

Analiza rozkładu szkód górniczych po wysokoenergetycznych wstrząsach z dnia 21 kwietnia 2011 r. i 7 czerwca 2013 r. w kopalni „Rydułtowy-Anna” na tle lokalnej tektoniki

Distribution of mine damage after high-power tremors from 21 April 2011 and 7 June 2013 in “Rydułtowy-Anna” mine against the background of the local tectonics



Dr hab. inż. Elżbieta Pilecka, prof. PK^{*)}



Mgr inż. Renata Szermer-Zaucha^{***)}

Treść: W artykule przeprowadzono statystyczną analizę szkód górniczych, które powstały w wyniku wstrząsów w dniach 21 kwietnia 2011 roku i 7 czerwca 2013 roku w KWK „Rydułtowy-Anna” w powiązaniu z lokalną tektoniką. Badaniami objęto okres od 2006 roku i do szczegółowej analizy wybrano wyżej wymienione wstrząsy, w wyniku których powstało najwięcej szkód górniczych. Obydwa wstrząsy miały charakter regionalny i objęły swoim zasięgiem znaczny obszar. Statystyczna analiza wykazała, że dominującym kierunkiem lokalnej szkód górniczych w obu przypadkach, czyli powstałych po wstrząsach w dniach 21 kwietnia 2011 roku i 7 czerwca 2013 roku, jest kierunek zbliżony do równoleżnikowego. Jak wykazała przeprowadzona w niniejszym artykule statystyczna analiza azymutów uskoków w rejonu KWK „Rydułtowy-Anna” jest to kierunek zbliżony do kierunku lokalnej tektoniki.

Abstract: This paper presents a statistical analysis of mine damage, which occurred as the result of tremors from 21 April 2011 and 7 June 2013 in “Rydułtowy-Anna” mine, against the background of the local tectonics. The research covers the period from 2006 on. The detailed analysis includes the above-mentioned tremors which caused most damage. Both of the tremors occurred regionally, reaching substantial area. The statistical analysis showed that the dominant direction of damage in both cases, which is those from 21 April 2011 and 7 June 2013, is approaching the latitudinal one. As the statistical analysis of the fault’s azimuth in the area of “Rydułtowy-Anna” mine showed, this direction is close to the direction of the local tectonics.

Słowa kluczowe:

górnictwo węgla kamiennego, wysokoenergetyczne wstrząsy, szkody górnicze, tektonika

Key words:

mining industry, high-power tremors, mine damage, tectonics

1. Wprowadzenie

W wyniku wstrząsów indukowanych podziemną eksploatacją węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) powstają szkody górnicze na powierzchni terenu. Generuje to koszty dla przedsiębiorstw górniczych. Szczególnie niebezpieczne są wysokoenergetyczne wstrząsy regionalne, których powstawanie jest zdeterminowane nałożeniem się dwóch czynników: eksploatacji węgla i tektoniki. W odróżnieniu od wstrząsów tzw. eksploatacyjnych – niskoenergetycznych, wstrząsy wysokoenergetyczne – regionalne stwarzają większe zagrożenie dla obiektów na powierzchni terenu. Liczba zgłoszonych uszkodzeń obiektów, zwłaszcza

po wysokoenergetycznych wstrząsach, gwałtownie wzrasta. W artykule przeprowadzono statystyczną analizę szkód górniczych, które powstały w wyniku wstrząsów w dniach 21 kwietnia 2011 r. i 7 czerwca 2013 r. w kopalni „Rydułtowy-Anna” w powiązaniu z lokalną tektoniką.

2. Sejsmiczność w kopalni „Rydułtowy-Anna”

Główną przyczyną wstrząsów w kopalniach GZW jest eksploatacja górnicza prowadzona od ponad 200 lat, która powoduje skomplikowany stan naprężenia i deformacji. Nakłada się na ten stan coraz większa głębokość eksploatacji, występowanie grubych i wytrzymałych warstw w stropie pokładów oraz tektonika złoża [2]. Rozwój poglądów na przyczyny sejsmiczności indukowanej w GZW przeanalizowano

^{*)} Politechnika Krakowska, ^{***)} GSZ Pracownia Projektowa Budownictwa Ogólnego i Przemysłowego sp. z o.o.

wano w publikacji [7]. Aktualnie dzielimy sejsmiczność na górnica generowaną wyłącznie działalnością górnica, o na ogół niższej energii i eksplozywnym typie mechanizmu ogniska wstrząsu, i sejsmiczność górnico-tektoniczną – regionalną. Wstrząsy regionalne występują w rejonach zaburzeń tektonicznych i charakteryzują się poślizgowym mechanizmem ogniska wstrząsu, one też są powodem szkód górniczych na powierzchni terenu.

Przykładem rejonu, w którym występują wysokoenergetyczne wstrząsy regionalne jest obszar kopalni „Rydułtowy-Anna”. Kopalnia powstała w roku 2004 w wyniku połączenia dwóch kopalń „Rydułtowy” i „Anna”. W grudniu 2011 r. została zamknięta pszowska część kopalni – „Anna”. Wstrząsy generowane w kopalni „Rydułtowy-Anna” odczuwane były nawet w pobliskim Wodzisławiu Śląskim. W marcu 2007 r. po serii wstrząsów komisja powołana przez Wyższy Urząd Górniczy rozważała nawet zamknięcie kopalni ze względu na ciężkie i niebezpieczne warunki eksploatacji. Komisja po zbadaniu sprawy nie zdecydowała o zamknięciu, ale postawiono dodatkowe wymogi związane z bezpieczeństwem. Wysokoenergetyczne wstrząsy indukowane w kopalni „Rydułtowy-Anna” powodują wiele szkód na powierzchni terenu szczególnie z rejonu Rydułtów i Radlina. Głównymi czynnikami generującymi te wysokoenergetyczne wstrząsy są: duża głębokość eksploatacji, zaleganie warstw jakłowieckich i porębskich wśród grubych i mocnych wstrząsogennych warstw piaskowców i mułowców, silne zaangażowanie tektoniczne górotworu, nieckowata budowa złoża – synklina Jejkwowicka oraz zaszłości eksploatacyjne.

