

Zmiany regionalnego pola siły ciężkości w północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w latach 2002–2003

Andrzej Kotyrba*, Andrzej Balicki*, Łukasz Kortas*



A. Kotyrba

A. Balicki

Ł. Kortas

Regional gravity field variations in the northern part of Upper Silesian Coal Basin in the years 2002–2003. *Prz. Geol.*, 53: 299–305.

S u m m a r y. The paper presents the results of gravimetric studies conducted in the northern part of the Upper Silesian Coal Basin (USCB, S Poland) in the year 2002 and 2003. Within a year, two series of measurements were conducted on the stabilized set of points in the subrectangular study area (26x36 km). The study aimed at detecting time variations of the regional gravity field. The gravity field influences several geological processes upon which depend rock mass stability in the upper parts of the lithosphere and the shape of the Earth's surface. This field is also a cause of rock mass movements in areas of underground mining activity. Thus, the main goal of the

study was to determine the correlation of temporal variations of the gravitational field with the geological structure of the area and the underground hard coal exploitation (subsidence, seismic tremors). Additionally, an attempt was made to determine whether the correlation could be used to monitor current geodynamic processes in USCB.

Key words: geophysics, regional gravity, time changes, mining, geodynamics

Podziemna eksploatacja węgla kamiennego powoduje znaczne przeobrażenia naturalnego środowiska geologicznego w wielu jego elementach. Współzależność tych elementów w domenie czasu jest przyczyną różnych zjawisk zachodzących w masywie skalnym, które mają wpływ na zagrożenia naturalne w górnictwie. Jednym z takich zagrożeń jest sejsmiczność indukowana. Jej geneza jest związana z wyrównywaniem pól naprężeń, powstałych w skorupie ziemskiej wskutek procesów geologicznych oraz pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż. Wyrównanie naprężeń jest realizowane poprzez odkształcenia mas skalnych w skalach lokalnej i regionalnej. Tak więc sejsmiczność indukowana wydaje się być zależna również od odkształceń górotworu zachodzących tak w bliskim, jak i dalekim polu wpływów eksploatacji podziemnej.

Naprężenia w masywie skalnym powstają pod wpływem sił grawitacji, a w szczególności pod wpływem zmiany geometrii ułożenia i gęstości mas skalnych. Ta ogólna zależność była podstawą do wykorzystania metody grawimetrycznej w badaniach zagrożeń sejsmicznych w kopalniach węgla kamiennego (Fajkiewicz, 1981; Fajkiewicz i in., 1982; Fajkiewicz 1983a, b; 1995, 2001). Dotychczasowe zastosowania tej metody w dziedzinie prognozowania wstrząsów ograniczały się do badań wykonywanych w wyrobiskach podziemnych, w trakcie których określono wielkość grawitacyjnych efektów anomalnych, generowanych w warstwach skalnych powyżej wybieranych partii pokładów w czasie prowadzonej eksploatacji.

Badania innymi metodami (zarówno geofizycznymi jak i geologicznymi) wykazują powstawanie zarówno okresowych jak i stałych ubytków mas skalnych (rozwarstwień) w partiach nad eksploatowanymi partiami pokładów węglowych oraz w ich otoczeniu (Kotyrba, 1992; Goszcz i in., 1994) jak i odkształceń powstałych w wyniku koncentracji naprężeń sprężystych i niesprężys-

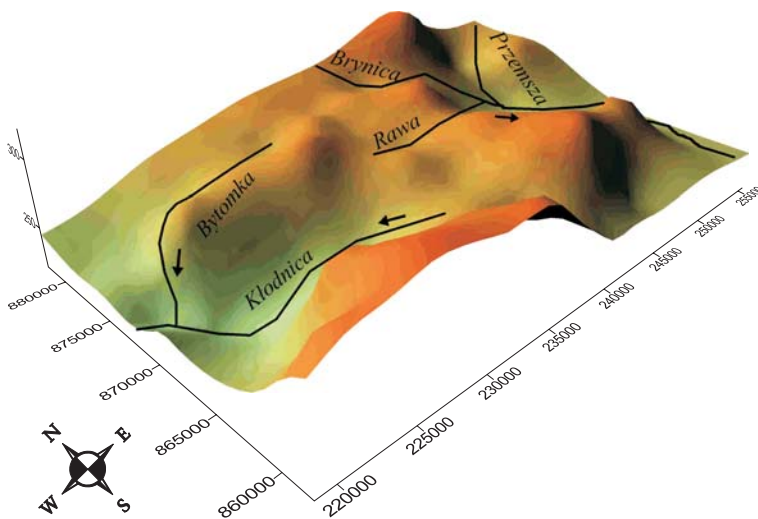
tych (Stopiński, 1985). Procesy te zmieniają rozkład masy w górotworze, co potwierdza możliwość generowania lokalnych anomalii mikrograwimetrycznych w rejonach eksploatacji podziemnej. Odkształcenia zachodzące w takich strefach mogą być przyczyną zmian pola ciężkości i to zarówno o znaku dodatnim, jak i ujemnym.

Elementem, który dotychczas nie był badany jest regionalne pole grawitacji. Pole to kształtowane jest regionalną budową geologiczną, a w szczególności rozkładem gęstości mas skalnych zależnym zarówno od litostratygrafii, jak i tektoniki. Zwłaszcza ta ostatnia ma duży wpływ na regionalne pole naprężeń w masywie skalnym (Goszcz, 1982; 1997). Eksploatacja podziemna w pewnym obszarze tego pola wytwarza lokalne pole naprężeń. Pole lokalne zależne jest od zakresu i geometrii przeprowadzonej eksploatacji. Sposób w jaki pola lokalne i regionalne są zależne od siebie nie jest praktycznie znany, chociaż z praktyki górnictwa wynikają pewne przesłanki tej zależności (podatność zawałowa skał zależna od takich elementów tektoniki jak cios i kliważ, zwiększone zagrożenie tąpnięciami w sąsiedztwie dyslokacji tektonicznych). Lokalne pole pod wpływem prowadzonej eksploatacji ulega zmianom w czasie, ze względu na odkształcanie się górotworu w procesie konwergencji pustek poeksploatacyjnych, pozostałych po wybranym złożu.

