkiem chodnika transportowego przebiegał rów, który grawitacyjnie odprowadzał wodę. Wykuty ręcznie chodnik miał przekrój ok. 2 x 1,6 metra. Właściwa eksploatacja pokładu, odbywała się w filarach, wyrobiskach o wymiarach ok. 3 x 4 m, z których wybierano węgiel, cofając się równocześnie wzdłuż chodnika. Samo urabianie węgla w kopalni podziemnej prowadzone było ręcznie, za pomocą kilofów i oskardów. Po wyeksploatowaniu fragmentu pokładu, w granicach wyznaczonego pola eksploatacyjnego, likwidowano chodniki tak zwaną metodą na zawał, poprzez usuwanie obudowy. Efektem tego jest osiadanie terenu na powierzchni. W okresie powojennym w kopalni Babina kontynuowano eksploatację podziemną oraz w miarę rozpoznawania przebiegu nowych pokładów, co miało miejsce w latach 50-tych, stopniowo rozwijano eksploatację odkrywkową. W skład kopalni Babina została również włączona przedwojenna kopalnia „Victor”, powstała w 1898 roku, w której roczne wydobycie w latach 40-tych wynosiło około 110 tysięcy ton. Eksploatację prowadzono tam zarówno z odkrywki jak i jednej upadowej. We wrześniu 1962 roku, prasa w następujący sposób informowała o rozbudowie kopalni: „Kopalnia w Łęknicy przygotowuje się do eksploatacji węgla systemem odkrywkowym. System ten pozwala zaoszczędzić jeden najbardziej cenny surowców, a mianowicie drewno, którego używa się do stempli [...]. Zmniejszy się znacznie wysiłek górnik i ilość zatrudnionych [...]. Znacznie zwiększy się wydajność, która wyniesie praktycznie 120 ton wydobycia na godzinę [...], dla porównania górnik upadowej II c w warun-

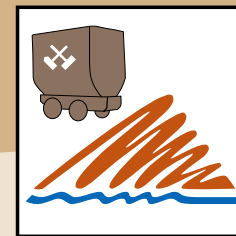
kach dołowych urabia w ciągu 8 godzin na chodniku przeciętnie 5 ton węgla, a na filarze ponad 10 ton węgla". W roku 1964 nastąpiło otwarcie odkrywki – wyrobiska „C”, w miejscu którego znajduje się obecnie największy zbiornik poeksploatacyjny pojezierza antropogenicznego polskiej części Łuku Mużakowa. Dużo bardziej wydajna od podziemnej, odkrywkowa metoda wydobycia węgla, również nie była pozbawiona zagrożeń górniczych. Związane były one z kurzawką (mieszanka drobnoziarnistego piasku lub mułku z wodą, która zachowuje się jak gęsta ciecz) i powstającymi obsunięciami skarp, szczególnie w obrębie skał nadkładowych. W roku 1968 zakończono eksploatację łuski „C”, z której wydobyto 1 milion 108 tysięcy 468 ton węgla. Kopalnia Babina została ostatecznie uznana za nierentowną i zamknięta z końcem roku 1973, po 28 latach wydobywania węgla w okresie powojennym. Niewątpliwie wpływ na taką decyzję miały trudne warunki geologiczno-górnicze, jakie panowały w obrębie zaburzonych formacji węglonośnych. Dodatkowe znaczenie w podjęciu tej decyzji miało powstanie w 1965 roku Kombinatu Górniczo-Energetycznego „TURÓW” i rozwój w pobliskiej Bogatyni dużej kopalni odkrywkowej, w której miąższe pokłady węgla zalegają prawie poziomo. Z kopalnią Babina związane było również znaczące wydobycie kopaliny ilastych, wykorzystywanych do produkcji wyrobów ceramicznych. W trakcie trwającej, odkrywkowej eksploatacji węgla, równocześnie wydobywano piaszczyste ropy i gliny kaolinowe, miejscami z wkładkami szarych piasków i żwirów (tzw. ropy serii poznańskiej). Lokalizację pakietów utworów ilastych prowadzono na podstawie wierceń i sond geologicznych związanych z pracami górniczymi na złożach węgla. W tym wypadku wydobywane ropy ceramiczne stanowiły tak zwaną kopalinę towarzyszącą w odniesieniu do wydobycia kopaliny głównej jaką był węgiel brunatny. Odrębne poszukiwania i eksploatację surowców ceramicznych w granicach kopalni węgla brunatnego Babina (w sąsiedztwie trasy ścieżki geoturystycznej) podjęto po zamknięciu górnictwa węgla w roku 1973, kiedy to zapewnienie ciągłości dostaw surowca do łęknickich zakładów ceramicznych zostało znacznie utrudnione. W pierwszej kolejności opracowano dokumentację geologiczną złoża „Łęknica”, którego zasoby wynosiły 402 tys. ton, a następnie udokumentowano złożo „Łęknica II – pole „Halina-Nowa” i „Barbara”, o łącznych zasobach 443 tys. ton. Eksploatację pola „Halina-Nowa” rozpoczęto prawie równocześnie z jego udokumentowaniem i zakończono w 1986 r., co spowodowało, że wobec wyczerpujących się zasobów rozpoczęto następne prace poszukiwawcze na jego przedłużeniu. W ten sposób w roku 1987 zostało udokumentowane złożo ropy ogniotrwałych „Łęknica III”, o zasobach 89 tys. ton. Każde z tych złóż miało stosunkowo niewielką powierzchnię około 4 ha, a warunki wydobycia ropy ceramicznych, mimo dobrej jakości surowca, były znacznie utrudnione z uwagi na dużą zmienność i niejednorodność ich budowy geologicznej. Miąższość złóż wynosiła od 1,0 m do 10,1 m, a wydobycie ropy wymagało zdjęcia nadkładu o grubości od

0,2 m do 14,6 m. Często też eksploatowane warstwy kopaliny ceramicznej przedzielone były piaskami lub mułkami, czy też ropy o nieodpowiedniej jakości. W efekcie pogarszających się ekonomicznych warunków przemysłu wydobywczego, w latach dziewięćdziesiątych zakończono lub zaniechano wydobycie ropy ceramicznych. Podobnie nie podjęto planowanego wznowienia lokalnej eksploatacji węgla brunatnego. Wyrobiska kopaliny ilastych, znajdujące się w granicach dawnej kopalni węgla, zostały w większości zrehabilitowane poprzez nasadzenia leśne. W części odkrywki złoża ropy „Łęknica – pole Halina Nowa” urządzono wysypisko odpadów komunalnych. Od tego momentu, w obszarze dawnej kopalni Babina, rozwijają się naturalne procesy przyrodnicze, kształtujące krajobraz pogórnicy.



Upad, bieg i kąt nachylenia - parametry opisujące położenie pokładu węgla lub warstwy geologicznej. Szyb nachylony względem powierzchni terenu nazywamy upadową

Ścieżka geoturystyczna



Trasa ścieżki geoturystycznej „Dawna kopalnia Babina” przebiega przez fragment obszaru objętego wydobywaniem węgla brunatnego oraz iłów ceramicznych, należącego do przedwojennej kopalni Babina oraz powojennej kopalni „Przyjaźń Narodów – Szyb Babina”. Ogólna długość ścieżki wynosi około 4 km. Rozpoczyna się ona na początkowym odcinku dawnej drogi kopalnianej, na południe od skrzyżowania z ulicą Kopalnianą w Nowych Czaplach i kończy w rejonie dawnej cegielni w Łęknicy. Możliwe jest jednak poruszanie się po trasie ścieżki w kierunku odwrotnym, stąd



Obszar, przez który przebiega ścieżka geoturystyczna „Dawna kopalnia Babina”, widok z lotu ptaka

miejsca w których znajdują się tablice informacyjne nie posiadają kolejnej, sugerującej kierunek zwiedzania numeracji, a zostały jedynie opisane literami. Od strony Nowych Czapli trasa ścieżki początkowo przechodzi przez rejon kopalni podziemnej i starszych odkrywek wydobywania iłów i węgla brunatnych, a następnie prowadzi wokół największego zbiornika poeksploatacyjnego „Afryka” – dawnego wyrobiska „łuska C”. Po przejściu krótkiego odgałęzienia w stronę źródła kwaśnych wód żelazistych, ścieżka przechodzi przez zapadliska kopalni podziemnej i dalej rozgałęzia się

na dwie trasy spacerowe prowadzące do zbiornika powstałego w miejscu wydobywania iłów. Wracając od brzegu dawnego wyrobiska iłów, wkraczamy w końcowy odcinek trasy, który przebiega przez rejon, w którym w latach 80-tych po zamknięciu kopalni węgla, wydobywano jeszcze iły ceramiczne. Następnie ścieżka przecina bardzo ładnie wykształconą morenę polodowcową, zbudowaną z utworów piaszczysto-żwirowych z głazami i prowadzi do parkingu, skąd można również dojść do placu dawnej cegielni w Łęknicy. Obok miejsc postoju i wypoczynku, rozmieszczone zostały tablice informacyjne, zwracające uwagę na najciekawsze elementy krajobrazu pogórniczego. Na szczególną uwagę, zasługują współczesne formy erozji antropogenicznych skał nadkładu, występujące na krawędzi zbiornika „Afryka” oraz źródło z naskorupieniami minerałów, w powstaniu których także mają swój udział bakterie żelazolubne. Przy sprzyjających warunkach pogodowych i odpowiednim oświetleniu promieniami słonecznymi, możemy podziwiać niespotykane barwy wód zbiorników pokopalnianych. Na trasie ścieżki w bliskiej odległości sąsiadują ze sobą zbiorniki, których barwa wody przybiera kolor rdzawo-pomarańczowy oraz różne odcienie zieleni i błękitu. W kilku miejscach możemy zobaczyć wychodnie pokładu węgla, zarówno w przekroju poprzecznym, jak i po jego rozciągłości, gdzie dodatkowo pokład węgla przecięty jest poprzecznie uskokiem, powodującym jego przemieszczenie. Mamy nadzieję, że każdy zwiedzający, nawet niezainteresowany geologią i górnictwem, znajdzie tu coś interesującego. Ścieżka geoturystyczna znajduje się bowiem w niezwykle inspirującym krajobrazie pokopalnianym, dostarczającym wielu niezapomnianych wrażeń estetycznych.

Upadowa Vla

Pierwszym miejscem na trasie geoturystycznej, jest dawne wejście do kopalni podziemnej. Znajdowała się tutaj upadowa, czyli skośny szyb, który umożliwiał dostęp do wyrobisk podziemnych i był miejscem transportu urobku na powierzchnię. Szyby kopalni Babina nie posiadały odrębnych nazw, tak ja ma to często miejsce w innych kopalniach. Na mapach górniczych kopalni Babina były one oznaczane rosnąco, kolejnymi cyframi rzymskimi, poczynając od południowego-zachodu, od rejonu doliny Nysy Łużyckiej, ku północnemu-wschodowi, do rejonu Bronowic. Upadowa Vla znajdowała się w środkowej części kopalni, w miejscu w którym wydobyte prowadzono do końca lat 60-tych. Początkowo, w latach 20-tych, szyby-upadowe posiadały obudowy drewniane, które następnie zastępowane były konstrukcjami murowanymi, wykonanymi z cegły. W pobliżu wylotu szybu znajdował się również niewielki budynek, mieszczący urządzenia wyciągowe. Dzisiaj, pozostałością upadowej numer Vla, jest fragment obudowy wykonanej z charakterystycznej dla regionu mużakowskiego żółtej cegły oraz znajdujący się na jej przedłużeniu głęboki zbiornik zapadliskowy o prawie kolistym kształcie.