Prowadzona w ostatnich latach eksploatacja w rejonach W1, E1 i E2 objęła 14 pokładów oznaczonych numerami 604, 612/1-2, 613/3, 615/1-2, 616/2, 620/1, 624, 626/2, 629/1-2, 630/1-2, 703/1, 705/2-3, 708, 713/1-2. W trakcie prowadzonej eksploatacji w wyżej wymienionych pokładach wytworzone

zostały krawędzie i resztki, które nie pozostają bez wpływu na aktualny poziom zagrożenia sejsmicznego. Wielopokładowa eksploatacja węgla prowadzona pod południowo-wschodnim i południowo-zachodnim rejonem miasta Rydułtowy (wybranie 14 pokładów węgla i kontynuacja eksploatacji w dwóch kolejnych) systematycznie osłabia wskutek podebrań mocne warstwy piaskowców zalegających powyżej pokł. 629/2. Miąższość tych warstw piaskowców zmienia się od 0,8 m do 110 m. Jest to kompleks zwany piaskowcem zameckim, którego wychodnia znajduje się około 14 m pod nadkładem analizowanego rejonu. Obecnie eksploatowane pokłady zalegają na głębokości od 1000 do 1200 m i są zaliczone do III stopnia zagrożenia tapaniami [5].

Oddziaływanie wstrząsów na powierzchnię terenu w mieście Rydułtowy i okolicy już w latach 2004-2006 było bardzo duże [10]. Powyższa sytuacja wynikała z eksploatacji w trudnych warunkach geologiczno-górnicych (duża miąższość łupków piaszczystych i piaskowców – kompleks o łącznej grubości około 180 m pomiędzy kilkoma pokładami, resztki i krawędzie pokładów oraz głębokość prowadzonej eksploatacji przekraczająca 1000 m, ogniska leżące z znacznej odległości pionowej nad eksploatowanymi pokładami) i wielopokładowości złoża.

W kopalni „Rydułtowy-Anna” w okresie od 1.01.2006 r. do 12.07.2013 r. zanotowano 810 wysokoenergetycznych wstrząsów o energii powyżej $E \geq 1 \times 10^5$ J, co przedstawiono w tablicy 1, w tym 194 wysokoenergetyczne wstrząsy o energii $E \geq 10^6$ J (tabl. 2).

Od października 2005 r. kopalnia „Rydułtowy-Anna” ma pięć stanowisk do pomiaru przyspieszeń drgań gruntu typu Amax. Utworzona w ten sposób sieć pomiarowa stanowi monitoring sejsmiczny zapewniający prowadzenie ciągłych rejestracji zjawisk dynamicznych indukowanych działalnością górnica [5] (rys. 1).

Tablica 1. Zestawienie wysokoenergetycznych wstrząsów $E \geq 1 \times 10^5$ J w kopalni „Rydułtowy-Anna” w okresie od 1.01.2006 r. do 12.07.2013 r.*)

Table 1. Summary of high-power tremors $E \geq 1 \times 10^5$ J in “Rydułtowy-Anna” mine in the period between 1 January 2006 and 12 July 2013*

Rok	Energia, J				Razem
	> 105	> 106	> 107	> 108	
2006	94	41	5	1	141
2007	8	1	–	–	9
2008	131	32	2	–	165
2009	66	16	1	–	83
2010	69	25	–	–	94
2011	155	30	5	1	191
2012	38	14	1	–	53
2013	55	15	4	–	74
razem	616	174	18	2	810

*) Na podstawie materiałów archiwalnych kopalni „Rydułtowy-Anna”.

Tablica 2. Zestawienie wysokoenergetycznych wstrząsów $E \geq 1 \times 10^6$ J w kopalni „Rydułtowy-Anna” w okresie od 1.01.2006 r. do 12.07.2013 r. w zależności od energii)**

Table 2. Summary of high-power tremors $E \geq 1 \times 10^6$ J “Rydułtowy-Anna” mine in the period between 1 January 2006 and 12 July 2013 depending on the intensity*

Energia, J	Liczba, szt
$E \geq 1 \times 10^6$ J	174
$E \geq 1 \times 10^7$ J	18
1×10^8 J $\leq E \leq 1 \times 10^9$ J	2
$E > 1 \times 10^9$ J	–
Razem	194

*) Na podstawie materiałów archiwalnych kopalni „Rydułtowy-Anna”.



Rys. 1. Fragment mapy miasta Rydułtowy z naniesionymi stanowiskami do pomiaru przyspieszeń drgań gruntu [5]

Fig. 1. Fragment of map of Rydułtowy with measuring positions for ground vibration acceleration (Majcherczyk, Olechowski 2010)

3. Budowa geologiczno-tektoniczna złoża

3.1. Stratygrafia i litologia złoża

W budowie geologicznej złoża udział biorą utwory węglonośne karbonu górnego (namur A i B). Nadkład karbonu zbudowany jest z utworów czwartorzędu (holocen, plejstocen), trzeciorzędu (miocen) oraz triasu (pstry piaskowiec). Grubość nadkładu waha się od kilku metrów do około 500 metrów.

Czwartorzęd

Utwory czwartorzędowe występują na całym obszarze. Miąższość ich jest zmienna i wynosi od 0 do około 50 m. Utwory te wykształcone są w postaci naprzemianległych warstw glin piaszczystych i pylastych z ławicami różnoziarnistych piasków i żwirów.

Trzeciorzęd

Osady trzeciorzędu reprezentowane są przez miocenne iły pylaste, piaszczyste i margliste z niewielkimi wkładkami piaskowców oraz gipsów. Wkładki gipsów charakteryzują się zmienną miąższością od 2,0 do około 20,0 m.

Miąższość osadów miocennych jest zmienna i waha się od kilku metrów w części centralnej do około 300 m w części północno zachodniej obszaru górniczego.

Trias

Trias (piaskowiec pstry) reprezentowany jest przez słabo zwięzłe piaskowce drobno- i średnioziarniste oraz iłowce. Osady te występują płatowo na zerodowanej powierzchni karbonu w części jejkowickiej. Grubość tych osadów jest zmienna i waha się od kilku do 70 m.

Karbon

Morfologia stropu karbonu jest zróżnicowana i silnie urzeźbiona. W części centralnej i wschodniej powierzchnia karbonu tworzy wypiętrzenia zwane „oknami erozyjnymi”. W kierunku zachodnim i północnym strop karbonu obniża się monoklinalnie do – 200 m n.p.m. przy granicy zachodniej dokumentowanego obszaru.

Utwory karbonu reprezentowane są przez warstwy siodłowe, porębskie, jakłowickie i gruszowskie.

Warstwy siodłowe (grupa 500) występują tylko w osiowej części niecki jejkowickiej w północnej części obszaru górniczego (część jejkowicka). Zalegają w formie płatów ograniczonych uskokami i wychodniami. Stwierdzone zostały robotami górniczymi i wiertniczymi. Osiągają tam miąższość około 170 m. Budują je piaskowce i zlepienie z przewarstwieniami łupków ilastych z pokładami węgla. Największą miąższość 5,60 m osiąga pokład 506.

