

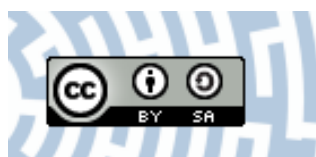


You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the **University of Silesia in Katowice**

Title: Denudacja antropogeniczna na obszarach górniczych : na przykładzie Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego

Author: Renata Dulias

Citation style: Dulias Renata. (2013). Denudacja antropogeniczna na obszarach górniczych : na przykładzie Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego. Katowice : Uniwersytet Śląski



Uznanie autorstwa - Na tych samych warunkach - Licencja ta pozwala na kopiowanie, zmienianie, rozprowadzanie, przedstawianie i wykonywanie utworu tak długo, jak tylko na utwory zależne będzie udzielana taka sama licencja.



UNIwersytet ŚLĄSKI
W KATOWICACH

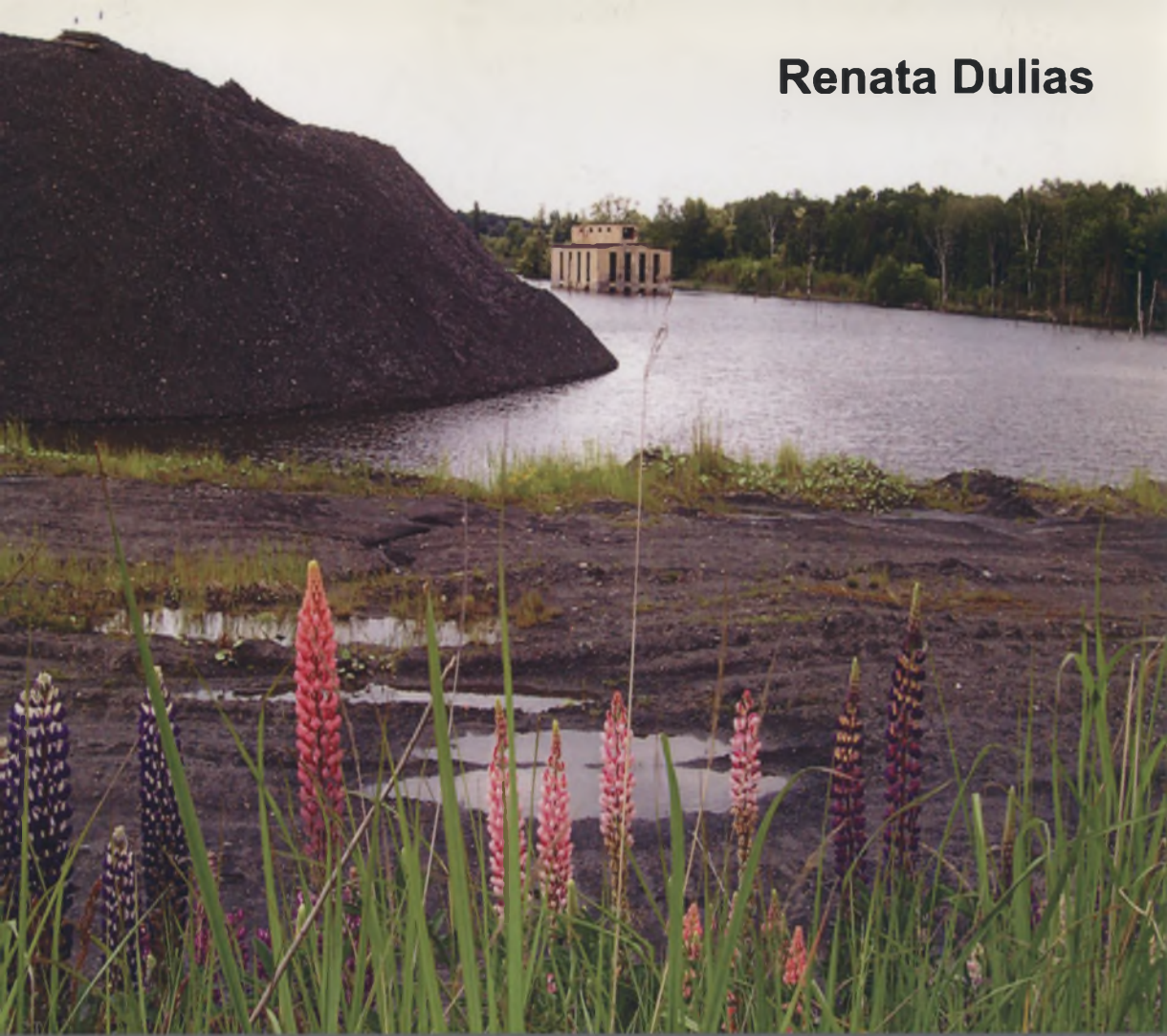


Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Renata Dulias



**Denudacja antropogeniczna
na obszarach górniczych
zykładzie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego**



R.
CJA
95

Renata Dulias

Renata

Denudacja antropogeniczna na obszarach górniczych

na przykładzie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

Uniwersytet Śląski

Katowice 2013

Redaktor Prac Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego

Andrzej T. JANKOWSKI

Recenzenci

Maria ŁANCZONT

Leon KOZACKI

Wydanie książki sfinansowano ze środków Uniwersytetu Śląskiego

Copyright © 2013 by Uniwersytet Śląski, Katowice

Wszelkie prawa zastrzeżone

All Rights Reserved

ISBN 978-83-62652-47-1

Projekt okładki:

Renata DULIAS, Sławomir PYTEL,

Autorzy zdjęć w książce:

Tadeusz DULIAS – 3B, 13D, 20; Jan GRESZTA – 1F; Robert MATUSIAK – 1D; Teresa NAWROT – 3A;

Marcin RECHŁOWICZ – 1B, 2F; Sabina SUCHARSKA – 13B; Marek WESOŁOWSKI – 1A.

Pozostałe zdjęcia – Renata DULIAS

Współpraca wydawnicza:

Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego

44-100 Gliwice, ul. Pszczyńska 44

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	7
1.1. Zarys problemu badawczego	7
1.2. Stan badań w świetle literatury	10
1.3. Cel i zakres badań	14
1.4. Obszar badań	15
1.5. Materiały źródłowe i metody badań	25
2. DENUDACJA – ZAKRES POJĘCIOWY I METODY BADAŃ	31
3. WPLYW GÓRNICTWA NA RZEŻBĘ	36
3.1. Oddziaływania bezpośrednie	37
3.2. Oddziaływania pośrednie	39
4. ZARYS HISTORII GÓRNICTWA NA OBSZARZE GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO	45
4.1. Górnictwo rud żelaza	46
4.2. Górnictwo rud cynku i ołowiu	47
4.3. Górnictwo węgla kamiennego	50
4.4. Górnictwo surowców skalnych	56
5. GEOMORFOLOGICZNE KONSEKWENCJE GÓRNICTWA NA OBSZARZE GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO	61
5.1. Powstanie antropogenicznych form rzeźby	62
5.1.1. Antropogeniczne formy rzeźby bezpośrednie	62
5.1.1.1. Wyrobiska	64
5.1.1.2. Zwałowiska	69
5.1.2. Antropogeniczne formy rzeźby pośrednie	73
5.1.2.1. Deformacje nieciągłe	73
5.1.2.1.1. Deformacje nieciągłe powierzchniowe	74
5.1.2.1.2. Deformacje nieciągłe liniowe	84
5.1.2.2. Deformacje ciągłe	86
5.1.2.3. Osuwiska i nabrzmienia	98
5.2. Zmiany cech morfometrycznych rzeźby	102
5.2.1. Wysokości bezwzględne	103
5.2.2. Wysokości względne	106
5.2.3. Nachylenie stoków	109

5.3. Zmiany warunków obiegu materii	112
5.3.1. Zmiany cech fizykochemicznych przemieszczanej materii	116
5.3.2. Zmiany warunków obiegu materii w systemach otwartych – zlewniach	119
5.3.2.1. Strefa produkcji – podsystem stokowy	121
5.3.2.1.1. Zmiany działów wodnych	122
5.3.2.1.2. Zmiany nachylenia stoków	123
5.3.2.1.3. Zmiany energii rzeźby	125
5.3.2.1.4. Zmiany gęstości sieci dolinnej i wodnej	126
5.3.2.1.5. Zmiany pokrycia i użytkowania terenu	126
5.3.2.2. Strefa transferu – podsystem korytowy	128
5.3.2.2.1. Zmiany biegu rzek i zabudowa hydrotechniczna	128
5.3.2.2.2. Zmiany długości rzek	131
5.3.2.2.3. Zmiany bazy erozyjnej	132
5.3.2.2.4. Zmiany spadków dna i profilów podłużnych dolin i rzek	134
5.3.2.2.5. Zmiany przepływów	137
5.3.2.2.6. Zmiany obciążenia transportowanym materiałem	139
5.3.2.3. Strefa akumulacji	141
5.3.3. Zmiany warunków obiegu materii w systemach zamkniętych – zagłębieniach bezodpływowych	143
5.4. Zmiany stadium rozwoju rzeźby	149
6. DENUDACJA ANTROPOGENICZNA NA OBSZARZE GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO	156
6.1. Denudacja antropogeniczna określona na podstawie wydobycia surowców mineralnych	157
6.2. Denudacja antropogeniczna określona na podstawie analizy morfometrycznej	165
6.3. Denudacja antropogeniczna określona na podstawie badań osadów w zagłębieniach bezodpływowych	169
6.4. Denudacja antropogeniczna określona na podstawie pomiarów i obserwacji bezpośrednich	176
6.5. Prognoza denudacji antropogenicznej	179
7. DENUDACJA ANTROPOGENICZNA NA OBSZARACH GÓRNICZYCH W POLSCE I EUROPIE	184
7.1. Górnicze przemieszczanie mas skalnych w Polsce	185
7.2. Denudacja antropogeniczna na obszarach górniczych w Polsce	199
7.3. Przemieszczanie mas skalnych w zagłębieniach węgla kamiennego w Europie	203
7.3.1. Zagłębienie Ostravsko-Karwińskie	206
7.3.2. Zagłębienie Ruhry	212
8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	219
Literatura	223
Materiały źródłowe	251
Spis rysunków	253
Spis tabel	254
Spis fotografii	255
Summary	257

Denudacja antropogeniczna na obszarach górniczych
na przykładzie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

Pamięci Basi i Achima

*Wielu uważa, że górnictwo to coś przypadkowego,
nieczysta robota i w ogóle praca należąca do gatunku tych,
które wymagają bardziej wysiłku fizycznego aniżeli umiejętności.
Mnie zaś, o ile myśli moje zmiernają w dobrym kierunku,
wydaje się, że sprawa wygląda zupełnie inaczej.
Górnik bowiem musi sztukę swoją znać doskonale...*

Georgius Agricola A.D. 1556
(De Re Metallica Libri XII)

1. WPROWADZENIE

1.1. ZARYS PROBLEMU BADAWCZEGO

Górnictwo towarzyszy człowiekowi od zarania dziejów. Rozwój najwcześniejszych społeczeństw był tak ściśle związany z użytkowaniem surowców, że znalazło to wyraz w podziale dziejów ludzkości na epoki – kamienną, brązu i żelaza. Człowiek paleolityczny używał do wyrobu narzędzi i broni kilkanaście surowców mineralnych (COATES 1981). Ponad 30 tysięcy lat temu malował ochrą ściany jaskini Chauvet w dolinie Ardèche na terenie Francji, a kopalnia tej zwietrzeliny, odkryta niedawno na północnym wybrzeżu Chile, jest najstarszym, sprzed 12 tysięcy lat, dowodem na zorganizowane wydobycie jakiegoś surowca w obu Amerykach (SALAZAR I IN. 2011). Już 8000 lat temu w podziemnych kopalniach w katalońskiej Gavà wydobywano waryscyt, rzadki minerał, z którego wykonywano ozdoby (CAMPRUBÍ i in. 2003). Wczesne kultury Bliskiego Wschodu osiadłe na obszarze Izraela, Jordanii, Turcji, Iraku, Egiptu, Cypru rozwinęły się dzięki rolnictwu, ale dopiero rozpowszechnienie około 6000 lat temu górnictwa i metalurgii, wpraw w Anatolii i izraelskiej Timnie w dolinie Arawa, później cyny, srebra, żelaza, jest uważane przez wielu historyków za początek cywilizacji (MANNION 2001). U podstaw potęgi starożytnych państw Egiptu i Grecji oraz cesarstwa rzymskiego stało między innymi górnictwo, zarówno lokalne, jak i na podległych terytoriach, głównie w przebogatej w surowce Hiszpanii (DZIEKOŃSKI 1963).

Górnictwo rozprzestrzeniło się generalnie z Bliskiego Wschodu wzdłuż śródziemno- i czarnomorskich wybrzeży na zachód i północny-zachód, dlatego w różnych częściach Starego Kontynentu w tym samym czasie było na innym etapie rozwoju. Kiedy 7000 lat temu na płaskowyżu kredowym w belgijskim Spiennes neolityczni górnicy wydobywali krzemienie, w serbskiej Rudnej Glavie czy bułgarskim Ajbunar trudniono się już pozyskiwaniem rud miedzi. W okresie powstawania kopalń krzemieni w Grims Grave na wyspach brytyjskich czy w rodzimych Krzemionkach Opatowskich, najstarsza na świecie kopalnia soli w Duzdagi

w azerbejdzańskim Kaukazie miała już tysiącletnią historię, w starożytnym Egipcie ociosano 6 mln ton skał budując piramidy Cheopsa, a na sudańskiej wyspie Meroe, między rzekami Nil i Atbara, kopano rudy miedzi, złoto i drogie kamienie, podobnie zresztą jak na Półwyspie Synaj – przez tysiąclecia obfitym źródłem miedzi z Wadi Meggara i Wadi Nash.

Rozmiary starożytnych ośrodków górniczych, których nie pochłonęły piaski pustyni i nie zamuliły rzeki wskazują, że w globalnej skali ich bezpośrednie oddziaływanie na rzeźbę było generalnie nieduże. Większe obszary z zachowaną rzeźbą pogórnica, takie jak hiszpańskie Las Medulas, gdzie niespełna 2 tysiące lat temu Rzymianie na wielką skalę wydobywali złoto metodą *montana ruina*, są stosunkowo nieliczne. Istotne przekształcenia rzeźby na obszarach górniczych miały miejsce w epoce żelaza, były one związane przede wszystkim z erozją gleb na stokach wylesionych na potrzeby hutnictwa. Nawet kilkusetletni okres intensywnego górnictwa kruszców i surowców skalnych, zapoczątkowany w średniowieczu, nie wycisnął w rzeźbie takiego piętna, jak górnictwo ostatnich 250 lat, od czasu rewolucji przemysłowej w XVIII i XIX wieku. Skalę współczesnego górnictwa oddaje następujące porównanie – w epoce kamienia każdy człowiek zużywał rocznie do wyrobu narzędzi nie więcej niż kilka kilogramów skał, podczas gdy obecnie tylko na jednego mieszkańca USA przypada ich aż 9 ton (NIR 1983).

Współcześnie podstawowe znaczenie w górnictwie światowym mają surowce skalne, których wydobycie szacowane jest na około 30 miliardów ton rocznie, oraz węgiel kamienny (5,6 mld ton w 2009 roku), ropa naftowa (4,1 mld ton), rudy żelaza (2,2 mld ton) i węgiel brunatny (1,8 mld ton). Wydobycie kolejnych 7 surowców – boksytów, rud miedzi, manganu, cynku i ołowiu, soli kamiennej i potasowej oraz fosforytów w 2009 roku wynosiło łącznie nieco ponad 0,5 mld ton. Prawie 60% rocznego wydobycia wymienionych surowców mineralnych pochodzi z 5 państw – Chin, USA, Rosji, Australii i Indii, a kolejne 13% - z Brazylii, Arabii Saudyjskiej, Indonezji, RPA i Kanady. Pomimo tak dużej koncentracji produkcji górniczej - niemal $\frac{3}{4}$ w obrębie 10 państw, zajmujących prawie połowę powierzchni lądowej Ziemi, górnictwo jest także ważną dziedziną gospodarki większości pozostałych krajów świata. Obszary górnicze występują zatem na wszystkich kontynentach, z wyjątkiem Antarktydy.

Odkrywkową i podziemną eksploatację surowców prowadzi się w różnych strefach morfoklimatycznych – od pól naftowych na Alasce w strefie subpolarnej, przez kopalnie chromu i niklu na stepach Kazachstanu, wysokogórskie kopalnie złota w kirgiskim Tien-Szanie, po indonezyjskie kopalnie boksytów w strefie lasów równikowych i marokańskie kopalnie fosforytów w strefie półpustynnej. Większość rocznego wydobycia podstawowych surowców górniczych pochodzi jednak z obszarów będących w zasięgu różnych odmian klimatu umiarkowanego (szacunkowo 40%), a najmniej – okołobiegunowego (około 3%) i równikowego (około 13%).

Działalność górnicza prowadzona w tak zróżnicowanych warunkach przyrodniczych rodzi różne problemy ekologiczne, dlatego od wielu lat powstają liczne prace naukowe na temat wpływu górnictwa na środowisko. Literatura poświęcona temu problemowi jest bardzo bogata - z zakresu *environmental geology*, *environmental geomorphology*, *industrial ecology* wydano dziesiątki książek (np. COATES 1981, HESTER I HARRISON 1994, PANIZZA 1996, DHAR 2000, ERICSSON 2002, HUMMEL 2005, BELL I DONNELLY 2006, GOUDIE 2006, SPITZ I TRUDINGER 2008) i napisano dziesiątki artykułów naukowych - znaczna ich część dotyczy górniczej presji na podłoże i rzeźbę terenu (np. KONDOLF 1994, RIVAS I IN. 2006, PADMALAL I IN. 2008, SPYRYSKY I IN. 2009).

Eksploatacja surowców mineralnych wiąże się nierozzerwalnie z przemieszczaniem mas skalnych w przypowierzchniowych i głębszych warstwach litosfery. Na obszarach intensywnego górnictwa ilość przemieszczanego materiału jest tak znaczna, że nie sposób

pominąć ją w bilansie denudacyjnym. Ubytek mas skalnych spowodowany działalnością górniczą mieści się w ramach denudacji antropogenicznej, a ich przybytek (przyrost) – jest zaliczany do agradacji antropogenicznej (np. ZAPLETAL 1969). Porównanie rozmiarów, górniczo uwarunkowanej denudacji antropogenicznej z denudacją naturalną, w większości przypadków wskazuje na jej, co najmniej kilkukrotną przewagę i sytuuje wśród najbardziej efektywnych współczesnych procesów rzeźbotwórczych (DOUGLAS I LAWSON 2001, WILKINSON I MCELROY 2007). Badania denudacji antropogenicznej tego typu należą więc do ważniejszych zadań współczesnej geomorfologii i podejmowane są w licznych ośrodkach naukowych na świecie.

W Polsce jednym z najstarszych i największych obszarów górniczych jest Górnośląskie Zagłębie Węglowe. W wyniku długotrwałej eksploatacji węgla kamiennego, piasków podsadzkowych, rud cynku i ołowiu oraz surowców skalnych, rzeźba znacznej części tego obszaru została przekształcona w stopniu upoważniającym do uznania jej za modelowy przykład rzeźby antropogenicznej. Kilkudziesięcioletnie zainteresowanie naukowe obszarem Zagłębia zaowocowało szeregiem cennych dysertacji i artykułów, a także opracowań kartograficznych odnośnie różnych aspektów rzeźby antropogenicznej (por. rozdz. 1.2). Problem denudacji antropogenicznej w ujęciu ilościowym jest jednak opracowany skromnie i nieadekwatnie do skali tego procesu w tym regionie – szerzej jest poruszany, między innymi, w opracowaniach ŻMUDY (1973), JANI (1983), KUPKI I IN. 2005 i DULIAS (2010a, 2011a). Brak kompleksowego opracowania powyższego problemu dla obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, wybitnie wyróżniającego się na tle Polski i Europy pod względem górniczej transformacji rzeźby, skłonił autorkę do podjęcia go jako tematu badawczego w niniejszej rozprawie. Dobre kartograficzne opracowanie większej części obszaru GZW dla okresu przedgórniczego i współczesnego, równie dobre rozpoznanie historii górnictwa oraz bogate dane o wielkości wydobycia głównych surowców mineralnych dały możliwość uchwycenia, z odpowiednim stopniem dokładności i wiarygodności, zmian rzeźby w ponad stuletnim okresie górniczym. Obszar Zagłębia odznacza się ponadto zróżnicowaną rzeźbą, dlatego skutki działalności górniczej można odnieść do różnych typów morfodynamicznych rzeźby.

Składam serdeczne podziękowanie Profesorowi Tadeuszowi Szczypkowi za zainteresowanie mnie tematem badań, a Recenzentom – Profesor Marii Łanczont i Profesorowi Leonowi Kozackiemu, dziękuję za bardzo cenne uwagi i sugestie, dzięki którym praca nabrała ostatecznego kształtu.

Dziękuję Profesorowi Jerzemu Wojciechowi Mietelskiemu z Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie za wykonanie pomiarów stężeń ¹³⁷Cs oraz Docentowi Stefanowi Harnischmacherowi z Universität Koblenz-Landau w Niemczech za udostępnienie niepublikowanych wyników badań w Zagłębiu Ruhry i przekazanie materiałów kartograficznych. Słowa podziękowania kieruję także do Profesorów – Józsefa Szabó z Uniwersytetu Debreczyńskiego na Węgrzech i Jaromíra Kaňoka z Uniwersytetu Ostrawskiego w Czechach za umożliwienie mi odbycia stażów naukowych z zakresu antropogenicznych przekształceń rzeźby na obszarach górniczych.

Najserdeczniejsze podziękowania kieruję do mgr Alicji Pradeli i mgr Maksymiliana Solarskiego, którzy długo i cierpliwie wprowadzali mnie w tajniki GIS i pomogli mi w żmudnych, wielomiesięcznych „pracach z mapą” - bez Waszej determinacji w tym względzie moja praca miałaby zdecydowanie skromniejszy charakter.

Dziękuję Mężowi Tadeuszowi, że nieustannie dbał, abym przez te wszystkie lata zachowała odpowiednie proporcje między tym, co ważne – pracą, a co najważniejsze - Rodziną.

1.2. STAN BADAŃ W ŚWIETLE LITERATURY

Problem przekształcania rzeźby w wyniku działalności człowieka jest obecny w literaturze naukowej od stu kilkudziesięciu lat i przeszedł kolejne etapy naukowego rozpoznania – od prostego stwierdzenia faktu zmian i ich opisanie, przez sklasyfikowanie form i procesów, do ilościowo-jakościowego ujęcia przekształceń. Konflikty środowiskowe wywołane antropogeniczną transformacją rzeźby przyczyniły się do rozwoju nowej dziedziny wiedzy, zwanej rekultywacją i rewitalizacją terenów pogórnich. Dostrzeżono też walory licznych obiektów i obszarów poeksploatacyjnych jako świadectw kultury materialnej lub przykładów samoistnej regeneracji przyrody obejmując je różnymi formami ochrony, włącznie z wpisaniem na listę Światowego Dziedzictwa Kulturowego i Przyrodniczego UNESCO.

Pierwszą pracę o wpływie działalności człowieka na środowisko *Man and Nature* napisał MARSH (1864). Zawierała ona prekursorskie spostrzeżenia na temat przekształceń rzeźby tworząc podwaliny geomorfologii antropogenicznej, choć nazwy tej jako pierwszy użył dopiero FELS w 1934 roku w pracy *Der Mensch als Gestalter der Erdoberfläche*. W międzyczasie pojawiły się prace VOJEJKOVA (1894) oraz FISCHERA (1915) - *Der Mensch als geologischer Faktor*, a przede wszystkim znaczące prace SHERLOCKA - *Man as a geological agent* (1922), *The influence of man as an agent in geographical change* (1923) oraz *Mans influence an the Earth* (1932), przedstawiająca problem przekształcania rzeźby przez człowieka od początku jego istnienia. Kolejne prace FELSZA - *Der Mensch als Gestalter der Erde* (1935), a zwłaszcza *Der wirtschaftende Mensch als Gestalter der Erde* (1954) i *Antropogene geomorfologie* (1957) uznawane są za kluczowe dla rozwoju geomorfologii antropogenicznej.

Od połowy XX wieku większość podręczników geomorfologii zawiera już rozdziały lub obszerniejsze akapity poświęcone rzeźbie antropogenicznej (np. BONDARCZUK 1949, LOUIS 1960, KLIMASZEWSKI 1978, FAIRBRIDGE 1968, DEMEK 1973, SUMMERFIELD 1991, COOKE I DOORNKAMP 1994, CHAMLEY 2003, MIGOŃ 2006, SLAYMAKER I IN. 2009, GREGORY 2010), pojawiły się też opracowania w całości poświęcone człowiekowi jako czynnikowi rzeźbotwórczemu (np. ZAPLETAL 1969, NIR 1983, HUGGETT 2003, SZABÓ I IN., 2010, KIRCHNER I SMOLOVÁ 2010). Obecnie ilość prac z zakresu *anthropogeomorphology* jest tak duża, że wybór najważniejszych jest trudny i z konieczności jedynie sygnalizujący i przykładowy - klasyfikacje antropogenicznych form rzeźby przedstawili m.in. GOLOMB I EDER (1964), ZAPLETAL (1968), MOŁODKIN (1975), metody badawcze – ZAPLETAL (1976a,b), KONEČNÝ (1983), studia nad rzeźbą antropogeniczną wybranego obszaru - MAREŠ (1975), HAVRLANT (1979), HÄGE I IN. (1996), MANEA I IN. (2011), natomiast o pośrednich skutkach antropogenicznej presji na rzeźbę pisali np. BROWN (1970), HEMPEL (1971), RAKOCZI (1975), WOLMAN (1975), KADOMURA (1980), GOUDIE (1993), HOOKE (1994, 1999, 2000), WILKINSON (2005), WILKINSON I MCELROY (2007).

W polskiej literaturze geograficznej prace dotyczące antropogenicznych zmian rzeźby są liczne, ale jak podkreśla PODGÓRSKI (2001) brak jest pozycji, która odnosiłaby się do całego obszaru Polski. Podwaliny pod rozwój tej dziedziny geomorfologii dały opracowania PAWŁOWSKIEGO (1923), HORNIGA (1955, 1968), KARAŚ-BRZOZOWSKIEJ (1960), PILAWSKIEJ (1967), WRONY (1973, 1975a,b), PULINOWEJ (1967, 1972), REPELEWSKIEJ-PĘKALOWEJ (1973), ŻMUDY (1973), KOZACKIEGO (1980) i JANI (1983). PAWŁOWSKI (1923), na podstawie wnikliwych obserwacji terenowych uznał, że człowiek jest czynnikiem rzeźbotwórczym, nie przypuszczał

jednak, jak bardzo wzrosnie jego rola w kształtowaniu rzeźby, pisząc ... *są to bowiem zjawiska drobne, niezdolne wywołać daleko idących przemian na powierzchni ziemi* (str. 48).

W ostatnich trzech dekadach badania nad antropopresją wszczęto we wszystkich ośrodkach geograficznych w Polsce, więc dorobek naukowy z zakresu geomorfologii antropogenicznej jest na tyle duży, że zostanie przedstawiony jedynie przykładowo. Można wyróżnić w nim dwie grupy prac, a mianowicie dotyczące bezpośredniego i pośredniego oddziaływania człowieka na rzeźbę - w pierwszej dominują opracowania z terenów górniczo-przemysłowych i zurbanizowanych, w drugiej studia geomorfologiczne obszarów o innym użytkowaniu, głównie rolniczym. Przykładami prac dotyczących rzeźby antropogenicznej utworzonej wskutek bezpośredniej działalności człowieka, a także nomenklatury i klasyfikacji antropogenicznych form rzeźby, metod badawczych itp. mogą być opracowania CHWASTKA (1976), SZCZYPKA I TREMBACZOWSKIEGO (1987), KOZACKIEGO (1988), WÓJCIKA (1993, 1996, 2008, 2011), PODGÓRSKIEGO (1996, 1997, 2001, 2004, 2010), RADWANEK-BAK (1998, 1999).

Badania wpływu działalności człowieka na przebieg naturalnych procesów geomorfologicznych są prowadzone w Polsce na szeroką skalę. Obejmują one najróżniejsze formy antropopresji na rzeźbę, od rolnictwa, górnictwa i przemysłu, przez gospodarkę wodną, komunikację, osadnictwo, po turystykę i działalność militarną, a nawet kultową. Uwaga badaczy koncentruje się przede wszystkim na jakościowo-ilościowej charakterystyce antropogenicznie uwarunkowanych procesów geomorfologicznych w dwóch systemach - stokowym (np. LACH 1984, GIL 1986, FROELICH I SŁUPIK 1986, STARKEL 1989, MARUSZCZAK 1991, ŚWIĘCHOWICZ 1992, SINKIEWICZ 1998, TWARDY 1998, PARZÓCH 2002, PIETRZAK 2002, BAJGIER-KOWALSKA 2005, SMOLSKA 2005, LATOCHA I MIGOŃ 2006, ZGŁOBICKI 2008) i rzecznym (WIŚNIEWSKI 1969, KLIMEK 1987, ŁAJCZAK 1995, KRZEMIEŃ 2003, PODGÓRSKI 2004, WYŻGA 2005 oraz wiele innych). Przykładem studiów nad antropogenicznie wymuszonymi procesami eolicznymi mogą być prace GERLACHA (1986), SZCZYPKA I WACHA (1999), JÓZWIAK (1999), GOŹDZIKA I IN. (2009), WOJTANOWICZA (2010), natomiast relacje między gospodarczą działalnością człowieka a procesami krasowymi rozpatrywali, między innymi PULINA (1997) i TYC (1997).

PODGÓRSKI (2005) wymienia kilka przyczyn utrudniających rozwój badań nad rzeźbą antropogeniczną w Polsce, m.in. odmienne definiowanie podstawowych terminów z nią związanych, tworzenie różnych klasyfikacji form antropogenicznych, analiza antropogenicznych przekształceń rzeźby w różnych okresach badawczych oraz określanie ich rozmiarów najczęściej przy uwzględnieniu jedynie form wytworzonych wskutek bezpośredniej działalności człowieka. Najistotniejszym problemem utrudniającym dokonywanie syntez jest zdaniem tego autora stosowanie różnych procedur badawczych.

Szczególnie częstym obiektem badań nad rzeźbą antropogeniczną jest obszar Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (Wyżna Śląska, Górnośląski Okręg Przemysłowy, Rybnicki Okręg Węglowy, Zagłębie Dąbrowskie, region śląsko-krakowski). Geomorfologiczne skutki gospodarczej działalności człowieka dostrzeżono tu już na przełomie wieków XIX i XX, opisując je w sprawozdaniach z podróży, pamiętnikach i notatkach naukowych (ZIELIŃSKI 1984), ale pierwsze obszernie opisy antropogenicznych form rzeźby dali HORNIG (1955, 1968), KARAŚ-BRZOZOWSKA (1960) i ŻMUDA (1973). Wraz z powstaniem ośrodka geograficznego w Sosnowcu zainicjowano szereg badań nad antropogenicznymi przekształceniami środowiska, w tym rzeźby. Wśród nich zauważyć należy prace WACHA (1987a, 1991) akcentujące, między innymi, niejednoznaczność stosowanej nomenklatury i stawiające pytanie o słuszność używania określenia „antropogeniczny” w odniesieniu do form powstałych w wyniku naturalnych procesów, ale wywołanych działalnością człowieka. Pytanie to jest nadal

aktualne, gdyż dotychczas nie wypracowano niebudzącej zastrzeżeń terminologii odnośnie form i procesów antropogenicznych i często dla rozwiania wątpliwości konieczne jest stosowanie nazw opisowych, kilkuwyrazowych.

Z przeglądu prac wynika, że obok ogólnych charakterystyk rzeźby antropogenicznej, przedstawianych na marginesie innych opracowań, powstały artykuły o pojedynczych formach antropogenicznych lub ich zgrupowaniach, głównie - zwałowiskach (PEŁKA I POECIECHA 1991, JANIK I PEŁKA 1994, PEŁKA-GOŚCINIAK I SZCZYPEK 1997, HELIOS-RYBICKA I RYBICKI 2002, LAMPARSKA-WIELAND I WAGA 2002), piaskowniach (APARTA 1984, DULIAS 2005c, 2010b), formach po eksploatacji rud żelaza i kruszców (APARTA 1987, GRYGIERCZYK I IN. 1997) oraz kamieniołomach surowców skalnych (NITA I IN. 2007).

Analizy zmian rzeźby antropogenicznej, najczęściej dla 2 - 4 przedziałów czasowych przedstawili DULIAS (1991, 2004, 2008a,b), RADOSZ (2000), OLCZAWA I PEŁKA-GOŚCINIAK (2004), SOLARSKI I PRADELA (2010a), SZYPUŁA (2011). W pracach tych zaprezentowano różne metody badawcze, podobnie jak w publikacjach - JANI (1983), DULIAS (2005b, 2006), CZAJI (1992), czy DWUCET I WACHA (1994).

Znaczna część opracowań dotyczących GZW jest poświęcona procesom geomorfologicznym, pośrednio wywołanym lub zmodyfikowanym działalnością człowieka. Szczególnie dużo prac powstało na temat procesów eolicznych, na obszarach eksploatacji piasków podsadzkowych (SZCZYPEK I WACH 1991a,b, 1993a, 1999, SZCZYPEK 1995, PEŁKA-GOŚCINIAK 2007), ale także na zwałowiskach i osadnikach (SZCZYPEK I WACH 1991b, SZCZYPEK I IN. 2002). W ostatnich latach opublikowano też liczne prace o procesach brzegowych kształtujących misy antropogenicznych zbiorników wodnych (RZĘTAŁA M.A 2003, MACHOWSKI I IN. 2006, RZĘTAŁA 2008, MACHOWSKI 2010), poruszając przy okazji problem akumulacji osadów dennych - w ujęciu ilościowym (kubatura, tempo zamulania) przedstawili go głównie RZĘTAŁA M.A (2003) oraz RZĘTAŁA M.A. I IN. (2002). W kontekście górnictwa kruszców w obrębie skał węglanowych triasu śląsko-krakowskiego podejmowano natomiast zagadnienie zintensyfikowania procesów krasowych (ŻYCZYŃSKI 1980, TYC 1989, 1990, 1997, PULINA I IN. 1997). Uwagę skierowano też na procesy fluwialne w warunkach silnej antropopresji (np. KLIMEK 1993, 1996), a w sposób ogólny na procesy stokowe na zwałowiskach (KRAJEWSKI I IN. 1968, 1982, MOLENDĄ I RZĘTAŁA M.A. 2003, 2005).

W licznych pracach rozpatrywano, ale z różnym stopniem szczegółowości, geomorfologiczne skutki powstawania na obszarach górniczych deformacji ciągłych (ĆMIEL 1996, WACH I SZCZYPEK 1996, PERSKI 2000, MADOWICZ 2001, DULIAS 2003a,b, WOJCIECHOWSKI 2007) i nieciągłych (WILK I IN. 1973, STANIEK I KUPKA 2007, DULIAS 2008c). Poruszano przede wszystkim problem zmian – profilów podłużnych dolin (np. POSYŁEK I ROGOŹ 1982, JANKOWSKI 1986, WACH 1987b, 1991, DULIAS 2006, 2008d, 2011a), nachylenia stoków (SOLARSKI I PRADELA 2010a), wysokości względnych (DULIAS 2011b). Przedstawiano także analizy zmian rzeźby na podstawie krzywych hipsograficznych konstruowanych dla okresów - przedgórniczego i górniczego (DULIAS 2005a, 2006, 2007a, ALESHINA I IN. 2008, ZIELIŃSKA 2009).

W części wymienionych wyżej opracowań podejmowano próby - określenia denudacji antropogenicznej na terenach górniczych (ŻMUDA 1973 APARTA I JANIA 1980, JANIA 1983, DULIAS 2007a,b, 2011a, DULIAS I SZCZYPEK 2005, KUPKA I IN. 2005, 2008), prognozy rozwoju rzeźby antropogenicznej (SZCZYPEK I WACH 1987, PEŁKA I SZCZYPEK 1994) oraz waloryzacji antropogenicznych form rzeźby (LAMPARSKA-WIELAND 1997, JURECZKA 2001, PEŁKA-GOŚCINIAK 2006, 2007, GAWOR I SZMATŁOCH 2010, NITA I MYGA 2006). Modele przekształceń środowiska (w tym rzeźby) na obszarach górniczych przedstawiły FLAK (2002)

i DULIAS (2010b). Powstało też studium porównawcze procesów geomorfologicznych na Wyżynie Śląskiej i innych obszarach objętych antropopresją (KOZYREVA I IN. 2004).

Kartograficzne przedstawienie rzeźby antropogenicznej obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, choć niepełne, wyróżnia się na tle innych obszarów w Polsce ilością i różnorodnością opracowań. Dotychczas wydano 7 ważniejszych map i kilka kartogramów. Pierwszym opracowaniem była *Mapa geomorfologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego* 1:50 000 (1959, 2100 km²), wykonana na podstawie zdjęcia geomorfologicznego w latach 1955 i 1956 w ramach prac Komitetu dla Spraw GOP przy Prezydium PAN – obecnie, po 50 latach, jest nieaktualna w zakresie rozmieszczenia form antropogenicznych, ale stanowi doskonały materiał dla studiów porównawczych. W 1973 roku ŻMUDA przedstawił mapę izarytmiczną *Przeobrażenia powierzchni ziemi konurbacji górnośląskiej* (802 km²), a dziesięć lat później JANIA (1983) opublikował *Kartogram antropogenicznej rzeźby terenu wschodniej części Wyżyny Śląskiej* (259 km²). W tym samym czasie ukazała się *Mapa przeobrażeń powierzchni ziemi woj. katowickiego* 1:50 000 (1982, 6650 km²), opracowana metodą fotointerpretacyjną, przedstawiająca, poza antropogenicznymi formami rzeźby, także izoliny osiadań powierzchni terenu. Na podstawie tej mapy wykonano *Mapę kodową wybranych elementów środowiska woj. katowickiego* 1:100 000 (FROS 1984), mającej charakter banku informacji o użytkowaniu terenu i antropogenicznych formach rzeźby. Posłużyła ona do wykonania *Kartogramu antropogenicznych przekształceń powierzchni terenu woj. katowickiego* w skali 1:500 000 (DULIAS I JANKOWSKI 1990).

W latach 1986-1988 opracowano dla województwa katowickiego *Mapę form geomorfologicznych ze szczególnym uwzględnieniem form antropogenicznych* 1:25 000, na której wyróżniono antropogeniczne formy rzeźby utworzone w wyniku bezpośredniej i pośredniej działalności człowieka. Formy degradacji powierzchni ziemi (grunty antropogeniczne, zwałowiska i wyrobiska, zasięg deformacji górniczych) przedstawione są także na wydawanych w latach 90. XX wieku *Mapach sozologicznych* 1:50 000. W 1999 roku powstał kartogram rzeźby antropogenicznej dla polskiej i czeskiej części GZW - *Anthropogene Reliefveränderungen in Oberschlesien* 1:200 000, autorstwa JANKOWSKIEGO I HAVRLANTA.

Ważnym opracowaniem jest atlas *Waloryzacja środowiska przyrodniczego i identyfikacja jego zagrożeń na terenie województwa śląskiego* (2003) przygotowany pod redakcją SIKORSKIEJ-MAYKOWSKIEJ (2001). Szczególnym opracowaniem dotyczącym antropogenicznych przekształceń rzeźby jest także *Atlas zmian wybranych elementów krajobrazu terenów górniczych i pogórniczych Płaskowyżu Tarnowickiego* 1:20 000 przygotowany przez LAMPARSKĄ-WIELAND (2003), a przedstawiający rozmieszczenie różnowiekowych form po górnictwie kruszców, począwszy od schyłku XVIII wieku. W ostatnich latach kartogramy rzeźby antropogenicznej, głównie wschodniej części GZW, opracowały DULIAS (1991, 2004b, 2005b), RADOSZ (2000) oraz OLCZAK I PEŁKA-GOŚCINIAK (2004), natomiast SZYPUŁA (2011) przedstawił kartograficznie zmiany rzeźby antropogenicznej dla centralnej części Wyżyny Śląskiej w okresie 1881-1995.

W 2005 roku ukazał się *Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji katowickiej* 1:10 000, obejmujący obszar 14 głównych miast dawnego GOP, którego treść obejmuje, między innymi, rozmieszczenie utworów antropogenicznych, zasięg płytkiej eksploatacji węgla kamiennego oraz izoliny przewidywanych osiadań powierzchni terenu do końca koncesji poszczególnych kopalń. Podobny układ treści ma *Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji Rybnik – Jastrzębie Zdrój – Żory* (2010).

1.3. CEL I ZAKRES BADAŃ

Z przedstawionego w rozdziale 1.2 przeglądu literatury i materiałów kartograficznych wynika, że rzeźba antropogeniczna obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego była stosunkowo często przedmiotem zainteresowania geomorfologów. Dobrze rozpoznane są obszary występowania rzeźby antropogenicznej oraz główne przyczyny jej rozwoju, natomiast ilościowe ujęcie procesów geomorfologicznych uwarunkowanych antropopresją jest niewystarczające i nie daje podstaw do syntezy. Na tym jednym z najstarszych i największych zagłębi węglowych Europy nie prowadzono dotychczas kompleksowych badań nad wpływem górnictwa na rzeźbę. Podjęcie tematu denudacji antropogenicznej na obszarze górniczym GZW i opracowanie go według jednakowych metod badawczych uznano więc za ważne dla oceny znaczenia tego procesu w rozwoju geomorfologicznym obszaru o różnym naturalnym potencjale morfodynamicznym.

Formułując cele pracy autorka zadała sobie nadrzędne pytanie, na ile działalność górnicza na obszarze badań ma odzwierciedlenie w tempie procesów denudacyjnych. Poszukiwanie odpowiedzi wiązało się z obliczeniem ilości przemieszczanych górniczo mas skalnych i określeniem zmian cech morfometrycznych rzeźby oraz warunków obiegu materii, zarówno wskutek ubytku skał z podłoża, jak i ich przybytku (przyroście, nadsypaniu) na powierzchni terenu. Określenie znaczenia denudacji antropogenicznej na obszarze polskiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wymagało natomiast przeprowadzenia studiów porównawczych nad tym procesem w innych rejonach górniczych Polski i Europy.

Celem głównym pracy jest określenie wielkości denudacji antropogenicznej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, natomiast cele szczegółowe pracy sformułowano następująco:

- rozpoznanie antropogenicznych form rzeźby związanych z działalnością górniczą, w ujęciu przestrzennym, genetycznym i wiekowym,
- określenie zmian wybranych cech morfometrycznych rzeźby oraz warunków obiegu materii w systemach otwartych (zlewniach) i zamkniętych (zagłębieniach bezodpływowych), wywołanych eksploatacją surowców mineralnych,
- oszacowanie wielkości denudacji antropogenicznej z zastosowaniem różnych metod,
- określenie znaczenia denudacji antropogenicznej w ewolucji morfosystemów o różnym typie i stopniu dojrzałości rzeźby,
- porównanie denudacji antropogenicznej na obszarze GZW i innych obszarach górniczych w Polsce i Europie,
- określenie znaczenia denudacji antropogenicznej w rozwoju rzeźby obszaru GZW.

Badania „umiejscowiono” w krótkoterminowej skali czasowej (100-250 lat), *sensu lato* obejmują obszar całego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, *sensu stricto* – strefy geologiczne i jednostki geomorfologiczne występujące w zasięgu obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego. Zakres badań morfometrycznych wyznaczyły dostępność, szczegółowość oraz wzajemne pokrycie archiwalnych i współczesnych materiałów kartograficznych.

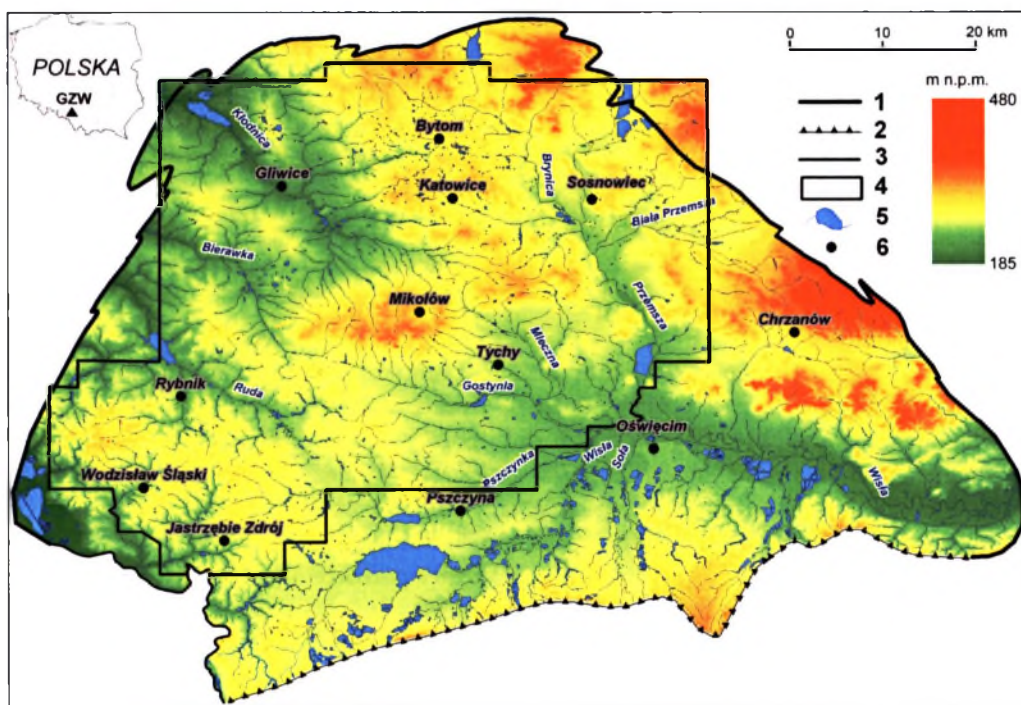
Na podstawie wstępnego zapoznania się z problemem antropogenicznego przekształcania rzeźby postawiono następujące hipotezy badawcze: 1/ intensywna eksploatacja surowców mineralnych prowadzi do przemiany warunków morfodynamicznych obszaru górniczego, 2/ denudacja antropogeniczna jest w skali czasu geologicznego krótkotrwała, ale zachodzi w szybszym tempie niż denudacja naturalna, 3/ denudacja

antropogeniczna na obszarach górniczych może prowadzić do odmłodzenia lub postarzenia rzeźby (*sensu* STRAHLER 1952).

Przedstawione cele pracy wpisują się w zadania stojące przed współczesną geomorfologią postawione, między innymi, przez KOSTRZEWSKIEGO (2000): rozpoznanie ewolucji współczesnych morfosystemów w warunkach zmian klimatu i różnokierunkowej antropopresji, rozpoznanie rozmiarów antropogenicznej transformacji procesów geomorfologicznych i rzeźby, określenie bilansu denudacyjnego w obrębie wydzielonych typów rzeźby, konieczność tworzenia syntez problemowych i regionalnych, czy ważność zastosowania metody ^{137}Cs jako uniwersalnego wskaźnika intensywności procesów geomorfologicznych.

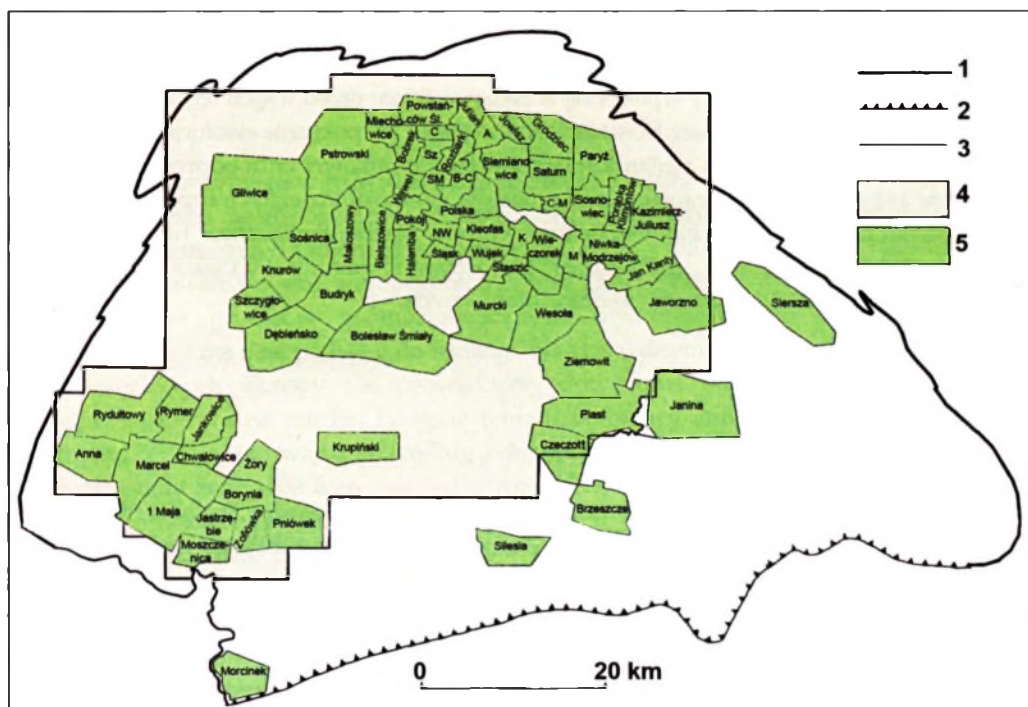
1. 4. OBSZAR BADAŃ

Opracowaniem objęto obszar polskiej części Górnosląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). W pracy, ze względów praktycznych, przyjęto granice GZW na podstawie mapy geologicznej DOKTOROWICZ-HREBNICKIEGO (1968), wyznaczone - na zachodzie, północy i wschodzie, zasięgiem występowania utworów paralicznych. Za granicę południową uznano linię maksymalnego nasunięcia karpackiego, a południowo-zachodnią - granicę



Rys. 1. Zasięg Górnosląskiego Zagłębia Węglowego na tle numerycznego modelu terenu (opracowanie A. Pradela) 1 - granice Górnosląskiego Zagłębia Węglowego wg S. Doktorowicz-Hrebnińskiego (1968), 2 - nasunięcie karpackie, 3 - granica polsko-czeska, 4 - obszar badań szczegółowych, 5 - rzeki i zbiorniki wodne, 6 - miasta

Fig. 1. Range of the Upper Silesian Coal Basin against a background of the digital elevation model (made by A. Pradela) 1 - boundaries of the Upper Silesian Coal Basin after S. Doktorowicz-Hrebniński (1968), 2 - the Carpathian thrust, 3 - the Polish-Czech border, 4 - detailed-study area, 5 - rivers and water reservoirs, 6 - towns



Rys. 2. Obszary górnicze kopalń węgla kamiennego w Górnśląskim Zagłębiu Węglowym, według stanu w 1993 roku

1 – granice Górnśląskiego Zagłębia Węglowego wg S. Doktorowicz-Hrebniackiego (1968), 2 – nasunięcie karpackie, 3 - granica polsko-czeska, 4 – obszar badań szczegółowych, 5 – kopalnie węgla kamiennego (nazwy i granice wg stanu w 1993 roku): A – Andaluzja, B-C – Barbara-Chorzów, C – Centrum, C-M – Czeladź-Milowice, K – Katowice, M – Mysłowice, NW – Nowy Wirek, Sz – Szombierki, SM – Śląsk Matylda

Fig. 2. Mining areas of coal mines in the Upper Silesian Coal Basin in 1993

1 – boundaries of the Upper Silesian Coal Basin after S. Doktorowicz-Hrebniacki (1968), 2 – Carpathian thrust, 3 – the Polish-Czech border, 4 – detailed-study area, 5 – coal mines (names and boundaries as in 1993): A – Andaluzja, B-C – Barbara-Chorzów, C – Centrum, C-M – Czeladź-Milowice, K – Katowice, M – Mysłowice, NW – Nowy Wirek, Sz – Szombierki, SM – Śląsk Matylda

polsko-czeską (rys. 1)¹. Obszar o takim zasięgu zajmuje powierzchnię 4540 km² (wobec około 5600 km² powierzchni GZW w Polsce) - opracowano dla niego historię górnictwa i scharakteryzowano antropogeniczne formy rzeźby (bezpośrednie). W regionalizacji fizycznogeograficznej KONDRACKIEGO (1994) obszar GZW należy w większości do Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Południowa część zagłębia wchodzi w obręb Północnego Podkarpacia, natomiast część zachodnia jest położona w granicach Niziny Śląskiej.

Obszar badań szczegółowych obejmuje obszary górnicze² kopalń węgla kamiennego w GZW wraz z najbliższym otoczeniem (rys. 2). Jego granice wyznaczono uwzględniając dostępność i wzajemne pokrycie archiwalnych i współczesnych materiałów kartograficznych. W analizie morfometrycznej, ze względu na brak wydań niektórych arkuszy map topograficznych, nie uwzględniono 5 kopalń – „Brzeszcze”, „Janina”, „Morcinek”, „Siersza” i „Silesia”, a 3 kopalnie opracowano częściowo – „Jaworzno” (90% powierzchni), „Piaś” (88%) i „Czeczott” (33%). Obszar badań szczegółowych ma w związku z tym nieregularny kształt -

¹ Rysunki i tabele, dla których nie podano źródła, zostały opracowane przez autorkę

² Obszar górniczy – przestrzeń, w obrębie której przedsiębiorca jest upoważniony do prowadzenia działalności górniczej, zgodnie z wydaną koncesją

zajmuje powierzchnię 2838 km², z tego ponad połowę (1604 km²) stanowią obszary górnicze. W pracy przyjęto nazwy i granice kopalń, w większości według stanu w 1993 roku³. Zdecydowała o tym konieczność uporządkowania statystyki wydobycia, to znaczy przypisania danemu obszarowi konkretnej wielkości wydobycia węgla kamiennego od początku działalności górniczej. Badaniami objęto zatem obszary górnicze 63 kopalń węgla kamiennego, czyli 90% powierzchni kopalń w GZW⁴. W ostatnim dwudziestoleciu zlikwidowano część pól wydobywczych, łączono kopalnie w większe zakłady, dlatego w 2011 roku czynnych było tylko 28 kopalń.

Obszar Górnośląskiego Zagłębia Węglowego pokrywa się z zasięgiem niecki górnośląskiej, najmłodszej części struktury śląsko-morawskiej, należącej do waryscyjskiego piętra strukturalnego (BUKOWY 1984). Nieckę wypełniają morskie osady karbonu dolnego, wykształcone w facji kulmu lub wapienia muszlowego oraz utwory karbonu górnego – w przewadze piaskowce, iłowce, mułowce, i pokłady węgla kamiennego. Utwory karbonu produktywnego występują w czterech seriach litostratygraficznych (rys. 3) – paralicznej (warstwy pietrkowickie, gruszowskie, jakłowieckie, porębskie), górnośląskiej serii piaskowcowej (warstwy jejkowickie, siodłowe, rudzkie), serii mułowcowej (warstwy załęskie, orzeskie) i krakowskiej serii piaskowcowej (warstwy łaziskie, libiąskie) (JURECZKA I IN. 2005).

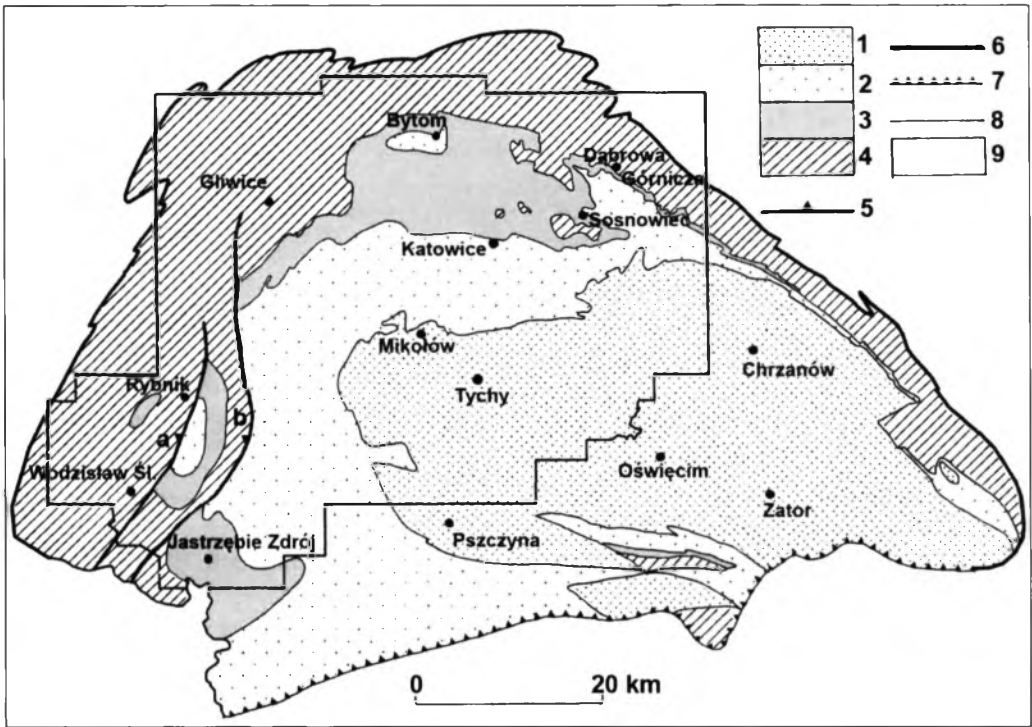
Zasadniczym elementem strukturalnym zapadliska górnośląskiego jest niecka główna. Wyróżniają się ponadto – siodło główne i niecka bytomska na północy, niecki – wilkoszyńska i chrzanowska na wschodzie oraz siodło Jastrzębia na zachodzie (BUŁA I KOTAS 1994). Utwory karbońskie w przeważającej części Zagłębia leżą prawie poziomo i odznaczają się niemal wyłącznie tektoniką dysjunktywną – głównie waryscyjską, ale także odmłodzoną podczas orogenezy alpejskiej. Uskoki, najczęściej o kierunkach NNE-SSW i WNW-ESE, mają zrzuty od kilku do ponad 1000 m – w rzeźbie zaznaczają się szczególnie – kłodnicki, książęcy i będzińsko-krakowski. Tektoniką fałdową charakteryzuje się zachodnia część obrzeża niecki górnośląskiej (nasunięcia – michałkowicko-rybnickie i orłowsko-boguszowickie, por. rys. 3, niecki - chwałowicka i jejkowicka), natomiast tektonika fałdowo-blokowa przejawia się w obrzeżeniu północno-wschodnim. Powstanie tych struktur jest związane z ruchem obrotowym „podścierałającego” nieckę, prekambryjskiego masywu Brunii-Górnego Śląska (KOTAS 1985).

Nadkład karbonu produktywnego w części północnej i wschodniej GZW stanowią utwory triasu i jury, tworzące południowe skrzydło monokliny śląsko-krakowskiej (GABZDYŁ 1994). Są to głównie wapień, dolomity i margle, przy czym z górniczego punktu widzenia szczególne znaczenie mają dolomity kruszonośne ze złożami rud cynku i ołowiu. Większa część niecki górnośląskiej (południowa i zachodnia) jest przykryta ilastymi osadami neogenu zapadliska przedkarpackiego. Wschodnie karbonu znajdują się w centralnej i północno-wschodniej części GZW. Osady najmłodsze - plejstoceno-holoceno są zróżnicowane genetycznie (wodnolodowcowe, lodowcowe, rzeczne, eoliczne, deluwialne) i litologicznie (piaski, żwiry, gliny, lessy) - ich miąższość sięga kilkudziesięciu metrów. Generalnie, w zachodniej części obszaru występują utwory gliniaste, w pasie południowym – lessowe, natomiast w centrum i na wschodzie – w ogólności piaszczyste (rys. 4).

Górnośląskie Zagłębie Węglowe posiada rangę regionu hydrogeologicznego, nazwanego górnośląskim. W jego obrębie wydzielane są dwa subregiony – północno-wschodni, obejmujący monoklinę śląsko-krakowską i cokół platformy waryscyjskiej, oraz południowo-

³ Uwzględniono także kopalnię „Budryk” w budowie (czynną od 1994 roku), oraz wydzielono kopalnię „Czeladź-Milowice” (połączoną z kopalnią „Saturn” od 1976 roku) oraz kopalnię „Śląsk-Matylda” (połączoną z kopalnią „Śląsk” od 1974 roku)

⁴ Powierzchnie kopalń obliczono z mapy



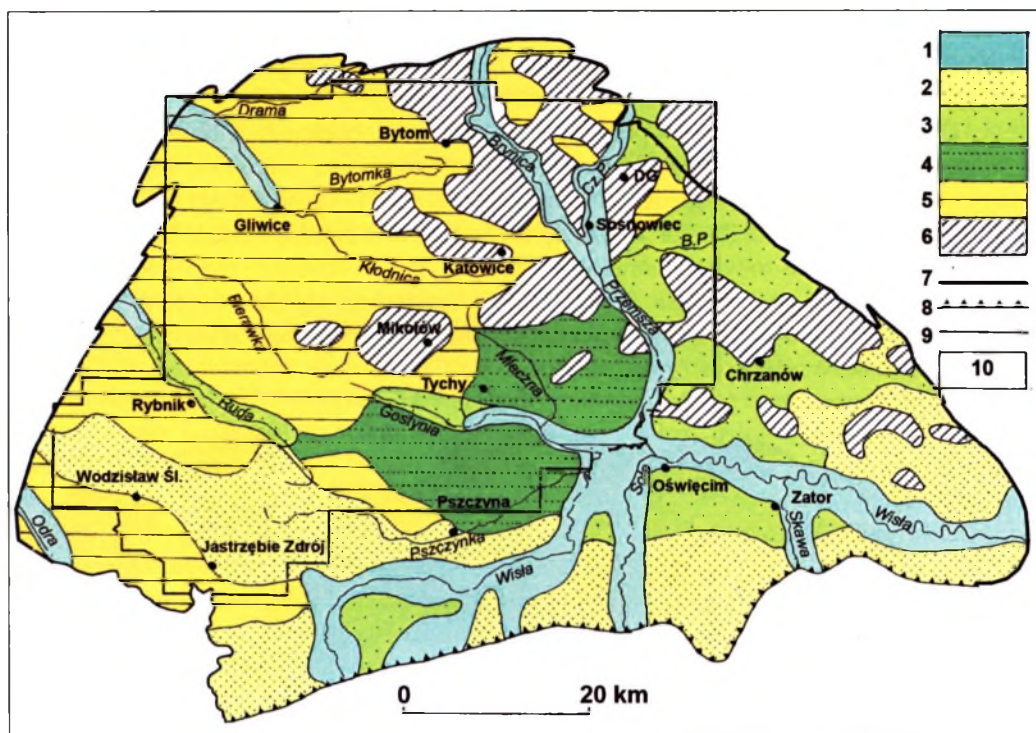
Rys. 3. Szkic geologiczny Górnosląskiego Zagłębia Węglowego
(opracowano na podstawie Doktorowicz-Hrebnickiego 1968, Jureczki i in. 2005, uproszczony)

1 – krakowska seria piaskowcowa (warstwy łaziskie i libiąskie), 2 – seria mułowcowa (warstwy orzeskie i załęskie), 3 – górnośląska seria piaskowcowa (warstwy rudzkie, siodłowe i jejkowickie), 4 – seria paraliczna (warstwy porębskie, jakłowieckie, gruszowskie i pietrkowickie), 5 – nasunięcia: a – michałkowicko-rybnickie, b – orłowsko-boguszowickie, 6 – granice Górnosląskiego Zagłębia Węglowego wg S. Doktorowicz-Hrebnickiego (1968), 7 – nasunięcie karpackie, 8 – granica polsko-czeska, 9 – obszar badań szczegółowych

Fig. 3. Geological sketch of the Upper Silesian Coal Basin
(on the basis of Doktorowicz-Hrebnički, 1968, Jureczka et al. 2005, simplified)

1 – the Cracow Sandstone Series (Łaziska and Libiąż Beds), 2 – the Mudstone Series (Załęże and Orzesze Beds), 3 – the Upper Silesian Sandstone Series (Ruda, Jejkowice and Saddle Beds), 4 – the Paralic Series (Poręba, Jakłowiec, Gruszów and Pietrkowice Beds), 5 – thrusts: a - Michałkowice-Rybnick, b - Orlova-Boguszowice, 6 – boundaries of the Upper Silesian Coal Basin after S. Doktorowicz-Hrebnički (1968), 7 – Carpathian thrust, 8 – the Polish-Czech border, 9 – detailed-study area

zachodni, do którego należy zapadlisko przedkarpackie (RÓŻKOWSKI 1991). W subregionie północno-wschodnim poziomy wodonośne - czwartorzędowe, triasowe i karbońskie, pozostają w więzi hydraulicznej. Występuje tu siedem Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP): szczelinowo-krasowe zbiorniki triasowe - Bytom, Chrzanów i Gliwice, szczelinowo-porowe zbiorniki karbońskie - Będzin i Tychy-Siersza, oraz porowe zbiorniki czwartorzędowe - Biskupi Bór i Dąbrowa Górnicza (RÓŻKOWSKI I IN. 1997). W subregionie południowo-zachodnim, ze względu na izolowanie karbońskiego piętra wodonośnego miększym kompleksem ilastych utworów trzeciorzędowych wody podziemne występują wyłącznie w utworach czwartorzędowych. Wydzielono tu następujące GZWP - Kłodnica, Racibórz, Rybnik, Jastrzębie, Skoczów, Bełk, Pszczyzna i Oświęcim. Intensywny drenaż wód przez kopalnie węgla kamiennego spowodował utworzenie lejów depresji o powierzchni około 1700 km² i obniżenie naturalnej podstawy drenażu do głębokości 300-700 m. Objętość odwodnionych utworów karbońskich i młodszych wynosi około 600 km³, dalsze 400-500 km³ jest pod wpływem drenażu (WILK 2003).



Rys. 4. Utwory powierzchniowe na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (na podstawie Atlasu Geologicznego Polski 1968, zmienione)

1 – mady, ily, piaski akumulacji rzecznej, holocen, 2 – lessy, lessy piaszczyste, gliny lessowate, zlodowacenie Wisły, 3 – piaski akumulacji rzecznej i wodnolodowcowej, zlodowacenie Odry, Wisły, nierozdzielone, 4 – piaski i żwiry akumulacji wodnolodowcowej, zlodowacenie Odry, 5 – gliny zwałowe akumulacji lodowcowej, lokalnie utwory wodnolodowcowe, zlodowacenie Odry, 6 – wschodnie utworów karbonu, triasu, permu, lokalnie jury, 7 – granice Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wg S. Doktorowicz-Hrebniackiego (1968), 8 – nasunięcie karpackie, 9 – granica polsko-czeska, 10 – obszar badań szczegółowych; objaśnienia skrótów: DG – Dąbrowa Górnicza, B. P. – Biała Przemyska, Cz. P. – Czarna Przemyska

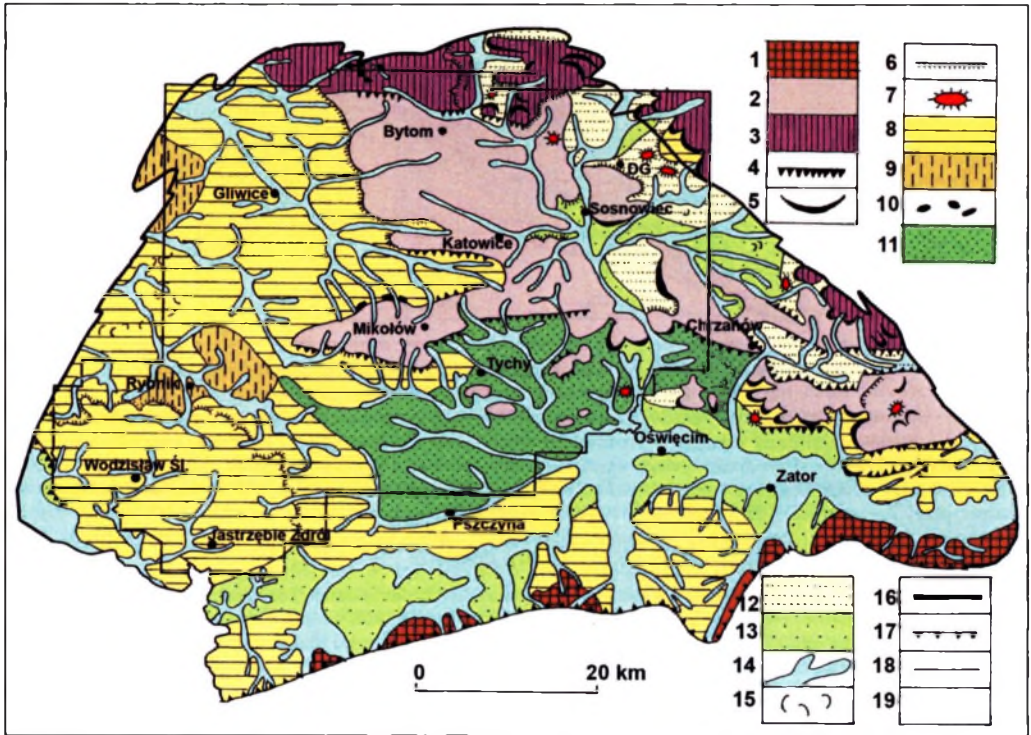
Fig. 4. Surficial deposits in the area of the Upper Silesian Coal Basin (on the basis of Atlas Geologiczny Polski 1968, changed)

1 – fluvial sands, clays and alluvial soils, Holocene, 2 – loess, sandy loess and loessic clays, Vistulian glaciation, 3 – fluvial and fluvio-glacial sands, Vistulian and the Odra glaciation, undivided, 4 – fluvio-glacial sands and gravels, the Odra glaciation, 5 – glacial till, local fluvio-glacial deposits, the Odra glaciation, 6 – outcrops of Carboniferous, Triassic, Permian and locally Jurassic rocks, 7 – boundaries of the Upper Silesian Coal Basin after S. Doktorowicz-Hrebniacki (1968), 8 – Carpathian thrust, 9 – the Polish-Czech border, 10 - detailed-study area; abbreviations: DG – Dąbrowa Górnicza, B. P. – Biała Przemyska, Cz. P. – Czarna Przemyska

Obszar Górnośląskiego Zagłębia Węglowego odznacza się zróżnicowaną rzeźbą (rys. 5). Najwyższe wzniesienie o wysokości 479,3 m n.p.m. znajduje się w jego wschodniej części na Płaskowyżu Ojcowskim w okolicy Płok, natomiast najniższy punkt – 184,5 m n.p.m. jest położony w przełomowej dolinie Odry w Bukowie. Maksymalne deniwelacje sięgają zatem prawie 295 m. GZW należy do dwóch stref geomorfologicznych – hercyńskiej i alpejskiej (KLIMASZEWSKI 1972). Pierwsza z nich obejmuje północną i wschodnią część Zagłębia (44% jego powierzchni), czyli obszar o rzeźbie kształtowanej na podłożu zróżnicowanych litologicznie skał paleozoiczno-mezozoicznych w długim okresie czasu (około 65 mln lat). Do strefy hercyńskiej należą dwa makroregiony – Wyżyna Śląska i Wyżyna Krakowska (rys. 6A). Ich północne części o randze mezoregionów charakteryzują się rzeźbą krawędziową rozwiniętą w obrębie monokliny śląsko-krakowskiej, natomiast części południowe mają rzeźbę zrębową (rys. 5, 6B). Progi strukturalne (w granicach GZW - środkowotriasowy

i górnourajski) oraz zręby tektoniczne, w znacznej części zbudowane z podatnych na denudację chemiczną skał węglanowych, są poprzedzielane obniżeniami zapadliskowymi i erozyjno-denudacyjnymi.

Do strefy alpejskiej należy południowa i zachodnia część GZW (56% powierzchni), o stosunkowo krótkotrwałej morfogenezie (rzędu kilkunastu milionów lat) w obrębie ogólnie jednorodnych pod względem litologicznym utworów zapadliska przedkarpackiego. Do strefy tej należy Kotlina Raciborsko-Oświęcimska (rys. 6A). Kotlina Raciborska (w granicach GZW) to mezoregion o charakterze wysoczyznowym z szeroko rozprzestrzonymi pokrywami gliniastymi. Większa część Kotliny Oświęcimskiej ma natomiast charakter rozległego, płaskiego, w przewadze piaszczystego obniżenia otoczonego od zachodu i południa wysoczyznami lessowymi (rys. 5, 6B).



Rys. 5. Szkic geomorfologiczny obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (na podstawie Przeglądowej Mapy Geomorfologicznej Polski 1980, zmienione)

1 – pogórza, 2 – powierzchnie zrębów tektonicznych, 3 – powierzchnie progów strukturalnych, 4 – progi tektoniczne, 5 – kuesty, 6 – inne progi erozyjno-denudacyjne, 7 – góry świadki, 8 – wysoczyzny, płaskowyże z pokrywą osadów plejstocenijskich, 9 – wysoczyzny morenowe i akumulacji wodnolodowcowej, 10 – moreny akumulacyjne, 11 – równiny sandrowe, 12 – dna obniżen erozyjno-denudacyjnych z pokrywą osadów plejstocenijskich, 13 – równiny terasowe plejstocenijskie, 14 – dna większych dolin płaskodennych, 15 – wydmy późnoglacialne, 16 – granice Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wg S. Doktorowicz-Hrebnickiego (1968), 17 – nasunięcie karpackie, 18 – granica polsko-czeska, 19 – obszar badań szczegółowych; objaśnienia skrótów: DG – Dąbrowa Górnica

Fig. 5. Geomorphological sketch of the Upper Silesian Coal Basin (on the basis of Przeglądowa Mapa Geologiczna Polski 1980, changed)

1 – foothills, 2 – horsts surfaces, 3 – cuestas surfaces, 4 – tectonic thresholds, 5 – cuestas, 6 – other erosional-denudational escarpments, 7 – monadnocks, 8 – high plains and plateaux with Pleistocene deposits, 9 – morainic accumulative, 10 – accumulative moraines, 11 – outwash plains, 12 – erosional-denudational depressions with Pleistocene deposits, 13 – Pleistocene river terraces, 14 – floors of larger flat-bottomed valleys, 15 – Late Glacial dunes, 16 – boundaries of the Upper Silesian Coal Basin after S. Doktorowicz-Hrebnicki (1968), 17 – Carpathian thrust, 18 – the Polish-Czech border, 19 – detailed-study area; abbreviations: DG – Dąbrowa Górnica

Dyskusyjny jest wiek rzeźby regionu śląsko-krakowskiego. Według LEWANDOWSKIEGO (1993, 1996) we współczesnej rzeźbie nie zachowała się paleogeńska powierzchnia degradacyjna, powszechnie wyróżniana w literaturze (LEWIŃSKI 1914, GILEWSKA 1963 i inni). Wyraża pogląd, że główny rozwój powierzchni podczwartorzędowej Wyżyny Śląsko-Krakowskiej i kotlin podkarpackich odnosi się do późnego miocenu, pliocenu i eoplejstocenu i obejmuje okres około 10-11 milionów lat. Rzeźba krawędziowa i zrębowa byłaby zatem wieku późnomiocenijskiego, a jej współczesny, złagodzony obraz morfologiczny jest wynikiem późniejszych procesów denudacyjnych. Spłaszczenia na wysokości 300-320 m n.p.m. (II poziom LEWIŃSKIEGO 1914, GILEWSKA 1963) są śladem intensywnej denudacji w pliocenie (LEWANDOWSKI I KAZIUK 1982). Ze względu na niewielką powierzchnię wychodni skał odpornych w stosunku do znacznego rozprzestrzenienia mało odpornych osadów czwartorzędowych SZYPUŁA (2007) uznał strukturalność Wyżyny Śląskiej za mało czytelną.

Obszar GZW był co najmniej trzykrotnie w zasięgu lądolodów skandynawskich - Sanu I, Sanu II i Odry. Plejstocenska akumulacja lodowcowa i wodnolodowcowa zamaskowała starszą rzeźbę, a stopień jej odpreparowywania przez procesy erozyjno-denudacyjne jest przestrzennie zróżnicowany. Na wyniesieniach progów strukturalnych i zrębów tektonicznych pokrywa osadów glacialnych została w znacznym stopniu zdenudowana - występują tu, ogólnie małej miąższości, utwory koluwalno-deluwialne, natomiast w rozdzialających je obniżeniach zalegają osady aluwialno-proluwialne i fluwioglacjalno-limnoglacjalne o kilkudziesięciometrowej miąższości (LEWANDOWSKI 1996). Płaskowyż Rybnicki wyróżnia się obecnością dość miąższej i rozległej pokrywy lessowej.

Współczesna sieć dolinna Wyżyny Śląsko-Krakowskiej i Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej jedynie w głównych zarysach pokrywa się z układem dolin kopalnych, a nawiązuje do kierunków odpływu proglaclalnego uformowanego podczas zlodowacenia Odry (LEWANDOWSKI 1996). Wymuszone kierunki odpływu fluwioglaclalnego spowodowały powstanie podczas interglacjału emskiego przełomów epigenetycznych, np. w dolinach - Brynicy koło Piekar Śląskich, Czarnej Przemszy w Będzinie, Rawy koło Katowic (LEWANDOWSKI 1982). Założenia przedczwartorzędowe ma część dolin lub ich odcinków położonych na Wyżynie Śląskiej, przykładowo Rawa, Bolina, górne odcinki - Bytomki, Bierawki, Mlecznej, czy Bielszowickiego Potoku. Założenia plejstocenske mają, między innymi, Potok Goławiecki, Sośnicki Potok, Gierałtowski Potok, dolne odcinki Bytomki, Czarniawki, Mlecznej, Promny, Jasienicy.

W pracach geomorfologicznych zwraca się uwagę na różną wysokość baz erozyjnych Wisły i Odry na obszarze Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej (np. KLIMEK I STARKEL 1972). W granicach badanego obszaru baza erozyjna Kłodnicy (dorzecze Odry) jest położona na wysokości 198 m n.p.m., czyli 32 m niżej niż baza erozyjna Przemszy (230 m n.p.m., dorzecze Wisły). Stopień holocenskego odmłodzenia dolin jest zróżnicowany. Przykładem słabego odmłodzenia są doliny na Wyżynie Siemianowickiej. W Kotlinie Raciborsko-Oświęcimskiej doliny rzeczne położone w dorzeczu Wisły, takie jak Pszczyńska czy Korzenica noszą słabe ślady odmłodzenia - są pogłębione do kilkudziesięciu centymetrów, natomiast pogłębienie dolin z dorzecza Odry, takich jak Nacyna, Lesznica, Bierawka, Kłodnica, sięga kilku metrów. Odmłodzone są także mniejsze, boczne dolinki, szczególnie na Płaskowyżu Rybnickim (DWUCET 1986).

Dna większych dolin są sterasowane - poziom holocenske jest rozcięty korytami rzek, natomiast terasa vistuliańska przechodzi - w zbocza dolin (np. w dolinie Bytomki), w spłaszczenia erozyjno-denudacyjne powstałe po zlodowaceniu Odry (np. w dolinach Kochłówek, Rawy,

równoleżnikowym odcinku Kłodnicy, dolnej Szarlejce), w piaszczystą powierzchnię sandrową (np. w dolinie Mlecznej) (KARAS-BRZozowska 1960).

Działalność eoliczna zapisała się w krajobrazie akumulacją pyłów podczas zlodowacenia Wisły, głównie w południowej części GZW (DWUCET 1986), oraz powstaniem późnowistulianских i holocénских wydm w kotlinach części wschodniej (SZCZYPEK I WACH 1993a). Rzeźba Górnosląskiego Zagłębia Węglowego nosi ponadto wyraźne piętno antropogenicznych przekształceń, zwłaszcza na Płaskowyżach - Bytomsko-Katowickim i Rybnickim.

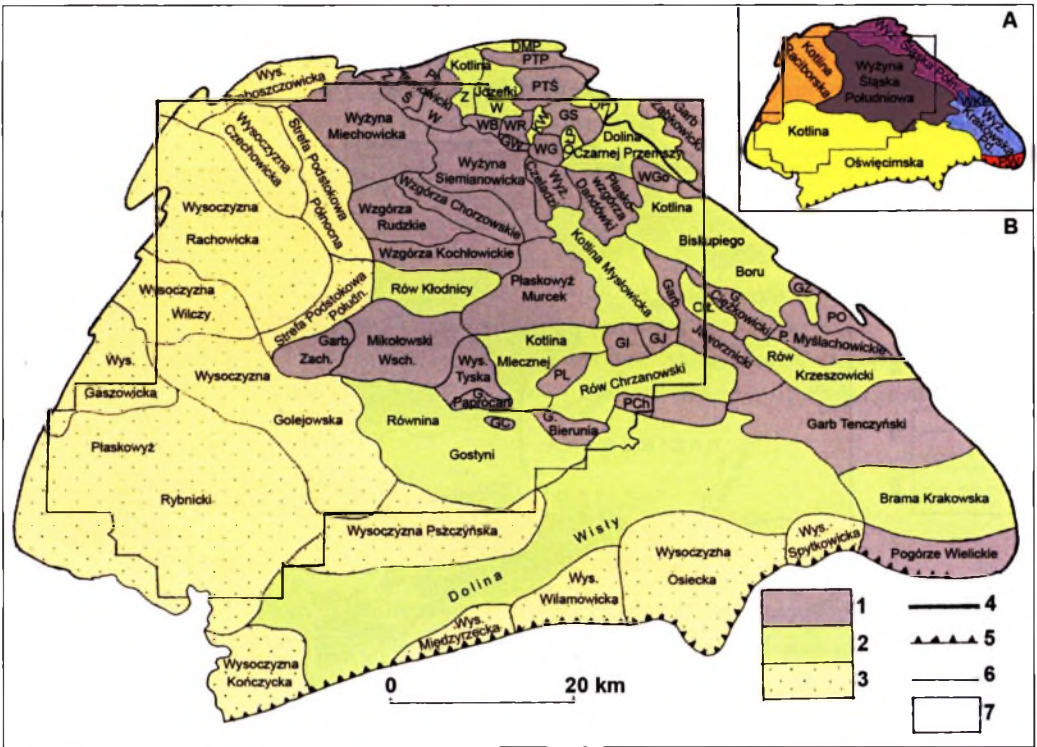
Podział obszaru badań na jednostki geomorfologiczne nie jest jednoznaczny, zarówno pod względem granic, jak i rangi typologicznej (region, subregion, jednostka, subjednostka) czy nazwy (SZAFLARSKI 1955, KARAS-BRZozowska 1960, GILEwska 1972, KLIMEK I STARKEL 1972). Do wydzielen dyskujnych (odnośnie przynależności do Wyżyny Śląskiej czy Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej) należą Rów Kłodnicy, Kotlina Mlecznej, Wysoczyzna Tyska, Garb Bierunia, Garb Paprocan, Pagóry Libiąskie, Niecka Wilkoszyńska, Strefa Podstokowa⁵. Podział geomorfologiczny Wyżyny Śląskiej, ze względu na większą zależność rzeźby od struktury podłoża, jest bardziej szczegółowy niż podział Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej (rys. 6).

Warunki klimatyczne na obszarze GZW, ze względu na jego znaczną powierzchnię i ukształtowanie są dość zróżnicowane. Średnia temperatura roczna wynosi 7-8° C. W rozkładzie średnich temperatur stycznia (od -2 do -4° C) zaznacza się ich spadek w kierunku wschodnim, natomiast średnie temperatury lipca wynoszą na przeważającym obszarze 17-18° C, a na krańcach zachodnich i wschodnich – 18-19° C (*Atlas klimatu...* 2000). Roczne sumy opadów mieszczą się w przedziale od 630 mm w dolinie Odry do 840 mm na Płaskowyżu Murckowskim. Zwracają uwagę stosunkowo niskie opady w Kotlinie Raciborskiej, w większości posterunków opadowych wynoszące średnio poniżej 700 mm rocznie, oraz stosunkowo wysokie opady w Kotlinie Oświęcimskiej, w wielu posterunkach przekraczające 800 mm/rok. Dominują wiatry z kierunków zachodnich, przy czym w Kotlinie Oświęcimskiej (dla stacji Jastrzębie Zdrój, Bieruń Stary i Pszczyzna) stwierdza się wyraźną dominację wiatrów południowo-zachodnich.

Większa, wschodnia część obszaru GZW (60% powierzchni) należy do dorzecza Wisły i jest odwadniana przez Wisłę, system rzeczny Przemszy (Czarną i Białą Przemszę) Pszczyнкę, Gostynię, mniejsze rzeki spływające z Wyżyny Krakowskiej, a ponadto Sołę i Skawę. Do dorzecza Odry należy zachodnia część GZW, która jest odwadniana głównie przez Kłodnicę, Rudę, Bierawkę i Olzę.

Na obszarze GZW występują różne typy gleb, z przewagą gleb bielcowych i brunatnych oraz stosunkowo dużym udziałem rędzin na zwietrzałym podłożu węglanowym. Rolniczo użytkowany jest przede wszystkim pas urodzajniejszych gleb nalessowych w południowej części GZW. Silnie zurbanizowane obszary konurbacji – katowickiej na północy GZW i rybnickiej na południowym-zachodzie, oddziela rozległy kompleks lasów pszczyńsko-rudzkich. Dużo lasów znajduje się także we wschodniej części Zagłębia.

⁵ W niniejszej pracy, dla obszaru Wyżyny Śląsko-Krakowskiej przyjęto podział Szaflarskiego (1955) i Karas-Brzozowskiej (1960), z wyjątkiem jej południowo-wschodniej części, dla której zastosowano podział Gilewskiej (1972). Jednostki Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej wyznaczono w oparciu o podział Klimka i Starkla (1972), z uwzględnieniem Strefy Podstokowej, wyróżnianej przez Karas-Brzozowską (1960) (rys. 6). Autorka wprowadziła częściowe modyfikacje granic jednostek, które polegały, między innymi, na ich umiejscowieniu w osiach dolin - nie wydzielano zatem jednostek typu - Obniżenie Kochłówek-Rawy, Dolina Brynicy itp. Niektóre nazwy skrócono np. Grzędy Piaskowcowe koło Sarnowa na Grzędy Sarnowskie, czy Zrębowe Pagóry Łędzińskie na Pagóry Łędzińskie.

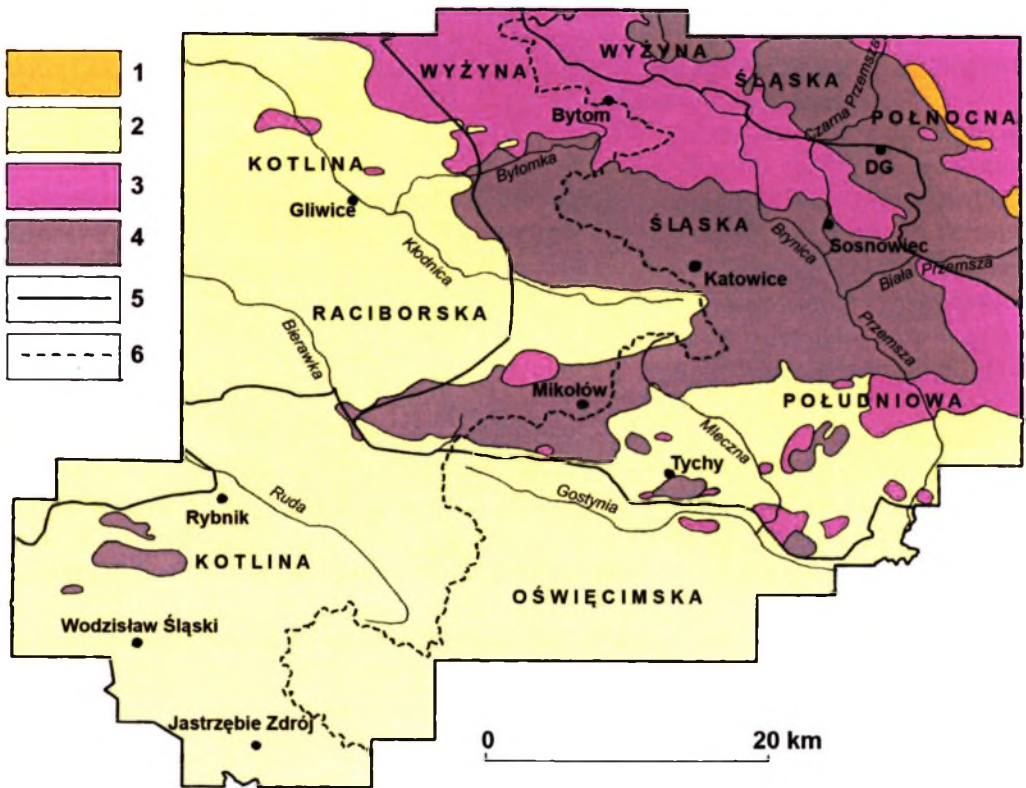


Rys. 6. Mezoregiony (A) i jednostki geomorfologiczne (B) na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (wg Szaflarskiego 1955, Karaś-Brzozowskiej 1960, Gilewskiej 1972, Klimka i Starkla 1972, zmienione, uzupełnione) 1 – progi strukturalne, zręby tektoniczne, pogórze, 2 – kotliny zapadliskowe, obniżenia erozyjno-denudacyjne i równiny z pokrywą, w przewadze piaszczystą, 3 – wysoczyzny i płaskowyże z pokrywą, w przewadze lessową i gliniastą, 4 – granice Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wg S. Doktorowicz-Hrebnickiego (1968), 5 – nasunięcie karpackie, 6 – granica polsko-czeska, 7 – obszar badań szczegółowych; Nazwy jednostek geomorfologicznych: DMP – Dolina Małej Panwi, GC – Garb Cielmic, GI – Garb Imielin, GJ – Garb Jaworzna, GS – Grzędy Samowskie, GW – Garb Wojkowicki, GZ – Garb Żąbkowicki, KW – Kotlina Wielonki, OŁ – Obniżenie Łużnika, OŁP – Obniżenie Łągiskiego Potoku, OP – Obniżenie Pagora, PCh – Pagóry Chełmskie, PL – Pagóry Łędzińskie, PO – Płaskowyż Ojcowski, PTP – Płaskowyż Twardowicki Północny, PTS – Płaskowyż Twardowicki Środkowy, PW – Pogórze Wielickie, WB – Wzgórze Bobrownickie, WG – Wzniesienia Grodzka, WGo – Wzgórze Gołonoskie, WKP – Wyżyna Krakowska Północna, WR – Wzgórze Rogoźnickie; Skróty: G. – Garb, P. – Pagóry, Pł. – Płaskowyż, Połudn. – Południowa, Półn. – Północna, S. – Strefa, Ś – Środkowy, W – Wschodnia(i), Wys. – Wysoczyzna, Wyż. – Wyżyna, Zach., Z – Zachodnia(i)

Fig. 6. Mesoregions (A) and geomorphological units in the Upper Silesian Coal Basin (after Szaflarski 1955, Karaś-Brzozowska 1960, Gilewska 1972, Klimek, Starkel 1972, changed, supplemented)
 1 – cuestas, horsts and foothills, 2 – tectonic basins, erosional-denudational depression and plains with predominantly sandy cover, 3 – high plains and plateaux with predominantly loessic and clayey cover, 4 – boundaries of the Upper Silesian Coal Basin after S. Doktorowicz-Hrebnicki (1968), 5 – Carpathian thrust, 6 – the Polish-Czech border, 7 – detailed-study area; names of geomorphological units: DMP – Mała Panew Valley, GC – Hummock of Cielmice, GI – Hummock of Imielin, GJ – Hummock of Jaworzno, GS – Hummocks of Samów, GW – Hummock of Wojkowice, GZ – Hummock of Żąbkowice, KW – Wielonka Basin, OŁ – Łużnik Depression, OŁP – Łągiski Potok Depression, OP – Pagor Depression, PCh – the Chełm Hills, PL – the Łędziny Hills, PO – the Ojców Plateau, PTP – the Northern Twardowice Plateau, PTS – the Middle Twardowice Plateau, PW – Wieliczka Foothills, WB – the Bobrowniki Hills, WG – Grodziec Elevations, WGo – the Gołonóg Hills, WKP – the Northern Cracow Upland, WR – the Rogoźnik Hills; abbreviations: G. – Hummock, P. – Hills, Pł. – Plateau, Połudn. – Southern, Półn. – Northern, S. – Zone, Ś – Middle, W – Eastern, Wys. – High Plain, Wyż. – Upland, Zach., Z – Western

Podsumowując, obszar badań można podzielić na trzy strefy geologiczne nawiązujące, w ogólnych zarysach, do występowania utworów starszego podłoża (podczwartorzędowego) (rys. 7). Strefy te, nazwane umownie – karbońską, triasową i miocенską, różnią się stylem budowy geologicznej, litologią utworów podłoża, warunkami

hydrogeologicznymi, zasobami kopalin i wynikającym z tego stopniem antropopresji górniczej. Dwie pierwsze strefy, ze względu na wyraźną zależność rzeźby od budowy geologicznej, mają charakter strukturalno-geomorfologiczny.



Rys. 7. Zasięg stref geologicznych w granicach obszaru badań szczegółowych
 1 – utwory permu, 2 – strefa miocenska, 3 – strefa triasowa, 4 – strefa karbońska, 5 – granice mezoregionów geomorfologicznych, 6 – dział wodny Wisła-Odra; objaśnienia skrótów: DG – Dąbrowa Górnicza

Fig. 7. Range of the geological zones in the detailed-study area
 1 – Permian deposits, 2 – Miocene zone, 3 – Triassic Zone, 4 – Carboniferous zone, 5 – boundaries of geomorphological mesoregions, 6 – the Vistula-Odra watershed; abbreviations: DG – Dąbrowa Górnicza

Strefa karbońska obejmuje centralną i północno-wschodnią część GZW o głęboko zdrenowanym podłożu w wyniku intensywnego górnictwa węgla kamiennego. W granicach badanego obszaru górniczego wchodnie utworów karbonu zajmują powierzchnię 516,4 km². W umiarkowanie urzeźbionym, silnie zurbanizowanym krajobrazie zaznaczają się piaskowcowe zręby tektoniczne, miejscami z czapami skał triasowych, poprzedzielane obniżeniami tektonicznymi i erozyjno-denudacyjnymi. W całości jest tu położonych kilka jednostek geomorfologicznych - Wzgórza - Rudzkie, Chorzowskie i Kochłowieckie oraz niemal w całości Płaskowyż Murcek i Kotlina Mysłowicka, a także 76% powierzchni Garbu Mikołowskiego i mniej niż połowa (41%) Kotliny Biskupiego Boru.

Strefa triasowa obejmuje północną, północno-wschodnią i wschodnią część GZW, czyli obszar, gdzie nadkład karbonu stanowią węglanowe skały triasu, w mniejszym stopniu jury, gromadzące duże zasoby wód podziemnych i podatne na działalność procesów krasowych. Jest to obszar o rzeźbie strukturalnej - krawędziowej i zrębowej, intensywnie lub

umiarkowanie urzeźbiony. Presja górnicza objęła podłoże karbońskie wraz z nadkładem triasowym i pokrywą utworów czwartorzędowych. Strefa triasowa zajmuje tylko 17,1% powierzchni badanego obszaru górniczego (284,2 km²). W jej zasięgu znajdują się w całości lub prawie w całości następujące jednostki geomorfologiczne — Wyżyna Siemianowicka, Wyżyna Czeladzi, Garb Wojkowicki, Wzgórza Bobrownickie, a w mniejszej części, głównie Wyżyna Miechowska (68% powierzchni).

Strefa miocenska, największa (prawie 860 km², czyli niemal 52% badanego obszaru górniczego), obejmuje południową i zachodnią część Zagłębia, gdzie podłoże karbońskie znajduje się pod nieprzepuszczalnym nadkładem miocenu, wody podziemne występują w osadach czwartorzędowych, a w krajobrazie o dominującym udziale słabo urzeźbionych gliniastych Wysoczyzn Przywyzynnych i powierzchni sandrowych (Równina Gostyni) wyróżnia się intensywnie rozczłonkowany i dość silnie zurbanizowany Płaskowyż Rybnicki.

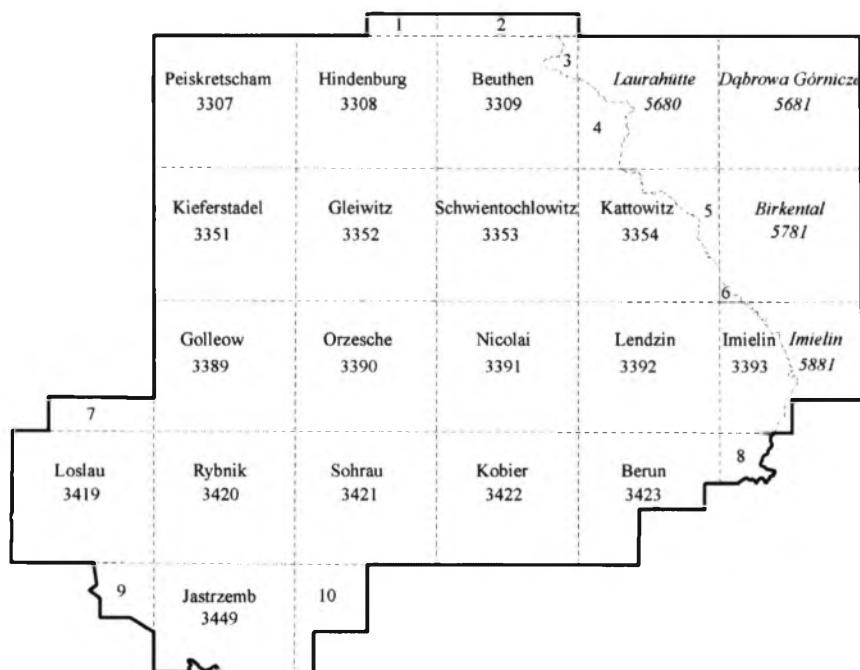
1.5. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE I METODY BADAŃ

Realizacja wytyczonych celów wymagała korzystania z różnych materiałów źródłowych oraz prowadzenia badań terenowych, laboratoryjnych i kameralnych z zastosowaniem różnych metod badawczych. Badania prowadzono w okresie 2001-2010.

Pierwszy etap postępowania badawczego obejmował zapoznanie się z polską i zagraniczną literaturą z zakresu podjętej tematyki oraz zgromadzenie materiałów kartograficznych i danych statystycznych. Studia literaturowe obejmowały przede wszystkim problematykę współczesnych procesów geomorfologicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji. Szczególne znaczenie miało zgłębienie specjalistycznej literatury górnicznej dotyczącej deformacji powierzchni terenu wskutek podziemnej eksploatacji surowców – korzystano głównie ze zbiorów biblioteki Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach. Osobne studia poświęcono historii górnictwa, w tym najobszerniejsze - węgla kamiennego.

Archiwalne i współczesne materiały kartograficzne zebrano w oparciu o zasoby: Biblioteki Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Staatsbibliothek w Berlinie, Bibliothek des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität w Bochum, Univerzitní knihovně Ostravské Univerzity w Ostrawie oraz Urzędu Marszałkowskiego w Katowicach. Po rozpoznaniu wzajemnego pokrycia różnowiekowych map wyznaczono obszar badań szczegółowych oraz dokonano wyboru map do późniejszych badań kameralnych (morfometrycznych). Zdecydowano, że analiza rzeźby z okresu przedgórniczego lub z początków działalności górnicznej będzie prowadzona w oparciu o pruskie mapy topograficzne serii *Messtischblätter* w podziałce 1:25 000 (1883), opracowane na podstawie zdjęcia stolikowego. Mapy te, ze względu na dużą dokładność i wiarygodność są uważane za w pełni kartometryczne źródła informacji o środowisku i wykorzystywane w studiach porównawczych zmian jego elementów (MARSZELEWSKI I ADAMCZYK 2004, MARSZELEWSKI I PODGÓRSKI 2004, GRAF I IN. 2008, PRADELA I SOLARSKI 2010a). Błąd przeciętny odległości dla map *Messtischblätter* w stosunku do współczesnych map topograficznych wynosi ± 41 m, czyli w skali mapy 1,2 mm (KONIAS 2010). Mapami *Messtischblätter* uzyskano pokrycie dla centralnej i zachodniej części obszaru badań szczegółowych, natomiast dla części wschodniej zdecydowano wykorzystać mapy Wojskowego Instytutu Geograficznego *Topographische Karte* w podziałce 1:25 000 (1931), z rysunkiem poziomicowym z roku 1881 (arkusze

Laurahütte, Katowice, część Imielina) lub z roku 1931 (arkusze Dąbrowa Górnicza, Birkental, część Imielina) (rys. 8). Do analizy rzeźby współczesnej wybrano *Mapy topograficzne* w skali 1:10 000 (1993), a dla nielicznych obszarów, dla których nie było wydań tych map - kilka lat starsze *Mapy topograficzne* w podziale 1:25 000 (1986).



Rys. 8. Obszar badań na tle arkuszy map Messtischblätter 1:25 000 (1883) i Topographische Karte 1:25 000 (1931) (pismo pochyle)

1 – Dramatal 3257, 2 – Tarnowitz 3258, 3 – Beuthen 5679, Laurahütte 3310, 5 – Katowice 5780, 6 – Birkental 3355, 7 – Gr. Rauden 3388, 8 – Neu Berun 3424, 9 – Gorchütz 3448, 10 – Pawlowitz 3450

Fig. 8. Location of the study area against a background of the map sheets Messtischblätter 1:25 000 (1883) and Topographische Karte 1:25 000 (1931) (cursive writing)

1 – Dramatal 3257, 2 – Tarnowitz 3258, 3 – Beuthen 5679, Laurahütte 3310, 5 – Katowice 5780, 6 – Birkental 3355, 7 – Gr. Rauden 3388, 8 – Neu Berun 3424, 9 – Gorchütz 3448, 10 – Pawlowitz 3450

Wielkość produkcji górnictwa zestawiono na podstawie licznych materiałów źródłowych, cytowanych w rozdziałach 4, 6 i 7. Podstawowe znaczenie miały opracowania: *Statystyka Przemysłu Węglowego*, *Rocznik statystyczny Kopalń Węgla Kamiennego*, *Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce*, *Bilans gospodarki surowcami mineralnymi w Polsce na tle gospodarki światowej*, *Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej (do 1997 roku – Rocznik statystyczny)* oraz aneksy statystyczne zamieszczone w pracach LUKSY (1959), POPIOLKA (1965), JAROSA (1975). Do arkuszy kalkulacyjnych *Excel* wprowadzono dane o produkcji węgla kamiennego we wszystkich kopalniach GZW od początku prowadzenia statystyki wydobycia (1769) do 2009 roku, natomiast dla 12 głównych surowców mineralnych wydobywanych w Polsce zestawiono dane, w większości dla ostatnich 50 lat. Wydobycie węgla kamiennego przez głównych jego producentów na świecie prezentują dane, w przewadze od 1900 roku.

Drugi etap postępowania badawczego był związany z pracami terenowymi. Badania obejmowały kartowanie geomorfologiczne wybranych obszarów oraz wykonanie 83 szurfów i 21 odkrywek w zagłębieniach bezodpływowych. Próbkę do analiz laboratoryjnych pobrano z 21 profili, w odstępach, co 5 - 30 cm. Próbkę do datowania cezem 137 (¹³⁷Cs) pobrano z 9

profilu zlokalizowanych w najniższych częściach zagłębień bezodpływowych, ze ścian wkopów o głębokościach od 0,6 do 1,0 m, w przedziałach, co 5 cm, w ilościach umożliwiającym wydzielenie około 30 g frakcji ilastej. Obszar badań był ponadto celem licznych rekonesansów terenowych w różnych porach roku, w czasie których prowadzono obserwacje procesów erozyjno-denudacyjnych w obrębie naturalnych i antropogenicznych form rzeźby oraz wykonywano dokumentację fotograficzną.

Prace laboratoryjne, będące trzecim etapem postępowania badawczego, wykonano w Laboratorium Analiz Gleb, Gruntów i Skał na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego. Dla 53 próbek wykonano analizy, zgodnie ze standardami stosowanymi w Polsce: uziarnienie metodą sitową, straty prażenia – w temperaturze 550°C oraz węgiel organiczny metodą Tiurina. Pomiary stężeń ^{137}Cs dla 116 próbek zostały wykonane przez prof. Jerzego Mietelskiego w Laboratorium Badań Skażeń Radioaktywnych Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie.

Kolejny, czwarty etap badań obejmował badania kameralne, które ze względu na wytyczone cele, były pracochłonne i długotrwałe. Materiały kartograficzne, łącznie 160 arkuszy map topograficznych, zostały zrektyfikowane w oprogramowaniu *ArcMap 9.3* do układu współrzędnych 1992, a następnie zwektoryzowane i poddane analizie w oprogramowaniu *MapInfoProfessional 7.0*. Modele terenu opracowano dla lat – 1883 i 1993, każdy dla obszaru ponad 2800 km². Odejmując model współczesny od modelu dla schyłku XIX wieku otrzymano mapę rastrową zmian wysokości w okresie 1883-1993. Na jej podstawie wygenerowano mapę izoliniową przedstawiającą obszary o zmniejszonych i zwiększonych wysokościach oraz obszary, na których wysokości nie zmieniły się (WOJCIECHOWSKI 2007, PRADELA I SOLARSKI 2010a).

Na bazie cyfrowych modeli rzeźby powstały ponadto mapy spadków i wysokości względnych. Bazy danych tworzone dla jednostek geomorfologicznych, dla zlewni (I-VI rzędu) oraz dla obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego. Zawierają one następujące dane: powierzchnie poszczególnych przedziałów wysokościowych n.p.m. (co 5 m), wysokość maksymalną, minimalną i względną, spadki terenu w przedziałach co 1, 2, 3 i 5 stopni katowych, powierzchnie obszarów o zmniejszonych/zwiększonych wysokościach w przedziałach, co 1 lub 2,5 m oraz, zapisaną w rzeźbie, objętość usuniętego i nagromadzonego materiału skalnego w stosunku do powierzchni terenu w 1883 roku. Dla wybranych jednostek geomorfologicznych i zlewni wykonano krzywe hipsograficzne dla lat 1883 i 1993, obliczono średnią wysokość terenu oraz wskaźnik objętości masy skalnej⁶ (V_{ms}) (STRAHLER 1952, DORYWALSKI 1953).

Zinventaryzowano ponadto na mapach wszystkie wyrobiska surowców mineralnych i zwałowiska czytelne w skali współczesnych map topograficznych 1:10 000 (1993) oraz określano ich podstawowe wymiary (powierzchnia, wysokość lub głębokość, objętość). Przebieg współczesnych działów wodnych przyjęto według *Mapy podziału hydrograficznego Polski 1:50 000* (2004). Działy wodne zagłębień bezodpływowych wyznaczono natomiast na podstawie *Map topograficznych 1:10 000* (1993). Różnice w przebiegu działów, wynikające z różnej skali wymienionych materiałów źródłowych wynoszą średnio $\pm 0,1$ km, ale zdarzają się odchylenia do $\pm 0,5$ km.

Obliczenia denudacji antropogenicznej na podstawie wydobywania węgla kamiennego wykonano dla obszarów górniczych kopalń, z niewielkimi modyfikacjami według procedury przedstawionej w pracy ŻMUDY (1973). Jest to metoda pozwalająca jedynie

⁶ Wskaźnik objętości masy skalnej wyraża stosunek powierzchni położonej poniżej krzywej hipsograficznej do powierzchni pola wyznaczonego przez skrajne punkty układu współrzędnych. Wskaźnik odzwierciedla relacje między natężeniem procesów egzogenicznych i endogenicznych (informuje o stopniu dojrzałości rzeźby)

oszacować wielkość obniżenia powierzchni i nie może być zestawiana z wynikami metod typowo górniczych, uwzględniających szereg czynników wpływających na wielkość obniżenia powierzchni, w tym sumaryczną grubość wyeksploatowanych pokładów. Wydobyte skały płonnej oszacowano przyjmując, że na jedną tonę wydobytego węgla przypada średnio 0,2 tony skały płonnej (KUPKA I IN. 2005). Zakładając za ŻMUDA (1973), że w GZW 1 tona węgla ma objętość 0,74 m³, a 1 tona skały płonnej 0,38 m³, obliczono objętość wydobytej kopaliny (objętość wyrobisk górniczych). Następnie, na podstawie danych o procentowym udziale stosowanych metod eksploatacji obliczono objętość wyrobisk skierowanych na zawał i na podsadzkę⁷. Otrzymane wartości pomnożono przez odpowiednie współczynniki osiadania: przy eksploatacji na zawał – 0,7, a przy eksploatacji z podsadzką – 0,15 (BORECKI 1980), a następnie zsumowano i podzielono, najpierw przez powierzchnię obszaru górniczego, następnie przez lata działalności kopalni. Obliczony wskaźnik odzwierciedla tempo obniżenia powierzchni w mm/rok - nazwano go wskaźnikiem denudacji antropogenicznej (D_A). W analogiczny sposób obliczono wskaźnik D_{Aw} dla obszaru wpływów górniczych. Okresy badawcze wyznaczono latami wydań map topograficznych wykorzystanych w analizie morfometrycznej – do 1982 roku, 1983-1993, 1994-2009.

Obliczenia denudacji antropogenicznej na podstawie analizy morfometrycznej polegały na podzieleniu objętości powstałych obniżen przez powierzchnię badanego obszaru (jednostki geomorfologicznej, strefy geologicznej, zlewni, kopalni) i lata działalności górniczej. Wskaźniki D_A wyrażono w mm/rok.

Obliczenia denudacji antropogenicznej na podstawie badań osadów w zagłębieniach bezodpływowych przeprowadzono według metody przedstawionej w pracy BORÓWKI (1992), z zastosowaniem podanego niżej wzoru. Wynik otrzymany w t/ha/rok, wyrażono w mm/rok, uwzględniając gęstość osadu.

$$D_A = \frac{Q \cdot C_A}{t \cdot P} \quad [\text{ton/ha/rok}]$$

Q – kubatura osadów zdeponowanych w zbiorniku sedymentacyjnym w czasie t [m³]

C_A – średnia zawartość materii mineralnej w osadach złożonych w czasie t [kg/m³]

P – powierzchnia zlewni zagłębienia bezodpływowego [ha]

t – czas sedymentacji określonej warstwy osadów [lata]

Znaczna część pracy została opracowana na podstawie analizy morfometrycznej z wykorzystaniem numerycznych modeli terenu. Porównanie otrzymanych wyników z wynikami cytowanymi w literaturze oraz uzyskanymi podczas bezpośredniej obserwacji terenowej ujawniło wiele rozbieżności między nimi, niejednokrotnie znacznego rzędu. Podejmowano zatem różne próby weryfikacji wyników, z których ostatecznie zrezygnowano, przedkładając zaletę opracowania całego obszaru badań według jednolitej metody, nad korygowanie wyników możliwe jedynie dla niektórych obszarów. Sygnalizowane rozbieżności wyników, zwłaszcza odnośnie wielkości obniżenia powierzchni, spowodowane są wieloma czynnikami, które ogólnie podzielono na: a/ górnicze, b/ geodezyjne, c/ kartograficzne i pokrótce poniżej przedstawiono.

⁷ Eksploatacja z podsadzaniem polega na zapełnianiu wyrobiska po wybraniu kopaliny materiałem płonnym tzw. podsadzką, natomiast podczas eksploatacji z zawałem, wyrobisko pozostawia się puste, co z czasem powoduje zawał stropu

a. Wśród **czynników górniczych** najważniejszym jest niemożność precyzyjnego opisanie wzorami matematycznymi wszystkich uwarunkowań deformacji górotworu i powierzchni – w konsekwencji na niektórych obszarach osiadania prognozowane programami komputerowymi różnią się od osiadań pomierzonych (np. POPIOŁEK I OSTROWSKI 1981, MIELIMAŁA 2006, HEJMANOWSKI I MALINOWSKA 2009, HEJMANOWSKI I KWINTA 2010). Obieg informacji na temat przyczyn i przestrzennego rozmieszczenia tych różnic odbywa się w kręgu specjalistycznej literatury górniczej, stąd znajomość zagadnienia w środowisku geografów jest przypadkowa i wyrwykowa. Błąd prognozy obniżenia jest szacowany na 20-30%, sporadycznie nawet 50% (MAJDE I IN. 1992). Analizy porównawcze map izolinii osiadań dokonanych, opracowanych dla tego samego obszaru przez różne zespoły badawcze wskazują ponadto, że mogą one różnić się w ocenie skali zjawiska o 2-4 m. Przykładowo, na obszarze kopalni „Kleofas” maksymalne osiadania wynoszą, według materiałów górniczych wykorzystanych przez KUPKĘ I IN. (2005) – 13 m, a według LASEK I IN. (2005) – 10 m (23% różnica). Na podstawie bezpośrednich obserwacji terenowych przeprowadzonych na obszarze wymienionej kopalni KUPKA I IN. (2005) stwierdzili, że tak wyraźnych przegłębień terenowych na tym obszarze nie ma, a część skutków osiadań została prawdopodobnie zniwelowana przez wyrównanie terenu gruntami nasypowymi. Analiza profili geologicznych (*Atlas geologiczno-inżynierski* 2005) potwierdziła to przypuszczenie - miąższości gruntów antropogenicznych wynoszą na obszarze kopalni kilka metrów, maksymalnie 13 m (KUPKA I IN. 2008). Wyrównywanie osiadającej powierzchni pod zabudowę mieszkaniową, przemysłową czy usługową było na obszarze aglomeracji katowickiej często przeprowadzane, zatem aktualna sytuacja wysokościowa obszaru nie wszędzie odzwierciedla sumaryczne obniżenia z całego okresu górniczego.

b. Wyniki **pomiarów geodezyjnych** są uważane za najbardziej wiarygodne źródło danych o wielkości obniżenia powierzchni w określonym okresie czasu, ale rejonów, w których prowadzone były długotrwałe, systematyczne obserwacje praktycznie nie ma (ZYCH I IN. 1994). Na obszarach kopalń węgla kamiennego pomiary geodezyjne są najczęściej przeprowadzone wzdłuż określonych linii obserwacyjnych usytuowanych w rejonach wymagających szczególnej ochrony przed szkodami górniczymi. Pomierzone na tych odcinkach obniżenia powierzchni nie powinny być przekładane na cały obszar górniczy, a zwłaszcza na tereny niezabudowane, leśne czy użytków rolnych, gdzie eksploatacja górnicza nie podlega takim ograniczeniom, jak na terenach zabudowanych, więc osiadania mogą być znacznie większe. Na obszarze wpływów górniczych punkty osnowy geodezyjnej uległy nie tylko obniżeniu, ale także przesunięciu poziomemu (zmieniły współrzędne).

Maksymalne przesunięcia poziome spowodowane eksploatacją sięgają 40% maksymalnych osiadań, zatem w warunkach obniżenia powierzchni zaistniałych na obszarze GZW mogą wynosić do 12 m, a w każdym razie, na znacznej jego części występują metrowe przesunięcia (MAJDE I IN. 1992). Wysokie wymagania dokładnościowe stawiane pomiarom geodezyjnym wymuszają zatem potrzebę częstej aktualizacji danych geodezyjnych na obszarach będących w zasięgu eksploatacji górniczej. Z tego względu, że nie było jednolitych zasad prowadzenia i aktualizacji mapy zasadniczej na terenach górniczych, eksperci uważają, że należy wykonać kontrolę jej kartometryczności – jeżeli błędy przekroczyły $\pm 0,6$ mm w skali mapy, należy uznać, że mapy zasadniczej nie ma i wykonać nową (WOJTAS 2009). W ostatnich latach dla określenia wielkości osiadania są wykorzystywane pomiary z większej liczby reperów na dużym obszarze (np. POMYKOŁ I KWIECIEŃ 1999). Ogólnie jednak, od czasu opublikowania pracy KOWALCZYKA (1964) badania deformacji wielkoobszarowych na

terenie GZW były podejmowane rzadko. Od lat 90. XX wieku we wschodniej części GZW jest budowana jednolita sieć geodynamiczna wysokiej precyzji, która stwarza nowe możliwości monitorowania przemieszczeń punktów i badania geodynamiki terenów górniczych (BANASIK I IN. 2003, 2005).

c. **Materiały kartograficzne** (archiwalne i współczesne) wykorzystane w analizie morfometrycznej są uważane za w pełni kartometryczne dla studiów nad środowiskiem geograficznym. Ilościowy obraz zmian powierzchni, uzyskany z odjęcia modeli terenu dla analizowanych lat (1883, 1993) jest jednak obciążony trudnymi do jednoznacznego wyjaśnienia błędami - na terenach, które nigdy nie były w zasięgu eksploatacji występują strefy, zarówno z obniżoną, jak i podwyższoną powierzchnią terenu (w stosunku do powierzchni z 1883 roku). Problem ten podnosił już WOJCIECHOWSKI (2007), tłumacząc go różną dokładnością i generalizacją porównywanych map, wynikającą z ich różnej skali (1:25 000 i 1:10 000). Autorka określiła dla obszaru badań maksymalny błąd wysokościowy na $\pm 0,45$ m (por. rozdz. 5.1.2.2), a średni na $\pm 0,16$ m (por. rozdz. 6.2). Kilka arkuszy map topograficznych 1:10 000 (1993) ma rysunek poziomicowy identyczny z rysunkiem poziomicowym na mapach 15 lat starszych (1978), mimo prowadzenia działalności górniczej i związanym z tym osiadaniami powierzchni. Dla tych arkuszy model terenu dla 1993 roku jest w rzeczywistości modelem dla 1978 roku, a wyniki uzyskane dla przedstawionych na nich obszarów są zaniżone.

Na niektórych terenach, tak jak to sygnalizowano wyżej, powierzchnia terenu została nadsypana gruntami antropogenicznymi podczas różnych prac budowlanych, ponadto zasypywane były niecki osiadań, a istniejące zwałowiska obniżały się wraz z przyrostem osiadań. Oznacza to, że nie wszystkie wyliczone wartości z numerycznych modeli terenu odpowiadają faktycznej wielkości zmian w okresie 1883-1993. Podobną opinię wyraził WOJCIECHOWSKI (2007).

Do poszczególnych części obszaru badań można odnieść jeden, kilka lub wszystkie czynniki decydujące o dokładności uzyskanych wyników. Uzyskany obraz zmian rzeźby jest więc obciążony błędami, ale mimo to ogólnie dobrze odzwierciedla ich przestrzenne zróżnicowanie ilościowe i jakościowe.

2. DENUDACJA – ZAKRES POJĘCIOWY I METODY BADAŃ

Termin denudacja został wprowadzony do nauk o Ziemi na początku XIX wieku. LYELL w pierwszej edycji *Principles of Geology* używał terminu degradacja, ostatecznie został przy pojęciu denudacja jako „usuwanii materiału stałego przez wodę płynącą, rzeki lub prądy morskie i w konsekwencji obnażanie wnętrza skał” (LYELL 1847, za GREGORY 1911). Współcześnie termin denudacja jest jednak różnie rozumiany i nie jest ograniczany do działalności wody. Według definicji w *Encyclopedia of Geomorphology* (2004) denudacja obejmuje wszystkie procesy usuwania wyniosłości z powierzchni Ziemi i jest przeciwstawiana wypiętrzaniu (*uplift*). W takim ujęciu w ramach denudacji mieści się, między innymi erozja rzeczna i denudacja eoliczna. ENGLAND I MOLNAR (1990) definiują erozję i (!) denudację jako różnicę między *rock uplift* (pionowym ruchem skał względem poziomu morza) a *surface uplift* (pionowym ruchem powierzchni ziemi względem poziomu morza) w pojedynczym punkcie przestrzeni. Według RING I IN. (1999) denudacja to usunięcie skał przez procesy tektoniczne i/lub powierzchniowe w określonym punkcie na/lub pod powierzchnią Ziemi, natomiast erozja to powierzchniowe usunięcie masy w punkcie przestrzeni krajobrazu zarówno przez procesy mechaniczne, jak i chemiczne. SPENCER (1983) nazywa denudacją odsłanianie podłoża wskutek usuwania roślinności i gleby lub nieskonsolidowanego materiału, a erozję odnosi do wszystkich procesów, dzięki którym materiał ziemski jest rozluźniony i przeniesiony z miejsca na miejsce.

Denudację odnosi się generalnie do wszystkich procesów, które przyczyniają się do obniżenia powierzchni terenu, potencjalnie prowadząc do powstania powierzchni zrównania. Wśród tych procesów wymienia się fizyczne, chemiczne i biologiczne wietrzenie, tworzenie się zwietrzliny, mechaniczne usuwanie materiału z powierzchni ziemi i podłoża przez naturalne czynniki, takie jak woda opadowa, rzeki, mróz, lód, wiatr i grawitacja, a także transport rozpuszczonego materiału. Denudacja jest więc odwrotnym procesem do depozycji - akumulowania produktów wcześniejszej denudacji w basenach sedymentacyjnych. Różnica pomiędzy denudacją a erozją ma polegać na tym, że w przypadku denudacji może zachodzić znaczna utrata masy, ale bez zauważalnej erozji, na przykład poprzez wynoszenie rozpuszczonego materiału w postaci jonów. Taka powolna utrata masy może być jednocześnie równoważona przez ruchy izostatyczne (LEEDER 1999). Według SUMMERFIELDA I BROWNA (1998) denudacja i erozja są, tak naprawdę, szeroko używanymi synonimami.

W literaturze polskiej termin denudacja jest definiowany głównie w podręcznikach geomorfologii i geologii. KLIMASZEWSKI (1978) nazywa denudacją całość procesów niszczących polegających na stałym przemieszczaniu pokryw zwietrzelinowych i obnażaniu podłoża skalnego. Do procesów denudacyjnych zalicza ruchy masowe, zachodzące w obrębie stoków pod wpływem ciężaru mas luźnych oraz spłukiwanie, czyli przemieszczanie materiału wskutek działalności wody opadowej i roztopowej. KLIMASZEWSKI (1978) wyraźnie podkreśla, że proces denudacji, obejmujący rozległe powierzchnie stokowe, jest

przeciwstawny procesowi erozji, rozcinania liniowego pokrywy zwietrzelinowej, jak i podłoża skalnego. Pisze, że „erozja doprowadza do fragmentacji powierzchni Ziemi, denudacja do jej zrównania”. Pogląd ten podziela MIGOŃ (2006), dodając, że „niektóre podręczniki i słowniki geologiczne nadmiernie i niepotrzebnie rozszerzają zakres terminu „denudacja”, obejmując nim wszelkie procesy niszczące na powierzchni Ziemi, od wietrzenia, przez ruchy masowe i inne procesy stokowe, po erozję rzeczną”.

Szersze znaczenie nadaje denudacji KSIĄŻKIEWICZ (1979), który uważa, że jest to proces geologiczny złożony z procesów niszczących, takich jak wietrzenie, erozja i powierzchniowe ruchy masowe, dzięki któremu góry i wyżyny są stopniowo rozcinane i obniżane. Denudację przeciwstawia sedymentacji. W tym samym znaczeniu używają tego terminu WIŚNIEWSKA-ŻELICHOWSKA I RADLICZ-RÜHLOWA (1988) pisząc, że procesy denudacji polegają na ciągłym niszczeniu powierzchniowej części litosfery wskutek wietrzenia skał, działalności wód bieżących, lodowców, wiatrów i innych czynników, wskutek czego powierzchnia Ziemi obniża się i nawet najwyższe góry mogą ulec całkowitemu zrównaniu po upływie długiego okresu czasu. W *Słowniku geologii dynamicznej* (1985) denudację określa się jako proces niszczący, powodujący wyrównywanie i stopniowe obniżanie powierzchni Ziemi i obejmujący: wietrzenie, erozję i ruchy masowe. Zbliżoną definicję można znaleźć w *Wielkiej encyklopedii* (2002) - denudacja to współdziałanie procesów egzogenicznych: wietrzenia, ruchów masowych i erozji prowadzące do obnażania podłoża skalnego, zrównywania wyniosłości na powierzchni Ziemi i – ogólnie – do obniżania kontynentów. Podobnie rozumieją denudację FLIS (1988) i PULINOWA (1989).

Z powyższego przeglądu poglądów na temat denudacji wynika, że jest to termin wieloznaczny – w najbardziej ogólnym znaczeniu odnosi się do wszystkich procesów niszczących powierzchnię Ziemi - takie przyjęto w niniejszej pracy, w wąskim znaczeniu do procesów stokowych – ruchów masowych i sfluwowania. Teoretyczne modele rozwoju rzeźby erozyjno-denudacyjnej przedstawili w pierwszej połowie XX wieku, W.M. Davis, W. Peck i L. King. Modele te mają obecnie wartość historyczną. Większe znaczenie w analizie rzeźby mają koncepcje – *etchplanation* J. Büdela, rozwinięta przez M. Thomasa, oraz – *dynamic equilibrium* J.T. Hacka (MIGOŃ 2006). Zainteresowaniem cieszy się koncepcja systemu denudacyjnego CHORLEYA (1962).

Charakter procesu denudacyjnego stał się podstawą wyróżniania denudacji mechanicznej i chemicznej. TRICART (1953) wyodrębnił na Ziemi dwie wielkie strefy: z dominantą chemiczną (strefy leśne obszarów międzyzwrotnikowych i umiarkowanych) oraz z dominantą mechaniczną (system denudacji obszarów suchych i zimnych). Dla obszarów zbudowanych z podatnych na rozpuszczanie skał węglanowych zaproponowano kilka modeli denudacyjnych i obliczono wskaźniki denudacji chemicznej (np. CORBEL 1959, PULINA 1974, WHITE 1984, SHEEN 2000). Zakres pojęcia denudacja chemiczna jest jednak różnie określany, na przykład KLIMASZEWSKI (1978) odnosi go tylko do redukcji masy wapiennej na powierzchni, a za nieuzasadnione uważa obejmowanie tym pojęciem rozpuszczania skał wapiennych w podziemiu.

Ilościowe ujęcie procesów denudacyjnych należy do ważniejszych problemów geomorfologii – badania podjęto już w połowie XIX wieku. Obecnie ilość prac na ten temat jest tak duża, że nie sposób je wszystkie zacytować (np. CORBEL 1968, SELBY 1974, PINET I SOURIAU 1988, BURBANK I BECK 1991, MILLIMAN I SYVITSKI 1992, BORÓWKA 1992, MARUSZCZAK I IN. 1992, KOSTRZEWSKI I IN. 1993, SUMMERFIELD I HULTON 1994, GOUDIE 1995, CLAYTON 1997, WALLING 2006). Wypracowano wiele różnych metod badawczych, ale szczególnie często wskaźniki denudacji są szacowane na podstawie materiału transportowanego przez rzeki (osadów, zawiesiny, roztworów), jako odzwierciedlenie mas

usuniętych z powierzchni ładu, zazwyczaj z obszaru określonego dorzecza (DEGENS I IN. 1976, FROEHLICH 1982, GUNNELL 1998). Masę lub objętość transportowanego materiału dzieli się przez obszar zlewni powyżej stacji pomiarowej i wyraża w t/km² lub mm/km²/1000 lat; dla ułatwienia porównań często stosuje się jednostki Bubnoffa (B) - 1B odpowiada 1mm/1000 lat (OLLIER 1987). Wskaźnik informuje o tempie denudacji, określanej mianem odpływowej – chemicznej (ubytek masy skalnej w postaci roztworów) i mechanicznej (ubytek masy skalnej w postaci zawiesiny, rumowiska). Bardziej wiarygodne wyniki uzyskuje się na podstawie materiału rozpuszczonego, który teoretycznie pochodzi z obszaru całej zlewni, czego nie można założyć w przypadku osadów grubofrakcyjnych. Część osadów z denudacji stoków, pomimo wielokrotnej redepozycji, pozostaje w jego obrębie, zaś część włączona do transportu rzecznoego, może gromadzić się ostatecznie poza korytem i nigdy nie opuścić zlewni. O problemach w oszacowaniu tej „części” świadczą, na przykład, skrajnie różne wyniki (75% i 10%) uzyskane dla tego samego obszaru – dorzecza Amazonki na boliwijskim przedpolu Andów (GUYOT 1993, MASCLE I ZUBIETA-ROSSETTI 2005). Interpretację wyników utrudnia ponadto zróżnicowana akumulacja w roku normalnym i powodziowym.

Wskaźniki denudacji są też obliczane, między innymi, na podstawie objętości osadów zakumulowanych w zbiornikach wodnych (np. EARDLEY 1966, DEARING I IN. 1982, FOSTER I IN. 1985, SVENDSEN I IN. 1989, HINDERER I EINSELE 2001) lub bezodpływowych basenach sedimentacyjnych (np. ROTNICKI 1966, GOŁĘBIEWSKI 1981, BORÓWKA 1992). Duże możliwości obliczania wskaźników denudacji daje metoda opierająca się na wykorzystaniu izotopów kosmogenicznych (np. ¹⁰Be, ²⁶Al, ³⁶Cl). Jest stosowana przez licznych autorów i daje wyniki ogólnie zgodne z innymi metodami (np. CERLING I CRAIG 1994, HARBOR 1999, BIERMAN I IN. 2005).

Od połowy XX wieku, wraz z postępowaniem badań nad wpływem działalności człowieka na rzeźbę, podejmowano próby ocen ilościowych antropopresji. Na ich podstawie sformułowano dwa generalne wnioski, po pierwsze, że człowiek jest istotnym czynnikiem morfogenetycznym, i po drugie, że na niektórych obszarach efekty działalności człowieka są większe niż skutki naturalnych procesów geomorfologicznych (GOUDIE I VILES 1997, HOOKE 1999, PRICE I IN. 2011). Dla odróżnienia denudacji wywołanej czynnikami naturalnymi od procesów denudacyjnych wywołanych działalnością człowieka używa się najczęściej terminu denudacja antropogeniczna (DYLICK 1958, KORŻUEV I TIMOFEEV 1959, TRICART 1960, ZAPLETAL 1969, DEMEK 1973). Bardzo dużą rolę w modelowaniu rzeźby przypisywał temu procesowi TRICART (1960), który odnosił go do przyspieszonego niszczenia powierzchni gruntów ornych, plantacji i łąk, w wyniku pozbawienia ich stabilnej pokrywy roślinnej. GORNUNG I TIMOFIEJEW (1958) największą intensywność procesów antropogenicznych wiązali ze strefami: stepową, lasostepu, lasów umiarkowanych i sawann. Zagadnienie intensywności denudacji uwarunkowanej działalnością człowieka poruszali, między innymi NIR (1983), DOUGLAS I LAWSON (2001), WILKINSON I MCELROY (2007).

W polskiej literaturze geograficznej o denudacji antropogenicznej pisze się przede wszystkim w kontekście wpływu rolniczego użytkowania stoków na ich morfogenezę (DYLICK 1954, 1958, JAHN 1968, SŁUPIK 1973, LACH 1984, KOSTRZEWSKI I ZWOLIŃSKI 1992, SMOLSKA 2005, SZPIKOWSKI 2005 i inne). Jednym z ważniejszych opracowań rozpatrującym problemy denudacji antropogenicznej jest rozprawa SINKIEWICZA (1998). Autor ten przez denudację antropogeniczną rozumie łączne oddziaływanie na stok procesów spłukiwania i spełzywania, wywołanych i przyspieszonych rolniczą działalnością człowieka, oraz przemieszczania gleb i podglebia przez maszyny i narzędzia rolnicze. Denudacja antropogeniczna wywołana i wzmożona zabiegami agrotechnicznymi, a także trzebieżą lasów prowadzi do przyspieszonego wyrównywania terenu i agradacji osadów w dnach

dolin rzecznych. Ze względu na antropogeniczne uwarunkowania tego procesu, KOZARSKI I ROTNICKI (1978) nazwali go agradacją antropogeniczną. Termin ten był używany już wcześniej, m.in. przez badaczy czeskich - ZAPLETALA (1968), czy DEMKA (1973), którzy nadają mu jednak szersze znaczenie wskazując wśród przyczyn agradacji antropogenicznej, także działalność górniczą oraz wyrównywanie bądź nadbudowywanie powierzchni terenu pod zabudowę mieszkaniową, przemysłową, transportową itp. Występują także inne różnice w definiowaniu pojęć określających procesy antropogeniczne. W zależności od tego czy są one wynikiem bezpośredniej czy pośredniej działalności człowieka ZAPLETAL (1968) używa terminów - w pierwszym przypadku - antropogeniczna: degradacja, agradacja, planacja, pogłębianie (*exkavace*), w drugim - antropogeniczna: denudacja, sedymentacja i erozja. W polskiej literaturze nie dostrzeżono konsekwentnego stosowania określonej terminologii w odniesieniu do procesów antropogenicznych. KLIMASZEWSKI (1978) używa terminów degradacja antropogeniczna, depozycja albo akumulacja antropogeniczna.

W ramach denudacji antropogenicznej mieści się przemieszczanie materii skalnej spowodowane różną gospodarczą aktywnością człowieka, nie tylko rolniczą, ale także działalnością przemysłową, budownictwem, gospodarką wodną, a w szczególności - działalnością górniczą. W tym ostatnim znaczeniu termin ten został użyty po raz pierwszy w polskiej literaturze prawdopodobnie przez APARĘ I JANIĘ (1980) i JANIĘ (1983) - w obu pracach w odniesieniu do skutków bezpośredniej działalności górniczej. Zdaniem JANI (1983) i PODGÓRSKIEGO (2001) czynnikiem, który „decyduje” o lokalizacji form związanych z pobieraniem surowców mineralnych jest budowa geologiczna, zatem przestrzenne rozmieszczenie denudacji antropogenicznej uwarunkowanej górnictwem też do tej budowy geologicznej nawiązuje. Próby ilościowego ujęcia denudacji antropogenicznej na terenach górniczych podejmowali różni autorzy (niekoniecznie używając tego terminu, ale w znaczeniu obniżania powierzchni ziemi wskutek prac górniczych), na przykład ŻMUDA (1973), APARTA I JANIA (1980), SZCZYPEK I TREMBACZOWSKI (1987), DULIAS (2005a, 2007a,b, 2011a), KUPKA I IN. (2005, 2008), SOLARSKI I PRADELA (2010a).

Na obszarach górnictwa podziemnego termin denudacja antropogeniczna nabiera szczególnego znaczenia. Obniżanie powierzchni terenu jest tu bowiem związane z nieciągłymi lub ciągłymi deformacjami podłoża nad wyrobiskami górniczymi, czyli inaczej mówiąc - z zapadaniem i osiadaniami powierzchni terenu, a takie nazwy procesów są używane w geomorfologii w odniesieniu do procesów naturalnych. SPENCER (1983) opisuje osiadanie (*subsidence*) w rozdziale dotyczącym ruchów masowych jako obniżanie materiału powierzchniowego w otwartą przestrzeń w rezultacie usuwania podłoża skalnego. Jeśli przemieszczenie jest nagłe nazywane jest zapadaniem (*collapse*). Autor podkreśla, że procesy osiadania i zapadania są ważne na obszarach, gdzie usuwanie skał lub cieczy (takich jak woda lub ropa naftowa) odbywa się na dużą skalę. Górnictwo podziemne uważa za najbardziej oczywistą przyczynę osiadania. Wśród naturalnych przyczyn osiadania wymieniane są: kompakcja lub kurczenie się gleby, osiadanie z powodu - obniżania poziomu wody, rozwoju podpowierzchniowych próżni na terenach krasowych oraz z powodu aktywności tektonicznej lub wulkanicznej (NORTH 1952, LEGGET 1962).