Fragmenty szybu upadowej Vla

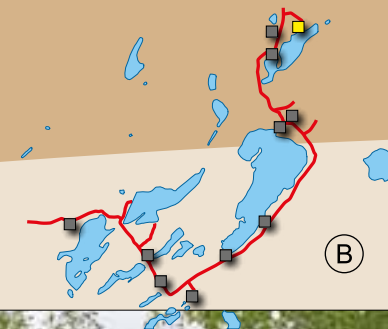


Zbiornik zapadliskowy w rejonie upadowej Vla



Przykładowy wygląd ceglanej obudowy szybu.
Pozostałości upadowej w rejonie na północ od Nowych Czapli

Wyrobisko B2



Od utwardzonej, dawnej drogi kopalnianej, po której przebiega początkowy odcinek trasy geoturystycznej, odchodzimy w bok do krawędzi wydłużonego zbiornika, gdzie znajduje się punkt widokowy. Z wysokiej skarpy dawnych zwałowisk, roztacza się widok na pokopalniany zbiornik o przejrzystej wodzie i niezwykle ciekawym, szmaragdowym kolorze, możliwym do zauważenia przy odpowiednich warunkach oświetlenia słonecznego. Wyrobisko odkrywkowe położone jest w pobliżu miejsca występowania iłłów, które na jego przedłużeniu, w kierunku północno-wschodnim, były już wydobywane w latach 20-tych ubiegłego wieku. Świadczy o tym również nazwa pobliskiej, dawnej glinianki – „Szyb gliny” oraz cegielnia widoczna na mapie z 1937 roku, która zaraz po 1945 roku została zlikwidowana. Wyrobisko, w miejscu którego znajduje się malownicze jezioro antropogeniczne, posiadało na mapach górniczych oznaczenie – „B2”. Związane ono było z odkrywkowym wydobyciem węgla brunatnego, jakie miało tu miejsce w latach 1957–1959. Na jego przedłużeniu w kierunku południowo-zachodnim znajdowała się odkrywka o symbolu „B1”, czynna nieco wcześniej, bo w latach 1953-1956. Szmaragdowy kolor wody jest wynikiem występowania w otoczeniu zbiornika skał ilastych i drobnoziarnistych kwarcowych piasków. Jedynie na przeciwległej od punktu widokowego ścianie, widoczna jest wychodnia utworów węglowych, w formie brunatnych smug osadu. Mimo znacznej kwasowości wody, w akwenu spotkać możemy ciekawą roślinność wodną, która jest doskonale widoczna w przejrzystej toni.



Panorama zbiornika z platformy widokowej



*Interesująca
roślinność wodna*



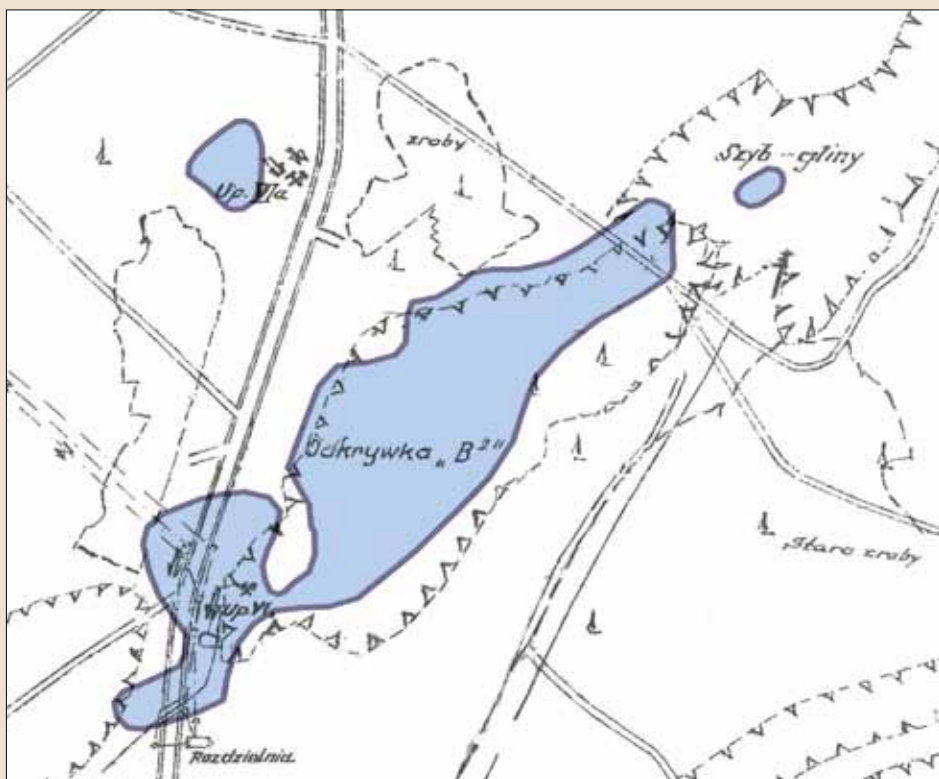
Wyhodnie pokładu węgla na brzegach zbiornika



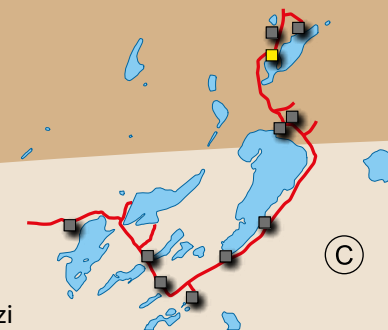
Wysoka skarpa, dawna hałda skał nadkładu

Nad upadową VI

Wychodząc z punktu widokowego nad zbiornikiem „B2”, trasa ścieżki geologicznej prowadzi nas dawną drogą kopalnianą, prosto nad południowo-zachodni akwen, biegnąc do części zbiornika, gdzie znajduje się wąski i wysoki półwysp, zbudowany z ilastych piasków różnoziarnistych. Półwysp prawie przecina zbiornik, dzieląc go na dwa odrębne baseny. Bez znajomości map górniczych możemy być przekonani, że jest to fragment tej samej odkrywki, którą podziwialiśmy wcześniej z punktu widokowego, znajdującego się na wysokiej skarpie. Jednak ten oddzielony grzędą fragment akwenu, jest miejscem gdzie znajdował się szyb – upadowa nr VI. Utwar-



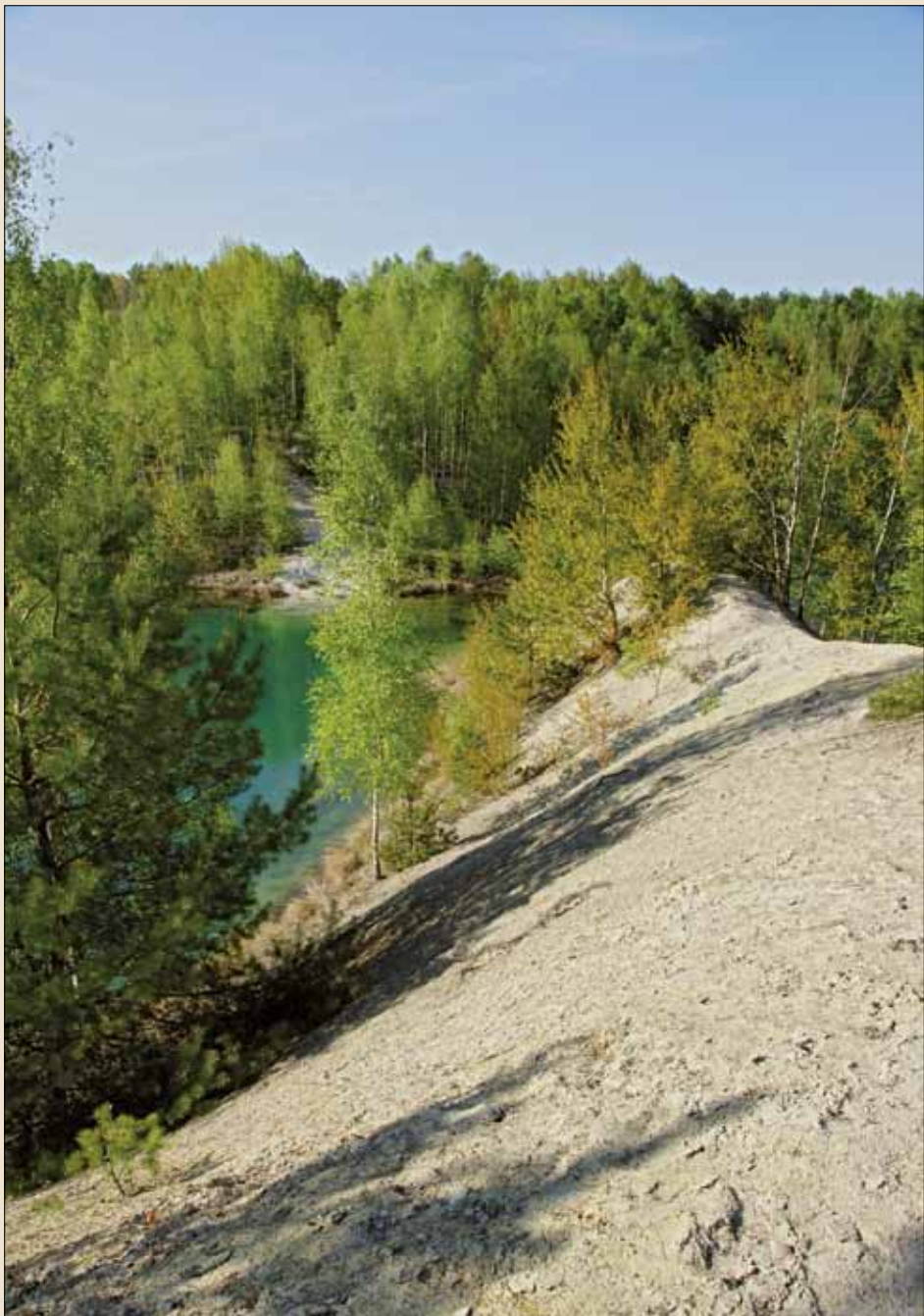
Szkic sytuacyjny wyrobiska kopalni Babina, przedstawiający przebieg drogi i położenie upadowej VI w obrębie obecnego zbiornika „odkrywka B2”



dzona droga kopalniana, po której prowadzi ścieżka, przebiegała dalej przez środek zbiornika, gdzie stały również urządzenia zasilania energetycznego oraz którą przechodziła kolejka kopalniana łącząca upadowe Va i IV. Od zapadliska dawnego szybu, trasa ścieżki geoturystycznej przebiega współczesną drogą leśną, która okrąży zbiornik i przechodzi przez miejsca, gdzie nawet w czasie upalnego lata, znajdują się kałuże mleczno-szarej wody. Świadczy to o występowaniu w podłożu nieprzepuszczalnych skał ilastych. Po dawnych urządzeniach kopalnianych nie ma już żadnego śladu. Dalej trasa ścieżki prowadzi do największego wyrobiska powojennej kopalni Babina i przecina dawną szosę biegnącą z Przewozu do Łęknicy. Na jej poboczu widoczne są granitowe słupki drogowe, a na drodze fragmenty asfaltowej nawierzchni. Równoległe do dawnej szosy przebiegała także trasa kolejki kopalnianej, którą przewożono węgiel do pobliskiej brykietowni oraz drewno do obudowy wyrobisk.



