



## **Zmiany rzeźby terenu obszaru pogórniczego**

*Anna Oliskiewicz-Krzywicka, Piotr Stachowski*  
*Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań*

### **1. Wstęp**

Rzeźba terenu jest istotnym czynnikiem wpływającym na zagospodarowanie terenu. Na gruntach, gdzie nie zachodzi ingerencja człowieka, rzeźba terenu pozostająca nie ulega większym zmianom na przestrzeni lat. Inaczej rzecz ma się z gruntami zwałowanymi. Według Woźniaka [16], osiadanie gruntów zwałowanych stanowi kompilację szeregu wzajemnie nakładających się na siebie procesów, głównie o charakterze strukturalnym, takich jak: przegrupowywanie (przemieszczanie), kruszenie okruchów i brył, zgniatanie i deformowanie plastyczne, kontaktowe zlepianie (spajanie), konsolidacja oraz pełzanie. Wyróżnia on osiadanie natychmiastowe, opóźnione oraz długotrwałe [16]. Wszystkie opisane osiadania zakładają że na całej badanej powierzchni osiadanie przebiega równomiernie. Celem badań było sprawdzenie czy rzeczywiście osiadanie gruntów zwałowanych ma charakter równomierny. Badania czyli pomiar rzeźby terenu polega na wyznaczeniu wysokości punktów znajdujących się na badanym obszarze. Ocena zmiany rzeźby terenu jest możliwa na podstawie porównania wyników pomiarów wysokościowych w wybranych okresach czasowych. Wysokości poszczególnych punktów określa się przez pomiar różnic wysokości – niwelację. Wysokości punktów pozyskać można za pomocą różnych sposobów niwelacji. W zależności od celu, stopnia zróżnicowania form terenowych, sposobu wykonania, jak i instrumentów wykorzystywanych podczas pomiaru geodezyjny wysokościowy pomiar terenowy dotyczący ukształtowania terenu można wykonywać sposobem niwelacji punktów rozproszonych, niwelacji profilów, niwelacji siatkowej lub tachimetrii. Wynikiem pomiaru

rzeźby terenu jest zilustrowanie jej na mapie w postaci warstw lub utworzenie numerycznego modelu terenu, zdefiniowanego przez Gaździckiego [2], jako „numeryczną reprezentację powierzchni terenowej, utworzonej poprzez zbiór odpowiednio wybranych punktów leżących na tej powierzchni oraz algorytmów interpolacyjnych umożliwiających jej odtworzenie w określonym obszarze”

W literaturze przedmiotu dotyczącej antropogenicznych zmian rzeźby terenu [8,9] brak pozycji dotyczących zmiany rzeźby terenu gruntów pogórnich, co skłoniło autorów do podjęcia takich badań. Zarys historii tworzenia i charakterystyka złóż antropogenicznych KWB Konin przedstawiona jest w pracy Widery i Szczurka [15] Grunty pogórnice poddawane są rekultywacji technicznej i w zależności od przeznaczenia często również rekultywacji rolniczej oraz zagospodarowaniu rolniczym. Zagadnienie dotyczące sposobu ustalenia użytkowania gruntów pogórnich przy zastosowaniu różnych kryteriów i atrybutów przedstawione jest w pracy Bangian i in [1] Z publikacji dotyczących rekultywacji gruntów pogórnich wymienić można m.in na terenach KWB w Koninie Gilewską i Otrembę [3,4,11] a na terenie województwa lubuskiego Kołodziejczyk [7].

## 2. Cel, zakres i metody badań

Celem pracy było badanie zmiany rzeźby terenu na wybranym fragmencie gruntu pogórnich. W pracy przyjęto założenie, że na gruntach zwałowych, które zostały poddane rekultywacji technicznej a następnie rolniczej osiadanie ma charakter równomierny. Założono zgodnie z *Polską Normą PrPN-G-07800* [10], że optymalne spadki w mikrorzeźbie zwałowiska powinny wynosić do 3%, przy rolniczym kierunku zagospodarowania.

Teren badań stanowił fragment zwałowiska wewnętrznego odkrywki Kazimierz Północ” Kopalni Węgla Brunatnego w Koninie, położonego na Pojezierzu Kujawskim. Zgodnie z *poz. 2.12.1.a ww. Normy* [10], z uwagi na lokalizację względem wyrobiska eksploatacyjnego i położenia wysokościowego jego wierzchołki teren zalicza się do II typu zwałowisk wewnętrznych o wierzchołku leżącej na poziomie terenów przyległych. Po zakończonej w 1998 roku rekultywacji technicznej, przeprowadzonej przez KWB ”Konin” na badanym zwałowisku rol-

nicy indywidualni rozpoczęli rekultywację rolniczą. W 2000 roku na potrzeby Instytutu Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, wytyczono na tym obszarze 8 powierzchni doświadczalnych. Powierzchnie te wydzielono z istniejących pól, zlokalizowanych prostopadle do przebiegającej drogi. Wytyczone powierzchnie doświadczalne stanowiły przylegające do siebie cztery pola o wymiarach 32 x 100 m i cztery pola o szerokości 24m x 100 m. Właściciel gruntów rolnik, który nabył i uprawiał te grunty od 1998 roku informował, że od momentu prowadzenia rekultywacji rolniczej miał problemy z nierównomiernym osiadaniem gruntu na uprawianych polach i tworzeniu się zastoisk wodnych (fot. 1). Pomiary terenowe przeprowadzono na 8 powierzchniach doświadczalnych i przylegającym do nich rowie odwadniającym.



