



You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the University of Silesia in Katowice

Title: Pomiary przemieszczeń w technologii statycznej GPS

Author: Krzysztof Jochymczyk

Citation style: Jochymczyk Krzysztof. (2010). Pomiary przemieszczeń w technologii statycznej GPS. W: W. M. Zuberek, K. Jochymczyk (red.), "Geneza i charakterystyka zagrożenia sejsmicznego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym" (S. 27-34). Katowice : Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIWERSYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

3. Badania geodezyjne

3.1. Pomiary przemieszczeń w technologii statycznej GPS

3.1.1. Wstęp

Badania sejsmologiczne wstrząsów o wysokich energiach, które są prowadzone na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, wskazują na ich ścisły związek z budową geologiczną tego obszaru. Potwierdzeniem tezy o tektonicznym i eksploatacyjnym charakterze wstrząsów może być wykonanie długoterminowych badań geodynamicznych, prowadzonych na lokalną i regionalną skalę. Interpretacja tego rodzaju badań w rejonach prowadzenia intensywnej eksploatacji górniczej jest bardzo trudna, ze względu na występowanie dużych przemieszczeń, wywołanych przez podziemną eksploatację górniczą. Z tego powodu badania geodynamiczne wykonywane techniką GPS w rejonach prowadzenia eksploatacji górniczej powinny zostać uzupełnione dodatkowo o szczegółowe badania geologiczne, sejsmologiczne oraz satelitarną interferometrię radarową. Jednakże odprężenie górotworu wywołane przez eksploatację górniczą może powodować wyzwolenie istniejących naprężeń tektonicznych. Kluczowe znaczenie w kompleksowej interpretacji danych ma bardzo dokładne rozpoznanie geologiczne, wynikające z prowadzenia prac górniczych.

Obecnie do pomiaru deformacji na terenie całego świata rutynowo stosuje się technikę pomiarów statycznych GPS, która zapewnia milimetrową dokładność określenia położenia punktów. Ze względu na rodzaj występujących deformacji — zarówno niewielkich przemieszczeń wywołanych naprężeniami tektonicznymi, jak i dużych przemieszczeń będących następstwem eksploatacji górniczej, do ich interpretacji niezbędny jest długi okres ob-

serwacji. W najbliższym otoczeniu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego pomiary deformacji techniką GPS wykonywane są w Sudetach (np. BOSY i in., 2006). We wschodniej części GZW oraz na terenie Małopolski pomiary deformacji prowadzone były przez zespół profesora W. Górala (GÓRAL, SZEWCZYK, 2004; GÓRAL i in., 2005). Badania geodynamiczne przeprowadzono również w Tatrach (CZARNECKI i in., 2003) oraz Pieninach (CZARNECKI, 2004). Publikacje te należy traktować jako przykładowe. Na terenie centralnej części Górnego Śląska, gdzie intensywnie wydobywano węgiel kamienny, pomiary deformacji w ujęciu geodynamicznym nie miały miejsca. Wykonywano jedynie cykliczny pomiar sieci niwelacyjnej GIGANT.

W niniejszym rozdziale przedstawiono wstępne wyniki pomiarów przemieszczeń prowadzonych w technologii statycznej GPS ośmiu punktów położonych na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

3.1.2. Lokalizacja badań

Punkty pomiarowe rozmieszczono na różnych jednostkach geologicznych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego — na niecce głównej, siodle głównym oraz w rejonie synkliny Bytomia. Linia pomiarowa obejmująca 8 punktów biegnie od Świerklańca na północy, przez Piekary, Rudę Śląską, aż za Mikołów i ma w przybliżeniu przebieg południkowy. Przecina duże dyslokacje, w tym uskok kłodnicki. Pomiary na niej prowadzono od 2005 r. W 2007 r. linia pomiarowa została przedłużona na południe za uskok książęcy. Lokalizację punktów pomiarowych ilustruje rys. 3.20, na którym równocześnie przedstawiono podsumowanie wyników badań.

3.1.3. Metodyka pomiarów terenowych oraz przetwarzanie danych

Punkty pomiarowe zostały zestabilizowane z zastosowaniem wymuszonego centrowania anten GPS na bunkrach Obszaru Warownego Śląsk, które zostały wybudowane w latach 1934—1939. Głębokie posadowienie tych budowli oraz ich wykonanie ze zbrojonego betonu zapewnia bardzo powtarzalne centrowanie anten GPS. Anteny te mocowano na czas pomiaru za pomocą stalowych żerdzi do przykręconych i zabetonowanych podstaw ze stali nierdzewnej. Podczas pomiarów na każdym punkcie mocowano zawsze ten sam zestaw — odbiornik GPS, antena, żerdź (rys. 3.1).

Natomiast widoczne kilkumilimetrowe różnice wysokości punktów związane są z większym błędem określenia pozycji pionowej.