Charakterystyczne zabarwienie wody w miejscach występowania wychodni skał ilastych



Zwałowisko, w kształcie okresowo zalewanego wodą półwyspu, oddzielające dwa zbiorniki



Roślinność wodna, doskonale widoczna w przejrzystej toni zbiornika

Zbiornik – wyrobisko "łuska C"

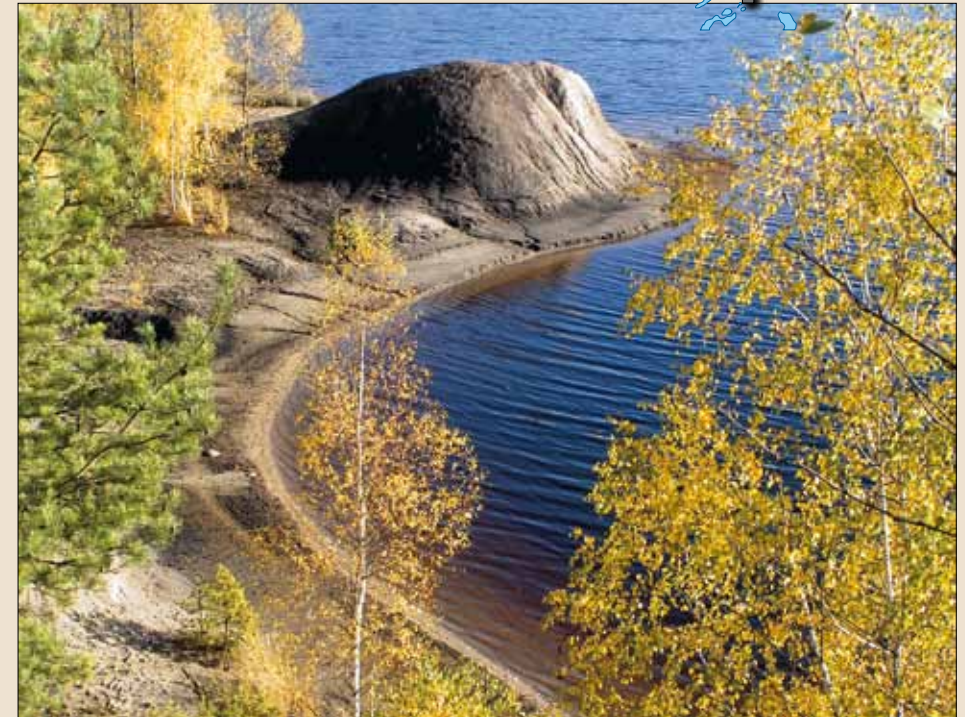
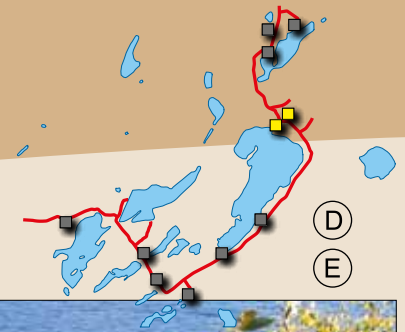
Pokłady węgla brunatnego

Po przecięciu dawnej drogi asfaltowej, dochodzimy do północno-wschodniego brzegu dużego zbiornika pokopalnianego, otoczonego wysokimi skarpami. W skarpie widoczny jest profil mięszszego pokładu węgla, co zachęca do zapoznania się z historią powstawania węgla brunatnych i umiejscowienia pokładów kopalni Babina w profilu geologicznym utworów trzeciorzędowych. Lubuskie złoża węgla brunatnego, do których należy również złożo „Babina”, powstawały w okresie neogenu (miocenu), czyli od około 25 do około 5 milionów lat temu. Wówczas miejscami ich powstania były nizinne, podmokłe i bagniste tereny, z torfowcami, mchami, trawami oraz roślinami jednorocznymi, przy udziale sekwoi, cyprysów, olchy, wiązu, klonu, kasztana, jałowca, jodły, sosny, wierzby, świerku, cisu, cedru, tui oraz magnolii. O udziale tych roślin wiemy z badań kopalnych fragmentów roślinnych znajdujących się w osadach. Obecność fragmentów roślin gatunków ciepłolubnych świadczy o tym, że w okresie powstawania węgla panował klimat zbliżony do śródziemnomorskiego. Badania paleobotaniczne stały się również podstawą podziału utworów miocenich na kompleksy odpowiadające kolejnym cyklom sedymentacji. W szczególności było to możliwe na podstawie tak zwanych analiz palinologicznych, polegających na rozpoznawaniu ziaren pyłku oraz zarodników kopalnych roślin i grzybów. Powstanie węgla bierze swój początek od nagromadzenia szczątków roślinnych na torfowiskach, po czym pod wpływem nagromadzonych osadów, następuje ich zgniatanie (kompakcja), przy udziale działalności bakterii oraz grzybów. W procesie tym dochodzi do uwalniania



Fragment zbiornika „Afryka” (łuska C) z lotu ptaka

się gazów: metanu, dwutlenku węgla oraz amoniaku. W efekcie powstaje brunatny, uwodniony żel, bogaty w węglowodory. W kolejnym etapie powstawania węgla brunatnego zachodzi uwęglanie, prowadzące do dalszych przeobrażeń chemicznych i fizycznych zachodzących na skutek wzrostu temperatury i ciśnienia pograżonych utworów



Urozmaicone wybrzeże zbiornika poeksploatacyjnego

węglonośnych. W procesie tym ubywa stopniowo tlenu i wodoru, a wzrasta zawartość pierwiastka węgla. Analiza kompleksów skał osadowych współwystępujących z pokładami węgla, wskazuje że początkowo powstawały one w zbiornikach, których linia brzegowa ulegała ciągłym zmianom. Dna lokalnych bagnisk ulegały obniżaniu w różnym tempie, w stosunku do gromadzonej substancji roślinnej. Jeżeli zbiorniki bagienne obniżały się szybciej niż następowała dostawa substancji organicznych, to następowało ich zalewanie i wzrost dostawy osadów mineralnych. Po pewnym czasie sedymentacji jeziornej, a także morskiej, zbiorniki się wypłycały i z powrotem rozwijała się sedymentacja bagienna. Stąd dzisiaj, w profilu pionowym miocenich osadów, spotykamy kompleksy pokładów węgla o różnej miąższości, które rozdzielo-



„Grzbiet słońca”, fragment dawnego zwałowiska skał nadkładu

ne są warstwami różnoziarnistych żwirów, piasków, mułków, glin kaolinowych i iłów, często z domieszkami substancji organicznych. Ich obecność dokumentuje zmiany, jakie zachodziły w pierwotnie bagiennym środowisku powstawania węgla brunatnego. W późniejszym, czwartorzędowym okresie węglonośne utwory trzeciorzędowe ulegały także erozji, na skutek wymywania przez wody lodowcowe. Stąd obecnie nie wszędzie możemy obserwować ich kompletny profil, ponieważ osady węglonośne są wymyte i zastąpione głębokimi rynnami wypełnionymi piaskami i żwirami. W zaburzonych glacictektonicznie osadach trzeciorzędowych kopalni Babina, wystę-

puje kilka różnowiekowych kompleksów osadowych, zawierających pokłady węgla, wyróżnianych według podziału stratygraficznego, stosowanego w regionie dolnośląskim, jako seria żarska, seria śląsko-łużycka i seria mużakowa. Zostały one przedstawione na profilu litostratygraficznym, gdzie zamieszczono również nazwy ich odpowiedników, wydzielonych w niemieckiej części Łuku Mużakowa. Największe znaczenie przemysłowe miały pokłady węgla wyróżnione jako II pokład łużycki, o miąższości od 8 m do 15 m (średnio około 10 m). Węgłe tego pokładu, nazywane były przez górników pokładem dolnym (Unterflöz) albo niekiedy pokładem głównym (Hauptflöz). Znajdujący się w dolnej części serii śląsko-łużyckiej III ścinawski pokład węgla brunatnego, wykształcony w postaci serii cienkich soczew o miąższości rzadko przekraczającej 3 m, posiadał już dużo mniejsze znaczenie. W kopalni eksploatowany był również, znajdujący się w dolnej części serii żarskiej, kompleks pokładów oznaczony jako IV pokład dąbrowski, którego sumaryczna miąższość wynosi około 5,3 m. Miejscami, pokład ten posiadał miąższość 15 m. Należy jednak pamiętać, że szczegółowe rozpozniomowanie pokładów węgla jest często znacznie utrudnio-

ne z uwagi na ich nienaturalne stratygraficzne położenie, zaburzone przez lodowiec, gdzie dodatkowo są one jeszcze miejscami porozrywane, wycienione lub sztucznie pogrubione. Węgiel brunatny, który był wydobywany w kopalni Babina, pod względem jakości zaliczany jest do węgla energetycznych i brykietowych, o wartości opałowej wynoszącej 9,2–10 MJ/kg. Poszczególne pokłady nieznacznie różniły się parametrami jakościowymi, szczególnie w zakresie popielności i całkowitej zawartości siarki. Zbiornik poeksploatacyjny, wokół brzegów którego prowadzi przeważająca część trasy ścieżki geoturystycznej, powstał w miejscu największego wyrobiska odkrywko-

wego powojennej kopalni Babina, eksploatowanego w latach 1964–1968. Odkrywką tą, na mapach górniczych oznaczana była jako „C”, przy czym jej dłuższa i węższa część nosiła nazwę „C1”. Na podstawie dokumentacji geologicznej wykonanej w 1957 roku, zasoby geologiczne węgla brunatnego tej części kopalni zostały określone na ponad 2 200 tys. ton, z czego większa część została wyeksploatowana. Fragmenty profilu dawniej wydobywanego węgla, należącego do II pokładu łużyckiego, odsłaniają się do dzisiaj w północno-wschodnich skarpach zbiornika, do których po schodkach dochodzimy od głównej trasy ścieżki. W miejscu tym, od razu zauważymy brunatny kolor podłoża, zwiastujący wychodnię węgla. Niewielkie, kopulaste wzniesienie nad brzegiem zbiornika to pozostałości hałd skał nieużytecznych, podobnie jak znajdujące się w oddali nieco większe wydłużone wzniesienie, które tworzy półwysep. Z uwagi na swój kształt, posiada ono popularną nazwę „Grzbiet słonia”. Powstały w miejscu wyrobiska „łuska C” i wyrobiska „C1” zbiornik wodny, ze względu na zarys linii brzegowych, posiada dzisiaj turystyczną nazwę „Afryka”. Jest on największym zbiornikiem poeksploatacyjnym polskiej części Łuku Mużakowa, o powierzchni 20,2 ha (202 000 m²). Jego maksymalna długość wynosi 896 m, a szerokość 468 m (średnia szerokość 225 m). Aby obejść cały zbiornik należy pokonać trasę o długości 2625 m. Głębokość zbiornika w wielu miejscach wynosi 9,7 m i maksymalnie sięga do 24 metrów. Na skutek rozkładu znajdującego się w pokładach węgla piryty (FeS_2) i powstania kwasu siarkowego, wody zbiornika posiadają kwaśny charakter. Ich odczyn pH wynosi 3,0, co równa się kwasowości octu. Brunatno-czerwony kolor wody, widoczny przy brzegu, pochodzi od znajdujących się w niej związków żelaza, którego zawartość sięga 6 mg/dm³. Dalsza trasa ścieżki prowadzi wzdłuż południowo-wschodniej krawędzi dawnej odkrywki, biegnąc początkowo po wyraźnym nasypie drogi transportowej. Po chwili dochodzimy do wysokiej krawędzi, gdzie widoczne są fantastyczne formy erozji skał antropogenicznych.



