

Piotr STRZAŁKOWSKI, Roman ŚCIGAŁA

Politechnika Śląska, Gliwice

PRAKTYCZNY SPOSÓB OKREŚLANIA CZASU TRWANIA KOŃCOWEJ FAZY PROCESU DEFORMACJI TERENÓW GÓRNICZYCH

Streszczenie. W ramach pracy przedstawiono uproszczony sposób określania czasu trwania procesu poeksploatacyjnych deformacji powierzchni terenu. Praktyczny przykład dotyczył prowadzenia eksploatacji górniczej kilkoma ścianami, rozmieszczonymi w różnych obszarach. Przedstawiona propozycja może znaleźć zastosowanie w przypadku analiz związku przyczynowego pomiędzy uszkodzeniami obiektów budowlanych i przyrodniczych a dokonaną eksploatacją górniczą oraz może być stosowana w przypadkach planowania inwestycji na terenach, które będą objęte oddziaływaniem projektowanej eksploatacji górniczej.

PRACTICAL METHOD OF DETERMINATION THE LAND SURFACE MOVEMENT DURATION IN MINING AREAS

Summary. The simplified method for determination of the duration of decay phase of land surface movement caused by underground extraction has been presented in this paper. Presented example was concerned with the extraction led by several faces distributed in certain area. This proposition could have application in case of analysing the connection between mining damages and earlier led underground extraction, as well as the planning constructions in the areas that will be under influence of future extraction.

1. Wstęp

Podziemna eksploatacja górnicza wywołuje wiele niekorzystnych przemian na powierzchni terenu, spośród których najbardziej oczywiste jest tworzenie się niecek obniżeniowych w rejonach bezpośredniego oddziaływania eksploatacji. W przebiegu osiadania punktów powierzchni terenu wyróżnić można kilka faz, w zależności od stopnia

intensywności ruchów. Generalnie można stwierdzić, że proces trwa w trakcie prowadzenia eksploatacji (faza ta jest zawsze znana a priori) i pewien czas po jej zakończeniu. Szczególne znaczenie ma przy tym znajomość czasu trwania końcowej fazy deformacji. Fazę tę można zdefiniować jako przedział czasu pomiędzy zakończeniem eksploatacji (lub oddaleniem się na odpowiednio dużą odległość krawędzi wybierania od rozpatrywanego punktu) a zanikiem ruchów. Znajomość czasu trwania procesu deformacji (a szczególnie fazy końcowej) jest bardzo istotna w przypadku sporządzania planu zagospodarowania terenu czy też dochodzenia roszczeń o szkody górnicze. Prowadzenie analiz zmierzających do określania czasu trwania procesu deformacji wydaje się być zatem w pełni celowe.

W przypadku prowadzenia eksploatacji odosobnionych, pojedynczych pól, analizy takie są stosunkowo proste do wykonania. Natomiast spore trudności stwarza sytuacja, gdy mamy do czynienia z intensywną eksploatacją górniczą. Powoduje to bowiem wzajemne nakładanie się wpływów pochodzących od wybierania poszczególnych ścian.

W ramach niniejszego artykułu przedstawiono taki właśnie przykład, gdzie istotne było ustalenie na rozległym terenie pól uprawnych czasu zakończenia ruchów wywołanych podziemną eksploatacją. Z powodu dużej powierzchni tego terenu zakończenie ruchów miało miejsce w różnych przedziałach czasu, z czego wynikają dodatkowe trudności. Dla rozwiązania tego zagadnienia przedstawiono stosunkowo proste, praktyczne podejście.