W polskich pracach geomorfologicznych proces osiadania powierzchni terenu jest rzadko poruszany. W podręczniku geomorfologii KLIMASZEWSKIEGO (1978) proces ten jest wymieniany przy opisie mis i niecek sufozyjnych oraz wymoków, a także przy charakterystyce zapadlisk pseudokrasowych nad próżniami po wyługowanej soli - w tym przypadku, z górniczego punktu widzenia niesłusznie, gdyż powstanie zapadlisk wiąże się z przerwaniem ciągłości warstw skalnych, a proces osiadania, z definicji skutkuje jedynie ich ugięciem. Przy

opisie innych form zapadliskowych - krasowych (wertebów, lejków) i antropogenicznych (zapadlisk nad wyrobiskami górniczymi) akcentowany jest proces nagłego zapadania. Termin osiadanie pojawia się także w rozdziale o rzeźbie antropogenicznej przy opisie niecek osiadania jako powstałych w wyniku powolnego osiadania gruntu. Autor tylko w jednym zdaniu, na temat modelowania stoków zwałów, zalicza osiadanie do ruchów masowych „(...) *silnie przekształcone przez ruchy masowe: spływanie, osiadanie, osuwanie, sptywanie, a nawet obrywy*”. Proces ten nie został natomiast uwzględniony w syntetycznej tabeli dotyczącej czynników i procesów morfologicznych, choć w tabeli *Klasyfikacja ruchów masowych* jest odnotowane, że SAVAGE (1951) zalicza do nich także osiadanie.

MIGOŃ (2006) przedstawił w swoim podręczniku geomorfologii klasyfikację ruchów masowych według D.J. Varnesa, uzupełniając ją o nieuwzględnione w schemacie przejawy powolnych przemieszczeń grawitacyjnych – soliflukcję, pełzanie i osiadanie gruntu. Zdaniem tego autora osiadanie (subsydencja) powierzchni ziemi może być traktowane jako specyficzna odmiana ruchów masowych, kiedy przemieszczenie odbywa się wyłącznie w pionie, a składowa pozioma ruchu jest zerowa. Przyczyny osiadania mogą być naturalne, antropogeniczne lub mieszane, a konsekwencją tego procesu jest obniżenie powierzchni. W warunkach naturalnych osiadanie jest typowe w obszarach zbudowanych ze skał krasowiejących, gdzie powiększanie się podziemnych próżni może prowadzić do stopniowego osiadania lub nagłego zapadania się do nich nadległego materiału. Osiadanie o genezie antropogenicznej występuje na obszarach podziemnego górnictwa surowców mineralnych i wód.

3. WPŁYW GÓRNICTWA NA RZEŻBĘ

Przekształcenia rzeźby związane z działalnością górniczą były jednymi z pierwszych dostrzeżonych skutków antropopresji. Już w 1825 roku komisja oceniająca uszkodzenia powierzchni w okolicy Liège stwierdziła, że są one spowodowane podziemną eksploatacją węgla kamiennego (YOUNG I STOEK 1916). W zagłębiach węglowych i rudonośnych, które rozwijały się intensywnie od czasu rewolucji przemysłowej XIX wieku, antropogeniczne formy rzeźby powstawały w tak szybkim tempie, że nie uszło to uwagi badaczy – wkrótce człowieka uznano za czynnik geologiczny, morfotwórczy (MARSH 1864, FISCHER 1915, SHERLOCK 1922). Obecnie problem wpływu działalności górniczej na środowisko znajduje się w kręgu zainteresowań wielu dziedzin i dyscyplin nauki – górnictwa, geologii, hydrogeologii, geografii, biologii, ochrony środowiska i innych.

Intensywność oddziaływania górnictwa na rzeźbę jest uwarunkowana różnymi czynnikami. Do pierwszej grupy należą czynniki związane ze złożem, takie jak rodzaj surowca, jego zasoby i dostępność, rozmiary, forma i głębokość zalegania złoża itp. W drugiej grupie znajdują się czynniki związane z pracami górniczymi – sposobem eksploatacji, rozmiarami wydobywania kopaliny i skały płonnej, produkcją odpadów, okresem eksploatacji itp., natomiast trzecia grupa obejmuje czynniki związane z cechami rzeźby, na którą górnictwo oddziałuje, (nachylenie terenu, intensywność urzeźbienia, wysokości względne i inne).

Modele wpływu górnictwa na środowisko przyrodnicze opracowali, między innymi, BARTECZEK I IN. (1988), GREŃ I POPIOŁEK (1990), CHWASTEK I IN. (1990), KWIATEK (2002), WÓJCIK (2011). W ujęciu dynamicznym zależności między górnictwem a środowiskiem przedstawia model KOZACKIEGO (1980) składający się z 4 części odnoszących się do kolejnych etapów działalności górniczej i dodatkowo z rozróżnieniem siły powiązań między elementami modelu. Na podobnej zasadzie opracowały modele FLAK (2002) i DULIAS (2010b). Modele te nie mają jednak uniwersalnego charakteru – opracowano je dla konkretnych obszarów badawczych.

W literaturze górniczej stosowane jest pojęcie środowiska terenu górniczego, rozumianego jako przestrzeń objętą bezpośrednimi i pośrednimi wpływami działalności górniczej, w obrębie której wyróżnia się górotwór, teren i atmosferę. Do górotworu, czyli tej części skorupy ziemskiej, w której prowadzone są roboty górnicze zalicza się utwory skalne (kopaliny, skały płonne, grunt), wody podziemne, podziemne budowle górnicze (wyrobiska górnicze i obiekty budowlane np. szyby, obudowa wyrobisk) oraz powietrze kopalniane (OSTROWSKI 2001). Elementami składowymi terenu są grunty, wody powierzchniowe, szata roślinna i naziemne obiekty budowlane⁸.

⁸ Terminy stosowane w literaturze górniczej i geograficznej są czasem niejednoznacznie określane (np. termin deformacja rozumiany zarówno jako proces, jak i forma) oraz odmiennie lub błędnie rozumiane, na przykład w niektórych pracach górniczych do środowiska przyrodniczego zalicza się wartości przyrodniczo-społeczne, zaś w pracach geograficznych czasem niepoprawnie opisuje się mechanizm przekształceń geomechanicznych

Wyróżnia się górnictwo odkrywkowe, otworowe i podziemne, a każdy z tych sposobów eksploatacji wpływa bezpośrednio i pośrednio na powierzchnię terenu. Oddziaływania bezpośrednie polegają na świadomym, planowym zajęciu określonej powierzchni terenu lub podłoża pod działalność górniczą – budowę odkrywek, otworów eksploatacyjnych i kopalń (wyrobisk podziemnych) oraz tworzenie zwałowisk odpadów i nadkładu. Oddziaływania bezpośrednie są okresowe, ale często długotrwałe (RADWANEK-BAK 2001). Ich niezamierzonym, ubocznym skutkiem są oddziaływania pośrednie, do których należą wstrząsy, odkształcenia powierzchni wskutek odwodnienia złoża, ale przede wszystkim tzw. wpływy eksploatacji górniczej przenoszone przez górotwór do powierzchni terenu i wywołujące deformacje powierzchni (CHWASTEK I IN. 1990). Inaczej definiuje wpływy eksploatacji górniczej STRZAŁKOWSKI (2010) - wypełnienie pustki poeksploatacyjnej w wyniku przemieszczenia się do niej skał stropowych (prowadzące w konsekwencji do deformacji terenu górniczego) zalicza do wpływów bezpośrednich.

3.1. ODDZIAŁYWANIA BEZPOŚREDNIE

Bezpośrednio, w największym stopniu oddziałuje na rzeźbę górnictwo odkrywkowe. Według NIRA (1983) większość prac wydobywczych na świecie (około 70%) jest prowadzona metodą odkrywkową. Ten sposób eksploatacji wiąże się często z wykonaniem wielkoobszarowej i głębokiej odkrywki, z kilkoma, a nawet kilkadziesiątoma poziomami wydobywczymi, tak jak to ma miejsce w przypadku największych odkrywek na świecie, przykładowo w kopalni rudy miedzi *Chuquicamata* na Pustyni Atacama, czy kopalni diamentów *Trubka Udacznaia* w Jakucji, za kręgiem polarnym. Odkrywki mogą mieć kształt ogromnych lejów, rozległych zagłębień o regularnych kształtach (fot. 1A), nieregularnych wyrobisk w obrębie stoków, ale także stanowić system dużej ilości mniejszych zagłębień, zwłaszcza na obszarach dawnego lub tzw. dzikiego górnictwa. W zależności od rodzaju wydobywanego surowca formy te noszą nazwy kopalń odkrywkowych, kamieniołomów, piaskowni, żwirowni, glinianek. Budowa odkrywek wiąże się, między innymi z wykształceniem schodowego profilu stoków, powstaniem dużych przegłębień terenu, a nawet zniwelowaniem całych wzniesień i zrównaniem terenu.

Udostępnienie złoża w kopalni odkrywkowej wymaga z reguły usunięcia nadkładu, często w ogromnych ilościach, i składowania go na tzw. zwałowiskach zewnętrznych. Eksploatacji może towarzyszyć produkcja odpadów, także składowanych na zwałowiskach lub w osadnikach. W przypadku górnictwa niektórych surowców ilość odpadów jest wielokrotnie większa niż ilość wydobytego surowca, na przykład eksploatacja diamentów w słynnej „wielkiej dziurze” w Kimberley dała 3 tony kamieni szlachetnych, ale towarzyszyło temu wydobywanie 28 mln ton ziemi i skał (MANNION 2001). W zależności od techniki składowania i planowanego zagospodarowania, zwałowiska mają kształt stożków (fot. 1B), stoliw, kop lub nieregularny. Wysokości form przekraczają nawet 200 m, a zajmowana powierzchnia kilka kilometrów kwadratowych. Zwałowiska w zagłębieniach terenu mogą mieć charakter podpoziomowy lub niwelujący.

Bezpośredni wpływ górnictwa otworowego na morfologię terenu jest niewielki. W przypadku górnictwa podziemnego w górotworze wykonywane są wyrobiska, szyby oraz rozbudowane, wielopoziomowe systemy chodników i korytarzy. Nie zaznaczają się one



Fot. 1. Antropogeniczne formy rzeźby powstałe w wyniku działalności górniczej

A - kopalnia odkrywkowa piasku podsadzkowego, Bukowno, Wyżyna Śląska, B - stożkowe zwałowiska odpadów górniczych kopalni Taliwskaja, Mołodogwardiejsk, Donieckie Zagłębie Węglowe, Ukraina, C - niecka osiadania, Marklowice, Płaskowyż Rybnicki, D - deformacja nieciągła w postaci progu terenowego, Ruda Śląska, Płaskowyż Bytomski, E - lej zapadliskowy na obszarze podziemnego górnictwa rud cynku i ołowiu, Hutki, Kotlina Mitręgi, F - leje zapadliskowe na obszarze płytkiego górnictwa węgla kamiennego, lata 60. XX wieku, Katowice, Płaskowyż Katowicki

Photo 1. Anthropogenic landforms resulting from mining activity

A – open pit mine of the stowing sands, Bukowno, Silesian Upland, B – conical mining waste heaps, Taliwskaja mine, Mołodogwardiejsk, Donetsk Coal Basin, Ukraine, C – subsidence basin, Marklowice, the Rybnik Plateau, D – discontinuous deformation as a ground threshold, Ruda Śląska, the Bytom Plateau, E – sinkhole in the area of underground mining of zinc and lead ores, Hutki, Mitręga Basin, F – sinkholes in the area of shallow coal mining, the 1960s., Katowice, the Katowice Plateau

w morfologii powierzchni terenu, dopóki nie zostaną objęte wpływami pośrednimi. ZAPLETAL (1968) zalicza podziemne wyrobiska do elementów rzeźby *subterenu*, inaczej *rzeźby głębinowej*, poprzez analogię do podziemnych form krasowych. KOZACKI (1980) używa określenia *zakryta forma antropogeniczna*, a za jej naturalne odpowiedniki uważa pustki krasowe i pustki po wytopieniu brył martwego lodu. Bezpośrednim skutkiem podziemnego wydobycia surowców są natomiast zwałowiska odpadów górniczych zbudowane ze skały płonnej

i odpadów przerobczych (fot. 1B). Są to jedne z najbardziej charakterystycznych elementów rzeźby obszarów górniczych (PEŁKA-GOŚCINIAK I SZCZYPEK 1997, HARNISCHMACHER 2007) – pod względem morfologicznym nie różnią się od zwałowisk związanych z górnictwem odkrywkowym.

3.2. ODDZIAŁYWANIA POŚREDNIE

W każdym przypadku wybierania złóż, niezależnie od warunków geologiczno-górniczych powstają deformacje powierzchni. Opiswane są z obszarów górnictwa różnych surowców - węgla kamiennego (DUNRUD I OSTERWALD 1980, ELIFRITS I IN. 1983, BULLOCK I BELL 1997, McNALLY 2000), ropy naftowej i gazu (POLAND I DAVIS 1969, SCHOONBEEK 1976, HEJMANOWSKI 1993), soli kamiennej (LEE I SAKALAS 2001, COOPER 2002, BRANSTON I STYLES 2003) i innych surowców (HASAN 1996, GALLOWAY I IN. 1999, BELL I IN. 2002, BECENDAM 2004, VAN DEN ECKHAUT I IN. 2007), a także z obszarów intensywnego poboru wód podziemnych (FOOSE 1967, POLAND 1984, DAITO I IN. 1991, LEBBE 1995, YONG I IN. 1995). Opracowano wiele modeli matematycznych, służących prognozowaniu wpływów eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię, na przykład oparte na modelach ośrodków ciągłych, na teorii ośrodka stochastycznego, geometryczno-całkowe. W Polsce znane są modele M. Chudka - L. Stefańskiego, B. Drzęzli, a szczególnie model W. Budryka - S. Knothego. W ostatnich latach powstało wiele programów komputerowych do prognozowania deformacji górotworu i powierzchni (DRZĘŻLA 1989, BIAŁEK 2003, ŚCIGAŁA 2005 i inne), ale pomimo stosowania coraz doskonalszych modeli, uwzględniających szereg parametrów naturalnych i górniczo-technicznych prognozowane deformacje nie zawsze pokrywają się z rzeczywistymi (np. HEJMANOWSKI I MALINOWSKA 2009, HEJMANOWSKI I KWINTA 2010).

Podziemna eksploatacja surowców skutkuje zachwianiem istniejącej w górotworze równowagi. Wpływy eksploatacji górniczej powodują trzy, ściśle ze sobą powiązane rodzaje przekształceń środowiska – geomechaniczne, hydrologiczne i biologiczne. Z geomorfologicznego punktu widzenia najważniejsze są przekształcenia geomechaniczne, powstające w wyniku przemieszczania się mas skalnych do wyrobisk górniczych. Są one nieuchronnym skutkiem eksploatacji górniczej ponieważ warunkiem koniecznym wydobycia kopaliny jest wykonanie wyrobiska - usunięcie z górotworu skał o określonej objętości i zniszczenie pierwotnej struktury górotworu (GREŃ I POPIOŁEK 1990). Przemieszczenia geomechaniczne obejmują coraz wyżej położone warstwy skalne powodując ich zawał, spękanie i ugięcie. Dochodząc do powierzchni terenu ujawniają się na niej w postaci deformacji ciągłych i nieciągłych.

Wielkość i rozkład deformacji w górotworze i na powierzchni zależą od wielu czynników, zarówno naturalnych (budowy geologicznej nad wybieranym pokładem, głębokości zalegania, grubości, nachylenia i liczby wybieranych pokładów, stanu zawodnienia górotworu, występowania dyslokacji tektonicznych), jak i górniczo-technicznych (systemu eksploatacji, kształtu, układu i postępu frontu eksploatacyjnego, liczby równocześnie wybieranych pokładów, wielkości wyeksploatowanej powierzchni, sposobu kierowania stropem, czystości wybierania złoża) (BORECKI 1980, CHUDEK I SAPICKI 2004).

Mechanizm powstawania deformacji ciągłych przedstawiono w licznych pracach zagranicznych (np. BRÄUNER 1973, KRATZSCH 1983, HOLZER 1984, WHITTAKER I REDDISH 1989, PENG 1992, BRADY I BROWN 2004) i polskich (SAŁUSTOWICZ 1968, SZPETKOWSKI 1978, BORECKI I CHUDEK 1973, BORECKI 1980, KNOTHE 1984, KŁECZEK 1994 i inne). Zasadniczy

wpływ na wielkość i prędkość ujawniania się deformacji ma grubość nadkładu oraz stosunek miąższości warstw złożowych do miąższości nadkładu – im mniejszy, tym większe deformacje na powierzchni. Wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji jej wpływy na powierzchnię maleją. Istotne znaczenie mają także własności wytrzymałościowe górotworu. Skały sztywne, takie jak grube ławice piaskowca łamią się dużymi płytami, a powstała na powierzchni niecka ma łagodną zbocza i duży zasięg (OSIECKI I TRZCIONKA 1987). Skały plastyczne nawet przy dużych odkształceniach nie pękają lecz ulegają silnemu ugięciu, więc niecka ma strome zbocza i mniejszy zasięg. Na wielkość szkód górniczych bardzo duży wpływ ma dynamika eksploatacji – prędkość frontu eksploatacyjnego, jej zmiany oraz czas trwania postojów ścian (KOWALSKI 1996). Postęp 2 m/dobę na głębokości 100 m jest porównywalny z postępem 20 m/dobę na głębokości 1000 m (CHUDEK I SAPICKI 2004). Ważnym czynnikiem wpływającym na wielkość deformacji jest system eksploatacji – bardzo małe osiadanie stropu występuje podczas eksploatacji częściowej (z pozostawianiem filarów ochronnych), a bardzo duże przy eksploatacji na zawał. Współczynniki osiadania wynoszą odpowiednio 0,05 i 0,7. Przy eksploatacji z podsadzką współczynnik ten kształtuje się od 0,12 do 0,5 (BORECKI 1980).

Deformacje ciągłe powstają wskutek ugięcia skał nadkładu bez przerywania ciągłości warstw. Występują w formie łagodnych i rozległych obniżen terenu zwanych nieckami osiadania (także nieckami z osiadania lub nieckami obniżen terenu) (fot. 1C). Są to formy o owalnym lub elipsowatym kształcie i na ogół kilkusetmetrowej średnicy, ale formy większe nie należą do rzadkości. W dnie niecek powstają czasami niewielkie nabrzmienia i wypukłości podłoża jako efekt sił ściskających wyzwolonych podczas przekształceń geomechanicznych. Zasięg niecek jest większy od pól eksploatacyjnych, które ją wywołały. Czas trwania deformacji górotworu i powierzchni terenu aż do osiągnięcia stanu równowagi wynosi kilka lat (3-4), dla górotworu zbudowanego ze słabych skał około 1,5 roku. Największe osiadania występują z opóźnieniem 9-12 miesięcy od rozpoczęcia eksploatacji (KWIATEK 1997). Wyróżnia się niecki dynamiczne, powstające podczas kontynuowania eksploatacji lub przy zatrzymaniu frontu, ale jeszcze w czasie trwania ruchów górotworu oraz niecki statyczne wykształcające się po zakończeniu eksploatacji i ustaniu ruchów górotworu (BORECKI 1980). W niektórych przypadkach niecka traktowana jako niecka ostateczna jest w rzeczywistości nieustaloną – czas maksymalnych obniżen ostatecznych dla eksploatacji z zawałem wynosi 10-15 lat, a dla eksploatacji z podsadzką 15-20 lat (NIEDOJADŁO 2005). Deformacje ciągłe powstają także w wyniku górnictwa otworowego, na przykład siarki czy ropy naftowej.

Geomechaniczne przyczyny powstawania deformacji nieciągłych na terenach górniczych przedstawiono w wielu pracach zagranicznych (np. BECK 1984, WHITTAKER 1985, KARFAKIS 1987, SINGH I DHAR 1997, WANFANG 1997, WIGHAM 2000, BROWN 2003) i polskich (BATKIEWICZ 1971, CHUDEK I IN. 1980, 1988, JANUSZ I PALKI 1980, KNOTHE 1984, POPIOŁEK I IN. 1990, GOSZCZ I IN. 1991, GOSZCZ 1996, MARCAK 1999, KRUCZKOWSKI 1999, PILECKI I POPIOŁEK 2000, STRZAŁKOWSKI 2000, 2010, CHUDEK 2002, FAJKLEWICZ I IN. 2004, KOTYRBA 2005, KOWALSKI 2005a,b). Deformacje te klasyfikuje się najczęściej ze względu na kształt, wyróżniając nieciągłości liniowe i powierzchniowe. Pierwsze z nich, powstają pod wpływem eksploatacji górniczej prowadzonej na różnej, nawet dużej głębokości i z reguły towarzyszą deformacjom ciągłym. Bardzo często powstają w efekcie wybierki zawałowej w kilku pokładach do jednej granicy, wyznaczonej filarem ochronnym, uskokiem lub obszarem górniczym (STRZAŁKOWSKI I IN. 2006). Nieciągłości powstałe w górotworze mogą ulec zatarciu w kierunku powierzchni terenu, zwłaszcza gdy docierają do warstw luźnych, piaszczystych (JANUSZ I IN. 1982). Przekroczenie krytycznej wielkości odkształcenia poziomego wywołującego rozluźnienie ośrodka gruntowego skutkuje powstaniem deformacji w formie spękań, szczelin, stopni,

a także utworzonych przez nie struktur, na przykład progów, rowów i fleksur (KOWALSKI 2005a,b) (fot. 1D). Powierzchnie poślizgu, czy pionowe szczeliny oddzielają od siebie bryły gruntu, które przemieszczają się jak bryły nieodkształtne (KWIATEK 2002). W gruntach niespoistych częściej powstają stopnie, w spoistych - szczeliny (KOWALSKI 2005b). Wyraźny wpływ na prawie skokowe narastanie wskaźników deformacji i powstawanie nieciągłości mają wahania w zakresie dziennego postępu frontu eksploatacyjnego, a głównie postoje weekendowe (SROKA 2003). Powstanie szczelin w intensywnie urzeźbionym terenie może aktywizować procesy osuwiskowe.

Drugi typ deformacji nieciągłych, zwanych powierzchniowymi jest wynikiem procesów zapadliskowych wywołanych działalnością górniczą. Były one przedmiotem prac, między innymi JAROSZA (1975), PALKIEGO (1978A,B), SACHSA (1982), GOSZCZA (1985), GOSZCZA I IN. (1991), GOSZCZA (1996), MARCAKA (1999), FAJKLEWICZA I IN. (2004), KOTYRBY (2005), POPIOŁKA I PILECKIEGO (2005). Z badań wynika, że zagrożenie powierzchni zapadliskami zależy od różnych czynników - do górniczych należą rozmiary i głębokość zalegania pustek, sposób eksploatacji i kierowania stropem oraz rodzaj obudowy wyrobisk górniczych. Wśród czynników geologicznych wymienia się rodzaj, grubość i zawodnienie skał nadkładu oraz dyslokacje tektoniczne. Szczególnie zagrożone zapadliskami są obszary o kruchym, szczelinowatym i porowatym podłożu (łupki, zwietrzałe piaskowce, wapienie i dolomity) (CHUDEK I ARKUSZEWSKI 1980, GOSZCZ I IN. 1991).

Większość zapadlisk (około 80%) jest wynikiem płytkiej eksploatacji górniczej, zwłaszcza prowadzonej na zawał, oraz reaktywacji starych, płytko zalegających zrobów⁹ na skutek: odwodnienia, obciążenia powierzchni budowlami lub drganiami komunikacyjnymi, obniżenia wytrzymałości skał w wyniku procesów reologicznych i wietrzenia, eksploatacji głębiej położonych pokładów, czy wstrząsów powodowanych tąpnięciami¹⁰, ruchami osuwiskowymi (GREŃ I POPIOŁEK 1990, GOSZCZ I IN. 1991, STRZAŁKOWSKI 2010). Za kryterium prawdopodobieństwa pojawienia się zapadliska przyjmuje się głębokość eksploatacji do 80 m, ale tworzą się one także nad pustkami głębiej położonymi (PALKI 1982a). Jednym z najważniejszych czynników aktywizującym procesy deformacyjne jest krążenie wód - naturalne lub antropogenicznie wymuszone, przykładowo wskutek pompowania wód w nieczynnych kopalniach (KOTYRBA 2005). Woda występująca w nadkładzie inicjuje zjawiska sufozyjne powodujące przemieszczenie się cząstek gruntu do pustki (GOSZCZ 1996), dlatego intensywność powstawania zapadlisk wzrasta w okresach większych opadów i spada w suchych lub mroźnych porach roku (CHUDEK I ARKUSZEWSKI 1980). Do powstania tych form przyczyniają się także procesy krasowe.

Zapadliskami nazywa się ogólnie deformacje powierzchni wywołane zawałem skał zalegających w stropie wyrobiska górniczego, czyli pustki pierwotnej w ujęciu SACHSA (1982). W obrębie skał nadkładu tworzy się wówczas pusta przestrzeń nazywana pustką wtórną, która w wyniku kolejnych zawałów „wędruje” ku powierzchni, zmniejszając objętość w stosunku do pustki pierwotnej (GOSZCZ I IN. 1991, MARCAK 1999. Według WHITTAKERA (1985) proces propagacji pustki ku powierzchni ma charakter „kominowania” (*chimney process*) (PILECKI 2006). Jeżeli pustka wtórna „wędruje” przez górotwór o dużej grubości to może ulec samopodsadzeniu¹¹, jeżeli jednak przemieści się do spągu luźnego nadkładu to z reguły skutkuje to powstaniem zapadliska. Procesy poprzedzające jego powstanie

⁹ Zrobry - wyeksploatowana część złoża kopaliny użytecznej

¹⁰ Tąpnięcia - wstrząsy podłoża z powodu naruszenia równowagi sił w górotworze wskutek eksploatacji złóż

¹¹ Samopodsadzanie - wypełnienie pustek poeksploatacyjnych samoczynnie spadającą, rozkruszoną skałą stropową

mogą trwać od kilku godzin do kilkudziesięciu lat od chwili powstania pustki w górotworze (CHUDEK I ARKUSZEWSKI 1980), ale sam zawal pustki tworzy się szybko, w przeciągu kilku dni, godzin, a nawet kilku minut, czyli gwałtownie (PILECKI 2006). Powstanie deformacji rzadko jest sygnalizowane jakimiś charakterystycznymi oznakami (GOSZCZ I IN. 1991). Zapadliska powstają też nad zasypianymi szymbami, w wyniku zniszczenia ich obudowy lub częściowego wymycia materiału przez infiltrującą wodę, mogą również powstać nad pustkami dawnych wyrobisk ukośnych – upadowymi¹² i sztolniami (KOTYRBA 2005).

Zapadliska obejmują z reguły niewielkie powierzchnie powodując ich zniszczenie i wyraźnie kontrastują z otaczającym terenem, który nie ulega prawie żadnym przekształceniom. Ciągłość warstw pomiędzy pustką a powierzchnią terenu zostaje przerwana (GOSZCZ 1996). Deformacje nieciągłe przyjmują najczęściej (w 80-90% przypadków) kształt stożkowego leja o głębokości do kilkudziesięciu metrów i średnicy przekraczającej nawet 100 m (fot. 1E, F), bądź nieforemnego zapadliska – płyszego, ze spłaszczonym dnem. MIKUŁA (1987) dzieli formy lejowate na typowe leje stożkowe kołowe, powstające w gruncie luźnym oraz leje regularne, które tworzą się w gruntach spoistych (mające strome, czasem pionowe zbocza przy krawędzi). Część deformacji nieciągłych jest planowo likwidowana, część mniejszych form ulega zamuleniu przez naturalne procesy geomorfologiczne. Modelowanie procesów zapadliskowych jest oparte na zasadach mechaniki górotworu i teorii prawdopodobieństwa, jednak teoretyczne modele są obarczone pewnymi wadami, dlatego w zależności od przyjętej teorii szacowane zagrożenie deformacjami może być katastrofalne albo niewielkie (KOTYRBA 2005). Prognozowanie deformacji nieciągłych polega więc głównie na analizie występowania warunków sprzyjających ich powstawaniu (KASZOWSKA I KOWALSKI 2007). Model warunków występowania deformacji nieciągłych przedstawili GREŃ I POPIOŁEK (1990).

Do pośrednich skutków górnictwa podziemnego należą także wstrząsy sejsmiczne tzw. tąpnięcia (PIERWOŁA I ZUBEREK 2000). Powodują one pęknięcia, niekiedy zawalenia budynków, natomiast tylko w nielicznych przypadkach - powstanie szczelin w wilgotnym gruncie oraz osunięć stromych zboczy i brzegów rzek. Szersze konsekwencje geomorfologiczne wynikają z powstania niecek osiadania. Po pierwsze, w wyniku obniżenia powierzchni mogą powstać zagłębienia bezodpływowe, w których obieg materii z dotychczas otwartego przechodzi w zamknięty - jeżeli powierzchnia terenu obniży się poniżej poziomu wodonośnego w zagłębieniach występują podtopienia. Po drugie, deformacje powierzchni mogą powodować zmiany spadków hydraulicznych rzek i cieków, a tym samym prowadzić do powstania w dolinach zalewisk oraz nowego układu stref akumulacji i erozji rzecznej (SIDLE I IN. 2000) (fot. 2A). Zmiany konfiguracji terenu mogą także prowadzić do zachwiania równowagi stoków i w konsekwencji zainicjowania procesów osuwiskowych, szczególnie na obszarach z natury podatnych na te procesy (KRAJEWSKI I IN. 1968, 1969, 1982, KLECZKOWSKI I WOJNAR 1982, PALKI 1982b, DUBIŃSKI I GERLACH 1983, RYBICKI I KROKOSZYŃSKI 1988). Jeżeli górnictwo podziemne prowadzone jest w strefie brzegowej morza to obniżenie powierzchni (lądu i szelfu) wpływa na zmiany procesów abrazyjnych (HUMPHRIES 2001).

Do oddziaływań pośrednich związanych z górnictwem podziemnym należą także zmiany wywołane odwadnianiem górotworu (FOOSE 1967). Zdaniem SZTEŁAKA (1969), w niektórych przypadkach obniżenia powierzchni wywołane drenażem złoża mogą przewyższać osiadania wynikające z jego wybierania. Oprócz odkształceń kompresyjnych, wyróżnia się także odkształcenia typu sufozyjnego lub zapadliskowego - wzmożone powstawanie zapadlisk

¹² Upadowa – pochyle wyrobisko korytarzowe usytuowane w złożu, biegnące po upadzie, łączące dwa, wykonane na różnych poziomach chodniki

obserwuje się w przypadku odwadniania złóż na obszarach krasowych, gdyż zmiana cyrkulacji wód podziemnych przyczynia się do sufozji osadów przykrywających skały węglanowe (WILK I IN. 1973, TYC 1989, YU 1994, WANFANG 1997). Powstałe w ten sposób formy nazywa się indukowanymi lejami krasowymi (*induced sinkholes*) (NEWTON (1984).

Wody wypompowywane z kopalń są w większości kierowane do rzek. Zmiany przepływów, uzależnione od zmiennej pod względem ilościowym dostawy wód kopalnianych modyfikują przebieg procesów erozyjno-akumulacyjnych w dolinach rzecznych. Wody dołowe, oprócz ładunku soli niosą zawiesinę, która powoduje kolmatację osadów dennych i koryt.

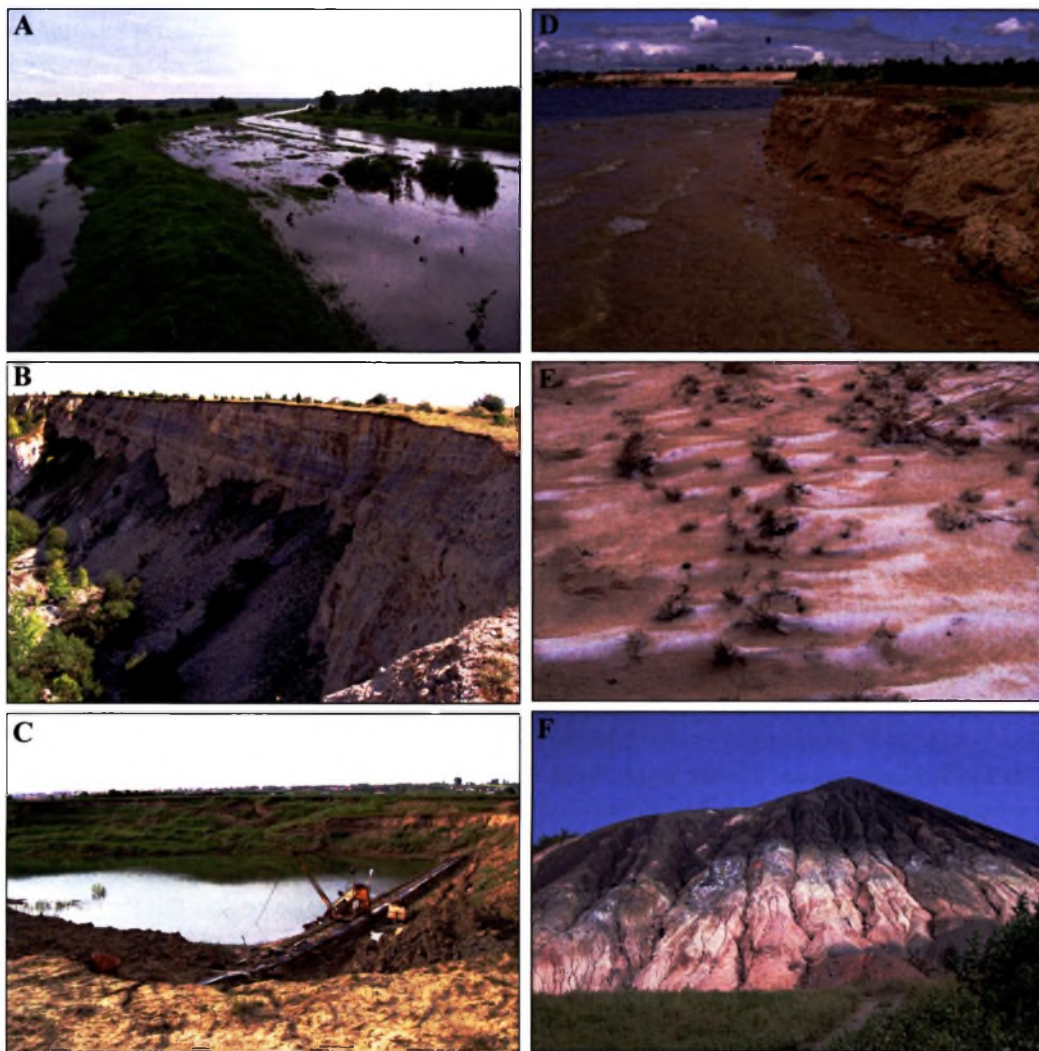
W górnictwie odkrywkowym wpływy pośrednie wywołane odwadnianiem wyrobiska są ograniczone zasięgiem leja depresji. Odwadnianie powoduje zarówno obniżenie powierzchni terenu poza odkrywką, jak i zanik wód, a tym samym procesów fluwialnych w dolinach mniejszych cieków. Na ścianach większości odkrywek zachodzą ruchy masowe w postaci osypisk, obrywów i osuwisk (fot. 2B,C), nieraz na bardzo szeroką skalę – w głębokich, wielopoziomowych wyrobiskach obejmują, jak podają TOY I HADLEY (1987) setki, a nawet tysiące kilometrów ścian. Procesy osuwiskowe są związane z zachwianiem stateczności ścian, w tym z powodu drgania maszyn górniczych. W odkrywkach ze zbiornikami wodnymi zachodzą procesy litoralne (brzegowe) (RZĘTAŁA M.A. 2003, RZĘTAŁA 2008) (fot. 2D), natomiast przesuszone dna piaskowni i innych wyrobisk o podłożu zbudowanym z osadów drobnofrakcyjnych znajdują się w zasięgu procesów eolicznych (SZCZYPEK I WACH 1991a,b) (fot. 2E).

Specyficznym rodzajem górnictwa odkrywkowego jest wydobywanie surowców, najczęściej piasków i kruszywa z dna rzek, zbiorników wodnych, plaż i strefy brzegowej mórz. W takich przypadkach trudno oddzielić oddziaływanie bezpośrednie od pośrednich. Eksploatacja osadów z koryt rzecznych powoduje wzmożenie erozji wgłębnej, zmianę geometrii koryt oraz wzmożoną agradację w niższym biegu rzeki (np. OSUCH 1968, GAŚOWSKI 1994, KONDOLF 1994, 1997, WYŻGA 2005, PADMALAL I IN. 2008, MMOM I CHUKWU-OKEAH 2012). Powierzchniowe wydobywanie surowców w strefie brzegowej mórz wzmagają natomiast procesy abrazyjne (MENSCH 1997). Wskutek procederu kradzieży piasku na małych wyspach Indonezji, Malezji, Kambodży, nieraz na masową skalę, ich powierzchnia zmniejsza się sukcesywnie wraz z cofaniem się linii brzegowej. W podobny sposób niszczone są plaże Meksyku, Jamajki, czy Maroka (D'ARMAGNAC 2010). Przykładem procesów akumulacyjnych mogą być natomiast delty zbudowane z odpadów kopalni niklu na Papui Nowej Gwinei (LUICK I IN. 2011).

Zwałowiska, a zwłaszcza osadniki są często obejmowane procesami eolicznymi (MIZERA 1980). U podstawy niektórych form tworzą się faliste wypiętrzenia powierzchni, wywołane naciskiem na podłożu dużej masy nagromadzonego na nich materiału, zjawisko to występuje przede wszystkim na podłożu podatnym na wyciskanie, na przykład ilastym (JANKOWSKI 1986). W wyniku procesu spłukiwania na stokach zwałowisk (fot. 2F) i innych form antropogenicznych na ich przedpolu jest wynoszony budujący je materiał - po włączeniu go do systemu rzecznoego, w przypadku dużej dostawy, powoduje to osłabienie przepływu rzecznoego (TOY I HADLEY 1987).

Podsumowując, wpływ górnictwa na rzeźbę obejmuje powstanie antropogenicznych form rzeźby, zmiany cech morfometrycznych rzeźby przedgórnicej, oraz modyfikację przebiegu procesów geomorfologicznych lub zainicjowanie procesów dotychczas niewystępujących. Rozmieszczenie wpływów górniczych jest uzależnione od budowy geologicznej, a ściślej od rozmieszczenia złóż i wykracza poza zasięg eksploatacji. Intensywność zmian rzeźby w granicach wpływów górniczych zależy natomiast od czynników górniczych, związanych ze sposobem

eksploatacji, oraz od podatności podłoża na wpływy górnicze. Relacje czasowe między przyczyną a skutkiem są zróżnicowane – od natychmiastowych, przez opóźnione do odległych, powstałych po zakończeniu eksploatacji (BARTECZEK I IN. 1988).



Fot. 2. Procesy geomorfologiczne kształtujące pogórnice formy rzeźby

A – powódź na obszarze osiadań górniczych w dolinie Gostyni, Bojszowy Dolne, Kotlina Oświęcimska, 2010 rok, B – stożki usypiskowe w kamieniołomie skał węglanowych, Sobków, Niecka Nidziańska, C – osuwiska na ścianach gliniarki w Busku, Niecka Nidziańska, D – abrazja brzegów zbiornika wodnego w piaskowni Kuźnica Warężyńska, Kotlina Dąbrowska, E – procesy niveo-eoliczne w piaskowni Szczakowa, Wyżyna Śląska, F – bruzdy erozyjne na zwalówisku odpadów górniczych, Donieckie Zagłębie Węglowe, Ukraina

Photo 2. Geomorphological processes shaping the post-mining landforms

A – flood in the area of mining subsidence, Gostynia valley, Bojszowy Dolne, Oświęcim Basin, 2010, B – debris cones in a carbonate rocks quarry, Sobków, Nida Basin, C – landslides in the clay pit, Busko, Nida Basin, D – abrasion of the shores of a water reservoir in the sandpit Kuźnica Warężyńska, Dąbrowa Basin, E – niveo-aeolian processes in the Szczakowa sandpit, Silesian Upland, F – rill marks on the slopes on mining waste heaps, Donetsk Coal Basin, Ukraine

4. ZARYS HISTORII GÓRNICTWA NA OBSZARZE GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego występują bogate złoża różnych surowców mineralnych, które od średniowiecza były przedmiotem działalności górniczej. Główne znaczenie pod względem wielkości wydobycia miało górnictwo węgla kamiennego, rozwijające się intensywnie od czasu XIX-wiecznej rewolucji przemysłowej. W południowej części zagłębia w utworach karbonu występują także złoża solanki, na bazie których funkcjonowało uzdrowisko w Jastrzębiu Zdroju, a nadal czynny jest źródło goczałkowicki. Pokładom węgla towarzyszą też sapropelity, syderyty, sferysyderyty, łupki ogniotrwałe i bentonity (GABZDYL I HANAK 2005). Bardzo duże zasoby metanu występujące w pokładach węgla są pozyskiwane w stosunkowo niewielkim stopniu. Tysiącletnią tradycję ma górnictwo pozyskiwanie galeny i srebra ze skał triasowych i to ono zapoczątkowało rozwój gospodarczy ziemi śląsko-krakowskiej. Równie stare jest górnictwo różnowiekowych rud żelaza, ale dopiero XIX- i XX-wieczna eksploatacja galmanu dała Polsce jedno z czołowych miejsc wśród górniczych państw świata. Surowce chemiczne występujące w osadach miocenu morskiego, poza krótkotrwałym wydobywaniem gipsu na Płaskowyżu Rybnickim, nie są wykorzystywane. Spośród bogatej bazy surowców skalnych największe znaczenie miała eksploatacja plejstocenijskich piasków podsadzkowych, ściśle związana z górnictwem węgla kamiennego. Od XIX wieku na potrzeby przemysłu hutniczego, wapienniczego, cementowego i budowlanego na znaczną skalę wydobywane były dolomity, wapienie, margle, porfiry i melafiry. W skali regionu dużą rolę odgrywała też eksploatacja kruszyw naturalnych, natomiast wydobycie surowców ilastych, choć powszechne, było ogólnie nieduże.

Pierwszy zarys dziejów górnictwa na ziemiach dawnej Rzeczypospolitej przedstawił ŁABĘCKI (1841) w dziele *Górnictwo w Polsce*. W 1857 roku ukazała się synteza dziejów śląskiego górnictwa napisana przez STEIBECKA *Geschichte des schlesischen Bergbaus*. Popularne opracowanie PIERNIKARCZYKA (1933/1934) *Historia górnictwa i hutnictwa na Górnym Śląsku* ze względu na nieścisłości nie jest w pełni wiarygodne. Duże znaczenie w badaniach nad historią górnictwa miały prace - KOSSUTHA (1965) *Górnictwo węglowe na Górnym Śląsku w połowie XIX wieku* oraz synteza dziejów górnośląskiego górnictwa i hutnictwa w drugiej połowie XIX wieku napisana przez POPIOŁKA (1958). Historię górnictwa węgla kamiennego opracował JAROS (1965, 1969, 1973), a dawnego górnictwa kruszców ABT (1957) i MOLENDY (1963, 1972).

4.1. GÓRNICTWO RUD ŻELAZA

Początki górnictwa na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego były związane z odkrywkowym pozyskiwaniem płytko zalegających rud darniowych. Pierwsza wzmianka o ich eksploatacji pojawia się w 1136 roku, ale historia tego górnictwa jest znacznie starsza. Zasadniczy okres eksploatacji rud, głównie niskowartościowych syderytów i limonitów, rozpoczął się w XIII wieku. Złoża limonitu na wychodniach skał triasowych eksploatowano, na przykład w pobliżu Bobrownik i Radzionkowa, miocenijskie syderyty ilaste „kopano” w pobliżu Gliwic, zaś na ziemi rybnickiej - rudy darniowe (SZWAGRZYK I IN. 1976).

Trudno oszacować rozmiary ówczesnej eksploatacji rud żelaza. Według RADWANA (1963) w XVI wieku pojedyncza, najlepiej pracująca dymarka zużywała około 100 ton rudy rocznie. Z zestawienia MUSIOŁA I PŁUSZCZEWSKIEGO (1960) wynika, że na badanym obszarze, w XVI wieku czynnych było 8 kuźnic - Stara Kuźnia w Śmiłowicach (1394), Jaroszowicka, Bogucicka, Roździeńska, Załęska, Rybnicka, Stodolska i Halemba. PIERNIKARCZYK (1933/1934) wymienia także Rudzką Kuźnię nad Bytomką, a POPIOŁEK (1947) – w Szopienicach. Wszystkie kuźnice korzystały wówczas z lokalnego zaplecza surowcowego. Wydobyte rudy w ciągu około 300 lat (XV-XVII wiek), oszacowano, z wielkim przybliżeniem, na około 200 000 ton. Górnictwo i hutnictwo żelazne tamtych czasów zostało opisane w słynnym poemacie Walentego Roździeńskiego *Officina ferraria* z 1612 roku.

Kolejny etap górnictwa rud żelaza przypada na XVIII wiek i jest związany z dostarczaniem surowca zarówno do kuźnic dymarskich, jak i do wielkich pieców opalanych węglem drzewnym. Liczbę tych ostatnich trudno określić – w źródłach wymienianych jest 5 - w Trachach, Starej Kuźnicy w Śmiłowicach, w Ząbkowicach (1725), w okolicach Bytomia oraz w Kuźnicy Jaroszowickiej koło Bierunia (PIERNIKARCZYK 1933/1934). Kuźnic dymarskich było prawdopodobnie około 10-12. RADWAN (1963), na podstawie krytycznej analizy materiałów źródłowych, między innymi *Opisanie polskich żelaza fabryk* J. Osińskiego z 1782 roku i *Geschichte des Eisens* L. Becka z lat 1890-1903, podaje, że wielki piec produkował poniżej 100 ton żelaza rocznie, a wykorzystanie żelaza z rudy wynosiło 60-70%. Dla kuźnic dymarskich wielkości te wynosiły odpowiednio 32 tony i 25-40%. Na badanym obszarze główne znaczenie miały złoża rud limonitowych w okolicach Radzionkowa, Blachówki, Suchej Góry, Stolarzowic, Bobrownik, Nakła, Piekarów Rudnych, Miechowic, Łagiewnik i Szarleja, towarzyszące rudom ołowiu i srebra w dolomitach kruszczoonych oraz występujące na powierzchni warstw gogolińskich wśród utworów krasowych (ŻEGLICKI 1996). Żelaziaki brunatne mogły występować w postaci gniazd, nieraz kilkunietarowych o kilkumetrowej miąższości (RADWAN 1963) - ich wydobyte prowadzono między Nakłem a Bobrownikami oraz w okolicy Rogoźnika i Chorzowa. Ślady eksploatacji rud, zarówno odkrywkowej, jak i podziemnej – wieloszybkowej, zachowane są do dziś, np. na obszarze Kocich Gór w Piekarach Śląskich, czy w okolicach Suchej Góry (LAMPARSKA-WIELAND 2003). Szacunkowo, w XVIII wieku na obszarze GZW wydobyto 200-400 tysięcy ton rudy żelaza.

Zapotrzebowanie na rudy żelaza wyraźnie wzrosło w XIX wieku, wraz z powstaniem pieców opalanych koksem. W połowie XIX wieku na zachód od Brynicy było 8 pieców opalanych koksem i 20 pieców na węglu drzewnym (MUSIOŁ I PŁUSZCZEWSKI 1960). Ponadto czynnych było kilka pieców w Dąbrowie Górniczej i Sosnowcu – rocznie zużywały one (razem z 3 innymi piecami w Królestwie Polskim) 53 000 ton rudy (SZWAGRZYK I IN. 1976),

ale prawdopodobnie większa jej część wydobywana była poza obszarem badań, w rejonie częstochowskim. Rudy żelaza eksploatowano też w połowie XIX wieku, krótko i na małą skalę, we wschodniej części GZW w Balinie, Chrzanowie-Kościelcu, Cezarówce – wydobyto tu łącznie około 100-150 tysięcy ton limonitów i żelaziaków brunatnych na potrzeby małych hut w Płokach i Chrzanowie (Stara Huta) (SZUWARZYŃSKI 2010).

Średnia roczna produkcja wielkiego pieca opalanego węglem drzewnym wynosiła w tym czasie 4 500 ton, a opalanego koksem 41 000 ton surówki (CZERMIŃSKI 1992), przy czym wykorzystanie żelaza z rudy wynosiło odpowiednio 60% i 80%. Udział rud „śląskich” we wsadzie wielkopieczowym stopniowo malał - w 1878 roku wynosił 70%, dziesięć lat później połowę, a w 1906 roku zaledwie 25%. Biorąc powyższe pod uwagę szacunkowo obliczono, że w XIX wieku na obszarze badań mogło być wydobyte około 17 mln ton rud żelaza. RADWAN (1963) podaje natomiast, że w 1847 roku łączna produkcja pieców na koksie wynosiła 19 750 ton, zaś pieców na węgiel drzewny 44 800 ton – szacowane na tej podstawie wydobyte rudy w XIX wieku wynosiłyby zatem około 8 mln ton. Z kolei, według Żeglickiego (1996) w rejonie tarnogórskim, którego większa część znajduje się w granicach GZW, od początku eksploatacji wydobyto około 40 mln ton rud żelaza. Taka wielkość wydobywania nie koresponduje z danymi statystycznymi zebranymi przez POPIOŁKA (1965), z których wynika, że w latach 1852-1914, czyli w okresie największej produkcji, na całym (!) Górnym Śląsku wydobyto znacznie mniej, bo 26,8 mln ton rud żelaza. Wydaje się, że wielkość wydobywania, od początku XIX wieku do I wojny światowej, można szacować na około 20 mln ton. Na podstawie map *Messtischblätter* z 1883 roku obliczono, że powierzchnia zajmowana przez odkrywkowe górnictwo rud żelaza wynosiła pod koniec XIX wieku około 7 km². Na początku XX wieku miejscowe złoża były na wyczerpaniu i w okresie międzywojennym górnictwo rud żelaza straciło na znaczeniu.

4.2. GÓRNICTWO RUD CYNKU I OŁOWIU

Tradycje górnictwa rud srebra i ołowiu w Polsce sięgają początków państwa polskiego. Poświadcza to piec do wytopu ołowiu, odkryty w Łośniu, w sąsiedztwie północno-wschodniej granicy Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, datowany na XI wiek (ROZMUS I BODNAR 2004). Górnictwo i hutnictwo kruszców na Garbie Żąbkowickim rozpoczęło się zatem, co najmniej 100 lat wcześniej niż to potwierdziła bullą papieża Innocentego II z 1136 roku dla okolic Bytomia. Na podstawie znalezisk przedmiotów ołowianych wysuwane są też przypuszczenia, że rudy ołowiu na Górnym Śląsku były wydobywane i wytapiane już od połowy pierwszego tysiąclecia p.n.e. (MOLENDĄ 1978).

Złoża galeny i galmanu występują w dolomitach kruszczośnych środkowego triasu do głębokości około 200 m, wyjątkowo 350 m. Od wczesnego średniowiecza do przełomu wieków XIV/XV rudy eksploatowano na wychodniach, głównie wybierką powierzchniową. Ośrodkami wydobywania galeny były m.in. Bytom, Repty, Bobrowniki, Miechowice, Bobrek, Ciężkowice, Długoszyn, Jaworzno, Balin, Luszowice, Wodna, Chrzanów i inne miejscowości. Z powodu zalewania kopalń przez wody podziemne w górnictwie kruszców występowały dłuższe lub krótsze okresy załamania produkcji.

Eksploatację złóż leżących poniżej zwierciadła wód podziemnych rozpoczęto pod koniec XV wieku wraz z budową pierwszych sztolni odwadniających, ale nadal równolegle

kontynuowano eksploatację odkrywkową, na przykład w okolicy Szarleja, czy Balina. O skali prac górniczych świadczą tysiące szybków na wzniesieniach triasowych od Bobrownik na północy po Chrzanów na wschodzie GZW. Na podstawie mapy obszarów górniczych w XVI i XVII wieku (MOLENDĄ 1972) obliczono, że w rejonach bytomskim i bobrownickim¹ zajmowały one powierzchnię około 16 km², a w rejonie chrzanowsko-jaworznickim – około 28 km². Wielkość wydobycia w tym okresie można tylko szacować. Zakładając, że średnio produkowano 20 000 centnarów ołowiu i srebra rocznie (centnar – około 58 kg) i przyjmując 150 lat wydajnej produkcji, czyli odliczając lata kryzysowe, dałoby to wartość 174 000 ton metalu, które można było uzyskać z około 1 mln ton rudy (przy założeniu kilkunasto-procentowej zawartości kruszcu).

Na początku XVIII wieku zaznaczył się upadek górnictwa rud ołowiu, ale 100 lat później odradza się z całą intensywnością w związku z odkryciem przez J. Ch. Ruhberga sposobu produkcji cynku z galmanu. Wydobywano go wówczas w szybach drążonych jeden obok drugiego, na ogół na głębokość nieprzekraczającą kilkanaście metrów. Wielkie ilości rudy cynku uzyskiwano przebijając i przepłukując hałdy na powierzchni starych pól górniczych.

Dynamiczny rozwój górnictwa kruszców, który nastąpił w połowie XIX wieku utrwalił podział na 3 rejony górnicze: bytomski, bobrownicki i chrzanowsko-jaworznicki (rys. 9). W tym ostatnim w 1855 roku w Chrzanowie-Kątach, powstała kopalnia „Matylda”, która z przerwami z powodu zatopień działała do 1972 roku (SZUWARZYŃSKI 2010), natomiast przy wschodniej granicy GZW, w okolicy Płok powstała kopalnia „Katarzyna”, czynna do 1912 roku. Eksploatację prowadzono też w Długoszynie, Byczynie i Jaworznie - kopalnia galmanu „Jaworzno” („Galmany”) była czynna do 1958 roku (CABAŁA I SUTKOWSKA 2006). Tradycje górnictwa kruszców w rejonie chrzanowsko-jaworznickim kontynuowała w latach 1962-2009 kopalnia „Trzebionka”, która na przełomie wieków XX i XXI miała miano jednej z największych na świecie, wykorzystującej najnowszą technikę górniczą, z produkcją 2,3 mln ton/rok. Według GŁOGOWSKIEJ (2007) do 2006 roku wydobyto w niej 56 mln ton rudy, a do likwidacji w 2009 roku około 60 mln ton. W rejonie chrzanowsko-jaworznickim w XIX i XX wieku podziemna eksploatacja była prowadzona na obszarze około 15 km², a odkrywkowa, co najmniej 10 km². Szacunkowo, w ciągu kilkusetletniej działalności górniczej wydobyto w tym rejonie około 80 mln ton rudy.

W okolicy Bobrownik powstała w 1784 roku wielka kopalnia srebra i ołowiu „Fryderyk”. Większa jej część (112 km²) znajdowała się w granicach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (rys. 9), dlatego 75% jej wydobycia przypisano do obszaru badań. NOWAK (1927) podaje, że w ciągu 126 lat działalności (do 1910 roku) kopalnia wydobyła 167 000 ton kruszcu ołowianego. W tym samym czasie kopalnie prywatne wydobły go nieco ponad 1 mln ton. Przypuszczalnie, powyższa działalność górnicza wiązała się z wydobyciem w rejonie bobrownickim kilkunastu mln ton rudy. Ślady intensywnej działalności górniczej w tym rejonie są do dziś czytelne w krajobrazie Płaskowyżu Tarnowickiego (LAMPARSKA-WIELAND 2003).

W rejonie bytomskim powstały 4 kopalnie rud cynku i ołowiu „Nowa Helena” w Brzozowicach (1841), „Szarlej Biały” w Brzezinach (1853), „Nowy Dwór” w Dąbrowie Miejskiej (1881) i „Nowy Biały Szarlej” w Bytomiu (1928). Na bazie tych kopalń powstał w 1967 roku Kombinat Górniczo-Hutniczy „Orzeł Biały”, jeden z większych tego typu zakładów w Europie – złożę niemal w całości (97%) wyeksploatowano systemem filarowo-zabierkowym na zawał (BAK I BARAŃCZUK 1989) - jego działalność została wygaszona w 1989 roku.

¹ Obszar górnictwa rud srebra i ołowiu w okolicach Tarnowskich Gór jest w literaturze nazywany tarnogórskim. W granicach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego znajduje się większa jego część, którą na potrzeby niniejszej pracy nazwano rejonem bobrownickim

Kopalnie podziemne rejonu bytomskiego prowadziły eksploatację na obszarze około 18 km², natomiast powierzchnia terenów będących pod wpływem górnictwa odkrywkowego, obliczona na podstawie map *Messtischblätter* (1883) wynosiła 7 km². Według MINORCZYKA (1986) w XIX wieku w niecce bytomskiej wydobyto 22,4 mln ton rudy (± 5%)². Wydobyte w latach 1901-1944 wynosiło 32,3 mln ton, zaś w okresie powojennym do 1984 roku – 48,3 mln ton.



Rys. 9. Górnictwo kruszców na obszarze GZW
(opracowano na podstawie Molendy 1972, map *Messtischblätter* 1883)

1 – obszary górnicze dużych kopalni podziemnych, 2 – mniejsze kopalnie czynne w XIX-XX wieku: BS – Biały Szarlej, G – Galmany, K – Katarzyna, M – Matylda, NBS – Nowy Biały Szarlej (Marchlewski), ND – Nowy Dwór, NH – Nowa Helena (Waryński), 3 – główne obszary górnictwa kruszców w XVI-XVIII wieku, 4 – północno-wschodnia granica GZW

Fig. 9. Ore mining in the area of the Upper Silesian Coal Basin
(made by the author on the basis of Molenda 1972, *Messtischblätter* 1883)

1 – large underground mines, 2 – small mines active in the XIX-XX centuries: BS – Biały Szarlej, G – Galmany, K – Katarzyna, M – Matylda, NBS – Nowy Biały Szarlej (Marchlewski), ND – Nowy Dwór, NH – Nowa Helena (Waryński), 3 – main areas of mining ore in the XVI-XVIII centuries, 4 – north-eastern boundary of Upper Silesian Coal Basin

Od początku górnictwa kruszców na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wydobyto w przybliżeniu około 200 mln ton rud cynku i ołowiu, z tego 90 mln ton do 1945 roku. Łącznie pod wpływem górnictwa galeny i galmanu był obszar o powierzchni około 160 km². Z górnictwem i hutnictwem rud cynku i ołowiu jest związana znaczna ilość odpadów – w rejonach bytomskim i bobrownickim nagromadzono ich łącznie 79 mln ton na powierzchni 2 km² (STRZYSZCZ I ŁUKASIK 2008), a przy kopalni „Trzebieńka” od 32 mln ton

¹⁴ Popiołek (1965) podaje, że na Górnym Śląsku, a zatem zarówno w rejonie bytomskim, jak i tarnogórskim w półwieczu 1852-1900 wydobyto 21,1 mln ton rud cynkowo-ołowiowych. Uwzględniając odpowiednio mniejsze wydobyte w pierwszej połowie XIX wieku, dałoby to w sumie około 35 mln ton, co jest zbliżone z obliczeniami poczynionymi w niniejszej pracy

na powierzchni 0,65 km² według NOWAK (2008) do 80 mln ton, zdaniem JAROSIŃSKIEGO I MADEJSKIEJ (2008). Od 2009 roku w granicach obszaru badań nie prowadzi się eksploatacji surowców metalicznych, ale znajdują się tu 3 złoża rud cynku i ołowiu - Dąbrówka Wielka i Jaworzno, których zasoby sklasyfikowano jako pozabilansowe oraz Balin-Trzebionka, skreślone, z powodu zamknięcia w 2009 roku kopalni „Trzebionka”.

*...na „Paryżu” w Dąbrowie Górniczej
ołśnić może ogromne bogactwo węgla,
dochodzącego do kilkunastu metrów miąższości*

Stanisława Niemcówna 1929

4.3. GÓRNICTWÓ WĘGLA KAMIENNEGO

Najstarsze wzmianki o występowaniu lub kopaniu węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym dotyczą Rudzkiej Kuźni w dolinie Bytomki (1548) (PIERNIKARCYK 1933/34), Murcek (1657) (JAROS 1965) oraz Tenczynka (1659) (BATTAGLIA 1936). W dokumentach eksploatacja węgla jest potwierdzona dopiero od 1740 roku dla kopalni „Emanuelsegen”, później „Murcki”, której przypada miano najstarszej w Zagłębiu Górnośląskim. W drugiej połowie XVIII wieku kopanie węgla prowadzono, między innymi w Rudzkiej Kuźni (1752 – kopalnia „Brandenburg”, później „Walenty-Wawel”), Szczakowej (1766), Mysłowicach (1785), Dąbrowie Górniczej (1785), Strzyżowicach (1788), Rydułtowach (1792) i Jaworznie (1795) (CIEPIELA 2003). Początki statystyki węglowej przypadają na 1769 rok.

Do połowy XVIII wieku węgiel wygrzebywano w prymitywnych odkrywkach na wychodniach pokładów (do poziomu wody gruntowej). Łączna produkcja ówczesnych odkrywek nie przekraczała kilkuset ton węgla rocznie. W miejscach większego nadkładu złoża udostępniano płytkim szybem lub krótką sztolnią - średnia głębokość eksploatacji wynosiła zaledwie kilkanaście metrów. Kopalnie „wędrowały” w terenie - w granicach pola górniczego wydobyte prowadzono około jednego roku (KOSSUTH 1961). Węgiel był wykorzystywany głównie przez kuźnie, browary, gorzelnie, cegielnie, wapienniki.

Rozwój górnictwa węglowego datuje się dopiero od założenia w 1791 roku kopalń państwowych „Król” w Chorzowie i „Królowa Luiza” w Zabrze, a także zastosowania węgla i koks w hutach oraz do maszyn parowych poruszających pompy odwadniające w kopalniach. Istniało zapotrzebowanie głównie na węgiel gruby, miatu nie wydobywano, co było przyczyną wielu pożarów w kopalniach. Łączne wydobyte węgla do końca XVIII wieku było niewielkie - wynosiło 135 690 ton, a z uwzględnieniem kopalń małych - 308 280 ton³ (tab. 1). Największym wydobyciem odznaczała się kopalnia „Król” - 56 549 ton.

¹⁵ W XVIII i XIX wieku na obszarze GZW występowały liczne małe kopalnie, czynne krótko (rok – kilka, kilkanaście lat, często o nieznanym lokalizacji w terenie lub położone poza granicami kopalni, dla których prowadzono statystykę produkcji itp. Dane o ich produkcji są niepełne, wyrwykowe, ale wynika z nich, że do lat 70. XIX wieku w kopalniach tych skupiała się ponad połowa produkcji węgla w GZW (tab. 1). W niniejszej pracy, z założenia wymagającej operowania danymi dla konkretnych kopalni, podstawą obliczeń dla XVIII i XIX wieku były dane statystyczne zestawione w pracach Luksy (1959) i Jarosa (1975).

W pierwszej połowie XIX wieku, oprócz dwóch dużych kopalń państwowych, istniały liczne małe kopalnie podziemne, niekiedy odkrywkowe, wydobywające węgiel ręcznie dla drobnych odbiorców. Wielki obszar występowania płytko leżących pokładów węgla, pozwalał przez długi okres czasu na przeniesienie eksploatacji wzdłuż wychodni pokładów i nie sięganie głębiej niż do poziomu sztolni odwadniających, których było, co najmniej 75. Liczba kopalń była zmienna, ale ogólnie coraz większa – według LUKSY (1959) w okręgu górnośląskim w 1816 roku było ich 27, w 1850 roku – 71. Większość kopalń pracowała na głębokościach nie większych niż 42 m (KOSSUTH 1965). Dla podniesienia zysków wybierano tylko grube pokłady, powyżej 1 m miąższości, w przewodzie z zawalem stropu. KOSSUTH (1961) przypuszcza, że wydobywany węgiel nie zawierał kamienia, który pozostawiano na dole. Oddzielenie węgla grubego od drobnego odbywało się w wyrobisku. Na ten ostatni nie było zapotrzebowania – zalegając pod ziemią był trawiony przez pożary, więc składowano go na hałdach. Najważniejszym odbiorcą węgla kamiennego było hutnictwo cynku. W pierwszej połowie XIX wieku na obszarze GZW wydobyto 19 mln ton węgla, z tego 11 mln ton w kopalniach małych (tab. 1). Największe wydobycie było w kopalniach „Król” i „Królowa Luiza”.

Tabela 1. Wydobycie węgla kamiennego w kopalniach dużych i małych na obszarze GZW w latach 1769-2009 (opracowano na podstawie Luksy 1959, Jarosa 1975 oraz statystyk przemysłu węglowego)

Table 1. Coal production in large and small mines in the Upper Silesian Coal Basin in the years 1769-2009 (made by the author on the basis of Luksa 1959, Jaros 1975 and statistical data of the coal industry)

Okres	Wydobycie na obszarze GZW [ton]	Wydobycie ujęte w statystykach dużych kopalń przetrwałych do XX wieku [ton]	Wydobycie w małych kopalniach o krótkiej żywotności, nieznaney lokalizacji w terenie lub położonych poza granicami kopalń, dla których prowadzono statystykę produkcji		
			ton	% wydobycia GZW	Średnio ton/rok
do 1800	308 280	135 690	172 590	56,0	5 567
1801-1825	3 796 902	1 832 984	1 963 918	51,7	78 557
1826-1850	15 235 087	6 223 751	9 011 336	59,1	360 453
1851-1875	109 203 807	58 625 284	50 578 523	46,3	2 023 141
1876-1900	445 562 847	364 846 582	80 716 265	18,1	3 228 651
1901-1925	1 013 868 379	951 070 479	62 797 900	6,2	2 511 916
1926-1950	1 497 136 028	1 483 503 421	3 632 607	0,9	545 304
Razem 1769-1950	3 085 111 330	2 866 238 191	208 873 139	6,8	1 147 655
1951-1975	2 847 011 739	Dla lat 1950-1973 występują różnice w danych statystycznych wydobywania węgla kamiennego. W tabeli podano obliczenia za Jarosem (1973), ale łączne wydobycie wykazywane w statystykach kopalnianych jest w tym okresie o 16,3 mln ton mniejsze (w statystycznej kopalni średnio o 0,4%)			
1976-2000	3 962 182 584				
2001-2009	773 087 900				
Razem 1951-2009	7 582 282 223				
1769-2009	10 667 393 553				

W drugiej połowie XIX wieku rozwojowi górnictwa węgla kamiennego sprzyjały budowa linii kolejowych, koncentracja kapitałów i łączenie kopalń oraz szybki postęp technologiczny. Transport kolejowy nie tylko umożliwił eksport węgla, ale i sam stał się jego ważnym odbiorcą. Kopalnie rozmieściły się w pasie od Zabrzeża po Mysłowice wzdłuż pokładów siodłowych, leżących płytko, odznaczających się wyjątkową grubością oraz małym lub średnim nachyleniem. Mniejsze skupienie kopalń powstało na ziemi rybnickiej i pszczyńskiej. W tym okresie koniecznością stało się odwadnianie kopalń. Pożary były coraz rzadsze, w związku z większą głębokością eksploatacji oraz wydobywaniem na powierzchnię drobnego węgla, na który wreszcie było zapotrzebowanie. Podsadzkę (żużel, popioły, piasek,

odpady z hałd) zaczęto stosować sporadycznie pod koniec XIX wieku (pierwszy raz w 1877 roku w kopalni „Hrabina Laura”) (JAROS 1965). Ponad 40% wydobycia pochodziło z eksploatacji pokładów grubszych niż 4 m, głównie tzw. śląskim systemem filarowym. We wschodniej części zagłębia stosowano metodę dąbrowską - wybierania węgla zabierkami na całą grubość pokładu. Od 1857 roku w kopalni „Król” i kilku innych grube pokłady wybierano metodą szachownicową (naprzemienne zabierki i filary ochronne), która powodowała bardzo duże straty substancji węglowej sięgające 40-50%. Ogólnie, na Górnym Śląsku gospodarowano zasobami węgla w grubych pokładach w sposób rozrzutny. W ich urabianiu dominowały systemy z zawalem stropu, co spowodowało zniszczenie dużych zasobów węgla w pokładach cieńszych (KOSSUTH 1965). Wyczerpywanie się płytkich złóż doprowadziło do stabilizacji kopalń w terenie - ich liczba z maksymalnej 142 w 1873 roku zmniejszyła się o połowę pod koniec XIX wieku (POPIOŁEK 1965). Łącznie, w drugiej połowie XIX wieku wydobyto 554,8 mln ton węgla kamiennego. Znamienne, że o ile w pierwszym 25-leciu z małych kopalń pochodziło ponad 46% produkcji, to w kolejnym jedynie 18,1% (tab. 1).

Na początku XX wieku produkcja węgla osiągnęła już wysoki stopień koncentracji. Głębokość eksploatacji z reguły nie przekraczała 100 m, ale w latach 30. średnia głębokość szybów wydobywczych przekroczyła 300 m (JAROS 1969). Nadal wybierano głównie grube pokłady - cieńsze niż 1,8 m eksploatowano tylko wyjątkowo (KOSSUTH 1968). Węgiel drobny, który dawniej marnował się na hałdach zaczęto rozdzielać na sortymenty i oczyszczać w płuczkach. Podosadzkę płynną na większą skalę zastosowano pierwszy raz w 1901 roku w kopalni Mysłowice, a w następnych latach w wielu innych kopalniach górnośląskich np. „Kleofas”, „Dębieńsko”, „Milowice”. Stosowanie podsadzki przekroczyło 30% w 1934 roku (FRYCZKOWSKI 1937).

W przededniu I wojny światowej czynne były 103 kopalnie. Duże kopalnie w okręgu górnośląskim (63) dawały wówczas ponad 80% produkcji całego zagłębia. W okręgu dąbrowskim połowa z 32 kopalń zaliczana była do małych i płytkich, natomiast z 8 kopalń czynnych w okręgu krakowskim pochodziło zaledwie kilka procent wydobycia w całym GZW (JAROS 1969). Największe straty wojenne poniosły kopalnie w okręgu dąbrowskim. Krzywa produkcji węgla w okresie międzywojennym wykazuje szereg skoków i załamań – okresy ożywienia gospodarczego przedzielone były kryzysowymi, kiedy część kopalń zamykano. Bezrobotni górnicy wydobywali węgiel nielegalnie w biedaszybach, szczególnie w okolicach Dąbrowy Górniczej, Katowic i Świętochłowic. Według ZIEMBY (1967) w 1932 roku w regionie było około 5-6 tysięcy biedaszybów. W kopalniach węgiel wybierano przeważnie na zawal - w niemieckich w 50,2%, w polskich w 79,4% (w 1937 roku). W okręgu dąbrowskim na szeroką skalę stosowano podsadzkę (ponad 70%).

W okresie II wojny światowej kopalnie zostały ujęte w ramy niemieckiej gospodarki wojennej i produkcja węgla bardzo wzrosła. W czasie ofensywy 1944-1945 kopalnie polskie nie doznały poważniejszych zniszczeń, ale stan techniczny i górniczy kopalń po wojnie był słaby - obudowa wyrobisk była w 90% drewniana, ładowanie urobku odbywało się niemal wyłącznie ręcznie (*Górnictwo...*1988). Prawie połowa wydobycia (46%) pochodziła z głębokości do 300 m, a 42% z pokładów o grubości ponad 3,5 m. Przeważały systemy zabierkowe na zawal (około 70% wydobycia) (JAROS 1973). W pierwszej połowie XX wieku wydobyto 2,5 mld ton węgla kamiennego (tab. 1).

Po II wojnie światowej przez wiele lat węgiel kamienny był podstawą polskiej energetyki i hutnictwa i odgrywał ważną rolę w bilansie handlowym. Początkowo wydobycie koncentrowało się w centralnej części ówczesnego GOP. W 1947 roku czynnych było 66 kopalń, w tym większość małych o wydobyciu nieprzekraczającym 1 mln ton

(TKOCZ 1987). Na obszarze GOP i jego obrzeżach wybudowano kilka nowych kopalń – „Wesoła II”, „Ziemowit”, „Kościuszko Nowa”, „Julian”, „Nowy Wirek”, „Halemba”, „Porąbka” i „Staszic”. W granicach niektórych z tych kopalń znalazły się dawne obszary górnicze (np. stara kopalnia „Piaś” w granicach kopalni „Ziemowit”, zaś nowa kopalnia wybudowana w 1976 roku przybrała nazwę „Piaś”), część kopalń została połączona z innymi (np. „Porąbka” z „Klimontowem”). W latach 60. i 70. XX wieku wybudowano wiele kopalń w Rybnickim Okręgu Węglowym (m.in. „1 Maja”, „Jastrzębie”, „Moszczenica”, „Pniówek”) w górotworze o szczególnie trudnych warunkach geologiczno-górnicych - silnie zaburzonych pokładach i wysokiej, jednej z najwyższych w Europie, gazowości (Górnictwo...1988). Łącznie, w okresie powojennym powstały 22 nowe zakłady wydobywcze głębinowe i 33 kopalnie odkrywkowe w ramach kopalń już istniejących, w tym największa odkrywka „Brzozowica” (fot. 3A). Najmłodszą kopalnią jest „Budryk” (1994). W niektórych rejonach do lat 70. XX wieku prowadzono płytką eksploatację (KOTYRBA 2005). W 1974 roku przeważały kopalnie średnie o wydobywaniu 2-4 mln ton, dziesięć lat później 13 kopalń wydobywało powyżej 5 mln ton, w tym „Ziemowit” i „Piaś” powyżej 7 mln ton (TKOCZ 1987). Pod koniec lat 80. XX wieku Zagłębie dostarczało 98,5% krajowej produkcji węgla. Wzrost wydobywania węgla był związany z rewolucją techniczną w polskich kopalniach zapoczątkowaną wprowadzeniem kombajnów do urabiania ścian - w 1950 roku było ich 6, w 1985 – 765. Głównym systemem eksploatacji stały się przodki ścianowe, urabiane na zawał lub na podsadzkę płynną. W 1985 roku na ścianach kompleksowo zmechanizowanych uzyskano aż 90% wydobywania. Po wojnie opracowywano naukowo problem wybierania pokładów pod całymi miastami, przede wszystkim pod Bytomiem (KRUPIŃSKI 1956). W 1952 roku rozpoczęto eksperymentalną eksploatację filara ochronnego pod hutą „Pokój” (SKINDEROWICZ 1963), a później wybierano filary pod Bytomiem, hutami oraz niektórymi szybami. W latach 60. z filarów ochronnych pochodziło około 35% wydobywania, a od 1966 roku niektóre kopalnie uzyskiwały z nich większość wydobywania np. „Gottwald”, „Paweł”, „Pokój” (JAROS 1973). Odzyskanie milionów ton węgla, które dawniej uważano za stracone ma swoją cenę w postaci szkód górniczych na powierzchni.

W wyniku restrukturyzacji górnictwa, od lat 90. XX wieku likwidowano nierentowne kopalnie (fot. 3B) lub łączono w większe zakłady wydobywcze. W 2011 roku czynnych było 28 kopalń: „Bobrek-Centrum”, „Bolesław Śmiały”, „Borynia-Zofiówka”, „Brzeszcze-Silesia”, „Budryk”, „Chwałowice”, „Halemba-Wirek”, „Janina”, „Jankowice”, „Jas-Mos”, „Kazimierz-Juliusz”, „Knurów-Szczygłowice”, „Krupiński”, „Marcel”, „Murcki-Staszic”, „Mysłowice-Wesoła”, „Piaś”, „Piekary” (ZG), „Pniówek”, „Pokój”, „Rydułtowy-Anna”, „Siltech”, „Sobieski-Jaworzno”, „Sośnica-Makoszowy”, „Wieczorek”, „Wujek”, „Zabrze-Bielszowice”, „Ziemowit”. Eksploatację prowadzi się systemem ścianowym, w przewadze z zawałem stropu (85%) i jedynie w 15% z podsadzką hydrauliczną. Długości ścian wynoszą 100-200 m, maksymalnie 275 m, a ich postęp wynosi średnio 40 m miesięcznie, maksymalnie 200 m w kopalni „Staszic” (KOWALSKI 1996). Eksploatacja ścianowa jest stosowana na większych głębokościach (rzadko na głębokości mniejszej niż 100 m, na przykład w kopalni „Ziemowit”) i zapewnia całkowite wybranie złoża. Liczba czynnych ścian wydobywczych zmniejszyła się jednak z 766 w 1999 roku do 142 w roku 2004, ale średnie wydobywanie ze ściany wzrosło z 863 ton/dobę (1990) do 2920 ton/dobę (2004) (KARBOWNIK I WŁODARSKI 2005). Część szybów zlikwidowanych kopalń przekształcono w szyby głębinowe, które odpompowują wody podziemne celem usunięcia zagrożenia wodnego w czynnych kopalniach. Zaprzeszanie odwadniania górotworu i przywrócenie naturalnego poziomu wód podziemnych spowodowałoby utworzenie się zalewisk w rejonach największych osiadań, w tym w centrach miast śląskich (KOTYRBA 2005).

Tabela 2. Wydobycie węgla kamiennego w kopalniach GZW w latach 1769-2009
(opracowano na podstawie Luksy 1959 i danych statystycznych przemysłu węglowego)

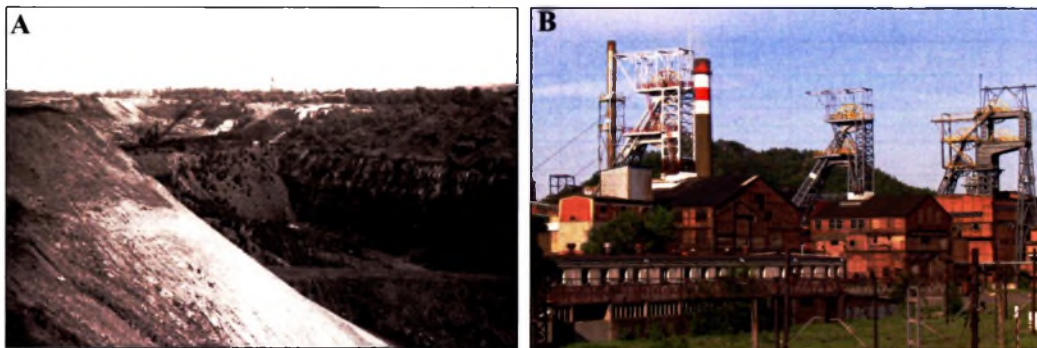
Table 2. Coal production in mines of the Upper Silesian Coal Basin in the years 1769-2009
(made by the author on the basis of Luksa 1959 and statistical data of the coal industry)

Lp.	Kopalnia (nazwy wg stanu w 1993 roku)	Wydobycie węgla kamiennego								Początki górnictwa	Lata działalności od początku statystyki
		do 1882 ¹		1883-1993		1994-2009		ogółem	% wydobycia		
		mln ton	%	mln ton	%	mln ton	%	mln ton			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Wyzyna Śląska											
1.	Andaluzja			131,5	84,2	24,7	15,8	156,3	1,49	1911	99
2.	Barbara-Chorzów	5,9	4,3	132,2	95,7			138,1	1,34	1791	125
3.	Bielszowice	19,0	4,1	396,4	85,4	48,8	10,5	464,3	4,44	1791	213
4.	Bobrek			165,1	86,1	26,7	13,9	191,8	1,83	1907	100
5.	Bolesław Śmiały	2,2	1,2	144,2	82,9	27,6	15,9	173,9	1,66	1779	205
6.	Centrum			151,1	85,7	25,2	14,3	176,3	1,69	1865	109
7.	Czeladź-Milowice	1,1	0,8	140,3	98,7	0,7	0,5	142,1	1,36	1822	174
8.	Grodziec			52,0	93,1	3,9	6,9	55,9	0,53	1823	105
9.	Halemba			116,7	69,1	52,3	30,9	169,0	1,62	1954	56
10.	Jan Kanty			70,5	92,2	6,0	7,8	76,5	0,73	1766	81
11.	Jaworzno	5,1	2,0	216,5	83,0	39,3	15,0	261,0	2,50	1795	214
12.	Jowisz			85,9	94,3	5,2	5,7	91,1	0,87	1912	89
13.	Julian			79,5	79,2	20,9	20,8	100,4	0,96	1955	55
14.	Katowice	1,7	1,4	112,9	92,7	7,2	5,9	121,8	1,16	1822	133
15.	Kazimierz-Juliusz			115,4	88,4	15,1	11,6	130,5	1,25	1875	116
16.	Kleofas			178,5	91,5	16,6	8,5	195,2	1,87	1845	117
17.	Miechowice			128,7	98,4	2,2	1,6	130,9	1,25	1902	94
18.	Murcki	2,4	1,5	119,6	74,3	39,0	24,2	161,1	1,54	1740	240
19.	Mysłowice	0,2	0,1	135,5	82,7	27,8	17,2	161,5	1,54	1837	137
20.	Niwka-Modrzejów			101,4	91,8	9,0	8,2	110,4	1,06	1815	106
21.	Nowy Wirek	3,9	3,5	105,7	95,3	1,4	1,2	110,9	1,06	1849	123
22.	Paryż	6,6	4,2	150,3	95,4	0,6	0,4	157,5	1,51	1785	211
23.	Pokój	1,0	0,5	157,6	83,1	31,0	16,4	189,6	1,81	1865	145
24.	Polska	23,3	7,8	251,2	83,8	25,0	8,4	299,6	2,86	1791	219
25.	Porąbka-Klimontów			148,0	97,5	3,8	2,5	151,8	1,45	1806	105
26.	Powstańców Śl.	0,5	0,2	223,7	95,7	9,5	4,1	233,8	2,24	1871	125
27.	Pstrowski ²	6,0	1,5	390,5	97,5	4,0	1,0	400,5	3,83	1792	148
28.	Rozbark	5,9	2,8	192,6	89,7	16,0	7,5	214,6	2,05	1824	143
29.	Saturn			74,8	99,4	0,5	0,6	75,3	0,72	1887	109
30.	Siemianowice	6,3	2,0	298,4	96,1	5,8	1,9	310,5	2,97	1788	212
31.	Siersza	1,5	1,0	139,9	94,8	6,2	4,2	147,7	1,41	1804	196
32.	Sosnowiec	1,9	1,6	119,2	96,4	2,5	2,00	123,7	1,18	1806	193
33.	Staszic			95,8	64,3	53,2	35,7	149,0	1,42	1960	50
34.	Szombierki	1,7	0,9	193,4	99,1			195,1	1,87	1865	125
35.	Śląsk-Matylda	7,2	6,3	106,6	93,7			113,8	1,09	1857	117
36.	Śląsk			44,6	64,9	24,2	35,1	68,8	0,66	1974	36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
37.	Wawel	6,7	2,8	229,1	96,9	0,8	0,3	236,6	2,26	1752	130
38.	Wesoła			161,7	74,8	54,5	25,2	216,2	2,07	1785	96
39.	Wieczorek	7,9	3,0	225,6	86,2	28,2	10,8	261,7	2,50	1826	176
40.	Wujek			144,9	81,7	32,4	18,3	177,4	1,70	1900	110
41.	Ziemowit			217,8	74,9	73,1	25,1	290,9	2,78	1893	117
Wyżyna Śląska		118,2	1,6	6453,8	87,9	770,9	10,5	7342,9	70,2	1740	240
Kotlina Raciborsko-Oświęcimska											
42.	1 Maja			68,3	95,8	3,0	4,2	71,3	0,68	1953	43
43.	Anna			128,5	82,2	27,8	17,8	156,2	1,49	1832	127
44.	Borynia			54,0	59,6	36,7	40,4	90,7	0,87	1971	39
45.	Brzeszcze			130,6	78,3	36,2	21,7	166,7	1,59	1907	102
46.	Budryk					41,6	100,0	41,6	0,40	1994	16
47.	Chwałowice			96,4	70,0	41,4	30,0	137,7	1,32	1906	104
48.	Czeczott			19,2	45,7	22,8	54,3	42,0	0,40	1984	19
49.	Dębiński ²			100,1	90,5	10,5	9,5	110,6	1,06	1899	102
50.	Gliwice			59,9	90,9	6,0	9,1	65,9	0,63	1911	89
51.	Janina ²			91,6	72,5	34,8	27,5	126,4	1,21	1907	98
52.	Jankowice			128,5	69,2	57,2	30,8	185,7	1,78	1916	94
53.	Jastrzębie			73,8	62,4	44,4	37,6	118,3	1,13	1963	47
54.	Knurów			158,6	78,0	44,8	22,0	203,4	1,94	1906	104
55.	Krupiński			11,1	24,9	33,6	75,1	44,7	0,43	1985	25
56.	Makoszowy			180,3	80,3	44,4	19,7	224,6	2,15	1906	103
57.	Marcel			123,1	73,3	44,8	26,7	167,8	1,60	1883	127
58.	Morcinek			5,2	45,3	6,3	54,7	11,5	0,11	1987	12
59.	Moszczenica			78,7	97,9	1,7	2,1	80,4	0,77	1966	29
60.	Piast ²			94,8	55,7	75,4	44,3	170,2	1,63	1976	34
61.	Pniówek			54,1	49,3	55,6	50,7	109,7	1,05	1974	36
62.	Rydułtowy	1,9	1,0	155,9	81,8	32,9	17,2	190,7	1,82	1792	171
63.	Rymer			81,3	98,8	1,0	0,2	82,3	0,79	1896	99
64.	Silesia			47,8	77,2	14,1	22,8	61,9	0,59	1907	97
65.	Sośnica			157,6	78,6	42,8	21,4	200,4	1,92	1917	93
66.	Szczygłowice			103,2	70,9	42,4	29,1	145,6	1,39	1961	49
67.	Zofiówka			66,0	62,4	39,8	37,6	105,8	1,01	1969	41
68.	Żory			10,4	89,8	1,2	10,2	11,6	0,11	1979	18
Kotlina Raciborsko-Oświęcimska		1,9	0,06	2278,6	72,94	843,0	27,0	3123,5	29,8	1792	171
Obszar górniczy		120,1	1,2	8732,4	83,4	1613,9	15,4	10466,4	100,0	1740	240

¹ Okresy wyznaczone latami wydań map topograficznych wykorzystanych w analizie morfometrycznej (rozdz. 5, 6.2)

² Kopalnia położona na pograniczu Wyżyny Śląskiej i Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej



Fot. 3. Przykłady kopalń węgla kamiennego z obszaru GZW

A - kopalnia odkrywkowa „Brzozowica” w Będzinie, widok ogólny w 1979 roku, zasypana, B - kopalnia „Dębieńsko” w Czerwionce-Leszczynie na tle zwałowiska odpadów, zamknięta w 2000 roku, planowane wznowienie eksploatacji w 2017 roku

Photo 3. Examples of coal mines from the Upper Silesian Coal Basin

A - open coal mine „Brzozowica” in Będzin, general view in 1979, filled with waste, B - Dębieńsko mine in Czerwionka-Leszczynie on a background waste heaps, closed in 2000, planned to resumption of production in 2017

W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym wydobyto dotychczas prawie 10,7 mld ton węgla kamiennego (10,47 mld według statystyk kopalnianych), z tego aż 71% po 1950 roku. Wydobyte skały płonnej trudno dokładnie określić. Przyjmując średnie wydobyte od 0,2 do 0,4 tony kamienia na 1 tonę węgla kamiennego⁴ dałoby to wielkość 2,1–4,3 mld ton. Łącznie z podłoża GZW mogło być wydobyte 13-15 mld ton węgla kamiennego i skały płonnej. Wydobyte w poszczególnych kopalniach zestawiono w tabeli 2.

W trzech analizowanych w dalszej części pracy okresach wydobyte kształtowało się następująco. Od 1769 do 1882 roku, czyli w ciągu 114 lat wydobyto 120,1 mln ton węgla, tzn. 1,2% dotychczasowego wydobycia (uwzględniając wydobyte kopalń małych byłoby to odpowiednio - 277,2 mln ton i 2,6%). Prawie cała ówczesna produkcja węgla pochodziła z obszaru Wyżyny Śląskiej - 98,4%, znikomą część węgla wydobyto w Kotlinie Raciborsko-Oświęcimskiej. W latach 1883-1993 (111 lat) na badanym obszarze wydobyto ponad 8,732 mld ton węgla kamiennego, czyli 83,4% całkowitej produkcji (razem z produkcją kopalń małych byłoby to 8,81 mld ton, czyli 82,3%). Górnictwo węgla nadal skoncentrowane było na Wyżynie Śląskiej (73,9%). W ciągu ostatnich 16 lat (1994-2009) w GZW wydobyto nieco ponad 1,6 mld ton węgla kamiennego (15,4% dotychczasowego wydobycia). W odróżnieniu od poprzednich okresów, większa część produkcji pochodzi z obszaru Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej (52%).

4.4. GÓRNICTWO SUROWCÓW SKALNYCH

W drugiej połowie XIX wieku na obszarze GZW rozwinęło się górnictwo związanych surowców skalnych – wapieni i margli dla przemysłu wapienniczego i cementowego, dolomitów dla hutnictwa oraz kamieni łamanych i blocznych – wapieni, dolomitów, porfirów, melafirów, diabazów dla różnych celów, w przewadze budowlanych. Rejony wydobycia pokrywają się z wychodniami utworów triasowych i jurajskich, lokalnie permskich. Eksploatacja koncentrowała się w południowo-wschodniej części GZW, na obszarze

¹⁶ W ostatnim piętnastolecium na 1 tonę wydobytego węgla przypadało średnio 0,22 tony skał płonnych

Garbu Tenczyńskiego (kilkanaście dużych kamieniołomów, tab. 3), Pagórów – Myślachowickich i Imielińskich oraz Garbu Jaworznickiego. W północnej części GZW surowce skalne wydobywano głównie na Płaskowyżach – Tarnowickim i Twardowickim. Obecnie czynnych jest 8 kamieniołomów.

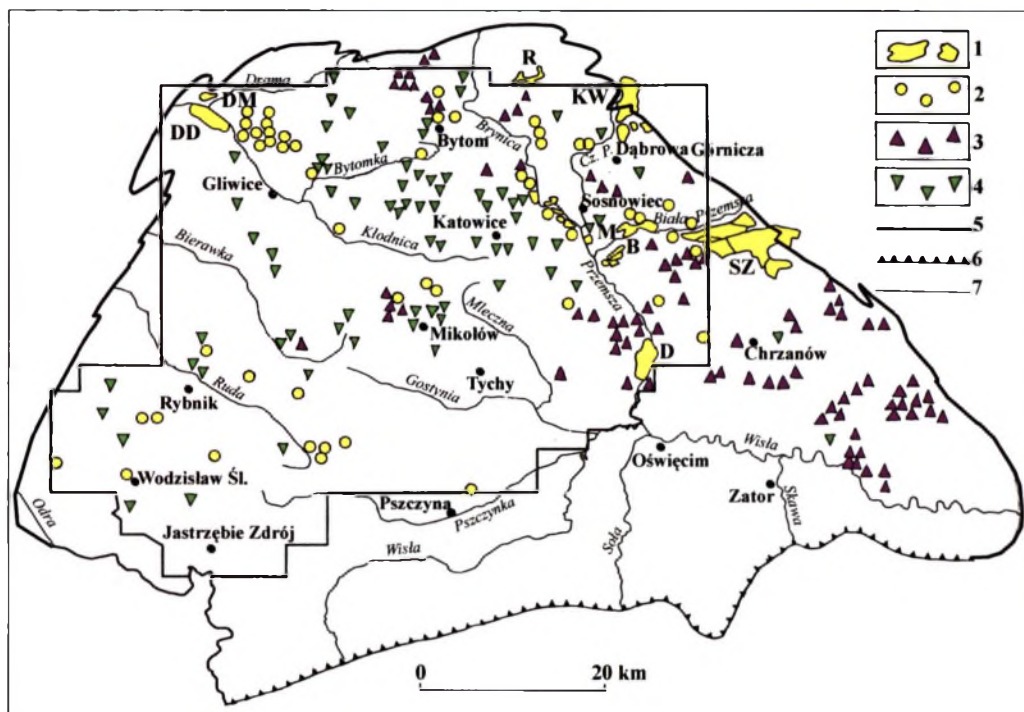
Dolomity triasowe występujące na obszarze GZW odznaczają się bardzo dobrymi parametrami jakościowymi dla celów hutniczych. Przez 115 lat (1883-1997) były eksploatowane w kamieniołomach Bobrowniki-Blachówka oraz Gródek. Od 1918 roku jest wydobywany dolomit ze złoża Żelatowa w Pogorzycach. Jest to jeden z czterech czynnych obecnie kamieniołomów dolomitów w Polsce, w 2009 roku wydobyto w nim 0,676 mln ton tego surowca (23% krajowej produkcji).

Tabela 3. Główne kamieniołomy skał zwięzłych na obszarze GZW
Table 3. The main quarries of solid rocks in the Upper Silesian Coal Basin

Nazwa	Położenie	Rodzaj skał	Wiek skał	Wydobycie 1990-2009 [mln ton]
Dolomity dla przemysłu hutniczego				
Bobrowniki-Blachówka	Płaskowyż Tarnowicki	dolomity	trias	1,6
Gródek	Garb Ciężkowicki	dolomity	trias	1,2
Żelatowa	Garb Jaworznicki	dolomity	trias	16,8
Wapień i margle dla przemysłu cementowego				
Sadowa Góra	Garb Jaworznicki	wapień	trias	-
Żychcice	Płaskowyż Twardowicki	wapień	trias	-
Rogoźnik	Płaskowyż Twardowicki	wapień	trias	-
Płaza	Garb Tenczyński	wapień	trias	2,48
Kamienie łamane i bloczne				
Libiąż	Pagóry Libiąskie	dolomity	trias	3,2
Imielin Północ	Pagóry Imielińskie	dolomity	trias	2,5
Imielin Rek	Pagóry Imielińskie	dolomity	trias	2,6
Imielin	Pagóry Imielińskie	dolomity	trias	2,7
Rybna (Balaton)	Pagóry Myślachowickie	wapień	jura	-
Pogorzycze	Garb Tenczyński	wapień	trias	-
Zalas	Garb Tenczyński	wapień	jura	-
Kamień-Odwozy	Garb Tenczyński	wapień	jura	-
Regulice (Czarna Góra)	Garb Tenczyński	melafiry	perm	-
Poręba-Żegoty	Garb Tenczyński	melafiry	perm	-
Rudno-Wymiarki	Garb Tenczyński	melafiry	perm	-
Zalas	Garb Tenczyński	porfiry	perm	14,5
Orlej na Głuchówkach	Garb Tenczyński	porfiry	perm	-
Miękinia	Pagóry Myślachowickie	porfiry	perm	-
Kowalska Góra	Pagóry Myślachowickie	tufy porfirowe	perm	-
Niedźwiedzia Góra	Garb Tenczyński	diabazy	perm	3,8

Na potrzeby przemysłu cementowego rozwinęło się górnictwo wapieni triasowych ze złóż Sadowa Góra, Żychcice, Rogoźnik, Górka i Płaza (tab. 3). Ostatnie z wymienionych złóż eksploatowane jest w dwóch wielkich wyrobiskach od 1887 roku, ale obecnie na niewielką skalę (18 000 ton rocznie). W pozostałych kamieniołomach zaniechano wydobywania, w przeszłości

było ono znaczne, na przykład ze złoża Sadowa Góra w latach 1954-1980 wydobyto około 7,2 mln ton skał (NITA I IN. 2007). Wapienie i margle dla przemysłu wapienniczego eksploatowano w złożach Sosnowiec Śródula, Brynica-Czeladź oraz Mikołów-Mokre.



Rys. 10. Wyrobiska surowców skalnych na obszarze GZW

1 – największe wyrobiska po eksploatacji piasków podsadzkowych: D – Dzieckowice, DD – Dzierżno Duże, DM – Dzierżno Małe, KW – Kuźnica Warężyńska, MB – Maczki-Bór, R – Rogoźnik, SZ – Szczakowa; wyrobiska o powierzchni mniejszej niż 0,6 km²: 2 – piaskownie, 3 – kamieniołomy surowców skalnych (wapieni, dolomitów, porfirów, melafirów, diabazów), 4 – gliniarki po eksploatacji surowców ilastych, 5 - granice Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wg S. Doktorowicz-Hrebniackiego (1968), 6 – nasunięcie karpackie, 7 - granica polsko-czeska, objaśnienia skrótów: Cz. P. – Czarna Przemsza

Fig. 10. Excavations of mineral resources in the Upper Silesian Coal Basin

1 – the largest excavations of stowing sands: D – Dzieckowice, DD – Dzierżno Duże, DM – Dzierżno Małe, KW – Kuźnica Warężyńska, MB – Maczki-Bór, R – Rogoźnik, SZ – Szczakowa; excavations of less than 0,6 km²: 2 - sandpits, 3 – quarries (limestone, dolomite, porphyries, melaphyres, diabases), 4 – clay-pits, 5 – boundaries of the Upper Silesian Coal Basin after S. Doktorowicz-Hrebniacki (1968), 6 – Carpathian thrust, 7 – the Polish-Czech border; abbreviations: Cz. P. – Czarna Przemsza

Głównym obszarem eksploatacji skał dla celów budowlanych są obecnie Pagóry Imielińskie (dolomity) i Garb Tenczyński (wapienie, porfiry, diabazy). W ostatnim dwudziestoleciu (1990-2009) największym wydobyciem odznaczały się kamieniołomy Żelatowa - 17 mln ton oraz Zalas - 14 mln ton. W każdym z pozostałych kamieniołomów wydobyto mniej niż 3,8 mln ton danego surowca. Oprócz odkrywek uwzględnionych w tabeli 3, na obszarze GZW, zwłaszcza w jego południowo-wschodniej części występuje szereg mniejszych łomów, a nawet dość sporych rozmiarów kamieniołomów, które nie są ujęte w bazach danych MIDAS. Były wykorzystywane od XIX wieku na lokalne potrzeby budowlane lub wapiennicze. Powierzchnia 110 zinwentaryzowanych kamieniołomów (rys. 10) wynosi 6,07 km², z tego 75% przypada na 23 największe kamieniołomy wymienione w tabeli 3. Objętość wyrobisk oszacowano na 97,7 mln m³, przy czym kamieniołomy wzmiankowane wyżej (największe)

mają łącznie kubaturę 79 mln m³ (81%)¹⁷. Największe wyrobiska pod względem kubatury to: Żelatowa (18 mln m³), Zalas, Miękinia, Płaza, Niedźwiedzia Góra, Blachówka-Bobrowniki, Regulice, Żychcice i Rybna.

W granicach GZW znajdują się także złoża kruszyw naturalnych - w 19-tu zaniechano eksploatacji, a prowadzi się ją w 30 - w 2009 roku wydobyto z nich 4,776 mln ton kruszywa, co stanowi 3,4% produkcji krajowej. Największe wydobyte było ze złóż Przeroszyn w dolinie Soły (0,56 mln ton), Gardawice na Wysoczyźnie Golejowskiej (0,5 mln ton), a także Racibórz Roszków i Lubomia III w dolinie Odry (po 0,35 mln ton). Większość wydobywania pochodziła z dużych dolin rzecznych na południu i południowym zachodzie GZW - Odry (35%) oraz Wisły, Soły i Olzy (41%). Nie ustalono sumarycznego wydobywania kruszyw naturalnych - szacunkowo mogło wynieść około 300 mln ton.

Ponad stuletnią historię ma na obszarze GZW górnictwo piasków podsadzkowych. Początkowo eksploatację piasków ze złóż utworów wodnolodowcowych i częściowo eolicznych (do 70 m miąższości) prowadzono w pobliżu kopalń, w małych, płytkich (5-8 m) wyrobiskach, wyłącznie do poziomu wód gruntowych. Następnie, do połowy XX wieku wydobywanie koncentrowało się w piaskowniach (nazwy potoczne): „Dzierżno Duże”, „Dzierżno Małe”, „Pogoria I”, „Pogoria II”, „Czechowice”, „Betoniarnia”, w zespole piaskowni w dolinie Brynicy („Morawa”, „Borki”, „Hubertus”, „Stawiki”), „Przechlebnie”, „Borowa Wieś” i „Panewniki”. Wielkości wydobywania w 3 ostatnich wyrobiskach nie można ustalić, gdyż zostały zasypane odpadami górniczymi. Po II wojnie światowej piaski podsadzkowe wydobywano głównie w odkrywkach: „Szczakowa” „Kuźnica Warężyńska”, „Dzieckowice”, „Maczki-Bór Zachód”, „Maczki-Bór Wschód”, „Pogoria III”, „Jęzor-Wysoki Brzeg” i „Rogoźnik”. Na Płaskowyżu Rybnickim do większych należały piaskownie w Markłowicach i Boguszowicach. Piaskownie występują głównie we wschodniej części GZW - w dolinach Białej i Czarnej Przemyśi, a ponadto w dolinach Brynicy i Kłodnicy (rys. 10).

Wyrobiska po eksploatacji piasku podsadzkowego mają objętość ponad 1 mld m³, co jest w przybliżeniu równe objętości wydobytego surowca (obliczenia na podstawie NMT, uzupełnione o wydobyte po 1992 roku na podstawie *Bilansu zasobów 1993-2009* oraz dane z pracy HAŁADUSA I IN. 2007). Ponad 93% wydobywania przypadało na 6 największych piaskowni - „Szczakowa”, „Dzierżno Duże”, „Kuźnica Warężyńska”, „Dzieckowice”, „Maczki-Bór Zachód” i „Maczki-Bór Wschód” (tab. 4).

Na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego występuje wiele wyrobisk po eksploatacji surowców ilastych ceramiki budowlanej (rys. 10). Rozwojowi górnictwa tego surowca sprzyjało szerokie rozprzestrzenienie skał ilastych - polodowcowych na zachodzie, miocenijskich na południu, karbońskich w części centralnej GZW, a także permjskich na wschodzie. Eksploatacja była prowadzona na potrzeby licznych, zwłaszcza w XIX i pierwszej połowie XX wieku cegielni, w przewadze o charakterze lokalnym. Wydobywanie z tych glinianek nie jest ujęte w statystykach. Według oficjalnych danych w granicach GZW znajduje się 46 złóż surowców ilastych, z których obecnie są eksploatowane tylko dwa - złożo Łąka na Równinie Gostyni (o wydobywaniu 3 000 m³) oraz Sławków I w Kotlinie Biskupiego Boru (5 000 ton), w zasadzie położonym tuż poza granicami GZW. W celu porównania rozmiarów eksploatacji surowców ilastych z wydobywaniem innych surowców przeprowadzono inwentaryzację wyrobisk w granicach obszaru badań szczegółowych na podstawie map topograficznych 1:10 000 z 1993 roku. Na obszarze o powierzchni 2838 km² zidentyfikowano

¹⁷ Na obszarze badań szczegółowych obliczenia na podstawie modelu NMT, uzupełnione o wydobyte po 1993 roku, na pozostałym obszarze GZW szacunek na podstawie średnich głębokości kamieniołomów

96 wyrobisk zajmujących powierzchnię 2,5 km². Łącznie formy te mają kubaturę 5,2 mln m³. Na pozostałym obszarze GZW kubatura tzw. glinianek wynosi szacunkowo 1,3 mln m³, a zajmują one powierzchnię około 0,5 km². Uwzględniając gęstość przestrzenną surowca, na całym obszarze GZW wydobyto około 13 mln ton surowców ilastych.

Tabela 4. Wydobyte piasków podsadzkowych na obszarze GZW do 2009 roku

Table 4. Output of stowing sands in the Upper Silesian Coal Basin to 2009

Nazwa piaskowni	Wydobycie		Udział w ogólnym wydobywaniu [%]
	[mln ton]	[mln m ³]	
Szczakowa	1107,7	651,6	63,13
Dzierżno Duże	188,7	111,0	10,75
Kuźnica Warężyńska	139,6	82,1	7,95
Dzieńkowice	109,8	64,6	6,26
Maczki Bór Zachód i Wschód	88,9	52,3	5,07
Pogoria III	30,1	17,7	1,71
Dzierżno Małe	23,8	14,0	1,36
Rogoźnik	12,9	7,6	0,74
Pogoria I	10,5	6,2	0,60
Pogoria II	6,6	3,9	0,38
Milowice	4,4	2,6	0,25
Morawa	3,7	2,2	0,21
Hubertus I-IV	3,1	1,8	0,17
Betoniarnia	2,9	1,7	0,16
Jęzor – Wysoki Brzeg	2,7	1,6	0,16
Rozkówka	1,9	1,1	0,11
Stary Czekaj	1,5	0,9	0,09
Borki Duże	1,2	0,7	0,07
Pozostałe	14,6	8,6	0,83
Razem	1754,7	1032,2	100,00

Z przedstawionego zarysu historii górnictwa na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wynika, że wydobyto tu około 13,24 mld ton różnych surowców mineralnych. Zgodnie z nazwą obszaru podstawowe znaczenie miało górnictwo węgla kamiennego (80,5%) oraz piasku podsadzkowego na jego potrzeby (13,3%). Niewielki udział w ogólnym wydobywaniu miało górnictwo kruszyw (2,3%), a także rud cynku i ołowiu (1,5%). Eksploatacja pozostałych surowców stanowiła 2,4% ogólnego wydobywania. Do łącznego wydobywania surowców mineralnych należy dodać wydobywanie skały płonnej w ilości około 2,1-4,3 mld ton. W większości była ona zwałowana na powierzchni terenu, ma zatem duże znaczenie w powstawaniu antropogenicznych form rzeźby.

(...) nie licząc się z nikim i niczym i dewastując
powierzchnię w straszliwy sposób.
Widać tutaj tylko jedną myśl przewodnią
„za wszelką cenę jak największe wydobyć”

Jan Greszta 1957

5. GEOMORFOLOGICZNE KONSEKWENCJE GÓRNICTW NA OBSZARZE GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Górnictwo przekształca rzeźbę na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego początkowo postrzegano w kontekście zmian krajobrazu (NIEMCÓWNA 1929). Określenie *Czarny Śląsk*, wprowadzone do publicystyki i literatury w latach 20. XX wieku, odnosiło się do cech ówczesnego krajobrazu oraz społeczno-gospodarczego charakteru regionu, w mniejszym stopniu obejmowało niekorzystne zmiany w przyrodzie spowodowane rozwijającym się górnictwem i przemysłem (NECHAY 1935, BEREZOWSKI 1937). Skalę degradacji środowiska dostrzeżono w okresie powojennym - problem stał się nawet sprawą wagi państwowej - uchwała Prezydium Rady Ministrów z dnia 6 czerwca 1953 roku nałożyła na Polską Akademię Nauk obowiązek (!) prowadzenia prac naukowo-badawczych na obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP) (GRESZTA 1957). Wyniki badań prowadzone w ramach licznych komisji, w tym dla spraw górotworu, zagospodarowania nieużytków poprzemysłowych (później gleboznawczo-górnicza), zużytkowania hałd, opublikowano w serii *Biuletynów do spraw GOP*. Syntetyczną diagnozą przekształceń rzeźby w połowie XX wieku jest *Mapa geomorfologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego* (1959).

W ostatnim półwieczu powstało wiele prac na temat rzeźby antropogenicznej Wyżyny Śląskiej i terenów sąsiednich (por. roz. 1.2), brakuje jednak opracowania przedstawiającego stopień i charakter przekształceń rzeźby w oparciu o jednolite kryteria badawcze dla całego obszaru. Praca ŻMUDY (1973), jedna z najważniejszych w tym względzie, liczy sobie 40 lat, najbardziej aktualne jest kartograficzne opracowanie JANKOWSKIEGO I HAVRLANTA (1999). Niniejszy rozdział stanowi próbę nowej syntezy. Uwagę skupiono na kilku aspektach górniczej transformacji rzeźby – powstaniu antropogenicznych form rzeźby oraz zmianach - cech morfometrycznych rzeźby, warunków obiegu materii i stadium rozwoju rzeźby.

5.1. POWSTANIE ANTROPOGENICZNYCH FORM RZEŻBY

Eksploracja surowców mineralnych na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego przyczyniła się do zmian rzeźby wyrażonych, w pierwszym rzędzie powstaniem antropogenicznych form rzeźby – bezpośrednich i pośrednich. Najbardziej wyróżniającymi i najłatwiej rozpoznawalnymi elementami krajobrazu są formy związane z bezpośrednimi pracami górnictwem - wiele z nich zachowało morfologiczną wyrazistość przez dziesiątki, a nawet setki lat, świadcząc o przeszłej działalności górniczej. Trwałość form wynika z odporności budującego je materiału, ale sprzyja jej także pokrycie roślinnością oraz duże, choć niekoniecznie, rozmiary. Pogórnice formy rzeźby były często powtórnie, celowo przekształcane – szczególnie radykalne zmiany wymiarów i kształtu występowały w przypadku wypełniania wklęsłych wyrobisk materiałem odpadowym i sypania w ich miejscu wypukłych zwałowisk. Charakterystykę form przeprowadzono według najprostszego podziału na formy wklęsłe (wyrobiska) i wypukłe (zwałowiska). W pierwszej grupie form wyróżniono, według kryterium pozyskiwanego surowca: warpia (rudzie żelaza i kruszce), kamieniołomy (skały związane), piaskownie lub żwirownie (skały luźne - piaski, żwiry), glinianki (skały spoieste – gliny, ility, lessy) i kopalnie odkrywkowe (surowce wydobywane spod nadkładu).

Do antropogenicznych form rzeźby związanych pośrednio z działalnością górnictwem należą formy powstałe w wyniku ciągłych i nieciągłych deformacji powierzchni wywołanych geomechanicznymi przekształceniami górotworu z powodu podziemnych prac wydobywczych. Scharakteryzowano formy zapadliskowe, szczeliny i progi oraz niecki osiadania, osuwiska i nabrzmienia gruntu.

5.1.1. ANTROPOGENICZNE FORMY RZEŻBY BEZPOŚREDNIE

Na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego występuje wiele antropogenicznych form rzeźby związanych z bezpośrednią działalnością górnictwem (intencjonalną – por. MIGNON 2006). Na potrzeby niniejszej pracy zinventaryzowano wszystkie zwałowiska i wyrobiska czytelne w skali mapy topograficznej 1:10 000 (1993), z wyjątkiem wyrobisk kruszyw naturalnych, a także glinianek w południowo-wschodniej części GZW, dla których to form podano dane szacunkowe (ze względu na brak wydań niektórych arkuszy map topograficznych). W analizie nie uwzględniono niewielkich rozmiarów warpii, małych łomów i piaskowni.

Pogórnice antropogeniczne formy rzeźby zajmują powierzchnię 149,6 km² (tab. 5), czyli zaledwie 3,3% obszaru GZW, przy czym ponad 2/3 form znajduje się w granicach Wyżyny Śląskiej. Największą łączną powierzchnię formy te mają w obrębie jednostek geomorfologicznych: Kotlina Biskupiego Boru – 38,3 km², Dolina Czarnej Przemyszy – 8,5 km² i Kotlina Mysłowicka – 7,9 km². Zajmują one na tyle znaczną część powierzchni wymienionych jednostek – odpowiednio 28,5%, 31,9% i 13,8%, że rzeźba tych obszarów ma wybitnie antropogeniczny charakter. Charakterystyczne, że rzeźba antropogeniczna jest tu związana przede wszystkim z górnictwem piasków podsadzkowych i wykazuje wyraźną zależność od budowy geologicznej, na co zwracał już uwagę JANIA (1983). Dość duży jest też udział form pogórnicznych w powierzchni Wzgórz Rudzkich (6,2%) oraz Wyżyny Siemianowickiej (5,6%) – w tych jednak przypadkach w rzeźbie antropogenicznej zdecydowanie dominują

zwałowiska skały płonnej. W większości pozostałych jednostek geomorfologicznych formy antropogeniczne zajmują około 1% powierzchni.

Wklęsłe formy poeksploatacyjne przeważają nad wypukłymi, zarówno pod względem ilości (56%), powierzchni (67,1%), jak i kubatury (77,6%). Najistotniejszą rolę w rzeźbie antropogenicznej obszaru GZW odgrywiają piaskownie zajmując ponad połowę powierzchni wszystkich form pogórnicych i ponad 62% ich kubatury. W znacznej części wyrobisk popiaskowych znajdują się zbiorniki wodne, dlatego formy te, mimo antropogenicznej genezy, są dobrze wkomponowane w krajobraz (DULIAS 2010b). Najwyraźniejszym akcentem w rzeźbie antropogenicznej GZW są zwałowiska – według stanu na 1993 rok - 192 duże i 110 drobnych form. Wykaz i charakterystykę antropogenicznych form rzeźby związanych z bezpośrednią działalnością górniczą na obszarze badań przedstawiono poniżej.

Występowanie antropogenicznych form rzeźby utworzonych wskutek bezpośredniej działalności górniczej w obrębie poszczególnych mezoregionów geomorfologicznych jest zróżnicowane (tab. 6). Największy udział mają w powierzchni Wyżyny Śląskiej Północnej – 13,9%, przy czym zdecydowanie przeważają tu wklęsłe formy poeksploatacyjne. Na ten mezoregion przypada ponad 38% powierzchni i 51% kubatury wszystkich form antropogenicznych w GZW. Formy wypukłe – zwałowiska zajmują największą powierzchnię na obszarze Wyżyny Śląskiej Południowej.

Tabela 5. Antropogeniczne formy rzeźby utworzone wskutek bezpośredniej działalności górniczej na obszarze GZW

Table 5. Anthropogenic landforms caused by direct mining activity in the Upper Silesian Coal Basin

Antropogeniczne formy rzeźby	Ilość	Powierzchnia [km ²]	Kubatura [mln m ³]
Zwałowiska	302	49,2	370,0
Kamieniołomy	110	6,1	97,7
Glinianki ¹	115	3,0	6,5
Wyrobiska po eksploatacji piasków podsadzkowych ²	109	76,3	1032,2
Wyrobiska po eksploatacji kruszyw naturalnych ³	49	15,0	147,0
Razem	685	149,6	1653,4

¹ Na obszarze badań szczegółowych zinventaryzowano 96 glinianek o łącznej powierzchni 2,5 km² i kubaturze 5,2 mln m³; w tabeli uwzględniono także szacunkowe dane o gliniankach na pozostałym obszarze GZW

² W niektórych wyrobiskach popiaskowych występują zbiorniki wodne – ich kubaturę obliczono na 224,5 mln³, kubatura wyrobisk do lustra wody wynosi 807,7 mln m³

³ Dane szacunkowe

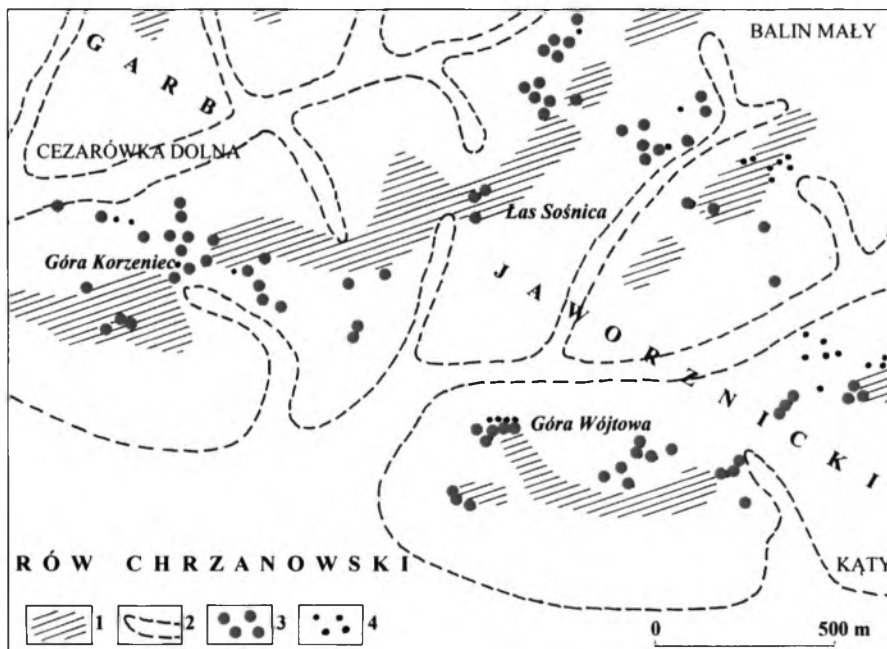
Tabela 6. Zwałowiska i wyrobiska utworzone do 1993 roku na obszarze mezoregionów w granicach GZW

Table 6. Waste heaps and excavations formed until 1993 in the mesoregions of the Upper Silesian Coal Basin

Mezoregion	Zwałowiska		Wyrobiska		Antropogeniczne formy rzeźby bezpośrednie	
	Powierzchnia [km ²]	Kubatura [mln m ³]	Powierzchnia [km ²]	Kubatura [mln m ³]	Powierzchnia [km ²]	% powierzchni mezoregionu
Wyżyna Śląska Północna	4,0	28,5	53,1	814,8	57,1	13,9
Wyżyna Śląska Południowa	23,5	128,4	19,1	132,2	42,6	3,6
Kotlina Raciborska	10,4	84,2	15,5	183,6	25,9	3,7
Kotlina Oświęcimska	10,5	100,0	10,1	92,9	20,6	0,9
Wyżyna Krakowska Północna	0,1	0,8	0,9	19,0	1,0	1,6
Wyżyna Krakowska Połudn.	0,7	28,1	1,7	40,9	2,4	0,7
GZW	49,2	370,0	100,4	1283,4	149,6	3,3

5.1.1.1. Wyrobiska

Warpia. Do najstarszych pogórnich form rzeźby należą warpia, czyli zespoły kopców i wałów utworzonych z materiału nadkładu i skały płonnej, usuniętych z płytkich dołów po eksploatacji powierzchniowej lub szybikowej (fot 4A). Nazwę tę rozciąga się często na występujące między kopcami zagłębienia. Wymiary hałd i lejów są niewielkie – najczęściej mają kilka metrów średnicy i podobne wysokości lub głębokości (APARTA 1987, LAMPARSKA-WIELAND 1997). Warpia występują w większych skupieniach, najczęściej na kulminacjach wzniesień, gdzie na wychodniach prowadzono płytką eksploatację rud do poziomu wód podziemnych. Im młodsze formy tym ich kontury morfologiczne są wyraźniejsze, ale nawet kilkusetletnie warpia są rozpoznawalne w terenie, gdyż powstałe nierówności podłoża w zasadzie uniemożliwiały późniejsze wykorzystanie rolnicze - obszary te zarastały, co sprzyjało zachowaniu form. Do większych rejonów występowania warii należą przykładowo: Srebrna Góra na Płaskowyżu Tarnowickim, Las Sośnica oraz Góry: Wójtowa, Korzeniec i Wianek w okolicach Balina na Garbie Jaworznickim (rys. 11). W okolicy Płok, Ostrężnicy i Lgoty na Płaskowyżu Ojcowskim, na obszarze o powierzchni 8 km² naliczono ponad 400 dołów poeksploatacyjnych o średnicy do 20 m, przy głębokości sięgającej 7 m (GÓRECKI I SZWED 2005).



Rys. 11. Warpia po eksploatacji rud w rejonie chrzanowskim na Garbie Jaworznickim

1 – spłaszczenia wierzchowinowe, 2 – suche dolinki erozyjno-denudacyjne, 3 – doły poeksploatacyjne, 4 – kopce, nasypy

Fig. 11. Minor landforms after surface exploitation of ores in the Hummock of Jaworzno

1 – flat-topped hills, 2 – dry erosional-denudational valleys, 3 – small, post-exploitation pits, 4 – small mounds, embankments

Kamieniołomy występują w północnej i wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (por. tab. 3, rys. 6, 10), głównie na Płaskowyżach - Tarnowickim i Twardowickim, na Garbach – Tenczyńskim, Jaworznickim i Ciężkowickim oraz w Pagórach Myślachowickich, Libiąskich i Imielińskich. W większości są to formy około 100-150-letnie, ale są też starsze np. kamieniołom porfirów w Miękini w Pagórach Myślachowickich, eksploatowany już od XVII wieku. Kamieniołomy zajmują na ogół niewielką powierzchnię - spośród 110 zinwentaryzowanych wyrobisk jedynie 12 ma powierzchnię większą niż 0,2 km², przy czym największymi są kamieniołomy dolomitów - Żelatowa (0,59 km²) i Bobrowniki-Blachówka (0,55 km²). Kamieniołomy osiągają od kilku do kilkudziesięciu metrów głębokości i mogą być kilkupoziomowe. Wysokości ścian eksploatacyjnych poszczególnych poziomów wynoszą 6-15 m (rzadziej ponad 20 m). Ściany są strome, o różnej stabilności - większość z nich jest poddana procesom wietrzenia oraz osypiskowym (fot 4B).

Kamieniołomy wgłębne są najczęściej usytuowane na spłaszczonych kulminacjach wzniesień (np. kamieniołom melafirów ze złoża Poręba-Żegoty), natomiast stokowe wcinają się w zbocza dolin lub wzgórz (np. kamieniołom dolomitów Żelatowa) (rys. 12). Intensywna eksploatacja skał zwięzłych w niektórych miejscach doprowadziła do inwersji rzeźby – przykładem jest kamieniołom wapieni jurajskich ze złoża Rybna (Pagóry Myślachowickie), powstały na wzniesieniu Godyniowa Skala o wysokości 346 m n.p.m. - obecnie występuje tu wyrobisko ze zbiornikiem wodnym, którego tafla wody znajduje się na wysokości 318 m n.p.m. (GŁOGOWSKA 2007).

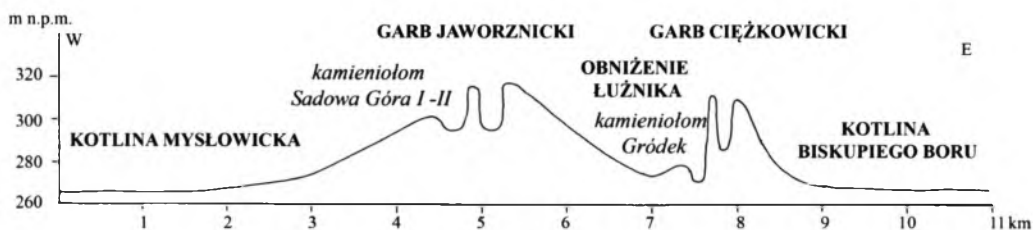


Fot. 4. Przykłady wyrobisk eksploatacyjnych na obszarze GZW

A – warpia na Progu Środkowotriasowym, B – kamieniołom dolomitów „Gródek”, Garb Ciężkowicki, C – piaskownia „Szcakowa”, Kotlina Biskupiego Boru, D – piaskownia „Maczki-Bór Wschód”, Kotlina Biskupiego Boru

Photo 4. Examples of exploitation workings in the Upper Silesian Coal Basin

A - minor landforms of surface exploitation in the Middle Triassic cuesta, B – dolomite quarry of „Gródek”, Hummock of Ciężkowice, C – „Szcakowa” sandpit, Biskupi Bór Basin, D – „Maczki-Bór East” sandpit, Biskupi Bór Basin



Rys. 12. Profil morfologiczny przez kamieniołomy na Garbach – Jaworznickim i Ciężkowickim

Fig. 12. Morphological cross-section through quarries on the Jaworzno and Ciężkowice Hummocks

Najwięcej kamieniołomów występuje na Płaskowyżu Tarnowickim – 29, ale poza kilkoma dużymi wyrobiskami, w większości są to formy małe. Kubatura kamieniołomów w tej jednostce geomorfologicznej stanowi jedynie 6,5% całkowitej objętości kamieniołomów w GZW, podczas gdy na Garbie Tenczyńskim – aż 39% (16 kamieniołomów), na Garbie Jaworznickim – 20% (8 form), a w Pagórach Myślachowickich – 18,2% (4 formy). Największą powierzchnię zajmują kamieniołomy na Garbie Tenczyńskim – 1,5 km² oraz Płaskowyżu Tarnowickim i Garbie Jaworznickim – po 0,9 km². Wśród innych jednostek geomorfologicznych, z 9-10 wyrobiskami po eksploatacji skał zwięzłych, są Pagóry Imielińskie i Garb Mikołowski.

Kopalnie odkrywkowe. Na obszarze GZW powstało dość dużo kopalń odkrywkowych, głównie węgla kamiennego, mniej - rud cynku i ołowiu oraz żelaza, ale tylko kilka z nich miało bardzo duże rozmiary. Największymi odkrywkami węgla kamiennego były „Reden”, i „Koszelew” na Płaskowzgórzach Dańdówki oraz „Paryż”, i „Brzozowica” w Kotlinie Dąbrowskiej (rys. 13). W każdej z nich eksploatowano pokład 510 - najgrubszy pokład węgla w Górnos Śląskim Zagłębiu Węglowym, o którym Stanisław Staszic w dziele *O ziemiórództwie Karpatów i innych gór i równin Polski* pisał ... o sążeń w głąb znajduje się nadzwyczajnej obfitości węgla ławica (RECHOWICZ 1974). Odkrywka „Reden” miała długość ponad 1 km i szerokość 200 m - skarpy wyrobiska, pomimo częściowego zasypania, są do dziś widoczne w rzeźbie. STAROŚCIAK (2006) przytacza opis odkrywki wykonany przez J. Dziekońskiego z 1843 roku ...olbrzymi dół, pionowo w ziemi wkopany, na paręset gdzieniedzie kroków szeroki, kilkadziesiąt łokci głęboki i blisko milę długości rozciągający się w różnych pogiętych i łamanych kierunkach”. Ogrom odkrywki „Koszelew” („Ksawery”) oddaje natomiast opis W. Sławińskiego z 1869 roku - ... widać dół głęboki, podłużny, co jakby wąwóz skalisty półkolem się zatoczył (ZIELIŃSKI 1984).

W 1956 roku w granicach kopalni „Paryż” powstała odkrywka „Brzozowica” (fot. 3A), pracująca do 1968 roku (CIEPIELA 2003). Całkowita powierzchnia kopalni wynosiła 0,5 km², przy głębokości 35-40 m od północy oraz 90 m od południa, licząc od spągu pokładu 510 (RECHOWICZ 1974). Niecka odkrywki o pojemności 13 mln m³ została całkowicie zasypana, podobnie jak głęboka na ponad 50 m odkrywka „Paryż”.

Kopalnie odkrywkowe węgla kamiennego znajdowały się także na wychodniach karbonu na Płaskowyżu Murckowskim i Garbie Mikołowskim, oraz na obszarach zalegania karbonu pod osadami czwartorzędowymi w Kotlinach - Mysławickiej i Biskupiego Boru. Przykładowo na południowym skłonie Garbu Mikołowskiego, między Potokami – Tyskim i Kasia istniało 7 niewielkich odkrywek, o maksymalnej głębokości 11-15 m, część z nich jest obecnie zasypana (MAŁEK 2004). Na ogólną ilość 37 większych kopalń odkrywkowych węgla kamiennego aż 33 powstały w latach 50. i 60. XX wieku, w obrębie kopalni – „Murcki” (7), „Wieczorek” (2), „Wesoła” (3), „Ziemowit” (2), „Bolesław Śmiały” (7), „Jan Kanty” (7),

„Siersza” (3), „Paryż” (1), „Jowisz” (1). Najstarszymi odkrywkami są „Reden” (1785), „Koszelew” (1825), „Ignacy” w granicach kopalni „Jaworzno” (1862) i „Paryż” (rozbieżne daty, druga połowa XIX wieku). Kopalnie odkrywkowe rud znajdowały się na Płaskowyzu Bytomskim (Szarlej) oraz we wschodniej części GZW w Niece Wilkoszyńskiej (Balin).



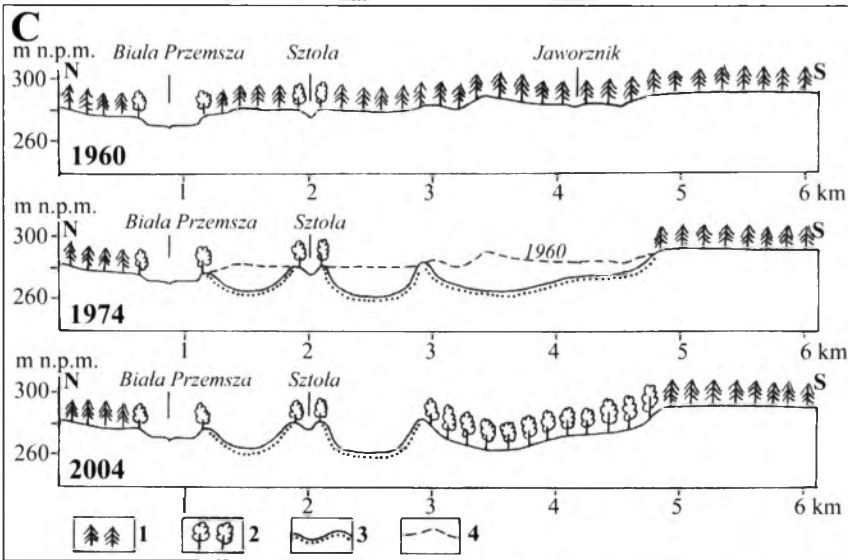
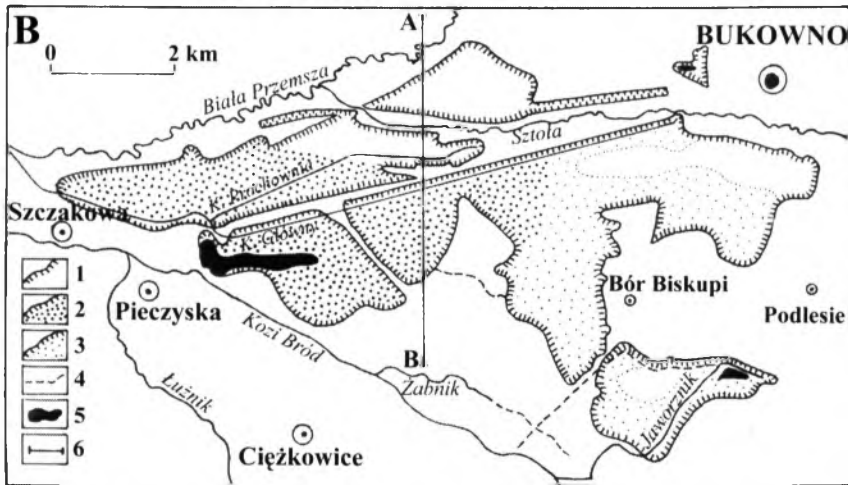
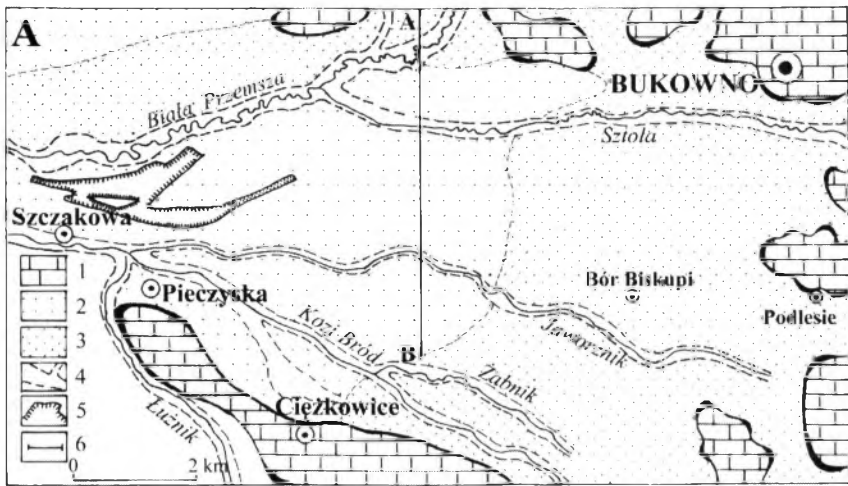
Rys. 13. Kopalnie odkrywkowe węgla kamiennego na tle szkicu geomorfologicznego pogranicza Kotliny Dąbrowskiej i Płaskowzgórza Dańdówki, stan z połowy XX wieku
1 – spłaszczenia wierzchowinowe, 2 – stoki, 3 – suche doliny erozyjno-denuwacyjne, 4 – doliny rzeczne, 5 – kopalnie odkrywkowe węgla kamiennego, 6 – warpia

Fig. 13. Open coal mines against a background of the geomorphological sketch of the borderline between the Dąbrowa Basin and Dańdówka Plateau, in the mid-twentieth century
1 – flat-topped hills, 2 – slopes, 3 - dry erosional-denudational valleys, 4 – river valleys, 5 – open hard coal mines, 6 - minor landforms of surface exploitation

Piaskownie. Na obszarze GZW znajduje się 109 odkrywek po eksploatacji piasku, głównie podsadzowego, zajmujących łącznie powierzchnię 76,3 km², z czego 42,5% przypada na 5 wyrobisk kopalni „Szczakowa” (rys. 14, fot. 4C), a 33% na kolejnych 5 dużych piaskowni - „Dzieńkowice”, „Kuznica Warężyńska”, „Dzierżno Duże”, „Maczki-Bór Zachód” i „Maczki-Bór Wschód” (fot. 4D). Największą powierzchnię zajmują piaskownie we wschodniej części GZW na obszarze kotlin - Biskupiego Boru, Dąbrowskiej i Mysłowickiej oraz w Rowie Chrzanowskim – łącznie 62,5 km² (82%). Kubatura piaskowni przekracza 1 mld m³ (por. tab. 4). W okresie górnim piaskownie miały (mają) na ogół geometryczne kształty, strome zbocza ograniczające poszczególne poziomy eksploatacyjne (2-4) i płaskie dna. Głębokość dużych wyrobisk wynosi średnio 15-20 m, maksymalnie około 30 m (DULIAS 2005c). Dna i zbocza piaskowni są modelowane przez procesy eoliczne (SZCZYPEK I WACH 1991a,b, 1993a, 1999).

W wielu piaskowniach składowano odpady górnictwa węglowego i z czasem zamieniły się w nadpoziomowe zwałowiska, przykładowo „Brzezinka”, „Przechlebie”, „Panewniki” i inne. Obecnie trwa zasypywanie obu wyrobisk piaskowni „Maczki-Bór”. W licznych piaskowniach, w tym w największych, występują zbiorniki wodne - ich brzegi są modelowane przez procesy litoralne (brzegowe) (RZĘTAŁA M. 2003, MACHOWSKI I IN. 2006, RZĘTAŁA 2008, MACHOWSKI 2010). Misy starych, bezwodnych piaskowni są zarośnięte, ale nadal o wyrazistych krawędziach i stromych zboczach.