Fragmenty węgla brunatnego na plaży, naniesione przez wodę



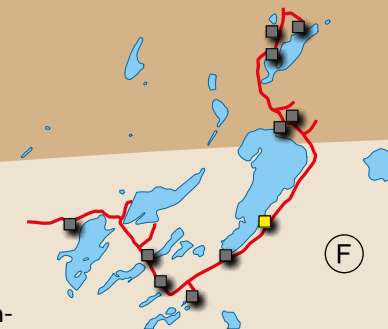
Barwa wody w płytszej, brzegowej strefie zbiornika, związana z dużą zawartością związków żelaza

Formy erozyjne

Ocenia się, że w rejonie dawnej kopalni Babina, w całym okresie jej działalności, przekształconych zostało około 430 ha gruntów. Tylko część ich powierzchni, po zamknięciu kopalni, objęta została planowymi pracami rekultywacyjnymi. Rekultywacja w obrębie zwałowisk i na gruntach do nich przyległych polegała na ich zalesianiu, a rekultywacja wyrobisk końcowych odbywała się poprzez ich naturalne wypełnienie wodą. W tym celu przeprowadzono formowanie zwałowisk i wyrobisk, poprzez wyrównywanie spadków terenu oraz wykonano neutralizację kwaśnego podłoża, dla późniejszych nasadzeń. Prace te, w praktyce okazały się bardzo kosztowne. Nasadzenia prowadzone były na podłożu zbudowanym z mioceńskich drobnoziarnistych piasków, często pylastych, zawierających okruchy węgla brunatnych. Materiał taki, jest bardzo silnie narażony na erozję, w której dominuje wypłukiwanie i wywiewanie materiału,



Żleby, powstające na wysokiej krawędzi zbiornika, w obrębie antropogenicznych skał nadkładu



co znacznie utrudniało powstawanie szaty roślinnej. Jednak biorąc pod uwagę obecny stan zadrzewień, można uznać że rekultywacja zwałowisk pokopalnianych się powiodła. Procesy erozji podłoża możemy dzisiaj obserwować jedynie w obrębie wysokich i stromych krawędzi zbiorników, gdzie drzewa nie mogą się ukorzenić. Miejsca te, w których z punktu widzenia rekultywacji dominują procesy negatywne, są jednocześnie bardzo atrakcyjne dla zwiedzających. Możemy bowiem zobaczyć tutaj skalę problemów z jakimi spotykali się leśnicy prowadzący nasadzenia, poznać wygląd i skład utworów antropogenicznych oraz obserwować szybko rozwijające się zjawiska erozji deszczowej i osadzania wymywanego materiału na brzegu zbiornika. Występujące na brzegach zbiornika „Afryka” zwałowiska to utwory pylaste i piaszczysto-pylaste, w skład których wchodzi kwarc, pył węgla brunatnego, muskowit oraz domieszki minerałów ilastych. W obrębie utworów drobnoziarnistych często występują, w różnym stopniu, zmineralizowane fragmenty węgla brunatnych, głaziki skał północnych, porożrywane pakiety zwietrzałych ilów ceramicznych, konglomeraty żelaziste oraz głazy odporne na wietrzenie kwarcytów. Niektóre, ze znajdujących u podstawy stoków głazy skał krystalicznych, posiadają gładko oszlifowane powierzchnie i jedną lub więcej krawędzi. Głazy takie nazywane są graniakami. Zostały one uformowane w trudnych warunkach klimatycznych, panujących na przedpolu lądolodu, w okresie zlodowaceń północnopolskich. Widoczne na ich powierzchni krawędzie są efektem erozji ziaren kwarcu niesionych przez wiatr. Zróżnicowane pod względem wykształcenia i bardzo słabo spoieste osady, budujące skarpy zbiornika, w miejscach pozbawionych zwartej szaty roślinnej, są silnie porożcinate regularnymi, głębokimi żłobieniami, które przechodzą



Wygląd materiału skalnego zwałowiska

w V-kształtne doliny, o wysokich i stromych skarpach. Brzegi dolin są fantazyjnie ukształtowane w formie baszt, słupów, łuków okalających puste przestrzenie, które razem tworzą miejscami budzący niepokój, niespotykany w naszej strefie klimatycznej krajobraz. Widoki takie, są bardziej typowe dla stref pustynnych. Fantazyjne brzegi zbiornika, są nie tylko atrakcyjne krajobrazowo, ale stanowią również doskonałe miejsce dla obserwacji współczesnych procesów kształtujących rzeźbę stoków. W obrębie górnej krawędzi stoku oraz w obrębie jego skłonu dominują procesy erozji, a u jego podstawy, aż do rejonu plaży i brzegu zbiornika, rozwijają się zjawiska związane z osadzaniem wypłukiwanego materiału skalnego. Proces erozji stoków jest efektem działania wód opadowych i roztopowych, których początkowo drobne strumienie, tworzą sieć gęstych żłobków, przekształcających się następnie w regularne żłobiny. W miarę pogłębiania, zmieniają się one w głębsze doliny, przesuwające się w głąb stoku. Głębokie rozcięcia dolinne rozdzielone są pojedynczymi grzędami, które z czasem



Stożki wymytego materiału u podstawy skarpy

podlegają rozczłonkowaniu, tworząc izolowane formy słupowe. Ich dalszy rozpad powoduje całkowite zniszczenie części stoku. Proces ten najszybciej rozwija się w miejscach, gdzie w obrębie pylastego materiału występują większe bloki skał krystalicznych, głazów lodowcowych lub kwarcytów trzeciorzędowych. Skały te, jako bardzo odporne na działanie wód opadowych, najczęściej „wypadają” ze zbocza, pozostawiając często pustkę w grzędzie, co sprzyja powstaniu baszty. Na krawędziach grzęd powstają jeszcze inne, bardzo ciekawe formy, związane z odpornymi na rozmywanie skałami krystalicznymi. Są to „skalne grzybki”, czyli niewielkie słupki, na których czubku położony jest głazik, o wielkości kilku centymetrów. Te atrakcyjnie wyglądające mikroformy

to efekt szybkiego wymywania pylastych osadów wokół płaskiego, krystalicznego fragmentu skalnego. W wyniku spłukiwania i zmywania materiału u podnóża stoków tworzą się stożki napływowe, które na dalszym przedpolu łączą się ze sobą, tworząc jednolitą powierzchnię, łagodnie opadającą do linii brzegowej zbiornika. W okresie nasilonych opadów, powierzchnie stożków są również rozcinane przez szybko płynące potoki, które tworzą koryta o wyglądzie rzek roztokowych. Wysortowany materiał piaszczysto-pylasty jest wówczas daleko wynoszony, aż do zbiornika gdzie pod wodą widoczne są kolejne stożki, tym razem budujące podwodną deltę. Kierunki płynięcia potoków są doskonale widoczne, ponieważ wzdłuż ich szlaków najszybciej osadzają się czarne fragmenty węgla brunatnego. W okresach pozbawionych opadu deszczu, formy akumulacyjne są przekształcane przez wiatr. Wiele śladów jakie pozostawiają płynące wody opadowe ulega zanikowi, ustępując kolejnym formom, powstającym w okresie następnych opadów. Te cykliczne procesy erozji i akumulacji, które w przeszłości doprowadzą do całkowitego zniszczenia obecnie wysokich skarp, są skutecznie hamowane przez roślinność drzewiastą, z trudem wkraczającą na powiększające się, płaskie powierzchnie stożków napływowych.



Miniaturowe „skalne grzybki”, powstające z wymywania osadów w otoczeniu głazików

Pojezierze antropogeniczne



Od rejonu, w którym znajdują się formy erozyjne skał antropogenicznych, trasa ścieżki geoturystycznej dochodzi do najbardziej południowej części „jeziora pokopalnianego” (dawne wyrobisko C1), skąd dalsza trasa ścieżki biegnie do miejsca występowania źródeł kwaśnych wód oraz nieco dalej do inaczej wykształconych zbiorników, o odmiennej genezie. Stojąc nad dużym „jeziorem pokopalnianym” warto zapoznać się z ogólnymi informacjami o pojezierzu antropogenicznym Łuku Mużakowa. Efektem górnictwa węgla brunatnych i towarzyszących im kopalni – iłłów ceramicznych i piasków szklarskich, są liczne zbiorniki kwaśnych wód kopalnianych. Ich ułożenie, widoczne na mapach topograficznych i zdjęciach lotniczych, doskonale podkreśla podkowiasty kształt moreny mużakowskiej. W całym polsko-niemieckim obszarze Łuku Mużakowa, znajduje się ponad 340 zbiorników antropogenicznych, o łącznej powierzchni około 770 ha, z czego ponad 100, o łącznej powierzchni 150 ha, znajduje się w polskiej jego części. Ze względu na sposób ich powstania, możemy wyróżnić zbiorniki zapadliskowe i te, które powstały w efekcie wypełnienia wodą dawnych wyrobisk odkrywkowych. Powstanie zbiorników zapadliskowych związane jest ze sposobem likwidacji wyrobisk podziemnych, metodą na zawał, w której usuwano obudowę wyrobisk bez wypełniania powstałych pustek. Z czasem nastąpiło osiadanie znajdujących się w ich nadkładzie skał, a na powierzchni tworzyły się wydłużone, miejscami koliste i stosunkowo wąskie niecki, o zazwyczaj niedużej głębokości. Zbiorniki, powstałe w miejscach wyrobisk odkrywkowych, posiadają najczęściej dużo większą powierzchnię i głębokość, są szersze i mają zmienny kształt. W obszarze „pojezierza” mamy jeszcze do czynienia z trzecim rodzajem zbiorników, które w odróżnieniu od wymienionych, można uznać za naturalne. Jednak ich geneza jest także związana ze znajdującym się w podłożu węglem brunatnym. Powstają one bowiem w zagłębieniach tworzących się nad wietrzejącymi pokładami, ustawionymi pod dużym kątem do powierzchni terenu. Zagłębienia te, nazywane giserami lub rowami wietrzeniowymi, często mają charakter, w różnym stopniu wypełnionych wodą, lokalnych zabagnień i torfowisk. Zawodnienie tych zbiorników zależne jest od zmieniającego się poziomu wód gruntowych. W miejscach, w których prowadzono wydobywanie węgla brunatnych, zostały również odsłonięte lub wydobyte na powierzchnię towarzyszące im ropy i mułki i piaski pylaste, zawierające fragmenty węgla bru-



Zróżnicowanie kolorów wód zbiorników poeksploatacyjnych „pojezierza antropogenicznego”



„Cztery kolorowe jeziora” w niemieckiej części geoparku Łuk Mużakowa

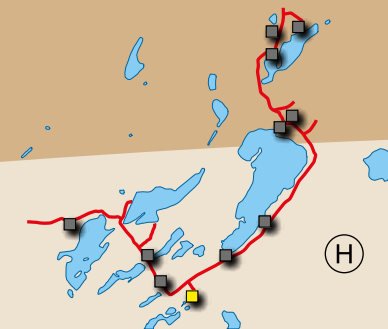
natnych. Przez geologów takie kompleksy skalne nazywane są często formacją burówęglową, w obrębie której, dość licznie występuje pochodzący z węgla brunatnych siarczek żelaza (FeS_2), nazywany pirytem. Kontakt takich osadów z powietrzem i wodą opadową powoduje rozpad minerałów siarczkowych, w efekcie którego dochodzi do powstania kwasu siarkowego, a następnie znacznego zakwaszenia wód wypełniających obniżenia terenu o różnej genezie. Zakwaszeniu ulegają również naturalne ciekły i płytko zalegające wody podziemne. Badający takie procesy geochemicy, nazywają środowisko w którym one zachodzą – środowiskiem kwaśnych wód kopalnianych. Generalnie kwaśne wody kopalniane wykazują kwasowość pH w zakresie 2–4 oraz wysokie stężenia jonów siarczanowych i metali ciężkich, zwłaszcza żelaza, którego obecność widoczna jest jako rdzawo czerwone zabarwienie wodny. Ogólnie zabarwienie zbiorników jest często bardzo zaskakujące i zmienne. Zależy ono również od rozwoju procesów biogeochemicznych, w których udział biorą bakterie żyjące w skrajnie kwaśnych środowiskach. Doskonałym przykładem zaskakującej barwy wody są tzw. „Cztery kolorowe jeziora”. Są to znajdujące się bardzo blisko siebie dawne wyrobiska kopalni „Elster koło Horlitz”, znajdujące się pomiędzy Lieskau

i Wolfshain, w niemieckiej części geoparku, z których każde posiada odmienny kolor. Zróżnicowanie charakteru geochemicznego zbiorników, związane jest również z ich wiekiem. W kwaśnych wodach zachodzą naturalne procesy zubożenia, które rozwijają się jednak bardzo powoli, w okresie ponad kilkudziesięciu lat. Zubożenie kwaśnych wód przebiega w różnym tempie i zależne jest również od genezy zbiornika, jego ukształtowania oraz charakteru osadów je otaczających. Zmiany chemizmu wód pokopalnianych możemy doskonale zaobserwować w polskiej części Łuku Mużakowa, porównując zbiorniki znajdujące się w rejonie Tuplic, z tymi które występują w rejonie ścieżki geoturystycznej, pomiędzy Łęknicą i Bronowiczami. W okolicy Tuplic działalność przemysłu górniczego prowadzona była w latach 1864–1938, a w rejonie Łęknicy (kopalnia Babina) w latach 1921–1973. Różnica wieku najstarszych wyrobisk sięga ponad 100 lat. Dzisiaj, wody rejonu Tuplic w większości użytkowane są jako stawy rybne, kiedy w stawach położonych na południu, życie biologiczne dopiero powoli zaczyna się rozwijać.

