

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*

SPRAWOZDANIE
z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2022
na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego

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

Opracowali:

.....
mgr inż. Weronika Kawa
upr. nr VII-2076

.....
mgr inż. Mateusz Foryś
nr upr. geol. XI-0166

.....
dr Joanna Kowalczyk-Szpyt

.....
mgr inż. Agnieszka Kordyka

Kraków, październik 2022

Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Charakterystyka terenu badań	4
2.1. Lokalizacja i sposób użytkowania terenu	4
2.2. Morfologia i hydrografia	5
3. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne	6
3.1. Budowa geologiczna.....	6
3.2. Warunki hydrogeologiczne	8
4. Metodyka oraz wyniki pomiarów monitoringu wglębnego i powierzchniowego	9
4.1. Pomiary w inklinometrach.....	9
4.1.1. Metodyka pomiarów inklinometrycznych	9
4.1.2. Wyniki pomiarów inklinometrycznych	10
4.2. Pomiary w piezometrach	15
4.3. Pomiary reperów geodezyjnych.....	19
5. Wnioski i uwagi końcowe	24

Spis załączników

- 1.A Mapa topograficzna w skali 1 : 25 000
- 1.B Mapa topograficzna z zaznaczonym obszarem osuwiska w skali 1 : 2000
2. Mapa dokumentacyjna w skali 1 : 500
3. Wyniki pomiarów w inklinometrach dla Wzgórza św. Bronisławy
4. Wyniki pomiarów reperów geodezyjnych
5. Wyniki pomiarów w piezometrach
6. Karta rejestracyjna osuwiska

1. Wstęp

Gmina Miejska Kraków z siedzibą w Krakowie, pl. Wszystkich Świętych 3-4, 31-004 Kraków, zleciła Przedsiębiorstwu Geologicznemu S.A. w Krakowie, al. Kijowska 16a, 30-079 Kraków, wykonanie serii pomiarów w istniejącej sieci monitoringu wgłębnego i powierzchniowego, zlokalizowanej w Krakowie, w dzielnicy VII - Zwierzyniec, na terenie Wzgórza Bronisławy w rejonie ulicy Jana Sawickiego.

Sieć monitoringu pierwotnie składała się z 3 otworów inklinometrycznych, 3 piezometrycznych z zainstalowanymi limnimetrami oraz 10 reperów geodezyjnych. Jeden z reperów geodezyjnych (W10) został jednak zniszczony, prawdopodobnie w wyniku prowadzonych w 2017 roku prac ziemnych. Sieć monitoringu została założona 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., Foryś 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*, 2014. Przedsiębiorstwo

Geologiczne S.A., Kraków.

- *Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2017 na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego.* Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- *Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2018 na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego.* Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- *Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2019 na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego.* Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- *Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2020 na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego.* Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- *Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2021 na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego.* Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.

Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych na Wzgórzu św. Bronisławy, w rejonie ulicy Sawickiego jest opracowaniem wyników 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 Jana Sawickiego i doktora 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 2020 roku – na mapie topograficznej w skali 1: 2 000, 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 (tzw. Przełęcz Przegorzalska) oraz rozcięte jest dolinami, powstałymi na skutek pogłębiania obniżień 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 omawianego osuwiska znajduje się niewielka, okresowa podmokłość pojawiająca się w tzw. „mokrych” okresach po wzmożonych opadach 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 niszki 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 przejawów 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 plejstocenijskie lessy górne, jednak bardzo wyraźnie zaznaczają się tutaj także wkładki

holoceńskich namulów, piasków i żwirów den dolinnych. Najistotniejszą rolę w budowie podłoża odgrywa kompleks wapieni górnajurajskich, 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 płatów, 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 okruszków 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 zwietrzelina wapienia w postaci przebarwionych, drobnych okruchów skalnych z dużym udziałem materiału ilastego. Całość nawierconej zwietrzeliny znajduje się w obrębie koluwium osuwiskowego.

Bezpośrednio na wapieniach, zalega nieciągła warstwa ilów mioceńskich (baden). Są to zarówno ły, jak i ły 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 powierzchnię 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 zwietrzałego 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 sączeń 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 sączeń i nie ma znaczenia użytkowego.

Piętro jurajskie – poziom górnourajski. 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.

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

4. Metodyka oraz wyniki pomiarów monitoringu wglębnego 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. Inklinometry I-1/OK i I-2/OK zostały wykonane do głębokości 30 m w aktywnej części osuwiska, z czego pierwszy z nich wykonano w górnej części osuwiska, a drugi w jego środkowej partii. Ostatni inklinometr oznaczony symbolem I-3/OK wykonano do głębokości 39,5 m p.p.t. w dolnej, nieaktywnej części osuwiska, tuż powyżej ulicy Jana Sawickiego. Szczegółowa lokalizacja inklinometrów 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 o $\varnothing$ 70 mm. 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 przesuwana się ona w rowkach wyciętych w kolumnie. Podczas montażu, kolumny zostały zorientowane w taki sposób, że jedna para rowków (A₀–A₁₈₀) została skierowana zgodnie z kierunkiem (upadem) zbocza, druga (B₀–B₁₈₀) zgodnie z jego rozciągłością (biegiem).

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 (*cumulative displacement*) w całych otworach przedstawiono w załączniku nr 3 dla trzech inklinometrów zlokalizowanych na Wzgórzu św. Bronisławy.

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:

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

4.1.2. 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,
- 1 sierpnia 2017 r. – seria czwarta,
- 2 listopada 2018 r. – seria piąta,
- 30 września 2019r. – seria szósta,

- 2 listopada 2020 r. – seria siódma,
- 18 listopada 2021 r. – seria ósma,
- 12 października 2022 r. – seria dziewiąta.

W załączniku 3 przedstawiono wyniki pomiarów dla Wzgórza św. Bronisławy (ul. Sawickiego), 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. Pomiary obejmują odczyty dla osi AA' (zgodnej z kierunkiem przemieszczenia) i osi BB' (kierunek prostopadły do ruchu utworów koluwalnych).

W okresie prowadzenia pomiarów, od lutego 2013 r. do października 2022 r., zaobserwowano zmienne przemieszczenia w otworach inklinometrycznych, co świadczy o postępujących na tym terenie ruchach osuwiskowych. Analizę wyników pomiarów uzyskanych dla poszczególnych otworów zamieszczono poniżej.

Otwór inklinometryczny I-1/OK

Otwór pomiarowy I-1/OK znajduje się w górnej części osuwiska, w bliskim 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 7,0 m. Głębokość tą potwierdziły pomiary wykonane we wrześniu 2014 roku. Na głębokości 26 m p.p.t. zaobserwowano także niewielkie różnice w pomiarach 2 i 3 serii. Jednak ich wielkość była znikoma. W sierpniu 2017 roku zaobserwowano największe zmiany do głębokości 10 m p.p.t. Przyrosty przemieszczeń dobrze widoczne były na głębokościach około 5, 7 i 10 m p.p.t. Przemieszczenia te wynosiły maksymalnie 10,5 mm, co stanowi wartości przekraczające maksymalny błąd pomiarowy. W roku 2018 widoczny był dalszy niewielki przyrost na tych głębokościach oraz niewielkie zmiany poniżej 10 m głębokości, te jednak nie przekraczały błędu pomiarowego określonego w tych przedziałach na ± 0.91 mm. Maksymalne przemieszczenie skumulowane występowało na 3,5 m p.p.t. i osiągnęło wartość 9,7 mm.

W 2019 r. (sesja pomiarowa z 30 września 2019 r.) brak było widocznych przyrostów przemieszczeń poniżej 3 metra głębokości, które przekraczałyby wielkości błędu pomiarowego urządzenia, określanego na ± 0.98 mm. Maksymalne przemieszczenie odnotowane od początku pomiarów (10 lutego 2013 r.) występowało wtedy na gł. 3.5 m p.p.t. i osiągnęło wartość około 12 mm.

W „siódmej” sesji pomiarowej (pomiar z 2 listopada 2020 r.), obserwowano zmiany wyłącznie do 10 m głębokości. Przyrosty przemieszczeń dobrze widoczne były na głębokościach: 5, 7 i 10 m p.p.t. Brak jest widocznych przyrostów przemieszczeń poniżej 10 m głębokości, które przekraczałyby wielkości błędu pomiarowego urządzenia określanego na ± 1.16 mm. Maksymalne przemieszczenie skumulowane, odnotowane od początku pomiarów (10 lutego 2013 r.) występuje na gł. 3.5 m p.p.t. i osiąga obecnie wartość około 13.1 mm.

W 2021 r. („ósma” sesja pomiarowa z 18 listopada 2021 r.) brak jest widocznych przyrostów przemieszczeń poniżej 10 m głębokości, które przekraczałyby wielkości błędu pomiarowego urządzenia określanego na ± 1.18 mm. Maksymalne przemieszczenie skumulowane, odnotowane od początku pomiarów (11 lutego 2013 r.) występuje na gł. 3.5 m p.p.t. i osiąga obecnie wartość około 13.2 mm. W dolnej części, poniżej 10 m gł., otwór pomiarowy należy traktować jako stabilny.

W „dziewiątej” sesji pomiarowej (pomiar z 12 października 2022 r.), brak jest widocznych przyrostów przemieszczeń poniżej 10 m głębokości, które przekraczałyby wielkości błędu pomiarowego urządzenia określanego na ± 1.69 mm. Maksymalne przemieszczenie skumulowane, odnotowane od początku pomiarów (11 lutego 2013 r.) występuje na gł. 3.5 m p.p.t. osiągając wartość około 13.2 mm i od zeszłego roku nie uległo zmianie. W dolnej części, poniżej 10 m gł., otwór pomiarowy należy traktować jako stabilny.

Otwór inklinometryczny I-2/OK

Przemieszczenia gruntu w otworze I-2/OK, znajdującym się w centralnej części osuwiska, w większości są mniejsze od błędu pomiarowego. Jedynie w przedziale 26-28 m p.p.t., we wszystkich wykonanych seriach pomiarowych, zaobserwowano większe przyrosty przemieszczeń.

W 2020 r., podobnie jak w roku 2019, przyrosty przemieszczenia w stosunku do roku poprzedniego praktycznie nie wystąpiły. Błąd pomiarowy określono na ± 1.32 mm, a wielkość przemieszczenia w ciągu roku nie przekroczyła 0,5 mm. Największe

przemieszczenie skumulowane od początku pomiarów występuje na gł. 26.5 m p.p.t. i osiąga wartość około 5,5 mm.

W roku 2021 jedynie w przedziale 26 – 28 m p.p.t. występowały większe, cykliczne przyrosty przemieszczeń. W stosunku do roku poprzedniego przyrost przemieszczenia w tym interwale głębokości wyniósł około 2.8 mm. Błąd pomiarowy określono na ± 1.6 mm. Największe przemieszczenie skumulowane od początku pomiarów występuje na gł. 27 m p.p.t. i osiąga wartość około 5.6 mm, głównie po osi A-A' czyli zgodnie z nachyleniem stoku.

W „dziewiątej” sesji pomiarowej (pomiar z 12 października 2022 r.), jedynie w przedziale 26 – 28 m p.p.t. występowały większe, cykliczne przyrosty przemieszczeń. W stosunku do roku poprzedniego przyrost przemieszczenia w tym interwale głębokości wyniósł około 3.0 mm. Błąd pomiarowy określono na ± 1.88 mm. Największe przemieszczenie skumulowane od początku pomiarów występuje na gł. 27 m p.p.t. i osiąga wartość około 5.8 mm, głównie po osi A-A' czyli zgodnie z nachyleniem stoku.

Otwór inklinometryczny I-3/OK

Otwór inklinometryczny I-3/OK znajduje się w dolnej części osuwiska, w rejonie ulicy Jana Sawickiego. Wielkości przemieszczeń odnotowywane w tym otworze w pierwszej i drugiej serii pomiarowej były bliskie granicy błędu pomiarowego i maksymalnie osiągały 1,5 mm. W pomiarze z września 2014 roku, widać wyraźny wzrost przemieszczeń, z czego największy na głębokości około 10-11 m p.p.t. Przemieszczenie to miało wartość 3 mm w płaszczyźnie AA' oraz 6 mm wzdłuż poprzecznej osi BB'. Niewielki przyrost przemieszczeń o wartości około 1 mm wystąpił również na głębokości około 34-36 m p.p.t., lecz mieścił się w granicy błędu pomiarowego. W cyklu pomiarowym wykonanym w sierpniu 2017 roku zaobserwowano zmiany w pobliżu głębokości 10 m w płaszczyźnie AA' wynoszące 5 mm oraz na głębokościach 33-37 m o wartościach rzędu 2-3 mm. Natomiast największe przemieszczenia widoczne były w osi BB' na głębokościach około: 5,5 m, 10-11 m oraz 15 m, które wynosiły odpowiednio około 5 mm, 9 mm, 4,5 mm.

W cyklu pomiarowym z roku 2018 zmiany występowały w podobnych interwałach głębokościowych na około 5,5 m, 10,0 m i 33,5 m. Maksymalne przemieszczenie skumulowane występowało na 10,0 m p.p.t. i osiągnęło wartość 12,1 mm, przy obliczonej wielkości błędu pomiarowego ± 1.84 mm.

W cyklu pomiarowym z roku 2019 zmiany występowały jedynie w interwałach głębokościowych około 10,0 m i 33,5 m ale i tu nie przekroczyły maksymalnego błędu pomiarowego szacowanego na ± 1.88 mm.

W cyklu pomiarowym z roku 2020 brak jest przyrostu przemieszczenia na niemal całej głębokości pomiarowej. Nieznaczne zmiany występują jedynie w interwałach głębokościowych około 9.0 i 11.5 m, ale i tu nie przekraczają 0.6 mm.

W ósmym cyklu pomiarowym (2021 r.) odnotowano przyrosty przemieszczenia przekraczające błąd pomiarowy w interwałach: 9-11; 13-16; 35-37 m p.p.t. (maksymalnie 3.8 mm) Największe przemieszczenie skumulowane w tym otworze występuje na głębokości około 10 m i wynosi około 10.2 mm w stosunku do pomiaru z 2013 roku.

W obecnym cyklu pomiarowym (2021/2022 r.) odnotowano przyrosty przemieszczenia przekraczające błąd pomiarowy jedynie w interwale 35-37 m p.p.t. (maksymalnie 3.8 mm) Największe przemieszczenie skumulowane w tym otworze występuje na głębokości około 10 m.

Rura osłonowa inklinometru przy powierzchni została uszkodzona, nie wpływa to na działanie inklinometru, gdyż sama rura inklinometryczna jest nie naruszona. Na obecnym etapie nie jest wymagana naprawa rury osłonowej.

Podsumowanie:

Wszystkie serie pomiarowe wykazują przemieszczenia, przy czym w zależności od otworu obserwuje się je na różnych głębokościach. W otworze inklinometrycznym I-1/OK w latach 2013-2017, przemieszczenia zaobserwowano na głębokościach 5, 7, 10 i 26 m p.p.t, jednak obecnie największe wartości (około 13.2 mm) występują do głębokości 3,5 m (od zeszłego roku ta wartość nie uległa zmianie), co obecnie świadczy o dominacji spęływania powierzchniowego w rejonie skarpy głównej. Przemieszczenia gruntu w otworze I-2/OK, zaobserwowano na znacznej głębokości – 27 m p.p.t., przy czym nie są one znaczące i wynoszą łącznie 5,8 mm. Wskazuje to, iż w centralnej części osuwiska niewielkie przemieszczenia następują po płaszczyźnie poślizgu rozwiniętej w stropie jury. Wielkości przemieszczeń odnotowywane w inklinometrze I-3/OK w pierwszej i drugiej serii pomiarowej były bliskie granicy błędu pomiarowego, jednak od połowy 2014 roku zaobserwowano wyraźny wzrost przemieszczeń, z czego największe na głębokościach około 10-11 m p.p.t. i 33-37 m p.p.t., a od 2017 roku także na głębokościach 5,5 m i 15 m. W 2019 roku maksymalne przemieszczenie skumulowane występowało na głębokości 10,0 m p.p.t. i osiągało

wielkość ponad 12 mm. Natomiast pomiary z 2020 roku wskazują na nieznaczne zmiany w interwałach głębokościowych około 9.0 i 11.5 m, nieprzekraczające 0.6 mm. W 2021 roku odnotowano przyrosty przemieszczenia przekraczające błąd pomiarowy w interwałach: 9-11; 13-16; 35-37 m p.p.t. (maksymalnie 3.8 mm). W obecnym cyklu pomiarowym (2021/2022) odnotowano przyrosty przemieszczenia przekraczające błąd pomiarowy jedynie w interwale 35-37 m p.p.t. (maksymalnie 3.8 mm) Największe przemieszczenie skumulowane w tym otworze występuje na głębokości około 10 m.

Na podstawie przeprowadzonych badań należy uznać, że na analizowanym osuwisku, w całym okresie pomiarowym, występują przemieszczenia o niewielkiej dynamice, które lokalnie, nieznacznie przekraczają wartości błędu pomiarowego, w związku z tym zaleca się dalsze pomiary kontrolne w cyklu rocznym.

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, które zostały zainstalowane w 2013 roku w otworach o średnicy $\varnothing$ 132 milimetry, gdzie zapuszczono kolumny rur piezometrycznych o średnicy $\varnothing$ 80 milimetrów, wykonane 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	1,0	2,0	2,0

nadfiltrowej [m]			
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. W celu uzyskania ciągłej rejestracji danych o zmianach poziomu wody gruntowej w czasie, podczas instalacji rur piezometrycznych, zainstalowano w nich również limnimetry. Wyniki pomiarów od dnia 18.11.2021 do 12.10.2022 r. zawiera załącznik nr 5.

W tabeli 2 zestawiono głębokości występowania zwierciadła wody w wybranych dniach pomiarowych od początku prowadzenia monitoringu piezometrycznego. Pomiaru dokonano za pomocą świstawki hydrogeologicznej.

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
01.08.2017	-	5,45	15,63
09.08.2017	-	5,45	15,65

**SPRAWOZDANIE z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2022
na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego**

19.11.2018	-	5,73	15,92
23.10.2019	-	5,77	15,57
23.10.2020	-	5,85	16,04
18.11.2021	-	4,23	15,24
12.10.2022	-	5,18	15,74

W lutym i marcu 2013 roku głębokość zwierciadła wody gruntowej nie podlegała istotnym zmianom. Pomiar przeprowadzony 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 sączów w utworach gliniasto-zwietrzelinowych. Pomiar przeprowadzony we wrześniu 2014 roku wskazuje natomiast na obniżenie się zwierciadła wody, w stosunku do pomiarów z roku poprzedniego, co wynika przede wszystkim z mniejszej ilości opadów atmosferycznych. W roku 2017 obserwuje się obniżenia zwierciadła wody w otworach P-1/OK oraz P-2/OK oraz minimalny wzrost zwierciadła wody w otworze P-3/OK.

