



Prognoza wpływu eksploatacji projektowanej na obiekt drogowy w Bytomiu stanowiąca podstawę koncepcji jego docelowej naprawy

Forecast of the impact of the planned exploitation on the road object in Bytom City, as the basis for the concept of its target repair

Dr hab. inż. Ryszard Mielimka^{*)}

Treść: W artykule przedstawiono sposób wykonania prognozy wpływów eksploatacji docelowej KWK „Bobrek” na siedmioprzęsłowy, składający się z dwóch wiaduktów obiekt drogowy nad torami PKP w ciągu ulicy Wrocławskiej w Bytomiu. Wiadukty te w wyniku dotychczasowej eksploatacji górniczej uległy znacznym ruchom rozciągającym, które doprowadziły do wyczerpania zakresu pracy zachodnich urządzeń dylatacyjnych i łożysk, co zagraża bezpieczeństwu ich użytkowania. Wyniki prognozy wpływów docelowej eksploatacji projektowanej posłużyły do opracowania projektu remontu tego obiektu drogowego.

Abstract: This paper presents the forecast of the impact of the target mining operations of the „Bobrek” Mine on a seven-span road object consisting of two bridges, over the Polish National Railways’ tracks at Wrocławska Street in the city of Bytom. As a result of mining operations, these bridges were affected by significant tensile movements which have led to the exhaustion of the operation of Western expansion joints and bearings, which threatened the safety of their use. The results of the forecast of the impact of the planned mining operations have been used to develop a repair project for this road object.

Słowa kluczowe:

deformacje wiaduktu, wskaźniki deformacji, prognoza wpływów

Keywords:

deformation of the bridge, deformation indicators, forecasts of underground mining influence

1. Wprowadzenie

Eksploatacja górnicza realizowana w rejonie obiektu mostowego lub wiaduktu może spowodować tak duże ruchy poziome i pionowe jego podpór, że wyczerpany zostanie dopuszczalny zakres pracy zabudowanych w nim urządzeń dylatacyjnych i łożysk. Prowadzenie dalszej eksploatacji w pobliżu takiego obiektu, bez uprzedniego wykonania odpowiednich prac naprawczych może zagrazić bezpieczeństwu jego użytkowania.

Przy opracowywaniu projektu remontu tak zdeformowanego obiektu mostowego należy uwzględnić jego aktualny stan techniczny oraz wyniki numerycznego modelowania wpływów eksploatacji projektowanej w jego pobliżu. Rezultatem takich obliczeń powinny być prognozowane ruchy poziome i pionowe podpór, co pozwoli ocenić, czy nie doprowadzą one do przekroczenia dopuszczalnego zakresu pracy poszczególnych urządzeń dylatacyjnych i łożysk. Z analizy tych prognozowanych przemieszczeń wynikać będzie konieczny zakres prac remontowych.

Określenie wielkości prognozowanych ruchów podpór wiaduktu musi być wykonane z dużą wiarygodnością, gdyż ich zaniżenie może prowadzić do katastrofalnego uszkodzenia obiektu mostowego, zaś ich zbyt duże zawyżenie – do niepotrzebnego zwiększenia zakresu remontu, a zatem i jego kosztu. W przypadku wieloprzęsłowego obiektu mostowego ważne jest przy tym, aby prognozowane zmiany przemieszczeń wzdłuż tego obiektu odpowiadały zmianom, jakie rzeczywiście wystąpią w wyniku realizacji eksploatacji projektowanej.

2. Opis obiektu drogowego

Obiekt drogowy zlokalizowany w ciągu ul. Wrocławskiej w Bytomiu zbudowany jest z dwóch niezależnych konstrukcji, północnej (wiadukt B) oraz południowej (wiadukt C) i prowadzi ruch samochodowy na kierunku Wrocław - Kraków. Pod wiaduktem przebiega linia kolejowa relacji Bytom – Tarnowskie Góry. Tory kolejowe krzyżują się z osią konstrukcji pod różnymi kątami, natomiast oś wiaduktu z osią podpór krzyżuje się pod kątem 90°. Każda konstrukcja składa się z siedmiu przęseł wolno podpartych o rozpiętości 46,2 m, natomiast podpory rozstawione są osiowo w następujących odległościach: 47,1 m + 5x48,0 m + 47,1 m. Oba wiadukty to konstrukcje zespolone, zbudowane ze stalowych dźwigarów wysokości 2460 mm, zespolonych z żelbetową płytą grubości 250 mm z pogrubieniem nad dźwigarami. Konstrukcja północna szerokości całkowitej 9,5 m zbudowana jest z trzech dźwigarów głównych, natomiast południowa szerokości 12,5 m z czterech dźwigarów. W przekroju poprzecznym, wyróżnia się:

- dla wiaduktu północnego – dwa chodniki robocze szerokości 1,250 m oraz jezdnie szerokości 7,00 m, na których prowadzony jest ruch drogą DK 94 po dwóch pasach w kierunku Wrocławia,
- dla wiaduktu południowego – dwa chodniki szerokości 1,250 m i 3,75 m oraz jezdnie szerokości 7,50 m, na których prowadzony jest ruch drogą DK 94 po dwóch pasach w kierunku Krakowa.

W pierwszej kolejności został wybudowany wiadukt południowy, który przekazany został do eksploatacji w 1994 r. Wiadukt północny został przekazany do eksploatacji dwa lata później. Zlokalizowany w bezpośrednim sąsiedztwie obiekt

^{*)} Politechnika Śląska, Gliwice

tramwajowy o podobnej konstrukcji został wybudowany w 2000 r., jednak do dnia dzisiejszego nie został przekazany do eksploatacji, oraz nie został wyposażony w elementy pomostu, w tym urządzenia dylatacyjne.