Tektoniczna geneza wstrząsów górniczych występujących na Górnym Śląsku została w latach 60. odrzucona (Wierzchowska, 1961, 1962). Wydaje się jednak, że w połączeniu z lokalnymi polami naprężeń generowanymi w obszarach podziemnej eksploatacji, tektonika regionalna jest jednym z istotnych czynników mających wpływ na możliwość wystąpienia silnych wstrząsów górotworu i powodowanych nimi tąpnięć w kopalniach węgla kamiennego. W ostatnich latach regionalny aspekt genezy silnych wstrząsów sejsmicznych jest coraz częściej analizowany (Mutke & Stec, 1997).

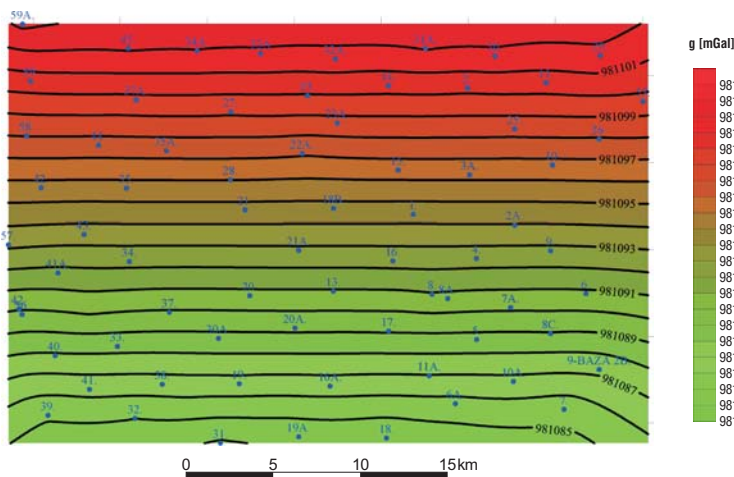
Praca zawiera opis wyników pomiarów grawimetrycznych, przeprowadzonych w sieci rozproszonych punktów monitoringowych, zastabilizowanych w postaci reperów,

*Główny Instytut Górnictwa, Pl. Gwarków 1a; 40-166 Katowice; kotyrba@gig.katowice.pl; l.kortas.gig.katowice.pl



Ryc. 1. Lokalizacja głównych rzek na tle rzeźby powierzchni terenu badań grawimetrycznych

Fig. 1. Main rivers against the background of the terrain relief in the gravimetric study area



Ryc. 2. Wartości normalnej siły ciężkości dla elipsoidy odniesienia GRS84
Fig. 2. Normal values of the gravity for the GRS84 reference ellipsoid

w północnej części obszaru GZW w 2002 r. Pomiary przeprowadzono w dwóch seriach pomiarowych w latach 2002 i 2003. Analiza pola siły ciężkości i jego zmian w tym okresie oraz ich zależność od budowy geologicznej i eksploatacji górniczej są treścią dalszej części pracy.

Charakterystyka rejonu i metodyki badań

Badania przeprowadzono w rejonie kształtem zbliżonym do prostokąta (powierzchnia ok. 1000 km²), obejmującym północną część GZW, którego granice wyznaczają następujące miasta: od strony północnej — Bytom, od strony południowej — Łaziska, od strony zachodniej — Gliwice, od strony wschodniej — Dąbrowa Górnicza.

Rejon badań obejmował obszary górnicze zlikwidowanych i czynnych kopalń węgla kamiennego. W grupie tych ostatnich są kopalnie charakteryzujące się znaczną sejsmicznością (np. Halemba, Bielszowice, Wujek, Kleofas) jak i średnią i słabą (Mysłowice, Wieczorek, Staszic,

Bobrek, Szombierki, Rozbark). Obecna morfologia powierzchni w obszarze badań w głównej mierze ukształtowana jest jego hydrografią, a w szczególności biegiem rzek takich, jak: Kłodnica, Brynica, Przemsza, Rawa (ryc. 1). Rzędne wysokościowe powierzchni w punktach pomiarów grawimetrycznych zmieniają się od 215 do 330 m n.p.m.

Utwory karbonu w obrębie obszaru badań są przykryte osadami kenozoiku (południowa część obszaru) i triasu (północna część obszaru). Lokalnie w części środkowej obszaru wychodzą one na powierzchnię (rejon siodła głównego). Strop osadów karbonu zalega na głębokości od 0 do 200 m. Zbudowane są one z utworów krakowskiej serii piaskowcowej (centralna część obszaru), serii mułowcowej (południowa część obszaru) oraz serii paralicznej (zachodnia część obszaru). Utwory przecinane są szeregiem dyslokacji tektonicznych o rozciągłości równoleżnikowej i zbliżonej do południkowej (NNW–SSE). W centralnej części obszaru, na kierunku zbliżonym do W–E przebiega główna dyslokacja tektoniczna regionu znana pod nazwą uskoku Kłodnickich.

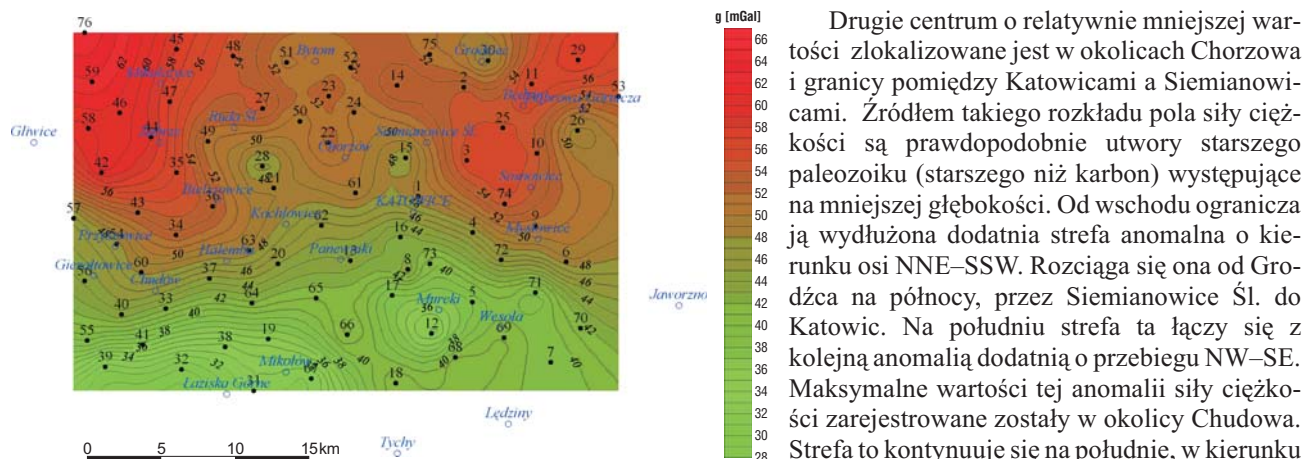
Powierzchniowe pomiary grawimetryczne wykonano w dwóch seriach w miesiącu sierpniu 2002 i 2003 r. na 76 stanowiskach, które dowiązano do punktów osnowy grawimetrycznej kraju. Absolutna wartość siły ciężkości w punkcie bazowym założonym na Pl. Gwarków w Katowicach, dowiązana pomiarami do punktu w Krakowie w 2002 r., wynosi **981049,385** mGal. Normalna wartość siły ciężkości w tym punkcie, obliczona na elipsoidzie odniesienia GRS84 wynosi **981094,393** mGala. Rzeczywista wartość siły ciężkości w tym punkcie jest więc obniżona w stosunku do wartości normalnej o ok. **45** mGal.