W trakcie okresu pomiarowego w roku 2018 od dnia 23.05.2018 do 19.11.2018 w piezometrze P-1/OK nie zostało stwierdzone zwierciadło wody - piezometr suchy. W piezometrze P-2/OK obserwuje się spadek zwierciadła wody od 4,9 m w maju 2018r. do 6,1m w październiku 2018r., a następnie jego podnoszenie do głębokości 5,7m p.p.t. Pomiar prowadzone w okresie letnim wykazują wyższe wartości niż w okresie jesiennym. Wahania takie są zjawiskiem naturalnym. W piezometrze P-3/OK przez cały okres pomiarowy zwierciadło wody oscyluje w granicach 15,8-16,0m p.p.t.

W trakcie pomiaru w roku 2019 w dniu 23.10.2019 w piezometrze P-1/OK nie zostało stwierdzone zwierciadło wody - piezometr suchy. W piezometrze P-2/OK odnotowano zwierciadło wody na poziomie 5,77 m p.p.t. co było wzrostem mieszczącym się w granicach błędów pomiarowych, względem pomiaru w dniu 19.11.2018. A w piezometrze P-3/OK na poziomie 15,57 m p.p.t, był to spadek o 0,4 m w stosunku do pomiaru z 19.11.2018. Pomiar w maju 2019 zanotowały podniesienie się poziomu zwierciadła wody do około 0,9 m p.p.t w piezometrze P-2/OK. Spowodowane to było intensywnymi opadami, jakie wystąpiły w tym okresie. Następnie poziom wody spadał i ustabilizował się na około 5,8 m p.p.t. W okresie tym zaobserwowano również wodę w piezometrze P-1/OK, który przez pozostałą część roku pozostaje suchy. Poziom zwierciadła wody podniósł się wtedy do 10,1 m p.p.t, pod koniec maja, by następnie systematycznie spadać. W połowie lipca osiągnął

początkową głębokość – piezometr suchy. Pomiary prowadzone w okresie letnim wykazują wyższe wartości niż w okresie jesiennym. Wahania takie są zjawiskiem naturalnym. W piezometrze P-3/OK przez cały okres pomiarowy zwierciadło wody oscylowało w granicach 15,5-15,9 m p.p.t.

W trakcie pomiaru w roku 2020 w dniu 23.10.2020 w piezometrze P-1/OK nie zostało stwierdzone zwierciadło wody - piezometr suchy. W piezometrze P-2/OK obserwuje się zwierciadło wody na poziomie 5,58 m p.p.t. co jest wzrostem mieszczącym się w granicach błędu pomiarowego, względem pomiaru w dniu 23.10.2019. A w piezometrze P-3/OK na poziomie 16,04 m p.p.t. jest to spadek o 0,47 m w stosunku do pomiaru z 23.10.2019. Pomiary wykonane w piezometrze P-2/OK wskazują na wzrost poziomu wody w okresie jesienno-zimowym, do maksymalnej wartości równej 4,86 m p.p.t., zanotowanej końcem lutego 2020 roku, niewielkie zmiany poziomu wody do końca wiosny i wyraźny jego spadek w okresie letnim (od końca czerwca), osiągając wartość minimalną równą 6,26 m p.p.t., końcem września. Wyraźny wzrost poziomu wody następuje obecnie od pierwszej połowy października. Wahania takie są zjawiskiem naturalnym, związanym ze zmianami pogodowymi typowymi dla pór roku. W piezometrze P-3/OK przez cały okres pomiarowy zwierciadło wody oscyluje w granicach 15,6-16,0 m p.p.t. (są to niewielkie zmiany), a po przeanalizowaniu wykresu w załączniku 5.3, można zauważyć że poziom zwierciadła systematycznie spada, a nieznaczne wahania spowodowane są okresami ze zwiększonymi opadami.

W trakcie pomiaru w roku 2021 w dniu 09.11.2021 w piezometrze P-1/OK nie zostało stwierdzone zwierciadło wody - piezometr suchy, w piezometrze P-2/OK obserwuje się zwierciadło wody na poziomie 4,23 m p.p.t., jest to wzrost o 1,15 m w stosunku do pomiaru z 09.11.2020 r., a w piezometrze P-3/OK na głębokości 15,24 m p.p.t. jest to wzrost o 0,81 m w stosunku do pomiaru z 09.11.2020 r. Pomiary zwierciadła wody wykonane od października 2020 r. do listopada 2021 r., w piezometrze P-1/OK wskazują na wahania zwierciadła wody od maja do października, we wcześniejszych miesiącach w piezometrze nie stwierdzono zwierciadła wody. Najwyższy poziom zwierciadła wody, na poziomie 11,54 m p.p.t., odnotowano w sierpniu, znacząco wyższy poziom zwierciadła wody odnotowano także w lipcu oraz na przełomie sierpnia i września, co wiąże się z gwałtownymi i ulewnymi opadami deszczu, które miały miejsce w tych miesiącach. Pomiary wykonane od września do października wskazują na spadek poziomu zwierciadła wody, później zwierciadło wody nie zostało stwierdzone – piezometr suchy. Pomiary wykonane w piezometrze P-2/OK, od października 2020 r. do listopada 2021 r. wskazują na wyraźne wahania i wzrost

poziomu wody w okresie od lipca do września, do maksymalnej wartości równej 1,74 m p.p.t., zanotowanej początkiem września 2021 r., związane z opadami deszczu, które miały miejsce w tych miesiącach. Odnotowano także niewielkie zmiany poziomu wody do końca wiosny i wyraźny jego spadek od początku września tego roku. W piezometrze P-3/OK, w okresie obserwacji od października 2020 r. do czerwca 2021 r., zwierciadło wody głównie oscyluje w granicach 16,0 m p.p.t. (widoczne niewielkie zmiany), obserwuje się także nieznaczny, szybszy wzrost poziomu zwierciadła wody od lipca tego roku.

W trakcie pomiaru w roku 2022 w dniu 12.10.2022 (załącznik 5) w piezometrze P-1/OK nie zostało stwierdzone zwierciadło wody - piezometr suchy, w piezometrze P-2/OK obserwuje się zwierciadło wody na poziomie 5,18 m p.p.t., jest to spadek o 0,95 m w stosunku do pomiaru z 18.11.2021 r., a w piezometrze P-3/OK na głębokości 15,74 m p.p.t, jest to spadek o 0,5 m w stosunku do pomiaru z 18.11.2021 r. Pomiary zwierciadła wody wykonane od listopada 2021 r do października 2022 r., w piezometrze P-1/OK wskazują na wahania zwierciadła wody od lutego do marca, we wcześniejszych oraz w późniejszych miesiącach w piezometrze nie stwierdzono zwierciadła wody. Najwyższy poziom zwierciadła wody, na poziomie 19,7 m p.p.t., odnotowano w drugiej połowie lutego, co wiąże się z opadami deszczu i śniegu, które miały miejsce w tych miesiącach (luty-marzec). Pomiary wykonane w piezometrze P-2/OK, od listopada 2021 r. do października 2022 r. wskazują na wyraźne wahania poziomu wody od stycznia do lipca tego roku oraz wzrost poziomu zwierciadła wody szczególnie w miesiącach luty-kwiecień, do maksymalnej wartości równej 3,45 m p.p.t., zanotowanej początkiem lutego 2022 r., związany z opadami deszczu, które miały miejsce w tych miesiącach. Odnotowano także spadek poziomu zwierciadła wody od połowy kwietnia tego roku. W piezometrze P-3/OK, w okresie obserwacji od listopada 2021 r. do października 2022 r., zwierciadło wody głównie oscyluje w granicach 15,2-15,7 m p.p.t. (widoczne niewielkie wahania poziomu zwierciadła w okresie luty-marzec).

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, zaostrzone 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 3.

Tabela 3

Nr repera	Współrzędna X [PUWG 2000]	Współrzędna Y [PUWG 2000]	Rzędna terenu [m n.p.m.]
W1	5547284.422	7420544.268	286.088
W2	5547284.265	7420639.611	272.803
W3	5547292.263	7420766.606	249.932
W4	5547317.556	7420704.330	251.861
W5	5547305.410	7420824.942	248.261
W6	5547354.590	7420854.792	235.881
W7	5547367.597	7420792.087	236.008
W8	5547333.441	7420626.661	261.812
W9	5547377.518	7420657.733	251.081
W10	5547500.695	7420837.305	263.623

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

- 15 marca 2013 r. – pomiar pierwszy,
- 17 kwietnia 2013 r. – pomiar drugi,
- 15 września 2014 r. – pomiar trzeci,
- 1 sierpnia 2017 r. – pomiar czwarty,
- 2 listopada 2018 r. – pomiar piąty,
- 30 września 2019 r. – pomiar szósty,
- 29 października 2020 r. – pomiar siódmy,
- 18 listopada 2021 r. – pomiar ósmy,
- 17 października 2022 r. – pomiar dziewiąty.

Na potrzeby niniejszego sprawozdania wykonano kolejną – dziewiątą serię pomiarową dnia 17 października 2022 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 4.1-4.4.

Na podstawie pierwszych dwóch serii pomiarowych przeprowadzonych 15 marca i 17 kwietnia 2013 roku, zaobserwowano nieznaczne przemieszczenia powierzchniowe, których wartości wzdłuż osi dX wynosiły odpowiednio od -6 do 7 mm oraz -10 mm do 10 mm, w reperach W5, W6 i W10, natomiast wzdłuż osi dY przemieszczenia wynosiły od -11 mm do 13 mm w pierwszej serii pomiarowej i od -15 mm do 18 mm w drugiej serii, odpowiednio w reperach W7 i W8. Przemieszczenia zarejestrowane w pionie wzdłuż osi dH wynosiły odpowiednio w pierwszej i drugiej serii pomiarowej 0-2 mm oraz 0-3 mm. Świadczy to o występowaniu największych przemieszczeń w reperach znajdujących się w centralnej części osuwiska oraz po jej wschodniej stronie, przy czym jedynie repery W7 i W8 znajdują się w obrębie strefy aktywnej, a pozostałe w obrębie strefy nieaktywnej, z czego, reper W10 zlokalizowany jest w rejonie ulicy Jana Sawickiego i budynków mieszkalnych.

III seria pomiarowa z 15 września 2014 roku, wykonana została po 19 miesiącach od serii „zerowej” z 15 stycznia 2013 r. Wykazała ona przemieszczenia wzdłuż osi dX w granicach od -28 mm do 31 mm w reperach po zachodniej stronie części aktywnej osuwiska (W1, W8 i W9). Wzdłuż osi dY przemieszczenia wahały się między -46 mm a 16 mm w reperach W1, W3 i W5, z czego jedynie reper W1 znajduje się w strefie aktywnej osuwiska. W stosunku do serii bazowej przemieszczenia wzdłuż osi dH były niewielkie i we wszystkich reperach wynosiły od 1 mm do 3 mm.

Na podstawie czwartej serii pomiarowej przeprowadzonej 1 sierpnia 2017 roku, po upływie blisko 3 lat od ostatniego pomiaru, na całym badanym obszarze osuwiska intensywność przemieszczeń wyraźnie zmalała, natomiast wzrosła w rejonie przy granicy strefy okresowo aktywnej i nieaktywnej znajdującej się po wschodniej stronie strefy okresowo aktywnej. Największe ruchy w płaszczyźnie poziomej, wzdłuż osi dX, zaobserwowano w reperach W6 i W7, gdzie wynoszą odpowiednio 32 mm i -37 mm. Dodatkowo, w reperze W6, wzdłuż osi dY przemieszczenie wyniosło 32 mm, natomiast w pozostałych reperach, przemieszczenia poziome wzdłuż obydwu osi mieściły się odpowiednio w granicach od -5 mm do 6 mm i od -7 mm do 6 mm. Natomiast zaobserwowane przemieszczenia w pionie (dH) są bardziej zróżnicowane niż

dotychczas i wynoszą od -5 mm do 6 mm, z czego największe zmiany obserwowane są w reperach W1 i W6. W sierpniu 2017 r. nie zostały wykonane pomiary w reperze W10 z powodu jego zniszczenia, spowodowanego prawdopodobnie pracami ziemnymi wykonanymi w jego rejonie.

W piątej serii pomiarowej z 2 listopada 2018 roku, największe przemieszczenia nadal obserwowane są w reperach W6 i W7, gdzie w płaszczyźnie dX wystąpiły przemieszczenia rzędu -42 mm do 18 mm, natomiast w płaszczyźnie dY od -8 mm w reperach W4 i W5 do 23 mm reperze W6. Od ostatniego pomiaru, w płaszczyźnie dH, przemieszczenia nie uległy dużym zmianom i wahały się od -3 mm do 5 mm. Reper oznaczony jako W10 został zniszczony, a ze względu na jego lokalizację wskazane jest jego odtworzenie.

Na podstawie szóstej serii pomiarowej z 30 września 2019 roku można było stwierdzić ruch pionowy punktów W3, W4, W6, W8 i W9, zlokalizowanych na powierzchni całej strefy osuwiskowej. Wartość przesunięć w płaszczyźnie dH wyniosła od 3 do 6 mm oraz zaobserwowano ruchy poziome dla punktów W1, W6, W7 i W9 położonych na obszarze dolnej części strefy osuwiskowej. Dla punktu W1 wartość przesunięcia w płaszczyznach dX oraz dY wyniosły odpowiednio 19 oraz -28 mm. Dla punktu W6 wartości te osiągnęły odpowiednio 44 oraz 22 mm. Pomiary w punkcie W7 wykazały przesunięcie dX równe -47 mm, a także przesunięcie dY równe 15 mm. Ostatni punkt którego wartości różnią się znacznie to punkt W9, w którym przesunięcie dX wyniosło -13 mm a dY 17 mm. Wartości dla punktów W2, W5 różniły się nieznacznie w stosunku od poprzednich pomiarów.

Na podstawie siódmej serii pomiarowej z 29 października 2020 roku można natomiast stwierdzić ruch pionowy wszystkich punktów pomiarowych, zlokalizowanych na powierzchni całej strefy osuwiskowej, nie wliczając punktu W5 i W7, wartość przesunięć w płaszczyźnie dH wynosi od 2 do 5 mm. Ruchy poziome stwierdzono dla punktów W1, W5, W6, W7, W8 i W9 zlokalizowanych na powierzchni całej strefy osuwiskowej. Dla punktu W1 wartość przesunięcia w płaszczyznach dX oraz dY wynoszą odpowiednio 16 oraz -21 mm. Dla punktu W5 wartości te osiągają odpowiednio 15 oraz 8 mm. Pomiary w punkcie W6 wykazały przesunięcie dX równe -37 mm, a także przesunięcie dY równe 27 mm. Dla punktu W7 wartości dX oraz dY osiągają odpowiednio -52 oraz 11 mm. Pomiary w punkcie W6 wykazały przesunięcie dX równe -12 mm, a także przesunięcie dY równe 27 mm. Ostatni punkt, którego wartości różnią się znacznie, to punkt W9, w którym przesunięcie dX wynosi -8 mm,

a dY 4 mm. Wartości dla punktów W2, W3 i W4 różnią się nieznacznie od poprzednich pomiarów.

Na podstawie interpretacji ósmej serii pomiarowej z 18 listopada 2021 roku można stwierdzić ruch pionowy punktów pomiarowych W1 (najwyżej położony punkt), W6 i W7 (najniżej położone punkty), zlokalizowanych na powierzchni całej strefy osuwiskowej. Wartość przemieszczeń w płaszczyźnie dH dla W1 wynosi -6 mm, a dla W6 i W7 wynosi 8 mm. Wartości przemieszczeń w płaszczyźnie dH dla pozostałych punktów pomiarowych różnią się nieznacznie od poprzednich pomiarów. Ruchy poziome stwierdzono dla punktów W1, W2, W6, W7 i W9 zlokalizowanych na powierzchni całej strefy osuwiskowej. Dla punktu W1 wartość przesunięcia w płaszczyznach dX oraz dY wynoszą odpowiednio 10 oraz -22 mm. Dla punktu W2 wartości te osiągają odpowiednio -9 oraz -10 mm. Pomiary w punkcie W6 wykazały przesunięcie dX równe 35 mm, a także przesunięcie dY równe 26 mm. Dla punktu W7 wartości dX oraz dY osiągają odpowiednio -40 oraz -3 mm. Pomiary w punkcie W9 wykazały przesunięcie dX równe -12 mm, a także przesunięcie dY równe 4 mm. Reper oznaczony jako W10 został zniszczony przed pomiarem w roku 2017, a ze względu na jego lokalizację wskazane jest jego odtworzenie.

Na podstawie interpretacji dziewiątej serii pomiarowej z 17 października 2022 roku można stwierdzić ruch pionowy punktów pomiarowych W1 (najwyżej położony punkt), W3 i W6 (niżej położone punkty), zlokalizowanych w górnej części strefy osuwiskowej. Wartość przemieszczeń w płaszczyźnie dH dla W1 wynosi -4 mm, a dla W3 i W6 wynosi kolejno 5 i 6 mm. Wartości przemieszczeń w płaszczyźnie dH dla pozostałych punktów pomiarowych różnią się nieznacznie od poprzednich pomiarów. Ruchy poziome, podobnie jak w latach poprzednich, stwierdzono dla punktów W1, W6, W7 i W9 zlokalizowanych na powierzchni całej strefy osuwiskowej. Dla punktu W1 wartość przesunięcia w płaszczyznach dX oraz dY wynoszą odpowiednio 24 oraz -29 mm. Pomiary w punkcie W6 wykazały przesunięcie dX równe 31 mm, a także przesunięcie dY równe 20 mm. Dla punktu W7 wartości dX oraz dY osiągają odpowiednio -53 oraz 1 mm. Pomiary w punkcie W9 wykazały przesunięcie dX równe -25 mm, a także przesunięcie dY równe 4 mm. Reper oznaczony jako W10 został zniszczony przed pomiarem w roku 2017, a ze względu na jego lokalizację wskazane jest jego odtworzenie.

5. Wnioski i uwagi końcowe

Na potrzeby niniejszego opracowania w październiku 2022 roku, przeprowadzono dziewiątą serię pomiarową monitoringu powierzchniowego i głębokiego na terenie osuwiska, znajdującego się na północnych stokach Wzgórza Świętej Bronisławy, w okolicach ulicy Jana Sawickiego w Krakowie.

Pomiary wykonano w 3 piezometrach wyposażonych w limnimetry oraz w 3 inklinometrach zlokalizowanych w górnej, środkowej i dolnej części osuwiska, a także w 9 reperach geodezyjnych (10 reper został zniszczony), znajdujących się na całym jego terenie.

Wyniki pomiarów monitoringu piezometrycznego, wykonanych w październiku 2022 roku, wskazują na utrzymanie się zwierciadła wód podziemnych na podobnym poziomie, w stosunku do badań w latach wcześniejszych, z niewielkimi wahaniami typowymi dla zmienności pór roku oraz w zależności od intensywności opadów atmosferycznych (wyraźny wzrost poziomu zwierciadła wody przypadł na luty-marzec 2022 r.).

Dynamika przemieszczeń obserwowana w badaniach inklinometrycznych jest stosunkowo niewielka.