**Fot. 1.** Fragment zwałowiska z występującymi zastoiskami wodnymi  
**Photo 1.** Dump section with isolated still water pools

Badania terenowe obejmujące pomiary rzeźby terenu polegały na wyznaczeniu wysokości punktów za pomocą niwelacji powierzchniowej. Niwelację przeprowadzono w trzech okresach czasowych w 2000, 2005 i 2010 roku. Dla zachowania dokładności pomiarów i eliminacji ewentualnych błędów związanych techniką pomiaru jak i instrumentów wykorzystywanych podczas pomiaru we wszystkich okresach zastosowano ten sam sposób niwelacji.

Do dokładnego pomiaru rzeźby na terenach otwartych i poziomych takich jak tereny sztucznie wyrównane, posłużyła niwelacja siatkowa. Polegała na określeniu wysokości punktów terenowych, stanowiących wierzchołki regularnych figur geometrycznych i dodatkowych punktów wewnątrz oczek siatki, charakteryzujących rzeźbę mierzonego

obszaru. Zaletą niwelacji geometrycznej jest jej duża dokładność, wadą pracochłonność pomiaru i ograniczenia długości celowych do 100 m.

Do wyznaczenia różnic wysokości w założonym okresie czasowym oprócz punktów kontrolowanych, zakładane zostały punkty odniesienia. Były one usytuowane poza terenem badań, czyli poza zasięgiem przewidywanych zmian, co daje nadzieję zachowania przez nie stałości. W celu wyznaczenia przemieszczania punktów kontrolnych, w określonym przedziale czasowym, dokonano na początku i na końcu analizowanego przedziału pomiarów geodezyjnych, zwanych pomiarem wyjściowym i aktualnym obejmujących oba rodzaje punktów. Zgodność wyników pozwoliła na potwierdzenie stałości punktów odniesienia i wyznaczenie bezwzględnych wartości przemieszczeń punktów kontrolowanych rozmieszczonych na badanym zwałowisku. Ponieważ obszar przyległy do terenu badań był również gruntem zwałowym, nie założono na nim punktów odniesienia, gdyż nie było gwarancji zachowania ich stałości. W tej sytuacji w każdej sesji pomiarowej dowiązано się do osnowy wysokościowej klasy II dwóch reperów o wysokościach: 108.223m i 108.046m, znajdujących się w odległej o 2 km miejscowości Jabłonki.

Prace terenowe i kameralne w każdej sesji pomiarowej polegały na:

1. założeniu w terenie siatki złożonej z figury podstawowej i figur uzupełniających wraz z zamarkowaniem wierzchołków, założeniu reperu roboczego
2. niwelacji ciągów z dowiązaniem się do istniejącej osnowy wysokościowej klasy II dla określenia wysokości reperu roboczego i wierzchołków figur podstawowych
3. niwelacji wierzchołków figur zapełniających i charakterystycznych punktów rzeźby terenu położonych wewnątrz figur zapełniających
4. wyrównaniu i obliczeniu wysokości reperu roboczego i wierzchołków figury podstawowej, obliczeniu wysokości wierzchołków figur zapełniających i punktów dodatkowych przez wyrównanie i obliczenie ciągów dwustronnie nawiązanych (wysokości punktów terenowych względem geodezyjnej osnowy wysokościowej określono z dokładnością do 1 cm).

5. zaimportowaniu do programów komputerowych (Mikromap, C-Geo, ArcGis ) współrzędnych punktów terenowych, wygenerowanie warstwic, numerycznego modelu terenu i mapy spadków
6. analizie zmiany rzeźby terenu.

Pomiary terenowe i obliczenia przeprowadzono zgodnie z wytycznymi zawartymi w instrukcji technicznej G-4 „Pomiary sytuacyjne i wysokościowe” [6] i wytycznych technicznych G-4.3 „Bezpośrednie pomiary wysokościowe”, które obowiązywały w czasie kiedy przeprowadzono pomiary [19].

Jako metodę interpolacji Numerycznego Modelu Terenu (NMT), w pracy zastosowano wektorowy model TIN, w którym siatka trójkątów powstaje na podstawie oryginalnie pomierzonych punktów. Model trójkątowy uznawany jest za najlepszy w opracowaniach inżynierskich. Niewątpliwym jego atutem według Hejmanowskiej [5] jest bazowanie na oryginalnie pomierzonych wartościach wysokości. Metodę TIN wybrano także dlatego, że wartości w punktach pomiarowych pozostają niezmiennione w przeciwieństwie do innych metod interpolacji, choć jak twierdzi Wyczałek [18], niekorzystną cechą TIN jest jego surowa, płaskościenna struktura.

## 2. Wyniki badań

We wszystkich okresach czasowych (sesjach pomiarowych) sposób przeprowadzania prac terenowych był taki sam.

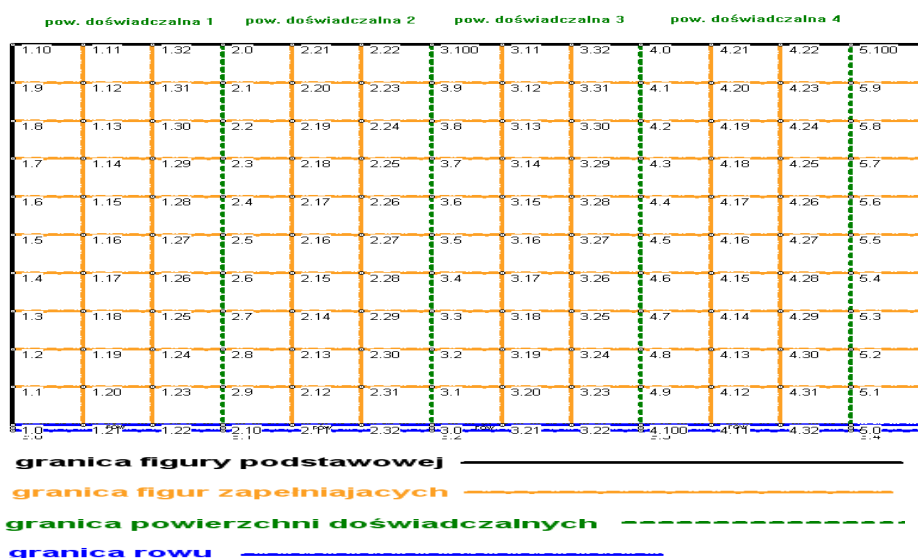
Ponieważ powierzchnia badanego obszaru wynosiła 2,24 ha zaprojektowano jedną figurę podstawową obejmującą wszystkie powierzchnie doświadczalne. Figury wypełniające zaprojektowano tak aby pełna ich liczba stanowiła pola poszczególnych powierzchni doświadczalnych. Ponieważ mierzone powierzchnie doświadczalne położone były prostopadle do przebiegającej obok drogi, zrzucono na jej krawędź granice poszczególnych pól. Punkty te zamarkowano w terenie i dokonano pomiaru uzupełniającego do innych szczegółów sytuacyjnych, aby było możliwe ich odtworzenie.