Średnia odległość między grawimetrycznymi stanowiskami pomiarowymi wynosiła 4 km. Pomiary siły ciężkości wykonano grawimetrem CG–3 Autogram produkcji kanadyjskiej.

Pole siły ciężkości w obrazie wartości normalnych i pomierzonych

Gdyby ziemia była elipsoidą obrotową o równomiernie i symetrycznie względem środka rozłożonej gęstości, pole siły ciężkości w obszarze badań miałoby kształt uwidoczniiony na ryc. 2 (wartości normalne siły ciężkości dla elipsoidy odniesienia GRS84). Wartości normalne siły ciężkości generalnie wzrastają w kierunku północnym. Rzeczywisty rozkład pola siły ciężkości określony w wyniku dokonanych pomiarów przedstawia ryc. 3.

Rzeczywiste wartości siły ciężkości podobnie do teoretycznych zwiększają się w miarę przesuwania się z południa na północ, rozkład pola jest jednak silnie zróżnicowany. W jego obrębie są widoczne lokalne anomalie i to zarówno względnie dodatnie, jak i ujemne. Zróżnicowanie to wynika po części ze zróżnicowania morfologii obszaru, a po części z różnic gęstości w obrębie górnych partii lito-



Ryc. 3. Rzeczywisty rozkład pola siły ciężkości w obszarze badań w roku 2002
Fig. 3. Actual distribution of the gravity field in the study area in 2002

sferę. Wskazuje ono na niejednorodny rozkład masy w badanym rejonie.

Najwyższe wartości g zarejestrowane zostały w części północno-zachodniej, w okolicy Pyskowic i Gliwic–Szalszy oraz w części północno-wschodniej, w pobliżu Łagiszy i Będzina. Między tymi rejonami wartości przyspieszenia ziemskiego są nieco niższe. W kierunku południowym następuje spadek wartości g . Najniższe wartości pomierzone zostały w rejonie Katowic–Siagarni i w pobliżu Mikołowa (na południu obszaru badań). Wyższe wartości siły ciężkości w północnej części obszaru badań wywołane są coraz większym wpływem utworów triasowych (kompleks skał wapienno-dolomitycznych) o większej gęstości objętościowej. Pod względem jakościowym (położenie rejonów o wyższych i niższych wartościach siły ciężkości), obrazy rozkładu pola w latach 2002 i 2003 są bardzo podobne.

Rozkład siły ciężkości w obrazie anomalii Bouguera

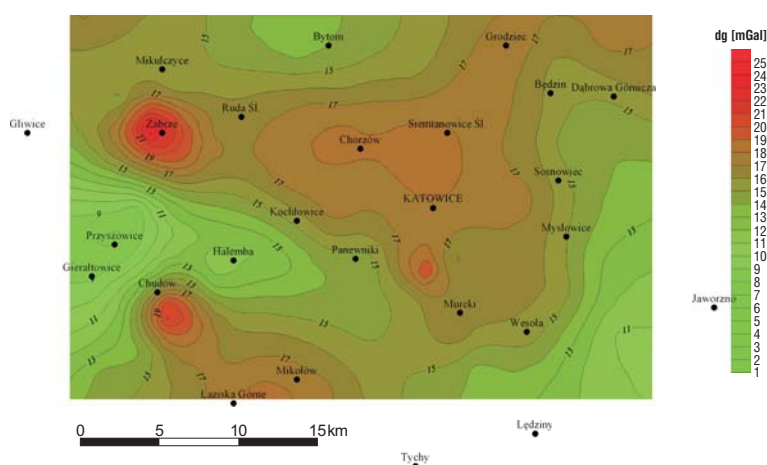
Na odrzucenie wpływu morfologii na obraz rozkładu siły ciężkości pozwala redukcja pomierzonych wartości siły ciężkości do poziomu odniesienia, tożsamego ze średnim poziomem mórz (redukcja Bouguera). Rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera przedstawia ryc. 4.

Analizując rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera można zaobserwować, iż na terenie objętym badaniami zaznaczają się wyraźnie dwa rejonory różniące się charakterem pola siły ciężkości. W centralnej części obszaru dominują rejonory o podwyższonych wartościach siły ciężkości. Jeden z nich o znacznej powierzchni, obejmuje kilka mniejszych stref anomalnych i zajmuje północną i centralną część rejonu prac. W obrębie ww. anomalii można wyodrębnić dwie osie rozciągłości: Zabrze–Chorzów–Sosnowiec i Grodziec–Katowice–Murcki. Powyższa anomalia charakteryzuje się dwoma centrami wartości ekstremalnych. Maksymalne wartości anomalii zarejestrowano w okolicy Zabrze, gdzie amplituda względna osiąga wartość 10 mGal.