Podpory wszystkich trzech wiaduktów to konstrukcje monolityczne, pełnościennie, posadowione w sposób bezpośredni na podłożu wzmocnionym kolumnami żwirowymi średnicy 0,5 m, wykonanymi metodą pali Franki. Wyjątek stanowi podpora przyczółkowa od strony Krakowa, która posiada konstrukcję słupową.

Konstrukcja projektowo została dostosowana do III kategorii szkód górniczych. Urządzenia dylatacyjne, modułowe o konstrukcji nożycowej umożliwiają nominalną pracę ± 200 mm, natomiast soczewkowe łożyska ruchome wyposażono w podwieszane płyty górne umożliwiające pracę ± 300 mm.

3. Warunki geologiczno-górnice

W budowie geologicznej przedmiotowego rejonu do głębokości 1000 m udział biorą następujące ogniwa stratygraficzne: czwartorzęd i trias stanowiące nadkład karbonu oraz karbon produktywny, stanowiący właściwe złoża węgla.

Osady czwartorzędowe, należą stratygraficznie do holocenu i plejstocenu. Są to żwiry, piaski, ily muły, gliny z humusem oraz utwory połodowcowe w postaci nieregularnych soczewek żwirów, piasków i glin z otoczkami i gruzem skalnym. Ich sumaryczna miąższość wynosi w przedmiotowym rejonie ok. 45 m.

Formacja triasowa o łącznej miąższości ok. 130 m reprezentowana jest przez utwory wapienia muszlowego zbudowane z iłów, łupków, dolomitów i wapieni oraz przez utwory pstrego piaskowca wykształcone w postaci wapieni jamistych, margli dolomitycznych, pstrych iłów, piaskowców i margli.

Utwory karbonu produktywnego reprezentowane są w tym rejonie przez warstwy rudzkie dolne z pokładami węgla 407 - 419 i warstwy siodłowe z pokładami węgla 501 - 510 (Górnośląska Seria Piaskowcowa – GSP) oraz warstwy porębskie z pokładami grupy 600 (Seria Paraliczna). Utwory te zbudowane są z piaskowców z wkładkami mułowców i iłowców oraz pokładów węgla. Miąższość warstw rudzkich wynosi ok. 500 m, zaś warstw siodłowych – ok. 250 m.

Eksploatację węgla pod i w bezpośrednim rejonie wiaduktów w ciągu ul. Wrocławskiej prowadziła kopalnia „Bobrek” od 1941 roku na głębokościach 350 ÷ 830 m, na wysokość 1,4 ÷ 3,5 m, z przewagą systemu z zawałem stropu, w pokładach grupy 400, a później grupy 500. Przed wybudowaniem wiaduktów wybieranie realizowano łącznie w 11 pokładach węgla, a mianowicie w pokładach: 406/4, 407, 409, 412, 414/1, 414/3, 418, 419, 501, 507 oraz 510 warstwa górna (wg) i warstwa dolna (wd).

4. Eksploatacja dokonana od 1996 r. i eksploatacja projektowana

Od 1996 r., tj. od momentu przekazania drugiego wiadukt drogowego w ciągu ul. Wrocławskiej do użytku, na obiekty te oddziaływała zawałowa eksploatacja ścian 1, 2 i 3 w pokładach 503 i 504 wg prowadzona przez kopalnię „Bobrek”.

Ściany te, o południkowo rozciągającym się wybiegu były eksploatowane z północy na południe, tj. w kierunku do obiektu drogowego usytuowanego w rejonie południowo-wschodniego naroża ścian 1 w pokładach 503 i 504 wg. Ściany 2 i 3 w tych pokładach wybierane były po zachodniej stronie ścian 1.

Eksploatacja pokładu 503 była prowadzona na wysokość ok. 3,3 m, zaś ściany w pokładzie 504 wg miały wysokość ok. 1,8 m (ściany 2 i 3) oraz ok. 2,0 m (ściana 1). Głębokość tych eksploatacji wynosiła od ok. 630 m do 770 m.

Dotychczasowa eksploatacja w pokładach 503 i 504 spowodowała wystąpienie relatywnie dużych odkształceń rozciągających w rejonie przedmiotowych wiaduktów, co spowodowało, że możliwy zakres dalszego zwiększania się rozwarości szczelin dylatacyjnych w zachodniej części wiaduktów w zasadzie uległ wyczerpaniu.

Kopalnia „Bobrek” planuje zrealizować jeszcze eksploatację w warstwie dolnej pokładu 504. Na wiadukty w ciągu ul. Wrocławskiej oddziaływać będą projektowane w tej warstwie pokładu 504 zawałowe ściany 1, 2 i 3 położone odpowiednio w granicach pól ścian 1, 2 i 3 w pokładzie 504 wg. Eksploatacja ta będzie prowadzona na wysokość ok. 2,0 m, na głębokości od ok. 690 m do ok. 770 m.

Położenie ścian 1, 2 i 3 w pokładach 503, 504 wg i 504 wd w stosunku do wiadukt drogowego w ciągu ul. Wrocławskiej pokazano na rys. 1.