Wielkość figur wypełniających wyniosła 10 x 10 m dla powierzchni doświadczalnych 1–4 (rys. 1) i 12 x 10 m dla powierzchni doświadczalnych 5–8.

Wierzchołki figury podstawowej i figur dopełniających zamarkowane zostały w terenie palikami zgodnie z wytycznymi technicznymi G-4.3[19]. Ponieważ w pobliżu wierzchołków figury podstawowej brak było utrwalonych punktów osnowy wysokościowej w każdej sesji pomiarowej założono na przylegającej obok drodze reper roboczy, który wraz z wierzchołkami figury podstawowej stanowił wysokościową osnowę pomiarową.

Dla uzyskania wysokiej dokładności pomiary niwelacyjne przeprowadzono dwukrotnie. Wpierw przeprowadzono niwelację ciągów z dowiązaniem się do istniejącej osnowy wysokościowej klasy II dla określenia wysokości reperu roboczego i wierzchołków figur podstawowych. W dalszej kolejności wykonano niwelację wierzchołków figur dopełniających i charakterystycznych punktów rzeźby terenu położonych wewnątrz figur dopełniających.

W programie WinKalk wyrównano i obliczono ciągi dwustronnie nawiązane. Odchyłki zamknięcia ciągów nie przekroczyły wartości 20 mm (przyjęto średni błąd niwelacji 15 mm/1 km). W dalszej kolejności wyrównano i obliczono wysokość reperu roboczego i wierzchołków figury podstawowej oraz obliczono wysokości wierzchołków figur dopełniających i punktów dodatkowych. Wysokości punktów terenowych względem geodezyjnej osnowy wysokościowej określono z dokładnością do 1 cm.

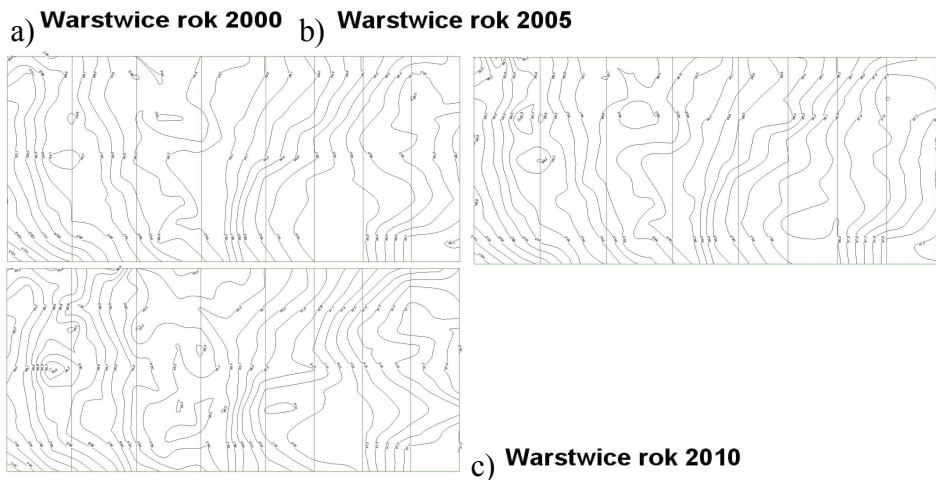


Droga rekultywacyjna

**Rys. 1.** Podział na figury wypełniające w niwelacji siatkowej dla powierzchni doświadczalnych 1–4

**Fig. 1.** Division into filling figures in the trigonometric leveling of the test areas 1–4

Do obliczeń wysokości punktów jak również do określenia ich współrzędnych  $x$ ,  $y$ , wykorzystano program WinKalk. Na ich podstawie w programie MicroMap zostały wygenerowane warstvice terenu dla każdej sesji pomiarowej (rys. 2).



**Rys. 2.** Warstvice wygenerowane w programie MicroMap przedstawiające rzeźbę terenu dla badanego obszaru w roku a) 2000, b) 2005, c) 2010

**Fig. 2.** Contour lines generated in the MicroMap program presenting the landscape of the area examined in a) 2000, b) 2005, c) 2010

Na podstawie wygenerowanych warstwic widać że w roku 2000 warstvice na danym terenie były najbardziej regularne i w największym stopniu współkształtne, o łagodnym przebiegu (rys. 2a). W okresie tym najbardziej nieregularny przebieg warstwic był na powierzchni doświadczalnej nr 3. W okresie tym na całym obszarze badań występowało jedno obniżenie o łagodnym zboczu (na granicy powierzchni doświadczalnej nr 1 i 2). Na podstawie wyinterpolowanych warstwic z pomiarów w roku 2005 zauważyć można, że na powierzchniach doświadczalnych numer 4,5,7,8 układ warstwic jest bardzo podobny jak w roku 2000 (rys. 2b).