Drugie centrum o relatywnie mniejszej wartości zlokalizowane jest w okolicach Chorzowa i granicy pomiędzy Katowicami a Siemianowicami. Źródłem takiego rozkładu pola siły ciężkości są prawdopodobnie utwory starszego paleozoiku (starszego niż karbon) występujące na mniejszej głębokości. Od wschodu ograniczają ją wydłużona dodatnia strefa anomalna o kierunku osi NNE–SSW. Rozciąga się ona od Grodzieca na północy, przez Siemianowice Śl. do Katowic. Na południu strefa ta łączy się z kolejną anomalią dodatnią o przebiegu NW–SE. Maksymalne wartości tej anomalii siły ciężkości zarejestrowane zostały w okolicy Chudowa. Strefa to kontuuje się na południe, w kierunku Łazisk Dolnych, poza obszar badań.

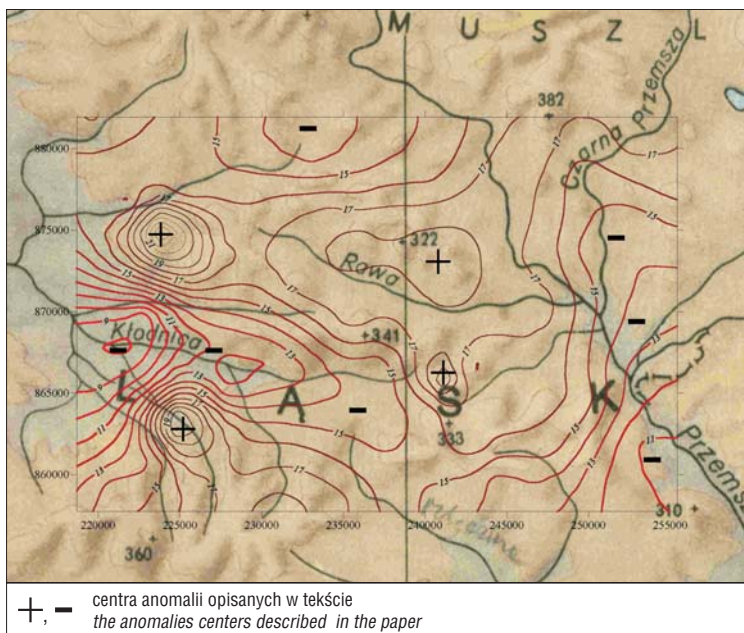
Między opisanymi rejonami dodatnimi występuje wydłużona wąska strefa obniżonych wartości anomalii o kierunku WNW–ESE. Rozciąga się ona od Gliwic i Przyszowic, przez Halembę do południowych dzielnic Katowic. Wartości tej anomalii obniżają się o ok 6 mGal w stosunku do rejonów sąsiednich. Anomalia od północy i południa ograniczona jest strefami podwyższonych wartości gradientów poziomych (rzędu kilkunastu etweszy). Rozkład taki jest odbiciem nieciągłości w utworach paleozoicznych, tj. strefy dyslokacyjnej uskoku Kłodnickiego. Obraz pola grawitacyjnego sugeruje istnienie w tym rejonie rowu tektonicznego, wypełnionego utworami młodszymi o mniejszej gęstości objętościowej.

W kierunku południowo-wschodnim następuje obniżanie się wartości anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera, której oś od Będzina w kierunku południowym pokrywa się z przebiegiem dolin rzek Czarna Przemsza i poniżej Sosnowca, Przemszy. Gdy nałoży się mapę anomalii Bouguera na mapę hydrograficzną staje się widocznym pokrywanie się rejonów ujemnych jej wartości z przebiegami dolin rzek Kłodnicy i Przemszy (ryc. 5). Dokładna analiza mapy wskazuje, że strefa anomalna związana z doliną rzeki Kłodnicy w części południowo-wschodniej ma nieco inny przebieg aniżeli dzisiejsze koryto rzeki. Przebieg strefy anomalnej w tej części odzwierciedlać



Ryc. 4. Lokalizacja głównych miast rejonu badań na tle rozkładu anomalii Bouguera

Fig. 4. Major cities in the study area against the background of the Bouguer anomalies distribution



Ryc. 5. Rozkład anomalii Bouguera na tle mapy fizjograficznej północnej części obszaru GZW. Centra anomalii opisanych w tekście oznaczono znakami „+” i „-”

Fig. 5. Bouguer anomalies distribution against the background of physiographic map of the northern part of USCBA. The anomalies centers described in the paper are marked with “+” and “-” signs

może kształt pradoliny tej rzeki. Jako obszary znacznego niedoboru masy należy wyróżnić doliny rzek Kłodnicy, Przemszy i rejon niecki Bytomskiej.

Związek czasowych anomalii z eksploatacją węgla kamiennego i budową geologiczną

Porównując wyniki pomiarów siły ciężkości z lat 2002 i 2003 wyrażone w postaci różnicowej (ryc. 6), można zaobserwować, iż w tym okresie wartości siły ciężkości g na przeważającej części badanego obszaru zmniejszyły się. Największe obniżenia wartości zostały zarejestrowane w północno-wschodniej części obszaru badań: rejon Grodzca ($-0,221$ mGal) i Będzina ($-0,187$ mGal) oraz części centralnej: rejon Kochłowic ($-0,120$ mGal) i Katowic–Stare Panewniki ($0,116$ mGal) oraz w części południowo-wschodniej: Mysłowice ($-0,107$ mGal) i w części południowo-zachodniej: Dębieńsko ($-0,122$ mGal).

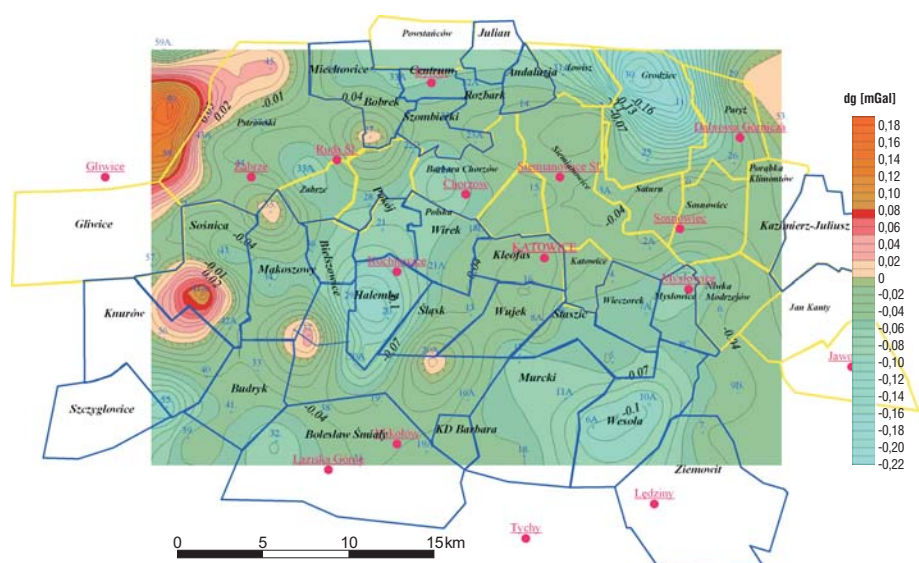
W kilku rejonach nastąpił jednak przyrost wartości siły ciężkości. Największe przyrosty zarejestrowano w zachodniej i południowo-zachodniej częściach obszaru badań: rejon Gliwic ($0,199$ mGal) oraz Przyszowic ($0,127$ mGal).