Tabela 3.1. Wyniki dwukrotnego wyznaczenia współrzędnych punktu 6 podczas każdej kampanii pomiarowej (układ współrzędnych 1965) [m]

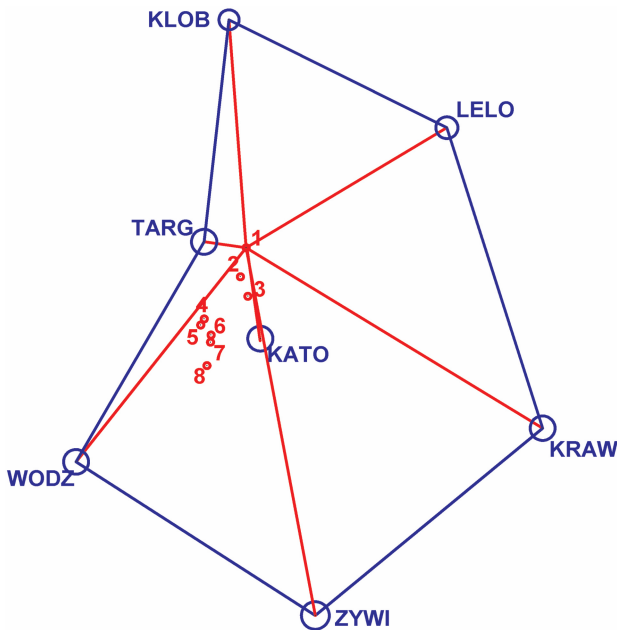
Współrzędne	I kampania	II kampania	III kampania	IV kampania
X 6	869 887,821	869 887,860	869 887,867	869 887,864
X 6	869 887,822	869 887,859	869 887,867	869 887,861
Y 6	231 591,924	231 591,861	231 591,847	231 591,847
Y 6	231 591,923	231 591,860	231 591,847	231 591,848
H 6	302,354	302,273	302,239	302,228
H 6	302,353	302,282	302,241	302,234



Rys. 3.1. Stabilizacja znaków geodezyjnych

Ze względu na eksploatację górniczą pomiary statyczne GPS wykonywano dwukrotnie w ciągu każdego roku — wiosną i jesienią — na wszystkich punktach sieci. Sesje pomiarowe trwały od minimum 6 godz. jesienią do 10 godz. wiosną. Dla kontroli pomiarów podczas pierwszych 4 kampanii pomiarowych punkt 6 był mierzony dwukrotnie w odstępie jednego dnia. Obliczone wartości współrzędnych tego punktu, po transformacji do układu 1965 w strefie V, przedstawiono w tabeli 3.1. Jak widać, dwukrotne wyznaczenie położenia poziomego punktu jest praktycznie niezmiennie.

Prowadząc pomiary, korzystano z 3 odbiorników dwuczęstotliwościowych Trimble 5700 z antenami typu Zephyr Geodetic. Interwał pomiarowy wynosił 5 sek. Do obliczeń współrzędnych punktów założonej sieci stosowano oprogramowanie firmowe Trimble Geomatic Office (TGO) oraz niezależne oprogramowanie Bernese GPS Software. Z powodu niewielkiej długości opracowywanych wektorów rozwiązania z obu programów były zbliżone. Z tego względu w niniejszym rozdziale zaprezentowano wyniki obliczeń uzyskane za pomocą programu TGO.



Rys. 3.2. Przykładowy schemat obliczeń dla punktu 1
Obliczenia prowadzono względem punktów: ASG — KLOB, LELO, KRAW, ZYWI, WODZ, TARG

Obliczenia współrzędnych punktów badawczych prowadzono względem stacji permanentnych Aktywnej Sieci Geodynamicznej ASG (www.asg-pl.pl): KATO, KRAW, LELO, KLOB, TARG, WODZ, ZYWI (rys. 3.2). Z obliczeń wyłączono stację referencyjną KATO, z uwagi na jej zainstalowanie na terenach objętych wcześniej eksploatacją górniczą.

3.1.4. Wyniki badań

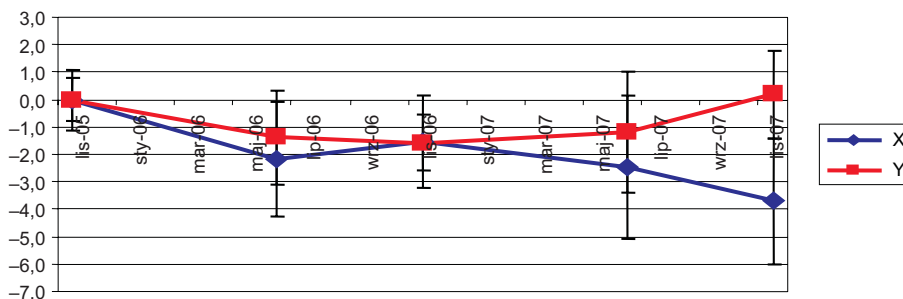
Na podstawie przeprowadzonych pomiarów z 5 kampanii pomiarowych wykonano analizy:

- zmian położenia poziomego punktów,
- zmian wysokości punktów,
- zmian długości wektorów położonych między punktami.