Warstwy porębskie (grupa 600) występują na całym obszarze z wyjątkiem części zachodniej, gdzie zostały zerodowane. Zbudowane są z naprzemianległych iłowców i mułowców oraz drobnoziarnistych piaskowców, które tworzą kilkudziesięciometrowe kompleksy wśród osadów ilaro-łupkowych. Pokłady tej serii charakteryzują się małą miąższością i zmiennym wykształceniem, mają tendencje do rozszczepiania, czasem gwałtownie cienieją a nawet zanikają. W warstwach porębskich występuje około 60 pokładów i wkładek węglowych o miąższościach od 0,15 do 2,50 m. Udokumentowanych zostało 26 pokładów węgla. Grubość tej serii wynosi około 1050 m.

Warstwy jakłowickie (grupa 700) występują na całej powierzchni obszaru górniczego z wyjątkiem jego zachodniej części. Miąższość tych warstw wynosi około 500 m. Wykształcone są w postaci naprzemianległych iłowców, mułowców i piaskowców z przewarstwieniami węgla. Zawierają około 30 pokładów wkładek węgla od kilku centymetrów do około 4,0 m.

Warstwy gruszowskie są najstarszym ogniwem litostratygraficznym. Stwierdzone zostały na obszarze górniczym jedynie głębokimi otworami. Ze względu na dużą głębokość zalegania warstwy te nie są dokumentowane i nie mają znaczenia przemysłowego dla kopalni (mat. arch. KWK „Rydułtowy-Anna”).

3.2. Tektonika złoża

Złoże ma strukturę fałdowo-uskokową. Głównym elementem złoża jest niecka o osi zapadającej się w kierunku północnym. Skrzydło zachodnie nachylone jest od kilku stopni do 15°. Lokalnie przy zachodniej granicy do około 60°/E. Skrzydło wschodnie nachylone jest 8÷10°/NW.

Utwory karbońskie pocięte są licznymi uskokami. Dominują dwa zasadnicze kierunki ich przebiegu: południkowy i równoleżnikowy. Większość stwierdzonych uskoków ma przebieg równoleżnikowy – prostopadły do biegu osi niecki. Są to uskoki normalne o zróżnicowanych zrzutach dochodzących do około 200 m. Płaszczyzny uskokowe tworzą strefy zaburzeń tektonicznych dochodzących niekiedy do 300 m szerokości. Nachylenie płaszczyzn uskokowych jest zmienna i waha się najczęściej w granicach 45÷85°.

Z większych uskoków równoleżnikowych można wymienić:

- uskoc Piecowski – $h = 60 \div 150$ m na północ,
- uskoc beacki I, $h = 20 \div 60$ m na południe,
- uskoc beacki II, $h = 30 \div 50$ m na południe,
- uskoc C, $h = 10 \div 180$ m na południe,
- uskoc B, $h = 20 \div 80$ m na południe,
- uskoc A, $h = 15 \div 30$ m na południe,
- uskoc kolejowy, $h = 20 \div 280$ m na północ,
- uskoc rydułtowski III, $h = 30 \div 70$ m na południe,
- uskoc rydułtowski II, $h = 10 \div 70$ m na południe,
- uskoc rydułtowski I, $h = 20 \div 130$ m na południe,
- uskoc czernicki III, $h = 20 \div 100$ m na północ,
- uskoc czernicki II, $h = 10 \div 100$ m na południowo-zachód,
- uskoc czernicki I, $h = 10 \div 140$ m na północ.

Uskoki o przebiegu południkowym występują głównie w południkowej części złoża.

Największe z nich to:

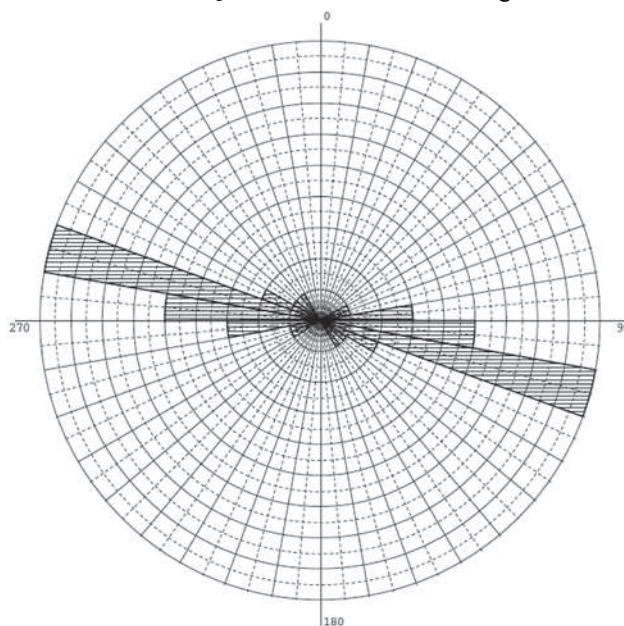
- uskok radliński I – o zrzucie 10÷20 m na zachód,
- uskok radliński III – o zrzucie 15 m na zachód,
- uskoki kokoszyckie II-IV – o zrzucie $h = 10\div 20$ m na zachód.

W złożu występuje ponadto wiele uskoków o mniejszym zasięgu i zrzutach od kilkudziesięciu centymetrów do kilku metrów, na ogół różnie zorientowane tzw. uskoki pokładowe utrudniające prowadzenie robót (mat. arch. KWK „Rydultowy-Anna”).

Lokalną tektonikę w kopalni „Rydultowy-Anna” pokazano na rysunku 2.

Przeprowadzono statystyczną analizę rozkładu azymutów lokalnej tektoniki na obszarze kopalni „Rydultowy-Anna”. Efektem przeprowadzonej analizy jest diagram kierunkowy rozkładu azymutów uskoków przedstawiony na rysunku 3. Do analizy brano pod uwagę tylko uskoki o zrzucie większym lub równym 30 m, co dało liczbę 25 przypadków. W wyniku statystycznej analizy kierunkowości lokalnej tektoniki na obszarze kopalni „Rydultowy-Anna” można stwierdzić, że dominującym kierunkiem uskoków jest kierunek zbliżony do równoleżnikowego. Jest ona zgodna z ogólnym trendem kierunkowym na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, gdzie geometria uskoków ma kierunek subrównoleżnikowy. Kierunek lokalnej tektoniki w rejonie kopalni „Rydultowy-Anna” jest odmienny od dominującego kierunku struktur geologicznych w tym rejonie w związku z położeniem kopalni w rejonie tektoniki fałdowej w zachodniej części Zagłębia Górnośląskiego. Strefa ta ma kierunek SWS-NEN zgodny z kierunkiem sąsiadującej z nią strefy morawsko-śląskiej. Występują

tu w granicach Polski niecka jejkowicka i chwałowicka, rozdzielone nasunięciem miłchańkowicko-boguszowskim.