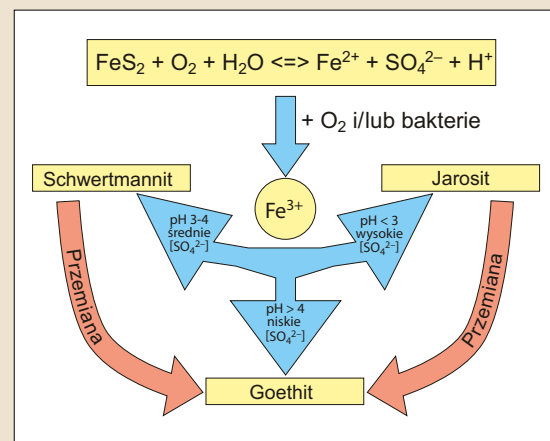


Zbiornik zapadliskowy w miejscu zlikwidowanych wyrobisk kopalni podziemnej

Źródło kwaśnych wód kopalnianych



Na końcu dawnego wyrobiska „łuska C”, za największym odcinkiem zbiornika „Afryka”, znajduje się odgałęzienie od głównej trasy ścieżki geoturystycznej, które prowadzi w kierunku południowo-wschodnim, do miejsca dawnej eksploatacji „łuski D”. Trasa biegnie tutaj poprzecznie, przez strefę kontaktową blisko siebie położonych struktur glacictonicznych oznaczonych jako „łuska C” i „łuska D”. Struktury te, wzdłuż stref uskokowych, oddzielone są od siebie warstwami nieprzepuszczalnych skał ilastych i przepuszczalnych piasków i żwirów. Trasa dochodzi do bezleśnego obszaru zlikwidowanego wyrobiska odkrywkowego oznaczonego jako „D”, gdzie znajduje się rozległa strefa źródłiskowa. Wyflwy wód podziemnych, występujące w obrębie kwaśnych, pozbawionych roślinności gruntów piaszczystych i piaszczysto-ilastych, dają tutaj początek strumieniowi płynącemu pomiędzy płytkimi i miejscami okresowymi zbiornikami. Potok, płynąc w kierunku południowo-zachodnim, uchodzi do kolistego zbiornika poeksploatacyjnego, który położony jest już na terasie rzecznej, w obrębie doliny Nysy Łużyckiej. Najbardziej widocznym i interesującym miejscem wypływu wód podziemnych jest źródło, znajdujące się w środku misy zbudowanej z osadów żelazistych, które możemy oglądać z kładki spacerowej. Inne, mniejsze źródła, znajdują się w dniesie płynącego obok potoku i wypływają bezpośrednio z jego dna. Znajdujące się tam wody źródlane są pod zmiennym ciśnieniem hydrostatycznym i wypływają



Fazy mineralne kwaśnych wód kopalnianych

pulsacyjnie, co miejscami przypomina niewielkie błotne wulkany. Strefa źródłiskowa oraz otaczające je skały osadowe są doskonałym miejscem do obserwacji procesów geochemicznych, jakie zachodzą w obszarach dawnej eksploatacji węgla brunatnych. Wody, znajdujące się w obszarze dawnej kopalni Babina, są złożonymi mieszaninami chemicznymi, które obok wielu innych pierwiastków zawierają głównie żelazo, mangan, wapń,



Osady mineralne wokół szczątków roślinnych, rejon źródłiskowy kwaśnych wód kopalnianych



Źródło kwaśnych wód kopalnianych z naskorupieniami mineralnymi



Pulsacyjny wypływ wody z dna strumienia w pobliżu źródła

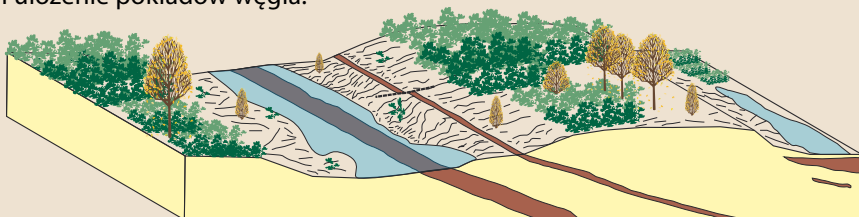
magnez, sód, potas, chlor i siarczany. Stężenie jonów wodorowych wskazuje na ich wysoką kwasowość. Przeprowadzone badania wód strefy źródłiskowej pokazują najwyższe koncentracje żelaza oraz wapnia. Powstające wokół wypływów osady składają się z różnych faz mineralnych, w których wyróżniono następujące minerały: gips – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, goethyt – $\text{FeO}(\text{OH})$, schwertmannit $\text{Fe}_{16}\text{O}_{16}(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ oraz jarosyt – $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$. Wokół misy źródlanej, najłatwiej zauważalne są jasne kryształy gipsu, o rozmiarach do 2 mm długości, które są szczególnie dobrze widoczne w okresach suszy. Natomiast ziemiste, brązowawe zlepy to goethyt, a jego żółtawe odmiany to jarosyt. Najslabiej widoczny jest schwertmannit, który jest słabo krystaliczny. Tworzy on językowate agregaty mineralne, jednak niewidoczne gołym okiem. Udział poszczególnych faz mineralnych, w osadach powstających wokół wypływów wód podziemnych, zmienia się w zależności od kwasowości wody i koncentracji jonów siarczanowych. Najniższe wartości pH oraz najwyższe koncentracje siarczanów sprzyjają wytrącaniu się jarosytu. Natomiast, w przypadku podwyższenia wartości pH oraz spadku wartości koncentracji siarczanów, zaczyna krystalizować schwertmannit. Goethyt może wytrącać się bezpośrednio z roztworu lub w efekcie przemian geochemicznych z schwertmannitu, który może również przechodzić w jarosyt. Tempo tworzenia się osadów żelazistych zależne jest jeszcze od działalności mikroorganizmów, specyficznych bakterii, należących do grupy bakterii żelazowych. Są to bakterie, które energię do życia i rozmnażania czerpią z reakcji utleniania rozpuszczonego żelaza. Do tego czują się one doskonale w środowiskach kwaśnych. Samych bakterii, nie można zobaczyć bez odpowiedniego powiększenia, jednak ich obecność w wodzie widoczna jest w postaci opalizujących na jej powierzchni plam, do złudzenia przypominających rozlane substancje ropopochodne. Od źródła kwaśnych wód kopalnianych wracamy do głównej trasy ścieżki geoturystycznej, która za zakrętem wyraźnie zmienia swój kierunek i dalej poprzecznie przecina główny kierunek biegu pokładów węgla dawnej kopalni. W ten sposób dochodzimy do wychodni pokładu węgla.



Wygląd wykwitów bakterii żelazowych

Wychodnia pokładu węgla

Jeżeli powierzchnia terenu przecina jakieś ciało geologiczne, to wspólny obszar, w którym one się przecinają, geolodzy i górnicy nazywają wychodnią lub odsłonięciem. W wypadku miękkich i sypkich skał osadowych rzadko można spotkać atrakcyjne odsłonięcia, ponieważ w naszych warunkach klimatycznych ulegają one szybkiemu zniszczeniu, a w szczególności stają się niewidoczne na skutek rozwoju szaty roślinnej. Jeszcze całkiem niedawno, do końca lat 70-tych, w obszarze dawnej kopalni Babina, można było oglądać duże, naturalne przekroje geologiczne, w których widoczne były pofałdowane pokłady węgla i towarzyszące im piaski, mułki oraz ropy. Na zboczu dawnego wyrobiska, którego skarpy zostały znacznie wyrównane w trakcie prac rekultywacyjnych, znajduje się jedna z dwóch zachowanych naturalnych wychodni geologicznych, jakie możemy jeszcze dziś znaleźć w polskiej części Łuku Mużakowa. Jest to wychodnia pokładu węgla, która przedstawia jego profil podłużny, to znaczy odsłania jego bieg. W terenie wygląda ona jak brązowa kreska, o długości około 600 m i szerokości około 2 m. Miejscami, w rozcięciach zbocza, widoczne są fragmenty zwietrzałych warstw ilastych oraz warstwy drobnoziarnistych piasków. Trudno dzisiaj, bez szczegółowych map górniczych, precyzyjnie przyporządkować ten cienki, nieeksploatowany pokład, do określonego stratygraficznego poziomu pokładów węgla. Z doświadczenia górników wiadomo jest jednak, że w miocenijskim profilu utworów węglowych znajdował się, ponad głównym II pokładem łużyckim, cienki pokład towarzyszący, który, z uwagi na mniejszą miąższość, nie zawsze był przedmiotem eksploatacji. W środkowej części wychodni, towarzyszący pokład węgla brunatnego, przecięty jest uskokiem, który przesuwą linię jego biegu. Możemy więc, na wychodni pokładu zaobserwować efekt oddziaływania lodowca, który deformował ułożenie pokładów węgla.



Blokdiagram, przedstawiający położenie pokładu towarzyszącego



Wychodnia węgla, widoczny bieg, czyli rozciągłość pokładu



Fragment wychodni węgla



Bieg pokładu węgla z uskokiem (w części środkowej) widok z lotu ptaka

Zapadliska kopalni podziemnej

Dalsza trasa ścieżki geoturystycznej przechodzi przez obszar kopalni podziemnej i przecina strefę zapadlisk górniczych. Są to wydłużone, nieckowate zagłębienia, wypełnione silnie kwaśną wodą o odczynie pH 2,8 i dużej zawartości żelaza, dochodzącej do 203 mg/dm³. Stąd wody wypełniające, znajdujące się po obu stronach drogi, nieckowate zagłębienia zapadlisk, mają rdzawo-pomarańczowe barwy,



Zapadlisko nad wyrobiskami kopalni podziemnej



a o szkodliwości oddziaływania kwaśnych wód świadczą zniszczone pnie obumarłych drzew.

Mimo widoku destrukcji środowiska, wypełnione wodą zapadliska posiadają swój niespotykany urok osobliwego krajobrazu. Wyrobiska podziemnej kopalni Babina, sięgające do głębokości około 60 m pod powierzchnią terenu, po wydobyciu węgla

były likwidowane tak zwaną metodą „na zawał”. To znaczy, że usuwano obudowę, a puste przestrzenie chodników oraz komór eksploatacyjnych, ulegały naturalnemu zacieśnianiu. Czasami wypełniały się one wodą lub kurzawką, która w tym wypadku, dobrze uszczelnia pustki. W okresie powojennym, na poszczególnych poziomach eksploatacyjnych, węgiel był wydobywany przez wybieranie kolejnych jego warstw o grubości od 2,0 m do 3,5 m, zależnie od lokalnych warunków geologicznych. Po zakończeniu wydobywania wyrobiska zacieśniały się, a na powierzchni następowało powolne osiadanie gruntu i tworzyły się nieckowate zagłębienia. Szacuje się, że głębokość zapadlisk może sięgać 80% sumarycznej grubości eksploatowanych pokładów. Jednak wielkość tą, należy powiększyć z uwagi na występujące w nadkładzie pokładów węgla silnie zawadnione piaski. Szacunkowe wielkości zapadlisk mogą sięgać co najmniej kilkudziesięciu metrów średnicy i głębokości. Zapadliska terenu tworzą się nawet po upływie bardzo dużego czasu, przy czym prawdopodobieństwo ich powstawania maleje z upływem lat. Choć tempo i miejsce powstawania zjawisk osiadania terenu jest trudne do określenia i często zależne od wahań zwierciadła wód podziemnych, to z ich obserwacji wynika, że po upływie około 10 lat od zakończenia wydobywania, ruchy terenu powoli zanikają. Mimo tego, miejsca gdzie pod ziemią przebiegały dawne wyrobiska górnicze, nie nadają się już do zagospodarowania. Przed zakończeniem zwiedzania obszaru pogórniczego dawnej kopalni Babina, możemy

pospacerować dowolnie wybranymi ścieżkami, w stronę dwóch dużych zbiorników, których wygląd w znacznym stopniu przypomina już naturalne jeziora. Dochodzimy do jednego z nich, o nazwie „Jedynka”. Na jego północnej skarpie widoczna jest ładna plaża, zbudowana z drobnoziarnistych, jasnych piasków kwarcowych, wieku trzeciorzędowego. Wokół zbiorników rozwinęła się roślinność szuwarowa, a woda pozbawiona jest rdzawo-rudego zabarwienia. Jednak nadal posiada ona kwaśny odczyn (pH wynosi 3,3), o czym świadczą stojące w niej pojedyncze pnie zniszczonych drzew. Oglądany szmaragdowy zbiornik, podobnie jak znajdujący się opodal, powstał w miejscu wydobywania łąw ceramicznych i fragmentarycznie węgla brunatnych, które zakończyło się w latach 40-tych i 50-tych ubiegłego wieku.