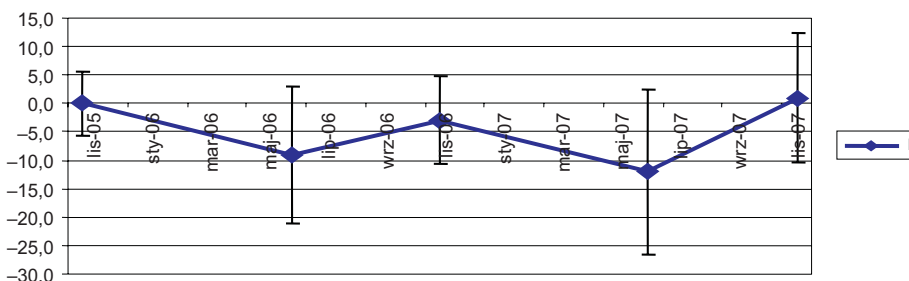
Na rys. 3.3—3.18 przedstawiono względne przemieszczenia punktów względem położenia w I kampanii pomiarowej, przeprowadzonej w listopadzie 2005 r.

Ze względu na stosunkowo niewielkie obserwowane przemieszczenia poziome oraz duże wartości osiadań składowe przemieszczeń każdego punktu przedstawiono na 2 wykresach (przemieszczenia poziome oraz pionowe), przyjmując różne skale osi pionowej przemieszczenia. Dodatkowo na wykresach zaprezentowano błąd wyznaczenia danej wielkości. Wszystkie przemieszczenia podano w milimetrach. Wartości dodatnie świadczą o przemieszczeniu punktu w kierunku północnym lub w górę, a ujemne — odwrotnie.

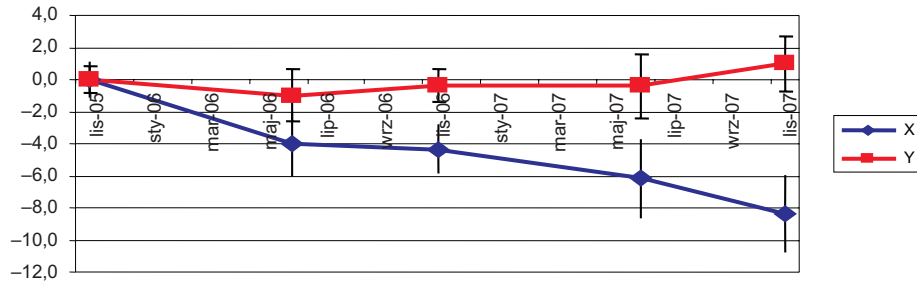
Błąd wyznaczenia poziomego położenia punktu wynosił maksymalnie 3 mm, natomiast błąd pionowy — o wiele więcej (maksymalnie 12 mm, a średnio ok. 7 mm). Uzyskane wartości składowych poziomych przemieszczeń są większe niż błędy pomiarowe. Natomiast wyższy błąd wyznaczenia wysokości punktów utrudnia ich interpretację.



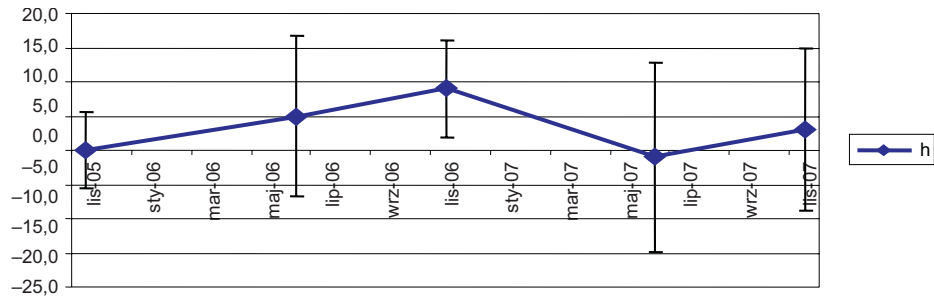
Rys. 3.3. Zmiany położenia poziomego punktu 1 [mm]



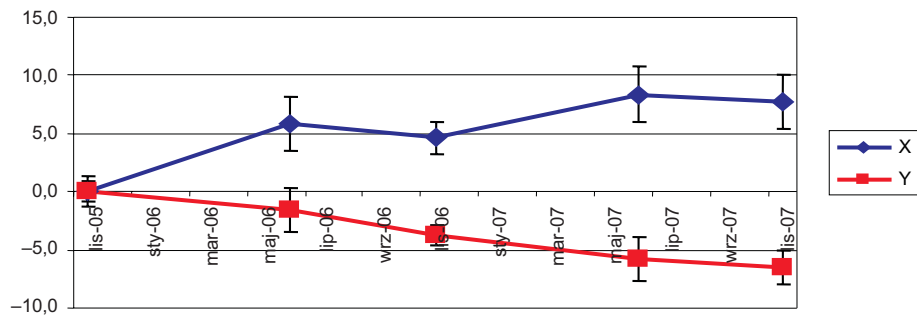
Rys. 3.4. Zmiany wysokości punktu 1 [mm]