5. Wyznaczenie lokalnych parametrów teorii wpływów

KWK „Bobrek” prowadzi od listopada 2006 r. systematyczne pomiary obniżen punktów zastabilizowanych na podporach wiaduktów nad szlakiem PKP w ciągu ul. Wrocławskiej w Bytomiu. Pomiary te były realizowane w różnych okresach czasowych (od dwutygodniowych do półrocznych), dostosowanych do szybkości ujawniania się wpływów eksploatacji prowadzonej w rejonie tego obiektu. Ostatni cykl pomiarowy wykonano 12.08.2016 r.

W okresie wykonywania pomiarów na podporach wiaduktów wyeksploatowano w pokładzie 503 ścianę 1 na końcowym ok. 420-metrowym odcinku oraz ściany 2, 3 i 4, zaś w pokładzie 504 wg wybrano ściany 1, 2 oraz ścianę 3 do wybiegu ok. 950 m (do miejsca zakończenia tej ściany pozostało ok. 35 m).

Wartości parametrów wzoru na obniżenia J. Białka ($tg\beta$, a , A_{obr}) (Białek 1991) potrzebne do określenia wpływów wywołanych eksploatacją KWK „Bobrek” w pokładach 503 i 504 w rejonie wiaduktów w ciągu ul. Wrocławskiej w Bytomiu wyznaczono programem EDBJT.EXE, opracowanym w Zakładzie Geodezji i Ochrony Terenów Górniczych Politechniki Śląskiej (Białek, Mielimąka 2001, Białek, Mierzejowska 2012). Wartości tych parametrów wyznaczone są poprzez minimalizację wariancji resztkowej obniżen pomierzonych i obliczonych teoretycznie.

Do obliczeń wykorzystano obniżenia wybranych punktów założonych na podporach wiaduktów oraz punkty położone przy ul. Wrocławskiej w odległościach około 27 m (punkt 1410), 60 m (punkt 1409) i 157 m (punkt 998) na zachód od zachodnich podpór wiaduktów. Położenie tych punktów pokazano na rys. 2.

W całym okresie pomiarowym największemu obniżeniu równemu 2,671 m uległ punkt 998, zaś w przypadku punktów założonych na wiaduktach – punkt 1416, który obniżył się o 0,816 m.

Z wykonanych obliczeń uzyskano najlepsze w sensie metody najmniejszych kwadratów wartości parametrów teorii wpływów do wyznaczenia deformacji w rejonie wiaduktów, które wynoszą:

- współczynnik osiadania $a = 0,94$;
- parametr teorii $tg\beta = 3,16$;
- parametr obrzeża eksploatacyjnego $A_{obr} = 0,276$.



Rys. 1. Położenie krawędzi parcel eksploatacji dokonanej od 1994 r. (ściany 1, 2, 3 i 4 w pokładzie 503 oraz ściany 1, 2 i 3 w pokładzie 504 wg) i projektowanej (ściany 1, 2 i 3 w pokładzie 504 wd) w stosunku do wiaduktu drogowego nad torami PKP w ciągu ul. Wrocławskiej

Fig. 1. Contours of longwalls of exploitation performed since 1994 (longwalls no. 1, 2, 3 and 4 in the seam no. 503 and longwalls no. 1, 2 and 3 in the seam no. 504wg) and projected (longwalls no. 1, 2 and 3 in the seam no. 504wd) in relation to the road object over the Polish National Railways' tracks along Wrocławská Street

Rys. 2. Położenie punktów pomiarowych, których obniżenia posłużyły do wyznaczenia wartości parametrów teorii wpływów

Fig. 2. The location of the measurement points the subsidence of which was used to determine the value of the parameters of the influence theory



Wykonane dopasowanie obniżeń teoretycznych do pomierzonych cechuje odchylenie standardowe $\sigma = 50,8$ mm oraz współczynnik korelacji $R = 9963$.

Przebieg obniżeń pomierzonych i dopasowanych do nich obniżeń teoretycznych pokazano na rys. 3.

6. Porównanie pomierzonych i teoretycznych przemieszczeń punktów pomiarowych

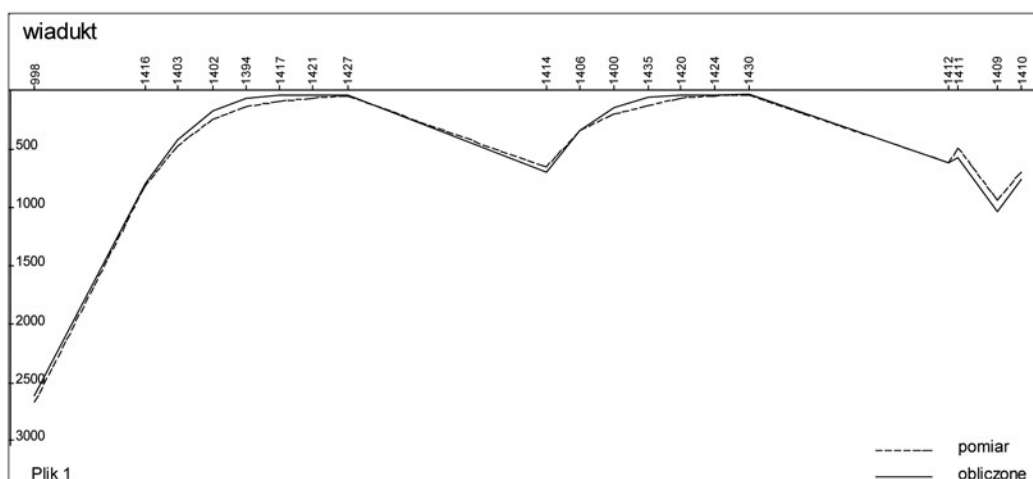
KWK „Bobrek” prowadziła w okresie od maja 2008 r. do 08.04.2013 r. pomiary zmian współrzędnych punktów pomiarowych założonych na północnej stronie podpór jezdni północnej wiaduktu drogowego (punkty 1414, 1405, 1437, 1396, 1419 i 1323 – rys. 4). Z uwagi na niewielkie, wynoszące 8° skrócenie osi podłużnej obiektu drogowego od kierunku wschód – zachód przyjęto, że pomierzone zmiany współrzędnych odpowiadają przemieszczeniom podpór wzdłuż i w poprzek osi wiaduktu.

