

Jan BIAŁEK, Ryszard MIELIMAŁA, Krzysztof OPAŁKA

ZASTOSOWANIE PROGRAMÓW PROGNOSTYCZNYCH DO AKTUALIZACJI RZEŻBY TERENU W OPARCIU O ANALIZĘ WPŁYWÓW EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób aktualizacji rzeźby terenu górniczego za pomocą analizy wpływów eksploatacji dokonanej i projektowanej na ten teren. Wykorzystano w tym celu pakiet programów komputerowych opracowanych w Instytucie Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej. Wykazano na dwóch przykładach, że taka aktualizacja może być przydatna przy rozwiązywaniu szeregu zagadnień z zakresu szkód górniczych i ochrony środowiska.

APPLICATION OF FORECAST PROGRAMS FOR UPDATING OF TOPOGRAPHIC PROFILE BASING ON THE ANALYSIS OF MINING EFFECTS

Summary. The paper presents the method for the updating of topographic profile of mining areas by means of the analysis of mining effects, both completed and planned, with respect to that area. A pack of computer programs elaborated in the Institute of Mining Deposits of the Technical University of Silesia was applied for that purpose. The two examples provided in the paper prove that such an updating procedure could be useful to solve a number of problems involving mining damage and environment protection.

1. Wprowadzenie

Działalność górnicza wywołuje szkodliwe przekształcenia geomechaniczne, hydrogeologiczne i biologiczne środowiska naturalnego. Największy wpływ na te przekształcenia mają występujące na znacznych obszarach obniżenia powierzchni terenu. One też powodują, że mapy powierzchni zawierające w swej treści rzeźbę terenu szybko tracą na aktualności. Wykonywanie częstych aktualizujących geodezyjnych pomiarów wysokościowych niejedno-

krotnie nie znajduje merytorycznego uzasadnienia, szczególnie przy ograniczonych wydatkach kopalń.

Jednocześnie w celu dopuszczenia eksploatacji do realizacji kopalnie są zobowiązane uzgodnić ją z wieloma instytucjami, w tym przede wszystkim z samorządami tych gmin, w granicach których ujawniają się wpływy tej eksploatacji. Kopalnia musi dysponować oceną szkód, jakie wywoła eksploatacja projektowana w środowisku, a ta powinna być dokonana w oparciu o aktualne mapy sytuacyjno-wysokościowe.

Z tym problemem zetknęło się wiele kopalń, które na zlecenie władz samorządowych wykonywały ocenę oddziaływania eksploatacji dokonanej i projektowanej na środowisko naturalne. Ostatnie pomiary rzeźby terenu wykonywane były w rejonach tych kopalń 20 czy 30 lat temu i ze względów organizacyjnych i ekonomicznych nie było możliwe wykonanie nowego pomiaru. Zdecydowano się więc uaktualnić tę rzeźbę za pomocą analizy wpływów eksploatacji dokonanej na powierzchnię terenu wykorzystując programy serii EDN - OPN autorstwa J. Białka. W artykule przedstawiono dwa przykłady rozwiązania problemu jednej z kopalń Rudzkiej Spółki Węglowej.

