

mgr inż. Monika Łój
AGH WGGiOŚ
Zakład Geofizyki

Grawimetryczna ocena stanu górotworu w strefie zapadliskowej na terenie Inowrocławia

1. Wprowadzenie

Północny rejon kopalni soli „Solno” nad wysadem solnym „Inowrocław” wciąż uznawany jest za mało przydatny do zabudowy z uwagi na zagrożenie występowaniem deformacji nieciągłych, jak i naruszenia górotworu na skutek powstałych wcześniej zapadlisk. Większość z zarejestrowanych zapadlisk powstała w latach 1909 – 1914. Zapadliska te związane są z rozwojem procesów krasowych, zintensyfikowanych zakończoną kilkanaście lat temu eksploatacją wysadu solnego.

2. Charakterystyka rejonu badań

Złoże soli kamiennej w Inowrocławiu jest typu wysadowego. Jego wiek datuje się na górny perm – cechsztym, którego utwory wykształcone są w facji salinarnej – składającej się z warstw solnych różnego wieku. Na obecny kształt wysadu wpływ miały siły działające na niego od okresu permskiego aż po czwartorzęd włącznie. Został on wypiętrzony prawdopodobnie z głębokości ok. 6000m, przebijając nadległe utwory mezozoiczne, a ruch wznoszący ułatwiły rozłamy tektoniczne przebiegające w tym rejonie. Sól jest wewnętrznie zaburzona tak, że na zwierciadle solnym występują naprzemianległe wychodnie soli starszych i młodszych

Zwierciadło solne znajdujące się na głębokości 120 – 180m (śred. 150m) okryte jest czapą ilowo – gipsowo – anhydrytową prawie całkowicie. Czapą, to pozostałość po ługowaniu zwierciadła solnego, której miąższość waha się w granicach 50 – 180m. Ponieważ poszczególne warstwy solne różnią się od siebie pod względem petrofizycznym wykształcenie czapy jest uzależnione od tego, nad jakimi wychodniami solnymi powstawała. Tam gdzie występują wychodnie soli starszych tworzy się czapa gipsowa (anhydrytowo – gipsowa) podatna na procesy krasowe, natomiast nad solami młodszymi tworzy się czapa anhydrytowo – ilasta. Część centralna i centralno – wschodnia wysadu przykryta jest czapą ilową, natomiast część północna i południowa – czapą gipsową.

Wysad otoczony jest utworami jurajskimi. Do jego zachodniej strony przylegają utwory piaskowcowe jury dolnej, natomiast od strony wschodniej występują margle dolomity i wapienie jury środkowej i górnej. Utwory jurajskie występują również jako pokrywa wysadu

solnego – w jego części północnej i wschodniej. Jej rozmieszczenie ze względu na wiek kontynuuje jej zaleganie wokół wysadu.

Całość wysadu oraz otaczające utwory przykryte są warstwą osadów czwartorzędowych, głównie glin zwłowych i pisaków polodowcowych, których miąższość zmienia się od 3 – 45m (na terenie objętym pomiarem miąższość utworów Q wynosi ok. 10m)

Na kształt wysadu solnego, a zwłaszcza zwierciadła i czapy wpływ mają również warunki hydrogeologiczne w jego otoczeniu, na które składa się występowanie wód:

- nadsolnych (związanych z utworami nadkładu i czapy)
- wokłosolnych (związanych z utworami mezozoicznymi)
- wewnątrzsolnych

Ruch wód powoduje ługowanie czapy i soli – wynikiem, czego są powstające na powierzchni ziemi zapadliska.

Na terenie objętym pomiarem (posiłkując się danymi z występujących tam otworów H-4, H-7, H-11), zwierciadło solne występuje na stałej głębokości (130-133m), nad którym zalega czapa gipsowa, oraz utwory jurajskie (miąższości 10-16m) i czwartorzędowe (miąższości 10m).