Rozkłady pola siły ciężkości w badanym obszarze i to niezależnie od tego czy pomiarowych, czy zredukowanych wartości siły ciężkości w znacznym stopniu odbiegają od teoretycznych dla przyjętej elipsoidy odniesienia. Zmienność rozkładów pola jest spowodowana rozkładem mas w litosferze, a w szczególności zmiennością gęstości utworów geologicznych w obszarze badań oraz wysokości punktów w

obszarach prowadzonej eksploatacji podziemnej.

Na mapie różnicowej wszystkie rejonny zarówno prowadzonej, jak i zakończonej eksploatacji podziemnej, zaznaczają się w postaci ujemnych anomalii (obniżenia wartości siły ciężkości). Największa pod względem wartości jest anomalia ujemna, zlokalizowana na obszarze zlikwidowanej kopalni Grodziec. Nieco mniejsze pod względem wartości są anomalie ujemne na terenie kopalń Halemba i Wesoła.

W obrazie mapy są widoczne również rejonny, w których wartości siły ciężkości w okresie 1 roku dzielącego serie pomiarowe uległy przyrostowi. Dynamikę zmian pola określa przedział od $-0,18$ do $+0,20$ mGal. Wartości te są o wiele wyższe od dokładności wykonanych pomiarów ($0,015$ mGal).



Ryc. 6. Mapa zarejestrowanych czasowych anomalii siły ciężkości na tle obszarów górniczych kopalń węgla kamiennego. Granice obszarów zlikwidowanych kopalń oznaczono kolorem żółtym

Fig. 6. Gravity changes in the area of research against the background of the coal mining areas. The borders of decommissioned mines are marked in yellow

Położenie zarejestrowanych czasowych anomalii siły ciężkości w odniesieniu do geologii stropu karbonu ilustruje ryc. 7.

Szczególnie interesującym w obrazie różnicowej mapy wartości siły ciężkości jest przebieg dodatnich mikroanomalii. Ich charakterystyka jest następująca:

□ Grupa trzech anomalii po stronie południowej strefy dyslokacyjnej uskoku Kłodnickich na linii równoległej do niej. Odległość tej linii od strefy uskoku wynosi ok. 2 km;

□ Grupa dwóch punktowych anomalii, usytuowanych na linii równoległej do nasunięcia Michałkowicko-Orłowskiego przebiegającej w odległości od 5–8 km od niego;

□ Szeroka strefa anomalna w rejonie nasunięcia Michałkowicko-Orłowskiego;

□ Strefa anomalna w północno-wschodniej części badanego obszaru (rejon strefy dyslokacyjnej uskoku Koszelewskich).

W odniesieniu do obszarów górniczych czynnych kopalń węgla kamiennego dodatnie mikroanomalie zlokalizowane są w następujących miejscach:

□ Południowa część obszaru Sośnica na granicy z kopalnią Knurów;

□ Południowa część obszarów kopalń Makoszowy i Bielszowice na granicy z kopalnią Budryk;

□ Rejon południowej granicy kopalni Śląsk graniczący z kopalnią Wujek;

□ Rejon północnej granicy kopalni Makoszowy wspólny z dawną południową granicą obszaru kopalni Pstrowski;

□ Rejon południowo-zachodniej granicy kopalni Bobrek (Bytom III).

Jednoznaczne określenie genezy powyższych mikroanomalii na obecnym etapie badań jest trudne. Jest jednak faktem, że w miejscach, w których je zarejestrowano w przeciągu okresu jednego roku wzrosła wartość siły ciężkości. Jej pochodną są ścisające naprężenia pionowe w górotworze. Gdyby przyjąć taką hipotezę, to rejonów w których zarejestrowano ujemne mikroanomalie należy interpretować jako obszary tensji (rozciągające naprężenia pionowe). Na granicach rejonów widoczne są znaczne gradienty poziome, mogące wskazywać miejsca działania poziomych sił ścinających (w rejonie Przyszowic gradient poziomy zmian wynosi 0,08 mGal/km, w rejonie Panewnik i Halemby 0,05 mGal/km).

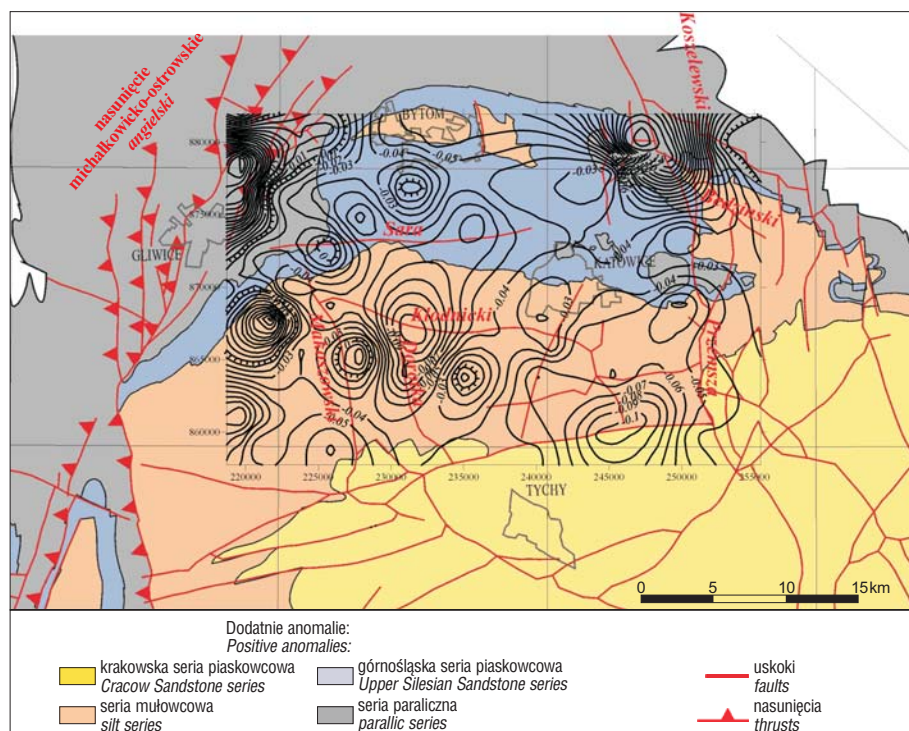
Związek czasowych anomalii z osiadaniami terenów górniczych i pogórniczych