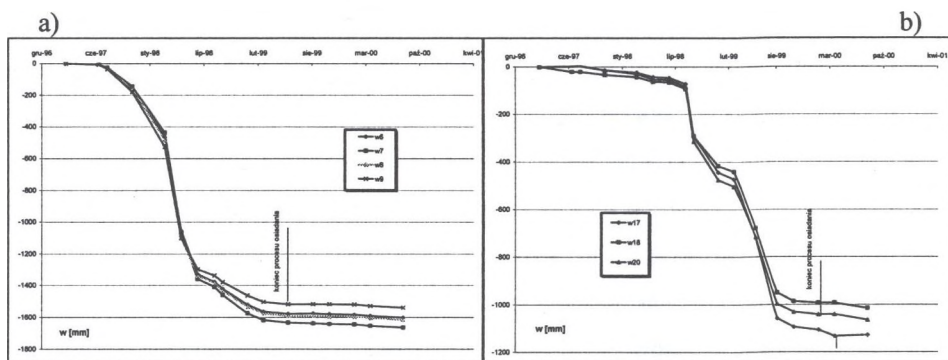
2. Określenie czasu trwania końcowej fazy procesu deformacji na podstawie wyników pomiarów

W rozpatrywanym rejonie prowadzono pomiary geodezyjne głównie na sieci reperów rozproszonych, zastabilizowanych na budynkach oraz wzdłuż linii pomiarowej, związanej z ciągiem komunikacyjnym przebiegającym przez rozpatrywany rejon. Przedstawione poniżej analizy wyników pomiarów miały na celu określenie czasu trwania końcowej fazy procesu deformacji powierzchni terenu – od czasu zakończenia eksploatacji do czasu zaniku osiadania. Jako kryterium zaniku procesu osiadania przyjmowano różnicę pomiędzy dwoma kolejnymi pomiarami wynoszącą ok. 10 mm, co wynika z dokładności wykonywanych pomiarów [3]. Zaznaczyć przy tym należy, że pomiary geodezyjne mają charakter dyskretny – są dokonywane tylko w pewnych momentach czasowych. Brak zatem możliwości ciągłej rejestracji przebiegu procesu osiadania. Powoduje to z konieczności możliwość jedynie przybliżonego określenia czasu ustania procesu osiadania. Podkreślić należy przy tym, że czas

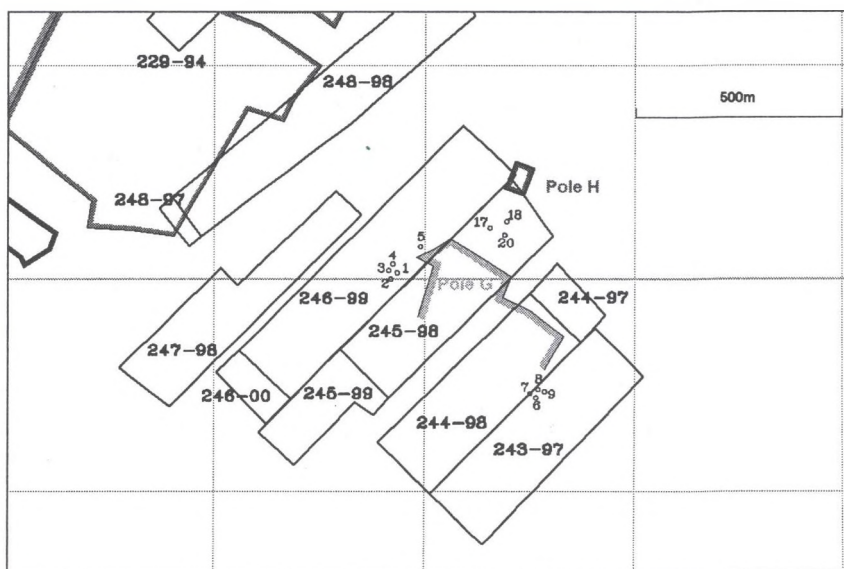
ten określa się z pewnym nadmiarem. Z oczywistych względów analizy przebiegu procesu osiadania powinno się prowadzić na podstawie wyników pomiarów dokonywanych w punktach położonych nad przestrzenią wybraną, wykazujących największe wartości osiadań.