Rys. 3. Diagram kierunkowy uskoków na obszarze kopalni „Rydultowy-Anna”

Fig. 3. Directional diagram of faults in the area of “Rydultowy-Anna” mine

Biorąc pod uwagę, że z uskokiem związana jest strefa spekań w górotworze, można się spodziewać anizotropii prędkości fal sejsmicznych po wystąpieniu wysokoenergetycznego wstrząsu zdeterminowanej lokalną tektoniką. Fale sejsmiczne



Rys. 2. Tektonika na obszarze kopalni „Rydultowy-Anna” (mat. arch. KWK „Rydultowy-Anna”)

Fig. 2. Tectonics in the area of “Rydultowy-Anna” mine (archival materials of “Rydultowy-Anna” mine)

będą wykazywać większe tłumienie w strefie spękań. Punkty na uskoku zgodnie z zasadą Huygensa mogą być źródłem fali sprężystej rozchodzącej się kuliście we wszystkich kierunkach. Uskok może być także źródłem fali refrakcyjnej i odbitej. Taka anizotropia pola falowego będzie miała wpływ na obiekty budowlane znajdujące się w strefie epicentralnej. Badania wykazały, że anizotropia prędkości propagującej fali sejsmicznej może zależeć od uprzywilejowania pewnych kierunków z ukięrowaniem spękań, a efektem tego jest anizotropia właściwości sprężystych górotworu. W szczególności anizotropia prędkości fal sejsmicznych charakteryzuje się tym, że prędkość fal w kierunku prostopadłym do biegu spękań jest mniejsza niż w kierunku równoległym. Praktyczne badania potwierdzają taką zależność. Takie spostrzeżenia mają istotne znaczenia dla określenia bloczności górotworu, budowie tuneli, fundamentowaniu obiektów itp. Poznanie procesów rozwoju systemów nieciągłości jest ważnym elementem przy przewidywaniu skutków wstrząsów górniczych. Przeprowadzone badania w Głównym Instytucie Górnictwa [1] pozwoliły stwierdzić, że występuje wyraźna zależność między kierunkowością radiacji sejsmicznej ogniska wstrząsu zależnej od mechanizmu wstrząsu a rozkładem przyspieszenia drgań na powierzchni (występowanie wyraźnie różnych wartości przyspieszenia drgań w punktach położonych w takiej samej odległości epicentralnej, ale o różnych azymutach). Wiadomo, że przyczyną wysokoenergetycznych wstrząsów jest wzajemne nałożenie się dwóch czynników tektonicznego i eksploatacyjnego oraz że istnieje kierunkowy, specyficzny dla wysokoenergetycznych wstrząsów, czyli takich, gdzie występuje czynnik tektoniczny, rozkład parametrów sejsmicznych na powierzchni. Można więc przypuszczać, że tektonika obszaru, na którym odbywa się podziemna eksploatacja górnicza, odgrywa znaczną rolę w kształtowaniu się zagrożenia związanego także ze szkodami górniczymi na powierzchni.

4. Charakterystyka terenu poddanego wpływowi wstrząsów górniczych z kopalni „Rydułtowy-Anna”

4.1. Położenie administracyjne i geograficzne złoża

Złoże węgla kamiennego znajduje się w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia węglowego w województwie śląskim w granicach miast Rybnik, Rydułtowy, Pszów, Radlin oraz gmin: Gaszowice, Lyski, Jejkowice. Obszar kopalni „Rydułtowy-Anna” położony jest na Wyżynie Śląskiej i wchodzi w skład jednostki morfologicznej zwanej Kotliną Raciborsko-Oświęcimską.

4.2. Zagospodarowanie terenu złoża

Teren złoża jest w znacznym stopniu zurbanizowany, a tylko niewielki procent powierzchni zajmują pola uprawne nieużytki i lasy. Zabudowa terenu jest zróżnicowana i nierównomierna.

Zabudowa zwarta i wielokondygnacyjna typu osiedlowego występuje na terenie miast. Na pozostałym terenie przeważa zabudowa jednorodzinna, która występuje również na terenie miast. Są to budynki jedno- i dwukondygnacyjne zlokalizowane wzdłuż głównych dróg i ulic.

Na obszarze górniczym kopalni „Rydułtowy-Anna” są zlokalizowane również zakłady przemysłowe oraz obiekty użyteczności publicznej takie jak kościoły, obiekty służby zdrowia, szkolnictwa, administracji, obiekty handlu itp. Przez omawiany teren przebiegają linie kolejowe, w tym tunel o długości 727 m i gęsta sieć dróg, a także obiekty liniowe uzbrojenia terenu.

4.2.1. Rydułtowy

Rydułtowy leżą 9 km na południowy zachód od Rybnika w powiecie wodzisławskim. Rydułtowy są miastem górniczym. Zakład wydobywczy kopalni „Rydułtowy” znajduje się w centralnej części miasta. Południowo zachodnia część miasta znajduje się w obrębie obszaru górniczego kopalni „Anna”. Wpływ eksploatacji górniczej obejmuje bezpośrednio 75 % powierzchni miasta. Stożkowa hałda odpadów kopalnianych jest jedną z największych w Europie.

W mieście występuje zabudowa zarówno jednorodzinna jak i wielorodzinna. Zabudowa jednorodzinna to budynki jedno i dwukondygnacyjne. Budynki wielorodzinne to budynki do pięciu kondygnacji. W centrum zabudowa zwarta lub częściowo zwarta o charakterze miejskim. Występuje również zabudowa typu osiedlowego. Są to budynki do pięciu kondygnacji nadziemnych. Obiekty te zostały wzniesione w okresie od końca XIX w. do dnia dzisiejszego. Technologia budownictwa zróżnicowana w zależności od charakteru zabudowy i okresu czasu, z jakiego pochodzą. W centrum przeważa zabudowa tradycyjna. Na omawianym terenie poza budynkami mieszkalnymi występują budynki użyteczności publicznej to jest budynki oświaty, budynki administracji, budynki i obiekty sportu i rekreacji, budynki sakralne, obiekty handlowe, a także budynki i obiekty o charakterze przemysłowym, w tym obiekty i kopalni „Rydułtowy-Anna”.

Budynki jednorodzinne wzniesione są jako wolnostojące, często z towarzyszącą zabudową zagrodową. Opisana zabudowa wznoszona była w technologii tradycyjnej lub tradycyjnej ulepszonej oraz metodami uprzemysłowionymi.

