

Zleceniodawca: **Gmina Miejska Kraków – Urząd Miasta Krakowa**
pl. Wszystkich Świętych 3-4, 31-004 Kraków

Wykonawca: **PRZEDSIĘBIORSTWO GEOLOGICZNE S.A.**
30-079 Kraków, al. Kijowska 16a



Rok założenia 1951

ISO 9001

ISO 14001



SPRAWOZDANIE

z przeprowadzonych prac monitoringowych
na Wzgórzu św. Bronisławy, w rejonie ulicy Sawickiego

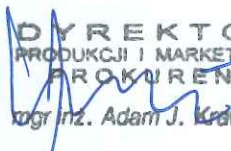
Miejscowość: **Kraków**
Gmina: **Kraków**
Powiat: **krakowski**
Województwo: **małopolskie**

Opracowali:


.....
mgr inż. Jarosław Kos
nr upr. geol. MŚ VI-0402, V-1614


.....
mgr inż. Lidia Szymonik
nr upr. geol. XI-0207, XII-0187


.....
mgr inż. Małgorzata Jędrzejowska


DYREKTOR
PRODUKCJI I MARKETINGU
PROKURENT
mgr inż. Adam J. Krawczyk

Kraków, październik 2014

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Charakterystyka terenu badań	4
2.1. Lokalizacja i sposób użytkowania terenu	4
2.2. Morfologia i hydrografia	4
3. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne	6
3.1. Budowa geologiczna	6
3.2. Warunki hydrogeologiczne	8
4. Metodyka oraz wyniki pomiarów monitoringu wgłębnego i powierzchniowego	9
4.1. Pomiary w inklinometrach	9
4.1.1. Metodyka pomiarów inklinometrycznych	9
4.1.1. Wyniki pomiarów inklinometrycznych	10
4.2. Pomiary w piezometrach	11
4.3. Pomiary reperów geodezyjnych	13
5. Wnioski i uwagi końcowe	15

Spis załączników

- 1.1. Mapa topograficzna w skali 1 : 25 000
- 1.2. Mapa topograficzna z zaznaczonym obszarem osuwiska
- 2. Mapa dokumentacyjna w skali 1 : 500
- 3. Wyniki pomiarów w inklinometrach
- 4. Wyniki pomiarów reperów geodezyjnych

1. Wstęp

Urząd Miasta Kraków, pl. Wszystkich Świętych 3-4, 31-004 Kraków, zlecił Przedsiębiorstwu Geologicznemu S.A. w Krakowie, al. Kijowska 16a, 30-079 Kraków, wykonanie pomiarów w istniejącej sieci monitoringu wglębnego i powierzchniowego, zlokalizowanej w Krakowie, w dzielnicy VII - Zwierzyniec, na terenie Wzgórza Bronisławy, w rejonie ulicy Jana Sawickiego.

Sieć monitoringu składa się z 3 otworów inklinometrycznych, 3 piezometrycznych oraz 10 reperów geodezyjnych i założona została przez Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie w 2013 roku.

Do opracowania niniejszego Sprawozdania wykorzystano następujące materiały archiwalne:

- *Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla realizacji przedsięwzięcia pn. „Wykonanie badań i prac geologicznych w okolicach Wzgórza św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w Krakowie”* - Jaskólski Z., Kos J., Boratyn. J., Forys M., Bartosz L., Bakaj M., 2013. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000, arkusz Kraków (973)* - Rutkowski J., 1989. Instytut Geologiczny. Warszawa.
- *Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000, arkusz Kraków* - Rutkowski J., 1993a. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1: 50 000, arkusz Kraków* - Rutkowski J., 1993b. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- *Budowa geologiczna regionu Krakowa* – Rutkowski J., 1989a. Przegląd Geologiczny, 37:6.
- *Rola obszaru krakowskiego w sedymentacji osadów górnej jury Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej* – Matyszkiewicz J., 2001. *Przegląd Geologiczny* nr 49.

Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych na Wzgórzu św. Bronisławy, w rejonie ulicy Sawickiego jest opracowaniem wynikowym z wykonanych prac monitoringowych, polegających na pomiarach w istniejącej sieci monitoringu znajdującej się na północnych stokach Wzgórza Świętej Bronisławy w Krakowie.

2. Charakterystyka terenu badań

2.1. Lokalizacja i sposób użytkowania terenu

Obszar, na którym przeprowadzono prace monitoringowe znajduje się w województwie małopolskim, na terenie miasta Krakowa i dotyczy północnych stoków Wzgórza Świętej Bronisławy, w rejonie ulicy Jana Sawickiego.

Wzgórze Św. Bronisławy położone jest w VII dzielnicy miasta Krakowa – Zwierzyńiec, pomiędzy ulicami Królowej Jadwigi i Księcia Józefa - jego północną granicę stanowi linia zabudowań przy ulicach dochodzących do ul. Królowej Jadwigi, a w części południowej – do ul. Księcia Józefa. Na wysokości osiedla Przegorzały przechodzi w stronę północną do granicy z Lasem Wolskim. Wzgórze Św. Bronisławy to bardzo ważny krajobrazowo, przyrodniczo oraz historycznie obszar miasta. Charakterystyczną dla tego obszaru budowlą jest Kopiec Kościuszki, zlokalizowany na szczycie Wzgórza.

Osuwisko, na terenie którego prowadzony jest monitoring, rozwinęło się na północnych stokach Wzgórza Św. Bronisławy, poniżej Kopca Kościuszki i obejmuje swoim zasięgiem drogi w obrębie ulic Sawickiego i Owcy-Orwicza. Teren pokrywają lasy, krzewiaste zarośla, łąki, pastwiska oraz nieużytki. Bezpośrednio w rejonie osuwiska istnieje zabudowa mieszkalna, fortyfikacje oraz elementy infrastruktury przesyłowej – linie energetyczne, telefoniczne, wodociągi, kanalizacja oraz gazociąg. Teren objęty ruchami osuwiskowymi stanowi własność Gminy miejskiej Kraków oraz osób prywatnych.

Ogólną lokalizację terenu przedstawiono na mapie topograficznej w skali 1: 25 000, zamieszczonej w załączniku 1.A, a obszar osuwiska, według karty rejestracyjnej osuwiska z 2011 roku - na mapie topograficznej w skali 1: 5 000, znajdującej się w załączniku 1B. Zasięg osuwiska wraz z lokalizacją punktów sieci monitoringowej, przedstawiono natomiast na mapie dokumentacyjnej w skali 1: 500, stanowiącej załącznik 2.

2.2. Morfologia i hydrografia

Omawiany teren pod względem geograficznym zaliczany jest do Wzgórz Zrębów Bramy Krakowskiej. Wzgórze Św. Bronisławy stanowi część zrębu Lasu

Wolskiego. Jest to wysoki i silnie przeobrażony zrąb tektoniczny, którego stoki północne schodzą do doliny rzeki Rudawy, natomiast południowe do doliny Wisły.

Wzgórze przecina uskok o kierunku północ-południe (Przełęcz Przegorzalska) oraz rozcięte jest dolinami, powstałymi na skutek pogłębiania obniżeń na linii spękań tektonicznych. Najniższy punkt Wzgórza znajduje się na wysokości około 206,0 m n.p.m., a najwyższy, czyli wierzchołek Kopca Kościuszki – na rzędnej 329,0 m n.p.m. Samo Wzgórze posiada wysokość równą 297,8 m n.p.m.

Pod względem hydrograficznym badany teren leży w zlewni rzeki Rudawy, która jest lewobrzeżnym dopływem Wisły. W bezpośrednim terenie osuwiska nie płyną ciekі powierzchniowe, jednak w obrębie koluwium zaobserwowano przejawy wód powierzchniowych i gruntowych w postaci wysięków i podmokłości. W centralnej części osuwiska znajduje się niewielka, okresowa podmokłość pojawiająca się w tzw. „mokrych” okresach wzmożonych opadów atmosferycznych.

Na badanym terenie, na stoku o ekspozycji północno-wschodniej w obrębie Wzgórza Św. Bronisławy, znajduje się rozległe osuwisko. Zajmuje ono powierzchnię około 8,07 ha, osiągając wysokość 95 m i nachylone jest pod kątem 11,1°. Jego najwyżej położony punkt znajduje się na wysokości 295 m n.p.m. Powstała nisza osuwiskowa osiąga wysokość powyżej 10 m i jest nachylona pod kątem 45°. Powyżej niszy obserwuje się szczeliny oraz nisze wtórne. Stwierdzona miąższość koluwium wynosi od 9,2 m w górnej części osuwiska do 37,8 m w jego dolnej części, w okolicy ulicy Sawickiego.

Osuwisko w części zachodniej sięga najwyżej, a od wysokości 280 m n.p.m. występują szczeliny i spękania gruntu na powierzchni terenu. W dolnej części obszaru zalesionego znajdują się wyraźne ślady procesów grawitacyjnych, zniekształceń powierzchni terenu, zagłębień bezodpływowych itp.

Poniżej skarpy głównej, w części wschodniej znajduje się zagłębienie bezodpływowe. Podobne zagłębienie znajduje się też w części zachodniej, ale usytuowane jest niżej. Być może są one związane także z procesami krasowymi.

Szkody powstałe przez osuwisko widoczne w gruncie to zniekształcenia powierzchni w postaci skarp, progów, szczelin, zagłębień na obszarze zalesionym i wokół domów, a także zniekształcenia powierzchni terenu zalesionego oraz działek przydomowych. W południowo-zachodniej części osuwiska obserwuje się wyraźnie poprzecyłane drzewa.

W trakcie prowadzenia prac monitoringowych, od czasu wykonania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej do chwili obecnej, nie zaobserwowano nowych objawów ruchów osuwiskowych w terenie, takich jak: oberwania, spękania, czy świeże szczeliny.

3. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

3.1. Budowa geologiczna

Obszar opracowania, Wzgórze św. Bronisławy, położony jest w obrębie zrębu tektonicznego Lasu Wolskiego. Jest to największy i najwyżej podniesiony element zrębowy na terenie Krakowa, który powstał w efekcie zaburzeń uskokowych podczas ruchów tektonicznych w miocenie.

Ogólnie, obszar północno-wschodnich stoków Wzgórza Świętej Bronisławy tworzy mozaika utworów geologicznych różnego wieku. Znaczną część obszaru tworzą plejstoceńskie lessy górne, jednak bardzo wyraźnie zaznaczają się tutaj także wkładki holocenijskich namulów, piasków i żwirów den dolinnych. Najistotniejszą rolę w budowie podłoża odgrywa kompleks wapieni górnourajskich, pod którymi zalegają utwory karbonu. Miąższość kompleksu wapieni w rejonie Wzgórza wynosi około 200 m. Na budujących zręb utworach górnej jury zalegają miejscami, w postaci niewielkich płytów, osady kredy i miocenu. Natomiast praktycznie w całości pokrywa go czwartorzęd, za wyjątkiem miejsc, gdzie na powierzchni występują wychodnie wapieni górnej jury. Wapienie wykształcone są tutaj w postaci dwóch głównych typów litologicznych:

- **Wapienie skaliste i wapienie ławicowe z krzemieniami, wapienie płytowe** – to osady pochodzące z jury. Wapienie płytowe reprezentują okres dolnej jury, a ich miąższość wynosi około 80 m. Jurę górną reprezentują wapienie skaliste oraz ławicowe o miąższości dochodzącej do 300 m. Wapienie skaliste są twardą skałą zwięzłą, barwy jasnej, o przełomie nierównym, pozbawioną w zasadzie uławicenia i krzemieni. Występują one jako wapienie masywne oraz wapienie gruzłowate. Przechodzą w sposób ciągły ku górze i na boki w wapienie ławicowe.
- **Wapienie ławicowe** są skałami barwy białej, szarej lub kremowej, o przełomie nierównym lub zadziorowatym, znacznej twardości i zwięzłości. Miąższość

ławic wynosi od kilkudziesięciu centymetrów do 2,5 m. Zawierają krzemienie, ułożone przeważnie równolegle do powierzchni uławicenia, o średnicach od kilku do kilkunastu centymetrów. Barwa krzemieni jest ciemna, przełom muszlowy, mają zwykle kilkumetrową białą korę.