Na podstawie pomiarów reperów geodezyjnych, można stwierdzić, że w obrębie osuwiska wystąpiły przemieszczenia w stosunku do serii bazowej. Przy czym przemieszczenia te były zmienne w czasie wykonywania badań. W ciągu ostatnich trzech pomiarów największe wartości przemieszczeń, zarejestrowano w punktach pomiarowych W6 i W7, które zlokalizowane są w centralnej i zachodniej części osuwiska przy granicy strefy okresowo aktywnej i nieaktywnej. Może to wskazywać na odnowienie ruchów w części dotychczas uznanej za nieaktywną. Pomiary w 2022 r. dodatkowo wykazują przyrosty przemieszczeń w punktach W1 oraz W3, a także w punkcie W9.

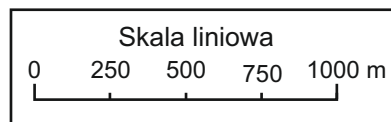
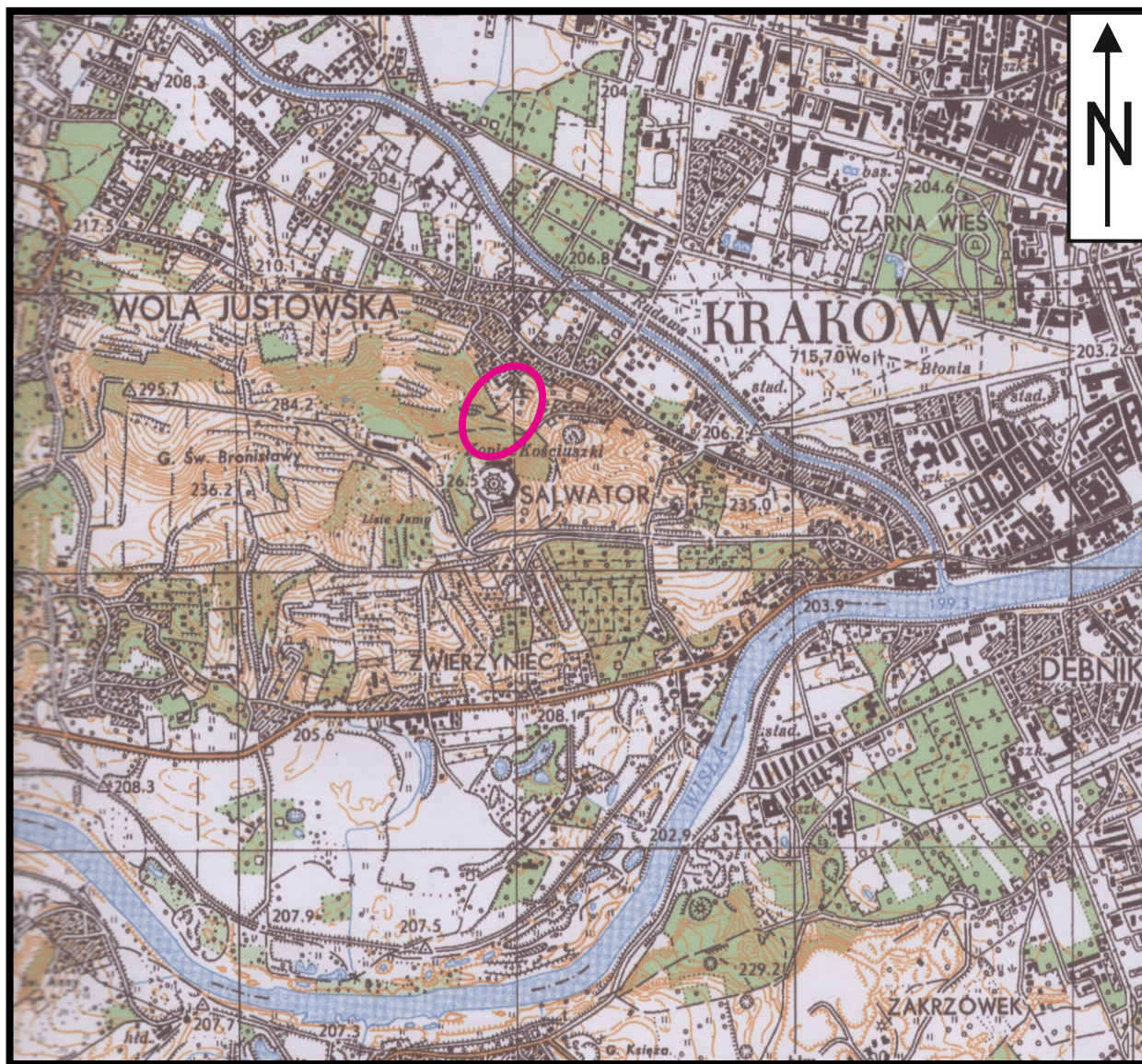
Na podstawie wykonanych badań monitoringowych, można stwierdzić, że w obrębie całego osuwiska dochodzi do przemieszczeń gruntów. Stwierdzone przemieszczenia w obrębie sieci monitoringu powierzchniowego świadczą o procesach spęływania wierzchniej części gruntów, których skala ze względu na znaczne spadki terenu uzależniona jest od warunków atmosferycznych. Pomiędzy seriami pomiarowymi zauważa się przemieszczenia w poziomie w obrębie reperów geodezyjnych, które wynikają z sezonowych zmian warunków atmosferycznych. Ruchy

w obrębie elementów monitoringu wglębnego są zauważalne, przy czym ich dynamika nie jest znaczna. Ruchy masowe będą się nasilać w okresach występowania intensywnych, długotrwałych opadów atmosferycznych i wiosennych roztopów, ze względu na wzmożoną infiltrację wody gruntowej w utwory koluwalne występujące na zboczu, która doprowadzi do dodatkowego obciążenia stoku oraz dalszego uplastycznienia gruntów. Przemieszczenia te należy monitorować i na bieżąco dokonywać ich analizy.

W związku z ruchami zanotowanymi do tej pory we wszystkich interwałach pomiarowych, zarówno w sieci monitoringu wglębnego, jak i powierzchniowego, dla oceny dynamiki i skali przemieszczeń na osuwisku zaleca się dalsze prowadzenie monitoringu jeden raz w roku.

Mapa topograficzna

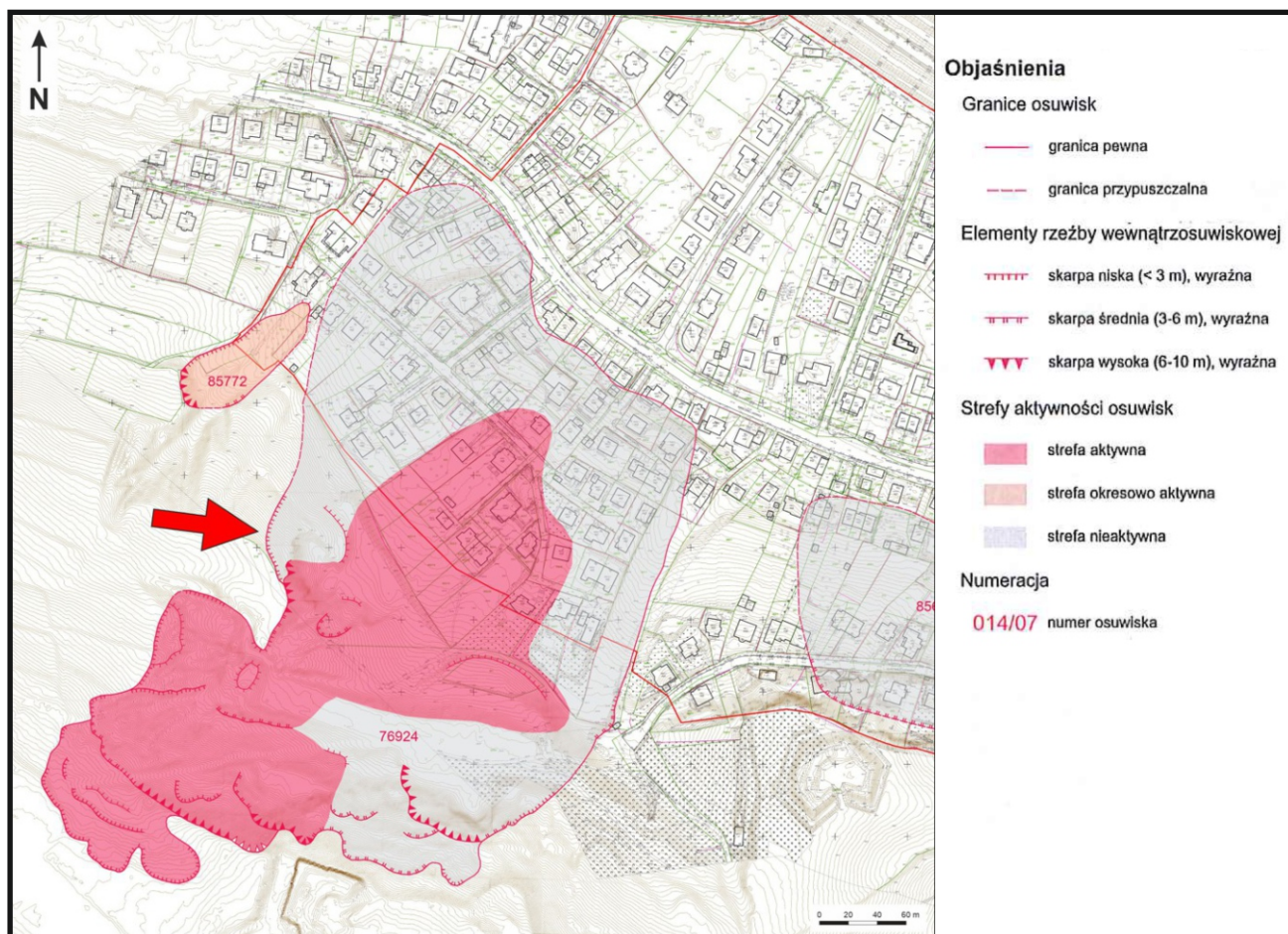
Skala 1 : 25 000



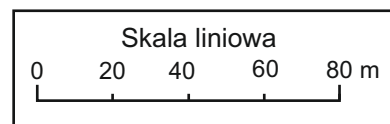
Objaśnienia:

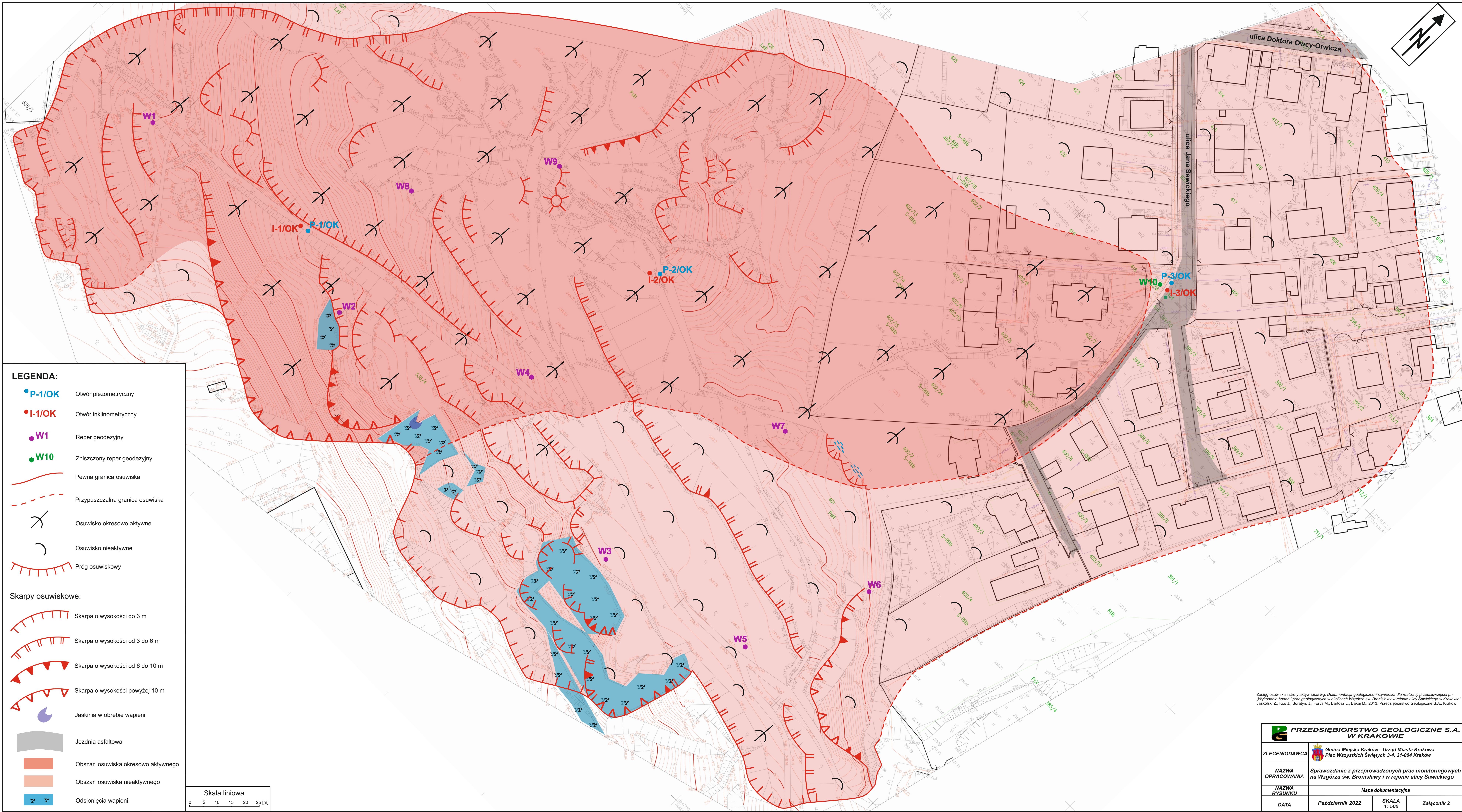
 - Teren wykonanych pomiarów monitoringowych

Mapa topograficzna z obszarem osuwiska Skala: 1 : 2 000



Kamieniarz S., Kos J., 2020. Karta rejestracyjna osuwiska. Centrum Geozagrożeń PIG-PIB, Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, Kraków.





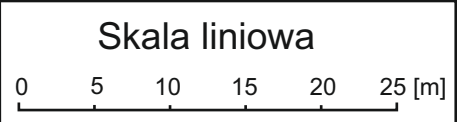
LEGENDA:

- **P-1/OK** Otwór piezometryczny
- **I-1/OK** Otwór inklinometryczny
- **W1** Reper geodezyjny
- **W10** Zniszczony reper geodezyjny
- Pewna granica osuwiska
- - - Przypuszczalna granica osuwiska
- X Osuwisko okresowo aktywne
- C 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
- Odstąpienia wapieni



Zasięg osuwiska i strefy aktywności wg: Dokumentację geologiczno-inżynierską 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

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		
DATA	Październik 2022	SKALA 1: 500	Załącznik 2

Objanienia 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

Otwór S-1

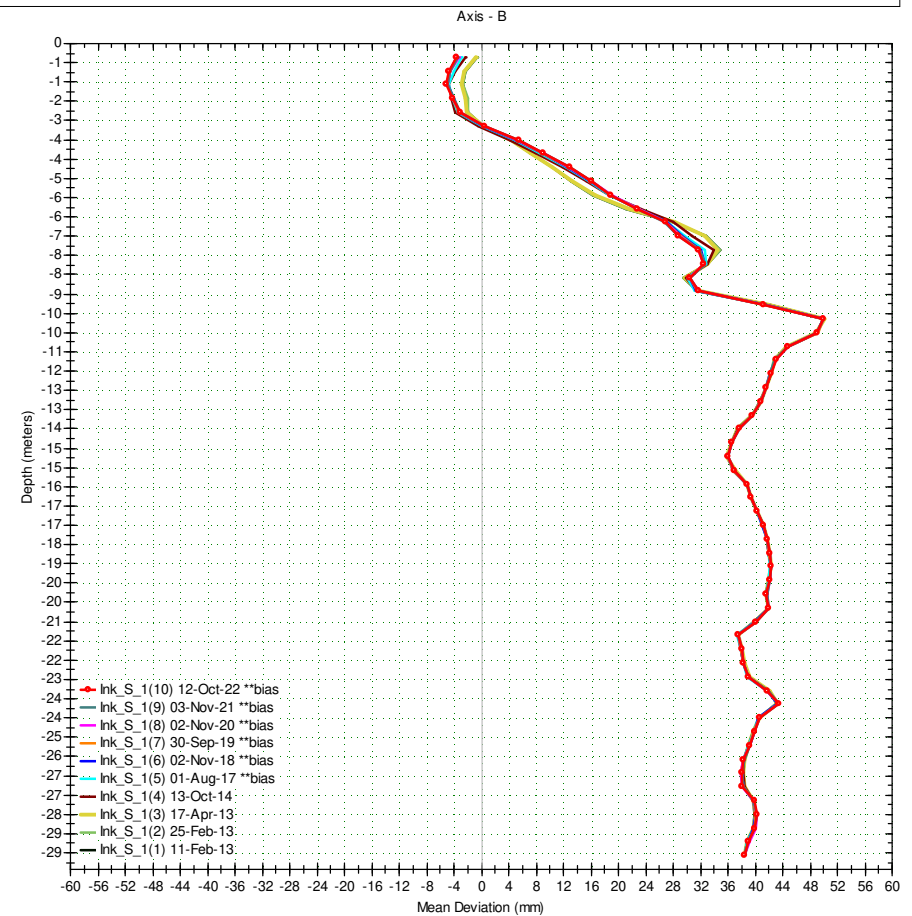
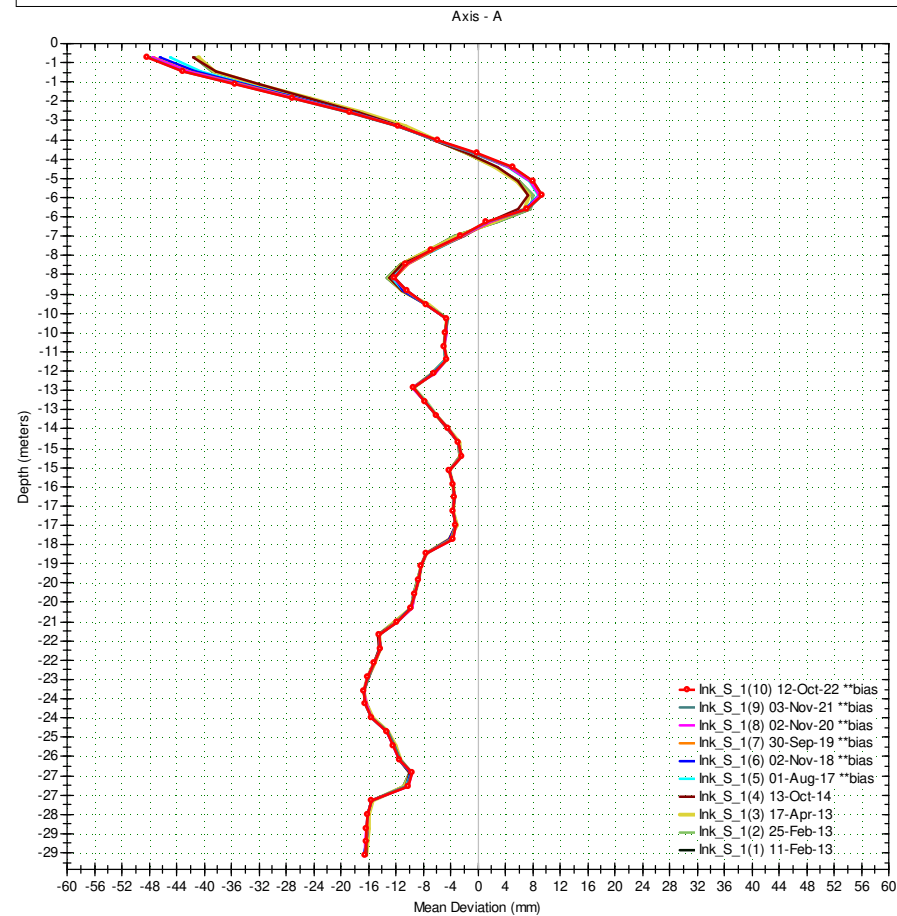
RST Instruments Ltd.