Do szczegółowych analiz wybrano wyniki pomiarów prowadzonych na następujących reperach: 1-4, 6-9 oraz 17-20. Wyniki pomiarów w powyższych punktach spełniają bowiem podane wyżej kryteria.

Na rys.1a i 1b przedstawiono przebiegi osiadań rozpatrywanych punktów w czasie. Natomiast na rys. 3 przedstawiono szkic lokalizacji punktów pomiarowych względem eksploatacji górniczej dokonywanej w czasie poprzedzającym zanik ruchów powierzchni terenu. Na schemacie podano również numery ścian i lata ich eksploatacji.



Rys. 1. Przebiegi osiadań w czasie analizowanych punktów obserwacyjnych
 Fig. 1. The distribution of subsidence over time for considered observing points



Rys. 2. Szkic lokalizacji dokonanej eksploatacji w stosunku do rozpatrywanych punktów pomiarowych
 Fig. 2. The sketch of the extracted fields location in relation to observing points

Wykresy osiadania w czasie reperów: 6 – 9 (rys.1a) wskazują, że proces osiadania zakończył się w czerwcu 1999 r. Ostatnio przed tą datą prowadzona była w rejonie reperów eksploatacja pokładu 318 ścianami 243 i 244. Średnia głębokość zalegania pokładu w rejonie obu ścian wynosiła ok. 420 m. Repery znajdowały nad zrobami ściany 243, w pobliżu jej wspólnej krawędzi ze ścianą 244. Ściana 243 prowadzona była od II kwartału 1997 do IV kwartału 1997 r. Natomiast ściana 244 od IV kwartału 1997 r. do II kwartału 1998 r.

Z powyższego wynika, że najdłużej na repery oddziaływała eksploatacja prowadzona ścianą 244. Zakładając wartość parametru $\text{tg}\beta = 2$, wyliczyć można, że krawędź ściany 244 oddaliła się od reperów na odległość równą zasięgowi wpływów eksploatacji ok. połowy maja 1998 r. Zatem można uznać, że czas trwania końcowej fazy procesu osiadania wynosił około 13.5 miesiąca. Wykresy osiadania w czasie reperów: 17, 18 i 20 (rys. 1b) wskazują na to, że w przypadku reperów 18 i 20 zanik procesu osiadania wystąpił w lutym 2000 r., natomiast w przypadku repera 17 w kwietniu 2000 r. Repery te znajdowały się nad zrobami ściany 245 prowadzonej w okresie od III kwartału 1998 r. do I kwartału 1999 r. W okresie poprzedzającym zanik procesu osiadania na punkty oddziaływała eksploatacja prowadzona ścianą 246 od II kwartału 1999 r. do I kwartału 2000 r. Przy przyjęciu identycznych założeń co poprzednio odnośnie do zasięgu wpływów eksploatacji górniczej, można ustalić, że krawędź ściany 246 oddaliła się od najdalej wysuniętego repera 17 na odległość przewyższającą zasięg wpływów ok. połowy lipca 1999 r. Biorąc pod uwagę moment zaniku osiadania repera 17, można uznać, że czas trwania końcowej fazy procesu osiadania wynosił ok. 10 miesięcy.

Biorąc pod uwagę rezultaty powyższych analiz wyników pomiarów geodezyjnych, można uznać, że czas trwania końcowej fazy procesu osiadania w warunkach KWK „B”, dla głębokości eksploatacji ok. 420 m wynosi ok. 1 roku.