Wapienie uławicone i skaliste występują na tych samych poziomach stratygraficznych. Przejścia między nimi obserwowane są zarówno w profilu pionowym, jak i poziomo. Ze względu na większą odporność na procesy denudacyjne, wapienie skaliste zaznaczają się zazwyczaj wyraźnie w rzeźbie, tworząc na stokach wzgórz zrębowych formy skałkowe.

Wapienie występujące bezpośrednio na badanym terenie mają barwę beżowo-białą, szarą i żółto-szarą, są spękane, zwiertzałe i występują najczęściej w postaci fragmentów o wielkości od 5 do 30 cm (rzadziej do 60 cm). Powierzchnie nieciągłości są chropowate i często przebarwione na kolor rdzawy. Na powierzchni okruchów widoczne są ślady krasowienia w postaci wżerów i lapiazów. Głębokość występowania nienaruszonego podłoża skalnego wynosi od 9,2 m p.p.t. w górnej części osuwiska, po 37,8 m p.p.t. w dolnej jego części.

Powyżej podłoża skalnego występuje zwiertzelina wapienia w postaci przebarwionych, drobnych okruchów skalnych z dużym udziałem materiału ilastego. Całość nawierconej zwiertzeliny znajduje się w obrębie koluwium osuwiskowego.

Bezpośrednio na wapieniach, zalega nieciągła warstwa ilów miocenских (baden). Są to zarówno ily, jak i ily z pyłem, występujące głównie w stanie zwartym, rzadziej - twaroplastycznym. Miejscami w ich obrębie obecne są okruchy wapienia. Całość ilów występujących na terenie osuwiska stanowi jego koluwium. Miąższość utworów ilastych wynosi od 0,9 do 13,8 m.

Na terenie objętym rozpoznaniem i w jego sąsiedztwie powierzchniową warstwę tworzą utwory lessowe. Są to lessy dwudzielne: ich niższa część – less starszy, to osady barwy brunatno-rdzawej o miąższości kilku metrów. W stropie tych lessów występuje brunatna gleba kopalna i lessy kopalne. Less młodszy, górny, to typowy less eoliczny barwy żółtej, nieuwarstwiony. W rejonie badań jest on przeważnie wapnisty, osiąga miąższość do około 10 m. Osady lessowe występują tu w postaci pyłów z łem, pyłów z łem i piaskiem, pyłów piaszczystych oraz ilów z pyłem i ilów z pyłem i piaskiem. Miejscami utwory te zawierają domieszki żwiru i okruchów zwiertzałego wapienia. Występują w stanach od miękkoplastycznego po zwarty. Miąższość pokrywy lessowej

wynosi od 2,8 do 13,6 m p.p.t. Całość nawierconych gruntów pylastych objęta jest ruchami osuwiskowymi.

3.2. Warunki hydrogeologiczne

Omawiany teren znajduje się w obszarze zlewni rzeki Rudawa, będącej lewobrzeżnym dopływem Wisły.

Na większości obszaru występuje niski poziom wód gruntowych. W podłożu występuje także grawitacyjna woda gruntowa w postaci sączień o zmiennej intensywności na różnych głębokościach, szczególnie w okresach wzmożonych i długotrwałych opadów oraz roztopów.

Wody podziemne występują tu w obrębie dwóch pięter wodonośnych: czwartorzędowego oraz jurajskiego.

Piętro czwartorzędowe o zwierciadle swobodnym. Charakteryzuje się małą zasobnością oraz dużymi wahaniami poziomu. Woda w utworach lessowych występuje lokalnie w postaci sączień i nie ma znaczenia użytkowego.

Piętro jurajskie – poziom górn jurajski. Jest związany ze spękanymi i częściowo skrasowiałymi wapieniami pociętymi uskokami. Na układ ciśnień piezometrycznych w wapieniach górnej jury wpływają strefy zasilania – Wzgórze Lasu Wolskiego i strefy drenażu – którymi są bliskie ciekі powierzchniowe: Wisła i Rudawa. W wapieniach jury spotyka się wody o zwierciadle swobodnym i naporowym. Wykazują one kontakt z wodami czwartorzędowymi. Wody jurajskie należą do zbiornika zrębu Sowińca.

W 2013 roku swobodne zwierciadło wody gruntowej kształtowało się na głębokości od 14,50 do 16,00 m p.p.t., czyli na rzędnych od 206,40 do 210,86 m n.p.m. Ze względu na brak izolacji zwierciadła od powierzchni terenu, duży wpływ na głębokość jego występowania mają warunki atmosferyczne.

Sporadycznie występuje tu także czwartorzędowa woda wsiąkowa, w postaci sączień w utworach spoistych. Ilość i intensywność tych sączień jest ściśle uzależniona od warunków hydrometeorologicznych i w trakcie wzmożonych i długotrwałych opadów lub wiosennych roztopów może znacznie wzrosnąć, a w czasie suszy – maleć.

Fragment opisywanego osuwiska znajduje się w granicach występowania Głównego Zbiornika Wód Podziemnych 450 „Dolina rzeki Wisły” charakteryzującego się porowatym typem ośrodka i zlokalizowanego w utworach plejstocenijskich.

4. Metodyka oraz wyniki pomiarów monitoringu wgłębnego i powierzchniowego

4.1. Pomiary w inklinometrach

4.1.1. Metodyka pomiarów inklinometrycznych

Monitoring inklinometryczny przeprowadzono w 3 istniejących kolumnach pomiarowych, zainstalowanych w 2013 roku, w górnej, środkowej i dolnej części osuwiska. Ich szczegółowa lokalizacja została zaznaczona na mapie dokumentacyjnej w skali 1: 500, stanowiącej załącznik 2.

Pomiary wykonywane były sondą inklinometryczną RST Digital Inklinometr w przygotowanych otworach pomiarowych uzbrojonych rurami inklinometrycznymi amerykańskiej firmy SLOPE INDICATOR. Zestaw ten umożliwia pomiar nachylenia kolumny w dowolnym punkcie na całej długości otworu z dokładnością 10^{-7} m.

Przemieszczenia utworów koluwalnych mogą następować w różnych kierunkach. Aby wyniki kolejnych serii pomiarowych były porównywalne, orientacja sondy jest stała, gdyż przesuwa się ona w rowkach wyciętych w kolumnie. Podczas montażu kolumny zostały zorientowane w taki sposób, że jedna para rowków (A_0-A_{180}) została skierowana zgodnie z kierunkiem (upadem), druga (B_0-B_{180}) zgodnie z rozciągłością (biegiem) zbocza.

Pomiar odniesienia, określany także jako „zerowy” wykonano 10.02.2013 r. Służyło to ustaleniu początkowego kształtu i orientacji poszczególnych otworów pomiarowych. Do tej pozycji początkowej odnoszone były wyniki wszystkich następnych sesji pomiarowych.

Zasada pomiaru polega na dokonaniu i zarejestrowaniu odczytów nachylenia sondy w stosunku do pionu. Jednostkowy odcinek pomiarowy przyjęto 0,5 m. Wyniki obliczeń przyrostów przemieszczeń (*incremental displacement*) na jednostkowych odcinkach pomiarowych oraz przemieszczeń kumulacyjnych (*cumulativ displacement*) w całych otworach przedstawiono w załączniku nr 3.

Przemieszczenia poziome z-tego odcinka o długości 0,5 m - Δu_{zy} , oblicza się ze wzoru:

$$\Delta u_{zy} = 500 \text{ mm} \times (\sin \Theta_{zy} - \sin \Theta_{zo})$$

gdzie:

Θ_{zy} – kąt nachylenia sondy zmierzony na z-tym odcinku w y pomiarze,

Θ_{zo} – kąt nachylenia sondy zmierzony na z-tym odcinku w pomiarze zerowym.

Sumowanie Δu_{zy} od dołu, tj. od dna otworu do jego szczytu pozwala na obliczenie przemieszczenia kumulacyjnego $\Sigma \Delta u_{zy}$. Dla przykładu, obliczenie $\Sigma \Delta u_{zy}$ odcinka o numerze k -tym (liczone od dołu otworu) polega na sumowaniu przemieszczeń Δu_{zy} odcinków od pierwszego (najgłębszego) do k -tego. Przemieszczenie kumulacyjne całego otworu oblicza się sumując Δu_{zy} - kolejno dla wszystkich odcinków, czyli:

$$\Sigma \Delta u_{zy} = \Sigma [500 \text{ mm} \times (\sin \Theta_{zy} - \sin \Theta_{zo})]$$

4.1.1. Wyniki pomiarów inklinometrycznych

Monitoring inklinometryczny prowadzony był od lutego 2013 r., w trzech kolumnach pomiarowych, założonych w obrębie osuwiska przy ul. Sawickiego w Krakowie. Serie pomiarowe wykonywane były w następujących dniach:

- 10 lutego 2013 r. – pomiar „zerowy” (bazowy),
- 25 marca 2013 r. – seria pierwsza,
- 17 kwietnia 2013 r. – seria druga,
- 15 września 2014 r. – seria trzecia.

W załączniku 3 przedstawiono obliczenia dla poszczególnych punktów pomiarowych w oparciu o program *Inclinalysis* v. 2.47 kanadyjskiej firmy RST Instruments Ltd.

Wykresy przedstawiają sumę przyrostów przemieszczeń – przemieszczenie kumulacyjne (*cumulative displacement*) w wyżej wspomnianym czasowym przedziale pomiarowym oraz przyrost przemieszczeń (*incremental displacement*) w poszczególnych otworach. Skala przemieszczenia jest zmienna dla wykresów poszczególnych otworów. Wszystkie pomiary wykonywano wzdłuż osi AA (kierunek zgodny z ruchem utworów koluwalnych).

Otwór I-1/OK

Otwór pomiarowy I-1/OK znajduje się w górnej części osuwiska, w bezpośrednim sąsiedztwie skarpy głównej. Pierwsza seria pomiarowa, z marca 2013, przeprowadzona w tym inklinometrze, nie wykazała przemieszczeń w stosunku do serii „zerowej” (bazowej) w wielkości powyżej błędu pomiarowego. Pomiar z kwietnia ujawnił większe przemieszczenia, rzędu 4 mm na głębokości 8-7 m. Seria z września 2014 roku wykazała natomiast przyrost przemieszczeń od poprzedniej serii pomiarowej, na głębokości około 8 m p.p.t., w wielkości powyżej 2 mm. Na głębokości 26 m p.p.t. zaobserwowano także niewielkie różnice w pomiarach 2 i 3 serii. Jednak ich wielkość jest znikoma i trudno je interpretować jako aktywne powierzchnie przemieszczeń.

Otwór I-2/OK

Przemieszczenia gruntu w otworze I-2/OK, znajdującym się w centralnej części osuwiska, w większości są mniejsze od błędu pomiarowego, którego wartość wynosi 0,98 mm. Jedynie w przedziale 26-28 m p.p.t., w ostatniej serii pomiarowej, zaobserwowano drobny przyrost przemieszczenia o wielkości około 2 mm, zaznaczony także we wcześniejszych pomiarach.