MEAN DEVIATION

Inclinanalysis v. 2.48.9

Borehole : Ink_S_1
Project : Inclinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 50003'23.6"
Easting : 19053'28.1"
Collar : 283 m.n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Base Reading : 2013 Feb 11 13:01
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-1

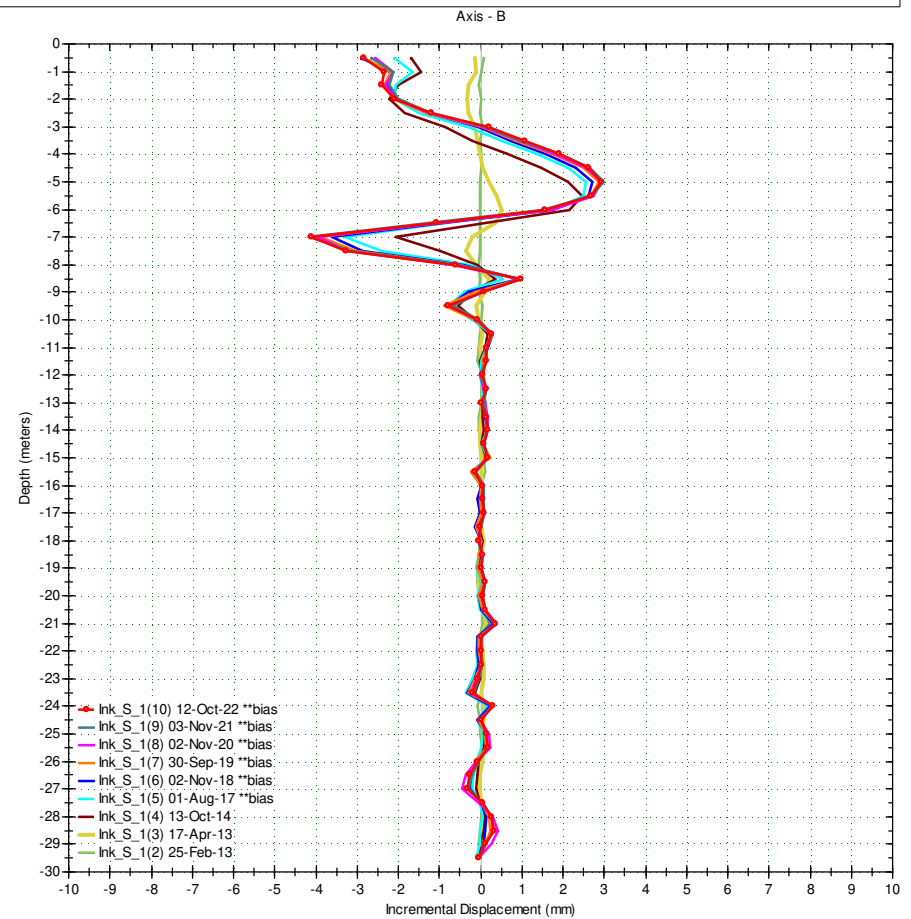
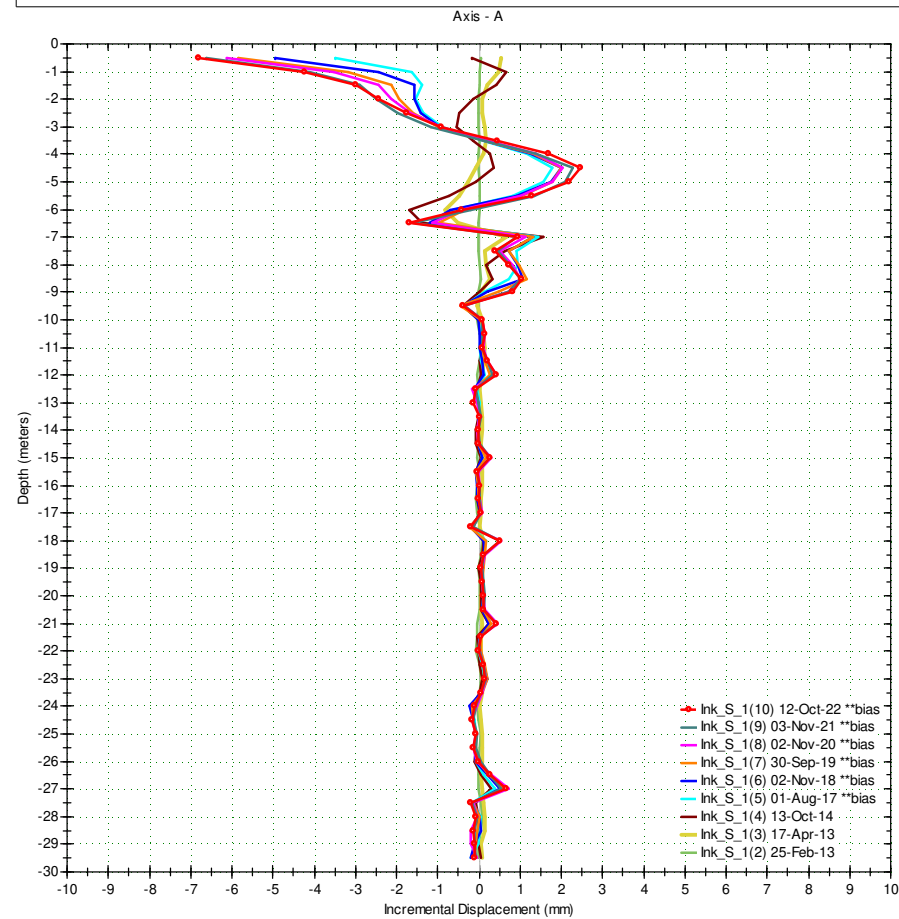
RST Instruments Ltd.

INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinanalysis v. 2.48.9

Borehole : Ink_S_1
Project : Inclinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 50003'23.6"
Easting : 19053'28.1"
Collar : 283 m.n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Base Reading : 2013 Feb 11 13:01
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-1

RST Instruments Ltd.

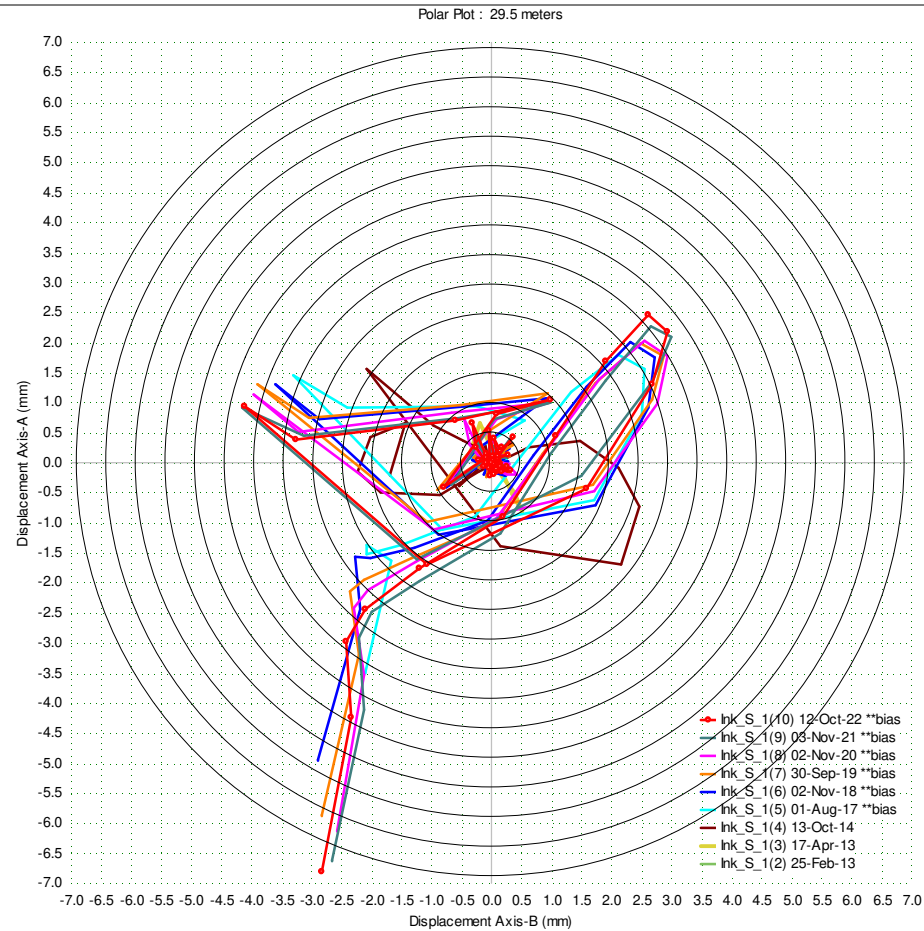
Borehole : Ink_S_1
 Project : Inklinometry KRA
 Location : Kraków , ul. Sawickiego
 Northing : 5003'23.6"
 Easting : 19053'28.1"
 Collar : 283 m.n.p.m.
 Collar Elev : 0.00 meters

POLAR PLOT - INCREMENTAL DISPLACEMENT
 Displacement vs. Angle

Inclinalysis v. 2.48.9

Spiral Correction : N/A

Reading Depth : 29.5 meters
 A+ Groove Azimuth : 20
 Latest Reading : 2022 Oct 12 09:09
 Initial Reading : 2013 Feb 25 13:24
 Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-1

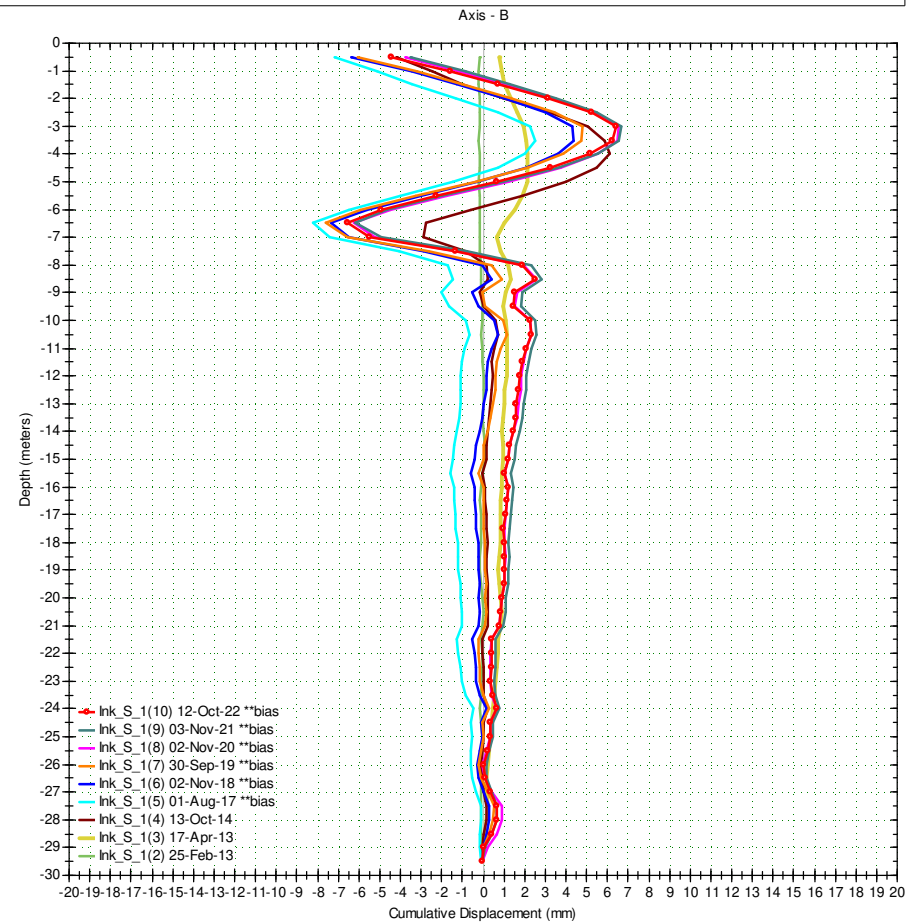
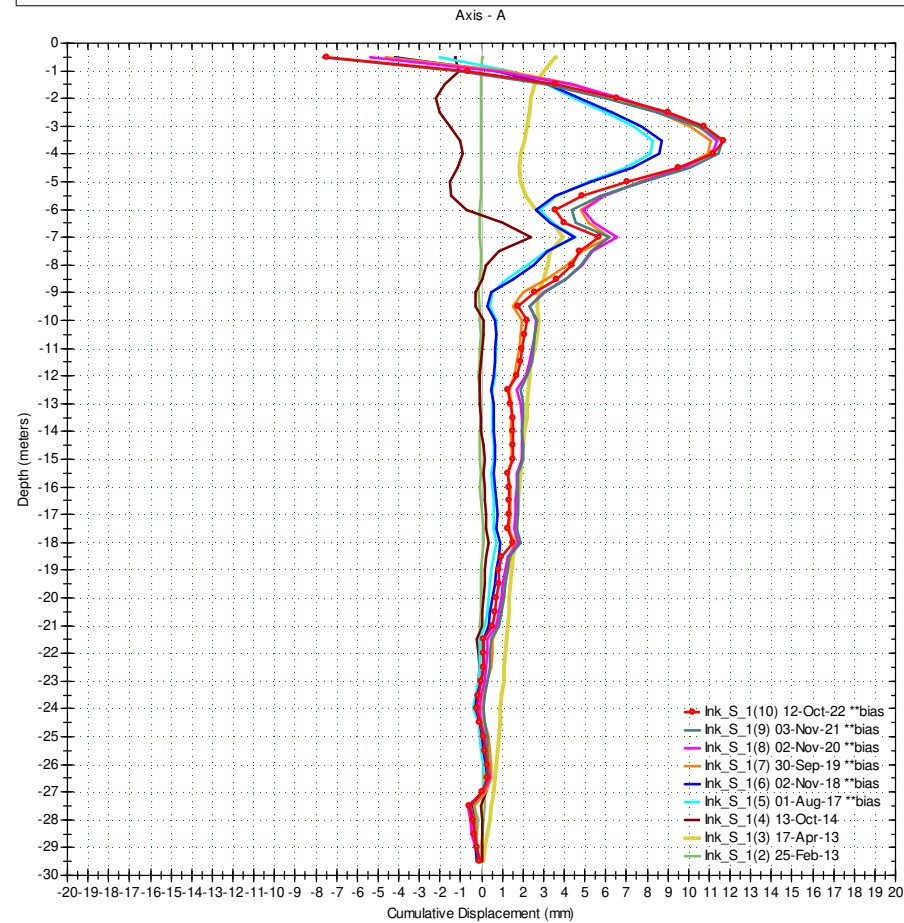
RST Instruments Ltd.

CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinanalysis v. 2.48.9

Borehole : Ink_S_1
Project : Inclinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 5003'23.6"
Easting : 19053'28.1"
Collar : 283 m.n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Base Reading : 2013 Feb 11 13:01
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-1

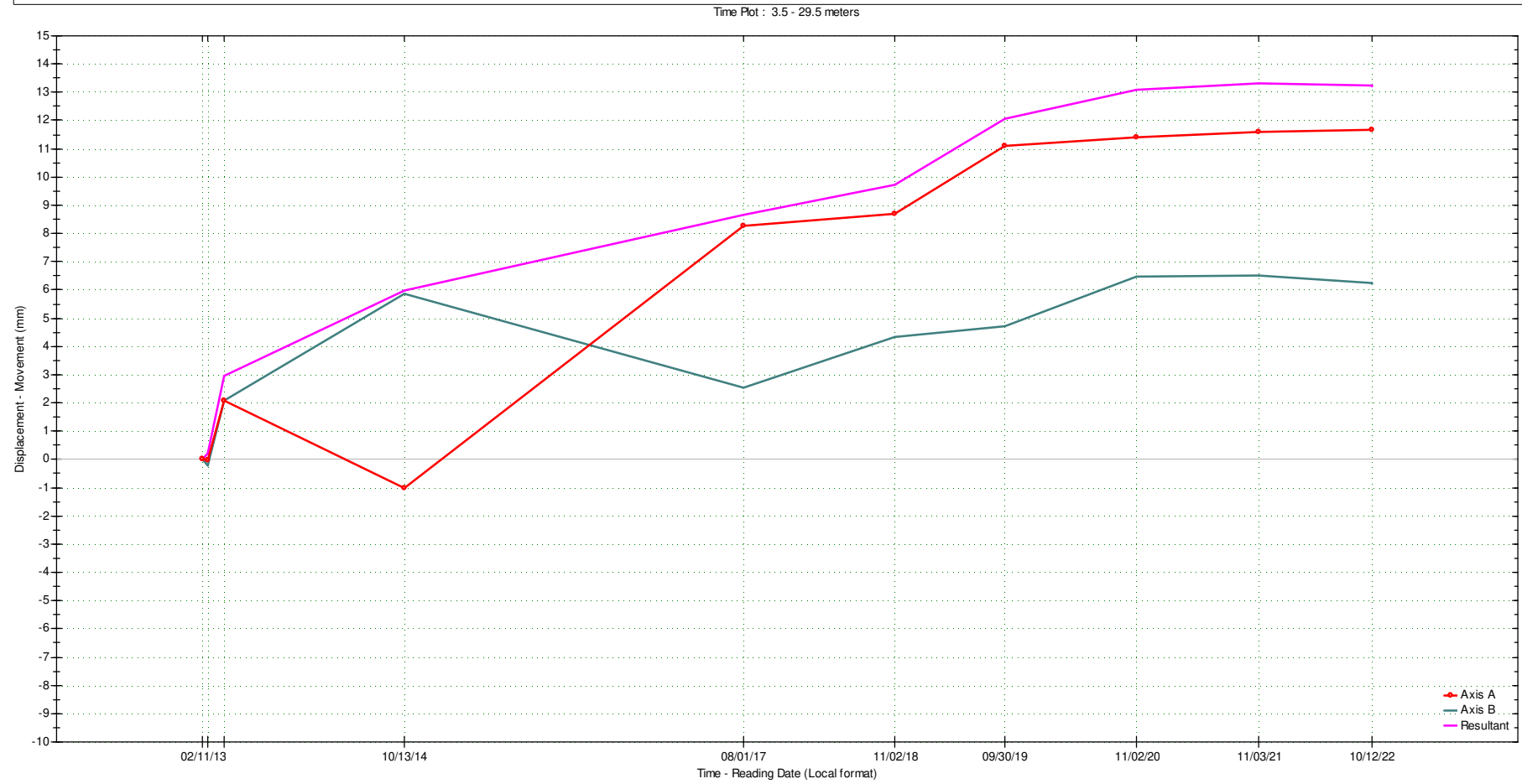
RST Instruments Ltd.