3. Dokonana eksploatacja górnicza uwzględniona w obliczeniach

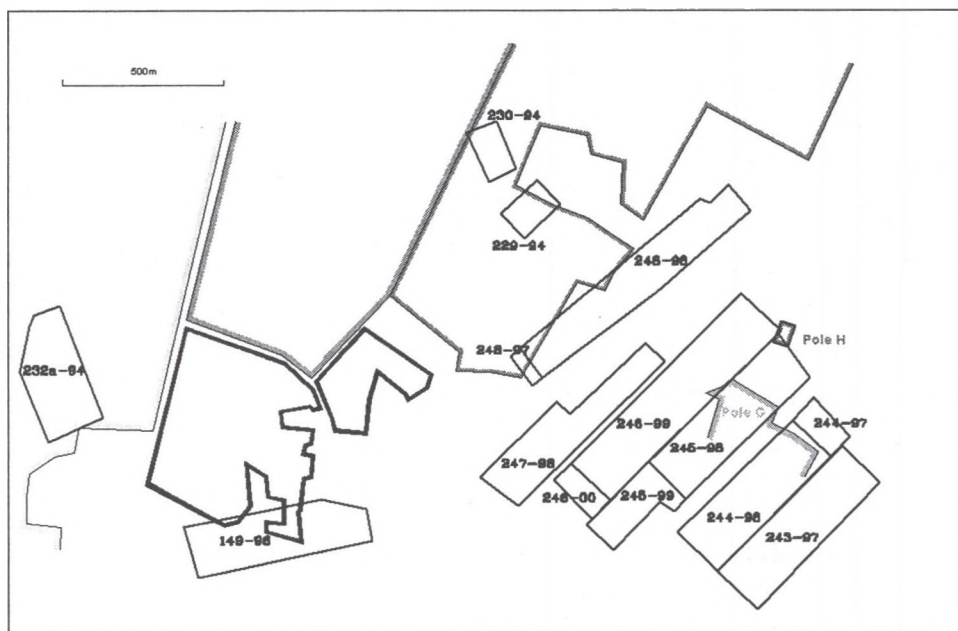
Mając na uwadze określony powyżej czas trwania końcowej fazy ruchów powierzchni terenu w rozpatrywanym rejonie, przyjęto do rozważań eksploatację dokonaną od początku 1994 r. Informacje na temat tej eksploatacji przedstawiono w tabeli 1, natomiast jej lokalizację względem analizowanych pól pokazano na rys. 3.

Przedstawione w tabeli daty rozpoczęcia i zakończenia eksploatacji ustalono na podstawie map górniczych, dokonując, jeśli zachodziła taka potrzeba, interpolacji przy założeniu stałości prędkości postępu frontu. Daty te należy traktować orientacyjnie, z dokładnością do danego miesiąca. Dla celów obliczeniowych niezbędne było przyjęcie dat z dokładnością do jednego dnia.

Należy zwrócić również uwagę, że do obliczeń przyjęto założenie o poziomym zaleganiu warstw (kąt upadu = 0°). W rzeczywistości nachylenie warstw jest niewielkie, bo wynosi przeciętnie około 3°. Zgodnie z literaturą w takich przypadkach, szczególnie dla niezbyt dużych głębokości eksploatacji, można przyjąć, że takie nachylenie nie wpływa na zmianę obrazu deformacji zarówno w górotworze, jak i na powierzchni terenu.

Tabela I
Zestawienie danych o dokonanej eksploatacji górniczej
za okres od 01-01-1994 do 31-12-2000

	Pokład	Ściana/ parcela	Początek ekspl.	Koniec ekspl. pokł.	Grub. [m]	Głęb. [m]	Sys- tem
	318	149-96	01-06-1996	31-12-1996	3.0	415	z
	318	229-94	01-01-1994	28-02-1994	2.9	425	z
	318	230-94	01-01-1994	28-02-1994	2.9	420	z
	318	232a-94	01-01-1994	30-06-1994	2.5	420	z
	318	243-97	01-05-1997	31-12-1997	3.05	435	z
	318	244-97	01-12-1997	31-12-1997	2.9	430	z
	318	244-98	01-01-1998	30-06-1998	2.9	435	z
	318	245-98	01-09-1998	31-12-1998	3.0	425	z
	318	245-99	01-01-1999	30-03-1999	3.0	420	z
	318	246-00	01-01-2000	31-12-2000	3.0	416	z
	318	246-99	01-04-1999	31-12-1999	3.0	427	z
	318	247-98	01-01-1998	30-09-1998	3.0	425	z
	318	248-97	01-03-1997	30-12-1997	2.9	455	z
	318	248-98	01-01-1998	30-01-1998	2.9	440	z
	318	307a-94	01-07-1994	30-09-1994	2.5	400	z