¹⁸ W Dolinie Czarnej Przemszy znajdują się w bliskim sąsiedztwie 4 wyrobiska popiaskowe. Dla oddania antropogenicznego charakteru tego obszaru w analizie uwzględniono wszystkie wyrobiska, mimo iż piaskownia Kuznica Warężyńska w większości jest położona już poza granicami GZW



Rys. 14. Zmiany rzeźby we wschodniej części Kotliny Biskupiego Boru wskutek eksploatacji piasków podszadzkowych w latach 1960-2004 (wg Dulias 2005c)

A – Szkic geomorfologiczny Kotliny Biskupiego Boru w 1960 roku: 1 - wzniesienia zbudowane ze skał triasowych, 2 - dno kotliny o słabo urozmaiconej powierzchni, 3 - dno kotliny o urozmaiconej powierzchni, 4 - doliny rzeczne, 5 - piaskownia, 6 - linia przekroju morfologicznego; B - Rozmieszczenie wyrobisk popiaskowych w kotlinie w 2004 roku: 1 - czynne piaskownie, 2 - piaskownie zrehabilitowane w kierunku leśnym, 3 - piaskownie w trakcie rekultywacji, 4 - dawne dna dolin rzecznych, 5 - zbiorniki wodne, 6 - linia przekroju morfologicznego; C - Profile morfologiczne (1960, 1974, 2004): 1 - las iglasty, 2 - las liściasty, 3 - piaskownie, 4 - powierzchnia terenu w 1960 roku

Fig. 14. Changes in the relief of the eastern part of the Biskupi Bór Basin resulting from stowing sands exploitation between 1960 and 2004 (after Dulias 2005c)

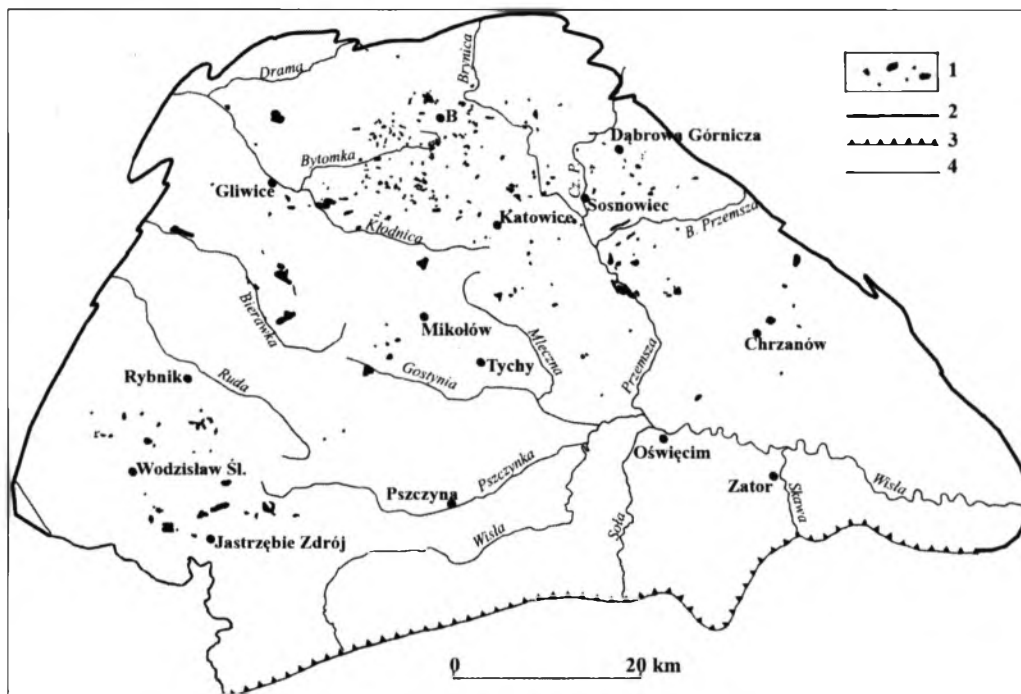
A - geomorphological sketch of the Biskupi Bór Basin in 1960: 1 - hills formed from Triassic rocks, 2 - basin bottom with poorly diversified surface, 3 - basin bottom with diversified surface, 4 - river valleys, 5 - sandpit, 6 - morphological cross-section line; B - location of the sandpits in basin in 2004: 1 - active sandpits, 2 - sandpits reclaimed as forests, 3 - sandpits in the process of being reclaimed as forests, 4 - old river channels, 5 - water reservoirs, 6 - morphological cross-section line; C - Morphological cross-section lines through Biskupi Bór Basin in the years 1960, 1974 and 2004: 1 - coniferous forest, 2 - deciduous forest, 3 - sandpits, 4 - land surface in 1960

Glinianki. Wyrobiska po eksploatacji surowców ilastych, potocznie nazywane gliniankami (rys. 10), są liczne (115), ale występują w dużym rozproszeniu – najwięcej jest ich na Wyżynie Miechowickiej (15), Garbie Mikołowskim (11) i Wysoczyźnie Rachowickiej (8). Ogólnie są to formy małe – zaledwie kilkanaście z nich ma powierzchnię większą niż 0,05 km², średnio wynosi ona 0,03 km². Glinianki na obszarze GZW zajmują łącznie powierzchnię jedynie 3 km², a ich głębokości są zróżnicowane – od kilku do kilkunastu metrów, sporadycznie ponad 20 m. Jedną z głębszych jest glinianka przy cegielni w Rybniku-Wielopolu na Wysoczyźnie Golejowskiej – ponad 21 m. Zbocza glinianek są strome, aktywnie modelowane przez procesy denudacyjne i erozji wodnej. W dnach większości wyrobisk znajdują się zbiorniki wodne. Do największych form należą glinianki w Turzyczu na Płaskowyżu Rybnickim (0,15 km²) oraz w Katowicach-Giszowcu i Brynowie na Płaskowyżu Murckowskim (po 0,1 km²). Pod względem kubatury największe są wyrobiska na Płaskowyżu Murckowskim – objętość występujących tu 5 glinianek stanowi 19,2% ogólnej objętości takich form w GZW; na dalszych miejscach znajdują się – Płaskowyż Rybnicki (8,9%) i Garb Mikołowski (8,2%). Morfologiczne znaczenie glinianek w krajobrazie jest trwałe, ale niewielkie.

5.1.1.2. Zwałowiska

Zwałowiska (hałdy) należą do najpowszechniejszych form antropogenicznych na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Są to głównie zwałowiska skały płonnej i odpadów przerobczych, związanych z górnictwem węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu oraz, w małym stopniu, surowców skalnych. Odpady przemysłu wydobywczego stanowią około 80% wszystkich odpadów nagromadzonych do 1993 roku na hałdach w GZW, pozostała część to odpady energetyczne oraz hutnicze. W analizie uwzględniono wszystkie zwałowiska czytelne na mapach topograficznych 1:10 000 z 1993 roku, niezależnie od pochodzenia odpadów i sposobu zagospodarowania (czynne, nieczynne, rekultywowane) oraz powierzchni większej niż 0,5 ha (rys. 15). Uzyskane wyniki różnią się od przedstawianych w opracowaniach o innym stopniu szczegółowości, zasięgu przestrzennym lub dla innego przedziału czasowego (MORAWIEC 1987, KONSTANTYNOWICZ 1989, SIKORSKA-MAYKOWSKA 2001, *Plan gospodarki odpadami* 2003, WILK 2003, NITA 2009).

Ilość zwałowisk na obszarze GZW w roku 1993 to 302 formy o łącznej powierzchni 49,2 km², przy czym aż 110 zwałowisk to formy małe i bardzo małe, o kubaturze mniejszej niż 50 000 m³ - zwałowisk wyraźnie zaznaczających się w rzeźbie jest 192. Najwięcej hałd występowało na obszarze Wzgórz Rudzkich i Płaskowyżu Rybnickiego (po 39), Wyżyny Siemianowickiej (29) i w Kotlinie Mysłowickiej (19). Największą powierzchnię formy te zajmowały na Płaskowyżu Rybnickim – 8,9 km² oraz w Kotlinie Mysłowickiej (5,4 km²) i na Wyżynie Miechowskiej (5,3 km²). Niemal ¼ ogólnej objętości zwałowisk (22,4%) przypadało na Płaskowyż Rybnicki – jest to jednostka geomorfologiczna, w której hałdy wybitnie wyróżniają się w krajobrazie (największa liczba, powierzchnia i kubatura form). Rozmiary największych zwałowisk na obszarze GZW są porównywalne z niektórymi naturalnymi elementami rzeźby, zwłaszcza górami-świadkami (rys. 16).



Rys. 15. Rozmieszczenie zwałowisk na obszarze GZW

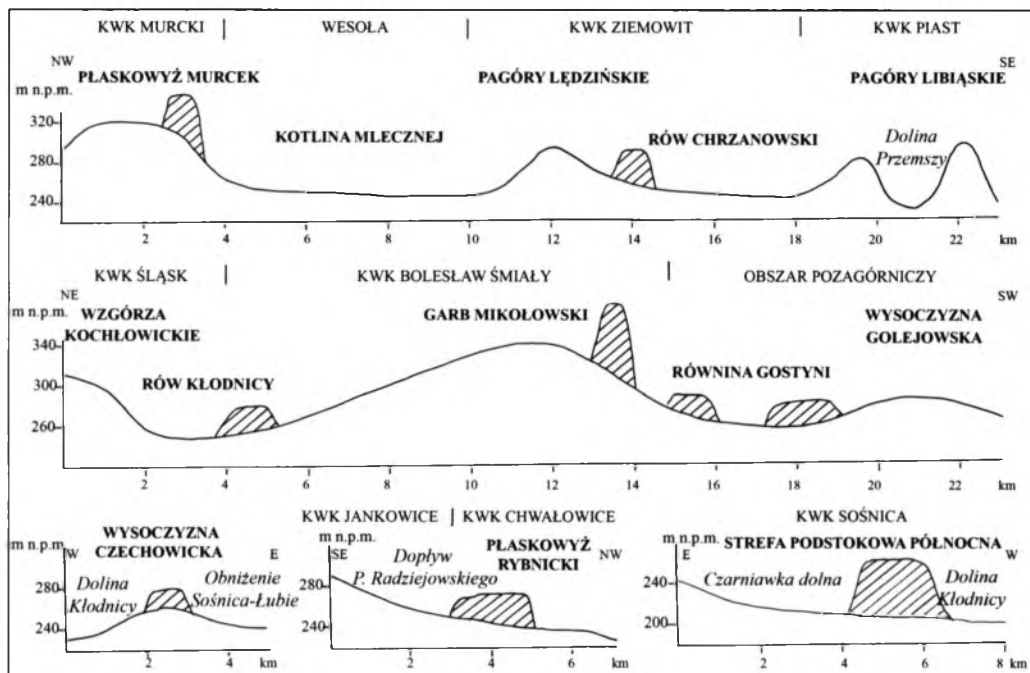
1 – zwałowiska, 2 - granice Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wg S. Doktorowicz-Hrebnickiego (1968), 3 – nasunięcie karpackie, 4 - granica polsko-czeska; objaśnienia skrótów: B – Bytom, Cz. P. – Czarna Przemsza

Fig. 15. Location of mining waste heaps in the Upper Silesian Coal Basin

1 – waste heaps, 2 - boundaries of the Upper Silesian Coal Basin after S. Doktorowicz-Hrebnički (1968), 3 – Carpathian thrust, 4 – the Polish-Czech border; abbreviations: B – Bytom, Cz. P. – Czarna Przemsza

Zwałowiska mają różne kształty. Starsze formy są najczęściej stożkowate, przykładowo charakterystyczne hałdy kopalni „Dębieńsko” w Strefie Podstokowej Południowej (fot. 5 A) czy hałdy kopalni „Rydułtowy” na Płaskowyżu Rybnickim (PEŁKA-GOŚCINIĄK I SZCZYPEK 1997). Liczne zwałowiska mają kształt masywnych stoliw, wśród nich wielkie zwałowisko kopalni „Bolesław Śmiały” na Garbie Mikołowskim (LAMPARSKA-WIELAND I WAGA 2002) (fot. 5B). Sporo hałd ma kształt nieregularnych brył z kilkoma kulminacjami. Niektóre zwałowiska osiągają bardzo duże wysokości – za najwyższą jest uważana „Szarłota” (Charlotte) na Płaskowyżu Rybnickim, mimo rozbieżnych informacji na ten temat – od 80 m w 1986 roku

(PEŁKA I POCIECHA 1991) do 134 m w 2001 roku (GAWOR I SZMATŁOCH 2010); w niniejszej pracy - 101 m (1993). Najwyższe zwałowiska występują na Płaskowyżu Rybnickim – spośród 8 form wyższych niż 65 m aż 5 znajduje się w granicach tej jednostki geomorfologicznej, w tym 3 na obszarze kopalni „Rydułtowy”. Niemal 90 m wysokości ma jedna z hałd kopalni „Dębieńsko”, blisko 80 m wymieniona wyżej hałda kopalni „Bolesław Śmiały”, około 70 m – zwałowiska kopalni „Borynia” i „Marcel”. Form o wysokości ponad 20 m było 37, a niższych od 5 m aż 113.



Rys. 16. Położenie i rozmiary największych zwałowisk w stosunku (1:1) do naturalnych elementów rzeźby różnego rzędu

Fig. 16. Location and size of the largest of mining waste heaps in relation (1:1) to the natural landforms of different order

Wiele zwałowisk zajmuje bardzo dużą powierzchnię – zinventaryzowano 20 form o podstawie większej niż 0,5 km², w tym 9 o powierzchni ponad 1 km². Do największych pod tym względem należą zwałowiska kopalni „Knurów” (1,7 km²)³ i „Sośnica” (1,5 km²) oraz hałdy położone na obszarach pozagórnicyznych – w Kotlinie Mysłowskiej (1,6 km²) i na Wysoczyźnie Czechowickiej (1,5 km²), a także na Równinie Gostyni (1 km²). Liczne, rozległe zwałowiska znajdują się na Płaskowyżu Rybnickim (fot. 5C, D).

Pod względem kubatury największe zwałowiska w GZW są położone na obszarze kopalni „Sośnica” – 25 mln m³, „Borynia” – 22,8 mln m³, „Dębieńsko” – 13,8 mln m³, „Marcel” – 13,4 mln m³ oraz na obszarze pozagórnicyznych w granicach Wysoczyzny Czechowickiej – 13,5 mln m³. Największą kubaturę ma jednak osadnik poflotacyjny kopalni rud cynku i ołowiu „Trzebionka” położony w Rowie Krzeszowickim – około 27,6 mln m³. Spośród wszystkich 302 zwałowisk 6 skupia aż 1/3 ich całkowitej objętości. Kubaturę większą niż 1 mln m³ ma 47 form. W materiałach

¹⁹ W 2001 roku za największe uważano centralne zwałowisko „Smolnica” (2,55 km²) na Wysoczyźnie Wilczy (Gawor i Szmatłoch 2010), w 1993 roku jego powierzchnia wynosiła 1,14 km²

źródłowych występują znaczne rozbieżności odnośnie kubatury zwałowisk, przykładowo dla obszaru Rybnickiego Okręgu Węglowego, obejmującego kopalnie Płaskowyżu Rybnickiego oraz kopalnie „Dębieńsko”, „Szczygłowice” i „Knurów”, dla tego samego roku obliczeniowego WRONA (1975a,b) podaje objętość 51,5 mln m³, natomiast JANKOWSKI (1986) - 78,6 mln m³.



Fot. 5. Przykłady zwałowisk z obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

A - stare zwały stożkowe w Dębieńsku, Strefa Podstokowa Południowa, B - masywne zwałowisko „Skalny” na obszarze kopalni „Bolesław Śmiały”, Łaziska, Garb Mikołowski, C - rozległe zwałowisko odpadów górniczych „Skrzyszów”, Mszana, Płaskowyż Rybnicki, D - wierzchovina zwałowiska „Pochwacie”, Płaskowyż Rybnicki

Photo 5. Examples of mining waste heaps in the Upper Silesian Coal Basin

1 - old conical mining waste heaps in Dębieńsko, Southern Podstokowa Zone, B - massive mining waste heap - „Skalny” in the area of „Bolesław Śmiały” Mine, Łaziska, Hummock of Mikołów, C - „Skrzyszów” - vast mining waste heap, Mszana, the Rybnik Plateau, D - surface of „Pochwacie” mining waste heap, the Rybnik Plateau

Objętość odpadów nagromadzonych na zwałowiskach na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego obliczono, na podstawie analizy morfometrycznej, na 370 mln m³. Biorąc pod uwagę fakt, że 80% zwałowisk budują odpady górnicze i przyjmując, że 1 tona takich odpadów ma objętość 0,38 m³ (ŻMUDA 1973) można oszacować, że na zwałowiskach nagromadzono około 974 mln ton odpadów. Według danych statystycznych, w 1994 roku na obszarze dawnego województwa katowickiego⁴ było nagromadzonych ponad 795 mln ton odpadów, przy czym dane te nie uwzględniają szeregu drobnych form ujętych w analizie morfometrycznej. Nie zmienia to jednak faktu, że obie wartości różnią się znacznie od wydobywania skały płonnej w górnictwie węglowym (por. roz. 4.3), szacowanej, w zależności od przyjętego współczynnika na 2,1 – 4,3 mld ton. Oznacza to, że co najmniej połowa wytworzonych odpadów została zagospodarowana w inny sposób niż składowanie na zwałowiskach, między innymi do wyrównywania terenu. Zwałowanie podpoziomowe,

²⁰ Większość zwałowisk na obszarze GZW znajduje się w granicach byłego województwa katowickiego

wypełniające niecki osiadania w celu wyrównania powierzchni prowadzono na obszarze aż 60 km². Znaczna część odpadów górniczych wypełniła też stare piaskownie, została wykorzystana w pracach drogowych oraz do niwelowania terenów pod budownictwo.

Od 1968 roku z części odpadów górniczych sypane są obwałowania wzdłuż koryt rzecznych tzw. hałdowały. Tworzy się je w dolinach objętych osiadaniami powierzchni, w celu zapobieżenia podtopieniom terenów sąsiednich. Powstały głównie w dolinach rzek – Kłodnicy, Bierawki, Szotkówki, Wisły, Pszczyнки, Potoku Goławieckiego, Czarnej Przemszy, Brynicy, Szarlejki, Białej Przemszy, Bobrka (SKARŻYŃSKA I IN. 1988). Do lat 90. XX wieku do obwałowania koryt rzecznych wykorzystano około 5 mln m³ odpadów (PIETRZYK-SOKULSKA 1995).

*... przynieśli wiadomości, że Roździeń się wali...szpital
hutniczy stał nie na ziemi, ale w środku stawu...
obniżenie się obszaru może jednego kilometra w kwadracie
spowodowało, że rzeka Rawa, płynęła wyżej niż cały obniżony
obszar. W dodatku w rzece zrobił się wielki ryc szeroki na metr,
że rzeka Rawa przestała istnieć ... przez utworzoną szczelinę
wpadała znów do ziemi...*

T. Rybok – „Niszczycielska siła wody”, 1896
(Andrzej Zieliński 1984)

5.1.2. ANTROPOGENICZNE FORMY RZEŻBY POŚREDNIE

5.1.2.1. Deformacje nieciągłe

W Polsce deformacje nieciągłe – powierzchniowe i liniowe, występują na terenach płytkiej eksploatacji węgla kamiennego i brunatnego, rud metali, surowców skalnych oraz soli kamiennej. Strefę graniczną między eksploatacją płytką a głęboką, z reguły wyznacza się na głębokości 80-100 m (mechanizm powstania deformacji przedstawiono w rozdziale 3). Deformacje nieciągłe, ze względu na ogólnie niewielkie rozmiary, stosunkowo rzadko ujmowane są na mapach topograficznych - ich charakterystykę przeprowadzono na podstawie *Atlasu geologiczno-inżynierskiego* (2005), studiów literaturowych i badań terenowych.

Na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego powstanie deformacji jest związane zarówno z eksploatacją węgla kamiennego, jak i rud cynku i ołowiu. Płytką eksploatację węgla prowadzono w XIX wieku, szczególnie w rejonie siodła głównego, na niektórych obszarach kontynuując ją do połowy XX wieku. Deformacje nieciągłe występują zatem przede wszystkim w północno-centralnej części GZW, w pasie od Dąbrowy Górniczej do Zabrze (GOSZCZ I IN. 1991). Mniejsze powierzchniowo obszary objęte deformacjami nieciągłymi występują na Płaskowyżu Rybnickim i Garbie Mikołowskim (JANUSZ I IN. 1982). Płytkie kopalnictwo rud cynku i ołowiu wynikało, w dużej mierze, z zalegania złóż na

niewielkiej głębokości - deformacje powierzchni występują na obszarach porudnych – bytomskim, bobrownickim i jaworznicko-chrzanowskim (por. rozdz. 4.2). Eksploatacja rud wśród zwięzłych i wytrzymałych szarych dolomitów (złoża siarczkowe) sprzyjała zachowaniu się pustek w górotworze przez długi okres czasu, natomiast eksploatacja złóż, głównie galmanowych, w obrębie dolomitów czerwonych o niskiej wytrzymałości skutkuje w krótkim czasie zawalaniem (CHUDEK I IN. 1998).

Na przełomie wieków XIX i XX deformacje nieciągłe były często odnotowywane w różnego rodzaju źródłach pisanych. W 1888 roku RYSZKIEWICZ pisał, że *szosa wiodąca przez Dąbrowę do Będzina zapadła w kilku miejscach. Po jej bokach domki na pół zrujnowane, opustoszałe, pod nimi bowiem z wolna zawala się wyeksploatowana kopalnia (...). Miejsca takie zawaliskami zwane, ogrodzone są wokół* (ZIELIŃSKI 1984). NIEMCÓWNA (1929) pisała z kolei - *człowiek usilnie wżera się w bogactwa podłoża tak, że czasem to wdzieranie zarysowuje się nawet na powierzchni terenów obsuwiskami i zapadlinami, a w innym miejscu - powierzchnia ziemi bardzo zniszczona, przez destrukcyjne siły głębne pocięta jest zapadnięciami i obsuwiskami*. Te i inne opisy krajobrazu zagłębia węglowego z okresu, głównie płytkiej eksploatacji dowodzą, że deformacje nieciągłe były łatwo dostrzegalnym elementem rzeźby. Pośrednio świadczy to o intensywności ich powstawania w tym okresie. Pod koniec XX wieku obszar występowania deformacji nieciągłych zajmował powierzchnię 350 km² (LISZKOWSKI 1991).

5.1.2.1.1. Deformacje nieciągłe powierzchniowe

Deformacje nieciągłe były kilka razy inwentaryzowane i analizowane w opracowaniach naukowych (CHUDEK I OLASZOWSKI 1976, PALKI 1978a,b, CHUDEK I ARKUSZEWSKI 1980, GOSZCZ I IN. 1991). Informacje istotne, z geomorfologicznego punktu widzenia, o formach zapadliskowych są jednak rozproszone w różnych materiałach niepublikowanych, stąd ich charakterystyka ma charakter ogólny. Pod koniec XX wieku na obszarze GZW zarejestrowano około 1000 deformacji nieciągłych (GOSZCZ 1996), ale faktyczna ich ilość jest znacznie większa – brak bowiem informacji o liczbie deformacji powstałych w początkowym okresie górnictwa, a ponadto większość kopalń zaczęła prowadzić ich inwentaryzację dopiero w okresie powojennym.

Statystyczną analizę przeprowadzono na zbiorze 417 deformacji powstałych głównie w latach 1960-1980 w rejonach płytkiej eksploatacji węgla kamiennego w obszarach górniczych 27 kopalń (GOSZCZ I IN. 1991). Z analizy wynikają następujące wnioski. Większość deformacji (około 92%) stanowiły leje i zapadliska. Najwięcej deformacji powstało w obrębie warstw łaziskich i libiąskich zaliczanych do krakowskiej serii piaskowcowej, w której znaczny procent stanowią przepuszczalne piaskowce o stosunkowo małej wytrzymałości mechanicznej. Część deformacji wystąpiła jednak na terenach zbudowanych z warstw siodłowych przynależnych do górnośląskiej serii piaskowcowej, w której piaskowce cechują się dużą wytrzymałością mechaniczną (KOTYRBA 2005). Aż 84% deformacji jest wynikiem eksploatacji prowadzonej na głębokości do 60 m, żadna nie powstała w związku z eksploatacją na głębokości większej niż 100 m (w analizowanym zbiorze, w innych pracach takie przypadki są odnotowywane). Ponad 1/3 wszystkich deformacji powstała w okresie do 25 lat po zakończeniu prac górniczych, a 16% w przedziale czasowym 80-100 lat (dwukrotnie więcej niż w przedziale 60-80 lat) (GOSZCZ I IN. 1991). W późniejszej pracy GOSZCZ (1996) podaje informację o zarejestrowaniu zapadlisk powstałych po upływie 100 lat. Generalnie, zdecydowana większość form zapadliskowych wystąpiła w obszarach, w których strop

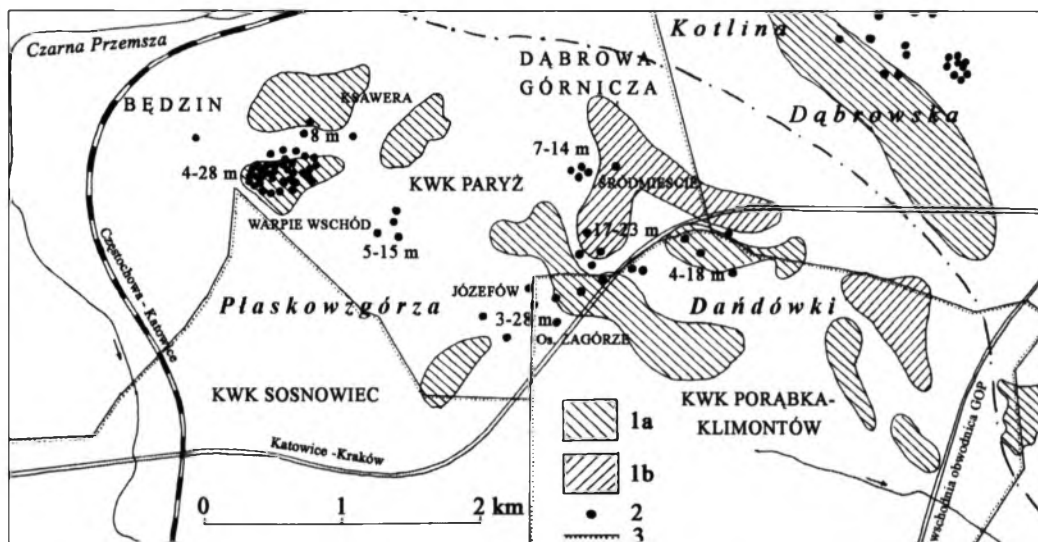
karbonu jest przykryty osadami czwartorzędowymi, a mniejsza część w rejonach jego przykrycia utworami triasu. Scharakteryzowany wyżej zbiór nie jest pełny - nie uwzględnia danych z okręgu rybnickiego i rejonów nakładania się eksploatacji węgla i kruszców, oraz zapadlisk, które wystąpiły na terenach nieużytków lub leśnych i nie zostały nigdzie odnotowane (KOTYRBA 2005).

Występowanie deformacji nieciągłych powierzchniowych jest w największym stopniu związane z obszarem Wyżyny Śląskiej Południowej, a szczególnie Płaskowyżu Bytomskiego i Kotliny Mysłowickiej, ale występują także na Płaskowyżu Katowickim oraz Garbie Mikołowskim. Na Wyżynie Śląskiej Północnej obszarami występowania zapadlisk są Kotliny – Biskupiego Boru i Dąbrowska oraz niektóre części Progu Środkowotriasowego. W Kotlinie Raciborsko-Oświęcimskiej zapadliska występują przede wszystkim na Płaskowyżu Rybnickim, natomiast na Wyżynie Krakowskiej (w granicach GZW) w Pagórach Myślachowickich. Poniżej scharakteryzowano, z różnym stopniem szczegółowości, rejon zapadliskowe występujące w poszczególnych strefach geologicznych.

W strefie karbońskiej występuje wiele rejonów występowania deformacji nieciągłych. Na Wzgórzach Chorzowskich problem zapadlisk pojawił się już w XIX wieku. „Dziennik Poznański” donosił w 1879 roku - *Królewską Hutę (...) nawiedza od niejakiego czasu raz po raz większe nieszczęście. Przed mniej więcej 4 laty zawałił się szyb, a z nim i bliższe pole, przez który prowadzi kolej żelazna do Bytomia, tak że komunikację na kilka dni przerwano. Później pochłonęła ziemia dwa domy* (ZIELIŃSKI 1984). Sto lat później problem zapadlisk wzdłuż torów był nadal aktualny – CHUDEK I ARKUSZEWSKI (1980) podają, że w latach 1966-1976 powstało tu 11 zapadlisk, a silna reaktywacja zrobów była wynikiem eksploatacji na głębokości 120 m. Ze względu na duże skupienie form wzdłuż torów i dworca kolejowego uznano, że dodatkowym czynnikiem aktywizującym górotwór były drgania ciężkiego taboru kolejowego. Ogółem, w granicach południowej części kopalni „Barbara-Chorzów” zarejestrowano 27 deformacji o średniej średnicy 4 m – zawałeniu uległy zrob po dawnej płytkiej eksploatacji prowadzonej tu w obrębie wypiętrzenia karbonu, tzw. kopuły chorzowskiej. Rejon zapadliskowy, uznany przez autorów za typowy pod tym względem, ma powierzchnię około 1 km².

Kolejny duży rejon zapadliskowy na Wzgórzach Chorzowskich znajduje się w pobliżu opisanego, także w obrębie kopuły chorzowskiej, ale już w granicach kopalni „Pokój”, w jej wschodniej części - dawnej kopalni „Prezydent”. SUDOŁ I ZYCH (2006) opisują deformacje nieciągłe powstałe w latach 1948-2005, głównie na wierzchowinowym spłaszczeniu denudacyjnym (*Mapa geomorfologiczna GOP* 1959). Obszar ten jest pocięty licznymi uskokami, które razem z szczelinami i spēkaniami powstałymi w nadkładzie tworzą ciąg hydrauliczny, przez który wody opadowe i powierzchniowe swobodnie przepływają w głąb górotworu. Materiały górnicze informują, że zinwentaryzowano tu 45 deformacji powierzchniowych, ale rzeczywistość ich ilość jest zdaniem autorów znacznie większa, gdyż pod konkretnym numerem zapadliska zazwyczaj kryje się kilka form powstałych obok siebie. Połowa deformacji utworzyła się w latach 1962-1974, najczęściej w okresach wiosennych w związku z roztopami, rozmarzaniem wód gruntowych oraz opadami. Większość form to zapadliska, lejów stwierdzono 9. Niektóre formy kilkakrotnie reaktywowały się w tych samych miejscach - jedna z deformacji nawet siedmiokrotnie w ciągu kilku lat. Obliczono, że opisywany obszar jest nadal zagrożony powstaniem lejów o średnicach teoretycznie mogących przekroczyć 6 m. Powierzchnia rejonu zapadliskowego wynosi ponad 2 km². Powstawaniu kilku zapadlisk towarzyszyło wydobywanie się gazów z palących się zrobów w pokładzie 510.

Dla obszaru Wzgórz Rudzkich uzyskano niewiele informacji o deformacjach nieciągłych. FORYŚ I SUROWIEC (1985) zinventaryzowali w Rudzie Śląskiej 32 formy na obszarze płytkiej eksploatacji o powierzchni ponad 10 km². Większość form (17) powstała w granicach kopalni „Wawel”. W zachodniej części Wzgórz w obrębie zlikwidowanego Ruchu Poręba (kopalnia „Zabrze-Bielszowice”) ZYCH I IN. (2000) stwierdzili 11 zapadlisk w miejscach starych szybów, źle zlikwidowanych szybków, a także upadowych. Wszystkie powstały w latach 1975-1996. Wcześniejsze formy nie były inwentaryzowane.



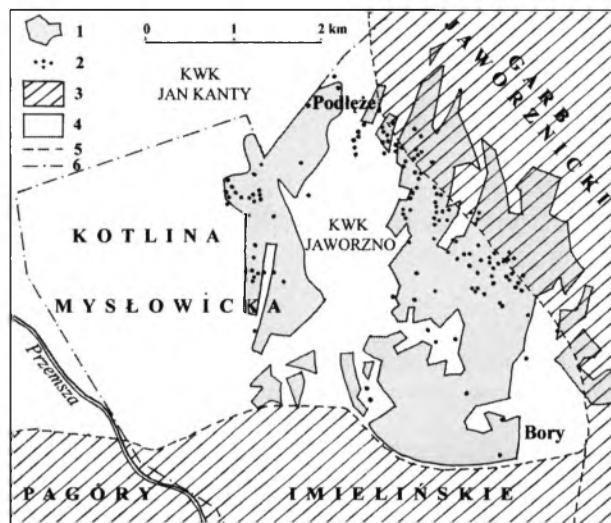
Rys. 17. Rejony płytkiej eksploatacji węgla kamiennego i zagrożenie deformacjami nieciągłymi w północnej części Płaskowzgórza Dańdówki (na podstawie Atlasu geologiczno-inżynierskiego 2005, Dulias 2008c)
 1 - zasięg płytkiej eksploatacji węgla kamiennego o zagrożeniu powierzchni deformacjami: a - małym; b - średnim i dużym (wg kryteriów przyjętych w Atlasie geologiczno-inżynierskim 2005); 2 - zroby i głębokość zalegania w metrach; 3 - granice obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego (por. rys. 2)

Fig. 17. Areas of shallow hard coal mining and risk of discontinuous deformation in the northern part of Dańdówka Plateau (made by the author on the basis of Atlas geologiczno-inżynierski 2005, Dulias 2008c)
 1 - range of shallow hard coal mining with risk of discontinuous deformation: a - low, b - medium and high (according to the criteria adopted in the Atlas geologiczno-inżynierski 2005); 2 - underground workings and the depth in meters, 3 - boundaries of the coal mines (see fig. 2)

Na Płaskowzgórzach Dańdówki występują dwa rejony płytkiej eksploatacji – na północy i na południu. W rejonie północnym (rys. 17) pola płytkiej eksploatacji występują zarówno na kulminacjach wzniesień, jak i na skłonach Płaskowzgórza ku otaczającym kotlinom – łącznie zajmują powierzchnię prawie 3 km² (Atlas geologiczno-inżynierski 2005, DULIAS 2008c). Pierwsze zapadliska na Płaskowzgórzach Dańdówki pojawiły się, podobnie jak na innych obszarach, co najmniej pod koniec XIX wieku. Deformacje miały postać lejów, ale i bardziej nieregularne kształty, gdyż do zawałów dochodziło często nad początkowymi odcinkami upadowych na skutek zaniedbań w ich obudowie. W południowej części kopalni „Paryż” do 1980 roku powstało 16 deformacji, przeciętnie o średnicy nieco ponad 2 m (CHUDEK I ARKUSZEWSKI 1980). Z kolei w północnej części kopalni „Porąbka-Klimontów”, w rejonie Zagórza na powierzchni 1,3 km² zinventaryzowano 248 wyrobisk górniczych mających połączenia z powierzchnią, w części południowej zarejestrowano ich 42 (DUŻY I IN. 2000). W przypadku występowania nad eksploatowanymi pokładami skał iłowcowych o niskiej wytrzymałości, podatnych na działanie wody, pustki z reguły ulegają zaciśnięciu natomiast,

gdy występują nad nimi zwięzłe, gruboławicowe piaskowce to pustki w zrobach mogą utrzymywać się długi czas. Biorąc powyższe pod uwagę autorzy zakładają, że na Płaskowzgórzach Dańdówki deformacje mogą powstać nad zrobami w pokładach 510 i 620, ze względu na występowanie grubych ławic zwięzłych piaskowców.

Na Płaskowyżu Murcek powierzchnia obszarów dawnej płytkiej eksploatacji zagrożającej potencjalnie powstaniem zapadlisk wynosi około 13 km² (STANIEK I KUPKA 2007). Występują na obszarze kilku kopalń – „Murcki”, „Wesoła”, „Staszic”, „Wieczorek” i „Mysłowice”, w znacznej mierze na obszarach leśnych, stąd wiele zaistniałych deformacji nie było w ogóle odnotowywanych. W *Atlasie geologiczno-inżynierskim* (2005) wykazano, że w dzielnicach Nikiszowiec, Giszowiec i Murcki występują 23 pustki na głębokościach od 3 do 34 m. W 1959 roku w kopalni „Murcki” w wyniku wdarcia wody z piaskiem do wyrobiska nastąpił zawał, który spowodował powstanie leja o powierzchni 700 m² (WILK 2003). Na Wzgórzach Kochłowniczych płytką eksploatację prowadzono w kopalni „Wujek”, w jej północnej części na obszarze około 1,5 km² (STANIEK I KUPKA 2007).



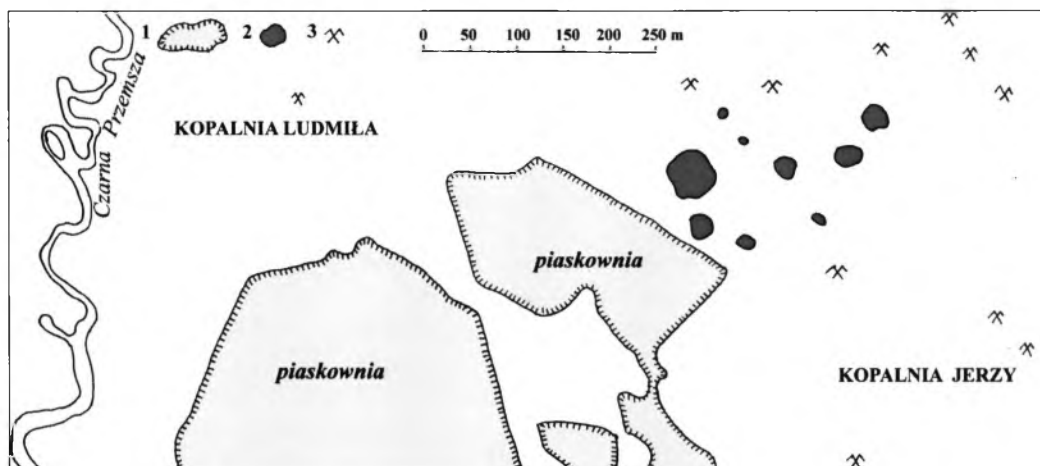
Rys. 18. Rejony płytkiej eksploatacji i zapadliska na obszarze kopalni „Jaworzno” w Kotlinie Mysłowickiej (na podstawie Jarczyka 2007, zmienione)

1 – obszary płytkiej eksploatacji, 2 – zapadliska, 3 – karbon pod nadkładem utworów triasu, 4 – karbon pod utworami czwartorzędowymi, 5 – granice jednostek geomorfologicznych, 6 – granice obszarów górniczych kopalń (por. rys. 2)

Fig. 18. Areas of shallow coal mining and sinkholes in the „Jaworzno” Mine in Mysłowice Basin (made by the author on the basis of Jarczyk 2007, changed)

1 – areas of shallow coal mining, 2 – sinkholes, 3 – Carboniferous bedrock beneath Triassic overburden, 4 – Carboniferous bedrock beneath Quaternary deposits, 5 – boundaries of geomorphological units, 6 – boundaries of coal mines (see fig. 2)

Na obszarze Kotliny Mysłowickiej płytko zalegające złoża eksploatowano w granicach kopalń „Niwka-Modrzejów”, „Jan Kanty”, „Sosnowiec” i częściowo „Jaworzno” (rys. 18). Powstało tu bardzo dużo deformacji nieciągłych – pierwsze zawały pustek miały miejsce już w XIX wieku. Na *Mapie Zagłębia Dąbrowskiego* (1929), przedstawiającej topografię według stanu w 1925 roku, w północnej, piaszczystej części kotliny zaznaczono 9 dużych lejów, z których największe miało średnicę blisko 100 m (rys. 19). W latach 30. XX wieku na obszarze kotliny istniały liczne biedaszyby, które także ulegały zawaleniom. Ilość zaistniałych deformacji jest różnie określana – FORYŚ I SUROWIEC (1983) dla północnej części kotliny piszą o 11 udokumentowanych zapadliskach, natomiast CHUDEK I ARKUSZEWSKI (1980) o 14-tu formach udokumentowanych, ale aż 54 zaistniałych. Większość form utworzyła się dopiero w latach 1964-1971, mimo iż była wynikiem eksploatacji prowadzonej w latach 1860-1920, czyli nawet więcej niż 100 lat wcześniej. Kubaturę zrobów wykrytych w granicach kopalni „Niwka-Modrzejów” FORYŚ I SUROWIEC (1983) obliczyli na ponad 3 mln m³ z zastrzeżeniem, że nie są to pełne dane.



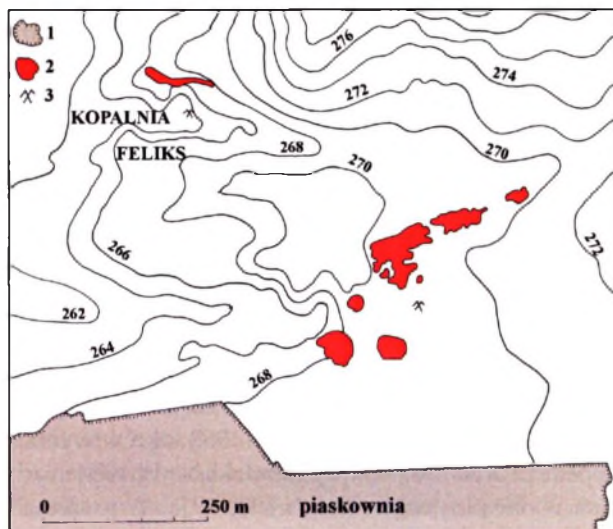
Rys. 19. Leje zapadliskowe w Sosnowcu-Modrzejowie w północnej części Kotliny Mysłowickiej na początku XX wieku (opracowano na podstawie Mapy Zagłębia Dąbrowskiego 1929)
1 – piaskownie, 2 – leje zapadliskowe, 3 – szyby kopalniane

Fig. 19. Sinkholes in Sosnowiec-Modrzejów in the northern part of Mysłowice Basin at the beginning of the twentieth century (made by the author on the basis Mapa Zagłębia Dąbrowskiego, 1929)
1 – sandpits, 2 – sinkholes, 3 – mine shafts

Wyjątkowym nasileniem powstawania deformacji nieciągłych odznaczała się centralna oraz południowo-wschodnia część Kotliny Mysłowickiej. Rejon zapadliskowy w dzielnicy Sosnowca – Niwce został uznany przez CHUDKA I ARKUSZEWSKIEGO (1980) za typowy pod względem kształtu form, których zarejestrowano tu 23. Na jego przedłużeniu w kierunku południowym i wschodnim od lasu koło Jezora po dzielnice Jaworzna – Dąbrowę Narodową i Niedzieliska, występowało jeszcze większe nagromadzenie zapadlisk, co najmniej 42 o średnicach 3-6 m i większych. Na tym obszarze, przynależnym do kopalni „Jan Kanty”, powstało w latach 50. i 60. XX wieku aż kilkanaście kopalń upadowych, upadowo-odkrywkowych i odkrywkowych, które dawały wówczas nawet 40% wydobywania kopalni (LEWANDOWSKA 1969). Nagłe dopływy wód prowadziły do częstych zawałów wyrobisk i zjawisk sufozyjnych w piaszczystym nadkładzie, skutkujących powstaniem lejów na powierzchni terenu. WILK (2003) podaje, że w 1984 roku miało miejsce wdarcie wód w miejscu wychodni uskoku Przemsza, które spowodowało powstanie bardzo dużego zapadliska o prawie pionowych ścianach, głębokości 41 m i średnicy 25 m. Forma została zlikwidowana, ale reaktywowała się jeszcze trzykrotnie, a w pobliżu powstał nowy lej o średnicy 13 m i głębokości 7 m. Jedno z największych zapadlisk powstało w 1964 roku w południowej części Kotliny Mysłowickiej w dzielnicy Jaworzna – Podłęże. Spowodowane było spływem kurzawki do wyrobisk przez szczelinę uskoku i miało wyjątkowo dużą średnicę - około 100 m. Zapadlisko miało formę leja o pojemności 75 000 m³ (WILK 2003). W rejonie tym zinwentaryzowano liczne typowe leje stożkowe w obrębie piaszczystego nadkładu karbonu.

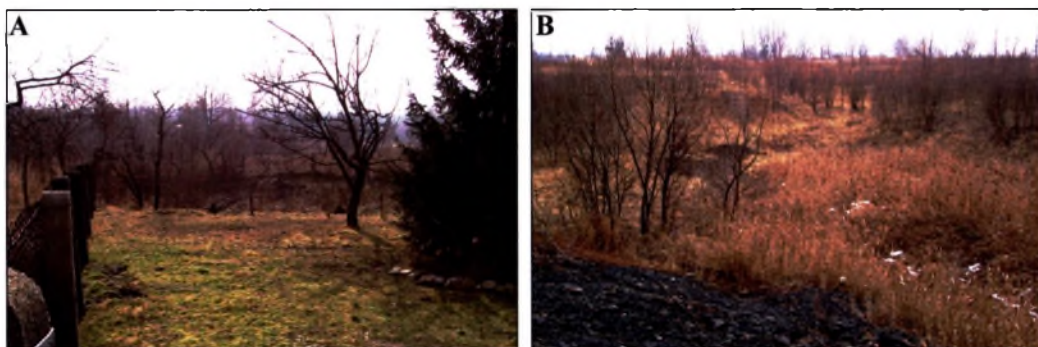
W Niece Wilkoszyńskiej, w chrzanowskim rejonie eksploatacji rud cynku i ołowiu występuje stosunkowo mało form zapadliskowych. SZUWARZYŃSKI (2010) podaje, że w kopalni „Matylda” wydobywanie prowadzono systemem zabierkowym, z pozostawianiem słupów calizny lub z podsadzką suchą układaną pasami, dzięki temu wyrobiska zachowane na głębokości kilkudziesięciu metrów, w niewielkim stopniu zagrażają zawaleniem, czemu sprzyjają też właściwości dolomitów, w których je wydrążono.

Na Garbie Mikołowskim, który jest w zasięgu oddziaływania kopalni „Bolesław Śmiały”, wyróżniono 4 rejonów zapadliskowe położone w różnych jego częściach i mające łącznie powierzchnię około 6 km² (CHUDEK I ARKUSZEWSKI 1980). W dwóch rejonach zapadliska powstały wskutek reaktywacji zrobów z przełomu wieków XIX i XX, w dwóch pozostałych – utworzyły się w rok - dwa po eksploatacji prowadzonej na przełomie lat 50. i 60. XX wieku. Płytką eksploatację węgla kamiennego prowadzono także, od 1893 roku, na obszarze Pagórów Łędzińskich, w północno-zachodniej części dawnej kopalni „Piast”, obecnie „Ziemowit”. Prace górnicze spowodowały osuszenie utworów czwartorzędowych i powstanie deformacji nieciągłych w rejonie wzgórz triasowych, głównie w granicach miasta Łęczyny.



Rys. 20. Zapadliska w Sosnowcu-Ostrowach Górniczych w północnej części Kotliny Biskupiego Boru na początku XX wieku (na podstawie Mapy Zagłębia Dąbrowskiego 1929) 1 – piaskownie, 2 – zapadliska, 3 – szyby kopalniane

Fig. 20. Sinkholes in Sosnowiec-Ostrowy Górnicze in northern part of Biskupi Bór Basin at the beginning of the twentieth century (made by the author on the basis of Mapa Zagłębia Dąbrowskiego 1929) 1 – sandpits, 2 – sinkholes, 3 – mine shafts



Fot. 6. Stare, około stuletnie formy zapadliskowe w północnej części Kotliny Biskupiego Boru A – lej zapadliskowy, B – nieregularne zapadlisko nad upadową, na zboczach widoczne skały karbońskie

Photo 6. About hundred years old sinkholes in northern part of Biskupi Bór Basin A – sinkhole, B – irregular sinkhole above descending gallery, on the slopes visible Carboniferous rocks

W Kotlinie Biskupiego Boru deformacje nieciągłe wystąpiły na obszarach płytkiej eksploatacji prowadzonej w ramach kopalni „Kazimierz-Juliusz” i „Siersza”. FORYŚ I SUROWIEC (1983) określili kubaturę zrobów w granicach kopalni „Kazimierz-Juliusz”, pozostałych po eksploatacji w latach 1879-1939, na 1,3 mln m³ - 90% z nich było całkowicie zawadnione. Zarejestrowali 9 zapadlisk w północnej części dzielnicy Sosnowca - Ostrowach Górniczych. Deformacje powstałe w południowej części tej dzielnicy oraz w Kolonii Bory inwentaryzowali

CHUDEK I ARKUSZEWSKI (1980). Powstało tu 14 zapadlisk związanych z krótkotrwałą eksploatacją przed ponad stu laty (1890-1901) pokładu 510 na grubość niemal 7 m. Formy te są zaznaczone już na *Mapie Zagłębia Dąbrowskiego* (1929) (rys. 20), zatem powstały stosunkowo niedługo po zakończeniu eksploatacji - zachowały się do dzisiaj (fot. 6). Okresowo zapadliska bywają zawadnione.

Drugi rejon zapadliskowy jest położony w południowej części Kotliny Biskupiego Boru na obszarze kopalni „Siersza”. Zagłębienia po zawałach istniały już na początku XX wieku w pobliżu doliny Koziego Brodu – w 1922 roku, w wyniku gwałtownej ulewy, rzeka rozlała się powyżej ówczesnej kopalni Izabella i poprzez zawały oraz sypki piasek runęła do wyrobisk, powodując śmierć 28 górników. Po tym wypadku Kozi Bród został ujęty w betonowe koryto (PIETRASZEK 1961). Według WILKA (2003) w czasie katastrofy Kozi Bród był już przełożony w inne miejsce i ujęty w betonowe koryto, które jednak w czasie ulewy zostało przerwane i woda dostała się do starego koryta z lejami zapadliskowymi. Zdarzenie miało miejsce w czasie eksploatacji pokładu o miąższości 5 m, na głębokości 60 m metodą na zawał, spod piasków o miąższości 40 m. Obecnie w sąsiedztwie Koziego Brodu znajduje się rozległe pole (0,5 km²) z ponad 30 lejami o średniej głębokości 8-10 m i średnicy 15 m. Formy te powstały wskutek mechanicznego namywania piaszczystych utworów powierzchniowych do płytko zalegających wyrobisk (NIEĆ I IN. 2001, GŁOGOWSKA 2007).

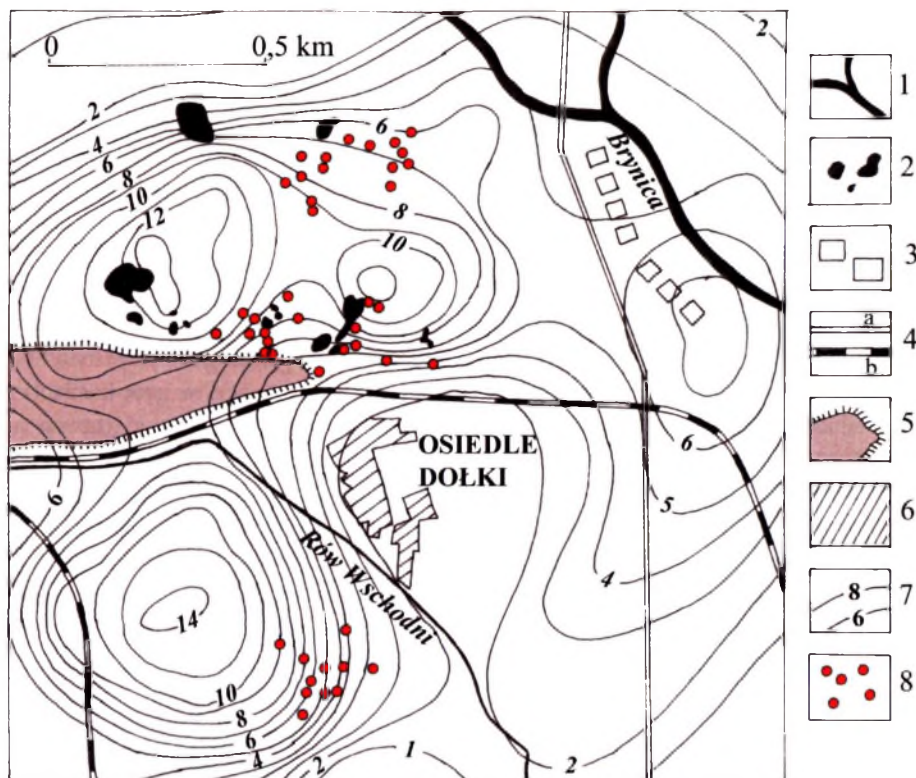
W Kotlinie Dąbrowskiej płytką eksploatację prowadzono w kopalniach „Paryż” (Dolina Czarnej Przemszy) i „Grodziec” (Wzniesienia Grodziec). CHUDEK I ARKUSZEWSKI (1980) zinwentaryzowali na terenie Dąbrowy Górniczej 16 deformacji w obrębie, głównie gliniastego nadkładu, w wyniku zaważenia się zrobów z pierwszej połowy XX wieku, zapadliska powstawały także na terenach biedaszybów. Duże zawały powstały w 1969 roku w wyniku wdarcia się wody i mułu z osadnika do kopalni „Paryż” i wymycia podsadzki. Na Wzniesieniach Grodziec autorzy stwierdzili 12 zapadlisk po eksploatacji w latach 1900-1936. W granicach kopalni „Grodziec” deformacje nieciągłe zarejestrowano w rejonie dawnej kopalni „Maria”, wydobywającej węgiel pod Górą Św. Doroty. Szczegółne nasilenie ich powstawania przypada na lata 1967-1975, kiedy kopalnia „Grodziec” prowadziła intensywną eksploatację. W skrajnych przypadkach, jak donoszą BUKOWSKI I AUGUSTYNIAK (2005) obserwowano powstawanie blokowych zapadlisk o głębokości od kilku do kilkunastu metrów o znacznej średnicy, włącznie z odsłanianiem starych wyrobisk górniczych. W okresie zatapiania kopalni „Maria”, zapoczątkowanego w 1983 roku, takich zjawisk nie obserwowano, dopiero po całkowitym zatopieniu, co kilka lat stwierdzano powstawanie nowych zapadlisk - do 2002 roku zarejestrowano ich 5.

Z obszaru Pagórów Myślachowickich na Płaskowyżu Ojcowskim (Wyżyna Krakowska Południowa) interesujący przykład deformacji nieciągłych przedstawili OSTROWSKI I MULARZ (1987). W wyniku eksploatacji prowadzonej przez kopalnię „Siersza”, metodą zawałową na głębokości 130 m w nienaruszonym wcześniejszymi pracami górotworze powstały, między innymi, dwa duże rowy zapadliskowe o długości do 120 m. Ich powstanie poprzedziło powstanie równoległych szczelin w odległości kilku metrów od siebie, między którymi teren zapadł się na głębokość do kilkunastu metrów – w nierównym dnie występowały naprzemiennie głębokie studnie i mosty ziemne. Formy te utworzyły się na wierzchowinie podłużnego wzniesienia (420 m n.p.m.), zbudowanego ze zlepieńców myślachowickich. Pod tymi utworami, a na stropie karbonu występuje seria arkozowa, złożona głównie z piaskowców z wkładkami utworów ilastych. W wyniku długotrwałej sufozji i ługowania słabo związanych utworów nadkładu został on silnie skawernowany, a deformacje górotworu wywołane eksploatacją zawałową przyczyniły się do gwałtownego zaciskania kawern i powstania form zapadliskowych.

W strefie triasowej szczególnie dużo deformacji nieciągłych powstało na Wyżynie Siemianowickiej. W jej północnej części, gdzie nakładają się wpływy górnictwa rud cynku i ołowiu w ZGH „Orzeł Biały” oraz węgla kamiennego w granicach kilku kopalń, głównie „Siemianowice”, „Rozbark” i „Andaluzja”, geneza deformacji nieciągłych może mieć bezpośredni związek z eksploatacją rud, bądź z eksploatacją zalegających głębiej pokładów węgla kamiennego powodującą reaktywację zrobów porudnych. CHUDEK I ARKUSZEWSKI (1980) podają, że do połowy lat 70. XX wieku w granicach ZGH „Orzeł Biały” zinwentaryzowano 177 form zapadliskowych, przeciętnie o średnicach 4-5 m. Wystąpiły one w 3 rejonach o łącznej powierzchni 5,8 km². Według PILECKIEGO (2009) na obszarze kombinatu do 1995 roku wyraźnie przeważały deformacje związane z górnictwem kruszców, dopiero później – z górnictwem węgla kamiennego. W ciągu ostatnich 45 lat (1963-2009) na obszarach nakładania się płytkiego kopalnictwa kruszców i węgla kamiennego w niecce bytomskiej, czyli w większości w granicach Wyżyny Siemianowickiej, rocznie powstawały średnio 4 deformacje nieciągłe (wyjątkowo w 2006 roku - 17). Na obszarze kopalni „Rozbark”, w zbliżonym okresie badań (1959-1994) (CHUDEK I IN. 1998) stwierdzili natomiast, że tylko 7 zapadlisk miało bezpośrednią przyczynę w eksploatacji rud, a 46 form - z reaktywacją starych zrobów w wyniku eksploatacji węgla kamiennego. CHAJEC (1999) podaje z kolei, na podstawie materiałów źródłowych z ZGH „Orzeł Biały”, że w obrębie nakładania się działalności kombinatu z pracami wydobywczymi kopalni „Andaluzja” powstało w latach 1974-1990 - 91 deformacji, przy czym 75 z nich ujawniło się na powierzchni w okresie 2 lat od zakończenia eksploatacji rud (rys. 21). Wielkość form była zróżnicowana - maksymalne odnotowane średnice wynosiły 28 m, a głębokości 7 m. W trzech przypadkach zapadliska sięgały wyrobisk górniczych. Część form istnieje do dziś, mimo upływu 20 lat od ich powstania - w wilgotnych porach roku okresowo wypełniają się wodą (fot. 7A).

Deformacje nieciągłe powstawały także w południowo-zachodniej części Wyżyny Siemianowickiej, w strefie niewyraźnej morfologicznie granicy ze Wzgórzami Chorzowskimi, między innymi niedaleko tzw. Żabich Dołów (DULIAS 2008a). Odnośnie 11 zapadlisk, które utworzyły się 1-2 km na wschód od tego obszaru SUDOŁ I ZYCH (2006) zakładają, że powstały wskutek procesów krasowych - ich związek z eksploatacją górniczą uznali za niewielki. Na dużą skalę płytką eksploatację, w znacznej mierze w formie biedaszybów, prowadzono też w południowej części Wyżyny Siemianowickiej, na jej pograniczu z Wzgórzami Chorzowskimi - jak podają STANIEK I KUPKA (2007), na powierzchni ponad 3 km². We wschodniej części Wyżyny Siemianowickiej, w zasięgu kopalni „Saturn” sporo zapadlisk powstawało na przełomie wieków XIX/XX, jako konsekwencja eksploatacji metodą szachownicową (CIEPIELA 2003).

Na obszarze Wyżyny Czeladzi nieciągłe deformacje powierzchni powstawały głównie w jej południowej części w granicach kopalni „Czeladź-Milowice”. Liczne zapadliska pojawiły się już w XIX wieku, w wyniku prowadzonej na głębokości 60 m eksploatacji zawałowej (CIEPIELA 2003). W latach 70. XX wieku CHUDEK I ARKUSZEWSKI (1980) zinwentaryzowali w tym rejonie 68 zapadlisk, z tego 30 powstało w zagłębieniu bezodpływowym w dolinie Brynicy, przy znacznym udziale wody infiltrującej do wyrobisk - ich średnice miały przeciętnie 8,3 m. Pozostałe formy były znacznie mniejsze (2-4 m). Obszar zapadliskowy zajmował powierzchnię około 2 km² (fot. 6B). FORYŚ I SUROWIEC (1983) podają, że aż 44 zapadliska powstały w ciągu kilku lat (1957-1965) w wyniku eksploatacji prowadzonej w upadkowej. Formy te utworzyły się w nadkładzie zbudowanym z gruntów luźnych - piaszczystych i reprezentowały typowe leje stożkowe (MIKUŁA 1987). Na początku lat 80. XX wieku kubatura zrobów wynosiła około 600 000 m³.



Rys. 21. Formy zapadliskowe w niecce osiadania na obszarze nakładających się wpływów KWK „Andaluzja” i KGH „Orzeł Biały” w północnej części Wyżyny Siemianowickiej (na podstawie Chajec 1999, zmienione)
 1 – rzeki, 2 – zbiorniki wodne, 3 – osadniki, 4 – a: główne drogi, b: linie kolejowe, 5 – zwałowisko, 6 – tereny zabudowy mieszkaniowej, 7 – izolinie osiadań powierzchni terenu w metrach, 8 – zapadliska

Fig. 21. Sinkholes in subsidence basin in the area of overlapping influences of „Andaluzja” and „Orzeł Biały” mines in northern part of Siemianowice Upland (made by the author on the basis Chajec 1999, changed)
 1 – rivers, 2 – water reservoirs, 3 – settlement tanks, 4 – a: main roads, b – railways, 5 – mining waste heap, 6 – residential areas, 7 - isolines of surface subsidence in meters, 8 – sinkholes



Fot. 7. Ogólny widok obszarów z formami zapadliskowymi, Płaskowyż Bytomski
 A – zapadliska na obszarze KWK „Andaluzja” i ZGH „Orzeł Biały”, przedstawione na rys. 21, stan w roku 2009, po długotrwałych opadach, Wyżyna Siemianowicka, B – obszar występowania zapadlisk w południowej części KWK „Czeladź-Milowice” na Wyżynie Czeladzi

Photo 7. General view of areas with sinkholes, the Bytom Plateau
 A – sinkholes in the area of „Andaluzja” and „Orzeł Biały” mines, shown in the fig. 21, state in 2009, after prolonged rainfall, Siemianowice Upland, B – sinkholes in southern part of „Czeladź-Milowice” mine, Czeladź Upland

Na Płaskowyżu Tarnowickim częste są zapadliska przyszybowe o głębokościach do 5 m i szerokościach do 25 m – w dużym zagęszczeniu występują w rejonie Górników, Rept, czy Segietu (LAMPARSKA-WIELAND 2003). Formy te są związane z górnictwem rud cynku i ołowiu.

Strefa miocenska. Na obszarze Rybnickiego Okręgu Węglowego, w większości w granicach Płaskowyżu Rybnickiego, zarejestrowano 469 deformacji nieciągłych, w tym prawie 52% stanowią zapadliska - 242 formy (PALKI 1978a,b). Prawie 97% zapadlisk (234) występuje we wschodniej części kopalni „Rydułtowy”, natomiast 8 form jest rozproszonych na obszarach 5 kopalń. W 1956 roku, w granicach kopalni „Jankowice”, powstał duży lej wskutek wdarcia się do wyrobisk wody z piaskiem - miał głębokość 17 m i średnicę 50 m (WILK 2003).

Na Płaskowyżu Rybnickim największa koncentracja zapadlisk występuje w niewielkim powierzchniowo rejonie, gdzie w nadkładzie karbonu nie występują utwory miocenu, lecz osady czwartorzędowe o grubości 10-40 m, zbudowane z naprzemianległych warstw piaszczysto-żwirowych i gliniastych (PALKI 1982a)¹. Najczęstszymi formami zapadlisk są leje stożkowe (190) i cylindryczno-stożkowe (45), stanowiące łącznie 97% wszystkich zapadlisk (JANUSZ I PALKI 1980). Prawie połowa deformacji odznaczała się średnicą 5-10 m, a nieco ponad 42% - średnicą 10-20 m. Maksymalna średnica formy wynosiła 67 m. Głębokość zapadlisk wahała się w granicach od 0,8 do 23,5 m, przy czym aż 71% form miało głębokość do 3 m (PALKI 1982a). W niektórych zachowanych formach występują zbiorniki wodne, na przykład w dolinie Syrynki na obszarze kopalni „Anna” (5 m głębokości), czy w dolinie Potoku Chwałowickiego (JANKOWSKI 1986). Największymi wymiarami cechowały się zapadliska powstałe na skutek naruszenia robotami górniczymi zawodzionych utworów nadkładu karbonu. W tych przypadkach wyrobiska znajdowały się na głębokości nawet 110 m. Dla wszystkich zapadlisk przeanalizowano geologiczno-górnice warunki ich powstania (PALKI 1981). Uznano, że w 94% przyczyną ich powstania była eksploatacja z zawalem stropu płytko zalegających pokładów, zaś w 3% przypadków - reaktywacja starych płytko zalegających zrobów wskutek różnych przyczyn. WRONA (1975a,b) określił powierzchnię obszarów objętych zapadliskami na 2,2 – 2,4 km².

Na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego pustki istniejące w masywie skalnym mogą się utrzymywać nieskończenie długo i dopiero w odpowiednich warunkach pustka zaczyna wędrować w górę (GOSZCZ 1996). Wiele pustek pierwotnych nie uległo jeszcze zawałowi, ani nie zostało podsadzone podczas likwidacji kopalni. KOTYRBA (2005) pisze, że w kategoriach probabilistycznych zagrożenie zapadliskami na obszarze GZW jest nieduże i porównywalne z innymi zagłębiami węglowymi. STRZAŁKOWSKI I IN. (2006) także uważają, że obecnie zapadliska nie są już tak powszechnym problemem jak dawniej. Nie mniej, nie tak rzadko pojawiają się w mediach informacje o zaistniałych przypadkach zapadlisk, przykładowo w Siemianowicach na Wyżynie Siemianowickiej (LISIECKI 2009), w Orzeszu na Garbie Mikołowskim (GRYGIERCZYK 2010), czy w Trzebini-Sierszy w Kotlinie Biskupiego Boru (BALICKA 2010).

Obliczenie ilości materiału przemieszczonego z powierzchni, poprzez formy zapadliskowe do podziemnych wyrobisk jest trudne. Przy założeniu, że na obszarze GZW powstało 1000 zapadlisk w kształcie leja o średniej głębokości 3 m i średnicy 6 m, dałoby to objętość materiału około 28 000 m³, a uwzględniając ponadto około 100 zapadlisk o dużych

²¹ Według kryteriów przyjętych w rozdz. 1.4. większość form zapadliskowych na Płaskowyżu Rybnickim występuje w strefie karbońskiej. Uwzględniono je jednak w charakterystyce strefy miocenskiej, gdyż wychodnie karbonu stanowią tu izolowaną, niewielką „wyspę” wśród szeroko rozprzestrzenionych utworów miocenu.

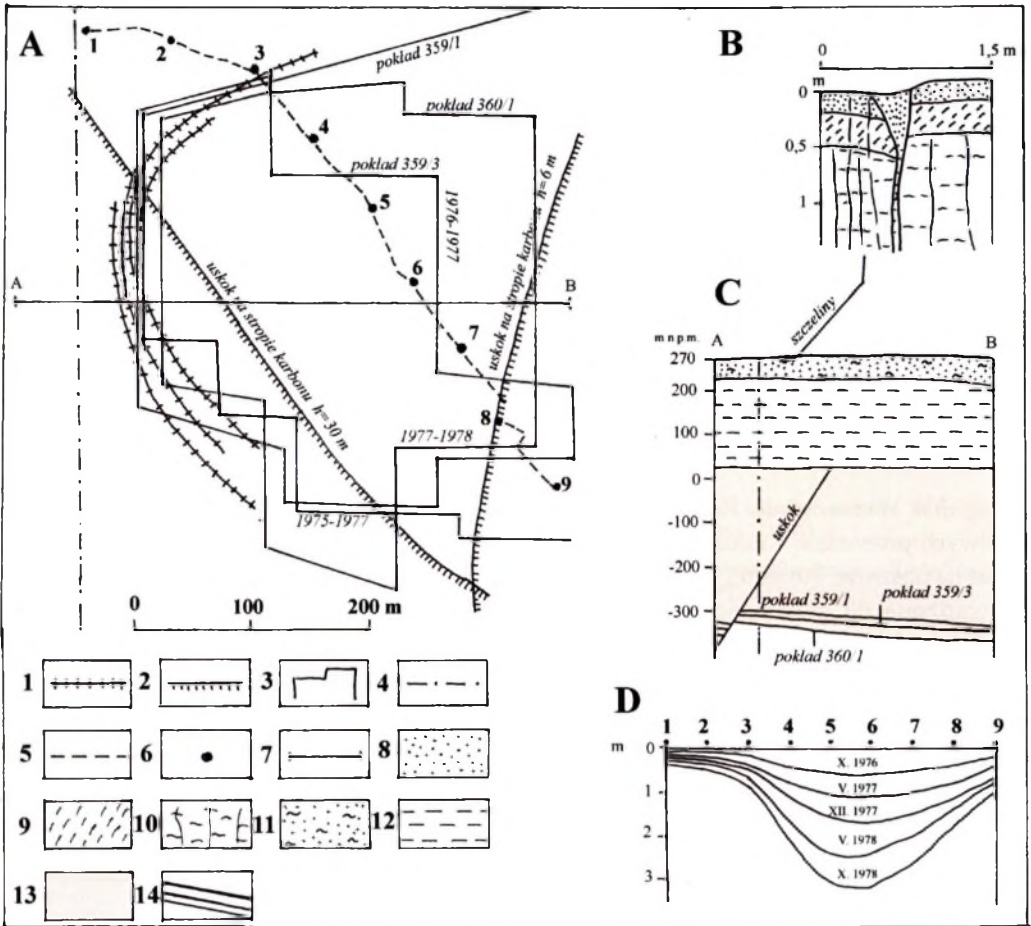
rozmiarach - głębokości 15 m i średnicy 30 m – dodatkowo ponad 350 000 m³. Biorąc pod uwagę opinie, że faktyczna liczba deformacji powstałych w GZW jest znacznie większa niż 1000, a niektóre leje miały pojemność 75 000 m³ (WILK 2003) wydaje się, że szacunek objętości przemieszczonego materiału na około 1 mln m³ nie jest zawyżony.

5.1.2.1.2. Deformacje nieciągłe liniowe

Według GOSZCZA I IN. (1991) deformacje nieciągłe liniowe stanowią statystycznie jedynie około 8% ogółu deformacji nieciągłych stwierdzonych na obszarze dawnej płytkiej eksploatacji węgla. STRZAŁKOWSKI I IN. (2006) podają natomiast, że obecnie występują one częściej niż deformacje nieciągłe powierzchniowe, czemu sprzyja charakter prowadzonej współcześnie eksploatacji – na zawał, w kilku pokładach do jednej granicy, wyznaczonej filarem ochronnym, uskokiem lub obszarem górniczym. Na Płaskowyżu Rybnickim już w latach 60.-80. XX wieku deformacje liniowe stanowiły 38% wszystkich zarejestrowanych form (PALKI 1978a,b, 1981). Szczeliny tworzą się też często w podłożu zbudowanym ze skał węglanowych (GOSZCZ 1996). Deformacje liniowe powstają w różnych częściach Górnosląskiego Zagłębia Węglowego – zostaną przedstawione na kilku przykładach.

Na Płaskowyżu Rybnickim, gdzie deformacje nieciągłe liniowe są szczególnie częste, niemal 98% z nich stanowią stopnie (progi) terenowe i szczeliny, występujące zazwyczaj równocześnie. Szerokości szczelin wynoszą od kilku milimetrów do około 0,6 m, a wysokość progów dochodzi do 0,8 m, rzadziej do 1,2 m. Pęknięcia stwierdzano sporadycznie, prawdopodobnie ze względu na szybkie zatarcie wskutek małych rozmiarów (PALKI 1981). Deformacje liniowe występują przy prowadzeniu eksploatacji w bardzo szerokim zakresie głębokości, aż do 600 m, pod grubym nadkładem zarówno skał karbońskich, jak i trzecio- i czwartorzędowych (JANUSZ I IN. 1982). Autorzy ci przedstawiają dwa przykłady deformacji powstałych w latach 1978-1979 na obszarze kopalń „Pniówek” i „Zofiówka”. Na pierwszym obszarze powstało szereg szczelin i progów w kształcie łuku w przybliżeniu zgodnego z zarysem konturów pól eksploatacyjnych (rys. 22). Główna szczelina ma długość około 600 m, szerokość do 0,55 m, a towarzyszący jej próg jest wysoki na 20 cm. Równoległe do tej deformacji, w odległościach 10-20 m występują ślady pęknięć oraz szczeliny i progi o nieco mniejszych rozmiarach. Widoczna głębokość szczelin sięgała do 0,9 m. W drugim przypadku (kopalnia „Zofiówka”) deformacje liniowe powstały w strefie o szerokości 40-100 m. Długość szczelin z towarzyszącymi im progami terenowymi (do 0,5 m wysokości) wynosi tu od 100 do 500 m. Autorzy wiążą powstanie deformacji z prędkością tworzenia skarp eksploatacyjnych oraz występowaniem w pobliżu powierzchni przesuszonych glin i ilów.

W środkowej części Płaskowyżu Rybnickiego, w okolicy Markłowic w latach 1986-2003 zinwentaryzowano liczne nieciągłości w obrębie gruntów mało spoistych i lokalnie spoistych z poziomami wodonośnymi na niewielkiej głębokości (KOWALSKI 2005b). Stwierdzono tu 53 stopnie (pojedyncze lub złożone z kilku) o wysokościach w granicach 5-70 cm i długościach od kilku do 250 m. Szerokości szczelin wynoszą od 2 do 20 cm. Deformacje z obszaru kopalni „Jankowice” przedstawia fot. 8.



Rys. 22. Deformacje nieciągłe liniowe na obszarze kopalni „Pniówek” na Płaskowyżu Rybnickim (lokalizacja kopalni na rys. 2) (opracowano na podstawie Janusza i in. 1982, zmienione)

A – Położenie deformacji na tle sytuacji górniczej, B – Szkic deformacji liniowej, C – Przekrój geologiczny przez rejon występowania deformacji, D – Wykres obniżen powierzchni terenu wzdłuż linii obserwacyjnej. Objaśnienia: 1 – deformacje nieciągłe liniowe, 2 – uskoki na stropie karbonu, 3 – granice pól eksploatacyjnych, 4 – zachodnia granica obszaru górniczego kopalni „Pniówek”, 5 – linia obserwacyjna, 6 – punkt pomiarowy, 7 – linia przekroju geologicznego: czwartorzęd: 8 – gleba, 9 – pył i glina, 10 – glina pylasta, 11 – glina z piaskiem; miocen: 12 – iły; karbon: 13 – łupki ilaste z przerosłami łupków piaszczystych oraz piaskowców, 14 – pokłady węgla kamiennego

Fig. 22. Linear discontinuous deformations in the area of „Pniówek” mine on the Rybnik Plateau (location of the mine see fig. 2) (made by the author on the basis of Janusz et al. 1982, changed)

A – location of deformations against a background of geological situation, B – sketch of the linear deformation, C – geological cross-section through the area of occurrence of deformation, D – graph of surface subsidence along the observation line; abbreviations: 1 – linear discontinuous deformations, 2 – faults on the roof of Carboniferous bedrock, 3 – boundaries of exploitation fields, 4 – western border of „Pniówek” mine, 5 – observation line, 6 – measuring point, 7 – geological cross-section line: Quaternary: 8 – soil, 9 – dust and clay, 10 – loam, 11 – sandy clay; Miocene: 12 – clay; Carboniferous: 13 – shales with interlayer sandy shales and sandstones, 14 – coal seams

Na obszarze Wzgórz Kochłowniczych KOWALSKI (2005a) zbadał 3 rejonu nieciągłości zidentyfikowanych w latach 2002-2003. W każdej z nich nadkład jest zbudowany z utworów czwartorzędowych o miąższości 5-30 m, zalegających bezpośrednio na karbonie, w którego stropie występują uskoki. Szczeliny miały długość od 25 do 100 m, szerokość 50 cm, i głębokość dochodzącą do 1,5 m. Stwierdzono także 6 fleksur na długości 230 m o wysokościach 10-20 cm.



Fot. 8. Deformacje nieciągłe liniowe (szczelina i próg terenowy) na obszarze kopalni „Jankowice”,
Płaskowyż Rybnicki

Photo 8. Linear discontinuous deformations (fissure and ground threshold) in the „Jankowice” mine,
the Rybnik Plateau

Na Wysoczyźnie Rachowickiej, w Gierałtowicach badania deformacji nieciągłych liniowych prowadzili KRUCZKOWSKI (1999) oraz STRZAŁKOWSKI I IN. (2006). W ciągu ostatnich 30 lat na obszarze kopalni „Knurow” powstały liczne progi terenowe wywołane eksploatacją prowadzoną na głębokościach do 726 m. KRUCZKOWSKI (1999) opisał stąd trzy strefy występowania deformacji, z których największa (około 200 m szerokości) występuje w centrum miejscowości. Według inwentaryzacji z 1997 roku powstało tu 51 progów terenowych o wysokościach do 0,5 m. Ujawniały się etapowo w latach 1990-1995. Po 2000 roku powstały kolejne deformacje o wysokościach dochodzących do 0,5-0,6 m (STRZAŁKOWSKI I IN. 2006). Deformacje wystąpiły w pobliżu nakładających się krawędzi eksploatacyjnych kilku pokładów, a ich równoległe ułożenie nawiązuje do równoległego ułożenia uskoków tektonicznych. Wśród przyczyn powstania deformacji KRUCZKOWSKI (1999) wymienia ponadto występowanie w nadkładzie mało wytrzymałych utworów ilastych trzeciorzędu.

5.1.2.2. Deformacje ciągłe

Na obszarze Polski zidentyfikowano kilka rodzajów osiadania powierzchni o genezie antropogenicznej - w wyniku podziemnej eksploatacji surowców mineralnych, nadmiernego poboru wód podziemnych, odwadniania kopalń, odwadniania obszarów z osadami organicznymi, przyspieszonej hydrokompakcji oraz „erozji” podziemnej (LISZKOWSKI 1991). Osiadania wywołane poborem wody są zazwyczaj rozległe i powolne (poniżej 10 mm/rok) - mogą być niezauważane bez użycia precyzyjnych technik geodezyjnych. Deformacje ciągłe powierzchni wywołane podziemną eksploatacją surowców występują we wszystkich polskich zagłębiach węgla kamiennego oraz na obszarach eksploatacji miedzi, siarki i soli kamiennej - nigdzie jednak nie osiągnęły tak dużych rozmiarów jak w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Do 2009 roku wydobyto tu prawie 10,7 mld ton węgla i około 2,1 - 4,3 mld ton skały płonnej, a znaczna część wyrobisk poeksploatacyjnych nie była podsadzana. W niektórych rejonach centralnej i północno-zachodniej części niecki węglowej wybrano pokłady węgla o łącznej grubości sięgającej nawet 50-60 m, przykładowo na obszarze Rudy Śląskiej do 1991 roku, maksymalnie 45 m (tab. 7).

Pierwsze niecki osiadania pojawiły się w rzeźbie prawdopodobnie na początku XX wieku, gdy zwiększyło się wydobycie węgla, a eksploatacja sięgnęła znaczniejszych głębokości.

Okres największych obniżen powierzchni terenu przypada jednak na lata 60.–80. XX wieku i nawiązuje do 3 dekad bardzo intensywnej eksploatacji. Duże przyrosty osiadań (do 5 mm/dobę) były notowane w latach 70. XX wieku podczas eksploatacji w filarze ochronnym Bytomia (ĆMIEL 1996). Według KOWALSKIEGO (1996) technologia eksploatacji stosowana w GZW mogła sporadycznie powodować osiadania dochodzące nawet do 40 mm/dobę, jeszcze większe prędkości podają SKINDEROWICZ (1982) – dla kopalni „Sosnowiec” – 57 mm/dobę, dla kopalni „Murcki” – 42 mm/dobę, zaś BIAŁEK I MIELIMAŁA (1999), dla kopalni z obszaru ROW – 60 mm/dobę. Prognozy obniżania powierzchni, opracowywane jeszcze w okresie gospodarki socjalistycznej przewidywały znaczne nasilenie tego procesu - przykładowo w Rybnickim Okręgu Węglowym docelowa głębokość niecek osiadania miała przekroczyć 33-35 m, a w rejonie Knurowa i Zabrze – 30 m (JANKOWSKI 1986, WACH 1991), szacowano też, że wskaźnik osiadania w skali miesiąca może wynosić nawet 500 mm (LISZKOWSKI 1991). Kryzys gospodarczy u schyłku ubiegłego wieku, związana z nim likwidacja wielu kopalń i zmniejszenie wydobycia, ograniczyły tempo przyrostu osiadań.

Tabela 7. Geologiczno-górnice warunki eksploatacji i rozmiary obniżenia powierzchni na obszarze Rudy Śląskiej do 1991 roku, Wzgórza Rudzkie (na podstawie Materiały ... 1991)

Table 7. Geological and mining conditions of exploitation and the size of surface subsidence in Ruda Śląska until 1991, the Ruda Hills (after Materiały... 1991)

Dzielnica miasta	Grubość wybranych pokładów [m]	Głębokość zalegania złoża [m]	Lata eksploatacji	Maksymalne obniżenie powierzchni [m]
Wirek	45	5 - 900	1828 - 1991	9
Ruda	40	50 - 580	1750 - 1991	28
Chebbie	35	40 - 600	1850 - 1991	24
Nowy Bytom	33	10 - 600	1835 - 1991	18
Godula	32	60 - 580	1856 - 1983	24
Bielszowice	29	5 - 970	1803 - 1991	14
Bykowina	28	15 - 700	1870 - 1991	16
Kochłowice	25	12 - 970	1824 - 1991	11
Orzegów	23	60 - 550	1857 - 1976	16
Halemba	18	170 - 970	1921 - 1991	13

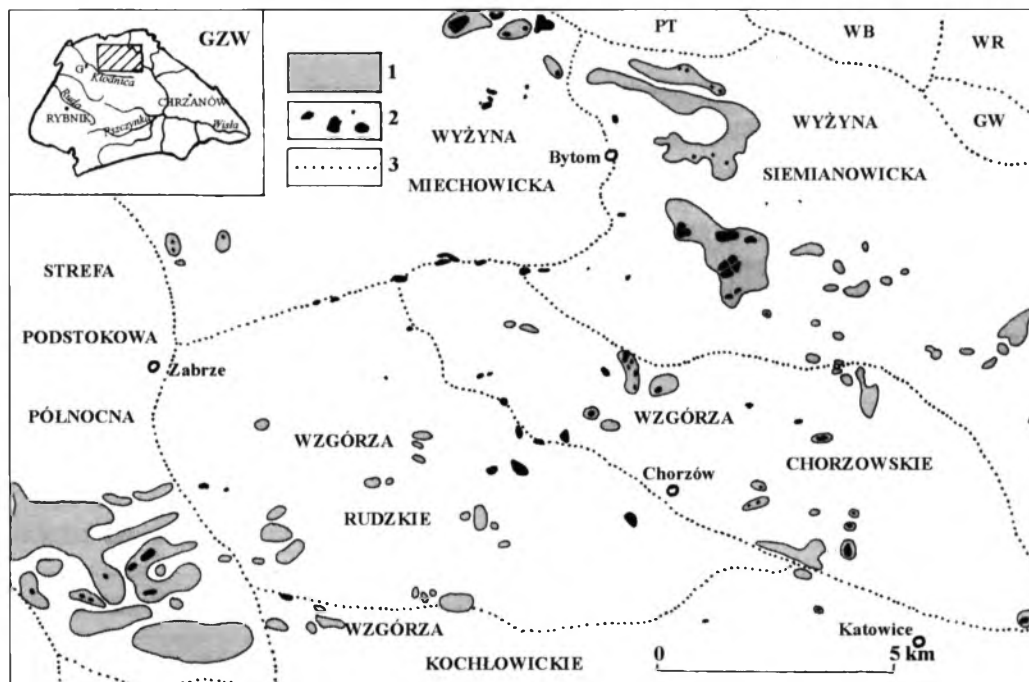
Badania deformacji powierzchni prowadzi się metodami geodezyjnymi, w tym metodami GPS. Metody niegeodezyjne wykorzystywane są rzadziej - fotogrametryczne, ze względu na małą dokładność w porównaniu z niwelacją, metody laserowe ze względu na kosztowność, mimo dużej dokładności. Nową metodą, stosowaną od lat 90. XX wieku jest satelitarna interferometria radarowa (InSAR) umożliwiająca śledzenie zmian pionowych powierzchni terenu z centymetrową dokładnością - dla obszaru GZW wykorzystali ją PERSKI (2000) oraz PERSKI I JURA (1999).

Poszczególne kopalnie opracowują mapy prognozowanych obniżen powierzchni wskutek eksploatacji podziemnej. Zwraca się uwagę, że prognozowane a dokonane osiadania powierzchni niejednokrotnie znacznie się różnią (np. POPIOŁEK I OSTROWSKI 1981, HEJMANOWSKI I MALINOWSKA 2009). Przykładowo, istotne różnice między teoretycznym a rzeczywistym przebiegiem końcowych krzywizn prognozowanych programami komputerowymi wykazano na podstawie obserwacji geodezyjnych na obszarze kopalni „Budryk” (MIELIMAŁA 2006).

Szacuje się, że pod koniec XX wieku wpływami bezpośrednimi górnictwa było objęte około 650 km² powierzchni GZW, a wpływami pośrednimi (zawodnienie, osuszenie, wstrząsy

sejsmiczne) około 1000 km² (KOWALSKI 1986, MAJDE I IN. 1991). Według SIKORSKIEJ-MAYKOWSKIEJ (2001) obszar osiadań górniczych zajmuje w GZW powierzchnię 1111 km². Obniżenia powierzchni wynosiły najczęściej 0,5-1,0 m, ale lokalnie znacznie więcej - powyżej 20 m, maksymalnie do 30-32 m (ŁABANOWICZ 1991, CABAŁA I IN. 2004).

Niezależnie od ruchów powierzchni spowodowanych eksploatacją węgla kamiennego, na obszarze GZW występują naturalne ruchy neotektoniczne. W 1964 roku KOWALCZYK wykazał, że w południowej części GZW osiadania reperów zastabilizowanych poza zasięgiem wpływów eksploatacji górniczej wykazują średnie roczne obniżenia od -0,5 do -1,5 mm w dorzeczu Wisły oraz od -1 do -3 mm w dorzeczu Odry. Potwierdzają to wyniki współczesnych badań – południowo-zachodnia część GZW, głównie dolina górnej Odry odznacza się jednymi z większych ruchów neotektonicznych w Polsce, przekraczających nawet 3 mm/rok (ZUCHIEWICZ 2000). W analizowanym ponad stuletnim okresie górniczym (1883-1993) neotektoniczne obniżenie powierzchni mogło wynieść od 5,6 cm do maksymalnie 38,9 cm.



Rys. 23. Rozmieszczenie niecek i stref osiadania w północnej części GZW w latach 50. XX wieku (opracowano na podstawie Mapy geomorfologicznej GOP 1959)

1 – niecki i strefy osiadania, 2 – zbiorniki wodne, prawdopodobnie w nieckach osiadania, 3 – granice jednostek geomorfologicznych; objaśnienia skrótów: G – Gliwice, GW – Garb Wojkowicki, PT – Płaskowyż Tarnowicki, WB – Wzgórze Bobrownickie, WR – Wzgórze Rogoźnickie

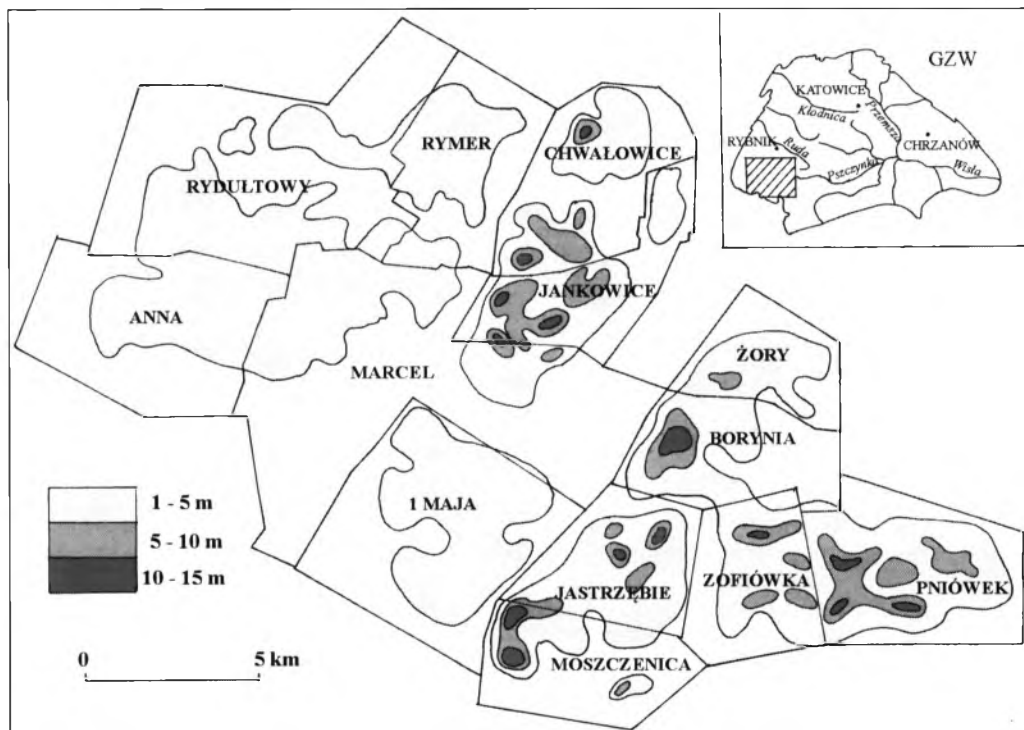
Fig. 23. Location of subsidence basins and zones of subsidence in the northern part of the Upper Silesian Coal Basin in the 1950s (made by the author on the basis of Mapa geomorfologiczna GOP 1959)

1 – subsidence basins and zones of subsidence, 2 – water reservoirs, probably in subsidence basins, 3 – boundaries of geomorphological units; abbreviations: G – Gliwice, GW – Hummock of Wojkowice, PT – the Tarnowice Plateau, WB – the Bobrowniki Hills, WR – the Rogoźnik Hills

Pierwszym opracowaniem geomorfologicznym przedstawiającym rozmieszczenie głównych niecek osiadania w tej części GZW, która znajdowała się pod największą presją górniczą była *Mapa geomorfologiczna GOP (1959)*. Na podstawie badań terenowych na obszarze 2100 km² zidentyfikowano 107 niecek osiadania oraz 7 stref obniżenia z licznymi przegłębieniami (28) (rys. 23). Łącznie niecki zajmowały powierzchnię 23 km². Analiza treści

mapy wskazuje jednak, że prawdopodobnie wielu form nie uwzględniono, zwłaszcza w miejscach występowania zbiorników wodnych poza wyrobiskami górniczymi i stawami.

Ponad 30 lat później opracowano *Mapę przeobrażeń powierzchni ziemi woj. katowickiego* (1982), na której przedstawiono izolinie osiadań powierzchni większych niż 1 m dla niemal całego, aktywnego górniczo obszaru GZW. Największe obniżenia powierzchni – ponad 10-12 m występowały na obszarze Wyżyn – Miechowickiej i Siemianowickiej, a także Wzgórz Kochłowniczych, Wysoczyzny Rachowickiej i Płaskowyżu Rybnickiego (rys. 24). Wątpliwości budzą niewielkie obniżenia powierzchni (do 5 m) wykazane na obszarze Wzgórz Rudzko-Chorzowskich, między dolinami Bytomki, Czarniawki i Rawy, na obszarze najstarszego i bardzo intensywnego górnictwa w Zabrze, Rudzie Śląskiej, Świętochłowicach i Chorzowie. Wydaje się, że izolinie osiadań zostały błędnie opisane.



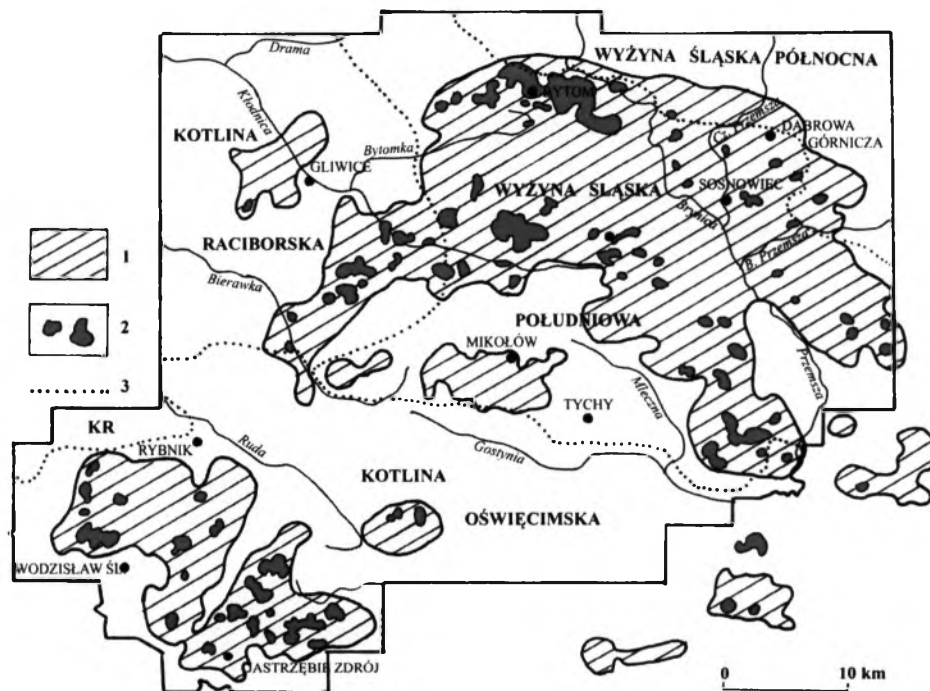
Rys. 24. Osiedzenia powierzchni na obszarze górniczym Płaskowyżu Rybnickiego na przełomie lat 70. i 80. XX wieku (opracowano na podstawie Mapy przeobrażeń powierzchni ziemi woj. katowickiego 1982, Jankowski 1986)

Fig. 24. Surface subsidence in the mining area of the Rybnik Plateau at the turn of the 1970s and 1980s (made by the author on the basis of Mapa przeobrażeń powierzchni ziemi woj. katowickiego 1982, Jankowski 1986)

Zasięg występowania deformacji ciągłych na obszarze GZW na początku lat 90. XX wieku przedstawia mapa opracowana na podstawie danych Głównego Instytutu Górniczego oraz metody InSAR przez PERSKIEGO (2000). Zaznaczono na niej ponadto obszary intensywnego osiadania powierzchni o prędkościach większych niż 10 mm/miesiąc, uchwycone w październiku 1992 roku dzięki satelitarnej interferometrii radarowej (rys. 25). Według obliczeń na mapie wpływy górnicze objęły obszar 1185 km², w tym w granicach obszaru badań - 1124 km².

W niniejszej pracy zasięg i rozmiary obniżenia powierzchni terenu otrzymano z odjęcia numerycznych modeli terenu (NMT) dla lat 1883 i 1993. Na obszarze GZW do 1883 roku wydobyto jedynie 1,2% ogółu węgla kamiennego pozyskanego do 2009 roku (tab. 2) -

można zatem założyć, że NMT dla 1883 roku przedstawia rzeźbę z okresu przedgórnego. Odnosnie modelu dla 1993 roku przyjęto, że przedstawia rzeźbę po okresie najintensywniejszego górnictwa, gdyż do tego czasu wydobyto 83,4% węgla kamiennego.



Rys. 25. Zasięg deformacji ciągłych na obszarze GZW na początku lat 90. XX wieku (według Perskiego 2000, zmienione)

1 – zasięg deformacji ciągłych, 2 – obszary obniżenia powierzchni z prędkością większą niż 10 mm/miesiąc w październiku 1992 roku, 3 – granice mezoregionów geomorfologicznych; objaśnienia skrótów: KR – Kotlina Raciborska; ramką zaznaczono obszar badań

Fig. 25. Range of continuous deformations (subsidence) in the Upper Silesian Coal Basin in the early 1990s (after Perski 2000, changed)

1 – range of continuous deformations (subsidence), 2 – areas lowering at higher speed than 10 mm/month in October 1992, 3 – boundaries of geomorphological mesoregions; abbreviations: KR – Racibórz Basin; the study area marked with a frame

Objętość obniżeń na obszarze badań w okresie 1883-1993, wynosi 4 157 mln m³, w tym 3284,2 mln m³ na obszarze górniczym (z kopalniami węgla kamiennego) (tab. 8). Na obszarze bez kopalń węgla kamiennego (1234 km²) objętość obniżeń wynosi 873,8 mln m³, w tym 311 mln m³ wskutek eksploatacji piasków podsadzkowych oraz skał zwięzłych i spoistych, a 561,8 mln m³ z nieustalonej przyczyny. Jednocześnie dla tego samego obszaru wykazano przyrost materiału w ilości 536,5 mln m³, w tym 45,5 mln m³ na zwałowiskach, a 491 mln m³ z przyczyn niegórnictwowych. Objętość osiadań i przyrost materiału z przyczyn niegórnictwowych rekompensują się w 88%, a w miarę równomierne rozłożenie miejsc obniżonych i podwyższonych sugeruje, że prawdopodobnie wynika to z niedoskonałości metody (por. rozdz. 5). Biorąc powyższe pod uwagę, granicę błędu dla uzyskanych danych można szacować maksymalnie na ± 0,45 m. W niektórych miejscach na obszarze pozagórnictwowym stwierdzono jednak zdecydowanie większe obniżenia lub podwyższenia powierzchni terenu - prawie wszystkie są położone na obszarach leśnych, co rodzi przypuszczenie o niedokładności map na trudniej dostępnych terenach.

Powierzchnia kopalń węgla kamiennego w granicach obszaru badań wynosi 1604 km². Występują one w formie dwóch zwartych pól – dużego w północno-centralnej części GZW i mniejszego w części południowo-zachodniej (ROW) – między nimi znajduje się kopalnia „Krupiński” (por. rys. 2). W obrębie większego pola górniczego, między kopalniami znajdują się dwa pola rezerwowe lub zaniechane - na jednym z nich prowadzono eksploatację węgla w XIX wieku i na początku wieku XX, drugie pole jest w zasięgu eksploatacji od niedawna. Dla uproszczenia analizy, wymienione pola włączono do obszaru górniczego, tym samym ma on powierzchnię 1660 km². Na obszarze tym 97,4% objętości obniżeń jest konsekwencją górnictwa węgla kamiennego oraz rud cynku i ołowiu, 2,3% - górnictwa piasków podsadzkowych, a zaledwie 0,3% - górnictwa skał zwięzłych i spoiстых. Powierzchnia obszaru objętego osiadaniem wynosiła w 1993 roku 1125,4 km² (wynik zbieżny z obliczeniami na mapie PERSKIEGO 2000 – 1124 km², rys. 25), co stanowi 67,8% całkowitej powierzchni obszaru górniczego.

W **strefie karbońskiej** przez długi okres czasu działalność górnicza była prowadzona na niewielkiej głębokości przez najstarsze kopalnie w GZW – „Murcki”, „Wawel”, „Bolesław Śmiały”, „Paryż”, „Polska”, „Niwka-Modrzejów”, „Katowice”, „Wieczorek”, „Mysłowice” (rys. 2). W strefie karbońskiej odnotowano największą objętość obniżeń - 1,31 mld m³, czyli niemal 40% ogólnej objętości (tab. 9). Deformacje ciągłe objęły niemal 75% powierzchni strefy powodując jej obniżenie średnio o 3,4 m. Przeważają obniżenia do 1 m (23% obszaru wpływów), natomiast osiadania większe niż 15 m wystąpiły na powierzchni 4 km², co stanowi jedynie 1% obszaru wpływów (tab. 10).

Deformacje ciągłe w największym stopniu objęły Wzgórza Rudzkie - zwartą grupę wzniesień ograniczonych dolinami rzek – Bytomki, Potoku Bielszowickiego i Rawy. W ich zachodniej części eksploatowano warstwy siodłowe ze szczególnie grubymi pokładami węgla kamiennego. W trwającym nieprzerwanie od 260 lat okresie górniczym wydobyto tu około 1 mld ton węgla i skały płonnej. Ubytek 260 mln m³ materiału skalnego spowodował obniżenie ponad 84% powierzchni Wzgórz – średnio aż o 5,7 m. Ponad 42% obszaru wpływów obniżyło się o 5-10 m (tab. 11). Największe osiadania - ponad 25 m wystąpiły na stoku bezimiennego wzniesienia opadającego na południowy-zachód, ku dolinie Kochłówki oraz w dolinie Bytomki, w północnej części Wzgórz.

Wzgórza Chorzowskie obniżyły się średnio o 3,6 m. Największe osiadania, około 10-15 m stwierdzono w ich północno-zachodniej części na obszarze działalności kopalń „Śląsk-Matylda” i częściowo kopalń „Wawel” i „Szombierki”. W zasięgu dużych deformacji powierzchni (13-16 m) znalazł się, między innymi, ostańiec denudacyjny w dzielnicy Świętochłowic – Chropaczowie (*Mapa geomorfologiczna GOP 1960*). Na obszarze Wzgórz Kochłowskich strefa największych osiadań (7-14 m) obejmuje przede wszystkim dwa wschodnie ostańce denudacyjne położone w zasięgu wpływów kopalń „Wujek”, „Kleofas” i „Śląsk”. Zachodnia część Wzgórz i ich skłon ku Strefie Podstokowej obniżyły się o 5-10 m. Dla całej jednostki średnie obniżenie obszaru wpływów górniczych wynosi 3,2 m. Na Garbie Mikołowskim niemal 45% obszaru wpływów charakteryzuje się niewielkimi obniżeniami – do 1 m (tab. 11). Garb obniżył się średnio o 1,5 m, najbardziej na intensywnie urzeźbionym stoku południowym, opadającym ku Równinie Gostyni – 4-7 m. Na Płaskowyżu Murcek niemal 55% powierzchni obszaru wpływów charakteryzuje się obniżeniami do 2 m, a prawie 20% - od 3 do 5 m (tab. 11). Strefa dużych osiadań powierzchni objęła centralną część Płaskowyżu, głównie zlewnię Boliny, ale największe osiadania wystąpiły w południowej części kopalni „Wesoła”, gdzie obniżeniu o 20-30 m uległo spłaszczenie denudacyjne na wierzchołku jednego z wzniesień w strefie uskoku książęcego. Średnie obniżenie Płaskowyżu Murcek wynosi 4,1 m.

Tabela 8. Objętość obniżień powstałych w wyniku osiadania i górnictwa odkrywkowego w okresie 1883-1993 na obszarze GZW
 Table 8. Volume of depressions caused by subsidence and surface mining between 1883 and 1993 in the Upper Silesian Coal Basin

Obszar	Objętość obniżień/ powierzchnia		Objętość obniżień z przyczyn niegórnictwowych lub błędów metody/ powierzchnia		Objętość obniżień Węgiel kamienny, rudny cynku i ołowiu, skały płonne		Piaski podsadzkowe		Kruszywa naturalne		Skały zwięzłe		Skały spoiiste	
	mln m ³	km ²	mln m ³	km ²	mln m ³	km ²	mln m ³	km ²	mln m ³	km ²	mln m ³	km ²	mln m ³	km ²
GZW	Nie obliczono ze względu na brak NMT dla całego obszaru GZW													
w tym:														
1. Obszar niebadany (bez NMT)														
2. Obszar badań (NMT)	4157,0	2838,0	561,8	1234,0	3202,6	2838,0	371,2	42,7	-	-	16,2	2,6	5,2	2,5
w tym:														
2a. Obszar kopalni węgla kamiennego	3284,2	1604,0 ¹	?	?	3202,6	1604,0 ¹	71,8	12,5	-	-	5,8	0,9	4,0	2,0
2b. Obszar bez kopalni węgla kamiennego	872,8	1234,0	561,8	1234,0	-	-	299,4	30,2	-	-	10,4	1,7	1,2	0,5

¹ Powierzchnia obszarów górnictwa odkrywkowego węgla kamiennego razem z 2 „wewnętrznyymi” polami rezerwowymi wynosi 1660 km² - na jednym z pól prowadzono eksploatację w przeszłości, drugie jest w zasięgu eksploatacji od 2008 roku

Tabela 9. Objętość obniżzeń powstałych w wyniku osiadania i górnictwa odkrywkowego oraz średnie obniżenie powierzchni do 1993 roku według stref geologicznych

Table 9. Volume of depressions caused by subsidence and surface mining and average surface lowering to 1993 according to geological zones

Cecha	Strefa karbońska	Strefa triasowa	Strefa miocenska	Obszar górniczy ¹
Powierzchnia [km ²]	516,4	284,2	859,4	1660
% powierzchni obszaru górniczego	31,1	17,1	51,8	100,0
Objętość obniżzeń [mln m ³] w tym wskutek eksploatacji:	1 310,1	934,2	1 095,5	3 339,8
węгля kamiennego i rud Zn-Pb	1235,8	925,4	1093,2	3254,4
piasków podsadzkowych	71,8	2,8	1,0	75,6
skał zwięzłych	-	5,8	-	5,8
skał spoiстых	2,5	0,2	1,3	4,0
% ogólnej objętości obniżzeń	39,2	28,9	32,8	100,0
Powierzchnia objęta osiadaniem [km ²]	385,7	213,7	526,0	1125,4
Średnie obniżenie powierzchni [m]	3,4	4,4	2,1	3,0

¹ Obszar górniczy poszerzony o 2 wewnętrzne pola rezerwowe (56 km²)

Tabela 10. Osiedzenia powierzchni na obszarze górniczym GZW według stref geologicznych

Table 10. Surface subsidence in the mining area of the Upper Silesian Coal Basin according to geological zones

Przedziały obniżenia powierzchni [m]	Ogółem			Strefa karbońska	Strefa triasowa	Strefa miocenska
	[km ²]	[%]	[% skumulowane]	[km ²]	[km ²]	[km ²]
0 – 1	345,2	30,7	30,7	88,5	49,5	207,2
1 – 2	211,9	18,8	49,5	67,3	32,7	111,9
2 – 3	152,8	13,6	63,1	56,2	25,6	71,0
3 – 4	105,9	9,4	72,5	43,8	20,1	42,0
4 – 5	94,5	8,4	80,9	40,6	19,2	34,7
5,0 – 7,5	111,7	9,9	90,8	47,8	28,2	35,7
7,5 – 10,0	53,2	4,7	95,5	25,1	14,0	14,1
10,0 – 12,5	23,8	2,1	97,6	9,6	8,2	6,0
12,5 – 15,0	11,0	1,0	98,6	2,8	6,0	2,2
15 – 20	9,2	0,8	99,4	1,8	6,3	1,1
20 – 25	3,6	0,3	99,7	1,0	2,5	0,1
25 – 30	1,8	0,2	99,9	0,7	1,1	-
> 30	0,8	0,1	100,0	0,5	0,3	-
Razem		100,0		385,7	213,7	526,0

Dwie kotliny położone w strefie karbońskiej – Mysłowicka i Biskupiego Boru obniżyły swoją powierzchnię, odpowiednio o 3,9 m i 2,6 m. W tym jednak przypadku nie wszystkie obniżenia są związane z deformacjami ciągłymi w wyniku eksploatacji węgla kamiennego. Na obszarze kotlin prowadzono bowiem intensywne wydobywanie piasków podsadzkowych, a ubytek materiału skalnego wywołany tym górnictwem jest „odpowiedzialny” za średnie obniżenie Kotliny Mysłowickiej o 0,5 m, a Kotliny Biskupiego Boru o 1,4 m (czyli więcej niż w wyniku eksploatacji węgla kamiennego - 1,2 m).

Tabela 11. Osiadania powierzchni na obszarze wybranych jednostek geomorfologicznych

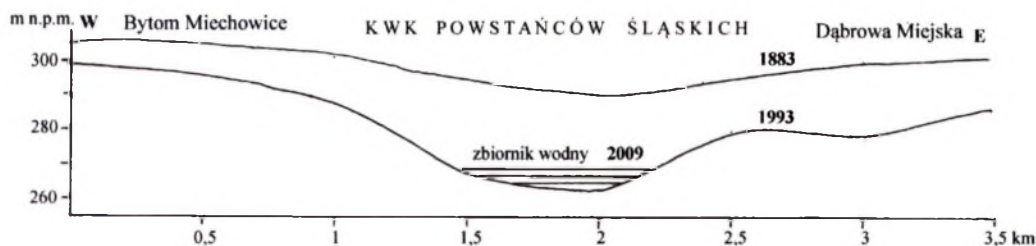
Table 11. Surface subsidence in the selected geomorphological units

Jednostka geomorfologiczna	Udział procentowy przedziałów osiadania powierzchni [m] na obszarze wpływów górniczych							
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-10	10-15	>15
Strefa karbońska								
Wzgórza Rudzkie	10,1	8,1	8,4	8,8	10,6	42,1	10,1	1,8
Wzgórza Chorzowskie	18,3	17,3	15,0	12,4	11,3	21,0	4,6	0,1
Wzgórza Kochłownicze	19,4	17,7	14,9	13,0	12,5	21,0	1,4	0,1
Płaskowyż Murcek	29,6	25,0	18,7	10,9	8,3	6,5	0,4	0,2
Garb Mikołowski	44,6	24,6	13,6	7,2	4,9	4,8	0,3	
Kotlina Mysłowicka	16,8	13,1	14,6	13,1	15,6	22,7	2,8	1,3
Strefa triasowa								
Wyżyna Miechowska	35,7	11,7	5,7	4,5	5,5	18,1	10,5	8,3
Wyżyna Siemianowicka	12,5	11,9	12,3	12,2	12,4	26,9	7,2	4,6
Wyżyna Czeladzi	29,2	21,9	16,9	10,6	8,0	12,2	1,0	0,2
Wzgórza Bobrownickie	42,5	23,0	13,7	8,4	6,2	6,2		
Garb Wojkowicki	21,1	22,5	18,5	11,9	10,6	14,2	1,2	
Strefa miocenińska								
Rów Kłodnicy	52,0	21,0	12,2	6,2	5,2	3,3	0,1	
Strefa Podstokowa Południowa	45,8	18,9	13,5	7,7	6,5	7,1	0,5	
Wysoczyzna Rachowicka	64,0	12,8	6,8	4,2	3,6	6,9	1,6	0,1
Płaskowyż Rybnicki	35,1	19,1	14,1	9,1	8,8	11,5	1,8	0,5

W strefie triasowej działalność górniczą prowadziły najpierw kopalnie „Siemianowice”, „Pstrowski”, „Barbara-Chorzów” (w północnej części jej obszaru górniczego) oraz „Rozbark”. W drugiej połowie XIX wieku powstały kopalnie „Centrum”, „Szombierki” i „Powstańców Śląskich”, a z początkiem wieku XX eksploatacja węgla rozszerzyła się w kierunku północnym, gdzie powstały nowe kopalnie – „Miechowice”, „Bobrek”, „Andaluzja”, „Jowisz” i najmłodsza – „Julian” (w 1955 roku). Do analizowanej strefy należą też większe lub mniejsze części kopalń Zagłębia Dąbrowskiego. W zasięgu wpływów górniczych znajduje się $\frac{3}{4}$ obszaru strefy – objętość obniżen wynosi ponad 930 mln m³ (tab. 9). Obniżenie obszaru wpływów jest tu największe spośród analizowanych stref – średnio wynosi 4,4 m, przy czym niemal 25 km² powierzchni obniżyło się o więcej niż 10 m (tab. 10). Duże osiadania górnicze wynikają w pewnym stopniu z nałożenia się wpływów eksploatacji węgla kamiennego oraz rud cynku i ołowiu.

Największe osiadania w GZW stwierdzono w północno-wschodniej części Wyżyny Miechowskiej, w okolicach Bytomia-Miechowic – około 35 m (SOLARSKI I PRADELA 2010a) (rys. 26, fot. 9). Na Wyżynie tej objętość osiadań wynosi niemal 400 mln m³, co stanowi więcej niż 40% ogólnej objętości osiadań w strefie triasowej. Obszar wpływów górniczych obniżył się średnio o 5 m, przy czym około $\frac{1}{5}$ powierzchni Wyżyny obniżyła się o ponad 10 m (tab. 11). Równie duże obniżenia powierzchni – średnio o 5,1 m, stwierdzono na Wyżynie Siemianowickiej (objętość osiadań - niemal 350 mln m³). Ponad $\frac{1}{4}$ obszaru wpływów obniżyła się o 5-10 m (tab. 11), a rozległe i głębokie na 25-34 m niecki osiadania występują przede wszystkim w północnej części Wyżyny (rys. 27).

Na obszarze pozostałych jednostek geomorfologicznych strefy triasowej osiadania górnicze są mniejsze. Wyżyna Czeladzi obniżyła się średnio o 2,4 m, w tym z powodu eksploatacji węgla kamiennego o 2,2 m, a Garb Wojkowicki - 2,7 m, głównie w dolinie Brynicy. Niezwykle charakterystyczną cechą rozmieszczenia największych deformacji ciągłych w strefie triasowej jest ich współkształtne ułożenie względem warstw siodłowych (rys. 27).



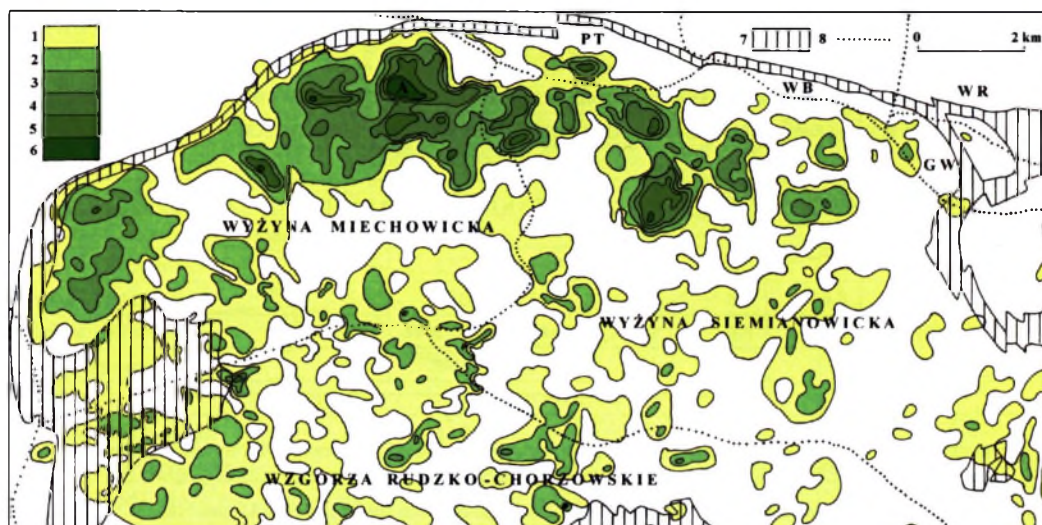
Rys. 26. Profil morfologiczny przez najgłębszą nieckę osiadania na obszarze GZW, Bytom Miechowice (por. rys. 27 oraz fot. 9 – profil poprowadzono, w przybliżeniu po przekątnej fotografii)

Fig. 26. Morphological profile through the deepest subsidence basin in the area of the Upper Silesian Coal Basin, Bytom Miechowice (see fig. 27 and photo 9 - profile drawn roughly diagonally across the photo)



Fot. 9. Najgłębsza niecka osiadania na obszarze Górnosląskiego Zagłębia Węglowego, Bytom Miechowice
Photo 9. The deepest subsidence basin in the area of the Upper Silesian Coal Basin, Bytom Miechowice

W strefie miocenińskiej działalność górniczą prowadziło 25 kopalń węgla kamiennego, z tego aż 13 to kopalnie młode, powstałe po 1960 roku, a 6 - na początku XX wieku. Najstarszymi kopalniami są „Rydułtowy”, „Anna” i „Marcel”. Objętość osiadań wynosi około 1100 mln m³. Powierzchnia strefy będąca w zasięgu wpływów górniczych (526 km²) obniżyła się średnio o 2,1 m (tab. 9). Na przeważającym obszarze strefy (niemal 320 km²) obniżenie powierzchni nie przekroczyło 2 m, natomiast największe obniżenia, o 20-25 m objęły obszar o powierzchni jedynie 0,1 km² (tab. 10).



Rys. 27. Strefa występowania największych niecek osiadania na obszarze GZW (zgeneralizowane, z pominięciem obniżeń do 5 m)

Osiadania powierzchni: 1 – 5-10 m, 2 – 10-15 m, 3 – 15-20 m, 4 – 20-25 m, 5 – 25-30 m, 6 – ponad 30 m; inne objaśnienia: 7 – warstwy siodłowe (karbon górny), 8 – granice jednostek geomorfologicznych; objaśnienia skrótów: A – najgłębsza niecka osiadania na obszarze GZW (por. rys. 26, fot. 9), GW – Garb Wojkowicki, PT – Płaskowyż Tarnowicki, WB – Wzgórza Bobrownickie, WR – Wzgórza Rogoźnickie

Fig. 27. Location of the largest subsidence basins in the area of the Upper Silesian Coal Basin (generalized, without depressions of up to 5 m)

Surface subsidence: 1 – 5-10 m, 2 – 10-15 m, 3 – 15-20 m, 4 – 20-25 m, 5 – 25-30 m, 6 – more than 30; other explanations: 7 – Saddle Beds (Upper Carboniferous), 8 – boundaries of geomorphological units; abbreviations: A - the deepest subsidence basin in the area of the Upper Silesian Coal Basin (see fig. 26, photo 9), GW – Hummock of Wojkowice, PT – Tarnowice Plateau, WB – the Bobrowniki Hills, WR – the Rogoźnik Hills

Połowa kopalń wydobywających węgiel w strefie mioczeńskiej jest położona na Płaskowyżu Rybnickim – ich działalność wydobywcza przyczyniła się do obniżenia Płaskowyżu średnio o 2,4 m. Największe niecki osiadania występują w granicach kopalń „Chwałowice” i „Jankowice” – ich głębokości sięgają 20-25 m. Ze względu na intensywne urzeźbienie Płaskowyżu Rybnickiego niecki osiadania występują w różnych sytuacjach morfologicznych – na wierzchołkach, stokach i w dolinach. Duże obniżenia powierzchni wystąpiły na Wysoczyźnie Rachowickiej i w Strefie Podstokowej Południowej – średnio obniżyły się one, odpowiednio o 1,3 m i 1,7 m, ale liczne niecki osiadania mają głębokość kilkunastu, maksymalnie 15-17 m. W strefie Podstokowej Północnej, w okolicach Zabrze-Makoszowych maksymalne osiadania do 1993 roku wynosiły 11-12 m. Kilkanaście lat później dla tego samego obszaru SŁOWIK I IN. (2006) podają wartość 14 m, dlatego wielkości osiadania rzędu 15-20 m, podawane przez MOLENDOWĄ I IN. (1987) już dla 1980 roku wydają się być zawyżone. We wschodniej części strefy mioczeńskiej, w zasięgu działalności kopalń „Ziemowit” i „Piast” średnie obniżenia powierzchni wynoszą 5-7 m.

W okresie 1994-2009 powstawanie deformacji ciągłych zostało istotnie ograniczone ze względu na likwidację licznych kopalń i zmniejszenie wydobycia. Na czynnych polach górniczych powierzchnia terenu obniżała się jednak w sposób znaczący. Duże obniżenia terenu miały miejsce na terenie Rudy Śląskiej, ale przykładem szczególnie brzemienym w skutki jest dzielnica Bytomia – Karb, gdzie poważne szkody górnicze wymusiły wysiedlenie

kilkuset osób. Prowadzona od połowy XX wieku eksploatacja z filarów ochronnych pod dzielnicami miast i obiektami przemysłowymi, uważana za wielkie osiągnięcie polskiej myśli górniczej, nie wszędzie wytrzymała próbę czasu.

Na obszarze górniczym Płaskowyżu Rybnickiego przyrost obniżeń był zróżnicowany w czasie. Na podstawie dwóch pomiarów niwelacji precyzyjnej sieci „Gigant”, w odstępie dwóch lat (1994-1996), uzyskano przyrosty obniżeń dla 753 reperów. Z uzyskanych danych wynika, że powierzchnia obniżyła się maksymalnie o 0,8 m, głównie na obszarze kopalń „Jankowice”, „Chwałowice”, „Żory” i „Pniówek” (POMYKOŁ I KWIECIEN 1999). W kolejnych latach proces ten został jednak zintensyfikowany (fot. 10A).

Duże obniżenia terenu stwierdzono w okolicach Sosnowca-Maczek, we wschodniej części kopalni „Kazimierz-Juliusz”. Od 1996 roku prowadzi się tu eksploatację pokładu 510 z zawałem stropu, pod powierzchnią zagospodarowaną kilkoma liniami kolejowymi. Na podstawie pomiarów geodezyjnych stwierdzono, że ciągu jednego roku (2001-2002) badany odcinek linii kolejowej obniżył się o 2,55 m (KOWALSKI I TRACZ 2003). W następnych latach przyrost osiadań wymuszał ciągłe remonty i podwyższanie torów kolejowych (fot. 10B). Znaczne obniżenia powierzchni występowały w zachodniej części GZW, na obszarze kopalń powstałych w okresie powojennym – „Szczygłowice” (1961, fot. 10C) oraz „Budryk” (1994, fot. 10D).



Fot. 10. Niecki osiadania z różnych rejonów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

A - zalewisko w niecce osiadania na obszarze kopalni „Jastrzębie” (obecnie „Jas-Mos”), Płaskowyż Rybnicki, 2005 rok, B - niecka osiadania w rejonie linii kolejowej w Sosnowcu-Maczkach, na obszarze kopalni „Kazimierz-Juliusz”, Kotlina Biskupiego Boru, 2006 rok, C - zalewisko w niecce osiadania na obszarze kopalni „Szczygłowice”, Wysoczyzna Wilczy, 2006 rok, D - zalewisko w niecce osiadania w dolinie Potoku Beksza w okolicach Gierałtowic, kopalnia „Budryk”, Wysoczyzna Rachowicka, 2007 rok

Photo 10. Subsidence basins from different areas of the Upper Silesian Coal Basin

A - a water reservoir in the subsidence basin in the area of “Jastrzębie” mine (currently - “Jas-Mos” mine), the Rybnik Plateau, 2005, B - subsidence basin near the railway in Sosnowiec Maczki in the area of “Kazimierz-Juliusz” mine, the Biskupi Bór Basin, 2006, C - water reservoirs in the area of “Szczygłowice” mine, Wilcza High Plain, 2006, D - water reservoirs in the Beksza valley, vicinity of Gierałtowice, Rachowice High Plain, 2007

5.1.2.3. Osuwiska i nabrzemia

Osuwiska. Na niektórych obszarach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zaobserwowano występowanie procesów osuwiskowych, co do których uważa się, że w pewnym stopniu zostały wywołane czynnikami górnictwymi – zmianami nachylenia stoków i zniszczeniem spójności gruntu na obszarach deformacji górnictwowych, ewentualnie wstrząsami indukowanymi pracami górnictwymi (KRAJEWSKI I IN. 1968, 1969, 1982, KLECZKOWSKI I WOJNAR 1982, PALKI 1982b, RYBICKI I KROKOSZYŃSKI 1986, 1988, 1989, CHMIEŁOWSKA 1995).

W granicach GZW naturalne procesy osuwiskowe występują przede wszystkim na Płaskowyżu Rybnickim. Pierwsze badania nad określeniem wpływu górnictwa na inicjowanie tych procesów prowadzono w jego wschodniej części na obszarze tzw. Wzgórz Pszowskich. Na ich stromych stokach opadających w kierunku doliny Syrynki stwierdzono dużą ilość zerw i osuwisk. Naturalnym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu tych form jest tu budowa geologiczna – obecność w podłożu miocenijskich ilów, ale szczegółowe badania KRAJEWSKIEGO I IN. (1968) wykazały, że powstanie niektórych z nich przyspieszyła podziemna działalność górnictwa kopalni „Anna”. Badania prowadzono także w okolicach Jastrzębia Zdroju, w południowo-wschodniej części Płaskowyżu Rybnickiego (KRAJEWSKI I IN. 1982). Na podstawie materiałów archiwalnych i badań terenowych na obszarze kopalni „Jastrzębie”, „Moszczenica” i „Zofiówka” zinwentaryzowano 51 osuwisk. Większość z nich powstała na skarpach parowów i zboczach małych dolinek z niewielkimi ciekami, najczęściej o nachyleniu 35-40°, zbudowanych z utworów lessopodobnych, spoczywających na utworach piaszczysto-żwirowych. W prawie wszystkich osuwiskach stwierdzono wysięki wody u ich czoła. Kubatura osuniętych gruntów była niewielka – w 26 przypadkach wynosiła poniżej 50 m³, jedynie w trzech – od 5 000 do 15 000 m³. Około 55-60% osuwisk powstało w granicach wpływów górnictwowych, w sąsiedztwie progów i uskoków terenowych o genezie niewątpliwie związanej z eksploatacją podziemną. CHMIEŁOWSKA (1995) podaje przykład osuwisk z obszaru kopalni „1 Maja”. W 1994 roku powstały tu liczne, drobne zerwy w bocznych dolinkach na lewym brzegu Lesznicy, w rejonie Grodziska, na obszarze zbudowanym z plejstocenijskich utworów gliniastych, podścielonych ilami miocenu. Zerwy powstały po przejściu frontu eksploatacji. Dwie największe formy utworzyły się w górnych częściach stromych zboczy parowów – długość zerw określono na 15-20 m, przy szerokości kilkunastu metrów.

Generalnie, główną rolę w powstawaniu badanych osuwisk odgrywały naturalne predyspozycje terenu. Więcej form powstało jednak na obszarach objętych działalnością górnictwem, dlatego uznaje się ją za czynnik dodatkowy, aktywizujący procesy osuwiskowe (KRAJEWSKI I IN. 1982). Duże znaczenie ma tu zmniejszenie ogólnej spójności gruntu – w strefie rozciągania niecki grunty ulegają rozluźnieniu – w utworach sypkich ma ono charakter intergranularny, natomiast w utworach spoistych, przy odkształceniach poziomych 6-9 mm/m, dochodzi do uszkodzenia wiązań międzycząsteczkowych, a przy odkształceniach większych – do ich zniszczenia i w konsekwencji utworzenia szczelin. Powstanie takich szczelin na stoku może być jednym z czynników przyspieszających rozwój osuwisk. RYBICKI I KROKOSZYŃSKI (1989) określili charakter odkształceń na wytypowanym terenie w granicach kopalni „Moszczenica”, przy południowej granicy filara ochronnego miasta Jastrzębie Zdrój. Linię obserwacyjną, złożoną z reperów zastabilizowanych co 1 m, usytuowali prostopadle do frontu eksploatacyjnego (wydobycie prowadzono w nienaruszonym dotychczas górotworze metodą zawałową). Z badań wynika, że w strefie rozciągania powstały trzy klasy

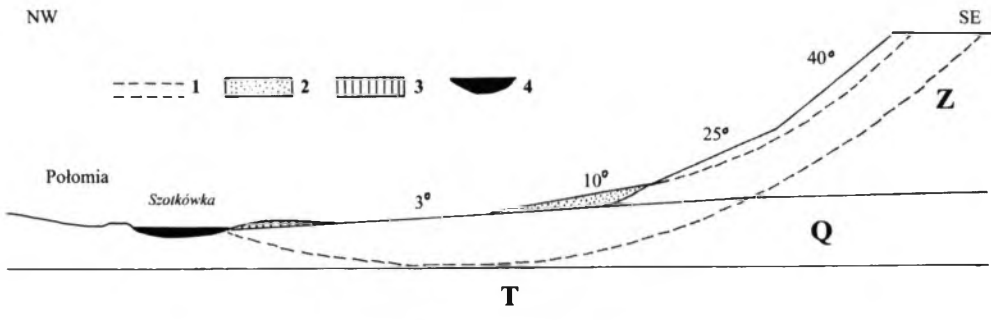
nieciągłości liniowych, generalnie o coraz większych rozmiarach i odstępach. Nie mniej już te najmniejsze szczeliny, występujące w odstępach, co kilkadziesiąt centymetrów – kilka metrów, mające głębokość do kilku metrów i powstające w wyniku rozrywania gruntu, mogą zainicjować proces osuwania.

Na obszarze Kopalni „Rydułtowy” wystąpiły w ostatnich latach silne wstrząsy górotworu indukowane działalnością górniczą. W czasie silnego wstrząsu w styczniu 2005 roku maksymalne przyspieszenie drgań gruntu wyniosło 525 mm/s^2 (SCHINOHL I KOPIEC 2006), czyli mieściło się już w VII klasie intensywności w skali MSK UNESCO-81, określanej jako bardzo silna (PIERWOŁA I ZUBEREK 2000). W tych warunkach mogą powstawać szczeliny w gruncie i drobne osunięcia na stromych stokach. Wzmiankowany wstrząs spowodował bardzo poważne szkody w zabudowie i infrastrukturze (około 350 wniosków o odszkodowania), stąd można przypuszczać, że w tak podatnym na procesy osuwiskowe obszarze, jak zachodnia część Płaskowyżu Rybnickiego, zainicjowanie ich przez wstrząs górniczy jest teoretycznie możliwe.

Nabrzmienia. Zwałowiska o dużej masie mogą przyczynić się, w wyniku nacisku na podłoże, do wyciskania gruntu u jego podstawy w formie nabrzmienia (wybrzuszenia, ondulacji). KLENCZAR (1952) podaje, że zwał o wysokości 65 m, zbudowany z odpadów o masie 1 mln ton może spowodować powstanie nabrzmiń o wysokości do 10 m, a ondulacje gruntu zanikają około 250 m od zwałowiska. O formach tych pisze także STOKŁOSA (1960).

Zwałowiskiem, na przedpolu którego proces wyciskania jest obserwowany od około 30 lat jest zwał „Pochwacie” w granicach kopalni „Jastrzębie”. JANKOWSKI (1986) pisze, że pod ciężarem tej rozległej formy o wysokości wówczas około 25 m podłoże gruntowe zostało zondulowane na odległość 220 m od podstawy hałdy, w kierunku zalewiska w dolinie Szotkówki. Wysokości garbów wynosiły od kilkadziesiątu centymetrów do kilku metrów. Kolejny opis deformacji przedpola tego zwałowiska dali KROKOSZYŃSKI I RYBICKI (2010). Na podstawie wgłębnych pomiarów inklinometrycznych oraz pomiarów na reperach powierzchniowych ustalili, że strefa deformacji sięga na odległość 500 m. W okresie 7 miesięcy przemieszczenia poziome wyniosły 7 m, przy czym prędkości tych przemieszczeń były największe przy krawędzi zwału – 2,5-4,5 cm/dobę i stopniowo malały do 0,5-1 cm/dobę w odległości 500 m od składowiska. Z badań KLETY (2011) wynika, że zwałowisko jest zlokalizowane na gruntach, które w warunkach zawodnienia wykazują tendencję do wzrostu plastyczności i pełzania. Bardzo duże obciążenie podłoża odpadami składowanymi na zwałowisku dodatkowo stymuluje przemieszczanie się gruntu (rys. 28). Stwierdzono, że osiadania powierzchni terenu sięgające kilkunastu metrów przechyliły bryłę zwałowiska w kierunku północnym, co oprócz wynoszenia naturalnego podłoża gruntowego powoduje także przemieszczenia w obrębie samego zwału. Strefa największych deformacji występuje w rejonie północno-zachodnim i zachodnim formy i jej obrzeża.

Na podstawie obserwacji terenowych przeprowadzonych w latach 2005 i 2012 oraz porównania ich z sytuacją przedstawioną na mapach topograficznych (1978, 1993) autorka wnosi o dużej mobilności podłoża także na północnym przedpolu zwałowiska „Pochwacie”. W ciągu dwudziestu lat zostało ono „wyciśnięte” na odległość 40-100 m, w tempie 2-5 m/rok. Strefa deformacji osuwiskowych (fot. 11A) o krawędzi równoległej do biegu małej dolinki przekroczyła jej oś i zablokowała odpływ wód – w konsekwencji w górnym biegu powstał zbiornik wodny z podparcia (fot. 11B), a dwie boczne niecki są okresowo podmokłe lub zawodnione (rys. 29). Na zachodnim przedpolu zwałowiska pośród wałów osuwiskowych z małymi, okresowymi zbiornikami wodnymi między nimi, obserwowano budynek mieszkalny

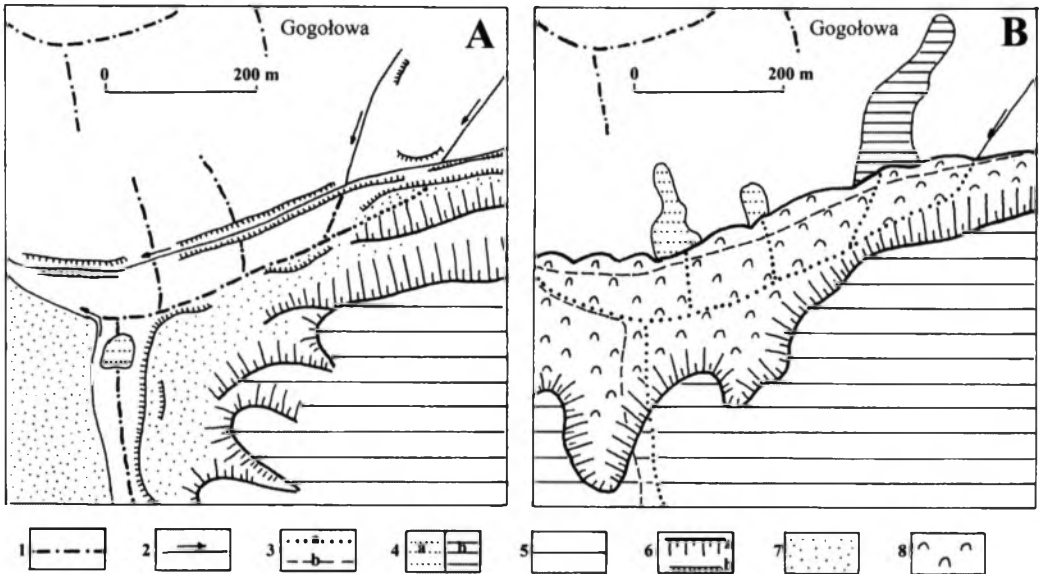


Rys. 28. Schemat powierzchni poślizgowych w północno-zachodniej części zwałowiska „Pochwacie” na Płaskowyżu Rybnickim (wg Klety 2011, zmienione)

T – ility z przewarstwieniami piasków (trzeciorzęd), Q – piaski drobnoziarniste i pylaste, ility piaszczyste, gliny pylaste (czwartorzęd), Z – odpady górnice: iłowce, mułowce, piaskowce, przerosty; 1 – powierzchnie poślizgowych, 2 – jezór osuwiskowy, 3 – wyniesienie (nabrzemie) powierzchni terenu, 4 – zalewisko w niecce osiadania w dolinie rzeki Szotkówki

Fig. 28. Scheme of slide surfaces in the north-western part of “Pochwacie” mining waste heap, the Rybnik Plateau (after Kleta 2011, changed)

T – clays with interbedding sands, the Tertiary, Q – fine-grained and silty sands, sandy silts, loams, the Quaternary, Z – mining waste: siltstone, mudstone, sandstone and interlayers; 1 – slide surfaces, 2 – landslide tongue, 3 – the swelling of the land surface, 4 – a water reservoir in the subsidence basin in the Szotkówka valley

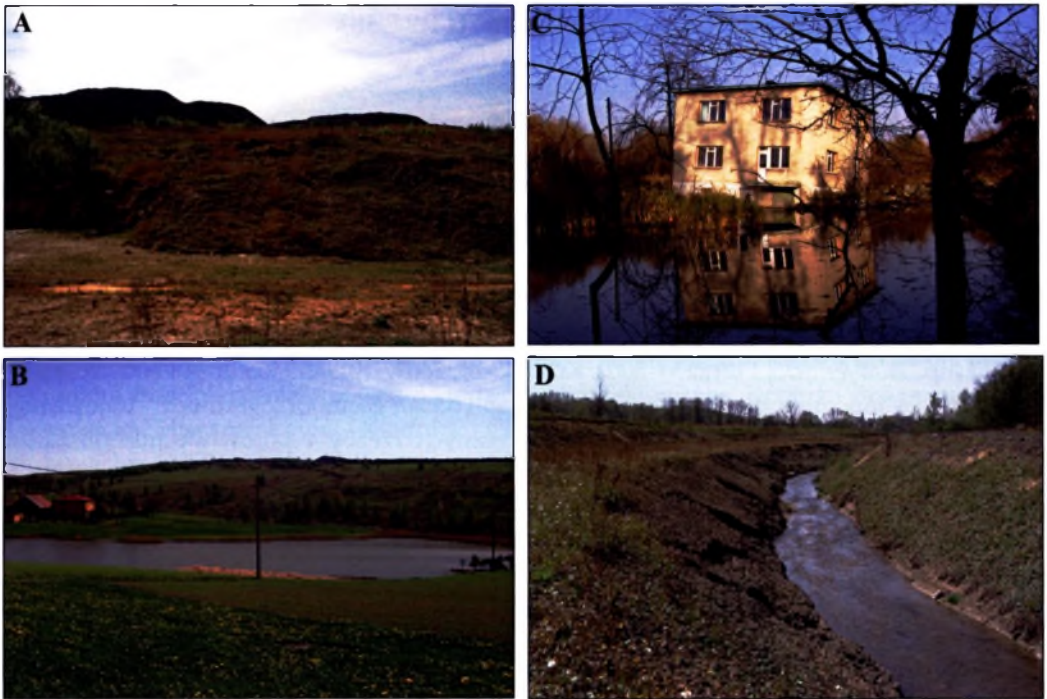


Rys. 29. Przekształcenia rzeźby i sieci wodnej na północnym przedpolu zwałowiska „Pochwacie” w latach 1993 (A) i 2012 (B), Płaskowyż Rybnicki

1 – osie dolin, 2 – ciek wodny, w większości przelożony, 3 – dawne osie dolin (a) i ciek wodny (b) pod przykryciem odpadów górniczych lub materiału osuwiskowego, 4 – okresowe zbiorniki wodne lub podtopienia (a) oraz duży zbiornik wodny z podparcia wód w strefie osuwiskowo-złaziskowej (b), przedstawiony na fot. 11B, 5 – wierzchołki zwałowiska, 6 – strome skarpy zwałowiska (a) i inne skarpy (b), 7 – obszar o nierównym i niecałkowicie pokryciu odpadami górniczymi, 8 – strefa osuwisk i pęcznienia gruntów naturalnych oraz antropogenicznych (por. fot. 11A)

Fig. 29. Transformations of relief and water network in the northern forefield of “Pochwacie” mining waste heap in the years 1993 (A) and 2012 (B), the Rybnik Plateau

1 – axes of the valleys, 2 – water courses, mostly shifted, 3 – former axes of valleys (a) and water courses (b) beneath the cover of mining waste or landslide material, 4 – periodic water reservoirs or floodings (a) and a large water reservoir formed as a result of water damming in the landslide and soil creep zone (b), shown in photo 11B, 5 – the top of the heap, 6 – steep scarps of mining waste heap (a) and other scarps (b), 7 – the area unevenly and partially covered with mining waste, 8 – the zone of landslides and soil creep (natural and anthropogenic) (see photo 11A)



Fot. 11. Skutki nacisku zwalowiska „Pochwacie” na podłoże, Płaskowyż Rybnicki (por. rys. 29)

A – strefa osuwiskowa na północnym przedpolu zwalowiska, 2012 rok, B – zbiornik wodny w górnym odcinku bezimiennego dopływu Szotkówki, powstały z podparcia wód w strefie osuwiskowo-złaziskowej na północnym przedpolu zwalowiska, 2012 rok, C – zniszczony budynek mieszkalny w zachodniej strefie osuwiskowej, przechylony przeciwnie do kierunku ruchu gruntu, 2005 rok, D – zerwy na brzegu nowego koryta Szotkówki od strony deformowanego zachodniego obrzeża zwalowiska, 2012 rok

Photo 11. Effects of base compression of “Pochwacie” mining waste heap, the Rybnik Plateau (see fig. 29)

A – a landslide zone in the north forefield of a mining waste heap, 2012, B – a water reservoir in the upper section of an unnamed tributary of the Szotkówka river, formed as a result of water damming in the landslide and soil creep zone in the northern forefield of the mining waste heap, 2012, C – destroyed residential house in the western part of landslide zone, lopsided in the opposite direction to the movement of the ground, 2005, D – slumps on the banks of the new Szotkówka channel from the deformed western fringe of the heap, 2012

przechylony w kierunku przeciwnym do ruchu gruntu (fot. 11C) – w latach 1993-2009 budynek ten przemieszczał się w kierunku zachodnim, ku dolinie Szotkówki w tempie 1 - 3 m/rok i w sumie „przebył” drogę, co najmniej 20 m. W 2012 roku na brzegu „nowego” koryta Szotkówki obserwowano liczne zerwy od strony napierającego nań zachodniego przedpola zwalowiska (fot. 11D), natomiast przeciwny brzeg, mimo iż utworzony z tego samego materiału pozostaje na razie niezmienny ruchami masowymi.