Borehole : Ink_S_1
Project : Inklinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 50003'23.6"
Easting : 19053'28.1"
Collar : 283 m.n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

TIME PLOT
Displacement vs. Time

Inclinanalysis v. 2.48.9

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 3.5 - 29.5 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Latest Reading : 2022 Oct 12 09:09
Initial Reading : 2013 Feb 11 13:01
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-2

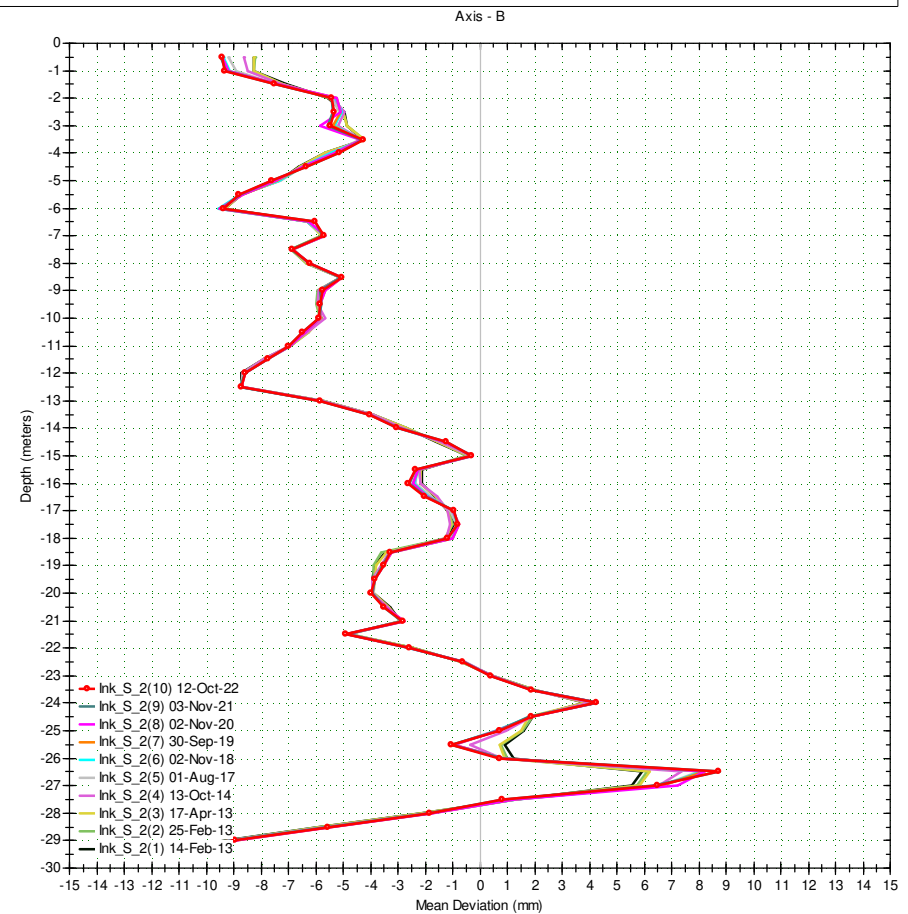
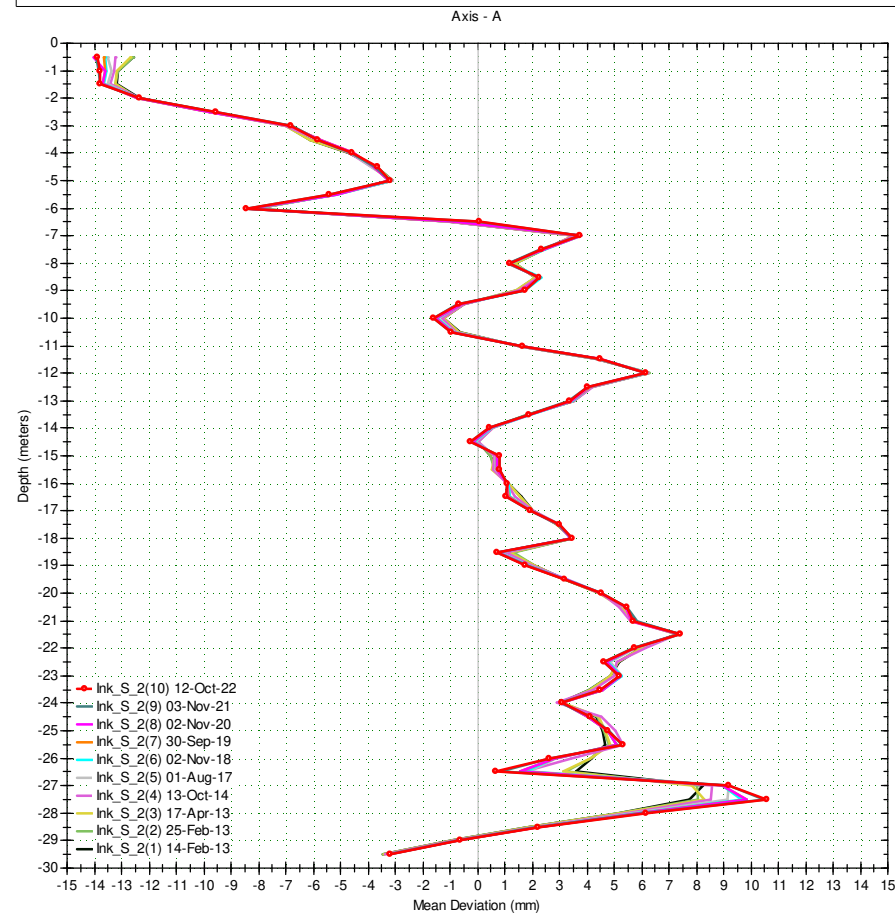
RST Instruments Ltd.

MEAN DEVIATION

Inclanalysis v. 2.48.9

Borehole : Ink_S_2
Project : Inklinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 5003'25.5"
Easting : 19053'34.1"
Collar : 258 m.n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Base Reading : 2013 Feb 14 11:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-2

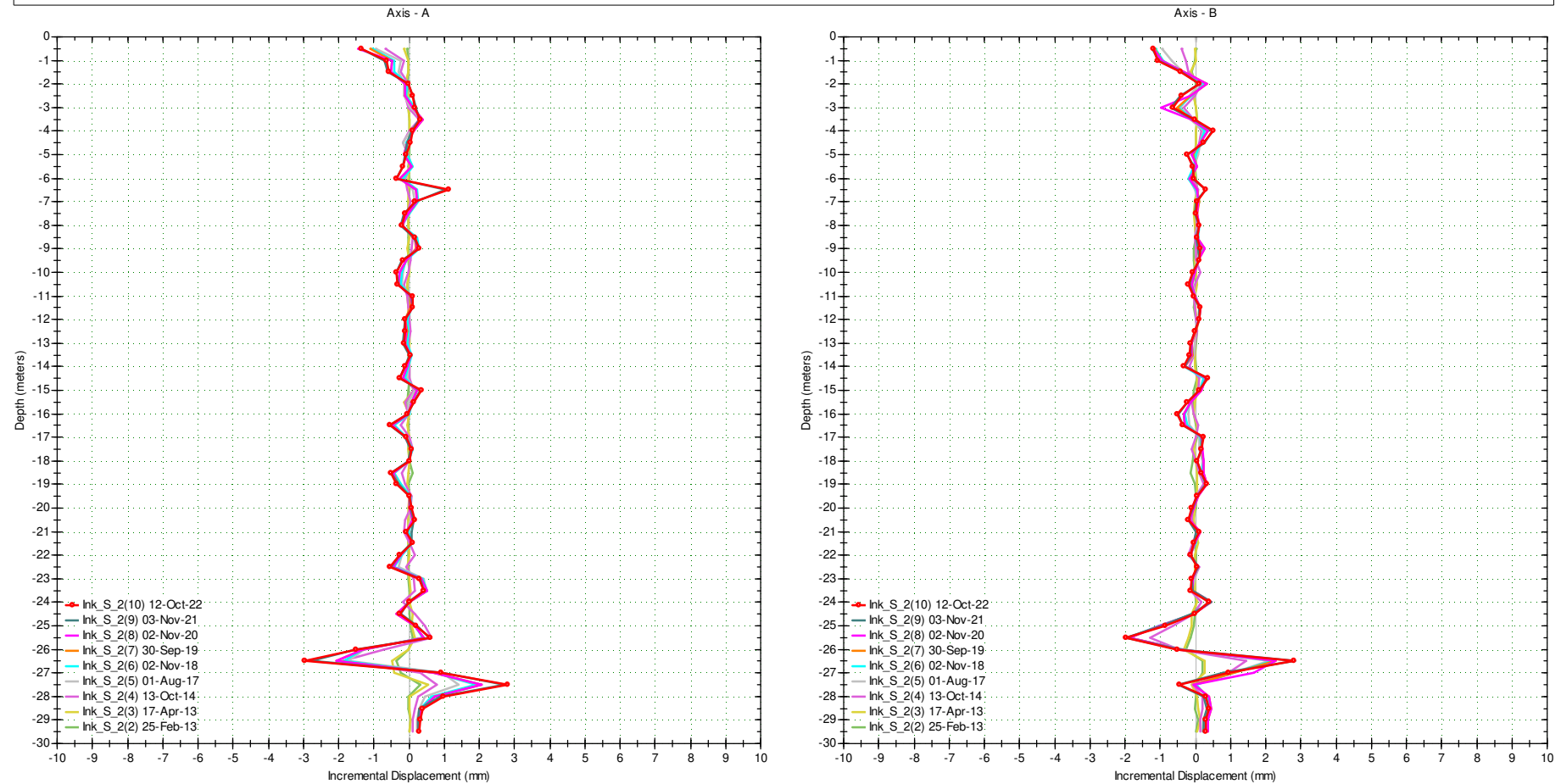
RST Instruments Ltd.

INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinanalysis v. 2.48.9

Borehole : Ink_S_2
Project : Inclinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 50003'25.5"
Easting : 19053'34.1"
Collar : 258 m.n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Base Reading : 2013 Feb 14 11:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-2

RST Instruments Ltd.

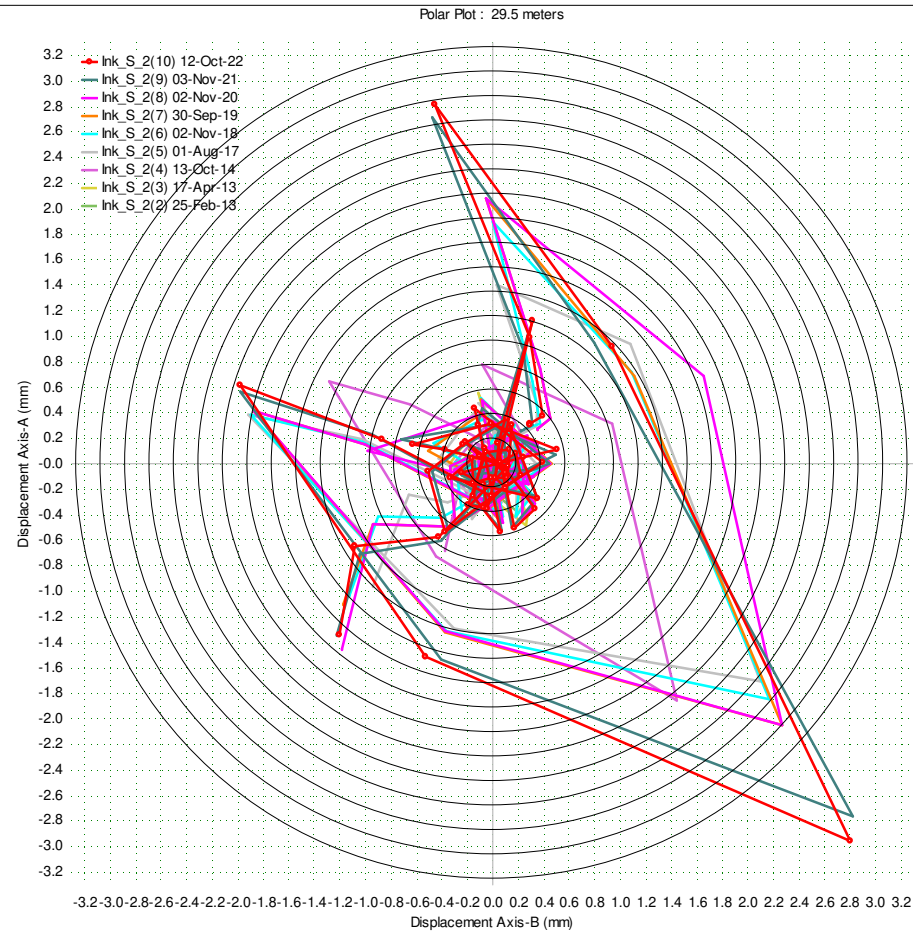
Borehole : Ink_S_2
Project : Inklinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 50003'25.5"
Easting : 19053'34.1"
Collar : 258 m.n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

POLAR PLOT - INCREMENTAL DISPLACEMENT
Displacement vs. Angle

Inclinalysis v. 2.48.9

Spiral Correction : N/A

Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Latest Reading : 2022 Oct 12 08:32
Initial Reading : 2013 Feb 25 14:05
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-2

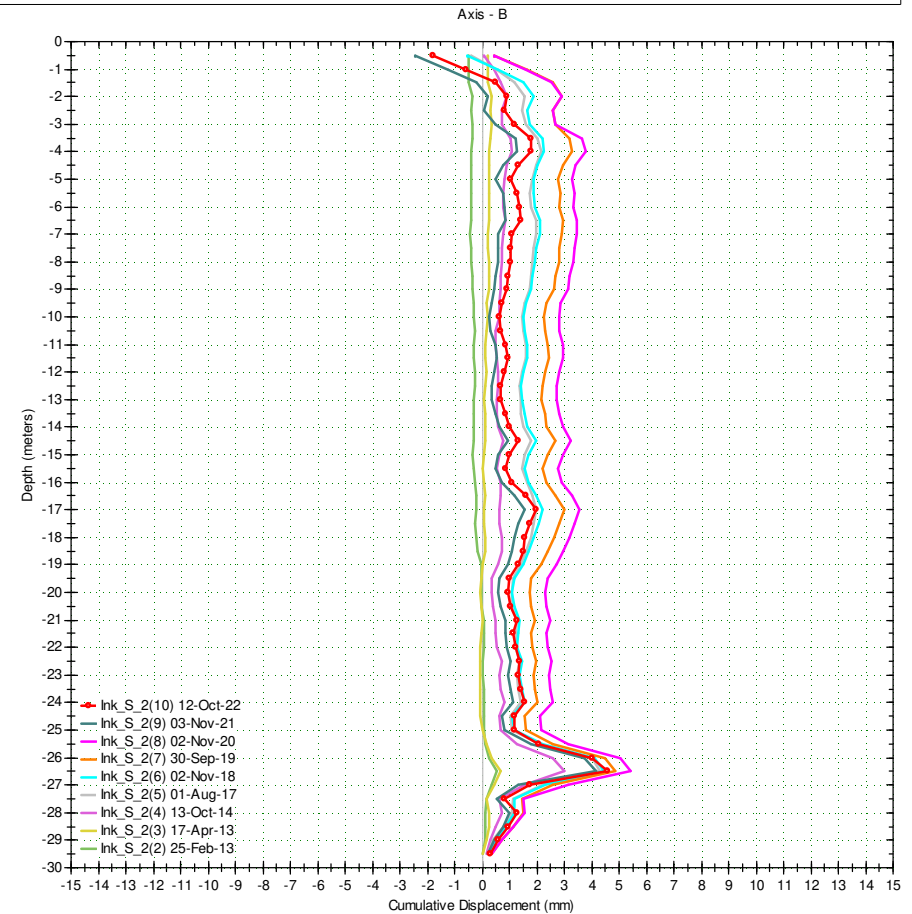
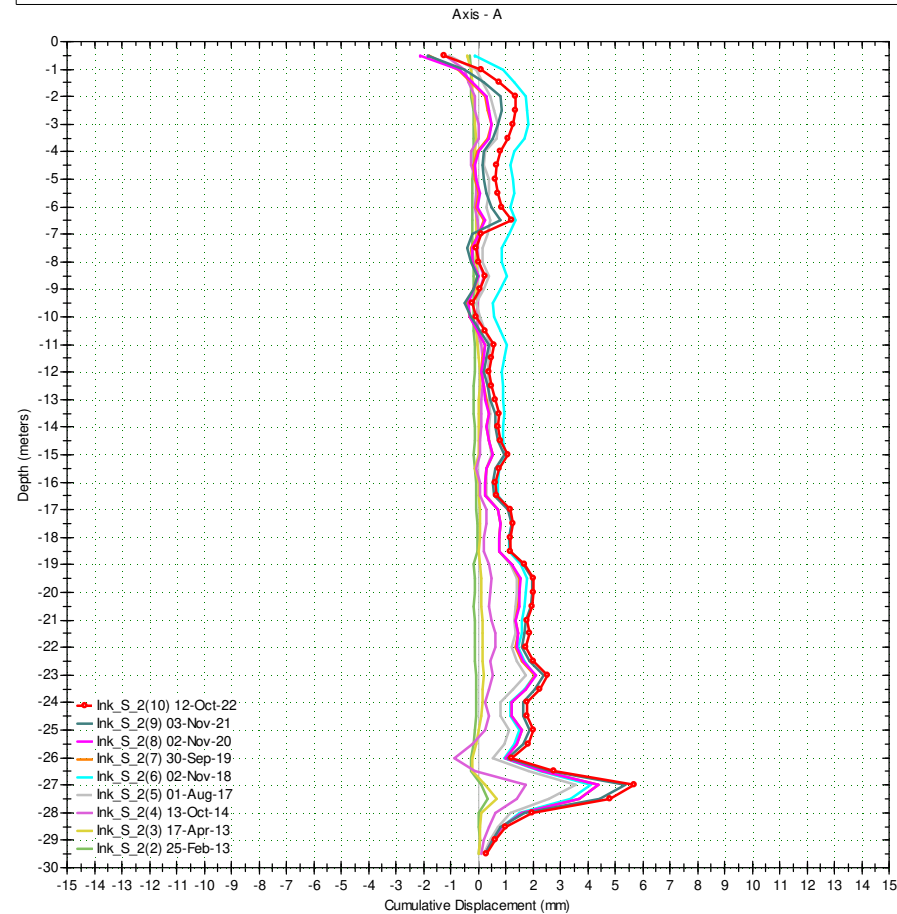
RST Instruments Ltd.