Z uwagi na znaczną powierzchnię obszaru wykonanych badań brak jest wystarczająco dokładnych danych o obniżeniach powierzchni terenu w okresie wykonanych badań. Dane z pomiarów niwelacyjnych punktów grawimetrycznych, zebrane w ramach niniejszej pracy w siatce ok. 4 x 5 km, nie mogą być podstawą do sporządzenia mapy osiadania terenu.

Pewnym przybliżeniem obrazu odkształceń powierzchni obszaru badań grawimetrycznych, mogą być dane o osiadaniami punktów państwowej osnowy wysokościowej II-iej klasy, do których dowiązано punkty grawimetryczne. Wysokość tych

punktów jest aktualizowana na podstawie okresowych precyzyjnych, pomiarów geodezyjnych, wykonywanych co kilka lat. Niestety, pomiary te wykonywane są partiami obejmującymi różne części GZW. Z tego względu wysokości poszczególnych grup punktów osnowy określane są w różnych momentach czasowych. W zbiorze danych wysokościowych wykorzystanych punktów, największa ich ilość charakteryzowała okres poprzedzający wykonane badania grawimetryczne, przypadający na lata 1993–1998. Obniżenia powierzchni terenu z tego okresu, przedstawia mapa różnicowa wysokości poszczególnych punktów osnowy przedstawiona na ryc. 8.

W rozkładzie izolinii obniżenia powierzchni zwracają uwagę trzy rejonów w obszarze wykonanych badań grawimetrycznych, w obrębie których wartości osiadań przekroczyły 8 cm. Ograniczają one tereny najbardziej intensywnej eksploatacji podziemnej, w których maksymalne wartości osiadań w analizowanym okresie



Ryc. 7. Zmiany siły ciężkości w obszarze badań w latach 2002–2003 na tle uproszczonej mapy geologicznej stropu utworów karbonu wg Buły i Kotasa (1994). Dodatnie anomalie wyróżniono szrafurą (1 — krakowska seria piaskowcowa, 2 — seria mułowcowa, 3 — górnośląska seria piaskowcowa, 4 — seria paraliczna, 5 — uskoki, 6 — nasunięcia)

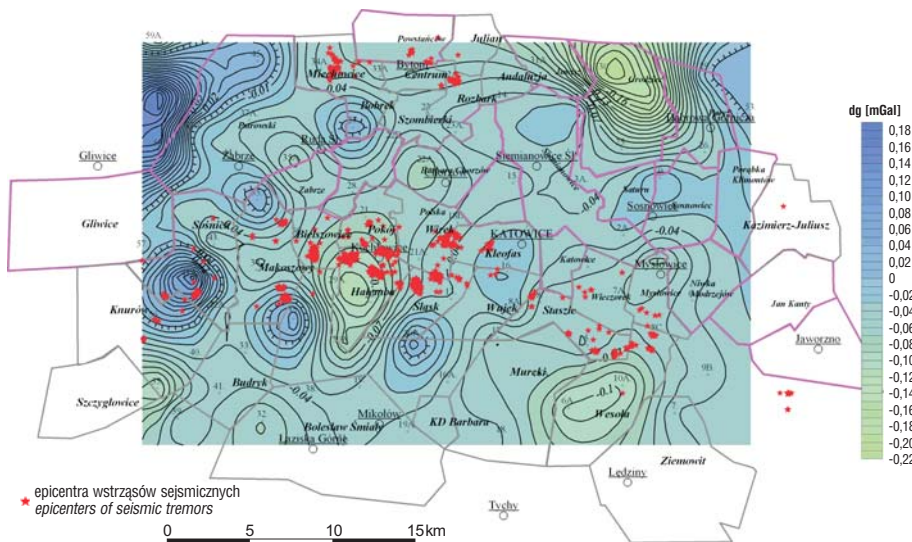
Fig. 7. Gravity changes in the area of research in the years 2002–2003 against the background of simplified geological map of the top of Carboniferous strata after Z. Buła & J. Kotas (1994). Positive anomalies are hatched (1 — Cracow Sandstone Series, 2 — Silt Series, 3 — Upper Silesian Sandstone Series, 4 — Paralic Series, 5 — faults, 6 — thrusts)

osiągnęły ok. 1,7 m. Porównanie lokalizacji czasowych anomalii grawimetrycznych z obrazem osiadań, które nastąpiły w latach wcześniejszych, poza rejonami niecki bytomskiej i rejonu OG Mysłówice, Staszic, Wesoła (ujemne czasowe anomalie grawimetryczne), nie wykazuje wyraźnej korelacji. Dodatkowo anomalie czasowe utworzyły się zarówno w rejonach, które wcześniej ulegały znacznym osiadań, jak i takich, w których wartości osiadań były znikome.

W analizie mapy osiadań należy zwrócić uwagę, na niewielkie osiadania w rejonach dawno zakończonych eksploatacji (południowa część OG Siemianowice, Paryż, Grodziec, Sosnowiec, Barbara Chorzów, Gottwald). Fakt ten wskazuje, że w skali regionalnej w zbiorze danych geodezyjnych, obserwuje się odkształcenia powierzchni poza rejonami aktualnie prowadzonych eksploatacji. Wskazuje na to również obraz zarejestrowanych pomiarów grawimetrycznymi anomalii czasowych.