Otwór I-3/OK

Otwór inklinometryczny I-3/OK znajduje się w dolnej części osuwiska, w rejonie ulicy Sawickiego. Wielkości przemieszczeń odnotowywane w tym otworze w pierwszej i drugiej serii pomiarowej były bliskie granicy błędu pomiarowego i maksymalnie sięgały 1,25 mm na głębokości około 11 m p.p.t. Największe różnice, stwierdzone na podstawie ostatniej serii pomiarowej, występowały na tej samej głębokości i można je było określić na 4,5 mm. Przemieszczenia te następowały głównie wzdłuż poprzecznej osi BB'. Niewielki przyrost przemieszczeń o wartości około 1 mm wystąpił również na głębokości około 36 m p.p.t.

4.2. Pomiary w piezometrach

Na terenie badanego osuwiska, znajdującego się na północnych stokach Wzgórza Św. Bronisławy znajdują się trzy piezometry o symbolach P-1/OK, P-2/OK oraz P-3/OK, zainstalowane w 2013 roku w otworach o średnicy $\varnothing$ 132 milimetry. Kolumny rur piezometrycznych o średnicy $\varnothing$ 80 milimetrów, zapuszczone do tych otworów, wykonane są z PCV. Piezometry te mają następujące konstrukcje:

- rura podfiltrowa z zamkniętym dnem.
- część czynna filtra - rura perforowana (perforacja 5%) owinięta jeden raz siatką nylonową o oczku 1x1 mm. Całość owinięta jest drutem nierdzewnym o skoku spirali - 100 mm.
- rura nadfiltrowa.
- obsypka ze żwiru o granulacji 2-5 mm, wypełniająca przestrzeń pomiędzy ścianą otworu, a kolumną filtrową do wysokości górnej części czynnej filtra. Powyżej obsypki wymieniona przestrzeń wypełniona jest iłem.
- stalowa rura zabezpieczająca oraz głowica z zamknięciem.

W tabeli 1 zestawiono długości piezometrów, w których wykonywane były pomiary oraz ich poszczególnych elementów.

Tabela 1

Nr piezometru	P-1/OK	P-2/OK	P-3/OK
Długość rury nadfiltrowej [m]	1,0	2,0	2,0
Długość części czynnej filtra [m]	18,3	21,5	21,0
Długość R rury podfiltrowej [m]	1,0	2,0	1,5
Długość całości piezometru	20,3	25,5	24,5

Lokalizacje otworów piezometrycznych zostały przedstawione na mapie dokumentacyjnej w skali 1: 500, stanowiącej załącznik 2.

Obserwacji występowania zwierciadła wody we wspomnianych piezometrach dokonano przy użyciu świstawki hydrogeologicznej służącej do pomiaru głębokości lustra wody.

Pomiarów dokonano opuszczając do studni sondę na przewodzie elektrycznym. W chwili dotknięcia lustra wody przez sondę w obudowie urządzenia zaczyna migotać dioda LED i brzęczeć buzzer. Po usłyszeniu gwizdu powietrza wypartego przez wodę ze świstawki, podniesiono świstawkę kilkanaście centymetrów do góry i energicznie, kilkakrotnie opuszczono w celu ustalenia dokładnego punktu zetknięcia się jej ze zwierciadłem wody. Odczytu głębokości do zwierciadła wody dokonano na taśmie. Po zapisie wyniku pomiaru, zwinięto przewód na bęben.

Na podstawie badania przeprowadzonego świstawką hydrogeologiczną dnia 15

września 2014 roku, stwierdzono występowanie wody gruntowej w otworach P-1, P-2 i P-3 odpowiednio na głębokościach 19,35, 4,55 i 16,20 m p.p.t., co świadczy o obniżeniu się zwierciadła wody w stosunku do pomiarów wykonanych w 2013 roku, na potrzeby „Dokumentacji geologiczno-inżynierskiej dla realizacji przedsięwzięcia pn. „Wykonanie badań i prac geologicznych w okolicach Wzgórza Św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w Krakowie”.

W tabeli 2 zestawiono głębokości występowania zwierciadła wody w wybranych dniach pomiarowych od początku prowadzenia monitoringu piezometrycznego. Czcionką pogrubioną zaznaczono pomiar przeprowadzony w ramach niniejszego Sprawozdania.

Tabela 2

Data pomiaru	Nr piezometru		
	P-1/OK	P-2/OK	P-3/OK
	Głębokość występowania zwierciadła wody [m p.p.t.]		
18.02.2013	18,40	4,61	15,90
17.03.2013	18,40	4,47	15,90
15.04.2013	15,94	4,02	15,90
15.09.2014	19,35	4,55	16,20

W lutym i marcu 2013 roku głębokość zwierciadła wody gruntowej nie podlegała istotnym zmianom. Pomiar przeprowadzone w kwietniu tego samego roku wskazywały na wyraźne podniesienie się zwierciadła wody, które wynikało ze zmian warunków atmosferycznych, m.in. z wyjątkowo późno występujących wiosennych roztopów. Roztopy powodują bowiem wzmożoną infiltrację wody i powstawanie dodatkowych sączek w utworach gliniasto-zwietrzelinowych. Pomiar przeprowadzony we wrześniu bieżącego roku wskazuje natomiast na obniżenie się zwierciadła wody, w stosunku do pomiarów z roku poprzedniego, co wynika przede wszystkim z mniejszej ilości opadów atmosferycznych.

4.3. Pomiary reperów geodezyjnych

W celu szczegółowego rozpoznania rozmieszczenia, prędkości i stopnia przemieszczeń na badanym terenie, w 2013 roku, w ramach opracowania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej dla realizacji przedsięwzięcia pn. „Wykonanie badań i prac geologicznych w okolicach Wzgórza św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego

w Krakowie”, wykonano sieć monitoringu powierzchniowego składającą się z 10 reperów geodezyjnych rozmieszczonych na całej powierzchni osuwiska. Repery te wykonano poprzez umieszczenie w gruncie kotwy aluminiowej o długości 150 cm wykonanej z nierdzewnego stopu aluminium 48 x 48 x 3 mm, zaostrome z jednej strony. Po wbiciu kotwy w grunt założono na nią głowicę niwelacyjną o średnicy ϕ 115 lub ϕ 60mm.

Pierwotne współrzędne geodezyjne wszystkich zainstalowanych reperów w Państwowym Układzie Współrzędnych geodezyjnych 2000 zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Nr repera	Współrzędna X [PUWG 2000]	Współrzędna Y [PUWG 2000]
W1	5547284.422	7420544.268
W2	5547284.265	7420639.611
W3	5547292.263	7420766.606
W4	5547317.556	7420704.330
W5	5547305.410	7420824.942
W6	5547354.590	7420854.792
W7	5547367.597	7420792.087
W8	5547333.441	7420626.661
W9	5547377.518	7420657.733
W10	5547500.695	7420837.305

Repery te oznaczono symbolami od W1 do W10 i wykonano dla nich pomiar zerowy (będący pomiarem odniesienia) 15 stycznia 2013 roku oraz dwa kolejne cykle pomiarowe w dniach 15 marca 2013 roku i 17 kwietnia 2013 roku.

Na potrzeby niniejszego sprawozdania wykonano kolejną – trzecią serię pomiarową 15 września 2014 roku.

Rozmieszczenie punktów geodezyjnej siatki monitoringowej przedstawiono na mapie dokumentacyjnej w skali 1:500, zamieszczonej w załączniku 2. Wyniki pomiarów przesunięć reperów geodezyjnych znajdują się natomiast w załączniku 4.

Na podstawie serii pomiarowych przeprowadzonych w 2013 roku, które prowadzone były z 1-2 miesięcznych odstępach czasu, zaobserwowano nieznaczne przemieszczenia powierzchniowe, których wartości w pionie nie przekraczały 3 mm,

natomiast w poziomie - wynosiły od kilku do kilkunastu mm. Największe przemieszczenia, przekraczające 1,5 cm, stwierdzono w reperach W7 i W8, znajdujących się w centralnej części osuwiska, w obrębie strefy aktywnej.

Ostatnia seria pomiarowa, z 15 września 2014 roku, wykonana po 20 miesiącach od serii „zerowej”, wykazała natomiast przemieszczenia w stosunku do serii bazowej o wielkości od 1 do 3 mm w pionie i od kilku do kilkudziesięciu mm w poziomie, przy czym największe przemieszczenia reperów zaobserwowano w punktach W1, W5, W8 i W9, gdzie wartości przemieszczeń w osi x wynosiły odpowiednio: 31, 16, -28 i -26 mm, a w osi y: -46, -41, -12 i 12.

Stwierdzone przemieszczenia w obrębie sieci monitoringu powierzchniowego świadczą o procesach spęływania wierzchniej części gruntów, która ze względu na znaczne spadki terenu uzależniona jest od warunków atmosferycznych. W okresach intensywnych opadów czy też wiosennych roztopów proces ten się nasila. Nie są to znaczne przemieszczenia, niemniej należy je monitorować i na bieżąco dokonywać ich analizy.

5. Wnioski i uwagi końcowe

Na potrzeby niniejszego opracowania, we wrześniu i październiku 2014 roku, przeprowadzono serie pomiarowe monitoringu powierzchniowego i wgłębnego na terenie osuwiska, znajdującego się na północnych stokach Wzgórza Świętej Bronisławy, w okolicach ulicy Sawickiego w Krakowie.

Pomiary wykonano w 3 piezometrach i 3 inklinometrach zlokalizowanych w górnej, środkowej i dolnej części osuwiska oraz w 10 reperach geodezyjnych, znajdujących się na całym jego terenie.

Wyniki pomiarów monitoringu piezometrycznego, wykonanych 15 września 2014 roku, wskazują na obniżenie się zwierciadła wód podziemnych w stosunku do badań z kwietnia 2013 roku od 0,3 do 3,35 m co wynika przede wszystkim z mniejszej ilości opadów atmosferycznych.

Seria pomiarowa przeprowadzona w otworach inklinometrycznych we wrześniu 2014 roku, wykazała nieznaczny przyrost przemieszczeń. W otworze I-1/OK przemieszczenia występowały na głębokościach 8 i 26 m p.p.t., przy czym na pierwszej z tych głębokości miały wielkość około 5 mm (2 mm od poprzedniej serii pomiarowej), a na drugiej nie przekraczały błędu pomiarowego. Kolejne przemieszczenia powyżej

granicy błędu pomiarowego w stosunku do serii „zerowej”, wystąpiły w otworze I-2/OK w przedziale głębokości od 26 do 28 m p.p.t. oraz w otworze I-3/OK - na głębokości 11,0 m p.p.t. i wynosiły odpowiednio około 2,0 oraz 4,5 mm.

Na podstawie pomiarów reperów geodezyjnych, można stwierdzić, że w obrębie osuwiska wystąpiły przemieszczenia w stosunku do serii bazowej o wielkości od 1 do 3 mm w pionie i od kilku do kilkudziesięciu mm w poziomie. Przy czym największe wartości przemieszczeń, o wielkości około 2,5-4,5 cm, zarejestrowano w punktach pomiarowych zlokalizowanych w centralnej i górnej części osuwiska.