4.2.2. Pszów

Pszów leży na trasie Pszczyna – Wodzisław – Racibórz. Rozwój Pszowa po II wojnie światowej związany jest z rozwojem przemysłu węglowego. Cennym zabytkiem architektury późnobarokowej jest kościół Narodzenia Matki Boskiej pochodzący z 1746 roku. W mieście występuje zabudowa zarówno jednorodzinna jak i wielorodzinna, niejednokrotnie w bezpośrednim sąsiedztwie. Zabudowa o charakterze miejskim i podmiejskim. Zabudowa jednorodzinna to budynki jedno- i dwukondygnacyjne. Budynki wielorodzinne to budynki do pięciu kondygnacji. W centrum zabudowa zwarta lub częściowo zwarta o charakterze miejskim i wielorodzinna typu osiedlowego. Są to budynki do pięciu kondygnacji nadziemnych. Obiekty te zostały wzniesione w okresie od końca XIX w. do dnia dzisiejszego. Technologia budownictwa zróżnicowana w zależności od charakteru zabudowy i okresu czasu, z jakiego pochodzą. Poza budynkami mieszkalnymi występują budynki użyteczności publicznej, budynki szkolnictwa, budynki i obiekty sportu i rekreacji, budynki sakralne, obiekty handlowe, budynki i obiekty przemysłowe, między innymi użytkowane i nieużytkowane budynki kopalni „Anna” i obiekty handlowe.

Budynki jednorodzinne wzniesione są jako wolno stojące, często z towarzyszącą zabudową zagrodową. Opisana zabudowa wznoszona była w technologii tradycyjnej lub tradycyjnej ulepszonej oraz metodami uprzemysłowionymi.

4.2.3. Radlin

Radlin graniczy od południa z Wodzisławiem Śląskim. W Radlinie powstała w XIX w. kopalnia „Emma” późniejszy „Marcel”. Charakter zabudowy analogiczny do zabudowy Pszowa.

4.2.4. Rybnik

Rybnik, miasto na prawach powiatu, leży w odległości 38 km na południowy zachód od Katowic. Na terenie Rybnika znajdują się zakład wydobywczy kopalni „Jankowice” i ko-

palni „Chwałowice”. W mieście występuje zabudowa zarówno jednorodzinna, jak i wielorodzinna. Zabudowa o charakterze miejskim i podmiejskim. Zabudowa jednorodzinna to budynki jedno i dwukondygnacyjne. Budynki wielorodzinne to budynki tradycyjne, także wznoszone metodami uprzemysłowionymi typu osiedlowego do kilkunastu kondygnacji. W centrum zabudowa zwarta. Obiekty te zostały wzniesione w okresie od końca XIX w. do dnia dzisiejszego. Technologia budownictwa zróżnicowana w zależności od charakteru zabudowy i okresu czasu, z jakiego pochodzą. Poza budynkami mieszkalnymi występują budynki użyteczności publicznej, budynki szkolnictwa, budynki i obiekty sportu i rekreacji, budynki sakralne, obiekty handlowe, budynki i obiekty przemysłowe, a także budynki i budowle zabytkowe. Opisana zabudowa wznoszona była w technologii tradycyjnej lub tradycyjnej ulepszonej oraz metodami uprzemysłowionymi.

Wśród obiektów przemysłowych wymienić można Elektrownię Rybnik będącą obecnie jedną z największych elektrowni na Górnym Śląsku, a także Hutę „Silesia”, pochodzącą z roku 1884.

Zabytki architektury skupione są głównie w śródmieściu i do najważniejszych należą między innymi:

- bazylika św. Antoniego świątynia neogotycka, zbudowana według projektu Ludwika Schneidera w latach 1903÷1906,
- budynek dawnego Starostwa w Rybniku z roku 1887,
- neoklasycystyczny budynek nowego ratusza, wzniesiony w roku 1928,
- klasycystyczny dawny ratusz miejski z wieżą zegarową z roku 1822 r., obecnie mieszczący muzeum miejskie oraz Urząd Stanu Cywilnego,
- kościół ewangelicki zbudowany w 1791 r., odnowiony po pożarze roku 1875,
- zamek piastowski wzniesiony na początku XIII w., całkowicie przebudowany w XVIII w. według projektu Franciszka Ilgnera,
- zespół Szpitalny św. Juliusza, założony przez doktora Juliusza Rogera,
- kościół pw. Matki Boskiej Bolesnej, wewnątrz skrzydła późnogotyckiego tryptyku z kościoła WNMP. gotyckie prezbiterium. Zbudowany według projektu Franciszka Ilgnera w latach 1798÷1801,
- kościół św. Katarzyny z roku 1534,
- kościół św. Wawrzyńca, zbudowany w roku 1717,
- późnobarokowy mурowany dwór zbudowany w roku 173,
- zabytkowa kopalnia „Ignacy”,
- familoki głównie w dzielnicy Chwałowice.

5. Opis szkód w budynkach po silnych wstrząsach w okresie od 1.01.2006 r. do 12.07.2013 r.

Po wstrząsach do kopalni wpłynęły zgłoszenia o uszkodzeniach budynków zarówno użyteczności publicznej jak i od osób fizycznych (tabl. 3). Zgłoszenia o uszkodzeniach budynków napływały z Rydułtowych, Radlina, Pszowa, Wodzisławia i Szcherbic. Najsilniejszy wstrząs w omawianym okresie miał miejsce 13.05.2006 r. Energia wstrząsu wyniosła $1,23 \cdot 10^8$ J. Liczba zgłoszeń uszkodzeń 21. Kolejny silny wstrząs miał miejsce 21.04.2011 r. Energia wstrząsu wyniosła $1,00 \cdot 10^8$ J. Liczba zgłoszeń uszkodzeń 78. Wstrząs z dnia 7.06.2013 r. miał energię $8,1 \cdot 10^7$ J, a liczba zgłoszeń uszkodzeń wynosiła 70. W żadnym przypadku z omawianego okresu nie stwierdzono w trakcie oględzin budynków, na dzień wizji lokalnych, zarówno w budynkach użyteczności publicznej, jak i w budynkach osób fizycznych uszkodzeń stwarzających zagrożenie bezpieczeństwa użytkownika lub utrudnień w użytkowaniu, a także zagrożenia bezpieczeństwa dla osób

i mienia w budynkach. Stwierdzone uszkodzenia w przeważającej części można zakwalifikować do II i I stopnia uszkodzeń. Stwierdzono również w znacznym stopniu powiększenia istniejących, zarysowań, które wystąpiły wcześniej, na skutek wpływu deformacji ciągłych dołowej eksploatacji górniczej.