Teren wysadu od 1871 roku objęty był działalnością górniczą, pierwotnie jako pozyskiwanie solanki naturalnej z otworów, a następnie jej czerpanie z wyrobisk podziemnych. Skutkiem tej prowadzonej stosunkowo płytko (kilka metrów pod powierzchnią zwierciadła solnego) eksploatacji była katastrofa wodna w 1907 roku, która spowodowała całkowite zatopienie wyrobisk górniczych. W tym okresie powstały pierwsze zapadliska w północnej części miasta związane z działalnością górniczą. Jednym z nich było zapadlisko powstałe w 1909 roku, które spowodowało katastrofę budowlana – zawalenie się ściany kościoła p.w. Zwiastowania NMP. Następny etap działalności górniczej to szczypanie solanki z otworów wiertniczych i zatopionych szybów, i związana z nim druga seria zapadlisk, a od 1924 do 1995 roku eksploatacja podziemna.

3. Badania mikrograwimetryczne

Zlokalizowany w północnej części Inowrocławia, a zarazem w północnej części byłego obszaru górniczego kopalni „Solno”, teren badań mikrograwimetrycznych obejmował rejon kościoła p.w. Zwiastowania Najświętszej Marii Panny.

Ponieważ obecnie na ścianach tego kościoła obserwowane jest powstawanie spękań, celem wykonanych na tym terenie badań grawimetrycznych było stwierdzenie czy spękanie te są nadal skutkami powstałego tam zapadliska – działalności górniczej, czy też

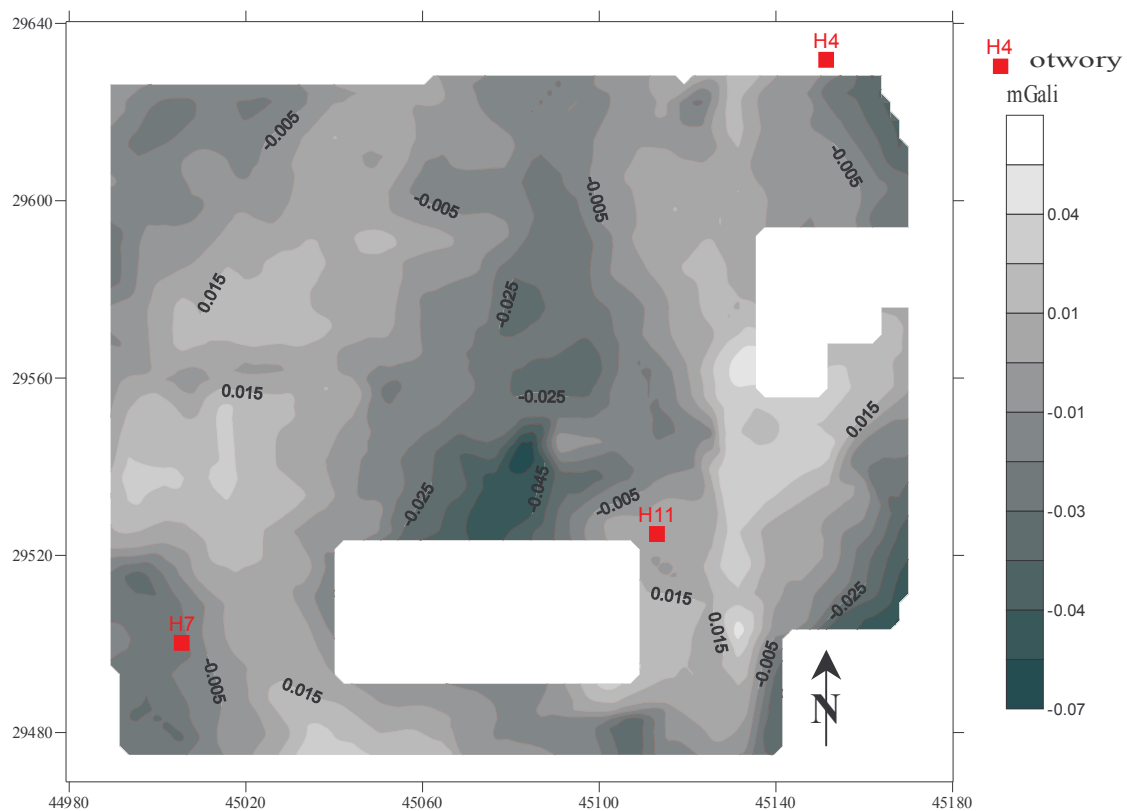
odpowiedzialna jest za to również jakaś niejednorodność w rozkładzie mas skalnych powstała w sposób naturalny.