Zmiany przebiegu warstw widać na powierzchni doświadczalnej nr 6 (dolna część powierzchni) i powierzchni doświadczalnej numer 3 (górną część powierzchni). Na powierzchni doświadczalnej nr 1 pojawiło się drugie obniżenie terenu o łagodnym zboczu. Warstwice wyinterpolowane na podstawie pomiarów z 2010 roku wykazują najbardziej nieregularny przebieg (rys. 2c). W porównaniu z rokiem 2005 górnej części powierzchni doświadczalnych nr 6 i 7 i dolnej części powierzchni doświadczalnej nr 1 układ warstw uległ zmianom. Zmieniły się również odległości pomiędzy warstwami, co świadczy o zmianie rzeźby terenu wierzchowiny zwałowiska. W 2010 roku na badanym obszarze występowały cztery obniżenia, w tym jedno o stromym zboczu (powierzchnia doświadczalna nr 1).

Dla szczegółowej analizy zmian rzeźby terenu obszaru zwałowiska pogórniczego, wygenerowano dla każdej z 3 sesji pomiarowych NMT. W tym celu współrzędne punktów zostały zaimportowane (przy użyciu programu C-Geo) do programu ArcGis jako pliki shape. Na ich podstawie wygenerowano dla każdej sesji pomiarowej numeryczne modele terenu. Modele TIN zostały utworzone w ArcMap a następnie zostały zaimportowane w ArcScene (rys. 3). W pracy TIN wygenerowano w oparciu o dane punktowe – czyli węzły, na których zbudowane zostały trójkąty.

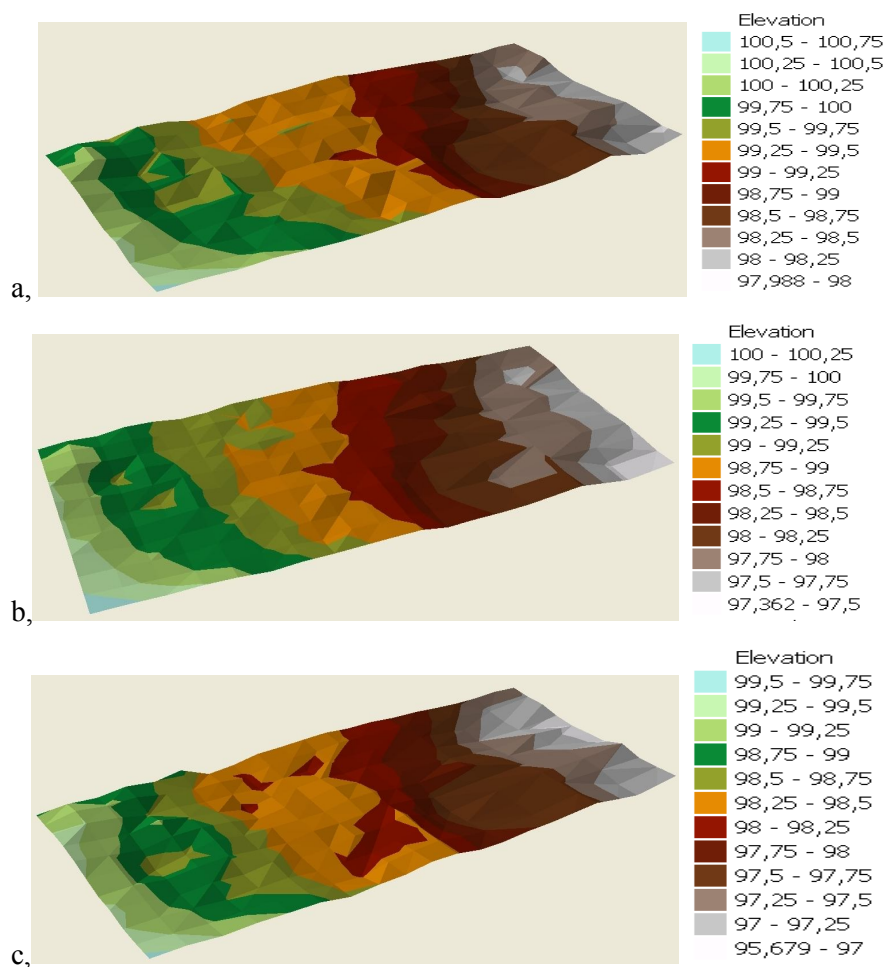
Analiza NMT potwierdziła, że pomiędzy rokiem 2000 a 2005, jak i 2005 a 2010 nastąpiła zmiana ukształtowania terenu. Wizualizacja za pomocą palety barw ukazała, że grunt osiadł nierównomiernie. Wykształciły się pod wpływem osiadania lokalne obniżenia terenowe, zwłaszcza porównując NMT z 2005 i 2010 roku. Dla ilościowego określenia nierównomierności osiadania gruntów, na poszczególnych modelach wysokościowych, obliczono powierzchnie terenu na określonych wysokościach (z interwałem 0,25 m) (tabela 1).

W tabeli 2 zestawiono obliczone różnice wysokości minimalną ( $\Delta h_{\min}$ ), maksymalną ( $\Delta h_{\max}$ ) oraz średnią ( $\Delta h_{\text{sr}}$ ) dla punktów analizowanych powierzchni doświadczalnych.

Dla okresie od 2000 do 2005 roku średnia różnica zmiany wysokości na powierzchniach doświadczalnych wahała się od 0,40 m do 0,56 m. Dla okresu 2005–2010 różnice te były większe i wyniosły 0,49 m do



0,66 m. W okresie 2000–2005 wartości  $\Delta h_{\min}$  wynosiły od 0,38 m do 0,46 m. W okresie 2005–2010 ich zróżnicowanie było większe i wyniosło od 0,19 do 0,44 m.