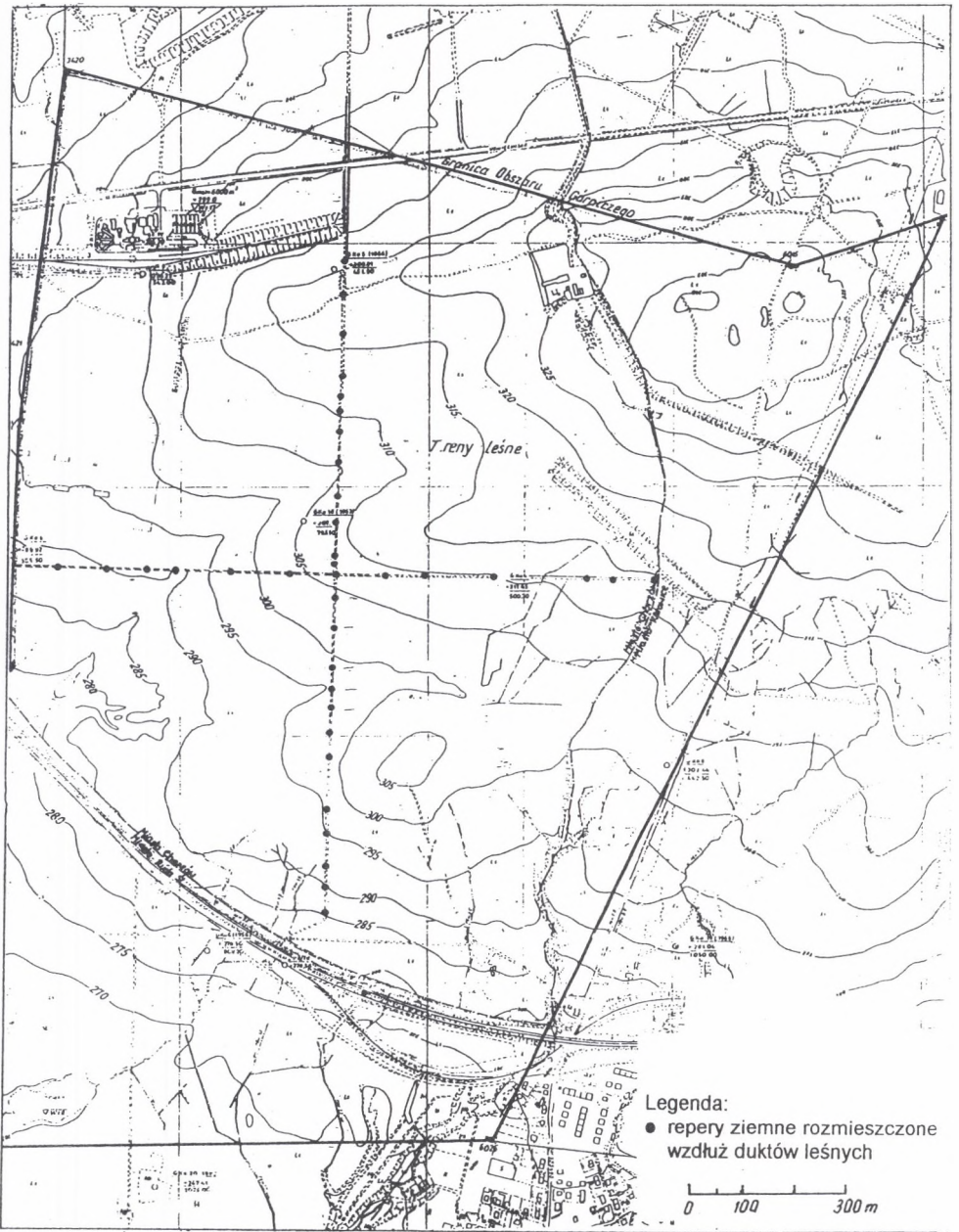
2. Aktualizacja rzeźby terenów leśnych w Rudzkiej Spółce Węglowej

Opis pierwotnej rzeźby terenu

Jako wyjściową do analizy wybrano rzeźbę terenu wg stanu z 1965 r., tj. z okresu sprzed eksploatacji kopalń w tym rejonie (rys. 1).

Pierwotne ukształtowanie analizowanego obszaru charakteryzowało się wzniesieniem w jego części północno - wschodniej o wysokości 340 m, z którego można było wyróżnić dwa główne kierunki spadków: jeden do rzędnej 280 m w kierunku przepływającej na południe od tego terenu rzeki, drugi do rzędnej 285 m w kierunku potoku położonego na północny wschód od niego.

Powierzchnia terenu pokryta jest lasami, których obszar wynosi około 175 ha. W lasach tych występują zadrzewienia różnymi gatunkami drzew. Wiek tych drzewostanów jest zróżnicowany. Najmłodsze pochodzą z nasadzeń wykonanych w latach 1965 - 1980, zaś wiek najstarszych (bukowych) dochodzi do 150 lat. Najstarsze drzewostany znajdują się przy tym w



Rys. 1. Mapa sytuacyjno - wysokościowa. Rzeźba wg stanu na 1965 r.
 Fig. 1. Map reflecting current situation and high. Topographic profile from the year 1965

obszarach, w których nastąpiły największe obniżenia w wyniku eksploatacji górniczej prowadzonej w przeszłości w tym rejonie.

Charakterystyka geologiczno-górnicza

Złoże w rejonie opiniowanego terenu jest wydzielone od pozostałej jego części trzema uskokami (od strony wschodniej, zachodniej i południowej), z których dwa są zarazem granicami eksploatacyjnymi z sąsiednimi kopalniami oraz granicą obszaru górniczego (od strony północnej). Złoże w tej partii składa się z warstw karbońskich (orzeskich, rudzkich, siodłowych i brzeźnych) przykrytych niezbyt grubym nadkładem o miąższości od 4 - 12 m w części północnej do 40 m w części południowej. Nachylenie pokładów jest przy tym niewielkie i wynosi około 6°.

Eksploatacja pokładów w omawianej partii złoża jest prowadzona przez dwie kopalnie. Eksploatacja pierwszej objęła 5 pokładów, a mianowicie: 402, 403/2 (aktualna), 404/5, 405 i 409. Eksploatacja drugiej odbywała się natomiast w 6 pokładach, tj.: 416, 417, 502 (2 warstwy), 504, 507 i 510 (2 warstwy).

Można zatem stwierdzić, że w opiniowanym rejonie prowadzona była i jest nadal kontynuowana intensywna eksploatacja górnicza.