Proces wyciskania podłoża zależy, jak podkreślono wyżej, nie tylko od masy formy, ale także od właściwości gruntu, na który forma oddziałuje – sprzyja mu podłoże zbudowane z utworów plastycznych, szczególnie iłów. Na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego proces ten występuje prawdopodobnie wokół ogromnych zwalowisk utworzonych na podłożu mioceńskich iłów, plejstocenijskich glin i lessów. Problem nie jest jednak rozpatrywany w literaturze geograficznej. Z przeprowadzonej przez autorkę analizy wynika, że około 100 zwalowisk na obszarze GZW ma masę powyżej 1 mln ton, z tego prawie ¼ znajduje się na obszarze Płaskowyżu Rybnickiego. WÓJCIK (2011) podaje, że w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym jest 16 zwalowisk o masie od 1 do 24 mln ton - w wielu miejscach wokół nich stwierdził nabrzmienia, ale o niewielkiej wysokości – od 1 do 1,5 m.

5.2. ZMIANY CECH MORFOMETRYCZNYCH RZEŻBY

Współczesna rzeźba obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego ma charakter w ogólnych zarysach zbliżony do rzeźby z okresu przedgórnego. Porównanie, nawet pobieżne, treści map z końca XIX wieku z aktualnym rysunkiem poziomicowym uwidacznia jednak różnice niższego rzędu – pojawienie się antropogenicznych form rzeźby, zmiany w geometrii koryt rzecznych, zmiany wysokości bezwzględnych i inne. Różnowiekowe materiały kartograficzne mogą być zatem wykorzystywane w analizach zmian rzeźby zachodzących w ostatnich 100-200 latach. Świadczą o tym przykłady badań z różnych części Polski (np. TRAFAS 1975, PIETRZAK 2002, KLIMEK I IN. 2003, DULIAS 2006, JUŚKIEWICZ 2006).

Mapy topograficzne są ważnym narzędziem badań geomorfologicznych - umożliwiają obiektywną analizę różnych cech morfometrycznych rzeźby i porównywanie obszarów między sobą (RICHLING 1973, BARTKOWSKI 1974, ŻYNDA 1976, SZYPUŁA 2007, BRZEZIŃSKA-WÓJCIK I IN. 2010, KASPRZAK I TRACZYK 2010). W ostatnich latach obserwuje się wyraźny wzrost zainteresowania kartograficznymi metodami badań, związany między innymi z możliwościami, jakie stwarzają systemy informacji geograficznej. Po latach „zapomnienia” analiza morfometryczna jest ponownie dostrzegana jako dobre uzupełnienie tradycyjnych badań terenowych. Do cech morfometrycznych, czyli zespołu danych ilościowych charakteryzujących ukształtowanie powierzchni ziemi zalicza się wysokości bezwzględne, wysokości względne, kąty nachyleń stoków, objętości, długości, głębokości form, długość i liczbę linii ciekowych, liczbę pagórków i zagłębień itp. (ŁAWNICZAK 2008).

Analizy morfometryczne na podstawie archiwalnych i współczesnych map topograficznych są szczególnie przydatne w badaniach obszarów poddanych silnej antropopresji. Dla różnych części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zmiany cech morfometrycznych rzeźby przedstawiano najczęściej za pomocą profili morfologicznych terenu, profili podłużnych dolin i krzywych hipsograficznych wykonywanych dla różnych przedziałów czasowych (np. JANKOWSKI 1986, WACH 1987b, SZCZYPEK I WACH 1996, MADOWICZ 2001, DULIAS 2003b, 2005a, 2008d, ALESHINA I IN. 2008, KUPKA I IN. 2008, ZIELIŃSKA 2009). Zamieszczone w tych pracach interpretacje geomorfologiczne koncentrują się głównie na stwierdzeniu faktu zmian (wysokości bezwzględnych, średniej wysokości terenu, profilu podłużnego doliny) oraz prognozowaniu rozwoju procesów geomorfologicznych na podstawie ogólnych prawideł. Opracowaniem, w którym kompleksowo przedstawiono zmiany wielu cech morfometrycznych (w tym wysokości względnych i spadków terenu) w wyniku długoletniej działalności górniczej na obszarze dużej jednostki geomorfologicznej (Wyżyny Miechowickiej) jest praca SOLARSKIEGO I PRADELI (2010a). Pracę na temat zmian wysokości względnych w ostatnim stuleciu na obszarze miasta Katowice przedstawiła też ostatnio DULIAS (2011b).

Na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zmiany cech morfometrycznych są związane przede wszystkim z działalnością górniczą, ale także budowlaną (prace ziemne pod zabudowę mieszkaniową, przemysłową, infrastrukturę transportową itp.). Zmiany cech morfometrycznych w wyniku górnictwa odkrywkowego są łatwo zauważalne, bo ograniczone do zarysów wyrobiska i wyrażone skokowym zwiększeniem nachyleń zboczy i wysokości względnych a zmniejszeniem wysokości bezwzględnych. W wyniku górnictwa podziemnego zmiany rzeźby obejmują duże powierzchnie i w większości mają bardziej „dyskretny” charakter. WACH (1991) do najważniejszych skutków osiadania w rzeźbie terenu zalicza

obniżenie wysokości bezwzględnych oraz zmiany wysokości względnych, nachylenia powierzchni i profili podłużnych dolin.

W niniejszym rozdziale uwagę skoncentrowano na wpływie górnictwa na zmiany podstawowych cech morfometrycznych – wysokości bezwzględnych, wysokości względnych oraz nachylenia stoków. Wyniki uzyskane z numerycznych modeli terenu dla lat 1883 i 1993 analizowano w odniesieniu do 3 stref geologicznych oraz 25 jednostek geomorfologicznych, które podzielono na trzy grupy: z dominującym udziałem równin (o nachyleniach powierzchni poniżej 1°), z dominującym udziałem stoków bardzo słabo i słabo nachylonych (1-5°) oraz ze znacznym udziałem stoków, co najmniej umiarkowanie nachylonych (powyżej 5°). Zaznaczyć należy, że wiele jednostek geomorfologicznych położonych w granicach GZW charakteryzuje się niemal równinnym charakterem rzeźby. Należą do nich przede wszystkim duże obniżenia erozyjno-denudacyjne lub tektoniczne: Kotliny - Biskupiego Boru, Mysłowicka, Mleczej, Rowy – Kłodnicy i Chrzanowski, a także wyrównane Wysoczyzny – Rachowicka, Czechowicka i Wilczy oraz wydłużona Strefa Podstokowa na granicy Wyżyny Śląskiej i Kotliny Raciborskiej. We wszystkich wymienionych jednostkach równiny zajmują od 50 do nawet 88% ich powierzchni.

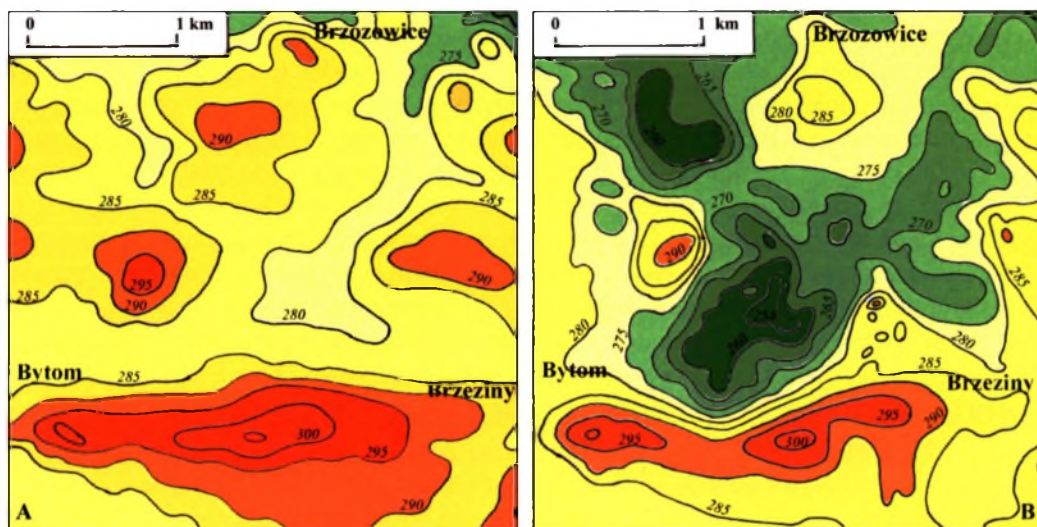
5.2.1. WYSOKOŚCI BEZWZGLĘDNE

Wysokości bezwzględne to główna cecha morfometryczna rzeźby. W charakterystykach regionów morfologicznych wykorzystuje się głównie, już od początku XX wieku, średnie wysokości terenu (CHELIŃSKA 1923, ZGLINICKA 1927, PAWŁOWSKI 1931, CZYŻEWSKI 1949).

Na badanym obszarze zmiany wysokości bezwzględnych obejmują duże powierzchnie i są związane głównie z osiadaniem górnictwem. Rozpatrzono je w dwóch aspektach – zmian powierzchni poszczególnych przedziałów wysokościowych oraz zmian średnich wysokości terenu. W strefie karbońskiej największe zmiany wysokości bezwzględnych dotyczą przedziału 240-250 m n.p.m. - jego powierzchnia zwiększyła się o prawie 2,4%, czyli ponad 12 km² (tab. 12). Duże zmiany odnotowano także dla przedziału 310-320 m n.p.m. – w tym przypadku powierzchnia w 1993 roku była mniejsza o 6 km² w stosunku do roku 1883. W strefie miocenińskiej największe zmiany objęły przedział 250-260 m n.p.m., którego powierzchnia zmniejszyła się o prawie 21 km² (2,4%), natomiast powierzchnia przedziałów 220-230 i 230-240 m n.p.m. zwiększyła się o 11,6 i 13,4 km². Zmiany w strefie triasowej są zróżnicowane – wyraźnie zwiększyła się powierzchnia przedziałów 270-280 m n.p.m. i 260-270 m n.p.m., odpowiednio o ponad 12 km² (4,4%) i prawie 8 km² (2,7%), natomiast równie wyraźnie zmniejszył się udział procentowy przedziałów wysokościowych 290-300 m n.p.m. oraz 300-310 m n.p.m., odpowiednio o 4,5% (prawie 13 km²) i 3,5% (nieco ponad 10 km²) (tab. 12).

W skali całego obszaru górnictwo zmniejszyła się powierzchnia obszarów wysoko położonych, powyżej 280 m n.p.m. - o ponad 42 km², a zwiększyła powierzchnia obszarów nisko położonych, poniżej 250 m n.p.m. - o prawie 34 km². Zmiany wysokości umiarkowanych (250-280 m n.p.m.) są następujące: ubyło obszarów położonych 250-260 m n.p.m. (o ponad 18 km²), a przybyło terenów o wysokościach 260-280 m n.p.m. (o prawie 26 km²). Powierzchnia przedziałów wysokościowych w poszczególnych jednostkach badawczych zmieniała się w różnym stopniu – największe zmiany mogą obejmować najniższe i/lub najwyższe poziomy hipsometryczne, lub koncentrować się głównie w strefie wysokości średnich itp. Zagadnienie to jest także rozpatrywane w rozdziale 5.4. Na obszarach największych osiadań górnictwa

zmiany wysokości bezwzględnych bardzo wyraźnie odzwierciedlają mapy hipsometryczne (rys. 30) i profile morfologiczne dla lat 1883 i 1993 (rys. 26).



Rys. 30. Hipsometria północnej części Wyżyny Siemianowickiej w latach 1883 (A) i 1993 (B)

Fig. 30. Hypsometry of the northern part of the Siemianowice Upland in the years 1883 (A) and 1993 (B)

Tabela 12. Zmiany wysokości bezwzględnych na obszarze górnictwa według stref geologicznych w okresie 1883-1993

Table 12. Changes in altitude in the mining area according to the geological zones in the period 1883-1993

Przedział wysokościowy [m n.p.m.]	Strefa karbońska		Strefa triasowa		Strefa miocenska	
	Powierzchnia przedziałów wysokościowych [km ²]					
	1883	1993	1883	1993	1883	1993
Poniżej 220	-	-	0,2	0,2	4,5	5,5
220 – 230	-	0,035	0,3	0,4	16,7	28,3
230 – 240	0,8	4,1	0,4	0,8	71,2	84,6
240 – 250	11,3	23,4	6,2	6,7	158,5	149,9
250 – 260	51,6	52,4	11,2	12,9	174,4	153,7
260 – 270	84,8	83,1	25,9	33,8	144,2	150,0
270 – 280	90,5	92,9	39,6	52,0	141,0	140,0
280 – 290	87,2	85,2	69,6	73,4	103,8	101,6
290 – 300	67,1	63,8	68,8	56,0	31,4	31,3
300 – 310	51,2	48,2	37,1	27,0	9,9	9,6
310 – 320	36,3	30,3	13,3	11,4	2,6	2,5
320 – 330	20,8	17,8	6,5	5,3	0,9	1,1
330 – 340	8,7	9,1	3,3	2,9	0,3	0,6
Powyżej 340	6,1	5,8	1,6	1,2	-	0,1

Średnia wysokość nad poziom morza trzech jednostek geomorfologicznych – Kotliny Mlecznej, Rowu Kłodnicy i Wzgórz Bobrownickich zwiększyła się o 0,3-0,4 m wskutek powstania na ich obszarze dużych zwałowisk, a w przypadku Wzgórz Bobrownickich – osadnika i obwałowań wzdłuż Brynicy, natomiast nie zmieniła się w ogóle na Wyżynie Czechowickiej (tab. 13). W pozostałych 21 jednostkach średnia wysokość terenu obniżyła się

w przedziale od 0,2 m do 4,5 m. Największe obniżenie średniej wysokości terenu odnotowano dla Wzgórz Rudzkich (4,5 m), Wyżyny Siemianowickiej (4,1 m) i Wyżyny Miechowskiej (3,3 m). Charakterystyczne jest, że w okresie 1883-1993 najmniejsze zmiany średniej wysokości terenu odnotowano dla jednostek geomorfologicznych w przewadze równinnych i dla jednostek z dużym udziałem stoków o nachyleniu powyżej 5°, natomiast największe zmiany – (trzykrotnie większe) objęły jednostki z dominującym udziałem stoków o nachyleniu 1-5° (tab. 13).

Tabela 13. Zmiany średniej wysokości terenu wybranych jednostek geomorfologicznych w okresie 1883-1993

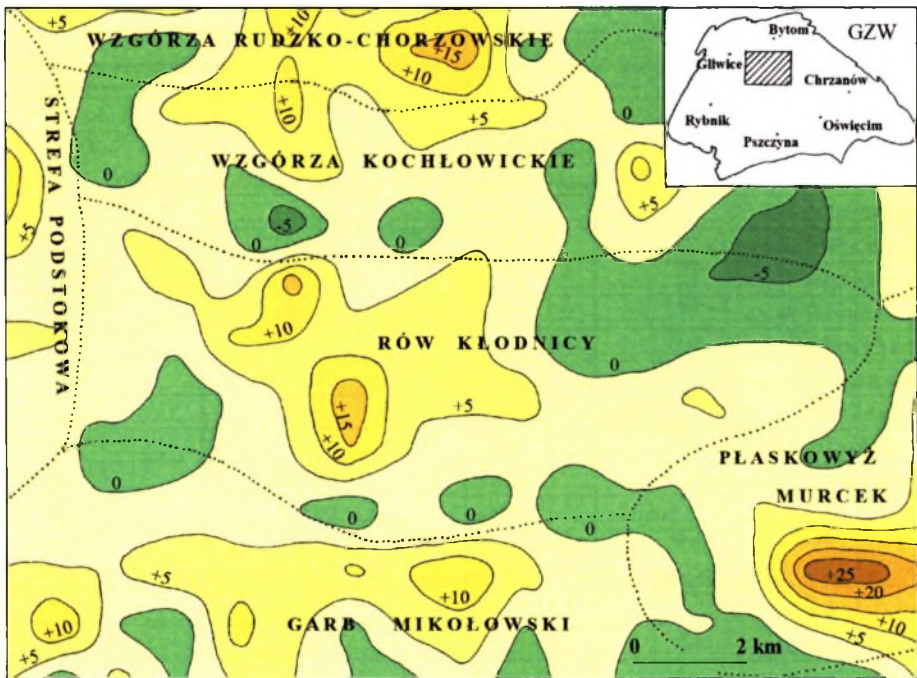
Table 13. Changes in average height above sea level of selected geomorphological units in the period 1883-1993

Jednostka geomorfologiczna	Średnia wysokość terenu [m n.p.m.]		Zwiększenie/zmniejszenie średniej wysokości terenu 1883-1993 [m]
	1883	1993	
Jednostki geomorfologiczne z dominującym udziałem równin (ponad 50% powierzchni)			
Kotlina Biskupiego Boru	269,5	268,1	- 1,4
Kotlina Mysłowicka	257,8	255,6	- 2,2
Kotlina Mlecznej	252,9	253,3	+ 0,4
Rów Kłodnicy	267,0	267,4	+ 0,4
Rów Chrzanowski	247,7	245,4	- 2,3
Wysoczyzna Czechowicka	235,0	235,0	-
Wysoczyzna Rachowicka	241,0	240,3	- 0,7
Wysoczyzna Wilczy	242,9	242,7	- 0,2
Strefa Podstokowa Północna	239,8	238,9	- 0,9
Strefa Podstokowa Południowa	252,5	252,0	- 0,5
średnia	250,6	249,9	- 0,7
Jednostki geomorfologiczne z dominującym udziałem stoków o nachyleniu 1-5° (ponad 50% powierzchni)			
Wyżyna Miechowska	283,5	280,2	- 3,3
Wysoczyzna Siemianowicka	280,7	276,6	- 4,1
Wzgórza Rudzkie	280,2	275,7	- 4,5
Wzgórza Chorzowskie	287,2	284,7	- 2,5
Wyżyna Czeladzi	273,9	272,5	- 1,4
Wzgórza Kochłowskie	279,8	277,3	- 2,5
Płaskowyż Murcek	286,0	283,7	- 2,3
Garb Mikołowski Zachodni	284,9	284,5	- 0,4
Garb Mikołowski Wschodni	298,8	298,3	- 0,5
Średnia	283,9	281,5	- 2,4
Jednostki geomorfologiczne z dużym udziałem stoków o nachyleniu powyżej 5° (ponad 20% powierzchni)			
Wzgórza Rogoźnickie	313,9	312,2	- 1,7
Wzgórza Bobrownickie	288,1	288,4	+ 0,3
Wzniesienia Grodzca	298,6	297,6	- 1,0
Garb Wojkowicki	279,9	279,0	- 0,9
Płaskowzgórza Dańdówki	278,9	278,0	- 0,9
Płaskowyż Rybnicki	263,2	262,8	- 0,4
Średnia	287,0	286,3	- 0,7

Różnica między średnimi wysokościami n.p.m. dla lat 1883 i 1993 odzwierciedla wielkość średniego obniżenia/podwyższenia powierzchni terenu w tym okresie. Wartości te obliczono dla całych jednostek geomorfologicznych – nie są więc zbieżne z wielkościami obniżenia powierzchni przytaczanymi w rozdziale 5.1.2.2., obliczonymi dla obszaru wpływów górniczych w poszczególnych jednostkach geomorfologicznych.

5.2.2. WYSOKOŚCI WZGLĘDNE

Wysokości względne należą do ważniejszych, z morfogenetycznego punktu widzenia, cech rzeźby – są miarą potencjalnej energii powierzchni ziemi (KOSTRZEWSKI 1986). Położenie lokalnych baz erozyjnych w stosunku do kulminacji wzniesień wpływa bowiem na rozmiary i intensywność procesów erozyjno-denudacyjnych. Ten czynnik kształtujący rzeźbę, czyli różnicę poziomów między najwyższym i najniższym punktem danego terenu w prosty sposób wyrażają mapy wysokości względnych (SZUMOWSKI 1967). W polskiej literaturze geograficznej pierwsze opracowania na temat wysokości względnych przygotowali ROMER (1909), CZYŻEWSKI (1925), GONTARSKA (1927), CZORT I SARNICKI (1929) i inni. Wykorzystywane były w regionalizacji fizycznogeograficznej (OCHOCKA 1931, DYLIK 1948, PIASECKI 1949) oraz do oceny intensywności urzeźbienia (SZCZEPANKIEWICZ 1948, DWUCET 1986) – w tym przypadku z uwzględnieniem gęstości sieci dolinnej.



Rys. 31. Zmiany wysokości względnych w centralnej części GZW w okresie 1883-1993 (wartości izolinii w metrach)

Fig. 31. Changes in relative height in the central part of Upper Silesian Coal Basin in the period 1883-1993 (values of isolines in meters)

Z analizy zmian wysokości względnych w okresie 1883-1993, przeprowadzonej dla 25 jednostek geomorfologicznych położonych w całości lub w większej części w zasięgu oddziaływania górnictwa węgla kamiennego wynika, że pod koniec XIX wieku maksymalne deniwelacje mieściły się w przedziale od 38 m w Rowie Chrzanowskim do prawie 117 m na Wzniesieniach Grodzca (tab. 14). Ponad sto lat później, w 1993 roku deniwelacje te zawierały się w przedziale od 48,8 m na Garbie Wojkowickim do 212 m na Płaskowyżu Rybnickim. Poza dwiema jednostkami, dla których nie odnotowano zmian w maksymalnych deniwelacjach (Wyżyna Miechowska i Wysoczyzna Wilczy) oraz dwiema jednostkami, w których zmniejszyły się one o 1-1,2 m (Wysoczyzna Rachowicka i zachodnia część Garbu Mikołowskiego), we wszystkich pozostałych jednostkach zwiększyły się one od 2,2 do 95,6 m (tab. 14, rys. 31). Charakterystyczne jest, że duże zwiększenie maksymalnych deniwelacji wystąpiło głównie w obrębie jednostek o ogólnie równinnym charakterze rzeźby (np. Rów Chrzanowski + 45,4 m, Kotlina Mlecznej + 38,7 m), zaś niewielkie dla jednostek o urozmaiconej rzeźbie (np. Wzgórza Rogoźnickie + 3,9 m, Wzniesienia Grodzca + 4,4 m), z wyjątkiem Płaskowyżu Rybnickiego, na którego obszarze maksymalne deniwelacje zwiększyły się niemal o 100 m (95,6 m).

W okresie 1883-1993 zwiększenie wysokości względnych nastąpiło aż na 77,3% powierzchni badanych jednostek geomorfologicznych. Dokładniej, 45,8% ich obszaru zwiększyło wysokości względne w przedziale od 0,1 do 5 m, 19,9% - od 5,1 do 10 m i jedynie 11,6% - powyżej 10 m. Maksymalną wysokość względną – 130 m odnotowano dla pola podstawowego z hałdą na Płaskowyżu Rybnickim. Zmniejszenie wysokości względnych w przedziale od -0,1 do -10 m miało miejsce na 22,7% powierzchni analizowanego obszaru. Zmiany te wystąpiły głównie w jednostkach geomorfologicznych z dużym udziałem stoków o nachyleniu powyżej 5°, obejmując średnio 35,7% ich powierzchni, podczas gdy na obszarach o charakterze równinnym średnio jedynie 13,2% (tab. 14). Jednocześnie aż 55% obszarów płaskich zwiększyło wysokości względne w przedziale 0,1-5 m. Duże zmiany wysokości względnych (5,1-10 m) w największym stopniu objęły obszary z dominującym udziałem stoków o nachyleniu 1-5° (25,3% ich powierzchni). Wpływ górnictwa na zmiany cech morfometrycznych rzeźby jest zatem wyraźny. Generalnie, rzeźba obszarów równinnych została urozmaicona, a silniej urzeźbionych złagodzona. Zmiany wysokości względnych są związane z powstaniem wysokich zwałowisk i głębokich wyrobisk poeksploatacyjnych oraz z osiadaniem górniczym. Przykładem obszaru z istotnymi zmianami wysokości względnych w okresie 1883-1993 jest centralna część GZW (rys. 31).

Z analizy zmian wysokości względnych na całym obszarze badań (2838 km²) wynika, że na $\frac{3}{4}$ obszaru uległy one zwiększeniu, przede wszystkim w przedziale do 5 m (55,2%) oraz od 5 do 10 m (12,8%). Zwiększenie wysokości względnych o więcej niż 20 m odnotowano jedynie dla 1,8% obszaru badań, natomiast zmniejszenie wysokości względnych, które wystąpiło na 25,8% powierzchni badanego obszaru, niemal w całości zawierało się w przedziale do -5 m. Zmiany wysokości względnych w poszczególnych strefach geologicznych są dość charakterystyczne – maksymalne deniwelacje w strefach – miocenijskiej i karbońskiej zwiększyły się, odpowiednio, o 42,6 m i 56 m, natomiast w strefie triasowej prawie nie uległy zmianie (-0,6 m). W strefie miocenijskiej prawie 55% obszaru badanych jednostek geomorfologicznych zwiększyło wysokości względne od 0,1 do 5 m, natomiast w strefie karbońskiej znaczna część obszaru (ponad 27%) zmniejszyła wysokości względne od 0,1 do 10 m.

Tabela 14. Zmiany wysokości względnych w wybranych jednostkach geomorfologicznych w okresie 1883-1993
 Table 14. Changes in relative height in selected geomorphological units in the period 1883-1993

Jednostka geomorfologiczna	Maksymalne wysokości względne [m]			Udział procentowy powierzchni ze zmianami wysokości względnych w przedziałach:		
	1883	1993	Zwiększenie/zmniejszenie w okresie 1883-1993	-10-0 [m]	0,1-5 [m]	5,1-10 [m]
Jednostki geomorfologiczne z dominującym udziałem równin (ponad 50% powierzchni)						
Kotlina Biskupiego Boru	43,0	70,0	+ 27,0	13,7	38,4	30,2
Kotlina Mysłowicka	70,0	98,0	+ 28,0	11,8	28,2	23,5
Kotlina Mlecznej	41,1	79,8	+ 38,7	23,8	55,7	17,9
Rów Kłodnicy	65,4	67,6	+ 2,2	19,4	47,2	24,1
Rów Chrzanowski	38,0	83,4	+ 45,4	15,4	41,6	32,8
Wysoczyzna Czechowicka	73,8	85,1	+ 11,3	10,8	65,0	18,5
Wysoczyzna Rachowicka	82,8	81,6	- 1,2	11,9	68,6	14,0
Wysoczyzna Wilczy	69,6	69,6	-	4,4	89,2	5,6
Strefa Podstokowa Północna	47,6	51,7	+ 4,1	10,4	61,9	13,4
Strefa Podstokowa Południowa	63,8	132,9	+ 69,1	10,1	54,1	24,7
Średnia				13,2	55,0	20,5
Jednostki geomorfologiczne z dominującym udziałem stoków o nachyleniu 1-5° (ponad 50% powierzchni)						
Wyżyna Miechowicka	103,8	103,7	- 0,1	25,9	21,3	37,0
Wyżyna Siemianowicka	56,9	63,2	+ 6,3	17,7	27,8	32,9
Wzgórza Rudzkie	81,0	93,5	+ 12,5	22,2	33,3	22,2
Wzgórza Chorzowskie	71,0	79,5	+ 8,5	32,7	41,4	15,3
Wyżyna Czeladzi	50,0	66,8	+ 16,8	15,7	39,4	21,7
Wzgórza Kochłowickie	101,4	111,3	+ 9,9	29,6	49,0	16,3
Płaskowyż Murcek	102,3	132,6	+ 30,3	32,8	29,6	23,0
Garb Mikołowski zachodni	82,3	81,3	- 1,0	18,8	38,8	37,2
Garb Mikołowski wschodni	110,0	139,0	+ 29,0	26,4	39,0	22,0
Średnia				24,6	35,5	25,3
Jednostki geomorfologiczne z dużym udziałem stoków o nachyleniu powyżej 5° (ponad 20% powierzchni)						
Wzgórza Rogoźnickie	101,1	105,0	+ 3,9	60,1	29,8	3,0
Wzgórza Bobrownickie	60,0	68,3	+ 8,3	30,3	45,5	15,2
Wzniesienia Grodzca	116,9	121,3	+ 4,4	64,0	33,0	-
Garb Wojkowicki	39,2	48,8	+ 9,6	11,1	69,4	11,1
Płaskowzgórze Dańdówki	70,0	73,6	+ 3,6	24,1	49,1	16,4
Płaskowyż Rybnicki	116,4	212,0	+ 95,6	24,7	49,8	18,5
Średnia				35,7	46,1	10,7

Zmiany wysokości względnych wpłynęły prawdopodobnie na dynamikę procesów geomorfologicznych – uogólniając mogła ona ulec osłabieniu lub zwiększeniu na skutek, odpowiednio, zmniejszenia lub zwiększenia wysokości względnych. Zależność między większą lub mniejszą wysokością względną a większą lub mniejszą intensywnością procesów rzeźbotwórczych nie jest jednak tak prosta, gdyż „energię rzeźby” w dużym stopniu warunkują także nachylenie, długość i kształt stoków oraz gęstość rozdolinienia.

5.2.3. NACHYLENIE STOKÓW

Nachylenie stoków jest jedną z częściej analizowanych cech morfometrycznych rzeźby (ROMER 1909, KAMIŃSKA 1929, ZABORSKI 1931, SZAFLARSKI 1932, SMOLEŃSKI 1934, STEINHAUS 1947, FLIS 1949, KUCZYŃSKA 1951, RENIGER 1954). W literaturze geomorfologicznej nie ma zgodności, co do wartości granicznych między poszczególnymi klasami nachylenia stoków. Za stoki uważa się najczęściej powierzchnie o nachyleniu, co najmniej 1° (*Komisja Kartowania Geomorfologicznego* 1968), 2° (KLIMASZEWSKI 1978), 1,5-2° (MIGOŃ 2006) - powierzchnie o nachyleniu mniejszym zaliczane są do równin. W pracy przyjęto następujący podział stoków: bardzo słabo nachylone - 1-3°, słabo nachylone - 3-5°, umiarkowanie nachylone - 5-9°, silnie nachylone - 9-20°, strome - powyżej 20°.

Zmiany nachylenia stoków na obszarach górniczych w Górnos Śląskim Zagłębiu Węglowym są związane z trzema głównymi przyczynami - osiadaniami powierzchni terenu wskutek górnictwa podziemnego, powstaniem antropogenicznych form rzeźby, takich jak zwałowiska i wyrobiska poeksploatacyjne oraz zmianami ukształtowania powierzchni wskutek różnych prac budowlanych. W pierwszym przypadku stoki zmieniają nachylenie na dużych powierzchniach, ale w ogólnie niewielkim stopniu (najczęściej o 1-5°), w pozostałych przypadkach pojawiają się spadki o dużych wartościach (kilkanaście i więcej stopni), ale na małych powierzchniach. Analiza mapy zmian spadków wskazuje, że zwiększyły się one wyraźnie w największych nieckach osiadania, wokół podstawy zwałowisk i krawędzi wyrobisk, ale także wzdłuż dolin rzecznych (na obu brzegach), co można tłumaczyć czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi.

Zmiany nachylenia terenu w każdej ze stref geologicznych mają taki sam charakter - zmniejszyła się powierzchnia terenów równinnych, a zwiększyła powierzchnia stoków każdej z klas nachylenia, a w największym stopniu stoków z przedziału 1-3° (tab. 15). W strefie triasowej dość wyraźnie zwiększyła się także powierzchnia stoków o nachyleniu 3-5°, w strefie karbońskiej natomiast dwukrotnie wzrosła powierzchnia stoków silnie nachylonych (z 2,7 km² do 5,4 km²), prawdopodobnie ze względu na powstanie licznych zwałowisk ze stokami o takim nachyleniu.

Tabela 15. Powierzchnia obszarów w poszczególnych klasach nachylenia stoków według stref geologicznych w latach 1883 i 1993

Table 15. Size of the areas in particular classes of slope angle according to geological zones in the years 1883 and 1993

Nachylenie terenu	Strefa karbońska		Strefa triasowa		Strefa miocenińska	
	Powierzchnia obszarów w poszczególnych klasach nachyleń terenu [km ²]					
	1883	1993	1883	1993	1883	1993
poniżej 1°	215,1	194,1	114,3	92,0	496,9	429,3
1-3°	221,9	229,4	114,0	126,2	221,6	268,8
3-5°	59,0	65,0	34,8	43,3	68,1	77,0
5-9°	17,6	20,9	17,3	17,7	51,8	57,8
9-20°	2,7	5,4	3,7	4,2	20,1	24,4
powyżej 20°	0,1	1,6	0,1	0,8	0,9	2,1

W okresie 1883-1993 w większości rozpatrywanych jednostek geomorfologicznych zmniejszyła się powierzchnia terenów równinnych – średnio o 5,8% (w przedziale 0,9-12,3%) (tab. 16). Ubytek powierzchni o nachyleniu poniżej 1° najbardziej zaznaczył się w Rowie Kłodnicy (12,3% jego powierzchni), na Wyżynie Siemianowickiej (12,1%) oraz w Kotlinie Biskupiego Boru (11,2%). W sumie powierzchnia obszarów płaskich na całym obszarze badań zmniejszyła się o ponad 113 km² (tab. 17). Jednocześnie zwiększył się udział stoków we wszystkich przedziałach nachylenia, w tym najbardziej stoków o nachyleniu 1-3° (o prawie 77 km²), głównie w Strefie Podstokowej – w jej części południowej o ponad 9%, a w północnej o 8,4%, ponadto w Rowie Kłodnicy (8,3%) oraz w Kotlinie Biskupiego Boru (7,8%) (tab. 16). Z bilansu ubytku i przyrostu powierzchni w poszczególnych klasach nachylenia wynika ponadto, że powierzchnia stoków słabo nachylonych (3-5°) zwiększyła się o prawie 16 km², umiarkowanie nachylonych o niecałe 12 km², silnie nachylonych o 7,4 km², a stromych o niecałe 2 km² (tab. 17). Największą powierzchnię ze zmianami spadków odnotowano dla Płaskowyżu Rybnickiego – 67,8 km², Wysoczyzny Rachowickiej – 22,9 km² oraz Kotliny Mysłowickiej – 16,8 km², natomiast w ujęciu procentowym największe zmiany spadków wystąpiły na obszarze Rowu Kłodnicy obejmując 24,6% jego powierzchni, na Wyżynie Siemianowickiej (24,2%) oraz w Kotlinie Biskupiego Boru (22,4%)¹.

Dla jednostek geomorfologicznych charakteryzujących się niemal równinnym charakterem rzeźby (tab. 16) nie bez znaczenia dla rozwoju współczesnych procesów geomorfologicznych jest przyrost stoków o nachyleniu 1-3°, średnio o 5,5% (maksymalnie 9,2%). Zajmują one obecnie o 41 km² większą powierzchnię niż u schyłku XIX wieku.

Wśród jednostek geomorfologicznych z dominującym udziałem stoków o nachyleniu 1-5° można wyróżnić dwie podgrupy. Do pierwszej z nich należą Wyżyny – Miechowicka i Siemianowicka oraz Wzgórza Rudzkie i Chorzowskie. Dla obszarów tych odnotowano zwiększone nachylenia stoków będące wynikiem przyrostu stoków o nachyleniach 1-3° i większych, kosztem równin. W wyniku znacznych osiadań górniczych jednostki te znalazły się jednak w szczególnej i odmiennej od dotychczasowej sytuacji geomorfologicznej. Duża część ich powierzchni ma obecnie charakter bezodpływowy, stąd zwiększony potencjał erozyjno-denudacyjny w niemałym stopniu jest skierowany do „wewnątrz” jednostek, a nie na odprowadzanie materii poza ich granice.

Do drugiej podgrupy należą duże jednostki geomorfologiczne – Płaskowyż Murcek, dwie części Garbu Mikołowskiego oraz Wzgórza Kochłowskie. Każda z nich jest „założona” na uskockach tektonicznych, wyraźnie zaznaczających się w rzeźbie, ale wobec dużej powierzchni jednostek procentowy udział stoków o dużym nachyleniu jest niewielki. Zmiany spadków polegały głównie na ubytku obszarów płaskich na rzecz stoków bardzo słabo lub/i słabo nachylonych (tab. 16).

Do jednostek geomorfologicznych, które charakteryzują się najbardziej nachylonymi stokami należą Wzgórza Rogoźnickie, Wzgórza Bobrownickie, Wzniesienia Grodzca, Garb Wojkowic Komornych i Płaskowzgórza Dańdówki, a więc obszary położone w strefie uskoku będąńskiego z ciągłą lub nieciągłą pokrywą utworów triasu oraz brakiem lub cienką pokrywą osadów czwartorzędowych. Ponad 20% powierzchni odznacza się spadkiem powyżej 5°. Szczególnie silna zależność między strukturą podłoża a nachyleniem stoków zauważalna jest w przypadku Płaskowzgórzy Dańdówki – pod tym względem jest to region wyróżniający się w skali całego obszaru badań, gdyż ponad 46% stoków należy do klasy umiarkowanie i silnie nachylonych. W wyniku osiadań górniczych zależności te zostały nieco pogłębione, zarówno

²² Badaniem objęto 54,7 km² powierzchni Kotliny, z ogólnej 134,6 km²

w przypadku Płaskowzgórzy Dańdówki, jak i Garbu Wojkowickiego, natomiast złagodzone na wymienionych wyżej Wzgórzach.

Do jednostek z dużym udziałem stoków o nachyleniu powyżej 5° (ponad 22% powierzchni) należy także Płaskowyż Rybnicki. Stromość stoków jest tu jednak związana z ich głębokim rozczłonkowaniem gęstą siecią dolin rozwiniętych w pokrywie lessowej. W analizowanym okresie 1883-1993 powierzchnia stoków o takim nachyleniu zwiększyła się o ponad 3,5 km². Wyraźne uszczuplenie powierzchni wyrównanych wierzchołków i den dolinnych o nachyleniu do 1° (o prawie 34 km²) na rzecz bardziej nachylonych stoków ma swoje geomorfologiczne konsekwencje - stoki Płaskowyżu Rybnickiego są obecnie nieco krótsze i bardziej strome, co stwarza warunki do intensywniejszego erozyjnego modelowania.

Tabela 16. Zmiany powierzchni w poszczególnych klasach nachylenia stoków w wybranych jednostkach geomorfologicznych w okresie 1883-1993

Table 16. Changes in size of the areas in particular classes of slope angle in selected geomorphological units in the period 1883-1993

Jednostka geomorfologiczna	Zwiększenie/zmniejszenie powierzchni w poszczególnych klasach nachylenia stoków [%]					
	< 1°	1-3°	3-5°	5-9°	9-20°	> 20°
Jednostki geomorfologiczne z dominującym udziałem równin (ponad 50% powierzchni)						
Kotlina Biskupiego Boru	- 11,2	+ 7,8	+ 1,8	+ 1,0	+ 0,4	+ 0,2
Kotlina Mysłowicka	- 9,9	+ 5,9	+ 1,9	+ 1,2	+ 0,7	+ 0,2
Kotlina Mlecznej	- 5,6	+ 5,4		+ 0,1	+ 0,1	
Rów Kłodnicy	- 12,3	+ 8,3	+ 1,9	+ 1,3	+ 0,7	+ 0,1
Rów Chrzanowski	- 4,7	+ 3,8	+ 0,4	+ 0,2	+ 0,3	
Wysoczyzna Czechowicka	- 4,1	+ 2,3	+ 0,7	+ 0,8	+ 0,3	
Wysoczyzna Rachowicka	- 4,7	+ 3,4	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,2	
Wysoczyzna Wilczy	- 1,4	+ 0,6	+ 0,5	+ 0,2	+ 0,1	
Strefa Podstokowa Północna	- 8,5	+ 8,5	+ 0,1			- 0,1
Strefa Podstokowa Południowa	- 8,8	+ 9,2	- 0,8			+ 0,4
Jednostki geomorfologiczne z dominującym udziałem stoków o nachyleniu 1-5° (ponad 50% powierzchni)						
Wyżyna Miechowicka	- 4,6	+ 4,2	+ 0,7	- 0,5	+ 0,2	
Wyżyna Siemianowicka	- 12,1	+ 4,5	+ 4,3	+ 2,0	+ 0,9	+ 0,4
Wzgórza Rudzkie	- 1,4	- 2,4	+ 1,9	+ 0,9	+ 0,9	+ 0,1
Wzgórza Chorzowskie	- 0,9	- 1,8	+ 0,8	+ 0,9	+ 0,9	+ 0,1
Wyżyna Czeladzi	- 4,7		+ 2,5	+ 1,4	+ 0,6	+ 0,2
Wzgórza Kochłowskie	- 2,4	+ 1,6	+ 0,2	+ 0,4	+ 0,2	
Płaskowyż Murcek	- 5,3	+ 5,2	- 0,3	+ 0,3	+ 0,1	
Garb Mikołowski zachodni	- 1,7	- 2,1	+ 1,4	+ 1,7	+ 0,6	+ 0,1
Garb Mikołowski wschodni	- 2,5	+ 0,3	+ 0,8	+ 0,3	+ 1,0	+ 0,1
Jednostki geomorfologiczne z dużym udziałem stoków o nachyleniu powyżej 5° (ponad 20% powierzchni)						
Wzgórza Rogoźnickie	+ 2,1	+ 1,5	- 0,8	- 2,3	- 1,1	+ 0,6
Wzgórza Bobrownickie	+ 6,9	- 2,8	- 1,8	- 3,0	+ 0,8	- 0,1
Wzniesienia Grodzca	+ 1,9	- 1,3	+ 1,1	- 0,5	- 1,3	+ 0,1
Garb Wojkowicki	- 10,2	+ 6,8	+ 1,5	+ 0,7	+ 0,6	+ 0,6
Płaskowzgórze Dańdówki	- 3,5	+ 1,5	- 2,8	+ 3,8	+ 1,4	- 0,4
Płaskowyż Rybnicki	- 7,7	+ 5,6	+ 0,9	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,1

Tabela 17. Zmiany powierzchni w poszczególnych klasach nachylenia stoków na obszarze jednostek geomorfologicznych wymienionych w tabeli 16, w okresie 1883-1993

Table 17. Changes in size of the areas in particular classes of slope angle in the geomorphological units listed in table 16, in the period 1883-1993

Stok/równina	Nachylenie	Zwiększenie/zmniejszenie powierzchni w poszczególnych klasach nachylenia [km ²]
Równina	poniżej 1°	- 113,3
Bardzo słabo nachylony	1-3°	+ 76,8
Słabo nachylony	3-5°	+ 15,6
Umiarkowanie nachylony	5-9°	+ 11,7
Silnie nachylony	9-20°	+ 7,4
Stromy	powyżej 20°	+1,8

Zmiany nachylenia stoków związane z formami górnictwa odkrywkowego są duże, ale w większości obejmują na tyle małe powierzchnie w skali rozpatrywanych regionów, że nie w każdym przypadku są do uchwycenia w analizie morfometrycznej. Nie mniej, z bezpośrednich obserwacji terenowych wynika, że pojawienie się w rzeźbie form antropogenicznych o stromych stokach (często powyżej 20°) wpływa na przebieg procesów geomorfologicznych. Uwaga ta dotyczy przede wszystkim nie utrwalaonych roślinnością zwałowisk - u wylotu rozczłonkowujących je rynien erozyjnych tworzą się liczne wachlarze stożków napływowych, a budujący je materiał jest następnie stopniowo odprowadzany w niższe części stoków.

*Siły natury zaczynają po interwencji ludzkiej
działać w sposób taki sam, jak przedtem,
ale na innych drogach. Są to właśnie drogi
wytknięte wolą ludzką*

Stanisław Pawłowski 1923

5.3. ZMIANY WARUNKÓW OBIEGU MATERII

W geomorfologii dynamicznej zastosowanie ma teoria systemów BERTALANFFY`EGO (1932), rozpropagowana przez CHORLEYA (1962) oraz CHORLEYA I KENNEDY`EGO (1971). W polskiej literaturze geograficznej utrwaliło się określenie geoeosystem, uwzględniające w swym znaczeniu wpływ człowieka na obieg energii i materii. Rzeźba jako element geoeosystemu pozostaje w stałych związkach i zależnościach z innymi jego elementami oraz obiektami, zjawiskami i subsystemami (KOSTRZEWSKI 1986, 1993). Obieg materii w geoeosystemach inicjuje energia słoneczna, która jest zamieniana na inne rodzaje energii, przy czym łańcuch przemian energetycznych i materialnych jest ciągły w czasie, ale zróżnicowany przestrzennie. Efektem obiegu energii i materii w geoeosystemie jest informacja – osady i formy. W systemach otwartych, takich jak zlewnie, dokonuje się: stały dopływ energii i materii, krążenie wewnątrz oraz odpływ energii i materii, natomiast w systemach zamkniętych, takich jak niektóre zagłębienia bezodpływowe, nie ma odpływu lub jest bardzo utrudniony. W geoeosystemach

krąży materia mineralna i organiczna oraz substancje rozpuszczone w wodzie. Czynnikiem sprawczym obiegu materii jest krążąca woda (opad, spływ powierzchniowy, spływ śródglebowy, odpływ gruntowy), wiatr i grawitacja.

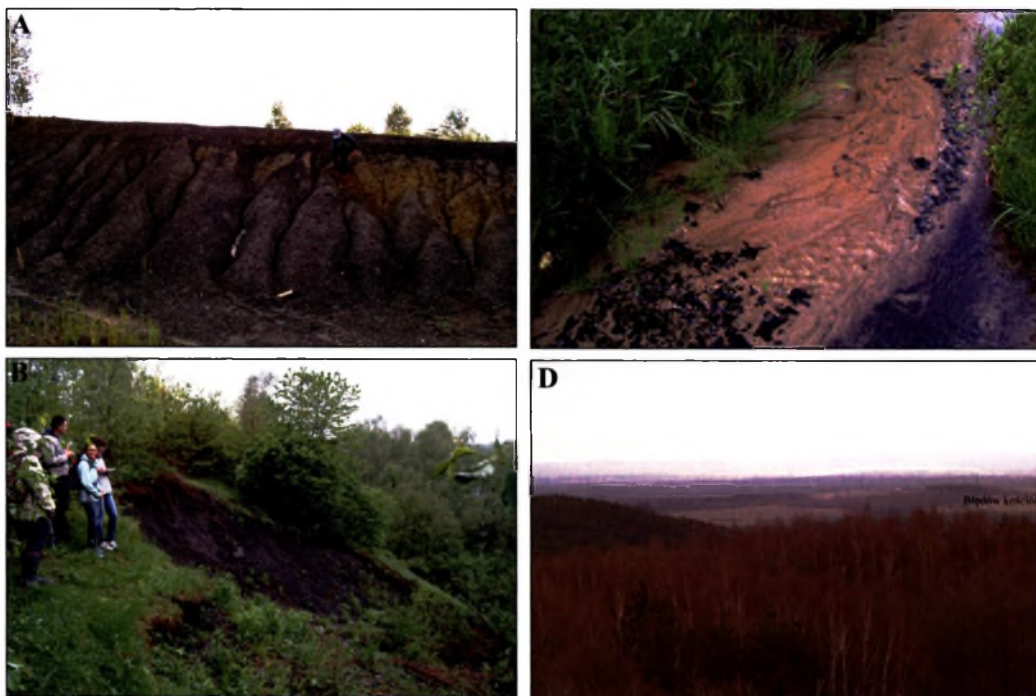
W niniejszym rozdziale, w nawiązaniu do przedstawionego rozróżnienia geoekosystemów na otwarte i zamknięte, przedstawiono ogólne uwarunkowania krążenia materii na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wynikające przede wszystkim ze skutków długotrwałej działalności górniczej, z zastrzeżeniem, że ze względu na współwystępowanie różnych rodzajów antropopresji i nakładanie się ich wpływów nie zawsze jest możliwe jednoznaczne wskazanie źródła zmian. Wpływy górnicze objęły obszary o różnej budowie geologicznej, ukształtowaniu, stosunkach wodnych i opadowych, zagospodarowaniu terenu i ogólnie różnym potencjale erozyjno-denudacyjnym. Wśród głównych przyczyn zmian warunków obiegu materii na badanym obszarze można wymienić: 1/ powstanie antropogenicznych form rzeźby, 2/ zmiany cech morfometrycznych rzeźby, 3/ ograniczenie infiltracji w wyniku zabudowy terenu, 4/ pojawienie się nowych nośników materii, 5/ zmiany cech fizykochemicznych utworów powierzchniowych.

Antropogeniczne formy rzeźby występują w różnym położeniu w stosunku do naturalnych form rzeźby (dna dolin, stoki, wierzchowiny itp.) a ich obecność wpływa na przebieg współczesnych procesów rzeźbotwórczych, głównie fluwialnych, stokowych, splotowania, eolicznych i litoralnych, niezależnie od tego, że one same są przez nie modelowane (por. rozdz. 3, fot. 12A-D). Zwrócił na to uwagę JANKOWSKI (1986) pisząc, że porównanie *Mapy przeobrażeń powierzchni ziemi* (1982) ze starszymi o kilka lat mapami topograficznymi skłania do interesujących rozważań o roli czynników antropogenicznych w inicjowaniu procesów morfodynamicznych. Najbardziej znaczącą zmianą w obiegu materii na obszarze GZW jest powstanie licznych zagłębień bezodpływowych, w większości w nieckach osiadania, i wyłączenie tych terenów z systemu fluwialnego. Nie bez znaczenia jest też przerwanie ciągłości między systemami – stokowym i rzeczny, w wyniku powstania takich form antropogenicznych jak, hałdowaty, nasypy kolejowo-drogowe, czy zwałowiska. Przykładem formy antropogenicznej, która zmodyfikowała dotychczasowe kierunki przemieszczania materii może być piaszkownia „Szczakowa”, gdzie PEŁKA (1994) stwierdziła lokalną zmianę kierunku wiatrów, nawiązujących obecnie do dłuższej osi tego ogromnego wyrobiska, a SZCZYPEK I WACH (1991a,b, 1993a) udokumentowali wynikające z tego faktu krążenie materii piaszczystej.

Dotychczasowe warunki obiegu materii na obszarze GZW zmieniły się także wraz ze zmianami cech morfometrycznych rzeźby, przedstawionymi w rozdziale 5.2. Zwiększenie lub zmniejszenie wysokości bezwzględnych i względnych skutkujące zmianami „odległości” do lokalnych baz erozyjnych może, zwłaszcza w połączeniu ze zmianami nachylenia i kształtu stoków, istotnie modyfikować charakter i intensywność obiegu energii i materii. Szczególne znaczenie w tym względzie ma zmiana morfologicznego charakteru koryt rzecznych i ich spadków (WACH 1987b, DULIAS 2008d, 2011a).

Ważną przyczyną zmian warunków obiegu energii i materii na obszarze GZW jest zabudowanie, zabrukowanie i „zabetonowanie” dużych powierzchni terenów miejskich, przemysłowych i górniczych i ograniczenie w ten sposób zdolności infiltracyjnej gruntu. Nowy, sztucznie ukierunkowany przepływ energii i materii jest związany z siecią kanalizacji miejskiej i przemysłowej, rowami odwadniającymi, kanałami, prowadzeniem rzek w przewodach zamkniętych, a szczególnie z zrzutami bardzo dużych ilości ścieków i wód kopalnianych do systemu rzecznoego. Najbardziej specyficzną cechą obiegu materii na obszarach górniczych jest jednak fakt, że najważniejszym jej nośnikiem jest człowiek, który przemieszcza materię wbrew sile grawitacji, czy warunkom opadowym, dowolnie „przekraczając” naturalne

granice systemów obiegu materii. Przemieszczanie to odbywa się w różnych kierunkach – z wyrobisk podziemnych na powierzchnię terenu, z odkrywek do wyrobisk podziemnych, ze zwałowisk do odkrywek, ze zwałowisk na powierzchnię terenów nie przekształconych pracami górnictwymi itp. Przykładowy, uproszczony schemat bezpośredniego przemieszczania materii skalnej między kopalniami - węgla kamiennego i piasku podsadzkiowego przedstawia rys. 32. Kierowany wolą człowieka obieg energii i materii nakłada się na obieg naturalny odbywający się głównie z udziałem wody, w mniejszym stopniu – wiatru. Rozprzestrzenianie się zanieczyszczonego powietrza atmosferycznego prowadzi do opadu pyłu czy metali ciężkich w znacznych odległościach od źródeł ich „produkcji”(fot. 12D).



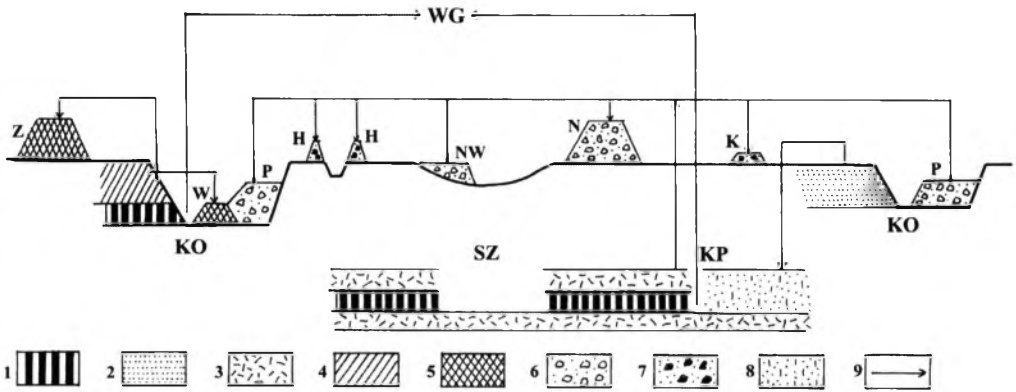
Fot. 12. Sposoby przemieszczania materiału antropogenicznego na obszarze GZW

A – morfologiczne skutki spłukiwania na stokach zwału odpadów węglowych w okolicy Sierszy, B - osuwisko na skarpie zwału odpadów węglowych nadbudowującego brzeg Jeziora Rogoźnickiego, C – odpady węglowe transportowane przez potok uchodzący do Jeziora Rogoźnickiego, D – transport eoliczny pyłów z osadnika flotacyjnego ZGH „Bolesław”, widok z Góry Stodólskiej w Niegowonicach w kierunku SSE, „chmura” pyłów ma długość, co najmniej 2 km, wiosna 2008 rok

Photo 12. Ways of anthropogenic material movement in the Upper Silesian Coal Basin

A – morphological effects of sheet wash on the slopes of a mining waste heap in the vicinity of Siersza, B – landslide on the scarp of a mining waste heap on the shore of Rogoźnik Lake, C – river transport of mining waste to Rogoźnik Lake, D – aeolian transport of dusts from the settlement tank of “Bolesław” mining-metallurgical plant, view from Stodólska Mountain in Niegowonice of SSE, “cloud” of dust has a length of a least 2 km, spring 2008

Na charakter obiegu wywierają też wpływ zmienione cechy fizykochemiczne przemieszczanej materii – na powierzchni pojawiły się nowe pod względem litologicznym utwory (skała płonna, odpady przerobcze), a naturalne utwory powierzchniowe zostały na niektórych obszarach, na przykład przesuszone, zawilgocone, zanieczyszczone metalami ciężkimi, wymieszane z materiałem odpadowym, pozbawione szaty roślinnej itp. Zagadnienie przedstawiono rozdz. 5.3.1.



Rys. 32. Uproszczony schemat przemieszczania materiału skalnego między kopalniami węgla kamiennego i piasku podsadzkowego

1 – złożo węgla kamiennego, 2 – złożo piasku podsadzkowego, 3 – skała płonna, 4 – nadkład, 5 – zwałowisko nadkładu zewnętrzne (Z) i wewnętrzne (W), 6 – zwałowisko odpadów górniczych nadpoziomowe (N), podpoziomowe (P) i niwelacyjne np. w niecce osiadania (NW), 7 – nasypy z odpadów górniczych: kolejowe (K) i hałdowaly (H), 8 – podsadzka plynna, 9 – kierunek przemieszczania materiału skalnego; KO – kopalnia odkrywkowa, KP – kopalnia podziemna, SZ – strefa spękań i zawału, WG – wykorzystanie gospodarcze

Fig. 32. Simplified scheme of the rock material movement between coal and stowing sands mines
 1 – hard coal deposit, 2 – stowing sand deposit, 3 – waste rock, 4 – overburden, 5 – external (Z) and internal (W) dump of overburden, 6 – external (N) and internal (P) mining waste heaps: above ground level (N), below ground level (P), levelling heap, for example in a subsidence basin (NW), 7 – railway (K) and flood (H) embankments built of mining waste, 8 – hydraulic stowage, 9 – direction of rock material movement; KO – open mine, KP – underground mine, SZ – zone of fissuring and roof-fall, WG – economic use

Ilość materiału przemieszczanego celowo na obszarze GZW można określić, na przykład na podstawie bilansu wydobywania surowców i skały płonnej, składowania odpadów górniczych i nadkładu, czy ilości transportowanej zawiesiny w rzekach, natomiast dane o ilości materiału przemieszczanego wskutek naturalnych procesów geomorfologicznych są dla tego obszaru skromne. W wielu pracach na temat rzeźby antropogenicznej Wyżyny Śląskiej i terenów sąsiednich podkreśla się, że działalność górnicza wpływa na przebieg i intensywność współczesnych procesów geomorfologicznych, ale w nielicznych zmiany te oszacowano ilościowo (np. JANIA 1983, SZCZYPEK I WACH 1991a, RZĘTAŁA M.A. 2003, KUPKA I IN. 2005, DULIAS 2007b, 2010a).

Po zaprzestaniu działalności górniczej oraz zakończeniu odwadniania kopalń obieg materii z okresu górniczego zostanie zmodyfikowany, ze względu na wypełnianie leja depresji i, jak się prognozuje, zawodnienie bądź zwiększenie zawodnienia w części niecek osiadania i związane z tym zmiany lokalnych baz erozyjnych.

...dookoła wielkie przestrzenie pokryte są żużlem, czasem popieliskiem... wszystko to występuje naprzemianległe z hałdami. Pokryte są te sztuczne „skiby” czy „tarasy” wykwitami siarki, gorącym żużlem fabrycznym i dymią niby „fumarole” ...pośród tych wzniesień błyszczą stawy... fosforyzujące, złudnie piękne z mgłami oparów, unoszących się nad ich ciepłem zwierciadłem – to stawy zatrute...

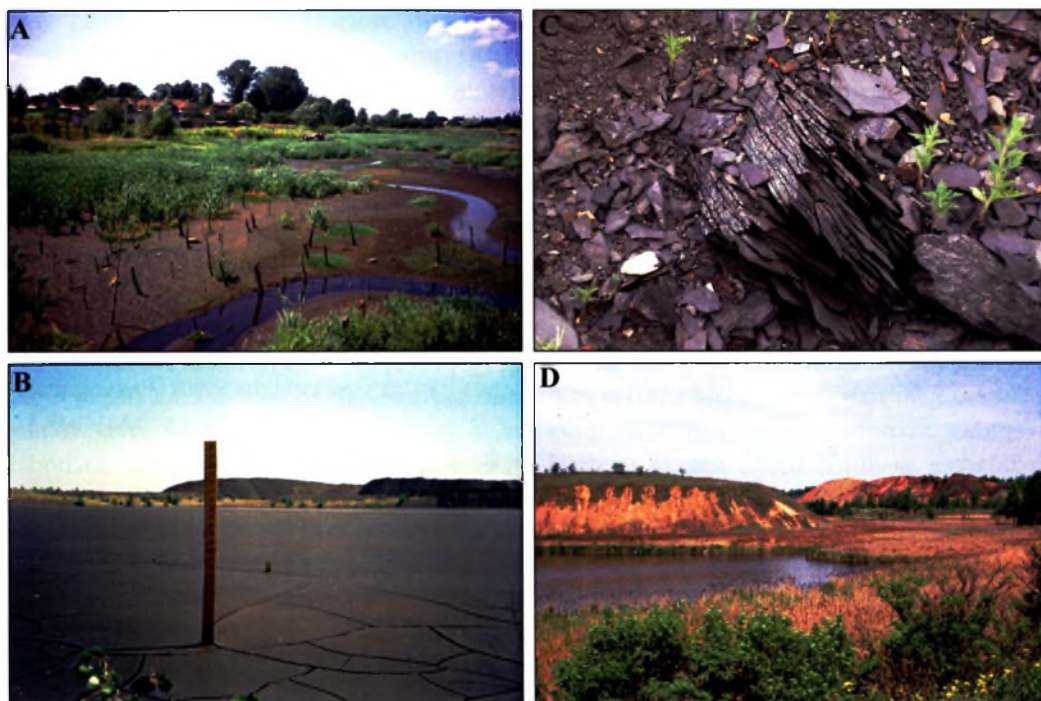
Stanisława Niemcówna 1929

5.3.1. ZMIANY CECH FIZYKOCHEMICZNYCH PRZEMIESZCZANEJ MATERII

Na znacznej części obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zmiany cech fizykochemicznych utworów powierzchniowych są na tyle niewielkie, że pozostało to bez wpływu na warunki obiegu materii. Na terenach górniczych, gdzie zmiany takie nastąpiły grunty są badane w ramach planowanych prac rekultywacyjnych, celem rozpoznania warunków do wprowadzenia na nie roślinności. Zmiany cech fizykochemicznych takich gruntów można rozpatrywać w dwóch aspektach. Pierwszy z nich dotyczy zmian ich cech fizycznych w zasięgu wpływów górniczych, a wynikających głównie ze zmian wilgotności. Do czynników wywierających wpływ na tę cechę, takich jak odpady atmosferyczne, stopień pokrycia roślinnością, cechy litologiczne podłoża, charakter zabudowy itp. należą także - osuszenie gruntów w strefach lejów depresji i zawodnienie w nieckach osiadania. Na obszarze osiadań górniczych, w sprzyjających warunkach geomorfologicznych i litologicznych podłoża powstają mniej lub bardziej trwałe podtopienia i zawodnienia gruntu (fot. 13A). W konsekwencji następuje redukcja wielu związków, na przykład siarczanów, fosforanów, azotanów oraz zniszczenie struktury gruzełkowej gruntu poprzez rozmycie agregatów glebowych i zasklepienie większych porów. Po osuszeniu, grunty są mniej podatne na rozmywanie, lecz ze względu na ich występowanie w dnach ogólnie płaskich niecek osiadania nie ma to znaczenia geomorfologicznego, ważne jest natomiast dla infiltracji - bez mechanicznego zruszenia gruntu jest ona utrudniona. W zasięgu lejów depresji powstałych wskutek odwadniania kopalń odkrywkowych i podziemnych grunty mogą ulec długotrwałemu przesuszeniu. Przykładowo, BANAŚ I IN. (1989) opisują tego typu osuszenie gruntów z obszaru kopalni „Ziemowit” i „Piast”, gdzie w rejonach okien hydrogeologicznych w ilastym nadkładzie miocenijskim, drenaż górniczy sięga do powierzchni terenu, a wody atmosferyczne i piętra czwartorzędowego infiltrują intensywnie do spękanych lub porowatych skał triasowych i karbońskich. Osuszenie i przesuszenie gruntów objęło tu prawie cały obszar Pagórów Łędzińskich – wzniesień zrębowych o około 40 metrowej wysokości względnej, lokalnie z pokrywają gliniastą na stokach, oraz część Garbu Bierunia. Procesy erozyjne na tym obszarze uległy, jak można przypuszczać, osłabieniu – z badań BRODOWSKIEGO (2009) wynika bowiem, że wysuszenie powierzchniowej warstwy gleby wyraźnie obniża wartość zmywu z powodu jej zeskorupienia i tym samym zmniejsza jej podatność na erozję wodną.

Drugi aspekt zagadnienia zmian cech fizykochemicznych przemieszczanej materii jest związany ze zmianami cech gruntów „rodzimych” poprzez pojawienie się nowych gruntów, a następnie ich mieszanie się z gruntami „rodzimyimi” (OSTROWSKI 2001).

Przemieszczenie gruntów naturalnych z antropogenicznymi może sięgać na głębokość kilku metrów, rzadziej kilkunastu (*Atlas geologiczno-inżynierski* 2005, KUPKA I IN. 2008). Generalnie, zmiany cech utworów powierzchniowych związane z górnictwem występują na obszarach: składowania odpadów górniczo-przemysłowych (prawie 50 km²), zasypywania materiałem odpadowym niecek osiadania i wyrobisk poeksploatacyjnych, wyrównywania materiałem odpadowym powierzchni pod zabudowę miejsko-przemysłową, a ponadto w formie liniowej - wzdłuż koryt rzecznych z hałdowałami oraz na nasypach kolejowo-drogowych. Materiał odpadowy, w zależności od stopnia zwietrzenia i podatności na wymywanie i wywiewanie, jest przemieszczany powierzchniowo i nadpowierzchniowo na różną odległość od miejsca złożenia - w wyniku spływu powierzchniowego na odległość od kilku do 200-300 m, w wyniku transportu eolicznego na odległość kilku kilometrów (SZCZYPEK I WACH 1991b), a najdalej przez rzeki - na odległość kilkunastu-kilkudziesięciu i więcej kilometrów (DZIAŁOSZYŃSKA-WAWRZKIEWICZ 2008). Podpowierzchniowa migracja roztworów i cząstek stałych jest skomplikowana - obejmuje nie tylko spływ śródglebowy, odpływ gruntowy, ale także przepływ wyrobiskami, chodnikami i szybami górniczymi, szczelinami i formami zapadliskowymi, przemieszczanie materiału w wyniku sufozji i inne.



Fot. 13. Przykłady gruntów antropogenicznych z obszaru GZW

A – zawilgocone grunty w niecce osiadania w dolinie Bobrka, 2003 rok, B – przesuszona powierzchnia osadnika mułu węglowego w Czerwionce-Leszczynach, 1999 rok, C – zwietrzałe odpady górnictwa węgla kamiennego, D – odpady z górnictwa i hutnictwa rud cynku i ołowiu KGH „Orzeł Biały”, 2003 rok

Photo 13. Examples of anthropogenic grounds from the area of the Upper Silesian Coal Basin

A – damp grounds in the subsidence basin in the Bobrek valley, 2003, B – desiccated surface of the coal sludge settlement tank in Czerwionka-Leszczyny, 1999, C – weathered coal mining waste, D – waste from mining and metallurgy of zinc and lead ores, “Orzeł Biały” mining-metallurgical plant, 2003

Łączna powierzchnia obszarów z gruntami antropogenicznymi jest trudna do oszacowania. CZAJA (1992) podaje, że w 1985 roku na obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego powierzchnia terenów zabudowanych, przemysłowych i komunikacyjnych wynosiła 310 km², czyli ponad 270 km² więcej niż w 1860 roku, w okresie przedgórnym. Nie sposób określić dokładnie, jaki procent tej powierzchni buduje materiał związany z górnictwem – szacunkowo może to być około 100-120 km².

Na obszarze GZW dominują odpady z górnictwa węgla kamiennego, stanowiące około 80% ogólnej ilości odpadów. Główną ich masę stanowią odpady przeróbcze (94%), a jedynie 6% - wydobywcze. Skład petrograficzny i chemiczny tych ostatnich jest zróżnicowany. Dominują skały ilaste - iłowce i iłolupki z dużą zawartością kaolinitu (CEBULAK I KOZŁOWSKI 1978) – w zależności od składu mineralnego i stopnia zdiagenezowania różnią się one plastycznością, rozmywalnością i pęcznieniem (ROSIK-DULEWSKA 2006). Mułowce mogą stanowić do 40% odpadów wydobywczych, a piaskowce - do kilkunastu procent, przy czym są to głównie piaskowce kwarcowe, arkozowe o zmiennej wytrzymałości mechanicznej i odporności na rozmywanie w wodzie. Parametry jakościowe odpadów przeróbczych są mniej zróżnicowane. Są one dzielone, w zależności od frakcji, na gruboziarniste (20-200 mm), drobnoziarniste (1-20 mm) oraz flotacyjne (poniżej 1 mm) (fot. 13B). W odpadach górnictwa węglowego dominuje SiO₂ i Al₂O₃ (do 90%), a ponadto występują Fe₂O₃ (1-8%), alkalia (1-4%), sole rozpuszczalne, głównie chlorki i siarczany (0,2-0,4%) (KONSTANTYNOWICZ 1989).

W składzie granulometrycznym zwałów świeżo usypanych przeważa szkielet kamienisty, natomiast na zwałach starych, zwietrzałych i przepalonych jego ilość maleje na korzyść części ziemistych (DWUCET I IN. 1992). W wyniku procesów termicznych zmianie ulega odczyn materiału zwałowego – w temperaturze 100-300°C spada do pH 3, a w temperaturze wyższej wzrasta do obojętnego a nawet alkalicznego (GRESZTA I MORAWSKI 1972). Zwały przepalone cechuje też duża porowatość. Odpady powęglowe cechuje bardzo duża zawartość soli rozpuszczalnych w wodzie – w przypadku silnie postępujących procesów wietrzenia i erozji odsłonięte zostają nowe partie materiału toksycznego, a procesy wymywania powodują migrację toksycznych związków i ich akumulację na przedpolu hałd (WRONA 1975a).

Utwory zwałowe są podatne na wietrzenie fizyczne, jak podaje MACIAK (2003) łupki węglowe rozpadają się w ciągu kilku miesięcy, a zwietrzelnina jest wyflukiwana, wolniej rozkładają się łupki ilaste, jeszcze trudniej piaskowce. Wietrzenie mechaniczne zachodzi ponadto intensywniej na zwałach nieprzepalonych (fot. 13C). Stopień zwietrzenia materiału odpadowego wyznacza stopień jego podatności na procesy erozyjno-denudacyjne. Wokół wszystkich obserwowanych zwałowisk o słabym lub częściowym pokryciu roślinnością występują stożki napływowe u wylotu bruzd erozyjnych rozcinających stoki tych form (fot. 12A).

Z górnictwem rud cynku i ołowiu związane są trzy rodzaje odpadów – górnice, popłuczkowe i flotacyjne (fot. 13D). Pierwsze z nich to gruboziarniste odpady dolomitowe z domieszką wapieni, w mniejszym stopniu iłów i piasków, zawierające związki Zn, Pb, Fe, S. Według ROSIK-DULEWSKIEJ (2006) odpady te stanowią 25-33% przerabianej rudy. Materiał składany na zwałach górnicznych ma odczyn zasadowy, charakteryzuje się znaczną porowatością, a produkty wietrzenia są łatwo wyflukiwane (MACIAK 2003). Odpady popłuczkowe to szlamy będące mieszaniną odpadów z płuczek blendowych i galmanowych – mają odczyn zasadowy i zawierają nieznaczne ilości cynku i ołowiu, choć nie jest to regułą, gdyż zwał odpadów popłuczkowych ZGH „Orzeł Biały” w Piekarach Śląskich - Dąbrówce Wielkiej jest zbudowany z szlamów o granulacji do 10 mm zawierających 6% cynku (6%) i 1,5% ołowiu (JANECKA I IN. 2009). Odpady flotacyjne w około 2/3 składają się z materiału drobnoziarnistego (poniżej 1 mm), w ich składzie dominuje dolomit (70%) oraz kalcyt i częściowo kaolinit,

odznaczają się dużą zawartością metali ciężkich, co stanowi zagrożenie dla środowiska w otoczeniu zwałów, gdyż odpady flotacyjne pyłą po przesuszeniu. Rejony historycznego wydobywania rud cechują się wysokim stopniem koncentracji metali ciężkich i siarczanów, które nawet po 100 latach od zakończenia eksploatacji są transferowane do środowiska przyrodniczego - identyfikacja miejsc zanieczyszczonych jest jednak trudna ze względu na porośnięcie roślinnością (CABAŁA I SUTKOWSKA 2006).

Na obszarze badań w zasadzie nie ma zwałów po górnictwie rud żelaza, są natomiast zwały związane z hutnictwem żelaza i energetyką hutniczą. Gromadzone są na nich głównie żużle stalownicze o charakterze zasadowym, które w warunkach atmosferycznych ulegają hydratacji. Odpadem stwarzającym zagrożenie wtórnego pylenia są pyły krzemionkowe. Na zwałach składane są ponadto żużle zgrzewne, szlasy żelazonośne i z neutralizacji wód płuczkowych, zużyte masy formierskie (STRZELCZUK 1977).

Odpady z elektrowni spalających węgiel kamienny to żużel i pył paleniskowy o zróżnicowanym składzie chemicznym i właściwościach fizycznych. W popiołach lotnych zawartość krzemionki wynosi około 47%, w żużlach do 65%. W upalne dni popioły na zwałach nagrzewają się do temperatury 45°C, a nocą szybko stygną do 10°C (DWUCET I IN. 1992). Ze względu na duży udział frakcji pylastych materiałów ten jest podatny na wywiewanie.

Część starszych i objętościowo mniejszych zwałowisk na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego została już w znacznym stopniu przepłukana przez opady atmosferyczne (WILK 2003). Proces wyługowywania zawartych w nich substancji szkodliwych odbywa się współcześnie na mniejszą skalę niż w przypadku nowych zwałowisk (SZCZEPAŃSKA 1987). Infiltracyjne wypłukiwanie chlorków ze zwałowisk o kilkunastometrowej wysokości może trwać do kilkunastu lat, natomiast siarczanów, co najmniej kilkadziesiąt lat. Grunty o antropogenicznie zmienionych cechach fizykochemicznych występują przede wszystkim na obszarach najintensywniejszego górnictwa i zurbanizowanych – na Płaskowyżach – Bytomsko-Katowickim i Rybnickim.

5.3.2. ZMIANY WARUNKÓW OBIEGU MATERII W SYSTEMACH OTWARTYCH - ZLEWNIACH

W modelu systemu fluwialnego SCHUMMA (1977) są wyróżnione trzy strefy (podsystemy) – strefa produkcji, obejmująca powierzchnie stokowe od wododziałów do koryta rzecznego, strefa transferu, ograniczona brzegami koryta rzecznego oraz strefa depozycji, na przedpolu ujścia rzek. W pierwszej z nich ma miejsce zasilanie rzeki w energię i materię, w drugiej następuje jej przemieszczanie, a w trzeciej energia osiąga minimum, a materia jest akumulowana. Każda z wymienionych stref może być zdefiniowana jako system lub podsystem i rozpatrywana jako system (podsystem) otwarty (MAZUREK I ZWOLIŃSKI 2012). W nawiązaniu do tego modelu przeprowadzono analizę zmian warunków funkcjonowania systemów fluwialnych pod wpływem działalności górniczej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Na podstawie archiwalnych i współczesnych map wielkoskalowych określono wybrane parametry rzek i zlewni oraz przedstawiono ich zmiany w okresie 1883-1993, czyli 111 lat, z zastrzeżeniem, że dla niektórych obszarów zmiany wystąpiły w krótszym okresie czasu, ze względu na późniejsze rozpoczęcie działalności górniczej. Badaniem objęto 48 rzek różnej rangi o łącznej długości ponad 430 km – 29 w dorzeczu Odry i 19 w dorzeczu Wisły (tab. 18). Zlewnie tych rzek zajmują przeważającą część obszaru górniczego GZW - w zasięgu osiadań

Tabela 18. Rząd i powierzchnia badanych zlewni
 Table 18. The order and area of investigated catchments

Rząd zlewni					Powierzchnia [km ²]
II	III	IV	V	VI	
Dorzecze Wisły					669,10
Przemsza (od ujścia Białej Przemszy do ujścia Imielinki)					215,79
	Brynica (od ujścia Szarlejki)				257,82
		Rawa			83,05
			Potok Leśny		11,61
		Szarlejka			41,75
			Rów z Radzionkowa		6,73
		Rów z Orła Białego			6,37
		Rów z Dąbrówki Wielkiej			9,23
		Rów Michałkowicki			23,84
	Bolina				28,14
		Bolina Południowa 1			7,33
		Bolina Południowa 2			6,46
Potok Goławiecki					34,42
Gostynia	Mleczna				144,17
		Przyrwa			39,94
			Dopływ z Wesolej		5,89
		Rów Murckowski			9,68
Pszczynka	Pszczynka górna				8,72
	Dębinka				8,19
Dorzecze Odry					881,84
Kłodnica (do ujścia Kozłówki)					523,44
	Bytomka				143,06
		Żernicki Potok			65,21
			Dopływ w Mikulczycach		2,93
			Dopływ z Górników		6,66
		Miechowicki Potok			2,56
	Sośnicki Potok				8,74
	Czarniawka				15,29
	Bielszowicki Potok				31,94
	Ślepiotka				14,29
	Jasienica	Potok Paniówek			2,61
		Ornontowicki P.	Potok Gierałtowski		4,42
		Dopływ z Przyszowic			5,26
	Cienka				11,47
Bierawka (do ujścia Knurówki)					127,10
	Knurówka				18,14
	Potok Szczygłowski				13,28
	Jordanek				10,32
Ruda	Nacyna				68,75
		Pludry			4,43
		Dopływ z Michałkowic			21,52
			Dopływ z Popielowa		9,43
Olza	Szotkówka				162,55
		Potok z Gogołowej			3,11
		Jastrzębianka			10,54
			Dopływ z Kątów		2,26
		Lesznica			9,02
		Markłówka			5,62
		Jedłownicki Potok			5,62
				Radliński P.	5,48

górnicych powyżej 5 m znajduje się średnio 21% ich powierzchni. W odniesieniu do niektórych zagadnień podano wyniki badań uzyskane także dla innych rzek oraz dla okresu po 1993 roku. Wykorzystano również dane z literatury.

Obszar badań (2838 km²) jest położony, niemal w równych częściach, w dorzeczeniach Odry (1437 km²) i Wisły (1401 km²). Część zachodnia obszaru - odrzańska, należy w większości do strefy miocenińskiej, natomiast część wschodnia, przynależy w większości do strefy karbońsko-triasowej. W skali badanego obszaru za rzeki duże uznano te o długości, co najmniej kilkunastu kilometrów, między innymi Kłodnicę, Bierawkę, Brynicę, Gostynię, Mleczną. Do rzek średnich o długościach najczęściej kilku kilometrów (5-9), co najwyżej kilkunastu kilometrów (11-13) należą, przykładowo, Bolina, Szarlejka, Knurówka, Potok Szczygłowski, a do cieków małych, o długościach maksymalnie do 3-4 km, między innymi - Dopływ z Przyszowic, Dopływ w Mikulczycach, Potok z Gogołowej, Pludry, Rów z Orła Białego, Rów Michałkowicki. Liczne rzeki mają przebieg zbliżony do równoleżnikowego (np. Bytomka, Bielszowski Potok, Czarniawka, Rawa, Jordanek, Potok Szczygłowski, Jastrzębianka, Jedłownicki Potok, Rów Michałkowicki, a część przebieg południkowy (Przemsza, Potok Goławiecki, Szotkówka, odcinkami - Brynica, Bierawka, Nacyna, Potok Leśny).

Działalność górnicza wywarła znaczny wpływ na funkcjonowanie systemów fluwialnych. W jej zasięgu jest (był) obszar o powierzchni ponad 1600 km², ale jej skutki są „przenoszone” także poza obszar wpływów, choćby poprzez rzeczny transport zawieszin. Zaburzenia w obiegu energii i materii w systemach fluwialnych wynikają przede wszystkim ze zmian: położenia bazy erozyjnej, geometrii koryt rzecznych i ich charakteru (zabudowy technicznej), spadków den dolinnych i stoków, przebiegu działów wodnych i wynikających z tego zmian powierzchni zlewni, oraz zmian przepływów i obciążenia transportowanym materiałem. Zmiany te są spowodowane różnymi czynnikami, ale szczególnie działalnością górniczną i pracami hydrotechnicznymi. Intensywność górniczego oddziaływania na system fluwialny zależy także od okresu presji górnicznej, który w poszczególnych zlewniach jest bardzo zróżnicowany, w niektórych wynosi ponad sto lat, w innych kilkadziesiąt, a w części z nich został zakończony. Spośród licznych uwarunkowań wpływających na charakter obiegu materii na obszarach górniczoprzemysłowych i zurbanizowanych scharakteryzowano te, które, jak się wydaje, mają największe znaczenie.

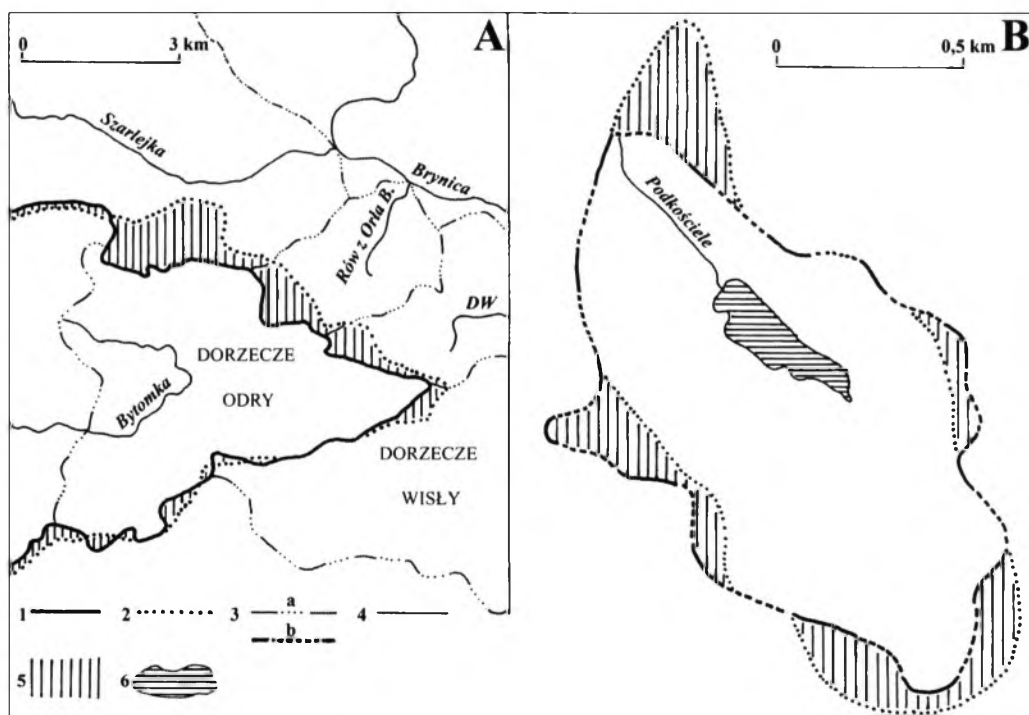
5.3.2.1. Strefa produkcji - podsystem stokowy

Powierzchnie stokowe zasilają rzeki w energię i materię. Do cech określających potencjał produkcyjny tej strefy należą przede wszystkim - powierzchnia zlewni, nachylenie stoków, wysokości względne, gęstość rozdolnienia, a także charakter pokrywy osadowej i sposób użytkowania terenu. Zmiany wyżej wymienionych cech, na przykład z przyczyn górnicych, mogą w istotny sposób zaburzyć funkcjonowanie nie tylko podsystemu stokowego, ale także korytowego, wrażliwego na „zdarzenia” na stokach (MAZUREK I ZWOLIŃSKI 2012).

5.3.2.1.1. Zmiany działów wodnych

Jednym ze skutków działalności górniczej na obszarze GZW są zmiany przebiegu działów wodnych i wynikające z tego faktu zmiany powierzchni zlewni. Problem był sygnalizowany od połowy XX wieku. CZAJA (1988), na podstawie analizy różnowiekowych materiałów kartograficznych, przedstawił zmiany działu wodnego Wisła-Odra w granicach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, z których wynika, że w ciągu stu lat zmienił swoje położenie na 75% długości z powodu osiadania powierzchni terenu oraz kanalizacji obszarów miejskich w strefie wododziałowej. Do innych przyczyn zmian działów wodnych należą - tworzenie zwałowisk, czy budowa wysokich nasypów kolejowych i drogowych.

Zmiany działów wodnych objęły zlewnie różnych rzędów. Na rys. 33A przedstawiono zmiany działu I rzędu - Wisła - Odra (Brynica - Bytomka) w granicach Płaskowyżu Bytomskiego w okresie 1883-1993 - nie pokrywają się one w pełni ze zmianami przedstawionymi w pracach CZAJI (1988, 1999), co może wynikać z wykorzystania innych materiałów źródłowych. Drugi przykład dotyczy zmian działu wodnego małej zlewni VI rzędu - ciek Podkościele (zlewnia Nacyny) na Płaskowyżu Rybnickim (rys. 33B).



Rys. 33. Zmiany działów wodnych w okresie 1883-1993 - I rzędu Wisła-Odra na Płaskowyżu Bytomskim (A) oraz VI rzędu Podkościele na Płaskowyżu Rybnickim (B)

1 - dział wodny I rzędu w 1993 roku, 2 - działki wodne w 1883 roku, 2 - działki wodne niższych rzędów w 1993 roku - IV rzędu (a) i VI rzędu (b), 4 - rzeki i ciek wodne, 5 - strefa zmian powierzchni zlewni, 6 - zbiornik wodny; objaśnienia skrótów: DW - Rów z Dąbrowki Wielkiej

Fig. 33. Changes of watersheds in the period 1883-1993 - of the I order Vistula-Odra on the Bytom Plateau (A) and VI order Podkościele on the Rybnik Plateau (B)

1 - a watershed of the I order in 1993, 2 - watersheds in 1883, 3 - watersheds of the lower orders in 1993 - of the IV (a) and VI (b) order, 4 - rivers and watercourses, 5 - the zone of changes in the catchment area, 6 - a water reservoir; abbreviations: DW - Dąbrowka Wielka ditch

Tabela 19. Obszary bezodpływowe w wybranych zlewniach na obszarze GZW na tle stref geologicznych
 Table 19. Closed areas in selected catchments in the Upper Silesian Coal Basin according to geological zones

Dorzecze	Zlewnia	Powierzchnia zlewni [km ²]	Obszary bezodpływowe (powierzchniowo)	
			Powierzchnia [km ²]	Udział w powierzchni zlewni [%]
Strefa karbońska				
Rawa	Rawa górna	5,36	5,19	96,8
	Otwarty Kanał Rawy	46,42	7,00	15,1
Strefa triasowa				
Szarlejska	Segiet	19,79	5,54	28,0
Brynica	Rów Michałkowicki	23,84	20,54	86,2
	Rów z Dąbrówki Wielkiej	9,23	4,43	48,0
	Rów z Orła Białego	6,37	3,67	57,6
Bytomka	Bytomka górna	17,99	7,83	43,5
	Miechowski Potok	2,56	0,86	33,6
	Rów Drzymały	5,26	1,90	36,1
Strefa miocenińska				
Pszczynka	Pszczynka górna	8,72	1,87	21,4
	Dębinka	8,19	4,03	49,2
Ornontowicki Potok	Potok Gierałtowski	4,42	0,68	15,4
	Potok Beksza	14,47	2,09	14,4
Bierawka	Knurówka	18,14	2,29	12,6
Nacyna	Dopływ z Michałkowic	21,52	1,77	8,2
Szotkówka	Potok z Gogołowej	3,11	0,45	14,5

Na obszarze badań z dotychczasowego systemu fluwialnego został wyłączony obszar o powierzchni 122,3 km², stąd w wielu zlewniach powierzchnia odwadniana przez spływ powierzchniowy wyraźnie się zmniejszyła (tab. 19). Skrajnym przykładem jest położona w strefie karbońskiej zlewnia Rawy górnej, która została wyłączona z odpływu powierzchniowego niemal w 97%²³. W kilku zlewniach położonych na Wyżynie Siemianowickiej w strefie triasowej odwadnianych jest mniej niż 70% ich powierzchni – szczególnym przypadkiem jest zlewnia Rowu Michałkowickiego, w której zagłębienia bezodpływowe zajmują powierzchnię ponad 20 km². W strefie miocenińskiej największe zmiany działów wodnych objęły zlewnię Dębinki, niemal połowa jej powierzchni jest obecnie wyłączona z odpływu fluwialnego (tab. 19). Zmiany powierzchni niektórych zlewni są więc na tyle duże, że prawdopodobnie zmodyfikowały spływ powierzchniowy, a tym samym przebieg procesów erozyjno-denudacyjnych. Autorce nie są znane wyniki takich badań.

5.3.2.1.2. Zmiany nachylenia stoków

Zmiany nachylenia stoków w badanych zlewniach mają podobny charakter do przedstawionego w rozdziale 5.2.3. w odniesieniu do jednostek geomorfologicznych. Najbardziej zmiennym ich rysem jest zmniejszenie udziału terenów płaskich, które

²³ Zlewnia Nowobytomki, biorąc pod uwagę współczesne ukształtowanie powierzchni byłaby niemal w 100% obszarem bezodpływowym. Ciek płynie na odcinku 1,9 km, a następnie jest prowadzony krytym kanałem o spadku nie nawiązującym do morfologii powierzchni terenu. Zakres odwodnienia zlewni jest trudny do określenia

odnotowano aż dla 90% badanych zlewni. W zlewni Kłodnicy (w granicach obszaru badań) ubyło ich 33 km², w zlewni Przemyszy – 46 km², a Bierawki – 11 km². Największy ubytek równin, na korzyść stoków o nachyleniu 1-3°, rzadziej 3-5°, stwierdzono dla mniejszych zlewni położonych w strefach miocenijskiej i triasowej (tab. 20). Jedynie w 6 zlewniach obszary płaskie zwiększyły swój udział procentowy – wszystkie są położone w strefach - triasowej i karbońskiej. Najwięcej terenów równinnych przybyło w zlewniach Miechowskiego Potoku (+11%), Rowu Michałkowickiego (+11%) oraz Boliny Południowej 1 (+8,3%) (tab. 20).

Udział stoków silnie nachylonych (9-20°) i stromych (powyżej 20°) zwiększył się, ale w niewielkim stopniu (mniej niż 1% powierzchni stoków) - główną przyczyną było powstanie dużych zwałowisk o sztucznie uformowanych, stromych zboczach, a w zlewniach o naturalnie dużych nachyleniach stoków - „przejście” stoków umiarkowanie nachylonych do klasy silnie nachylonych w wyniku osiadania powierzchni terenu. Do zlewni, w których stoków tych przybyło najwięcej należą Radliński Potok (+4,3%, czyli 0,24 km²), Rów z Orła Białego (+3,2% - 0,2 km²), Rów Murckowski (+2,7% - 0,26 km²) oraz Dopytyw spod Michałkowic (2,5% - 0,54 km²).

Tabela 20. Zmiany udziału równin w wybranych zlewniach w okresie 1883-1993 na tle stref geologicznych

Table 20. Changes of the plains area in selected catchments between 1883 and 1993 against a background of geological zones

Jednostka geomorfologiczna	Zlewnia	Równiny [%]		Zmiany udziału równin w okresie 1883-1993	
		1883	1993	[%]	[km ²]
Strefa karbońska					
Płaskowyż Murcek	Bolina	27,7	30,8	+ 3,1	+ 0,87
	Bolina Południowa 1	23,9	32,2	+ 8,3	+ 0,60
Strefa Podstokowa, Wzgórza Rudzkie, Wzgórza Kochłownicke	Bielszowski Potok	36,7	27,9	- 8,8	- 2,81
Strefa triasowa					
Wyżyna Siemianowicka	Rów z Orła Białego	49,8	23,7	- 26,1	- 1,66
	Rów Dąbrówki Wielkiej	53,5	35,5	- 18,0	- 1,66
	Rów Michałkowicki	42,5	53,5	+ 11,0	+ 2,62
Wyżyna Miechowska	Miechowski Potok	27,9	38,9	+ 11,0	+ 0,28
	Dopytyw w Mikulczycach	32,7	36,3	+ 3,6	+ 0,10
Płaskowyż Tarnowicki, Wyżyny - Miechowska i Siemianowicka	Szarlejka	42,2	31,0	- 11,2	- 4,68
Strefa miocenijska					
Strefa Podstokowa	Potok z Paniówek	86,6	58,7	- 27,9	- 0,73
Strefa Podstokowa, Garb Mikołowski	Jordanek	46,4	33,0	- 13,4	- 1,38
Wysoczyzna Rachowicka	Cienka	67,2	47,0	- 20,2	- 2,32
	Potok Gierałtowski	62,6	49,8	- 12,8	- 0,57
	Knurówka	78,0	69,6	- 8,4	- 1,52
Płaskowyż Rybnicki	Dębinka	60,8	46,7	- 14,1	- 1,15
	Dopytyw z Kątów	33,1	19,8	- 13,3	- 0,30
	Pszczynka górna	50,2	37,5	- 12,7	- 1,11
	Markłówka	35,2	23,1	- 12,1	- 1,09
	Potok z Gogołowej	29,1	19,4	- 9,7	- 0,30
	Dopytyw z Popielowa	34,0	24,3	- 9,7	- 0,91

Średnie nachylenia stoków w badanych zlewniach mieściły się pod koniec XIX wieku w przedziale – od 0,5° (Potok Paniówek) do 5,8° (Potok z Gogołowej), natomiast w 1993 roku – od 0,9° (Knurówka) do 5,3° (Dopływ z Kątów). W okresie 1883-1993 dla 94% zlewni odnotowano wzrost średnich nachyleń stoków - średnio o 0,4°, maksymalnie aż o 1,8° w przypadku zlewni Rówu z Orła Białego (Wyżyna Siemianowicka), o 1,3° w zlewni Jordanka (Strefa Podstokowa i Garb Mikołowski), oraz o 0,9° w zlewniach - Rowu Murckowskiego (Płaskowyż Murckowski) i Radlińskiego Potoku (Płaskowyż Rybnicki). Dane powyższe wskazują, że prawie we wszystkich badanych zlewniach potencjał erozyjny podsystemu stokowego został wyraźnie zwiększony.

5.3.2.1.3. Zmiany energii rzeźby

Celem określenia, przynajmniej w ogólnym zarysie, zmian „energii” rzeźby badanych zlewni obliczono dla nich wskaźnik rzeźby L , czyli stosunek deniwelacji zlewni do jej długości (długość doliny głównej od ujścia do działu wodnego w przedłużeniu odcinka źródłowego). Pod koniec XIX wieku, przed intensywnym rozwojem górnictwa, wskaźnik rzeźby L zawierał się w bardzo szerokim przedziale - od 3,4 do 27,8. Najwyższe wskaźniki były związane z mniejszymi zlewniami na obszarach wysoko wyniesionych – na Płaskowyżu Murckowskim (Dopływ z Wesołej – 27,8; Bolina Południowa 2 – 17,6) oraz na Płaskowyżu Rybnickim (Potok z Gogołowej – 18,8; Pludry – 16,5), a także ze zlewnią Potoku Miechowickiego na południowym skłonie Wyżyny Miechowickiej – 22,4. Najmniejsze wartości wskaźnika rzeźby otrzymano dla zlewni większych rzek Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej – Kłodnicy (3,4), Nacyny (4,5), Mlecznej (5,3), Bierawki (6,0), ale także dla zlewni mniejszych, takich jak Potoku z Paniówek (4,7), czy Gierałtowskiego Potoku (6,5).

Zaistniałe w XX wieku (do 1993 roku) zmiany wysokości względnych oraz długości zlewni (np. skutek powstania zagłębień bezodpływowych w strefie wododziału) spowodowały zwiększenie wskaźnika rzeźby dla 80% badanych zlewni, średnio o 1,6. Największe, nawet dwukrotne zwiększenie wskaźnika L dotyczy zlewni, na obszarze których powstały duże zwałowiska o kilkudziesięciometrowej wysokości względnej - Pszczyńki górnej, Szotkówki i Nacyny (tab. 21). Zlewnie o skrajnych wartościach wskaźnika L w okresie przedgórnym (najwyższych lub najniższych), poza nielicznymi wyjątkami, zwiększyły energię rzeźby w stosunkowo niewielkim stopniu.

Tabela 21. Zlewnie o największych zmianach wskaźnika rzeźby L w okresie 1883-1993

Table 21. Catchments with the highest changes of relief ratio L in the period 1883-1993

Zlewnia	Wskaźnik rzeźby L		Zmiany wskaźnika rzeźby L w okresie 1883-1993
	1883	1993	
Pszczyńska górna	7,7	15,5	+ 7,8
Szotkówka do ujścia Jastrzębianki	7,9	14,9	+ 7,0
Nacyna	4,5	10,6	+ 6,1
Jordanek	11,3	16,0	+ 4,7
Dopływ z Przyszowic	9,1	12,6	+ 3,5
Potok z Gogołowej	18,8	21,7	+2,9
Cienka	7,6	10,1	+2,5
Bolina Południowa 1	14,0	16,2	+ 2,2
Rów z Orła Białego	11,4	13,6	+ 2,2
Miechowicki Potok	22,4	15,2	- 7,2

5.3.2.1.4. Zmiany gęstości sieci dolinnej i wodnej

Zlewnie badanego obszaru są mniej zróżnicowane pod względem gęstości sieci dolinnej, niż by na to wskazywała wstępna analiza map hipsometrycznych - wynosi ona najczęściej 1,4 – 1,7 km/km². Wartości takie otrzymano, między innymi, dla Bytomki, Bielszowickiego Potoku, Czarniawki, Knurówki, Jordanka, Potoku Cienka, Rowu Murckowskiego, Potoku z Paniówek, Rowu z Dąbrówki Wielkiej, a więc zarówno dla zlewni o dużych, jak i małych powierzchniach oraz położonych w różnych strefach geologicznych i jednostkach geomorfologicznych. Na tym tle wyróżnia się Płaskowyż Rybnicki z gęstą siecią dolin rozwiniętych w pokrywie lessowej. Przykładowo w zlewni cieką Pludry gęstość dolin wynosi 3,6 km/km², w zlewni Dębinki 2,9 km/km², a w zlewni Jastrzębianki aż 5,2 km/km². Według badań DWUCET (1986) średnia gęstość rozcięć w zlewni Szotkówki wynosi 2,7 km/km², a maksymalna wartość sięga 4,8 km/km². Na tej podstawie można wnosić, że Płaskowyż Rybnicki ma wyjątkowo korzystne warunki do odprowadzania materii z podsystemu stokowego. Zmiany gęstości sieci dolinnej są stosunkowo niewielkie – wynikają przede wszystkim z zasypania niektórych dolinek odpadami górnictwami lub przekształcenia ich w zagłębienia bezodpływowe.

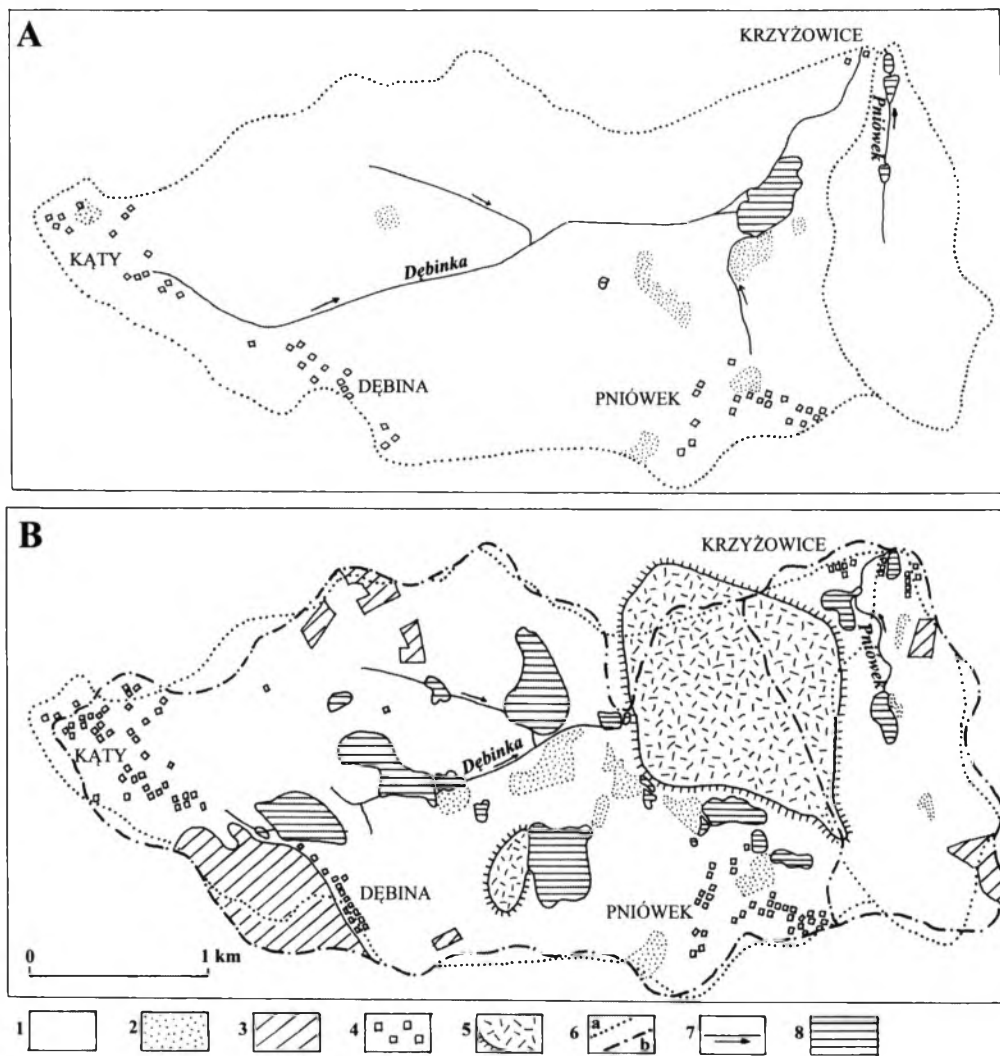
Zmiany gęstości sieci wodnej nie były przedmiotem szczegółowej analizy. Według CZAJI (1997) gęstość sieci wodnej w zlewni Bytomki uległa w latach 1860-1994 zmniejszeniu z 1,3 km/km² do 0,53 km/km², a w zlewni Rawy w latach 1801-1994 z 0,93 km/km² do 0,38 km/km². Zmiany długości sieci wodnej w zlewni mogą przebiegać w innym kierunku niż zmiany długości rzeki głównej, na przykład rzeka główna może zostać skrócona, a długość sieci wodnej w zlewni zwiększona ze względu na pojawienie się rowów odwadniających, kanałów itp. Cytowany wyżej autor zauważa, że na terenach zabudowanych sieć wodna uległa skróceniu, a na terenach leśno-rolniczych – wydłużeniu ze względu na powstanie sieci rowów odwadniających obszary poddane osiadaniom górnictwami.

Średni odpływ jednostkowy, który w Polsce wynosi średnio 5,6 l/s/km², a w zlewniach rzek wyżynnych - 5-10 l/s/km², na badanym obszarze jest bardzo zróżnicowany - według CZAJI (1999) w zlewniach quasi-naturalnych wynosi 6-8 l/s/km², w zlewniach słabo zaburzonych 10-15 l/s/km², a w najbardziej zaburzonych 20-34 l/s/km². Na podstawie danych zestawionych na *Mapach Hydrograficznych* (2001-2003) można wnosić, że do ostatniej grupy należą Rawa i Bytomka, ale duże spływy jednostkowe, powyżej 10 l/s/km² mają także Kłodnica, Nacyna, Brynica, Mleczna, Gostynia, Bobrek.

5.3.2.1.5. Zmiany pokrycia i użytkowania terenu

Ważną cechą obszaru z punktu widzenia przebiegu procesów erozyjno-denudacyjnych jest także pokrycie terenu i jego użytkowanie. W ciągu ostatnich 100-200 lat wystąpiły pod tym względem duże zmiany. Z cytowanych już wcześniej wyników badań CZAJI (1992) wiadomo, że w połowie XIX wieku zwarta zabudowa miejska i przemysłowa zajmowała jedynie 2,2% powierzchni Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, podczas gdy w 1985 roku aż 22,7%, czyli 220 km². Taki kierunek zmian użytkowania ziemi spowodował zmniejszenie powierzchni przepuszczalnych, na rzecz nieprzepuszczalnych - w latach 70. XX wieku roczny ubytek infiltracji wód opadowych na zabudowanym obszarze GOP wyniósł szacunkowo około 90 mln m³ (JANKOWSKI 1992).

Zmiany użytkowania terenu w zlewniach przebiegały w różny sposób, ale najczęściej poprzez przekształcanie terenów rolniczych lub leśnych w tereny zabudowane – w niektórych zlewniach stanowią one obecnie ponad 60% powierzchni, na przykład w zlewniach Sośnickiego Potoku (Strefa Podstokowa), Ruptawki (Płaskowyż Rybnicki), czy Nowobytomki (Wzgórza Rudzko-Chorzowskie). Część zlewni utrzymała swój rolniczy charakter, przykładowo położone na Wysoczyźnie Rachowickiej zlewnie - Doptywu z Przyszowic i potoku Cienka, w których użytki rolne zajmują nadal ponad 80% powierzchni.



Rys. 34. Użytkowanie terenu w zlewniach Dębinka i Pniówka na Płaskowyżu Rybnickim w latach 1960 (A) i 2004 (B) (wg Dulias 2008b, zmienione)

1 – użytki rolne, 2 – lasy, 3 – zabudowa zwarta, 4 – zabudowa rozproszona, 5 – zwałowiska, wysypiska, 6 – działki wodne w latach 1960 (a) i 2004 (b), 7 – ciek, 8 – zbiorniki wodne

Fig. 34. Land use in Dębinka and Pniówek catchments on the Rybnik Plateau in the years 1960 (A) and 2004 (B) (after Dulias 2008b, changed)

1 – agricultural land, 2 – forests, 3 – compact housing, 4 – scattered housing, 5 – mining waste heaps, landfills, 6 – watersheds in the years 1960 (a) and 2004 (b), 7 – watercourse, 8 – water reservoirs

W niektórych zlewniach uprzednio rolniczych powstały zbiorniki wodne w nieckach osiadania oraz zwałowiska. Przykładowo, w zlewniach Dębinki i Pniówka na Płaskowyżu Rybnickim do lat 60. XX wieku ponad 80% powierzchni stanowiły grunty orne, natomiast obecnie – mniej niż 50%, zaś ponad 15% zajmują zwałowiska, a prawie 8% - zalewiska w nieckach osiadania (DULIAS 2008b, rys. 34). Zlewnie typowo leśne (ponad 80% powierzchni) reprezentują położone na Płaskowyżu Murckowskim - Rów Murckowski i Bolina Południowa 1.

5.3.2.2. Strefa transferu – podsystem korytowy

Na badanym obszarze górniczym zmiany w obrębie koryt rzecznych można podzielić na dwie grupy – pierwsza obejmuje zmiany cech fizycznych samego koryta, takich jak długość, spadek, czy bieg, a druga – zmiany w ilości transportowanej w korycie wody i materii. Do głównych przyczyn tych zmian zalicza się działalność górniczą i intensywną urbanizację obszaru GZW oraz wymuszone ich skutkami bądź potrzebami prace hydrotechniczne. Charakterystykę zmian warunków funkcjonowania podsystemu korytowego przeprowadzono w oparciu o wyniki analizy morfometrycznej, obserwacji i pomiarów terenowych oraz studia literaturowe.

5.3.2.2.1. Zmiany biegu rzek i zabudowa hydrotechniczna

Do najbardziej zauważalnych zmian w korytach rzecznych należą te związane z ich geometrią - wyprostowaniem biegu, przełożeniem odcinka koryta, pogłębianiem dna, budową stopni wodnych, umocnieniem dna i brzegów, obwałowaniem brzegów itp. (fot. 14A-F). Z badań CZAJI (1999) wynika, że na początku XX wieku ponad 90% cieków konurbacji górnośląskiej płynęło w naturalnych korytach, podczas gdy w 1994 roku już tylko niespełna 34% - prace hydrotechniczne rozpoczęto w 1928 roku od regulacji Rawy i jej dopływów, a kolejne podjęto po II wojnie światowej, poczynając od Brynicy. Część koryt, oprócz umocnienia brzegów kostką brukową lub faszyną została ujęta w kamienno-betonowe żłoby, głównie w swych dolnych lub środkowych odcinkach, na przykład Rawa, Biała Przemsza, Przemsza, Kłodnica, Potok Goławiecki, Gostynia, Potok Tyski, Stawowy. Całkowicie uszczelnione koryto (w granicach obszaru badań) ma Brynica, co ma na celu zmniejszenie ucieczek wody w głąb skrasowiałego podłoża triasowego. W wielu rzekach i ciekach utworzono betonowe lub kamienne stopnie wodne dla redukcji spadku podłużnego (np. Bierawka, Kłodnica, Bytomka, Szotkówka) (fot. 14A,B). Do rzek, które wyraźnie zmieniły swój charakter morfologiczny w wyniku wyprostowania ich krętych lub meandrujących odcinków, należą przykładowo Brynica, Szarlejka, Rawa, Kłodnica (rys. 35).

Na obszarze badań (2838 km²) długość obwałowań wzdłuż koryt rzecznych, według pomiarów na mapach topograficznych 1:10 000 (1993), wynosi 300 km, czyli o 120 km mniej niż podają JANKOWSKI I ZOBEK (1987) dla byłego województwa katowickiego zaznaczając jednocześnie, że ponad 40% z nich było uszkodzonych. Długość i wysokość obwałowań podlega ciągłym zmianom. Przykładowo, koryto Szotkówki na odcinku w Połomii na początku lat 90. XX wieku nie było jeszcze obwałowane (*Mapa topograficzna* 1993), w 2005 roku ciągnęły się wzdłuż niego hałdowały o kilkumetrowej wysokości (fot. 14E), które obecnie znajdują w zasięgu zalewiska w niecce osiadania i są ledwo widoczne spod tafli wody (fot. 14F).



Fot. 14. Zmiany geometrii koryt wybranych rzek na obszarze GZW

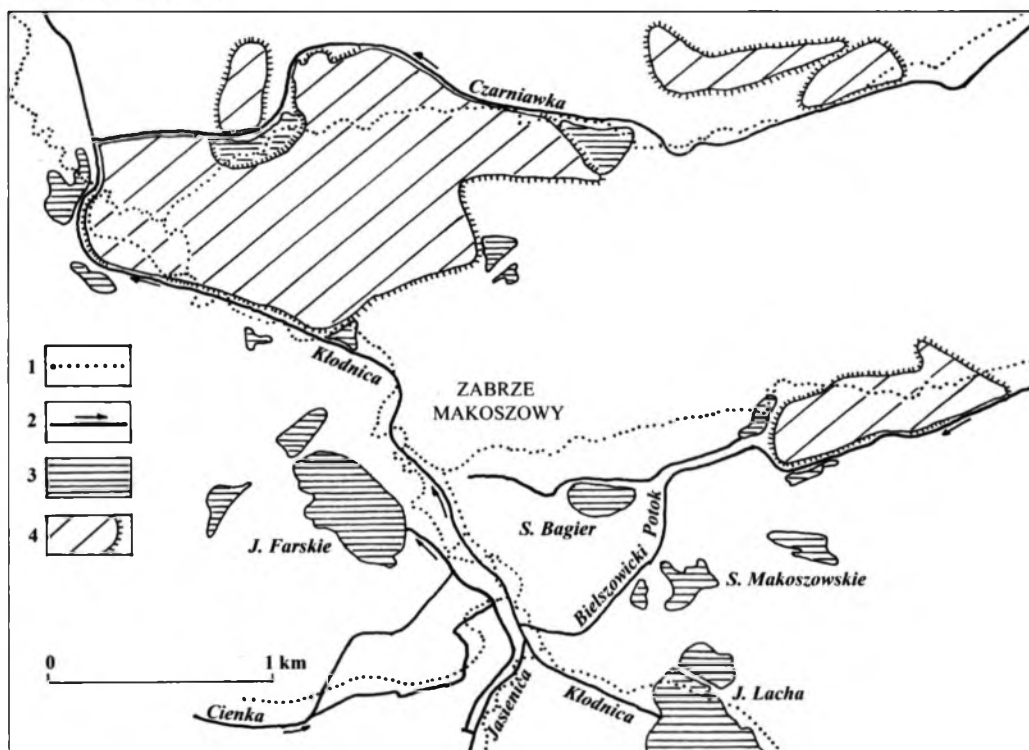
A – Kłodnica koło Paniówek - umocnienia brzegów i próg redukujący spadek, B – Bytomka w Zabrze-Biskupicach – próg redukujący spadek i zniszczone umocnienia faszynowe koryta, C – Jasienica w Przyszowicach-Brzegu – faszynowe umocnienia koryta, D – ciek od Nowego Dworu w Knurów-Szczygłowicach – brzegi koryta wzmocnione kostką brukową i pogłębione dno w celu odwodnienia zalewiska w środkowym biegu doliny, E – Szotkówka w Połomii - obwałowania koryta w 2005 roku, widok od południowego-wschodu, F – Szotkówka w Połomii – obwałowania koryta widoczne na fotografii 14E są niemal całkowicie pod powierzchnią zalewiska w niecce osiadania, widok od wschodu w 2012 roku

Photo 14. Changes in geometry of channels of selected rivers in the Upper Silesian Coal Basin

A – the Kłodnica river near Paniówek – bank reinforcements and a step reducing the river gradient, B – the Bytomka river in Zabrze-Biskupice – a step reducing the river gradient and damaged fascine embankments of the channel, C – the Jasienica river in Przyszowice-Brzeg - fascine embankments of the channel, D – Nowy Dwór watercourse in Knurów-Szczygłowice – paved banks and deepening channel to dewater flooded plains in the middle section of the valley, E – the Szotkówka river in Połomia – channel embankments in 2005, view from the south-east, F – the Szotkówka river in Połomia – channel embankments shown in photo 14E are almost completely flooded due to subsidence, view from the east in 2012

Na obszarach o mało urozmaiconej rzeźbie nawet stosunkowo niewielkie obniżenia powierzchni wymuszają budowę obwałowań wzdłuż koryt rzecznych. Przykładem mogą być dolne odcinki Pszczyńki i Korzenicy w granicach działalności kopalni „Czczott” –

obniżenie powierzchni o około 2,5 m spowodowało na początku lat 90. XX wieku podtopienia terenu i konieczność przełożenia ponad półkilometrowych odcinków obu rzek i obwałowania ich na długości około 2 km (ŻOŁNA 1996). Koszty usuwania szkód w dolinach rzecznych i na terenach zalewisk stanowią znaczny odsetek nakładów ponoszonych przez kopalnie na likwidację szkód górniczych – w latach 1996-2000 – 16%, czyli około 0,5 zł /tonę wydobytego węgla (KASZOWSKA 2005).



Rys. 35. Zmiany biegu Kłodnicy i jej dopływów w okresie 1883-1993

1 – sieć rzeczna w 1883 roku, 2 – sieć rzeczna w 1993 roku, 3 – główne zbiorniki wodne w 1993 roku, 4 – zwałowiska odpadów górniczych

Fig. 35. Changes of the Kłodnica river course and its tributaries in the period 1883-1993

1 – river network in 1883, 2 – river network in 1993, 3 – main water reservoirs in 1993, 4 – mining waste heaps

Jednym z ważniejszych problemów hydrotechnicznych na obszarze GZW od wielu lat jest regulacja stosunków wodnych w dolinach Kłodnicy i jej dopływów w dzielnicy Zabrze – Makoszyce (rys. 35). Obszar ten jest w zasięgu intensywnych osiadań powierzchni, a ze względu na małe deniwelacje i płytkie występowanie zwierciadła wód gruntowych jest szczególnie podatny na zawodnienia (STASZEWSKI 1988). Zdaniem cytowanego autora, na warunki odpływu szczególnie niekorzystnie wpływa położenie na skraju niecki węglowej, gdzie przy zerowych wartościach obniżen dochodzi do odwrócenia spadku dna koryta i cofki. Hałdowaty wymagają tutaj częstego podwyższania dla ochrony przeciwpowodziowej (WACH I SZCZYPEK 1996). Duże zagrożenie powodziowe występuje także w dolnym odcinku Gostyni (fot. 2A). Większość obwałowań występuje wzdłuż rzek dorzecza Wisły (219 km), najdłuższe towarzyszą korytom - Brynicy (41 km), Mlecznej (32 km), Czarnej Przemszy (30 km) i Gostyni (28 km).

5.3.2.2.2. Zmiany długości rzek

W literaturze geograficznej wyrażane są opinie, że na obszarze GZW rzeki uległy głównie skróceniu (np. ŻMUDA 1973, CZAJA 1999). Wyniki szczegółowej analizy porównawczej map współczesnych z mapami z końca XIX wieku wskazują jednak, że jest to zbyt duże uogólnienie. Spośród 48 badanych rzek – 3 nie zmieniły długości, 23 rzeki uległy skróceniu, a 22 – wydłużeniu. Skrócone zostały przede wszystkim rzeki duże (tab. 22), głównie z powodu wyprostowania odcinków środkowych i dolnych oraz zaniku odcinków górnych lub ich „przeniesienia” do innej dolinki początkowej (np. Bielszowicki Potok, Szotkówka). Kilka rzek zostało skróconych, mimo iż ich górne odcinki zostały znacznie wydłużone – w przypadku Nacyny – aż o 1,7 km, a mimo to ogólnie skróconej o 1,2 km. Wydłużeniu uległy natomiast cieki średnie i małe (tab. 23). Główną przyczyną wydłużenia było, z wyjątkiem 3 przypadków, zwiększenie długości odcinków górnych, przykładami mogą być Jordanek, Potok Szczygłowski, Knurówka, Markłówka, czy Dopływ w Mikulczycach. W przeważającej części są to cieki położone w strefie miocenijskiej w dorzeczu Odry (73%). Ze strefy karbońskiej przykładami są Czarniawka, Bolina, Potok Leśny.

Według CZAJI (1999) sieć rzeczna konurbacji katowickiej w początkowym okresie industrializacji uległa wydłużeniu o 15%, a następnie skróceniu prawie o 25%. ŻMUDA (1973) także podaje, że na obszarze konurbacji górnośląskiej zanikło około 30 km górnych odcinków większych cieków naturalnych. Z niniejszych badań wynika, że na rozpatrywanym obszarze, w dorzeczu Odry część rzek została skrócona łącznie o 7,4 km, a część wydłużona o 14,4 km. W dorzeczu Wisły długość rzek zmniejszyła się o 21,8 km, a zwiększyła o 2 km. Z bilansu powyższych danych wynika, że w dorzeczu Wisły ubyło prawie 20 km rzek (11% ich długości w 1883 roku), a w dorzeczu Odry przybyło ich 7 km (3% ich długości w 1883 roku). Badaniem nie objęto całej sieci rzecznej badanego obszaru – wyniki odnoszą się do 430 km rzek uwzględnionych w analizie.

Tabela 22. Zmiany długości i spadków dużych rzek z obszaru GZW w okresie 1883-1993

Table 22. Changes of lengths and gradients of large rivers in the area of the Upper Silesian Coal Basin in the period 1883-1993

Rzeka	Długość [km]		Spadek średni [%]	
	1883	1993	1883	1993
Dorzecze Odry				
Kłodnica (od ul. Kościuszki w Katowicach do śluzy w Gliwicach)	37,9	35,7	1,8	1,8
Bierawka (do ujścia Knurówki)	21,2	20,4	3,5	4,0
Bytomka	22,5	22,0	2,8	2,9
Bielszowicki Potok	14,8	14,3	3,6	4,3
Nacyna	19,1	17,9	3,2	4,3
Dorzecze Wisły				
Przemsza (od ujścia Białej Przemszy do ujścia Imielinki)	18,6	18,6	1,0	1,0
Brynica (od ujścia Szarlejki do połączenia z Czarną Przemszą)	37,3	22,6	0,6	1,1
Rawa (od początku Otwartego Kanału Rawy do połączenia z Brynicą)	16,6	15,9	1,6	1,8
Mleczna	23,8	22,3	2,0	2,1

5.3.2.2.3. Zmiany bazy erozyjnej

W obszarach kształtowanych przez wodę płynącą nie jest możliwe obniżenie powierzchni terenu przyległego do dna doliny poniżej bazy erozyjnej, którą stanowi koryto rzeczne – wyjątkiem są obszary kształtowane przez procesy glacialne i eoliczne (MIGON 2006). Przykład Górnośląskiego Zagłębia Węglowego dowodzi, że do tych wyjątków należą też obszary górnicze będące w zasięgu intensywnych osiadań powierzchni terenu – w licznych miejscach tereny przyległe do koryta są położone kilka metrów niżej niż jego dno. Podziemna działalność górnicza jest bowiem prowadzona niezależnie od stosunków hipsometrycznych na powierzchni terenu, a wynikające z tej działalności deformacje powierzchni obejmują różne części zlewni - obszary wododzielne, stoki, dna dolin. Jeżeli osiadania górnicze wystąpią u ujścia rzeki wówczas baza erozyjna zostaje obniżona, jeżeli obejmują strefy wododzielne, niektóre ich części mogą zostać wyłączone ze zlewni wskutek przekształcenia w zagłębienia bezodpływowe.

Tabela 23. Rzeki o największym obniżeniu bazy erozyjnej w okresie 1883-1993

Table 23. Rivers with the greatest lowering of the base-level of erosion in the period 1883-1993

Rzeka	Jednostka geomorfologiczna	Zmiany bazy erozyjnej [m]	Zmiany spadku [%]	Zmiany długości [km]
Dorzecze Odry				
Cienka	Wysoczyzna Rachowicka	-13,2	+3,0	+1,1
Dopływ z Przyszowic	Wysoczyzna Rachowicka	-10,5	+2,6	+0,5
Czarniawka	Strefa Podstokowa, Wzgórza Rudzkie	-8,0	+0,6	+1,5
Bielszowicki Potok	Strefa Podstokowa, Wzgórza Rudzkie, Wzgórza Kochłowickie	-7,0	+1,7	-0,5
Jordanek	Strefa Podstokowa, Garb Mikołowski	-7,0	+2,5	+0,1
Potok Szczygłowski	Wysoczyzna Rachowicka, Strefa Podstokowa	-6,0	+2,8	+0,4
Knurowski Potok	Wysoczyzna Rachowicka	-6,0	+2,4	+1,6
Dopływ z Popielowa	Płaskowyż Rybnicki	-6,5	+2,3	+1,0
Szotkówka (do ujścia Jastrzębianki)	Płaskowyż Rybnicki	-5,6	+1,8	-0,4
Jastrzębianka	Płaskowyż Rybnicki	-5,6	+1,8	-0,3
Radliński Potok	Płaskowyż Rybnicki	-5,2	+4,4	+2,3
Dorzecze Wisły				
Rów z Dąbrówki Wielkiej	Wyżyna Siemianowicka	-6,0	-0,2	+0,6
Bolina	Płaskowyż Murcek	-5,5	+0,1	+0,3
Bolina Południowa 1	Płaskowyż Murcek	-7,0	+1,8	+0,3
Bolina Południowa 2	Płaskowyż Murcek	-5,9	+0,9	-
Potok Goławiecki	Rów Chrzanowski, Pagóry Lędzińskie	-4,5	+0,4	-0,9
Rów Radzionkowski	Płaskowyż Tarnowicki	-4,4	+2,0	-1,7

W 1993 roku, spośród badanych rzek jedynie 2 miały podwyższoną bazę erozyjną w stosunku do stanu z końca XIX wieku – Nacyna (4 m), ze względu na utworzenie Zalewu Rybnickiego, oraz w niewielkim stopniu Rów Murckowski (0,5 m). W przypadku 6 rzek baza erozyjna nie uległa zmianie – z wyjątkiem Przemszy i Ślepiotki, są to małe cieki (3-5 km

długości). Dla przeważającej części rzek (82%) stwierdzono natomiast obniżoną w wyniku osiadań górniczych bazę erozyjną – w dorzeczu Wisły średnio o 3,4 m, w dorzeczu Odry o 4,8 m. Obniżenie bazy erozyjnej w największym stopniu wystąpiło w rzekach strefy miocenijskiej - na Wysoczyźnie Rachowickiej, w Strefie Podstokowej i Płaskowyżu Rybnickim (tab. 23).



Fot. 15. Przykłady wzmożonej erozji rzecznej wskutek obniżenia bazy erozyjnej na obszarze osiadań w GZW
 A, B: Kolejówka przed ujściem do Szotkówki: A – wybrukowane koryto niszczone na nowopowstałym załomie dna, 2006 rok, B – koryto z usuniętą erozyjnie kostką brukową, 2012 rok; C, D: młode spłaszczenia terasowe w dolinach: Ormontowickiego Potoku (C) i Czarniawki (D), 2012 rok

Photo 15. Examples of increased river erosion due to the lowering of the base-level of erosion in subsided areas in the Upper Silesian Coal Basin

A and B: the Kolejówka river before its mouth to the Szotkówka river: A - paved channel damaged on a new step in the river bed, 2006, B - channel with paving removed by erosion, 2012; C and D: young terraces in valleys: the Ormontowski Stream (C) and the Czarniawka (D), 2012

Obniżenie bazy erozyjnej rzek wskutek osiadania powierzchni terenu powoduje wzrost tempa wcinania się rzek. WACH (1987b) podaje tu przykład Kłodnicy, MOLENDĄ (1999b) pisze o erozji w dolnym odcinku Boliny, a MACKIEWICZ I IN. (1979) oraz JANKOWSKI (1986) powołują się na Potok z Gogołowej, który w odcinku ujściowym do Szotkówki wykazywał intensywne procesy erozji na odcinku około 0,5 km – obecnie zahamowane wskutek ujęcia go w betonowe koryto. JANKOWSKI (1986) pisze także, że w wyniku nierównomiernego osiadania terenu w dolinach rzecznych powstają pseudoterasy lub zawieszania dolin bocznych względem doliny głównej. W latach 2006-2012 autorka obserwowała ujście Kolejówki do Szotkówki na Płaskowyżu Rybnickim (fot. 15AB). W 2006 roku koryto miało dno i brzeg (do niewielkiej wysokości) wyłożone kostką betonową, intensywnie niszczone na progu o wysokości 0,7 m, występującym w odległości kilkunastu metrów od ujścia (fot. 15A), natomiast samo ujście było zawieszane nad korytem Szotkówki około 1,5 m i ograniczone bardzo stromymi, wysokimi na 3 m brzegami. W 2012 roku na tym samym odcinku koryta nie stwierdzono progów, betonowe umocnienia zostały w 90% zniszczone,

koryto jest szersze, a zbocza łagodniejsze (fot. 15B). Młode spłaszczenia terasowe obserwowano, między innymi w dolinie Ornontowickiego Potoku (fot. 15C) i Czarniawki (fot. 15D). Zagadnienie tempa erozji rzecznej na obszarze osiadań górniczych przedstawiono szerzej w podrozdziale 6.4.

5.3.2.2.4. Zmiany spadków dna i profilów podłużnych dolin i rzek

Deformacje powierzchni powodują odkształcenia dolin rzecznych skutkujące zmianami ich spadku – zwiększeniem, zmniejszeniem a także odwróceniem. Zwiększenie spadku prowadzi do przyspieszenia procesów erozyjnych, szczególnie gdy dotyczy dolnego, ujściowego odcinka rzeki (JANKOWSKI 1986, CZAJA 1999). Konsekwencją zmniejszenia spadku jest zmniejszenie prędkości wody i wzmożona akumulacja niesionego materiału – koryto ulega spłyceniu, może też dojść do spiętrzenia wody i rozlania cieku na obszar doliny. Spłaszczenie profilu podłużnego rzek w połączeniu ze wzrostem ilości materiału niesionego przez rzeki (zwłaszcza zawiesiny) przyspiesza nabudowywanie teras zalewowych (WACH 1987a,b). Przejście eksploatacji pod korytem cieku, zwłaszcza w odcinku środkowym, może też spowodować odwrócenie spadku i powstanie zalewiska z zwierciadłem wody sięgającym rzędnej tego odwrócenia (ECKES I ŻUŁAWSKI 1988, MACKIEWICZ I IN. 1979, POZZI I IN. 2008). Są to baseny sedymentacyjne dla osadów niesionych przez rzeki (WACH 1987a,b). Zmiany spadków mogą powodować także zmiany spadków hydraulicznych w warstwach wodonośnych nadkładu czwartorzędowego, przykładowo w dolinach Kłodnicy, Ślepiotki, Boliny i Mlecznej, gdzie wody gruntowe przez znaczną część roku utrzymują się blisko powierzchni terenu (POSYŁEK I ROGOŹ 1982). O zmianach w przepływie podziemnym z powodu zmian spadków rzek piszą też, między innymi, STASZEWSKI (1992) oraz GOSZCZ (1996).

Problem zmian spadków podłużnych rzek w wyniku działalności górniczej i różnych zabiegów hydrotechnicznych jest podnoszony w większości prac geograficznych dotyczących rzek badanego obszaru. Przeważa opinia, że średnie spadki uległy zwiększeniu, gdyż rzeki zostały skrócone wskutek regulacji, podkreśla się jednak przy tym, że poszczególne odcinki rzek są nierównomiernie nachylone – długie odcinki o małym spadku są przedzielone krótkimi odcinkami z dużym spadkiem (np. WACH 1987b, 1991, CZAJA 1999). O naprzemiennym występowaniu odcinków o zwiększonych i zmniejszonych spadkach, w zależności od ich położenia w stosunku do niecek obniżeniowych piszą też JANKOWSKI (1986) oraz ECKES I ŻUŁAWSKI (1988).

Wyniki badań uzyskane dla 48 rzek i cieków z obszaru GZW wskazują, że na obszarach górniczych zwiększenie spadków rzek jest powszechne (stwierdzono je dla 76% rzek), ale nie jest regułą – wykazano bowiem 10 przypadków rzek o średnich spadkach zmniejszonych i 2 rzeki bez zmian tego parametru. Zwiększone spadki w stosunku do stanu z końca XIX wieku mają prawie wszystkie zbadane rzeki duże, z wyjątkiem Przemszy i Kłodnicy, a skrócony bieg wszystkie, oprócz Przemszy. Wcześniej prognozowano, że do 1990 roku bieg Kłodnicy (od ul. Kościuszki w Katowicach do Gliwic Łąbęd) zostanie skrócony, a jej średni spadek zwiększony (WACH 1987b). Szczegółowa analiza tego samego odcinka rzeki nie potwierdziła prognoz – średni spadek Kłodnicy w 1993 roku był identyczny nie tylko ze spadkiem w roku 1975, ale także ze spadkiem w 1883 roku (1,85‰), mimo iż rzeka została znacznie skrócona – aż o 2,2 km (tab. 22, rys. 35). Występują natomiast istotne różnice w spadkach na dwóch odcinkach rzeki – między ujściem Ślepiotki a ujściem Jasienicy spadek rzeki zwiększył się o 0,6‰ (z 1,7‰ do 2,3‰), natomiast między ujściem Jasienicy i ujściem Bytomki

spadek wynosi jedynie 0,3‰, czyli jest ponad 3-krotnie mniejszy niż u schyłku XIX wieku (1,1‰). W biegu górnym, do ujścia Ślepiotki spadek wynosi 6,4‰ – jest więc mniejszy niż w 1883 roku (7,3‰), ale różnice te wynikają, po części, z położenia obecnych źródeł w innej dolince początkowej niż to znaczone na mapie archiwalnej (*Kłodnica Quelle*).