W okresie realizacji pomiarów przemieszczeń poziomych w rejonie wiaduktu wyeksploatowano w pokładzie 503 ścianę 2 na końcowym ok. 690-metrowym odcinku oraz ściany 3 i 4, zaś w pokładzie 504 wg wybrano ścianę 1.

Wartości zaobserwowanych przemieszczeń poziomych punktów pomiarowych w całym okresie obserwacyjnym posłużyły do porównania ich wartości z wartościami reprognozowanych (teoretycznych) przemieszczeń poziomych wyznaczonych za ten okres czasowy.

Przemieszczenia teoretyczne określono przy zastosowaniu w obliczeniach wartości parametrów wyznaczonych z obniżeń punktów ($\alpha = 0,94$; $\tan \beta = 3,16$; $A_{obr} = 0,276$). Współczynnik proporcjonalności przemieszczeń poziomych do nachyleń przyjęto za E. Popiołkiem równy $B = 0,32r$ (Popiołek 1976).

Wartości pomierzonych przemieszczeń poziomych punktów położonych na północnej stronie filarów jezdni północnej (licząc od podpory zachodniej) i odpowiadających im teoretycznych przemieszczeń poziomych podano w tabeli 1, zaś ich przebiegi pokazano na rys 5a.



Rys. 3. Przebieg obniżeń pomierzonych i dopasowanych do nich obniżeń teoretycznych
Fig. 3. The course of the measured subsidence and the corresponding theoretical values



Rys. 4. Położenie punktów pomiarowych, których ruchy poziome posłużyły do porównania przemieszczeń poziomych pomierzonych i teoretycznych
Fig. 4. Location of measurement points whose horizontal movements have been used to compare the measured and theoretical horizontal displacements

Tabela 1. Pomierzone przemieszczenia poziome punktów położonych na północnej stronie filarów jezdni północnej i odpowiadające im teoretyczne (reprognozowane) przemieszczenia poziome

Table 1. Measured horizontal displacements of points located on the northern side of pillars of the northern side of the road and the corresponding theoretical (reprognosed) values

Nr punktu	U1 pom. [mm] wzdłuż osi wiaduktu (na W)	U1 teor.[mm] wzdłuż osi wiaduktu (na W)	U2 pom. [mm] w poprzek osi wiaduktu (na S)	U2 teor.[mm] w poprzek osi wiaduktu (na S)
1414	224	458	-307	-252
1405	138	326	-146	-154
1437	56	211	-33	-89
1396	20	130	0	-50
1419	-2	76	14	-27
1423	-3	43	21	-15

Tabela 2. Zmiany przemieszczeń poziomych pomiędzy kolejnymi przęsłami wiaduktu

Table 2. Horizontal displacement changes between subsequent spans of the bridge

Nr przęsła	Numery punktów końcowych przęsła	$\Delta U1$ pom. [mm] wzdłuż osi wiaduktu (na W)	$\Delta U1$ teor. [mm] wzdłuż osi wiaduktu (na W)
1	1414 - 1405	86	132
2	1405 - 1437	82	115
3	1437 - 1396	36	81
4	1396 - 1419	22	54
5	1419 - 1423	1	33
Nr przęsła	Numery punktów końcowych przęsła	$\Delta U2$ pom. [mm] w poprzek osi wiaduktu (na N)	$\Delta U2$ teor. [mm] w poprzek osi wiaduktu (na N)
1	1414 - 1405	161	98
2	1405 - 1437	113	65
3	1437 - 1396	33	39
4	1396 - 1419	14	23
5	1419 - 1423	7	12

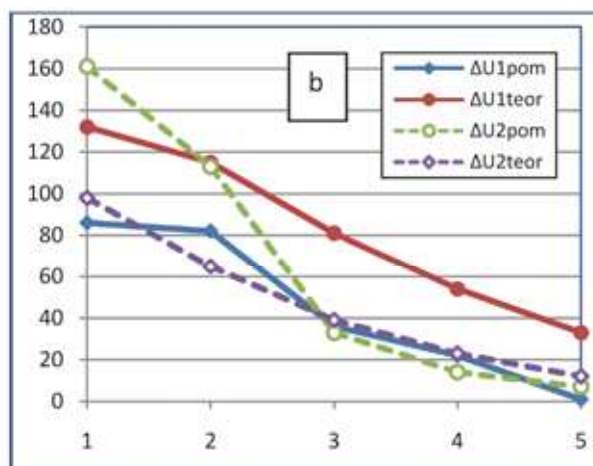
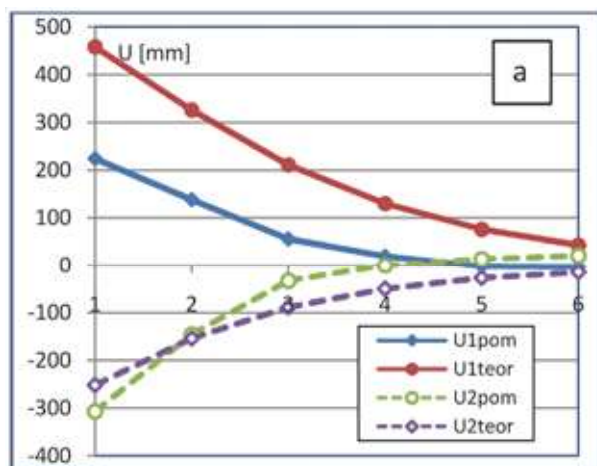
W tabeli 2 zamieszczono zmiany pomierzonych przemieszczeń poziomych oraz odpowiadające im zmiany teoretycznych przemieszczeń poziomych wzdłuż pięciu kolejnych przęseł północnego wiaduktu drogowego. Przebiegi tych zmian przedstawiono na rys. 5b.