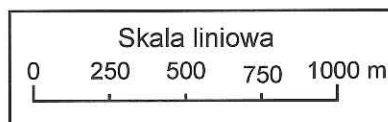
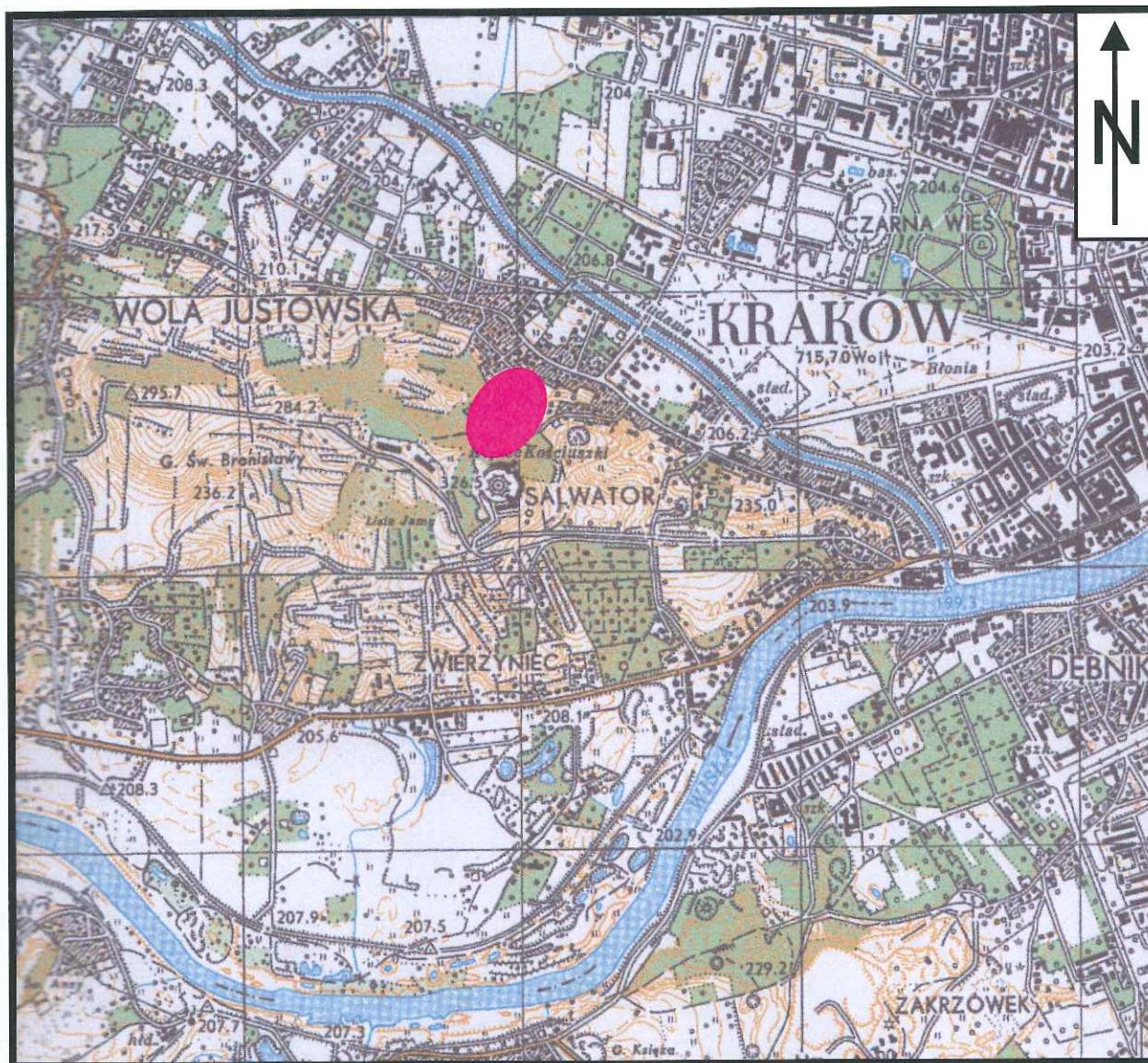
Na podstawie wykonanych badań monitoringowych, można stwierdzić, że w obrębie całego osuwiska występują niewielkie przemieszczenia. W okresie pomiędzy II i III serią pomiarową zauważa się przemieszczenia poziome w obrębie reperów geodezyjnych, które wynikają z sezonowych zmian warunków atmosferycznych. Ruchy w obrębie elementów monitoringu wgłębnego są zauważalne, przy czym ich dynamika nie jest znaczna. Ruchy masowe będą się nasilić w okresach występowania intensywnych, długotrwałych opadów atmosferycznych i wiosennych roztopów, ze względu na wzmożoną infiltrację wody w grunty występujące na zboczu, która doprowadzi do dodatkowego obciążenia stoku oraz dalszego uplastycznienia gruntów koluwalnych.

W związku z powyższymi ruchami, dla oceny dynamiki i skali przemieszczeń zarówno sieci monitoringu powierzchniowego jak również wgłębnego zaleca się prowadzenie monitoringu w równych odstępach czasu, co najmniej 2 razy do roku (w okresie wiosennym i jesiennym). Pozwoli to na szczegółową interpretację dynamiki zmian przemieszczeń na obszarze osuwiskowym.

ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE

Mapa topograficzna

Skala 1 : 25 000

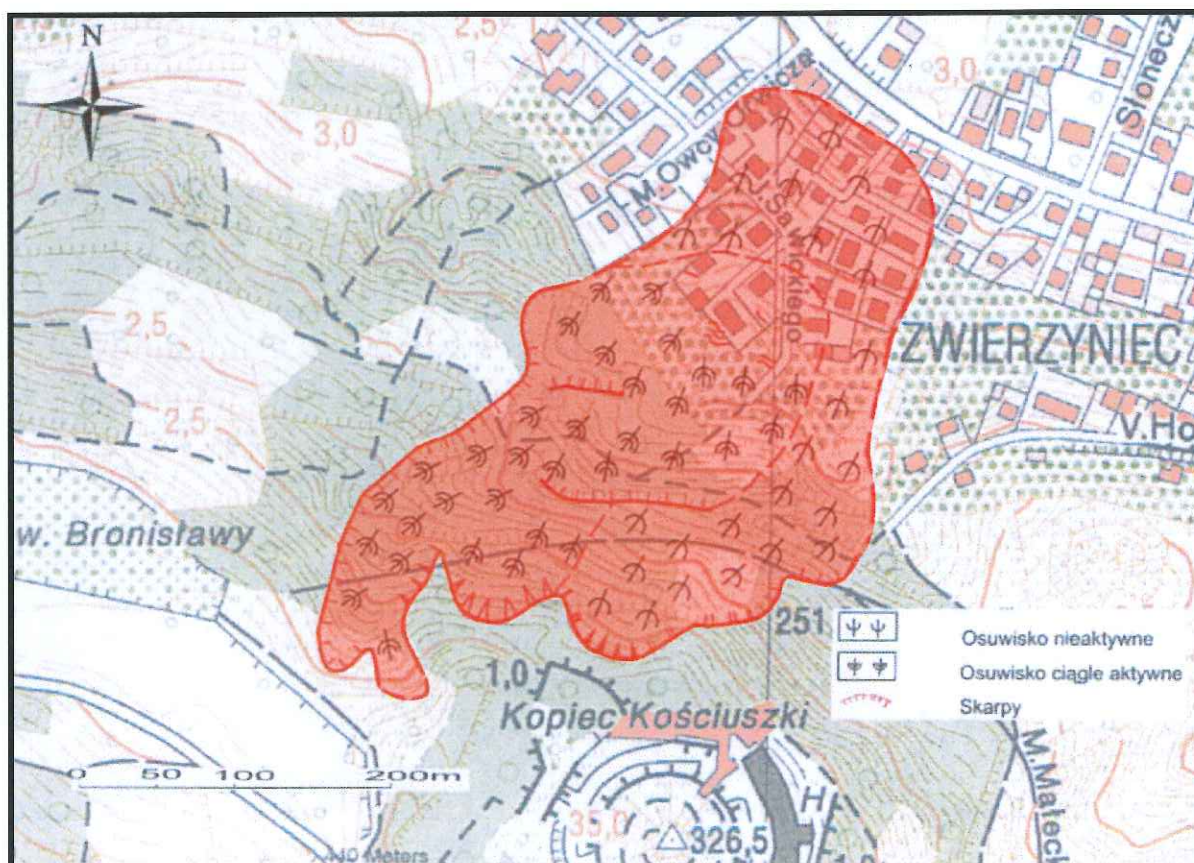


Objaśnienia:

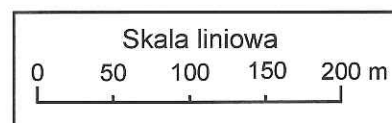


- Teren wykonanych pomiarów monitoringowych

Mapa topograficzna z obszarem osuwiska Skala: 1 : 5 000

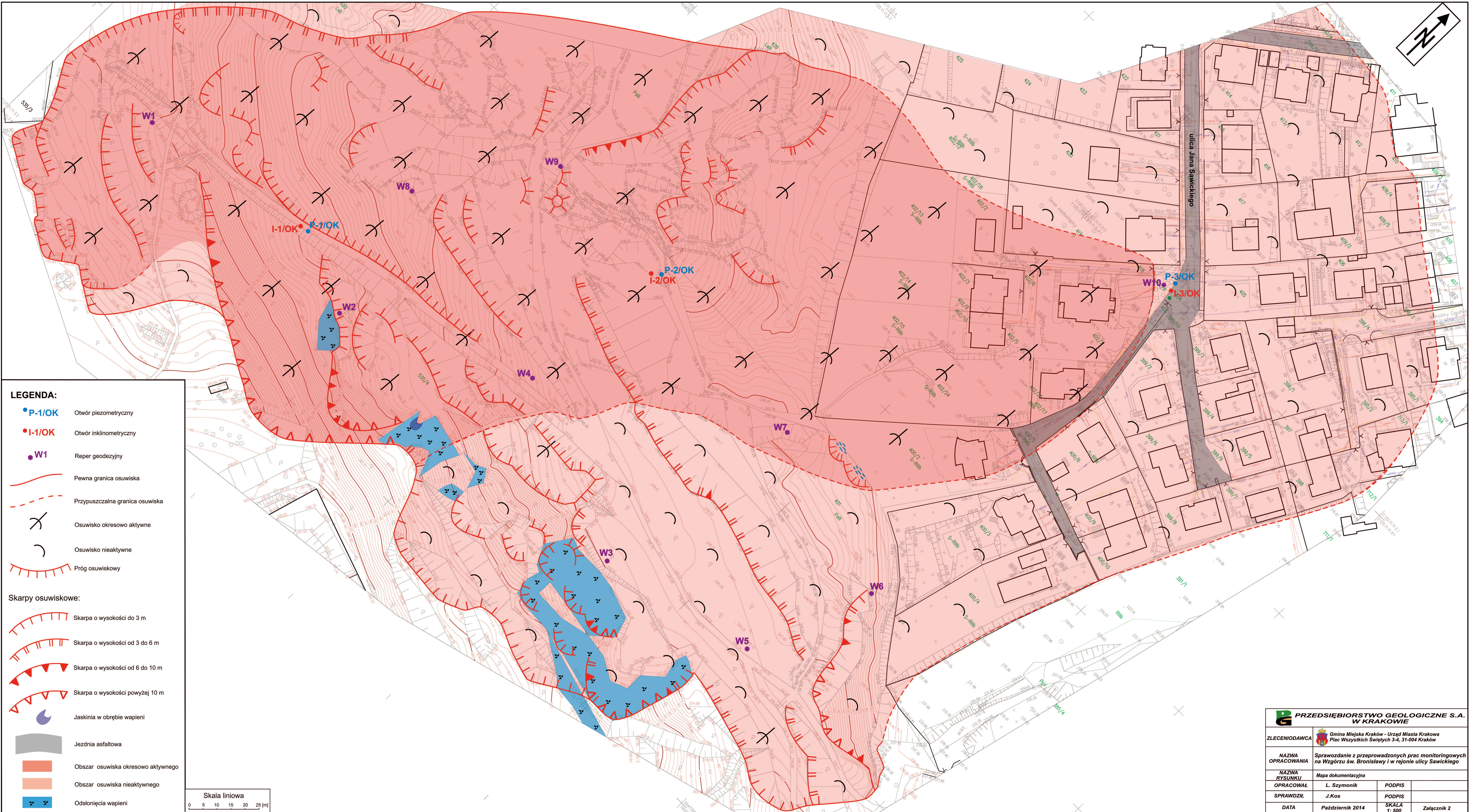


Wójcik A., Rączkowski W., 2011. Karta dokumentacyjna osuwiska wraz z opinią.
Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, Kraków.