**Rys. 3.** Numeryczne Modele Terenu, utworzone w ArcScene dla roku: a) 2000, b) 2005, c) 2010

**Fig. 3.** Digital Elevation Models created in ArcScene for: a) 2000, b) 2005, c) 2010

**Tabela 1.** Powierzchnie terenu o określonych rzędnych n.p.m. (z interwałem 0,25 m) dla analizowanych sesji pomiarowych

**Table 1.** Land areas with specific AMSL coordinates (with 0,25 m interval) for the measurement series analyzed

Rzędna n.p.m.	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]		
	2000r.	2005r.	2010r.
100,50–100,75	15		
100,25–100,50	244		
100,00–100,25	1138	74	
99,75–100,00	2281	493	
99,50–99,75	2310	1304	13
99,25–99,50	4706	2751	377
99,00–99,25	2142	2634	1504
98,75–99,00	1777	3110	2139
98,50–98,75	3162	2139	1670
98,25–98,50	2897	2137	4362
98,00–98,25	1702	2647	2439
97,75–98,00	26	3119	1849
97,50–97,75		1581	3165
97,25–97,50		412	2249
97,00–97,25			2326
96,89–97,00			306
Suma	22400	22400	22400

Maksymalne różnice wysokości punktów w latach 2000–2005 dla poszczególnych powierzchni doświadczalnych wyniosły od 0,5 m do 0,65 m. Różnice  $\Delta h_{\max}$  dla poszczególnych powierzchni doświadczalnych w okresie 2005–2010 były mniejsze i wyniosły 0,65–0,78 m. W okresie 2000–2005 największe zróżnicowanie pomiędzy  $\Delta h_{\min}$  a  $\Delta h_{\max}$  było na powierzchni doświadczalnej nr 8 a najmniejsze na powierzchni doświadczalnej nr 1. W latach 2005–2010 również na powierzchni doświadczalnej nr 8 było największe zróżnicowanie pomiędzy  $\Delta h_{\min}$  a  $\Delta h_{\max}$  a najmniejsze na powierzchni doświadczalnej nr 7.

**Tabela 2.** Różnice wysokości (m) minimalne, maksymalne i średnie dla analizowanych powierzchni doświadczalnych w latach 2000–2005, 2005–2010 i 2000–2010

**Table 2.** Minimum, maximum and average elevation variations for the test areas analyzed in 2000–2005, 2005–2010 and 2000–2010

nr pow. dośw.	różnice wysokości [m]								
	2000–2005			2005–2010			2000–2010		
	$\Delta h_{\min}$	$\Delta h_{\max}$	$\Delta h_{\text{sr}}$	$\Delta h_{\min}$	$\Delta h_{\max}$	$\Delta h_{\text{sr}}$	$\Delta h_{\min}$	$\Delta h_{\max}$	$\Delta h_{\text{sr}}$
1	0,38	0,54	0,40	0,25	0,70	0,52	0,80	1,10	0,92
2	0,38	0,50	0,42	0,19	0,67	0,54	0,58	1,11	0,96
3	0,38	0,50	0,45	0,44	0,78	0,66	0,90	1,21	1,11
4	0,43	0,55	0,51	0,37	0,68	0,51	0,89	1,15	1,02
5	0,49	0,55	0,52	0,41	0,65	0,51	0,90	1,15	1,04
6	0,43	0,59	0,51	0,40	0,71	0,49	0,90	1,15	0,99
7	0,44	0,55	0,51	0,44	0,73	0,53	0,98	1,20	1,04
8	0,46	0,65	0,56	0,26	0,74	0,51	0,91	1,20	1,07
średnia	0,43	0,55	0,49	0,34	0,71	0,53	0,86	1,16	1,02

Średnie  $\Delta h_{\min}$ ,  $\Delta h_{\max}$  i  $\Delta h_{\text{sr}}$  nie dają poglądu na ukształtowania terenu – lepiej nierównomierność osiadania charakteryzują różnice pomiędzy  $\Delta h_{\min}$ ,  $\Delta h_{\max}$  dla poszczególnych powierzchni doświadczalnych w poszczególnych przedziałach czasowych.

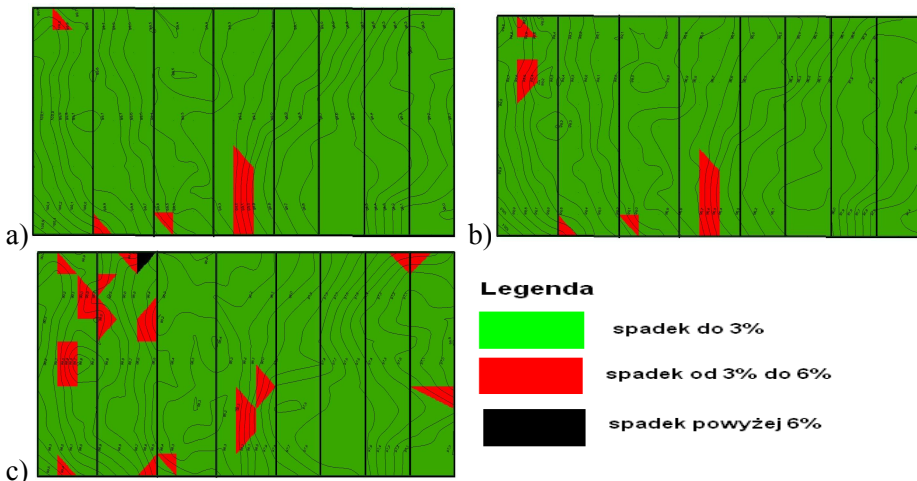
Przeprowadzona analiza wykazała, że różnice wysokości ( $\Delta h_{\min}$ ,  $\Delta h_{\max}$  i  $\Delta h_{\text{sr}}$ ), nie dają poglądu na ukształtowanie terenu, a lepiej nierównomierność osiadania charakteryzują różnice pomiędzy  $\Delta h_{\min}$ ,  $\Delta h_{\max}$ .