Na podstawie wyników pokazanych w tablicy 2 stwierdza się, że w okresie pomiarowym kolejne podpory tego wiaduktu przemieściły się w kierunku zachodnim północnym. Maksymalne przemieszczenie wystąpiło na zachodnich pod-

porach północnego wiaduktu drogowego, osiągając maksymalną wartość $U1_{\max \text{ pomierzone}} = 225$ mm w kierunku zachodnim i $U2_{\max \text{ pomierzone}} = 307$ mm w kierunku północnym.

Analogiczne wielkości reprognozowane osiągnęły wartość maksymalną wartość $U1_{\max \text{ reprognozowane}} = 458$ mm w kierunku zachodnim i $U2_{\max \text{ reprognozowane}} = 232$ mm w kierunku północnym.

Widać że po kierunku wschód zachód przemieszczenia prognozowane są większe o 104 % od przemieszczeń pomierzonych, natomiast po kierunku północnie północ są mniejsze o 18% od przemieszczeń pomierzonych.



Rys. 5. Wykres przemieszczeń poziomych kolejnych podpór, licząc od przyczółka zachodniego wiaduktu (a) oraz wykres różnic przemieszczeń poziomych na kolejnych przęsłach (b)

Fig. 5. The horizontal displacement chart of the subsequent pillars counting from the western bridge overpass (a) and the horizontal displacement diagram on the subsequent spans (b)

Jak wynika z rys. 5a, obliczone wartości teoretycznych przemieszczeń poziomych są generalnie większe od ich wartości pomierzonych. Można to tłumaczyć następującymi przyczynami:

- możliwymi różnicami pomiędzy wielkościami przemieszczeń poziomych podpór i terenu w ich rejonie, znacznym rozproszeniem losowym zjawiska deformacji. W przypadku przemieszczeń poziomych współczynnik zmienności, odniesiony do maksymalnych wartości przemieszczeń występujących w niecce obniżeniowej, zmienia się zdaniem różnych autorów od 4,5% do 13% (Popiołek 2009),
- błędem modelu opisu obniżeń,
- występowaniem największych błędów prognozy w narożach wyeksploatowanego pola, wynika to z badań A. Mierzejowskiej (Mierzejowska 2015), a w rejonie takiego naroża położony jest przedmiotowy obiekt drogowy,
- zmiennym przebiegiem nachylenia pokładu,
- znacznym i zróżnicowanym naruszeniem górotworu w rejonie wiaduktu,
- relatywnie dużymi błędami geodezyjnych pomiarów przemieszczeń poziomych, które można szacować na ± 30 mm,

Należy jednak podkreślić, że rozkłady przemieszczeń poziomych pomierzonych i teoretycznych są zbliżone.

Z analizy zmian przemieszczeń poziomych pomierzonych i teoretycznych wynika natomiast (tabela 2, rys. 5b), że w wyniku eksploatacji zrealizowanej w okresie pomiarowym nastąpiły wydłużenia wszystkich odcinków pomiędzy kolejnymi podporami wiaduktu. Największe ich wartości miały miejsce pomiędzy trzema zachodnimi przęsłami wiaduktu. Wydłużenia pozostałych odcinków są już istotnie mniejsze. Taki obraz zmian odległości pomiędzy podporami wiaduktu dobrze koreluje z wynikami pomiarów zmian szerokości szczelin dylatacyjnych pomiędzy poszczególnymi przęsłami tego obiektu.

7. Prognoza wpływu eksploatacji projektowanej na wiadukty

Prognozę wpływów eksploatacji projektowanych ścian 1, 2 i 3 w pokładzie 504 wd na wiadukt drogowy nad torami PKP w ciągu ul. Wrocławskiej wykonano pakietem programów EDBJ (Białek 2003, Białek, Mielimaka 1999). Modelowanie wpływów przeprowadzono wzorem na obniżenia J. Białka (1991) przy zastosowaniu następujących wartości parametrów:

- współczynnik eksploatacji $a = 1,0$;
- parametr teorii $tgb = 3,4$;
- obrzeże eksploatacyjne $A_{obr} = 0,15$;
- współczynnik dewiacji wpływów $k = 0,7$;
- współczynnik odkształcenia poziomego $B = 0,4r$ (Budryk 1953).

Przyjęcie ostrzejszych wartości parametrów teorii wpływów niż wyznaczone z pomierzonych obniżeń punktów założonych na podporach wiaduktu zostało podyktowane możliwymi zmianami parametrów teorii wpływów wynikającymi z dalszej dezintegracji górotworu oraz koniecznością zachowania bezpieczeństwa prognozy.