Rys. 3. Zakres uwzględnionej w obliczeniach eksploatacji dokonanej i jej położenie w stosunku do rozpatrywanych obszarów pól uprawnych

Fig. 3. The range of underground extraction used in calculations and its location in relation to considered areas of cultivation fields

4. Założenia przyjęte do obliczeń

Do obliczeń przyjęto na podstawie doświadczeń kopalni następujące wartości parametrów teorii Budryka – Knothego:

- Tangens kąta zasięgu wpływów głównych $\text{tg}\beta = 2.0$.
- Wartość współczynnika kierowania stropem przyjęto $a = 0.8$ (zawał stropu). Jest to wartość nieco większa, niż wynika to z doświadczeń kopalni, która przyjmuje do obliczeń $a = 0.7$. Założenie takie pozwala na zapewnienie pewnego marginesu bezpieczeństwa ze względu na ewentualną możliwość reaktywacji starych zrobów.

Obliczenia dokonywane były za pomocą programu DEFK [4], natomiast graficzne przedstawienie ich wyników dokonane zostało za pomocą programu SURFCAD [5].

Eksploatacja górnicza dokonywana była, jak to wynika z opisu zawartego powyżej, na maksymalnej głębokości wynoszącej ok. 460 m. Mając na uwadze silną zależność pomiędzy głębokością prowadzenia eksploatacji górnicznej i czasem trwania końcowej fazy procesu deformacji, przyjęto, że czas ten wynosi dla tej głębokości prowadzenia robót ok. 1.5 roku. Dla uproszczenia dalszych analiz przyjęto dla wszystkich wyeksploatowanych parcel,

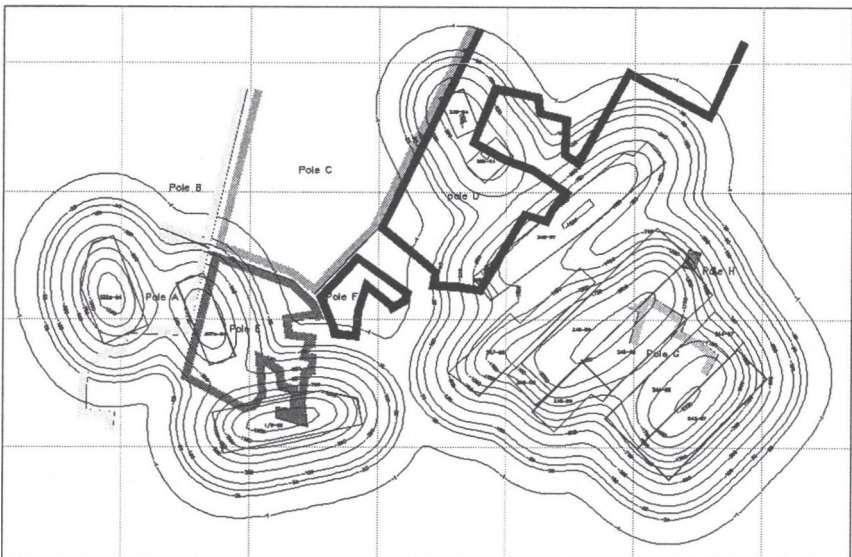
niezależnie od głębokości zalegania pokładu w ich rejonie, ten sam czas trwania końcowej fazy procesu deformacji. Założenie to powoduje określenie czasu wygaśnięcia wpływów dokonanej eksploatacji z pewnym nadmiarem – marginesem bezpieczeństwa. W rozważaniach dotyczących tego zagadnienia rozpatrywano roczne przedziały czasu. Oznacza to, że eksploatację prowadzoną w ciągu całego roku traktowano całościowo, przypisując jej czas zakończenia tak, jakby roboty prowadzono do końca danego roku. Mając na uwadze powyższe, opracowano mapę (rys. 5), na której oznaczono obszary, w których ruchy powierzchni terenu ustały w poszczególnych latach, z uwzględnieniem 1.5–rocznego okresu wygaszania osiadania powierzchni terenu. Granice tych obszarów stanowią ustalone na podstawie wyników obliczeń zasięgi wpływów eksploatacji dokonanej w poszczególnych latach. Przyjęto przy tym, że granice zasięgu wpływów wyznacza ustalona na podstawie odpowiednich obliczeń izolinia osiadań o wartości 1 mm. Przewyższa to zasięg określany na podstawie wyników pomiarów, gdzie wartością graniczną jest osiadanie rzędu 10 mm, co wynika z dokładności prowadzonych pomiarów.