CUMULATIVE DISPLACEMENT

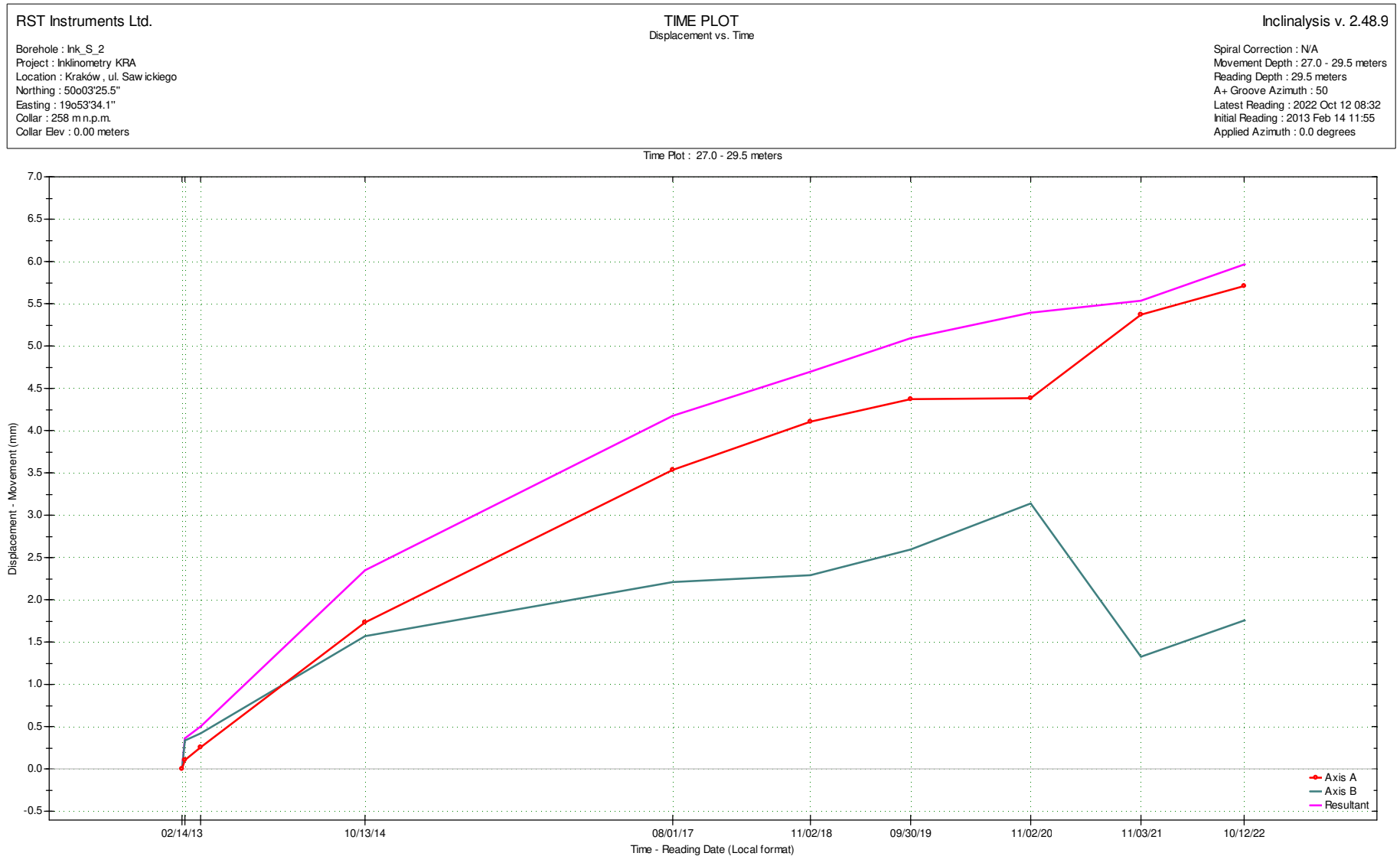
Inclinalysis v. 2.48.9

Borehole : Ink_S_2
Project : Inklinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 50003'25.5"
Easting : 19053'34.1"
Collar : 258 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Base Reading : 2013 Feb 14 11:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-2



Otwór S-3

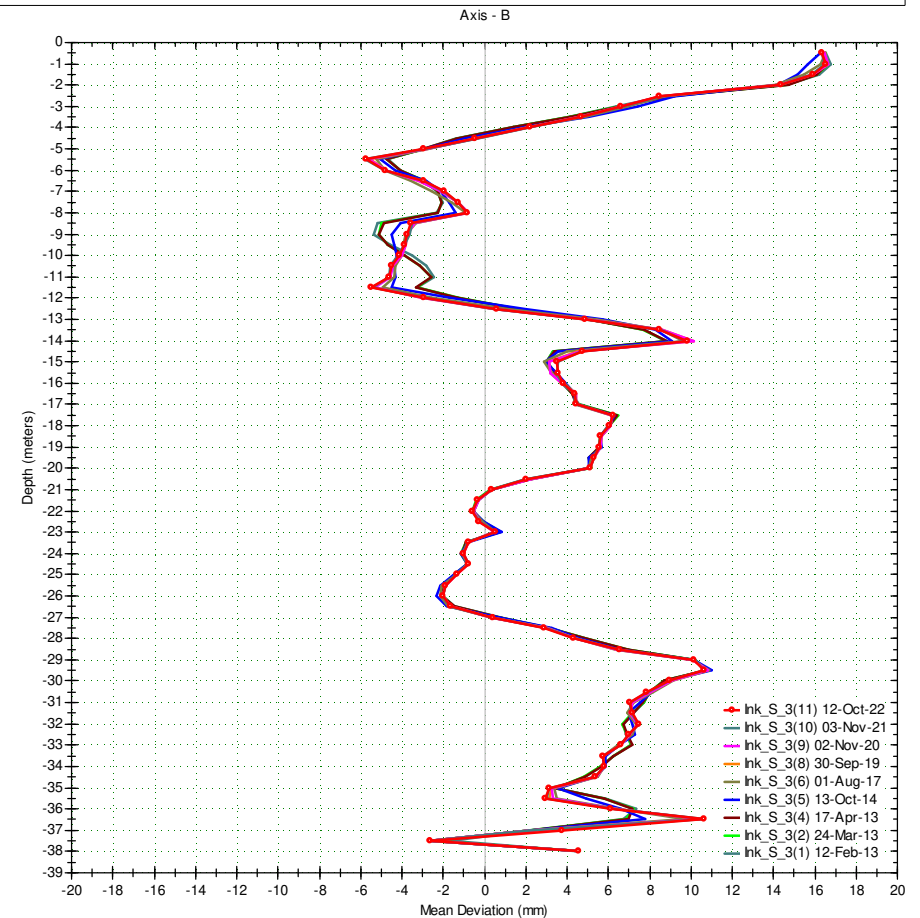
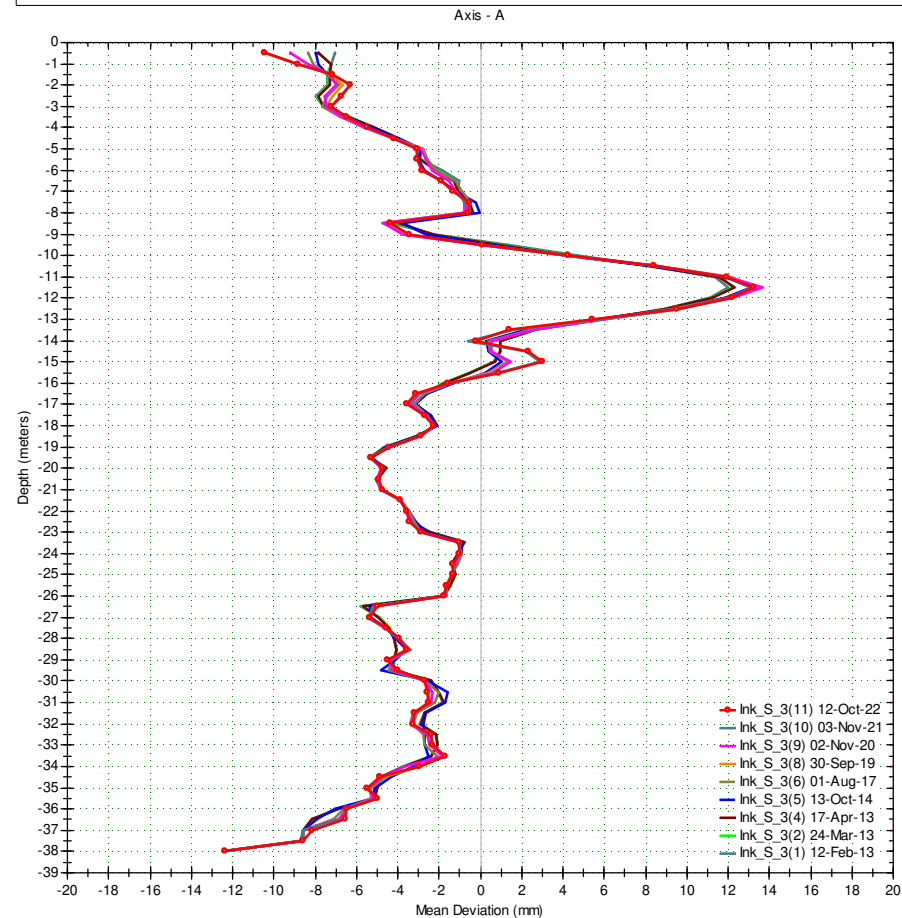
RST Instruments Ltd.

Borehole : Ink_S_3
Project : Inklinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 5003'30.4"
Easting : 19053'40.1"
Collar : 221 m.n.p.m.

MEAN DEVIATION

Inclinanalysis v. 2.48.9

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Base Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-3

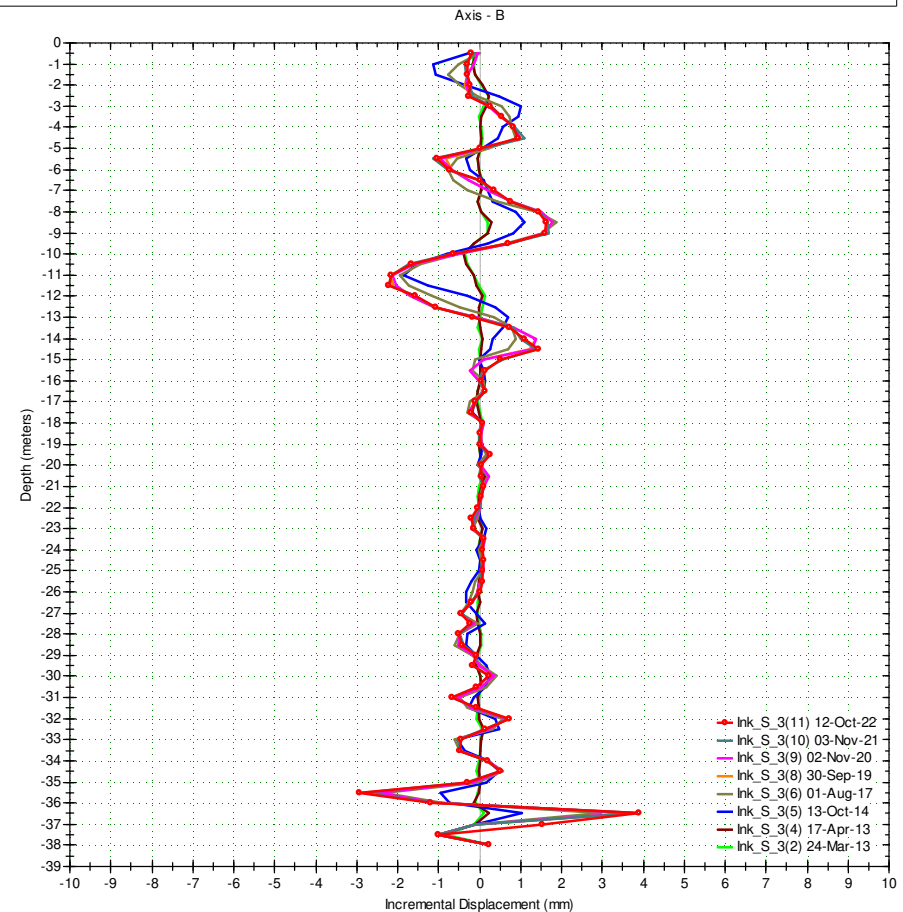
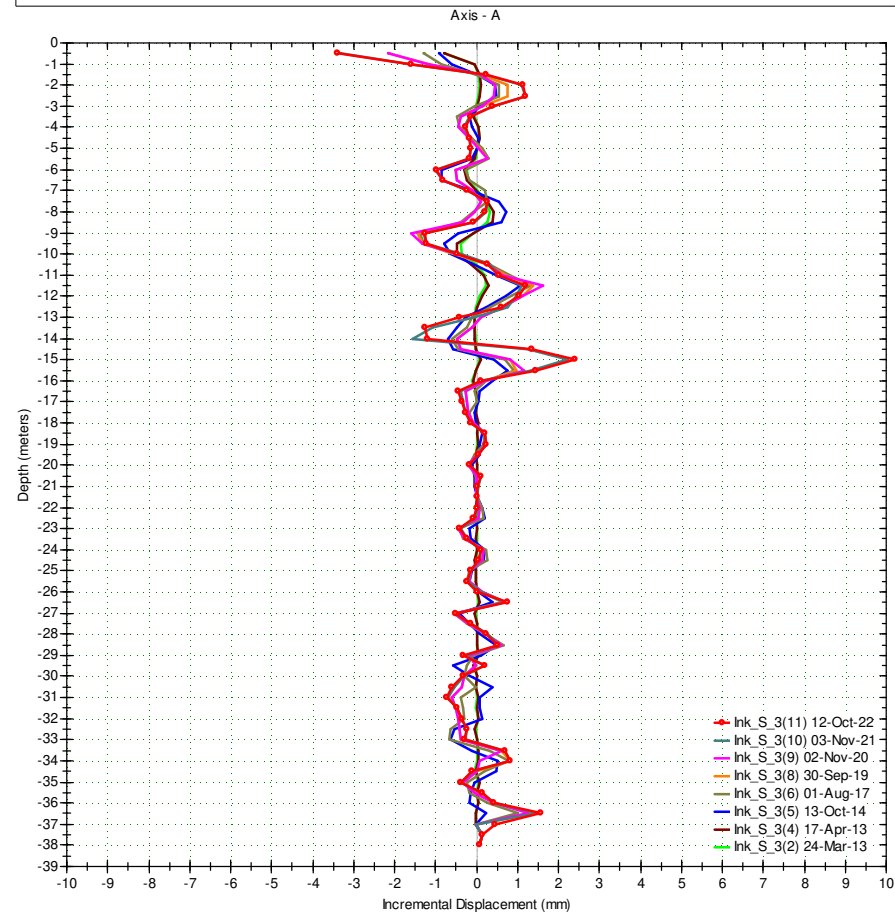
RST Instruments Ltd.

INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.48.9

Borehole : Ink_S_3
Project : Inklinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 5003'30.4"
Easting : 19053'40.1"
Collar : 221 m.n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Base Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-3

RST Instruments Ltd.

Borehole : Ink_S_3
Project : Inklinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 5003'30.4"
Easting : 19053'40.1"
Collar : 221 m.n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

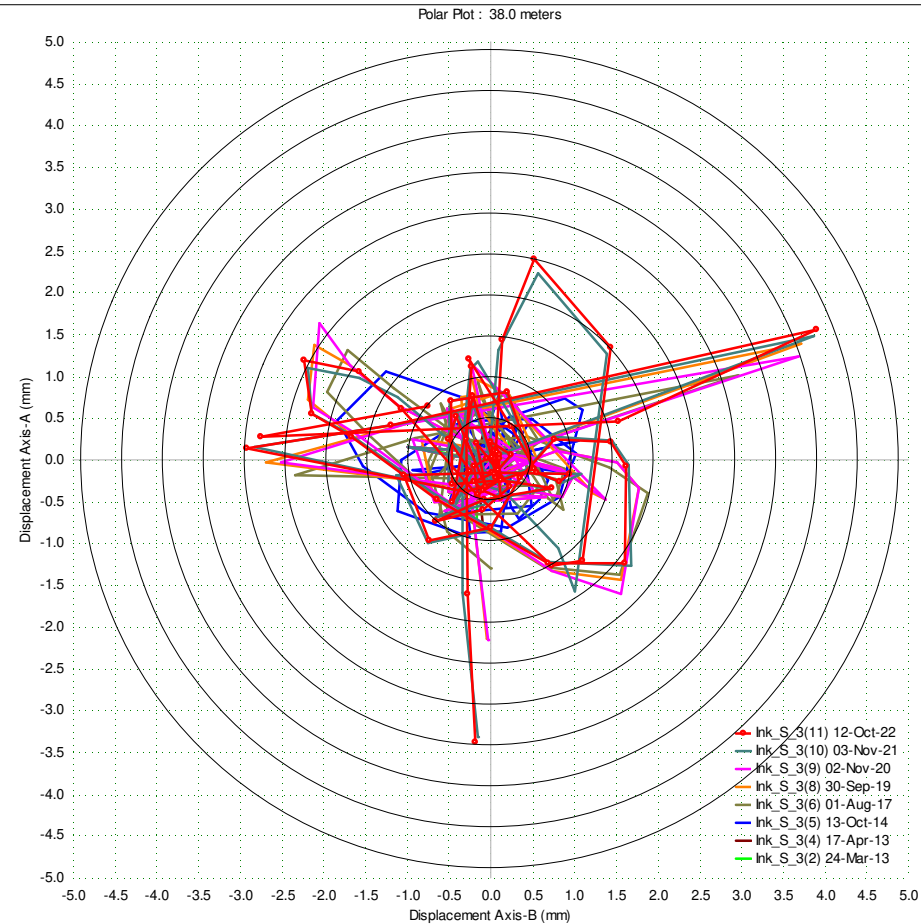
POLAR PLOT - INCREMENTAL DISPLACEMENT

Displacement vs. Angle

Inclinalysis v. 2.48.9

Spiral Correction : N/A

Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Latest Reading : 2022 Oct 12 07:44
Initial Reading : 2013 Mar 24 12:17
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-3