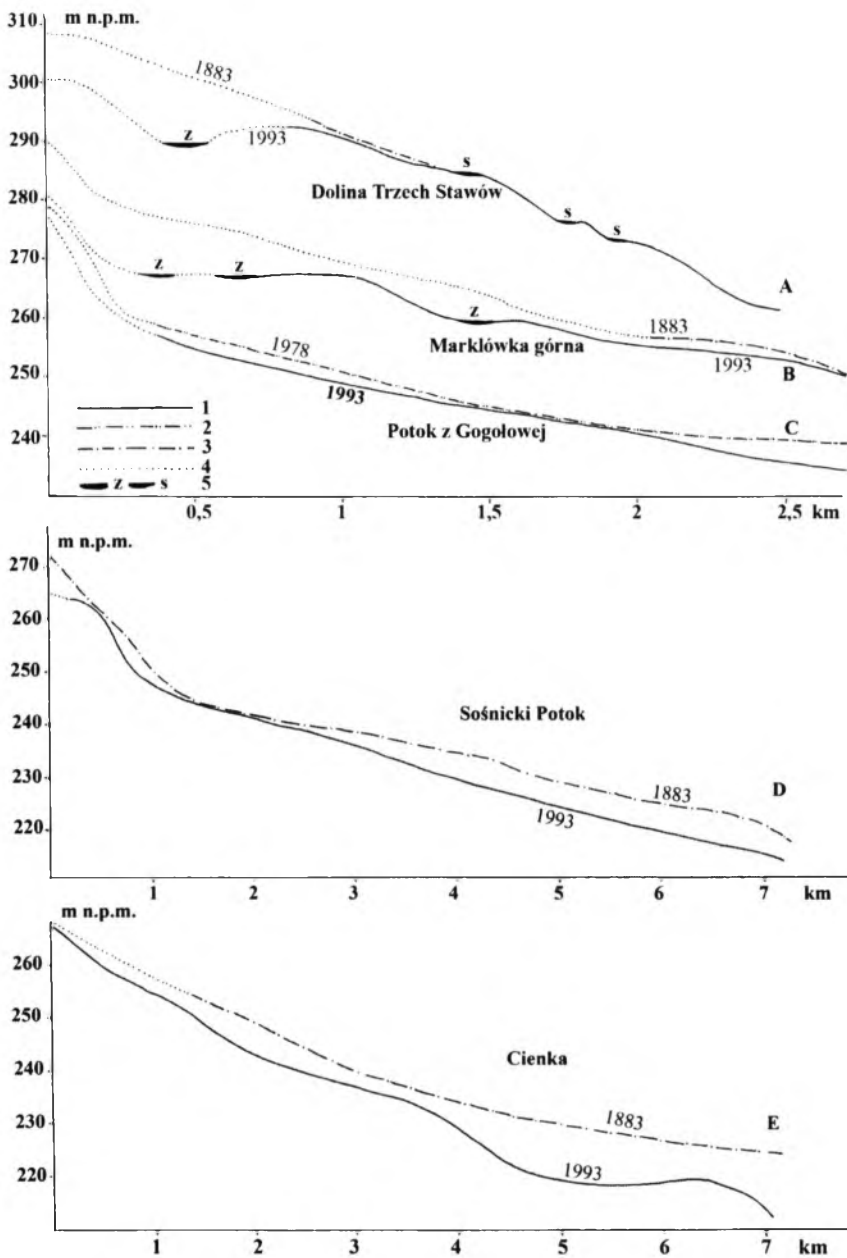
Dla Brynicy, która bierze początek poza obszarem GZW, zbadano odcinek od ujścia do niej Szarlejki, do połączenia Brynicy z Czarną Przemszą. W okresie 1883-1993 rzeka ta zasadniczo zmieniła swój morfologiczny charakter – w miejscu silnie meandrującego naturalnego koryta utworzono sztuczne – proste, wybrukowane i obwałowane. Długość rzeki na analizowanym odcinku zmniejszyła się o 14,7 km, czyli prawie o 40%. Żadna inna rzeka na badanym obszarze nie została przekształcona w tak dużym stopniu. Średni spadek Brynicy zwiększył się niemal dwukrotnie – z 0,6‰ do 1,1‰ (tab. 22). Podobnie, jak w przypadku Kłodnicy, w biegu Brynicy występują odcinki wyraźnie różniące się spadkiem (dwu-, trzykrotnie), zarówno między sobą, jak i w stosunku do spadków w 1883 roku.

Wśród dużych rzek znaczne zwiększenie spadku odnotowano dla Bielszowickiego Potoku (+0,7‰), Nacyny (+1,1‰) oraz Bierawki (+0,5‰). W przypadku Rawy analizą objęto odcinek od początku Otwartego Kanału Rawy w Świętochłowicach do ujścia rzeki do Brynicy. Bieg rzeki został skrócony o 0,7 km, a spadek zwiększony o 0,2‰ (tab. 22).

Spadki podłużne najbardziej zwiększyły się w przypadku rzek małych i średnich. Z danych zestawionych w tabeli 23 wynika, że zwiększenie spadku rzek jest związane z obniżeniem bazy erozyjnej, a jednocześnie nie jest w prostej zależności od skrócenia rzek, gdyż większość z nich została wydłużona. Wszystkie cieki o średnich spadkach zwiększonych o ponad 2‰ są położone w dorzeczu Odry, niemal w całości w strefie mioceńskiej i już w okresie przedgórnym charakteryzowały się dużymi spadkami, na przykład średni spadek: Dopływu z Kątów w 1883 roku wynosił 8,8‰, a w 1993 roku 11,4‰ (+2,6‰), Radlińskiego Potoku, odpowiednio, 6,4‰ – 10,8‰ (+4,4‰), Jordanka - 7,9‰ – 10,4‰ (+2,5‰).

Zmniejszenie średniego spadku stwierdzono dla 10 spośród 48 badanych cieków. W większości należą one do dorzecza Wisły (7). Są to cieki krótkie, średnio o długości 3,8 km (1993 rok). W okresie przedgórnym odznaczały się dużym i bardzo dużym spadkiem, wynoszącym średnio 9,2‰, ale z wartościami w szerokim przedziale, od 4,1‰ do aż 20,4‰ w przypadku Miechowskiego Potoku, co jest wartością maksymalną z odnotowanych dla badanych cieków. Zmniejszenie spadków jest znaczne – średnio o 1,8‰ – maksymalnie o 3,9‰ w odniesieniu do Rowu z Orła Białego. Ciek ten wyróżnia się na tle pozostałych - w okresie przedgórnym miał spadek 4,1‰, ale w wyniku bardzo dużych osiadań powierzchni terenu w strefie źródłowej (11 m) spadek zmniejszył się do zaledwie 0,2‰. Większość wymienionych cieków (7) ma nieznacznie zmniejszoną długość, co po raz wtóry wskazuje, że na obszarze osiadań górniczych nie ma prostej zależności między zmianą długości cieku a zmianą jego spadku. Wpływ na zmniejszenie spadku ma natomiast obniżenie wysokości bezwzględnej źródeł – dla analizowanych rzek - średnio o 8,1 m, maksymalnie o 18 m.

Ogólnie, w okresie 1883-1993 średni spadek rzek odwadniających badany obszar do Wisły zmniejszył się z 5,9‰ do 5,6‰, natomiast rzek przynależnych do dorzecza Odry zwiększył się z 6,8 ‰ do 7,6‰. Oznacza to, że naturalne różnice w potencjale erozyjnym obu dorzeczy zostały wyraźnie pogłębione w wyniku antropopresji, głównie górniczej.



Rys. 36. Zmiany profilów podłużnych wybranych cieków w wyniku osiadania powierzchni terenu A – Dolina Trzech Stawów, dopływ Potoku Rokitnickiego, Wyżyna Miechowicka, B – góry odcinek Markłówki, dopływ Lesznicy, Płaskowyż Rybnicki, C – Potok z Gogołowej, dopływ Szotkówki, Płaskowyż Rybnicki; D – Sośnicki Potok, dopływ Kłodnicy, Strefa Podstokowa, D – Cienka, dopływ Kłodnicy, Wysoczyzna Rachowicka; profile podłużne cieków w latach: 1 - 1993, 2 - 1978, 3 - 1883; 4 - profile podłużne suchych odcinków dolin, 5 - zbiorniki wodne: z - zalewiska w nieckach osiadania, s - stawy

Fig. 36. Changes of longitudinal profiles of selected watercourses resulting from surface subsidence A – the Trzy Stawy Valley, a tributary of the Rokitnicki Stream, the Miechowice Upland, B – the upper section of the Markłówka, a tributary of the Lesznica river, the Rybnik Plateau, C – the Gogołowa Stream - a tributary of the Szotkówka river, the Rybnik Plateau, D – the Sośnicki Stream - a tributary of the Kłodnica river, Podstokowa Zone, D – the Cienka watercourse – a tributary of the Kłodnica river, Rachowice High Plain; longitudinal profiles in the years: 1 - 1993, 2 - 1978, 3 - 1883, 4 - longitudinal profiles of dry sections of valleys, 5 - in subsidence basins, s - ponds

Na obszarach osiadań górniczych wyraźnym zmianom podlegają kształty profilów podłużnych rzek i ich dolin (POSYŁEK I ROGOŹ 1982, JANKOWSKI 1986, WACH 1987b, 1991, DULIAS 2006, 2008d, 2011a). Mają one różny charakter, gdyż deformacje mogą obejmować całą dolinę albo poszczególne jej części ze zróżnicowaną lub jednakową intensywnością (rys. 36). Znaczne obniżenie górnego odcinka doliny może spowodować jego wyodrębnienie jako zagłębienia bezodpływowego, a tym samym skrócenie doliny, z kolei przecięcie poziomu wód gruntowych przez obniżającą się powierzchnię terenu może wpłynąć na przekształcenie suchych dotychczas dolin w doliny ze stałymi ciekami. Przykładami z obszaru Płaskowyżu Rybnickiego mogą być Markłówka górna (rys. 36B) i dolina Potoku Rydułtowskiego, w której dopiero od połowy XX wieku, w rezultacie obniżenia powierzchni o 5-8 m powstał ciek o długości ponad 1,4 km (DULIAS 2008d, 2011a). Pojawienie się przegłębień w profilu podłużnym doliny połączone z utworzeniem się w nich zalewisk odgrywa dużą rolę w obiegu materii w zlewni.

5.3.2.2.5. Zmiany przepływów

Położenie obszaru badań w strefie wododziałowej Wisły-Odry czyni go ubogim w zasoby wodne. Ogromne zapotrzebowanie na wodę dla celów przemysłowych i komunalnych wymusza więc konieczność jej przerzutów ze zlewni położonych poza rozpatrywanym obszarem. Do lokalnego obiegu wody są włączane ponadto duże ilości wód dołowych z odwadniania kopalń – według CZAJI (1999) ich ilość kształtowała się następująco: 1850 rok - 3-4 m³/s, 1900 rok - 6-6,5 m³/s, 1935 rok - 6,5-7,5 m³/s (w 75% do dorzecza Wisły), w roku 1955 - 10-12 m³/s, w latach 70. i 80. XX wieku - około 20 m³/s, w 1994 roku - 16 m³/s. Duży udział wód obcych w obiegu wody jest więc charakterystyczną cechą reżimu hydrologicznego rzek badanego obszaru. W konsekwencji przepływy minimalne są wyraźnie podwyższone, odpływ w ciągu roku jest bardziej wyrównany, a średnie odpływy jednostkowe osiągają wysokie wartości (JANKOWSKI 1986, 1987, CZAJA 1999).

W latach 80. XX wieku wielkość przerzutu wody ze zlewni byłego województwa bielskiego na obszar katowickiego odpowiadała przepływowi 10-11 m³/s, natomiast dostawa wód dołowych, odprowadzanych z kopalń węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu oraz piasku podsadzkiego (w dziesięciolecie 1970-1979) wynosiła 1,8 mln m³/dobę, co odpowiadało przepływowi 20,8 m³/s, a z czego bezpośrednio do rzek trafiało 10,7 m³/s. W odpływie rzeczonym brało więc udział prawie 22 m³/s wód obcych, czyli ponad 30% średniego odpływu, szacowanego na 63-65 m³/s (JANKOWSKI 1987, 1992, KONSTANTYNOWICZ 1989). Odpływ antropogeniczny jest szczególnie duży podczas średnich niskich przepływów (tab. 24). Według CZAJI (1999) w rzece Brynicy w okresach średnich i niskich przepływów, wody naturalne stanowiły zaledwie 2-3% przepływu rzeki. Przykładem rzeki o wybitnie antropogenicznym charakterze jest Rawa, która już na początku XX wieku (1912 rok) prowadziła 59% wód obcych, a w 1980 roku aż 92% (JANKOWSKI 1988). Do rzek o dużym, ale relatywnie mniejszym udziale wód obcych w odpływie rzeczonym należą Bierawka, Nacyna i Szotkówka – według JANKOWSKIEGO (1986), podczas średniego rocznego odpływu wynosi on 16-24%. Rzeką Mleczną prowadziła w latach 1974-1984 od 31 do 62% wód obcych (ABSALON I WAC 1992). W 1994 roku udział samych tylko wód kopalnianych w odpływie rzeczywistym większych rzek badanego obszaru wynosił od 13% (Kłodnica) do 80% (Biała Przemsza, przy czym niemal połowa z odwadniania kopalń piasku podsadzkiego) (CZAJA 1999). W ostatniej dekadzie zarysowuje się tendencja malejąca udziału wód obcych w odpływie rzeczonym

(np. JANKOWSKI I SZEKIEL 2009). W tabeli 25 zestawiono średnie i maksymalne stany wód i przepływy w dużych rzekach na obszarze GZW i odpowiadające im sptywy jednostkowe. Poza rzekami wymienionymi w tej tabeli, przepływy średnie większe od 3 m³/s mają Rawa, Pszczynka i Bierawka. Zrzuty wód dotowych zwiększają ponadto przepływy w Gostyni (1,42 m³/s), Mlecznej (1,03 m³/s), Nacyny (0,94 m³/s), Potoku Goławieckiego (0,84 m³/s).



Fot. 16. Powódź na obszarach osiadań górniczych w GZW w 2010 roku

A – Biała Przemsza w Sosnowcu Maczkach nie przełaziła się przez betonowe umocnienia brzegów, B – ujście Jaworznika do Brynicy – wody powodziowe nie sięgnęły korony hałdowałów, C – szeroko rozlane wody Potoku Stawowego w nierce osiadania między Bieruniem Starym a Łędzinami, D – podtopione bloki mieszkalne w obniżonej dolinie Potoku Stawowego na obszarze dawnego Wielkiego Stawu Bieruńskiego

Photo 16. Flood in the areas of mining subsidence in the Upper Silesian Coal Basin in 2010

A – the Biała Przemsza river in Sosnowiec Maczki did not overflow the concrete embankments of the banks, B – the mouth of the Jaworznik river to the Brynica – flood waters did not reach the crown of embankments, C – flood in the subsidence basin in the valley of the Stawowy Stream between Bieruń Stary and Łędziny, D – flooded buildings in a subsided valley of the Stawowy Stream in the area of the former Bieruń Pond

Tabela 24. Udział wód obcych w średnim niskim odpływie wybranych rzek na obszarze GZW (wg Sołtysika 1980, Jankowskiego 1987)

Table 24. The share of alien waters in the medium low runoff of selected rivers in the area of Upper Silesian Coal Basin (after Sołtysik 1980, Jankowski 1987)

Dorzecze Odry		Dorzecze Wisły	
Rzeka	Udział wód obcych [%]	Rzeka	Udział wód obcych [%]
Kłodnica - powyżej ujścia Bytomki	57,9	Biała Przemsza - Maczki	53,0
Bielszowicki Potok – ujście do Kłodnicy	81,5	Brynica - Sosnowiec	68,5
Potok Żernicki – ujście do Bytomki	70,4	Bolina – ujście do Czarnej Przemszy	83,1

Zwiększone przepływy teoretycznie powinny powodować nasilenie procesów erozji rzecznej. Koryta większości rzek prowadzących wody obce posiadają jednak techniczną zabudowę, ograniczającą procesy erozyjne – ich intensywniejszy przebieg jest więc związany przede wszystkim z ekstremalnie wysokimi stanami wód z przyczyn naturalnych. Większe rzeki, nawet jeżeli prowadzą dużo wód obcych są w stanie pomieścić wody powodziowe, jeżeli są obwałowane lub mają odpowiednio wzmocnione brzegi (fot. 16AB), ale nie jest to regułą, o czym świadczy przykład powodzi w 2010 roku, między innymi w dolinie Gostyni (fot. 2A). Duże zagrożenie powodziowe, zwłaszcza na terenach o małych deniwelacjach, mogą stanowić mniejsze cieki nieposiadające obwałowań. W dolinie Stawowego, dopływu Mlecznej, do 1998 roku powstały dwie niecki osiadania o głębokościach do 6,5 m, które objęły między innymi obszar bocznicy kolejowej linii Bieruń-Lędziny oraz zabudowania przy ulicy Hodowlanej na obszarze byłego Wielkiego Stawu Bieruńskiego. Tereny te zostały zalane w czasie powodzi w 2010 roku (fot. 16CD).

Tabela. 25. Średnie i maksymalne stany wód i przepływy w dużych rzekach na obszarze GZW i odpowiadające im spływy jednostkowe (na podstawie Map Hydrograficznych 2001-2003)¹

Table 25. Average and maximum water levels and flows in large rivers in the Upper Silesian Coal Basin with the corresponding runoff moduli (after Mapa Hydrograficzna 2001-2003)¹

Rzeka	Profil	Stany wód [m]		Przepływy [m ³ /s]		Spływy jednostkowe [dm ³ /s/km ²]	
		średnie	max.	średnie	max.	średnie	max.
Dorzecze Wisły							
Brynica	Szabelnia	0,46	1,50	5,70	41,9	11,80	86,8
Czarna Przemsza	Radocha	0,57	2,12	4,56	64,0	8,76	123,0
Biała Przemsza	Niwka	2,27	3,76	7,50	61,2	8,56	69,9
Przemsza	Jeleń	2,20	5,98	19,70	105,0	9,87	52,6
Bobrek	Niwka	2,56	3,60	1,25	27,6	10,50	232,0
Gostynia	Bojszowy	0,79	3,96	3,49	62,6	10,50	189,0
Mleczna	Bieruń Stary	0,45	2,22	1,38	43,6	11,30	358,0
Dorzecze Odry							
Kłodnica	Gliwice	1,02	4,05	6,41	88,1	14,40	198,0
Bytomka	Gliwice	1,83	3,15	2,61	20,6	19,10	151,0

¹ Wartości średnie, w większości z wielolecia 1961-1999, wartości maksymalne dla 1997 roku, z wyjątkiem Brynicy (1983), Białej Przemszy (stany wód - 1955), Przemszy (stany wód - 1903) i Kłodnicy (stany wód - 1940)

5.3.2.2.6. Zmiany obciążenia transportowanym materiałem

Charakterystyczną cechą wielu rzek badanego obszaru jest ponadnormatywne zanieczyszczenie wód zawiesiną (MACKIEWICZ I IN. 1979, KLIMEK 1993, SZCZYPEK I WACH 1993b, NOCOŃ I KOSTECKI 2005, NOCOŃ I IN. 2006, DZIAŁOSZYŃSKA-WAWRZKIEWICZ 2008). W dużych rzekach, takich jak Kłodnica, Bytomka, Brynica, Rawa, Przemsza, największe obciążenie zawiesiną odnotowywano w latach 1955-1975, w związku z intensywnym rozwojem górnictwa węglowego, ale jeszcze pod koniec lat 80. XX wieku do rzek GOP odprowadzane było około 250 ton zawiesiny na dobę (JANKOWSKI 1992). Źródłem zanieczyszczeń są ścieki z kopalń węgla kamiennego (z flotacji węgla), a także odpady górnicze i poprodukcyjne gromadzone na zwałowiskach w sąsiedztwie koryt rzecznych oraz hałdowały (fot. 17A). Głównym składnikiem

zawiesin jest pył węglowy. Zwiększona ilość materiału niesionego przez rzeki przyspiesza nabudowywanie teras zalewowych (fot. 17B,C), często zazębiających się z materiałem hałdowałów sypanych wzdłuż koryt rzecznych (WACH 1987a,b) (fot. 17D). Wyraźną zależność między wielkością wydobycia węgla kamiennego a dostarczaniem przez Przemysł miazgi węglowej do młodych aluwii Wisły podkreślają, między innymi, KLIMEK (1993) i CZAJKA (2007). W warunkach wysokich stanów wód namuły antropogeniczne osadzone na dnie i brzegach koryta są powtórnie unoszone i redeponowane, w tym na terenach zalewowych.



Fot. 17. Osady antropogeniczne w dolinach wybranych rzek

A – rozmywane hałdowały u ujścia Promny do Kłodnicy są źródłem zanieczyszczenia wód zawiesiną, B – terasa Bytomki w Rudzie Śląskiej Orzegowie, zbudowana z namułów antropogenicznych, C – namuły węglowe w brzegu Czarniawki w Zabrze Pawłowie, D – Potok Goławiecki – terasy antropogeniczne zbudowane z materiału hałdowałów i namułów węglowych

Photo 17. Anthropogenic deposits in selected river valleys

A – washed-away embankments at the mouth of the Promna river in the Kłodnica river are a source of water pollution by suspension, B – a terrace of the Bytomka river in Ruda Śląska Orzegów built of anthropogenic alluvia, C – coal slimes on the Czarniawka river banks in Zabrze Pawłów, D – the Goławiecki Stream – anthropogenic terraces built of mining waste and coal slimes

NOCOŃ I KOSTECKI (2005) podają, że prawdopodobnie najwyższe stężenie zawiesiny ogólnej stwierdzono w Czarniawce – 32 640 mg/dm³. Dla rzeki tej częste są stężenia 2000 - 6000 mg/dm³, podczas gdy dla Bytomki mieszczą się w przedziale 45 – 177 mg/dm³ (średnio 87 mg/dm³), a dla Kłodnicy w przedziale 3 – 300 mg/dm³, przy czym bardzo duże stężenie zawiesin, sięgające 1400 mg/dm³, występuje poniżej ujścia silnie zanieczyszczonej Czarniawki. Z badań cytowanych autorów wynika, że w ciągu kilku lat (1998-2004) we wszystkich stanowiskach pomiarowych wzdłuż Kłodnicy wyraźnie zmalały maksymalne stężenia zawiesiny, na przykład w Gliwicach Sośnicy z 5562 mg/dm³ do 1433 mg/dm³, a w Gliwicach Łąbędach z 4242 mg/dm³ do 131 mg/dm³. Dużym zanieczyszczeniem mułem węglowym odznaczają się wody Nacyny - w latach 70. XX wieku jego zawartość w wodzie dochodziła

do 6000 mg/dm³ (MACKIEWICZ I IN. 1979). Ścieki z dużą ilością zawieszin zamulają, między innymi koryta – Bierawki, Potoku Bielszowickiego, Szotkówki, Potoku z Gogołowej i Potoku Goławieckiego (fot. 17D). DZIAŁOSZYŃSKA-WAWRZKIEWICZ (2008) podaje, że zawartość węgla organicznego w osadach dennych w odcinku ujściowym Czarniawki sięgają 8,5%, a w Potoku Bielszowickim aż 36,2%. Dużo zawiesziny, rzędu 30 – 50 mg/dm³ niosą Bolina, Jordanek, Bobrek, nieco mniej, ale ponad 20 mg/dm³ - Przyrwa, Mleczna, Rów Michałkowicki.

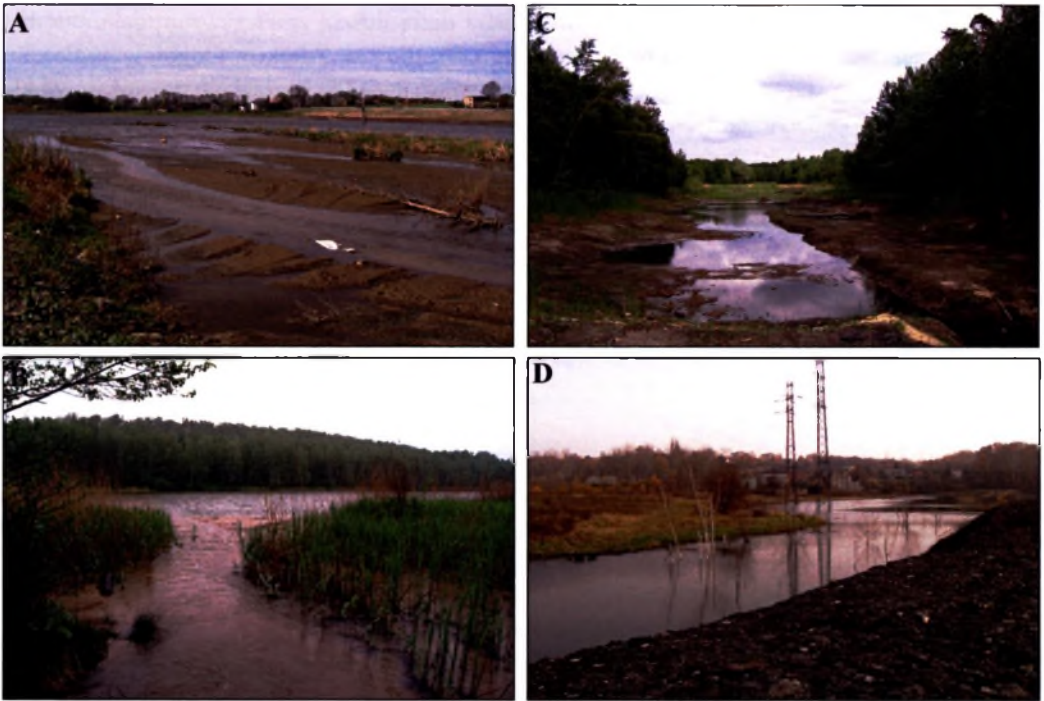
5.3.2.3. Strefa akumulacji

Materia transportowana przez rzeki jest po części akumulowana w korycie, a w warunkach powodziowych poza korytem (fot. 2A, 16C,D). Największą rolę w „przechwytywaniu” materiału transportowanego drogą fluwialną odgrywają jednak przepływowo i ujściowe zbiorniki wodne. W XIX wieku główne znaczenie miały w tym względzie stawy hodowlane funkcjonujące w większości dolin na obszarze GZW. Współcześnie, basenami sedymentacyjnymi dla osadów niesionych przez rzeki są zbiorniki wodne różnej genezy, w tym w wyrobiskach po eksploatacji piasku (fot. 18B), a także rozlewiska w przegłębieniach dolin – nieckach osiadania (fot. 18A,C,D). Akumulacji osadów sprzyjają małe spadki rzek i ich zanieczyszczenie zawiesziną (DĄBROWSKA I IN. 1987, WACH 1987a,b, ECKES I ŻUŁAWSKI 1988).

Według STASZEWSKIEGO I IN. (1993) zalewiska na obszarze GZW zajmują powierzchnię 8-10 km² - najwięcej w dolinach Kłodnicy i Bierawki, gdzie ich powierzchnia wynosi, według różnych szacunków, około 3–4 km². Zalewiska występują także w wielu innych dolinach dorzecza Odry – Knurówki, Cienkiej, Potoków - Krywałdzkiego, Gierałtowickiego, Bielszowickiego, Nacyny, Szotkówki, Jastrzębianki, Ruptawki, Markłówek, Dopływu spod Michałkowic, oraz dorzecza Wisły - Rawy, Boliny, Szarlejki, Bobrka, Pszczyńki, Dębinki, Mlecznej, Przyrwy (JANKOWSKI I ZOBEK 1987).

Antropogeniczne zbiorniki wodne występujące na badanym obszarze górniczym były przedmiotem licznych opracowań – o tych położonych w biegu rzek pisali między innymi, RZĘTAŁA M.A. (2003), RZĘTAŁA (2008), RZĘTAŁA M.A. I IN. (2009), MACHOWSKI (2010), w tym na temat akumulacji osadów dennych. Wcześniej, na temat sedymentacji zawiesziny w zbiornikach usytuowanych w dolinach rzecznych wypowiedzieli się SZCZYPEK I WACH (1993b) - na podstawie badań miesięcznego rozkładu ilości zawiesziny w wybranych rzekach stwierdzili, że niemal całkowicie przekształcona przez człowieka Kłodnica niesie zaskakująco mało zawiesziny, gdyż osadza ją w zbiorniku Dzierżno Duże, powyżej punktu pomiarowego Łany Małe.

RZĘTAŁA M.A. (2003) oszacowała zamulenie kilku przepływowych zbiorników wodnych powstałych w wyrobiskach popiaskowych. W zbiorniku Pogoria III w dolinie Pogorii wynosi ono 0,2% pojemności misy (524 m³/rok), a w zbiorniku Dzierżno Duże w dolinie Kłodnicy – 2,3% (55 868 m³/rok). W pierwszym zbiorniku osady denne mają miąższość średnio kilku centymetrów, w drugim nieco ponad 30 cm, ale ich miąższość w głębozłkach dochodzi do kilku metrów. Osady budujące deltę Kłodnicy u ujścia do Dzierżna Dużego stanowi frakcja żwirowa miału węglowego i materiału pościekowego. RZĘTAŁA (2008), podkreśla szybkie tempo dostawy rumowiska do tego zbiornika, co powoduje, że jego wypływanie przebiega bardzo dynamicznie.



Fot. 18. Strefy akumulacji osadów w zalewiskach i zbiornikach wodnych w wybranych dolinach
 A - delta Szotkówki u ujścia do zalewiska w Połomii, Płaskowyż Rybnicki, B - delta Jaworzniaka u ujścia do zbiornika wodnego w wyrobisku popiaskowym, Płaskowyż Twardowicki, C - namuły antropogeniczne w odwodnionej niecce osiadania w dolinie cieką od Nowego Dworu w Knurów-Szczygłowicach, D - zalewisko w dolinie Dopływu spod Michałkowic, stale zanieczyszczane mułem węglowym z dużego zwałowiska kopalni „Chwałowice”, Płaskowyż Rybnicki

Photo 18. Zones of deposition in water reservoirs in selected valleys

A - the Szotkówka delta at its mouth to the water reservoir in the subsidence basin in Połomia, the Rybnik Plateau, B - the Jaworzniak Delta at its mouth to the water reservoir in a sandpit, the Twardowice Plateau, C - anthropogenic alluvia in a drainage subsidence basin in the watercourse valley of Nowy Dwór in Knurów-Szczygłowice, D - a water reservoir in a subsidence basin in the watercourse valley of the Dopływ spod Michałkowic, constantly polluted by coal slimes from large mining waste heap in the area of "Chwałowice" mine, the Rybnik Plateau

Podsumowując zarysowane wyżej, współczesne warunki obiegu materii w systemach fluwialnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, można odwołać się do opinii JANKOWSKIEGO (1986), że należy większą uwagę przywiązywać do czynników antropogenicznych uaktywniających procesy naturalne, takich jak zmiany spadków, obniżanie den dolinnych, czy zmiany profilu zboczy. Dane przedstawione w niniejszym podrozdziale wskazują, że w 90% badanych zlewni zwiększyły się nachylenia stoków, w 80% zlewni zwiększyła się energia rzeźby wyrażona wskaźnikiem rzeźby L , ponad 80% rzek ma obniżoną bazę erozyjną, $\frac{3}{4}$ rzek ma zwiększone spadki podłużne, a większość rzek zwiększone przepływy wskutek dostawy wód obcych. Jednocześnie prawie wszystkie rzeki i cieką objęte zostały, co najmniej jednym rodzajem zmian geometrii koryta (wyprostowanie, przełożenie, obwałowanie, wybrukowanie dna, umocnienie brzegów, utworzenie progów itp.), a w wielu zlewniach radykalnie zmieniło się użytkowanie terenu i pojawiły się utwory antropogeniczne. Powyższe zmiany zaburzyły obieg energii i materii sprzed okresu górniczego. Uogólniając, można wysnuć wniosek, że w wyniku działalności górniczej potencjał erozyjny rzek dorzecza Odry został pogłębiony, a rzek dorzecza Wisły osłabiony. Zwiększone usuwanie

materii ze stoków jest „realizowane” głównie w małych i średnich zlewniach słabo zabudowanych i bezleśnych. Część rzek dużych i średnich transportuje materię na krótkich odcinkach, „pozostawiając” ją w przepływowych zbiornikach wodnych. W wielu zlewniach podsystem stokowy nie ma łączności z korytowym, głównie ze względu na obwałowania rzek. Z systemu fluwialnego zostało też wyłączone prawie 8% powierzchni obszaru górniczego, w rezultacie powstania zagłębień bezodpływowych, głównie w strefie triasowej.

5.3.3. ZMIANY WARUNKÓW OBIEGU MATERII W SYSTEMACH ZAMKNIĘTYCH – ZAGŁĘBIENIACH BEZODPŁYWOWYCH

Zagłębienia bezodpływowe są charakterystycznym elementem rzeźby (zwłaszcza polodowcowej) w środkowej Europie i od czasu pracy KEILHACKA z 1891 roku były przedmiotem badań, głównie w aspektach – hydrologicznym i geomorfologicznym, w Polsce prowadzonych, między innymi, przez WERNER-WIĘCKOWSKĄ (1953), MARUSZCZAKA (1954), KLAJNERTA (1965), KOWALSKĄ (1968), DRWAŁA (1975), WIECZORKOWSKĄ (1976), BORÓWKĘ (1992), MAJORA (2009). Do większości zagłębień bezodpływowych następuje stały dopływ materii, głównie w postaci atmosferycznej, a jej krążenie przejawia się w postaci małego obiegu wody wewnątrz jej zlewni, po czym następuje odpływ podziemny (MAJOR 2010). Wyniki badań DRWAŁA (1982) i MAJORA (2009) wskazują, że odpływ podziemny może stanowić kilkadziesiąt procent dostawy atmosferycznej, co skłania drugiego z autorów do uznania zlewni tych zagłębień bezodpływowych za systemy otwarte, pomimo bezodpływowości powierzchniowej. Systemami zamkniętymi są zlewnie o bezodpływowości całkowitej wynikającej z nieprzepuszczalności utworów powierzchniowych. Krążenie materii w zagłębieniach bezodpływowych odbywa się z udziałem wody - od wododziału w dół stoku, do dna zagłębienia, które jest basenem sedymentacyjnym (MAJOR 2010). Obieg materii w takich geosystemach jest silnie zależny od opadów atmosferycznych oraz wysokości względnych, które są miarą energii potencjalnej (KOSTRZEWSKI 1986).

Na obszarze badań w okresie przedgórnym występowały nieliczne zagłębienia bezodpływowe, związane z nieckami deflacyjnymi, zagłębieniami międzywydmowymi, starorzeczami, wklęsłościami na wysoczyznach przywyzynnych itp., natomiast współcześnie formy te są charakterystycznym rysem jego rzeźby. Geneza zagłębień jest w zdecydowanej większości antropogeniczna, wynikająca przede wszystkim z prowadzonej działalności górniczej. Dominującą grupę zagłębień bezodpływowych stanowią niecki osiadania (WACH I SZCZYPEK 1996, PERSKI 2000, MADOWICZ 2001, DULIAS 2005a, 2008b, 2010a, DULIAS I SZCZYPEK 2005, KUPKA I IN. 2005, WOJCIECHOWSKI 2007, SOLARSKI I PRADELA 2010a). Szerszą charakterystykę form bezodpływowych dała DULIAS (2003a, b), przedstawiając ich morfometryczne cechy – wymiary, kształt, nachylenie i długość stoków, a także uwagi odnośnie współczesnych procesów geomorfologicznych na przykładach z okolic Piekar Śląskich na Płaskowyżu Bytomskim.

Zagłębienia bezodpływowe analizowane w niniejszej pracy zaliczono do systemów zamkniętych jedynie na podstawie bezodpływowości powierzchniowej. Ich zasięg wyznaczono na podstawie map topograficznych 1:10 000, przedstawiających rzeźbę w 1993 roku. Za bezodpływowe uznawano wszystkie izolowane zagłębienia terenu, z których nie ma odpływu wód powierzchniowych (rzecznego, ze spłukiwania, melioracyjnego), ograniczone działami wodnymi - naturalnymi lub antropogenicznymi. Część zagłębień powstała poprzez przedzielenie doliny zwałowiskiem, kilka form jedynie częściowo znajduje się w zasięgu

osiadań górniczych, a bezodpływowy charakter mają z powodu „odgrodzienia” od rzeki wałami przeciwpowodziowymi. Drobne przegłębienia w obrębie den zagłębień bezodpływowych nie były wydzielane jako osobne formy, natomiast przyjęto zasadę włączania do dużych zagłębień sąsiadujących z nimi wyraźnych, ale małych pod względem powierzchni obniżzeń bez odpływu, przykładowo w miejscach krzyżowania się wysokich nasypów kolejowych. W analizie uwzględniono zagłębienia o powierzchni większej od 0,01 km², dlatego nie obejmuje ona drobnych form górnictwa odkrywkowego.

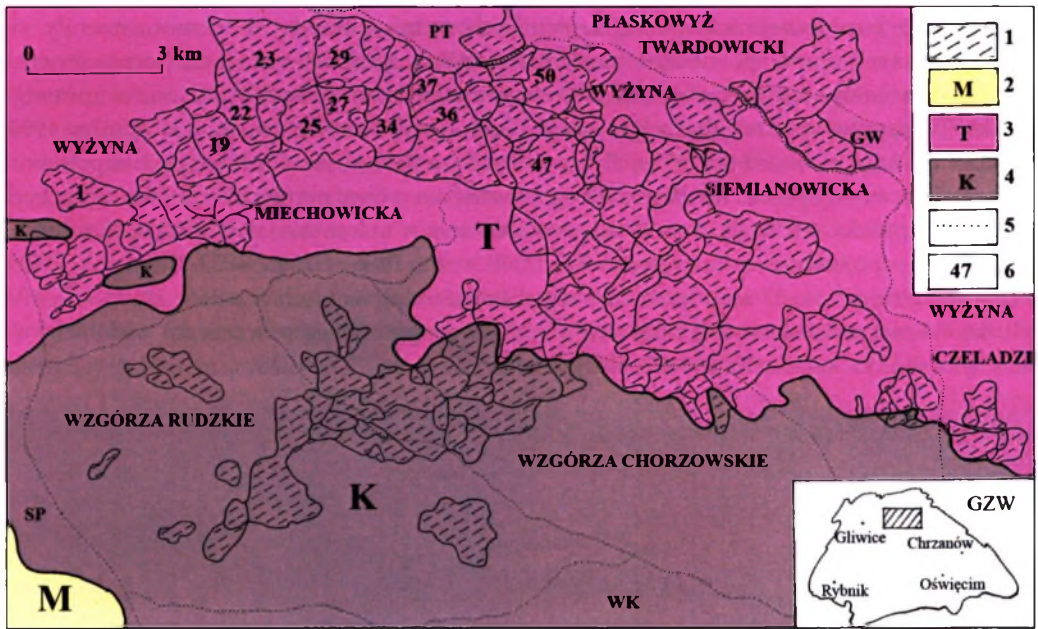
Zidentyfikowano 233 zagłębienia bezodpływowe o łącznej powierzchni 122,3 km² (4,3% powierzchni obszaru badań, a 7,6% powierzchni obszaru górniczego). Jest to wielkość 4-krotnie większa niż prognozowali MACKIEWICZ I IN. (1979) dla województwa katowickiego na 1990 rok (31 km²). Około ¾ form występuje w północno-centralnej części GZW w dwóch zwartych pasach, z których jeden jest niemal współkształtny z występowaniem warstw siodłowych. Litologia utworów pokrywowych na obszarze występowania zagłębień bezodpływowych jest mało zróżnicowana, gdyż na powierzchni występują osady, w ogólności gliniaste.

Zagłębienia bezodpływowe koncentrują się przede wszystkim w strefie triasowej (rys. 37) – tu występuje ponad 56% wszystkich form (131) o łącznej powierzchni 74,6 km², co stanowi aż 61% ogólnej powierzchni zagłębień bezodpływowych. W strefie karbońskiej zidentyfikowano 50 form zajmujących powierzchnię 23 km² (18,8%), a w strefie miocenińskiej 52 formy o sumarycznej powierzchni 24,7 km² (20,2%). Przeważają zagłębienia „suche”, a zawodnione są 82 formy (35,2%), – połowa zagłębień w strefie karbońskiej, 36% form w strefie triasowej i 21% w strefie miocenińskiej.

Zagłębienia bezodpływowe występują w 19 jednostkach geomorfologicznych, ale istotnym elementem rzeźby są w 6 z nich. Absolutnie wyjątkową pozycję pod tym względem zajmuje Wyżyna Siemianowicka, gdzie formy bezodpływowe zajmują niemal 40 km² powierzchni, co oznacza, że aż połowa obszaru tej jednostki geomorfologicznej została wyłączona z odpływu fluwialnego. Na Wyżynie Miechowickiej zagłębienia bezodpływowe zajmują łącznie powierzchnię 23,7 km² (22% powierzchni Wyżyny), na Płaskowyżu Rybnickim 15,8 km² (3,6%), na Wzgórzach Chorzowskich – 11,1 km² (24,2%), na Wzgórzach Rudzkich – 8,4 km² (15,5%), a na Wysoczyźnie Rachowickiej – 7,8 km² (3,2%).

Opisywane formy są zróżnicowane pod względem rozmiarów. W strefie triasowej powierzchnia zagłębień bezodpływowych mieści się w przedziale 0,03 – 3,2 km², wynosząc średnio 0,57 km², przy czym aż 24 formy mają powierzchnię większą niż 1 km². W pozostałych dwóch strefach – karbońskiej i miocenińskiej, powierzchnia zagłębień bezodpływowych jest mniejsza, wynosi średnio 0,46 km², przy rozpiętości od 0,03 do 1,8 - 2 km² - w każdej z nich jest po 6 form o powierzchni większej od 1 km². Szerokości form są zróżnicowane, ale najczęściej wynoszą około 1 km (\pm 200 – 300 m). PERSKI (2000) podaje, że w interferometrycznym obrazie rzeźby terenu obszaru bytomskiego dla 1995 roku jest wyraźnie widoczny szereg bezodpływowych zagłębień o rozmiarach kilku kilometrów. Autorka nie stwierdziła żadnej formy o szerokości przekraczającej 3 km. W tabeli 26 zestawiono podstawowe dane dla największych zagłębień bezodpływowych na obszarze GZW.

Zagłębienia bezodpływowe ograniczone naturalnymi działaniami wodnymi to formy owalne lub elipsowate (fot. 19A), kształty pozostałych form, o granicach częściowo sztucznych, biegnących kulminacjami zwałowisk i wysypisk (fot. 19B), a także nasypami kolejowymi lub drogowymi (fot. 19C) są bardziej zróżnicowane. Dość dużo niecek jest podzielonych nasypami na kilka mniejszych form o nieregularnych kształtach.



Rys. 37. Rozmieszczenie zagłębień bezodpływowych w północnej części GZW według stanu w 1993 roku
 1 – zagłębienia bezodpływowe, 2 – utwory miocenu, 3 – utwory triasu, 4 – utwory karbonu górnego, 5 – granice jednostek geomorfologicznych, 6 – numery zagłębień bezodpływowych wymienionych w tabeli 26; objaśnienia skrótów: GW – Garb Wojskowicki, PT – Płaskowyż Tamowski, SP – Strefa Podstokowa, WK – Wzgórza Kochłowieckie

Fig. 37. Location of closed basins in the northern part of the Upper Silesian Coal Basin in 1993
 1 – closed basins, 2 – Miocene deposits, 3 – Triassic deposits, 4 – Upper Carboniferous deposits, 5 – boundaries of geomorphological units, 6 – numbers of closed basins listed in table 26; abbreviations: GW – the Hummock of Wojkowice, PT – the Twardowice Plateau, SP – Podstokowa Zone, WK – the Kochłowiec Hills

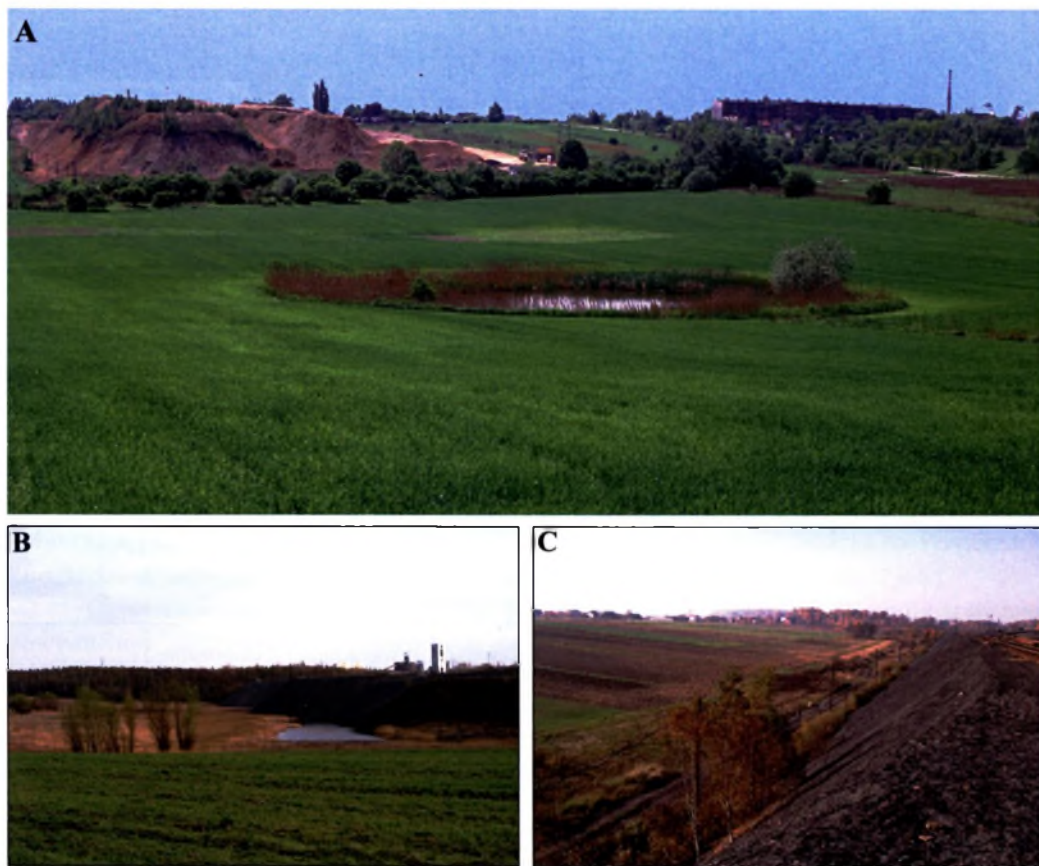
Tabela 26. Zagłębienia bezodpływowe o największej objętości osiadań w GZW zestawione według jednostek geomorfologicznych¹

Table 26. Closed basins with the largest subsidence volume in the Upper Silesian Coal Basin, listed according to geomorphological units¹

Nr	Jednostka geomorfologiczna	Kopalnia	Objętość osiadań [mln m ³]	Powierzchnia [km ²]	Maksymalne deniwelacje [m]	Zmiany średniego spadku 1883-1993 [°]
23	Wyżyna Miechowska	Powstańców Śl.	34,5	3,23	17,5	+ 1,1
29	Wyżyna Miechowska	Powstańców Śl.	30,9	1,74	34,4	+ 1,2
47	Wyżyna Siemianowicka	Rozbark	26,0	1,66	48,1	+ 2,3
25	Wyżyna Miechowska	Bobrek, Centrum	18,5	1,97	40,0	+ 0,9
50	Wyżyna Siemianowicka	Julian	16,7	1,41	28,7	+ 0,8
19	Wyżyna Miechowska	Miechowice, Bobrek	15,4	1,37	30,0	+0,3
27	Wyżyna Miechowska	Centrum	14,2	0,77	27,8	+ 1,6
1	Wyżyna Miechowska	Pstrowski	13,5	1,10	18,3	+ 2,2
34	Wyżyna Miechowska	Centrum	13,4	1,06	22,5	+ 0,7
37	Wyżyna Siemianowicka	Centrum, Powstańców Śl.	11,2	0,74	27,4	+ 1,1
22	Wyżyna Miechowska	Bobrek	10,5	1,03	24,5	+ 0,4
36	Wyżyna Siemianowicka	Centrum		0,93	33,7	+ 1,6

¹ numeracja form zgodna z numeracją na rys. 37

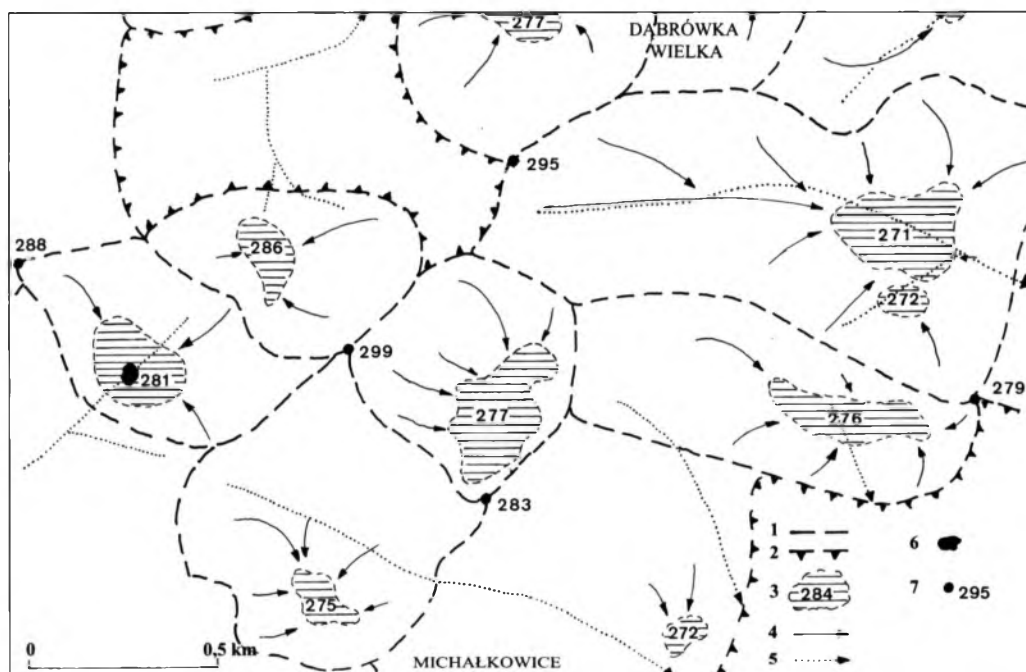
Wraz z wyodrębnieniem się zagłębień bezodpływowych ze zlewni zmieniły się warunki dotychczasowego obiegu materii. Przemieszczanie utworów powierzchniowych jest skierowane do wewnątrz form, dlatego pogórnice formy wklęsłe z geomorfologicznego punktu widzenia to nowe bezodpływowe baseny sedymentacyjne. WACH (1987a, 1991) wyraził opinię, że obecność dużej ilości małych zagłębień bezodpływowych upodabnia obszar górniczy do obszaru młodoglacjalnego, zwłaszcza wobec ogromnej ilości występujących w nich zbiorników wodnych, uzasadniającej stosowanie w literaturze geograficznej określenia - górnośląskie pojezierze antropogeniczne (JANKOWSKI 1986, CZAJA 2003, RZĘTAŁA 2008). Przedstawione na rys. 37 rozmieszczenie zagłębień bezodpływowych, a na fot. 1C, 9, 11B, 19A ich fizjonomia, także narzucają skojarzenie krajobrazowego (nie genetycznego) podobieństwa terenu badań do obszaru młodoglacjalnego.



Fot. 19. Główne rodzaje zagłębień bezodpływowych na obszarze osiadań górniczych
 A – małe zagłębień bezodpływowe w niecce osiadania ograniczone naturalnym wododziałem, Bytom-Rozbark, Wyżyna Siemianowicka, 2003 rok, B – zagłębień bezodpływowe częściowo ograniczone zwałowiskiem, Bytom-Karb, Wyżyna Miechowicka, 2010 rok, C – zagłębień bezodpływowe częściowo ograniczone wysokim nasypem kolejowym, Pniówek, Płaskowyż Rybnicki, 2005 rok

Photo 19. Main types of closed basins in the subsided area
 A – a small closed basin in the subsided area confined by a natural watershed, the Bytom-Rozbark, Siemianowice Upland, B – a closed basin partially confined by a mining waste heap, the Bytom-Karb, Miechowice Upland, 2010, C – a closed basin partially confined by a high railway embankment, Pniówek, the Rybnik Plateau, 2005

Przemieszczanie materii w zagłębieniach bezodpływowych zostało zmienione przede wszystkim pod względem kierunku i długości transportu materiału w wyniku spłukiwania. Odwrócenie naturalnych spadków terenu spowodowało skierowanie spływu powierzchniowego do centrum niecki, a jednocześnie wyraźne skrócenie jego drogi do bazy erozyjnej (rys. 38). W większości zagłębień dominują stoki o długościach 300 - 700 m, jedynie w dużych formach są dłuższe niż 1 km. Maksymalne deniwelacje w obrębie zagłębień bezodpływowych wynoszą średnio 20-22 m, ale mieszczą się w bardzo szerokim przedziale – od 3,2 m do 117,5 m. Największe deniwelacje, powyżej 40 m są najczęściej związane z występowaniem zwałowiska w strefie wododziałowej zagłębienia – tak duże wysokości względne stwierdzono dla 15 form. W 84% form ich wyodrębnienie się w rzeźbie związane było ze zwiększeniem średnich nachyleń stoków, najczęściej o 1°, ale w 74 zagłębieniach (32%) średnie spadki zwiększyły się o ponad 1°, maksymalnie o 4,3°. Nachylenia stoków zwiększyły się najbardziej na Płaskowyżu Rybnickim – średnio o 1,5°. Na tym lessowym obszarze można się spodziewać szczególnie intensywnego zachodzenia procesu spłukiwania, tym bardziej, że bezodpływowymi formami stały się głęboko wcięte dolinki o charakterze wąwozów.



Rys. 38. Zmiany kierunków przemieszczania materii na Wyżynie Siemianowickiej w wyniku powstania zagłębień bezodpływowych (wg Dulias 2003b, zmienione)

1 – dział wodny naturalny, 2 – dział wodny antropogeniczny, 3 – dna zagłębień bezodpływowych z zaznaczoną wysokością bezwzględną 4 – współczesne kierunki przemieszczania materii, 5 – główne kierunki przemieszczania materii w okresie przedgórnym, 6 – zbiorniki wodne, 7 – punkty wysokościowe, m n.p.m.

Fig. 38. Changes in the directions of matter movement in the Siemianowice Upland due to the formation of closed basins (after Dulias 2003b, changed)

1 – natural watershed, 2 – anthropogenic watershed, 3 – bottoms of closed basins with marked absolute height, 4 – contemporary directions of matter movements, 5 – main directions of matter movements in the pre-mining period, 6 – water reservoirs, 7 – elevation points in meters above sea level

W zagłębieniach bezodpływowych ze zbiornikami wodnymi w przemieszczaniu materii, oprócz procesu spłukiwania, bierze udział falująca woda. W literaturze geograficznej jest niewiele informacji na temat procesów brzegowych w tego typu zbiornikach wodnych -

DULIAS I RUDNICKA (2000) przedstawiły klasyfikację brzegów na podstawie badań zbiorników w widłach Brynicy i Rawy, RZĘTAŁA M.A. (2003), rozpatrując procesy brzegowe w zbiornikach przepływowych poczyniła także uwagi odnośnie ich przebiegu w niektórych akwenach bezodpływowych, natomiast najszerszej wypowiedział się na ten temat MACHOWSKI (2010), charakteryzując zbiorniki wodne w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej. Wymienieni autorzy podkreślają, że procesy brzegowe w największym stopniu są zależne od falowania wiatrowego. MACHOWSKI (2010) obserwował na obszarze „Żabich Dołów” na Płaskowyżu Bytomskim efemeryczne mikroklify o wysokościach do 20 cm, oraz bardziej trwałe mikrozatoki, a w jednym ze zbiorników w Zabrze Makoszowach niewielkie mikroterasy. Autor zwraca uwagę, że działalność abrazyjna fal jest większa w czasie niemal corocznego, letniego obniżania poziomu wody w zbiornikach. O mikroterasach w najgłębszej bezodpływowej niecce osiadania na obszarze GZW (rys. 26, fot. 9) piszą SOLARSKI I PRADELA (2010b), wiążąc je ze stopniowym obniżaniem poziomu wody w akwencie, począwszy od 2005 roku. Autorka obserwowała wzmiankowane mikroterasy w 2006 roku (fot. 20A). Pewne znaczenie w kształtowaniu brzegów mają także zjawiska lodowe, głównie w okresie zaniku kry lodowej.



Fot. 20. Formy brzegowe i osady zagłębiń bezodpływowych na Wyżynie Miechowickiej
 A – mikroterasy na wyspie w najgłębszej niecce osiadania w Bytomiu Miechowicach; B, C: niecka osiadania w Bytomiu przy ulicy Dworskiej: B – osady dno odświeżone w okresie niskiego stanu wody, 2006 rok, C – to samo zagłębienie w czasie wysokiego stanu wody, 2010 rok

Photo 20. Shore landforms and deposits in closed basins in the Miechowice Upland
 1 – microterraces on an island in the deepest subsidence basin in Bytom Miechowice; B, C: subsidence basin in Bytom, Dworska Street: B – bottom sediments during the period of low water level, 2006, C – the same basin during the period of high water level, 2010

Obieg materii, zarówno w systemach otwartych, jak i w zagłębieniach bezodpływowych jest realizowany także drogą eoliczną, przy czym w tych drugich, ze względu na ich małe rozmiary, wydaje się odgrywać większą rolę w bilansie przemieszczanej materii. W czasie badań terenowych autorka niejednokrotnie obserwowała proces rozwiewania osadów, zarówno antropogenicznych, jak i naturalnych (fot. 2E, 12D). Na rozwiewanie szczególnie podatne są grunty rolnicze na Wyżynie Siemianowickiej oraz materiał zwałów górniczych na Płaskowyżu Rybnickim, gdzie chmury pyłów unoszące się nad pozbawionymi roślinności zwałowiskami bywały widoczne z odległości ponad 2 km. Sprzyjające warunki dla występowania procesów eolicznych stwarzają cechy litologiczne podłoża badanego obszaru - pyłowe i gliniaste utwory pokrywowe oraz drobna frakcja materiału składanego na zwałowiskach, a zwłaszcza w osadnikach. Procesy eoliczne zachodzą także w piaskowniach, ale większość z nich ze względu na system rowów odwadniających nie mieści się w kategorii zagłębień bezodpływowych. W formach bezodpływowych, niezależnie od przewiewania przesuszonych osadów autochtonicznych, ma miejsce depozycja osadów allochtonicznych. Charakter zmian w obiegu materii drogą atmosferyczną oddają zmiany w zanieczyszczeniu atmosfery w ostatnim półwieczu, wyrażone opadem pyłu - w latach 70. XX wieku przekraczającym najczęściej 1000 ton/km² (maksymalnie 2000 ton/km²), a pod koniec lat 90. - sięgającym kilkudziesięciu ton na kilometr kwadratowy powierzchni (maksymalnie 200 ton/km²) (LEŚNIOK I DEGÓRSKA 2008).

Istotą obiegu materii w zagłębieniach bezodpływowych, zarówno suchych, jak i zawodnionych, jest jej akumulowanie na dnie form. W procesie akumulacji uczestniczy materia mineralna ze spłukiwania, rozmywania brzegów, z suchej i mokrej depozycji z atmosfery oraz obumarła materia organiczna (fot. 20B,C). Z danych zestawionych przez RZĘTAŁĘ M.A. (2003), wynika, że miąższość osadów dennych w zbiornikach wodnych w nieckach osiadania wynosi od kilku do 25-30 cm - zagadnienie sedymentacji osadów w formach bezodpływowych przedstawiono w rozdziale 6.3.

Reasumując, powstanie zagłębień bezodpływowych zmieniło warunki obiegu materii, szczególnie w strefie wododziału Wisła - Odra, na obszarze zbudowanym ze skał triasowych. Z systemu fluwialnego zostały wyłączone przede wszystkim górne odcinki dolin. Większość zagłębień wyodrębniła się w rzeźbie w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, a wierzchnie warstwy osadów nagromadzonych w tych nowych antropogenicznych basenach sedymentacyjnych są młodego wieku (por. rozdz. 6.3). Potencjalny okres trwania bezodpływowości zależy od wielu czynników, w tym od celowych działań zmierzających do jej przerwania oraz cech morfometrycznych form. Dla funkcjonowania zagłębienia bezodpływowego, istotne znaczenie ma minimalna wysokość względna w miejscu prawdopodobnego ponownego włączenia jej obszaru w obręb zlewni rzecznej - w niektórych formach, choć nielicznych, wynosi ona jedynie 1 m.

5.4. ZMIANY STADIUM ROZWOJU RZEŻBY

Wraz z postępem geomorfologii opracowywano różne modele rozwoju rzeźby, konstatując ostatecznie, że żaden nie spełnia kryterium uniwersalności. Do terminologii geomorfologicznej weszły jednak określenia etapów rozwoju rzeźby, sięgające początkami davisowskiej koncepcji cyklu geomorfologicznego, a mianowicie - stadium młodociane, dojrzałe i starcze. W 1952 roku STRAHLER stwierdził, że stadium rozwoju geomorficznego

dorzecza można określić na podstawie skonstruowanej dla niego krzywej hipsograficznej, czyli krzywej matematyczno-statystycznej przedstawiającej graficznie strukturę wysokościową obszaru (DORYWALSKI 1953). W wielu pracach wskazuje się, że w krzywych jest „zapisana” zależność rzeźby od odporności podłoża oraz relacje między ruchami tektonicznymi a procesami denudacji (np. HENKIEL I PEKALA 1964, KASZOWSKI 1973, ŁANCZONT 1976, ZAVOIANU 1985, LIFTON I CHASE 1992, OHMORI 1993, CICCACCI I IN. 1999, HURTREZ I IN. 1999, CHEN I IN. 2003, WALCOTT I SUMMERFIELD 2008). Krzywe hipsograficzne wykorzystywano do obliczeń średniej wysokości terenu oraz hipotetycznej objętości mas skalnych odprowadzanych ze zlewni w wyniku procesów erozyjno-denudacyjnych. Biorąc powyższe pod uwagę, wyrażono przypuszczenie, że także antropogeniczne usuwanie ogromnych ilości mas skalnych ze zlewni górniczych może skutkować zmianami kształtu krzywych hipsograficznych oraz wskaźników objętości masy skalnej (DULIAS 2005a).

Pierwsze krzywe hipsograficzne dla obszaru osiadań górniczych wykonała MADOWICZ (informacja ustna). Na podstawie krzywych, wykreślonych dla obszaru testowego w okolicach Jastrzębia Zdroju na Płaskowyżu Rybnickim dla dwóch różnych cięć czasowych (1984, 1997), autorka ta obliczyła, że średnia wysokość obszaru obniżyła się w ciągu kilkunastu lat o 1 m. Tym samym uzyskała też inną, ważną z geomorfologicznego punktu widzenia informację, że tempo obniżania powierzchni w wyniku osiadań górniczych wynosiło średnio 77 mm/rok. Konstruowanie krzywych hipsograficznych stworzyło zatem możliwość wnioskowania odnośnie dynamiki przeobrażania rzeźby obszarów górniczych. W ostatnich latach wykonano je dla kilku obszarów górniczych Wyżyny Śląskiej i Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej (DULIAS 2005a, 2006, 2007a, 2010a, ALESHINA I IN. 2008, DULIAS I KUPKA 2009, ZIELIŃSKA 2009, SOLARSKI I PRADELA 2010a). Z badań tych wynika, że krzywe hipsograficzne wykonane na podstawie różnowiekowych map topograficznych oraz powiązane z nimi wskaźniki morfometryczne odzwierciedlają zmiany rzeźby zachodzące nawet w bardzo krótkim okresie czasu, rzędu kilkudziesięciu lat (DULIAS 2006). O ile jednak interpretacja zmian średnich wysokości terenu jest łatwa i nie budzi wątpliwości, o tyle zmiany wskaźników objętości masy skalnej nie są już tak jednoznaczne w ocenie. Zagadnienie jest trudne przede wszystkim z tego względu, że usuwanie materii skalnej w wyniku działalności górniczej, w tym szczególnie podziemnej, nie nawiązuje ani do kierunków grawitacyjnego spływu powierzchniowego w zlewni, ani do stosunków wysokościowych istniejących na powierzchni terenu, zaś składowanie (akumulowanie) skały płonnej i odpadów górniczych „ignoruje” wskazane przez naturę bazy erozyjne i dokonuje się, na przykład w obszarach wododzielnych. Z powyższych względów wskaźnik V_{ms} jest w pracy traktowany umownie i porównawczo dla określenia kierunku zmian.

Na potrzeby niniejszej pracy wykreślono krzywe hipsograficzne zarówno dla wybranych zlewni, jak i jednostek geomorfologicznych. Dla każdego z cięć czasowych, czyli dla lat 1883 i 1993, obliczono wskaźnik objętości masy skalnej V_{ms} i określono jego zmiany w okresie 1883-1993¹. Rzeźbę obszaru uznawano za dojrzałą, jeżeli wskaźnik V_{ms} wynosił 0,4 - 0,6 - wyższe wartości przypisywano obszarom z rzeźbą w stadium młodości, zaś niższe - w stadium starości (STRAHLER 1952).

Analizowane jednostki geomorfologiczne (25) uszeregowano według malejących wartości wskaźnika objętości masy skalnej V_{ms} dla 1883 roku, a zawierających się w przedziale 0,586 - 0,254 (tab. 27). Nieco więcej niż połowa jednostek odznaczała się wówczas rzeźbą dojrzałą, a pozostałe - rzeźbą w stadium starości. Do pierwszej grupy należały obszary

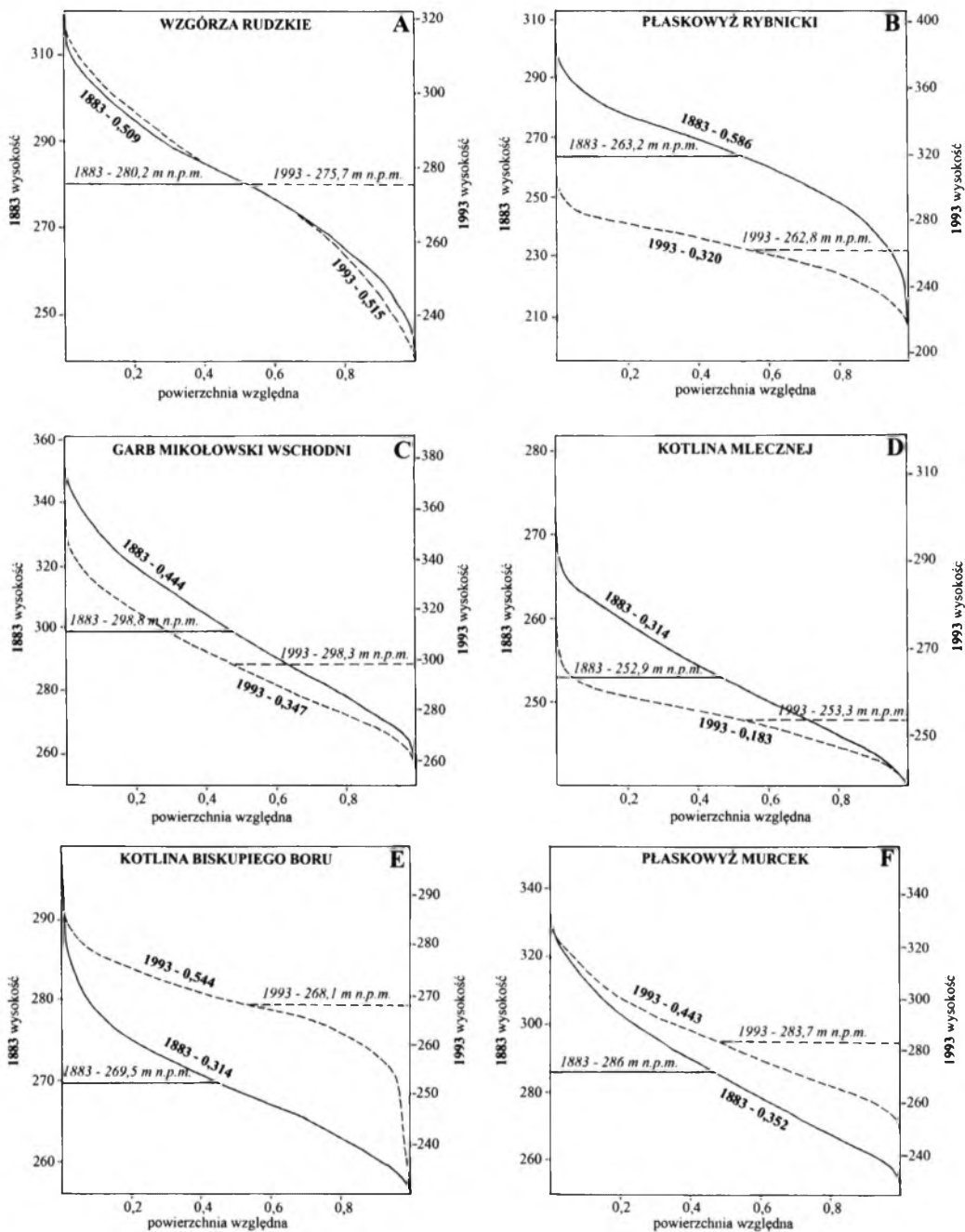
²⁴ Średnią wysokość terenu n.p.m. obliczono z numerycznych modeli terenu

z dominującym udziałem wyrównanych wierzchołków, ze znacznej miąższości pokrywą osadów plejstoceńskich, przykładowo, Wysoczyzny Przywyzynne, Wyżyny - Miechowicka i Siemianowicka, Wzgórza – Chorzowskie i Rudzkie (rys. 39A), Płaskowyż Rybnicki (rys. 39B). W drugiej grupie znalazły się kotliny tektoniczne – Mysłowicka, Mlecznej (rys. 39D), Biskupiego Boru (rys. 39E), o wyrównanych dnach ograniczonych wyraźnymi krawędziami oraz jednostki o charakterze zrębowym - Płaskowyż Murcek (rys. 39F), Płaskowzgórza Dańdówki, lub ostańcowym (Wzniesienia Grodzca). Najmniejsze wartości V_{ms} (poniżej 0,3) stwierdzono dla zlewni położonych w większości w dorzeczu Wisły. Pod tym względem wyróżniają się zlewnie dopływów Mlecznej – Pstrąжник – 0,211, Dopływ spod Mąkołowca – 0,214, a zwłaszcza Stawowy, dla którego otrzymano najniższą wartość wskaźnika objętości masy skalnej na całym obszarze badań – zaledwie 0,113. Największe wartości V_{ms} - powyżej 0,6, czyli odnoszące się do młodocianego stadium rzeźby, stwierdzono natomiast dla zlewni położonych głównie w dorzeczu Odry – na Płaskowyżu Rybnickim, Wysoczyznach Przywyzynnych, oraz w Rowie Kłodnicy, gdzie znajduje się zlewnia Dopływu z Piotrowic o maksymalnej wartości wskaźnika V_{ms} - 0,684.

Tabela 27. Zmiany wskaźnika objętości masy skalnej i stadium rozwoju rzeźby w wybranych jednostkach geomorfologicznych na obszarze GZW w okresie 1883-1993

Table 27. Changes in the ratio of rock mass volume and the stage of relief development of selected geomorphological units in the Upper Silesian Coal Basin between 1883 and 1993

Jednostka geomorfologiczna	Wskaźnik objętości masy skalnej V_{ms}			Zmiany stadium rozwoju rzeźby
	1883	1993	Zmiany V_{ms} 1883-1993	
Płaskowyż Rybnicki	0,586	0,320	- 0,266	dojrzałe → starcze
Wyżyna Miechowicka	0,563	0,532	- 0,031	
Wysoczyzna Rachowicka	0,529	0,528	- 0,001	
Wzgórza Chorzowskie	0,524	0,524	-	
Garb Mikołowski Zachodni	0,513	0,486	- 0,027	
Wzgórza Rudzkie	0,509	0,515	+ 0,006	
Wysoczyzna Wilczy	0,473	0,470	- 0,003	
Wysoczyzna Czechowicka	0,458	0,412	- 0,045	
Wysoczyzna Siemianowicka	0,452	0,429	- 0,023	
Wzgórza Rogoźnickie	0,444	0,449	+ 0,005	
Garb Mikołowski Wschodni	0,444	0,347	- 0,096	dojrzałe → starcze
Strefa Podstokowa Północna	0,416	0,462	+ 0,046	
Rów Kłodnicy	0,413	0,479	+ 0,066	
Rów Chrzanowski	0,413	0,230	- 0,182	dojrzałe → starcze
Strefa Podstokowa Południowa	0,412	0,255	- 0,157	dojrzałe → starcze
Wzgórza Kochłowickie	0,392	0,447	+ 0,055	starcze → dojrzałe
Wyżyna Czeladzi	0,378	0,468	+ 0,090	starcze → dojrzałe
Garb Wojkowicki	0,367	0,441	+ 0,074	starcze → dojrzałe
Płaskowyż Murcek	0,352	0,443	+ 0,091	starcze → dojrzałe
Płaskowzgórza Dańdówki	0,327	0,380	+ 0,053	
Wzgórza Bobrownickie	0,318	0,416	+ 0,098	starcze → dojrzałe
Kotlina Mlecznej	0,314	0,183	- 0,131	
Kotlina Biskupiego Boru	0,314	0,544	+ 0,230	starcze → dojrzałe
Wzniesienia Grodzca	0,287	0,310	+ 0,023	
Kotlina Mysłowicka	0,254	0,353	+ 0,099	



Rys. 39. Krzywe hipsograficzne wybranych jednostek geomorfologicznych na obszarze GZW dla lat 1883 i 1993
 Objasnienia: 1883 rok - linie ciągłe, 1993 rok - linie przerywane; wskaźnik objętości masy skalnej - pismo proste, pogrubione; średnia wysokość terenu n.p.m. - pismo pochyle

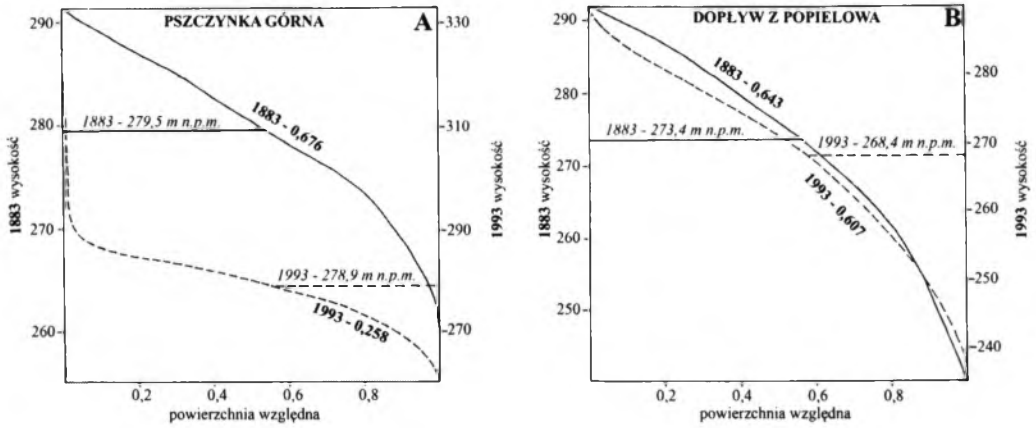
Fig. 39. Hypsographic curves of selected geomorphological units in the Upper Silesian Coal Basin for the years 1883 and 1993

Abbreviations: 1883 year - solid lines, 1993 year - dashed lines; ratio of rock mass volume - in bold standard script; the average height of land above sea level - in italic

W wartościach wskaźnika objętości masy skalnej dla 1993 roku w różnym stopniu odzwierciedlił się ubytek i przyrost mas skalnych związany z ponad stuletnią działalnością górniczą. Zmiany wartości V_{ms} w okresie 1883-1993 zawierają się w przedziale od - 0,266 do + 0,230. Z wyjątkiem Wzgórz Chorzowskich, Wysoczyzny Rachowickiej, Wysoczyzny Wilczy i Wzgórz Rudzkich, o znikomych zmianach wskaźnika V_{ms} (maksymalnie $\pm 0,006$, rys. 39A, tab. 27), rzeźba pozostałych jednostek geomorfologicznych uległa albo odmłodzeniu (11 jednostek) albo postarzeniu (9 jednostek). Rzeźba Płaskowyżu Rybnickiego (rys. 39B), Rowu Chrzanowskiego, Garbu Mikołowskiego Wschodniego (rys. 39C) oraz Strefy Podstokowej Południowej ewoluuje ze stadium dojrzałego w starcze, natomiast rzeźba - Wyżyny Czeladzi, Garbu Wojkowickiego, Wzgórz Bobrownickich, Kotliny Biskupiego Boru (rys. 39E) i Płaskowyżu Murcek (rys. 39F) została na tyle odmłodzona, że ze stadium starości „przeszła” w stadium dojrzałości (tab. 27). Nadmienić należy, iż o „swoistym odmłodzeniu rzeźby” na obszarach górniczych pisał już WACH (1987a). Zmiany wskaźnika V_{ms} na pozostałych obszarach, nawet jeżeli były znaczne, to sytuowały jednostkę w tym samym stadium rozwoju rzeźby np. w Kotlinie Mysłowickiej wskaźnik V_{ms} zwiększył się z 0,254 w 1883 roku do 0,353 w 1993 roku, czyli o 0,099, ale rzeźba tego obszaru jest nadal w stadium starości.

Jednostki geomorfologiczne, dla których wartość wskaźnika objętości masy skalnej uległa największej zmianie to Płaskowyż Rybnicki (-0,266, rys. 39B) i Kotlina Biskupiego Boru (+0,230, rys. 39E). Dla drugiej z wymienionych, zmiany wskaźnika V_{ms} wynikają z ubytku mas skalnych ze spłaszczonego dna kotliny, związanego z prowadzoną na wielką skalę eksploatacją piasków podsadzkowych, ale także węgla kamiennego. Współczesna krzywa hipsograficzna dla Kotliny ma dolny odcinek wyraźnie wypukły i wydłużony „w dół” (rys. 39E). Na Płaskowyżu Rybnickim natomiast, główną przyczyną zmian V_{ms} jest duży przyrost mas skalnych z powodu składowania odpadów górniczych - wysokie na kilkadziesiąt metrów zwałowiska, zlokalizowane na spłaszczonych wierzchołkach Płaskowyżu wystają ponad nie niczym ostańce erozyjno-denudacyjne. Ma to swoje odzwierciedlenie w krzywej hipsograficznej dla 1993 roku - wydłużonym i wklęsłym kształcie jej górnego odcinka, charakterystycznym dla stadium starczego rzeźby (rys. 39B).

Wpływ powstania zwałowisk na zmiany stadium rozwoju rzeźby przedstawiają dobitnie krzywe hipsograficzne dla Pszczyнки górnej, zlewni o powierzchni 8,71 km², położonej we wschodniej części Płaskowyżu Rybnickiego, w dorzeczu Wisły (rys. 40A). W okresie przedgórnym wskaźnik objętości masy skalnej wynosił 0,676, zatem zlewnia była w stadium młodocianym rozwoju rzeźby. W wyniku działalności górniczej średnia wysokość terenu obniżyła się o 0,6 m, ale V_{ms} zmniejszył się aż o 0,418, czyli do zaledwie 0,258, co „usytuowało” zlewnię w stadium starczym rozwoju rzeźby (w ciągu niespełna 30 lat). Główną przyczyną powyższych zmian było utworzenie w strefie wododziałowej zlewni ogromnego zwałowiska odpadów górniczych i zwiększenie maksymalnej wysokości wododziału o prawie 42 m. Potwierdzeniem słuszności takiego wnioskowania może być przykład zlewni Dopływu z Popielowa, także położonej na Płaskowyżu Rybnickim, oraz o zbliżonej do zlewni górnej Pszczyнки powierzchni (9,43 km²), ale bez zwałowisk w jej obrębie. W okresie przedgórnym zlewnia była w stadium młodocianym, gdyż V_{ms} wynosił 0,643 (rys. 40B) - pomimo bardzo intensywnej działalności górniczej, skutkującej obniżeniem średniej wysokości terenu aż o 5 m, wskaźnik objętości masy skalnej zmniejszył się jedynie o 0,036 i wynosząc w 1993 roku - 0,611, nadal lokował zlewnię w stadium młodocianym. W tabeli 28 zestawiono przykłady zlewni, w których powstanie wysokich zwałowisk w strefie wododzielnej spowodowało zmianę stadium rozwoju rzeźby (postarzenie), oraz zlewni odmłodzonych wskutek osiadania powierzchni terenu lub powstania odkrywek górniczych.



Rys. 40. Krzywe hipsograficzne wybranych zlewni na obszarze Płaskowyżu Rybnickiego dla lat 1883 i 1993
 A – zlewnia z wysokim zwałowiskiem w strefie wododziałowej w 1993 roku, B – zlewnia bez zwałowisk;
 Objasnienia: 1883 rok - linie ciągłe, 1993 rok - linie przerywane; wskaźnik objętości masy skalnej – pismo proste, pogrubione; średnia wysokość terenu n.p.m. – pismo pochyłe

Fig. 40. Hypsographic curves of selected catchments in the Rybnik Plateau for years 1883 and 1993
 A – catchment with high waste heap in watershed in 1993, B – catchment without waste heaps; abbreviations:
 year 1883 – solid lines, year 1993 – dashed lines; volume mass rock ratio – in bold standard script; the average height of land above sea level – in italic script

Tabela 28. Zmiany wskaźnika objętości masy skalnej i stadium rozwoju rzeźby wybranych zlewni z obszaru GZW
 Table 28. Changes in the ratio of rock mass volume and the stage of relief development of selected catchments in the Upper Silesian Coal Basin

Zlewnia	Wskaźnik objętości masy skalnej V_{ms}			Zmiany stadium rozwoju rzeźby 1883-1993
	1883	1993	Zmiany V_{ms} 1883-1993	
Postarzenie rzeźby				
Pszczynka górna (Pszczynka)	0,676	0,258	- 0,418	młodościane → starcze
Dopływ z Rudziczki (Pszczynka)	0,606	0,443	- 0,163	młodościane → dojrzałe
Nacyna górna (Nacyna)	0,554	0,225	- 0,329	dojrzałe → starcze
Potok górny (Gostynia)	0,478	0,320	- 0,158	dojrzałe → starcze
Rów nr 1 (Mleczna)	0,682	0,164	- 0,518	młodościane → starcze
Rawa górna (Rawa)	0,453	0,388	- 0,065	dojrzałe → starcze
Dopływ w Mikulczycach (Bytomka)	0,475	0,362	- 0,113	dojrzałe → starcze
Szotkówka górna (Szotkówka)	0,588	0,370	- 0,218	dojrzałe → starcze
Mszanka górna (Szotkówka)	0,605	0,485	- 0,118	młodościane → dojrzałe
Rów A (Szotkówka)	0,543	0,203	- 0,340	dojrzałe → starcze
Odmłodzenie rzeźby				
Dopływ z Kolonii Lasoki (Bierawka)	0,375	0,505	+ 0,129	starcze → dojrzałe
Rów Drzymały (Bytomka)	0,364	0,534	+ 0,170	starcze → dojrzałe
Segiet (Szarlejka)	0,325	0,429	+ 0,104	starcze → dojrzałe
Przyrwa górna (Mleczna)	0,366	0,502	+ 0,136	starcze → dojrzałe
Dopływ z Bojszowów (Pszczynka)	0,344	0,533	+ 0,189	starcze → dojrzałe

Kształty krzywych hipsograficznych analizowanych jednostek geomorfologicznych są generalnie wklęsło-wypukłe lub, rzadziej, jednostajnie nachylone. W przypadkach postarzenia rzeźby najbardziej zmieniają się górny i środkowy odcinek krzywej - na wykresach dla 1993 roku obniżają swe położenie stosunku do roku 1883 (rys. 39A). Odwrotnie, w sytuacjach odmłodzenia rzeźby, najbardziej zmieniają się odcinki dolny i środkowy - ich położenie na wykresie dla 1993 roku podnosi się w odniesieniu do 1883 roku (rys. 39E).

Podsumowując, podkreślić należy brak zależności między zmianami średniej wysokości terenu a zmianami wskaźnika objętości masy skalnej. Jednostki geomorfologiczne, dla których odnotowano niewielkie zmiany średniej wysokości terenu, rzędu kilkudziesięciu centymetrów, mogą charakteryzować się dużymi zmianami wskaźnika V_{ms} , a jednostki o dużych zmianach H_s , mogą odznaczać się niewielkimi zmianami wskaźnika objętości masy skalnej. Skala górniczego usuwania materii skalnej, nie ma zatem bezpośredniego przełożenia na skalę zmian wskaźnika V_{ms} . Przykładowo, dla jednostek geomorfologicznych, które były w zasięgu ogromnej presji górniczej, wyrażonej średnim obniżeniem powierzchni terenu aż o kilka metrów, takich jak Wzgórza Chorzowskie, czy Wzgórza Rudzkie, nie stwierdzono istotnych zmian ani wskaźnika objętości masy skalnej, ani kształtu krzywych hipsograficznych w okresie 1883-1993. Na podstawie uzyskanych wyników można natomiast sformułować wniosek, że zmiany takie wywołuje przede wszystkim nierównomierne rozmieszczenie działalności górniczej, a szczególnie objęcie nią jedynie części zlewni lub jednostki geomorfologicznej. Bardzo duży wpływ na zmiany wartości V_{ms} ma agradacja antropogeniczna w strefach wododziałowych (rys. 39B, 41A). Powyższe prowadzi do dość nieoczekiwanych spostrzeżeń - o ile w „normalnym” rozwoju rzeźby usuwanie materii skalnej powoduje stopniowe postarzenie rzeźby, a ruchy tektoniczne, ogólnie jej odmładzanie, o tyle w rozwoju rzeźby obszarów górniczych, przemieszczanie ogromnych ilości materii skalnej może skutkować odmłodzeniem rzeźby, postarzeniem rzeźby lub nie wywoływać żadnych zmian w tym względzie. Istotny wpływ na kształt krzywych hipsograficznych oraz wartości V_{ms} ma pojawienie się na danym obszarze nowych przedziałów wysokościowych, co powoduje „wyciągnięcie” krzywej w górę (w przypadku powstania wysokich zwałowisk w górnych częściach zlewni) lub w dół (w przypadku dużych osiadań lub powstania wyrobisk w dolnych częściach zlewni). Zarysowany w rozdziale problem wymaga szerszego opracowania - autorka pozostawia go otwartym.

*Człowiek jest czynnikiem geograficznym, zdolnym
na równi z innymi fizycznymi siłami zewnętrznymi
zmieniać powierzchnię ziemi...*

Stanisław Pawłowski 1923

6. DENUDACJA ANTROPOGENICZNA NA OBSZARZE GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Z przeglądu literatury geograficznej na temat denudacji antropogenicznej (por. rozdz. 1.2, 2, 3) wynika, że jest ona wiązana przede wszystkim z rolniczą i górniczą działalnością człowieka (np. DYLIK 1958, SŁUPIK 1973, JANIA 1983, SINKIEWICZ 1998). Większość prac dotyczy denudacji antropogenicznej mechanicznej, rozumianej jako przemieszczanie materii skalnej spowodowane, bezpośrednio i/lub pośrednio, gospodarczą aktywnością człowieka. Z pojęciem denudacji antropogenicznej nierozdzielnie jest związany termin agradacji antropogenicznej (ZAPLETAL 1968, DEMEK 1973, KOZARSKI I ROTNICKI 1978). Ilościowe ujęcie natężenia obu tych procesów jest jednym z ważniejszych zadań współczesnej geomorfologii.

Historia gospodarczego rozwoju obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wskazuje, że denudacja antropogeniczna ma tu w znacznej mierze górniczą przyczynę. Pierwsze oszacowanie skali tego procesu dla obszaru konurbacji górnośląskiej przedstawił ŻMUDA (1973), podając że kubatura osiadań do końca lat 60. XX wieku wynosiła 0,9 mld m³, co daje średnie obniżenie powierzchni terenu o 1,4 m. Odnosząc tę wartość do około 70 lat (wówczas) intensywnej działalności górniczej otrzymamy średnie tempo obniżania powierzchni - około 20 mm/rok. Cytowany autor, niezależnie od oszacowania kubatury osiadań, przedstawił także orientacyjne wyliczenia kubatury mas ziemnych przemieszczanych podczas różnych prac budowlanych, odkrywkowej eksploatacji surowców, składowania odpadów, wyrównywania terenu itp., z których wynika, że w procesie tym uczestniczyło ponad 781 mln m³ materiału ziemnego, co po równomiernym rozłożeniu na obszarze konurbacji dałoby warstwę o miąższości około 97 cm.

We wschodniej części Wyżyny Śląskiej badania nad denudacją antropogeniczną prowadzili APARTA I JANIA (1980) oraz JANIA (1983). Z ich wyliczeń wynika, że w zlewni Czarnej Przemszy, położonej i będącej w zasięgu intensywnej eksploatacji piasków podsadzkowych, wskaźnik mechanicznej denudacji antropogenicznej wynosił w latach 70. XX wieku - 17 mm/rok, czyli był niemal 600 razy większy niż wskaźnik naturalnej denudacji globalnej oszacowany dla tej części Wyżyny przez DĘBSKIEGO (1959) na 0,03 mm/rok. Rozmiary denudacji antropogenicznej na obszarze eksploatacji węgla kamiennego, wynikające z badań różnych autorów, wynoszą najczęściej 20-60 mm/rok (MADOWICZ 2001, DULIAS 2005a,

2007a,b, 2010a, 2011a, DULIAS I SZCZYPEK 2005, KUPKA I IN. 2005, 2008, WOJCIECHOWSKI 2007, ALESHINA I IN. 2008, ŁAJCZAK 2009), ale na niektórych obszarach, w skalach krótkoterminowych, sięgają nawet kilkuset mm/rok (PERSKI 2000, MIREK I ISAKOW 2009).

W niniejszej pracy termin denudacja antropogeniczna (D_A) jest używany w znaczeniu denudacji mechanicznej wynikającej z działalności człowieka – bezpośredniej (D_{AB}) lub pośredniej (D_{AP}) - analogicznie rozróżniono agradację antropogeniczną (A_A) – bezpośrednią (A_{AB}) i pośrednią (A_{AP}). W rozdziale przedstawiono wskaźniki denudacji antropogenicznej dla obszaru GZW, obliczone różnymi metodami (por. rozdz. 1.5). Pierwsza z nich nawiązuje do ścieżki obliczeniowej zaproponowanej przez ŻMUDE (1973) i po części, przez JANIE (1983), bazującej na statystyce wydobywania surowca i skały płonnej oraz odpowiednich współczynników eksploatacji. Druga metoda została oparta o analizę morfometryczną z wykorzystaniem numerycznych modeli terenu dla lat 1883 i 1993. Trzeci sposób określenia natężenia denudacji antropogenicznej jest związany z badaniami osadów w zagłębieniach bezodpływowych z wykorzystaniem metod – strat prażenia oraz datowania osadów izotopem ^{137}Cs . Zestawiono także inne dane, głównie te wynikające z bezpośrednich obserwacji i pomiarów terenowych.

Wyniki uzyskane wymienionymi metodami są miarą denudacji antropogenicznej pośredniej (D_{AP}), ale w dużym stopniu nieporównywalne między sobą. Metodami – „cezową” i strat prażenia obliczono tempo przemieszczania materii skalnej po powierzchni terenu ku bazie erozyjnej, natomiast metodami – morfometryczną i „bilansu wydobywania” obliczono tempo obniżania powierzchni nad wyrobiskami podziemnymi, czyli przemieszczania materii skalnej z dominującym lub niemal wyłącznym udziałem składowej pionowej ruchu i bez nawiązania do powierzchniowej bazy erozyjnej. Czynnikiem sprawczy przemieszczeń – podziemna eksploatacja kopaliny, pozwala określać je przymiotnikiem „antropogeniczne”, a morfologiczny skutek przemieszczeń - obniżenie powierzchni terenu – porównywać z morfologicznymi skutkami denudacji. Wydaje się jednak, że akcentować należy także „tektoniczny” charakter przemieszczeń geomechanicznych.

6.1. DENUDACJA ANTROPOGENICZNA OBLICZONA NA PODSTAWIE WYDOBYCIA SUROWCÓW MINERALNYCH

Z danych przedstawionych w rozdziale 4 wynika, że na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego do 2009 roku wydobyto około 13,24 mld ton kopaliny, z tego aż 93,8% przypada na węgiel kamienny i piaski podsadzkowe, a zaledwie 6,2% na pozostałe surowce – rudy cynku i ołowiu, rudy żelaza, kruszywa, dolomity, wapienie, margle, kamienie łamane i bloczne oraz surowce ilaste (tab. 29). Ubytek mas skalnych z podłoża GZW jest zatem związany niemal w całości z górnictwem węgla kamiennego i piasków podsadzkowych. Uwzględniając dodatkowo wydobywanie skały płonnej w kopalniach węgla kamiennego – szacunkowo około 2,1-4,3 mld ton, oraz fakt, że niemal 90% wydobywania węgla przypada na XX wiek, okazuje się, że w ciągu 100 lat górnictwo węgla kamiennego i piasków podsadzkowych spowodowało usunięcie 20 razy więcej materiału skalnego niż górnictwo wszystkich innych surowców razem wziętych przez ostatnie 1000 lat. Kamieniołomy, glinianki, warpia, leje zapadliskowe, osadniki flotacyjne – wszystkie formy antropogeniczne związane z wydobywaniem rud cynku, ołowiu, żelaza i innych niż piaski podsadzkowe surowców skalnych, mimo wyraźnej obecności w rzeźbie GZW, stanowią zaledwie 5-6%

objętości niecek osiadania i piaskowni. Zmiany rzeźby związane z górnictwem węgla kamiennego mają charakter regionalny, wielkopowierzchniowy (obszary górnicze wszystkich kopalń w GZW zajmują łącznie powierzchnię 1777,6 km²), a górnictwo pozostałych surowców lokalny. Dalsza analiza dotyczy zatem tylko denudacji antropogenicznej związanej z górnictwem węgla kamiennego i piasków podsadzkowych.

Tabela 29. Wydobycie surowców mineralnych na obszarze GZW do 2009 roku
Table 29. Mineral resources extraction in the Upper Silesian Coal Basin until 2009

Surowiec	Powierzchnia obszaru górniczego [km ²]	Wydobycie do 2009 roku [mln ton]	Udział w wydobyciu surowców w GZW [%]
Węgiel kamienny	1777,6	10 667	80,55
Piaski podsadzkowe	76,3	1 755	13,25
Kruszywa naturalne	15,0	300	2,27
Surowce skalne zwięzłe	6,1	280	2,12
Rudy cynku i ołowiu	160,0	200	1,51
Rudy żelaza	7,0	20	0,15
Surowce ilaste	3,0	20	0,15

Kubatura obniżen na obszarze górnictwa węgla kamiennego w GZW, obliczona na podstawie bilansu wydobycia, według metody przedstawionej w rozdziale 1.5 wynosi ponad 5 mld m³, co daje średnie obniżenie jego powierzchni o 2,8 m (tab. 30). Obszary górnicze położone w Kotlinie Raciborsko-Oświęcimskiej obniżyły się przy tym średnio o 1,9 m, natomiast znajdujące się w granicach Wyżyny Śląskiej, średnio dwukrotnie bardziej, gdyż o 3,7 m. Średnie obniżenie obszaru wpływów górniczych wynosi 4,2 m. Poszczególne kopalnie różnią się pod względem średniego obniżenia powierzchni do 2009 roku – największe obliczono dla kopalń „Centrum” - 17,2 m, „Szombierki” – 10,8 m i „Wawel” – 10,4 m, najmniejsze dla krótko działających kopalń „Morcinek” – 0,3 m i „Żory” – 0,4 m, oraz dla dużej pod względem powierzchni kopalni „Gliwice” – 0,4 m. W tabeli 31 zestawiono wielkości denudacji antropogenicznej w odniesieniu do całkowitej powierzchni poszczególnych kopalń węgla kamiennego, natomiast rys. 41 obrazuje średnie wielkości D_A w odniesieniu do obszaru wpływów górniczych.

Okres do 1882 roku. W początkowym okresie górnictwo koncentrowało się na Wyżynie Śląskiej. Zmiany rzeźby z nim związane miały miejsce głównie na obszarze Wzgórz Rudzko-Chorzowskich, gdzie na wychodniach skał karbońskich, pozyskano prawie 50% ówczesnej produkcji węgla, oraz na Wyżynie Siemianowickiej (około 17%) i na Płaskowyżu Murcek (niecałe 9%). Przekształcenia rzeźby były związane z odkrywkową i płytką eksploatacją na rozległych powierzchniach, stąd krajobraz pogórnicy przedstawiał się, jako zryty kopankami, rozdarty szczelinami i lejami zapadliskowymi, pomiędzy którymi wznosiły się liczne hałdy materiału odpadowego. Skala powstawania deformacji nieciągłych była bardzo duża, gdyż płytke kopalnictwo powodowało zawały sięgające do powierzchni terenu. W rejonach największej działalności górniczej zapadliska i szczeliny na powierzchni terenu były na tyle liczne, że wymuszały składowanie drobnego, samozapalnego węgla, w miejscach uniemożliwiających przedostanie się pożaru do podziemnych wyrobisk górniczych, ale i tak dymy sączące się z wnętrza ziemi były charakterystycznym elementem krajobrazu (KOSSUTH 1961). Wody powierzchniowe spływały bezpośrednio przez zawaliska

do kopalń, dlatego w celu zmniejszenia zagrożenia wodnego formy te otamowywano lub zasypywano, a szczeliny uszczelniano (JAROS 1962). Przyczyną wielu zawałów była także niestaranna obudowa upadowych, a przypadki szczególnie gwałtownego zawalenia się wyrobisk zdarzały się w wyniku stosowania szachownicowej metody eksploatacji. Podparty „pieńkami” strop miał się nie załamywać, co miało chronić powierzchnię ziemi przed szkodami górnictwami. Okazało się jednak, że z metodą takiej wybierki są związane niezwykle gwałtowne procesy zapadliskowe, a obrywanie się mas skalnych było w połowie XIX wieku przyczyną połowy wypadków w górnictwie. Przykładem wielkiego zawału może być gwałtowne i całkowite zapadnięcie się pola o powierzchni 17 000 m² na obszarze kopalni „Król” (KOSSUTH 1965). Rozmiary niektórych zapadlisk były ogromne - w połowie XIX wieku na terenie kopalni „Siemianowice” („Huta Laura”) w pustki kopalniane zawaliła się wielka hałda zawierająca 40 000 ton palących się odpadów (PIERNIKARCZYK 1933/1934). Górnośląski Związek Górnictwo-Hutniczy zalecił, by stosować metodę szachownicową tylko wyjątkowo, ale zalecenie to nie było przestrzegane, gdyż taka wybierka umożliwiała osiągnięcie szybkich i wysokich zysków, mimo dewastacji powierzchni terenu i ogromnych strat zasobów węgla.

Tabela 30. Wskaźniki denudacji antropogenicznej obliczone na podstawie wydobycia węgla kamiennego i skały płonnej w kopalniach na obszarze GZW w latach 1769-2009¹

Table 30. Indices of anthropogenic denudation calculated from coal and waste rocks production in the Upper Silesian Coal Basin between 1769 and 2009¹

Wskaźnik/cecha	Wyżyna Śląska	Kotlina Raciborsko-Oświęcimska	Obszar górniczy
Powierzchnia obszaru górniczego [km ²]	921,8	855,8	1777,6
Wydobycie węgla kamiennego do 2009 roku [mln ton]	7342,9	3123,5	10 466,4
do 1882	118,2	1,9	120,1
1883-1993	6453,8	2278,6	8732,4
1994-2009	770,9	843,0	1613,9
Kubatura osiadań do 2009 roku [mln m ³]	3379,6	1631,9	5011,5
do 1882	67,5	1,1	68,6
1883-1993	2921,6	1155,0	4076,6
1994-2009	390,5	475,8	866,3
Średnie obniżenie powierzchni do 2009 roku [m]	3,7	1,9	2,8
do 1882 ²	0,17-0,34	0,04	0,17-0,34
1883-1993	3,2	1,3	2,3
1994-2009	0,4	0,6	0,5
Denudacja antropogeniczna do 2009 roku [mm/rok]	15	11	12
do 1882 ²	1-3	1	1-3
1883-1993	29	12	21
1994-2009	25	37	31

¹ bez uwzględnienia małych, krótko działających kopalń

² obliczenia dla ówczesnego obszaru górniczego

W XVIII i XIX wieku eksploatację prowadzono w większości pod terenami nie zabudowanymi, a szkody górnicze uniemożliwiały przede wszystkim uprawy zbóż z powodu „pofalowania” powierzchni terenu (JAROS 1965). Urzędy górnicze nie udzielały czasem koncesji na otwarcie kopalni, właśnie z obawy przed zniszczeniem pól uprawnych, np. w okolicy Mysłowic (PIERNIKARCZYK 1933/1934). Istniejące i potencjalne deformacje powierzchni terenu stały się bardzo uciążliwe wraz z zagęszczeniem zakładów przemysłowych i rozbudową osiedli

mieszkańczych. W miarę upływu czasu zdecydowana większość form antropogenicznych z tego okresu została jednak zniwelowana. Nie mniej dawne rejony płytkiego kopalnictwa stanowią nadal zagrożenie nieoczekiwaną reaktywacją starych zrobów. Przykładem mogą być liczne zapadliska, powstałe w 2010 roku w Orzeszu nad starymi zrobami kopalni „Bolesław Śmiały” (GRYGIERCZYK 2010).

Tabela 31. Denudacja antropogeniczna na obszarze GZW obliczona na podstawie wydobywania węgla kamiennego i skały płonnej (w odniesieniu do obszarów górniczych kopalni)

Table 31. Anthropogenic denudation in the Upper Silesian Coal Basin calculated from coal and waste rocks production (pertaining to the mining areas of coal mines)

Lp.	Kopalnia	Kubatura osiadań do 2009 roku [mln m ³] ¹	Średnie obniżenie obszaru górniczego w latach 1883-1993 [m]	Denudacja antropogeniczna na obszarze górniczym [mm/rok] ²		
				do 1882	1883-1993	1994-2009
Wyżyna Śląska						
1.	Andaluzja	62,9	6,5		79	83
2.	Barbara-Chorzów	62,3	4,1	16	37	
3.	Bielszowice	251,5	6,2	4	56	49
4.	Bobrek	88,5	6,4		76	82
5.	Bolesław Śmiały	89,1	1,0		9	13
6.	Centrum	100,7	14,7		159	154
7.	Czeladź-Milowice	47,9	7,6	2	68	18
8.	Grodziec	26,1	1,1		11	20
9.	Halemba	81,0	2,3		58	84
10.	Jan Kanty	31,4	1,2		16	11
11.	Jaworzno	129,2	2,3	1	21	31
12.	Jowisz	25,9	2,1		26	32
13.	Julian	39,3	2,9		73	59
14.	Katowice	49,6	5,5	7	50	17
15.	Kazimierz-Juliusz	48,6	1,7		17	18
16.	Kleofas	75,6	4,4		41	26
17.	Miechowice	62,3	4,9		53	42
18.	Murcki	82,4	1,3		11	30
19.	Mysłowice	58,7	4,1	1	37	54
20.	Niwka-Modrzejów	31,2	1,4		14	17
21.	Nowy Wirek	63,4	7,5	25	68	96
22.	Paryż	50,7	1,7	1	16	4
23.	Pokój	108,3	8,3	3	74	102
24.	Polska	171,1	6,1	6	55	38
25.	Porąbka-Klimontów	43,3	2,5		25	10
26.	Powstańców Śląskich	107,3	5,7	3	51	33
27.	Pstrowski ³	206,7	3,0	2	27	2
28.	Rozbark	104,6	8,0	18	72	46
29.	Saturn	24,5	1,2		11	4
30.	Siemianowice	143,2	4,3	1	39	15
31.	Siersza	67,6	1,6		14	13
32.	Sosnowiec	34,4	1,6	1	14	3
33.	Staszic	61,3	2,2		64	103

34.	Szombierki	111,5	10,7	5	97	
35.	Śląsk-Matylda	60,1	8,0	23	88	
36.	Śląsk	32,8	1,3		66	59
37.	Wawel	135,1	10,6	17	95	35
38.	Wesoła	101,4	1,5		19	41
39.	Wieczorek	99,1	5,2	6	47	37
40.	Wujek	70,4	5,1		54	72
41.	Ziemowit	138,6	1,6		16	42
	Wyżyna Śląska	3379,6	4,4	1-3	28	26
Kotlina Raciborsko-Oświęcimska						
42.	1 Maja	34,8	0,9		23	23
43.	Anna	81,9	2,3		79	83
44.	Borynia	47,3	1,5		67	75
45.	Brzeszcze	85,1	2,4		28	48
46.	Budryk	23,7	-			60
47.	Chwałowice	72,6	2,4		27	71
48.	Czeczott	22,6	0,6		57	82
49.	Dębieńsko ¹	58,9	1,1		12	18
50.	Gliwice	34,5	0,3		4	6
51.	Janina ³	68,7	0,8		10	20
52.	Jankowice	95,7	4,1		53	131
53.	Jastrzębie	59,0	2,0		65	89
54.	Knurów	106,1	2,1		24	42
55.	Krupiński	25,1	0,2		25	44
56.	Makoszowy	119,1	3,3		38	55
57.	Marcel	86,5	1,1		10	27
58.	Morcinek	6,1	0,1		16	31
59.	Moszczenica	35,6	2,2		79	47
60.	Piast ¹	91,6	1,0		56	55
61.	Pniówek	59,0	0,9		47	67
62.	Rydułtowy	99,5	1,7	1	15	25
63.	Rymer	42,7	2,1		22	28
64.	Silesia	31,8	1,1		14	23
65.	Sońnica	107,3	2,5		33	46
66.	Szczygłowice	76,8	2,4		74	69
67.	Zofiówka	54,0	1,9		76	84
68.	Żory	5,9	0,3		21	13
	Kotlina Raciborsko-Oświęcimska	1631,9	1,6	1	12	33
	Obszar górniczy GZW	5011,5	3,3	0,35	21	30

¹ Kubatura obliczona wg metody przedstawionej w rozdziale 1.5

² Okresy badań wyznaczone latami wydania map topograficznych wykorzystanymi w metodzie morfometrycznej

³ Kopalnia położona na pograniczu Wyżyny Śląskiej i Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej

Do 1850 roku obszar nadań górniczych na węgiel kamienny w okręgu górnośląskim wynosił 232 km², w okręgu krakowskim 11,7 km², a w dąbrowskim około 25-30 km². Łączny obszar nadań górniczych w Zagłębiu Górnośląskim nie przekraczał 300 km², ale w znacznej części pola te nie były eksploatowane (JAROS 1965). Według szacunkowych obliczeń do 1882

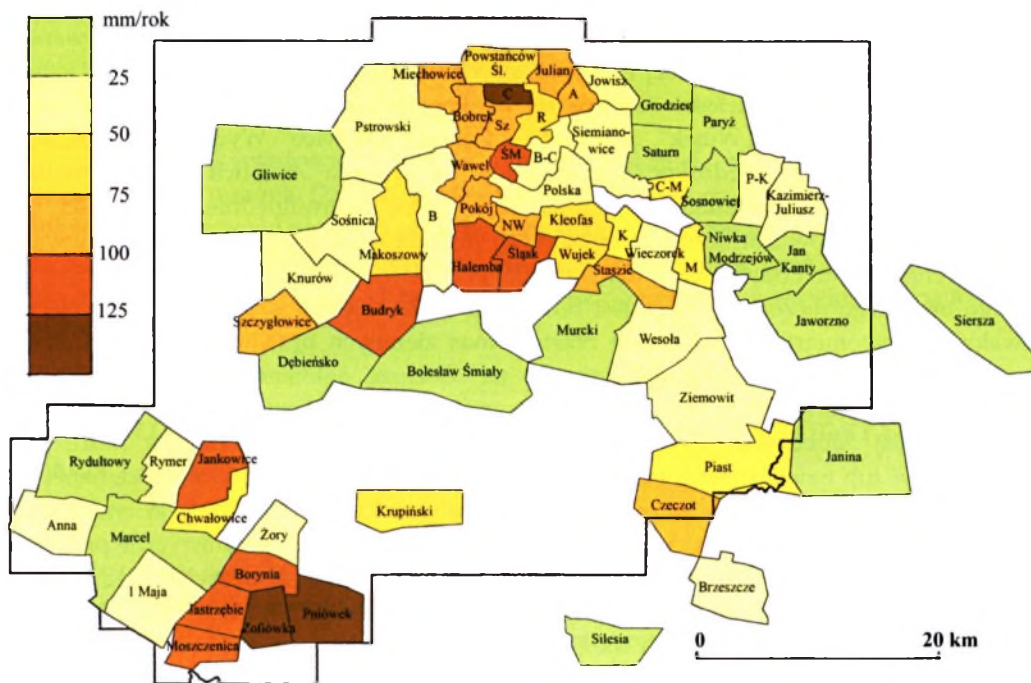
roku powierzchnia obszarów górniczych wzrosła do około 400 km², przy czym w zasięgu bezpośrednich wpływów górniczych było około 200 km². Na podstawie obliczonej teoretycznej kubatury osiadań (68,6 mln m³) można wnosić, że średnie obniżenie powierzchni terenu mogło wynosić 0,17-0,34 m. Wskaźnik denudacji antropogenicznej dla okresu 1769-1882 kształtowałby się w granicach 1-3 mm/rok, a największe wartości – 23-25 mm/rok, odnosiłyby się do kopalń „Nowy Wirek” i „Śląsk-Matylda” oraz „Rozbark”, „Wawel” i „Barbara-Chorzów” – 16-18 mm/rok (tab. 31). Biorąc jednak pod uwagę fakt, że prawie wszystkie zapadliska wywołane pracami górniczymi w XVIII i XIX wieku zostały zniwelowane, a część wyrobisk górniczych z tamtego okresu w ogóle nie reaktywowała się należy uznać podane wartości za hipotetyczne. Wydaje się, że nie ma metody, pozwalającej uzyskać wiarygodne wyniki dla tego okresu górniczego. Pustki pozostawione w podłożu mają wysokość 1-9 m, nawiązującą do grubości wyeksploatowanych pokładów. Wyznaczenie stref zagrożenia reaktywacją starych zrobów jest trudne, gdyż zachowane mapy górnicze są obciążone znacznymi błędami lokalizacji wyrobisk, rzędu od kilku do kilkudziesięciu metrów (KOTYRBA 2005). Prawdopodobny zasięg dawnego płytkiego kopalnictwa przedstawiono w *Atlasie geologiczno-inżynierskim* (2005).

Okres 1883-1993. W zasadniczym okresie eksploatacji węgla kamiennego powierzchnia obszarów górniczych szybko wzrastała – w 1913 roku wynosiła już około 1100 km², w tym na okręg górnośląski przypadało 740 km², na dąbrowski - 250 km², a na krakowski - 110 km² (JAROS 1965). Szkody górnicze obejmowały coraz większe tereny i wynikały z różnych przyczyn. Na przełomie wieków XIX i XX, a na niektórych obszarach do połowy XX wieku powstawały deformacje nieciągłe, jako skutek prowadzonej nadal płytkiej eksploatacji, jak również w wyniku reaktywacji starych zrobów. Wraz ze wzrastającą głębokością prac górniczych w rzeźbie pojawiały się niecki osiadania. Pomimo stosowania w coraz szerszym zakresie podsadzki deformacje ciągłe objęły setki kilometrów kwadratowych powierzchni prowadząc do powstania licznych niecek o głębokościach przekraczających lokalnie nawet 30 m (SOLARSKI I PRADELA 2010a). Powstawanie szkód górniczych nasiliło się od lat 50. i 60. XX wieku, kiedy rozpoczęto eksploatację z filarów ochronnych pod miastami. W połączeniu z wygórowanymi planami wydobywania w ramach gospodarki socjalistycznej dało to efekt w postaci obniżenia powierzchni terenu na skalę niespotykaną nigdzie indziej w Polsce i jedną z największych w Europie. Na *Mapie przeobrażeń powierzchni ziemi z 1982 roku* izolinie osiadań obejmują już większą część Wyżyny Śląskiej Południowej oraz Płaskowyżu Rybnickiego. W latach 80. XX wieku eksploatacja z filarów ochronnych nadal stanowiła około 1/3 ogólnego wydobywania i, co szczególnie niekorzystne dla powierzchni terenu i jego zagospodarowania, prawie w 60% z zawałem stropu (ŁABANOWICZ 1988).

W okresie 1883-1993 wielkość denudacji antropogenicznej wyraźnie wzrosła – średnio do 21 mm/rok, maksymalnie do 159 mm/rok na obszarze kopalni „Centrum”. Wysokie wartości uzyskano także dla kopalń „Szombierki” i „Wawel” – 95-97 mm/rok. Dużo większe wartości wskaźnika D_A otrzymano obliczając je, nie dla całego obszaru górniczego, lecz dla obszaru wpływów górniczych (rys. 41). Niektóre kopalnie prowadziły bowiem działalność pod prawie całym obszarem górniczym, inne w większej lub mniejszej jego części. Dla 10 kopalń uzyskano zatem wartości powyżej 100 mm/rok - „Centrum” – 163 mm/rok, „Moszczenica” i „Zofiówka” – 120 mm/rok, a dla kopalń: „Śląsk”, „Śląsk-Matylda”, „Wawel”, „Szombierki”, „Szczygłowice”, „Jastrzębie” i „Pniówek” – 102-112 mm/rok. Przestrzenny rozkład wielkości D_A wskazuje, że największe znaczenie miała ona na

Wyżnach – Miechowskiej i Siemianowickiej, na Wzgórzach Rudzko-Chorzowskich oraz we wschodnich częściach Płaskowyżów – Tamowickiego i Rybnickiego.

Okres 1994-2009. W ostatnich 16 latach (1994-2009) zlikwidowano wiele kopalń węgla kamiennego, głównie w północnej części GZW, a „punkt ciężkości” górnictwa przemieszczał się w kierunku południowym i południowo-zachodnim. Obecnie prawie cała eksploatacja prowadzona jest metodą na zawal. Na nieczynnych polach górniczych deformacje ciągłe ustabilizowały się (wygasły), natomiast od czasu do czasu powstają deformacje nieciągłe. Pod względem wielkości D_A nadal prym wiedzie kopalnia „Centrum” – 154 mm/rok, ale wysokie wartości odnoszą się także do obszarów kopalń - „Jankowice” – 131 mm/rok oraz „Staszic” i „Pokój” – 102-103 mm/rok (tab. 31). Wskaźnik denudacji antropogenicznej obliczony dla obszaru wpływów górniczych osiągnął największe wartości dla kopalń „Jankowice” – 204 mm/rok, „Centrum” – 158 mm/rok, „Pniówek” – 154 mm/rok i „Jastrzębie” – 149 mm/rok. Spośród 11 kopalń, dla których wskaźnik denudacji antropogenicznej jest większy od 100 mm/rok, aż 9 kopalń jest położonych w Kotlinie Raciborsko-Oświęcimskiej, w tym 5 na Płaskowyżu Rybnickim.



Rys. 41. Denudacja antropogeniczna na obszarze wpływów górniczych obliczona na podstawie wydobycia węgla kamiennego i skały płonnej do 2009 roku (mm/rok)

Kopalnie: A – Andaluzja, B – Bielszowice, B-C – Barbara-Chorzów, C – Centrum, C-M – Czeladź-Milowice, K – Katowice, M – Mysłowice, NW – Nowy Wirek, P-K – Porąbka-Klimontów, R – Rozbark, Sz – Szombierki, ŚM – Śląsk Matylda; ramką zaznaczono obszar badań szczegółowych

Fig. 41. Anthropogenic denudation in the area of mining impacts calculated from coal and waste rocks production to 2009 (mm/year)

Coal mines: A – Andaluzja, B – Bielszowice, B-C – Barbara-Chorzów, C – Centrum, C-M – Czeladź-Milowice, K – Katowice, M – Mysłowice, NW – Nowy Wirek, P-K – Porąbka-Klimontów, R – Rozbark, Sz – Szombierki, ŚM – Śląsk Matylda; detailed-study area marked with a frame

W powyższej analizie podkreślenia wymagają dwa fakty. Po pierwsze, górnictwo z okresu 1769-1882 (114 lat), poza potencjalnym zagrożeniem deformacjami nieciągłymi, w zasadzie nie pozostawiło po sobie istotnych zmian rzeźby na obszarze GZW, gdyż większość form została zniwelowana lub weszła w obręb form młodszych. Denudacja antropogeniczna była znikoma. Po drugie, ośrodki wydobywania węgla kamiennego, po długim okresie silnej koncentracji na Wyżynie Śląskiej, współcześnie przemieszczają się na obszar Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej i w tym kierunku wzrastają wskaźniki denudacji antropogenicznej.

Przedstawione obliczenia wielkości denudacji antropogenicznej mają charakter teoretyczny. Uwzględniają stały procent wydobywania skały płonnej na 1 tonę węgla (20%), stały współczynnik kierowania stropem, średni wskaźnik stosowania podsadzki hydraulicznej dla kopalń zrzeszonych w danym zjednoczeniu węglowym, jednakowy ciężar właściwy dla wszystkich rodzajów wydobywanych skał płonnych. Oznacza to, że uzyskane wyniki mają charakter orientacyjny – dla jednych kopalń mogą być zawyżone, dla innych zaniżone, a dla części z nich – zbliżone do stanu rzeczywistego. Zbliżone lub zaniżone wartości otrzymano głównie dla kopalń położonych w strefie miocenijskiej i słabiej zurbanizowanych, natomiast wyraźnie zawyżone wskaźniki uzyskano dla starych kopalń położonych na obszarze wschodni karbonu, w strefie najintensywniej zurbanizowanego centrum aglomeracji górnośląskiej i dla niektórych kopalń położonych w strefie triasowej. Najbardziej rozbieżne wartości odnoszą się do kopalń „Katowice”, „Kleofas”, „Polska”, „Szombierki”, „Wawel”, „Wujek”, „Centrum”, „Czeladź-Milowice”. Wydaje się zatem, że do wymienionych wyżej niedoskonałości metody (stosowania średnich współczynników obliczeniowych dla wszystkich kopalń), należy dodać nieuwzględnienie objętości mas ziemnych i odpadów górniczo-przemysłowych przemieszczanych w celu wyrównywania powierzchni terenu. Podyktowane to było brakiem odpowiednich danych statystycznych dla całego okresu górniczego – znana jest bowiem jedynie objętość współcześnie istniejących zwałowisk, natomiast nie jest znana objętość mas ziemnych przemieszczanych w czasie rozbudowy miast. Analiza mapy gruntów na obszarze aglomeracji katowickiej (*Atlas geologiczno-inżynierski* 2005) wskazuje na znaczną miąższość gruntów antropogenicznych w najbardziej zabudowanych częściach miast. Agradacja antropogeniczna może więc równoważyć lub nawet przewyższać denudację antropogeniczną – o jej niedocenianej roli w bilansie denudacyjnym obszarów górniczych pisali już KUPKA I IN. (2008). W tym miejscu warto powtórzyć, cytowane już wcześniej uwagi, że nawet wyskospecjalistyczne programy komputerowe uwzględniające wiele parametrów naturalnych i górniczych nie zapewniają w pełni wiarygodnych prognoz deformacji podłoża (POPIOŁEK I OSTROWSKI 1981, MIELIŃSKA 2006, HEJMANOWSKI I MALINOWSKA 2009, HEJMANOWSKI I KWINTA 2010).

Drugim surowcem mineralnym pod względem rozmiarów wydobywania na obszarze GZW są piaski podsadzkowe (tab. 32). Wskaźniki denudacji antropogenicznej na obszarach największych piaskowni są bardzo wysokie i wynoszą po kilkaset mm/rok (tab. 32). Wynika to, między innymi z faktu prowadzenia eksploatacji w obrębie mało odpornego materiału piaszczystego metodą odkrywkową, łatwiejszą i szybszą w porównaniu z metodą podziemną, na co zwrócił już uwagę JANIA (1983).

Tabela 32. Denudacja antropogeniczna na obszarze GZW obliczona na podstawie wydobywania piasków podsadzkowych

Table 32. Anthropogenic denudation in the Upper Silesian Coal Basin calculated from the stowing sands extraction

Nazwa piaskowni	Powierzchnia [km ²]	Objętość [mln m ³]	Lata działalności	Średnie obniżenie powierzchni [m]	Denudacja antropogeniczna [mm/rok]
Szczakowa (5 wyrobisk)	32,39	651,6	56	20,1	359
Dzierżno Duże	6,20	111,0	57	17,9	314
Kuźnica Warężyńska	7,73	82,1	39	10,6	272
Dzieckowice	7,02	64,6	15	9,2	613
Bór Zachód i Wschód	4,09	52,3	50	12,8	256
Pogoria III	2,37	17,7	13	7,5	574
Dzierżno Małe	1,60	14,0	15	8,8	583
Rogoźnik	1,92	7,6	12	4,0	330
Pogoria I	0,95	6,2	22	6,5	297
Pogoria II	0,83	3,9	21	4,7	224
Betoniarnia	0,27	1,7	34	6,3	185
Jęzor -Wysoki Brzeg	1,76	1,6	19	0,9	48
Wszystkie piaskownie na obszarze GZW	76,27	1032,2	102	13,6	133

Największe wartości denudacji antropogenicznej obliczono dla piaskowni Dzieckowice – 613 mm/rok, Dzierżno Małe – 583 mm/rok i Pogoria III – 574 mm/rok, w których eksploatację prowadzono na dużą i umiarkowaną skalę, ale w krótkim okresie czasu (13-15 lat) (tab. 32). Denudacja antropogeniczna na obszarze piaskowni w granicach GZW wynosi średnio 133 mm/rok, czyli jest 11 razy większa niż na obszarze wszystkich kopalń węgla kamiennego (12 mm/rok).

6.2. DENUDACJA ANTROPOGENICZNA OBLICZONA NA PODSTAWIE ANALIZY MORFOMETRYCZNEJ

Rozmiary denudacji antropogenicznej przedstawione w niniejszym rozdziale zostały obliczone z „różnicy” numerycznych modeli terenu dla lat 1883 i 1993. Metoda nie jest pozbawiona wad, co narzuca pewne ograniczenia interpretacyjne (por. rozdz. 1.5). U podstaw jej niedoskonałości leży wykorzystanie materiałów kartograficznych w różnej podziałce (1:25 000 i 1: 10 000), a więc różniących się generalizacją rysunku poziomicowego. W rozdziale 5.1.2.2 maksymalny błąd wysokościowy dla obszaru pozagórniczego oszacowano na $\pm 0,45$ m, w niniejszym podjęto próbę uśrednienia błędu. Jako obszary porównawcze wybrano 10 jednostek geomorfologicznych i 18 zlewni położonych w całości lub w większej części poza zasięgiem działalności górniczej (tab. 33). W okresie 1883-1993 średnie wysokości tych obszarów zmieniły się w przedziale od -0,54 m do +0,59 m, ale średnio $\pm 0,16$ m. Na tej podstawie określono błąd w wartościach wskaźnika denudacji dla okresu 111 lat (1883-1993), na 1 - 2 mm/rok.

Tabela 33. Zmiany średniej wysokości wybranych jednostek geomorfologicznych i zlewni położonych w większej części poza zasięgiem działalności górnictwa

Table 33. Changes in average heights of selected geomorphological units and catchments located mostly beyond the range of mining activity

Jednostka geomorfologiczna/ zlewnia	Powierzchnia [km ²]	Zmiany średniej wysokości [m]	Jednostka geomorfologiczna/ zlewnia	Powierzchnia [km ²]	Zmiany średniej wysokości [m]
Równina Gostyni	207,0	- 0,05	Potok Tyski górny	7,4	- 0,01
Garb Cielmic	3,4	- 0,14	Potok Nowotyski	5,7	- 0,09
Garb Paprocan	10,4	- 0,05	Dopływ spod Piotrowic	2,0	+ 0,59
Wysoczyzna Tyska	29,9	- 0,12	Dopływ spod Goja	3,9	- 0,54
Wysokocznia Golejowska	229,0	- 0,20	Korzeniec górny	11,5	+ 0,14
Wysoczyzna Pszczyńska ¹	34,3	- 0,11	Dopływ z Wilczego Gardła	4,8	+ 0,26
Garb Żąbkowicki ¹	35,8	- 0,01	Dopływ spod Kokoszyc	5,3	- 0,09
Wzgórza Gołonoskie	11,5	+ 0,05	Grzybowicki Potok	10,1	- 0,14
Obniżenie Łąckiego Potoku	6,0	+ 0,09	Dopływ spod Górników	6,7	- 0,19
Dopływ spod Mikołowa	8,4	+ 0,22	Jamki	14,6	- 0,18
Jamna	23,2	- 0,26	Dopływ z Chudowa ²	3,2	+ 0,10
Kaskadnik	2,2	- 0,23	Potok z Solarni ²	6,2	+ 0,07
Bielawka	3,2	- 0,14	Bujakowski Potok ²	0,3	- 0,16

¹ powierzchnia w granicach obszaru badań

² w 1993 roku zlewnia nie była w zasięgu działalności górnictwa, gdyż kopalnia „Budryk”, w obrębie której znajduje się obecnie, powstała w 1994 roku

Denudację antropogeniczną obliczono według metody przedstawionej w rozdziale 1.5. Otrzymano bardzo zróżnicowane wartości, mieszczące się w przedziale 2–43 mm/rok (tab. 34). Największe wartości D_A odnoszą się do Wzgórz Rudzkich – 43 mm/rok, Wyżyny Siemianowickiej – 40 mm/rok i Wyżyny Miechowskiej – 33 mm/rok, i są niewątpliwie związane z morfologicznymi skutkami intensywnej i długotrwałej eksploatacji węgla kamiennego. Wartości rzędu 22–26 mm/rok otrzymano dla 5 jednostek geomorfologicznych – Płaskowyżu Murcek, Wzgórz – Chorzowskich i Kochłowskich, oraz dla Kotliny Mysłowskiej i Rowu Chrzanowskiego – w dwóch ostatnich jednostkach istotny wpływ na wartość wskaźnika D_A miała eksploatacja, oprócz węgla kamiennego, także piasków podsadzkowych. Geomorfologiczne skutki górnictwa piasków odzwierciedliły się również w wartościach denudacji antropogenicznej dla Kotliny Biskupiego Boru – 15 mm/rok, natomiast wskaźnik D_A dla Wzgórz Rogoźnickich – 19 mm/rok, oddaje tempo obniżania powierzchni zarówno wskutek eksploatacji węgla kamiennego, jak i wapieni. Najniższe wartości D_A odnoszą się do jednostek geomorfologicznych, które tylko częściowo znajdowały się w zasięgu działalności górnictwa – Wysoczyzny Wilczy – 2 mm/rok, Wysoczyzny Czechowickiej – 4 mm/rok, Rowu Kłodnicy – 5 mm/rok. Stosunkowo niedużą, wartość wskaźnika D_A – 12 mm/rok, otrzymano dla Płaskowyżu Rybnickiego, charakteryzującego się intensywną działalnością górnictwa. Wynika to z faktu, że dla wszystkich analizowanych jednostek geomorfologicznych przyjęto w obliczeniach taki sam czas działalności górnictwa, czyli 111 lat (1983–1993), tymczasem połowa kopalń na Płaskowyżu Rybnickim powstała w okresie powojennym i do 1993 roku miała za sobą maksymalnie 40 lat eksploatacji węgla kamiennego. Uwzględniając ten fakt obliczono, że dla wschodniej części Płaskowyżu Rybnickiego, w której są położone

wzmiankowane kopalnie, wartość D_A wynosi średnio 57 mm/rok. Relatywnie niewielkie tempo denudacji antropogenicznej - 8 mm/rok, obliczono także dla Wysoczyzny Rachowickiej, mimo iż jej wschodnia część znajduje się w zasięgu bardzo intensywnych osiadań górniczych – w tym przypadku wynika to z przeliczeń na bardzo dużą powierzchnię jednostki – ponad 240 km². Szacunkowo, wskaźnik D_A jest na tym obszarze dwukrotnie większy, rzędu kilkunastu mm/rok.

Tabela 34. Bilans denudacyjny wybranych jednostek geomorfologicznych na obszarze GZW dla okresu 1883-1993 na podstawie analizy morfometrycznej

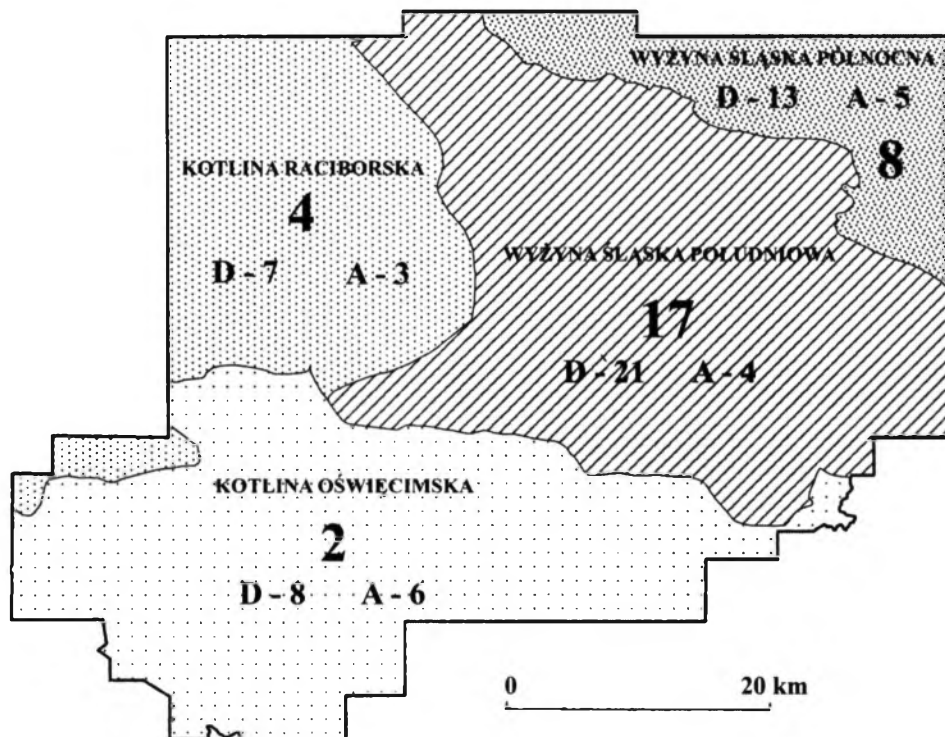
Table 34. Denudation balance of selected geomorphological units in the Upper Silesian Coal Basin for the period between 1883 and 1993 calculated from morphometric analysis

Jednostka geomorfologiczna	Powierzchnia ¹ [km ²]	Denudacja antropogeniczna [mm/rok]	Agradacja antropogeniczna [mm/rok]	Bilans denudacyjny [mm/rok]
Strefa karbońska				
Wzgórza Rudzkie	54,1	43	3	- 40
Wzgórza Chorzowskie	45,9	26	4	- 22
Wzgórza Kochłowskie	49,0	24	1	- 23
Płaskowyż Murcek	99,8	24	3	- 21
Garb Mikołowski zachodni	30,9	7	4	- 3
Garb Mikołowski wschodni	95,5	8	4	- 4
Kotlina Mysłowicka	85,0	26	6	- 20
Kotlina Biskupiego Boru ²	54,7	15	3	- 12
Strefa triasowa				
Wyżyna Miechowicka	107,8	33	3	- 30
Wyżyna Siemianowicka	79,1	40	3	- 37
Wyżyna Czeladzi	25,4	15	3	- 12
Wzgórza Bobrownickie	6,6	6	9	+ 3
Wzgórza Rogoźnickie	8,4	19	4	- 15
Garb Wojkowicki	3,6	16	8	- 8
Strefa miocenińska				
Rów Kłodnicy	54,0	5	8	+ 3
Kotlina Mlecznej	67,2	6	9	+ 3
Strefa Podstokowa Południowa	51,8	9	5	- 4
Wysoczyzna Czechowicka	74,3	4	5	+ 1
Wysoczyzna Rachowicka	243,6	8	2	- 6
Wysoczyzna Wilczy	68,7	2	-	- 2
Płaskowyż Rybnicki	439,9	12	9	- 3
Rów Chrzanowski	73,2	22	1	- 21
Różne strefy geologiczne				
Wzniesienia Grodzca	10,6	14	5	- 9
Strefa Podstokowa Północna	67,0	12	4	- 8
Płaskowzgórza Dańdówki	42,8	12	4	- 8

¹ Obszar badań obejmuje jedynie część następujących jednostek geomorfologicznych: Wysoczyzna Wilczy (70%), Wysoczyzna Rachowicka (94%), Rów Chrzanowski (77%), Płaskowyż Rybnicki (77%) i Kotlina Biskupiego Boru (41%)

² Większa część wielkich wyrobisk po eksploatacji piasku podsadzkiego w Kotlinie Biskupiego Boru znajduje się poza obszarem badań szczegółowych, więc obliczenia dla tej jednostki nie są w pełni reprezentatywne

Wskaźniki agradacji antropogenicznej dla badanych jednostek geomorfologicznych są, w porównaniu ze wskaźnikami denudacji, wyraźnie mniejsze, gdyż mieszczą się w przedziale 1–9 mm/rok, wynosząc średnio 4 mm/rok (tab. 34). Dla niektórych obszarów wartości A_A mieszczą się w granicach błędu ($\pm 1-2$ mm/rok) - dla Wzgórz Kochłowniczych, Rowu Chrzanowskiego i Wysoczyzny Rachowickiej, natomiast dla większości jednostek, uwzględnienie błędu dałoby wskaźniki A_A , rzędu 1–2 mm/rok. Największe wartości agradacji antropogenicznej, sięgające 6–9 mm/rok otrzymano dla jednostek geomorfologicznych, na obszarze których nagromadzono duże ilości odpadów górniczych na zwałowiskach, a mianowicie dla Płaskowyżu Rybnickiego, Kotliny Mysłowickiej, Rowu Kłodnicy. Wysoki wskaźnik agradacji dla Wzgórz Bobrownickich trudno wytłumaczyć. Dodatni bilans denudacyjny (+ 1–3 mm/rok) obliczono jedynie dla 4 spośród 25 analizowanych jednostek geomorfologicznych (tab. 34).



Rys. 42. Bilans denudacyjny mezoregionów geomorfologicznych na obszarze badań (mm/rok) dla okresu 1883-1993 obliczony na podstawie analizy morfometrycznej

Objaśnienia: D – denudacja antropogeniczna, mm/rok, A – agradacja antropogeniczna, mm/rok; liczby napisane dużą, pogrubioną czcionką – bilans denudacyjny, mm/rok

Fig. 42. Denudation balance of geomorphological mesoregions in the study area (mm/year) for the period between 1883 and 1993 calculated from morphometric analysis

Abbreviations: D – anthropogenic denudation, mm/year, A – anthropogenic aggradation, mm/year; number in large bold font – denudation balance, mm/year

Obliczenia denudacji i agradacji antropogenicznej dla niektórych obszarów są obciążone błędem wynikającym z podkreślanego już wcześniej faktu, że skała płonna wydobyta z kopalń podziemnych była często składowana we wklęsłych formach antropogenicznych – wyrobiskach poeksploatacyjnych oraz w nieckach osiadania. Jeżeli powstanie formy wklęsłej,

a następnie jej zasypianie nastąpiło po 1883 a przed 1993 rokiem, to wymienione zmiany rzeźby nie zostały uchwycone w rysunku poziomowym na mapach wykorzystanych w analizie, a tym samym w bilansie denudacyjnym nie uwzględniono odpowiadającego im ubytku/przyrostu mas skalnych.

Przedstawione wyżej wskaźniki D_A i A_A to uśrednione wartości dla całych, niejednokrotnie bardzo dużych pod względem powierzchni, jednostek geomorfologicznych. W rzeczywistości rozkład wartości tych wskaźników na obszarze poszczególnych jednostek jest zróżnicowany, co obrazują obliczenia bilansu denudacyjnego dla mniejszych zlewni w ich obrębie. Na obszarze Wyżyny Miechowskiej bilans denudacyjny dla wybranych zlewni wynosi – Potok Rokitnicki – 5 mm/rok, Mikulczycki Potok – 25 mm/rok, a Dopływ w Mikulczycach – 51 mm/rok, na Płaskowyżu Murcek – Matownik – 3 mm/rok, Ślepiotka górna – 11 mm/rok, zaś Bolina Południowa - 54 mm/rok, na Wysoczyźnie Rachowskiej – Ostropka - 2 mm/rok, a Dopływ z Przyszowic – 53 mm/rok. Największą ujemną wartość bilansu denudacyjnego otrzymano dla zlewni Rowu z Orła Białego na Wyżynie Siemianowskiej – 80 mm/rok, podczas gdy dla innych zlewni w tej jednostce geomorfologicznej – Rowu Michałkowickiego, Rowu z Dąbrówki Wielkiej i Bytomki górnej wynosi ona 31-34 mm/rok.