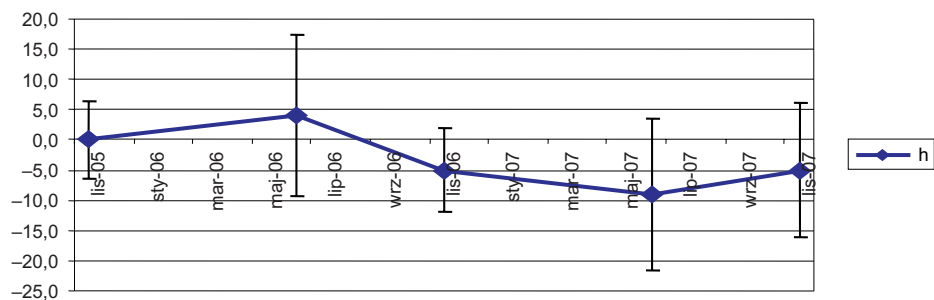
Rys. 3.5. Zmiany położenia poziomego punktu 2 [mm]



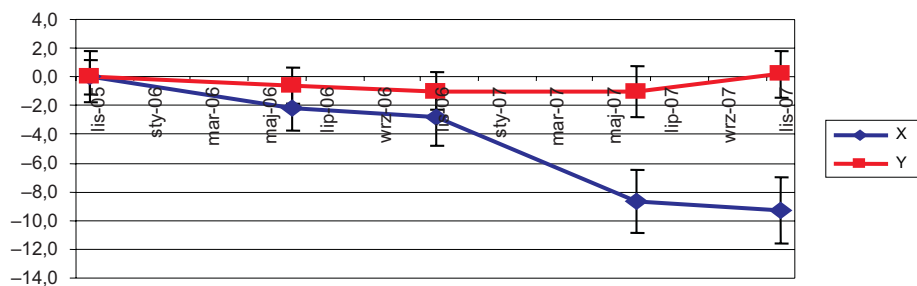
Rys. 3.6. Zmiany wysokości punktu 2 [mm]



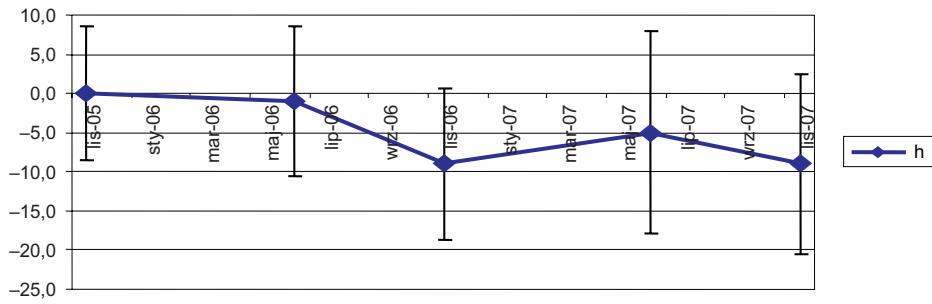
Rys. 3.7. Zmiany położenia poziomego punktu 3 [mm]



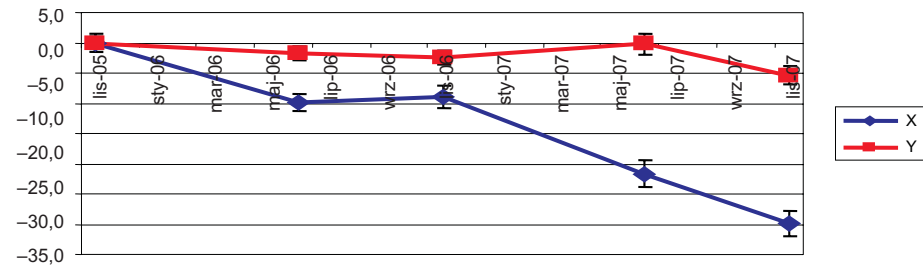
Rys. 3.8. Zmiany wysokości punktu 3 [mm]