Wyniki prognozy wpływów projektowanej eksploatacji ścian 1, 2 i 3 w pokładzie 504 wd na powierzchnię terenu w rejonie wiaduktów pokazano na warstwicowych mapach wybranych wskaźników deformacji (rys. 6). Na mapach tych prognozowane wartości przemieszczeń poziomych i odkształceń poziomych wyznaczone zostały w kierunku osi wiaduktów i poprzecznie do nich.

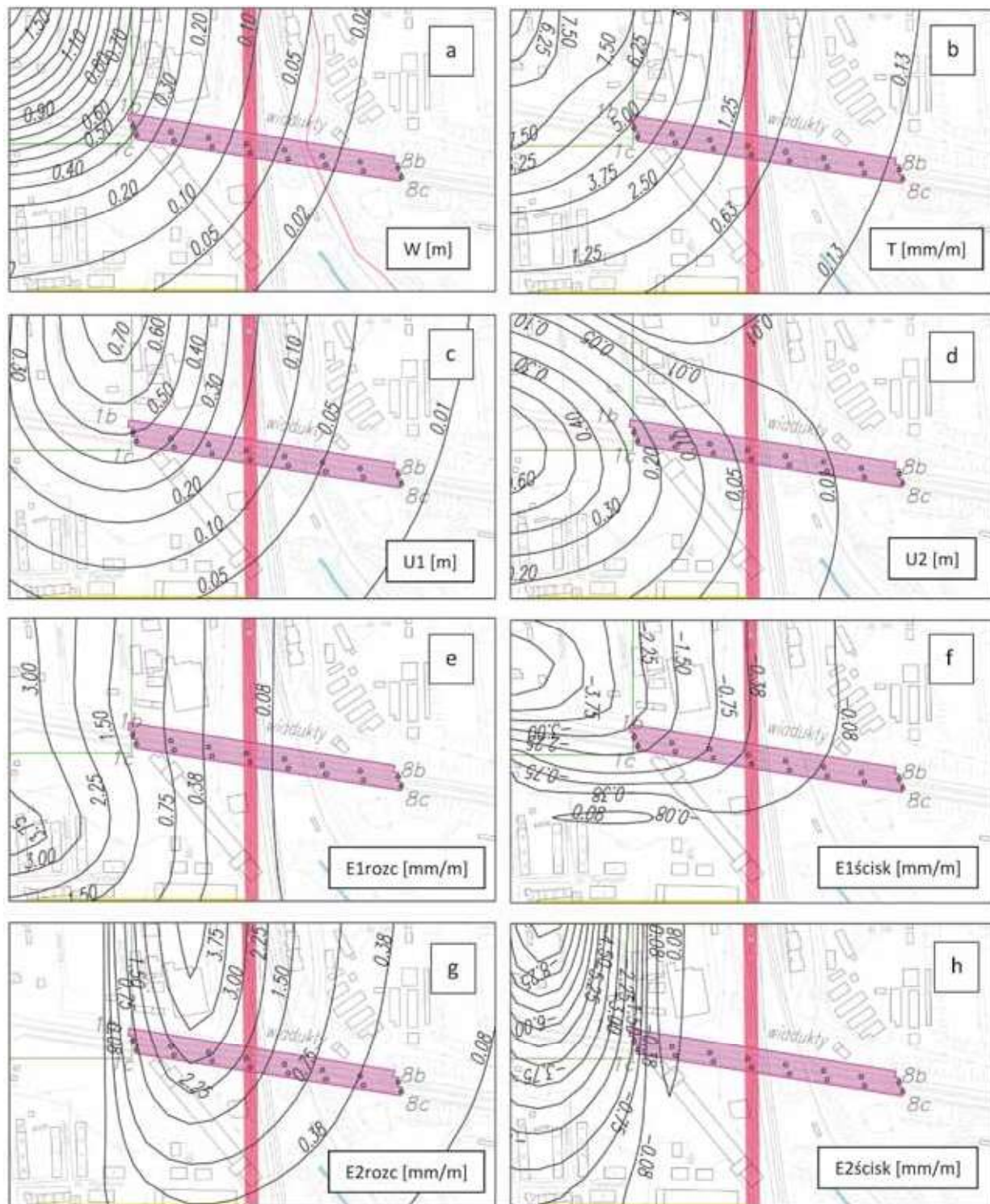
W tabeli 3 podano wartości prognozowanych deformacji terenu w miejscach odpowiadających środkom podpór wiaduktów drogowych, zaś w tabeli 4 zamieszczono wartości zmian prognozowanych przemieszczeń poziomych pomiędzy kolejnymi przęsłami wiaduktów.

Na podstawie wyników prognozy wpływów pokazanych w tabeli 3 i na rys. 6 stwierdza się, że eksploatacja projektowanych ścian 1, 2 i 3 w pokładzie 504 wd spowoduje dalsze

Tabela 3. Prognozowane deformacje terenu w miejscach podpór jezdni wiaduktów drogowych w ciągu ul. Wrocławskiej, jakie wywoła eksploatacja ścian 1, 2 i 3 w pokładzie 504 wd

Table 3. Forecasted deformation of the terrain in roadway pillars areas alongside Wrocławska Street which will cause exploitation of longwalls no. 1, 2 and 3 in the seam no. 504 wd