Łukowato wygięte pnie brzoź, świadczące o powolnym osiadaniu terenu nad wietrzejącym pokładem węgla brunatnego. Rejon na południowy-wschód od brzegu zbiornika „łuska C”



Obumarłe drzewa, stojące w kwaśnych wodach kopalnianych zapadliskowej niecki terenu

Wzgórze morenowe Kopaliny towarzyszące

W końcowym odcinku, trasa ścieżki geoturystycznej, przechodzi przez rejon w którym, po zamknięciu kopalni „Przyjaźń Narodów – Szyb Babina”, wydobywano jeszcze iły ceramiczne. W jego pobliżu znajdowało się kilka niewielkich, dzisiaj już zrekultywowanych wyrobisk. Ostatni, końcowy odcinek trasy ścieżki geoturystycznej, prowadzi w stronę wykopu, który przecina niewielkie wzgórze o długości grzbietu około 1,5 km i maksymalnej wysokości 157,9 m n.p.m. Ciągi, podobnych wzgórz morenowych, możemy spotkać w całym obszarze Łuku Mużakowa. Ułożenie osi ich grzbietów jest zgodne z przebiegiem całej struktury i podkreśla jej łukowaty kształt. W polskiej części, na wschód od Nowych Czapli, kulminacje wzgórz morenowych dochodzą do wysokości 180,5 m n.p.m. Położone na końcu trasy wzgórze, wyróżnia się regularnym łukowatym kształtem, który ostatecznie został uformowany w trakcie czwartorzędowych zlodowaceń środkowopolskich. Jest to wzgórze moreny czołowej akumulacyjnej, składającej się z bardzo zróżnicowanego materiału. Dominują tutaj bezładnie ułożone piaski o różnej grubości ziarna, często zaglinione. Miejscami w ich obrębie występują przewarstwienia piasków ze żwirem i żwirów z gładzikami oraz większymi otoczakami. Na powierzchni moreny, porośniętej bukowym lasem, możemy znaleźć niewielkie głązy narzutowe lub graniaki. Idąc dalej drogą, będącą przedłużeniem trasy ścieżki, wychodzimy na teren dawnej cegielni w Łęknicy.



Przykładowe graniaki



Ślad po kolejce do transportu ilów ceramicznych



Fragment wzgórza morenowego, porośniętego lasem liściastym

Słowniczek terminów geologicznych



Antropopresja – nasilające się oddziaływanie człowieka na komponenty środowiska, poprzez nie w pełni kontrolowane uboczne efekty działalności gospodarczej.

Czwartorzęd – okres w erze kenozoicznej, który zaczął się 1,87 mln lat temu, z końcem trzeciorzędu, i trwa do dziś. Dzielimy go na plejstocen (od 1,87 mln lat temu do 12 tys. lat temu) i holocen, który zaczął się 12 tysięcy lat temu. W czwartorzędzie następuje dalsze ochłodzenie klimatu, w rezultacie dochodzi do rozwoju wielkich pokryw lodowych. Ostatni lądolód ustąpił z terenów środkowej Europy zaledwie około 12 tysięcy lat temu (koniec plejstocenu). Holocen jest podokresem, który nastąpił po ustąpieniu lodowców. Według nowego podziału dokonanego przez Międzynarodową Unię Nauk Geologicznych w 2004 r., kenozoik dzieli się na paleogen i neogen (23 mln lat temu do chwili obecnej).

Diapir – (*gr.*: *diapeiros* – przebijać się) tektoniczna struktura geologiczna, powstała na skutek przebiecia się ku górze, przez młodsze skały nadkładu, skał starszych, bardziej plastycznych. Najbardziej znane struktury tego typu to słupy solne, które jako diapiry przebijają swój nadkład. W obszarze Łuku Mużakowa diapirami są wyciśnięte przez parcie lodowca pokłady węgla, które początkowo zostały silnie sfałdowane, a następnie wyciśnięte ku górze w ten sposób, że skrzydła fałdu niemal stykają się ze sobą.

Działalność górnicza – ogół przedsięwzięć związanych z eksploatacją kopalni, przeróbką, obróbką, rekultywacją terenów.

Dziedzictwo geologiczne – termin uniwersalny, który według raportu IUCN (Międzynarodowej Unii Ochrony Przyrody UNESCO) należy rozumieć jako dziedzictwo skał, gleb i form rzeźby oraz ich zapis w historii Ziemi, który powinien pozostać nienaruszony. Ochrona prawna dziedzictwa geologicznego, niezależnie od kategorii, pozwala na zabezpieczenie unikatowych często form lub zjawisk. Służy również zachowaniu różnorodności flory i fauny, nierozdzielnie związanej z elementami abiotycznymi przyrody.

Eksploatacja górnicza – zespół wszystkich czynności, mających na celu uzyskiwanie robotami górnicznymi kopalni z miejsca ich występowania.

Eksploatacja odkrywkowa – eksploatacja kopalni przez zdjęcie zalegającego nad złożem nadkładu lub ze złóż zalegających bezpośrednio na powierzchni ziemi.

Erozja – proces niszczenia powierzchni terenu przez wodę, wiatr, słońce, siłę grawitacji i działalność organizmów żywych (w tym człowieka).

Erozja pluwialna – erozja związana z działalnością wód opadowych. Pluwialny (*łac.* *pluvialis* – deszczowy) związany z deszczem, opadami atmosferycznymi.

Fałd – wygięcie w pierwotnie płaskich lub płytowych ciałach skalnych.

Formy polodowcowe – twory geologiczne (skały osadowe, formy geomorfologiczne) powstałe w efekcie działalności lądolodu lub lodowca górskiego.

Geologiczno-górniczne warunki eksploatacji – naturalne warunki, wpływające na sposób prowadzenia eksploatacji, jej bezpieczeństwo i rezultaty.

Geopark – obszar o zdefiniowanych granicach, zawierający pojedyncze lub mozaikowo rozłożone obiekty o wybitnych walorach geologicznych (geotopy), wartościowe dla geoturystyki i edukacji, które zostały udokumentowane w drodze przeprowadzonej inwentaryzacji i oceny, wykonanej przez służbę geologiczną. Geopark powinien stanowić narzędzie dla lepszego społecznego poznania i zrozumienia idei dziedzictwa geologicznego i użytkowania litosfery, zgodnie z zasadami ekorozwoju. Za utworzeniem na danym obszarze geoparku mogą przemawiać również dodatkowe jego atuty, takie jak: występowanie stanowisk archeologicznych, skupisk obiektów i obszarów o dużym znaczeniu dla ochrony przyrody, wybitne wartości historyczne i kulturowe regionu. Geopark nie stanowi prawnej formy ochrony przyrody nieożywionej. Sposób zarządzania geoparkiem oraz zasady ochrony stanowisk geologicznych pozostawia się do uznania przez prawodawstwo danego kraju.

Georóżnorodność – naturalne zróżnicowanie powierzchni Ziemi, obejmujące formy i systemy geologiczne, geomorfologiczne, glebowe i wód powierzchniowych, powstałe w wyniku procesów naturalnych, miejscami o różnym wpływie antropogenicznym.

Geostanowiska – (*ang.* *geosites*, *niem.* *geotope*) to szczególnie wartościowe stanowiska geologiczne, mające znaczenie dla zrozumienia historii Ziemi. Są one naszym dziedzictwem geologicznym i kulturowym, wiążącym się z problematyką ochrony georóżnorodności, nauką, edukacją i geoturystyką. Stanowiska geologiczne były pierwszymi obiektami, jakie podlegały prawnej ochronie. Nazywano je wówczas zabytkami przyrody nieożywionej. Wyróżnia się dwie kategorie zabytków przyrody nieożywionej: (1) nieruchome dziedzictwo geologiczne (nieruchome zabytki przyrody nieożywionej), nierozdzielnie związane z otaczającym środowiskiem i chronione in situ oraz (2) ruchome dziedzictwo geologiczne (ruchome zabytki przyrody nieożywionej), chronione ex situ w przestrzeni muzealnej.

Geoturystyka – to dział turystyki poznawczej nastawionej na przeżycia, bazującej na poznaniu obiektów i procesów geologicznych oraz doznawaniu w kontakcie z nimi wrażeń estetycznych.

Giser, rów wietrzeniowy – formy terenu, powstałe w wyniku powolnego utleniania się (murszenia) odsłaniającego się na powierzchni terenu pokładu węgla brunatnego. Warunkiem zachodzenia tego procesu jest niski poziom wód gruntowych. Na ogół ich szerokość dochodzi do 30 metrów, maksymalna głębokość wynosi około 20 metrów, średnio zaś od 3 do 5 metrów. Formy te zostały dobrze rozpoznane na podstawie zdjęć lotniczych i satelitarnych (Kupetz, 1997). W zależności od rodzaju struktur glacitektonicznych w jakich występują pokłady węgla, kształtują się różne rodzaje gizerów. Najczęściej występują one jako liniowo rozciągające się obniżenia o długości od 1 do 2 km. Występują one wzdłuż struktur łuskowych. Cześć z gizerów ma kształt nieregularny, elipsoidalny. Rozwinęły się one w obrębie diapirów. Średnica ich w tych miejscach na ogół nie przekracza 1 km. Rzadziej występują gizery na przegubowych partiach antyklin. Tam utworzyły się płaskie, zatorfione obniżenia rozciągnięte podłużnie.

Glacitektonika – deformacje podłoża lodowca oraz składanych przezeń osadów (lodowcowych i wodnolodowcowych) spowodowane przez nacisk lub tarcie lodu o podłoże.

Glacjał – regularne okresy lodowcowe, w których lód zajmował większe obszary.

Glina – produkt wietrzenia i roztarcia skał, składający się z ilu, mułku, piasku i często żwiru, może zawierać związki żelaza i inne składniki mineralne, w stanie wilgotnym jest na ogół plastyczna, zob. il.

Głaz narzutowy (eratyk) – otoczek granitowy, porfirowy, gnejsowy, kwarcytowy i inny, przeniesiony przez lodowiec i złożony z dala od miejsca powstania skał, z których pochodzi.

Głaziki – kruszywo naturalne o wielkości (uziarnieniu) 125 do 250 mm.

Głazy – w górnictwie, kruszywo o wielkości (uziarnieniu) ponad 250 mm.

Głębokość eksploatacji (wyrobiska) – pionowa odległość między powierzchnią terenu a dnem wyrobiska.

Głębokość położenia zwierciadła wód podziemnych – odległość między powierzchnią ziemi a zwierciadłem wód podziemnych.

Głębokość zalegania – głębokość, odległość od powierzchni terenu, występowania utworów geologicznych np. pokładu węgla, zwierciadła wód itp.