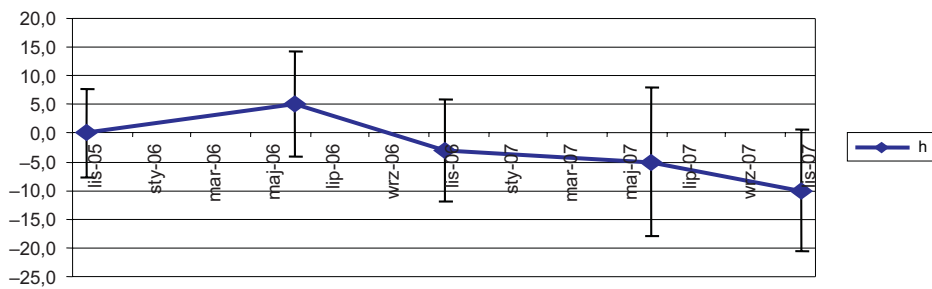
Rys. 3.9. Zmiany położenia poziomego punktu 4 [mm]



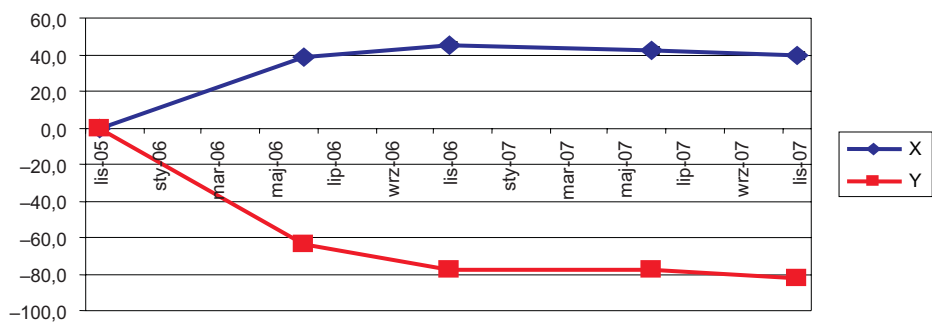
Rys. 3.10. Zmiany wysokości punktu 4 [mm]



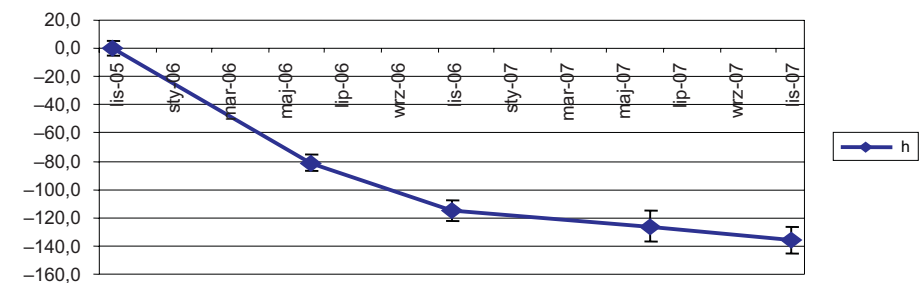
Rys. 3.11. Zmiany położenia poziomego punktu 5 [mm]



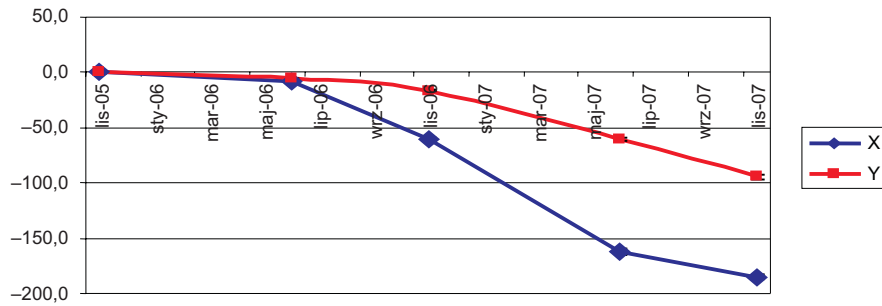
Rys. 3.12. Zmiany wysokości punktu 5 [mm]



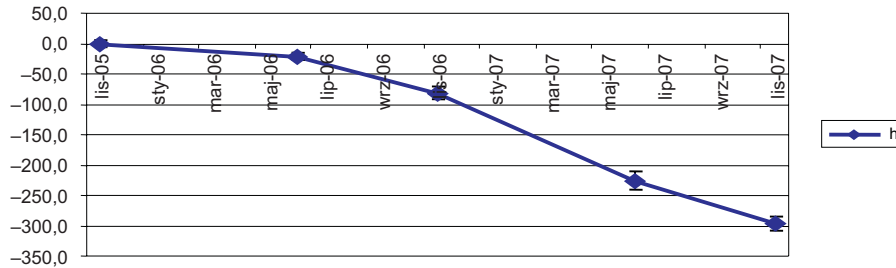
Rys. 3.13. Zmiany położenia poziomego punktu 6 [mm]