Numer podpory licząc od strony zachodn.	Obniżenie W [mm]	Przemieszczenie poziome wzdłuż osi wiaduktu (na W) U1 [mm]	Przemieszczenie poziome w poprzek osi wiaduktu (na N) U2 [mm]	Nachylenie wypadkowe T [mm/m]	Odkształt. poziome wzdłuż osi wiaduktu E1 [mm/m]	Odkształt. poziome w poprzek osi wiaduktu E2 [mm/m]
Północny wiadukt drogowy (b)						
1b	-436	507	256	4.83	1.15	-2.01
2b	-257	416	145	3.33	2.98	-1.37
3b	-140	274	78	1.81	3.14	-0.72
4b	-79	158	40	0.93	2.10	-0.33
5b	-46	88	21	0.54	1.15	-0.15
6b	-26	50	11	0.33	0.63	-0.07
7b	-14	29	6	0.18	0.37	-0.03
8b	-7	16	3	0.10	0.21	-0.02
Południowy wiadukt drogowy (c)						
1c	-392	474	261	4.48	1.25	-1.71
2c	-231	382	152	3.02	2.90	-1.15
3c	-130	254	82	1.66	2.92	-0.62
4c	-72	143	40	0.84	1.89	-0.27
5c	-42	80	21	0.50	1.03	-0.12
6c	-23	46	11	0.31	0.58	-0.06
7c	-12	26	6	0.17	0.33	-0.03
8c	-7	15	3	0.09	0.15	-0.01



Rys. 6. Rozkłady prognozowanych wskaźników deformacji w rejonie wiaduktów jakie spowoduje eksploatacja ścian 1, 2 i 3 w pokładzie 504 wd: a - obniżenia w , b - nachylenia T , c - przemieszczenia poziome wzdłuż osi wiaduktów $U1$, d - przemieszczenia poziome w poprzek osi wiaduktów $U2$, e - ekstremalne w czasie odkształcenia poziome rozciągające wzdłuż osi wiaduktów $E1rozcz$, f - ekstremalne w czasie odkształcenia poziome ściskające wzdłuż osi wiaduktów $E1ścisk$, g - ekstremalne w czasie odkształcenia poziome rozciągające w poprzek osi wiaduktów $E2rozcz$, h - ekstremalne w czasie odkształcenia poziome ściskające w poprzek osi wiaduktów $E2ścisk$

Fig. 6. Distribution of forecasted indicators of deformation which will be caused by the extraction of longwalls no. 1, 2 and 3 in the seam no. 504wd in the area of bridges: a – subsidence w , b – slope T , c – horizontal displacements alongside bridges axes $U1$, d – horizontal displacements alongside bridges axes $U2$, e – horizontal deformations (extensions) alongside bridges axes extreme in time $E1rozcz$, f – horizontal deformations (tensions) alongside bridges axes extreme in time $E1ścisk$, g – horizontal deformations (extensions) alongside bridges axes extreme in time $E2rozcz$, h – horizontal deformations (tensions) alongside bridges axes extreme in time $E2ścisk$

Tabela 4. Zmiany prognozowanych przemieszczeń poziomych pomiędzy kolejnymi przęsłami wiaduktów
Table 4. Changes in the forecasted horizontal displacements between subsequent spans

Numery dylatacji na końcach przęsła	$\Delta U1_{prog_p\acute{o}ln.}$ [mm] wzdłuż osi wiaduktu północnego (na W)	$\Delta U1_{prog_po\acute{o}d.}$ [mm] wzdłuż osi wiaduktu południowego (na W)	$\Delta U2_{prog_p\acute{o}ln.}$ [mm] w poprzek osi wiaduktu północnego (na N)	$\Delta U2_{prog_po\acute{o}d.}$ [mm] W poprzek osi wiaduktu południowego (na N)
1 – 2	91	92	111	109
2 – 3	142	128	67	70
3 – 4	116	111	38	42
4 – 5	70	63	19	19
5 – 6	38	34	10	10
6 – 7	21	20	5	5
7 – 8	13	11	3	3

przemieszczanie się podpór wiaduktów w kierunku zachodnim i północnym. Maksymalne prognozowane przemieszczenia wystąpią na zachodnich podporach północnego wiaduktu drogowego osiągając maksymalną wartość $U1_{max_prognozowane} = 507$ mm w kierunku zachodnim i $U2_{max_prognozowane} = 256$ mm w kierunku północnym.

Z analizy zmian prognozowanych przemieszczeń poziomych wynika natomiast (tabela 4), że nastąpi wydłużenie wszystkich odcinków pomiędzy kolejnymi podporami wiaduktu. Największe wydłużenie wystąpi pomiędzy podporą 2 i podporą 3 północnego wiaduktu drogowego, gdzie wyniesie 142 mm.

Na podstawie analizy aktualnego stanu technicznego wiaduktów północnego i południowego oraz wyników wykonanej prognozy wpływów określono konieczny zakres remontu tych wiaduktów wynikający z przejścia przez ten obiekt dodatkowych wpływów, jakie spowoduje projektowana eksploatacja ścian 1, 2, i 3 w pokładzie 504 wd. Remont ten powinien obejmować następujące prace:

- wydłużenie podparć belek trawersowych nad podporami nr 2 wiaduktów jezdni północnej oraz nad podporami 1, 2 wiaduktu południowego,
- wymianę urządzeń sterujących, nożycowych w dylatacjach zabudowanych nad podporami nr 1, 2, 3 wiaduktów jezdni północnej oraz nad podporami 1, 2 wiaduktu południowego,
- zmniejszenie szczelin dylatacyjnych (pomiędzy profilami stalowymi dylatacji, o wartościach przekraczających 100 mm) dla urządzeń dylatacyjnych zabudowanych nad podporami nr 1, 2, 3 wiaduktu północnego oraz nad podporami 1, 2 wiaduktu południowego,
- rektyfikacja jednego łożyska wielokierunkowego zabudowanego na podporze nr 2 wiaduktu południowego.