Wyznaczenie aktualnej rzeźby powierzchni terenu

Aktualną rzeźbę powierzchni terenu wyznaczono w oparciu o programy serii EDN - OPN J.Białka. Posłużono się przy tym programem EDN3, który umożliwił uzyskanie map pierwotnej rzeźby terenu, aktualnej rzeźby terenu oraz mapy warstwicznej przyrostu obniżeń, a także map przemieszczeń poziomych kierunkowych i maksymalnych, które jednakże w omawianym przypadku nie były wykonywane.

Pierwotną rzeźbę terenu wprowadzono do programu tworząc zbiór z wysokościami punktów rozmieszczonych w narożach siatki lub punktów rozproszonych. Zbiór ten zawierał również współrzędne X, Y i Z tych punktów. Prace te wykonano wykorzystując digitizer.

Obliczenia przyrostów obniżeń program dokonuje w oparciu o teorię W.Budryka - S.Knothego z rozszerzeniami tej teorii zaproponowanymi przez J.Białka. Następnie program za pomocą pakietu SURFER firmy Golden Software stworzono odpowiednią mapę warstwicową.

Aby wykonane poprzez analizę wpływów eksploatacji dokonanej uaktualnienie rzeźby terenu było jak najbliższe rzeczywistości, należy przeprowadzić je w oparciu o wielkości parametrów wyznaczone na liniach pomiarowych. W analizowanym rejonie nie wykonywano jednak pomiarów mogących stanowić podstawę takich analiz. W związku z czym posłużono się wynikami obniżeń zarejestrowanych na linii pomiarowej położonej w pobliżu tego terenu. Obliczenia przeprowadzono programem TGB pozwalającym na dopasowanie niecki teoretycznej do stwierdzonej pomiarami metodą najmniejszych kwadratów. W oparciu o wykonane obliczenia przyjęto następujące wielkości parametrów teorii W. Budryka - S. Knothe'go:

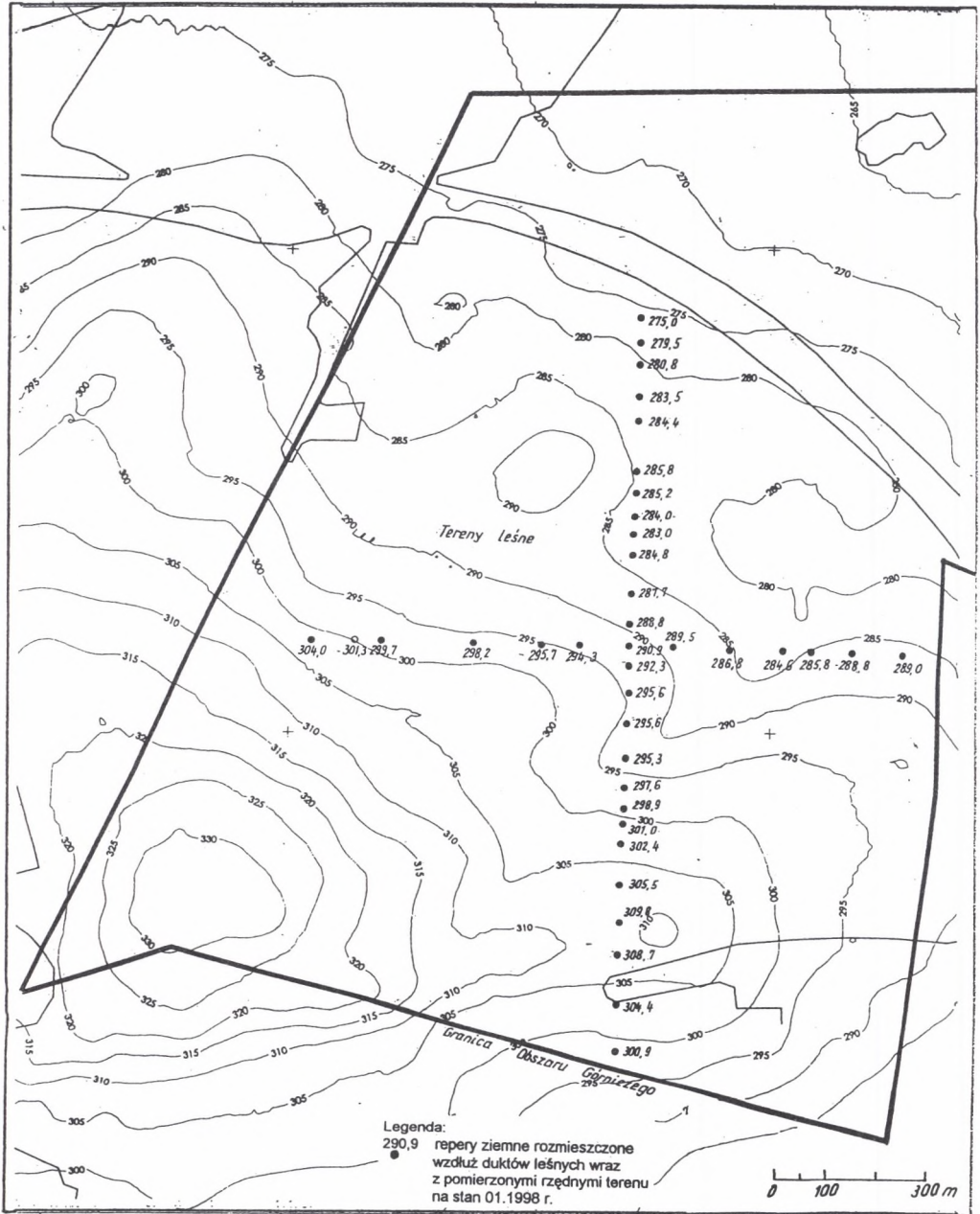
- współczynnik osiadania dla zawalu $a = 0,8$;
- współczynnik osiadania dla podsadzki $a = 0,2$;
- parametr teorii $\text{tg}\beta = 2,0$;
- wartość obrzeża eksploatacyjnego $A_{\text{obr}} = 0,15$ r.