Graniak, wielograniec, wiatrowiec – odłamek skalny o wygładzonych ścianach i 2–3 ostrych krawędziach, oszlifowany wskutek tarcia niesionych przez wiatr okruchów skalnych (korazja). Powstaje w strefie peryglacjalnej (na przedpolu lądolodu) oraz na pustyniach żwirowych i kamienistych.

Grunt antropogeniczny – materiał ziemny, którego ukształtowanie i położenie jest wynikiem działalności człowieka.

Hałda – antropogeniczna forma ukształtowania powierzchni ziemi, wysypisko skały płonej lub stałych odpadów przemysłowych (popiół, żużel), powstających w wyniku eksploatacji kopalni lub przerobu surowców w zakładach przemysłowych wydobywania i przetwórstwa węgla oraz rud metali, a także w zakładach związanych z energetyką. Hałdy są nieużytkami, zob. zwałowisko.

Ił – skała osadowa, bardzo drobnoziarnista, zbudowana głównie z minerałów ilastych (najczęściej kaolinit i illit) z domieszką łyszczyków oraz pyłu kwarcowego. Iły zawierają nie mniej niż 50% frakcji ilastej (ziarna o średnicy do 0,002 mm) i nie więcej niż 10% frakcji piaskowej (ziarna o średnicy od 0,05 mm do 2,0 mm). Ił w połączeniu z wodą charakteryzuje się dużą plastycznością. Najczęściej ma barwę szarą, przy większej zawartości związków żelaza oraz w zależności od stopnia utlenienia może mieć barwę niebieskozieloną bądź czerwoną. Znajduje zastosowanie w przemyśle ceramicznym jako surowiec do produkcji cegieł, dachówek czy klinkieru, także w przemyśle budowlanym i papierniczym, zob. glina.

Interglacjał – okres między dwoma glacjałami, w którym wskutek ocieplenia czyli wzrostu temperatury powierzchnia lodowca cofa się lub ustępuje z danego obszaru (deglacjał), zob. glacjał.

Kopalina – utwór geologiczny, występujący wewnątrz skorupy ziemskiej lub na jej powierzchni, który może znaleźć zastosowanie gospodarcze.

Kopalina główna – o wyraźnie wyższej wartości użytkowej w stosunku do innych kopalni z nią współwystępujących.

Kopalina towarzysząca – kopalina współwystępująca w granicach lub w bliskim sąsiedztwie złoża kopaliny głównej, która może być eksploatowana równoległe z kopalnią główną.

Krajobraz geologiczny – formy ukształtowania powierzchni ziemi oraz naturalne i sztuczne odsłonięcia skalne łączące w sobie walory poznawcze (naukowe) i wizualne, dokumentujące budowę skorupy ziemskiej, procesy geologiczne, które ją ukształtowały i zachodzą w niej obecnie oraz przedstawiają występowanie i użytkowanie bogactw naturalnych.

Krajobraz kulturowy – przestrzeń historycznie ukształtowana w wyniku działalności człowieka, zawierająca wytwory cywilizacji oraz elementy przyrodnicze.

Krajobraz polodowcowy – określenie krajobrazu, w którym występują formy ukształtowania terenu powstałe w wyniku działalności lądolodu (moreny, ozy, sandry, kemy, jeziora, rynny subglacjalne itp).

Kurzakwa – drobnoziarnisty osad zmieszany z wodą (drobne piaski, piaski pylaste, mułki piaszczyste), zachowuje się jak gęsta ciecz. Stwarza bardzo duże niebezpieczeństwo w trakcie robót górniczych. Jeżeli drobnoziarniste osady zostaną przesączone wodą dochodzi do ich bardzo szybkiego upłynnienia, na skutek czego następuje wypełnienie chodników osadem, który uniemożliwia ewakuację.

Kwarcyty – skała metamorficzna, która powstała przez przeobrażenie piaszczowców i mułowców zbudowanych niemal wyłącznie z okruchów kwarcu. W rejonie Łuku Mużakowa mamy do czynienia ze skałami krzemionkowymi, o charakterze kwarcytów. Bardzo często spotykane są one na zwałowiskach pokopalnianych. Kiedyś były nawet objęte planem odrębnej eksploatacji, która jednak ze względu na niewielką miąższość stref występowania tych skał, stała się nieekonomiczna. Utwory te określane były różnie i opisywano je jako kwarcyty, piaszczowce krzemionkowe czy piaszczowce kwarcytowe. Skały te, są bardzo odporne na wietrzenie. „Kwarcyty” Łuku Mużakowa powstały w okresie trzeciorzędowym na skutek „zastygania” roztworów krzemionkowych krążących w niespoistych osadach.

Kwasowość roztworu – cecha roztworów (określona przez pH mniejsze od 7) elektrolitów, w których występuje przewaga stężenia jonów wodorowych nad stężeniem jonów wodorotlenowych; odczyn kwasowy; również własność substancji zawierającej kwas.

Kwaśne wody pokopalniane – kwaśne wody kopalniane (z ang. *acid mine drainage* – AMD) powstają w wyniku chemicznego wietrzenia minerałów siarczkowych w wyrobiskach odsłoniętych w wyniku działalności górniczej. Wody te wykazują pH w zakresie 2–4 oraz wysokie stężenia jonów siarczanowych i metali ciężkich, zwłaszcza żelaza(II) i (III). Kwaśne wody w rejonie Łuku Mużakowa powstały w wyniku procesu intensywnego wietrzenia minerałów siarczkowych (głównie pirytu FeS_2), które występują w pokładach węgla brunatnego. Efektem tego procesu jest powstawanie kwasu siarkowego, co w konsekwencji powoduje znaczące zakwaszenie wód. Uwolnione jony żelaza oraz jony siarczanowe, wytrącają się tworząc ochrowe naskorupienia.

Łądolód – gruba warstwa lodu przykrywająca wielki obszar ziemi; współcześnie występuje na Antarktydzie i Grenlandii. W Polsce występował podczas zlodowaceń plejstoceńskich.

Lob lodowcowy, jęzor lodowcowy – wydłużona, dolna część lodowca, gdzie przeważa proces ablacji, także niewielki, wąski występ czoła lądolodu. Jęzora lodowcowe zazwyczaj jest zakończony rzeką lodowcową.

Lodowiec – wolno płynąca masa lodu powstałego z przekształcenia pokładów wiecznego śniegu.

Łuk Mużakowa – unikalna w skali Europy Środkowej, ze względu na wielkość, kształt i stan zachowania morenowa struktura glacictektoniczna. Rozciąga się od miejscowości Tuplice, Trzebiel i Łęknice po stronie polskiej oraz Weißwasser, Döbern, Klein Kózig po stronie niemieckiej, obejmując 250 km² powierzchni terenu, w tym 80 km² po stronie polskiej. Forma o bardzo dobrze zachowanym kształcie podkowy o ramionach otwartych ku północy i niewielkich rozmiarach. Daje się prawie wpisać w kwadrat o bokach 20 km. Doskonale widoczna na mapach topograficznych, zdjęciach lotniczych i satelitarnych. Kształt łuku podkreślony jest ułożeniem zalanych wyrobisk górniczych oraz naturalnych form obniżenia terenu związanych z jego osiadaniem, nad wietrzejącymi pokładami węgla (gisery). Na obszarze Niemiec Łuk Mużakowa leży w obrębie Saksonii i Brandenburgii. Po stronie polskiej należy on w całości do powiatu żarskiego obejmując swym zasięgiem gminy Łęknica, Trzebiel, Tuplice oraz częściowo Brody, Lipinki Łużyckie, Jasień i Przewóz. W sensie podziału Polski na jednostki fizyczno-geograficzne Łuk Mużakowa nazywany jest Wałem Mużakowskim (niem. Muskauer Hügel). Jest to mezoregion fizycznogeograficzny w Niemczech i zachodniej Polsce, stanowiący jedyną po wschodniej stronie Nysy Łużyckiej część Wzniesień Łużyckich.

Łuska glacictektoniczna, struktura łuskowa – struktura glacictektoniczna, forma układu warstw skalnych, gdzie względnie płaska masa skalna została przemieszczona na pewną odległość wzdłuż uskoku nasuwczego, które ją ograniczają od dołu i od góry.

Miąższość złoża – odległość pomiędzy górną a dolną powierzchnią złoża.

Miąższość, miąższość rzeczywista – grubość warstwy (np. skalnej), kompleksu warstw lub innych struktur geologicznych, mierzona pomiędzy stropem a spągami.

Morena – materiał skalny przetransportowany przez lodowiec lub wał, wzgórze lub ciąg wzgórz zbudowane z materiału transportowanego przez lodowiec.

Morena czołowa – rodzaj moreny, powstającej wzdłuż czoła lodowca lub lądolodu w czasie postępu i w okresie jego etapowego zaniku. Zbudowana jest z gliny zwałowej, bloków, głazów, ma ona charakter wału, garbu, wzgórza lub ciągu wzgórz, często o znacznych rozmiarach.

Morfologia terenu – ukształtowanie powierzchni Ziemi, powstałe na skutek działania czynników zewnętrznych, takich jak erozja, akumulacja rzeczna czy lodowcowa oraz wpływ wiatru, ewentualnie też działalność człowieka.

Mułki, mułki ilaste – luźna skała okrucowa, najczęściej kwarcowa, złożona głównie z pyłu z dodatkiem ilitu, zależnie od domieszek wyróżnia się mułki piaszczyste i mułki ilaste. Mułki ilaste, o dużym udziale domieszek minerałów ilastych, wydobywane razem z ilitami, stanowią surowiec ceramiczny.

Murszenie – proces biochemiczny, polegający na przetwarzaniu materii organicznej, zachodzący w torfach i wywołany ich osuszeniem. Proces zachodzi również w niektórych glebach, w których występują wahania poziomu wód gruntowych. Dotyczy również przypowierzchniowych części pokładów węgla brunatnego. Decydującą rolę w przemianach fizycznych i chemicznych utworów, podlegających murszeniu, odgrywa tlen. Końcowym etapem murszenia jest rozpad i zanik pierwotnej struktury. Proces murszenia ma charakter nieodwracalny. W efekcie murszenia dochodzi do zmiany objętości utworów.

Nachylenie – usytuowanie warstw do płaszczyzny poziomej, mierzone w stopniach.

Nadkład – skały płonne przykrywające złoża kopaliny użytecznej.

Nasyp – warstwa lub specjalnie ukształtowana budowla ziemna z materiału gruntowego powstała w wyniku działalności człowieka.

Niecka – płytkie płaskodenne zagłębienie terenu.

Obiekt dziedzictwa kulturowego – obiekt wchodzący w zasób rzeczy nieruchomości i ruchomych wraz ze związanymi z nim wartościami duchowymi, zjawiskami historycznymi i obyczajowymi, uznawany za godny ochrony dla dobra społeczeństwa i jego rozwoju oraz przekazania następnym pokoleniom. W nawiązaniu do geoparku, są to obiekty związane z korzystaniem z geologicznych zasobów skorupy ziemskiej, czyli zabytki przemysłu górniczego i przetwórstwa kopaliny.

Obiekt ochrony przyrody – punktowa forma ochrony przyrody w rozumieniu ustawy o ochronie przyrody (pomnik przyrody, rezerwat przyrody, stanowisko dokumentacyjne).

Obszar górniczy – przestrzeń, w obrębie której przedsiębiorca upoważniony jest do prowadzenia działalności górniczej.

Obudowa górnicza – ogół środków technicznych, zapewniających stabilność i trwałość wyrobiska (mogą istnieć wyrobiska, które nie wymagają żadnych środków technicznych, czyli obudowy).

Ochrona krajobrazowa – zachowanie cech charakterystycznych danego krajobrazu.

Odkłucie – przemieszczenie mas skalnych, pod wpływem naprężeń tektonicznych lub grawitacyjnych, wzdłuż powierzchni o osłabionej spójności, najczęściej wzdłuż powierzchni uławiczenia lub kontrastowej granicy między skałami wyraźnie różniącymi się właściwościami mechanicznymi (np. między ilitami i węglem brunatnym), jest niekiedy początkową fazą procesu nasunięcia lub osuwiska.