8. Podsumowanie

Zamieszczone w pracy analizy dotyczące wpływu dokonanej i projektowanej eksploatacji KWK „Bobrek” na obiekt drogowy nad torami PKP w ciągu ul. Wrocławskiej w Bytomiu pozwalają na następujące ogólne stwierdzenia:

1. Wykonane analizy potwierdziły, że w rejonie naroży eksploatacji występują duże błędy prognozy wpływów. W takich miejscach różnice pomiędzy deformacjami pomierzonymi i teoretycznymi mogą sięgać nawet 100%. Różnice te mogą być przy tym zarówno dodatnie, jak i ujemne.
2. Wyznaczone z obniżień lokalnej linii pomiarowej wartości parametrów teorii wpływów mocno różnią się od powszechnie przyjmowanych. Znaczne i zróżnicowane

naruszenie górotworu powoduje, że wartość parametru $tg\beta$ może lokalnie osiągnąć wartość przekraczającą 3,0. Nie jest zatem właściwe wykonywanie prognozy wpływów dla ważnych obiektów budowlanych z zastosowaniem standardowych wartości parametrów, gdyż istotnie zwiększa to błąd wyznaczonych wielkości deformacji.

3. O ile w przypadku przemieszczeń pionowych uzyskano bardzo dobre dopasowanie fragmentu niecki teoretycznej do pomierzonej, o tyle błąd lokalnie analizowanych przemieszczeń poziomych okazał się bardzo duży. W tej sytuacji mówiąc o prognozie musimy postępować bardzo ostrożnie, zwiększając wartości prognozowane przez odpowiedni dobór parametrów teorii wpływów.
4. Wiadukty znajdują się w narożu projektowanej eksploatacji i obejmują je bliskie maksymalnym wartości przemieszczeń poziomych, które spodziewane są dla tej niecki obniżeniowej. Wystąpienia tak dużych wartości przemieszczeń poziomych nie uwzględniono na etapie projektowania wiaduktów, co doprowadziło do wyczerpania zakresu pracy niektórych urządzeń dylatacyjnych już po częściowym zrealizowaniu planowanej wówczas eksploatacji górniczej.
5. Wykonana prognoza wpływów eksploatacji projektowanej pozwoliła na określenie zakresu remontu. Remont ten byłby jednak niepotrzebny, gdyby na etapie wykonywania projektu wiaduktów uwzględniono, że wywołane eksploatacją rozciągania wzdłuż ich osi będą znacznie większe niż ściskania. Można by wtedy odpowiednio zaprojektować ustawienie urządzeń dylatacyjnych.

Literatura

- BIAŁEK J. 1991 - Opis nieustalonej fazy obniżień terenu górniczego z uwzględnieniem asymetrii wpływów końcowych. „Zeszyty Naukowe Pol. Śl.”, s. „Górnictwo” z. 194.
- BIAŁEK J. 2003 - Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górniczego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- BIAŁEK J., MIELIMAŁA R. 1999 - Możliwości zwiększenia dokładności prognoz deformacji terenu górniczego wykonanych przy użyciu powszechnie stosowanych programów komputerowych. „Zeszyty Naukowe Pol. Śl.”, s. „Górnictwo”, z. 239/99.
- BIAŁEK J., MIELIMAŁA R. 2001 - Próba weryfikacji parametrów teorii prognozowania wpływów eksploatacji na teren górniczy. „Zeszyty Naukowe Pol. Śl.”, s. „Górnictwo” z. 250/01, s. 69-79.
- BIAŁEK J., MIERZEJOWSKA A. 2012 - Oszacowanie dokładności parametrów $tg\beta$, A_{obr} , a wyznaczonych na podstawie pomiarów niepełnych niecek obniżeniowych. „Przeгляд Górnictwa” nr 8, s. 180-184.
- BUDRYK W. 1953 - Wyznaczanie wielkości poziomych odkształceń terenu. „Archiwum Górnictwa i Hutnictwa” t. 1, z. 1.

- MIERZEJOWSKAA. 2015 - Wpływ liczby i usytuowania punktów pomiarowych oraz głębokości i rozmiarów pola eksploatacyjnego na dokładność wyznaczenia wartości parametrów modelu opisującego obniżenie terenu górniczego". Monografia. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- POPIOLEK E. 1976 - Rozproszenie statyczne odkształceń poziomych terenu w świetle geodezyjnych obserwacji skutków eksploatacji górniczej. „Zeszyty Naukowe AGH”, s. „Geodezja”, z. 44.
- POPIOLEK E. 2009 - Ochrona terenów górniczych. Wyd. AGH Kraków.

Artykuł wpłynął do redakcji – październik 2017
Artykuł akceptowano do druku 10.11.2017

NACZELNY REDAKTOR

w zeszycie 1-2/2010 Przeglądu Górniczego, zwrócił się do kadr górniczych z zachętą do publikowania artykułów ukierunkowanych na wywołanie

POLEMIKI – DYSKUSJI.

Trudnych problemów, które czekają na rzetelną, merytoryczną wymianę poglądów – jest wiele! Od niej – w znaczącej mierze – zależy skuteczność praktyki i nauki górniczej w działaniach na rzecz bezpieczeństwa górniczego oraz postępu technicznego i ekonomicznej efektywności eksploatacji złóż.

**Od naszego wysiłku w poszukiwaniu najlepszych rozwiązań
– zależy przyszłość polskiego górnictwa!!!**