Prof. Maciąg podkreśla, że do oceny oddziaływania wstrząsów górniczych na powierzchnię zabudowę praktycznie potrzebne są dane o silnych i bardzo silnych wstrząsach. Jako dane dla obiektów są niewystarczające, szacunkowo zresztą oceniane, takie parametry, jak spodziewane (w miejscu lokalizacji obiektu) największe przyspieszenie drgań i odpowiadające im częstotliwości [3]. Problem oceny ryzyka wystąpienia uszkodzeń budynków w oparciu o rejestrację przyspieszenia drgań cząstek gruntu jest obciążony niepewnością związaną z brakiem rozpoznania rozkładu intensywności promieniowania sejsmicznego ze źródeł wstrząsu, własności transmisyjnych górotworu i niejednorodności w jego budowie zarówno w rejonie rejestracji jak również na drodze transmisyjnej energii sejsmicznej stwierdza prof. Marcek [4].

Biorąc powyższe pod uwagę należy stwierdzić, że faktyczne dane o uszkodzeniach budynków, jakie wystąpiły po wysokoenergetycznych wstrząsach są bardzo ważnym materiałem badawczym pod warunkiem weryfikacji zgłaszanych przez mieszkańców i użytkowników szkód budynków po wysokoenergetycznych wstrząsach, przez wyspecjalizowaną kadrę inżynieryjno-techniczną, co pozwala na prawidłową ocenę przyczynowo-skutkową zaistniałych uszkodzeń i zakwalifikowanie ich do powstałych w wyniku zaistniałego wysokoenergetycznego wstrząsu z wyeliminowaniem innych wymienionych powyżej przyczyn. Dlatego też do dalszej analizy autorki biorą pod uwagę tylko te szkody, które mają bezpośredni związek przyczynowo-skutkowy z zaistniałym wstrząsem i zostały zweryfikowane przez specjalistów i inspektorów ds. szkód górniczych kopalni „Rydułtowy-Anna” w wyniku wizji lokalnych dokonanej w terenie, oględzin budynków i zostały potwierdzone stosownymi dokumentami.

5.1. Opis uszkodzeń po wstrząsie w dniu 21.04.2011 r.

W dniu 21.04.2011 r. o godz. 9⁴⁷ wystąpił wysokoenergetyczny wstrząs o energii $1,0 \times 10^8$ J, 180 m za frontem górnej części ściany w pokładzie 713/1-2. Epicentrum wstrząsu zlokalizowano w rejonie ulicy Ofiar Terroru w Rydułtowych. W wyniku wstrząsu do kopalni „Rydułtowy-Anna” zgłoszone zostały uszkodzenia w budynkach z rejonu Rydułtowych, Radlina i Rybnika. Zgłoszone uszkodzenia wystąpiły w budynkach użyteczności publicznej, a także w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych. Wpłynęło 9 zgłoszeń dotyczących obiektów użyteczności publicznej i 69 zgłoszeń telefonicznych od mieszkańców, w tym 33 zgłoszenia dotyczyły powstania uszkodzeń, a w 36 przypadkach poinformowano o odczuciu wstrząsu. W dniach 21 i 22.04.2011 r. pracownicy sekcji szkód górniczych kopalni „Rydułtowy-Anna” dokonali wizji lokalnych w obiektach i budynkach, dla których dokonano zgłoszeń w związku z zarejestrowanym wstrząsem. Ponadto w rejonie epicentrum wstrząsu w promieniu 1000 m wyznaczono obiekty, objęte: „Projektem obserwacji obiektów budowlanych w palnie ruchu na lata 2011÷2013”, posiadających I kategorię odporności statycznej – 8 obiektów oraz najbardziej narażonych na wpływ wstrząsów górniczych – 5 obiektów i dokonano ich oględzin.

W wyniku wizji lokalnych dokonanej przez specjalistów i inspektorów ds. szkód górniczych kopalni „Rydułtowy-Anna”, stwierdzono, że w przypadku budynków użyteczności publicznej wystąpiło zarysowanie górnej części przypory przy wejściu bocznym na zewnątrz budynku kościoła św. Jerzego w Rydułtowych. W pozostałych budynkach użyteczności

Tablica 3. Zestawienie liczby zgłoszeń po wysokoenergetycznych wstrząsach o $E \geq 1 \times 10^7$ J w kopalni „Rydułtowy-Anna” w okresie od 1.01.2006 r. do 12.07.2013 r.*)

Table 3. Summary of notices about high-power tremors $E \geq 1 \times 10^7$ J in “Rydułtowy-Anna” mine in the period between 1 January 2006 and 12 July 2013*

Data	Energia, J	Liczba zgłoszeń		Razem
		budynki użyteczności publicznej	od mieszkańców	
28.02.2006	2,4*10 ⁷	8	31	39
24.03.2006	1,3*10 ⁷	4	11	15
3.04.2006	7,9*10 ⁷	4	7	11
15.04.2006	2,0*10 ⁷	2	3	5
13.05.2006	1,23*10 ⁸	2	19	21
19.12.2006	9,4*10 ⁷	11	18	29
28.05.2008	8,9*10 ⁷	3	6	9
19.06.2008	(1,2*10 ⁶) 5,2*10 ⁷ 1,6*10 ⁶)	5	9	14
19.11.2008	7,9*10 ⁷	10	57	67
4.11.2009	7,0*10 ⁷	9	29	38
30.03.2011	8,8*10 ⁷	6	42	48
15.04.2011	1,7*10 ⁷	–	4	4
21.04.2011	1,0*10 ⁸	9	69	78
15.07.2011	2,0*10 ⁷	5	7	12
12.08.2011	5,4*10 ⁷	14	10	24
18.12.2011	1,4*10 ⁷	6	1	7
24.10.2012	2,7*10 ⁷	8	14	22
22.02.2013	4,4*10 ⁷	8	16	24
2.06.2013	7,2*10 ⁷	4	22	26
7.06.2013	8,1*10 ⁷	7	63	70
30.06.2013	3,2*10 ⁷	6	8	14

*) Na podstawie materiałów archiwalnych KWK „Rydułtowy-Anna”.