Osadowe skały – skały powstałe w wyniku nagromadzenia na powierzchni ziemi ziarn minerałów, oddzielonych wskutek procesów geologicznych ze skał starszych.

Osady antropogeniczne – osady powstałe wskutek działalności człowieka (nasypy, zwały, hałdy itp.).

Osiadanie terenu – powolny ruch gruntu, w wyniku którego powierzchnia terenu ulega obniżeniu i powstaje niecka. W rejonie Łuku Mużakowa o osiadaniu terenu, świadczą łukowato wygięte pnie szybko rosnących drzew, takich jak na przykład brzozy.

Pojezierze antropogeniczne – skupisko zbiorników powstałych w konsekwencji działalności ludzkiej w odróżnieniu od terminu pojezierze, który określa obszar występowania rzeźby terenu związanej ze zlodowaceniami plejstoceniowymi.

Pokład – skupienie kopaliny ograniczone dwiema równoległymi płaszczyznami.

Pokład łużycki (II pokład łużycki) – pokład węgla brunatnego o miąższości do 14 m, główny pokład eksploatacyjny w obrębie kopalni Babina.

Pole górnicze – wydzielona część złoża, (kopalni) przeznaczona do eksploatacji.

Rekultywacja – przywracanie wartości użytkowych i przyrodniczych terenom (przede wszystkim leśnym i rolniczym) zdewastowanym i zdegradowanym przez działalność człowieka. Pojęcie odnosi się również do wód.

Renaturyzacja – spontaniczne wkraczanie zespołów roślinnych i zwierzęcych na tereny przekształcone. Renaturyzacja może być wspomagana działaniami technicznymi, odtwarzającymi cechy naturalne w ekosystemie.

Rewitalizacja – rekultywacja i zagospodarowanie porekultywacyjne przywracające terenom funkcje użytkowe.

Roboty górnicze – wykonywanie, zabezpieczanie lub likwidowanie wyrobisk górniczych.

Ruda darniowa – skała osadowa, powstająca na torfowiskach i terenach podmokłych, o niewielkiej zawartości żelaza (w postaci limonitu). Na terenie Polski dość powszechna, w celu uzyskania żelaza przetwarzana była już od III w. p.n.e. i aż do XX w. (początkowo w piecach dymarkowych). Stosowana również w budownictwie (nawet do XX wieku) z racji swych właściwości wentylacyjnych i estetycznych (budynki z rudy darniowej pozostają suche a sam budulec ładnie harmonizuje z jasną zaprawą). Na terenie Łuku Mużakowa znajduje się wiele budowli ozdabianych rudą darniową – np. kościół z głazów narzutowych w Niwicy.

Rzeka roztokowa – typ rzeki, której koryta rozdzielone są licznymi wyspami, odsypami korytowymi i mieliznami. Rzeki roztokowe nie mają jednego koryta. Kształt dolin rzek roztokowych można w mniejszej skali obserwować na plażach zbiorników poeksploatacyjnych, w szczególności po okresie silnych opadów, zob. stożek napływowy.

Skala pH – ilościowa skala kwasowości i zasadowości roztworów wodnych związków chemicznych. Pojęcie pH wprowadził duński biochemik Søren Sørensen w 1909 r. pH 1 – kwas solny, pH 14 – roztwór NaOH, pH 7 – chemicznie czysta woda. Wskaźnik pH niektórych wód zbiorników pojezierza antropogenicznego Łuku Mużakowa, odpowiada wartościom wskaźnika pH jaki posiada ocet, sok z cytryny, coca-cola i sok pomarańczowy.

Skalne grzyby – w rejonie Łuku Mużakowa, w obrębie erozyjnych form powstałych na krawędzi zbiorników poeksploatacyjnych, spotkać można głaziki stojące na „nóżce”. Jest to efekt szybkiej erozji osadów pylastych przez wody opadowe, z wyjątkiem miejsc osłoniętych przez pojedyncze głaziki.

Spąg – dolna powierzchnia ograniczająca warstwę, pokład.

Spąg wyrobiska – dolna powierzchnia wyrobiska.

Spąg złoża – płaszczyna ograniczająca pokład lub złożo od dołu.

Stopień uwęglenia – wielkość przeobrażenia się materiału wyjściowego organicznego w węgiel; miarą jest zawartość w węglu części lotnych bądź też koksu czystego, przeliczona na węgiel bezpopiołowy i bezwodny, bez brania pod uwagę gazów powstających z rozkładu części mineralnych; lub zespół cech charakteryzujących organiczną substancję węglową.

Stożek napływowy – często spotykana forma powierzchni terenu, powstająca na skutek akumulacji (nagromadzenia) osadów niesionych przez rzekę lub potok w miejscu wyraźnego zmniejszenia spadku koryta i prędkości płynięcia wody, np. u wylotu doliny górskiej na przedpole. Stożki napływowe mają zwykle kształt wachlarzowaty (stąd nazwa), a ciek w ich obrębie często rozgałęzia się na kilka ramion. W rejonie Łuku Mużakowa tego rodzaju formy – w mikroskali – można obserwować u podstawy silnie zerodowanych krawędzi zbiorników poeksploatacyjnych. Na powierzchni stożków napływowych rozwijają się – w mikroskali – formy podobne do rzek roztokowych.

Strefa peryglacjalna – obszar charakteryzujący się bardzo niską temperaturą powietrza i małymi opadami, czego skutkiem jest obecność wieloletniej zmarzliny. Występuje ona przed łądłolodami lub samodzielnie współcześnie, np. na Syberii. W strefie peryglacjalnej rozwijają się zjawiska wiatrowe.

Strefa saturacji – warstwa skalna, w której wolne przestrzenie (szczeliny, pory) są całkowicie wypełnione wodą. Od strefy aeracji (strefy napowietrzanej) oddzielona jest zwierciadłem wód podziemnych.

Strop – górna powierzchnia, ograniczająca warstwę.

Strop złoża – powierzchnia, ograniczająca pokład lub złożo od góry.

Surowiec – kopalina wydobyta ze złoża.

Sztolnia – poziome lub pochylone wyrobisko korytarzowe wykonane w górotworze.

Szyb – wyrobisko pionowe o znacznym przekroju, głębione z powierzchni w głąb ziemi.

Szyb pochyły (upadowa) – wyrobisko korytarzowe udostępniające, wykonane po pochyłości w skałach płonnych lub po upadzie w złożo, pod kątem większym niż 45°.

Szyb wentylacyjny – szyb, którym powietrze zużyte wypływa z kopalni, wyposażony w wentylator.

Tereny poeksploatacyjne (pogórnice) – wyrobiska poeksploatacyjne, zwałowiska, place składowe i obsługi warsztatowo magazynowej, drogi technologiczne, trasy przenośników, powierzchnie zakładu przerobczego oraz wszelkie inne tereny związane z zakończoną działalnością górniczą.

Transport lodowcowy – transport materiału skalnego przez lód lodowcowy, który przenosi materiał skalny pochodzący z erozji podłoża, bądź osypany na jego powierzchni. Materiał skalny eroduje podłożo lodowca.

Trzeciorzęd – według starszych wersji podziału geologicznego jest to starszy okres ery kenozoicznej, od 65 do 1,8 mln lat temu. Dzieli się na: neogen (24-1,8 mln lat temu) (pliocen, miocen) i paleogen (65-24 mln lat temu) (oligocen, eocen, paleocen).

Upad – linia wyznaczająca największe nachylenie warstwy, prostopadła do rozciągłości.

Upadowa – część nachylonej powierzchni wyrobiska łącząca różne poziomy i przeznaczona do celów transportowych lub komunikacji (urobek transportowany jest w górę).

Uskok – struktura tektoniczna powstająca na skutek przemieszczania się względem siebie dwóch części ośrodka skalnego wzdłuż dzielącej je powierzchni lub strefy nieciągłości.

Walory krajobrazowe – wartości ekologiczne, estetyczne lub kulturowe obszaru oraz związane z nimi: rzeźba terenu, twory i składniki przyrody, ukształtowane przez siły przyrody lub działalność człowieka.

Węgiel brunatny – skała osadowa pochodzenia organicznego, roślinnego powstała w neogenie, w erze kenozoicznej ze szczątków roślin obumarłych bez dostępu powietrza. Zawartość węgla 62-75%. Często stosowany jako paliwo. Jego wartość opałowa waha się od 7,5 do 21 MJ/kg. Węgiel brunatny jest nieodnawialnym źródłem energii. Węgiel brunatny używany jest na rynkach lokalnych, ponieważ podczas transportu kolejowego mokry i zapozielony węgiel pod wpływem wilgoci „zbija” się w masę trudną do rozładowania, a w porze zimowej masa ta zamarza. Skutkiem tego elektrownie opalane węglem brunatnym najczęściej stawia się w pobliżu złóż.

Wietrzenie – rozpad mechaniczny i rozkład chemiczny skał wskutek działania energii słonecznej, powietrza, wody i organizmów.

Wskaźnik nadkładu (N/Z) – stosunek grubości (objętości) nadkładu do miąższości (objętości) kopaliny.

Wychodnia – obszar przecięcia się ciała geologicznego z powierzchnią terenu

Wyrobisko górnicze – przestrzeń o określonych wymiarach w górotworze, powstała w wyniku robot górniczych.

Wyrobisko odkrywkowe – wyrobisko powstałe w trakcie eksploatacji złoża metodą odkrywkową.

Wyrobisko podziemne – wyrobisko powstałe w trakcie eksploatacji złoża podziemnego.

Wyrobnisko poeksploatacyjne (końcowe) – wyrobisko po zakończeniu eksploatacji.

Zagospodarowanie terenów poeksploatacyjnych (pogórnicznych) – ponowne wykorzystanie terenów objętych działalnością górniczą.

Zagrożenia kopalni – stan środowiska pracy, mogący spowodować wypadek lub chorobę. Na przykład zagrożenie wodne, gazowe, pyłowe, metanowe, zawałem.

Zbiornik poeksploatacyjny – antropogeniczny zbiornik wodny, zajmujący zagłębienie, które powstało w rezultacie odkrywkowego wyeksploatowania surowców mineralnych. Zbiorniki poeksploatacyjne (nazywane również zbiornikami powyrobiskowymi) charakteryzują się specyficzną morfometrią. Kształt misy jeziornej warunkowany jest układem dna i krawędzi dawnego pola eksploatacyjnego. Cechą zbiorników poeksploatacyjnych są duże średnie głębokości w zestawieniu z głębokością maksymalną.

Zbiornik zapadliskowy – zbiornik antropogeniczny, powstający w zagłębieniach będących rezultatem procesu zapadania terenu przez wypełnienie wodą opadową lub gruntową. Charakteryzują się zwykle niewielką głębokością, do kilku m. W rejonie Łuku Mużakowa zbiorniki tego typu związane są z miejscami osiadania terenu na skutek zaważenia wyrobisk kopalni podziemnej.

Zlodowacenie – okres, w czasie którego znaczne obszary Ziemi pokryte są lądolodem, w historii Ziemi okresy lodowcowe występowały kilkakrotnie, w każdym z wielkich zlodowaceń następowały po sobie regularne okresy lodowcowe, w których lód zajmował większe obszary (glacjały) oraz przejściowe okresy, w których lądolód cofał się, ale nie zanikał (interglacjały).

Złoże – naturalne nagromadzenie kopaliny lub kilku kopalin, które może być przedmiotem eksploatacji.

Zwałowisko – przestrzeń zajęta przez planowe rozmieszczenie materiału zwałowego (masy ziemne i skalne).

Zwałowisko wewnętrzne – zlokalizowane we wnętrzu wyrobiska odkrywkowego.

Zwierciadło wód podziemnych – powierzchnia, oddzielająca strefę saturacji od strefy aeracji.

Zwierzelina – materiał powstały wskutek wietrzenia skał.

Źródło – samoczynny, naturalny skoncentrowany wypływ wody podziemnej na powierzchnię terenu lub w dnie zbiornika wodnego lub cieku.