Pomiary mikrogravimetryczne wykonane zostały w ponad 500 punktach sieci obserwacyjnej, odległych od siebie o ok. 7.5 m. Uzyskane pomiary zredukowano i wprowadzono odpowiednie poprawki w celu otrzymania rozkładu mikroanomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera.

W analizie przyjęto zasadę wyeliminowania z badanego rozkładu efektów pochodzących od wszystkich znanych elementów budowy ośrodka, dzięki czemu uzyskana zostanie odpowiedź na pytanie, co jest czynnikiem ułatwiającym powstawania zapadlisk na tym terenie.

W zarejestrowanym rozkładzie mikroanomalii siły ciężkości dominuje bardzo silny gradient poziomy siły ciężkości będący efektem oddziaływania wysadu solnego. W jego dość regularnym rozkładzie można obserwować zmiany lokalne. Gradient ten związany z wysadem potraktowany został jako efekt pochodzenia regionalnego – trend regionalny.

Trend regionalny od wysadu solnego został wyeliminowany za pomocą wielomianu trzeciego stopnia. Po jego wyeliminowaniu z anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera otrzymano pole rezydualne siły ciężkości związane z oddziaływaniem struktur o zasięgu lokalnym i z niejednorodnościami ośrodka skalnego w strefie przypowierzchniowej (rys.1)



Rys.1 Rozkład anomalii rezydualnej siły ciężkości

W rozkładzie (rys.1) występują stref względnie dodatnich i względnie ujemnych wartości mikroanomalii siły ciężkości. Te drugie świadczą o występowaniu stref osłabień ośrodka skalnego. Dominującą strefę stanowi obszar ciągnący się południkowo przez środek kościoła w kierunku północnym. Maksymalna wartość mikroanomalii rezydualnej $-0,060$ mGala w tej strefie usytuowana jest w pobliżu północnej ściany budynku, w miejscu powstania zapadliska w 1909 r.

Aby można było wyodrębnić z rozkładu tylko anomalię pochodzącą od zarysowującej się strefy konieczne jest wyeliminowanie efektów pochodzących od innych lokalnych struktur.

Na podstawie danych otworowych o głębokości zalegania i miąższości utworów jurajskich stworzony został ich model grawimetryczny, od którego wyliczony efekt został wyeliminowany z badanego rozkładu.

Usunięcie z rozkładu mikroanomalii rezydualnej siły ciężkości efektu pochodzącego od utworów jurajskich spowodowało wyzerowanie się stref względnie dodatnich, które były efektem oddziaływania niezaburzonych utworów dolnej środkowej i górnej jury, pozostawiając tym samym w rozkładzie siły ciężkości strefy względnie ujemne, w których występuje zagrożenie powstawaniem deformacji nieciągłych powierzchni terenu.