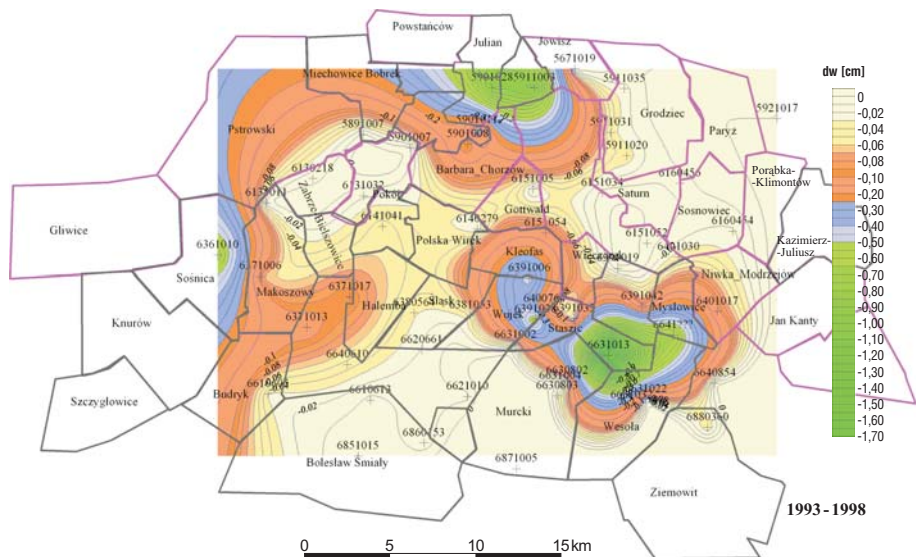
Związek czasowych anomalii siły ciężkości z sejsmicznością kopalń

W celu określenia związku zarejestrowanych anomalii czasowych z sejsmicznością regionu zagłębia górnośląskiego, przeanalizowano energię i lokalizację



Ryc. 9. Lokalizacja epicentrow wstrząsów sejsmicznych o energii w przedziale od 10^5 – 10^8 J zarejestrowanych przez sieć sejsmologiczną GIG w interwale czasu dzielącym serie pomiarów grawimetrycznych, na tle anomalii czasowych siły ciężkości oraz granic zniesionych i istniejących obszarów górniczych kopalń. Cięcie izololinii 0,01 mGal

Fig. 9. Location of seismic events of the energy within the range of 10^5 – 10^8 J recorded by the GIG seismological net in the time interval between gravimetric measurements series against the background of time anomalies of the gravity field and borders of the abandoned and existing mining areas. Isolines frequency: 0.01 mGal



Ryc. 8. Osiadania powierzchni terenu (dw) wykonanych badań grawimetrycznych w latach 1993–1998. Granice istniejących obszarów górniczych oznaczono kolorem czarnym. Granice zniesionych obszarów górniczych oznaczono kolorem czerwonym

Fig. 8. Terrain surface subsidence (dw) recorded in the years 1993–1998 in the area of conducted gravimetric measurements. Current mining areas contoured in black; discontinued mining areas contoured in red

wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych w obszarze badań przez Górnośląską Sieć Sejsmologiczną Głównego Instytutu Górnictwa, w okresie czasu dzielącym obie serie pomiarowe. Sieć ta rejestruje zjawiska sejsmiczne o energii $>10^5$ J. Lokalizację zaistniałych wstrząsów na tle zarejestrowanych czasowych anomalii grawimetrycznych przedstawiono na ryc. 9.

Zjawiska sejsmiczne z przedziału energetycznego 10^5 – 10^8 J wystąpiły w wielu miejscach obszaru badań grawimetrycznych. Największą ich liczbę odnotowano w rejonie ujemnej, czasowej anomalii grawimetrycznej zlokalizowanej w rejonie uskoku Kłodnickiego (głównie OG Halemba, Bielszowice, Śląsk, Polska Wirek, Wujek). Część z tych wstrząsów wystąpiła na obszarze dodatnich, czasowych anomalii grawimetrycznych (północna część OG Knurów i OG Budryk, OG Sośnica). Pozostałe wstrząsy zostały zarejestrowane w niecce bytomskiej (OG Bobrek–Miechowice, Rozbark, Powstańców, Julian, Andaluja) oraz w obszarach górniczych kopalń Wierzbica, Staszic, Mysłówice, Wesoła), w rejonach stwierdzenia ujemnych, czasowych anomalii grawimetrycznych. Energia wstrząsów o energii $>10^5$ J nie wykazuje wyraźnej korelacji ze znakiem czasowych anomalii grawimetrycznych. Wstrząsy o największej energii odnotowano w obszarze ujemnej anomalii związanej z pradoliną rzeki Kłodnicy.

W analizowanym zbiorze danych sejsmologicznych brak jest zjawisk o mniejszej aniżeli 10^5 J energii. Położenie tych zjawisk mogłoby znacznie lepiej korelować z rozmieszczeniem zarejestrowanych anomalii grawimetrycznych i potwierdzić zachodzenie regionalnych procesów geodynamicznych w badanym obszarze. Zdarzenia takie czasami są sygnalizowane przez mieszkańców regionu jako subiektywne odczucia wstrząsów. Niestety przy obecnej konfiguracji i wyposażeniu sieci GIG, nie mogą być one potwierdzone rejestracjami sejsmologicznymi.

Uwagi końcowe

W wyniku przeprowadzonych badań określono rozkłady regionalnych pól sił ciężkości w północnej części obszaru GZW dla lat 2002 i 2003. O ile rozkłady pomierzonych wartości siły ciężkości w pewnym stopniu przypominają rozkłady wynikające z przyjętego modelu ziemi jako geocentrycznej sferoidy obrotowej (wartości siły ciężkości wzrastają w kierunku północnym), to rozkłady anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera są już całkowicie odmienne i charakteryzują zróżnicowanie gęstości mas skalnych górnych partii skorupy ziemskiej.