Przy zastosowaniu wyznaczonych parametrów wykonano mapę przyrostów obniżeń za okres 1.01.1965 - 1.01.1998 r. oraz mapę uaktualnionej rzeźby terenu na dzień 1.01.1998 r. (rys. 2). Z map tych wynika, że w północno-wschodniej części rozpatrywanego obszaru teren obniżył się o około 10 m (do rzędnej 325 m), a w części południowej również o około 10 m (do rzędnej 275 m). Pomimo tak znacznych obniżeń nie zanotowano zmian w kierunkach spływu wód ani powstania terenów podmokłych czy zalewisk, co jest wynikiem stosunkowo dużych deniwelacji terenu występujących w tym obszarze.

W celu porównania tak uaktualnionej rzeźby terenu z rzeźbą rzeczywiście występującą wykonano pomiar niwelacyjny wzdłuż traktów leśnych określając nim wysokości kilkudziesięciu charakterystycznych punktów terenu (rys. 3).

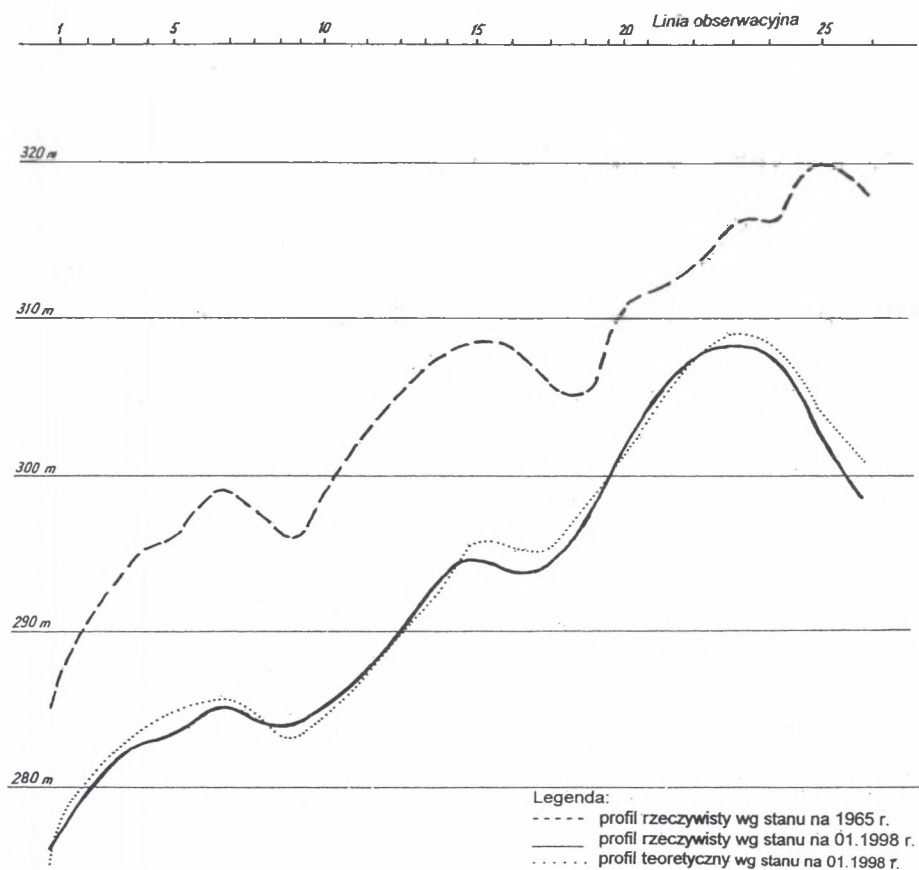
Wysokości tych punktów porównano następnie z ich wysokościami teoretycznymi wyznaczonymi z mapy warstwicznej przedstawiającej uaktualnioną rzeźbę terenu. Otrzymane w ten sposób różnice wysokości dają ogólny pogląd odnośnie do dokładności wykonanej mapy. W analizowanym przypadku nie przekraczają one 0,6 m, co świadczy, że teoretyczna rzeźba terenu oddaje z dość dużą dokładnością rzeźbę rzeczywistą, a tym samym można się nią posłużyć przy wykonywaniu różnego typu analiz.