publicznej to jest w budynku szpitala, budynkach oświaty i administracji wystąpiły pojedyncze pęknięcia ścian, zarysowania tynków ścian, faset i stropów, pojedyncze pęknięcia nadproża i stropu, kwalifikujące uszkodzenia do III i II stopnia według skali GSI-GZW_{KW}. Wystąpiły także drobne zarysowania tynków ścian na stykach płyt kartonowo-gipsowych, drobne zarysowania i pęknięcia tynków ścian, faset i stropów, zarysowanie posadzki kwalifikujące uszkodzenia do II stopnia według skali GSI-GZW_{KW}, oraz powiększenia zaistniałych wcześniej uszkodzeń kwalifikujące uszkodzenia do I stopnia według skali GSI-GZW_{KW}. W 10 budynkach mieszkalnych powstały pęknięcia ścian, tynków, faset, stropów i przewodów kominowych. Powyższe uszkodzenia można zakwalifikować do III i II stopnia według skali GSI-GZW_{KW}. W 8 budynkach mieszkalnych powstały zarysowania tynków ścian, faset, podsufitek drewnianych i styków płyt kartonowo-gipsowych. Powyższe uszkodzenia można zakwalifikować do II stopnia według skali GSI-GZW_{KW}. W pozostałych budynkach uszkodzonym uległy jedynie elementy wyposażenia, przykładowo odpadnienie bojlera, uszkodzenia meblościanki lub komisja nie stwierdziła żadnych uszkodzeń. W budynkach objętych: „Projektem obserwacji obiektów budowlanych w palnie ruchu na lata 2011÷2013”, posiadających I kategorię odporności statycznej – 8 obiektów oraz najbardziej narażonych na wpływy wstrząsów górniczych – 5 obiektów dokonano ich oględzin. Stwierdzono w jednym budynku I kategorii odporności powstanie spękań kominów ponad dachem kwalifikujące uszkodzenia do III stopnia według skali GSI-GZW_{KW}, w czterech budynkach stwierdzono zarysowania tynków ścian i stropów kwalifikujące uszkodzenia do II stopnia według skali GSI-GZW_{KW}, a w ośmiu budynkach powiększenie istniejących uszkodzeń kwalifikujące uszkodzenia do I według skali GSI-GZW_{KW}.

Statystyczną analizę szkód górniczych przeprowadzono na liczbie 19 przypadków azymutów prostych łączących szkody górnicze (rys. 4). Szkody górnicze zlokalizowane są zasadniczo pomiędzy uskokami rydułtowskim III, a kolejowym od strony czoła nadchodzącej fali. W celu ustalenia kierunku szkód górniczych łączono dwie najbliższe szkody i określano azymuty tych prostych. W wyniku statystycznej analizy kierunkowości szkód górniczych utworzono diagram kierunkowy (rys. 5).

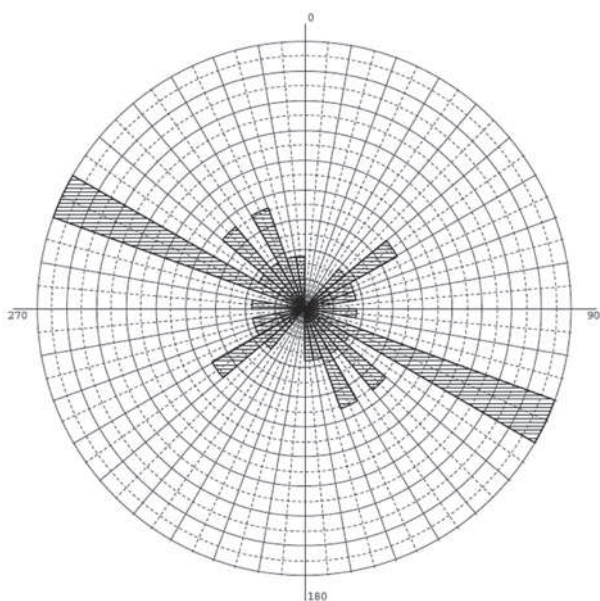
5.2. Opis uszkodzeń po wstrząsie w dniu 7.06.2013 R.

W dniu 7.06.2013 r. o godz. 1¹² wystąpił wysokoenergetyczny wstrząs o energii $8,1 \times 10^7$ J, 50 m za frontem dolnej części ściany w pokładzie 713/1-2. Epicentrum wstrząsu zlokalizowano w rejonie ulic bohaterów Warszawy i Plebiscytowej w Rydułtowych. W wyniku wstrząsu do kopalni „Rydułtowy-Anna” zgłoszone zostały uszkodzenia w budynkach z rejonu Rydułtowych i Radlina. Zgłoszone uszkodzenia wystąpiły w budynkach użyteczności publicznej, a także w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych. Wpłynęło 7 zgłoszeń dotyczących budynków użyteczności publicznej oraz 63 zgłoszenia telefoniczne od mieszkańców, w tym 9 budynkach nie powstały żadne uszkodzenia wywołane wstrząsem natomiast wstrząs został odczuty. W dniach 7÷11.06. 2013 r. pracownicy sekcji szkód górniczych kopalni „Rydułtowy-Anna” dokonali wizji lokalnych w obiektach i budynkach, dla których dokonano zgłoszeń w związku z zarejestrowanym wstrząsem. W wyniku wizji lokalnych dokonanej przez specjalistów i inspektorów ds. szkód górniczych kopalni „Rydułtowy-Anna” stwierdzono, że wystąpiło zarysowanie tynków na sklepieniach naw bocznych, tynków stropów w bocznych ołtarzach, a także jedno zarysowanie w zworniku pomiędzy nawą główną a boczną



Rys. 4. Lokalizacja szkód górniczych po wstrząsie z dnia 21.04.2011 r. na tle lokalnej tektoniki (na podstawie mat. arch. KWK „Rydułtowy-Anna”)

Fig. 4. Location of mine damages after the tremor from 21 April 2011 against the background of the local tectonics (on the basis of archival materials of “Rydułtowy-Anna” mine)



Rys. 5. Diagram kierunkowy szkód górniczych po wysokoenergetycznym wstrząsie z 21.04.2011 r. w kopalni „Rydułtowy-Anna”

Fig. 5. Directional diagram of mine damages after a high-power tremor from 21 April 2011 in “Rydułtowy-Anna” mine

kościół św. Jerzego w Rydułtowych. W pozostałych budynkach użyteczności publicznej to jest w budynkach oświaty, w budynku kościoła Najświętszego Serca Maryi i cegielni wystąpiły pojedyncze odspojenia tynków, pęknięcia tynków i faset, kwalifikujące uszkodzenia do III i II stopnia według skali GSI-GZW_{KW}, a także powiększenie istniejących uszkodzeń kwalifikujące uszkodzenia do I według skali GSI-GZW_{KW}. W 2 budynkach mieszkalnych powstały pęknięcia ścian wewnętrznych i zewnętrznych. Powyższe uszkodzenia można zakwalifikować do III stopnia według skali GSI-

GZW_{KW}. W 38 budynkach mieszkalnych powstały uszkodzenia elementów wykończeniowych, tj. zarysowanie i drobne pęknięcia tynków wewnętrznych i zewnętrznych. Powyższe uszkodzenia można zakwalifikować do II i I stopnia według skali GSI-GZW_{KW}. W 22 budynkach mieszkalnych powstały niewielkie powiększenia istniejących wcześniej uszkodzeń. Powyższe uszkodzenia można zakwalifikować do I stopnia według skali GSI-GZW_{KW}. W pozostałych budynkach uszkodzonym uległy jedynie elementy wyposażenia lub komisja nie stwierdziła żadnych uszkodzeń. Szkody górnicze zlokalizowane są w większości pomiędzy uskoki rydułtowski III a kolejowym od strony czoła nadchodzącej fali sejsmicznej.