W okresie 1 roku dzielącego serie pomiarowe w badanym obszarze nastąpiły znaczne zmiany wartości siły ciężkości. Na przeważającej części obszaru nastąpiło zmniejszenie jej wartości. W kilku jednak miejscach zarejestrowano lokalne przyrosty wartości siły ciężkości. Dynamikę zmian charakteryzuje przedział od $-0,18$ do $+0,22$ mGal. Zmiany te nastąpiły zarówno w obszarach górniczych czynnych jak i nieczynnych już kopalń. Gdyby je przypisać jedynie zmianom wysokości punktów pomiarowych, to rejestrowane wartości odpowiadałyby oscylacjom w przedziale od ok. $-0,54$ do $0,66$ m. Ujemne wartości anomalii różnicowych można jedynie w ograniczonym stopniu korelować z rzeczywistymi osiadaniami, które nastąpiły pod wpływem prowadzonej w obszarze wykonanych badań, podziemnej eksploatacji górniczej. Poza kilkoma punktami, zlokalizowanymi w obszarach prowadzonych w okresie badań eksploatacji podziemnych (Halemba, Wesoła, Mysłowice, Centrum, Miechowice, Rozbark), gdzie mogły występować większe wartości osiadań, pozostałe punkty zlokalizowane są na terenach dawno zakończonych eksploatacji (Barbara Chorzów — rok zakończenia robót górniczych 1993, Paryż — rok zakończenia robót górniczych 1995, Grodziec — rok zakończenia robót górniczych 1998). Pomiar geodezyjne wykazują, że w obszarach tych wartości tzw. resztkowych osiadań w skali jednego roku są rzędu maksymalnie kilku milimetrów. A więc nie osiadaniami są jedyną przyczyną obserwowanych zmian regionalnego pola siły ciężkości. Drugą z przyczyn wydaje się być zmiana głębokości położenia pustek pogórnich w górotworze w procesie ich migracji ku powierzchni.

Dodatnie anomalie wskazują na przyrost gęstości mas skalnych wskutek działania sił kompresji (czego przejawem może być sejsmiczność), względnie na podnoszenie się powierzchni. Przyrosty siły ciężkości zarejestrowano w partiach brzeżnych Zagłębia (zachodniej i wschodniej), w

obszarze trójkąta wyznaczonego przez kopalnie Sońnica i Bobrek oraz południową granicę obszarów kopalń Śląsk i Wujek. Dodatnie anomalie grupują się na liniach równoległych do uskoku Kłodnickiego i nasunięcia Orłowskiego (w zachodniej części analizowanego obszaru) i ograniczają od południa i zachodu rejony kopalń o znacznej sejsmiczności. Dodatnią anomalię zarejestrowano również w północno-wschodniej, brzeżnej partii Zagłębia (rejon uskoków Koszelewskich, Będzińskiego). Przy przyjęciu powyższej genezy obserwowanych zmian, północna część Zagłębia Górnośląskiego nadal ulega obniżaniu względem otaczających ją od zachodu i wschodu struktur geologicznych. W aspekcie regionalnym potwierdza to hipotezy o nie zakończonym jeszcze procesie górotwórczym Karpat, którego konsekwencją jest obniżanie się basenu górnośląskiego jako zapadliska przedgórnego.

Opisane powyżej elementy wydają się mieć kluczowe znaczenie w zrozumieniu współczesnych zjawisk geodynamicznych zachodzących w GZW. Genezy tych zjawisk należy upatrywać w superpozycji procesów geologicznych i antropogenicznych. Nieznajomość zależności pomiędzy tymi procesami, stwarza potencjalne zagrożenia w użytkowaniu terenów pogórnich w przyszłości i z tego względu powinny stać się one przedmiotem dalszych badań monitoringowych.

Literatura

- FAJKLEWICZ Z. 1981 — Pierwsze próby prognozowania wstrząsów górniczych metodą mikrograwimetryczną. *Prz. Gór.*, 37: 517–525.
- FAJKLEWICZ Z., JAKIEL K. & OSTROWSKI C. 1982 — Wyniki prognozowania wstrząsów górniczych i deformacji górotworu metodą mikrograwimetryczną w KWK Szombierki. *Prz. Gór.*, 10: 121–125.
- FAJKLEWICZ Z. 1983a — Geneza zmian siły ciężkości poprzedzających wstrząsy górnicze. Materiały szkoleniowe. Zasady eksploatacji w pokładach zagrożonych tapaniami. GIG. Zespół Doskonalenia i Metodyki Badań. Katowice: 14–42.
- FAJKLEWICZ Z. 1983b — Rock burst forecasting and genetic research in coal mines by microgravity method. *Geophysical Prospecting*, 31: 748–765.
- FAJKLEWICZ Z. 1995 — Mechanizm powstawania wstrząsów górniczych w świetle badań grawimetrycznych. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, CPPGSMiE PAN. Kraków, 8: 145–169.
- FAJKLEWICZ Z. 2001 — Mikrograwimetria górnicza. Badania geofizyczne w kopalniach. IGSMiE PAN. Kraków: 377–404.
- GOSZCZ A. 1982 — The tectonophysical cause for shocks occurrence and natural proneness of coal to rockburst in the Upper Silesian Coal Basin. Publication of the Institute of Geophysics. Polish Academy of Sciences. z. M–5: 261–270.
- GOSZCZ A. 1997 — The influence of tectonic stresses on the seismic hazard in Polish Coal Mines. Proc. of the 4th Int. Symposium on rockbursts and seismicity in mines. Kraków. Poland A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, 219–221.
- GOSZCZ A., KOTYRBA A. & ZAKOLSKI R. 1994 — Zmiany oporności elektrycznej poprzedzające tapanię z mechanizmem poślizgowym w KWK Porąbka–Klimontów. *Mat. Konf. Tapania 94*. Wyd. GIG, Katowice: 203–211.
- MUTKE G. & STEC K. — Seismicity in the Upper Silesian Coal basin, Poland: Strong regional seismic events. Proc. of the 4th Int. Symposium on rockbursts and seismicity in mines. Kraków. Poland A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, 213–217.
- STOPIŃSKI Z. 1985 — Model dylatacyjno-progowy zmian oporności skał nienasyconych. *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M–6 (176)*: 199–232.
- WIERZCHOWSKA Z. 1961 — Przyczyny wstrząsów na Górnym Śląsku. *Pr. GIG. Komunikat 268*. Katowice.
- WIERZCHOWSKA Z. 1962 — Nowe poglądy na pochodzenie wstrząsów ziemi na Górnym Śląsku. *Prz. Gór.*, 9: 458–463.