**Tabela 3.** Średnie spadki (%) pomiędzy granicami powierzchni doświadczalnych w roku 2000, 2005, 2010

**Table 3.** Average subsidence values between the borders of test areas in 2000, 2005, 2010

rok	Nr 1	2	3	4	5	6	7	8
2000	-1,14	-1,03	-0,45	-1,24	-0,92	-0,82	-1,11	-0,47
2005	-1,22	-1,11	-0,62	-1,33	-0,87	-0,78	-1,26	-0,67
2010	-1,21	-1,62	-0,18	-1,30	-0,69	-1,00	-1,26	-0,49

Średnie spadki na szerokościach poszczególnych powierzchni doświadczalnych wyniosły w roku 2000 od -0,45 % do -1,24 % (tab. 3). W roku 2005 wynosiły od -0,62% do -1,33%. Zróżnicowanie spadków średnich dla poszczególnych powierzchni doświadczalnych było największe w 2010 roku i wyniosło od -0,18% do -1,62%.



**Rys. 4.** Mapy spadków terenu dla NMT w roku: a) 2000 b) 2005, c) 2010

**Fig. 4.** Land subsidence maps for the digital elevation model in: a) 2000 b) 2005, c) 2010

Wszystkie obliczone wielkości spadków średnich mieściły się w dopuszczalnych granicach spadków optymalnych, dla mikrorzeźby zwałowiska przeznaczonego do rolniczego kierunku zagospodarowania wynoszących, zgodnie z PrPN-G-07800 [10] do 3%.

Dla dokładniejszej analizy spadków na badanym terenie dla każdego okresu badań wygenerowano na podstawie NMT mapy spadków.

W roku 2000 powierzchnia wierzchowiny zwałowiska o spadkach większych od zalecanych w *Normie* [10], wynosiła 2,4% całego analizowanego obszaru. W roku 2005 powierzchnia ta zwiększyła się do 3,1%. W roku 2010 stanowiła ona już 7,2 % całości obszaru. W tym roku pojawiły się obszary o spadkach powyżej 6%, które stanowiły 0,2% całości obszaru.

Analiza profilu podłużnego rowu odwadniającego powierzchnię zwałowiska, przylegającego do badanych powierzchni doświadczalnych, potwierdziła nierównomierność osiadania powierzchni zwałowiska. W pierwszej sesji pomiarowej (2000 r.) średni spadek tego rowu wynosił -1,5% i był jednolity na całej jego trasie, przy średniej głębokości rowu 1,70 m. Natomiast po 10 latach użytkowania i w wyniku osiadania dna spadek zmniejszył się do -1,0%, a głębokość zmniejszyła się średnio o 0,4m. Poza tym na długości rowu: 0+96 m nastąpiło spłylenie cieku odwadniającego do głębokości 1,0 m, przy spadku 0,72%). W 2010 roku na długości rowu 0+176 m, stwierdzono ponowne spłylenie dna rowu do głębokości 0,8 m, z wyraźnym wypiętrzeniem dna rowu przy spadku 1,8%. Jednocześnie uległo zmianie odchylenie skarpy rowu od krawędzi (stopy) z nachylenia 1:1 (w 2000 r.) do 1:1,5 w 2010 roku.

### 3. Podsumowanie

W pracy przedstawiono szczegółową analizę zmian rzeźby terenu na 8 powierzchniach doświadczalnych, stanowiących fragment zwałowiska wewnętrznego odkrywki „Kazimierz Północ”, KWB „Konin” o wierzchowinie leżącej na poziomie przyległych terenów.

Po przeprowadzonej przez Kopalnię, a zakończonej w 1998 roku rekultywacji technicznej, polegającej na m.in. na kształtowaniu rzeźby terenu zdewastowanego gruntu, regulację stosunków wodnych, poprzez budowę niezbędnych rowów odwadniających, nabywca tego terenu pogórniczego prowadził rekultywację i zagospodarowanie rolnicze.

Pomiary rzeźby terenu, polegające na wyznaczeniu wysokości punktów, przeprowadzono w 3 sesjach: w 2000 roku w czasie trwania rekultywacji rolniczej, po jej zakończeniu (2005 r.) oraz w czasie trwania zagospodarowania rolniczego (2010 r.).

Analiza NMT wykazała, że pomiędzy rokiem 2000 a 2005 jak i rokiem 2005 i 2010, nastąpiła zmiana ukształtowania terenu wierzchowiny zwałowiska. Tym samym potwierdziły się spostrzeżenia innych autorów [13,17], że po usypaniu docelowej rzędnej zwałowiska, zrównanej z rzędną otaczającego terenu, nastąpił proces samoistnego zagęszczenia materiału zwałowego czyli komprymacja. Sprzyja temu zjawisku, stwierdzone w pracach Gilewskiej i Otremby [3], Otremby i innych [11] oraz Stachowskiego [12] zróżnicowanie przestrzenne zwałowanego materiału, budującego wierzchnią warstwę zwałowisk. Duże zróżnicowanie gruntów pogórnich wpływa na charakter procesu osiadania, które cechuje się przestrzenną nieregularnością. Jak podano w *Zasadach dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla celów likwidacji kopalń* [20], rozmiar deformacji powstających na powierzchni zwałowiska w wyniku osiadania, zależy od składu granulometrycznego utworów nadkładowych. Wyniki badań potwierdziły, że analizowany grunt pogórnicy osiadł nieregularnie, nierównomiernie. W jednym miejscu osiadanie było znaczące, podczas gdy w miejscu sąsiednim niewielkie. W wyniku tego na powierzchni zwałowiska powstały nierówności – obniżenia poprzedzielane wzniesieniami.