Na tak przygotowaną zaktualizowaną rzeźbę terenu nałożono wpływy projektowanej eksploatacji, co umożliwiło szczegółową analizę jej oddziaływania na środowisko leśne przedstawionego rejonu.



Rys. 2. Uaktualniona rzeźba terenu wg stanu na 01.1998 r.

Fig. 2. Updated topographic profile dated 01.1998



Rys. 3. Przekrój przez linię obserwacyjną
 Fig. 3. Cross-section trough the observation line

3. Ukształtowanie rzeźby terenu w rejonie zalewisk występujących w Rudzkiej Spółce Węglowej

Metodykę uaktualnienia rzeźby terenu w oparciu o analizę wpływów eksploatacji dokonanej wykorzystano również w przypadku ustalenia kierunków zagospodarowania terenów zalewiskowych innej kopalni Rudzkiej Spółki Węglowej. Aby można było wykonać takie opracowanie, konieczne było określenie wielkości niecki osiadania, jaka powstanie w tym rejonie w wyniku eksploatacji projektowanej, oraz ustalenie aktualnej rzeźby terenu, z uwagi na to, że ostatnie pomiary wysokościowe obejmujące cały ten obszar były wykonane w

1960 r., tj. przed rozpoczęciem eksploatacji górniczej. Wprawdzie w 1998 r. pomiar niwelacyjny wykonano na obrzeżach największego zalewiska w tym rejonie, ale z uwagi na niewielki obszar objęty tymi pomiarami ich wyniki mogły służyć jedynie do kontroli przeprowadzonej aktualizacji rzeźby terenu wykonanej w oparciu o analizę wpływów eksploatacji dokonanej na powierzchni.

Opis pierwotnej rzeźby i zagospodarowanie terenu

Tereny objęte zalewiskami są terenami stosunkowo płaskimi pokrytymi lasami mieszanymi. Pierwotnie obszary te miały niewielkie stałe nachylenie w kierunku południowym w stronę płynącej tam rzeki. Najwyższa rzędna wysokościowa, w północnej części terenu, wynosiła wówczas około 280 m, zaś najniższa, w sąsiedztwie rzeki około 255 m. Mapę sytuacyjną z pierwotną rzeźbą terenu z roku 1960 przedstawiono na rys. 4.

W rejonie tym znajdowało się pierwotnie 8 zbiorników z okresu polodowcowego, których powierzchnie oraz rzędne wysokościowe lustra wody pierwotne i aktualne zamieszczono w tablicy 1.

Tablica 1

Nr stawu	Ukształtowanie pierwotne		Ukształtowanie po eksploatacji		
	Powierzchnia [ha]	Wys. lustra wody [m]	Powierzchnia [ha]	Wys. lustra wody [m]	Obniżenie [mm]
Ws1	1,4	256,8	1,4	256,8	0,0
Ws2	1,0	259,8	1,0	259,8	0,0
Ws3	0,8	261,2	0,8	259,9	-1,3
Ws4	0,75	260,1	0,3	256,1	-4,0
Ws5	0,8	263,9	10,5	255,1	-8,8
Ws6	2,2	265,0	2,2	261,1	-3,9
Ws7	1,5	262,4	1,9	255,8	-6,6
Ws7a	Nowopowstały		0,5	255,8	
Ws8	2,6	264,9	2,6	264,9	0,0

Należy dodać, że aktualny kształt i wielkość zbiorników są wynikiem nie tylko obniżeń powierzchni terenu w ich rejonie, ale również prac ograniczających zasięg występujących zalewisk w formie wykonywania grobli i regulacji linii brzegowych, a także systematycznego odpompowywania wody z części dennej niecki bezodpływowej (staw Ws5) za pomocą przepompowni pływającej.



Rys. 4. Mapa sytuacyjno - wysokościowa rejonu naturalnych zbiorników wodnych. Rzeźba wg stanu na 1960 r.
 Fig. 4. Map reflecting current situation and height of the area of natural water reservoirs. Topographic profile from the year 1960

Charakterystyka geologiczno-górnicza

Złoże w rejonie omawianego terenu jest wydzielone od pozostałej jego części trzema uskokiemi: od północy i zachodu uskokiem o zrzucie około 130 m na południe, od południa uskokiem o zrzucie 200 m na południe oraz od wschodu uskokiem o zrzucie około 105 m na wschód. Składa się ono z warstw karbońskich (orzeskich, rudzkich, siodłowych i brzeźnych) pokrytych nadkładem o miąższości około 90 m. Nachylenie pokładów jest przy tym niewielkie i wynosi około 7°.