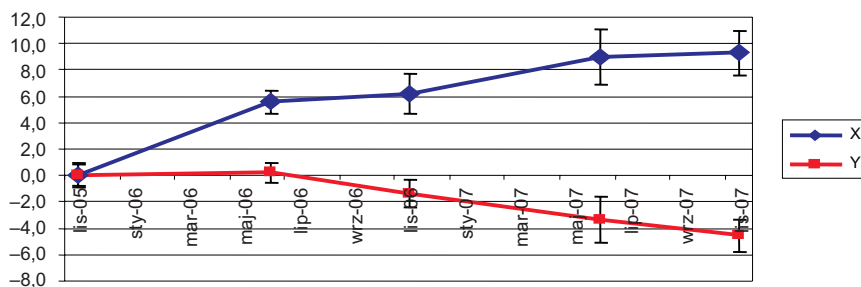
Rys. 3.14. Zmiany wysokości punktu 6 [mm]



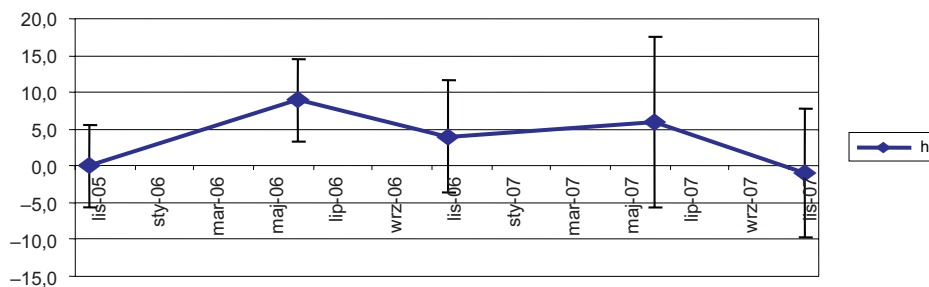
Rys. 3.15. Zmiany położenia poziomego punktu 7 [mm]



Rys. 3.16. Zmiany wysokości punktu 7 [mm]



Rys. 3.17. Zmiany położenia poziomego punktu 8 [mm]



Rys. 3.18. Zmiany wysokości punktu 8 [mm]

Analizując położenie poziome punktów pomiarowych, można zauważyć, że w przypadku punktu 1 zaobserwowano bardzo niewielkie przemieszczenie poziome podczas okresu badań w kierunku południowo-zachodnim oraz brak przemieszczeń pionowych. Punkt ten znajduje się w dużej odległości od obszarów objętych eksploatacją górnica.

Nie stwierdzono przemieszczeń pionowych również dla punktów 2 i 8. Punkt 2 znajduje się w obszarze, na którym była prowadzona eksploatacja,

ale wydobywanie przerwano już dawno. W przypadku tego punktu przemieszczenie poziome w kierunku południowym ma większą amplitudę od przemieszczeń pionowych (rys. 3.5 i 3.6). Punkt 8 (rys. 3.17 i 3.18) przemieszcza się poziomo w kierunku północnym.

Dla punktów 6 i 7 (rys. 3.13—3.16) obserwuje się najwyższe wartości składowych przemieszczeń, przy czym zmiana położenia pionowego jest większa od zmiany położenia poziomego. Świadczy to

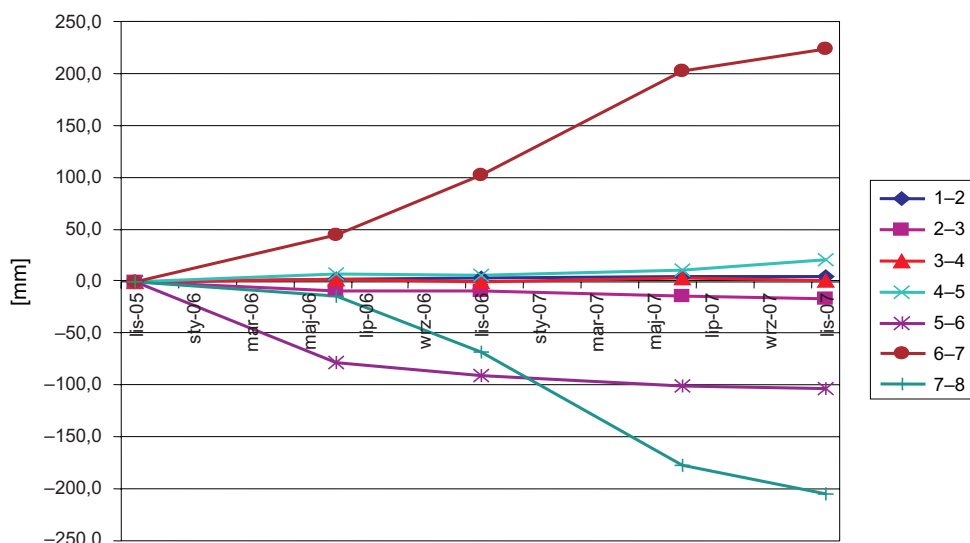
o prowadzeniu intensywnej eksploatacji węgla w ich rejonie (KWK „Halemba” oraz KWK „Pokój”). Punkty 7 i 8 położone na różnych skrzydłach uskoku kłodnickiego przemieszczają się w przeciwnych kierunkach.