Wygenerowana mapa spadków obszaru pogórnego dla NMT wykazała, że mikrorzeźbie zwałowiska obliczone wielkości spadków średnich mieszczą się w przewidzianych *Normą* [10] spadkach optymalnych (do 3%), dla wierzchowin zwałowisk przeznaczonych pod rolnicze zagospodarowanie. Stało się tak w wyniku prac wyrównujących powierzchnie zwałowiska, prowadzonych przez właściciela terenu w pierwszych latach prowadzenia działalności rolniczej na tym terenie. Na podstawie sporządzonej mapy spadków, wyznaczono powierzchnie o spadkach większych od przyjętych ww. *Normie* [10] od 2,4% (w 2000 r.) do 7,2% (w 2010 r.) w stosunku do całego niewielkiego obszaru (2,24 ha) zwałowiska.

Przedstawione w pracy zjawisko nieregularnego osiadania terenów pogórnich oraz jego skala, praktycznie eliminuje możliwość prowadzenia działalności rolniczej, bez bieżącego wyrównywania powierzchni przez użytkownika, szczególnie w pierwszych latach po zwałowaniu terenu. Rezultaty osiadania zwałowanego gruntu mają duże znaczenie przy projektowaniu docelowej wysokości zwałowisk różnych ty-

pów oraz bilansowania dysponowanej i wymaganej objętości zwałowanych mas gruntowych.

Przedstawione w pracy wyniki stanu zwałowiska w okresie po zakończeniu rekultywacji, stanowią przyczynek do stwierdzenia, że grunty poeksploatacyjne nie są i nie mogą być wykorzystywane do prowadzenia działalności rolniczej, bezpośrednio po przeprowadzonej rekultywacji technicznej (podstawowej). Co najmniej dyskusyjny z punktu obowiązujących przepisów *Ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych* [14], jest problem rekultywacji w polskim górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego. Ustawowy obowiązek kopalń o zakończeniu rekultywacji w ciągu 5 lat od zaprzestania działalności wydobywczej jest zbyt krótki. Gilewska i inni [4] proponują, na podstawie wieloletnich badań na gruntach pogórnich Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego, wydłużyć ten okres do co najmniej 10 lat. W tym czasie sprawca dewastacji przestrzeni produkcyjnej, powinien wykonać zarówno rekultywację techniczną jak i w pełni rekultywację rolniczą. Obecnie kopalnie główny nacisk kładą na właściwe wykonanie rekultywacji technicznej, a w ramach obowiązkowej rekultywacji rolniczej wprowadzają na grunt pogórnicy szatę roślinną (obsiew powierzchni roślinnością zielną w KWB „Adamów” lub jak w KWB „Konin” obsiew lucerną z trawami) i pozbywają się gruntu. Dalsze zabiegi właściwej rekultywacji rolniczej, a także zagospodarowania rolniczego, na przykład w oparciu o koncepcję gatunków docelowych, przewidziane w *Ustawie* [14], przejmuje nabywca gruntów pogórnich. Stwierdzone w pracy osiadanie po wykonanej kilka lat temu rekultywacji technicznej również prowadzi użytkownik tych gruntów. Wynika to z nieprecyzyjnych zapisów *Ustawy* [14], która nie określa jasno, kiedy kończy się rekultywacja a zaczyna zagospodarowanie rolnicze. Ten brak jednoznaczności wywołuje liczne nieporozumienia, umożliwia stosowanie lokalnych rozwiązań, zazwyczaj korzystnych dla kopalń. Branża górnictwa węgla brunatnego jest gałęzią gospodarki, której działalność rekultywacyjna jest dobrze oceniana, prowadzona na dużą skalę (w Konińskim Zagłębiu Węgla Brunatnego zrehabilitowano ponad 6000 ha gruntów pogórnich), nieporównywalną do innych sektorów gospodarki. Jest więc całkowicie zasadne i pilne, aby przepisy *Ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych* [14] dostosować w taki sposób, aby przystawały do rzeczywistości górniczej.



## Literatura

1. **Bangian A.H., Ataei M., Sayadi A., Gholinejad A.:** *Fuzzy analytical hierarchy processing to define optimum post mining land use for pit area to clarify reclamation costs.* Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management, tom27, zesz.2, 145-168 (2011).
2. **Gaździcki J.:** *Systemy informacji przestrzennej*, PPWK, Warszawa-Wrocław 1990.
3. **Gilewska M., Otremba K.:** *Seed Quality of Rapeseed Plants Obtained from Cultivations on Post-mining Areas in the Region of Konin.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 15. 505–515 (2013).
4. **Gilewska M., Otremba K., Zając W.:** *Kształtowanie funkcjonalnej przestrzeni produkcyjnej na gruntach pogórnich KWB „Konin” i KWB „Adamów”.* Zesz. Nauk. UP - Wrocław. Rolnictwo XCVI, nr 576. 33–43 (2010).
5. **Hejmanowska B.:** *Analiza DTM w postaci GRID i TIN na przykładzie danych z OKI*, Mat. IV Ogólnopolskiego Sympozjum Geoinformacyjnego, Dobczyce 2007.
6. Instrukcja techniczna G-4. *Pomiary sytuacyjne i wysokościowe*, GUGIK, Warszawa 1983.
7. **Kołodziejczyk U.:** *Hydrological, geological and geochemical conditions determining reclamation of post – mine land in the region of Łęknica.* Gospodarka Surowcami Mineralnymi –Mineral Resources Management, tom25, zesz.3, 189-201 (2009).
8. **Podgórski Z.:** *Antropogeniczne zmiany rzeźby terenu na obszarze Polski*, Przegląd Geograficzny, T. 73, z. 1–2 (2001).
9. **Podgórski Z.:** *Uwagi o procedurach stosowanych w badaniach bezpośredniego oddziaływania człowieka na rzeźbę terenu Polski*, Landform Analysis, vol. 12, 87–98 (2010).
10. Polska Norma PrPN-G-07800 *Górnictwo odkrywkowe, rekultywacja – Ogólne wytyczne projektowania.* nr 227. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.
11. **Otremba K., Gilewska M., Owczarzak W.:** *Wpływ rolniczego użytkowania na wybrane właściwości gleby rozwijającej się z gruntów pogórnich KWB Konin.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 15. 1834–1862 (2013).