W skali mezoregionów geomorfologicznych największy wskaźnik denudacji antropogenicznej odnosi się do Wyżyny Śląskiej Południowej – 21 mm/rok, a agradacji antropogenicznej do Kotliny Oświęcimskiej – 6 mm/rok. Bilans denudacyjny wszystkich mezoregionów jest ujemny – wyraźnie największy dla Wyżyny Śląskiej Południowej – 17 mm/rok, a najmniejszy dla Kotliny Oświęcimskiej – 2 mm/rok (rys. 42).

6.3. DENUDACJA ANTROPOGENICZNA OBLICZONA NA PODSTAWIE BADAŃ OSADÓW W ZAGŁĘBIENIACH BEZODPŁYWOWYCH

Podstawą ilościowej oceny rozmiarów i natężenia procesów denudacyjnych mogą być badania osadów złożonych u podstawy stoków lub w bezodpływowych zagłębieniach sedymentacyjnych (np. ROTNICKI 1966, SŁUPIK 1973, GOŁĘBIEWSKI 1981, BORÓWKA 1992, SINKIEWICZ 1998, SMOLSKA 2005). Przykładowo, ROTNICKI (1966) ocenił, na podstawie kubatury oraz stratygrafii osadów zdeponowanych w kotlinach przyległych do Wzgórz Ostrzeszowskich, że wzgórze te „utraciły” około 2/3 swojej pierwotnej objętości, a BORÓWKA (1992), na podstawie badań osadów korelatnych złożonych w zagłębieniach bezodpływowych na obszarach młodogłacialnych, wykazał nasilenie denudacji w okresie subatlantyckim, związane z działalnością człowieka – wylesianiem i orką.

Osady w zagłębieniach bezodpływowych powstają w wyniku następujących procesów sedymentacyjnych: zasypywania zbiorników w wyniku procesów masowych (migracja grawitacyjna), dostarczania materii mineralnej i organicznej przez wody powierzchniowe oraz w wyniku spływu śródglebowego i gruntowego (migracja wodna), akumulacji materii biologicznej w wyniku rozwoju i obumierania organizmów roślinnych (migracja biologiczna) oraz dostarczania materii pod wpływem procesów eolicznych i wskutek mineralizacji wód opadowych (migracja atmosferyczna) (BORÓWKA 1992). Zagłębienia bezodpływowe odgrywają zatem szczególną rolę w procesie krążenia materii, gdyż stanowiąc lokalne bazy denudacyjne są miejscem gromadzenia osadów.

Na obszarze GZW zagłębienia bezodpływowe są istotnym elementem rzeźby pogórnicy i górniczej (por. rozdz. 5.3.3). Większość tych form wyodrębniła się w rzeźbie w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, a zmiany ich cech morfometrycznych (wysokości względne, długość, kształt i nachylenie stoków), teoretycznie zintensyfikowały przebieg procesów geomorfologicznych, zwłaszcza spływu powierzchniowego. Miąższość najmłodszych osadów zakumulowanych w nieckach, odzwierciedla, w pewnym stopniu, tempo procesów erozyjno-denudacyjnych na ich zboczach w okresie intensywnej antropopresji. Jednym z warunków oceny ilościowej jest jednak wiarygodne wyznaczenie horyzontu wiekowego w profilach osadów.

Badania osadów wypełniających dna zagłębień bezodpływowych prowadzono na wybranych obszarach – na Wyżynach – Miechowickiej, Siemianowickiej i Czeladzi oraz na Wzgórzach Rudzkich i Płaskowyżu Rybnickim. Wszystkie badane formy bezodpływowe powstały w wyniku znacznego obniżenia powierzchni nad podziemnymi wyrobiskami górniczymi. W trakcie badań terenowych wykonano 21 płytkich odkrywek (do 1 m) w dnach obniżen bezodpływowych oraz 83 płytkie szurfy na ich stokach i wododziałach. Ustalono, że miąższość utworów noszących makroskopowo cechy antropogenicznego, mechanicznego przemieszczania, stwierdzanego niemal we wszystkich profilach, najczęściej mieści się w przedziale 15-40 cm, sięgając maksymalnie do 60 cm. W wielu wkopach stwierdzano w gruncie drobne kawałki cegieł, żużlu, węgla, szkła, itp. (fot. 21), przy czym często obecność tych elementów, ze względu na niewielkie rozmiary, była rozpoznawana dopiero w trakcie badań uziarnienia, co przemawia za możliwością przemieszczania ich drogą sptukiwania. Z analizy uziarnienia osadów wynika, że są to głównie pyły i pyły piaszczyste oraz gliny pylaste i piaski gliniaste - wszystkie charakteryzują się bardzo słabym i słabym wysortowaniem.

Nie stwierdzono wyraźniej zarysowanych różnic w miąższości utworów antropogenicznych na wododziałach i w dnach zagłębień – w tych ostatnich jest ona większa (kilka - kilkanaście centymetrów), ale jest to spostrzeżenie na podstawie zaledwie 3–5 szurfów w każdym zagłębieniu i nie upoważnia do uogólnień. Odczytywanie kierunku przemieszczania materiału od wododziału do dna na podstawie miąższości proluwów i deluwów jest na badanym obszarze trudne, gdyż dna niektórych współczesnych zagłębień były pierwotnie lokalnymi wyniosłościami. Z bezpośrednich obserwacji terenowych wynika, że procesy sptukiwania zachodzą obecnie ze zróżnicowaną intensywnością – niewielką w formach będących od wielu lat zadarnionymi nieużytkami, a większą w nieckach użytkowanych rolniczo (fot. 22).

Wiekowy poziom odniesienia dla obliczeń tempa denudacji antropogenicznej uzyskano na podstawie datowania osadów cezem (^{137}Cs). Jest to sztuczny radioizotop, wprowadzony do środowiska przyrodniczego w latach 50. XX wieku w wyniku próbnych eksplozji jądrowych (RITCHIE I MCHENRY 1990, SUTHERLAND 1994). Opad pyłu migrującego w wysokich warstwach atmosfery był szczególnie intensywny w latach 1959-1963, ale na obszarze Polski podstawowa część ^{137}Cs została wprowadzona do środowiska po awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu w 1986 roku, czyli w wyniku opadu pyłu radioaktywnego z niskich warstw atmosfery (STRZELECKI I IN. 1994). ^{137}Cs po depozycji na powierzchni ziemi jest adsorbowany przez cząstki gleby, szczególnie frakcji ilastej, a jego migracja w głąb profilu na skutek wymywania jest ogólnie niewielka. Jeżeli cząstka gleby zostanie przemieszczona, na przykład w wyniku procesu sptukiwania, to razem z zaadsorbowanym na jej powierzchni cezem (CHEŁMICKI I IN. 1996-1997, PORĘBA I BLUSZCZ 2003 i inni) – umożliwia to wykorzystanie metody cezowej do określenia tempa współczesnych procesów erozji i akumulacji (STACH 1996, WALLING I HE 1997, CZAJKA 2007, ZGŁOBICKI 2008). Na podstawie

zróznicowania zawartości ^{137}Cs w osadach można bowiem wyróżnić obszary podlegające splukiwaniu osadu i miejsca jego depozycji - najmniej ^{137}Cs znajduje się w wypukłej, środkowej części stoku, a najwięcej u podstawy stoku i w dnach dolinek (CHEŁMIŃSKI I IN. 1993-1994, SMOLSKA 2005). Do określenia tempa procesów wykorzystuje się pozycję maksimum aktywności cezu w profilu pionowym. Wskazuje ona najczęściej na 1963 rok (nasilenie próbných wybuchów jądrowych), ale w niektórych rejonach może przypadać na 1986 rok (katastrofa czarnobylska). Profile z dwoma wyraźnymi zarysowanymi maksimami koncentracji ^{137}Cs pozwalają na obliczenie tempa depozycji w trzech okresach: 1/ od początku prób jądrowych w latach 1952-1954 do 1963 roku, 2/ w okresie 1963-1986, 3/ od 1986 roku do roku pobrania prób i wykonania oznaczeń (ŁOKAS 2006). Ze względu na duże przestrzenne zróznicowanie aktywności ^{137}Cs , nawet w odniesieniu do małego obszaru o powierzchni kilku m^2 (różnice aktywności cezu mogą być większe niż 10 Bq/kg) nakazywana jest jednak duża ostrożność interpretacyjna (CHEŁMIŃSKI I IN. 1996-1997).



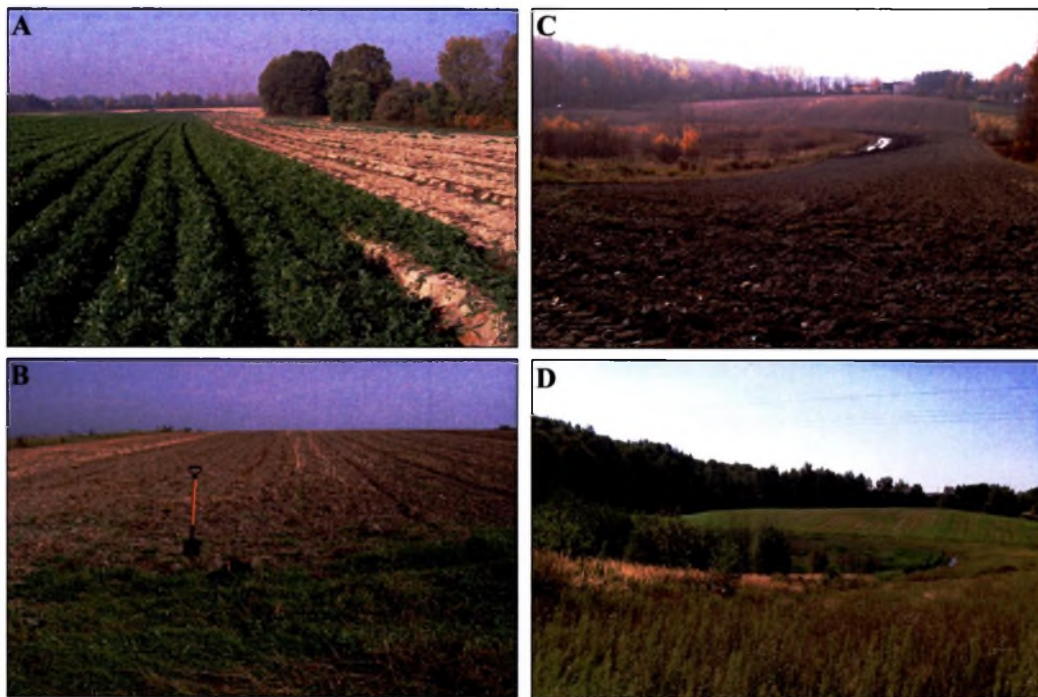
Fot. 21. Osady zagłębień bezodpływowych na obszarze Wyżyny Śląskiej

Profile osadów: A – Miechowice Wolnego, Wyżyna Miechowicka – glina pylasta z drobnymi kawałkami cegieł i sznurami gospodarczymi, B – Milowice Saturnowska, Wyżyna Czeladzi – piaski gliniaste z licznymi kawałkami węgla kamiennego w górnej części profilu, C – Zabrze Porębska, Wzgórze Rudzkie – pyły piaszczyste z drobnym gruzem budowlanym do głębokości 25 cm, głębiej żółte piaski gliniaste, D – Zabrze Mikulczyce, Wyżyna Miechowicka – pył piaszczysty z okruchami cegły i szkła na głębokości 15 cm, głębiej piaski gliniaste w zasięgu okresowych wahań poziomu wód gruntowych

Photo 21. Deposits in the closed basins in the Silesian Upland

Profiles: A – Miechowice, Wolnego Street, the Miechowice Upland – loam with small fragments of bricks and strings, B – Milowice, Saturnowska Street, the Czeladź Upland – loamy sands with numerous pieces of coal in the upper part of the profile, C – Zabrze, Porębska Street, the Ruda Upland – sandy dust with fine concrete debris to a depth of 25 cm, deeper loamy sands, D – Zabrze, Mikulczyce, the Miechowice Upland – sandy dust with crumbs of bricks and glass at a depth of 15 cm, deeper loamy sands within periodic fluctuations of groundwater level

Około 90% obszaru Polski charakteryzują niskie koncentracje cezu - największe występują w jej południowej części, zwłaszcza w regionie opolskim i wałbrzyskim (STRZELECKI I IN. 1994). Na płaskowyżach lessowych – Głubczyckim i Proszowickim - maksymalne zawartości ^{137}Cs wynosiły odpowiednio 46,4 Bq/kg i 42,4 Bq/kg (POREBA I BLUSZCZ 2003), zaś w nieuprawianych od 30-40 lat glebach spłaszczeń wierzchwinowych Pogórza Karpackiego - średnio 44,6 Bq/kg, przy rozpiętości danych od 11 do 160,8 Bq/kg (CHEŁMICKI I IN. 1996-1997). CZAJKA (2007) stwierdziła w osadach pozakorytowych górnej Odry i górnej Wisły koncentracje cezu rzędu 20-40 Bq/kg – maksymalne stężenie - 622 Bq/kg, łącząc je z dostawą izotopu po katastrofie czarnobylskiej. KOSTECKI I TUSZYŃSKI (2002, 2004) podają, że średnie stężenie izotopu cezu w osadach dennych dużych zbiorników wodnych położonych w Kotlinie Raciborskiej - Rybnickiego i Dzierżno Duże, wynosi odpowiednio - 53 Bq/kg i 25,4 Bq/kg, przy wartościach w przedziale 3,6-104,7 Bq/kg. W niektórych profilach uchwycono dwa maksima koncentracji ^{137}Cs , identyfikowane z latami 1963 i 1986.



Fot. 22. Użytkowane rolniczo zagłębienia bezodpływowe na obszarach osiadań górniczych w GZW
Zagłębienia bezodpływowe: A – Maciejkowice, Wyżyna Siemianowicka – uprawa marchwi na bardzo słabo nachylonym zboczu formy, redliny skierowane do centrum niecki, B – Miechowice Wolnego, Wyżyna Miechowicka – długie, słabo nachylone zbocze niecki, zaorane w kierunku centrum zagłębienia, C i D – Chwałowice, Płaskowyż Rybnicki – umiarkowanie nachylone zbocza tego samego zagłębienia bezodpływowego – po zaoraniu, bez pokrywy roślinnej, listopad 2005 rok (C), uprawiane rolniczo, wrzesień 2006 rok (D)

Photo 22. Cropland in closed basins in areas of mining subsidence in the Upper Silesian Coal Basin
Closed basins: A – Maciejkowice, the Siemianowice Upland – carrot cultivation on the very weakly inclined slope, furrows directed toward the center of the basin, B – Miechowice, Wolnego Street, the Miechowice Upland – long, weakly inclined slope, ploughed toward the center of the basin, C and D – Chwałowice, the Rybnik Plateau – moderately inclined slopes of the same closed basin – no vegetation cover after ploughing, November 2005 (C), cultivated, September 2006 (D)

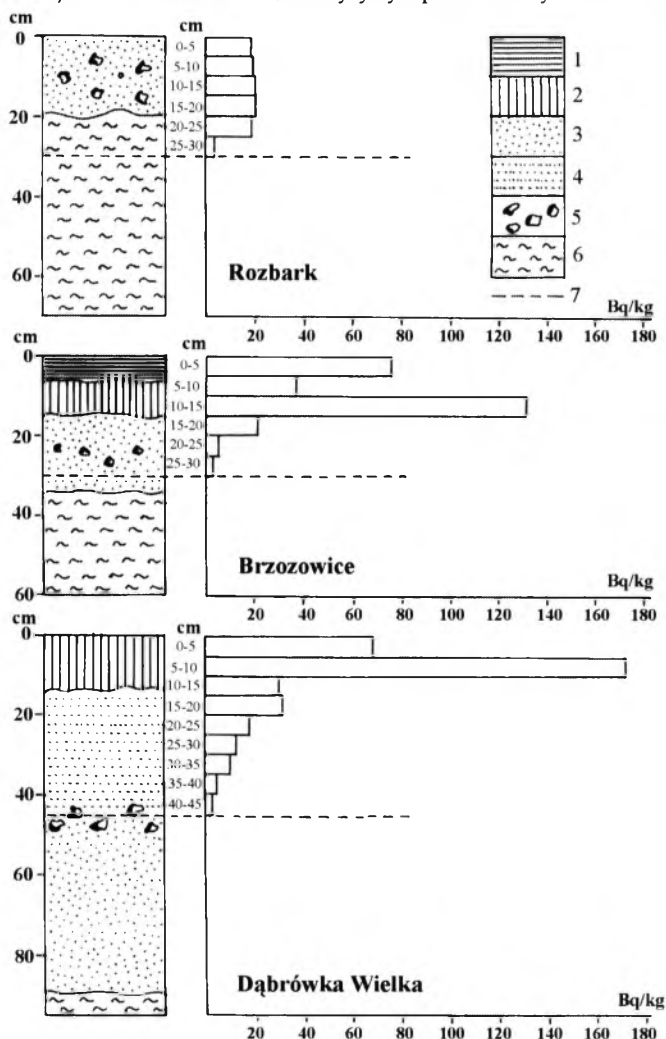
Na obszarze badań koncentrację ^{137}Cs określono dla 116 prób z 9 profili osadów zagłębień bezodpływowych, zlokalizowanych na Wyżynach - Miechowskiej (4) i Siemianowickiej (5), przy czym 3 profile scharakteryzowano już w pracy DULIAS I SZCZYPKA (2005) (rys. 43). Aktywność izotopu ^{137}Cs w próbach jest zróżnicowana, ale ogólnie nie odbiega od stwierdzonej dla innych obszarów Polski południowej i wahając się od 2,8 Bq/kg do 171,9 Bq/kg, wynosi średnio 33 Bq/kg. We wszystkich profilach stwierdzono wyraźny spadek koncentracji cezu wraz z głębokością, to znaczy na głębokości od 20 do 50 cm, średnio - 35 cm. W każdym stanowisku największe wartości aktywności ^{137}Cs zaobserwowano w ramach pierwszych 20 - 25 cm, z maksimum, najczęściej na głębokości 5 - 10 cm. Przykładem profilu, w którym nie stwierdzono pionowego zróżnicowania aktywności ^{137}Cs jest Rozbark (rys. 43) – najprawdopodobniej wynika to z wymieszania utworów powierzchniowych podczas zabiegów agrotechnicznych.

W interpretacji wyników przyjęto założenie, że najgłębszą warstwę z wyraźną koncentracją ^{137}Cs należy wiązać z 1963 rokiem, a warstwę, w obrębie której aktywność ^{137}Cs gwałtownie maleje – z rokiem 1954. Maksimum koncentracji ^{137}Cs występujące w górnej części profilu, identyfikowano z rokiem 1986. W analizie pomocne okazały się materiały kartograficzne z ostatniego półwiecza. Przykładem może być profil Brzozowice w zagłębieniu bezodpływowym, które wyodrębniło się w rzeźbie w okresie powojennym. Próby do badań pobrano z dna wyschniętego w 2003 roku zbiornika wodnego. Na podstawie materiałów kartograficznych ustalono, że zbiornik ten powstał pod koniec lat 80. XX wieku. Warstwa mułu „jeziornego” w stropie profilu powstawała zatem około 10 lat. Pod mułem znajduje się cienki, fosalny poziom próchniczny, dla którego stwierdzono wysoką aktywność ^{137}Cs – 131,8 Bq/kg (rys. 43). Poziom ten stanowił w latach 80. ubiegłego wieku powierzchnię terenu, więc zwiększoną koncentrację izotopu można wiązać z opadem pyłu radioaktywnego w 1986 roku, po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu. Wierzchnia warstwa osadów (15 cm) powstała w ciągu 18 lat. Przeliczenie objętości zakumulowanego materiału na powierzchnię zlewni dało średnie tempo denudacji 2,6 mm/rok. Zerową aktywność ^{137}Cs stwierdzono na głębokości 30 cm, pod warstwą z drobnymi okruchami cegieł – obliczono, że w latach 1954–1986 natężenie denudacji wynosiło 1,4 mm/rok.

Tempo depozycji osadów w badanych zagłębieniach bezodpływowych w ostatnim półwieczu, określone na podstawie miąższości warstwy wykazującej zawartość cezu i lat jej powstawania, mieści się w przedziale wartości 3,8–9,4 mm/rok, a średnio wynosi 6,9 mm/rok – po odpowiednich przeliczeniach, uwzględniających objętość zdeponowanego materiału i powierzchnię zlewni, otrzymano wartość średniego tempa denudacji – 0,9 mm/rok. Największą miąższość osadów z obecnością cezu (45–50 cm) stwierdzono w 2 profilach, zlokalizowanych w formach o większych nachyleniach powierzchni - Bytom Zacisze i Biskupice 2, ale także w profilu Zabrze Drzymały, położonym w zagłębieniu o małych spadkach powierzchni, przy czym powstałym w miejscu uprzednio wypukłej formy międzycylinowej. Położenie maksimum koncentracji ^{137}Cs w profilach umożliwiło określenie zmienności tempa akumulacji osadów w czasie. Dla okresu najintensywniejszej eksploatacji górniczej, a tym samym kształtowania się niecek osiadania i zwiększania nachyleń powierzchni, otrzymano zarówno większe, jak i mniejsze wartości wskaźnika denudacji w stosunku do ostatnich dwóch dekad. Przykładowo, w zagłębieniu bezodpływowym Biskupice 2, średnie tempo denudacji wynosiło: 1,9 mm/rok w latach 1954–1963, 0,4 mm/rok w okresie 1963–1986 i jedynie 0,2 mm/rok współcześnie, natomiast w zagłębieniu Zabrze Drzymały, odpowiednio – 0,9 mm/rok, 0,8 mm/rok i 1 mm/rok.

Natężenie denudacji antropogenicznej w zlewniach bezodpływowych określono także metodą analizy strat prażenia (BORÓWKA 1992, por. rozdz. 1.5). Zastosowano ją dla 18 profili

osadów – 6-ciu spośród datowanych metodą cezową i 12-tu dodatkowych. W przypadku tych drugich, ze względu na brak datowań osadów przyjęto, że w ostatnim półwieczu powstała warstwa osadów o miąższości 35 cm. U podstaw takiego założenia było, stwierdzone w 9 profilach zbadanych metodą cezową, zanikanie aktywności izotopu (identyfikowane z 1954 rokiem) na głębokości, średnio 35 cm. Wartości wskaźnika tempa denudacji, uzyskane tą metodą zawierają się w przedziale 0,2–1,2 mm/rok, przy średniej 0,56 mm/rok. Średnie natężenie denudacji antropogenicznej na Wyżynie Siemianowickiej wynosi 0,52 mm/rok, a na Wyżynie Miechowskiej – 0,62 mm/rok, dla pozostałych jednostek geomorfologicznych operowanie średnimi jest nieuzasadnione, bo byłyby oparte na wynikach dla 2-3 profili.



Rys. 43. Koncentracja ¹³⁷Cs w osadach zagłębi bezodpływowych na Wyżynie Siemianowickiej (na podstawie Dulias i Szczypek 2005)

1 - muł „jeziorny”, 2 - poziom próchniczny (współczesny lub fosylny), 3 - osady gliniaste ze śladami mechanicznego (antropogenicznego) przemieszczenia 4 - osady gliniaste ze spłukiwania, 5 - żużel, fragmenty cegieł, 6 - zwięzłe osady gliniaste w podłożu deluwiiów, 7 - granica aktywności ¹³⁷Cs

Fig. 43. Concentration of ¹³⁷Cs in the deposits of closed basins in the Siemianowice Upland (after Dulias, Szczypek 2005)

1 - „lake” mud, 2 - topsoil (contemporary and fossil), 3 - anthropogenically moved clay deposits, 4 - clay deposits from sheet wash, 5 - slag, fragments of bricks, 6 - compact clay deposits under deluvium, 7 - limit of activity of ¹³⁷Cs

Tabela 35. Wskaźniki denudacji antropogenicznej dla okresu 1883-1993 obliczone na podstawie badań osadów w wybranych zagłębieniach bezodpływowych

Table 35. Indices of anthropogenic denudation calculated from investigations of the deposits in selected closed basins for the period between 1883 and 1993

Profil	Zlewnia	Obniżenie położenia profilu w latach 1883- 1993 [m]	Denudacja antropogeniczna [mm/rok]			
			Metoda			
			Morfometryczna		¹³⁷ Cs	Straty prażenia
Profil	Zlewnia					
Wyżyna Siemianowicka						
Maciejkowice	Rów Michałkowicki	9,5	85	31	0,9	0,4
Rozbark	Rów z Orła Białego	28,0	252	80	0,5	0,4
Dąbrówka Wielka	Rów z Dąbrówki Wlk.	14,0	126	33	0,6	0,3
Brzozowice	Rów Wschodni	8,0	72	53	2,0	0,9
Bytom Zacisze	Szarlejka	22,0	198	36	1,3	0,6
Wyżyna Miechowska						
Zabrze Drzymały	Miechowski Potok	8,0	72	44	0,8	0,6
Biskupice 1	Miechowski Potok	9,0	81	44	0,4	0,2
Biskupice 2	Rów Drzymały	12,0	108	44	0,6	0,3
Mikulczyce 1	Rów Drzymały	10,0	90	44	1,3	0,7
Mikulczyce 2a	Rów Drzymały	7,0	63	44		1,2
Mikulczyce 2b	Rów Drzymały	8,0	72	44		1,2
Miechowice Działki	Bytomka	24,0	216	26		0,3
Miechowice Wolnego	Segiet	19,0	171	34		0,5
Wzgórze Rudzkie						
Zabrze Porębska	Bytomka	8,0	72	26		0,5
Zabrze Nasyp	Bytomka	12,0	108	26		0,6
Wyżyna Czeladzi						
Milowice Kalety	Brynica	8,5	76	22		0,8
Milowice Piaski	Brynica	6,5	58	22		0,9
Milowice Saturnowska	Brynica	5,0	45	22		0,3
Płaskowyż Rybnicki						
Krzyżowice	Dębinka	6,0	300	13		0,5
Markłowice	Markłówka	8,0	72	11		0,2
Chwałowice	Dopływ z Michałkowic	10,0	113	35		0,3

Przedstawione w tabeli 35 wskaźniki denudacji antropogenicznej, obliczone różnymi metodami, są zróżnicowane. Wartości uzyskane metodą morfometryczną są rzędu – dziesiątek i setek mm/rok, natomiast metodami – cezową i strat prażenia – dziesiątych milimetra/rok, co najwyżej 2 mm/rok, są więc kilkadziesiąt – kilkaset razy mniejsze. Rozmiary denudacji antropogenicznej pośredniej D_{AP} , związane z podziemną działalnością górnictw są zatem wielokrotnie większe niż rozmiary D_{AP} w obrębie form antropogenicznych na obszarach górniczych. Przemawia to za oddzielnym rozpatrywaniem denudacji wynikającej z geomechanicznych deformacji podłoża z dominującym udziałem składowej pionowej ruchu (por. rozdz. 6). Miejsca, w których zlokalizowano stanowiska badawcze obniżyły swoje położenie w okresie górniczym od 5 do 28 m, średnio 11 m, dlatego obliczone na tej podstawie tempo denudacji wynosi 45 – 300 mm/rok. (tab. 35), czyli średnio 99,3% całkowitej denudacji mechanicznej.

Natężenie denudacji antropogenicznej, określone metodą strat prażenia, jest ogólnie 2 razy mniejsze niż to wynika z metody ^{137}Cs . Nieporównywalność wyników otrzymywanych różnymi metodami podkreślana była już przez GERLACHA (1967). Część materiału erodowanego ze stoków jest przemieszczana na krótkich odcinkach i akumulowana na lokalnych nierównościach powierzchni oraz przechwytywana przez roślinność (np. SINKIEWICZ 1998, SMOLSKA 2005), dlatego wskaźniki denudacji i akumulacji nie równoważą się nawet przy zastosowaniu tej samej metody ich obliczenia.

6.4. DENUDACJA ANTROPOGENICZNA OBLICZONA NA PODSTAWIE POMIARÓW I OBSERWACJI BEZPOŚREDNICH

W trakcie badań terenowych odwiedzano te same rejony badawcze w odstępach kilku lat. Poczynione obserwacje geomorfologiczne, zestawione z danymi literaturowymi i kartograficznymi z różnych lat, pozwoliły na wyciągnięcie kilku uzupełniających wniosków o dynamice procesów erozyjno-denudacyjnych w krótkoterminowej skali. Przedstawiono je w niniejszym rozdziale, razem z przykładami obliczeń natężenia denudacji antropogenicznej w oparciu o precyzyjne pomiary geodezyjne.

Tempo erozji rzecznej na obszarze osiadań górniczych przedstawiono na przykładzie małego, bezimiennego dopływu Kłodnicy w okolicy Paniówek w Strefie Podstokowej. Na mapie topograficznej z 1978 roku jest to ciek o długości 1,3 km, biorący początek na łąkach, na wysokości 230 m n.p.m., a uchodzący do Kłodnicy na wysokości 221,5 m n.p.m. W odcinku ujściowym, skierowanym od ulicy Zabrskiej na zachód, na długości 300 m koryto było wcięte na głębokość 1,4-2 m. Mapa topograficzna z 1993 roku przedstawia inną sytuację hydrograficzną. Dolny odcinek ciekę przełożono, kierując go od ulicy Zabrskiej na północ do Kłodnicy. Nowe koryto jest krótkie (150 m), a jego głębokość ukształtowano na 2,5 m, zaś brzegi umocniono kostką betonową. Na łąkach, poniżej strefy źródłowej powstało duże zalewisko w niecce osiadania (0,08 km²). Spadek ciekę, na odcinku od zalewiska do ujścia, wynosił 5,8‰. Na podstawie obserwacji terenowych wiosną 2012 roku ustalono, że w dolnym odcinku koryta powstał wyraźny załom, a sztucznie ukształtowany przed około 25-30 laty brzeg cofnął się o około 5 m w postaci wyraźnego zakola (fot. 23A), pomimo umocnienia dolnej części brzegu kostką brukową, widoczną jeszcze na przeciwległym brzegu, pod korzeniami przewróconych drzew (fot. 23B). Tempo erozji bocznej obliczono na 15-20 cm rocznie.

Nasilenie procesów erozyjnych wystąpiło także w środkowym odcinku ciekę. W ciągu dwudziestu lat (1993-2012), koryto zostało pogłębione z 3 m, do 4-4,5 m. Grube kostki betonowe, którymi wyłożone było koryto zostały zniszczone, przede wszystkim poniżej wyraźnego załomu, jaki utworzył się w jego dnie (fot. 23C). Nurt ciekę został przerzucony pod prawy brzeg, co spowodowało jego cofnięcie o około 5 m. Średnie tempo erozji bocznej na opisywanym odcinku wynosiło zatem około 15-25 cm/rok, a erozji dennej - 3-6 cm/rok.

W zlewni Jasienicy maksymalne obniżenia powierzchni terenu w okresie 1979-2006 sięgnęły - 9 m w części północnej i 11 m w części zachodniej. Spowodowało to zaburzenia w spływie wód niektórych jej dopływów z powodu odwrócenia spadków hydraulicznych. Niezakłócony spływ grawitacyjny mają Jasienica (nazywana też Potokiem



Fot. 23. Przykłady nasilenia erozji rzecznej wskutek osiadania powierzchni terenu
 A, B, C – Dopływ Kłodnicy koło Paniówek, Strefa Podstokowa, D – dolny odcinek Jasienicy, Strefa Podstokowa, E – dolny odcinek Ormontowickiego Potoku, Strefa Podstokowa, F – Szotkówka przed ujściem do zalewiska w niecce osiadania w Połomii, Płaskowyż Rybnicki

Photo 23. Examples of increasing river erosion as a result of surface subsidence
 A, B, C – tributary of the Kłodnica river near Paniówki, Podstokowa Zone, D – lower section of the Jasienica river, Podstokowa Zone, E – lower section of the Ormontowicki Stream, Podstokowa Zone, F – the Szotkówka river up to its mouth in a water reservoir in the subsidence basin in Połomia, the Rybnik Plateau

Chudowskim¹⁾ i Ormontowicki Potok. W 1956 roku, podczas kartowania geomorfologicznego stwierdzono, że koryto Jasienicy ma w dolnym biegu głębokość nie przekraczającą 1 m (KARAŚ-BRZOZOWSKA 1960). Ponad 20 lat później (1978 rok) koryto było wcięte 1,1-1,8 m, a w roku 1993 – 2,5-3 m. Z obserwacji terenowych na początku 2012 roku wynika, że koryto jest na

²⁵ Zlewnia Jasienicy charakteryzuje się gęstą siecią wodną - w literaturze i materiałach źródłowych mają one jednak różne nazwy, np. Potok Beksza jest nazywany Gierałtowskim, Potok Gierałtowski – Bojkowskim, Jasienica – Potokiem Chudowskim, Potok Chudowski – Potokiem Ormontowickim itp. W pracy zastosowano nazwy według Mapy Podziału Hydrograficznego Polski (2004)

tym odcinku wcięte na głębokość aż 6–7 m (fot. 23D), a w jego dnie występują liczne załomy i progi. Dane te świadczą o intensywnej erozji dennej, zachodzącej - w latach 1955–1978, średnio w tempie 0,5-3,6 cm/rok, w okresie 1978–1993, z natężeniem 5-13 cm/rok, a w okresie 1993-2012 – aż 16-24 cm/rok (tab. 36). Około 1 km przed ujściem do Kłodnicy, w dolinie Jasienicy utworzył się próg na granicy niecki osiadania, który spowoduje, wskutek postępującego obniżania terenu, piętrzenie wody w cieku od tego miejsca do 3,8 km jego długości w górę (POZZI I IN. 2008). Dla zachowania spływu grawitacyjnego konieczne jest pogłębienie dna w dolnym odcinku o 2 m, oraz pogłębienie koryta Kłodnicy. Intensywne pogłębianie koryta, sięgające 4 m, stwierdzono także w dolnym odcinku dopływu Jasienicy – Ormontowickiego Potoku (fot. 14C, 22E).

Tabela 36. Erozja denna w wybranych dolinach na obszarze GZW
Table 36. River erosion in selected valleys in the Upper Silesian Coal Basin

Rzeka	Odcinek	Średnie tempo erozji dennej [cm/rok]			Pogłębienie koryta [m]
		1955-1978	1978-1993	1993-2012	
Bierawka	Szczygłowice - Nieborowice	2 - 4			0,5 - 1,0
Knurówka	dolny	7 - 9			1,6 - 2,0
Kłodnica	między Promną i Jasienicą	6 - 11			1,5 - 2,5
Bielszowicki Potok	środkowy	2 - 7			1 - 2,5
Czarniawka	środkowy	9			2,0
Sośnicki Potok	dolny	8 - 10			1,8 - 2,3
Promna	dolny	4 - 10			1,5 - 4,0
Cienka	dolny	4,5			1,0
Jasienica	dolny	0,5 - 3,6	5 - 13	16 - 24	5,0 - 6,0
Ormontowicki Potok	dolny	5 - 7		10 - 13	3,5 - 4,0
Dopływ z Paniówek	dolny	1,3	11,3 - 16,7		2,0 - 2,5
Kolejówka	środkowy		5,9 - 7,4		2 - 2,5

Z obszaru Płaskowyżu Rybnickiego wzmożone procesy erozji dennej występowały, między innymi w korycie Potoku z Gogołowej. W latach 1961-1962 potok był regulowany na 0,5-1,6 km długości. Obniżenie bazy erozyjnej (ujścia do Szotkówki) spowodowało silną erozję denną, w wyniku której dolny, 200-metrowy odcinek koryta (poniżej odcinka uregulowanego) został pogłębiony w ciągu kilkunastu lat do 2,5 m. Średnie tempo erozji dennej wyniosło 6 cm/rok. Wzmoczona erozja denna objęła także dolne odcinki koryt Potoku Kościelnik i Kolejówki (por. rozdz. 5.3.2.2, fot. 14AB). Współcześnie obserwuje się nasilenie procesów erozyjnych w korycie Szotkówki, powyżej zalewiska w Połomi (fot. 23F).

Miarą tempa denudacji antropogenicznej w wyniku górnictwa podziemnego są rzeczywiste przyrosty osiadań. W 1968 roku na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego rozpoczęto pomiary ruchów pionowych reperów tworzących sieć wysokościową „Gigant”, których celem było określenie wielkości zmian wysokości terenu w wyniku działalności górniczej. MACIASZEK I IN. (1999) poddali analizie fragment sieci, obejmujący obszary górnicze kopalń „Wujek”, „Katowice”, „Kleofas”, „Murcki”, „Staszic” i „Śląsk” (o łącznej powierzchni 100 km²) na Płaskowyżu Bytomsko-Katowickim. Stwierdzono, że w trzydziestolecu 1968-1998 obszar ten obniżył się maksymalnie o 5 m. Na podstawie analizy zmian przewyższeń dla poszczególnych odcinków niwelacji (przypisanych środkom tych odcinków) autorzy wykonali mapę prędkości obniżenia powierzchni w okresie badawczym - maksymalna

wartość wynosiła 191 mm/rok, dla około ¼ powierzchni otrzymano wartości 20-60 mm/rok, a dla połowy – nie większe niż 20 mm/rok. Inny, przytaczany już wcześniej przykład, pochodzi z obszaru Płaskowyżu Rybnickiego – dla 753 reperów, na podstawie dwóch cykli pomiarowych sieci „Gigant”, uzyskano przyrosty obniżeń terenu w okresie dwóch lat - 1994-1996 (POMYKOŁ I KWIECIEŃ 1999). Maksymalne obniżenia - do 0,6-0,7 m, pomierzono na pograniczu kopalń „Borynia” i „Żory”, „Jankowice” i Chwałowice” oraz „Pniówek” i „Zofiówka” - tempo obniżania powierzchni sięgało zatem nawet 350 mm/rok. Z kolei, dzięki badawczej sieci geodynamicznej, założonej we wschodniej części GZW i nawiązanej do Aktywnej Sieci Geodezyjnej oraz sieci niwelacyjnej „Gigant”, uzyskano dokładne dane odnośnie objętości wielkopowierzchniowej niecki osiadania powstałej w latach 1993-2003 na obszarze kopalń „Piaś”, „Ziemowit”, „Jaworzno” i „Jan Kanty”. W tym okresie objętość niecki wyniosła 39,2 mln m³ (BANASIK I IN. 2005). Odnosząc tę wartość do całkowitej powierzchni wymienionych kopalń daje to średnie obniżenie powierzchni o 0,2 m w tempie 18 mm/rok. Na podstawie analizy morfometrycznej, ale dla okresu 1883-1993 (111 lat) uzyskano również wynik 18 mm/rok.

PERSKI (2000) przedstawił natomiast wyniki badań dla obszaru GZW, uzyskane metodą satelitarnej interferometrii radarowej dla okresu 35 dni (4.10.1992-8.11.1992). W tym okresie osiadania wystąpiły na obszarze 143,2 km². Maksymalne przyrosty osiadań wynosiły, w mm/35 dni - dla śródmieścia Katowic – 257, dla kopalni „Makoszowy” - 750, a w obszarze bytomskim lokalnie nawet ponad 1000. W obszarze bytomskim największe zanotowane interferometrycznie przyrosty osiadań miały miejsce w rejonach mniejszej miąższości nadkładu skał litych pod pokrywą skał czwartorzędowych. Zdaniem cytowanego autora wskazuje to na zwiększoną prędkość przemieszczania się deformacji w skałach luźnych. Zależność taką zaobserwował także dla obszaru Katowic.

W podsumowaniu warto zauważyć, że wskaźniki denudacji antropogenicznej, obliczone na podstawie precyzyjnych pomiarów geodezyjnych nie odbiegają od obliczonych metodą analizy morfometrycznej, dlatego metodę tą można uznać za wiarygodną. Potwierdza się także, sformułowany już wcześniej wniosek, że średnie tempo denudacji antropogenicznej wywołanej osiadaniem powierzchni wskutek górnictwa podziemnego jest wielokrotnie większe od średniego natężenia procesów denudacyjnych odbywających się w obrębie form antropogenicznych. W obu przypadkach wskaźniki denudacji mogą jednak osiągać bardzo duże wartości w skalach krótkoterminowych. Przejście frontu eksploatacji pod danym obszarem można, w pewnym sensie, traktować jako zdarzenie ekstremalne prowadzące do nasilenia procesów denudacyjnych.

6.5. PROGNOZA DENUDACJI ANTROPOGENICZNEJ

Działalność górnicza na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego nie została zakończona. Współczesne wydobywanie surowców mineralnych na obszarze GZW jest jednak wybitnie ograniczone w stosunku do intensywnej produkcji u schyłku lat 70. XX wieku – węgla kamiennego – niemal 3–krotnie, piasków podsadzkowych – 7–krotnie, a eksploatacji rud cynku i ołowiu w granicach GZW w ogóle zaniechano. W 2010 roku największym wydobyciem węgla kamiennego odznaczały się kopalnie „Piaś” - 4,2 mln ton, „Borynia” i „Ziemowit” - po 3,8 mln ton, oraz „Murcki-Staszic” i „Knurów-Szczygłowice” – po 3,7 mln ton. Górnictwo „opuściło” większą część triasowej strefy geologicznej – obecnie pochodzi z niej około 7%

wydobycia węgla w GZW, podczas gdy ze strefy karbońskiej - około 30%. Największy udział w wydobyciu węgla ma obecnie strefa miocenska – około 65%. W ostatnich dwóch dekadach udział Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej w produkcji węgla kamiennego osiągnął już 52% (tab. 2).

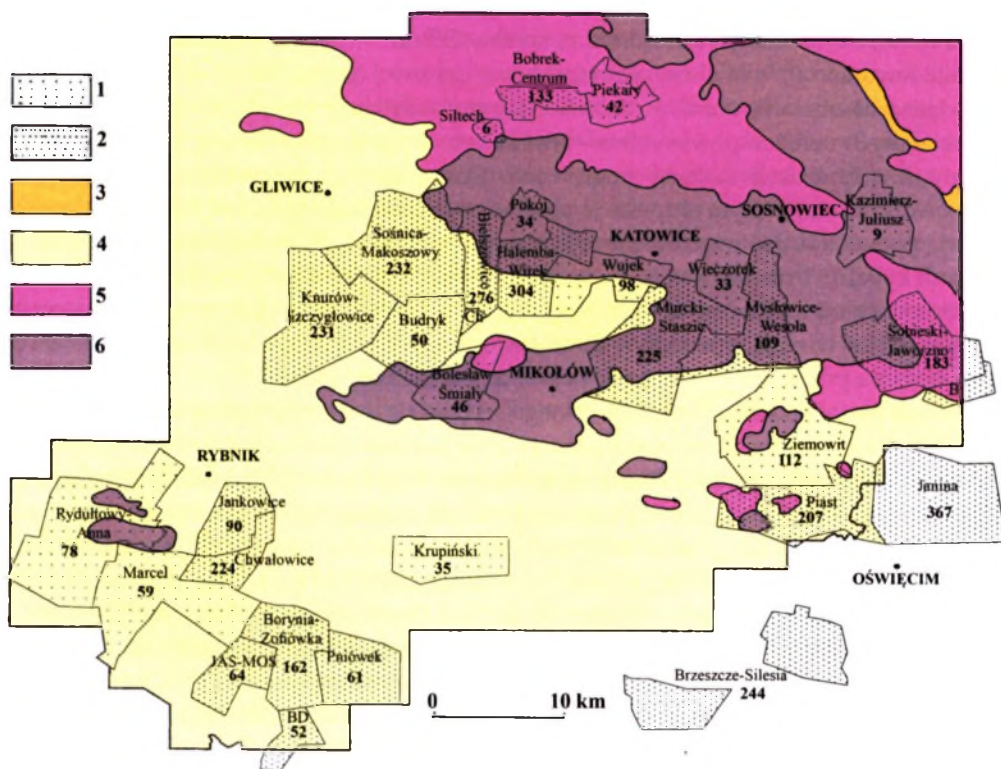
Wprowadzenie nowych kryteriów bilansowości złóż węgla kamiennego (minimalna grubość pokładów 1 m, całkowita zawartość siarki poniżej 2% oraz dokumentowanie złóż do głębokości 1000 m) doprowadziło do znacznego zmniejszenia bazy zasobowej. Według stanu na koniec 2010 roku, w granicach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego jest 125 złóż o łącznych zasobach bilansowych niespełna 35,9 mld ton. Zasoby przemysłowe, czyli przeznaczone do eksploatacji w projektach zagospodarowania złóż, wynoszą 3,94 mld ton i występują w 48 złóżach, w granicach 28 czynnych obecnie kopalń. Do kopalń o największych zasobach przemysłowych należą: „Janina” (367 mln ton), „Halemba-Wirek” (304) i „Zabrze-Bielszowice” (275) (rys. 44). Większość, gdyż około 2/3 zasobów przemysłowych występuje w strefie miocenskiej, 1/4 – w strefie karbońskiej, a tylko niecałe 10% - w triasowej.

Wystarczalność zasobów i związana z tym żywotność kopalń jest różnie określana i mieści się w przedziale od kilku do ponad 130 lat („Halemba-Wirek”, „Zofiówka”, „Budryk”). W 2002 roku KICKI przedstawił ocenę gospodarki zasobami węgla kamiennego w Polsce, na podstawie anonimowych badań ankietowych wśród kilkudziesięciu ekspertów w tej dziedzinie. Prawie połowa z nich (45%) uważała wówczas, że wielkość zasobów przemysłowych nie została ustalona prawidłowo, a 57% ekspertów oceniło wystarczalność zasobów na 15-35 lat. Dane odnośnie żywotności poszczególnych kopalń, podawane w różnego rodzaju opracowaniach, strategiach dla górnictwa, planach dostępu itp. zmieniają się znacząco, nawet w odstępach kilku lat. Przykładowo, w kolejnych latach – 2003, 2007, 2010, dla niżej wymienionych kopalń wystarczalność zasobów określano na: „Knurów” – 44, 38, 52 lata, „Piaś” – 29, 37, 57 lat; „Budryk” – 89, 72, 130 lat. W niniejszej pracy kopalnie podzielono na dwie grupy „wiekowe” - z perspektywami działalności do 30 lat i powyżej 30 lat (rys. 44), łącząc w ten sposób prognozy żywotności kopalń według PASZCZY I BORSUCKIEGO (2010), z przedstawionymi w 2007 roku w *Strategii dla górnictwa węgla kamiennego na lata 2007-2015*. Według szacunków podanych w pierwszym z wymienionych opracowań, kopalnie będą czynne 1,5 – 2 razy dłużej, niż zakłada cytowana *Strategia* (2007).

Analizę możliwości ponownego zagospodarowania zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego w GZW dali JURECZKA I GALOS (2007), konkludując, że są one realne w przypadku złóż w granicach 8 kopalń – „Morcinek”, „Siersza”, „Żory”, „Niwka-Modrzejów”, „Moszczenica”, „Dębieńsko”, „Jan-Kanty” i „Czczott”. Większość z tych złóż (5) jest położona w strefie miocenskiej. Możliwości powtórnego uruchomienia kopalń zostały już wykorzystane – wznowienie wydobycia węgla z najbardziej perspektywicznego złoża - na obszarze zlikwidowanej kopalni „Dębieńsko” (fot. 3B), jest planowane na 2017 rok. Trwają także prace nad udostępnieniem nowego złoża - Bzie Dębina Zachód, przynależnego do kopalni „Zofiówka” - wszczęcie eksploatacji jest przewidywane na 2018-2019 rok.

Współczesne procesy geomorfologiczne na badanym obszarze zachodzą w warunkach środowiska przyrodniczego wyraźnie zmienionego wskutek długotrwałej i intensywnej działalności gospodarczej. Zmiany cech morfometrycznych rzeźby i litologicznych podłoża, stosunków wodnych i użytkowania terenu, w systemach otwartych i zamkniętych, scharakteryzowano w rozdziałach 5.2 i 5.3. Na podstawie przedstawionych wyżej perspektyw rozwoju górnictwa węgla kamiennego można wnosić, że przez, co najmniej kilkadziesiąt lat będzie ono nadal oddziaływało na litosferę i hydrosferę obszaru GZW (około 1000 km²). Największe perspektywy rozwoju górnictwa węgla kamiennego dają złoża na obszarze

Wysoczyzny Rachowickiej, Strefy Podstokowej, Płaskowyżu Rybnickiego, Doliny Wisły, Płaskowyżu Murcek i zachodnich części Wzgórz Chorzowskich i Kochłowniczych. Górnictwo „schodzi” zatem z obszaru Wyżyny Śląskiej do otaczających ją Kotlin – Raciborskiej i Oświęcimskiej i będzie oddziaływać na obszary o ogólnie mniejszych deniwelacjach, z wyjątkiem Płaskowyżu Rybnickiego. Mając na uwadze typy modelowania rzeźby, wyróżnione przez BOGACKIEGO I STARKLA (1999), można określić, że charakter morfodynamiczny jednostek geomorfologicznych, w obrębie których prowadzona będzie podziemna eksploatacja węgla kamiennego, pomimo stosunkowo małych wysokości względnych, jest jednak w przewadze degradacyjny. Większa część obszarów górniczych jest bowiem położona na płaskowyżach, wysoczyznach oraz garbach i pagórach tektonicznych.



Rys. 44. Zasoby przemysłowe węgla kamiennego i prognozowana żywotność kopalń w GZW na tle stref geologicznych (opracowano na podstawie: Paszcza, Borsucki 2010, Strategia dla górnictwa 2007) Żywotność kopalń w latach: 1 – do 30 lat, 2 – powyżej 30 lat, 3 – utwory permu, 4 – strefa miocenska, 5 – strefa triasowa, 6 – strefa karbońska; liczby pogrubioną czcionką - zasoby przemysłowe w mln ton; nazwy kopalń obowiązujące w 2012 roku; nazwy złóż: B – Byczyna, BD – Bzie Dębina, Ch – Chudów

Fig. 44. Hard coal resources and forecasted life of coal mines in the Upper Silesian Coal Basin against a background of geological zones (made by the author on the basis of Paszcza, Borsucki 2010, Strategia dla górnictwa 2007) Life of coal mines in years: 1 – to 30 years, 2 – more than 30 years, 3 – Permian rocks, 4 – Miocene zone, 5 – Triassic zone, 6 – Carboniferous zone; the number in bold – resources in Mt; names of the mines in 2012; names of coal fields: B – Byczyna, BD – Bzie Dębina, Ch – Chudów

Wpływ na przebieg współczesnych procesów geomorfologicznych, w szczególności sfluwacji, będą miały wysokość i rozkład opadów w roku. Na obszarze GZW roczne sumy opadów wynoszą, od 628 mm w Chałupkach w dolinie Odry, do 842 mm w Katowicach – Murckach, są więc dość zróżnicowane (214 mm). Na podstawie danych z kilkudziesięciu posterunków opadowych położonych w granicach badanego obszaru, jak i w bezpośrednim

sąsiedztwie można stwierdzić, że wyraźnie najmniej opadów otrzymuje Kotlina Raciborska, w większości około 670 mm rocznie. Drugi obszar ze stosunkowo małymi opadami ciągnie się od Wyżyny Czeladzi po Kotlinę Mysłowicką. Najwięcej opadów otrzymują - wysoko wyniesiony Garb Mikołowski, południowa część Płaskowyżu Murckowskiego i równoleżnikowy pas ciągnący się wzdłuż centralnej części Kotliny Oświęcimskiej ze średnimi opadami 810 mm. Z powyższego wynikają istotne różnice pod względem erozyjności opadów między potencjalnymi rejonami górniczymi, zwłaszcza między Wysoczyzną Rachowicką a Płaskowyżem Murckowskim.

Obszar triasowej strefy geologicznej, ze względu na najmniejsze zasoby przemysłowe węgla kamiennego, będzie poddany najłagodniejszej antropopresji górniczej w skali całego obszaru GZW. Działalność wydobywczą prowadzą - kopalnia „Bobrek-Centrum” (2,1 mln ton w 2010 roku), ZG „Piekary” (1,5 mln ton), spółka „Siltech” (0,2 mln ton) oraz częściowo ZGE „Sobieski-Jaworzno III”. W dłuższej perspektywie czasowej (ponad 30 lat) eksploatacja ma być prowadzona na obszarze kopalni „Bobrek-Centrum”, czyli w rejonie jednych z największych, już dokonanych obniżen powierzchni – tym samym wpływy górnicze we wschodniej części Wyżyny Miechowickiej zostaną pogłębione. Obieg materii w strefie triasowej, będzie „realizowany” w znacznym stopniu w obrębie zagłębień bezodpływowych, gdyż formy te stanowią ponad 26% dawnego obszaru górniczego (niemal w całości bezodpływowe są tereny czynnych kopalń). Przy założeniu, że zagłębienia bezodpływowe o głębokościach od 1 m do 15 m (liczonych od dna formy do najniższego punktu wododziału), będą wypełniane osadami, do poziomu przywracającego odpływ fluwialny, w tempie - od 0,2 do 1,7 mm/rok (por. tab. 35), to teoretycznie proces ten może trwać nawet dziesiątki tysięcy lat. Ponowne włączenie tych obszarów w system odwodnienia fluwialnego wydaje się być bardzo odległe w czasie.

W strefie karbońskiej, podstawowa część zasobów przemysłowych występuje na Płaskowyżu Murcek (niemal 367 mln ton), Wzgórz Kochłowniczych i Kotliny Mysłowickiej. Żywotność kopalń jest w niektórych prognozach określana na ponad 60 lat – poza przytaczaną już kopalnią „Halemba-Wirek”, wymieniane są kopalnie „Mysłowice-Wesoła” (80 lat) i „Murcki-Staszic” (60 lat) (PASZCZA I BORSUCKI 2010). Przyjmując, że średnie tempo denudacji antropogenicznej spowodowane górnictwem podziemnym, (oszacowane na podstawie bilansu wydobycia w latach 1994-2009) będzie na Wyżynie Śląskiej wynosiło 25 mm/rok, to obniżenie powierzchni po 60 latach eksploatacji może wynosić średnio 1,5 m. Według *Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji katowickiej* (2005) na Płaskowyżu Murcek maksymalne obniżenia powierzchni do końca koncesji górniczej osiągną w niektórych miejscach 5–9 m. Zagłębienia bezodpływowe występujące obecnie w strefie karbońskiej stanowią 4,5% powierzchni obszaru górniczego, ale prawie wszystkie formy są poza zasięgiem współczesnej działalności górniczej i będą stopniowo wypełniane materiałem z denudacji zboczy. Tempo denudacji, w porównaniu ze strefą triasową, będzie prawdopodobnie mniejsze, gdyż wiele zagłębień jest intensywnie zabudowanych i objętych kanalizacją miejską. Obieg materii na pozostałym obszarze strefy karbońskiej będzie odbywał się w ramach systemów otwartych – fluwialnych, przy czym w zmienionych istotnie warunkach - zmian spadków, obniżonej bazy erozyjnej, zwiększonego nachylenia stoków i zwiększonych przepływów wynikających z dostawy wód obcych.

W zasięgu najintensywniejszej działalności górniczej ma się znaleźć miocenska strefa geologiczna. Ponad 60% zasobów przemysłowych węgla kamiennego w GZW występuje tu w podłożu trzech różnych, oddalonych od siebie rejonów geomorfologicznych: 1/ Wysoczyzny Rachowickiej i Strefy Podstokowej, 2/ Płaskowyżu Rybnickiego, 3/ Doliny Górnej Wisły i sąsiadujących z nią jednostek tektonicznych – Pagórów Lędzińskich i Libiąskich, Garbu

Bierunia oraz Rowu Chrzanowskiego. Prognozuje się, że większość kopalń będzie czynne kilkadziesiąt lat, z wyjątkiem starych zakładów w zachodniej części Płaskowyżu Rybnickiego, oraz kopalń „Krupiński”, „Bolesław Śmiały” i „Ziemowit”. Zakładając około 50-letni okres działalności górniczej oraz tempo denudacji, oszacowane dla obszaru Kotliny Raciborsko-Oświęcimskiej na 37 mm/rok (na podstawie bilansu wydobywania w latach 1994-2009), można prognozować, że powierzchnia obniży się średnio o prawie 2 m. Tempo wypełniania osadami zagłębień bezodpływowych, zajmujących niecałe 3% powierzchni strefy miocenińskiej będzie zróżnicowane – największe na Płaskowyżu Rybnickim, gdyż liczne formy powstały w wyniku przegrodzenia zwałowiskami, głębokich dolinek o silnie nachylonych zboczach - w agradacji antropogenicznej znaczny udział będzie miała więc depozycja materiału ze zwałowisk. Procesy erozji i akumulacji rzecznej będą zachodziły bardzo intensywnie, szczególnie na Wysoczyźnie Rachowickiej i w Strefie Podstokowej (por. rozdz. 6.4) – jeżeli tempo erozji rzecznej będzie na niektórych odcinkach koryt rzecznych porównywalne ze stwierdzanym dotychczas (tab. 36), czyli w przedziale wartości 0,5-24 cm/rok, to można prognozować pogłębienia koryt od 1,5 do nawet 7 m. Górnictwo w strefie miocenińskiej wiąże się z dużym wydobywaniem skały płonnej, stąd można oczekiwać dalszego nadsypywania starych zwałów i tworzenia nowych. Przemieszczanie mas skalnych, niejednokrotnie na wielką skalę, jest także związane z rekultywacją terenów górniczych (SKAWINA 1968, SKAWINA I TRAFAS 1971, GRESZTA I MORAWSKI 1972). Te celowe działania, zaplanowane jeszcze przed wystąpieniem działalności górniczej, a prowadzone w trakcie jej trwania oraz po zaprzestaniu wydobywania, w znaczący sposób kształtują tempo denudacji/agradacji antropogenicznej. W wielu miejscach na obszarze Górnosląskiego Zagłębia Węglowego trwa ponadto proces „rozbiórki” licznych starych zwałowisk i wykorzystywania budującego ich materiału pod budowę dróg.

Podziemna eksploatacja węgla kamiennego zmieniła pierwotny stan równowagi dynamicznej górotworu. Na obszarach zlikwidowanych kopalń pozostaje on w chwiejnej równowadze do momentu zadziałania impulsu o charakterze niekoniecznie górniczym (np. bardzo intensywne opady deszczu), powodującego pełne lub niepełne rozładowanie stanu naprężeń górotworu (NIEDOJADŁO 2005). Deformacje nieciągłe, ale także „reszkowe” deformacje ciągłe mogą ujawnić wiele lat po zaprzestaniu działalności górniczej. Potencjalna denudacja antropogeniczna związana z reaktywacją starych zrobów, nie wydaje się jednak mieć większego wpływu na wielkość denudacji całkowitej.

Zakończenie działalności górniczej i zaniechanie odwadniania prowadzące do zatopienia kopalni wiąże się z podnoszeniem zwierciadła wody i przywracaniem równowagi hydrodynamicznej w górotworze (WILK 2003, FROLIK 2005, BUKOWSKI 2006). Wypełnianie lejów depresyjnego trwa około 10 lat i może powodować dwójakiego rodzaju skutki: a/ uaktywnienie starych zrobów i powstawanie deformacji nieciągłych oraz pogłębienie obniżenia terenu; b/ zwiększenie objętości warstw górotworu posiadających własności pęcznienia i powstawanie wypiętrzeń. NIEDOJADŁO (2005) podaje przykład z rejonu górnictwa węgla kamiennego Zwickau - Oelsnitz, gdzie po 20 latach od zakończenia eksploatacji nadal powstają szkody górnicze, w tym wypiętrzenia terenu na 9-15 cm. Większość kopalń GZW jest połączona ze sobą hydraulicznie, dlatego koncepcja całkowitego zaprzestania odwadniania zlikwidowanych kopalń i powrót zwierciadła wody do stanu równowagi hydrodynamicznej na poziomie kilku metrów powyżej powierzchni terenu w rejonach największych obniżenia powierzchni jest nieaktualna (BUKOWSKI I AUGUSTYNIAK 2006). Kopalnie „Siersza” i „Morcinek” są odosobnione - trwa ich zatopienie.

7. DENUDACJA ANTROPOGENICZNA NA OBSZARACH GÓRNICZYCH W POLSCE I EUROPIE

Górnictwo jest, obok rolnictwa i budownictwa, główną formą oddziaływania na rzeźbę (por. rozdz. 3). HOOKE (2000) zauważa, że człowiek, poprzez odkrywkową eksploatację surowców (*excavating*) i górnictwo podziemne (*mining*) stał się w sposób zamierzony lub niezamierzony geomorficznym czynnikiem erozji. Nie jest to pogląd odosobniony, gdyż w literaturze zagranicznej, dla podkreślenia roli człowieka w przekształcaniu litosfery, bardzo często uważa się go za czynnik geologiczny lub geomorfologiczny (geomorficzny) (NIR 1983, HOOKE 1994, 2000, PANIZZA 1996, WILKINSON 2005, GOUDIE 1993, 2006).

Wpływ działalności górniczej na podłoże i rzeźbę jest zwykle charakteryzowany wielkością przemieszczanego materiału lub wskaźnikiem obniżenia czy podwyższenia powierzchni, wyrażanym najczęściej w mm/rok. Przykładowo, DOUGLAS I LAWSON (2001) podają, że w Wielkiej Brytanii, każdego roku jest przemieszczane 0,7 – 1 mld ton materiału ziemnego na skutek górnictwa odkrywkowego, składowania odpadów i rozbudowy miast, a RIVAS I IN. (2006), na podstawie badań kilku obszarów górniczych w Argentynie i Hiszpanii, obliczyli wielkość denudacji antropogenicznej na poziomie, odpowiednio - 0,8 mm/rok oraz 2,4 mm/rok. Intensywna eksploatacja osadów z koryta Loary w Regionie Centralnym Francji, wynosząca rocznie 6,4 mln ton, wobec 6 – krotnie mniejszej naturalnej dostawy osadów, przyczyniła się do przegłębienia koryta o 3 m (GAŚOWSKI 1994). Rozmiary denudacji w zlewniach górniczych szacowane są często za pomocą markerów geochemicznych w osadach rzek i zbiorników wodnych, najczęściej na podstawie podwyższonej zawartości danego metalu w stosunku do tła geochemicznego (KLIMEK 1996, MÜLLER I IN. 1999). W literaturze porusza się także problem zwiększonego tempa denudacji obszarów krasowych z powodu działalności górniczej (np. TYC 1997, WANFANG 1997). PULIDO-BOSCH I IN. (2004) wykazali, że zintensyfikowanie denudacji krasowej na półpustynnym obszarze basenu Tabernas - Sorbas w Hiszpanii, ma swoją przyczynę w eksploatacji gipsu, rozpoczętej w latach 80. XX wieku. Z kolei, SPRYNSKYI I IN. (2009) obliczyli, że wskaźnik antropogenicznej denudacji chemicznej, z powodu trwającego 29 lat odwadniania obszaru górnictwa siarki (Jaziv) w zachodniej Ukrainie wynosił 0,062 mm/rok ($17\,952\text{ m}^3/\text{km}^2$), czyli był niemal 80 razy wyższy niż wskaźnik denudacji naturalnej. Te, i dziesiątki innych przykładów świadczą, że powierzchniowa i podziemna eksploatacja surowców ma swoje odzwierciedlenie w bilansie denudacyjnym obszarów, w których jest prowadzona.

Przedstawione w poprzednich rozdziałach, geomorfologiczne skutki górnictwa oraz rozmiary denudacji antropogenicznej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wymagają porównania z innymi obszarami górniczymi. W niniejszym rozdziale w pierw

scharakteryzowano górnictwo przemieszczanie mas skalnych w Polsce w wyniku eksploatacji 12 podstawowych surowców mineralnych, a następnie oszacowano, wynikające z działalności górniczej, natężenie denudacji antropogenicznej. Zestawiono także dane o wpływie górnictwa węgla kamiennego na rzeźbę dwóch innych zagłębi tego surowca w Europie – Zagłębia Ruhry i Zagłębia Ostravsko-Karwińskiego.

7.1. GÓRNICZE PRZEMIESZCZANIE MAS SKALNYCH W POLSCE

Historia górnictwa w Polsce sięga neolitu. W podziemnych wyrobiskach w Krzemionkach Opatowskich, w rejonie Gór Świętokrzyskich, wydobywano wówczas krzemienie pasiaste. Tradycje górnictwa rud żelaza, srebra, ołowiu, soli kamiennej i surowców skalnych sięgają, co najmniej początków państwa polskiego, ale intensywny rozwój górnictwa rozpoczął się dopiero w XIX wieku wraz z wielkoskalową eksploatacją węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu oraz surowców skalnych. W okresie powojennym następuje seria odkryć geologiczno-złożowych – siarki i rud miedzi, powstały też nowe zagłębia węgla brunatnego, rud cynku i ołowiu, piasku podsadzkowego i innych surowców skalnych (KOZŁOWSKI 1983). Górnictwo w Polsce jest więc związane z okresem teraźniejszości, który STARKEL (1988) w skali czasowej rozciąga na ostatnie 200 lat, podkreślając, że nigdy dotąd natężenie poszczególnych procesów i zmiany geosystemów nie były tak wielkie i istotne, jak w czasie rewolucji przemysłowej. Zwraca uwagę, że zmiany konfiguracji terenu w postaci zwalów, nasypów, głębokich wyrobisk i zapadlisk górniczych są niemal zawsze zmianami nieodwracalnymi, podobnie jak nieodwracalne są straty związane z eksploatacją surowców mineralnych. Według MARUSZCZAKA (1988) przekształcanie przez człowieka „zamkniętych” krajobrazów leśnych w „otwarte” polne zostało dokonane w tempie szybszym niż przejście od krajobrazów tundrowo-stepowych do leśnych, spowodowane wielkimi zmianami klimatycznymi na przełomie plejstocenu i holocenu. Przekształcenie krajobrazów uprawowych, bądź leśnych w górnictwo dokonało się w tempie jeszcze szybszym.

W środowisku geotechnicznym, takim jak obszar górniczy, okres intensywnego przemieszczania mas skalnych zasadniczo kończy się w momencie zaprzestania eksploatacji, jest ono kontynuowane w obrębie utworzonych form antropogenicznych, ale w wyniku działania naturalnych procesów geomorfologicznych i geomechanicznych (w górotworze). Antropopresja górnicza ma zatem charakter okresowy (epizodyczny) – trwa od rozpoczęcia prac udostępniających złoża, przez lata produkcji, do czasu likwidacji zakładu górniczego i wygaśnięcia większości wpływów górniczych. Sugestywnie przedstawia to SKINNER (1978) na wykresie tradycyjnych etapów rozwoju wydobywania i produkcji górniczej metali. Początkowo, w miarę rosnącej liczby odkrytych złóż rośnie liczba kopalń, potem kopalnie mniejsze ulegają wyczerpaniu, a tempo eksploatacji w pozostałych głównych kopalniach przewyższa odkrywanie nowych zasobów. Zanim surowiec zostanie szcerpany rozpoczyna się jego import, który rośnie wykładniczo i wyraża niezdolność kraju do zaspokajania potrzeb w tej dziedzinie. Wydaje się, że model ten nie ma zastosowania do wszystkich surowców mineralnych, gdyż wydobywanie kopaliny może być ograniczone nie tylko z powodu wyczerpania zasobów, ale także z przyczyn natury gospodarczej, społecznej, politycznej, czy technologicznej. Przykładem może być polskie górnictwo siarki, które w ciągu zaledwie 50 lat od odkrycia wielkich złóż przeżyło i rozwój na światową skalę i radykalne ograniczenie wydobywania ze względu na rozpowszechnienie się odzyskiwania siarki z gazu

ziemnego i ropy naftowej. Historia górnictwa rud cynku i ołowiu z kolei, dobrze wpisuje się w model SKINNERA (1978) – z powodu wyczerpywania się dostępnych zasobów tych rud Polska przeszła z grupy głównych producentów cynku na świecie do grupy jego importerów.

Górnictwo odgrywa ważną rolę w gospodarce Polski. W ostatnim dwuzestoleciu roczna produkcja surowców mineralnych mieściła się w przedziale od 350 do prawie 440 mln ton. Dodając do tych statystyk wydobycie skał płonnych (rocznie 30-80 mln ton), a także surowców skalnych przez indywidualnych właścicieli (brak danych) produkcja górnicza może wynosić, według ostrożnych szacunków, ponad 500 mln ton rocznie. Dla lat 70. XX wieku przyjmowano, w stosunku do oficjalnych statystyk, niemal dwukrotnie większe wydobycie, przykładowo według LESZCZYCKIEGO (1980), w 1970 roku przemieszczanie mas skalnych dotyczyło około 700 mln ton, czyli o 320 mln ton więcej niż odnotowano w bilansie rocznego wydobycia. Z kolei KOZŁOWSKI (1983) szacuje wydobycie surowców mineralnych w „szarej strefie” dla 1978 roku na, co najmniej 100 mln ton, podając jednocześnie za KRUPINSKIM (1971), że w latach 60. XX wieku Polska należała do pierwszej dziesiątki górniczych krajów świata. Obecnie rola Polski w górnictwie światowym wyraźnie zmalała, ale nadal jest znacząca.

W Polsce eksploatuje się około 60 różnych kopalni, z tego kilka na dużą skalę. W 2009 roku w wydobycie surowców przedstawiało się następująco: skalne - 257,9 mln ton, energetyczne - 127,6 mln ton, metaliczne - 25,5 mln ton i chemiczne - 3,4 mln ton. Łącznie w Polsce wydobyto 414,4 mln ton surowców mineralnych i wytworzono 50,3 mln ton odpadów górniczych. Głównymi kopalniami były: kruszywa naturalne (34% ogólnego wydobycia), węgiel kamienny (17%), węgiel brunatny (13,8%), kamienie łamane i bloczne (13,3%), wapień i margle dla przemysłu wapienniczego i cementowego (8,5%), rudy miedzi (5,6%), piaski podsadzkowe (2,4%), surowce ilaste ceramiki budowlanej (1,3%), sól kamienna (0,7%), dolomity (0,7%), rudy cynku i ołowiu (0,6%) oraz siarka (0,07%). Górnictwo wszystkich pozostałych surowców mineralnych dawało zaledwie 2,03% ogólnego wydobycia, dlatego w poniższej analizie uwzględniono jedynie 12 wymienionych wyżej kopalni. Główne obszary górnicze w Polsce przedstawia rys. 45.

Węgiel kamienny występuje w Polsce w 2 zagłębienia typu paralicznego - Górnośląskim i Lubelskim oraz w jednym typu limnicznego - Dolnośląskim (rys. 45). Pierwsze wzmianki o kopalniach węgla na Dolnym Śląsku pochodzą z 1434 roku dla rejonu świdnickiego i z 1536 roku dla rejonu wałbrzyskiego. W połowie XVIII wieku niewielkie ilości węgla eksploatowano między innymi w miejscowościach Borków, Nowa Ruda, Słupiec, Biały Kamień, Sobięcín, Rusinowa (PIĄTEK I PIĄTEK 1978). Zasadniczy rozwój górnictwa rozpoczął się jednak w pierwszej połowie XIX wieku, kiedy to na Dolnym Śląsku czynnych było od 30 do 50 kopalń. Zagłębienie Dolnośląskie, mimo wzrastającego wydobycia, szybko utraciło swoją przodującą rolę na rzecz Górnośląskiego (LUKSA 1959). W okresie powojennym czynnych było 6 kopalń, w większości powstałych z kilku kopalń założonych jeszcze w XVIII-XIX wieku, a mianowicie „Victoria”, „Thorez”, „Chrobry” i „Mieszko”, połączone później jako kopalnia „Wałbrzych” oraz „Nowa Ruda” i „Słupiec”, połączone w 1971 roku jako „Nowa Ruda”. Górnictwo dolnośląskie koncentrowało się więc w dwóch rejonach – w Kotlinie Wałbrzyskiej oraz w Obniżeniu Nowej Rudy na przedpolu Gór Sowich, na powierzchni około 530 km². Wydobywano tu węgiel koksujący ze stosunkowo cienkich, stromych pokładów na dużej głębokości. W 2000 roku zaniechano eksploatacji z powodu pogarszających się warunków geologiczno-górnicznych. Z zebranych danych statystycznych wynika, że w okresie 1769-2000 w Zagłębiu Dolnośląskim wydobyto 492,2 mln ton węgla

kamiennego, czyli 4,4% produkcji krajowej. W odróżnieniu od Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, duże wydobywanie (44%) przypadało na pierwszą połowę XX wieku, mimo kryzysu lat międzywojennych, kiedy zlikwidowano i zatopiono 9 kopalni.

Górnictwo dolnośląskie spowodowało istotne przekształcenia rzeźby, zwłaszcza w rejonie wałbrzyskim, w zasięgu oddziaływania kopalni „Wałbrzych”, „Thorez” i „Victoria”. Z badań WÓJCIKA (1995, 2006, 2011) wynika, że w okresie 1865-1996 powstało tu 39 hałd zajmujących powierzchnię 3,06 km², na których nagromadzono 82,9 mln m³ skał płonnych, a także 8 osadników usytuowanych na wierzchołkach hałd o łącznej powierzchni 0,74 km² i objętości 9,01 mln m³. Najwyższe zwałowisko osiągnęło wysokość 105 m. Duża ilość odpadów pogórnich nagromadzonych w rejonie wałbrzyskim wynika z faktu, że w latach 70. i 80. XX wieku na 1 tonę węgla wydobywano aż 1,5 tony skały płonnej. Osiedlenia górnicze wystąpiły na obszarze około 35 km² - maksymalnie sięgając 17,9 m w Wałbrzychu Białym Kamieniu, gdzie powstało zagłębienie bezodpływowe z zalewiskiem. Na pozostałym obszarze teren obniżył się od 0,1 m na skrzydłach niecki wałbrzyskiej do 10 m w jej centrum, w rejonie prowadzonej w latach 80. XX wieku eksploatacji z filarów ochronnych. Objętość niecek osiadania szacowana jest na 245 mln m³ (WÓJCIK 1993, 2008). Wraz z procesem likwidacji kopalni bezrobotni górnicy zaczęli wydobywać węgiel nielegalnie w biedaszybach – w okolicach Sobiecin naliczono ich około tysiąca. Część tych wyrobisk ulega zawaleniu, a powstałe zapadliska mają głębokość do 6 m (WÓJCIK 2006).

W Lubelskim Zagłębiu Węglowym jest czynna jedna kopalnia - „Bogdanka”, zlokalizowana w większości na obszarze Polesia Lubelskiego. W granicach obszaru górniczego kopalni (77 km²) pokłady węgla zalegają prawie poziomo, złoża jest nieznacznie zaburzone tektonicznie, a eksploatację prowadzi się obecnie na głębokości od 860 do 960 m (TARAS I IN. 2008). Dotychczas (1983-2009) w kopalni wydobyto 79,3 mln ton węgla kamiennego, czyli zaledwie 0,7% krajowej produkcji. Wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię ujawniał się w postaci osiadania terenu - wykształciło się kilka niecek, w tym dwie większe z zalewiskami – „Szczecin” (1,3 km²) oraz na Polu Nadrybie (0,3 km²). Obok kopalni powstaje także składowisko odpadów górniczych, które zajmuje obecnie powierzchnię około 0,62 km² (*Analiza głównych zagrożeń...2009*). Wobec 26- metrowej wysokości względnej forma ta wyróżnia się w równinnym krajobrazie Polesia. W Polsce wydobyto do 2009 roku 11,239 mld ton węgla kamiennego, z tego najwięcej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego - aż 94,9%.

Węgiel brunatny występuje w utworach trzeciorzędowych Niżu Polskiego i Sudetów (rys. 45). Znaczenie przemysłowe mają złoża mioceniowe, których zasoby przemysłowe według stanu na 2009 rok wynoszą 1,37 mld ton (*Bilans zasobów 2010*). Eksploatację prowadzi się odkrywkowo w trzech zagłębiach: turowskim, bełchatowskim i konińskim. Warstwy węglonośne mogą mieć formę pokładów lub soczew, występować w rowach tektonicznych oraz wśród utworów glacitektonicznie zaburzonych. Obecnie eksploatację prowadzi się w 9 odkrywkach w ramach 4 kopalni.

Najstarszym rejonem wydobywania jest Niecka Żytawska w Sudetach Zachodnich, gdzie już w XVII wieku zwrócono uwagę na pożary brunatnych wychodni skał, a w 1740 roku podjęto ich wydobywanie (WILCZYŃSKI 2010). Do końca XIX wieku funkcjonowało tutaj ponad 100 małych kopalni podziemnych. W 1904 roku powstała kopalnia odkrywkowa „Turów I”, a w roku 1963 – „Turów II”. Miąższość pokładów eksploatowanych w Zagłębiu Turowskim wynosi 50-60 m - do 2009 roku wydobyto z nich 851 mln ton węgla brunatnego. Wyrobisko kopalni „Turów II” ma głębokość 210 m i zajmuje powierzchnię 24,1 km².

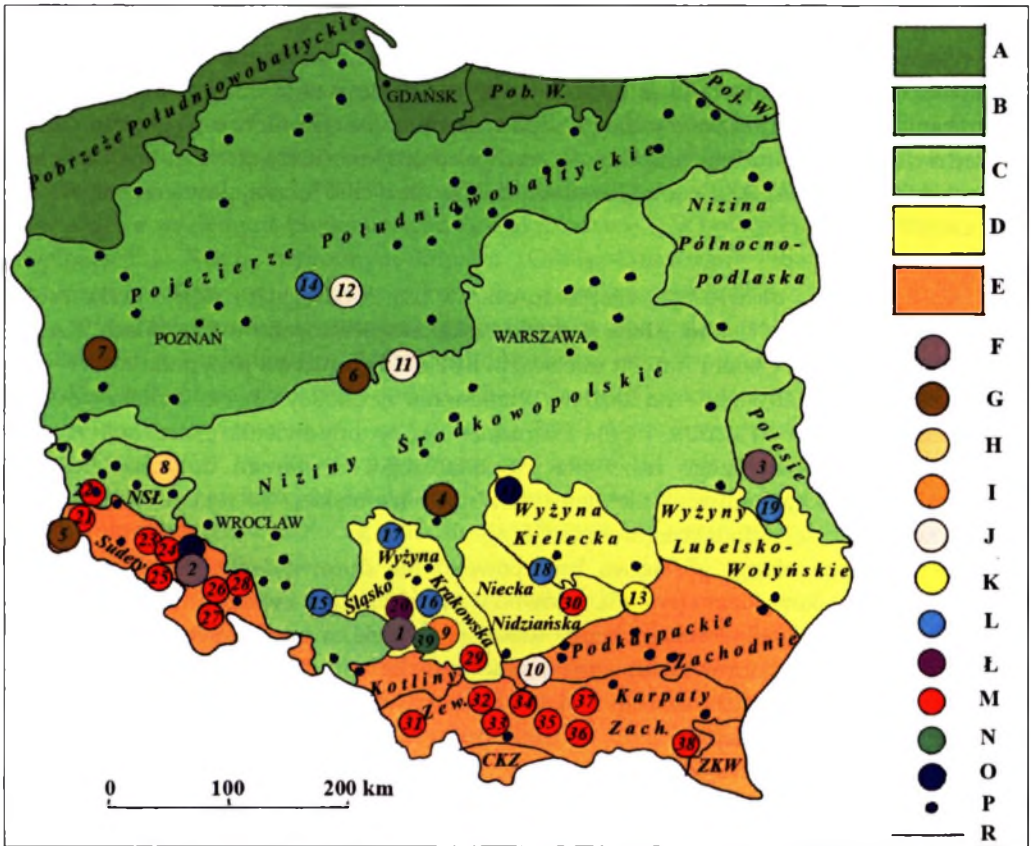
Jednym z najdłużej eksploatowanych złóż węgla brunatnego w Polsce jest położone na Ziemi Lubuskiej złożo Sieniawa (KOZACKI 1980). W 1873 roku powstała tu kopalnia podziemna o produkcji maksymalnej sięgającej 80 tysięcy ton (1939 rok). Po odbudowie ze zniszczeń wojennych kopalnia „Sieniawa” była czynna w latach 1950-1997. Od 2002 roku jej miejsce zajęła kopalnia odkrywkowa o tej samej nazwie, na razie o niewielkiej produkcji - 0,267 mln ton w 2009 roku.

W Zagłębiu Konińskim złoża węgla brunatnego mają miąższość 8-10 m i występują pod nadkładem o kilkudziesięciometrowej miąższości. Eksploatację rozpoczęto pod koniec II wojny światowej – obecnie czynne są dwie kopalnie - „Konin” i „Adamów”, obie wieloodkrywkowe. Pierwsza z nich prowadzi wydobywanie w odkrywkach Lubstów, Józwin, Kazimierz Północ i Drzewce (od 2005 roku), natomiast odkrywki - Kazimierz Południowy i Pątnów są nieczynne od kilkunastu lat, a od kilkudziesięciu – Niestusz, Morzysław i Gośławice (KOZACKI 1987). Do 2009 roku w kopalni „Konin” wydobyto 544,3 mln ton węgla brunatnego, zaś w kopalni „Adamów”, w odkrywkach Koźmin, Władysławów i Adamów oraz nieczynnej już Bogdałów – 182,3 mln ton.

Najmłodszym zagłębiem jest Bełchatowskie, zagospodarowywane od połowy lat 70. XX wieku. W 1981 roku powstała tu największa, wówczas jedenasta odkrywka węgla brunatnego w Polsce - „Bełchatów” (CHWASTEK 1985). Złożo występuje w rowie tektonicznym Kleszczowa na głębokości 150-200 m i jest wykształcone jako pokład węgla o średniej miąższości 50-55 m. Odkrywka bełchatowska (25,6 km², ponad 200 m głębokości, fot. 24A), już na początku lat 90. XX wieku dawała połowę polskiej produkcji węgla brunatnego, a do 2009 roku jej wydobywanie wyniosło 848 mln ton. W 2009 roku rozpoczęto wydobywanie w złożu Bełchatów - pole Szczerców. W odkrywce tej (6,7 km², 120 m głębokości) będzie eksploatowane złożo o miąższości 55 m.

Od początku górnictwa węgla brunatnego do 2009 roku z 15 odkrywek wydobyto go 2,426 mld ton. Wiązało się to nie tylko z powstaniem wielkogabarytowych odkrywek, ale także z formowaniem dużych zwałowisk zdjętego nadkładu. Przemieszczanie mas skalnych towarzyszące udostępnianiu złoża osiągnęło rozmiary 4- krotnie większe niż to, które było związane z wydobywaniem surowca. O ile przy wkopie otwierającym dawną odkrywkę Gośławice usunięto 5,6 mln m³ nadkładu (PILAWSKA 1967), to w wyrobisku bełchatowskim 3,6 mld m³ (ponad 600 razy więcej) (TAJDUŚ I KASZTELEWICZ 2009).

Zwałowisko nadkładu kopalni „Turów II” zajmuje powierzchnię 21,8 km², przy wysokości względnej 245 m. Pomimo dużych rozmiarów formy, w wyniku zakończonej niedawno rekultywacji wtopiła się ona w górzysty krajobraz otoczenia Niecki Żytawskiej (NIETRZEBA-MARCINONIS 2007), w odróżnieniu od Góry Kamińskiej, zrehabilitowanym zwałowisku kopalni „Bełchatów” (14,8 km², 1,35 mld m³), wznoszącej się 195 m ponad falistą równinę Wysoczyzny Bełchatowskiej (UBERMAN I OSTREGA 2004). Ta ogromna forma antropogeniczna powstawała przez 17 lat (1977-1993). Zwałowisko nadkładu zdjętego w nowej odkrywce Szczerców ma już kubaturę 312 mln m³ (6,4 km², 120 m wysokości). Duże ilości nadkładu zdejmowano z odkrywek kopalni „Konin” – dotychczas 2,8 mld m³, znacznie mniej z odkrywek adamowskich – 1,2 mld m³. W sumie od początku działalności do końca 2009 roku w polskich kopalniach węgla brunatnego zdjęto 9,5 mld m³ nadkładu, z tego 38% w kopalni „Bełchatów” (KASZTELEWICZ I ZAJĄCZKOWSKI 2010).



Rys. 45. Główne obszary górnicze w Polsce na tle podprowincji geomorfologicznych

Główne strefy morfogenetyczne: A – pobrzeża, B – pojezierza, C – niziny, D – wyżyny, E – góry i kotliny podgórskie; **główne obszary górnicze:** F – węgla kamiennego: 1 – Górnśląski, 2 – Dolnośląski, 3 – Lubelski; G – węgla brunatnego: 4 – Bełchatowski, 5 – Turoszowski, 6 – Konin, 7 – Sieniawa; H – rud miedzi: 8 – Legnicko-głogowski; I – rud cynku i ołowiu: 9 – Śląsko-krakowski; J – soli kamiennej: 10 – Podkarpacki, 11 – Kłodawski, 12 – Inowrocławski; K – siarki: 13 – Tarnobrzeski; L – wapieni i margli: 14 – Kujawski, 15 – Opolski, 16 – Zawierciański, 17 – Częstochowski, 18 – Kielecki, 19 – Chełmsko-rejowiecki; Ł – dolomitów: 20 – Bytomsko-siewierski; M – kamieni łamanych i blocznych: 21 – Lubania, 22 – Bolesławiecki, 23 – Złotoryjski, 24 – Strzegomski, 25 – Wałbrzyski, 26 – Pilawski, 27 – Kłodzki, 28 – Strzeliński, 29 – Krzeszowicki, 30 – Pińczowski, 31 – Bielski, 32 – Sułkowicki, 33 – Krzczonowski, 34 – Myślenicki, 35 – Limanowej, 36 – Nowosądecki, 37 – Cieżkowicki, 38 – Tamawa; N – piasków podsadzkowych: 39 – Śląski; O – surowców ilastych i kruszyw naturalnych: 40 – Jaroszewski, 41 – Tomaszowski; P – inne, mniejsze rejonów eksploatacji surowców ilastych i kruszyw naturalnych; R – granice podprowincji geomorfologicznych wg Gilewskiej (1999); objaśnienia skrótów: NSŁ – Niziny Sasko-Łużyckie, CKZ – Centralne Karpaty Zachodnie, Pob. W. – Pobrzeża Wschodniobałtyckie, Poj. W. - Pojezierze Wschodniobałtyckie, Zew. – Zewnętrzne, ZKW – Zewnętrzne Karpaty Wschodnie

Fig. 45. Main mining areas in Poland against a background of geomorphological sub-provinces

Main morphogenetic zones: A – coastlands, B – lakeland, C – lowland, D – upland, E – mountains and foothill basins; **main mining areas:** F – hard coal: 1 – Upper Silesian, 2 – Lower Silesian, 3 – Lublin; G – brown coal: 4 – Bełchatów, 5 – Turoszów, 6 – Konin, 7 – Sieniawa; H – copper ore: 8 – Legnica-Głogów; I – zinc and lead ores: 9 – Silesian-Cracow; J – rock-salt: 10 – Subcarpathian, 11 – Kłodawa, 12 – Inowrocław; K – sulphur: 13 – Tarnobrzeg; L – limestones and marls: 14 – Kuyavian, 15 – Opole, 16 – Zawiercie, 17 – Częstochowa, 18 – Kielce, 19 – Chelms-Rejowiec; Ł – dolomites: 20 – Bytom-Siewierz; M – cut and quarry stones: 21 – Luban, 22 – Bolesławiec, 23 – Złotoryja, 24 – Strzegom, 25 – Wałbrzych, 26 – Pilawa, 27 – Kłodzko, 28 – Strzelin, 29 – Krzeszów, 30 – Pińczów, 31 – Bielsko, 32 – Sułkowice, 33 – Krzczonów, 34 – Myślenice, 35 – Limanowa, 36 – Nowy Sącz, 37 – Cieżkowice, 38 – Tamawa; N – stowing sands: 39 – Silesian; O – clayey raw materials and gravel aggregates: 40 – Jaroszew, 41 – Tomaszów; P – other smaller areas of extraction of clayey raw materials and gravel aggregates; R – boundaries of geomorphological sub-provinces after Gilewska (1999); abbreviations: NSŁ – the Saxon-Lusatian Lowerland, CKZ – the Central West Carpathians, Pob. W. – East Baltic Coast, Poj. W. – East Baltic Lakeland, Zew. – External, ZKW – the External East Carpathians

Tworzenie zwałowisk zewnętrznych ma swój kres w momencie wyeksploatowania części złoża i udostępnienia dna wyrobiska pod zwałowisko wewnętrzne. W wyrobiskach poeksploatacyjnych składowane są także odpady np. w turoszowskim popioły i produkty odsiarczania, w części morzysławskiego odpady komunalne. Górnictwo węgla brunatnego prowadzi działalność produkcyjną na powierzchni od 200 km² (KRZAKLEWSKI 1990) do około 250 km² (MACIEJEWSKA 2000) w obrębie obszarów górniczych o łącznej powierzchni 363 km² (OSTROWSKI 2001).

Rudy cynku i ołowiu były eksploatowane w trzech okręgach - śląsko-krakowskim, świętokrzyskim i dolnośląskim. Złóża świętokrzyskie eksploatowano w Chęcinach, Rzepce, Ołowiance, Zelejowej i wielu innych miejscach. Rozkwit górnictwa przypada na XV wiek i pierwszą połowę XVI wieku - na każdym wzniesieniu w okolicy Chęcín istniało wówczas po kilkaset szybków (PAZDUR 1960). Późniejsze próby odnowienia górnictwa na tym obszarze nie miały większego znaczenia gospodarczego. W okręgu dolnośląskim rudy ołowiu i srebra eksploatowano na ziemi świdnicko-jaworskiej, w rejonie wałbrzyskim (Boguszów, Chełmiec) i kłodzkim (Srebrna Góra).

Wymienione okręgi górnictwa kruszcowego nie dorównywały jednak znaczeniu okręgowi śląsko-krakowskiemu (rys. 45), zarówno w przeszłości, jak i w czasach współczesnych. Rejony eksploatacyjne – bytomski, chrzanowsko-jaworznicki, a także większa, południowa część tarnogórskiego (bobrownicki) znajdowały się w granicach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, więc historia ich rozwoju została przedstawiona w rozdziale 4.2. Poza obszarem GZW rozwijał się okręg największy - olkuski²⁶, opisany szczegółowo w pracach MOLENDY (1972, 1978). Górnictwo kruszcowe miało tu rozmiary porównywalne z produkcją innych ośrodków europejskich, ale zdaniem cytowanej autorki, od średniowiecza do XVIII wieku ze wszystkich złóż śląsko-krakowskich wyeksploatowano tylko około 10% zasobów rud ołowiu i minimalny odsetek rud cynku. Mimo przetrwałych do naszych czasów licznych śladów po górnictwie z tego okresu, dających wrażenie przemieszczania dużej ilości mas skalnych, należy uznać, że zasadnicze znaczenie w tym przemieszczaniu miało dopiero górnictwo w XIX i XX wieku.

W rejonie olkuskim na początku XIX wieku pracowało 10 kopalń odkrywkowych i podziemnych (5 - w okolicach Olkusza i Bolesławia, 3 - w Strzemieszycach i 2 - na ziemi sławkowskiej), spośród których po I wojnie światowej eksploatację prowadziły dwie - „Bolesław” i „Ulisses”. W 1931 roku w wyniku kryzysu gospodarczego kopalnie te zostały unieruchomione na kilkanaście lat. Po II wojnie światowej powstały 2 duże kopalnie - „Olkusz” (1968) i „Pomorzany” (1974), natomiast uruchomiona ponownie kopalnia „Bolesław” (1945) została rozbudowana (1953). Do 1996 roku wydobyto w niej 28,5 mln ton rudy (WÓJCIK I CHMURA 2005), a w pozostałych dwóch kopalniach około 100 mln ton. W zasięgu podziemnej działalności górniczej był obszar o powierzchni około 33 km², rozciągający się od Garbu Żąbkowickiego przez Kotlinę Mitręgi, po zachodni skraj Płaskowyżu Ojcowskiego. Obecnie czynna jest tylko kopalnia „Pomorzany”.

W Polsce w okresie powojennym, od 1945 do 2009 roku wydobyto w sumie 241,5 mln ton rud cynkowo-ołowiowych, z tego na obszarze GZW około 110 mln ton, a poza jego granicami - w rejonie olkuskim około 130 mln ton. Płytko prowadzona eksploatacja rud cynku i ołowiu przyczyniła się do powstania deformacji powierzchni, przede wszystkim

²⁶ W pracy do rejonu olkuskiego zaliczono obszary górnictwa kruszcowego od Olkusza, przez Bolesław, Sławków, po Strzemieszycy

nieciąglych (SROTCZYŃSKI 1997). Formy zapadliskowe związane z dawną, średniowieczną eksploatacją znane są, między innymi z Olkusza Starego, natomiast zapadliska wywołane współczesną eksploatacją występują głównie w dolinie Baby oraz w rejonie Hutek (fot. 1B) i Sztolni Ponikowskiej. Odznaczają się kształtem regularnych lejów o maksymalnej średnicy ponad 130 m i głębokości dochodzącej do 40 m (TYC 1989). W okresie najintensywniejszego wydobywania na przełomie lat 70/80. XX wieku powstało ich prawie 170. Deformacje ciągle są niewielkie ze względu na płytko prowadzoną eksploatację - jak podaje HEREZY (2008) w rejonie eksploatacji w filarze ochronnym kopalni „Olkusz-Pomorzański” maksymalne obniżenie, pomierzone wzdłuż jednej z linii reperowych wyniosło w latach 2001-2007 - 0,69 m.

Przeróbka technologiczna rud cynku i ołowiu daje dużą ilość odpadów flotacyjnych - w 2009 roku 1,4 mln ton (fot. 24B). Ilość dotychczas nagromadzonych odpadów w rejonie olkuskim jest różnie określana - od 38 mln ton na powierzchni 1,1 km² (NOWAK 2008) do 50 mln ton na powierzchni 0,71 km² (CABAŁA 2005). Łącznie z odpadami na składowiskach w granicach GZW, w Polsce nagromadzono zatem od 150 do 200 mln ton odpadów flotacyjnych na powierzchni 3,4-3,7 km². Gęstość objętościowa odpadów flotacyjnych rud cynku i ołowiu wynosi około 3 g/cm³ (TRAFAS I ECKES 2007), stąd objętość składowisk można szacować na 50-67 mln m³.

Początki górnictwa **rud miedzi** związane są z regionem świętokrzyskim, gdzie w XV i XVI wieku w Miedziance prowadzono intensywne, jak na owe czasy prace wydobywcze. Kopalnia upadła po wyczerpaniu się płytkich złóż do poziomu wód, a późniejsze uruchomienia były krótkotrwałe, małoefektywne i kończyły się fiaskiem z różnych powodów, ostatecznie w 1920 roku. Na Dolnym Śląsku budowę kopalń rud miedzi rozpoczęli Niemcy w latach 30. XX wieku, ale w praktyce dopiero po II wojnie światowej podjęto eksploatację ubogich złóż w rejonie Bolesławca i Złotoryji w kopalniach: „Lena”, „Konrad”, „Nowy Kościół” i „Lubiechów”.

W latach 50. XX wieku odkryto, a w 60., zagospodarowano permskie złoża Lubin-Głogów (rys. 45) na obszarze monokliny przedsudeckiej, zalegające na głębokości 800-1500 m, w łupkach miedzionośnych, piaskowcach i wapieniach dolomitycznych. Miąższość złoża wynosi od 0,4 do 26 m, średnio 3,4 m. Zasoby przemysłowe sięgają 1,2 mld ton (*Bilans zasobów* 2010). Obszar górniczy odznacza się skomplikowanymi warunkami hydrogeologicznymi nadkładu (silnie uwodnione warstwy, podatne na tąpnięcia). Wszczęście wydobywania w nowych kopalniach: „Lubin” (1967), „Polkowice” (1968), „Rudna” (1974) i „Sieroszowice” (1980) zapewniło Polsce wysoką pozycję w światowym górnictwie miedzi (SMAKOWSKI I IN. 1997). Rudy wybierane są systemem komorowo-filarowym z ugięciem skał stropowych. Na bieżąco utrzymywanych jest 1700 km czynnych wyrobisk o kubaturze ponad 30 mln m³ (BŁĄDEK I IN. 2005). Obszary górnicze wymienionych 4 kopalń zajmują powierzchnię około 330 km², w tym same złoża - 266 km². W zasięgu działalności górniczej jest obszar ciągnący się od Pradoliny Głogowskiej na północy, przez Wzgórza Dalkowskie, po Równinę Lubińską na południu. W okresie powojennym w latach 1950-2009 wydobyto łącznie 993,3 mln ton rudy miedzi, w tym ze starego obszaru górniczego w niecce północnosudeckiej jedynie 60 mln ton (KIJEWSKI I DOWNOROWICZ 1987).

Z górnictwem rud miedzi związane jest wytwarzanie dużych ilości odpadów - są to niemal wyłącznie odpady powstające w trakcie wzbogacania flotacyjnego rud (TRACZYK 1997). W ostatnich latach składowane jest ich około 25 mln ton rocznie, więcej niż ilość wydobytej rudy. Na nieczynnych składowiskach o powierzchni około 9 km² znajduje się w przybliżeniu 168 mln ton odpadów - w Starym Zagłębiu - 74 mln ton, zaś w Nowym

Zagłębiu, na składowisku „Gilów” - 92 mln ton (ŁUSZCZKIEWICZ 2000). Od 1977 roku odpady flotacyjne gromadzone są w osadniku Żelazny Most, przy czym istnieją rozbieżności w ocenie ich masy i objętości. Około 10 lat temu najczęściej przytaczano wielkość 350 mln m³. Od tego czasu, według danych PIG (*Biuletyn zasobów* 2001-2010), wyprodukowano prawie 250 mln ton nowych odpadów – przyjmując, że gęstość objętościowa odpadów flotacyjnych rud miedzi wynosi około 2,7 g/cm³ (BOGDA I CHODAK 1995) można szacować, że obecnie Żelazny Most gromadzi odpady o objętości ponad 440 mln m³ na obszarze 14,3 km² (38-40 m wysokości).

Konsekwencją górnictwa podziemnego miedzi są także osiadania powierzchni terenu. W zasięgu wpływów bezpośredniej działalności górniczej znajdują się miasta: Lubin i Polkowice oraz kilkanaście wsi. Na obszarach intensywnej eksploatacji powierzchnia terenu obniżyła się 2,0 - 2,6 m, maksymalnie 3,4 m, na terenie kopalni Polkowice. Na obniżenia wywołane eksploatacją nakładają się te związane z powstawaniem niecki odwodnieniowej, średnio 0,3 m, maksymalnie 0,71 m, w obszarze górniczym „Lubin I” (POPIOLEK 1997, za KRAWCZYK I PERSKI bez daty).

Górnictwo soli kamiennej sięga początkami średniowiecza i aż do XIX wieku, kiedy zainteresowano się permskimi złożami na Kujawach, było związane z miocerskimi zasobami na Podkarpaciu (rys. 45). Miano najstarszej ma kopalnia „Bochnia”, założona w 1248 roku. W ciągu blisko 750 lat, ze złoża o skomplikowanej budowie geologicznej, z kilkunastu poziomów na głębokościach od 70 do ponad 460 m, wydobyto 9 mln ton soli. W ramach tej kopalni prowadzono także eksploatację „na sucho” złoża Siedlec-Moszczenica (1975-1991) oraz złoża Łęczkowice (1968-1988) - metodą otworową (GARLICKI 1999).

Na znacznie większą skalę, przez około 700 lat prowadzono wydobywanie w kopalni „Wieliczka”, o czym świadczy produkcja sięgająca 25 mln ton, po której pozostało 2330 komór eksploatacyjnych, połączonych 200-kilometrowym systemem chodników na 9 poziomach (ŚLIZOWSKI I SAŁUGA 1996). Do kopalni należy też złoża Barycz eksploatowane z powierzchni metodą ługowania (1924-1995).

Złoża soli kamiennej na Kujawach występują w postaci wysadów przebijających pokrywę mezozoiczną na głębokości 100-300 m. Rozpoznano wiele takich struktur, w tym o wysokościach do 7000 m. W kopalni „Solno” w Inowrocławiu, do lat 70. XIX wieku wydobywano solankę na skalę przemysłową z wysadu do głębokości 180 m. W 1924 roku rozpoczęto budowę kopalni podziemnej (na głębokość ponad 650 m). W ciągu prawie 50 lat wydobyto 100 mln m³ solanki, zaś objętość wyrobisk eksploatacyjnych wyniosła 15,4 mln m³. W granicach kopalni „Wapno” górnictwo zaczęło się od odkrywkowej eksploatacji gipsów w 1826 roku, które z początkiem XX wieku przeszło na podziemne wydobywanie soli i gipsu z głębokości 38 m. Eksploatację głęboką (400 m, później prawie 650 m) wszczęto w 1920 roku. Obecnie jedyną kopalnią w Polsce wydobywającą sól kamienną w tradycyjny sposób jest wybudowana po II wojnie światowej kopalnia „Kłodawa” o głębokości 750 m. Do 2009 roku wydobyto w niej 36,5 mln ton soli kamiennej. Eksploatację prowadzą także, ale metodą otworową 3 kopalnie - „Góra” (1200 m) „Mogilno I” i „Mogilno II”. Stosunkowo niewielkie ilości soli pozyskuje się również ze złoża pokładowego Sieroszowice w nadkładzie złoża rudy miedzi. W okresie powojennym, od 1945 do 2009 roku w Polsce wydobyto łącznie 191,2 mln ton soli kamiennej.

Konsekwencją górnictwa soli są deformacje powierzchni, zarówno ciągłe, jak i nieciągłe. Te ostatnie odnotowywano w zasięgu oddziaływania kopalni „Wieliczka” już w XVI-wiecznych źródłach historycznych. W czasach współczesnych największe formy zapadliskowe

(10 m głębokości) powstały w 1977 roku w granicach kopalni „Wapno”, po katastrofalnym przyptywie wód, prowadzącym ostatecznie do zatopienia zakładu (LANGER 2007). Niekontrolowane zawaly zachodzą w blisko połowie komór poeksploatacyjnych w „Wieliczce”. Deformacje powierzchni połączone z wypływami solanki na powierzchnię towarzyszą też procesom samolikwidacji komór ługowniczych, na przykład w 1974 roku powstało zapadlisko o głębokości 8 m nad złożem Barycz, a w 2001 roku - nad złożem Łętkowice (9 m) (TRAPLE I WILK 2002). Występują też zjawiska sufozji.

Deformacje ciągłe występujące w rejonach szybów wielickich są kontrolowane od 1926 roku – zachodzą w tempie od 10 do 50 mm/rok, przykładowo jedna z niecek w rejonie głównych szybów kopalnianych w latach 1970-2005 obniżyła się maksymalnie o ponad 1,5 m (SZEWCZYK 2008). Wpływ eksploatacji podziemnej w kopalni „Kłodawa” na powierzchnię jest niewielki – powstały 2 niecki o powierzchniach 0,8 i 2,8 km² i obniżeniu, odpowiednio 0,08 i 0,14 cm (ŚLIZOWSKI I SAŁUGA 1996).

W Polsce złoża siarki występują w utworach miocenu na północnym obrzeżu zapadliska przedkarpackiego. Kopalnictwo siarki rodzimej ma kilkusetletnią tradycję - od XV wieku do 1884 roku eksploatowano ją z płytkich, ale zasobnych złóż w Swoszowicach w rejonie krakowskim. Na mapie kopalni z końca XVIII wieku zaznaczonych jest około 600 opuszczonych szybików związanych z okresem intensywnej działalności zakładu. W rejonie krakowskim złożo siarki eksploatowano także w Posądz (1915-1921), pozyskując jej w sumie około 300 ton (PREIDL I WÓJCIK 2008). Górnictwo siarki rozwijało się również w rejonie kieleckim - w Czarkowych (z przerwami - w latach 1795-1918), Czajkowie i Woli Wiśniowskiej koło Staszowa (OSMÓLSKI 1971). W rejonie górnośląskim prowadzono eksploatację podziemną w latach 1878-1894 w Pszowie i Kokoszycach. Łączna produkcja siarki od średniowiecza do 1921 roku szacowana jest na około 200 000 ton (NEY 2000).

Przełomowe znaczenie dla górnictwa siarki w Polsce miało odkrycie w 1953 roku złóż siarki rodzimej o zasobach na skalę światową – największego w rejonie tarnobrzeskim (Piaseczno, Machów, Jeziórko, Osiek, rys. 45) oraz w rejonie staszowskim (Grzybów) i lubaczowskim (Basznia). Serię złożową tworzą wapienie siarkonośne o miąższości 8-20 m, występujące na głębokości 14-174 m. Zawartość siarki w skale wynosi, średnio 25-30%, maksymalnie – 70%. Złoża mają budowę pokładową i są słabo tektonicznie zaburzone, eksploatowane były metodą odkrywkową (Machów I, Piaseczno) i otworową (w pozostałych złożach). Z odkrywek wydobyto 73 mln m³ rudy, z której uzyskano 14,5 mln ton siarki (MIKA I PASZCZA 2007). Łącznie z wydobyciem podziemnym, w ciągu 52 lat - od 1958 do 2009 roku, w Polsce wydobyto 126,6 mln ton siarki³. Większość produkcji pochodziła z kopalń „Jeziórko” – 74,1 mln ton i „Grzybów” – 26,4 mln ton. W ostatniej czynnej kopalni „Osiek” (w Polsce i na świecie) dotychczas wydobyto 10,4 mln ton. Powierzchnia wpływów górniczych wynosi prawie 40 km².

Z górnictwem siarki jest związane powstanie antropogenicznych form rzeźby w postaci wyrobisk, zwałowisk nadkładu, niecek osiadania w rejonach eksploatacji otworowej, lejów zapadliskowych i stawów osadowych. Zbudowane z ilów krakowieckich skarpy wyrobisk objęte były i są procesami osuwiskowymi, natomiast nacisk zwałowisk na podłoże powodował wypieranie gruntów rodzimych na odcinku około 1 km. Objętość wyrobiska Machów (5,6 km²) jest szacowana w przedziale 336 – 370 mln m³, a odkrywki w Piasecznie (1,6 km²) –

²⁷ W literaturze przedmiotu podawane są różne dane o wydobywaniu, często bez informacji czy odnoszą się do rudy, czy czystej siarki

na 77 mln m³. Oba wyrobiska rekultywowane są w kierunku wodnym. Na zwałowiskach zewnętrznych nagromadzono część utworów nadkładu – na zwale machowskim (8,8 km²) – 180 mln m³, a na zwale z Piaseczna (1,2 km²) - 51 mln m³. W rejonach eksploatacji otworowej osiadanie powierzchni wynosi - 6 m na obszarze kopalni „Jeziorko” (KIREJCZYK I IN. 2009), oraz 5-7 m, na obszarze kopalni „Osiek” (KOWALIK I IN. 2009).

Kruszywo naturalne jest kopaliną powszechnie występującą, głównie w utworach czwartorzędowych – lodowcowych i wodnolodowcowych (w Polsce północnej i środkowej), rzecznych (w większości w Polsce południowej), a także jeziornych, eolicznych i morskich. Wydobycie kruszyw jest rozproszone w kilku tysiącach miejsc na terenie kraju - od kilku lat ma dominującą pozycję, zarówno w produkcji surowców skalnych, jak i wszystkich surowców mineralnych wydobywanych w Polsce. Wydobycie w 2009 roku wyniosło 141 mln ton. W latach 1960-2009 w Polsce wydobyto ponad 3,8 mld ton kruszywa naturalnego.

W Polsce występują duże złoża **piasków podsadzkowych**, wykorzystywanych do wypełniania wyeksploatowanych podziemnych wyrobisk górniczych - zasoby przemysłowe wynoszą 151,8 mln m³ (*Bilans zasobów* 2010). Warunkiem uwzględnienia złoża w zasobach jest jego lokalizacja w odległości nie większej niż 50 km od miejsca zastosowania. Udokumentowane złoża (czwartorzędowe osady piaszczyste i piaszczysto-zwirowe) występują w rejonie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (81%) oraz w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (19%).

Do połowy XX wieku roczna produkcja piasków podsadzkowych wynosiła kilkakilkanaście mln m³, w następnych latach zwiększyła się do 20-30 mln m³ (WRONA 1977), a w 1970 roku osiągnęła rekordowy poziom - ponad 48 mln m³. Z końcem lat. 80. XX wieku, w wyniku likwidacji wielu kopalń węgla kamiennego, spadło zapotrzebowanie na piasek, więc jego wydobycie stopniowo zmniejszało się i obecnie wynosi około 6 mln m³ rocznie. Najintensywniejsza eksploatacja piasku prowadzona była na obrzeżach GZW (por. rozdz. 4.4 i 5.1.1), gdzie spowodowała istotne przeobrażenia rzeźby - zespół odkrywek największej kopalni „Szczakowa” zajmuje powierzchnię ponad 32 km² (fot. 4C). Łączną powierzchnię odkrywek po wydobyciu piasków podsadzkowych w Polsce obliczono i częściowo oszacowano na, co najmniej 95 km². Objętość wyrobisk popiaskowych wynosi łącznie około 1300 mln m³, z tego na obszar GZW przypada 80% (bez piaskowni: „Kotlarnia”, „Pławniowice”, „Nakło-Chechło”, „Hutki” położonymi w sąsiedztwie, ale już poza granicami GZW)⁴.

Według danych statystycznych wydobycie piasków podsadzkowych w latach 1960-2009 wyniosło w Polsce 1275,1 mln m³ (2167,7 mln ton). We wcześniejszym okresie, czyli w latach 1900-1960 wszystkie piaski wydobywano w granicach GZW, zatem ich objętość została już uwzględniona w obliczeniach cytowanych wyżej (około 25 mln m³). Można przyjąć, że w ciągu 100-110 lat, górnictwo piasków podsadzkowych przekształciło obszar o powierzchni około 95-100 km², usuwając w przybliżeniu 1300 mln m³ kopaliny z podłoża.

Kamienie łamane i bloczne są wydobywane w Polsce od średniowiecza, na przykład wapienie pińczowskie, granity strzelińskie, czy piaskowce kunowskie. Obecnie do tej grupy kopalin skalnych zalicza się 33 odmiany litologiczne skał osadowych (47% zasobów), magmowych (44%) i metamorficznych (9%). Spośród 685 złóż, stale lub okresowo są

²⁸ Objętości niektórych wyrobisk obliczono na podstawie pojemności utworzonych w nich zbiorników wodnych (Rzętała 2008) oraz szacunkowych obliczeń objętości od lustra wody do rzędnej krawędzi wyrobisk

eksploatowane 292, natomiast w 155 złożach zaniechano wydobycia. Zasoby przemysłowe opisywanych kopalin wynoszą prawie 3,1 mld ton (*Bilans zasobów* 2010). Z wyliczeń NITY (2010) na podstawie danych PIG (baza MIDAS), na terenie Polski występuje 730 kamieniołomów średniej i dużej wielkości, z tego 32,5% stanowią kamieniołomy piaskowców, a 23,8% kamieniołomy wapieni. Kamieniołomy skał metamorficznych i magmowych skoncentrowane są przede wszystkim w Sudetach i na Przedgórzu Sudeckim oraz w południowej części Wyżyny Krakowskiej, natomiast eksploatacja skał osadowych – wapieni, dolomitów, piaskowców jest prowadzona w Karpatach, Górach Świętokrzyskich, w pasie Wyżyn Polskich oraz Sudetach i ich Przedgórzu. W 2009 roku wydobyto 55,3 mln ton kamieni, w tym najwięcej dolomitów (17%), bazaltów (15%), granitów (13%), wapieni (12%) oraz piaskowców (10%). Największą produkcją odznaczały się w tym roku kamieniołomy: migmatytów ze złoża Piława Górna (2,7 mln ton), bazaltów ze złoża Krzeniów i melafirów ze złoża Grzędy (po 1,8 mln ton) oraz dolomitów ze złoża Nowa Wioska i gabra ze złoża Braszowice (po 1,7 mln ton). W ostatnim dwudziestoleciu 1990-2009 w Polsce wydobyto łącznie 508 mln ton kamieni łamanych i blocznych.

Wapienie i margle dla przemysłu cementowego i wapienniczego występują przede wszystkim w regionach – opolskim, krakowsko-wieluńskim, świętokrzyskim (fot. 24C) i dolnośląskim. W większości (60%) są to utwory jurajskie. W 2009 roku największe wydobycie pochodziło jednak z jedynej złoża na północy Polski - Barcin-Piechcin w województwie kujawsko-pomorskim – 4,8 mln ton oraz w złożach Ostrówka i Ołowianka w świętokrzyskim - 3,4 mln ton (*Bilans zasobów* 2010). Zasoby przemysłowe wapieni i margli wynoszą 3,2 mld ton. W ostatnim pięćdziesięcioleciu (1960-2009) wydobyto łącznie ponad 1,9 mld ton wapieni i margli dla przemysłu cementowego i wapienniczego. Spośród 186 złóż w 43 zaniechano eksploatacji, a w 34 prowadzi się wydobycie.

Dolomity o najlepszych parametrach jakościowych, mające zastosowanie w hutnictwie, są bilansowane niezależnie od dolomitów stosowanych jako kamień budowlany i kruszywo łamane. Są to złoża pokładowe wieku dewońskiego lub triasowego. Wydobywane ze złóż: Bobrowniki-Blachówka i Gródek, a nadal są eksploatowane w złożach Brudzowice-Siewierz, Ząbkowice Będzińskie (fot. 24D) i Żelatowa. Z rekordowego poziomu 5 mln ton w 1979 roku wydobycie spadło do poziomu 2,3-3,7 mln ton rocznie w ostatnich latach. Zasoby przemysłowe wynoszą 71,8 mln ton, z tego połowa przypada na złożo Brudzowice. W latach 1960-2009 wydobyto 144,3 mln ton dolomitów dla hutnictwa.

Surowce ilaste są powszechnym surowcem, eksploatowanym już od połowy XIII wieku. Większe zakłady zaczęły jednak powstawać w drugiej połowie XIX wieku. Eksploatowane są głównie - czwartorzędowe iły zastoisłkowe, neogeńskie iły poznańskie oraz iły morskie zapadliska przedkarpackiego (łącznie około 76% wydobycia). Niewielkie znaczenie ma eksploatacja iłów triasowych i jurajskich. Liczba kopalń surowców ilastych systematycznie maleje, ale nadal jest ich kilkaset i są rozproszone po całej Polsce (GALAS 2004). Łączne wydobycie iłów spadło, z ponad 14 mln ton rocznie w latach 70. XX wieku do 5-6 mln ton/rok w ostatniej dekadzie. Największe wydobycie prowadzi się ze złóż Chwalimierz (dolnośląskie), Lębork (pomorskie) i Tadeuszów (świętokrzyskie). Łącznie w latach 1960-2009 wydobyto w Polsce 507,8 mln ton surowców ilastych.

Dynamiczny rozwój górnictwa w okresie powojennym przyczynił się do powstania nowych okręgów górniczych w Polsce. Tworzono je dla podziemnego i odkrywkowego górnictwa surowców energetycznych, rudnych i chemicznych. Niektóre spośród 12 starych i nowych okręgów straciły już rację bytu, na przykład Częstochowski Okręg Rud Żelaza, czy Tarnobrzeski Okręg Siarkowy, a inne odgrywają wyraźnie mniejszą rolę w gospodarce krajowej, przykładowo Śląsko-Krakowski Okręg Rud Cynkowo-Ołowionych. Plany utworzenia 18- tu, tak zwanych okręgów eksploatacji dla jednostek geologicznych, w których występowały złoża surowców skalnych, nie zostały zrealizowane, mimo zatwierdzenia ich przez Radę Ministrów w 1978 roku (KOZŁOWSKI 1983). Nie mniej, można przyjąć, że największe górnicze przemieszczanie mas skalnych w Polsce odbywało się lub nadal odbywa się w obrębie około 30 rejonów górniczych. Są one skoncentrowane w południowej części kraju – od Karpat i Sudetów, przez Wyżyny Polskie po Nizinę Wielkopolską. W północnej, a szczególnie w północno-wschodniej części kraju, górnictwo odgrywa podrzędną rolę.

Tabela 37. Wydobywanie głównych surowców mineralnych w Polsce w latach 1960 – 2009

Table 37. Extraction of major mineral resources in Poland during the years 1960-2009

Nazwa surowca	mln ton	% ogólnego wydobycia
Surowce energetyczne	9 349,9	45,4
Węgiel kamienny	6 975,3	33,9
Węgiel brunatny	2 374,6	11,5
Surowce metaliczne	1 197,8	5,8
Rudy cynku i ołowiu	213,5	1,0
Rudy miedzi	984,3	4,8
Surowce chemiczne	302,8	1,5
Siarka ¹	126,6	0,6
Sól kamienna	176,2	0,9
Surowce skalne	9 755,0	47,3
Dolomity hutnicze	144,3	0,7
Wapenie dla przemysłu wapienniczego i cementowego	1 909,1	9,3
Kamienie łamane i bloczne ²	1 200,0	5,8
Surowce ilaste	507,8	2,5
Piaski i żwiry (kruszywa)	3 826,1	18,6
Piaski podsadzkowe	2 167,7	10,5
Surowce mineralne ogółem	20 605,5	100

¹ Wydobywanie dla lat 1958-2009

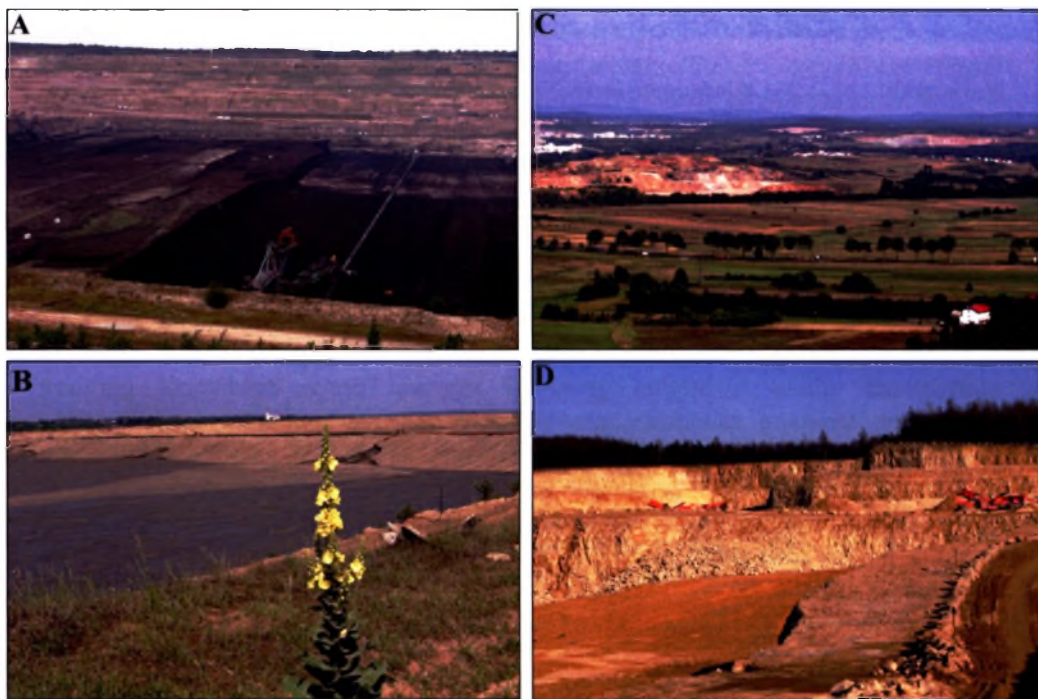
² Wydobywanie w latach 1990-2009 wynosiło 508 mln ton, dla lat 1960-1989 dane szacunkowe

Skalę górniczego przemieszczania mas skalnych obrazują dane opracowane na podstawie *Bilansu zasobów* (2010) o ilości czynnych i nieczynnych kopalń odkrywkowych w Polsce w 2009 roku⁵ - 4355 wyrobisk kruszyw naturalnych, 673 kamieniołomy skał związanych, 917 wyrobisk surowców ilastych ceramiki budowlanej i 283 odkrywek innych surowców skalnych. Niezależnie od tych 6228 obiektów górnictwa skalnego istnieje niezliczona ilość mniejszych odkrywek, łomów i potorfii, w których eksploatację prowadzono i prowadzi się na lokalną skalę. Tak znaczne „rozdrobienie” produkcji

²⁹Niektóre złoża eksploatowane są w dwóch i więcej sąsiadujących ze sobą wyrobiskach – w obliczeniach traktowano je jako jeden obiekt

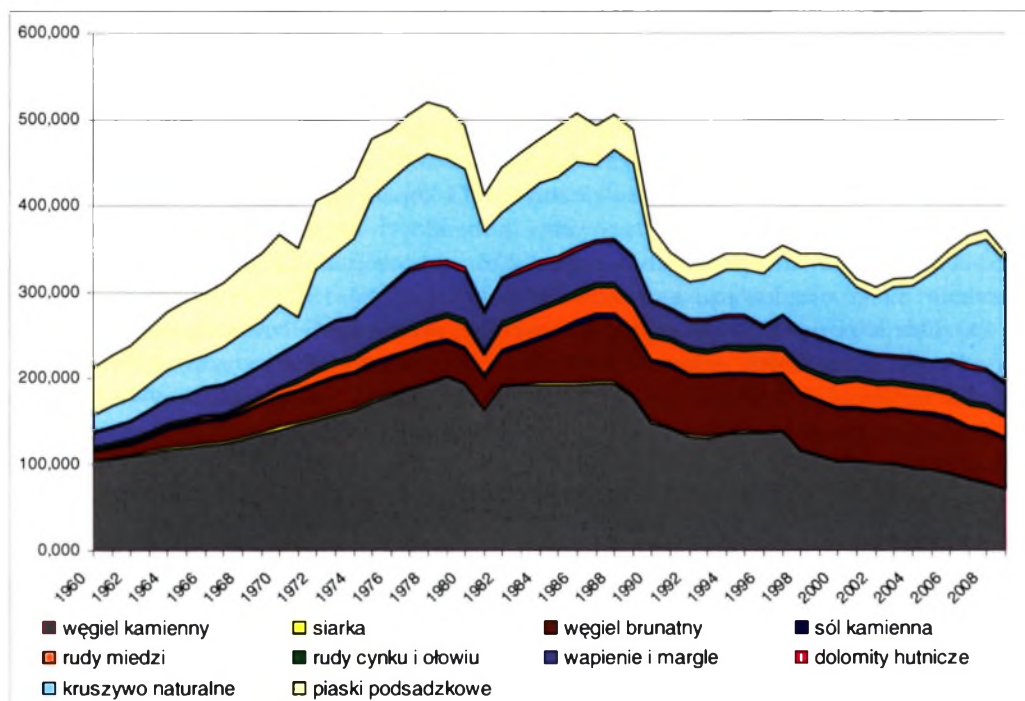
utrudnia, praktycznie uniemożliwia zgromadzenie danych o cechach morfometrycznych wyrobisk (powierzchnia, głębokość, objętość, okres działalności) i bardziej szczegółową analizę rozmiarów i intensywności przemieszczania mas skalnych. W 2009 roku czynne były ponadto 34 tradycyjne kopalnie podziemne – 28 kopalni węgla kamiennego, 4 kopalnie miedzi, 1 kopalnia soli oraz 1 kopalnia cynku i ołowiu. Kopalni eksploatujących metodą otworową było 4, w tym 3 kopalnie soli kamiennej i 1 kopalnia siarki.

Z zestawienia wydobycia surowców mineralnych w ostatnim pięćdziesięcioleciu (1960-2009) wynika, że wyniosło ono ponad 20,6 mld ton (tab. 37, rys. 46). Najważniejsze znaczenie miała eksploatacja surowców skalnych (47,3%) i surowców energetycznych (45,4%). Udział pozostałych grup surowcowych był mały – surowców metalicznych – 5,8%, a surowców chemicznych zaledwie 1,5%. Spośród poszczególnych surowców największy udział w ogólnym wydobyciu miał węgiel kamienny (33,9%), następnie kruszywa naturalne (18,6%), węgiel brunatny (11,5%) i piaski podsadzkowe (10,5%). Na te 4 kopaliny przypada prawie 75% produkcji w analizowanym okresie. Do jednostek geomorfologicznych, na obszarze których doszło do największych przemieszczeń mas skalnych należą Wysoczyzna Bełchatowska i Wyżyna Śląska.



Fot. 24. Formy antropogeniczne związane z górnictwem różnych surowców mineralnych w Polsce
 A – wyrobisko kopalni węgla brunatnego „Bełchatów”, B – osadnik po flotacji górnictwa rud cynku i ołowiu, ZGH „Bolesław”, C – kamieniołomy wapieni w regionie świętokrzyskim, D – kamieniołom dolomitów w Ząbkowicach Będzińskich

Photo 24. Anthropogenic landforms caused by mining of different mineral resources in Poland
 A – open brown coal mine „Bełchatów”, B – settlement tank after flotation of zinc and lead ores
 mining and metallurgical plant, C – limestone quarries in the Świętokrzyskie Mts., D – dolomite quarry in Ząbkowice Będzińskie



Rys. 46. Wydobycie głównych surowców mineralnych w Polsce w latach 1960-2009 w mln ton

Fig. 46. Extraction of major mineral resources in Poland during the years 1960-2009 in Mt

W latach 1960-2009 41% wydobycia surowców mineralnych w Polsce pochodziło z eksploatacji podziemnej, prowadzonej na obszarze około 2500 km². Średnio, pod każdym 1 km² obszaru górniczego wydobyto 3,4 mln ton kopaliny. Powierzchnia zajęta przez górnictwo odkrywkowe jest trudna do dokładnego określenia, gdyż wyrobiska ujmowane są w statystykach razem z innymi gruntami zajętymi przez działalność górniczą – zwałowiskami, terenami zabudowy przemysłowej itp. Według szacunkowych obliczeń powierzchnia kopalń odkrywkowych wynosi, co najmniej 300 km², zatem w ciągu ostatnich 50 lat z każdego 1 km² wydobyto średnio 40,5 mln ton kopaliny – 12 razy więcej niż w przypadku górnictwa podziemnego. Większa intensywność przemieszczania mas skalnych jest zatem związana z górnictwem odkrywkowym. W skali roku ubytek mas skalnych z podłoża przedstawia się następująco - 68 000 ton/km² w przypadku górnictwa podziemnego i 810 000 ton/km², w przypadku górnictwa odkrywkowego.

Tabela 38. Odpady górnicze i nadkład nagromadzone w Polsce do 2009 roku

Table 38. Mining waste and overburden dumping accumulated in Poland until 2009

Kopalina	Nagromadzone odpady górnicze i nadkład		Powierzchnia zajęta pod zwałowiska [km ²]	Średnie podwyższenie terenu ze zwałowiskami [m]
	[mln m ³]	%		
Węgiel kamienny	478	4,4	53,6	8,9
Węgiel brunatny	9 546	88,3	60,0	159,1
Rudy miedzi	502	4,6	23,3	21,5
Rudy cynku i ołowiu	67	0,6	3,7	18,1
Siarka	231	2,1	10,0	23,1
Razem	10 824	100,0	150,6	72,8

Z eksploatacją i wzbogacaniem kopalin, niezależnie od metody eksploatacji, są związane wydobywanie, przeróbka i składowanie odpadów, a także zwałowanie nadkładu z kopalń odkrywkowych. W 2009 roku objętość zwałowisk wynosiła, co najmniej 10,8 mld m³ (tab. 38). W przypadku niektórych surowców, na przykład rud miedzi, ilość rocznie wytwarzanych odpadów przewyższa ilość wydobytej kopaliny, podobnie jak ilość zdjętego nadkładu w kopalniach węgla brunatnego przewyższa jego wydobywanie. Dane zestawione w tabeli 38 wskazują, że w strukturze materiału zwałowanego największe znaczenie ma nadkład z kopalń węgla brunatnego – stanowią one 88,3% wszystkich mas skalnych nagromadzonych na zwałowiskach w Polsce. W opracowaniach statystycznych nadkład nie jest ujmowany w bilansie odpadów - według danych GUS, w latach 1980-2009 ilość odpadów nagromadzonych w Polsce zmieniła się w zakresie od 0,9 do 2 mld ton - w 2009 roku wynosiła 1,74 mld ton, natomiast według danych Instytutu Gospodarki Odpadami w Katowicach na zwałowiskach w Polsce może być złożone nawet 4 mld ton odpadów. Przyjmuje się najczęściej, iż odpady związane z górnictwem stanowią około 80% ogólnej masy odpadów, stąd ich ilość wynosiłaby 1,4–3,2 mld ton, a szacunkowa objętość 0,5–1,2 mld m³. Z obliczeń autorki wynika, że kubatura odpadów górniczych (bez nadkładu i odpadów z górnictwa skalnego) wynosi 1,05 mld m³.

Na podstawie przedstawionych w rozdziale danych można stwierdzić, że w ostatnim półwieczu, czyli w latach 1960-2009, udział Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w ogólnym wydobywaniu surowców mineralnych w kraju był wybitnie duży, gdyż wyniósł aż 45% (ponad 9,2 mld ton) - żaden obszar w Polsce nie znajdował się w zasięgu tak intensywnej działalności górniczej. Ilość nagromadzonych odpadów jest na tle kraju niewielka – 3,4%, ale zajmują aż 33% ogólnej powierzchni zwałowisk w Polsce.

7.2. DENUDACJA ANTROPOGENICZNA NA OBSZARACH GÓRNICZYCH W POLSCE

Rozmiary górniczego przemieszczania mas skalnych w Polsce w pięćdziesięciolecie 1960–2009, przedstawione w rozdziale 7.1, stały się podstawą obliczeń i szacunków wielkości denudacji i agradacji antropogenicznej na wybranych obszarach (por. rozdz. 1.5). Rozpatrywano wypukłe i wklęsłe formy antropogeniczne, związane z górnictwem odkrywkowym i podziemnym różnych surowców mineralnych, dla których otrzymano wiarygodne dane.

Wskaźniki agradacji antropogenicznej A_A obliczone dla zwałowisk osiągają bardzo duże wartości – od kilkuset do kilku tysięcy mm/rok – maksymalnie 5366 mm/rok w przypadku zwałowiska zewnętrznego Bełchatów (tab. 39). Tempo agradacji antropogenicznej A_A na obszarach górnictwa podziemnego jest mniejsze, ale dość zróżnicowane. Przykładowo, dla zwałowiska kopalni węgla kamiennego „Victoria” (9/2) w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym, na podstawie danych zamieszczonych w pracy WÓJCIKA (2006), agradację antropogeniczną obliczono na 372 mm/rok, podczas gdy średnia dla wszystkich zwałowisk rejonu wałbrzyskiego wynosi 183 mm/rok (tab. 39). Na obszarze GZW wskaźnik A_A wynosi, przykładowo - 175 mm/rok dla zwałowisk kopalni „Marcel”, a 1258 mm/rok dla zwałowiska kopalni „Krupiński”.

Intensywność denudacji antropogenicznej jest ogólnie większa na obszarach górnictwa odkrywkowego niż górnictwa podziemnego. Wskaźnik D_A na obszarze odkrywki kopalni siarki „Piaseczno” wynosi 3702 mm/rok, jest więc kilkadziesiąt razy wyższy od wskaźników denudacji antropogenicznej na obszarach górnictwa podziemnego różnych surowców mineralnych, przykładowo na obszarze podziemnej eksploatacji soli kamiennej w kopalni „Kłodawa” wynosi on 14 mm/rok (tab. 39). Na Wyżynie Krakowsko-Wieluńskiej odkrywkowa eksploatacja surowców skalnych spowodowała lokalnie obniżenie jej powierzchni średnio o 18 mm, maksymalnie o 4039 mm (SZCZYPEK I TREMBACZOWSKI 1987), co po odpowiednich przeliczeniach daje wielkość denudacji antropogenicznej średnio 0,8 mm/rok, a maksymalnie 202 mm/rok. Z obliczeń autorki wynika, że wskaźniki denudacji antropogenicznej są zróżnicowane w zależności od rodzaju urabianych skał – wyraźnie mniejsze dla kamieniołomów skał zwięzłych, a większe dla wyrobisk skał luźnych, okruchowych. Przykładowo, dla kamieniołomu wapieni „Rogoźnik” na Płaskowyżu Twardowickim denudację antropogeniczną określono na 52 mm/rok, a dla piaskowni „Szczakowa” w Kotlinie Biskupiego Boru – na 359 mm/rok (tab. 39). Na podstawie przedstawionych obliczeń, można wysnuć wniosek, że zarówno denudacja, jak i agradacja antropogeniczna zachodzą w większym tempie na obszarach górnictwa odkrywkowego. Przestrzenny zasięg oddziaływania tych procesów jest jednak zdecydowanie większy w przypadku górnictwa podziemnego – ponad 8-krotnie (odpowiednio 300 i 2500 km²).

Denudacja i agradacja antropogeniczna są zróżnicowane w czasie. W górnictwie odkrywkowym wyróżnia się trzy fazy przekształcania środowiska – wstępną (dynamiczne zmiany w krótkim czasie), właściwą (zmiany długotrwałe, ale mniej intensywne, często skokowe) i fazę rekultywacji (RADWANEK-BAK 2001). W przypadku górnictwa odkrywkowego siarki i węgla brunatnego, faza wstępna - udostępniania złoża wiąże się ze zdjęciem ogromnych ilości skał nadkładu. Wskaźniki denudacji D_A w obrębie odkrywki oraz agradacji A_A na obszarze zwałowania nadkładu są zbliżone (teoretycznie równoważne) i wyraźnie zależne od grubości nadkładu - osiągają bardzo duże wartości, od kilkuset do kilku tysięcy mm/rok. Eksploatacja surowców skalnych - kruszyw naturalnych, piasków podsadzkowych, skał zwięzłych z reguły nie wymaga zdejmowania tak dużej ilości nadkładu, często w ogóle nie jest to konieczne, dlatego obniżanie powierzchni jest związane przede wszystkim z fazą główną (wybierania złoża), a nadsypywanie powierzchni (niekoniecznie poza wyrobiskiem) z gromadzeniem odpadów przerobczych.

Przemieszczanie materiału skalnego związane z rekultywacją form rzeźby po górnictwie odkrywkowym rozpoczyna się już w fazie głównej, na polach które zostały wyeksploatowane. Zakres prac ziemnych zależy od kierunku rekultywacji, na ogół obejmuje kształtowanie zboczy wyrobisk i zwałowisk oraz wyrównywanie dna odkrywek lub wierzchowiny hałd. Dość powszechną praktyką jest też częściowe wypełnianie zagłębień poeksploatacyjnych odpadami górnictwymi lub z innych źródeł oraz nadkładem zdejmowanym z sąsiednich wyrobisk. Przykładowo, odkrywkę węgla brunatnego „Bogdałów” zasypano nadkładem zdejmowanym z odkrywki „Kozmin”, zaś w planach rekultywacyjnych odkrywki „Szczerców” jest jej spłylenie nadkładem z własnego zwałowiska zewnętrznego (WACHOWIAK I WACHOWIAK 2004). Skala przemieszczeń materiału skalnego w fazie rekultywacji może być bardzo duża - w piaskowni Maczki Bór Zachód na Wyżynie Śląskiej złożono już ponad 200 mln ton odpadów górnictwowych. W rezultacie takich działań geomorfologiczne skutki denudacji i agradacji antropogenicznej z faz - wstępnej i głównej zostają zmniejszone lub zniwelowane.

Górnictwo podziemne, które w Polsce dotyczy węgla kamiennego, soli kamiennej, siarki oraz rud miedzi, cynku i ołowiu odznacza się inną specyfiką przemieszczania mas skalnych niż górnictwo odkrywkowe, co ma wpływ na wielkość denudacji antropogenicznej. O ile przy eksploatacji powierzchniowej powstaje wyrobisko o objętości równej objętości usuniętej kopaliny oraz nadkładu i skały płonnej, to w wyniku eksploatacji głębinowej taka forma znajduje się pod powierzchnią ziemi i w różnym stopniu, zależnym od wielu czynników, ujawnia się na niej w postaci niecki osiadania lub formy zapadliskowej. Objętość podziemnego wyrobiska nie jest przy tym równa objętości formy „reprodukowanej” na powierzchni terenu. W skrajnych przypadkach, wyrobisko podziemne może w ogóle nie odzwierciedlić się w rzeźbie.