Na rozpatrywanym obszarze przyjęto pola oznaczone literami: A –H. Jak widać z rys. 4, eksploatacja prowadzona w latach 1994 – 2000 obejmowała swymi wpływami wszystkie pola. Maksymalne wartości osiadania wyniosły: 1.25 m w rejonie pola A, 1.5 m w rejonie pola E i 0.75 m – 1.0 m w rejonie pola D oraz ok. 2.25 m w rejonie pola G i 0.50 m – 1.50 m w rejonie pola H.

W bardzo poglądowy sposób zakres oddziaływania dokonanej eksploatacji na poszczególne pola przedstawia rys. 5. Jak widać, pola A, B i C objęte zostały wpływami dokonanej eksploatacji jedynie na pewnych fragmentach, a proces osiadania zakończył się w połowie 1996 r. Pole D objęte zostało również jedynie w części wpływami dokonanej eksploatacji. Zachodnia jego część podlegała procesowi deformacji do połowy 1996 r., a wschodnia do połowy lat 1999 i 2000. Pole E objęte było wpływami eksploatacji prawie w całości. Północna część pola objęta była procesem osiadania do połowy 1996 r., a południowa do połowy 1998 r. Pole F objęte było wpływami dokonanej eksploatacji górniczej jedynie w południowej części swego obszaru o bardzo małej powierzchni. Wpływy tej eksploatacji ustały w połowie 1998 r. Pole H objęte było wpływami eksploatacji, które ustały w połowie 2001 r. Pole G objęte było wpływami eksploatacji na całej swej powierzchni. Wpływy te ustały w połowie 2000 r. w części wschodniej pola i w połowie 2001 r. w części zachodniej.