Teren wysadu solnego, to obszar, na którym od dziesiątków lat obserwowane było powstawanie deformacji nieciągłych powierzchni terenu – w formie zapadlisk, które następnie zaraz po powstaniu były usuwane poprzez ich wypełnianie materiałem skalnym, gruzem itp. Spowodowało to powstanie w warstwach przypowierzchniowych stref o mniejszej gęstości niż skały je otaczające. Strefy takie generują ujemne mikroanomalie siły ciężkości

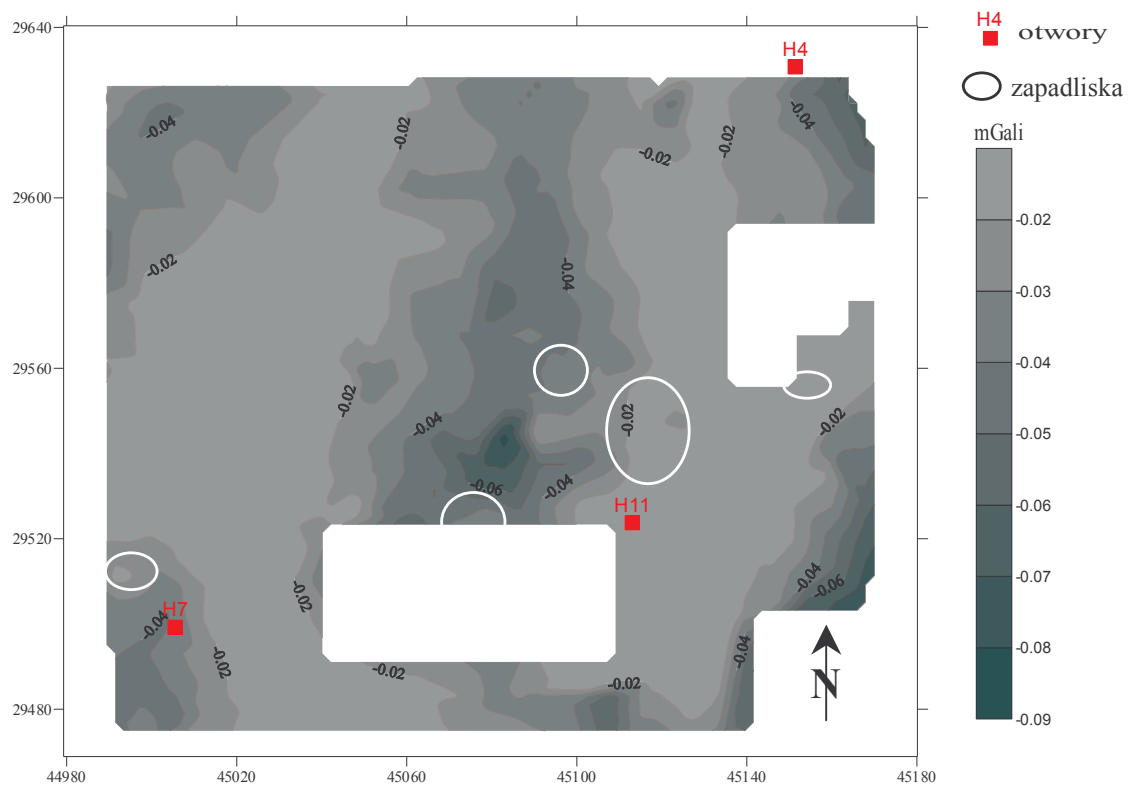
Na terenie objętym pomiarem wystąpiły następujące zapadliska

- przed rozpoczęciem działalności górniczej przed rokiem 1871
- zapadlisko powstałe w 1909 roku – efekt zatopienia kopalni – zawalenie się północnej ściany kościoła
- zapadliska 1914 rok będące efektem otworowej eksploatacji (rabunkowej) solanki
- zapadlisko 1976 rok w trakcie pracy kopalni podziemnej

Można zauważyć, że zapadliska zlokalizowane są wewnątrz zaznaczających się stref anomalnych.

Posługując się danymi archiwalnymi dotyczącymi lokalizacji i wymiarów zapadlisk stworzono ich model grawimetryczny, od którego wyliczono efekt grawitacyjny i usunięto go z badanego rozkładu.