Denudacja antropogeniczna związana z górnictwem podziemnym, podobnie jak w przypadku górnictwa odkrywkowego, jest zróżnicowana w czasie. Podczas eksploatacji prowadzonej na dużych głębokościach tempo denudacji jest zależne od postępu frontu eksploatacyjnego, przy czym obniżenia poszczególnych punktów powierzchni nie kończą się po przejściu frontu, ale trwają jeszcze przez dłuższy okres czasu (SKINDEROWICZ 1974). Proces obniżania powierzchni terenu ustaje najczęściej w ciągu 2–3 lat. Na obszarach, gdzie prowadzono płytką eksploatację, do głębokości 80-100 m, obniżenie powierzchni może wystąpić nawet po upływie 100 lat, czyli okres denudacji antropogenicznej nie musi pokrywać się z okresem działalności górniczej, może stanowić jego odległe w czasie „echo”.

Tabela 39. Denudacja i agradacja antropogeniczna na wybranych obszarach górniczych w Polsce

Table 39. Anthropogenic denudation and aggradation in selected mining areas in Poland

Denudacja antropogeniczna D_A [mm/rok]		Agradacja antropogeniczna A_A [mm/rok]	
Górnictwo odkrywkowe			
Odkrywka kopalni siarki Machów	2627	Zwał kopalni siarki Machów	818
Odkrywka kopalni siarki Piaseczno	3702	Zwał kopalni siarki Piaseczno	3269
Odkrywka węgla brunatnego Bełchatów	3000	Zwał KWB Bełchatów	5366
Odkrywka węgla brunatnego Adamów	404	Zwał KWB Bełchatów/ p. Szczerców	2868
Odkrywka węgla brunatnego Kozmin	729	Zwał KWB Turów	1142
Odkrywka węgla brunatnego Pątnów	675		
Odkrywka węgla brunatnego Lubstów	1898		
Odkrywka piasku podsadzowego Pogoria III	574		
Kamieniołom dolomitu Żelatowa	326		
Kamieniołom wapieni Żychcice	105		
Górnictwo podziemne			
Niecki osiadania w DZW rejon wałbrzyski	53	Zwały w DZW rejon wałbrzyski	183
Obszar górniczy kopalni rud miedzi Rudna	23	Osadnik LGOM Żelazny Most	933
Obszar górniczy kopalni rud miedzi Polkowice	15	Zwał KWK Krupiński	1258
Obszar górniczy kopalni siarki Jezioroko	41	Zwał KWK Moszczenica	235
Obszar górniczy kopalni siarki Grzybów	49	Zwał KWK Borynia	822
Obszar górniczy kopalni soli kamiennej Kłodawa	14	Zwał KWK Ziemowit	354
Pole Barycz kopalni soli kamiennej Wieliczka	54	Zwał KWK Pniówek	171
Obszar górniczy kopalni rud cynku i ołowiu Olkusz-Pomorzany	19	Zwał KWK Marcel	175
Obszar górniczy kopalni rud cynku i ołowiu Orzeł Biały	10	Zwał KWK Dębiersko	80

W literaturze geograficznej dane o wielkości denudacji antropogenicznej na obszarach górnictwa podziemnego odnoszą się głównie do Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Rolę procesów zapadliskowych wywołanych górnictwem rud cynku i ołowiu we współczesnym systemie denudacyjnym rejonu olkuskiego określił TYC (1997), na podstawie objętości materiału skalnego przemieszczonego w obrębie wszystkich zinwentaryzowanych pogórnicznych form antropogenicznych. Dla obszaru objętego deformacjami nieciągłymi uzyskał wielkość 0,99 mln m³ w ciągu 5 lat ich intensywnego powstawania (1978-1983). Intensywność denudacji antropogenicznej w odniesieniu do całego obszaru depresji hydraulicznej autor ten wyliczył na poziomie 0,6 mm/rok, z zastrzeżeniem, że w rzeczywistości proces ten jest ograniczony do niewielkich obszarów, dlatego uzyskana wielkość jest faktycznie o jeden rząd wielkości większa – 60 mm/rok. Konstatuje, że intensywność denudacji antropogenicznej na badanym obszarze jest prawie 10-krotnie większa niż denudacji chemicznej, mierzonej odpływem substancji rozpuszczonych w ciągu roku.

Dla obszarów górnictwa węgla kamiennego przytaczane są następujące wielkości denudacji antropogenicznej – 71 mm/rok dla obszaru badań w granicach kopalni „Borynia” (MADOWICZ 2001), 46 mm/rok dla obszaru 8 kopalń na Płaskowyżu Murckowskim (KUPKA I IN. 2005), 39 mm/rok dla terenów górniczych we wschodniej części Wyżyny Miechowskiej (SOLARSKI I PRADELA 2010a). Na podstawie danych zawartych w pracy ALESHINY I IN. (2008) obliczono, że wskaźnik D_A dla obszaru badawczego w granicach kopalń „Pniówek” i „Zofiówka” wynosi 41 mm/rok, a dla kopalń „Knurów” i „Szczygłowice”, na podstawie danych WOJCIECHOWSKIEGO (2007) - 29 mm/rok. Powyższe wielkości są ogólnie zgodne z obliczonymi przez autorkę (tab. 31, rys. 41).

Podobne obliczenia wskaźników D_A wykonano dla obszarów górnictwa miedzi i siarki. Na podstawie objętości wydobytej rudy miedzi, z założeniem współczynnika kierowania stropem przy eksploatacji zawałowej 0,45 (STRZAŁKOWSKI 2010) oszacowano, że obniżenie obszaru górniczego w LGOM wynosi średnio 12 mm/rok, przy czym dla obszaru wpływów górniczych wartości te byłyby znacznie większe. Powyższe teoretyczne wyliczenia są ogólnie zgodne z danymi przytaczanymi przez POPIÓŁKA (1997, za KRAWCZYK I PERSKI bez daty), z których wynika, że maksymalna prędkość narastania obniżeń w LGOM nie przekroczyła 30 mm/rok. Z kolei, na obszarach podziemnej (otworowej) eksploatacji siarki powierzchnia terenu obniżyła się średnio 1-1,8 m w granicach kopalni „Jeziórko”, 1,3-1,5 m na terenie kopalni „Grzybów” oraz 0,9-2,9 m, w przypadku kopalni „Osiek” - są to szacunki na podstawie danych w pracach KIREJCZYK I IN. (2009) oraz KOWALIK I IN. (2009). Biorąc powyższe pod uwagę, wskaźnik denudacji antropogenicznej D_A oszacowano, odpowiednio na – 23–41 mm/rok, 41–49 mm/rok, oraz 54-171 mm/rok.

Antropogeniczne formy rzeźby, związane zarówno z górnictwem odkrywkowym, jak i podziemnym są modelowane przez procesy geomorfologiczne. Skarpy odkrywek węgla brunatnego oraz siarki są lub były w zasięgu procesów osuwiskowych, którym sprzyja nie tylko ich duże nachylenie, ale także ilasty, plastyczny nadkład oraz drgania gruntu wywoływane pracą urządzeń górniczych. Stosunkowo najmniej narażone na procesy denudacyjne są ściany kamieniołomów, co nie znaczy, że procesy te nie zachodzą. Na procesy spełznięcia, osuwania i erozji wodnej, wyjątkowo podatne były zbocza zwałowiska kopalni „Turów II”, zwłaszcza w początkowym okresie jego tworzenia (PULINOWA 1967). Według PIŁAWSKIEJ (1967) wymywanie materiału ze zwał Turów, zbudowanego w około 70% z ilów kaolinowych, wynosiło wówczas 3,7 m³/km². REPELEWSKA-PĘKAŁOWA (1973) obliczyła, na podstawie 5-letnich pomiarów terenowych, intensywność procesów spłukiwania na zwałach kopalni siarki w Piaseczynie, na 24 kg/m²/rok. WÓJCIK (1995), opisując ruchy masowe

na zwałach w rejonie wałbrzyskim, zbudowanych głównie z łupków ilastych, iłowców i mułowców, podatnych na działanie wód opadowych, podkreśla, że jęzory osuwiskowe wkraczają nawet kilkanaście metrów poza obrys zwału.

Pogórniczne i górnice formy antropogeniczne są także poddane działalności procesów eolicznych, w szczególności dna wyrobisk popiaskowych (fot. 2E). Jednym z najlepiej zbadanych pod tym względem obszarów jest obszar górnictwa piasków podsadzkowych we wschodniej części Wyżyny Śląskiej (SZCZYPEK I WACH 1991a,b, 1993a). Miarą intensywności zachodzących tu procesów eolicznych może być masa piasków usunięta z jednej z powierzchni deflacyjnych – 240 kg/m²/rok. Badania takie prowadzono także, między innymi w odkrywce bełchatowskiej, gdzie masę przemieszczanego piasku podczas burzy pyłowo-piaskowej oszacowano między 57 a 164 kg/m²/godzinę, zaś roczny opad pyłu w dnie kopalni między 128 a 262 g/m² (GOŹDZIK I IN. 2009). Procesy eoliczne obejmują również drobnofrakcyjne odpady poflotacyjne z górnictwa rud miedzi oraz cynku i ołowiu, stanowiąc poważny problem w rekultywacji osadników (MIZERA 1980, SZCZYPEK I WACH 1991b, MIZERA I NIERZEWSKA 1996, TRAFAS I ECKES 2007).

Na obszarach górniczych zachodzą ponadto procesy naturalnego przemieszczania mas skalnych, wywołane długotrwałym i intensywnym odwadnianiem złóż, czyli indukowanych działalnością człowieka. W początkach działalności odkrywki bełchatowskiej dynamika osiadań na skutek odwodnienia wynosiła nawet 0,3 mm/dobę (STAWIARSKI I MALINOWSKI 1983), zaś na obszarze górnictwa siarki średnia wielkość obniżen wywołanych odwodnieniem wynosiła 7-11 mm/rok (POPIOŁEK 1997, za KRAWCZYK I PERSKI bez daty).

Obszary górnicze w Polsce znajdują się w zasięgu ruchów neotektonicznych, zarówno podnoszących, jak i obniżających. „Oddzielenie” ruchów neotektonicznych od technogennych nie zawsze jest możliwe. Na Górnym Śląsku, jak pisano wyżej, dorzecze Wisły obniża się od -0,5 mm/rok do -1,5 mm/rok, dorzecze Odry natomiast od -1,0 mm/rok do -3,0 mm/rok” (KOWALCZYK 1964), z kolei na Dolnym Śląsku, ekstremalne wartości pionowych ruchów skorupy ziemskiej stwierdzone na podstawie interpretacji danych hydrogeologicznych, wahają się od - 2,14 do +1,55 mm/rok (BADURA I WOJTKOWIAK 1983). Ogólnie można przyjąć, że w obliczeniach denudacji antropogenicznej dla obszarów górniczych położonych w strefach tektonicznie aktywnych należy uwzględnić błąd ± 1 mm/rok.

7.3. PRZEMIESZCZANIE MAS SKALNYCH W ZAGŁĘBIACH WĘGLA KAMIENNEGO W EUROPIE

Początki stosowania węgla nie są znane. Przypuszcza się, że używać mogli go już myśliwi ze starszej epoki kamienia na terenie Niemiec oraz z młodszego paleolitu w Czechach. W sąsiedztwie Bramy Morawskiej, na wzniesieniu Landek nad doliną Ostrawicy, obok wychodni pokładów węgla kamiennego, odkryto osadę sprzed około 23 tysięcy lat, a w niej paleniska z pozostałościami węgla (CÍLEK I JAROŠOVÁ 1999). Według CRAIGA I IN. (2003) istnieją świadectwa, że przed 5000-4000 laty plemiona walijskie używały węgla w stosach pogrzebowych. Dokumenty potwierdzają wydobywanie węgla w Chinach i używanie go do wypalania porcelany, około 2500–3000 lat temu (OLKUSKI 2005), choć według *China Coal Inforamtion Institute*, Chińczycy wydobywali węgiel kamienny w prowincji Shanxi już 10 tysięcy lat temu. Węgiel znany był także w Grecji, około 2500-2200 lat temu - filozof Teofrast

nazwał go antrax, skąd pochodzi obecna nazwa antracyt. W okolicach Saint Étienne, we wschodniej części Masywu Centralnego ślady pozyskiwania węgla pochodzą sprzed 2000 lat. Składy węgla w fortach wzdłuż Muru Hadriana świadczą, że w Britannii, w czasach rzymskich był on źródłem ogrzewania.

Wykorzystywanie węgla na większą skalę rozpoczęło się w XI wieku w Chinach – stosowano go w procesie wytopu żelaza, w rozmiarach pozwalających nazwać tę działalność przemysłem – pisał o tym Marco Polo w 1280 roku. W tym samym czasie rozpoczęto eksploatację pokładów węgla z klifów, w północno-wschodniej Anglii – wkrótce stał się powszechnym środkiem opałowym, ale wynikające z tego powodu uciążliwe zanieczyszczenie powietrza doprowadziło do zakazu jego używania, wydanego przez króla Edwarda I w 1306 roku (SKINNER 1978). W XII wieku węgiel wydobywano w Limburgii, później w okolicach belgijskiego Liège, we Francji, w Westfalii, oraz w coraz większej liczbie miejsc w Europie (JAROS 1975).

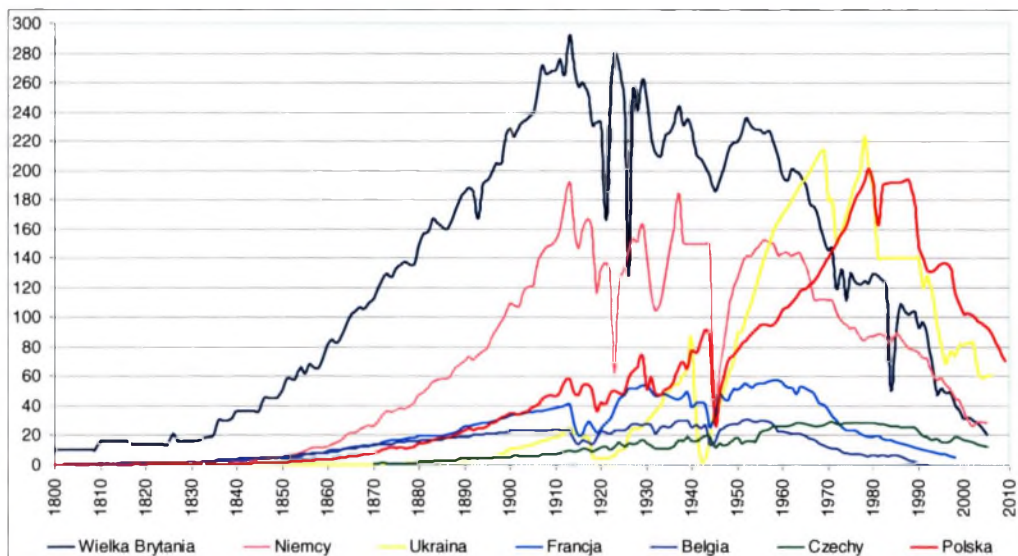
Zasadniczy rozwój górnictwa węglowego był związany z rewolucją przemysłową w XVIII wieku. Ogromny wzrost zapotrzebowania na węgiel przez hutnictwo, kolej, statki parowe, zintensyfikował jego wydobycie w licznych zagłębiach węglowych w Europie i Ameryce Północnej. Wielkie okręgi górniczo-przemysłowe powstały w Niemczech (Zagłębia Ruhry i Saary), w Wielkiej Brytanii (Durham, Nothumberland), we Francji (Zagłębie Północne, Lotaryngia), w Stanach Zjednoczonych (zachodnia Wirginia, Pensylwania, Ohio, Kentucky), a nieco później w Belgii, Polsce, Czechach, Rosji. Węgiel był podstawą rozwoju gospodarczego tych państw.

Złoże węgla kamiennego o największym rozprzestrzenieniu i znaczeniu gospodarczym występuje w basenach paleozoicznych (KONSTANTYNOWICZ 1994). Prowincja z węglami górnokarbońskimi ciągnie się od zachodniej części Ameryki Północnej, przez Europę, Afrykę Północną po zachodnią Azję. Występują tu, między innymi, Zagłębia – Appalachijskie, Yorkshire, Ruhry, Górnośląskie, Donieckie, Karagandy i Ekibastuskie. Złoże węgla permskich występuje w Azji, Australii oraz w południowych częściach Afryki i Ameryki Południowej. Do największych zagłębi należą – Kuźnieckie, Shanxi, Jharia, Nowej Południowej Walii, Transwalu, a w Europie Peczerskie. Węgle kamienne młodszego wieku – mezo- i kenozoiczne, występują w Kolumbii, Wenezueli, Indonezji (GABZDYL 1994).

Dane o światowych zasobach węgla kamiennego są rozbieżne, co wynika ze stosowania różnych kryteriów w ich obliczaniu. Według *World Energy Council*, zasoby udokumentowane, których wydobycie jest opłacalne ekonomicznie wynosiły pod koniec 2003 roku 749 mld ton. Zasoby węgla, w przeliczeniu na ekwiwalent 1 tony ropy naftowej wynoszą 470 000 mln toe¹. W światowej energetyce udział węgla kształtuje się na poziomie około 30% i prawdopodobnie zostanie utrzymany w najbliższej przyszłości (MOKRZYCKI I IN. 2008). Duże zasoby i najdłuższa wystarczalność spośród organicznych surowców energetycznych, szacowana na 200-300 lat, pozwalają wyrażać opinie, że węgiel będzie nadal odgrywał istotną rolę w światowym bilansie paliwowo-energetycznym, ale zmieniać się będą rejony wydobycia (DUBIŃSKI 2005). W Wielkiej Brytanii i Niemczech, które w pierwszej połowie XX wieku należały do głównych producentów węgla na świecie (rys. 47), obecnie prowadzi się eksploatację na niewielką skalę. W przededniu II wojny światowej około 55% wydobycia pochodziło z Europy, podczas gdy z Azji – 6% (FRYCKOWSKI 1937). Współcześnie połowa światowego wydobycia węgla pochodzi z Chin, a dynamicznie rozwija się jego produkcja w Indiach, Indonezji

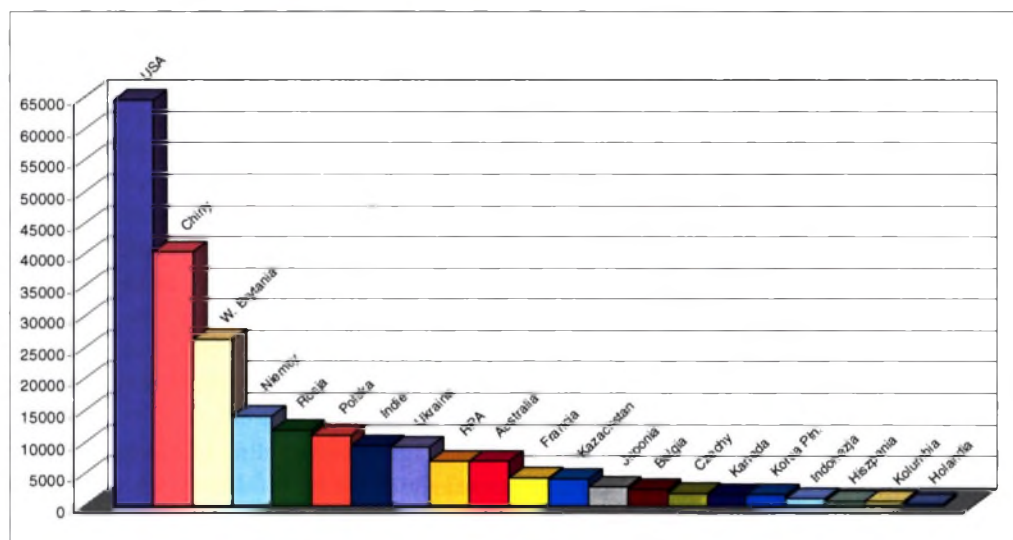
¹toe – jednostka paliwa umownego. 1 toe jest to ilość energii, która zostanie uwolniona podczas spalania 1 tony ropy naftowej

oraz Wietnamie. Spośród starych, tradycyjnych europejskich zagłębi węglowych na znaczeniu nie straciły jedynie Górnśląskie i Donieckie (DUBIŃSKI 2005).



Rys. 47. Wydobywanie węgla kamiennego w Europie w latach 1800 - 2005 (2010) w mln ton

Fig. 47. Coal production in Europe during the years 1800-2005 (2010) in Mt



Rys. 48. Sumaryczne wydobywanie węgla przez głównych producentów na świecie do 2009 roku w mln ton

Fig. 48. Total coal output by major producers in the world until 2009 in Mt

Węgiel kamienny jest wydobywany w blisko 70 krajach, a światowa produkcja wykazuje stały trend rosnący - w 2009 roku wyniosła 5,6 mld ton. Z powyższego wynika, że, presja górnicza na środowisko przyrodnicze nie ustanie, a dalsze przekształcenia rzeźby są nieuniknione. W Europie, węgiel kamienny wydobywa się głównie metodą podziemną, podczas, gdy w USA i Australii z kopalń odkrywkowych pochodzi aż 60% wydobywania, a w Kolumbii i Wenezueli prawie całość produkcji. Zagłębia węglowe, w których prowadzi się

intensywne wydobycie położone są ponadto w różnych strefach klimatycznych – około połowa powierzchni obszarów górnictwa znajduje się w różnych odmianach klimatu umiarkowanego, w strefach – zwrotnikowej i podzwrotnikowej – po około 20%, a w strefach – równikowej i okołobiegunowej – po kilka procent. Rzeźba antropogeniczna jest i będzie modelowana w różnych warunkach środowiska przyrodniczego.

Miarą antropopresji górniczej, może być, w pewnym stopniu, sumaryczne wydobycie węgla kamiennego w poszczególnych krajach (rys. 48). Wyraźnie największe znaczenie ma ona w Stanach Zjednoczonych i Chinach, które w najbliższej perspektywie czasowej będą prowadziły nadal intensywne wydobycie węgla. W dalszej kolejności znajdują się Wielka Brytania i Niemcy, czyli państwa, w których zasadniczy etap górniczego przekształcania rzeźby został już zakończony. Dotychczasowe wydobycie węgla kamiennego w Polsce, sytuuje kraj na 6 miejscu w świecie. Uwzględniając fakt, że działalność górnicza w Polsce była prowadzona na obszarze o najmniejszej powierzchni spośród pięciu poprzedzających ją państw, można uznać, że antropopresja górnicza w Polsce należy do największych na świecie.

7.3.1. ZAGŁĘBIE OSTRAVSKO-KARVIŃSKIE

Czeska część Górnośląskiego Zagłębia Węglowego zajmuje powierzchnię 1550 km², w tym Zagłębie Ostravsko-Karwińskie (OKR) - 320 km² (kilka procent całkowitej powierzchni GZW, polskiej i czeskiej) (DOPITA I IN. 1997). Przestrzenny zasięg zagłębia wyznaczają - na północy granica polsko-czeska, na wschodzie przedgórze Beskidów, a na zachodzie dolina Odry. Uogólniając, zagłębie rozciąga się między miastami - Ostrawą na zachodzie i Karwiną na wschodzie, a na południu sięga po Frenštát.

Pod względem budowy geologicznej, obszar Zagłębia Ostravsko-Karwińskiego należy do Karpat Zachodnich i Masywu Czeskiego. Podłoże budują paleozoiczne osady dewonu i karbonu. W rzeźbie stropu karbonu wyróżniają się, ogólnie równoleżnikowo ułożone - grzbiety (proborsko-cieszyński i ostravsko-karwiński) oraz obniżenia (dětmarovicki vymol i bludovicki vymol). Nadkład stanowią głównie mułowo-ilaste osady dolnego badenu (DOPITA I IN. 1997, MARTINEC I IN. 2005). Mają one zróżnicowaną miąższość - w wymienionych obniżeniach sięgającą 1400 m, a tam, gdzie plejstocenska erozja glacialna usunęła część utworów mioceńskich - najczęściej 250 m. W niektórych miejscach bezpośrednio na podłożu karbońskim występują osady glacialne i lessy.

DEMEK (1987) zalicza północną, główną część zagłębia do Kotliny Ostravskiej i Bramy Morawskiej. Większa część obszaru górniczego należy do Kotliny Ostravskiej, głównie do jednej z jej jednostek - Płaskowyżu Orlovskiego (Orlovska plošina). Podłoże karbońskie przykrywają tu osady glacialne - piaski, żwiry i gliny, a na powierzchni występują lessy i utwory lessopodobne, lokalnie - pozostałości starszych moren. Powierzchnia płaskowyżu jest rozczłonkowana wąwozami, częste są osuwiska. Podobny charakter mają płaskowyże położone na wschód i południe od Orlovskiego - Karwiński i Haviřovski. Płaskowyże, o wierzchołkach na wysokościach 250-300 m n.p.m., obniżają się w stronę obrzeżających je szerokich dolin - ku zachodowi do doliny Odry z Ostravicą, oraz na północ do doliny Olży (210 - 220 m n.p.m.). Południowa część zagłębia należy do Pogórza Zachodniobeskidzkiego, a ściślej do fliszowej Podbeskidzkiej Pahorkatiny, wznoszącej się na 300 - 600 m n.p.m. (KIRCHNER I HRADEK 2004).

W okresie przedgórnym obszar zagłębia był słabo zamieszkały i miał rolniczy charakter. W ciągu ostatnich 200 lat przekształcił się w gęsto zaludniony okręg górniczo-przemysłowy. Początki górnictwa są związane z odkryciem węgla na wzgórzu Landek w Ostrawie w 1763 roku. Pierwsza kopalnia powstała w 1776 roku, ale dane o wielkości wydobycia pojawiają się od 1782 roku, są niekompletne (MARTINEC I SCHEJBALOVA 2004). Wśród najstarszych kopalń znajdują się, między innymi, „František”, „Anselm”, „Zofie”, „Michal”, „Bettina”.

Całkowita ilość wydobytego dotychczas węgla kamiennego jest trudna do ustalenia, zwłaszcza dla okresu przedwojennego. Wydobycie, początkowo niewielkie, systematycznie wzrastało wraz z rosnącym zapotrzebowaniem na węgiel, szczególnie przez hutę żelaza „Vitkovice” (1829), a następnie przez kolej. Przedstawia to produkcja węgla w następujących latach: 1822 – 6 tys. ton, 1842 – 60 tys. ton, 1862 – 610 tys. ton, a w 1872 roku 1,2 mln ton. Na początku XX wieku wydobycie w zagłębiu sięgnęło 6 mln ton, w 1930 roku – 10 mln ton, a w 1943 roku – 20 mln ton (MARTINEC I SCHEJBALOVA 2004). Oszacowano, że do 1946 roku w zagłębiu wydobyto 522 mln ton węgla kamiennego, z tego do 1900 roku – 61 mln ton.

W okresie powojennym czynnych było kilkanaście kopalń, między innymi „Julius Fučík”, „Jan Šverma”, „Hermanice”, „Ostrava”, „Dukla”, „ČSA”, powstały także nowe kopalnie - „9. květen” i „ČSM”, a w południowej części zagłębia – „Paskov” i „Staříč”. Najmłodsza kopalnia powstała w 1981 roku – „Frenštát”. Roczne wydobycie, przez około 3 dekady kształtowało się na poziomie dwudziestu kilku milionów ton. Eksploatacja była prowadzona głównie systemem ścianowym z zawałem stropu. W wyniku restrukturyzacji górnictwa, w latach 1992–2000 zamknięto wszystkie kopalnie w rejonie Ostrawy i Petřvaldu oraz kopalnię „František” w części karwińskiej i „Paskov” w południowej części zagłębia. W okresie 1947-2000 wyprodukowano prawie 1089 mln ton węgla (SCHEJBALOVA 2003). Stanowi to ponad 2/3 ogólnej produkcji węgla w okresie 1782-2000, a wynoszącej 1,611 mld ton. Według DOPITY (1997) łączne wydobycie węgla w latach 1782–1996 było mniejsze – 1,419 mld ton, natomiast z danych statystycznych zestawionych przez autorkę, produkcja węgla do 2005 roku wyniosła ponad 1,9 mld ton, co wydaje się być wielkością zawyżoną. W 2000 roku całkowita powierzchnia obszarów górniczych (czynnych i nieczynnych) wynosiła 320 km². Obecnie czynnych jest 5 kopalń z łącznym rocznym wydobyciem kilkunastu milionów ton (w 2001 roku – 15,2 mln, 2008 – 12,6 mln).

Poszczególne części zagłębia różnią się wielkością sumarycznego wydobycia. W ostatnim stuleciu (1901-2000), w największej pod względem powierzchni części ostrawskiej (157,4 km²) wyeksploatowano 635 mln ton węgla kamiennego, natomiast w znacznie mniejszej części karwińskiej (99,5 km²) – aż 865 mln ton. Produkcja węgla w części południowej (63,1 km²) wyniosła 50 mln ton (MARTINEC I IN. 2005). Do kopalń o największym wydobyciu w analizowanym okresie należały - „Julius Fučík” – 202,5 mln ton, „Ostrava” – 191,2 mln ton, „Odra” – 159,9 mln ton i „Darkov” – 154,2 mln ton.

Właścicielem niemal całości gruntów z terenami pogórnymi jest prywatna spółka węglowa OKD a.s., która zajmuje się eksploatacją węgla, ale także rekultywacją terenów pogórnymi, prowadzoną przez specjalnie w tym celu powołany zakład IMGE. W 1999 roku zaczęto tworzyć spis terenów zdegradowanych w formie map cyfrowych i opisu terenu. W bazie ujęto już 90% takich obszarów. Tereny pogórnice, które powstały przed prywatyzacją przemysłu węglowego są zagospodarowywane od 2002 roku przez przedsiębiorstwo państwowe DIAMO s.p. (SANTORIUS I IN. 2007).

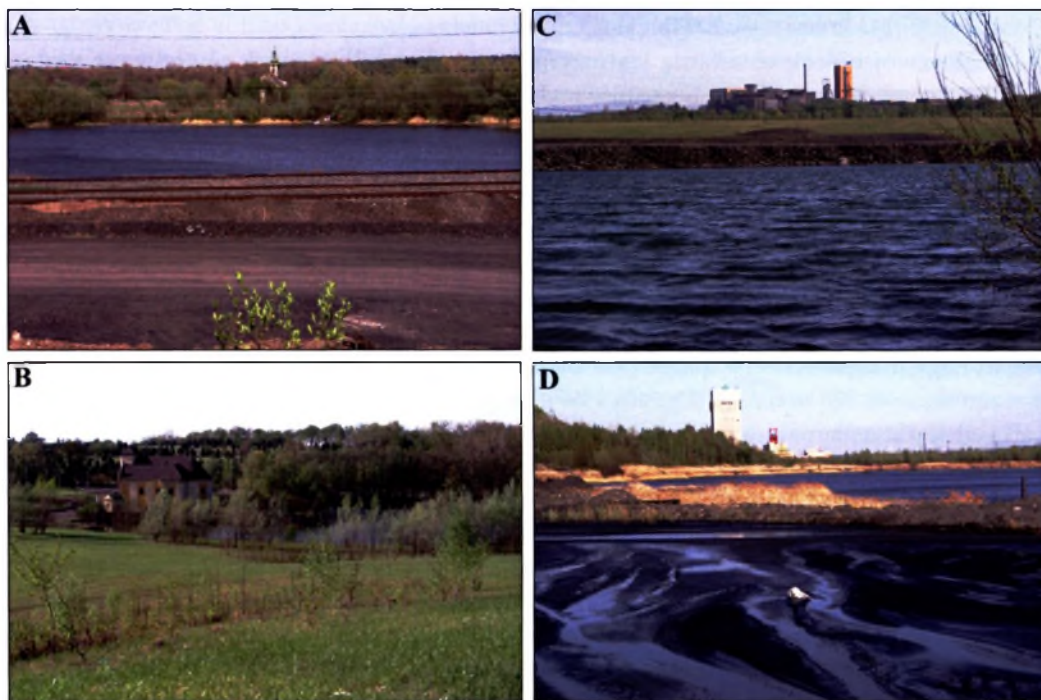
Górnictwo węgla kamiennego w Zagłębiu Ostravsko-Karwińskim spowodowało istotne przekształcenia rzeźby naturalnej, a na niektórych obszarach wykształcenie typowej rzeźby antropogenicznej z dominującym udziałem form utworzonych wskutek bezpośredniej i pośredniej działalności człowieka. Wśród antropogenicznych form rzeźby na pierwszy plan wysuwają się niecki osiadania, zwałowiska i osadniki, natomiast deformacje nieciągłe są ogólnie słabo zauważalne w morfologii terenu. Deformacje nieciągłe powstawały, a od czasu do czasu powstają także współcześnie, głównie na obszarze starszego górnictwa na wychodniach karbonu. Mają najczęściej kształt lejkowatych zagłębień. Stopnie terenowe pojawiały się szczególnie często podczas płytkiej eksploatacji grubych pokładów węgla (KOSTRUCH, bez daty). Zapadliska powstają także w wyniku zawalenia się szybów - największe zniszczenie szybu w historii czeskiego przemysłu węglowego - szybu Doubrava IV, miało miejsce w 1999 roku. Szyb o głębokości 1100 m i średnicy 8,5 m uległ zniszczeniu na całej swej długości. W ciągu doby, na powierzchni powstał krater o głębokości 36 m, średnicy ponad 60 m i objętości 65 000 m³ (ALDORF I IN. 2000).

Na obszarze głębokiej eksploatacji (200-1200 m) utworzyły się liczne niecki osiadania, które należą do najrozleglejszych form antropogenicznych w zagłębiu - już w 1965 roku zajmowały powierzchnię 130 km², a niektóre z nich osiągały głębokość ponad 20 m. Największy zasięg miały jednak obniżenia do 1 m, stanowiące 80% całkowitej powierzchni obszaru wpływów górniczych. Osiedlenia powyżej 5 m zajmowały tylko 3% powierzchni, ale przyczyniły się do poważnych szkód w środowisku przyrodniczym i zabudowie terenu (MAREŠ 1975, fot. 25A). Z powodu wybrania węgla z filarów ochronnych, zniszczone zostało miasto Poruba - na jego miejscu wybudowano, odpowiednio zabezpieczone miasto Haviřov. Wyburzona została także miejscowość Katarzyna, przynależna do Stonavy, zasypana później skałą płonną i zrehabilitowana. Z Orlovej wysiedlono 70% ludności, z mapy zniknęła również miejscowość Karvina Doly, w której pozostał jedynie najbardziej znany przykład szkód wywołanych działalnością górnictwem - kościół Św. Piotra z Alcantary, przechylony wskutek osiadania stoku filaru ochronnego kopalni „Doubrava” (fot. 25B). Od 1950 roku powierzchnia obniżyła się w tym rejonie o około 34 m (STRĚTEŽSKÁ I RAFAJOVÁ 2004).

Rozmiary osiadania w zagłębiu zależą od wielu czynników, nie tylko geotechnicznych, ale także od miąższości nadkładu czy rzeźby stropu karbonu. Zasadniczy wpływ na wykształcenie się niecek ma jednak skala i metoda eksploatacji kopaliny. W Zagłębiu Ostravsko-Karwińskim, rozwój osiadań po 1960 roku był intensywny przez trzy kolejne dekady - w latach 1961-1989, jak wynika z analizy HORTVIKA (2003), 36,8% obszaru wpływów (251,3 km²) obniżyło się o więcej niż 1 m, a 63,2% - poniżej 1 m, natomiast w dziesięcioleciu 1990-1999, odpowiednio - 15,1% i 84,9%, przy czym wpływy górnicze objęły znacznie mniejszą powierzchnię - 179,4 km².

Według OKD (Ostravsko-karvinské doly) w 2000 roku zasięg osiadań, oszacowany według metody Budryk-Knothego i wyznaczony izoliniami osiadań 0 m, obejmował obszar o powierzchni prawie 254,8 km² (80% powierzchni zagłębia), czyli niemal dwukrotnie więcej niż w latach 60. XX wieku. W części ostravskiej w zasięgu osiadań było 131 km² powierzchni, w karwińskiej - 79,3 km², a w części południowej - 44,5 km². Rozmiary osiadania są przestrzennie zróżnicowane - pomimo, iż 51% obszaru wpływów górniczych znajduje się w części ostravskiej, to charakteryzuje się ona najmniejszymi osiadaniami powierzchni, średnio 4 m (maksymalnie 10 m). Wynika to z dwóch przyczyn - ograniczeń w eksploatacji z powodu filarów ochronnych oraz wydobywaniu głównie cienkich pokładów węgla (1,2 m) spośród miąższych warstw skalnych bezwęglowych (SCHEJBALOVA 2003). Średnie obniżenia powierzchni poszczególnych kopalń są zróżnicowane, przykładowo dla kopalni „Hermanice”

wynoszą 2,6 m, a dla kopalni „Ostrava” – 4,7 m. W części karwińskiej, gdzie eksploatuje się pokłady grube (średnio 3,4 m miąższości), zalegające między miąższami warstwami piaskowców, rozmiary osiadania są duże. Głębokości większych niecek wynoszą tu 15 – 20 m, a maksymalnie mają sięgać 50 m (MARTINEC I SCHEJBALOVA 2004), co zdaje się być wielkością zawyżoną. Obszar górniczy strefy karwińskiej obniżył się zatem w dużo większym stopniu niż w części ostrawskiej - średnio 7,6 m. Średnie obniżenie obszaru kopalni „Lazy” wynosi aż 13,5 m, kopalni „Darkov” - 10,3 m, a kopalni ČSA – 9 m. W okolicy Karviny rozwinął się specyficzny krajobraz - z jednej strony powstały duże obniżenia (bezodpływowe lub z częściowym naturalnym drenażem, częściowo wykorzystywane jako osadniki), a z drugiej strony pozostały wyraźne wzniesienia w miejscach filarów ochronnych szybów, a także gromadzenia odpadów na zwałowiskach. Pierwotna rzeźba glacialnej równiny została przekształcona w typowo antropogeniczną (MARTINEC I SCHEJBALOVA 2004).



Fot. 25. Antropogeniczne formy rzeźby na obszarze Zagłębia Ostrawsko-Karwińskiego
 A – zalewisko w niecce osiadania w wysiedlonej wsi Louky, okolice Karviny, B – kościół Św. Piotra z Alcantary, położony w głębokiej niecce osiadania (34 m) na terenie zniszczonej miejscowości Karvina Doly, C – zalewisko w niecce osiadania, kopalnia „Darkov”, D – osadnik mułowy, kopalnia „Darkov”

Photo 25. Anthropogenic landforms in the Ostrava-Karvina Coal Basin
 A – a water reservoir in subsidence basin in the dislodged village of Louky, vicinity of Karvina, B – Church of St. Peter from Alcantara in a deep subsidence basin (34 m) in the area of destroyed village of Karvina Doly, C – a water reservoir in subsidence basin, „Darkov” mine, D – settlement tank, „Darkov” mine

W ostrawskiej części zagłębia, gdzie eksploatacja została zakończona w 1994 roku, ruchy powierzchni zmniejszyły się lub ustały, natomiast w części karwińskiej rozmiary osiadania mogą się zwiększyć, ze względu na dotarcie eksploatacji do marginalnych partii złóż karbońskich i zwiększenie jej głębokości. W latach 1961-1999 objętość osiadań w zagłębiu wynosiła 0,434 km³ i była wywołana powstaniem w podłożu pustki o objętości 0,627 km³

(HORTVIK 2003). W dziesięcioleciu 1990-1999 kubatura osiadań wyniosła 0,085 km³ i odzwierciedlała pustkę w podłożu o objętości 0,119 km³. Wyliczone na podstawie powyższych danych średnie obniżenie powierzchni wynosiło – w latach 1961-1989 około 1,4 m, a w latach 1990-1999 około 0,5 m. Prognozy wpływów górniczych do 2010 roku zakładały, że największe osiadania, przekraczające 10 m, wystąpią w Darkovie, po zachodniej stronie Olzy (DOPITA I IN. 1997). Obserwacje terenowe potwierdzają powyższe przewidywania (fot. 25C). MARTINEC I IN. (2005) podkreślają jednak, że występują istotne różnice między prognozowanymi, a pomierzonymi wielkościami osiadania – jako przykład podają kopalnię „Staříč”, gdzie pomierzone obniżenia powierzchni były o połowę mniejsze niż prognozowane.

Zalewiska powstające w nieckach osiadania są w większości zasypywane odpadami górniczymi, przykładowo w wiosce Kunčičky u zbiegu rzek Ostravicy i Luciny na polu górniczym kopalni „ČSM”. Wiele niecek jest użytkowane jako osadniki, na przykład na obszarze kopalni „Horní sucha”. Niektóre zbiorniki wodne w nieckach są wykorzystywane rekreacyjnie (MARTINEC I IN. 2005)

Rozwój niecek osiadania jest czynnikiem destabilizującym równowagę stoku. Na obszarze zagłębia, w rejonach z natury podatnych na procesy osuwania, zaobserwowano, że niektóre osuwiska mają po części związek z działalnością górniczą. Zasadnicze znaczenie ma tu powstanie deformacji nieciągłych w postaci szczelin, którymi woda infiltruje szybciej i głębiej do warstw poślizgowych (KOSTRUCH bez daty). Wpływ działalności górniczej na uaktywnienie procesu osuwania wykazano, między innymi na lewym brzegu Olzy w okolicach Doubrawy, a także w Karvinie Doly (MÜLLEROVA I IDES 2004).

Charakterystycznym elementem rzeźby antropogenicznej Zagłębia Ostravsko-Karwińskiego są zwałowiska i osadniki (fot. 25D). Najwyższym wzniesieniem w ostrawskiej części zagłębia jest właśnie hałda, położona w granicach dawnej kopalni „Petr Bezruč”, a wznosząca się 325 m n.p.m. (DOPITA 1997). Przykładem obszaru, na którym rzeźba niemal całkowicie zatraciła naturalny charakter z powodu powstania rozległych hałd i osadników, są okolice kopalni „Lazy” w karwińskiej części zagłębia (MULKOVA 2003).

Na zwałowiskach jest składowany materiał o różnej granulacji, w przewadze są to piaskowce i iłowce, a także węgiel (10-15%). Produkcja skał odpadowych w zagłębiu jest monitorowana systematycznie dopiero od 1963 roku, stąd dla starszych okresów może być tylko szacowana. Zakłada się, że od początku górnictwa do 1900 roku wydobyte skały płonnej wyniosło 20% wydobytego węgla, czyli około 12 mln ton. W późniejszych latach, do połowy XX wieku wskaźnik odpadów na tonę węgla nadal był korzystny i kształtował się na poziomie 20-25%, co wynikało z relatywnie czystej metody eksploatacji, natomiast od lat 60. XX wieku wskaźnik ten był z reguły większy niż 50% (HAVRLANT 1979).

W latach 70. XX wieku rocznie wydobywano prawie 1 mln m³ skały płonnej, składując część z nich na 75 większych hałdach, zajmujących powierzchnię 5,5 km² (MAREŠ 1975). Zwałowiska miały różne kształty - stożkowe, stołowe, tarasowe, nieregularne, a niektóre z nich osiągały znaczne wysokości, maksymalnie do 91 m. Większość form paliła się. Największe, wówczas, zwałowisko odpadów (górniczno-hutniczych), o objętości 15,3 mln m³, znajdowało się w Hermanovicach, w granicach kopalni „Rudý říjen”, a kolejne duże formy to: zwałowisko centralne „Zárubek” (11,1 mln m³), hałda w Petřvaldzie, na obszarze kopalni „Julius Fučík” (7,5 mln m³) oraz kompleks form przynależnych do kopalni „Jan Šverma” (6 mln m³) (HAVRLANT 1979). Objętość wszystkich hałd, na koniec lat 70. XX wieku, szacowano na 120 mln m³, czyli o około 40 mln m³ więcej niż dekadę wcześniej. W otoczeniu niektórych dużych zwałowisk zaobserwowano deformacje wierzchniej warstwy gruntu, wywołane naciskiem dużej masy materiału odpadowego na podłoże (KOSTRUCH, bez daty).

W okresie 1900–2000 produkcja kamienia dołowego sięgnęła 638 mln ton, w tym do 1946 roku - 92 mln ton, a w latach 1947–2000 aż 545 mln ton (MARTINEC I SCHEJBALOVA 2004). Z całkowitej produkcji odpadów w okresie górniczym (0,65 mld ton), na zwałowiska skierowano około 35%, czyli w przybliżeniu 226 mln ton (MARTINEC I IN. 2005) o objętości 141,1 mln m³ (DOPITA 1997). Obecnie na obszarze zagłębia istnieje 279 zwałowisk. Największą objętość mają zwałowiska w ostrawskiej części zagłębia – 73,9 mln m³ (115 form), co wynika z faktu, że wraz z 1 toną wydobytego węgla wydobywano aż 1,07–1,78 tony skał odpadowych. W części karwińskiej wskaźnik ten jest korzystniejszy (0,34–0,67 tony), dlatego objętość kamienia dołowego, nagromadzonego na 143 zwałach, wynosi 45,3 mln m³. W części południowej zagłębia istnieje 21 hałd, na których znajduje się 21,9 mln m³ skały płonnej. „Obciążenie” powierzchni odpadami górniczymi jest jednak największe w części karwińskiej, gdyż na 1 km² przypada ich aż 4,8 mln ton, czyli 2,7 razy więcej niż w rejonie ostrawskim, a 8 razy więcej niż na południu zagłębia (SCHEJBALOVA 2003).

W rzeźbie antropogenicznej zagłębia ważną rolę odgrywają osadniki (kalište) – wiele z nich powstało w miejscu dawnych stawów rybnych, przykładowo Kuboň na obszarze kopalni „Paskov”. Stawy, które występowały w dolinach Odry, Ostravicy, Strużki i Olzy, i stanowiły w okresie przedgórnym wyróżniający element krajobrazu, w dużym stopniu zanikły lub pełniły inne funkcje (MARTINEC I IN. 2005). Według stanu na 1991 rok w zagłębiu istniało ponad 70 osadników w różnym stadium zapełnienia, o łącznej pojemności - ponad 31 mln m³ - według MARTINCA I SCHEJBALOVEJ (2004), lub 28,1 mln m³ - według DOPITY (1997). Obecnie osadniki zajmują powierzchnię 4,7 km², w tym czynne 2,8 km² - tych ostatnich jest 35, najwięcej w części karwińskiej – 26 (WALEK I KOSTRUCH 1996, LATOVA 2003). Produkcja mułu systematycznie maleje – w 1990 roku wynosiła 1,5 mln ton, a w 1995 roku – 0,2 mln ton. Muły powęglowe są wykorzystywane gospodarczo w energetyce, koksowniach, szklarniach.

Działalność górnicza zaburzyła spływ wód rzecznych poprzez lokalne odwrócenie ich spadków. Długość cieków objętych osiadaniami wynosi 115 km, w tym koryta Ostravicy - 23 km, Olzy - 21,5 km, Odry - 15,1 km, a innych cieków – od kilku do 10 km (Strużka, Olešná, Karvinský potok, Sušanka, Černý příkop, Lučina) (MANIČEK 2003). Zwiększone spadki zredukowane są poprzez budowę stopni wodnych, na przykład w korycie Ostravicy. Bardzo duże zmiany wystąpiły w górnym i środkowym biegu Potoku Karwińskiego.

W ciągu ostatnich 100 lat, z kopalń „wydobyto” niemal 2 mld m³ wód, z tego ponad 80% pochodziło w rejonie ostrawskim. Nieczynne wyrobiska w tej części zagłębia są nadal odwadniane, w celu ochrony przed zalaniem kopalń karwińskich. W kilkadziesiąt lat po zakończeniu górnictwa i zaprzestaniu odwadniania, poziom wód podziemnych może podnieść się do rzędnej 210 m n.p.m., co może wpłynąć na geotechniczne właściwości podłoża skalnego (*Atlas map vlivu útlumu hlubinné těžby černého uhlí* 2003).

Przybliżoną miarą antropogenicznego przekształcenia rzeźby przez górnictwo węglowe może być ilość wydobytej kopaliny (węgla i skały płonnej), przypadająca na 1 km². Dla części karwińskiej wynosi ona – 15,7 mln ton/km², w ostrawskiej 6,6 mln ton/km², a w południowej, jedynie 1,7 mln ton/km² (SCHEJBALOVA 2003).

Na podstawie danych przedstawionych w rozdziale oszacowano tempo denudacji antropogenicznej na obszarze Zagłębia Ostravsko-Karwińskiego. Dla okresu intensywnej eksploatacji w latach 1961-1989 otrzymano wartość 48 mm/rok, a dla lat 1990-1999, z wyraźnie ograniczoną produkcją węgla, wskaźnik natężenia denudacji jest niemal taki sam – 47 mm/rok, co bardzo dobrze odzwierciedla fakt skoncentrowania wpływów górniczych na mniejszym powierzchniowo obszarze. Wykorzystując dane zawarte w *Atlasie map vlivu útlumu hlubinné těžby černého uhlí* (2003) obliczono średnie tempo denudacji na obszarze poszczególnych

kopalń w okresie 1901–2000. Przyjęto, za MARTINEC I IN. (2005), że współczynnik eksploatacji wynosi 0,7, a objętość osiadań przeliczano na powierzchnię obszaru wpływów i lata działalności kopalń. Otrzymano wartości w przedziale 28-136 mm/rok. Największe tempo denudacji – powyżej 100 mm/rok uzyskano zarówno dla starych kopalń w części karwińskiej – „Lazny” – 135 mm/rok i „Darkov” – 103 mm/rok, jak i kopalń młodych - „9. květen” – 136 mm/rok i „ČSM” – 109 mm/rok. Ogólnie dla całego obszaru zagłębia, na podstawie przyjętych kryteriów obliczeniowych, otrzymano średnią wartość wskaźnika denudacji w ostatnim stuleciu – 75 mm/rok.

Niektóre obszary obniżały się w bardzo szybkim tempie. W rejonie obecnego „Darkovskiego morza” w dzielnicy Karviny, prace wydobywcze rozpoczęto w 1983 roku, a do 2005 roku powierzchnia obniżyła się o 16,5 m, czyli średnio ponad 700 mm/rok. Na mapach topograficznych z 1988 roku obszar jest zabudowany, natomiast zdjęcie lotnicze z 2000 roku przedstawia już rozległy zbiornik wodny otoczony nieużytkami górniczymi (SANTORIUS I IN. 2007). Zbliżone tempo denudacji odnosi się do okolic Karviny doły, gdzie znajduje się wspomniany wyżej kościół Św. Piotra z Alcantary – 680 mm/rok.

7.3.2. ZAGŁĘBIE RUHRY

Zagłębie Ruhry (inaczej Okręg Ruhry) jest położone w zachodniej części Niemiec, w kraju związkowym Nadrenia Północna–Westfalia. Nie ma dokładnie określonych granic – najczęściej pod nazwą Zagłębie Ruhry rozumie się obszar „Regionalverband Ruhrgebiet”, będący administracyjnym związkiem miast i okręgów. Jest to obszar metropolitalny, składający się z 11 miast oraz 4 okręgów, zamieszkały przez 5,7 mln ludności. Obszar Zagłębia rozpościera się zatem od rzeki Ren na zachodzie, po wiejskie tereny Soester Börde na wschodzie, oraz od rzeki Ruhr na południu, po Münsterland na północy. Rozciągłość z zachodu na wschód wynosi 116 km, a z północy na południe - 67 km. Całkowita powierzchnia Okręgu Ruhry wynosi 4 435 km² (BRONNY I IN. 2004).

Podłoże budują sfałdowane, górnokarbońskie utwory węglonośne, mające wychodnie wzdłuż doliny Ruhry, w południowej części Zagłębia. W kierunku północnym warstwy skalne zanurzają się łagodnie pod skały wieku kredowego o znacznej miąższości (HENNINGSEN 1976). Utwory trzeciorzędowe występują tylko w zachodniej części Zagłębia, natomiast na powierzchni rozprzestrzeniają się cienkie warstwy czwartorzędowych osadów glacialnych, peryglacialnych, fluwialnych i eolicznych (RICHTER 1996).

Okręg Ruhry jest mało zróżnicowany pod względem geomorfologicznym. Na południu występują wzgórza Süderbergland, a na północ od nich - Hellwegzone, o dość równinnym charakterze. Lokalne krawędzie morfologiczne tworzą wychodnie kredy. Dalej na północ występują niskie równiny zalewowe rzek Emscher i Lippe, częściowo „przerwane” osadami trzeciorzędowymi (LIEDTKE 1993). Przeważająca część zagłębia jest położona na wysokościach 100 - 200 m n.p.m., ale część południowa wznosi się na 250 - 350 m n.p.m.

W Zagłębiu Ruhry wyróżnia się trzy strefy, nawiązujące do historii rozwoju gospodarczego – na południu - strefę Ruhry, gdzie górnictwo węgla miało swój początek, dalej na północ – strefę Hellweg, nawiązującą do starego średniowiecznego szlaku handlowego, z miastami Dortmund, Bochum i Essen, oraz, położoną najbardziej na północ - strefę Emscher - Lippe, z miastami Gelsenkirchen, Herne i Bottrop.

Górnictwo węgla rozpoczęło się w XVIII wieku, na wychodniach górnokarbońskich skał węglonośnych w dolinie Ruhry. Początkowo eksploatację prowadzono na niewielką skalę do poziomu wód, zajmowała się tym okoliczna ludność. Wynalezienie maszyny parowej umożliwiło odwadnianie złóż i eksploatację głębiej zalegających pokładów – strefa coraz intensywniejszej działalności górniczej zaczęła przemieszczać się w kierunku północnym, nawet na zabagnione tereny w dolinie Emschery. Ogromne zapotrzebowanie na węgiel ze strony hutnictwa i kolei zaspokajano coraz większym wydobywaniem i wkrótce Zagłębie Ruhry, stało się jednym z trzech najważniejszych zagłębi na świecie. O ile w 1800 roku wydobyto zaledwie 0,23 mln ton węgla (158 „kopalń”), a w 1850 roku – 2 mln ton, to w 1900 roku – 60 mln ton (170 kopalń). Największe wydobywanie – 130 mln ton miało miejsce w przededniu II wojny światowej, w 1939 roku, oraz w połowie lat 50. XX wieku. W późniejszych latach wydobywanie węgla systematycznie malało – od 115 mln ton w 1960 roku, przez niespełna 76 mln ton w 1975 roku, do 70 mln ton w roku 1980 (PETSCH 1982). W tym okresie z Zagłębia Ruhry pochodziło około 88% produkcji węgla kamiennego w Niemczech.

Wraz z malejącym wydobywaniem zmniejszała się liczba kopalń. W 1963 roku czynnych było 119 kopalń, pięć lat później, wyniku restrukturyzacji górnictwa, powstał holding węglowy Ruhrkohle AG, złożony z 7 koncernów węglowych obejmujących 52 kopalnie. Do 1993 roku pozostał tylko 1 koncern, który w 1997 roku skupiał 13 kopalń (w tym „Westfalen”, „Sophia Jacoba”, „Augusta Victoria”). W okresie 1969-1997 wydobywanie spadło z 84,9 do 35 mln ton, ale 3-krotnie wzrosła prędkość eksploatacji w 49 czynnych wyrobiskach (w stosunku do 360 - w 1970 roku) (SROKA 1999). Spowodowało to znaczny wzrost zagrożenia powierzchni i w konsekwencji kosztów ponoszonych na usuwanie szkód górniczych.

W 2002 roku w Zagłębiu Ruhry czynnych było 11 kopalń – ich łączne wydobywanie wynosiło 15,5 mln ton: „Ewald – Hugo” (1,86 mln ton), „August Victoria” (1,64), „Prosper-Haniel (1,66), „Ost” (1,62), „Walsum” (1,41), „Lippe” (1,38), „Lohberg/Osterfeld” (1,27), „Friedrich Heinrich/Rheinland” (1,24), „Westfalen” (1,18), „Niederberg” (1,17), „Blumenthal/Haard” (1,05) (*Mining Technology* 2002). W ciągu kilku następujących lat liczba kopalń zmniejszyła się o połowę. W 2008 roku, spośród 7 kopalń czynnych w Niemczech, w Zagłębiu Ruhry było położonych 5 – wszystkie prowadziły eksploatację na bardzo dużych głębokościach – „Walsum” – 1386 m, „Prosper Haniel” – 1197 m, „Lippe” – 1330 m, „August Victoria” - 1280 m, „Ost” – 1460 m (referat HARNISCHMACHER I ZEPP 2008). Eksploatacja jest prowadzona wyłącznie metodą na zawał. Począwszy od 2013 roku, w Zagłębiu Ruhry będą czynne tylko 2 kopalnie - „Prosper Haniel” w Bottrop oraz „August Victoria” w Marlborough (Hamm) (HARNISCHMACHER 2010a).

W okresie 1800–1990 w Zagłębiu Ruhry wydobyto 9,5 mld ton węgla kamiennego (MEYER 1986, WIGGERING 1993a). Z danych statystycznych zestawionych przez autorkę wynika, że stanowiło to prawie 70% węgla, wydobytego w tym okresie w Niemczech.

Długotrwała i intensywna działalność górnicza spowodowała istotne zmiany środowiska przyrodniczego Zagłębia Ruhry, w tym szczególnie rzeźby i stosunków wodnych. Głównymi formami antropogenicznymi związanymi z górnictwem są niecki osiadania i zwałowiska, a także obwałowania rzek na polderach, natomiast zapadliska, uskoki czy szczeliny mają ogólnie niewielkie znaczenie w morfologii. Deformacje nieciągłe w postaci zapadlisk powstawały ze szczególnym nasileniem na obszarach dawnego, płytkiego i często nielegalnego górnictwa (BELL I IN. 2000). Zapadały się opuszczone wyrobiska, szyby i płytkie upadowe z XIX i początku XX wieku, niewystarczająco zasypane po zaprzestaniu wydobywania, ale także nielegalne wyrobiska drażnione w celach opałowych pod koniec II wojny światowej. Zapadliska miały do 20 m średnicy i głębokości do 15 m.

W ostatnim półwieczu deformacje nieciągłe także były często obserwowane, i to zarówno na obszarach płytkiej, jak i głębokiej eksploatacji, przy występowaniu grubego nadkładu warstw kenozoicznych (KOWALSKI 2005b). Schematy powstawania deformacji nieciągłych (rowów, stopni, szczelin, spękań) na obszarach płytkiej eksploatacji (do 100 m), dał KRATZSCH (1997). Z jego badań, prowadzonych głównie po zachodniej stronie Renu wynika, że szczeliny powstają zwłaszcza w rejonach eksploatacji kilku pokładów do wspólnej granicy. GRÜN (1995), na podstawie statystycznej analizy prawie 900 deformacji nieciągłych zinventaryzowanych na obszarze dwóch kopalń (374 km²), prowadzących głęboką eksploatację stwierdził, że powstanie 88% z nich także było związane z krawędziami eksploatacyjnymi (za KOWALSKIM 2005b). Współcześnie deformacje nieciągłe stanowią zagrożenie, przede wszystkim na terenach zabudowanych, przykładowo w 2011 roku w Essen powstało zapadlisko o głębokości 8 m, które „pochłonęło” kilka samochodów, a w 2000 roku forma tego typu powstała w centrum Bochum (HARNISCHMACHER 2007).

Proces osiadania powierzchni terenu nad podziemnymi wyrobiskami został zapoczątkowany w drugiej połowie XIX wieku, wraz z wprowadzeniem eksploatacji ścianowej. Górnictwo wkroczyło już wtedy na obszar zlewni Emschery, charakteryzującej się słabo urozmaiconą rzeźbą. Średni spadek rzeki, płynącej w szerokiej płaskiej dolinie wynosił 1,1‰, a w środkowym i dolnym odcinku – 0,5–0,4‰ (CZAJA 1999). Na tym równinnym obszarze, nawet niewielkie obniżenia powierzchni w postaci niecek osiadania powodowały powstawanie rozległych powierzchniowo zalewisk i podmokłości (BRÜGGEMEIER I ROMMELSPACHER 1992). Pod koniec XIX wieku (1880), w dolinie Emschery, między Herne a Gelsenkirchen powierzchnia obniżyła się nawet o 5 m (HARNISCHMACHER 2010a). Wobec perspektywy dalszego obniżania powierzchni, dla ochrony tych terenów przed zalaniem, rozległe obszary równiny Lippe i Emschery (583 km²) zostały zdrenowane licznymi pompowniami. W następnych dziesięcioleciach obszar ten obniżył się o 5–20 m, ale zalewiska są rzadkie, ze względu na stale prowadzone odwadnianie. Do znanych zbiorników wodnych w nieckach osiadania, podlegających ochronie prawnej ze względów przyrodniczych, należą Jezioro Lanstrop w Dortmund–Lanstrop, Jezioro Hallerey w Dortmund–Dorstfeld (DRECKER I IN. 1995) i Jezioro Bever w pobliżu miasta Bergkamen w północno-wschodniej części Zagłębia Ruhry (DUCKWITZ I HOMMEL 2002). W południowej części zagłębia, na terenach najstarszego górnictwa węglowego, nad rzeką Ruhr, powierzchnia obniżyła się o kilka metrów. Dla obecnego górnictwa w Zagłębiu przyjmuje się współczynnik osiadania około 0,9, czyli 90% miąższości eksploatowanych pokładów.

HARNISCHMACHER (2010a) opracował mapę obniżenia powierzchni Zagłębia Ruhry, według takiej samej metody, jaką zastosowano w niniejszej pracy, czyli na podstawie odjęcia dwóch numerycznych modeli terenu, opracowanych dla dwóch cięć czasowych – 1892 oraz 1997–2001. Rejony największych osiadań, rzędu kilkunastu metrów, maksymalnie 20 metrów występują na pograniczu Gelsenkirchen i Herten, w Dortmundzie, Essen i Bottrop, czyli głównie na obszarach nieczynnych kopalń - „Ewald”, „Consolidation”, „Minister Stein” i „Zollverein” oraz czynnej kopalni „Prosper Haniel” (14 m). Autor podkreśla widoczną zależność rozmiarów osiadania od struktur geologicznych o charakterze depresji (niecek), ukierunkowanych generalnie z południowego-zachodu na północny-wschód – Bochumer Mulde, Essener Mulder, Emscher Mulde i Lippe Mulde. Były to obszary koncentracji wydobywania, gdzie płasko zalegające pokłady węgla umożliwiały zautomatyzowanie i zintensyfikowanie wydobywania.



Fot. 26. Bezpośrednie i pośrednie skutki działalności górniczej w Zagłębiu Ruhry w Niemczech
 A – rekultywowane zwałowisko odpadów górniczych w pobliżu nieczynnej kopalni „Zeche Ewald”, B – uregulowane koryto Emschery w pobliżu Dortmundu, tereny położone poza obwałowaniami są obniżone o około 20 m

Photo 26. Direct and indirect effects of mining activity in the Ruhr District, Germany
 A – reclaimed mining waste heaps near an abandoned coal mine „Zeche Ewald”, B – regulated channel of Emscher near Dortmund, areas located outside the embankments lowered by about 20 m

Do form antropogenicznych powstałych w wyniku bezpośredniej działalności górniczej człowieka należą zwałowiska i odkrywki powierzchniowe. Drobne wyrobiska są związane z górnictwem sprzed 1700 roku – są to formy niewielkich rozmiarów - o średnicy do 10 m i głębokości nieprzekraczającej 2 m, otoczone kopcami, wałami nadkładu. Wybiórkę węgla prowadzono na wychodniach pokładów, na wzgórzach w południowej części Zagłębia. Napływ wód gruntowych wymuszał porzucanie kopanek i tworzenie obok nich nowych wyrobisk - w rezultacie powstały łańcuchy małych obniżeń, trudnych do odróżnienia od kraterów bomb z czasów drugiej wojny światowej (HARNISCHMACHER 2007).

W rzeźbie antropogenicznej Zagłębia Ruhry wyróżniają się zwałowiska (fot. 26A). Według stanu na 1980 rok, było ich, co najmniej 235 i zajmowały powierzchnię ponad 25 km² (PETSCH 1982). We wczesnych latach górnictwa, na wychodniach pokładów, skały odpadowe były składowane obok kopalni, na wzgórzach w południowej części okręgu Ruhry. Były to formy niewielkie, stożkowe, obecnie dobrze wkomponowane w krajobraz, niekiedy trudne do zidentyfikowania na terenach zalesionych.

Od połowy XIX wieku, kiedy kopalnie węgla przemieściły się na północ, na równiny między rzekami Ruhr i Lippe, a wraz ze zwiększającym się wydobyciem węgla zwiększało się wydobyte skały płonnej, zwałowiska stały się wyróżniającym elementem krajobrazu. Z perspektywy czasu, w Zagłębiu Ruhry wyróżnia się trzy generacje zwałowisk, związane z kolejnymi etapami rozwoju górnictwa – stożkowe, stołowe i budowle krajobrazowe (BENFER I FÖRSTER 1990). Najstarsze zwały w równinnej części Zagłębia Ruhry formowano na kształt stożków, ze stromymi stokami, wynikającymi z kąta naturalnego zsypania odpadów. Z powodu dużej zawartości węgla (nawet powyżej 20%) wiele hańd paliło się, a silna erozja wodna i wietrzna stromych stoków utrudniała wprowadzenie roślinności. Drugą generację form stanowią, tworzone później, zwały stołowe lub nieregularne, o wysokościach z reguły nieprzekraczających 40 m, choć kilka, przykładowo w Bottrop, ma ponad 90 m wysokości. Celem zapobieżenia osunięciom i spływom ziemi stoki terasowano, ich nachylenie wynosiło średnio 26 (WIGGERING 1993b). Ilość odpadów produkowanych przez górnictwo węglowe w latach 1960–1980 wynosiła od 50 do 66 mln ton rocznie, ale w stosunku do rocznego wydobywania węgla kamiennego udział procentowy odpadów stale wzrastał. W 1960 roku na 1 tonę węgla przypadało 0,57 tony odpadów górniczych, w 1975 roku – 0,76 tony, a w 1980 – 0,9 tony skały płonnej (PETSCH 1982). Możliwości składowania odpadów w pobliżu

kopalń macierzystych były już ograniczone, więc tworzone zwałowiska centralne, na których gromadzono skały płonne z kilku kopalń. Są to formy o dużej objętości, średniej wysokości, ale zajmują dużą powierzchnię. Od połowy lat 70. XX wieku tworzy się zwały trzeciej generacji, zwane budowłami krajobrazowymi. Zwałowiskom nadaje się kształty zbliżone do naturalnych wzgórz, o płynnych liniach stoków, łukowych liniach podstawy, gładkich krawędziach i kopułach (HARNISCHMACHER 2007).

Objętość skały płonnej wydobytej w Zagłębiu Ruhry oszacowano na 2-2,5 mld m³ (BELL I IN. 2000). Większość odpadów górniczych (ponad 70%) zgromadzono na zwałowiskach, pozostałą część wykorzystano jako substytut materiałów budowlanych lub w kopalniach w celach podszkawkowych. Zwałowiska zajmują zaledwie 0,6% powierzchni Zagłębia Ruhry, ale są położone w stosunkowo niedużych odległościach od siebie i są ważnym elementem współczesnej rzeźby.

Skutki działalności górniczej w postaci osiadania powierzchni wymusiły konieczność inżynierskiego kształtowania morfologii koryt rzecznych (fot. 26B). Już pod koniec XIX wieku, spadki hydrauliczne Emschery i jej dopływów zostały odwrócone, co w połączeniu z odprowadzaniem do rzek dużych ilości ścieków komunalnych i przemysłowych, powodowało poważne problemy sanitarne, zwłaszcza podczas powodzi. W 1899 roku zaprojektowano nowy system ściekowy. Koryta rzek wybetonowano i doprowadzono do nich dziesiątki kilometrów kanałów ściekowych (w przybliżeniu około 600 km). W celu utrzymania odprowadzania ścieków i przyspieszenia odwadniania rozległych obszarów równinnych, dna koryt i kanałów były pogłębiane i wyprostowywane, a na terenach objętych dużym osiadaniami – obwałowywane (BELL I IN. 2000). Obecnie trwają prace nad przywracaniem naturalnej morfologii koryt rzecznych, polegające na usuwaniu betonowych den, wypełnianiu osadami rzecznyymi, wywołującymi kręty bieg rzek i wprowadzaniu roślinności wzdłuż brzegów. Udany przykład odnowy morfologii fluwialnej może być Deininghauser Bach, meandrujący przez szeroką równinę zalewową w pobliżu Castrop-Rauxel. Całkowita odnowa zlewni Emschery jest planowana do 2020 roku, ma pochłonąć około 4.4 mld euro (HARNISCHMACHER 2007).

Rozmiary denudacji antropogenicznej na obszarze Zagłębia Ruhry oszacowano dwiema metodami – na podstawie wielkości wydobycia oraz z wykorzystaniem analizy morfometrycznej. BELL I IN. (2000) obliczyli, że wydobycie (do 1990 roku) 9,54 mld ton węgla kamiennego spowodowało powstanie w podłożu pustek o objętości 7 km³, a uwzględniając wydobycie skały płonnej (około 2-2,5 km³), pustki te mają objętość, co najmniej 9 km³. W Zagłębiu Ruhry podsadzkę stosowano tylko w specjalnych przypadkach, dlatego przyjmuje się, że skala osiadania powierzchni stanowi 50-90% miąższości wyeksploatowanych pokładów – biorąc powyższe pod uwagę ustalono, że objętość osiadań może wynosić od 4 do 7,2 km³. HARNISCHMACHER (2007) obliczył na tej podstawie, że obszar Zagłębia Ruhry obniżał się w okresie górniczym w tempie od 4,7 do 8,5 mm/rok. Wskaźnik ten jest kilkaset razy większy (362 – 654) niż obliczony przez SCHMIDTA (1984) dla zlewni Ruhry na podstawie ładunku transportowanej zawiesiny w stacji pomiarowej u jej ujścia, a wynoszący 0,013 mm/rok.

HARNISCHMACHER (2010b) obliczył objętość osiadań w Zagłębiu Ruhry odejmując numeryczne modele terenu - dla końca XIX wieku (1892) oraz schyłku wieku XX (1997-2001). Ustalił, że osiadanie powierzchni wystąpiło zarówno w naturalnych obniżeniach, jak i na wyniosłościach terenu. Średnie obniżenie powierzchni, obliczone dla poszczególnych arkuszy map cyfrowych wynosiło od 0,51 m dla obszaru w granicach arkusza *Kamen*, położonego na wschodniej granicy Zagłębia Ruhry, do 5,16 m dla obszaru objętego arkuszem *Gelsenkirchen* (128,5 km²), w centralnej części równiny zalewowej Emschery.

Dla jednego z obszarów badawczych w centralnej części Zagłębia, zajmującego powierzchnię około 131 km² (brak nazwy arkusza mapy), objętość osiadania obliczono na 0,695 mld m³, co daje średnie obniżenie obszaru o 5,27 m – uwzględniając okres eksploatacji otrzymano wskaźnik obniżenia powierzchni wynoszący średnio 33,4 mm/rok (HARNISCHMACHER I ZEPP 2009). Średnie obniżenie całej powierzchni objętej analizą zmian wysokości (około 2700 km²) wynosi 1,6 m. Na tej podstawie można wnosić, że obszar ten obniżał się w tempie średnio 15 mm/rok (przeliczenia autorki). Biorąc pod uwagę dokładność map archiwalnych, w analizie danych uwzględniano różnice wysokości większe od 2 m i mniejsze od 2 m (HARNISCHMACHER I ZEPP 2008).

Poniżej przedstawiono obliczenia natężenia denudacji antropogenicznej, przeprowadzone w oparciu o informacje ustne uzyskane od S. Harnischmachera w 2008 i 2009 roku. Na obszarze objętym arkuszem *Dortmund* (133,3 km²) czynne były 3 kopalnie: „Minister Stein” (1856–1987), „Germania” (1855-1971) i „Hansa” (do 1980). W wyniku ich działalności wydobywczej powierzchnia terenu obniżyła się maksymalnie, odpowiednio – 18,4 m, 19,6 m i 15,6 m, przy czym na obszarze kopalni „Minister Stein” najgłębsze niecki osiadania (25 m) zostały zasypane materiałem odpadowym i nie odzwierciedlają się w rysunku poziomicowym współczesnych map topograficznych. Objętość osiadań wynosi 0,38 km³ i odnosząc się do obszaru o powierzchni 99,5 km² daje średnie jego obniżenie o 3,8 m, czyli w tempie 40 mm/rok. Objętość utworów antropogenicznych (nie tylko zwałowisk), nagromadzonych na obszarze 28,8 km², wynosi 0,08 km³, czyli powierzchnia podwyższyła się z tego powodu średnio o 2,8 m, a zatem w tempie 29 mm/rok. Bilans denudacyjny, obliczony dla całego charakteryzowanego obszaru (133,3 km²) jest ujemny i wynosi średnio 23 mm/rok. Tempo denudacji było zróżnicowane w czasie, gdyż ogólnie nawiązywało do intensywności wydobycia kopaliny – w pewnym stopniu odzwierciedlają to następujące dane. W okolicach Dortmundu działalność wydobywczą została zakończona w 1987 roku – największe osiadania wystąpiły na północ od centrum miasta – 18,4 m (HARNISCHMACHER 2010a). Dwanaście lat wcześniej dla tego samego miejsca wykazywano osiadania maksymalne - 14 m (SAUER 1976), zatem w okresie 1976–1987 powierzchnia obniżyła się o 4,4 m, czyli w tempie 367 mm/rok (obliczenia autorki).

Rzeźba trzech analizowanych obszarów górnictwa węgla kamiennego w Europie – Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w Polsce, Zagłębia Ostravsko-Karwińskiego w Czechach i Zagłębia Ruhry w Niemczech nosi wyraźne piętno antropopresji. Uogólniając, do końca XX wieku w Zagłębiu Górnośląskim i Zagłębiu Ruhry wydobyto zbliżoną ilość węgla kamiennego (9 - 10 mld ton), natomiast w Zagłębiu Ostravsko-Karwińskim około 6- krotnie mniej. Ze względu na bardzo duże różnice w powierzchniach obszarów poddanych wpływom górniczym – w GZW, co najmniej dwukrotnie mniejszej niż w Zagłębiu Ruhry, a w Zagłębiu Ostravsko-Karwińskim około 5- krotnie mniejszej niż w GZW, tempo denudacji antropogenicznej jest zróżnicowane. Na podstawie dostępnych danych obliczono, że największe natężenie denudacji antropogenicznej było w zagłębiu czeskim – w ostatnim stuleciu w poszczególnych rejonach wydobywczych (kopalniach) wynosiło 28 - 136 mm/rok, natomiast w ostatnim czterdziestolecium w całym Zagłębiu Ostravsko-Karwińskim wynosiło średnio 47 mm/rok. Dla obszaru Zagłębia Górnośląskiego wskaźnik denudacji antropogenicznej w okresie 1883-1993 wynosił średnio 27 mm/rok, przy czym dla poszczególnych regionów geomorfologicznych mieścił się w przedziale wartości 2 – 43 mm/rok (dla kopalń wskaźnik denudacji antropogenicznej, obliczony na podstawie wydobycia węgla i skały płonnej, wynosił od 4 do 156 mm/rok, średnio 21 mm/rok). Dla największego pod względem

powierzchni obszaru górniczego - Zagłębia Ruhry, średnia wartość denudacji antropogenicznej kształtuje się na poziomie 15 mm/rok, ale wskaźnik ten jest przestrzennie zróżnicowany od kilku do ponad 40 mm/rok. Z powyższego wynika, że w wymienionych zagłębiach węglowych wskaźnik denudacji antropogenicznej wynosił średnio kilkanaście – kilkadziesiąt mm/rok, był więc wielokrotnie większy od tempa denudacji naturalnej. Konstatując - w ostatnim stuleciu rzeźba analizowanych obszarów była pod wybitnym, a w wielu rejonach dominującym wpływem działalności górniczej.

8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W tysiącletnim okresie górnictwa na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, z podłoża usunięto ponad 13 mld ton surowców mineralnych oraz około 2-4 mld ton skały płonnej. Ubytek mas skalnych był niemal w 94% związany z eksploatacją węgla kamiennego i piasków podsadzkowych i w 98% dokonał się w ciągu ostatnich 100 lat. Wpływy górnicze objęły obszary o różnej budowie geologicznej, urzeźbieniu, stosunkach wodnych, użytkowaniu, zagospodarowaniu i ogólnie różnym potencjale erozyjno-denudacyjnym. Wnioski wynikające z realizacji wyznaczonych celów pracy są następujące.

1. Na obszarze GZW formy utworzone wskutek bezpośredniej działalności górniczej zajmują powierzchnię niespełna 150 km², z czego połowa przypada na wyrobiska po eksploatacji piasków podsadzkowych, a 1/3 na zwałowiska. Rozmieszczenie form wklęsłych nawiązuje do cech litologicznych podłoża i jest związane z określonymi formami rzeźby wyższego rzędu – kamieniołomy skał zwięzłych na progach i zrębach, gliniarki na wysoczyznach zbudowanych z utworów spoiстых, piaskownie – w kotlinach i obniżeniach z pokrywą luźnych utworów wodnolodowcowych. Formy wklęsłe występują przede wszystkim na obszarze Wyżyny Śląskiej Północnej (50% ich powierzchni, 62% kubatury), natomiast formy wypukłe (zwałowiska) – na Wyżynie Śląskiej Południowej (48% ich powierzchni, 35% kubatury) oraz na Płaskowyżu Rybnickim, w Kotlinie Oświęcimskiej. Większość antropogenicznych form bezpośrednich ma zachowaną w dużym stopniu wyrazistość morfologiczną z okresu górniczego, w tym wiele drobnych form (warpii) sprzed kilkuset lat.

2. Z geomorfologicznego punktu widzenia najistotniejszym skutkiem górnictwa jest powstanie form antropogenicznych pośrednich, przede wszystkim niecek osiadania, natomiast formy zapadliskowe, które były charakterystycznym elementem rzeźby w okresie płytkiej eksploatacji, miały ogólnie marginalne znaczenie, zarówno morfologiczne, jak i pod względem ilości przemieszczonego w wyniku ich powstania materiału skalnego (około 1 mln m³ - 0,007%). Niecki osiadania zajmują powierzchnię 1125 km². Teoretyczna objętość osiadań, obliczona na podstawie wielkości wydobycia surowców i skały płonnej wynosi 5 mld m³. Objętość rzeczywista, obliczona na podstawie NMT wynosi 3,3 mld m³. Różnice wynikają po części z faktu, że kilkadziesiąt km² niecek obniżeniowych zostało zasypanych materiałem odpadowym i ich objętość nie została uwzględniona w modelu NMT dla 1993 roku. W pewnym stopniu tłumaczy to „brak” na zwałowiskach, co najmniej 1 mld m³ odpadów.

3. Na podstawie analizy morfometrycznej wykazano, że największą objętością osiadań charakteryzuje się strefa karbońska (40% ogólnej objętości) - obszar ten obniżył się średnio o 3,4 m. Największe średnie obniżenie powierzchni obliczono dla strefy triasowej – 4,4 m, tutaj także stwierdzono maksymalne osiadania – około 35 m. Strefa najgłębszych niecek obniżeniowych jest współkształtna do przebiegu warstw siodłowych. W strefie miocenińskiej dominują obniżenia poniżej 2 m (61% powierzchni wpływów górniczych). Średnie obniżenie obszaru górniczego obliczone na podstawie NMT wynosi 3 m, a na podstawie wydobywania - 4,2 m.

4. Powstanie antropogenicznych form rzeźby, a szczególnie niecek osiadania spowodowało istotne zmiany cech morfometrycznych rzeźby uprzedniej (z okresu przedgórnego). Rozległe obszary, liczone w dziesiątkach i setkach km² zmieniły wysokości bezwzględne, a na wielu terenach pojawiły się nowe przedziały wysokościowe. W skali całego obszaru górniczego zmniejszyła się powierzchnia obszarów wysoko położonych, powyżej 280 m n.p.m. – o ponad 42 km², a zwiększyła powierzchnia terenów nisko położonych, poniżej 250 m n.p.m. – o prawie 34 km². W przeważającej części jednostek geomorfologicznych zmniejszyła się średnia wysokość terenu – od 0,2 m do 4,5 m, przy czym w najmniejszym stopniu na terenach równinnych, a w największym - na obszarach o nachyleniach stoków 1-5°. Na ponad ¾ obszaru nastąpiło zwiększenie wysokości względnych, przede wszystkim w przedziale do 5 m. Generalnie, rzeźba obszarów równinnych została urozmaicona, a silniej urzeźbionych złagodzona. Zmiany nachylenia stoków mają w każdej ze stref geologicznych taki sam charakter – wyraża je ubytek terenów równinnych, a zwiększony udział stoków każdej z klas nachylenia, ale w największym stopniu z przedziału 1-3°.

5. Wraz ze zmianami cech morfometrycznych rzeźby zmieniły się warunki obiegu materii. Zwiększenie lub zmniejszenie wysokości bezwzględnych i względnych spowodowało zmiany „odległości” do lokalnych baz erozyjnych, co w połączeniu ze zmianami nachylenia stoków zmodyfikowało charakter i intensywność procesów geomorfologicznych. W obiegu materii uczestniczą utwory o zmienionych cechach fizykochemicznych, gdyż na powierzchni terenu pojawiły się nowe pod względem litologicznym utwory (skała płonna, odpady przeróbce), a naturalne osady powierzchniowe zostały na niektórych obszarach przesuszone, zawilgocone, zanieczyszczone, pozbawione okrywy roślinnej, wymieszane z materiałem odpadowym.

6. Obecność antropogenicznych form rzeźby wpływa na przebieg współczesnych procesów fluwialnych, stokowych, sputkiwania, eolicznych i litoralnych, niezależnie od tego, że one same są przez nie modelowane. Jedną z najbardziej znaczących zmian w obiegu materii na obszarze GZW jest powstanie licznych zagłębień bezodpływowych, w większości w nieckach osiadania i wyłączenie tych terenów z systemu fluwialnego - ponad 122 km², czyli prawie 8% powierzchni obszaru górniczego, głównie w strefie triasowej, a zarazem w strefie wododziału Wisła – Odra. Odwrócenie naturalnych spadków terenu spowodowało skierowanie spływu powierzchniowego do centrum niecek i wyraźne skrócenie jego drogi do bazy erozyjnej. W 84% form bezodpływowych ich wyodrębnienie się w rzeźbie było związane ze zwiększeniem średnich nachyleń stoków. Odkładanie się osadów w tych nowych basenach sedymentacyjnych zachodzi w tempie, średnio 0,6-0,9 mm/rok.

7. Nie bez znaczenia dla warunków obiegu materii jest przerwanie ciągłości między podsystemami – stokowym i rzeczny, w wyniku powstania hałdował, nasypów kolejowo-drogowych, czy zwałowisk. Zaburzenia w obiegu materii w systemach fluwalnych wynikają przede wszystkim ze zmian: położenia bazy erozyjnej, geometrii koryt rzecznych, spadków den dolinnych i stoków, przebiegu działów wodnych i wynikających z tego zmian powierzchni zlewni, oraz zmian przepływów i obciążenia transportowanym materiałem. W 90% badanych zlewni zwiększyły się nachylenia stoków, a w 80% z nich zwiększyła się energia rzeźby. Ponad 80% rzek ma obniżoną bazę erozyjną – w dorzeczu Wisły średnio o 3,4 m, a Odry – 4,8 m, a $\frac{3}{4}$ z nich - zwiększone spadki podłużne. Obniżenie bazy erozyjnej w największym stopniu dotyczy rzek odwadniających strefę miocенską - spowodowało wzrost tempa ich wcinania się – z kilku cm/rok do kilkunastu cm/rok. Niektóre rzeki, przede wszystkim w strefie miocенskiej, pogłębiły swoje koryta o kilka metrów.

8. Większość rzek i cieków na obszarze osiadań górniczych zostało objętych, co najmniej jednym rodzajem zmian geometrii koryta (wyprostowanie, przełożenie, obwałowanie, wybrukowanie dna, umocnienie brzegów, utworzenie progów itp.), a niektóre z nich (np. Kłodnica, Przemsza, Brynica), mają wyraźnie zwiększone przepływy wskutek dostawy wód obcych. W wielu zlewniach radykalnie zmieniło się użytkowanie terenu i pojawiły się utwory antropogeniczne. Większość dużych rzek została skrócona, natomiast cieki średnie i małe uległy wydłużeniu, głównie w swych górnych odcinkach, a szczególnie w strefie miocенskiej w dorzeczu Odry. W wyniku działalności górniczej potencjał erozyjny rzek dorzecza Odry został zwiększony, a rzek dorzecza Wisły osłabiony. Zwiększone usuwanie materii ze stoków jest „realizowane” głównie w małych i średnich zlewniach słabo zabudowanych i bezleśnych. Główne rzeki są ponadnormatywnie zanieczyszczone zawiesiną, głównie pyłem węglowym – występuje powszechnie w młodych aluwiach nadbudowujących terasy zalewowe. Część rzek dużych i średnich transportuje materię na krótkich odcinkach, „pozostawiając” ją w przepływowych zbiornikach wodnych.

9. W rozwoju rzeźby obszarów górniczych przemieszczanie ogromnych ilości materii skalnej może skutkować odmłodzeniem rzeźby, postarzeniem rzeźby lub nie wywoływać żadnych zmian w tym względzie. Zmiany stadium rozwoju rzeźby nie zależą od skali górniczego usuwania lub składowania materii skalnej, ale od położenia rejonów górniczych w obrębie zlewni. Bardzo intensywna eksploatacja surowców, ale równomiernie rozłożona w obrębie zlewni może w ogóle nie odzwierciedlić się w kształtach krzywych hipsograficznych i wartościach wskaźnika objętości masy skalnej, a nieporównywalnie mniejsze natężenie działalności górniczej, ale prowadzone tylko w niektórych częściach zlewni może spowodować wyraźne odmłodzenie lub postarzenie rzeźby.

10. Obniżanie powierzchni spowodowane eksploatacją podziemną węgla kamiennego, czyli w wyniku przemieszczania materii skalnej z dominującym udziałem składowej pionowej ruchu i bez nawiązania do powierzchniowej bazy erozyjnej, było zróżnicowane przestrzennie i czasowo. W początkowym okresie górnictwa tempo obniżania, obliczone na podstawie wielkości wydobywania, wynosiło kilka, rzadko – kilkanaście mm/rok, a w XX wieku - kilkadziesiąt mm/rok. W ostatnich kilkunastu latach natężenie denudacji na Wyżynie Śląskiej zmalało, z 28 mm/rok do 26 mm/rok, zaś w Kotlinie Raciborsko-Oświęcimskiej zwiększyło się z 21 do 30 mm/rok – odzwierciedla to kierunek przemieszczania się działalności górniczej – z wyżyny do kotlin. Koncentracja wydobywania na mniejszym

obszarze, duże tempo eksploatacji ścianowej, prowadzonej niemal wyłącznie na zawal, ma swoje odbicie w większych wartościach wskaźników denudacji antropogenicznej dla ostatnich kilkunastu lat – w przypadku 1/3 kopalń przekraczają one wartości 100 mm/rok. Tempo obniżania powierzchni w wyniku odkrywkowej eksploatacji piasków podsadzkowych wynosiło kilkaset mm/rok.

11. Wskaźniki denudacji antropogenicznej obliczone metodą morfometryczną wynoszą od 2 do 43 mm/rok, natomiast tempo agradacji antropogenicznej jest wyraźnie mniejsze wynosi średnio 4 mm/rok. Bilans denudacyjny mezoregionów geomorfologicznych jest ujemny, a największa wartość odnosi się do Wyżyny Śląskiej Południowej – 17 mm/rok. Poszczególne jednostki geomorfologiczne i zlewnie są wybitnie zróżnicowane pod względem intensywności denudacji - największą ujemną wartość bilansu denudacyjnego otrzymano dla Rowu z Orła Białego – 80 mm/rok. Wskaźniki denudacji obliczone metodą morfometryczną nie odbiegają od obliczonych na podstawie precyzyjnych pomiarów geodezyjnych.

12. W Polsce żaden obszar górniczy nie znajdował się w zasięgu tak intensywnej działalności górniczej, jak Górnos Śląskie Zagłębie Węglowe – w ostatnim półwieczu jego udział w ogólnym wydobywaniu surowców mineralnych w kraju wynosił aż 32%. Jednocześnie, sumaryczne wydobywanie węgla kamiennego od połowy XVIII wieku do 2009 roku sytuuje GZW na 6 miejscu w świecie. Skutki antropopresji górniczej w rzeźbie Zagłębia Górnos Śląskiego należą więc do największych w Polsce, Europie i na świecie. Są to zmiany o charakterze regionalnym i długotrwałe. Tempo denudacji antropogenicznej na obszarze Zagłębia Górnos Śląskiego jest porównywalne z intensywnością tego procesu w innych zagłębiach węglowych - Ruhry i Ostravsko-Karwińskim - niezależnie od metody jego obliczenia, jest wielokrotnie większe od denudacji naturalnej – kilkadziesiąt – kilkaset razy. Aby usunąć z podłoża taką ilość materiału, jaką człowiek usunął w wyniku działalności górniczej, naturalne procesy denudacyjne potrzebowałyby kilkadziesiąt tysięcy lat.

13. Wyniki badań nad denudacją antropogeniczną na obszarze Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego wskazują na potrzebę szerszego naukowego rozpoznania takich problemów, jak przebieg procesów fluwialnych na obszarach osiadań górniczych, denudacja chemiczna w zagłębieniach bezodpływowych, wpływ działalności górniczej na zmiany stadium rozwoju rzeźby oraz denudacja na terenach górniczych i pogórnicznych poddanych procesowi rekultywacji.

LITERATURA

- ABSALON D., WAC M. 1992. *Antropogeniczne przeobrażenia stosunków wodnych w zlewni Mlecznej*. Geographia. Studia et dissertationes, 16: 9-23.
- ABT E.L.G. 1957. *Memoriał w sprawie kopalnictwa rud ołowiu i srebra na Górnym Śląsku*. Katowice.
- ALDORF J., GRMELA A., HRUBEŠOVÁ E. 2000. *The largest breakdown of the shaft in the history of Czech Mining Industry*. Zesz. Nauk. Politech. Śl., Górnictwo, 246: 67-75.
- ALESHINA I.N., SNYTKO V. A., SZCZYPEK S. 2008. *Mining induced ground subsidences as the relief-forming factor on the territory of the Silesian Upland (Southern Poland)*. Geography and Natural Resources, 29: 288-291.
- APARTA M. 1984. *Wpływ eksploatacji piasku podsadzowego na środowisko geograficzne doliny Czarnej Przemyszy*. Geographia. Studia et dissertationes, 8: 35-47.
- APARTA M. 1987. *Wpływ górnictwa kruszcowego na zagospodarowanie terenów pogórnicznych w okolicach Tarnowskich Gór*. [w:] Szczypek T., Wach J. (red.) *Problemy geograficzne Górnego Śląska-Ostrawskiego Regionu Przemysłowego*. Mat. Symp. polsko-czechosłowackiego. Katowice – Sosnowiec: 7-11.
- APARTA M., JANIA J. 1980. *Niektóre zagadnienia antropogenizacji rzeźby na Wyżynie Śląskiej*. [w:] *Przeobrażenie środowiska geograficznego w obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, Mat. Symp. polsko-czechosłowackiego. IG UŚ, PTG Oddział Katowicki, Sosnowiec-Kozubnik: 27-39.
- BADURA J., WOJTKOWIAK A. 1983. *Współczesne pionowe ruchy tektoniczne na Dolnym Śląsku w świetle interpretacji danych hydrogeologicznych*. [w:] *Współczesne i geotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce*, t. 4. Ossolineum, Wrocław: 239-250.
- BAJGIER-KOWALSKA M. 2005. *Wpływ człowieka na rzeźbę osuwiskową stoków beskidzkich*. [w:] Łajczak A. (red.) *Wpływ człowieka na ekosystemy gór średnich*, 2. UŚ WNoZ, SGP, ZPKWŚ, Sosnowiec: 67-74.
- BALICKA M. 2010. *Trzebinia: ziemia się zapada na 20 metrów!* Gazeta Krakowska, 26.05.2010.
- BANASIK P., GÓRAL W., MACIASZEK J. 2005. *Badawcza sieć geodynamiczna na obszarze wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. [w:] Kwiatek J. (red.) *Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagospodarowanymi*. VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, GIG Ustroń: 9-15.
- BANASIK P., GÓRAL W., MACIASZEK J., SZEWCZYK J. 2003. *Wykorzystanie aktywnej sieci geodezyjnej (ASG-PL) do monitorowania przemieszczeń punktów na obszarze GOP*. Geodezja, 9, 2: 169-176.
- BANAŚ W., JERSCHINA A., PODSIADŁO P., WALCZAK Z. 1989. *Problemy zmian stosunków wodnych i ich regulacja na terenach górniczych KWK „Piaś” i „Ziemowit”*. Ochrona Terenów Górniczych, 89/90: 8-11.
- BARTECZEK A., KOZŁOWSKI S., KUCIĘBA K., NOWOSIELSKI S. 1988. *Ocena wpływu eksploatacji złóż węgla kamiennego na środowisko*. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- BARTKOWSKI T. 1974. *Zastosowania geografii fizycznej*. PWN Warszawa.
- BATKIEWICZ W. 1971. *Odchylenia standardowe poeksploatacyjnych deformacji górotworu*. Prace Kom. Gór.-Geod. Geodezja, 10, PAN, Oddział w Krakowie, Kraków.
- BATTAGLIA A. 1936. *Górnictwo śląskie*. Wyd. Instytutu Śląsk, Katowice.
- BAK Z., BARAŃCZUK T. 1989. *Problemy eksploatacji pokładów węgla kamiennego pod zrobami rudnymi likwidowanej kopalni „Orzeł Biały”*. Ochrona Terenów Górniczych, 89/90: 23- 27.
- BECENDAM R.F. 2004. *Stability and Subsidence Assessment over shallow abandoned room and pillar limestone mines*. Lecture Notes in Earth Sciences, 104: 657-670.
- BECK B.F. (ed.) 1984. *Sinkholes: Their Geology, Engineering, and Environmental Impact*. Balkema, Rotterdam.
- BELL F., DE BRUYN I., STACEY T. 2002. *Some examples of the impact of metalliferous mining on the environment: a South African perspective*. Bull. of Engineering Geology and the Environment, 61, 1: 1-20.
- BELL F.G., DONNELLY L.J. 2006. *Mining and its Impact on the Environment*. Taylor & Francis e-Library.
- BELL F.G., STACEY T.R., GENSKE D.D. 2000. *Mining subsidence and its effect on the environment some differing examples*. Environmental Geology, 40 (1-2) December: 135-152.
- BENFER S., FÖRSTER H. 1990. *Problematyka hałd górniczych w Zagłębiu Ruhry*. Zesz. Nauk. Uniw. Jagiellońskiego, CMXLI, Pr. Geogr., 78, Pr. IG UJ, 100: 79-91.
- BEREZOWSKI S. 1937. *Turystyczno-krajoznawczy przewodnik po województwie śląskim*. Wyd. Instytutu Śląskiego, Katowice.

- BERTALANFFY L. 1932. *Theoretische Biologie*. T.J. Borntraeger, Berlin.
- BIAŁEK J. 2003. *Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górniczego*. Wyd. Politechniki Śląskiej.
- BIAŁEK J., MIELIŃSKA R. 1999. *Skutki szybkiej eksploatacji prowadzonej w jednej z kopalń ROW dla zabudowy jednorodzinnej*. Zesz. Nauk. Politech. Śląskiej, ser. Górnictwo, 239: 65-75.
- BIAŁEK J., MIELIŃSKA R., OPAŁKA K., 1999. *Zastosowanie programów prognostycznych do aktualizacji rzeźby terenu w oparciu o analizę wpływów eksploatacji górniczej*. Zesz. Nauk. Politech. Śląskiej, ser. Górnictwo, 239: 77-91.
- BIERMAN P.R., REUTER J.M., PAVICH M., GELLIS A.C., CAFFEE M.W., LARSEN J. 2005. *Using cosmogenic nuclides to contrast rates of erosion and sediment yield in a semi-arid, arroyo-dominated landscape, Rio Puerco Basin, New Mexico*. Earth Surface Processes and Landforms, 30,8, Special issue: Quantifying Rates and Timescales of Geomorphic Processes, Part 1: 935-953.
- BŁĄDEK W., BRYJA Z., PAŹDZIORA J. 2005. *Jak powstała potęga Polskiej Miedzi ? Konferencja „Dziedzictwo i historia górnictwa oraz możliwości wykorzystania pozostałości dawnych robót górniczych, Łądek Zdrój (referat)*.
- BOGACKI M., STARKEL L. 1999. *Typologia i regionalizacja współczesnych procesów rzeźbotwórczych*. [w:] Starkel L. (red.) *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- BOGDA A., CHODAK T. 1995. *Niektóre właściwości fizyczne i skład mineralogiczny osadów poflotacyjnych ze zbiornika „Gilów”*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 418, cz. I, 415–420.
- BONDARCZUK B. 1949. *Основы геоморфологии*. Moskwa.
- BORECKI M. (red.) 1980. *Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi*. Wyd. Śląsk, Katowice.
- BORECKI M., CHUDEK M. 1973. *Mechanika górotworu*. Skrypt Uczelniany Politech. Śląskiej, 444. Gliwice.
- BORÓWKA R. K. 1992. *Przebieg i rozmiary denudacji w obrębie śródwysoczynowych basenów sedymentacyjnych podczas późnego wistulianu i holocenu*. UAM, Ser. Geografia, 54, Poznań.
- BRADY B.H.G., BROWN E.T. 2004. *Rock Mechanizm: for underground mining*. Springer, The Netherland.
- BRANSTON M.W., STYLES P. 2003. *The application of time-lapse microgravity for the investigation and monitoring of subsidence at Northwich, Cheshire*. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 36(3): 231-244.
- BRÄUNER G. 1973. *Subsidence due to underground mining. Part I. Theory and practices in predicting surface deformation*. US Department of of the Interior, Bureau of Mines.
- BRODOWSKI R. 2009. *Wpływ wilgotności i gęstości gleby lessowej na powierzchniową erozję wodną*. Acta Agrophysica, 14(3): 567-576.
- BRONNY H.M., JANSEN N., WETTERAU B. 2004. *The Ruhr Area*. Kommunalverband Ruhrgebiet, Essen.
- BROWN E.H. 1970. *Man Shapes the Earth*. The Geographical Journal, 136: 74-85.
- BROWN E.T. 2003. *Block caving geomechanics*. Univ. of Queensland: J. Kruttschnitt Mineral Research Centre.
- BRÜGGEMEIER F.J., ROMMELSPACHER T. 1992. *Blauer Himmel über der Ruhr*. Geschichte der Umwelt im Rurgebiet 1840-1990. Klartext Verlag, Essen.
- BRZEZIŃSKA-WÓJCIK T., GAWRYŚIAK L., CHABUDZIŃSKI Ł. 2010. *Metody morfometryczne w badaniach geomorfologicznych regionu lubelskiego*. Landform Analysis, 12: 7-22.
- BUKOWSKI P. 2006. *Zawodnienie powierzchni terenu spowodowane działalnością górniczą prowadzoną w GZW w okresie rozwoju górnictwa lat. 70. i 80. XX wieku do okresu restrukturyzacji kopalń*. Przegl. Górniczy, 62, 5: 15-24.
- BUKOWSKI P., AUGUSTYŃIAK I. 2005. *Analiza zjawisk związanych z zaprzestaniem odwadniania wyrobisk górniczych na przykładzie byłej kopalni Maria*. Bezp. Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 1(125): 13-20.
- BUKOWY S. 1984. *Struktury wartyjskie regionu śląsko-krakowskiego*. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- BULLOCK S.E.T., BELL F.G. 1997. *Some problems associated with past mining at a mine in the Witbank coalfield, South Africa*. Environmental Geology, 33 (1): 61-71.
- BURBANK D.W., BECK R.A. 1991. *Rapid, long-term rates of denudation*. Geology, 19: 1169–1172.
- BURKOWICZ A., GALAS K., LEWICKA E., SMAKOWSKI T. 2000. *Gospodarka węglanowymi surowcami wapienowymi i produktami pochodnymi w Polsce oraz perspektywy rozwoju na tle trendów światowych*.

- [w:] Ney R. (red.) Surowce mineralne Polski. Surowce skalne. Surowce węglanowe. Wyd. Inst. GSMiE PAN Kraków: 187-280.
- CABAŁA J. 2005. *Kwaśny drenaż odpadów poftlotacyjnych rud Zn-Pb; zmiany składu mineralnego w strefach ryzosferowych rozwiniętych na składowiskach*. Zesz. Nauk. Politech. Śląskiej 1690, s. Górnictwo z. 267: 63-70.
- CABAŁA J., SUTKOWSKA K. 2006. *Wpływy dawnej eksploatacji i przeróbki rud Zn-Pb na skład mineralny gleb industrialnych, rejon Olkusza i Jaworzna*. Prace Nauk. Inst. Górn. Polit. Wroc., 117. Studia i Materiały 32: 13-22.
- CABAŁA J., ĆMIEL S., IDZIAK A. 2004. *Environmental impact of mining activity in the Upper Silesian Coal Basin (Poland)*. Geologica Belgica, 7/3-4: 225-229.
- CAMPRUBÍ A., MELGAREJO J.C., PROENZA J.A., COSTA F., BOSCH J.A., ESTRADA A., BORELL F., YUSHKIN N.P., ANDREICHEV V.L. 2003. *Mining and geological knowledge during the Neolithic: a geological study on the variscite mines at Gavà, Catalonia*. Episodes, Vol. 26, no. 4: 295-301.
- CEBULAK S., KOZŁOWSKI K. 1978. *Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna skał gromadzonych na centralnym zwalówisku „Przechlebie”*. Geologia, t. 3: 91-99.
- CERLING T.E., CRAIG H. 1994. *Geomorphology and in-situ cosmogenic isotopes*. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 22: 273-317.
- CHAJEC A.B. 1999. *Oddziaływanie podziemnej eksploatacji górniczej w rejonie szybu „Dołki” KWK „Andaluzja” na rozwój deformacji powierzchni terenu*. UŚ WNoZ, Sosnowiec, maszynopis.
- CHAMLEY H. (ed.) 2003. *Geosciences, Environment and Man*. Elsevier.
- CHELIŃSKA M. 1923. *Przyczynki do orometrii Wyżyny Kielcko-Sandomierskiej*. Przegl. Geograficzny, 4: 115-125.
- CHEŁMIŃSKI W., KLIMEK M., KRZEMIEŃ K., JASIŃSKA M., KOZAK K., MIETELSKI J.W. 1996-1997. *Przestrzenne zróżnicowanie koncentracji ¹³⁷Cs w glebach progó Pogórza Wielickiego koło Bochni*. Folia Geographica, Ser. Geographica – Physica, vol. XXVIII: 35-46.
- CHEŁMIŃSKI W., ŚWIĘCHOWICZ J., MIETELSKI J.W., MACHARSKI P. 1993-1994. *Natural factors of ¹³⁷Cs distribution in soil on the example of forested slope in the Carpathian Foothills*. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, vol. 27-28: 71-86.
- CHEN Y.C., SUNG A., CHENG K. 2003. *Along-strike variations of morphotectonic features in the Western Foothills of Taiwan: tectonic implications based on stream-gradient and hypsometric analysis*. Geomorphology, 56: 109-137.
- CHMIEŁOWSKA I. 1995. *Wpływ eksploatacji KWK „1 Maja” na zmiany w środowisku geograficznym na obszarze pola górniczego*. UŚ WNoZ, Sosnowiec (maszynopis).
- CHORLEY R.J. 1962. *Geomorphology and General Systems Theory*. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 500-B.
- CHORLEY R.J., KENNEDY B.A. 1971. *Physical Geography, A System Approach*. Prentice Hall, London.
- CHUDEK M. 2002. *Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu*. Wyd. Politech. Śl., Gliwice.
- CHUDEK M., ARKUSZEWSKI J. 1980. *Identyfikacja deformacji zapadliskowych w obszarach dawnej i płytkiej eksploatacji górniczej na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. Projekty – Problemy Budownictwa Węglowego, 4: 9-16.
- CHUDEK M., ARKUSZEWSKI J., OLASZOWSKI W. 1980. *Deformacje nieciągłe w obszarach górniczych*. Zesz. Nauk. Politech. Śl., 619, z. 101.
- CHUDEK M., CHUDEK M.D., MOJ H. 1998. *Zagrożenie deformacjami nieciągłymi w rejonach pokrywających się obszarów górniczych ZGH „Orzeł Biały” i KWK „Rozbark”*. Mat. Konf. VIII Międzynarodowego Sympozjum - Geotechnika '98, cz. I, Gliwice-Ustroń: 107-120.
- CHUDEK M., JANUSZ W., ZYCH J. 1988. *Studium dotyczące stanu rozpoznania tworzenia się i prognozowania deformacji nieciągłych pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż*. Zesz. Nauk. Politech. Śl., 41.
- CHUDEK M., OLASZOWSKI W. 1976. *Określenie rodzaju i wielkości deformacji nieciągłych powierzchni*. Ochrona Terenów Górniczych, 38.
- CHUDEK M., SAPICKI K.F. (red.) 2004. *Ochrona środowiska w Górnośląskim i Donieckim Zagłębiu Węglowym*. Wyd. Politech. Śląskiej, Gliwice.
- CHWASTEK J. 1976. *Charakterystyka przekształceń terenu powodowanych eksploatacją odkrywkową*. Górnictwo odkrywkowe, 18, 2-3: 53-59.

- CHWASTEK J., JANUSZ W., MACIASZEK J., MIKOŁAJCZYK J., REPELOWSKI A., SZEWCZYK J. 1990. *Deformacje powierzchni ziemi spowodowane działalnością górnictwem*. Sozologia i Sozotechnika, 30.
- CHWASTEK. J. 1985. *Problemy ochrony środowiska w największej polskiej odkrywcze węgla brunatnego „Bełchatów”*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 1, z. 3-4: 557-568.
- CICCACCI S., D'ALEKSANDRO L., FREDI P., LUPIA-PALMIERI E. 1999. *Relations between morphometric characteristic and denudational processes in some drainage basins of Italy*. Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., 36: 53-67.
- CIEPIELA B. 2003. *Najstarsze i ostatnie kopalnie węgla w Zagłębiu Dąbrowskim, czyli końcowa synteza zagłębiowskiego górnictwa*. Stow. Autorów Polskich, Oddz. w Będzinie, Sosnowiec.
- CÍLEK V., JAROŠOVÁ L. 1999. *Landek: nové údaje o nejstarším využití černého uhlí a prospekci nerostných surovin v mladším paleolitu*. Minerál, VII, 5: 426-427.
- CLAYTON K.M. 1997. *The rate of denudation of some British lowland landscapes*. Earth Surf. Proc. Landforms, 22: 721-731.
- COATES D.R. 1981. *Environmental Geology*. John Willey & Sons, Toronto.
- COOKE R.U., DOORNKAMP J.C. 1994. *Geomorphology in Environmental Management*. Clarendon Press, Oxford.
- COOPER A.H. 2002. *Halite karst geohazards (natural and man-made) in the United Kingdom*. Environmental Geology, 42: 505-512.
- CORBEL J. 1959. *Erosion en terrain calcaire*. Ann. de Geogr., 336, 68: 97-120.
- CORBEL J. 1968. *Erozja na powierzchni Ziemi. Studium ilościowe (Metody – Techniki – Wyniki)*. Przgl. Zagr. Literatry Geograficznej, 23 – Studia nad paleogeografią holocenu, IG PAN, Warszawa:147-180.
- CRAIG J.R., VAUGHAN D.J., SKINNER B.J. 2003. *Zasoby Ziemi*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- CZAJA S. 1988. *Zmiany działu wodnego Wisła – Odra w obrębie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. Geographia. Studia et dissertationes, 11: 95-100.
- CZAJA S. 1988. *Zmiany stosunków wodnych w zlewni Brynicy w wyniku gospodarczej działalności człowieka*. Geographia. Studia et dissertationes, 11: 60-94.
- CZAJA S. 1992. *Zmiany zagospodarowania przestrzennego Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego w latach 1860-1985*. [w:] Aktualne problemy ekologiczne regionu górnośląskiego, 1, WNoZ UŚ, Regionalny Ośrodek Edukacji Środowiskowej, Wydz. Ekologii UW w Katowicach, Rogoźnik: 37-41.
- CZAJA S. 1997. *Antropogeniczne przeobrażenia powierzchniowej sieci hydrograficznej w zlewni Rawy w latach 1801-1994*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 24: 12-18.
- CZAJA S. 1999. *Zmiany stosunków wodnych w warunkach antropopresji*. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- CZAJA S. 2003. *Zbiorniki i pojezierza antropogeniczne*. [w:] Szczypek T., Rzętała M. (red.) Człowiek i woda. PTG Oddz. Katowicki, Sosnowiec: 22-30.
- CZAJKA A. 2007. *Środowisko sedymentacji osadów przykorytowych rzek uregulowanych na przykładzie górnej Odry i górnej Wisły*. Prace Nauk. UŚ, 2534, Katowice.
- CZERMINSKI J. (red.) 1992. *Hutnictwo na ziemiach polskich*. Stow. Inżynierów i Techników Przemysłu Hutniczego w Polsce, Kraków.
- CZORT T., SARNICKI J. 1929. *Podział Beskidów Zachodnich wraz z ich Pogórzami na podstawie wysokości względnych*. Pamiętnik II Zjazdu Geografów i Etnografów Stowiańskich w Polsce w roku 1927, t. 1, Kraków.
- CZYŻEWSKI J. 1925. *Podział Opola na podstawie wysokości względnych*. Pokłosie Geograficzne, Lwów: 1-14.
- CZYŻEWSKI J. 1949. *Mapa średnich wzniesień Polski*. Czasopismo Geograficzne: 198-209.
- ĆMIEL R. 1996. *Degradacja powierzchni górnictwem na przykładzie zlewni Rawy*. Problemy środowiska i jego ochrony, 3. Centrum Studiów nad Człowiekiem i Środowiskiem UŚ, Katowice: 129-149.
- D'ARMAGNAC B. 2010. *Le sable marin devient un objet de trafic*. Le Monde, 29.03.2010.
- DAITO K., MIZUNO M., UESHITA K. 1991. *Control of Groundwater Withdrawal for Preventing Land Subsidence in the Owari Plain, Japan*. IAHS Publ., 200: 533-542.
- DĄBROWSKA L., KŁOSOWSKI F., TKOCZ M., WRONA A. 1987. *Obszary degradacji środowiska naturalnego w zachodniej części konurbacji górnośląskiej*. Mat. 36 Zjazdu PTG, cz. I. UŚ WNoZ, PTG Oddz. Katowice, Sosnowiec: 77-87.

- DEARING J.A., FOSTER D.L., SIMPSON A.D. 1982. *Timescales of denudation: the lake-drainage basin approach*. Proc. of the Exeter Symp. - Recent Developments in the Explanation and Prediction of Erosion and Sediment Yield, IAHS, 137: 351-360.
- DEGENS E.T., PALUSKA A., ERIKSSON E. 1976. *Rates of soil erosion*. [in:] Svenson B.H., Söderlund R. (eds.) Nitrogen, Phosphorus and Sulphur – Global Cycles, SCOPE Report, 7. Ecol. Bull. (Stockholm), 22: 185-191.
- DEMEK J. (ed.). 1987. *Hory a nížiny. Zeměpisný lexicon České Socialistické Republiky*. Českoslovensá akademie věd. Akademia, Praha.
- DEMEK J. 1973. *Úvod do studia reliefu Země*. SPN, Praha.
- DEBSKI K. 1959. *Próba oszacowania denudacji na obszarze Polski*. Prace Stud. Komit. Gosp. Wod., 2, 1, Warszawa.
- DHAR B.B. 2000. *Mining and Environment*. APH Publ. Corp., New Delhi.
- DOPITA M. (ed.) 1997. *Geologie české části hornoslezské pánve*. Minist. životního prostředí České republiky, Praha.
- DORYWALSKI M. 1953. *Matematyczno-statystyczne metody w geomorfologii*. Prz. Geogr., 25/2: 61-71.
- DOUGLAS, I., LAWSON N. 2001. *Materials flows for mining and quarrying*. [in:] Munn T. (ed.) Encyclopedia of Global Environmental Change, vol. 3. Causes and consequences of global environmental change: 454-461.
- DRECKER P., GENSKE D.D., HEINRICH K., NOL H.P. 1995. Subsidence and wetland development in the Ruhr district of Germany. Land Subsidence, IAHS Publ., 234: 413-421.
- DRWAL J. 1975. *Zagadnienia bezodpływowości na obszarach młodoglacjalnych*. Zesz. Nauk. WBiNoZ, Uniw. Gdański, Geografia, 3: 7-26.
- DRWAL J. 1982. *Wykształcenie i organizacja sieci hydrograficznej jako podstawa oceny struktury odpływu na terenach młodoglacjalnych*. Zesz. Nauk., Rozprawy i Monografie, 33, Uniw. Gdański, Gdańsk.
- DRZEŹLA B. 1989. *Opis programów do prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej – aktualny stan oprogramowania*. Zesz. Nauk. Polit. Śląskiej, 165.
- DUBIŃSKI J. 2005. *Węgiel kamienny – paliwo z przyszłością w światowej gospodarce energetycznej*. Wiadomości Górnicze, 9: 409-415.
- DUBIŃSKI J., GERLACH Z. 1983. *Ocena oddziaływania górniczych wstrząsów górotworu na środowisko przyrodnicze*. Przegl. Górniczy, 3.
- DUCKWITZ G., HOMMEL M. (ed.) 2002. *Vor Ort im Ruhrgebiet – ein geographischer Excursionsführer*. 3, Auflage, Essen.
- DULIAS R. 1991. *Stopień antropogenicznego przeobrażenia powierzchni terenu na obszarze Dąbrowy Górniczej w latach 1960-1982*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 3: 5-12.
- DULIAS R. 2003a. *Bezodpływowe baseny sedymentacyjne na obszarze osiadań górniczych na Płaskowyżu Bytomskim*. [w:] Jankowski A.T., Rzętała M. (red.) Problemy geologiczne górnos Śląsko-ostrawskiego regionu przemysłowego. Mat. Symp. polsko-czeskiego, UŚ WNoZ, Sosnowiec: 23-27.
- DULIAS R. 2003b. *Subsidence depressions in Upper Silesian Coal Basin*. [in:] Mentlik P. (ed.) Geomorfologický sborník, 2: 11-16.
- DULIAS R. 2004. *Anthropogenic relief transformation in eastern part of Dąbrowa Coalfield in the 20th century*. Anthropogenic aspects of landscape transformations, 3: 13-19.
- DULIAS R. 2005a. *Krzywe hipsograficzne obszaru osiadań górniczych (na przykładzie okolic Piekar Śląskich)*. [w:] Kotarba A., Krzemień K., Święchowicz J. (red.) Współczesna ewolucja rzeźby Polski, SGP, IGiP UJ, IGiPZ PAN, IG AP, Kraków: 115-120.
- DULIAS R. 2005b. *Stopień antropogenicznego przekształcenia rzeźby Górnos Śląskiego Okręgu Przemysłowego w świetle stosowania różnych pól podstawowych oceny*. [w:] Wahla A. (ed.) Transformační procesy 1990-2005. Ostravská Univ., Přírodovědecká Fakulta, Ostrava: 226-231.
- DULIAS R. 2005c. *Wpływ eksploatacji piasków podsadzkowych na krajobraz dolin rzecznych w Kotlinach – Dąbrowskiej i Biskupiego Boru*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 36: 17-29.

- DULIAS R. 2006. *Possibilities to apply topographic maps on large scale to research on relief changes in mining areas*. Anthropogenic aspects of landscape transformations, 4: 23-28.
- DULIAS R. 2007a. *Wpływ górnictwa węgla kamiennego na zmiany rzeźby obszaru KWK Miechowice na Wyżynie Śląskiej*. Acta Geographica Silesiana, 1: 5-12.
- DULIAS R. 2007b. *Geomorfologiczne skutki eksploatacji węgla kamiennego w Zagłębiu Dąbrowskim*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 38: 11-22.
- DULIAS R. 2008a. *Changes in landscape in the neighbourhood of Żabie Doły*. Anthropogenic aspects of landscape transformations, 5: 13-19.
- DULIAS R. 2008b. *Wpływ górnictwa węglowego na zmiany krajobrazu w zlewniach Dębinki i Pniówka na Płaskowyżu Rybnickim*. Dokumentacja Geograficzna, 37, PAN, IGiPZ, Warszawa: 144-149.
- DULIAS R. 2008c. *Płytko eksploatacja węgla kamiennego na Płaskowzgórzach Dańdówki*. Acta Geographica Silesiana, 3: 13-17.
- DULIAS R. 2008d. *Mining subsidence in Oświęcim Basin (Carpathian Foredeep)*. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 8, 2008/2: 7-13.
- DULIAS R. 2010a. *Anthropogenic denudation in mining areas: a case study of "Andaluzja" mine, Silesian Upland*. Anthropogenic aspects of landscape transformations, 6: 23-28.
- DULIAS R. 2010b. *Landscape planning in areas of sand extraction in the Silesian Upland, Poland*. Landscape and Urban Planning, 95, 3: 91-104.
- DULIAS R. 2011a. *Impact of mining subsidence on the relief of the Rybnik Plateau, Poland*. Zeitschrift für Geomorphologie, vol., 55, Suppl. 1, Stuttgart, Januar: 25-36.
- DULIAS R. 2011b. *Zmiany wysokości względnych na obszarze Katowic w ostatnim stuleciu*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 43: 14-19.
- DULIAS R., JANKOWSKI A.T. 1990. *The map of relief changes in Katowice Province. Part II: Main signs of anthropogenic changes of the relief*. Fotointerpretacja w geografii, T. X(20), UŚ Katowice, 23-40.
- DULIAS R., RUDNICKA M. 2000. *Typy brzegów antropogenicznych zbiorników wodnych na obszarze między Sosnowcem, Katowicami i Mysłowicami*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarze uprzemysłowionym i zurbanizowanym, 30: 7-14.
- DULIAS R., SZCZYPEK T. 2005. *Badania antropogenicznych basenów sedymentacyjnych Wyżyny Śląskiej z zastosowaniem ¹³⁷Cs*. Geomorfologický sborník, 4 ČAG, JČU v Českých Budějovicích: 15-18.
- DUNRUD C., OSTERWALD F. 1980. *Effects of Coal Mine Subsidence in the Sheridan, Wyoming Area*. Geological Survey Professional Paper 1164.
- DUŻY S., KLETA H., PLEWA F. 2000. *Zagrożenie powierzchni ze strony starych zrobów w obszarze likwidowanej kopalni*. Zesz. Nauk. Politech. Śląskiej, ser. Górnictwo, z. 246: 111-117.
- DWUCET K. 1986. *Zróżnicowanie rzeźby na tle litologii utworów pyłowych Płaskowyżu Rybnickiego*. UŚ Katowice.
- DWUCET K., KRAJEWSKI W., WACH J. 1992. *Rekultywacja i rewaloryzacja środowiska*. UŚ. Katowice.
- DWUCET K., WACH J. 1994. *Obliczanie zmian powierzchni ziemi wywołanych wgłębną eksploatacją górnictwem na przykładzie województwa katowickiego*. [w:] Dominik A. (red.) Przewodnik do ćwiczeń z ochrony i kształtowania środowiska, AE, Katowice: 95-97.
- DYLIK J. 1948. *Ukształtowanie powierzchni i podział na krainy podłódzkiego obszaru*. Acta Geogr. Univ. Lodziensis, 3.
- DYLIK J. 1954. *Problematyka geomorfologiczna wobec potrzeb rolnictwa*. Przegl. Geogr., 26, 1: 4-36.
- DYLIK J. 1958. *Istota i metody geomorfologii dynamicznej*. Acta Geogr., Lodz., 8, Łódź: 23-66.
- DZIAŁOŠZYŃSKA-WAWRZKIEWICZ M. 2008. *Metale ciężkie w osadach rzecznych terenów zurbanizowanych zlewni rzeki Kłodnicy*. Metale ciężkie w środowisku. Prace Instytutu Ekologii Terenów Uprzemysłowionych.
- DZIEKOŃSKI T. 1963. *Metalurgia miedzi, ołowiu i srebra w Europie Środkowej od XV do końca XVIII wieku*. Inst. Historii Kultury Materialnej PAN, Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa-Kraków.
- EARDLEY A.J. 1966. *Denudation Rates in Plateaus, Southwestern Utah*. Geological Society of America Bulletin, 77: 777-780.

- ECKES T., ŻUŁAWSKI Cz. 1988. *Ochrona terenów górniczych przyrodniczo użytkowanych*. Zesz. Nauk. AGH, 1222, Sozologia i Sozotechnika, 26. Kraków.
- ELIFRITS C.D., BARR D.J., AUGHENBAUGH N.B. 1983. *Room and pillar coal mine subsidence*. *Geotechnical and Geological Engineering*, 1, 4: 295-314.
- ENGLAND P., MOLNAR P. 1990. *Surface uplift, uplift of rocks, and exhumation of rocks*. *Geology*, 18: 1173-1177.
- ERICSON J. 2002. *Environmental Geology. Facing the Challenges of Our Changing Earth*. Facts on File Science Library, USA.
- FAIRBRIDGE R. (ed.) 1968. *The Encyclopedia of Geomorphology*. New York.
- FAJKLEWICZ Z., PIWOWARSKI W., RADOMIŃSKI J., STEWARSKI E., TAJDUŚ A. 2004. *Badania zmian deformacyjnych w górotworze w celu odtwarzania wartości budowlanej terenów pogórnich*. Agencja Wyd. – Poligraf. „Art-Tekst”, Kraków.
- FELS E. 1934. *Der Mensch als Gestalter der Erdoberfläche*. Petermanns Geographische Mitteilungen.
- FELS E. 1935. *Der Mensch als Gestalter der Erde*. Bibliographisches Institut AG., Leipzig.
- FELS E. 1954. *Der wirtschaftende Mensch als Gestalter der Erde*. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- FELS E. 1957. *Antropogene geomorfologie*. *Scientia*, 51, 255-260.
- FISCHER E. 1915. *Der Mensch als geologischer Faktor*. *Zeitschr. Deutschen Geol. Ges.* 67, Berlin, 106-148.
- FLAK A. 2002. *Etapy rozwoju krajobrazu na skutek podziemnej eksploatacji węgla kamiennego (na przykładzie obszarów górniczych w Jastrzębiu Zdroju)*. *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 33: 16-24.
- FLIS J. 1949. *Zastosowanie mapy stromości przeciętnych do wydzielenia i charakterystyki regionów Ślądecczyny*. *Czas. Geograficzne*, 20: 226-238.
- FLIS J. 1988. *Wstęp do geografii fizycznej*. Wyd. Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa.
- FOOSE R.M. 1967. *Sinkhole formation by ground-water withdrawal, Far East Rand, South Africa*. *Science* 157, 1045-1048.
- FORYŚ T., SUROWIEC Z. 1983. *Metody geofizyczne i ich przydatność w ocenie zagrożenia powierzchni przez pustki poeksploatacyjne na terenie Sosnowca*. [w:] Referaty na konf. Ochrona środowiska na terenie miasta Sosnowca. PTPNoZ, Zarząd Główny, Oddz. Górnośląski, Warszawa-Sosnowiec: 95-111.
- FORYŚ T., SUROWIEC Z. 1985. *Możliwość wykorzystania metod geofizycznych do oceny zagrożenia powierzchni przez pustki i inne nieciągłości górotworu na przykładach prac wykonanych w Rudzie Śląskiej*. [w:] Konstantynowicz E. (red.) *Ochrona środowiska naturalnego na terenie aglomeracji miejskiej Rudy Śląskiej*. PTPNoZ, Oddz. Górnośląski, Sosnowiec: 93-104.
- FOSTER I.D.L., DEARING J.A., SIMPSON A., CARTER A.D., APPLEBY P.G. 1985. *Lake catchment based studies of erosion and denudation in the merevale catchment, Warwickshire, U.K.* *Earth Surface Processes and Landforms*, 10, 1: 45-68.
- FROELICH W. 1982. *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin w górskiej zlewni fliszowej*. *Prace Geogr. Inst. Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania*, 143.
- FROELICH W., SŁUPIK J. 1986. *Rola dróg w kształtowaniu splotu i erozji w karpackich zlewniach*. *Przeegl. Geogr.*, 58: 1-2.
- FROLIK A. 2005. *Odwadnianie kopalń likwidowanych*. *Wiadomości Górnicze*, 7-8: 359-368.
- FROS R. 1984. *Wstępne dane do banku informacji geograficznej o wybranych elementach środowiska geograficznego woj. katowickiego dla celów fizjograficznych*. UŚ, WNoZ (maszynopis).
- FRYCKOWSKI E. 1937 *Górnictwo węglowe*. [w:] *Encyklopedia Nauk Politycznych*, z. 3, t. II, Warszawa.
- GABZDYL W. 1994. *Geologia złóż węgla. Złóża świata*. Polska Agencja Ekologiczna. Warszawa.
- GABZDYL W., HANAK B. 2005. *Surowce mineralne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i obszarów przyległych*. *Przeegl. Geol.*, 53, 9: 726-733.
- GALAS K. 2004. *Gospodarka surowcami ilastymi barwnie wypalającymi się do produkcji ceramiki budowlanej, kruszyw lekkich, cementu i innych zastosowań*. [w:] Ney R. (red.) *Surowce mineralne Polski. Surowce skalne. Surowce ilaste*. Wyd. Inst. GSMiE PAN Kraków: 383-400.
- GALLOWAY D.L., JONES D.R., INGEBRITSEN S.E. (eds.) 1999. *Land subsidence in the United States*. U.S. Geological Survey Circular 1182.

- GARLICKI A. 1999. *Złoże soli w Polsce i perspektywy ich wykorzystania*. [w:] Jankowski A.T. (red.). *Perspektywy geologii złożowej i ekonomicznej w Polsce*. Wyd. UŚ, Katowice: 66-75.
- GAWOR Ł., SZMATEŁOCH A. 2010. *Koncepcja waloryzacji zwalowisk po górnictwie węgla kamiennego na przykładzie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. *Acta Geographica Silesiana*, 7: 23-29.
- GAŚOWSKI Z. 1994. *L'enfoncement du lit de la Loire*. *Revue de Géographie de Lyon*, 69-1:41-45.
- GERLACH T. 1986. *Erozja wietrzna i jej udział w erozji gleb w Karpatach*. *Folia Geogr., ser. Geogr.-Physica*, 18: 59-72.
- GIL. E. 1986. *Rola użytkowania ziemi w przebiegu sptywu powierzchniowego i splukiwania na stokach fliszowych*. *Przeł. Geograficzny*, 58, 1-2.
- GILEWSKA S. 1963. *Rzeźba progu środkowotriasowego w okolicy Będzina*. *Prace Geogr. Inst. Geogr., PAN* 44.
- GILEWSKA S. 1972. *Wyżyny Śląsko-Małopolskie*. [w:] Klimaszewski M. (red.) *Geomorfologia Polski*, t. 1, PWN Warszawa: 232-279.
- GILEWSKA S. 1999. *Rzeźba*. [w:] Starkel L. (red.) *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. PWN, Warszawa: 243-288.
- GŁOGOWSKA M. 2007. *Walory edukacyjne odstonięć geologicznych i obiektów górniczych w okolicach Trzebini*. AGH, Wydz. Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Kraków (rozprawa doktorska).
- GOLOMB B., EDER H.M. 1964. *Landforms made by man*. *Landscape*, 14: 4-7.
- GOŁĘBIEWSKI R. 1981. *Kierunki i intensywność denudacji na obszarze zlewni górnej Raduni w późnym Würmie i holocenie*. *Zesz. Nauk. Uniw. Gdańskiego, Rozprawy i Monografie*, 26.
- GONTARSKA A. 1927. *O rozmieszczeniu wysokości względnych po obu brzegach Wisły środkowej i dolnej. Badania Geograficzne nad Polską Północno-Zachodnią*, t. 9: 26-52.
- GORNUNG M., TIMOFIEJEW D. 1958. *O zonalnych osobiennostiach прояwienia егзогенных рельефообразующих процессов*.
- GOSZCZ A. 1985. *Zagrożenia powierzchni na skutek występowania pustek poeksploatacyjnych na niewielkich głębokościach*. *Ochrona Terenów Górniczych*, 72/2.
- GOSZCZ A. 1996. *Powstawanie zapadlisk i innych deformacji nieciągłych powierzchni na obszarach płytkiej eksploatacji górniczej*. [w:] Szkoła Eksploatacji Podziemnej '96. CPPGSMiE PAN w Krakowie, Szczyrk: 119-137.
- GOSZCZ A., SUROWIEC Z., KOTYRBA A., FORYŚ T. 1991. *Analiza metod i możliwości oceny oraz sposoby zwalczania zagrożenia powierzchni ze strony płytko zalegających pustek*. *Prace GIG, komunikat* 763, GIG, Katowice.
- GOUDIE A.S. 1995. *The changing Earth. Rates of Geomorphological Processes*. Blackwell, Oxford.
- GOUDIE A.S. 1993. *Human influence in geomorphology*. *Geomorphology*, 7, 1-3: 37-59.
- GOUDIE A.S. 2006. *The Human Impact on the Natural Environment*. 6th edn. Blackwell, Oxford.
- GOUDIE A.S., VILES H. 1997. *The Earth Transformed*. Blackwell, Oxford.
- GOŹDZIK J., DYLIK W., SZATANIAK J. 2009. *O procesach eolicznych w wyrobisku Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów”*. [w:] Dulias R., Pełka-Gościński J., Rahmonov O. (red.) *Ekosystemy piaszczyste i człowiek*. WNoZ UŚ, Sosnowiec: 84-95.
- GÓRECKI J., SZWED E. 2005. *Pozostałości dawnego górnictwa kruszcowego na ziemi krzeszowickiej*. *Prace Nauk. Inst. Górnictwa Politech. Wrocł.*, 111, Konferencje, 43.
- GRAF R., KANIECKI A., MEDYŃSKA-GULIJ B. 2008. *Dawne mapy jako źródło informacji o wodach śródlądowych i stopniu ich antropogenicznych przeobrażeń*. *Bad. Fizjograf. nad Polską Zachodnią, ser. A. Geografia Fizyczna*, 59: 11-27.
- GREGORY J.W. 1911. *The terms „denudation”, „erosion”, „corrosion”, and „corrasion”*. *The Geographical Journal*, 37, 2, Feb.: 189-195.
- GREGORY K.J. 2010. *The Earth's Land Surface: Landform and Processes in Geomorphology*. SAGE Publ. Ltd. London.
- GRĘK K., POPIOLEK E. 1990. *Wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię i górotwór*. Skrypt AGH, Kraków.
- GRESZTA J. 1957. *Z frontu walki z nieużytkami przemysłowymi*. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 5: 3-12.
- GRESZTA J., MORAWSKI S. 1972. *Rekultywacja nieużytków przemysłowych*. PWRiL Warszawa.
- GRÜN E. 1995. *Analyse und Prognose von Unstetigkeiten als Folge bergbaubedingter Bodenbewegungen im linksniederrheinischen Steinkohlengebiet*. Dissertation. RWTH, Aachen.

- GRYGIERCZYK K. 2010 Zakaz wstępu do lasu! Pojawiły się niebezpieczne zapadliska. Polska Dziennik Zachodni, 13.08.2010.
- GRYGIERCZYK S., PAWEŁCZYK W., WACH J. 1997. *Formy po eksploatacji rud żelaza w północno-wschodniej części Parku Krajobrazowego „Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich” i ich walory przyrodniczo-kulturowe*. Scripta Rudensia, 7: 63-74.
- GUNNELL Y. 1998. *Present, past and potential denudation rates: is there a link? Tentative evidence from fission-track data, river sediment loads and terrain analysis in the South Indian shield*. Geomorphology, 25: 135-153.
- GUYOT J.L. 1993. *Hydrogéochimie des fleuves de l'Amazonie Bolivienne*. ORSTOM (ed.), Etudes et thèses, 1157-4, 264.
- HÁGE K., DREBENSTEDT C., ANGELOV E. 1996. *Landscaping and ecology in the lignite mining area of Maritza-east, Bulgaria*. Water, Air, and Soil Pollution, 91. 1-2: 135-144.
- HAŁADUS A., KANIA J., KULMA R. 2007. *Badania modelowe zmian stosunków wodnych w obrębie złoża piasków na obszarze górniczym Szczakowa III*. Gospodarka surowcami mineralnymi, 23, 1:139-152.
- HARBOR M. (ed.) 1999. *Cosmogenic isotopes in geomorphology*. Geomorphology, 27: 1–172.
- HARNISCHMACHER S. 2007. *Anthropogenic impacts in the Ruhr District (Germany) – A contribution to Anthropogeomorphology in a former mining region*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 30: 185-192.
- HARNISCHMACHER S. 2010a. *Bergsenkungen im Ruhrgebiet*. [in:] Heineberg H., Wieneke M., Wittkamp P. (eds.) Westfalen regional. Band 2. Aktuelle Themen, Wissenswertes und Medien über die Region Westfalen-Lippe. Münster: 124-125.
- HARNISCHMACHER S. 2010b. *Quantification of mining subsidence in the Ruhr District (Germany)*. Geomorphologie: relief, processus, environment, 3: 261-274.
- HARNISCHMACHER S., ZEPP H. 2008. *Mining subsidence in the Ruhr District*. Congress of the I.A.G./A.I.G. Working Groups HILS & IAGeomhaz, Bochum: 5.
- HARNISCHMACHER S., ZEPP H. 2009. *Quantification of mining subsidence in the Ruhr District (Germany) – A Contribution to Anthropogeomorphology*. 7th Inter. Conf. on Geomorphology, “Ancient Landscapes – Modran Perspectives, Melbourne. Abstracts.
- HASAN S.E. 1996. *Subsidence hazard from limestone mining in an urban setting*. Environmental & Engineering Geoscience, (4): 497-505.
- HAVRLANT M. 1979. *Antropogenni formy reliéfu a životni prostředí v Ostravské průmyslové oblasti*. Spisy Pedagogické Fakulty v Ostravě, 41, PF v Ostravě.
- HEJMANOWSKI R. 1993. *Zur Vorausberechnung förderbedingter Bodensenkungen über Erdöl-und Erdgaslagerstätten (Prediction of land subsidence induced by oil and gas exploitation)*. PhD Thesis Clausthal Technical Univ., Clausthal-Zellerfeld, Germany.
- HEJMANOWSKI R., MALINOWSKA A. 2009. *Evaluation of reliability of subsidence prediction based on spatial statistical analysis*. Intern. Jour. Of Rock Mechanics & Mining Science, 46: 432-438.
- HEJMANOWSKI R., KWINTA A. 2010. *Modelowanie deformacji ciągłych powierzchni terenu w warunkach zmiennego zalegania złoża*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 26, z. 3: 143-153.
- HELIOS-RYBICKA E., RYBICKI S. 2002. *Environmental impacts of coal mining in Poland*. [w:] Puura E., Marmo L., D'Alessandro M. Mine and quarry waste – the burden from the past. Institute for Environment and Sustainability, Orta, Italy: 35-37.
- HEMPEL L. 1971. *Die Tendenzen anthropogen bedingter Reliefformen in den Ackerländereien Europas*. Z. Geomorph., N.F., 15: 312-329.
- HENKIEL A., PEKALA K. 1964. *Krzywe hipsograficzne dolin tatrzańskich*. Ann. UMCS, vol. XIX, 5, sec. B: 141-162.
- HENNINGSSEN D. 1976. *Einführung in die Geologie der Bundesrepublik Deutschland*. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
- HEREZY Ł. 2008. *Wpływ eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu na przykładzie kopalni rud cynku i ołowiu „Olkusz-Pomorzany”*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 24, z. 3/3: 115-127.
- HESTER R.E., HARRISON R.M. (eds.) 1994. *Mining and its environmental impact*. Issues in Environmental Science Technology. Royal Society of Chemistry, Great Britain.
- HINDERER M., EINSELE G. 2001. *The world's large lake basins as denudation-accumulation systems and implications for their lifetimes*. Journal of Paleolimnology, 26: 355-372.