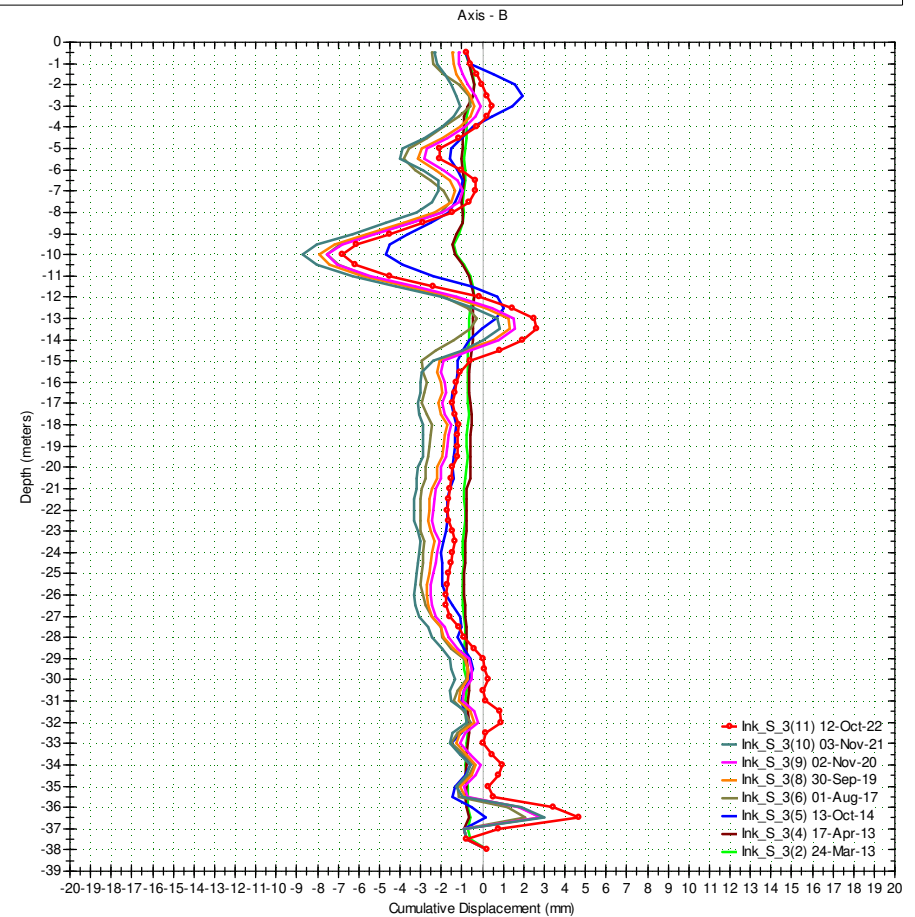
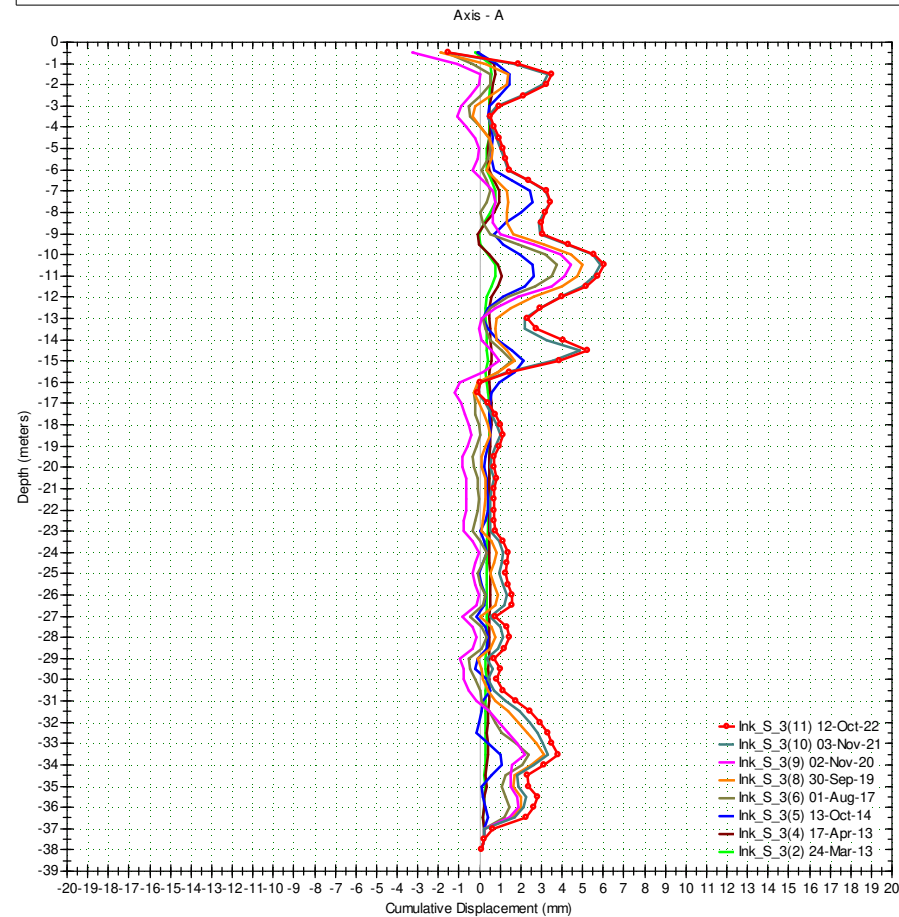
RST Instruments Ltd.

CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclanalysis v. 2.48.9

Borehole : Ink_S_3
Project : Inklinometry KRA
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 5003'30.4"
Easting : 19053'40.1"
Collar : 221 m.n.p.m.

Spiral Correction : NA
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Base Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees



Otwór S-3

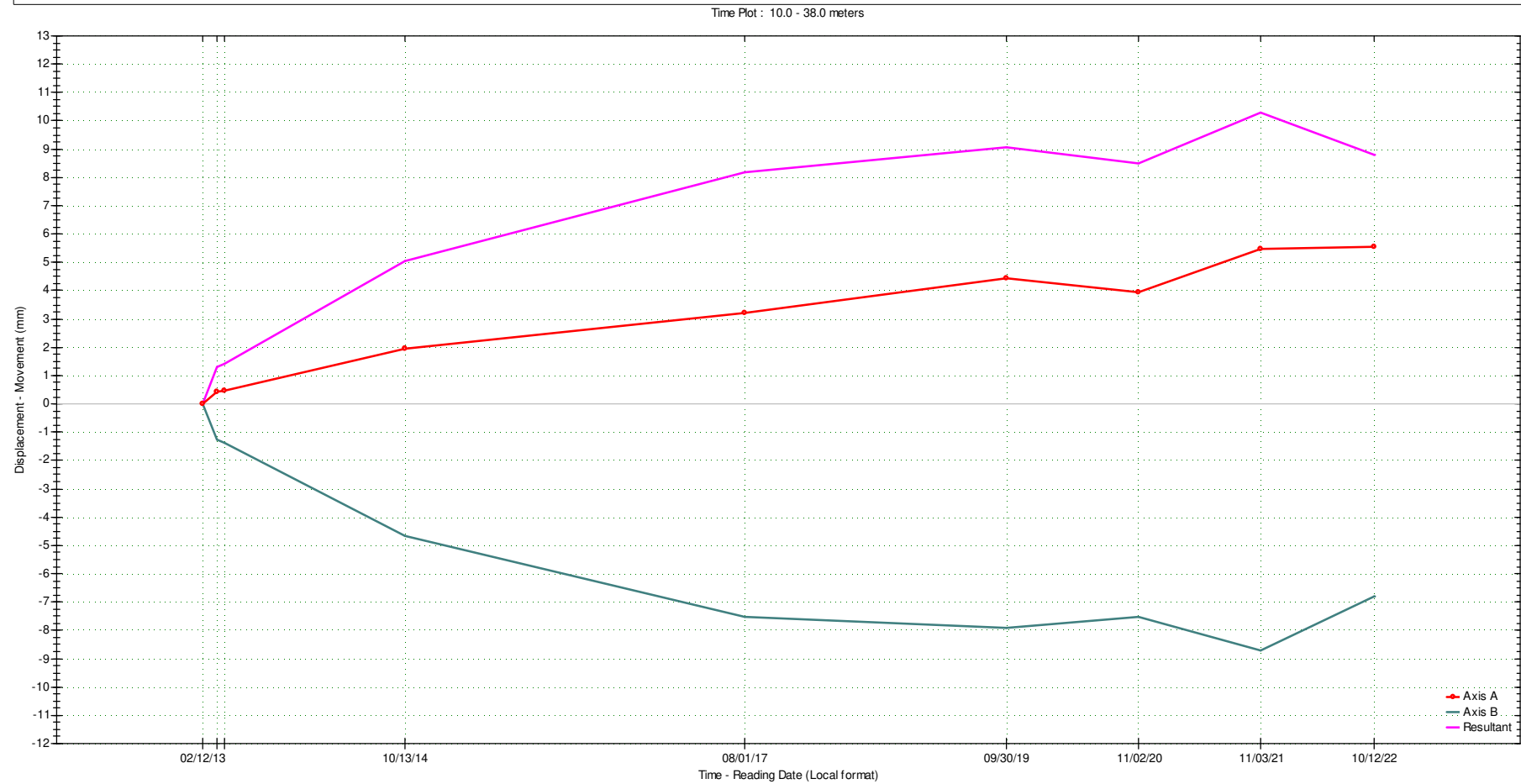
RST Instruments Ltd.

Borehole : Ink_S_3
Project : Inklinometry KRA
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 5003'30.4"
Easting : 19053'40.1"
Collar : 221 m.n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

TIME PLOT
Displacement vs. Time

Inclinanalysis v. 2.48.9

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 10.0 - 38.0 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Latest Reading : 2022 Oct 12 07:44
Initial Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees



LOKALIZACJA ROBOTY

Województwo : małopolskie

Powiat/Miasto: m. Kraków

Gmina : Krowodrza

Obręb : 11

NAZWA OBIEKTU: Wzgórze Bronisławy

SPRAWOZDANIE TECHNICZNE

- Z PRAC GEODEZYJNYCH ZWIĄZANYCH Z WYKONANIEM:
pomiaru punktów obserwacyjnych w ramach 9 serii pomiarowej

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 17 października 2022r. przeprowadzono IX serię pomiarów tachimetrem elektronicznym „Trimble S3”, zapewniającym dokładność pomiaru pojedynczego kierunku 6cc i długości 2 mm + 2 mm/km,
- wykonano niwelację precyzyjną punktów obserwacyjnych niwelatorem elektronicznym Leica DNA 10 w nawiązaniu do reperu państwowego Rp 2051 zlokalizowanego w murze przy ul. Hofmana,

- PRACE KAMERALNE:

- opracowano wyniki pomiarów, współrzędne XYZ punktów uzyskano poprzez obliczenie danych obserwacyjnych za pomocą programu C-GEO,
- opracowano tabelaryczne zestawienie współrzędnych XYZ obserwowanych punktów oraz różnice pomiędzy serią 9 a serią 0.
- wnioski: na podstawie interpretacji wyników pomiarów można stwierdzić ruch pionowy punktów W1, W3, i W6, zlokalizowanych na powierzchni całej strefy osuwiskowej oraz ruchy poziome dla punktów W1, W6, W7, i W9, podobnie jak w latach poprzednich. Punkt W10 został zniszczony.

Kraków, dn. 17.10.2022r.

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			seria IV - 1 sierpień 2017			seria V - 2 listopad 2018			seria VI - 30 wrzesień 2019			seria VII - 29 październik 2020			seria VIII - 8 listopad 2021			seria IX - 17 październik 2022			
Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	DL [mm]
w1	1	-3	w1	3	-5	w1	31	-46	w1	0	-7	w1	5	-5	w1	19	-28	w1	16	-21	w1	10	-22	w1	24	-29	38
w2	0	-5	w2	-2	-8	w2	-11	8	w2	0	-4	w2	-3	-6	w2	-7	-1	w2	-6	-4	w2	-9	-10	w2	-13	-10	16
w3	1	-1	w3	1	-3	w3	-1	16	w3	6	-2	w3	3	5	w3	-3	3	w3	3	3	w3	6	-4	w3	5	-12	13
w4	2	-6	w4	1	-8	w4	14	6	w4	1	-4	w4	4	-8	w4	5	-4	w4	-3	-8	w4	-2	-9	w4	2	-6	6
w5	-6	1	w5	-10	1	w5	16	-41	w5	4	0	w5	-2	-8	w5	-6	-1	w5	15	8	w5	-9	4	w5	-5	15	16
w6	7	-9	w6	10	-13	w6	-3	1	w6	32	32	w6	18	23	w6	44	22	w6	37	27	w6	35	26	w6	31	20	37
w7	-1	-11	w7	-4	-15	w7	-11	-11	w7	-37	6	w7	-42	-5	w7	-47	15	w7	-52	11	w7	-40	-3	w7	-53	1	53
w8	6	13	w8	8	18	w8	-28	-12	w8	-5	-5	w8	-2	0	w8	-5	7	w8	-12	-1	w8	-7	3	w8	-15	-3	15
w9	-2	-4	w9	-4	-5	w9	-26	12	w9	-3	-7	w9	-9	-5	w9	-13	17	w9	-8	4	w9	-12	4	w9	-25	4	25
w10	7	1	w10	10	2	w10	11	3	w10			w10			w10			w10			w10			w10			

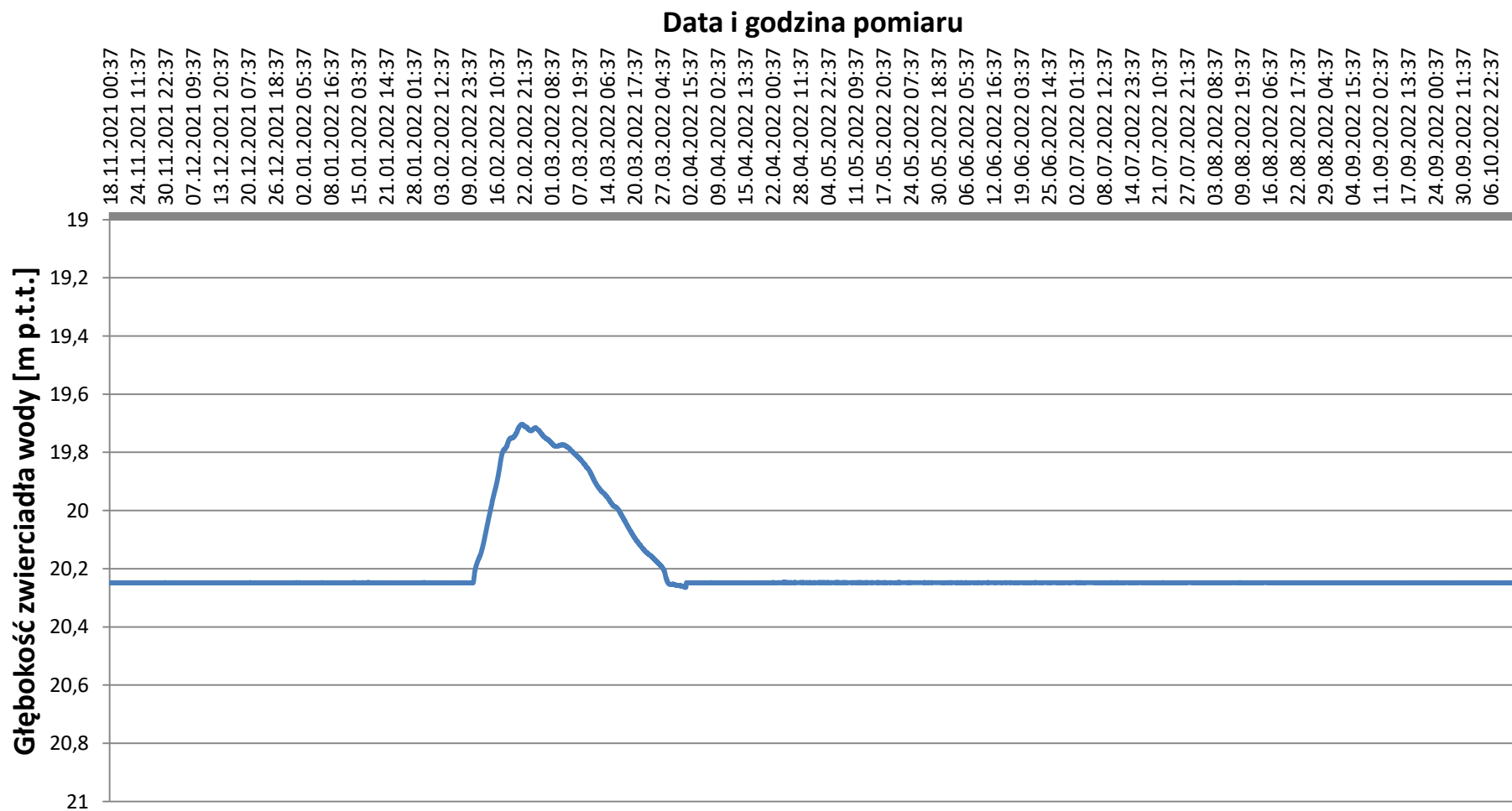
Wykaz różnic wysokości obserwowanych punktów pomiędzy pomiarem "kolejnym" a "zerowym"

seria I 15 marzec 2013		seria II 17 kwiecień 2013		seria III 15 wrzesień 2014		seria IV 1 sierpień 2017		seria V 2 listopad 2018		seria VI - 30 wrzesień 2019		seria VII - 29 październik 2020		seria VIII - 8 listopad 2021		seria IX - 17 październik 2022	
Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]
w1	0	w1	0	w1	2	w1	-5	w1	-3	w1	1	w1	4	w1	-6	w1	-4
w2	0	w2	0	w2	3	w2	-2	w2	-3	w2	2	w2	4	w2	-2	w2	0
w3	1	w3	1	w3	3	w3	3	w3	3	w3	4	w3	4	w3	3	w3	5
w4	1	w4	1	w4	3	w4	2	w4	3	w4	3	w4	5	w4	3	w4	4
w5	0	w5	0	w5	3	w5	1	w5	2	w5	1	w5	0	w5	-1	w5	1
w6	1	w6	2	w6	2	w6	6	w6	5	w6	4	w6	3	w6	8	w6	6
w7	2	w7	3	w7	1	w7	2	w7	3	w7	1	w7	1	w7	8	w7	3
w8	1	w8	1	w8	2	w8	0	w8	2	w8	4	w8	5	w8	2	w8	3
w9	1	w9	2	w9	2	w9	2	w9	2	w9	6	w9	2	w9	2	w9	1
w10	0	w10	0	w10	1	w10	-	w10	-	w10	-	w10	-	w10	-	w10	-