Punkty 3—5 leżą na terenie starej eksploatacji górniczej. Ich przemieszczenia poziome są większe od przemieszczenia pionowego. Kierunek przemieszczeń poziomych ogólnie pokrywa się z kierunkiem północ — południe.

Nie ulega wątpliwości, że obserwowane przemieszczenia poziome oraz pionowe mają genezę głównie eksploatacyjną. Jednak kierunek poziomych przemieszczeń punktów jest zgodny w przybliżeniu z linią północ — południe, a więc prostopadły do granicy Karpat. Część punktów przemieszcza się w kierunku południowym, natomiast punkty 3 i 8 — na północ. Charakterystyczne jest także to, że punkty znajdujące się w zasięgu eksploatacji, a niewykazujące osiadania przemieszczają się poziomo. Obserwacja ta może jednakże wynikać z niższej dokładności wyznaczenia pozycji pionowej punktów.

Zmiany długości odcinków

Dla poszczególnych długości odcinków między punktami od 1 do 8 obserwuje się charakterystyczne naprzemienne skracanie i rozciąganie odcinków. Odcinki 1—2, 3—4, 4—5, 6—7 ulegają wydłużeniu, pozostałe zaś — skróceniu. W okresie badawczym długość całej linii pomiarowej 1—8 ulegała sukcesywnemu skracaniu.