- HOLZER T.L. (ed.) 1984. *Man-induced land subsidence*. Reviews in Engineering Geology, VI.
- HOOKE R. LEB. 1994. *On the efficacy of humans as geomorphic agents*. GSA Today, 4, 9: 217-225.
- HOOKE R. LEB. 1999. *Spatial distribution of human geomorphic activity in the United States: comparison with rivers*. Earth Surface Processes Landforms, 24: 687-692.
- HOOKE R. LEB. 2000. *On the history of humans as geomorphic agents*. Geology, 28: 843-846.
- HORNIG A. 1955. *Formy powierzchni ziemi stworzone przez człowieka na obszarze Wyżyny Śląskiej*. [w:] Wrzosek A. (red.) Górny Śląsk. Prace i materiały geograficzne. Kraków, 125-149.
- HORNIG A. 1968. *Wpływ działalności gospodarczej człowieka na środowisko geograficzne GOP*. Czas. Geogr., 39, z. 1: 13-26.
- HORTVIK K. 2003. *Vysvětlivky a komentář k mapám vlivu poddolování s poklesy dobývání za léta 1961-1989, 1961-1999 a 1990-1999*. Documenta Geonica, Ústav Geoniky, Ostrava: 47-62.
- HUGGETT R.J. 2003. *Fundamentals of Geomorphology*. London, Routledge.
- HUMMEL M. 2005. *Mining and environment*. Technical University of Ostrava, Ostrava.
- HUMPHRIES L. 2001. *A review of relative sea level rise caused by mining-induced subsidence in the coastal zone: some implications for increased coastal recession*. Climate Research, 18: 147-156.
- HURTREZ J.E., SOL C., LUCAZEAU F. 1999. *Effect of drainage area on hypsometry from an analysis of small-scale drainage basins in the Siwalik Hills (central Nepal)*. Earth Surface Processes and Landforms, 24: 799-808.
- JAHN A. 1968. *Selektywna erozja gleb i jej znaczenie w badaniach geomorfologicznych*. Przegl. Geogr., 40, 3: 419-424.
- JANECKA B., JABŁOŃSKA B., DONIECKI T., KACPRZAK M. 2009. *Określenie możliwości rekultywacji zwałowiska odpadów cynkowo-olowiowych przy zastosowaniu kompostu i modyfikacji składu granulometrycznego*. [w:] Malina G. (red.) Rekultywacja i rewitalizacja terenów zdegradowanych. Polskie Zrzesz. Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddz. Wielkopolski, Poznań: 221-238.
- JANIA J. 1983. *Antropogeniczne zmiany rzeźby terenu wschodniej części Wyżyny Śląskiej*. Dokumentacja teledetekcyjna. Prace Naukowe Uniw. Śląskiego, 575, Katowice, 69-91.
- JANIK B., PEŁKA J. 1994. *Hałdy kopalni „Ziemowit” w krajobrazie Łędzin*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 14: 5-13.
- JANKOWSKI A. T. 1986. *Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych na obszarze uprzemysłowionym i zurbanizowanym (na przykładzie ROW)*. Uniw. Śląski, Katowice.
- JANKOWSKI A. T., ZOBEK E. 1987. *Podtopienia terenu na obszarze województwa katowickiego (przyczyny występowania i metody przeciwdziałania)*. Mat. Symp. polsko-czechosłowackiego - Problemy geograficzne górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego. ODN IKN, UŚ WNoZ, Katowice-Sosnowiec: 42-48.
- JANKOWSKI A.T. 1987. *Wpływ urbanizacji i uprzemysłowienia na zmianę stosunków wodnych w regionie śląskim w świetle dotychczasowych badań*. Geographia. Studia et dissertationes, 10: 62-99.
- JANKOWSKI A.T. 1988. *Wpływ przemysłu i urbanizacji na zmiany odpływu Rawy (proba oceny)*. Dokumentacja Geograficzna, 4: 51-63.
- JANKOWSKI A.T. 1992. *Wpływ gospodarczej działalności człowieka na zmiany warunków hydrologicznych województwa katowickiego*. [w:] Aktualne problemy ekologiczne regionu górnośląskiego, 1, WNoZ UŚ, Reg. Ośrodek Edukacji Środowiskowej, Wydz. Ekologii UW w Katowicach, Rogoźnik: 31-36.
- JANKOWSKI A.T., SZEKIEL M. 2009. *Ocena zmian warunków hydrologicznych i hydrochemicznych wód rzeki Rawy w pierwszych latach XXI wieku*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 40: 75-89.
- JANUSZ W., PALKI J. 1980. *Propozycje klasyfikacji nieciągłych deformacji powierzchni terenu w obszarach eksploatacji górniczej*. Ochrona terenów górniczych, 52.
- JANUSZ W., PALKI J., ZYGMUNT J., WĘGRZYK A. 1982. *Występowanie deformacji nieciągłych przy dużych głębokościach eksploatacji w Rybnickim Okręgu Węglowym*. Mat. Konf. „VIII Tydzień Techniki ROW” Zagadnienie ochrony powierzchni w ROW. Jastrzębie Zdrój.
- JARCZYK M.J. 2007. *Przywracanie wartości użytkowych terenu metodami wiertniczymi w otoczeniu likwidowanych kopalni*. AGH, Kraków (rozprawa doktorska).
- JAROS J. 1962. *Historia kopalni „Król” w Chorzowie (1791-1945)*. Katowice.

- JAROS J. 1965. *Historia górnictwa węglowego w Zagłębiu Górnśląskim do 1914 roku*. Inst. Historii Kultury Materialnej PAN. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wyd. PAN, Wrocław-Warszawa-Kraków.
- JAROS J. 1969. *Historia górnictwa węglowego w Zagłębiu Górnśląskim w latach 1914-1945*. Śląski Instytut Naukowy w Katowicach, Katowice-Kraków.
- JAROS J. 1973. *Historia górnictwa węglowego w Polsce Ludowej (1945-1970)*. Śląski Instytut Naukowy, PWN Warszawa-Kraków.
- JAROS J. 1975. *Zarys dziejów górnictwa węgla*. Warszawa.
- JAROSINSKI A., MADEJSKA L. 2008. *Kompleksowe wykorzystanie surowców powstałych w wyniku procesu pozyskiwania koncentratów cynku*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 24, 4/4: 105-115.
- JAROSZ A. 1975. *Model powstawania deformacji nieciągłych*. *Prace Komisji Górn.-Geodez. PAN, Geodezja*, 20.
- JÓZWIAK M. 1999. *Ocena erozji eolicznej w Górach Świętokrzyskich na przykładzie zlewni użytkowanych rolniczo*. *Fragm. Agronom.*, 3(63): 4-68.
- JURECZKA J. 2001. *Odślonięcia powierzchniowe w koncepcji ochrony georóżnorodności Górnśląskiego Zagłębia Węglowego*. *Prz. Geol.*, 11: 1101-1106.
- JURECZKA J., GALOS K. 2007. *Niektóre aspekty ponownego zagospodarowania wybranych złóż zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego w Górnśląskim Zagłębiu Węglowym*. *Polityka Energetyczna*, 10, 2: 645-662.
- JUŚKIEWICZ W. 2006. *Rekonstrukcja procesów fluwialnych kształtujących Kępę Dzikowską na Wiśle w rejonie Ciecchocinka*. *Dokumentacja Geograficzna*, 32, PAN IGiPZ;: 119-123.
- KADOMURA H. 1980. *Erosion by human activities in Japan*. *GeoJournal*, 4: 133-144.
- KAMIŃSKA J. 1929. *O pochyłościach w krajobrazie Wielkopolski*. *Bad. Geograf. nad Polską Północno-Zachodnią*, 4-5: 77-90.
- KARAS-BRZOZOWSKA M. 1960. *Charakterystyka geomorfologiczna Górnśląskiego Okręgu Przemysłowego*. *Klimaszewski M. (red.), Kom. d/s GOP PAN, Biul.* 37.
- KARBOWNIK A., WODARSKI K. 2005. *Efekty restrukturyzacji polskiego górnictwa węgla kamiennego w latach 1990-2004*. *Wiadomości Górnicze*, 6: 274-281.
- KARFAKIS M.G. 1987. *Chimney subsidence over abandoned coal mines*. *Geotechnical and Geological Engineering*, v. 5, n. 2: 131-141.
- KASPRZAK M., TRACZYK A. 2010. *Geomorfometria granitowych części Karkonoszy*. *Landform Analysis*, 13: 33-46.
- KASZOWSKA O. 2005. *Koszty usuwania szkód górniczych w kopalniach Górnśląskiego Zagłębia Węglowego*. [w:] Kwiatek J. (red.) *Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagospodarowanymi*. VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, GIG, Ustroń: 242-251.
- KASZOWSKA O., KOWALSKI A. 2007. *Wpływ podziemnej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu*. *Przegl. Geol.*, 55, 8: 640-641.
- KASZOWSKI L. 1973. *Morphological activity of the mountain streams (Biały Potok)*. *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr.*, 31.
- KASZTELEWICZ Z., ZAJĄCZKOWSKI M. 2010. *Wpływ działalności górnictwa węgla brunatnego na otoczenie*. *Polityka Energetyczna*, 13, 2: 227-243.
- KEILHACK K. 1891. *Über die Lage der Wasserscheiden auf der Baltischen Seenplatte*. *Petermanns Mitteil.*, 37. Bd.
- KICKI J. 2002. *Gospodarka zasobami złóż węgla kamiennego w Polsce – ich wystarczalność i jej uwarunkowania w oczach ekspertów*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 28, 2: 19-36.
- KIJEWSKI P., DOWNOROWICZ S. 1987. *Odpady poflotacyjne rudy miedzi jako potencjalna rezerwa surowcowa*. *Fizykochemiczne Problemy Mineralogii*, 19:205-211.
- KIRCHNER K., HRADEK M. 2004. *Typy relięfu Ostravska*. *Documenta Geonica, Ústav Geoniky, Ostrava*: 29-37.
- KIRCHNER K., SMOLOVÁ I. 2010. *Základy antropogenní geomorfologie*. *Univ. Palackého v Olomouci, Olomouc*.
- KIREJCZYK J., BURCHARD T., PANTULA Z. 2009. *Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega (referat)*.
- KLAJNERT Z. 1965. *Budowa geologiczna i geneza zagłębień bezodpływowych w Józefowie*. *Przegl. Geogr.*, 37: 143-162.
- KLECZKOWSKI A.S., WOJNAR W. 1982. *Przypadki trudnych do ustalenia pośrednich szkód górniczych*. *Mat. Sesji Nauk. - Badania geologiczno-inżynierskie w górnictwie*. Kraków.
- KLENCZAR T. 1952. *Szkody górnicze*. PWT, Katowice.

- KLETA H. 2011. *Zagrożenia geotechniczne w obrębie składowisk odpadów górniczych*. *Górnictwo i Geologia*, 6, 1: 85-93.
- KLIMASZEWSKI M. 1972. *Podział geomorfologiczny Polski Południowej*. [w:] Klimaszewski M. (red.) *Geomorfologia Polski*, t. 1. PWN Warszawa: 5-17.
- KLIMASZEWSKI M. 1978. *Geomorfologia*. PWN, Warszawa.
- KLIMEK K. 1987. *Man's impact on fluvial processes in the Polish Western Carpathians*. *Geografiska Annaler*, 69A: 221-226.
- KLIMEK K. 1993. *Środowisko sedymentacji antropogennych osadów pozakorytowych w dolinach Przemszy i Wisły Śląskiej*. [w:] Klimek K. (red.) *Antropogenne aluwia Przemszy i Wisły Śląskiej*. Georama, 1. UŚ Sosnowiec: 3-15.
- KLIMEK K. 1996. *Aluwia Rudy jako wskaźnik 1000-letniej degradacji Płaskowyżu Rybnickiego* [w:] Kostrzewski A. (red.) *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*, t. II. Wyd. UAM: 155-166.
- KLIMEK K., KOCEL K., ŁOKAS E., WACHNIEW P. 2003. *Osady denne w dolinie Rudy, dorzecze Górnej Odry; zastosowanie metod kartograficznych i radioizotopowych w określaniu tempa sedymentacji*. [w:] Waga J.M., Koceł K. (red.) *Człowiek w środowisku przyrodniczym – zapis działalności*. PTG Oddz. Katowicki, Sosnowiec: 74-78.
- KLIMEK K., STARKEL L. 1972. *Kotliny Podkarpackie*. [w:] Klimaszewski M. (red.) *Geomorfologia Polski*, t. 1. PWN Warszawa: 117-138.
- KŁECZEK Z. 1994. *Geomechanika górnicza*. Śląskie Wyd. Techniczne. Katowice.
- KNOTHE S. 1984. *Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej*. Wyd. Śląsk. Katowice.
- KONDOLF M.G. 1994. *Geomorphic and environmental effects of in-stream gravel mining*. *Landscape and Urban Planning*, 28: 225-243.
- KONDOLF M.G. 1997. *Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels*. *Environ. Management*, 21: 533-551.
- KONDRACKI J. 1994. *Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne*. PWN, Warszawa.
- KONEČNÝ M. 1983. *Antropogenni transformace reliefu: kartografické a matematicko-kartografické modely*. *Folia Facultatis Sci. Naturalium Univ. Purkynianae Brunensis*, 24, *Geographia* 17, 10. Přírodověcká Faculta UJEP v Brně.
- KONIAS A. 2010. *Kartografia topograficzna państwa i zaboru pruskiego od połowy XVIII wieku do połowy XX wieku*. Wyd. Nauk. Akademii Pomorskiej w Słupsku, Słupsk.
- KONSTANTYNOWICZ E. 1989. *Wpływ rozwoju bazy surowcowej województwa katowickiego na stan środowiska przyrodniczego*. *Mat. konferencji - Bariery funkcjonowania Górnego Śląska*, Reg. Zespół d/s Kształtowania Środowiska Górnego Śląska, Rada Wojewódzka, Katowice: 65-90.
- KONSTANTYNOWICZ E. 1994. *Geologia złóż kopalin*. UŚ, Katowice.
- KORŽUEV S.S., TIMOFEEV D.A. 1959. *O geomorfologičeskoj terminologii*. *Voprosy geografii*, 46: 142-156.
- KOSSUTH S. 1961. *Zarys rozwoju techniki górniczej w kopalniach węgla w Zagłębiu Górnośląskim do połowy XIX wieku*. *Państw. Rada Górnictwa*, *Mat. z Prac Rady*, 30, seria E (2) - *Górnictwo polskie w tysiącletnim okresie istnienia Państwa Polskiego*. Wyd. Geol., Warszawa.
- KOSSUTH S. 1965. *Górnictwo węglowe na Górnym Śląsku w połowie XIX wieku*. *Prace GIG*, Wyd. „Śląsk”, Katowice.
- KOSSUTH S. 1968. *Zarys historyczny rozwoju metod eksploatacji w polskim górnictwie węglowym do 1914 roku*. [w:] Borecki M. (red.) *Monografia polskiego górnictwa. Systemy eksploatacji węgla*. GIG.
- KOSTECKI M., TUSZYŃSKI M. 2002. *Radioizotopy w osadach dennych antropogenicznego zbiornika wodnego Dzierżno Duże (województwo śląskie)*. *Archiwum Ochrony Środowiska*, 28, 3: 77-88
- KOSTECKI M., TUSZYŃSKI M. 2004. *Izotopy promieniotwórcze w osadach dennych Rybnickiego Zbiornika zaporowego*. *Archiwum Ochrony Środowiska*, 30, 1: 101-111.
- KOSTRUCH J. (bez daty). *Poklesy jako antropogenni činnost působici geomorfologické změny povrchu, a jejich vliv na životní prostředí Ostravska (materiały niepublikowane)*.
- KOSTRZEWSKI A. (red.) 1993. *Geokosystem obszarów nizinnych*. *Komitet Nauk. przy Prez. PAN „Człowiek i Środowisko”*, 6, Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraków: 11-17.

- KOSTRZEWSKI A. 1986. *Zastosowanie teorii funkcjonowania geoekosystemu do badań współczesnych środowisk morfogenetycznych obszarów nizinnych Polski Północno-Zachodniej*. Spraw. PTPN, 103, za 1984: 26-28.
- KOSTRZEWSKI A. 2000. *Stan badań współczesnych procesów geomorfologicznych w Polsce*. V Zjazd Geomorfologów Polskich. Dorobek i pozycja polskiej geomorfologii u progu XXI wieku. Inst. Geografii UMK, SGP, Toruń: 54-57.
- KOSTRZEWSKI A., MAZUREK M., ZWOLIŃSKI Z. 1993. *Sezonowa zmienność składu chemicznego wód górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie) jako odzwierciedlenie funkcjonowania systemu zlewni*. [w:] Kostrzewski A. (red.) Geosystem obszarów nizinnych, Zesz. Nauk. PAN, 6: 79-99.
- KOSTRZEWSKI A., ZWOLIŃSKI Z. 1992. *Udział denudacji chemicznej i mechanicznej we współczesnym systemie geomorfologicznym górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie)*. [w:] Kotarba A. (red.) System denudacyjny Polski, IGIiPZ PAN, Prace Geogr., 155: 11-45.
- KOTAS A. 1985. *Uwagi o ewolucji strukturalnej GZW*. [w:] Trzepierczyński J. (red.) Mat. Konf. „Tektonika GZW”, UŚ, Sosnowiec: 17-46.
- KOTYRBA A. 2005. *Zagrożenie i ryzyko zapadliskowe terenów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Wiadomości Górnicze, 7-8: 348-358.
- KOWALCZYK Z. 1964. *Analiza wyników badań geodezyjnych nad współczesnymi naturalnymi ruchami powierzchni południowej części Górnego Śląska*. PAN, Prace Komisji Nauk Technicznych, Geodezja, 1, Kraków.
- KOWALIK S., GAJDOWSKA M., HERCZAKOWSKA J. 2009. *Problem ochrony środowiska w górnictwie otworowym na przykładzie Kopalni i Zakładów Chemicznych Siarki „Siarkopol” SA – Kopalnia „Osiek”. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, 2: 23-27.*
- KOWALSKA A. 1968. *Obszary bezodpływowe środkowej części Nizy Polskiego*. Wyd. UMCS, WBiNoZ, Lublin.
- KOWALSKI A. 1986. *Problemy wpływu eksploatacji górniczej na deformacje powierzchni w województwie katowickim*. [w:] Konstantynowicz E. (red.) Mat. Symp. „Problemy ochrony środowiska i zasobów naturalnych w województwie katowickim”. Sosnowiec.
- KOWALSKI A. 1996. *Wpływ eksploatacji na deformacje powierzchni na przykładzie eksploatacji KWK Staszic*. Mat. Konf. Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Katowice: 139-152.
- KOWALSKI A. 2005a. *O liniowych nieciągłościach powierzchni*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 12: 25-33.
- KOWALSKI A. 2005b. *Rozpoznanie i możliwości prognozowania liniowych deformacji nieciągłych powierzchni*. [w:] Kwiatek J. (red.) Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagospodarowanymi. VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Ustroń: 278-291.
- KOWALSKI A., TRACZ P. 2003. *Kształtowanie się deformacji powierzchni spowodowanej eksploatacją drugiej warstwy pokładu węgla kamiennego w kopalni „Kazimierz-Juliusz” – wyniki eksperymentu*. Geodezja, 9, 2/1: 357-367.
- KOZACKI L. 1980. *Przeobrażenia środowiska geograficznego spowodowane wglębnym górnictwem węgla brunatnego na obszarze środkowego Poodrza*. UAM, Ser. Geografia, 21, Poznań.
- KOZACKI L. 1987. *Problemy stabilizacji środowiska przyrodniczego obszarów pogórnicznych węgla brunatnego na przykładzie odkrywki „Gostawice” (woj. konińskie)*. Szukalski J. (red.) Mat. III Zjazdu Nauk. Polskiego Tow. Przyjaciół Nauk o Ziemi, Gdańsk: 124-136.
- KOZACKI L. 1988. *Przekształcenia środowiska górniczego w rejonach górniczych*. Zesz. Naukowe AGH, Sozologia i sozotechnika, 26.
- KOZARSKI S., ROTNICKI K. 1978. *Problemy późnowiurskiego i holocenijskiego rozwoju den dolinnych na Nizie Polskim*. PTPN, Prace Kom. Geogr.-Geol., 2, z. 4, Poznań.
- KOZŁOWSKI S. 1983. *Przyrodnicze uwarunkowania gospodarki przestrzennej Polski*. Zakł. Narodowy Ossolińskich, Wyd. PAN, Wrocław.
- KOZYREVA E.A., MAZAEVA O.A., MOLENDTA T., RZĘTAŁA M.A., RZĘTAŁA M., TRZHTSINSKY Y.B. 2004. *Geomorphological processes in conditions of human impact*. Univ. of Silesia, Faculty of Earth Science, Sosnowiec.
- KRAJEWSKI R., FURMAŃSKI J., PANASIUK A., WAGNER S. 1968. *Zjawiska osuwiskowe na obszarze górniczym kopalni w Pszowie na tle stosunków geologicznych w tym rejonie*. Ochrona Terenów Górniczych, 6, Katowice: 47-56.

- KRAJEWSKI R., FURMAŃSKI J., PANASIUK A., WAGNER S. 1969. *Analiza wpływu eksploatacji górniczej na osuwiska w rejonie Pszowa i problem stateczności tamtejszych zboczy osuwiskowych*. Ochrona Terenów Górniczych, 7. Katowice.
- KRAJEWSKI R., RYBICKI S., KROKOSZYŃSKI P. 1982. *Problematyka osuwisk na terenach podziemnej eksploatacji górniczej. Badania geologiczno-inżynierskie w górnictwie*. Mat. Sesji Nauk. Kraków.
- KRATZSCH H. 1983. *Mining Subsidence Engineering*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- KRAWCZYK A., PERSKI Z., bez daty. *Zastosowanie satelitarnej interferometrii radarowej na terenach eksploatacji rud miedzi w LGOM*. home.agh.edu.pl
- KROKOSZYŃSKI P., RYBICKI S. 2010. *Deformacje podłoża i przedpola składowiska odpadów górniczych „Pochwacie” – przyczyny, przebieg i skutki*. Przegl. Gór., t. 66, nr 5: 30-37.
- KRUCZKOWSKI M. 1999. *Deformacje nieciągłe typu liniowego na terenie miejscowości Gierattowice jako przejaw intensywnej eksploatacji górniczej w niekorzystnych warunkach geologicznych*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 7/8: 41-45.
- KRUPIŃSKI B. 1956. *Analiza eksploatacji filaru ochronnego pod miastem*. Drogi postępu w górnictwie, t. I, Warszawa: 239-319.
- KRUPIŃSKI B. 1971. *Rodzime surowce mineralne w gospodarce narodowej Polski*. Wyd. „Śląsk”.
- KRZAKLEWSKI W. 1990. *Analiza działalności rekultywacyjnej na terenach pogórniczych w głównych gałęziach przemysłu wydobywczego w Polsce*. Wydaw. SGGW-AR, Warszawa.
- KRZEMIEŃ K. 2003. *The Czarny Dunajec River, Poland, as example of human-induced development tendencies in a mountain river channel*. Landform Analysis, 4: 57-64.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1979. *Geologia dynamiczna*. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- KUCZYŃSKA B. 1951. *Średnie nachylenie terenu na Dolnym Śląsku*. Czas. Geogr., 21-22: 476-481.
- KUPKA R., FROLIK H., DULIAS R. 2008. *Zmiany rzeźby na obszarze górniczym zlikwidowanej kopalni „Katowice-Kleofas”*. Informacja ogólna. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 39: 26-31.
- KUPKA R., SZCZYPEK T., WACH J. 2005. *Morphological effect of 200-years long hard coal exploitation in Katowice*. [in:] Szabó J., Morkūnaitė R. (eds.) *Landscapes – nature and man*. Univ. of Debrecen, Lithuanian Inst. of Geology and Geography, Debrecen-Vilnius: 95-100.
- KWIATEK J. (red.) 1997. *Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych*. Wyd. GIG Katowice.
- KWIATEK J. 2002. *Obiekty budowlane na terenach górniczych*. Wyd. GIG, Katowice.
- LACH I. 1984. *Geomorfologiczne skutki antropopresji rolniczej w wybranych częściach Karpat i ich Przedgórze*. Prace Monograficzne, 66, WSP Kraków.
- LAMPARSKA-WIELAND M. 1997. *Hałda dolomitowa w Tarnowskich Górach jako potencjalny obiekt chroniony*. Geographia. Studia et dissertationes, 21: 101-115.
- LAMPARSKA-WIELAND M., WAGA J.M. 2002. *Significance of slag dumping areas in the Upper Silesia and West Małopolska landscape*. Anthropogenic aspects of landscape transformations, 2: 32-35.
- LANGER P. 2007. *Rekultywacja i zagospodarowanie poeksploatacyjne terenów salinarnych*. Czas. Techniczne Wyd. Politech. Krakowskiej, 7-A: 309-315.
- LASEK S., BUBIK A., DYGDAŁA W., LASŁOWSKI E. 2005. *Problem szkód górniczych na terenach likwidowanych kopalni na przykładzie KWK „Katowice-Kleofas”*. [w:] Kwiatek J. (red.) *Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagrożonymi*, GIG, Ustroń: 345-353.
- LATOCHA A., MIGOŃ P. 2006. *Geomorphology of medium-high mountains under changing human impact, from managed slopes to nature restoration: a study from the Sudetes, SW Poland*. Earth Surface Processes and Landforms, 31: 1657-1673.
- LATOVÁ A. 2003. *Vysvětlivky a komentář k mapě nádrží a odvalů*. Documenta Geonica, Ústav Geoniky, Ostrava: 91-109.
- LEBBE L. 1995. *Land subsidence due to groundwater withdrawal from the semi-confined aquifers of southwestern Flanders*. IAHS Publ., 234: 47-54.
- LEE E.M., SAKALAS C.F. 2001. *Subsidence map development in an area of abandoned salt mines*. [in:] *Land Surface Evaluation for Engineering Practice*. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publ., 18: 193-195.

- LEEDER M.R. 1999. *Sedimentology and sedimentary basins: from turbulence to tectonics*. John Wiley & Sons.
- LEGGET R.F. 1962. *Geology and Engineering*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- LESZCZYCKI S. 1980. *Geograficzne studium ekonomiczno-planistyczne*. Cykl: Nad mapą Polski. Prognozy, Perspektywy. Wyd. Książka i Wiedza, Warszawa.
- LEŚNIOK M., DEGORSKA V. 2008. *Zanieczyszczenie powietrza w miastach Górnośląskiego Związku Metropolitalnego*. [w:] Dulias R., Hibszer A. (red.) *Górnośląski Związek Metropolitalny. Zarys geograficzny*. PTG Oddz. Katowicki, Sosnowiec: 105-118.
- LEWANDOWSKA J. 1969. *Ziemia chrzanowska i Jaworzno*. Monografia. Wyd. Literackie, Kraków.
- LEWANDOWSKI J. 1982. *Zasięg zlodowacenia środkowopolskiego na Wyżynie Śląskiej*. Biul. Inst. Geol., 337, Z badań czwartorzędu w Polsce, t. 26: 115-137.
- LEWANDOWSKI J. 1993. *Rzeźba podczwartorzędowa regionu śląsko-krakowskiego i jej ewolucja morfogenetyczna*. Folia Quaternaria 64. Kraków: 101-121.
- LEWANDOWSKI J. 1996. *Główne czynniki neogeńskiej i czwartorzędowej ewolucji morfogenetycznej regionu śląsko-krakowskiego*. Acta Geographica Lodziensia, 71: 131-148.
- LEWANDOWSKI J., KAZIUK H. 1982. *Ewolucja kopalnej sieci rzecznej regionu śląsko-krakowskiego*. Kwart. Geol., t. 26, nr 1: 177-190.
- LEWIŃSKI J. 1914. *Utwory dyluwialne i ukształtowanie powierzchni przedlodowcowej dorzecza Przemszy*. Prace Tow. Nauk. Warszaw., 7. Warszawa.
- LIEDTKE H. 1993. *Die Entwicklung der Oberflächenformen im Ruhrgebiet*. Berichte zur deutschen Landeskunde, 67: 255-265.
- LIFTON N.A., CHASE C.G. 1992. *Tectonic, climatic, and lithologic influences on landscape evolution in the San Gabriel Mountains, California*. Geomorphology, 5: 77-114.
- LISIECKI G. 2009. *W Siemianowicach Śląskich znowu zapadła się ziemia*. Dziennik Zachodni, 28.07.2009.
- LISZKOWSKI J. 1991. *Engineering and Environmental Impacts Caused by Land Subsidence Due to Subsurface Extraction of Solid Raw Materials from Poland*. IAHS Publ., 200: 369-377.
- LOUIS H. 1960. *Geomorphologische Wirkungen des Menschen*. [in:] Allgemeine Geomorphologie. Berlin: 272-279, 315-316.
- LUICK J., BRUNSKILL G., MUDD G., REICHEL-TBRUSHETT A., SHEARMAN PH. 2011. *Decision nears on Papua New Guinea coastal mine waste dumping*. Science Alert. Australia & New Zeland.
- LUKSA J. 1959. *Rozwój wydobywania w kopalniach węgla kamiennego w Polsce w latach 1769-1948*. Studia i Materiały PTE, Katowice.
- LYELL C. 1847. *Principles of Geology*. 7th edit., London.
- ŁABANOWICZ H. 1988. *Eksploracja górnicza węgla kamiennego w filarach ochronnych w latach 1980-1986*. Ochrona Terenów Górniczych, 84: 3-6.
- ŁABANOWICZ H. 1991. *Inwentaryzacja geodezyjno-górnicza na obiekcie doświadczalnym GOP – Bytom – Ruda Śląska*. [w:] Majde A., Nowak E., Preuss E., Łabanowicz H. *Projekt techniczny regionalnej dynamicznej osnowy geodezyjnej dla obszaru województwa katowickiego*. Arch. Urzędu Wojew. w Katowicach, niepublikowane.
- ŁABĘCKI H. 1841. *Górnictwo w Polsce*, t. I-II, Warszawa.
- ŁAJCZAK A. 1995. *Studium nad zamulaniem wybranych zbiorników zaporowych w dorzeczu Wisły*. Monogr. Kom. Gosp. Wodnej PAN, 8.
- ŁAJCZAK A. 2009. *Rozmiary transportu zawiesiny w dorzeczu Wisły powyżej Krakowa i zmiany spowodowane działalnością człowieka w drugiej połowie XX wieku*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 40: 102-121.
- ŁANCZONT M. 1976. *Krzywe hipsograficzne wybranych dorzeczy Półwyspu Iberyjskiego*. Geographia. Studia et dissertationes, 1: 89-116.
- ŁAWNICZAK R. 2008. *Morfometryczne cechy rzeźby a geneza wybranych zespołów form Polski północno-zachodniej*. Wyd. Naukowe UAM w Poznaniu, ser. Geografia, 80. Poznań.
- ŁOKAS E. 2006. *Wyznaczenie tempa pionowego przyrostu osadów pozakorytowych wybranych rzek Polski w oparciu o analizy radioizotopowe*. AGH, Wydz. Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska (praca doktorska).

- ŁUSZCZKIEWICZ A. 2000. *Koncepcje wykorzystania odpadów flotacyjnych z przeróbki rud miedzi w regionie Legnicko-Głogowskim*. Inżynieria Mineralna, styczeń-czerwiec: 26-35.
- MACHOWSKI R. 2010. *Przemiany geosystemów zbiorników wodnych powstających w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej*. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M.A., RZĘTAŁA M. 2006. *Procesy i formy brzegowe w obrębie jeziora poeksploatacyjnego w początkowym okresie funkcjonowania na przykładzie zbiornika Kuźnica Warczyńska*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 37: 29-36.
- MACIAK F. 2003. *Ochrona i rekultywacja środowiska*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- MACIEJEWSKA A. 2000. *Rekultywacja i ochrona środowiska w górnictwie odkrywkowym*. Oficyna Wyd. Politech. Warsz., Warszawa.
- MACIASZEK J., SZEWCZYK J., HWOZDEŃSKI M. 1999. *Wykorzystanie wielkoobszarowej sieci niwelacyjnej do badania wpływów eksploatacji górniczej na obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. Mat. Konf. V Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, GIG: 334-345.
- MACKIEWICZ D., MIKSA K., MROZOWSKA A. 1979. *Program uregulowania stosunków wodnych na obszarach objętych szkodami górniczymi w województwie katowickim*. CBSiPBW Hydroprojekt, Katowice.
- MADOWICZ A. 2001. *Osiedlanie terenu na obszarze Jastrzębia Zdroju w latach 1974-1997*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 31: 15-21.
- MAJDE A., NOWAK E., PREUSS E., ŁABANOWICZ H. 1991. *Projekt techniczny regionalnej dynamicznej osnowy geodezyjnej dla obszaru województwa katowickiego*. Arch. Urzędu Wojew. w Katowicach (niepublikowane).
- MAJDE A., NOWAK E., ŚLIWKA J. 1992. *Dynamika osnowy geodezyjnej Górnego Śląska*. Przegl. Geodez., 1: 11-13.
- MAJOR M. 2009. *Charakter i funkcjonowanie zagłębień bezodpływowych w krajobrazie strefy młodoglacjalnej (Pomorze Zachodnie, góra Parsęta)*. PTPN, Prace Komisji Geogr.-Geol., 40, Poznań.
- MAJOR M. 2010. *Możliwości zastosowania teorii funkcjonowania geosystemu do badań obszarów bezodpływowych*. Przegl. Geogr., 82, 1: 103-113.
- MAŁEK N. 2004. *Zmiany rzeźby terenu między Tychami a Mikołowem w II połowie XX wieku*. UŚ WNoZ, Sosnowiec (maszynopis).
- MANEA S., SURDEANU V., RUS I. 2011. *Anthropogenic changes on landforms in the upper and middle sectors of Strei Basin*. Rev. Roum. Géogr., 55, 1: 37-44.
- MANÍČEK J. 2003. *Mapa ovlivnění vodních toků a vodních ploch dobýváním černého uhlí v české části hornoslezské pánve se zákresem záplav povodně v r. 1997*. Documenta Geonica, Ústav Geoniky, Ostrava: 63-81.
- MANNION A.M. 2001. *Zmiany środowiska Ziemi. Historia środowiska przyrodniczego i kulturowego*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- MARCAK H. 1999. *Powstawanie zapadlisk i innych form deformacji nieciągłych powierzchni spowodowanych występowaniem pustek*. Mat. Symp. „Warsztaty '99”: 71-84.
- MAREŠ J. 1975. *Vliv člověka na životní prostředí Ostravska*. Studia Geographica, Československá akademie věd, Geografický ústav Brno.
- MARSH G.P. 1864. *Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action*. New York.
- MARSZELEWSKI W., ADAMCZYK A. 2004. *Changes in the area of the Mazurian Lakes in the light of the cartographic materials at the scale 1:25 000*. Limnological Review, 4: 167-176.
- MARSZELEWSKI W., PODGÓRSKI Z. 2004. *Zmiany ilościowe oczek i jezior na Pojezierzu Chełmińskim w świetle materiałów kartograficznych z XIX i XX wieku*. Przegl. Geogr., 76, 1: 3-50.
- MARTINEC P., SCHEJBALOVA B. 2004. *History and environmental impact of mining in the Ostrava-Karvina Coal Field (Upper Silesian Coal basin, Czech Republic)*. Geologica Belgica, 7/3-4: 215-223.
- MARTINEC, P., SCHEJBALOVÁ, B., HORTVÍK, K., MANÍČEK, J. 2005. *The effects of coal mining on the landscapes of the Ostrava Region*. Moravian Geographical Reports, 13: 13-26.
- MARUSZCZAK H. 1954. *O oczkach lodowcowych i zagłębieniach bezodpływowych*. Czas. Geogr., 25, 1-2.
- MARUSZCZAK H. 1988. *Zmiany środowiska przyrodniczego kraju w czasach historycznych*. [w:] Starkel L. (red.) *Przemiany środowiska geograficznego Polski*. Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wyd. PAN, Wrocław: 109-135.

- MARUSZCZAK H. 1991. *Wpływ rolniczego użytkowania ziemi na środowisko przyrodnicze w czasach historycznych*. [w:] Starkel L. (red.) *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. PWN Warszawa: 190-205.
- MARUSZCZAK H., RODZIK J., ŚWIECA A. 1992. *Denudacja mechaniczna i chemiczna we wschodniej części pasa wyżyn południowopolskich (rzeczny odpływ zawiesin i roztworów)*. [w:] Kotarba A. (red.) *System denudacyjny Polski. Prace Geogr. IGPZ PAN*, 155: 105-131.
- MASCLE G., ZUBIETA-ROSSETTI D. 2005. *Erosion in the Andes and sedimentation in the foreland basin of eastern Boliwia*. 6th Inter.Symp. on Andean Geodynamics, ISAG, Barcelona, Extended Abstracts: 497-498.
- MAZUREK M., ZWOLIŃSKI Z. 2012. *System rzeczny (fluwalny)*. <http://hum.amu.edu.pl/sgp/gw/sf/sf.html>, Inst. Badań Czwartorzędu UAM, Poznań [2012.03.21].
- MC NALLY G.H. 2000. *Geology and mining practice in relation to shallow subsidence in the Northern Coalfield, New South Wales*. *Australian Journal of Earth Sciences*, 47:21-34.
- MENSAH J.V. 1997. *Causes and Effects of Coastal Sand Erosion Mining in Ghana*. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 18,1: 69-88.
- MEYER D.E. 1986. *Massenverlagerung durch Rohstoffgewinnung und ihre umweltgeologischen Folgen*. *Z. deutsch. Geol. Ges.*, 137: 177-193.
- MIELIMAŁA R. 2006. *Pomierzone i prognozowane krzywizny terenu górniczego na przykładzie obserwacji geodezyjnych z KWK „Budryk”*. *Górnictwo i Geologia*, 1, 4: 81-92.
- MIGOŃ P. 2006. *Geomorfologia*. Wyd. Nauk. PWN Warszawa.
- MIKA W., PASZCZA H. 2007. *Rewitalizacja terenów zdegradowanych w przemyśle siarkowym*. *Wiadomości Górnicze*, 10:541-550.
- MIKUŁA E. 1987. *Tworzenie się deformacji zapadliskowych w luźnym nadkładzie jako przypowierzchniowej warstwie górotworu*. *Ochrona Terenów Górniczych*, 79/1: 17-24.
- MILLIMAN J.D., SYVITSKI J.P.M. 1992. *Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: The importance of small mountainous rivers*. *Journal Geol.*, 100: 525-544.
- MINORCZYK R. 1986. *125 lat Zakładów Górniczo-Hutniczych „Orzeł Biały”*. *Rudy i Metale Nieżelazne*, 31, 12: 462-469.
- MIREK K., ISAKOW Z. 2009. *Preliminary analysis of Inwar data from south-west part of Upper Silesian Coal Basin*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 25, 3: 239-246.
- MIZERA A. 1980. *Procesy eoliczne na powierzchni zbiornika „Gilów”*. *CUPRUM*, 2: 24-27.
- MIZERA A., NIERZEWSKA M. 1996. *Metody ograniczania emisji pyłów ze składowiska odpadów „Żelazny Most”*. *Mies. WUG Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 10: 42-47.
- MMOM P.C., CHUKWU-OKEAH G.O. 2012. *Sand Dredging and River Morphology Change along Parts of New Calabar River in Akpor Area of Rivers State, Nigeria and its Implications for Biological Resource Conservation*. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 4(1): 82-87.
- MOKRZYCKI E., NEY R., SIEMEK J. 2008. *Światowe zasoby surowców energetycznych – wnioski dla Polski*. *Rynek Energii*, 6.
- MOLENDĄ D. 1963. *Górnictwo kruszcowe na terenie złóż śląsko-krakowskich do połowy XVI wieku*. *Inst. Historii Kultury Materialnej PAN, Zakł. Narod. im. Ossolińskich*.
- MOLENDĄ D. 1972. *Kopalnie rud ołowiu na terenie złóż śląsko-krakowskich w XVI-XVIII wieku*. *Inst. Historii Kultury Materialnej PAN, Zakł. Narod. im. Ossolińskich*.
- MOLENDĄ D. 1978. *Dzieje Olkusza do 1795 roku*. [w:] Kiryk F., Kołodziejczyk R. (red.) *Dzieje Olkusza i regionu olkuskiego*, t. 1, Warszawa.
- MOLENDĄ T. 1999. *Wpływ działalności górniczej na kształtowanie stosunków wodnych (na wybranych przykładach z Górnośląskiego Zagłębia Węglowego)*. [w:] Pełka-Gościński J., Rzętała M. (red.) *Górnośląsko-Ostrawski region przemysłowy - wybrane problemy ochrony i kształtowania środowiska*. *Mat. Symp. polsko-czeskiego*. WNoZ UŚ, PF OU, Sosnowiec: 154-158.
- MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M.A. 2003. *Morphogenetic processes within post-mining dumping sites*. *Geomorfologický sborník*, 2: 39-43.
- MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M.A. 2005. *Procesy stokowe w obrębie form antropogenicznych*. *Geomorfologický sborník*, 4: 19-21.

- MOLENDOWA U., TRUSZKOWSKI L., WRONA A. 1987. *Ochrona gruntów przed zawadnieniem w południowych dzielnicach miasta Zabrze*. Mat. 36 Zjazdu PTG, cz. II. WNoZ UŚ, PTG Oddział Katowice, Sosnowiec: 87-88.
- MOŁODKIN P.F. 1975. *Opyt klasyfikacji antropogennych rjeljefoobrazujuszczich procjessow w basjenije Niżnjevo Dona i wostocznom Donbasie*. Izv. wses. geogr. obszcz., 107, 2.
- MORAWIEC A. 1987. *Charakterystyka zwałów powęglowych i ich uciążliwości dla środowiska*. Mat. Konf. Nauk.-Techn., Sosnowiec.
- MÜLLER J., RUPPERT H., MURAMATSU Y., SCHNEIDER J. 1999. *Reservoir sediments – a witness of mining and industrial development (Malter Reservoir, eastern Erzgebirge, Germany)*. Environmental Geology, 39: 1341-1351.
- MÜLLEROVA J., IDES D. 2004. *Svahové deformace Ostravska*. Documenta Geonica, Ústav Geoniky, Ostrava: 38-51.
- MULKOVA M. 2003. *Detection of changes of the land-use in stoped grounds by means of aerial photography*. The Intern. Archives of Fotogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34,7: 134-137.
- MUSIOŁ L., PŁUSZCZEWSKI S. 1960. *Wykaz zakładów dawnego hutnictwa żelaza na Górnym Śląsku od XIV do połowy XIX wieku*. Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa, t. V, Warszawa-Wrocław: 7-87.
- NECHAY W. 1935. *Śląsk jako region geograficzny*. Wyd. Inst. Śląskiego, Katowice.
- NEWTON J.G. 1984. *Review of induced sinkhole development*. [in:] Beck B.F. (ed.) Sinkholes, their Geology, Engineering and Environmental Impact. Balkema Rotterdam.
- NEY R. (red.) 2000. *Surowce mineralne Polski. Surowce chemiczne. Siarka*. Wyd. Inst. GSMiE PAN Kraków.
- NIEĆ M., KAWULAK M., SALAMON E. 2001. *Mapa geologiczno-gospodarczo-sozologiczna w skali 1:25 000 dla miasta i gminy Trzebinia*. PAN IGSMiG, Kraków.
- NIEDOJADŁO Z. 2005. *Ocena i prognozowanie końcowych wpływów eksploatacji w rejonach zlikwidowanych zakładów górniczych*. [w:] Kwiatek J. (red.) Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagospodarowanymi, VIII Dni Mier. Gór. i Ochrony Terenów Górniczych, GIG, Ustroń: 389-403.
- NIEMCÓWNA S. 1929. *Z antropogeografii zagłębia Węglowego*. Przegl. Geogr.: 171-182.
- NIETRZĘBA-MARCINONIS J. 2007. *Wpływ rekultywacji leśnej terenów pokopalnianych na wybrane właściwości gleb inicjalnych na przykładzie zwałowiska nadkładu Kopalni Węgla Brunatnego Turów S.A.* Uniw. Zielonogórski, Wydz. Inżynierii Łądowej i Środowiska, Zielona Góra (rozprawa doktorska).
- NIR D. 1983. *Man, a geomorphological agent. An introduction to anthropic geomorphology*. D. Reider Publ. Co. Boston and Keter Publ. House. Jerusalem, Israel.
- NITA J. 2009. *Zmiany krajobrazowe na obszarze Wyżyny Śląskiej (w granicach GZW) pod wpływem eksploatacji surowców. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 40: 149-156.
- NITA J. 2010. *Kamieniołom w krajobrazie i geoturystyce*. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego, 14, PTG, Sosnowiec: 243-251.
- NITA J., MATYSIK M., ABSALON D. 2007. *Wybrane walory przyrody nieożywionej miasta Jaworzna*. Urząd Miasta, Jaworzno, (maszynopis).
- NITA J., MYGA-PIĄTEK U. 2006. *Krajobrazowe kierunki zagospodarowania terenów pogórnich*. Przegl. Geol., 53(3): 256-262.
- NOCOŃ W., KOSTECKI M. 2005. *Hydro-chemical characteristic of the Czarniawka River*. Archiwum Ochrony Środowiska, 2: 95-104.
- NOCOŃ W., KOSTECKI M., KOZŁOWSKI J. 2006. *Charakterystyka hydrochemiczna rzeki Kłodnicy*. Ochrona środowiska, 28, 3: 39-44.
- NORTH F.J. 1952. *Some geological aspects of subsidence not due to mining*. South Wales Institute of Engineers, 67: 127-153.
- NOWAK A. 2008. *Ekologiczno-techniczne aspekty procesów pozyskiwania koncentratów cynku i ołowiu*. Politech. Krakowska. Kraków (rozprawa doktorska).
- NOWAK J. 1927. *Kronika miasta i powiatu Tarnowskie Góry. Najstarsze dzieje Śląska i Ziemi Bytomsko-Tarnogórskiej. Dzieje pierwszego górnictwa w Polsce*. Tarnowskie Góry.
- OCHOCKA J. 1931. *Krajobraz Polski w świetle mapy wysokości względnych*. Prace Geograficzne wyd. przez E. Romera, 13.

- OHMORI H. 1993. *Changes in the hypsometric curve through mountain building resulting from concurrent tectonics and denudation*. *Geomorphology*, 8: 263-277.
- OLCHAWA M., PEŁKA-GOŚCINIAK J. 2004. *Antropogeniczne przeobrażenia powierzchni terenu w północno-wschodniej części Jaworzna w latach 1933-2001. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 35: 36-42.
- OLKUSKI T. 2005. *Węgiel kamienny*. [w:] Mokrzycki E. (red.) *Podstawy gospodarki surowcami energetycznymi*. Uczelniane Wyd. Nauk.-Dydakt., AGH, Kraków.
- OLLIER C. 1987. *Tektonika a formy krajobrazu*. Wyd. Geol. Warszawa.
- OSIECKI A., TRZCIONKA P. 1987. *Obserwacje geodezyjne wpływów eksploatacji pokładów zalegających pod grubą ławicą piaskowca*. *Ochrona Terenów Górniczych*, 80/2: 9-12.
- OSMÓLSKI T. 1971. *Historia badań genezy siarki w zapadlisku przedkarpaccim w Polsce*. *Biul. IG*, 246: 163-179.
- OSTROWSKI J. (red.) 2001. *Ochrona środowiska na terenach górniczych*. Wyd. CCCPSMiE PAN, Kraków.
- OSTROWSKI J., MULARZ S. 1987. *Znaczenie rozpoznania warunków geologicznych dla trafnej prognozowania deformacji nieciągłych*. *Ochrona Terenów Górniczych*, 81/3, 82/4: 24-29.
- OSUCH B. 1968. *Problemy wynikające z nadmiernej eksploatacji kruszywa rzecznego na przykładzie rzeki Wisłoki*. *Zesz. Nauk. AGH*, 219: 283-301.
- PADMALAL D., MAYA K., SREEBHA S., SREEJA R. 2008. *Environmental effects of river sand mining: a case from the river catchments of Vembanad lake, Southwest coast of India*. *Environmental Geology*, vol. 54, n. 4: 879-889.
- PALKI J. 1978a. *Powstawanie deformacji nieciągłych powierzchni terenu przy prowadzeniu robót górniczych pod zawodnionymi utworami w stropie karbonu*. *Ochrona Terenów Górniczych*, 45, Katowice.
- PALKI J. 1978a. *Występowanie nieciągłych deformacji terenu w warunkach Rybnickiego Okręgu Węglowego*. AGH Kraków (rozprawa doktorska).
- PALKI J. 1981. *Zakres, formy i przyczyny występowania deformacji nieciągłych w warunkach Rybnickiego Okręgu Węglowego*. *Ochrona Terenów Górniczych*, 56, Katowice.
- PALKI J. 1982a. *Zagadnienie zagrożenia powierzchni zapadliskami w Rybnickim Okręgu Węglowym*. *Mat. Konf. „VIII Tydzień Techniki ROW”*, Jastrzębie Zdrój: 102-125.
- PALKI J. 1982b. *Współzależność warunków naturalnych oraz wpływu eksploatacji górniczej w powstawaniu osuwisk na obszarze Rybnickiego Okręgu Węglowego*. *Mat. Sesji Nauk. - Badania geologiczno-inżynierskie w górnictwie*. Kraków.
- PANIZZA M. 1996. *Environmental Geomorphology*. Elsevier.
- PARZÓCH K. 2002. *Procesy erozyjne na stokach wylesionych w Karkonoszach*. *Zesz. Prob. Nauk. Rol.*, 487.
- PASZCZA H., BORSUCKI D. 2010. *Prognoza inwestycji w górnictwie węgla kamiennego – horyzont 2015 (2020)*, Warszawa. www.proinwestycje.pl
- PAWŁOWSKI S. 1923. *Zmiany w ukształtowaniu powierzchni ziemi wywołane przez człowieka*. *Przeł. Geogr.*, 4: 48-64.
- PAWŁOWSKI S. 1931. *Rzut oka na ukształtowanie Pomorza*. *Czas. Geogr.*, 9, 4: 257-268.
- PAZDUR J. 1960. *Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich*. T. 1. Wyd. Górniczo-Hutnicze, Katowice.
- PEŁKA J. 1994. *Rekonstrukcja lokalnych warunków anemologicznych we wschodniej części Wyżyny Śląskiej na podstawie analizy eolicznych form terenu i drzew sztandarowych*. [w:] Nowaczyk B., Szczypek T. (red.) *Vistuliańsko-holocenijskie zjawiska i procesy eoliczne (wybrane zagadnienia)*. SGP, Poznań: 57-68.
- PEŁKA J., POCIECHA J. 1991. *Zmiany terytorialne w rozmieszczeniu zwałowisk górniczych na obszarze Rybnickiego Okręgu Węglowego w latach 1861-1986*. *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 2: 5-10.
- PEŁKA J., SZCZYPEK T. 1994. *Some aspects of the transformation of relief on the Silesian Upland (Southern Poland)*. *Proc. of the V EGEA Congress Barcelona*: 157-164.
- PEŁKA-GOŚCINIAK J. 2006. *Restoring nature in mining areas of the Silesian Upland (Poland)*. *Earth Surface Processes Landforms*, 31, 13: 1685-1691.
- PEŁKA-GOŚCINIAK J. 2007. *Aesthetic and utility values of anthropogenic landforms: A case study of the Silesian Upland, Poland*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 30, 2: 225-228.

- PEŁKA-GOŚCINIAK J. 2007. *Procesy eoliczne na starych i nowych obszarach uprzemysłowionych Wyżyny Śląskiej*. Acta Geographica Silesiana, 1: 41-44.
- PEŁKA-GOŚCINIAK J., SZCZYPEK T. 1997. *Wpływ hałd górnictwa węgla kamiennego na krajobraz Rybnickiego Okręgu Węglowego (na przykładzie okolic Wodzisławia Śląskiego)*. [w:] Kanok J., Prasek J. (red.) *Zmiany geograficzne przestrzeni w pohranicznych obszarach ostrawskiego a hornosleszkiego regionu*, OU, PF, UŚ WNoZ, Ostrava-Sosnowiec: 102-110.
- PENG S.S. 1992. *Surface subsidence engineering*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- PERSKI Z. 2000. *Zastosowanie satelitarnej interferometrii radarowej do określania dynamiki i zasięgu górniczych deformacji terenu na przykładzie wybranych obszarów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Prace WNoZ UŚ, 8, Z prac Katedry Geologii Podstawowej, Sosnowiec: 9-39.
- PERSKI Z., JURA D. 1999. *ERS SAR Interferometry for Land Subsidence Detection on Coal Mining Areas*. Earth Observation Quarterly, 63: 25-29.
- PETSCH G. 1982. *Environmental problems of coal production in the Federal Republic of Germany with particular reference to the Ruhr*. Minerals and the Environment, 4: 75-80.
- PIASECKI H. 1949. *Rzeźba ziem Polski w świetle mapy wysokości względnych*. Czas. Geogr., 20: 212-225.
- PIĄTEK E., PIĄTEK Z. 1978. *Zarys dziejów przemysłu wydobywczego na Dolnym Śląsku do XIX wieku*. (w:) Czocher T., Kawczak S., Pisanecka K. (red.) *Pięć wieków węgla kamiennego na Dolnym Śląsku*. Stow. Inżynierów i Techników Górnictwa. Wałbrzych.
- PIERNIKARCYK J. 1933/1934. *Historia górnictwa i hutnictwa na Górnym Śląsku*. T. 1, 2. Śląski Związek Akademicki, Katowice.
- PIERWOŁA J., ZUBEREK W.M. 2000. *Zagrożenia powierzchni ziemi na Górnym Śląsku wywołane wstrząsami indukowanymi eksploatacją górnictwem*. [w:] Jankowski A.T., Myga-Piątek U., Ostaficzuk S. (red.), *Środowisko przyrodnicze regionu górnośląskiego – stan poznania, zagrożenia i ochrona*. WNoZ UŚ, Oddz. Katowicki PTG, Sosnowiec: 86-93.
- PIETRASZEK E. 1961. *Ośrodek górniczy Siersza 1804-1861-1961*. Wyd. Artystyczno-Graficzne, Kraków.
- PIETRZAK M. 2002. *Geomorfologiczne skutki zmian użytkowania ziemi na Pogórzu Wiśnickim*. Przemiany środowiska na Pogórzu Karpackim, 2. UJ IGiPZ, Kraków.
- PIETRZYK-SOKULSKA E. 1995. *Wpływ podziemnej eksploatacji i przeróbki węgla kamiennego na środowisko przyrodnicze w Polsce*. Studia, Rozprawy, Monografie, 39. Wyd. CPPGSMIE PAN, Kraków: 5-77.
- PIŁAWSKA J. 1967. *Przeobrażanie środowiska geograficznego i rekultywacja w polskich zagłębiach węgla brunatnego*. Czas. Geogr., 38: 123-158.
- PILECKI Z. 2006. *Eksperymentalne rozpoznanie zagrożenia wystąpienia deformacji nieciągłych metodą pomiaru temperatury na terenach pogórnicznych*. Przegl. Górn., 4: 77-82.
- PILECKI Z. 2009. *Methodology for A1 motorway basement treatment effectiveness improvement by means of geophysical methods in the areas of metal ores shallow mining threatened with the sinkhole occurrence in the Upper Silesia*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 25, 3: 319-331.
- PILECKI Z., POPIOŁEK E. 2000. *Wpływ eksploatacji rud na zagrożenie powierzchni deformacjami nieciągłymi i jego badanie za pomocą metod geofizycznych*. Studia, Rozprawy, Monografie, 84, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- PINET P., SOURIAU M. 1988. *Continental erosion and large-scale relief*. Tectonics, 7: 563-582.
- PODGÓRSKI Z. 1996. *Antropogeniczne zmiany rzeźby terenu województwa toruńskiego*. UMK Toruń, TTN.
- PODGÓRSKI Z. 1997. *Przekształcenia rzeźby terenu województwa toruńskiego wywołane rozwojem szlaków komunikacyjnych*. Przegl. Geogr., 69, 3-4: 301-313.
- PODGÓRSKI Z. 2001. *Antropogeniczne zmiany rzeźby terenu na obszarze Polski*. Przegl. Geogr. t. 73, z. 1-2: 37-56.
- PODGÓRSKI Z. 2004. *Wpływ budowy i funkcjonowania młynów wodnych na rzeźbę terenu i wody powierzchniowe Pojezierza Chełmińskiego i przyległych części dolin Wisły i Drwęcy*. UMK w Toruniu, Toruń.
- PODGÓRSKI Z. 2005. *Stopień antropogenicznego przeobrażenia rzeźby terenu wybranych obszarów Polski*. *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 36: 51-63.

- PODGÓRSKI Z. 2010. *Uwagi o procedurach stosowanych w badaniach bezpośredniego oddziaływania człowieka na rzeźbę terenu Polski*. Landform Analysis, 12: 87-98.
- POLAND J.F. (ed.) 1984. *Guidebook to studies of land subsidence due to ground-water withdrawal*. UNESCO, PHI Working Group 8.4. Chelsea, Michigan.
- POLAND J.F., DAVIS G.H. 1969. *Land subsidence due to withdrawal of fluids*. [in:] Varnes D.J., Kiersch G.E. (eds.) *Reviews in Engineering Geology*, v. II, Geological Society of America: 187-269.
- POMYKOŁ M., KWIECIEŃ D. 1999. *Próba opisu wpływu eksploatacji górniczej na terenie ROW-u na sieć niwelacji precyzyjnej „Gigant”*. Zesz. Nauk. Politech. Śląskiej, ser. Górnictwo, 239: 175-185.
- POPIOŁEK E. 1997. *Analiza rozwoju wielkopowierzchniowej niecki obniżeniowej terenu na obszarze LGOM wywołanej odwodnieniem warstw trzeciorzędowych i czwartorzędowych AGH, Kraków* (niepublikowane).
- POPIOŁEK E., OSTROWSKI J. 1981. *Próba ustalenia głównych przyczyn rozbieżności prognozowanych i obserwowanych poeksploatacyjnych wskaźników deformacji*. Ochrona Terenów Górniczych, 58.
- POPIOŁEK E., OSTROWSKI J., JANUSZ W., BARYCZ S., WÓJCIK W. 1990. *Zasady ochrony terenów górniczych w warunkach olkuskiego zagłębia rud ZN-Pb*. Zesz. Nauk. AGH, 1368, Sozologia i Sozotechnika, 32: 77-98.
- POPIOŁEK E., PILECKI Z. (red.) 2005. *Ocena przydatności do zabudowy terenów zagrożonych deformacjami nciągłymi za pomocą metod geofizycznych*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- POPIOŁEK F. 1947. *Dzieje hutnictwa żelaznego na ziemiach polskich*. Wyd. Inst. Śląskiego, Katowice-Wrocław.
- POPIOŁEK F. 1965. *Górnośląski przemysł górniczo-hutniczy w drugiej połowie XIX wieku*. Śląski Inst. Nauk., Katowice.
- POPIOŁEK K. 1958. *Koncentracja w przemyśle górniczo-hutniczym Górnego Śląska w drugiej połowie XIX wieku*. Studia i materiały z dziejów Śląska, t. II, Wrocław.
- PORĘBA G., BLUSZCZ A. 2003. *Zastosowanie metod ¹³⁷Cs i OSL do datowania gleb i osadów*. [w:] Waga J.M., Kocel K. (red.) *Człowiek w środowisku przyrodniczym – zapis działalności*. PTG Oddz. Katowicki, Sosnowiec: 184-188.
- POSYŁEK E., ROGOŹ M. 1982. *Wpływ osiadania powierzchni terenu na stosunki wodne na obszarze miasta Katowice*. Referaty na konf. Ochrona środowiska na terenie aglomeracji Katowice. PTPNoZ, Zarząd Główny, Oddz. Górnośląski, Warszawa-Sosnowiec: 16-26.
- POZZI M., CEMPIEL E., CZAJKOWSKA A. 2008. *Koncepcja regulacji stosunków wodnych na terenie górniczym gminy Gierałtowiec*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 24, 2/3: 109-122.
- PRADELA A., SOLARSKI M. 2010. *Wykorzystanie Systemów Informacji Geograficznej do badań przemian powierzchniowej sieci hydrograficznej w XIX i XX wieku na przykładzie bytomskiego rejonu złożowego*. [w:] Ciupa T., Suligowski R. (red.) *Woda w badaniach geograficznych*. Uniwersytet J. Kochanowskiego, IG, Kielce: 231-241.
- PREIDL W., WÓJCIK A. 2008. *Kopalnia w Posądzcy - wpływ płytkiej eksploatacji złóż siarki na deformacje powierzchni*. Zesz. Nauk. Politech. Śląskiej, ser. Górnictwo, 283: 203-216.
- PRICE S.J., FORD J.R., COOPER A.H., NEAL C. 2011. *Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain*. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 369: 1056-1084.
- PULIDO-BOSCH A., CALAFORRA J.M., PULIDO-LEBOEUF P., TORRES-GARCÍA S. 2004. *Impact of quarrying gypsum in a semidesert karstic area (Sorbas, SE Spain)*. *Environmental Geology*, 46, 5: 583-590.
- PULINA M. 1974. *Denudacja chemiczna na obszarach krasu węglanowego*. *Prace Geogr. IG PAN*, 105.
- PULINA M. 1997. *Karst areas in Poland and their changes by human impact*. *Landform Analysis*, 1: 55-71.
- PULINOWA M.Z. 1967. *Geomorfologiczne metody badania zwałowisk na przykładzie Zagłębia Turosszowskiego*. *Czas. Geogr.*, 38, 3: 291-297.
- PULINOWA M.Z. 1972. *Procesy osuwiskowe w środowisku sztucznym i naturalnym*. *Dokum. Geogr.*, 4, IG PAN, Warszawa.
- PULINOWA M.Z. 1989. *Rzeźba Gór Stołowych*. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- RADOSZ J. 2000. *Rozwój wybranych form antropogenicznych w zachodniej części Zagłębia Dąbrowskiego*. [w:] J. Prášek (ed.) *Současný stav geomorfologických výzkumů, Ostravská Univ., Přírodovědecká Fakulta, Česká Asociace Geomorfologů, Ostrava*: 53-56.
- RADWAN M. 1963. *Rudy, kuznice i huty żelaza w Polsce*. Wyd. Nauk.-Techn., Warszawa.

- RADWANEK-BAK B. 1998. *Mining activity as an important factor of human impact in the Polish Carpathian landscape*. Przegł. Geol., 46 nr 8/2: 787-792.
- RADWANEK-BAK B. 1999. *Odkrywkowa eksploatacja kopalni jako jedno ze źródeł przekształceń środowiska przyrodniczego w Karpatach*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 15/2: 5-36.
- RADWANEK-BAK B. 2001. *Trwałość i dynamika przekształceń wywołanych eksploatacją odkrywkową kopalni*. Przegł. Geol., 49: 220-224.
- RAKOCZI L. 1975. *Effects of man on sedimentation and erosion in rural environments*. Hydrol. Science Bull. 20, Washington: 103-112.
- RECHOWICZ H. 1974. *Kopalnia Generał Zawadzki. Dzieje zakładu i załogi*. Śląski Inst. Nauk., Katowice.
- RENIGER A. 1954. *Znaczenie rzeźby terenu dla rolnictwa*. Przegł. Geogr., 26, 4: 37-45.
- REPELEWSKA-PĘKAŁOWA J. 1973. *Współczesne procesy morfogenetyczne na zwalach kopalnianych (na przykładzie odkrywkowej kopalni siarki w Piasecznie)*. Ann. UMCS, vol. XXVIII, 6, sec. B: 107-126.
- RICHLING A. 1973. *O sposobach przedstawienia urzeźbienia w terenach młodoglacjalnych*. Przegł. Geogr., 45, 1: 109-117.
- RICHTER D. 1996. *Ruhrgebiet und Bergisches Land. Zwischen Ruhr und Wupper. Sammlung geologischer Führer, 55*. Berlin, Stuttgart.
- RING U., BRANDON M.T., LISTER G.S., WILLET S.D. 1999. *Exhumation processes: normal faulting, ductile flow and erosion*. Geological Society Special Publ., 154: 1-27.
- RITCHIE J.C., MC HENRY J.R. 1990. *Application of radiation fallout ¹³⁷Cs for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns. A Review*. Journal of Environmental Quality, 19: 215-233.
- RIVAS V., CENDRERO A., HURTADO M., CABRAL M., GIMENEZ J., FORTE L., DELRIO L., CANTU M., BECKER A. 2006. *Geomorphic consequences of urban development and mining activities; an analysis of study areas in Spain and Argentina*. Geomorphology, 73, 3-4: 185-206.
- ROMER E. 1909. *Próba morfometrycznej analizy części Karpat*. Kosmos: 678-693.
- ROMER E. 1910. *Rzeźba ziem Polskich*. Encyklopedia PAU, 1, Kraków.
- ROSIK-DULEWSKA CZ. 2006. *Podstawy gospodarki odpadami*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- ROTNICKI K. 1966. *Rzeźba Wzgórz Ostrzeszowskich jako rezultat rozwoju stoku podczas Würmu*. Prace Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyjaciół Nauk, 5.
- ROZMUS D., BODNAR R. 2004. *Wczesnośredniowieczne ślady hutnictwa metali nieżelaznych w Dąbrowie Górniczej – Łośniu oraz na obszarach przygranicznych*. [w:] Rozmus A. (red.) Archeologiczne i historyczne ślady górnictwa i hutnictwa na terenie Dąbrowy Górniczej i okolic. Księgarnia Akademicka, Kraków: 9-60.
- RÓŻKOWSKI A. 1991. *Regiony hydrogeologiczne i ich charakterystyka. Makroregion środkowopolski. Region górnośląski*. [w:] Malinowski (red.) Budowa hydrogeologiczna Polski, t. 7. Hydrogeologia. PiG: 177-195.
- RÓŻKOWSKI A., CHMURA A., SIEMIŃSKI A. (red.) 1997. *Użytkowe wody podziemne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia*. Prace Państw. Inst. Geol. CLIX, Warszawa.
- RYBICKI S., KROKOSZYŃSKI P. 1986. *Ocena zagrożeń stateczności zboczy na terenie górniczym na przykładzie filara ochronnego dla miasta Jastrzębia*. Ochrona Terenów Górniczych, 78.
- RYBICKI S., KROKOSZYŃSKI P. 1988. *Wpływ podziemnej eksploatacji górniczej na własności gruntów i stateczność zboczy*. Zesz. Nauk. Politech. Śl., ser. Górnictwo, 172.
- RYBICKI S., KROKOSZYŃSKI P. 1989. *Deformacje przypowierzchniowej warstwy gruntu nad obszarem eksploatacji w świetle pomiarów terenowych*. Ochrona Terenów Górniczych, 89/90: 42-47.
- RZĘTAŁA M. 2008. *Funkcjonowanie zbiorników oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego*. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- RZĘTAŁA M.A. 2003. *Procesy brzegowe i osady dennie wybranych zbiorników wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji (na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży)*. Wyd. Uniw. Śląskiego Katowice.
- RZĘTAŁA M.A., MOLENDĄ T., RZĘTAŁA M. 2002. *Bottom deposits as an indicator of ecological changes (on the example of artificial water reservoirs in the Pogoria catchment – Silesian Upland)*. [w:] Szczypek T., Wach J. (eds.) Anthropogenic aspects of landscape transformations, 2: 60-67.
- RZĘTAŁA M.A., MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M. 2009. *Sedymentacja w strefie kontaktu wód rzecznych i jeziornych na przykładzie zbiorników wodnych regionu górnośląskiego*. UŚ WNoZ, Sosnowiec.

- SACHS J. 1982. *Mechanizm procesu zapadliskowego w świetle zjawiska dezintegracji górotworu na terenach płytkiej eksploatacji zawalowej w GZW*. II Konf. Nauk.-Techn., Wyd. PTPNoZ, Częstochowa.
- SALAZAR D., JACKSON D., GUENDON J.L., SALINAS H., MORATA D., FIGUEROA V., MANRIQUEZ G., CASTRO V. 2011. *Early Evidence (ca. 12,000 BP) for Iron Oxide Mining on the Pacific Coast of South America*. *Current Anthropology*, 52, 3: 463-475.
- SAŁUSTOWICZ A. 1968. *Zarys mechaniki górotworu*. Wyd. Śląsk, Katowice.
- SANTORIUS P., BIAŁECKA B., GRABOWSKI J. 2007. *Środowiskowe i gospodarcze problemy spowodowane degradacją terenów w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. *Prace Nauk. GIG, Górnictwo i Środowisko*, 1: 85-99.
- SAUER A. 1976. *Hard coal mining and intensive surface utilization in the Ruhr area*. Symp. on Environmental Problems Resulting from Coal Industry Activities, Katowice.
- SAVAGE C. N. 1951. *Mass wasting, classification and damage on Ohio*. *The Ohio Journal of Science*, 51: 399-408.
- SCHEJBALOVA B. 2003. *Wysvětlivky a komentář k přehledné mapě dolů - dobývacích prostorů, ložisek mimo dobývací prostory a prognózních území v české části hornoslezské pnie se zákresem produkce uhlí, hlusiny a vyčerpání vody*. *Documenta Geonica, Ústav Geoniky, Ostrava*: 33- 45.
- SCHINOHL Z., KOPIEC W. 2006. *Warunki dopuszczenia eksploatacji pokładu w górotworze wstrząsogennym na przykładzie KW S.A. KWK „Rydultowy-Anna” Ruch I*. *Przegląd Górniczy*, 62, 1: 2-11.
- SCHMIDT K.H. 1984. *Der Fluß und sein Einzugsgebiet*. Wiesbaden (Wissenschaftliche Paperbacks Geographie).
- SCHOONBEEK J.B. 1976. *Land subsidence as a result of natural gas extraction in the Province of Groningen*. Society of Petroleum Engineers of AIME, SPE Paper, 5751, Amsterdam.
- SCHUMM S.A. 1977. *The fluvial system*. John Wiley & Sons, New York.
- SELBY M.J. 1974. *Rates of denudation*. *New Zealand Journal of Geography*, 56, 1:1-13.
- SHEEN S.W. 2000. *A World Model of Chemical Denudation in Karst Terrains*. *The Professional Geographer*, 52, 3: 397-406.
- SHERLOCK R.L. 1922. *Man as a Geological Agent – an Account of his Action on Inanimate Nature*. Witherby, London.
- SHERLOCK R.L. 1923. *The influence of man as an agent in geographical change*. *Geographical Journal*, 61, 258-273.
- SHERLOCK R.L. 1932. *Man's Influence on the Earth*. Home University library of modern knowledge. London.
- SIDLE R.C., KAMIL I., SHARMA A., YAMASHITA S. 2000. *Stream response to subsidence from underground coal mining in central Utah*. *Environmental Geology*, 39 (3-4): 279-281.
- SIKORSKA-MAYKOWSKA M. (red.) 2001. *Waloryzacja środowiska przyrodniczego i identyfikacja jego zagrożeń na terenie województwa śląskiego*. PIG, Urząd Marszałkowski woj. śląskiego, Warszawa.
- SINGH K.B., DHAR B.B. 1997. *Sinkhole subsidence due to mining*. *Geotechnical and Geological Engineering*, 15: 327-341.
- SINKIEWICZ M. 1998. *Rozwój denudacji antropogenicznej w środkowej części Polski Północnej*. (Niewiarowski W., red.) UMK Toruń.
- SKARŻYŃSKA K.M., BURDA H., KLEPACZ J. 1988. *Obiekty budownictwa wodnego z nieprzepuszczalnych odpadów kopalni węgla kamiennego*. *Gospodarka Wodna*, 3.
- SKAWINA T. 1968. *Klasyfikacja terenów pogórnich dla potrzeb rekultywacyjnych*. *Ochrona Terenów Górniczych*, 6.
- SKAWINA T., TRAFAS M. 1971. *Zakres wykorzystania i sposób interpretacji wyników badań geologicznych dla potrzeb rekultywacji*. *Ochrona Terenów Górniczych*, 16.
- SKINDEROWICZ B. 1963. *Eksploatacja filarów ochronnych w górnictwie węglowym*. *Przegl. Techn.* 4.
- SKINDEROWICZ B. 1974. *Wpływ czasu na kształtowanie się dynamicznych niecek osiadania*. *Prace GIG, ser. dodat. – rozprawa habilitacyjna*, Katowice.
- SKINDEROWICZ B. 1982. *Wskaźniki deformacji dynamicznych niecek osiadania*. *Mat. konf. Nauk.-techn. „Zagadnienia ochrony powierzchni w Rybnickim Okręgu Węglowym”*. VIII Tydzień Techniki ROW, Jastrzębie Zdrój: 21-40.
- SKINNER B.J. 1978. *Zasoby Ziemi*. PWN. Warszawa.
- SLAYMAKER O., SPENCER T., EMBLETON-HAMANN C. 2009. *Geomorphology and Global Environmental Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- SŁOWIK P., TYLKOWSKI J., MILCZYŃSKA M. 2006. *Zmiany w środowisku naturalnym i infrastrukturze technicznej w kopalni „Makoszowy”*. *Wiadomości Górnicze*, 3: 127-137.

- SŁUPIK J. 1973. *Zróżnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich*. Dokum. Geogr., 2.
- SMAKOWSKI T., GALAS K., LEWICKA E. 1997. *Produkcja i rynek miedzi oraz perspektywy ich rozwoju w kraju*. [w:] Ney R. (red.) *Surowce mineralne Polski. Surowce metaliczne. Miedź i srebro*. Wyd. Inst. GSMiE PAN Kraków: 139-158.
- SMOLEŃSKI J. 1934. *W sprawie morfografii spadków*. Polski Przegl. Kartogr., 46.
- SMOLSKA E. 2005. *Znaczenie sptukiwania w modelowaniu stoków młodogłacialnych (na przykładzie Pojezierza Suwalskiego)*. UW WGiSR, Warszawa.
- SOLARSKI M., PRADELA A. 2010a. *Przemiany wybranych form rzeźby Wyżyny Miechowskiej w latach 1883-1994. Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko*, 11: 78-92.
- SOLARSKI M., PRADELA A. 2010b. *Przebieg zjawisk lodowych w zbiorniku wodnym w niecce osiadania w sezonie zimowym 2008/2009. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 42: 70-79.
- SOŁTYSIK E. 1980. *Bilans wodno-gospodarczy rzek na obszarach aglomeracji miejsko-przemysłowych*. Informator Projektanta CBSiPBW, 4.
- SPENCER E.W. 1983. *Physical Geology*. Addison-Wesley Publ. Company, Massachusetts.
- SPITZ K., TRUDINGER J. 2008. *Mining and the environment: from the ore to metal*. CRC Press.
- SPRYNSKY M., LEBEDYNETS M., SADURSKI A. 2009. *Gypsum karst intensification as a consequence of sulphur mining activity (Jaziv field, Western Ukraine)*. Environmental Geology, 57, 1: 173-181.
- SROCYŃSKI W. 1997. *Wpływ eksploatacji, przeróbki i przetwórstwa rud cynku i ołowiu na środowisko przyrodnicze*. [w:] Ney R. (red.) *Surowce mineralne Polski. Surowce metaliczne. Cynk i ołów*. Wyd. Inst. GSMiE PAN Kraków: 155-222.
- SROKA A. 1999. *Dynamika eksploatacji górniczej z punktu widzenia szkód górniczych*. Studia, Rozprawy, Monografie, 58. Wyd. Inst. Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.
- SROKA A. 2003. *Funkcja czasu w świetle wyników obserwacji ciągłych i quasi-ciągłych*. Geodezja, Półrocznik AGH, 9, 2/1: 507-519.
- STACH A. 1996. *Możliwości i ograniczenia zastosowania cezu-137 do badań erozji gleb na obszarze Polski*. [w:] *Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją*. Symp. Nauk., Puławy: 203-206.
- STANIEK F., KUPKA R. 2007. *Płytko eksploatacja węgla kamiennego w granicach miasta Katowice. Informacja ogólna*. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 38: 42-45.
- STARKE L. 1988. *Przemiany środowiska geograficznego Polski a dzisiejsze geosystemy*. [w:] Starke L. (red.) *Przemiany środowiska geograficznego Polski*. Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wyd. PAN, Wrocław: 7-24.
- STARKE L. 1989. *Antropogeniczne zmiany denudacji i sedymentacji w holocenie na obszarze Europy Środkowej*. Przegl. Geogr., 61, 1-2
- STAROŚCIAK E. 2006. *280 lat historii Dąbrowy Górniczej. W 90-lecie uzyskania praw miejskich*. Muzeum Miejskie „Szttygarka”, 10. Dąbrowa Górnicza.
- STASZEWSKI B. 1988. *Zagrożenie podtopienia dzielnicy Zabrze-Makoszowy na tle przewidywanych wpływów eksploatacji*. [w:] Konstantynowicz E. (red.) *Problemy zagrożenia środowiska przyrodniczego aglomeracji miejsko-przemysłowej Zabrze*. PTPN Sosnowiec: 61-72.
- STASZEWSKI B. 1992. *Zmiany położenia zwierciadła wód gruntowych w zlewni objętej poeksploatacyjnymi ciągłymi deformacjami powierzchni*. GIG, Katowice (praca doktorska).
- STASZEWSKI B., AUGUSTYŃIAK I., BUKOWSKI P., GÓRKA G., STRZEMIŃSKI T. 1993. *Ocena zasobów wodnych zalewisk i możliwości ich zagospodarowania w wybranym rejonie GZW z użyciem komputerowego systemu symulacji*. Dokumentacja nr 2216073BH. Arch. GIG. Katowice (mat. niepublikowane).
- STAWIARSKI J., MALINOWSKI N. 1983. *Możliwości obserwacji wpływów wstrząsów sejsmicznych na terenie KWB „Betchatów” metodami geodezyjnymi*. Współczesne i geotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce, t. 4. Ossolineum, Wrocław: 135-153.
- STEINBECK E. 1857. *Geschichte des schlesischen Bergbaus*. t. 2, Wrocław.
- STEINHAUS H. 1947. *O wskaźniku stromości przeciętnej*. Przegl. Geogr., 21, 1-2: 107-108.
- STOKŁOSA 1960. *Rozwój geomorfologiczny zwalów*. IG UJ, Kraków (maszynopis).
- STRAHLER A. 1952. *Hypsometric analysis of erosional topography*. Bull. Geoll. Soc. Am., 43: 1117-1141.

- STRÍTEŽSKÁ Á., RAFAJOVÁ A. 2004. *Kategorizace ploch přírodní složky krajiny a antropogenních tvarů Ostravska*. Documenta Geonica, Ústav Geoniky, Ostrava: 69-72.
- STRZAŁKOWSKI P. 2000. *Wpływ płytkiej eksploatacji górniczej na zagrożenie powierzchni terenu deformacjami nieciągłymi*. Zesz. Nauk. Politech. Śl., Górnictwo, 246.
- STRZAŁKOWSKI P. 2010. *Zarys ochrony terenów górniczych*. Wyd. Politech. Śląskiej. Gliwice.
- STRZAŁKOWSKI P., PIWOWARCZYK J., ŁAJPAJSKI K. 2006. *Występowanie deformacji nieciągłych liniowych w świetle analiz warunków geologiczno-górnicznych*. Przegl. Górn., 5: 1-5.
- STRZELCZUK H. 1977. *Wybrane zagadnienia gospodarki odpadami*. IKŚ, Warszawa.
- STRZELECKI R., WOŁKOWICZ S., LEWANDOWSKI P. 1994. *Koncentracja cezu w Polsce*. Przegl. Geol., 42, 1: 3-8.
- STRZYSZCZ I ŁUKASIK 2008. *Zasady stosowania różnorodnych odpadów do rekultywacji biologicznej terenów poprzemysłowych na Śląsku*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 24, 2/3: 41-49.
- SUDOŁ A., ZYCH J. 2006. *Analiza deformacji nieciągłych na terenie byłej kopalni „Prezydent”*. Górnictwo i Geologia, 1, 4: 101-116.
- SUMMERFIELD M.A. 1991. *Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms*. Longman/Wiley, London/New York.
- SUMMERFIELD M.A., BROWN R.W. 1998. *Geomorphic factors in the interpretation of fission-track data*. Advances in Fission-Track Geochronology: 269-284.
- SUMMERFIELD M.A., HULTON N.J. 1994. *Natural controls of fluvial denudation rates in major world drainage basins*. Journal of Geophysical Research, 99: 13871-13883.
- SUTHERLAND R.A. 1994. *Spatial variability of ¹³⁷Cs and the influence of sampling on estimates of sediment redistribution*. Catena, 21: 57-71.
- SVENDSEN J.I., MANGERUD J., MILLER G.H. 1989. *Denudation rates in the Arctic estimated from lake sediments on Spitsbergen, Svalbard*. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 76: 153-168.
- SZABÓ J., DÁVID L., LÖCZY D. (eds.) 2010. *Anthropogenic Geomorphology. A Guide to Man-Made Landforms*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York.
- SZAFLARSKI J. 1932. *Z badań nad konstrukcją map spadku*. Wiadomości Służby Geograficznej, 3: 210-235.
- SZAFLARSKI J. 1955. *Zarys rozwoju ukształtowania Wyżyny Śląskiej*. [w:] Wrzosek A. (red.) Górny Śląsk. Prace i materiały geograficzne. Wyd. Literackie, Kraków: 65-121.
- SZCZEPANKIEWICZ S. 1948. *Intensywność urzeźbienia krajobrazu okolic Wałbrzycha*. Prace Wrocław. Tow. Nauk, ser. B., 8, Wrocław.
- SZCZEPAŃSKA J., 1987: *Zwałowiska odpadów węgla kamiennego jako ogniska zanieczyszczeń środowiska wodnego*. Zesz. Nauk. AGH, Geologia, 35.
- SZCZYPEK T. 1995. *Anthropogenic relief in the eastern part of the Silesian Upland*. Questiones Geographicae, 4: 265-270.
- SZCZYPEK T., WIKI S., SNYTKO W.A., MOLENDI T. 2002. *Рельеф поверхности и растительность неэксплуатируемых искусственных водоемов*. [in:] Andrejchuk V.N., Korzhyk V.P. (eds.) Regional aspects of land use. Technical Univ. „Kharkivski Politekhnichny Uniwersytet” (Chernivtsy), Department of Ecology and Law, Univ. of Silesia, Faculty of Earth Sciences, Chernivtsy – Sosnowiec: 165-172.
- SZCZYPEK T., TREMBACZOWSKI J. 1987. *Wyrobiska po eksploatacji surowców mineralnych w środkowej części Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej*. Geographia. Studia et dissertationes, 10: 100-112.
- SZCZYPEK T., WACH J. 1987. *Prognoza rozwoju krajobrazu antropogenicznego na przykładzie rzeki Kłodnicy (Górnośląski Okręg Przemysłowy)*. [w:] Gardavsky J., V. Križ V. (ed.) Kulturní krajiny v průmyslových oblastech, 4. ČSAV Brno: 680-685.
- SZCZYPEK T., WACH J. 1991a. *Rozwój współczesnej wydmy w warunkach silnej antropopresji*. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- SZCZYPEK T., WACH J. 1991b. *Human impact and intensity of aeolian processes in the Silesian-Cracow Upland (Southern Poland)*. Z. Geomorph. N.E., Suppl.-Bd. 90, Berlin-Stuttgart: 171-177.
- SZCZYPEK T., WACH J. 1993a. *Antropogenicznie wymuszone procesy i formy eoliczne na Wyżynie Śląskiej*. SGP, Poznań.

- SZCZYPEK T., WACH J. 1993b. *Miesięczny rozkład ilości zawiesiny w wybranych rzekach regionu śląsko-krakowskiego*. [in:] Kříž V., Prášek J., Jankowski A. (eds.) *Změny geografického prostředí v pohraničních oblastech Ostravského a Hornoslezského regionu*. Univ. v Ostravě, PF, UŠ WNoZ, Ostrava: 135-141.
- SZCZYPEK T., WACH J. 1996. *Preobrazovania rel'efa miestnosti v raionakh gornodobyvaiushchei promyshlennosti vsledstvie osedanii grunta (na primere Katovickovo vovodstva)*. [in:] Pirozhnik I.I. (ed.) *Geograficheskie problemy prirodopolzovania v usloviakh antropogennoi deiatelnosti*. Belorusskii Gosudarstvennyi univ., Belorusskoe Geograficheskoe obshchestvo, Minsk.
- SZCZYPEK T., WACH J. 1999. *Human impact and development of a modern scarp dune*. [w:] Schirmer W. (ed.) *Dunes and fossil soils*. GeoArchaeoRhein, Münster, 3: 177-186.
- SZEWCZYK J. 2008. *Kopalnia Soli „Wieliczka” – 80 lat obserwacji deformacji pogórnicznych*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 24, 3/2: 251-272.
- SZPETKOWSKI S. 1978. *Pomiary deformacji na terenach górniczych*. Wyd. „Śląsk”. Katowice.
- SZPIKOWSKI J. 2005. *Zapis denudacji antropogenicznej w katenach stokowych zlewni Perznicy (dorzecze Parsęty)*. [w:] Kotarba A., Krzemiń K., Świąchowicz J. (red.) *Współczesna ewolucja rzeźby Polski*. IGiP UJ, Kraków: 431-437.
- SZTELA J. 1969. *Osiadanie powierzchni spowodowane osuszeniem nadkładu oraz nowe kryteria dla określenia filarów bezpieczeństwa*. *Prace GIG*, 368. Katowice.
- SZUMOWSKI A. 1967. *Rozwój głównych kierunków morfometrii*. *Czas. Geogr.*, 38, 1: 37-54.
- SZUWARZYŃSKI M. 2010. *Geologia*. [w:] Prezentacja gminy Chrzanów. www.chrzanow.pl
- SZWAGRZYK F., KNAPIK S., SAŁADZIAK A. 1976. *2000 lat hutnictwa żelaza na ziemiach polskich*. Wyd. „Śląsk” Katowice.
- SZYPUŁA B. 2007. *Rzeźba strukturalna Wyżyny Śląskiej w świetle badań geostatystycznych*. UŚ WNoZ, Sosnowiec (maszynopis rozprawy doktorskiej).
- SZYPUŁA B. 2011. *Analiza rzeźby antropogenicznej Wyżyny Śląskiej w świetle danych kartograficznych*. *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 43: 89-98.
- ŚCIGAŁA R. 2005. *System komputerowy służący ocenie wpływów podziemnej eksploatacji złóż na górotwór i powierzchnię terenu*. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 6: 35-36.
- ŚLIZOWSKI K., SAŁUGA P. 1996. *Surowce chemiczne. Sól kamienna*. [w:] Ney R. (red.) *Surowce mineralne Polski*. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- ŚWIĘCHOWICZ J. 1992. *Naturalne i antropogeniczne uwarunkowania rzeźby w zlewni Starej Rzeki*. *Prace Geogr. Inst. Geogr. UJ*, 88.
- TAJDUŚ A., KASZTELEWICZ Z. 2009. *Dziesięć atutów branży węgla brunatnego w Polsce czyli węgiel brunatny optymalnym paliwem dla polskiej energetyki w I połowie XXI wieku*. *Kwartalny Biul. Informacyjny - Węgiel Brunatny*, 4/69.
- TARAS M., BERNACIAK W., KOZEK B. 2008. *Perspektywy podaży oraz prognozowania jakości węgla dla celów energetycznych w planach rozwoju Lubelskiego Węgla „Bogdanka” S.A.* *Sympozja i Konferencje*, nr 73, *Mat. XXII Konf. Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej*, Ustroń: 123-137.
- TKOCZ M. 1987. *Koncentracja górnictwa węgla kamiennego w województwie katowickim*. [w:] *Problemy geograficzne górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego*. ODN IKN, WNoZ UŚ Katowice – Sosnowiec: 106-110.
- TOY J.J., HADLEY R.F. 1987. *Geomorphology and Reclamation of Disturbed Lands*. Academic Press.
- TRACZYK S. 1997. *Gospodarka mineralnymi surowcami odpadowymi z górnictwa i energetyki*. *Przegl. Geol.*, 45, 5, 500-504.
- TRAFAS K. 1975. *Zmiany biegu koryta Wisły na wschód od Krakowa w świetle map archiwalnych i fotointerpretacji*. *Prace Geogr. UJ*, 40, Kraków.
- TRAFAS M., ECKES T. 2007. *Glebotwórcze aspekty oceny utworów sztucznych na przykładzie odpadów po flotacji rud cynku i ołowiu*. *Geomatics and Environmental Engineering*, 1, 2: 97-110.
- TRAPLE J., WILK S. 2002. *Ekologiczne skutki eksploatacji soli kamiennej metodą otworową w kopalni „Łęzkowice”*. *Cz. 2. Historia likwidacji kopalni*. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz*, R. 19/1:237-253.

- TRICART J. 1953. *Clima, vegetation, sols et morphologie*. Lab. Geog. Rennes.
- TRICART J. 1960. *Zagadnienia geomorfologiczne*. PWN, Warszawa.
- TWARDY J. 1998. Wyniki pomiarów tempa denudacji agrotechnicznej w okolicach Łodzi. Zesz. Prob. Post. Nauk. Roln., 460: 599-609.
- TYC A. 1989. Współczesne procesy krasowe w strefie oddziaływania kopalń olkuskiego okręgu rudnego. Kras i Speleologia, 6(XV): 23-39.
- TYC A. 1990. Formy zapadliskowe w krasie Olkuskiego Okręgu Rudnego wywołane działalnością górnictwem i pompowaniem wód. Sozologia i Sozotechnika, 32: 99-112.
- TYC A. 1997. Wpływ antropopresji na procesy krasowe Wyżyny Śląsko-Krakowskiej na przykładzie obszaru Olkusz – Zawiercie. Kras i speleologia, 2. UŚ Katowice.
- UBERMAN H., OSTREGA A. 2004. Sposoby rekultywacji i zagospodarowania zwałowisk nadkładu i składowisk odpadów górniczych. Górnictwo odkrywkowe, 7-8: 80-88.
- VAN DEN EECKHAUT M., POESEN J., DUSER M., MARTENS V., DUCHATEAU PH. 2007. Sinkhole formation above underground limestone quarries: A case study in South Limburg (Belgium). Geomorphology, 91: 19-37.
- VOJEJKOV A.I. 1894. Воздействия человека на природу. Землеведение, 2, 4.
- WACH J. 1987a. Antropogeniczne formy rzeźby – zagadnienie nomenklatury. Mat. 36 Zjazdu PTG, cz. II. WNoZ UŚ, PTG Oddz. Katowice, Sosnowiec: 16-17.
- WACH J. 1987b. Zmiany profilu podłużnego Kłodnicy w wyniku osiadań górniczych. [w:] Mat. Symp. polsko-czechosłowackiego - Problemy geograficzne górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego. ODN IKN, UŚ, Katowice-Sosnowiec: 126-130.
- WACH J. 1991. Wpływ antropopresji na kształtowanie się rzeźby terenu. Mat. Symp. polsko-czeskiego – Człowiek i jego środowisko w górnośląsko-ostrowskim regionie przemysłowym. UŚ WNoZ Sosnowiec: 115-119.
- WACH J., SZCZYPEK T. 1996. Preobrazowania rel'efa mestnosti v raionakh gornodobyvaiushchei promyshlennosti vsledstvie osedanii grunta (na primere Katovickovo voevodstva). [in:] Pirozhnik I. I. (ed.) Geograficheskie problemy prirodopolzovania v usloviakh antropogennoi deiatelnosti. Belorusskii Gosudarstvennyi univ., Belorusskoe Geograficheskoe obshchestvo, Minsk: 21-27.
- WACHOWIAK G., WACHOWIAK A. 2004. O kierunku wodnym rekultywacji w polskim górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego. Gazeta Obserwatora IMGW, nr 6: 17-19.
- Waddington A., Kay D. 2003. The impacts of mine subsidence on creeks, river valleys and gorges due to underground coal mining operations. Coal Operators' Conf. The AusIMM Illawarra Branch: 101-116.
- WALCOTT R.C., SUMMERFIELD M.A. 2008. Scale dependence of hypsometric integrals: An analysis of southeast African basins. Geomorphology, 96: 174-186.
- WALEK L., KOSTRUCH J. 1996. Rekultivace kalových nádrží. MS, OKD, Ostrava.
- WALLING D.E. 2006. Tracing versus monitoring: New challenges and opportunities in erosion and sediment delivery research. [in:] Owens P.N. & Collins P.N. (eds.) Soil Erosion and Sediment Redistribution in River Catchments. CABI, Wallingford, UK: 13-27.
- WALLING D.E., HE Q. 1997. Use of ¹³⁷Cs fallout in investigations of overbank sediment on river floodplains. Catena, 29: 263-282.
- WANFANG Z. 1997. The formation of sinkholes in karst mining areas in China and some methods of prevention. Environmental Geology, 31 (1/2): 50-58.
- WERNER-WIĘCKOWSKA H. 1953. Obszary bezodpływowe Mazowsza. Przegl. Geogr., 23.
- WHITE W.B. 1984. Rate processes: chemical kinetics and karst landform development. Groundwater as a geomorphic agent, Allen and Unwin: 227-248.
- WHITTAKER B. N. 1985. Surface subsidence aspects of room and pillar mining. Mining Dept. Magazine, Univ. Of Nottingham, 37: 59-67.
- WHITTAKER B.N., REDDISH D.J. 1989. Subsidence. Occurrence, Prediction and Control. Developments in Geotechnical Engineering, 56. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York_Tokyo.
- WIECZORKOWSKA J. 1976. Rola zagłębień bezodpływowych w rozwoju rzeźby okolic Łodzi. Acta Geographica Lodziensia, 37: 183-189.

- WIGGERING H. (ed.) 1993b. *Steinkohlenbergbau Steinkohle als Grundstoff Energieträger und Umweltfaktor. Geologie und Ökologie im Kontext*, Berlin.
- WIGGERING H. 1993a. *Bergbaufolgelandschaft Ruhrgebiet*. Z. deutsch. Geol. Ges., 144: 295-307.
- WIGHAM D. 2000. *Occurrence of mining-induced open fissures and shear walls in the Permian limestones of County Durham*. Mining Technology: IMM Transactions section A, 109, 3: 172-178.
- WILCZYŃSKI M. 2010. *Węgiel brunatny*. Gospodarka i środowisko, 5(20): 37-63.
- WILK Z. (red.) 2003. *Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa*. T. 1, Uczelniane Wyd. Nauk.-Dydakt., Kraków.
- WILK Z., MOTYKA J., NIEWDANA J. 1973. *Geologiczne i hydrogeologiczne uwarunkowania powstania zapadłisk na obszarze górniczym jednej z kopalń rud cynkowo-olowiowych*. Biul. Inst. Geol., 277, Z badań czwartorzędu w Polsce, 3: 359-378.
- WILKINSON B.H. 2005. *Humans as geologic agents. A deep-time perspective*. Geology, 33: 161-164.
- WILKINSON B.H., MCELROY B.J. 2007. *The impact of humans on continental erosion and sedimentation*. GSA Bulletin, 119, 1/2: 140-156.
- WIŚNIEWSKI B. 1969. *Zamulenie zbiorników wodnych w Polsce oraz próba jego prognozy na podstawie intensywności denudacji*. Arch. Hydrot., 16,4, Warszawa.
- WIŚNIEWSKA-ŻELICHOWSKA M., RADLICZ-RÜHLÖWA H. 1988. *Podstawy geologii*. Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- WOJCIECHOWSKI T. 2007. *Osiadanie powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji węgla kamiennego na przykładzie rejonu miasta Knurowa*. Przegl. Geol., 55, 7: 589-594.
- WOJTANOWICZ J. 2010. *Współczesne procesy eoliczne*. Wyd. UMCS, Lublin.
- WOJTAS M. 2009. *Przydatność danych geodezyjnych na terenach górniczych dla celów projektowych*. Politech. Śląska, Biblioteka Cyfrowa, Gliwice.
- WOLMAN M.G. 1975. *Erosion in the urban environment*. Hydrol., Science Bull. 20, Washington: 117-126.
- WÓJCIK A., CHMURA J. 2005. *Złoża surowców mineralnych i zmiany środowiska naturalnego wywołane przez górnictwo na terenie Bukowna*. Górnictwo i Inżynieria, 29/4: 219-236.
- WÓJCIK J. 1993. *Przeobrażenia ukształtowania powierzchni ziemi pod wpływem górnictwa w rejonie Wałbrzycha*. Acta Univ. Wratisl., 1557, Studia Geograficzne, 59: 5-145.
- WÓJCIK J. 1995. *Oddziaływanie form antropogenicznych powstałych pod wpływem górnictwa na środowisko przyrodnicze w Zagłębiu Wałbrzyskim*. Przegl. Geogr., 67, 1/2: 55-70.
- WÓJCIK J. 1996. *Przekształcenia rzeźby powstałej pod wpływem górnictwa węglowego w Wałbrzychu i okolicy, 1865-1990*. Przegl. Geogr., 68, 1/2: 181-191.
- WÓJCIK J. 2006. *Rozwój rzeźby antropogenicznej pod wpływem górnictwa węglowego w Wałbrzychu i okolicy w latach 1975-1996, w świetle gospodarki odpadami górnictwymi*. Przegl. Geogr., 78, 1: 109-126.
- WÓJCIK J. 2008. *Górnictwo zmiany rzeźby terenu rejonu wałbrzyskiego*. Landform Analysis, 9: 339-342.
- WÓJCIK J. 2011. *Przemiany wybranych komponentów środowiska przyrodniczego rejonu wałbrzyskiego w latach 1975-2000 w warunkach antropopresji, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu przemysłu*. Rozprawy Naukowe IGI RR UW, 21, Wrocław.
- WRONA A. 1973. *Wpływ przemysłu na zmiany ukształtowania powierzchni ziemi Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego*. Przegl. Geogr., 45, 3: 557-573.
- WRONA A. 1975a. *Problemy degradacji i ochrony powierzchni ziemi w Rybnickim Okręgu Węglowym*. Przegl. Geogr., 47, 3: 519-538.
- WRONA A. 1975b. *Z problematyki wpływu przemysłu na środowisko geograficzne Rybnickiego Okręgu Węglowego*. Czas. Geogr., 46, 3: 295-311.
- WRONA A. 1977. *Rekultywacja wyrobisk popiaskowych w województwie katowickim*. Miasto, 11: 20-25.
- WYŻGA B. 2005. *Wpływ eksploatacji osadów z koryt na systemy rzeczne*. [w:] Kotarba A., Krzemień A., Święchowicz J. (red.) *Współczesna ewolucja rzeźby Polski*: 531-536.
- YONG R.N., TURCOTT E., MAATHUIS H. 1995. *Groundwater abstraction-induced land subsidence prediction: Bangkok and Jakarta case studies*. IAHS Publ., 234: 89-97.
- YOUNG L.E., STOEK H.H. 1916. *Subsidence resulting from minning*. Univ. of Illinois Engineering Experiment Station, Bull. No. 91.

- YU P. 1994. *Surface subsidence in the karst mining area in China*. Mine Water and The Environment, 13, 2: 21-26.
- ZABORSKI B. 1931. *Analiza morfometryczna rzeźby terenu nizinowego*. Wiad. Służby Geograficznej, 3: 177-215.
- ZAPLETAL L. 1968. *Geneticko-morfologická klasifikace antropogenních forem reliéfu*. Acta Univ. Palackianae Olomunicensis. Fac. Rerum Natur. 23. Geogr. – Geol. VIII: 239-427.
- ZAPLETAL L. 1969. *Úvod do antropogenni geomorfologie*. Univ. Palackého v Olomouci, Olomouc.
- ZAPLETAL L. 1976a. *Antropogenni relief Československa*. Acta Univ. Palackianae Olomunicensis. Fac. Rerum Natur. 50. Geogr. – Geol. XV: 155-173.
- ZAPLETAL L. 1976b. *Antropogenni geomorfologický efekt orografických celků ČSSR*. Acta Univ. Palackianae Olomucensis, t. 50, Geographica-Geologica, XV: 177-198.
- ZÁVOIANU I., 1985. *Morphometry of drainage basins*. Develop. Wat. Sci., 20.
- ZGLINICKA A. 1927. *Regiony morfologiczne na Pokuciu*. Prace geograficzne wyd. przez E. Romera, 17: 81-97.
- ZGŁOBICKI W. 2008. *Geochemiczny zapis działalności człowieka w osadach stokowych i rzecznych*. Wyd. UMCS, Lublin.
- ZIELIŃSKA K. 2009. *Przekształcenia rzeźby obszaru górniczego kopalni „Andaluzja” w Piekarach Śląskich w latach 1960-2002 wskutek eksploatacji węgla kamiennego*. UŚ, WNoZ, Sosnowiec (maszynopis)
- ZIELIŃSKI A. 1984. *Górny Śląsk i Zagłębie w dawnych opisach - wiek XIX*. Wyd. „Śląsk” Katowice.
- ZIEMBA J. 1967. *Biedaszyby Górnego Śląska i Zagłębia Dąbrowskiego*. Wyd. „Śląsk”, Katowice.
- ZYCH J., BARANOWSKI Z., DŹWIGOŁ H. 2000. *Problemy ochrony powierzchni po zlikwidowaniu kopalni na przykładzie byłej kopalni „Zabrze”*. Zesz. Nauk. Politech. Śląskiej. ser. Górnictwo, 246: 407-417.
- ZYCH J., DUŻY S., KLETA H. 1994. *Wpływ wieloletniej intensywnej eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię terenu*. Mat. konf. Współczesne problemy ochrony środowiska w górnictwie, Krynica: 157-168.
- ŻEGLICKI J. 1996. *O budowie geologicznej, rudach i minerałach rejonu Tarnowskich Gór*. Stow. Miłośników Ziemi Tarnogórskiej, Tarnowskie Góry.
- ŻMUDA S. 1973. *Antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej*. PWN Warszawa-Kraków.
- ŻOŁNA A. 1996. *Wpływ podziemnej eksploatacji węgla kamiennego na warunki hydrograficzne pola górniczego KWK Czczott*. UŚ WNoZ, Sosnowiec (maszynopis).
- ŻYCZYŃSKI H. 1980. *Rozwój krasu pod wpływem górnictwa na Górnym Śląsku*. Mat. Symp. polsko-czechosłowackiego Przeobrażenia środowiska geograficznego w obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych. Sosnowiec – Kozubnik: 40-53.
- ŻYŃDA S. 1976. *Metoda wyznaczania morfometrycznych cech rzeźby na przykładzie obszaru w granicach byłego województwa zielonogórskiego*. Bad. Fizjogr. nad Polską Zach., ser. A, T. 29: 179-193.

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

- Atlas geologiczno inżynierski aglomeracji Rybnik – Jastrzębie Zdrój – Żory* 1:10 000. Przeds. Geol. we Wrocławiu Proxima S.A., Katowice, Warszawa, Wrocław, 2010.
- Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji katowickiej* 1:10 000, Katowickie Przeds. Geol., PiG, Przedsiębiorstwo Geol. we Wrocławiu Proxima S.A., Katowice, Warszawa, Wrocław, 2005.
- Atlas geologiczny Polski*. Czwartorzęd. Wyd. Geol. Warszawa, 1968.
- Atlas klimatu województwa śląskiego*. IMiGW, Oddział w Katowicach, Katowice, 2000.
- Atlas map vlivu útlumu hlubinné těžby černého uhlí v České části hornoslezské pánve na povrch a životní prostředí*. Documenta Geonica, Ústav Geoniky, Ostrava, 2003.
- Bilans gospodarki surowcami mineralnymi w Polsce na tle gospodarki światowej*, PAN, Warszawa.
- Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce*. Ministerstwo Środowiska. PiG Warszawa.
- BUŁA Z., KOTAS A. (red.) 1994. *Atlas geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Część 3: Mapy strukturalne. Państw. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- DOKTOROWICZ-HREBNICKI S. 1968. *Mapa geologiczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Mapa stratygraficzna bez utworów młodszych od karbonu produktywnego 1:100 000, Wyd. Inst. Geol., Warszawa.
- Encyclopedia of Geomorphology*. Goudie A. (ed.) 2004.

- Górnictwo węgla kamiennego w 40-leciu Polski Ludowej*. Szkic monograficzny. GIG, Katowice, 1988.
- JANKOWSKI A.T., HAVRLANT M. 1999. *Anthropogene Reliefveränderungen in Oberschlesien – Anthropogenic Modifications to the Relief of Upper Silesia*. [in:] Jordan P. (ed.) *Atlas Ost-und Südosteuropa. Aktuelle Karten zu Ökologie, Bevölkerung und Wirtschaft*. Österreichisches Ost – und Südosteuropa-Institut, Wien.
- JURECZKA J., DOPITA M., GAŁKA M., KRIEGER W., KWARCINŚKI J., MARTINEC P. 2005. *Atlas geologiczno-złotowy polskiej i czeskiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. PiG, Warszawa.
- LAMPARSKA-WIELAND M. 2003. *Atlas zmian wybranych elementów krajobrazu terenów górniczych i pogórnich Płaskowyżu Tarnowickiego*. Prace WNoZ UŚ, nr 27, Warszawa.
- Mapa form geomorfologicznych ze szczególnym uwzględnieniem form antropogenicznych 1:25 000*. Roman W., Wesolowski D., Kundel J., Pracownia Fotointerpretacji i Opracowań Specjalnych, Warszawa, 1986.
- Mapa Geomorfologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego 1:50 000*, Klimaszewski M. (red.) Komitet ds. GOP PAN, Warszawa 1959.
- Mapa gleb województwa katowickiego 1:100 000*, 1986.
- Mapa Hydrogeologiczna 1: 200 000* arkusz Kraków. Wyd. Geol. Warszawa, 1986.
- Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:200 000* arkusz Cieszyn. Wyd. Geol., 1983.
- Mapa Hydrograficzna Polski 1:50 000*, Główny Geodeta Kraju, Warszawa, 1985-2001.
- Mapa Podziału Hydrograficznego Polski 1:50 000* IMiGW Warszawa, 2004.
- Mapa przeobrażeń powierzchni ziemi woj. katowickiego 1:50 000*. WOS UW Katowice 1982.
- Mapa sozologiczna 1:50 000*. GEOPOL, Poznań 1995.
- Mapa topograficzna 1:10 000*, Główny Geodeta Kraju, 1993-1994.
- Mapa topograficzna 1:25 000*, OPGK, Warszawa 1986.
- Messtischblätter, Herausgegeben von der Preußischen Landesaufnahme, 1:25 000* Reichsamt für Landesaufnahme, Berlin 1883.
- Mining Technology 2002*. www.mining-technology.com/projects/germany
- Ochrona środowiska w województwie katowickim*, WUS Katowice.
- Plan gospodarki odpadami dla województwa śląskiego*, Urząd Marszałkowski, Katowice, 2003.
- Podział hydrologiczny Polski, Część II*. Mapa 1 : 200 000, IMiGW, Warszawa, 1980.
- Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski 1:500 000*, IGiPZ PAN, Kraków, 1980.
- Rocznik statystyczny Kopalń Węgla Kamiennego*, GIG, Katowice.
- Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej (do 1997 roku – Rocznik statystyczny)*, GUS Warszawa.
- Słownik geologii dynamicznej*, Wyd. Geol. Warszawa, 1985.
- Statystyka Przemysłu Węglowego 1945-2009*.
- Strategia dla górnictwa węgla kamiennego na lata 2007-2015*. 2007.
- Szczegółowa Mapa Geologiczna 1:50 000*, Wyd. Geol., Warszawa.
- Topographische Karte 1:25 000*, WIG, Warszawa 1931.
- Wielka Encyklopedia*. T. 7. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2002.
- ZUCHIEWICZ W. 2000. *Współczesne ruchy tektoniczne*. Mapa 1: 5 000 000. [w:] *Atlas Polski. Encyklopedia geograficzna świata*, T. XI. Wyd. Opres, Kraków: 29.

SPIS RYSUNKÓW

- Rys. 1. Zasięg Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na tle uproszczonej mapy hipsometrycznej
- Rys. 2. Obszary górnice kopalń węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym według stanu w 1993 roku
- Rys. 3. Szkic geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
- Rys. 4. Utwory powierzchniowe na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
- Rys. 5. Szkic geomorfologiczny obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
- Rys. 6. Mezoregiony (A) i jednostki geomorfologiczne (B) na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
- Rys. 7. Zasięg wydzielonych stref geologicznych w granicach obszaru badań szczegółowych
- Rys. 8. Obszar badań na tle arkuszy map Messtischblätter 1:25 000 (1883) oraz Topographische Karte 1:25 000 (1931)
- Rys. 9. Górnictwo kruszców na obszarze GZW
- Rys. 10. Wyrobiska surowców skalnych na obszarze GZW
- Rys. 11. Warpia po eksploatacji rud w rejonie chrzanowskim na Garbie Jaworznickim
- Rys. 12. Profil morfologiczny przez kamieniołomy na Garbach – Jaworznickim i Ciężkowickim
- Rys. 13. Kopalnie odkrywkowe węgla kamiennego na tle szkicu geomorfologicznego pogranicza Kotliny Dąbrowskiej i Płaskowzgórzy Dańdówki, stan z połowy XX wieku
- Rys. 14. Zmiany rzeźby we wschodniej części Kotliny Biskupiego Boru wskutek eksploatacji piasków podsadzkowych w latach 1960-2004
- Rys. 15. Rozmieszczenie zwałowisk na obszarze GZW
- Rys. 16. Położenie i rozmiary największych zwałowisk w stosunku (1:1) do naturalnych elementów rzeźby różnego rzędu
- Rys. 17. Rejony płytkiej eksploatacji węgla kamiennego i zagrożenie deformacjami nieciągłymi w północnej części Płaskowzgórzy Dańdówki
- Rys. 18. Płytko eksploatacja i zapadliska na obszarze kopalni „Jaworzno” w Kotlinie Mysłowickiej
- Rys. 19. Leje zapadliskowe w Sosnowcu-Modrzejowie w północnej części Kotliny Mysłowickiej na początku XX wieku
- Rys. 20. Formy zapadliskowe w Sosnowcu-Ostrowach Górniczych, w północnej części Kotliny Biskupiego Boru na początku XX wieku
- Rys. 21. Formy zapadliskowe w niecce osiadania na obszarze nakładających się wpływów KWK „Andaluzja” i KGH „Orzeł Biały” w północnej części Wyżyny Siemianowickiej
- Rys. 22. Deformacje nieciągłe liniowe na obszarze kopalni „Pniówek” na Płaskowyżu Rybnickim
- Rys. 23. Rozmieszczenie niecek i stref osiadania w północno-centralnej części GZW w latach 50. XX wieku
- Rys. 24. Osiedlenia powierzchni na obszarze górniczym Płaskowyżu Rybnickiego na przełomie lat 70. i 80. XX wieku
- Rys. 25. Zasięg deformacji ciągłych na obszarze GZW na początku lat 90. XX wieku
- Rys. 26. Profil morfologiczny przez najgłębszą nieckę osiadania na obszarze GZW, Bytom Miechowice
- Rys. 27. Strefa występowania największych niecek osiadania na obszarze GZW
- Rys. 28. Schemat powierzchni poślizgowych w północno-zachodniej części zwałowiska „Pochwacie” na Płaskowyżu Rybnickim
- Rys. 29. Przekształcenia rzeźby i sieci wodnej na północnym przedpolu zwałowiska „Pochwacie” w latach 1993 (A) i 2012 (B), Płaskowyż Rybnicki
- Rys. 30. Hipsometria północnej części Wyżyny Siemianowickiej w latach 1883 (A) i 1993 (B)
- Rys. 31. Zmiany wysokości względnych w centralnej części GZW w okresie 1883-1993
- Rys. 32. Uproszczony schemat przemieszczania materiału skalnego między kopalniami węgla kamiennego i piasku podsadzkowego

- Rys. 33. Zmiany działów wodnych w okresie 1883-1993 – I rzędu Wisła-Odra na Płaskowyżu Bytomskim (A) oraz VI rzędu Podkościele na Płaskowyżu Rybnickim (B)
- Rys. 34. Użytkowanie terenu w zlewniach Dębinki i Pniówka na Płaskowyżu Rybnickim w latach 1960 (A) i 2004 (B)
- Rys. 35. Zmiany biegu Kłodnicy i jej dopływów w okresie 1883-1993
- Rys. 36. Zmiany profilów podłużnych wybranych cieków w wyniku osiadania powierzchni terenu
- Rys. 37. Rozmieszczenie zagłębień bezodpływowych w północnej części GZW według stanu w 1993 roku
- Rys. 38. Zmiany kierunków przemieszczania materii na Wyżynie Siemianowickiej w wyniku powstania zagłębień bezodpływowych
- Rys. 39. Krzywe hipsograficzne wybranych jednostek geomorfologicznych na obszarze GZW dla lat 1883 i 1993
- Rys. 40. Krzywe hipsograficzne wybranych zlewni na obszarze Płaskowyżu Rybnickiego dla lat 1883 i 1993
- Rys. 41. Denudacja antropogeniczna na obszarze wpływów górniczych obliczona na podstawie wydobywania węgla kamiennego i skały płonnej do 2009 roku (mm/rok)
- Rys. 42. Bilans denudacyjny mezoregionów geomorfologicznych na obszarze badań (mm/rok) dla okresu 1883-1993 obliczony na podstawie analizy morfometrycznej
- Rys. 43. Koncentracja ^{137}Cs w osadach zagłębień bezodpływowych na Wyżynie Siemianowickiej
- Rys. 44. Zasoby przemysłowe i prognozowana żywotność kopalń w GZW na tle stref geologicznych
- Rys. 45. Główne obszary górnicze w Polsce na tle podpowrovincji geomorfologicznych
- Rys. 46. Wydobywanie głównych surowców mineralnych w Polsce w latach 1960-2009 w mln ton
- Rys. 47. Wydobywanie węgla kamiennego w Europie w latach 1800 - 2005 (2010) w mln ton
- Rys. 48. Sumaryczne wydobywanie węgla przez głównych producentów na świecie do 2009 roku w mln ton

SPIS TABEL

- Tabela 1. Wydobywanie węgla kamiennego w kopalniach dużych i małych na obszarze GZW w latach 1769-2009
- Tabela 2. Wydobywanie węgla kamiennego w kopalniach GZW w latach 1769-2009
- Tabela 3. Główne kamieniołomy skał zwięzłych na obszarze GZW
- Tabela 4. Wydobywanie piasków podsadzkowych na obszarze GZW do 2009 roku
- Tabela 5. Antropogeniczne formy rzeźby utworzone wskutek bezpośredniej działalności górniczej na obszarze GZW
- Tabela 6. Zwałowiska i wyrobiska utworzone do 1993 roku na obszarze mezoregionów w granicach GZW
- Tabela 7. Warunki eksploatacji i rozmiary obniżenia powierzchni na obszarze Rudy Śląskiej do 1991 roku, Wzgórza Rudzkie
- Tabela 8. Objętość obniżenia powstałych w okresie 1883-1993 na obszarze GZW
- Tabela 9. Objętość obniżenia i średnie obniżenie powierzchni do 1993 roku według stref geologicznych
- Tabela 10. Obniżenia powierzchni na obszarze górniczym według stref geologicznych
- Tabela 11. Obniżenia powierzchni na obszarze wybranych jednostek geomorfologicznych
- Tabela 12. Zmiany wysokości bezwzględnych na obszarze górniczym według stref geologicznych w okresie 1883-1993
- Tabela 13. Zmiany średniej wysokości terenu wybranych jednostek geomorfologicznych w okresie 1883-1993
- Tabela 14. Zmiany wysokości względnych w wybranych jednostkach geomorfologicznych w okresie 1883-1993

- Tabela 15. Powierzchnia obszarów w poszczególnych klasach nachylenia stoków według stref geologicznych w latach 1883 i 1993
- Tabela 16. Zmiany powierzchni w poszczególnych klasach nachylenia stoków w wybranych jednostkach geomorfologicznych w latach 1883-1993
- Tabela 17. Zmiany powierzchni w poszczególnych klasach nachylenia stoków na obszarze jednostek geomorfologicznych wymienionych w tabeli 16, w okresie 1883-1993
- Tabela 18. Rząd i powierzchnia badanych zlewni
- Tabela 19. Obszary bezodpływowe w wybranych zlewniach na obszarze GZW
- Tabela 20. Zmiany udziału równin w wybranych zlewniach w okresie 1883-1993 na tle stref geologicznych
- Tabela 21. Zlewnie o największych zmianach wskaźnika rzeźby L w okresie 1883-1993
- Tabela 22. Zmiany długości i spadków dużych rzek z obszaru GZW w okresie 1883-1993
- Tabela 23. Rzeki o największym obniżeniu bazy erozyjnej okresie 1883-1993
- Tabela 24. Udział wód obcych w średnim niskim odpływie wybranych rzek na obszarze GZW
- Tabela 25. Średnie i maksymalne stany wód w dużych rzekach GZW i odpowiadające im spływy jednostkowe
- Tabela 26. Zagłębienia bezodpływowe o największej objętości osiadań w GZW zestawione według jednostek geomorfologicznych
- Tabela 27. Zmiany wskaźnika objętości masy skalnej i stadium rozwoju rzeźby wybranych jednostek geomorfologicznych na obszarze GZW w okresie 1883-1993
- Tabela 28. Zmiany wskaźnika objętości masy skalnej i stadium rozwoju rzeźby wybranych zlewni z obszaru GZW
- Tabela 29. Wydobyte surowców mineralnych na obszarze GZW do 2009 roku
- Tabela 30. Wskaźniki denudacji antropogenicznej obliczone na podstawie wydobywania węgla kamiennego i skały płonnej w kopalniach na obszarze GZW w latach 1769-2009
- Tabela 31. Denudacja antropogeniczna na obszarze GZW obliczona na podstawie wydobywania węgla kamiennego i skały płonnej (w odniesieniu do obszarów górniczych kopalń)
- Tabela 32. Denudacja antropogeniczna na obszarze GZW obliczona na podstawie wydobywania piasków podsadzkowych
- Tabela 33. Zmiany średniej wysokości wybranych jednostek geomorfologicznych i zlewni położonych w większej części poza zasięgiem działalności górniczej
- Tabela 34. Bilans denudacyjny wybranych jednostek geomorfologicznych na obszarze GZW dla okresu 1883-1993 na podstawie analizy morfometrycznej
- Tabela 35. Wskaźniki denudacji antropogenicznej dla okresu 1883-1993 obliczone na podstawie badań osadów w wybranych zagłębieniach bezodpływowych
- Tabela 36. Eroza denną w wybranych dolinach na obszarze GZW
- Tabela 37. Wydobyte głównych surowców mineralnych w Polsce w latach 1960-2009
- Tabela 38. Odpady górnicze i nadkład nagromadzone w Polsce do 2009 roku
- Tabela 39. Denudacja i agradacja antropogeniczna na wybranych obszarach górniczych w Polsce

SPIS FOTOGRAFII

- Fot. 1. Antropogeniczne formy rzeźby powstałe w wyniku działalności górniczej
- Fot. 2. Procesy geomorfologiczne kształtujące pogórnice formy rzeźby
- Fot. 3. Przykłady kopalń węgla kamiennego z obszaru GZW
- Fot. 4. Przykłady wyrobisk eksploatacyjnych na obszarze GZW
- Fot. 5. Przykłady zwałowisk z obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
- Fot. 6. Stare, około stuletnie formy zapadliskowe na obszarze kopalni „Kazimierz-Juliusz” w północnej części Kotliny Biskupiego Boru
- Fot. 7. Ogólny widok obszarów z formami zapadliskowymi, Płaskowyż Bytomski

- Fot. 8. Deformacje nieciągłe liniowe (szczelina i próg terenowy) na obszarze kopalni „Jankowice”, Płaskowóz Rybnicki
- Fot. 9. Najgłębsza niecka osiadania na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, Bytom Miechowice
- Fot. 10. Niecki osiadania z różnych rejonów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
- Fot. 11. Skutki nacisku zwałowiska „Pochwacie” na podłoże, Płaskowóz Rybnicki
- Fot. 12. Sposoby przemieszczania materiału antropogenicznego na obszarze GZW
- Fot. 13. Przykłady gruntów antropogenicznych z obszaru GZW
- Fot. 14. Zmiany geometrii koryt wybranych rzek na obszarze GZW
- Fot. 15. Przykłady wzmoczonej erozji rzecznej wskutek obniżenia bazy erozyjnej na obszarze osiadań w GZW
- Fot. 16. Powódź na obszarach osiadań górniczych w GZW w 2010 roku
- Fot. 17. Osady antropogeniczne w dolinach wybranych rzek
- Fot. 18. Strefy akumulacji osadów w zalewiskach i zbiornikach wodnych w wybranych dolinach
- Fot. 19. Główne rodzaje zagłębień bezodpływowych na obszarze osiadań górniczych
- Fot. 20. Formy brzegowe i osady zagłębień bezodpływowych na Wyżynie Miechowickiej
- Fot. 21. Osady zagłębień bezodpływowych na obszarze Wyżyny Śląskiej
- Fot. 22. Użytkowane rolniczo zagłębienia bezodpływowe na obszarach osiadań górniczych w GZW
- Fot. 23. Przykłady nasilenia erozji rzecznej wskutek osiadania powierzchni terenu
- Fot. 24. Formy antropogeniczne związane z górnictwem różnych surowców mineralnych w Polsce
- Fot. 25. Antropogeniczne formy rzeźby na obszarze Zagłębia Ostravsko-Karwińskiego
- Fot. 26. Bezpośrednie i pośrednie skutki działalności górniczej w Zagłębiu Ruhry w Niemczech

Anthropogenic Denudation in Mining Areas on the Example of the Upper Silesian Coal Basin

Summary

The Upper Silesian Coal Basin (USCB) is one of the oldest and largest mining areas in Poland as well as in Europe. Intense extraction of hard coal, stowing sands, zinc and lead ores, and rock resources caused such extensive transformations of landscape that it can be considered a model anthropogenic relief. This dissertation attempts at a synthesis of these transformations, using uniform research methods for the whole study area. Our main objectives are as follows: 1/ to recognize anthropogenic forms of relief related to mining activity and present them from a spatial, genetic and age perspective, 2/ to determine the changes in the morphometric characteristics of relief and the conditions for matter movement in open systems (catchments) and closed systems (closed basins), caused by the extraction of mineral resources, and 3/ to estimate the size of anthropogenic denudation using varied methods based on such factors as the volume of extraction, a morphometric analysis, a study of sediments in closed basins, and through observation and direct measurements.

The research spans a short period of time (100-250 years); *sensu lato* it encompasses the area of almost entire Upper Silesian Coal Basin (4,540 km², Fig. 1), *sensu stricto* it includes 3 geological zones (Fig. 7) and 25 geomorphological units within the range of 63 hard coal mines (2,838 km², Fig. 2, 6, photo 3). The geological zones, here called – Carboniferous, Triassic and Miocene, in broad outline, refer to the occurrence of deposits of older, Pre-Quaternary substratum (Fig. 7). The Carboniferous zone (516 km²) includes areas whose substratum was deeply drained as a result of intense hard coal mining. In a landscape characterised by moderate relief and strong urbanisation, there are noticeable sandstone horsts of tectonic origin, occasionally overlaid with „caps“ of the Triassic rocks split by tectonic and erosional-denudational depressions (Fig. 3, 5). The Triassic zone (284 km²) encompasses an area where the Carboniferous overburden consists of the Triassic carbonic rocks, which collect rich groundwater resources and are susceptible to karst processes. It is an area with either intense or moderate relief, characterised by escarpments and horsts (Fig. 5). Mining pression affected not only the Carboniferous substratum but also the Triassic overburden containing zinc and lead ores (Fig. 9). In the Miocene zone (nearly 860 km²), the Carboniferous substratum lies beneath an impermeable overburden of the Miocene clayey rocks, and groundwaters occur in the Quaternary deposits. In the landscape with predominant low-relief clayey plateaux and outwash surfaces (Fig. 4, 6), the Rybnik Plateau, intensely dissected and quite strongly urbanised, is a distinguishable part.

A cartometric analysis of relief was carried out using archival topographic maps from the late 19th century (Fig. 8) and contemporary ones from the late 20th century. The maps were adjusted by *ArcMap* 9.3 to the coordinate system 1992, and then vectorised and analysed by *MapInfoProfessional* 7.0. Consequently, 2 numerical models of the area were constructed – for the years 1883 and 1993. Each model encompasses an area of over 2,800 km². By subtracting the contemporary model from the late 19th century model, a raster map of changes in altitude from 1883 to 1993 was obtained. Also, maps of gradients and relative heights were constructed on the basis of digital elevation models. A database was created for geological zones, geomorphological units, catchments (I-VI order, Fig. 18) and hard coal mines. Hypsographic curves were drawn for selected geomorphological units and catchments for the years 1883 and 1993 (Fig. 39, 40), and indices of rock mass volume were calculated (STRAHLER 1952, Fig. 27, 28).

Mining production was calculated using numerous sources. Data on hard coal mining in all the mines of the Upper Silesian Coal Basin from 1769, that is when the records were started, to 2009 (Fig. 1, 2), and on the extraction of stowing sands (Fig. 4) and other mineral resources were collected. The data on extraction of twelve main resources in Poland mostly come from the last 50 years (Fig. 37). Total hard coal extraction by main European and world producers since the year 1800 is shown in figures 47 and 48.

Calculations of anthropogenic denudation rate in coal mine areas were made from hard coal production, following the procedures described by ŽMUDA (1973) and DULIAS (2011). Calculations of anthropogenic denudation rate on the basis of a morphometric analysis consisted in dividing the volume of resultant depressions by the surface area of the studied region (geological zone, geomorphological unit, catchment and coal mine) and the years of mining activity. Calculations of anthropogenic denudation from the analyses investigation, of sediments in closed basins were made using the method described by BORÓWKA (1992); the age reference level was obtained on the basis of ^{137}Cs dating. Research results were compared with data from other mining areas in Poland, as well as in the Ruhr Coal Basin (Ruhr District) and the Ostrava-Karvina Coal Basin.

During the thousand years of mining in the Upper Silesian Coal Basin, more than 13 billion tons of mineral resources and approximately 2-4 billion tons of waste rock (Fig. 29) were removed. The removal of rock mass was in nearly 94% connected with the extraction of hard coal and stowing sands; 98% of loss occurred during the last 100 years. The forms created as a result of direct mining activity (Tab. 3, 5, 6, Fig. 10) cover the area of less than 150 km²; half of this area falls on stowing sandpits (Fig. 14) and 1/3 on mining waste heaps (Fig. 15, 16, 28, 29, photo 5). The location of concave forms (Photo 4) is related to the lithological features of the substratum, that is to particular forms of relief of higher order, including quarries of solid rocks on cuestas and horsts, clay pits on high plains built from cohesive deposits, sandpits in basins and depressions overlaid with fluvoglacial deposits. The majority of directly anthropogenic forms preserved, to a considerable degree, the morphologic distinctiveness from the mining period. This pertains to numerous minor landforms from several hundred years ago (Fig. 11) and some opencast coal mines (Fig. 13).

From a geomorphological point of view, the most significant effect of mining is the emergence of indirectly anthropogenic forms - subsidence basins (Fig. 23-25, photo 10). Sinkholes, which are characteristic landforms in the process of shallow exploitation, were of marginal importance both in terms of morphology and the volume of the rock material moved as a result of their emergence (approximately 1 mln m³ - 0.007%) (Fig. 17-22, photos 6-8). Subsidence basins cover an area of 1,125 km² and have a volume of 3.3 billion m³ (Tab. 7-11). The largest volume of subsidence was observed in the Carboniferous zone (40% of total volume) – the area was lowered by 3.4 m on average. The biggest average subsidence of 4.4 m was recorded at the Triassic zone; here, also maximum subsidence of approximately 35 m was observed (Fig. 26, photo 9). A series of subsidence basins which are the deepest in the entire Upper Silesian Coal Basin corresponds in shape to the course of Saddle Beds (Fig. 27). In the Miocene zone, depressions below 2 m predominate, although in many places, they exceed 20 m.

The emergence of anthropogenic forms of relief, especially subsidence basins, caused significant changes in morphometric features of former relief. Absolute heights in vast areas of dozens and hundreds of square kilometers altered (Tab. 12), and new height-intervals appeared in many areas (Fig. 30). The surface area of the high-lying (above 280 m asl) mining areas decreased by over 42 km², whereas the surface area of those low-lying, (below 250 asl) increased by approximately 34 km². In the overwhelming majority of geomorphological units, an average height of the area decreased from 0.2 m to 4.5 m (Tab. 13); the least - on plainland, and the most - in areas with slope angle of 1-5. In more than ¾ of the area, relative heights increased (Fig. 31, tab. 14), mostly by less than 5 m. Generally, the relief of plains was diversified, whereas higher relief was moderated. Changes in slope angles (Tab. 15-17) are the same in all geological zones: they consist in a decrease in plainland and an increased share of slopes representing each class of slope angle, mostly those ranging between 1 and 3°.

Along with the transformation of morphometric features of relief, the conditions for matter movement altered (Photo 12, 16). The increase or decrease in absolute and relative heights changed the "distance" to local erosional bases, which, together with the changes of slope angles, modified the character and intensity of geomorphological processes. In the circulating matter, there are deposits with different physical and chemical qualities because new lithological deposits (waste rock, processed wastes) appeared on the surface (Fig. 32, photo 13), and in some areas, the natural surface sediments were dessicated, dampened, polluted, deprived of a vegetation cover and mixed with waste material.

The existence of anthropogenic landforms impacts currently occurring fluvial and slope processes (Fig. 28, 29, photo 11), including sheet wash, aeolian and lithoral processes, regardless of the fact that the relief is being modelled by these very processes (Photo 2). One of the most significant changes relevant to the circulation of matter in the Upper Silesian Coal Basin is the emergence of numerous closed basins (Fig. 37, tab. 19, 26, photo 19, 22), mostly in subsidence basins. This area, excluded from the fluvial system, encompasses more than 122 km², that is almost 8% of the entire mining area, mainly in the Triassic zone - within the Vistula-Odra watershed. The reversal of natural fall of the land directed the surface wash toward the centre of basins and considerably shortened its way to the base-level of erosion (Fig. 38). As regards the closed basins, their emergence in relief is in 84% attributed to the increase in average slope angles. The deposition in these new sedimentation basins goes at a rate of approximately 0.6-0.9 mm/year (Fig. 43, tab. 35, photos 20, 21).

The conditions for the circulation of matter are also affected by discontinued circulation between the two systems: slope and fluvial ones with the construction of embankments, high railway embankments and waste heaps. Disturbances in the circulation of matter in fluvial systems are, first and foremost, a consequence of changes in: the location of erosional base, geometry of river beds, fall of valley bottoms and slopes, course of watersheds (Fig. 33) and resultant changes in the surface area of catchments, flows and load of transported material. In the 90% of the investigated catchments, slope angles increased (Tab. 20), and in the 80% of them, relief energy increased (Tab. 21). Over 80% of the rivers have a lowered erosional base (Tab. 23), which is on average, 3.4 m lower in the river basin of the Vistula, and 4.8 m lower in that of the Odra, while ¾ of the rivers have increased longitudinal falls (Tab. 22, fig. 36). To the highest extent, the lowering of erosional base pertains to rivers dewatering the Miocene zone. The subsidence caused the increase in the rate of their incision - starting from several centimetres per year to a dozen or so per year. Some river beds were deepened by several metres (Tab. 36, photo 15, 23).

The majority of rivers, especially the big ones, have increased flows also due to the share of alien waters (Tabs. 24, 25). Simultaneously, the river beds of almost all rivers and watercourses underwent at least one kind of transformation of their geometry (straightening, relocation, embankment, paving of the bottom, bank reinforcement, construction of steps, etc.) (Fig. 35, photo 14). In many catchments, land use radically changed and there appeared anthropogenic deposits (Fig. 34). The majority of big rivers were shortened in contrast to medium and small watercourses which were lengthened, mainly in the headstreams, especially in the Miocene zone in the Odra river basin. Mining activity increased the erosional potential of the rivers in the Odra catchment, and decreased it in the Vistula catchment. Intensified removal of matter from slopes is "effected" mainly in small and medium catchments which are scarcely built-up and woodless. Main rivers are polluted above-average with suspension, predominantly coal slimes, which is common in the young alluvia building up the fluvial terraces (Photo 17). Some large and medium rivers transport matter along short sections, „leaving" it in the water reservoirs with flow (Photo 18).

The movement of such large amounts of matter in mining areas may rejuvenate or age the relief, or, it may not cause any changes in this respect. However, the changes in the development stage of relief do not depend on the scale of mining waste disposal or rock material dumping, but on the location of mining areas within catchments. Very intense exploitation of resources, distributed evenly may not reflect itself at all in hypsographic curves and the value of the rate of rock mass volume. On the contrary, incomparably lower intensity of mining activity, but carried out only in selected parts of a catchment may result in distinctive rejuvenating or ageing of relief (Fig. 39, 40).

The lowering of surface caused by underground extraction of hard coal, that is as a result of rock matter movement with predominant vertical component of movement and unrelated to surface erosional base, was diversified in terms of space and time (Fig. 41, 42). In the initial period of mining, the subsidence rate calculated from the volume of extraction was several, or seldom a dozen or so mm/year, and in the 20th century, it reached several dozen mm/year (Tab. 30-32). During the last ten to twenty years, the intensity of denudation in the Silesian Upland diminished from 28 mm/year to 26 mm/year, whereas in the Racibórz-Oświęcim Basin, it increased from 21 to 30 mm/year. This reflects

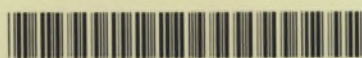
the direction of mining activity moving from the upland to the basin (Tab. 34), which is forecasted to continue in the following years (Fig. 44). The concentration of extraction in a smaller area, high rate of longwall exploitation conducted nearly always by means of a roof-fall method, is reflected in higher values of anthropogenic denudation ratios for the last ten to twenty years; in the case of 1/3 of mines, these values exceed 100 mm/year. The rate of surface lowering as a result of opencast exploitation of stowing sands was a few hundred mm/year (Tab. 32).

The ratios of anthropogenic denudation calculated using a morphometric method range from 2 to 43 mm/year, while the rate of anthropogenic aggradation is considerably lower – on average, it is 4 mm/year. Denudational balance of geomorphological mezoregions is negative, and the highest value of 17 mm/year (Fig. 42) pertains to the southern Silesian Upland. Particular geomorphological units and catchments are extremely diversified in terms of denudational intensity. The highest negative value of denudational balance was obtained for the Biały Orzeł Ditch, and it was 80 mm/year. Denudation ratios calculated using the morphometric method do not diverge from those calculated from precise geodetic measurements.

In Poland, no other mining area (Fig. 45, tab. 39) underwent such intense mining activity as the Upper Silesian Coal Basin during the last half a century. Its share in the total extraction of mineral resources was as high as 32% (Fig. 46). The total extraction of hard coal since the mid-18th century until the year 2009, situates the Upper Silesian Coal Basin in the sixth place in the world (Fig. 48). Thus, the effects of mining anthropopressure on the relief are among the most severe in Poland, Europe and the world. These changes have regional and permanent character. The anthropogenic denudation rate in the Upper Silesian Coal Basin, as well as the Ruhr Coal Basin (Ruhr District) and the Ostrava-Karvina Coal Basin, is from several dozen up to several hundred times higher than the rate of natural denudation, no matter what calculation method is used. It would take the natural denudational processes tens of thousands of years to remove the same amount of material from the substratum as man removed through his mining activity.



ISBN 978-



BG 421195