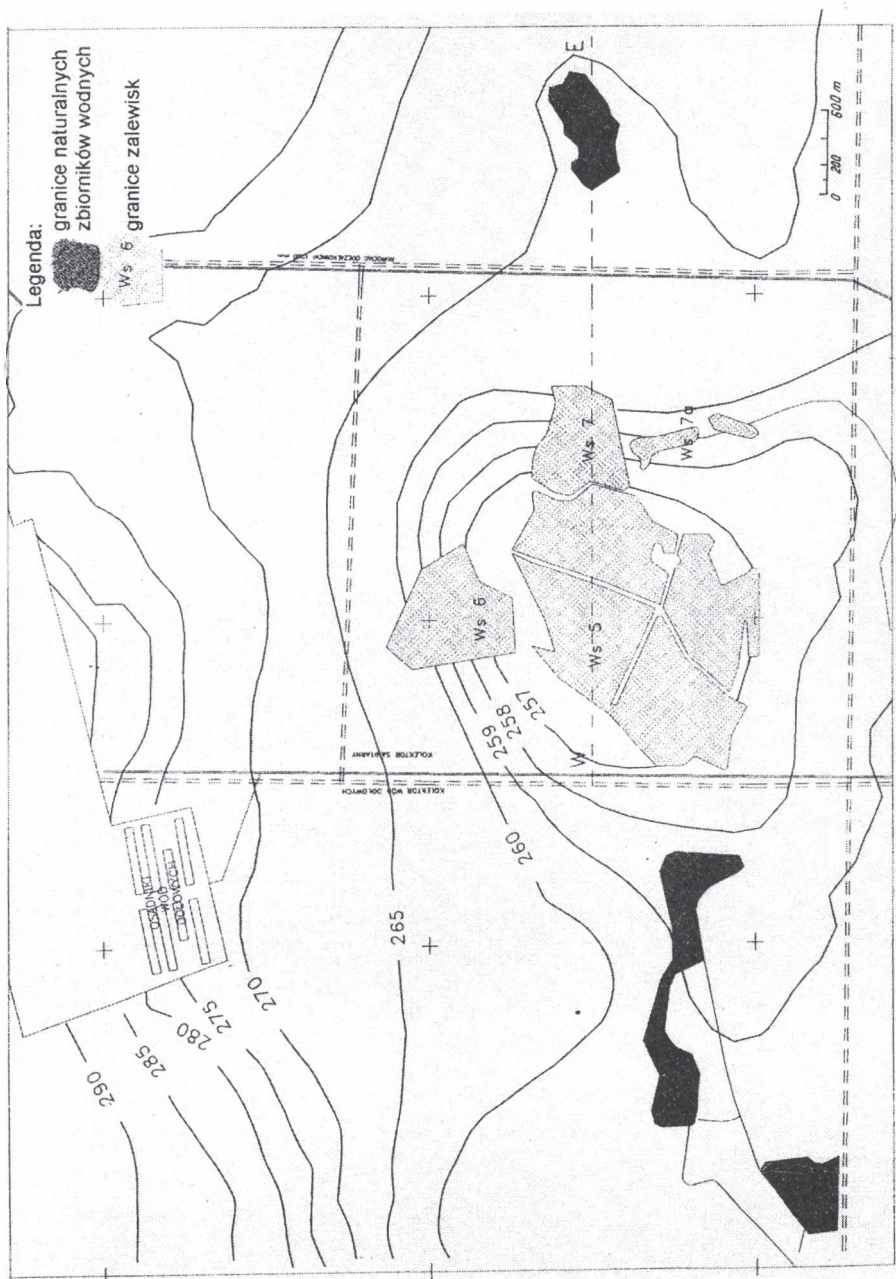
Eksploatacja w tym rejonie do 1998 r. objęła 7 pokładów, a mianowicie: 405, 409, 410/1, 410/2, 411, 414/1 i 416. W każdym z nich wybrano od trzech do sześciu ścian zawałowych, przy czym miąższość tych ścian była różna w różnych pokładach i wynosiła od 1,3 m do 3,1 m. Średnia głębokość tej eksploatacji zmieniała się od 520 m w pokładzie 405 do 850 m w pokładzie 416.

Metodyka aktualizacji rzeźby terenu

Aktualizację rzeźby terenu w omawianym przypadku przeprowadzono nieznacznie zmodyfikowaną metodyką w stosunku do przykładu opisanego wcześniej. Wykorzystano do tego celu nie tylko pakiet programów serii EDN-OPN, ale także w większym zakresie program SURFER 6 firmy Golden Software oraz AutoCad R14 firmy Autodesk.