Pozostałe w rozkładzie względnie ujemne mikroanomalie siły ciężkości informują o tym, że na obszarze znajdują się strefy charakteryzujące się mniejszą wartością gęstości niż skały je otaczające (rys.2). Najbardziej widoczna w tym rozkładzie jest ta znajdująca się w centralnej części obszaru. Ma ona przebieg południkowy a jej początek znajduje się przy budynku kościoła Zwiastowania NMP. Wielkość i zasięg powierzchniowy względnie ujemnej mikroanomalii siły ciężkości wskazuje, iż głębokość, do jakiej sięga strefa o zmniejszonej gęstości, jest duża. Niewykluczone, że sięga do głębokości zwierciadła solnego.



Rys.2 Rozkład anomalii rezydualnej siły ciężkości po wyeliminowaniu wpływu skał jurajskich i zapadlisk.

Rozluźnienie górotworu może być związane z lokalizowanymi, już przez Budryka [2], na tym terenie szczelinami tektonicznymi wypełnionymi luźnym materiałem skalnym. Szczeliny takie są kanałami umożliwiającymi swobodną, a zarazem intensywną cyrkulację wody, dostarczając wody słodkiej do środowiska solnego, co powoduje jego ługowanie. Stają się one jednocześnie strefami, w obrębie których najczęściej dochodzi do przerwania ciągłości gruntu, w wyniku zapadania się terenu nad powstałymi kawernami krasowymi.

4. Podsumowanie

Analizowanie zdjęcia mikrograwimetrycznego wykonanego nad wysadem solnym jest utrudnione ze względu na dominujący w nim bardzo silny gradient poziomy siły ciężkości będący efektem oddziaływania tego wysadu. Udało się go wyeliminować w sposób zadowalający aproksymując rozkład mikroanomali siły ciężkości w redukcji Bouguera wielomianem stopnia trzeciego otrzymując rozkład rezydualny.

Dzięki stworzonym modelom grawimetrycznym stref przypowierzchniowych, również ich wpływ na wartości mikroanomali rezydualnych siły ciężkości mógł zostać wyeliminowany.

W wyniku takiego podejścia do interpretacji z rozkładu mikroanomali siły ciężkości w redukcji Bouguera uzyskana została informacja o istnieniu nieznanej strefy wywołującej względnie ujemną mikroanomalię. Wykazuje ona przestrzenny związek z przypuszczalną strefą tektonicznej nieciągłości opisywaną w pracach [2], [3]. Z nią należy prawdopodobnie wiązać występujące na tym obszarze zapadliska, a także pogorszenie warunków geotechnicznych i wynikający z tego proces spękań budynku kościoła Zwiastowania NMP.

5. Literatura

- [1]. Fajklewicz Z.: Mikrograwimetria górnicza, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1980.
- [2]. Budryk W.: Zapadliska na terenie miasta Inowrocławia. Przegl. Górn-Hutn. nr 8, 1933, ss. 1-14.
- [3]. Pilecki Z., Szczerbowski Z., Kłosiński J., Koster M.: Sejsmiczne badanie stanu górotworu na terenie wysadu solnego Inowrocław, Materiały Sympozjum Warsztaty Górnicze z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”, Szklarska Poręba 2003, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2003, ss. 517-528.
- [4]. Szczerbowski Z.: Badania geodezyjno-grawimetryczne efektów procesów geodynamicznych zachodzących w naruszonym eksploatacją górotworze solnym. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 5 (93), 2002, ss.27-28.
- [5]. Fajklewicz Z. z zespołem: Ochrona powierzchni fizycznej Ziemi, infrastruktury i środowiska naturalnego obszarów górniczych przy wykorzystaniu wyników badań geofizycznych. Temat II – 3: Związek ekspansji pustek poeksploatacyjnych w skały otaczające z czasowymi zmianami siły ciężkości, Projekt badawczy 18.240.02, Kraków, październik 1994, materiały niepublikowane.