Objaśnienia:

 - Obszar osuwiska



LEGENDA:

- P-1/OK** Otwór piezometryczny
- I-1/OK** Otwór inklinometryczny
- W1** Reper geodezyjny
- Pewna granica osuwiska
- Przypuszczalna granica osuwiska
- Osuwisko okresowo aktywne
- Osuwisko nieaktywne
- Próg osuwiskowy

Skarpy osuwiskowe:

- Skarpa o wysokości do 3 m
- Skarpa o wysokości od 3 do 6 m
- Skarpa o wysokości od 6 do 10 m
- Skarpa o wysokości powyżej 10 m
- Jaskinia w obrębie wapieni
- Jezdnia asfaltowa
- Obszar osuwiska okresowo aktywnego
- Obszar osuwiska nieaktywnego
- Odsłonięcia wapieni

Skala liniowa
0 5 10 15 20 25 [m]

PRZEDSIĘBIORSTWO GEOLOGICZNE S.A. W KRAKOWIE			
ZLECENIODAWCA	Gmina Miejska Kraków - Urząd Miasta Krakowa Plac Wszystkich Świętych 3-4, 31-004 Kraków		
NAZWA OPRACOWANIA	Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych na Wzgórzu św. Bronisławy i w rejonie ulicy Sawickiego		
NAZWA RYSUNKU	Mapa dokumentacyjna		
OPRACOWAŁ	L. Szymonik	PODPIS	
SPRAWDZIŁ	J.Kos	PODPIS	
DATA	Październik 2014	SKALA 1: 500	Załącznik 2

Wyniki pomiarów w inklinometrach

Objaśnienia do wykresów pomiarów inklinometrycznych

CUMULATIVE DISPLACEMENT - Przemieszczenie kumulacyjne

Borehole - Numer otworu wiertniczego

Project - Projekt

Location - Lokalizacja

Northing - Szerokość geograficzna północna

Easting - Długość geograficzna wschodnia

Collar - Rzędna terenu [m n.p.m.]

Spiral Correction - Korekta spiralna

Collar Elevation - Wysokość kryzy

Borehole Total Depth - Głębokość otworu wiertniczego

Base Reading - Data pomiaru "zerowego"

Applied Azimuth - Zastosowany azymut

INKLINOMETR I-1/OK

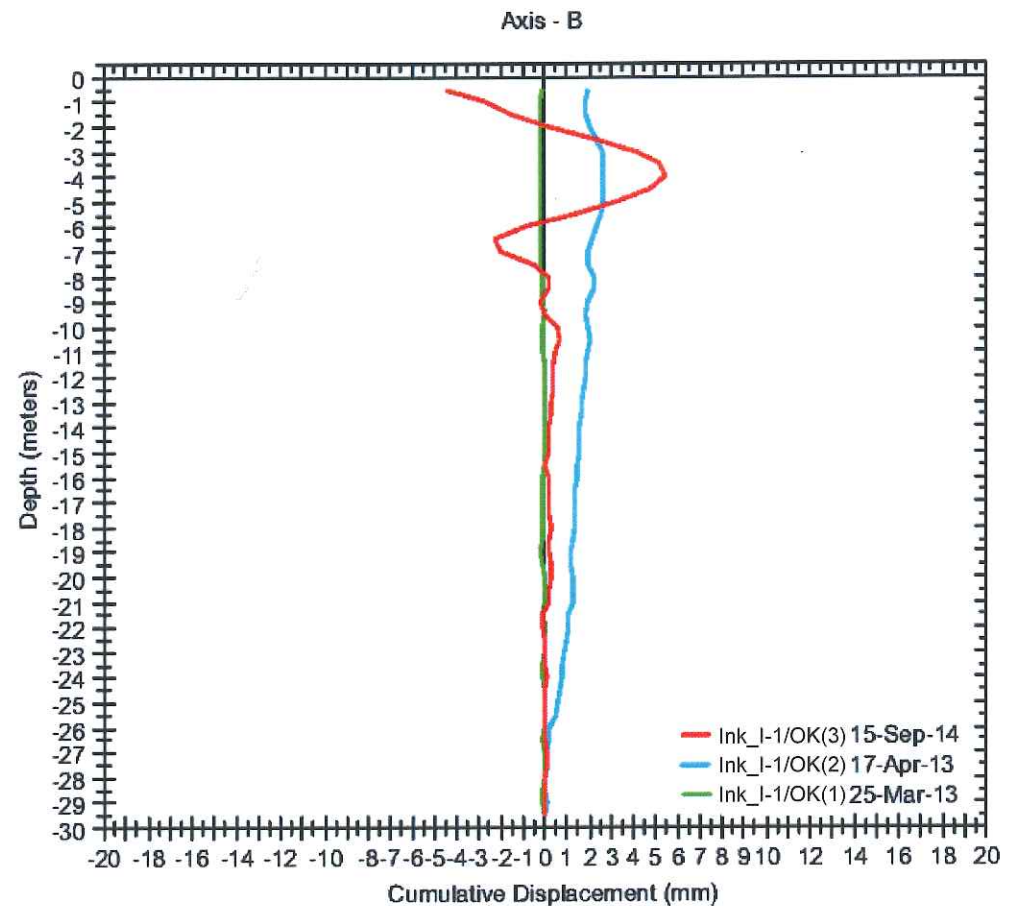
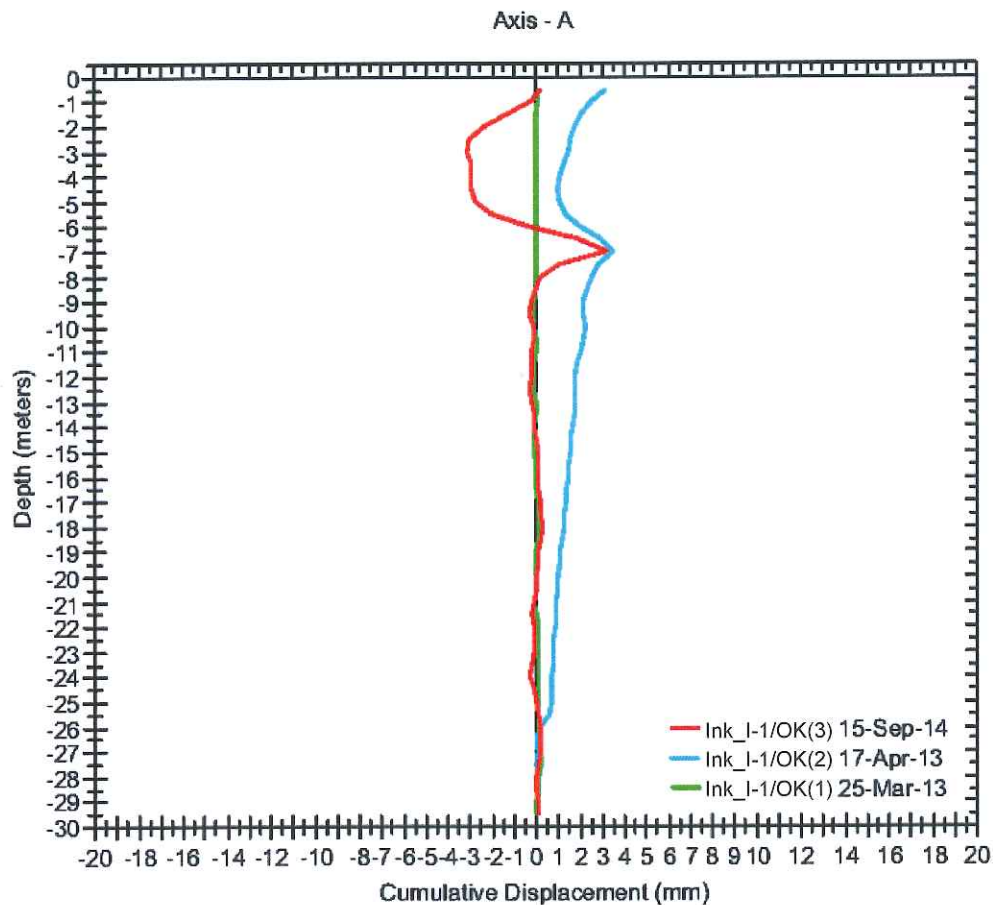
RST Instruments Ltd.

CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Ink_I-1/OK
Project : Sawickiego
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 50o03'23.6``
Easting : 19o53'28.1``
Collar : 283 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 0
Base Reading : 2013 Feb 10 13:01
Applied Azimuth : 20.0 degrees