Numeryczna mapa pierwotnej rzeźby terenu została wykonana na drodze zdigitalizowania mapy wysokościowej tego terenu z 1960 r. przy użyciu programu DIGIT. Utworzony został w ten sposób plik *.dat zawierający zbiór współrzędnych x, y i z przyjętych na warstwicach wybranych punktów tej mapy. W oparciu o ten plik programem GRID pakietu SURFER utworzono mapę warstwicową zapisaną jako plik *.grd, który po przekonwertowaniu na plik *.dxf przesłano do AutoCada. Tam mapa ta została przeskalowana i uzupełniona o najważniejsze elementy sytuacji.

Wielkości obniżeń powierzchni terenu do 1998 r. w wierzchołkach siatki punktów obliczono wykorzystując przede wszystkim program EDN2POC pakietu EDN-OPN. Następnie programem EDN2MAP z tego pakietu przy współpracy z programami TOPO i PLOT należącymi do pakietu SURFER utworzono warstwicowy obraz obniżeń terenu z elementami sytuacji. W efekcie uzyskano pliki wynikowe *.grd oraz *.plt (utworzony programem plot), które można przekonwertować na plik *.dxf, co umożliwia przesłanie rysunku do programów z grupy CAD.



Rys. 5. Mapa sytuacyjno - wysokościowa rejonu naturalnych zbiorników wodnych i zalewisk. Teoretyczna rzeźba wg stanu na 1998 r.
 Fig. 5. Map reflecting current situation and height of the area natural water reservoirs and overflow lands. Theoretical topographic profile from the year 1998

Mapa uaktualnionej rzeźby terenu została utworzona przez nałożenie i zsumowanie dwóch powierzchni topograficznych, jakimi są mapa pierwotnej rzeźby terenu i mapa obniżeń terenu (rys. 5). Posłużono się w tym celu opcją programu GRID pakietu SURFER.

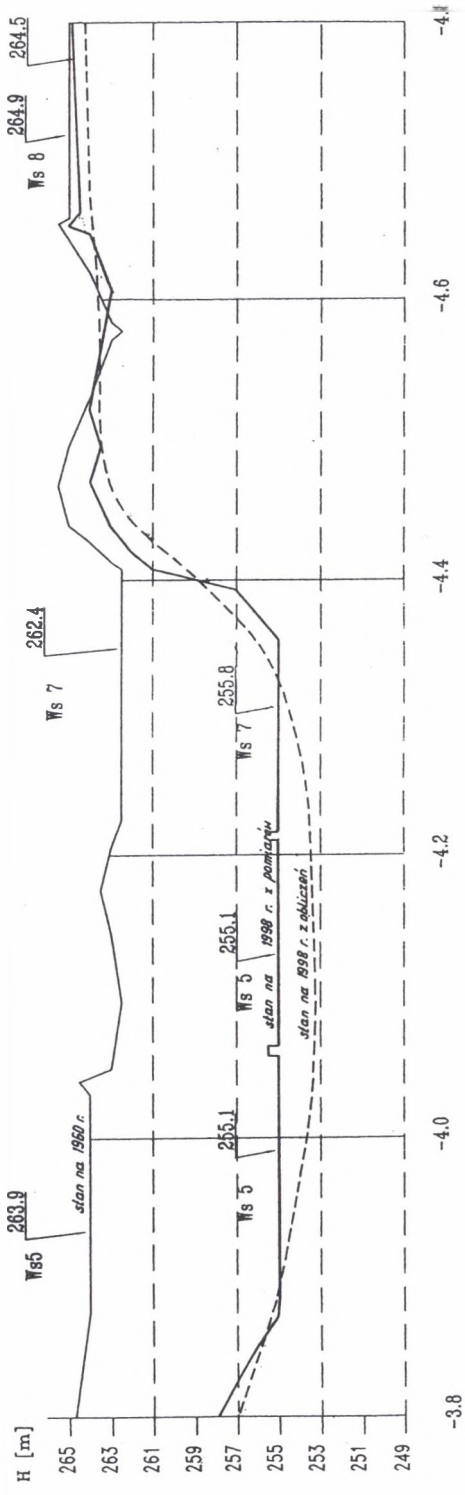
Podobnie wykonano mapy rzeźby terenu, jaka powstanie po zrealizowaniu projektowanej docelowo eksploatacji górniczej.

Należy podkreślić, że przed przystąpieniem do obliczeń wyznaczono programem TGB w oparciu o pomiary niwelacyjne prowadzone na linii obserwacyjnej zastabilizowanej w sąsiedztwie analizowanego rejonu wielkości parametrów teorii W.Budryka - S.Knothege. Wyznaczone parametry (identyczne jak w poprzednim przykładzie) zostały przyjęte przy określaniu wielkości obniżeń punktów programem EDN-OPN.