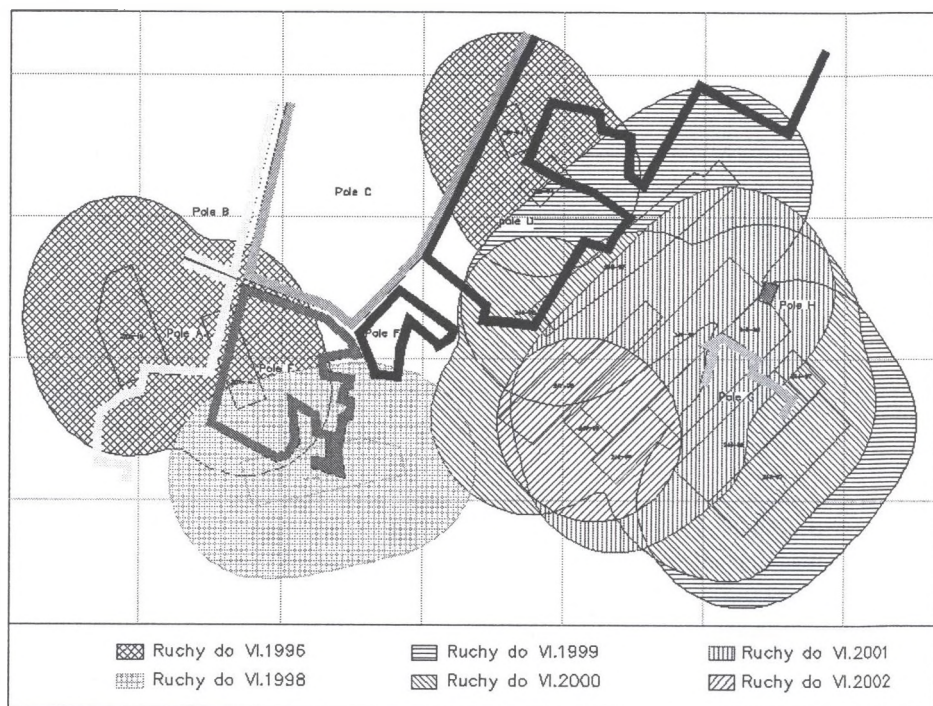
5. Podsumowanie

Względy ekonomiczne, brak dostatecznej liczby pracowników powodują, że nie zawsze wpływy dokonanej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu rejestrowane są pomiarami geodezyjnymi. Komplikuje to sytuację kopalni w przypadkach, gdy właściciele nieruchomości występują z nieuzasadnionymi roszczeniami o usunięcie tzw. szkód górniczych. Przewidywanie czasu trwania procesu deformacji w przypadku eksploatacji projektowanej pozwala z kolei na prowadzenie racjonalnej gospodarki inwestycyjnej na terenach górniczych. Dlatego umiejętność określania czasu trwania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu wydaje się bardzo istotna. Czas ten zależy jest od wielu czynników, wymienionych we wprowadzeniu do niniejszej pracy. W warunkach geologiczno-górniczych danej kopalni, przy niezmienności innych czynników, zależy on głównie od głębokości prowadzenia eksploatacji i może być określony na podstawie wyników pomiarów prowadzonych w sąsiedztwie rozpatrywanego rejonu. Na tej podstawie z kolei można za pomocą teorii prognozowania wpływów określić obszary objęte wpływami eksploatacji prowadzonej w kolejnych latach, a tym samym wskazać obszary, w których proces deformacji ustał w danym roku. Oczywiście taki sposób postępowania, zilustrowany w ramach pracy przykładem praktycznym, jest przybliżony – charakteryzuje się bowiem dokładnością do jednego roku, pomimo to zdaniem autorów jest on w pełni przydatny praktycznie.



Rys. 4. Rozkład obniżeń pod wpływem eksploatacji dokonanej w latach 1994-2000

Fig. 4. Calculated land surface subsidence distribution due to extraction led in years 1994-2000



Rys. 5. Usytuowanie obszarów o różnych czasach zakończenia ruchów wywołanych eksploatacją dokonaną w latach 1994-2000

Fig. 5. The location of areas with different moments of the termination of land surface movements caused by extraction led between 1994 and 2000

LITERATURA

1. Chudek M.: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
2. Praca zbiorowa pod red. Chudka M.: Ochrona środowiska w Górnym Śląsku i Donieckim Zagłębiu Węglowym. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
3. Szpetkowski S.: Pomiary deformacji na terenach górniczych. Wyd. 2. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1978.
4. Ściagała R., Strzałkowski P.: Software for predictions of underground mining influences on the land surface and rock mass. Międzynarodowa Konferencja Geotechnika 2000, Słowacja, Tatry Wysokie, październik 2000.
5. Ściagała R.: Oprogramowanie dla celów tworzenia graficznego obrazu deformacji powierzchni terenu. Konferencja Naukowa: Górnictwo zrównoważonego rozwoju 2003. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z.258, Gliwice 2003.