INKLINOMETR I-1/OK

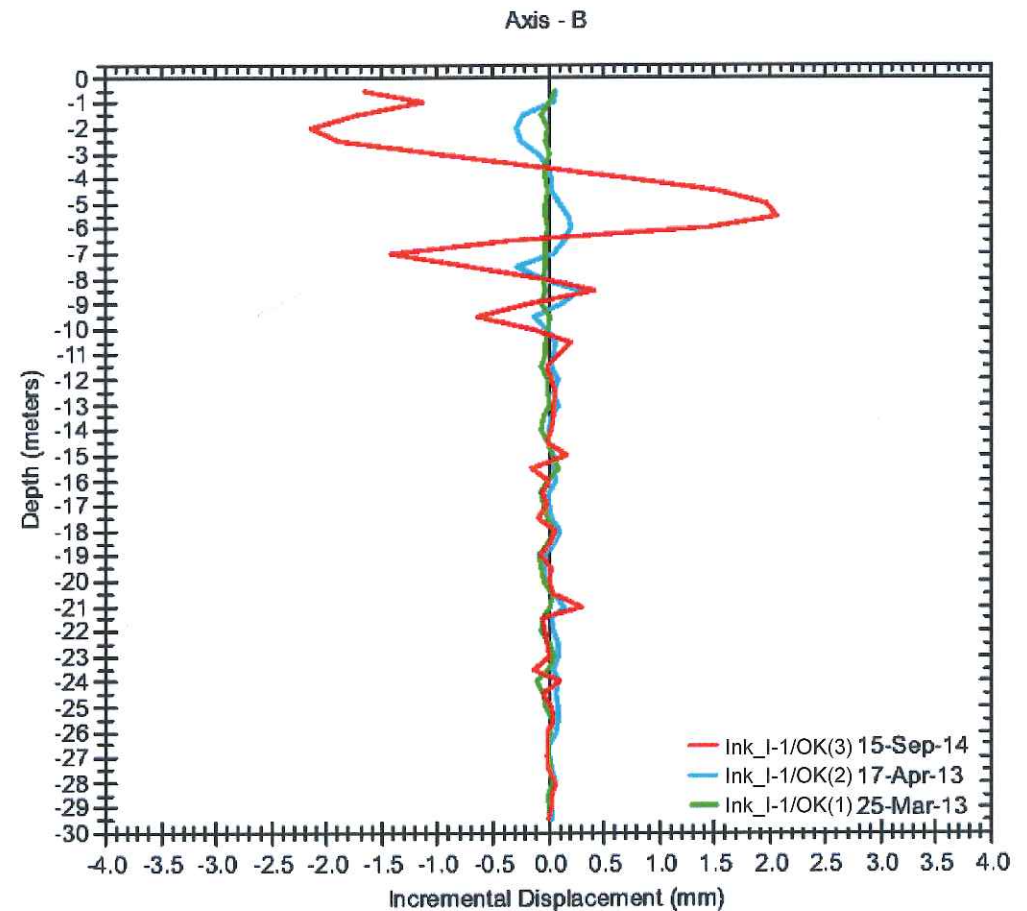
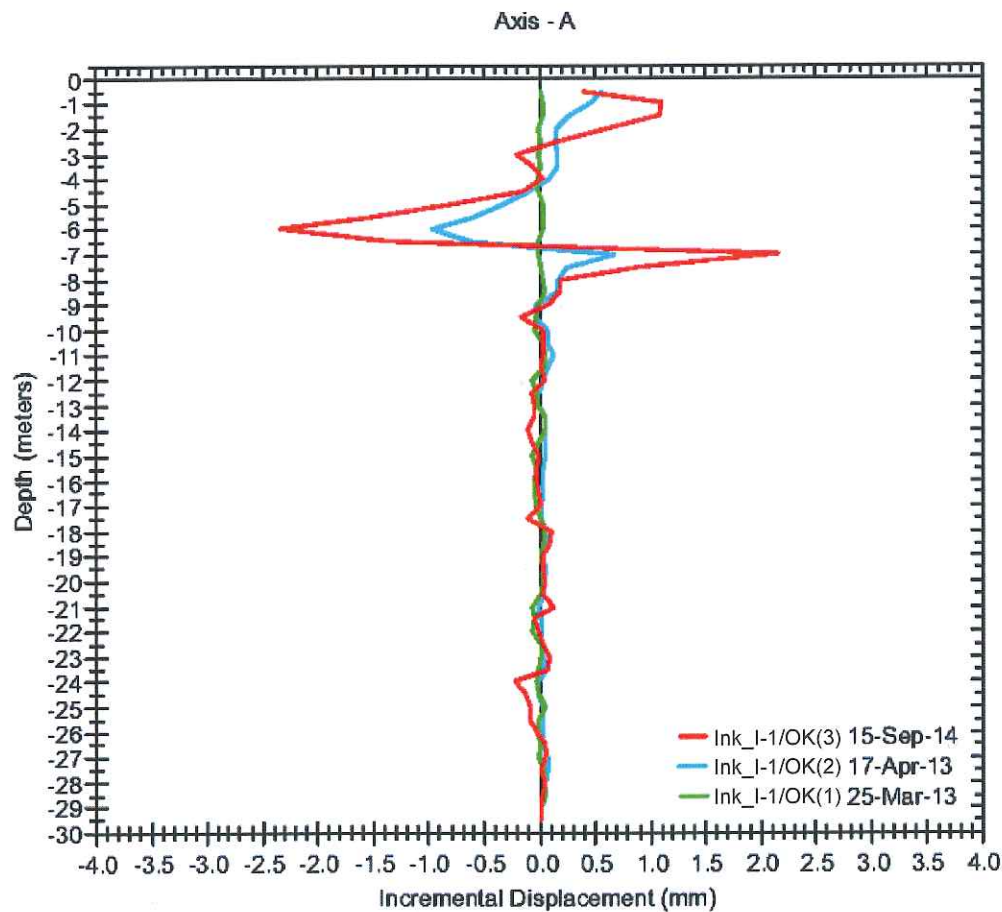
RST Instruments Ltd.

INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Ink_I-1/OK
Project : Sawickiego
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 50o03'23.6"
Easting : 19o53'28.1"
Collar : 283 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 0
Base Reading : 2013 Feb 10 13:01
Applied Azimuth : 20.0 degrees



INKLINOMETR I-2/OK

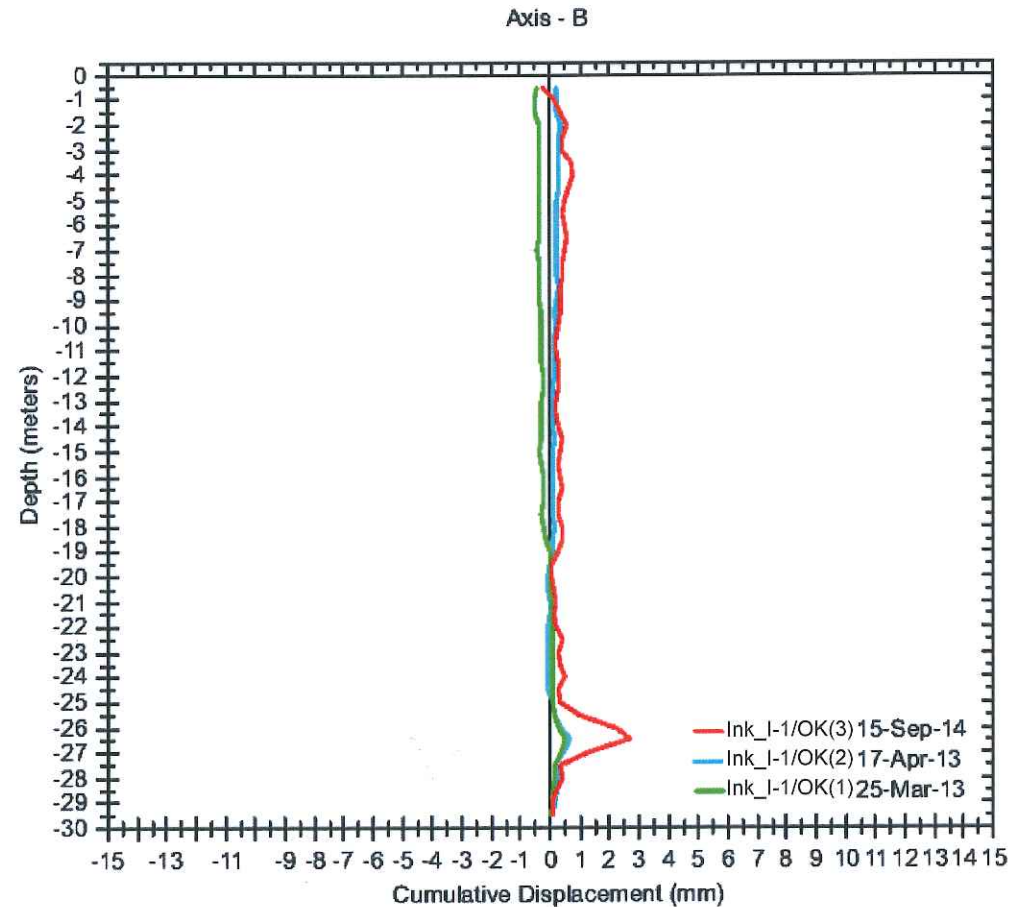
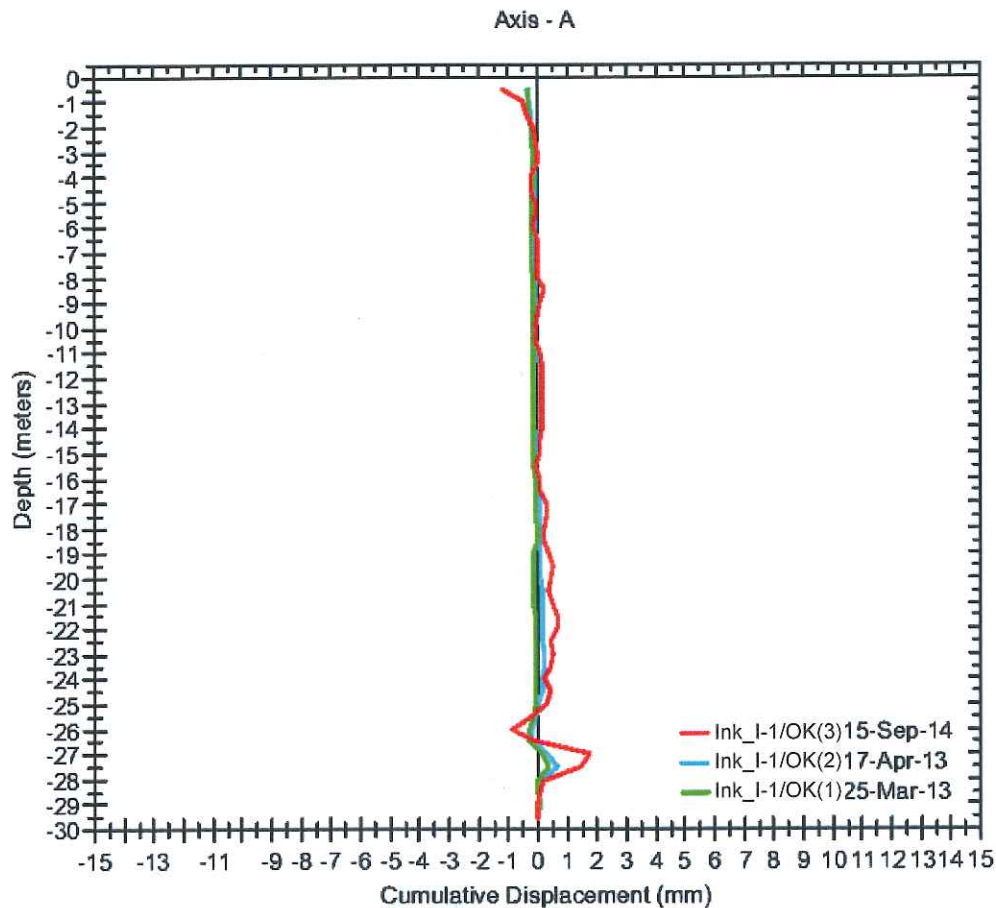
RST Instruments Ltd.

CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Ink_I-2/OK
Project : Sawickiego
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 50o03'25.5''
Easting : 19o53'34.1''
Collar : 258 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Base Reading : 2013 Feb 10 11:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees



INKLINOMETR I-2/OK

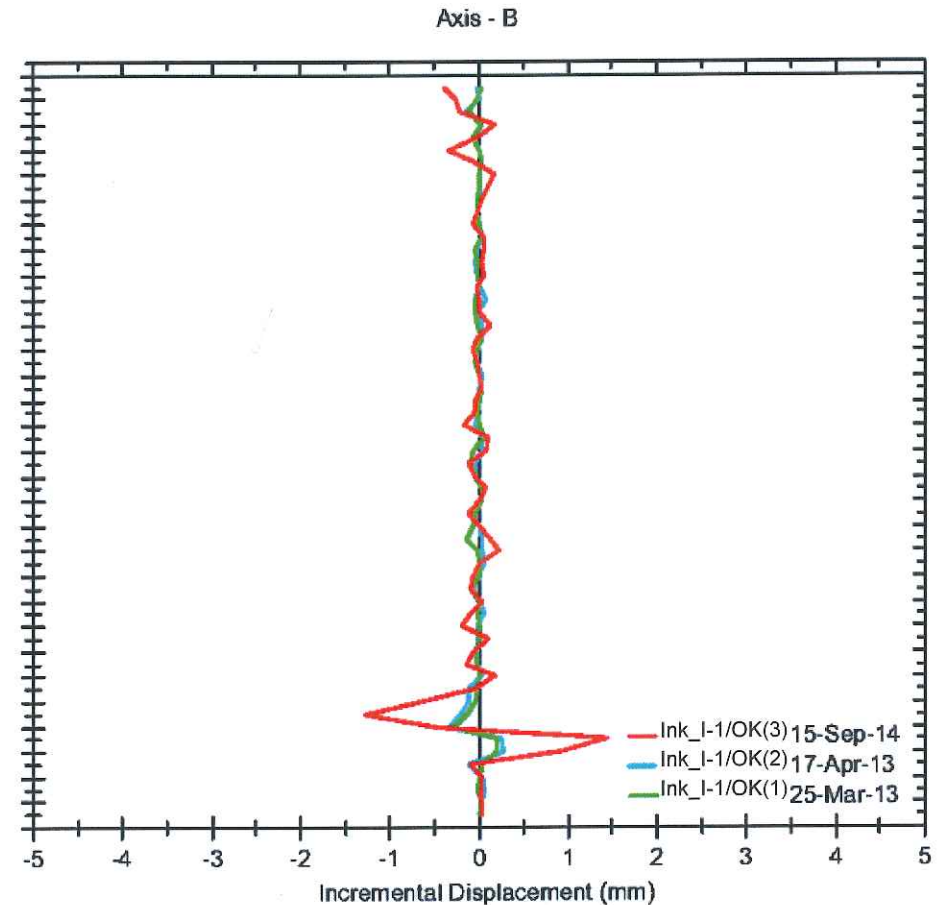
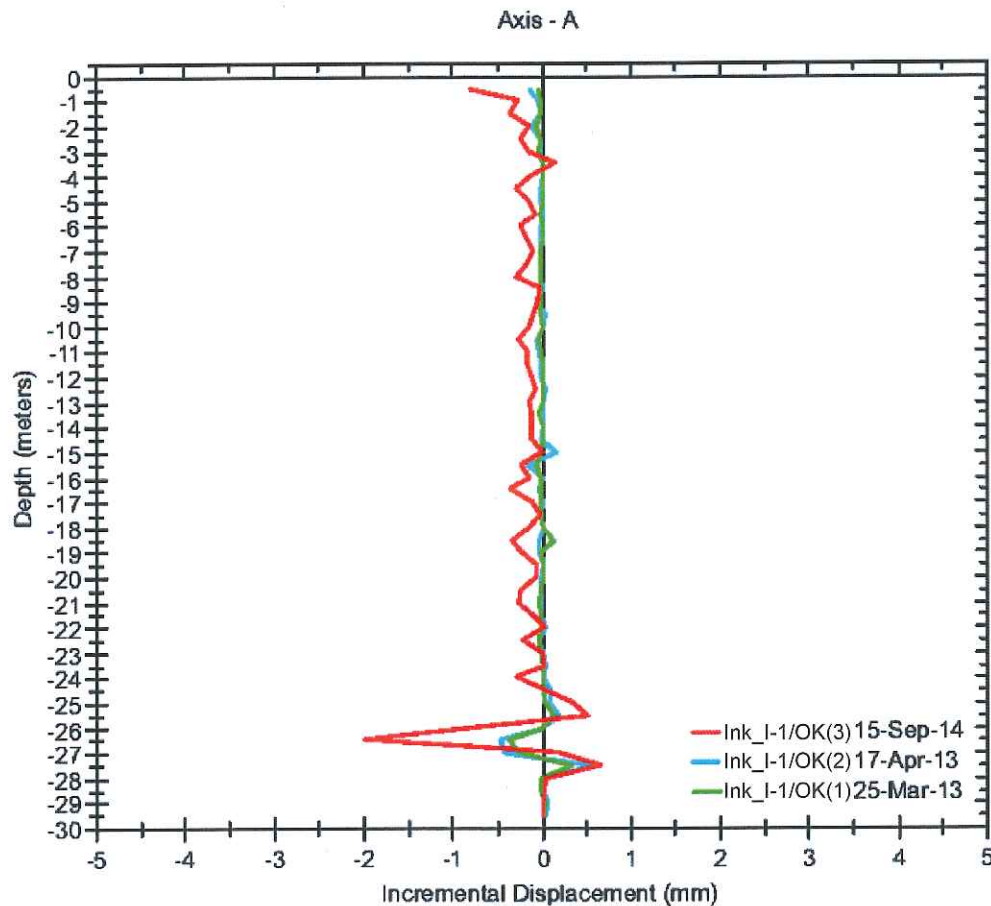
RST Instruments Ltd.

INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Ink_I-2/OK
Project : Sawickiego
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 50o03'25.5"
Easting : 19o53'34.1"
Collar : 258 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Base Reading : 2013 Feb 10 11:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees



INKLINOMETR I-3/OK

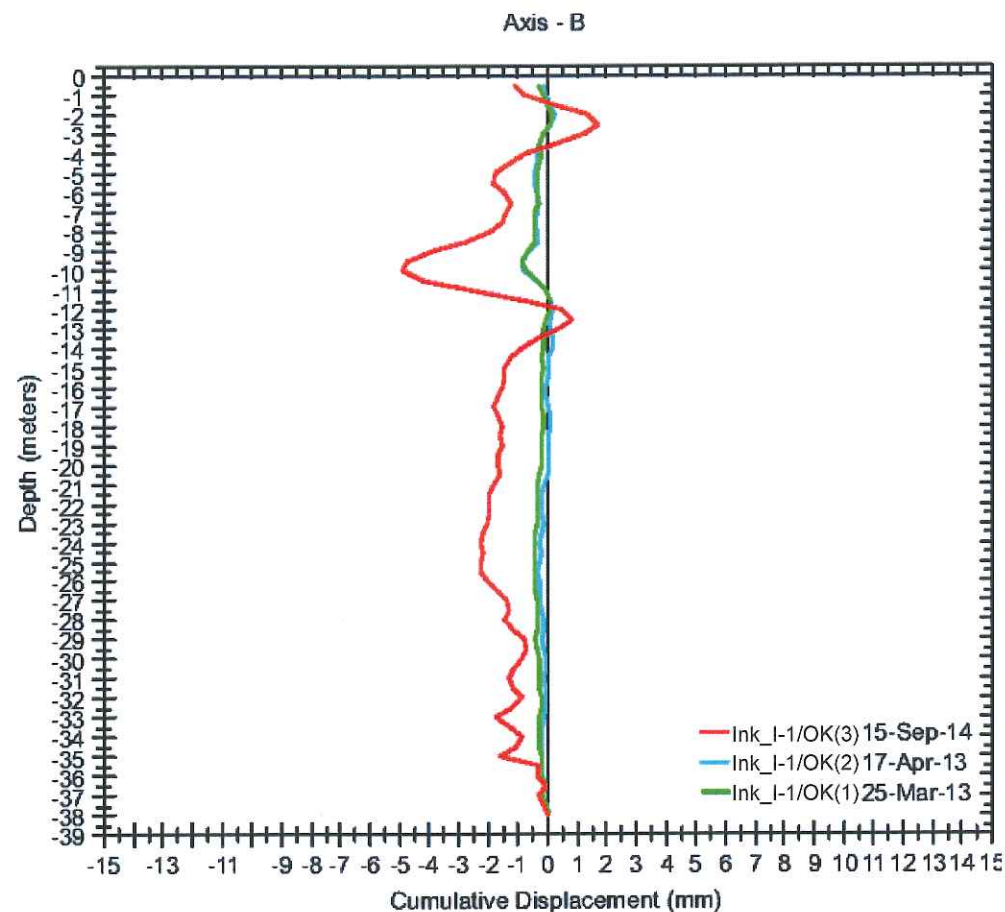
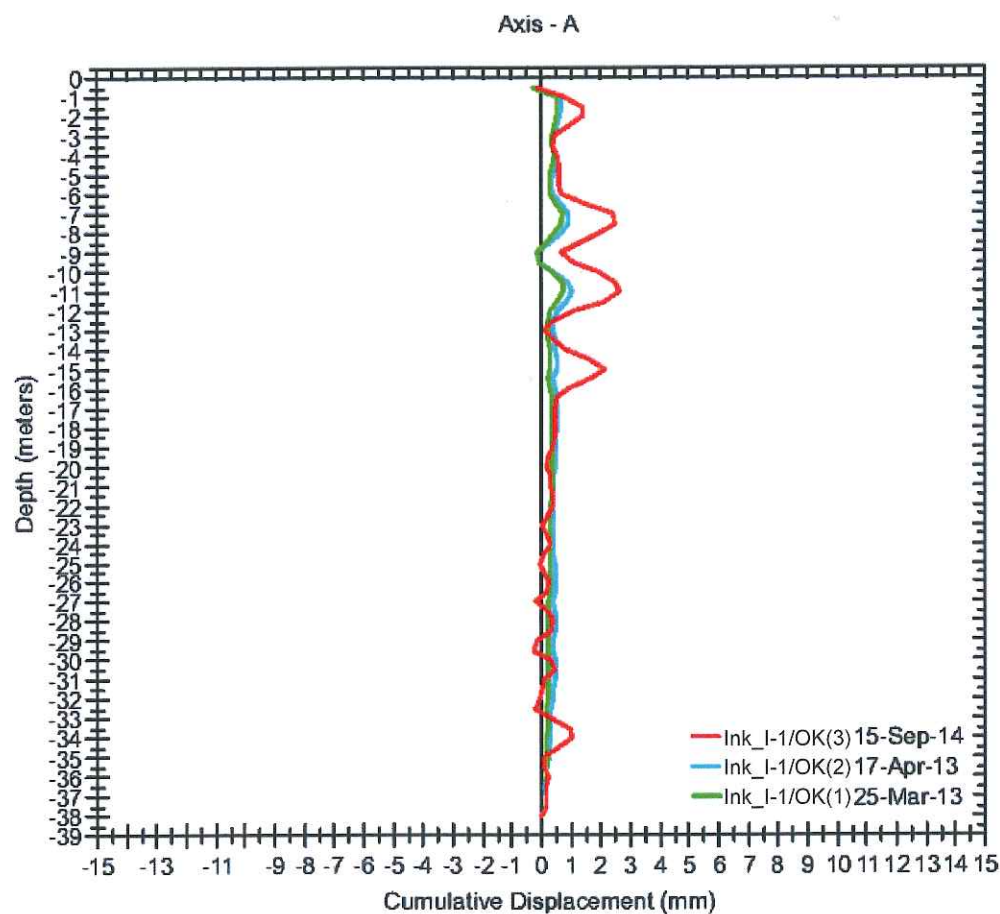
RST Instruments Ltd.

CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Ink_I-3/OK
Project : Sawickiego
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 50o03'30.4''
Easting : 19o53'40.1''
Collar : 221 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Base Reading : 2013 Feb 10 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees



INKLINOMETR I-3/OK

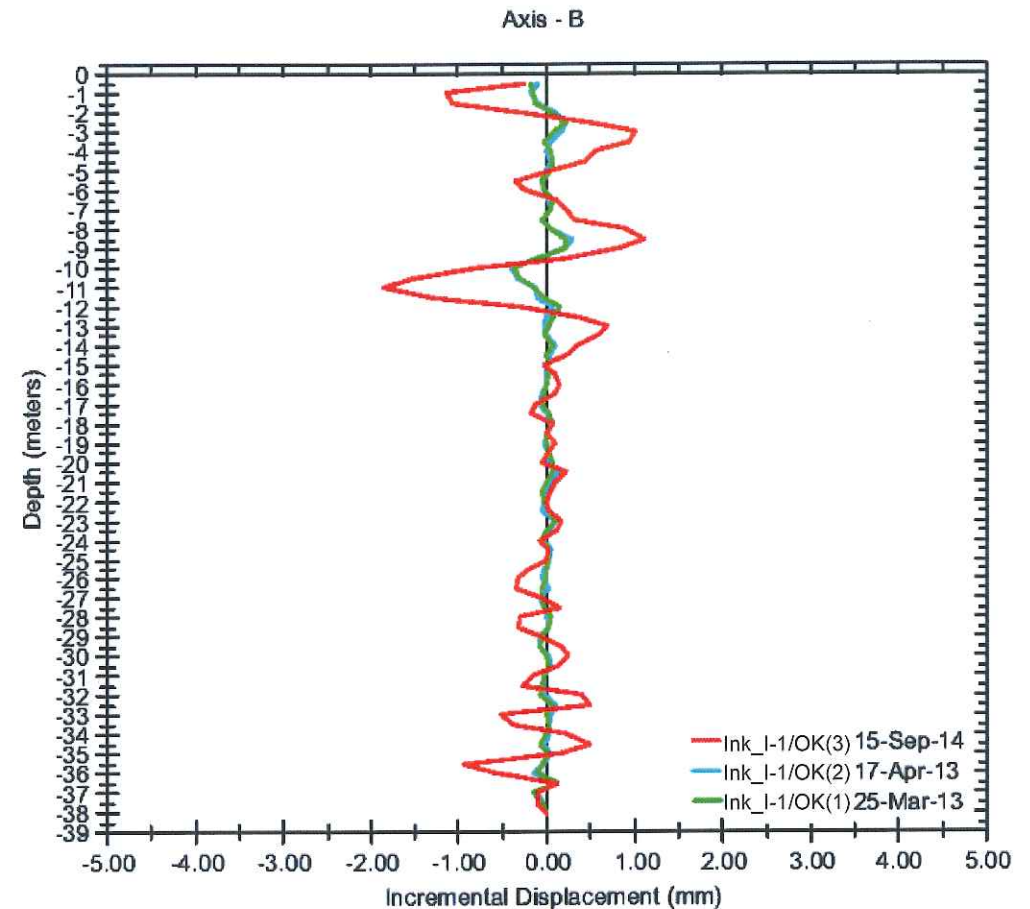
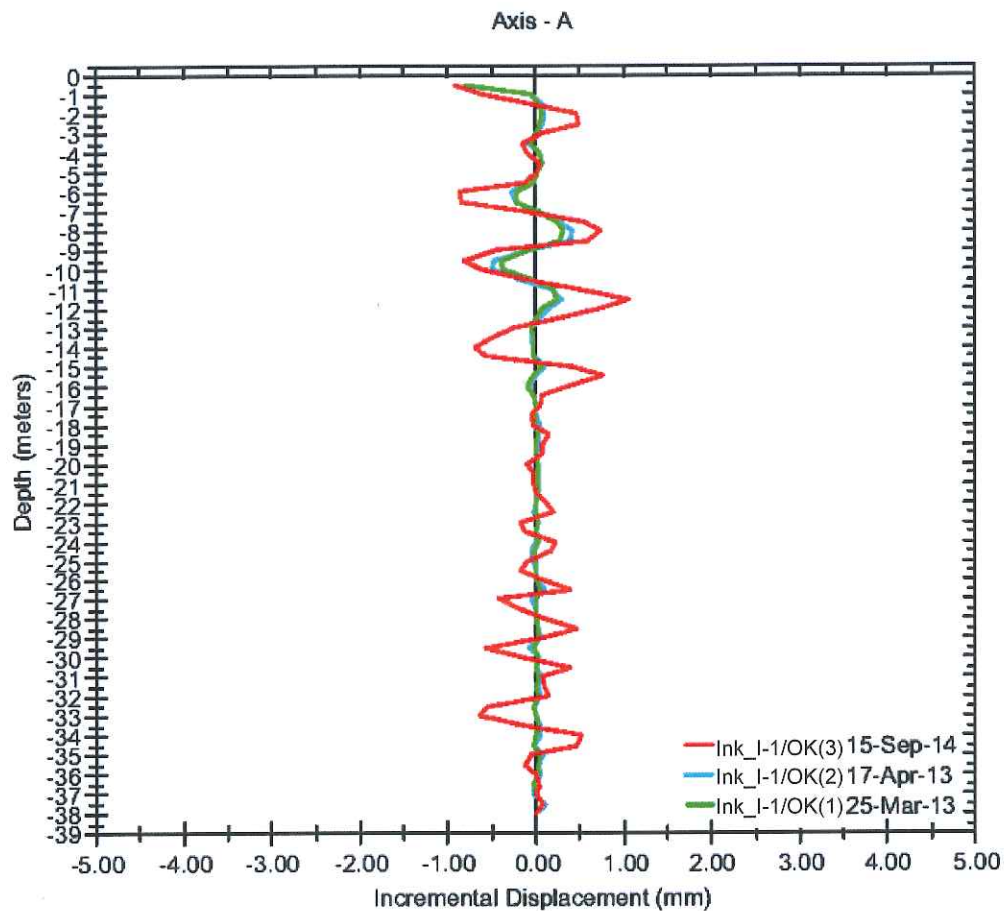
RST Instruments Ltd.

INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : Ink_I-3/OK
Project : Sawickiego
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 50o03'30.4"
Easting : 19o53'40.1"
Collar : 221 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Base Reading : 2013 Feb 10 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Wyniki pomiarów reperów geodezyjnych

LOKALIZACJA ROBOTY

Województwo : małopolskie

Powiat/Miasto: m. Kraków

Gmina : Krowodrza

Obręb : 11

NAZWA OBIEKTU: Wzgórze Bronisławy

SPRAWOZDANIE TECHNICZNE

- Z PRAC GEODEZYJNYCH ZWIĄZANYCH Z WYKONANIEM:
stabilizacji i pomiaru „zerowego” punktów obserwacyjnych

1. WYKONAWCA:

mgr inż. Maciej Kondyjowski
geodeta uprawniony – nr upr. 19074 – zakres 1, 2

2. CEL I RODZAJ ROBOTY:

monitoring geodezyjny stref osuwiskowych

3. OPIS WYKONYWANYCH PRAC

- PRACE POLOWE:

- w dniu 15 września 2014 przeprowadzono III serię pomiarów tachimetrem elektronicznym Leica TS 06 Power 5",
- wykonano niwelację precyzyjną punktów obserwacyjnych niwelatorem elektronicznym Leica DNA 10 w nawiązaniu do reperu państwowego Rp 2051 zlokalizowanego w murze przy ul. Hoffmana,

- PRACE KAMERALNE:

- opracowano wyniki pomiarów, współrzędne XYH punktów uzyskano poprzez obliczenie danych obserwacyjnych za pomocą programu C-GEO,
- opracowano tabelaryczne zestawienie współrzędnych XYZ obserwowanych punktów oraz różnice pomiędzy serią 3 a serią 0.

Kraków, dn. 13.10.2014

mgr inż. Maciej Kondyjowski


geodeta uprawniony - nr upr. 19074
tel. 504 085 798

Wykaz współrzędnych X Y H obserwowanych punktów

seria 0 - 15.01.2013				seria 1 - 15.03.2013				seria 2 - 17.04. 2013				seria 3 - 15.09.2014			
Nr punktu	X	Y	H	Nr punktu	X	Y	H	Nr punktu	X	Y	H	Nr punktu	X	Y	H
w1	5547284.422	7420544.268	286.088	w1	5547284.423	7420544.265	286.088	w1	5547284.425	7420544.263	286.088	w1	5547284.453	7420544.222	286.090
w2	5547284.265	7420639.611	272.803	w2	5547284.265	7420639.606	272.803	w2	5547284.263	7420639.603	272.803	w2	5547284.254	7420639.619	272.806
w3	5547292.263	7420766.606	249.932	w3	5547292.264	7420766.605	249.933	w3	5547292.264	7420766.603	249.933	w3	5547292.262	7420766.622	249.935
w4	5547317.556	7420704.330	251.861	w4	5547317.558	7420704.324	251.862	w4	5547317.557	7420704.322	251.862	w4	5547317.570	7420704.336	251.864
w5	5547305.410	7420824.942	248.261	w5	5547305.404	7420824.943	248.261	w5	5547305.400	7420824.943	248.261	w5	5547305.426	7420824.901	248.264
w6	5547350.979	7420843.038	235.881	w6	5547350.986	7420843.029	235.882	w6	5547350.989	7420843.025	235.883	w6	5547350.976	7420843.039	235.883
w7	5547369.511	7420781.739	236.008	w7	5547369.510	7420781.728	236.010	w7	5547369.507	7420781.724	236.011	w7	5547369.500	7420781.728	236.009
w8	5547333.441	7420626.661	261.812	w8	5547333.447	7420626.674	261.813	w8	5547333.449	7420626.679	261.813	w8	5547333.413	7420626.649	261.814
w9	5547377.518	7420657.733	251.081	w9	5547377.516	7420657.729	251.082	w9	5547377.514	7420657.728	251.083	w9	5547377.492	7420657.745	251.083
w10	5547500.690	7420837.305	263.623	w10	5547500.697	7420837.306	263.623	w10	5547500.700	7420837.307	263.623	w10	5547500.701	7420837.308	263.624

mgr inż. Maciej Kondyjowski

geodeta uprawniony - nr upr. 19074

tel. 504 085 798

Wykaz różnic współrzędnych płaskich X, Y obserwowanych punktów pomiędzy pomiarem "kolejnym" a "zerowym"

seria I - 15 marzec 2013			seria II - 17 kwiecień 2013			seria III - 15 wrzesień 2014		
Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]
w1	1	-3	w1	3	-5	w1	31	-46
w2	0	-5	w2	-2	-8	w2	-11	8
w3	1	-1	w3	1	-3	w3	-1	16
w4	2	-6	w4	1	-8	w4	14	6
w5	-6	1	w5	-10	1	w5	16	-41
w6	7	-9	w6	10	-13	w6	-3	1
w7	-1	-11	w7	-4	-15	w7	-11	-11
w8	6	13	w8	8	18	w8	-28	-12
w9	-2	-4	w9	-4	-5	w9	-26	12
w10	7	1	w10	10	2	w10	11	3

mgr inż. Maciej Kondyjowski

geodeta uprawniony - nr upr. 19074
tel. 504 085 798

Wykaz różnic wysokości obserwowanych punktów pomiędzy pomiarem "kolejnym" a "zerowym"

seria I 15 marzec 2013		seria II 17 kwiecień 2013		seria III 15 wrzesień 2014	
Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]
w1	0	w1	0	w1	2
w2	0	w2	0	w2	3
w3	1	w3	1	w3	3
w4	1	w4	1	w4	3
w5	0	w5	0	w5	3
w6	1	w6	2	w6	2
w7	2	w7	3	w7	1
w8	1	w8	1	w8	2
w9	1	w9	2	w9	2
w10	0	w10	0	w10	1


mgr inż. Maciej Kondyjański
geodeta uprawniony-nr. upr. 19074
zam. Kraków, ul. Mysłiwiecka 72/13
tel. 504 086 798