Wykonane obliczenia wpływu eksploatacji dokonanej na rejon zalewisk wykazały, że do 1998 r. największe obniżenia wystąpiły w rejonie stawów Ws5 i Ws6 osiągając wartość około 10 m. W zasięgu mniejszych obniżeń znalazły się stawy Ws3, Ws4 i Ws7, natomiast stawy Ws1, Ws2 i Ws8 leżą poza wpływami eksploatacji dokonanej. W rezultacie tych obniżeń nastąpiły zmiany wielkości poszczególnych stawów i rzędnych lustra wody (tablica 1), a w rejonie podtopień uszkodzeniu uległ drzewostan. Dalsza eksploatacja w tym rejonie spowoduje dalsze pogłębianie się tych niekorzystnych procesów.

Celem kontroli poprawności uzyskanej na drodze analizy wpływów eksploatacji dokonanej rzeźby terenu przeprowadzono porównanie uzyskanych w ten sposób wysokości z wysokościami określonymi pomiarami geodezyjnymi. Porównanie to wykonano dla rejonu stawu Ws5 i Ws7, w obrębie którego takie pomiary w ostatnim czasie były zrealizowane. Uzyskano dobre zgodności wysokości terenu pomiędzy wartościami uzyskanymi z pomiarów a wartościami teoretycznymi poza miejscami, w których wykonane były roboty ziemne (rys. 6), co świadczy o poprawności przyjętych rozwiązań.

Zaktualizowana w treści wysokościowej w oparciu o analizę wpływów eksploatacji dokonanej i częściowo pomiary geodezyjne mapa sytuacyjno-wysokościowa rejonu zalewisk posłużyła jako baza do stworzenia wg wyżej opisanej technologii mapy docelowej rzeźby tego terenu. Dzięki temu możliwa była analiza przekształceń środowiska, jakie nastąpią w tym rejonie, i zaprojektowanie działań profilaktycznych zmierzających do minimalizacji szkód - jakie spowoduje eksploatacja projektowana i co się z tym wiąże - określenie kierunku przyszłego zagospodarowania tego terenu.



Rys. 6. Przekrój W-E przez rejon zbiorników wodnych
 Fig. 6. W-E cross - section trough the area of water reservoirs

4. Podsumowanie

Kopalnie wykonując różnorodne opracowania dotyczące wpływów eksploatacji dokonanej i projektowanej na powierzchnię terenu niejednokrotnie stają przed problemem braku map przedstawiających aktualną rzeźbę terenu. Chociaż najwłaściwszą metodą tworzenia takich map jest wykonanie pomiarów wysokościowych w interesującym kopalnię obszarze, to jednak niejednokrotnie, z uwagi na koszty takiego pomiaru i czas jego wykonania, możliwe jest jego zastąpienie analizą wpływów eksploatacji dokonanej i projektowanej na powierzchnię terenu. Analiza taka musi być oparta na wielkościach parametrów wyznaczonych pomiarami na liniach obserwacyjnych założonych albo w rejonie rozpatrywanego obszaru, albo w jego sąsiedztwie i może być dokonana w oparciu o istniejące programy umożliwiające prognozowanie wpływów eksploatacji na powierzchnię oraz programy wykonujące działania na powierzchniach topograficznych. Można w tym celu wykorzystać specjalnie napisane programy z pakietu EDN - OPN J.Białka.

Chociaż pod względem dokładnościowym analiza taka nie zastąpi pomiarów geodezyjnych, to jednak pozwala na osiągnięcie w wielu przypadkach dokładności wystarczających do tego, aby w oparciu o tak wyznaczoną rzeźbę terenu dokonywać różnego typu analiz z zakresu deformacji powierzchni terenu pod wpływem dokonanej i projektowanej eksploatacji górniczej. Przykładem takiej analizy może być np. wpływ eksploatacji na środowisko leśne oraz na powstawanie zalewisk i obszarów podmokłych, kiedy to dokładność przedstawionej metodyki uaktualnienia rzeźby terenu w oparciu o prognozę obniżen powierzchni powstałych w wyniku eksploatacji górniczej można uznać za zupełnie wystarczającą.

Recenzent: Dr inż. Władysław Stec

Abstract

Mining works are closely connected with the occurrence of ground subsidence. In effect, the maps of the surface area describing topographic profile are quickly becoming out-of-date. Height measurements, although carried out quite frequently, do not prove effective. Simultaneously, to obtain the approval of mining works to be carried out, coal mines must provide da-

mage assessments to the environment caused by the planned mining process, as covered by the agreements with various institutions. And the assessment should be carried out on the basis of current height maps. Hence, the paper presents the method to update the topographic profile by means of the analysis of mining effects, both completed and planned, on topographic profile, using programs of the EDN-OPN series worked out by J. Białek. Such an approach can not fully replace geodesic measurements, but it ensures that the topographic profile can be determined with sufficient accuracy to analyze the scope of surface ground deformation effected by the completed and planned mining. The paper presents two examples of such an analysis.