Statystyczną analizę szkód górniczych przeprowadzono na liczbie 25 przypadków azymutów prostych łączących szkody górnicze (rys. 6). W wyniku statystycznej analizy kierunkowości szkód górniczych utworzono diagram kierunkowy (rys. 7).

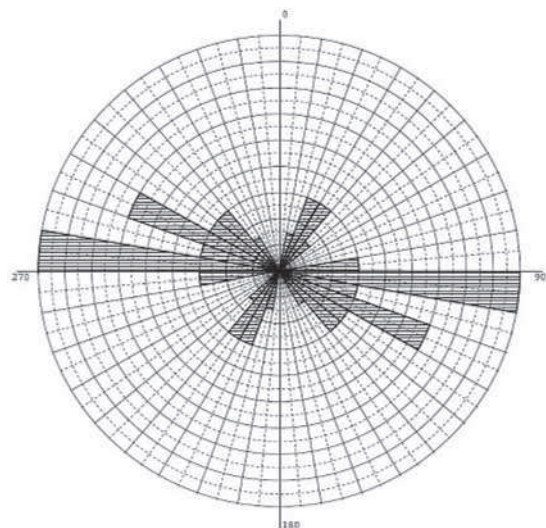
6. Podsumowanie

W wyniku statystycznej analizy kierunkowości lokalnej tektoniki na obszarze kopalni „Rydułtowy-Anna” można stwierdzić, że dominującym kierunkiem uskoki jest kierunek zbliżony do równoleżnikowego. Analizując diagramy kierunkowe szkód górniczych można stwierdzić ich podobieństwo do diagramu kierunkowego azymutów lokalnej tektoniki kopalni „Rydułtowy-Anna”. Występuje odchylenie kierunkowe w granicach 10 stopni. W przypadku szkód górniczych po wstrząsie z dnia 21.04.2011 r. odchylenie nastąpiło w kierunku NWN-SES o 10 stopni w stosunku do dominującego kierunku tektoniki kopalni „Rydułtowy-Anna”. Dominujący kierunek szkód górniczych po wstrząsie z dnia 7.06.2013 roku ma natomiast odchylenie w kierunku W-S o 10 stopni w stosunku do dominującego kierunku tektoniki kopalni „Rydułtowy-Anna”. Być może ma to związek z mechanizmem wstrząsu. Generalnie można jednak stwierdzić, że kierunek azymutów prostych łączących dwie najbliższe sobie położone szkody gór-



Rys. 6. Lokalizacja szkód górniczych po wstrząsie z dnia 7.06.2013 r. na tle lokalnej tektoniki (na podstawie mat. arch. KWK „Rydułtowy-Anna”)

Fig. 6. Location of mine damages after the tremor from 7 June 2013 against the background of the local tectonics (on the basis of archival materials of “Rydułtowy-Anna” mine)



Rys. 7. Diagram kierunkowy szkód górniczych po wysokoenergetycznym wstrząsie z dnia 7.06.2013 r. w kopalni „Rydułtowy-Anna”

Fig. 7. Directional diagram of mine damages after a high-power tremor from 7 June 2013 in “Rydułtowy-Anna” mine

nicze jest zbliżony do dominującego kierunku tektonicznego w kopalni „Rydułtowy-Anna”. Prawdopodobnie „układanie się” szkód górniczych po wysokoenergetycznych wstrząsach związane jest z lokalną tektoniką, co zostało potwierdzone w niniejszych statystycznych analizach. Wnioski wynikające z tych analiz, potwierdzone także na obszarze kopalni „Piast” (Pilecka, Szermer 2011), powinny być brane pod uwagę przy projektowaniu budynków i w planach zagospodarowania przestrzennego.

Literatura

1. *Dubiński J., Stec K., Lurka A.*: Oddziaływanie wstrząsów sejsmicznych na powierzchnię w zależności od ich parametrów fizycznych. Wydawnictwo GIG, Katowice 2006.
2. *Idziak A.F., Teper L., Zuberek W.M.*: Sejsmiczność a tektonika Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wydaw. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1999.
3. *Maciąg E.*: Ocena wpływu wstrząsów górniczych na budynki, Kraków, PAN. Materiały Sympozjum Warsztaty 2000 nt. Zagrożenia naturalne w górnictwie 2000.
4. *Marcak H.*: Wpływ wymuszenia sejsmicznego na odpowiedź wibracyjną obiektów, PAN. Materiały Sympozjum Warsztaty 2004 nt. Zagrożenia naturalne w górnictwie, 2004 s.386-401.
5. *Majcherczyk T., Olechowski S.*: Oddziaływanie wstrząsów wywołanych eksploatacją w KWK „Rydułtowy-Anna” na obiekty powierzchniowe według skali GSI-GZWKW-V. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 10 2010.
6. Materiały archiwalne KWK „Rydułtowy-Anna”.
7. *Pilecka E., Piątkowska A., Stec K., Bula Z., Pilecki Z., Król M.*: Związek lineamentów z sejsmicznością indukowaną na terenach górniczych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2006.
8. *Pilecka E., Szermer-Zaucha R.*: Analiza lokalnej tektoniki w powiązaniu z uszkodzeniami budynków wynikającymi z wystąpienia wysokoenergetycznego wstrząsu w dniu 9 lutego 2010 roku w KWK „Piast”. Prace Naukowe GIG nr4/2/2011, 2011 366-382.
9. *Stan-Kleczek I.*: Wykorzystanie metod statystycznych w badaniach wpływu sphańka na anizotropię prędkości fal sejsmicznych. Katedra Geologii Stosowanej U. Śl. www.statsoft.pl/czytelnia.html. 2009
10. *Tatara T.*: Odporność dynamiczna obiektów budowlanych w warunkach wstrząsów górniczych, Kraków, Wydawnictwo PK 2012.