12. **Stachowski P.:** *Ocena suszy meteorologicznej na terenach pogórnicznych w rejonie Konina*. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 12. 587–606 (2010).
13. **Uberman R., Naworyta W.:** *Dyskusja na temat podatków lokalnych od gruntów poeksploatacyjnych poddanych rekultywacji*. Zesz. Nauk. Inst. Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 85, 325–334 (2013).
14. Ustawa z dnia 3 lutego 1995r. *o ochronie gruntów rolnych i leśnych*. tekst jednolity Dz. U. z 2004 r. nr 121, poz. 1266.
15. **Widera M., Szczurek M.:** *Złoże antropogeniczne w wielkopolskich kopalniach węgla brunatnego – aktualny stan badań*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management, tom 30, zesz. 1, 21–37 (2014).
16. **Woźniak H.:** *Osiadanie spoiwych gruntów zwałowanych pod obciążeniem własnym-opis procesu w świetle badań modelowych*, Geologos, 11, 401–409 (2007).
17. **Woźniak H., Borecka A., Kaczmarczyk R.:** *Osiadanie gruntów zwałowych w poeksploatacyjnym wyrobisku odkrywkowym w wyniku odbudowy zwierciadła wody gruntowej*. Geologia, tom 34, zesz. 1, 69–83 (2008).
18. **Wyczalek I.:** *Nowa metoda modelowania powierzchni terenu dla potrzeb analiz i symulacji przestrzennych*, Arch. Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 21, 447–457 (2010).
19. Wytyczne techniczne G- 4.3. *Bezpośrednie pomiary wysokościowe*, GUGIK, Warszawa 1981.
20. *Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla celów likwidacji kopalń*. Praca wykonana na zlecenie Ministerstwa Środowiska, Warszawa 2009.

## Landscape Change in a Post-mining Area

### Abstract

The work presents a detailed analysis of landscape changes in 8 test areas constituting part of the internal dump of the “Kazimierz Północ” of the “Konin” open-pit brown coal mine with the top part of the land at the level of the adjacent areas.

After technical rehabilitation performed by the Mine and completed in 1998, which involved, among others, leveling the landscape of the devastated area, regulation of the hydrographic conditions by building the necessary drains, the purchaser of the post-mining area performed rehabilitation and agricultural land planning.

Landscape measurements involving determination of the elevation of selected points were performed in three sessions: in 2000 during agricultural rehabilitation, after the rehabilitation was completed (2005) and during agricultural land planning (2010).

During all of those three time periods, leveling was performed with reference to the existing vertical control of the landscape. Land measurements and calculations were performed in accordance with the recommendations provided in the technical instructions *G-4 "Topographic surveys"* and *G-4.3 "Direct elevation surveys"*, which were valid at the time when the measurements were performed. The WinKalk program was used for the purpose of calculating the elevation of the points as well as for determining their x,y coordinates. On the basis of the results, the area contour lines were generated for every measurement session in the MicroMap program. The coordinates of the points were then imported (with the use of the C-Geo program) into the ArcGis program as shape files. On their basis, numeric terrain models were generated for every measurement session. The TIN model as the best one for engineering applications was selected as the interpolation method. For the purpose of quantitative specification of land subsidence irregularities, terrain surface areas on particular elevation levels (with the interval of 0,25 m) were calculated on individual elevation models. Next, average subsidence values generated on the subsidence map between particular pickets in every one of the test areas were calculated for every one of the 8 test areas.

The results of the analyses confirmed that the analyzed post-mining area subsided in an irregular, uneven manner. Subsidence was significant in one of the areas and slight in a different, adjacent area. As a result, irregularities formed in the dump area – depressions separated with high grounds.

In the period between 2000 and 2005, the average variation of elevation changes reached up to 0,56 m, and for the following period (2005–2010) variations were greater and reached up to 0,7 m.

The subsidence map of the post-mining area generated for the digital elevation model showed that the average subsidence values calculated for the micro-landscape of the dump are within the standard tolerance (Pr-PN-G-07800) of optimal subsidence (up to 3%), assumed for agricultural management dumps. This resulted from the dump leveling works conducted by the land owner over the first years of their agricultural activity. On the basis of the subsidence map prepared, areas with subsidence values higher than the values assumed in the standard were determined (2002) from 2,4% (in 2000) to 7,2% (in 2010) in relation to the whole small dump land area (2,24 ha).

The dump soil subsidence results are of great significance while designing the target elevation of different types of dumps as well as for balancing the available dump soil volume in relation to the volume required.

The phenomenon of irregular land subsidence of post-mining areas presented in the work as well as its scale practically eliminates the possibility of conducting agricultural activity without ongoing land leveling by the user, in particular during the first years after dump soil deposition.

**Słowa kluczowe:** górnictwo odkrywkowe, zwałowiska pogórniczne, osiadanie gruntu zwałowego

**Key words:** opencast mining, post mining dumping, settlement of dump soil