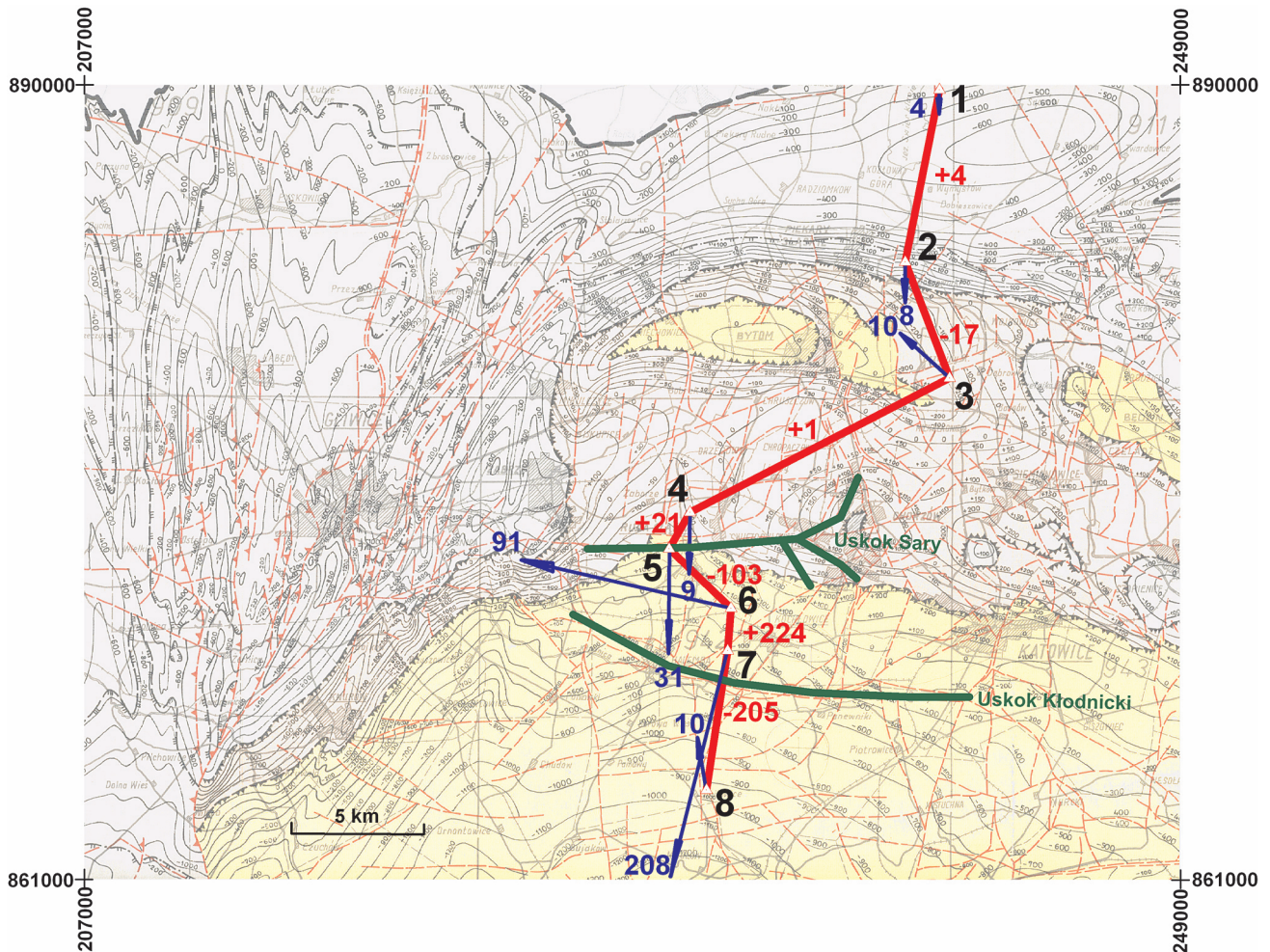


Rys. 3.19. Zmiany długości odcinków pomiarowych

3.1.5. Wnioski

K. CZARNECKA (1988) na podstawie badań geodezyjnych i geofizycznych zaproponowała model geodynamiki Polski. Zakłada on przemieszczenia pochodzące od ruchu litosfery, generowanego zjawiskami w ryfcie śródkowoatlantyckim w kierunku południowo-wschodnim oraz naciskami skierowanymi w kierunku północnym od Karpat, a związanymi z kończąca się orogenezą alpejską. Rezultaty badań przedstawiono na rys. 3.20.

Na podstawie obserwacji można stwierdzić, że punkty 1, 2 i 8 zachowują stałą wysokość podczas okresu badań, a więc znajdują się poza bezpośrednim zasięgiem wpływów eksploatacji górniczej. Z wymienionych punktów jedynie punkt 1, położony nad Jeziorem Świerkłanieckim, znajduje się w dużej odległości od terenów eksploatacji górniczej i przemieszcza się poziomo w kierunku południowo-zachodnim. Punkty 2 i 8 przemieszczają się odpowiednio w kierunku południowym i północnym. Pozostałe punkty zostały zastabilizowane w rejonach, w których prowadzono eksploatację górniczą w różnym czasie. Najwyższe wartości przemieszczeń obserwuje się w przypadku punktów 6 i 7, w rejonach prowadzonej aktualnie intensywnej eksploatacji węgla (KWK „Halemba” i KWK „Pokój”). Dla punktów tych obserwuje się wyższe wartości osiadania (nawet 300 mm w ciągu 2,5 lat) od przemieszczeń poziomych. W przypadku punktów 3—5 zarejestrowano bardzo niewielkie, kilkumilimetrowe osiadania w okresie badawczym. Dla tych samych punktów obserwuje się wyższe wartości przemieszczeń poziomych od pionowych, co może świadczyć o dawnej ich eksploatacji.



Rys. 3.20. Podsumowanie wyników badań

kolor niebieski — przemieszczenia punktów po V kampanii pomiarowej [mm], kolor czerwony — zmiany długości odcinków po V kampanii pomiarowej [mm]

W większości przypadków obserwowane wartości składowych poziomych oraz pionowych przemieszczeń są znacznie wyższe niż wartości błędów. Wysokie wartości przemieszczeń pionowych świadczą niewątpliwie o ich pochodzeniu górnicy. Bardzo charakterystyczne jest to, że punkty (z wyjątkiem punktu 6, w rejonie którego prowadzona jest intensywna eksploatacja górnicy) przemieszczają się na północ lub południe. Kierunek ten jest prostopadły do biegu dużych dyslokacji występujących w rejonie badań, np. uskoku kłodnickiego, oraz jest zgodny z kierunkiem ewentualnych naprężeń wywołanych naciskami od strony Karpat. Jednocześnie nie stwierdzono zwiększenia wysokości punktów. Zaobserwowano także stałą tendencję do skracania długości całej linii pomiarowej — między punktami 1 a 8. Może to świadczyć o przekazywaniu naprężeń od Karpat przez struktury głębokiego podłoża. Natomiast skały położone płytko mogą przemieszczać się w inny sposób, co może być determinowane eksploatacją górnicy.

Dość charakterystyczne jest także naprzemienne skracanie i rozszerzanie długości między poszczególnymi bokami linii pomiarowej. Kierunek obserwowanych przemieszczeń może mieć związek z naprężeniami tektonicznymi pochodzącymi od strony Karpat.

Uzyskane wyniki mogą świadczyć o istnieniu resztkowego naprężenia pochodzącego z orogenezy alpejskiej. Potwierdzenie tej tezy metodami geodezyjnymi wymaga jednak znacznie dłuższego okresu obserwacji. Pomiary założonej linii pomiarowej będą kontynuowane w przyszłości. Dodatkowo wykonywane są obecnie, z dużą częstotliwością, badania przemieszczeń nad eksploatowaną ścianą (KWK „Pokój”), prowadzone w strefie bardzo zaburzonej tektonicznie. W rejonie tej ściany rejestrowane są wstrząsy sejsmiczne. Badania prowadzone lokalnie mogą w przyszłości pozwolić na wyciągnięcie bardziej ogólnych wniosków na temat mobilności Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na skalę regionalną.