mgr inż. Maciej Kondylowski

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

Wykres wahań zwierciadła wody w roku 2021/2022 w piezometrze P-1/OK



Wykres wahań zwierciadła wody w roku 2021/2022 w piezometrze P-2/OK

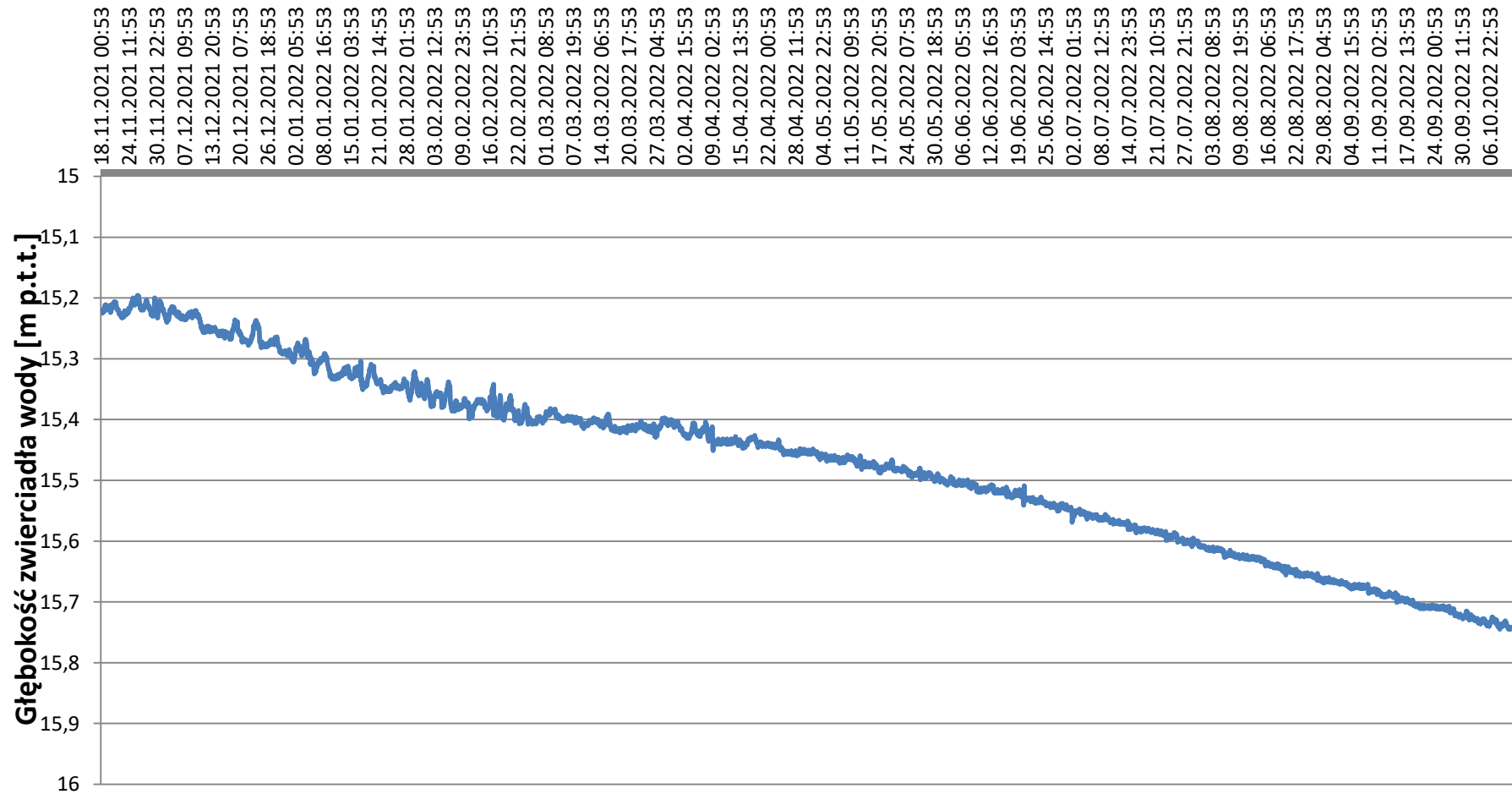
Data i godzina pomiaru



Wykres wahań zwierciadła wody w roku 2021/2022 w piezometrze

P-3/OK

Data i godzina pomiaru



seria 9 - 17.10. 2022			
Nr	X	Y	H
W1	5547284.446	7420544.239	286.084
W2	5547284.252	7420639.601	272.803
W3	5547292.268	7420766.594	249.937
W4	5547317.558	7420704.324	251.865
W5	5547305.405	7420824.957	248.262
W6	5547351.010	7420843.058	235.887
W7	5547369.458	7420781.740	236.011
W8	5547333.426	7420626.658	261.815
W9	5547377.493	7420657.737	251.082
W10	-	-	-

mgr inż. Maciej Kondyjowski

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

KARTA REJESTRACYJNA OSUWISKA

1. Numer ewidencyjny:

1 2 - 6 1 - 0 1 1 - 0 7 6 9 2 4

2. Lokalizacja osuwiska:

1. Miejscowość: Kraków	2. Gmina: Kraków gm. miejska	3. Powiat: Kraków	4. Województwo: małopolskie
5. Mapa topograficzna: M-34-64-D-d-1	6. Arkusz SMGP 1:50 000: M-34-64-D Kraków (973)	7. Współrzędne geograficzne: 19 ° 53'34.48" E 50 ° 03'28.803" N	
8. Kraina geograficzna: Pomost Krakowski		9. Jednostka tektoniczna: Monoklina przedsudecka i śląsko-krakowska	10. Zlewnia: Rudawa
11. Inne dane lokalizacyjne: Północno-wschodnie stoki Wzgórza Św. Bronisławy; rejon ul. J. Sawickiego, M. Owcy-Orwicza, M. Gandhiego.			

3. Charakterystyka osuwiska:

1. Sytuacja geomorfologiczna: stok cały		2. Układ geologiczny: złożone	
3. Rodzaj materiału: osuwisko skalno-zwietrzelinowe	4. Rodzaj ruchu: zsuw	5. Stopień aktywności: aktywne ciągle, nieaktywne	
6. Krótki opis słowny: Duże osuwisko znajdujące się na północno-wschodnich stokach Wzgórza Św. Bronisławy, poniżej Kopca Kościuszki. Jego aktywność zaznaczyła się po ulewnych i długotrwałych opadach w maju 2010 roku w postaci 4 uszkodzonych budynków oraz w postaci szczelin i przemieszczeń na terenie zalesionym. Pełny zasięg osuwiska jest trudny do identyfikacji ze względu na duże antropogeniczne zmiany terenu związane m.in. z zabudową jednorodzinną, budową i obecnością fortu, eksploatacją wapieni. Poszczególne elementy mogą nakładać się na siebie. Stwierdzono występowanie rozmaitych śladów działalności związanych z fortyfikacjami, obecnością rowów i okopów wojskowych. Na podstawie inwentaryzacji terenowej oraz analizy numerycznego modelu terenu, które zostały przeprowadzone w maju 2015 roku na potrzeby sporządzenia MPZP, skorygowano granice osuwiska. W stosunku do wcześniejszych badań (Wójcik, Rączkowski, 2011; Wójcik, 2011; Jaskólski i in., 2013) dolna granica osuwiska została przesunięta ku północy, jednakże jest to zasięg przypuszczalny. Na Mapie dokumentacyjnej osuwisk i terenów zagrożonych (Wójcik, 2011), zasięg osuwiska został zwiększony w kierunku zachodnim, północno-zachodnim. Aktualnie z tej części osuwiska wyodrębniono osuwisko nr 081/07. Osuwisko jest stare, prawdopodobnie powstałe w późnym glacie lub wczesnym holocenie. Można tu wyróżnić przejawy procesów grawitacyjnych na terenie zalesionym, gdzie poniżej Kopca Kościuszki występują skarpy założone na wychodniach masywnych wapieni jurajskich. Są to formy o poligenetycznej genezie, na którą składają się założenia tektoniczne, przemodelowane przez procesy grawitacyjne oraz eksploatację wapieni. Na załączonym szkicu zaznaczono zasięg skarp osuwiskowych. Poniżej skarpy głównej w części wschodniej znajduje się zagłębienie bezodpływowe. Podobne zagłębienie znajduje się też w części zachodniej, ale usytuowane jest niżej. Osuwisko w części zachodniej sięga najwyżej. Od wysokości 280 m n.p.m. stwierdzono szczeliny i spękania gruntu na powierzchni terenu. W kierunku ul. Sawickiego świeże przemieszczenia stwierdzono na wysokości między 270 a 255 m n.p.m. Ślady współczesnych przemieszczeń grawitacyjnych rejestrowane były na Szczegółowej mapie geologicznej Lasu Wolskiego (Felisiak, Matyszkiewicz, Sokołowski, 2005) jako obszar współczesnego splezywania. Nie rozpoznano jednak osuwiska. W dolnej części obszaru zalesionego powstały wyraźne ślady zachodzących procesów grawitacyjnych w postaci osunięć, zniekształcenia powierzchni terenu, utworzenie zagłębień bezodpływowych itp. Ślady i przejawy procesów osuwiskowych stwierdzono w rejonie zabudowań przy ul. Sawickiego podczas inwentaryzacji w 2011 roku. Na budynku nr 4b stwierdzono ślady spękań oraz zniekształcenia na ogrodzeniu. Budynek nr 4a posiadał spękania (przed budynkiem znajdowały się szczeliny, informacja właściciela). Budynek nr 4c został nieznacznie przemieszczony (podniesiony 2- 3cm) w części południowej w stosunku do powierzchni terenu. Schody od strony północnej zostały odsunięte od domu, a szczelina wynosiła od 1 do 5 cm. Spękane było również ogrodzenie od strony zachodniej w kierunku budowanego budynku. Od strony południowej w ogrodzeniu widoczne były przemieszczenia na murze ogrodzenia. Budynek nr 2f posiadał wyraźne spękania na elewacji od strony północnej. ... c.d. w pkt 17			

4. Parametry morfometryczne osuwiska:

a. ogólne:

1. Powierzchnia: 11.76 ha	2. Długość: 515 m	3. Szerokość: 281 m	4. Wysokość maks.: 296 m n.p.m.	5. Wysokość min.: 208 m n.p.m.	6. Rozpiętość pionowa: 88 m
7. Nachylenie: 10°	8. Azymut: 40°				

b. skarpa osuwiskowa:

9. Wysokość skarpy głównej: 10.0 m	10. Nachylenie skarpy głównej: 45°	11. Szczeliny powyżej skarpy głównej: TAK	12. Skarpy wtórne: TAK
--	--	---	----------------------------------

c. jęzor i koluwium:

13. Wysokość czoła: 3.0 m	14. Długość powierzchni koluwium: 512 m	15. Nachylenie powierzchni koluwium: 9°	16. Miąższość:	
			mierzona: 26.8 m	szacowana: m

d. stok, na którym jest osuwisko:

17. Typ stoku: wypukło-wklęsły	18. Nachylenie: 9°	19. Ekspozycja: NE	20. Długość: 530 m	21. Wysokość: 88 m
-----------------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

5. Podłoże osuwiska:

1. Rodzaj utworów: namuły piaszczyste	2. Wiek utworów: holocen	3. Zaleganie warstw: - / - / poziome
lessy	plejstocen	- / - / poziome
wapienie	jura górna	230 / 20 / poziome
iłły, iłolupki piaszczyste, mułowce, piaskowce - warstwy skawińskie [miocen środkowy i górny]	miocen środkowy	- / - / brak możliwości obserwacji
4. Tektonika: strefa przyuskokowa		

6. Materiał koluwalny:

antropogeniczne (nasypy) pakietowy lessy i gliny lessopodobne gliny i/lub iłły gliny z rumoszem

7. Przejawy wód powierzchniowych i gruntowych w obrębie:

1. Koluwium: podmokłości wysięki	2. Skarpy głównej i stoku powyżej skarpy: brak
3. Stoku poniżej osuwiska: brak	4. Stoku po bokach osuwiska: brak

8. Wiek i geneza osuwiska:

1. Data powstania: późny glacjał – wczesny holocen (?)	
2. Rozwój osuwiska w czasie: 2010 -5 uruchomienie się środkowej i górnej części osuwiska	3. Przyczyna ruchu osuwiskowego: sztuczna - podcięcie przez wykop, sztuczna - uszkodzenia drenażu, naturalna - infiltracja wód opadowych, naturalna - infiltracja wód roztopowych, sztuczna - obciążenie nasypem, naturalna - sprzyjający układ warstw

9. Użytkowanie terenu w obrębie osuwiska:

a. pokrycie stoku:

1. Lasy:	2. Zarośla krzewiaste:	3. Łąki i pastwiska:	4. Grunty orne:	5. Sady:	6. Nieużytki:
tak	tak	tak	nie	tak	tak

b. zabudowa:

7. Mieszkalna:	8. Gospodarcza:	9. Przemysłowa/usługowa:	10. Użyteczności publicznej:
61	16	5	0
11. Zabytkowa/sakralna:	12. Inna:		
0	fortyfikacje		

c. infrastruktura komunikacyjna:

13. Drogi:	14. Linie kolejowe:
gminna	nie

d. linie przesyłowe:

15. Linie energetyczne:	16. Linie telefoniczne:	17. Wodociągi:	18. Kanalizacja:
tak	tak	tak	tak
19. Gazociągi:	20. Inne:		
tak	nie		

10. Powstałe szkody i zagrożenia:

1. Uprawy: Ślady zniekształcenia powierzchni w postaci świeżych skarp, progów, szczelin, zagłębień na obszarze zalesionym jak i wokół domów.	6. Uprawy: W przypadku wystąpienia dalszych ruchów osuwiskowych lub uaktywnienia się części nieaktywnej istnieje potencjalne zagrożenie dla upraw.
2. Zabudowa: Ślady uszkodzeń na co najmniej 4 budynkach mieszkalnych.	7. Zabudowa: zagrożone wszystkie budynki na terenie osuwiska
3. Infrastruktura komunikacyjna: Nie stwierdzono	8. Infrastruktura komunikacyjna: Możliwe uszkodzenia jezdni.
4. Linie przesyłowe: Nie stwierdzono	9. Linie przesyłowe: Zagrożone wszystkie linie przesyłowe na terenie osuwiska.
5. Inne: Nie stwierdzono	10. Inne: Nie występują
11. Ocena możliwości wystąpienia dalszych ruchów osuwiskowych: Osuwisko jest aktywne w części środkowej i górnej. Intensywność ruchów oraz miejsce ich wystąpienia mogą ulegać zmianom wskutek intensywnych i/lub długotrwałych opadów deszczu, wiosennych roztopów zdarzeń katastrofalnych oraz działalności człowieka (niewłaściwa gospodarka wodno-ściekowa w obrębie osuwiska, zwiększanie obciążenia stoku zabudową, podcinanie stoku). Osuwisko po zewnętrznej części jest nieaktywne lecz nie można wykluczyć dalszych ruchów.	

11. Rodzaje i zakres wykonanych prac zabezpieczających:

nie

12. Prowadzenie instrumentalnych prac monitoringowych:

tak

13. Stan badań:

Publikacje:

Jaskólski Z., Kos J., Foryś M., Bartosz M., 2013 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla realizacji przedsięwzięcia pn. „Wykonanie badań i prac geologicznych w okolicy Wzgórza Św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w Krakowie. Arch. Przedsiębiorstwa Geologicznego, Kraków. Arch. Geologiczne Miasta Krakowa, Kraków.

Kamieniarz S., Wódka M., Wójcik A., 2018 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000, pow. Kraków miasto, woj. małopolskie. <http://mapa.osuwiska.pgi.gov.pl> [dostęp 25 sierpień 2020].

Kos J., Szymonik L., Jędrzejowska M., 2014 – Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w 2014 roku. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków. https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=66448 [dostęp 25 sierpień 2020].

Kos J., Foryś M., Jędrzejowska M., 2017 – Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w 2017 roku na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w 2017 roku. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków. https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=66448 [dostęp 25 sierpień 2020].

Kos J., Foryś M., Jędrzejowska M., 2018 – Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w 2018 roku na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w 2019 roku. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków. https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=66448 [dostęp 25 sierpień 2020].

Kos J., Foryś M., Wierny G., 2019 – Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w 2018 roku na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w 2019 roku. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków. https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=66448 [dostęp 25 sierpień 2020].

RUTKOWSKI J., 1992 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Kraków (973). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

RUTKOWSKI J., 1993 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Kraków (973). PIG, Warszawa.

Rutkowski J., 1993 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 ark. Kraków. Państw. Inst. Geol.

Wójcik A., 2011 – Mapy dokumentacyjne osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000 Miasto Kraków Dzielnice I-VII oraz X-XI, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy Oddział Karpacki w Krakowie, Kraków. http://www.bip.krakow.pl/?dok_id=49368 [dostęp 2015].

Wódka M., Kamieniarz S., 2018 – Objasnienia do Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000, pow. Kraków miasto, woj. małopolskie. <http://mapa.osuwiska.pgi.gov.pl> [dostęp 25 sierpień 2020].

Wójcik A., Rączkowski W., 2011 – Karta dokumentacyjna osuwiska wraz z opinią (nr 12-61-049-15) w miejscowości Kraków.

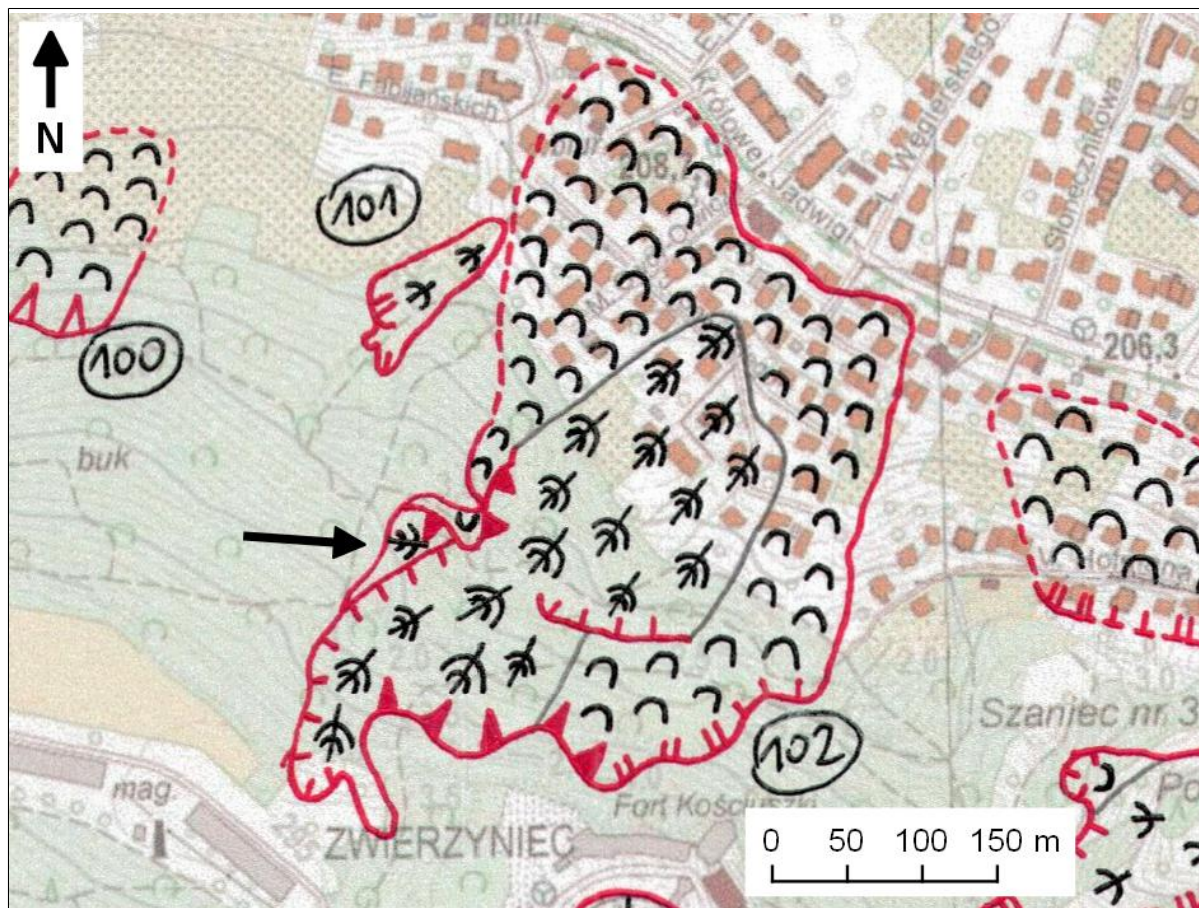
Wójcik A., Wódka M., Kamieniarz S., 2015 – Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi obszarów MPZP „Strzelnica – Sikornik Skala 1:2 000, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy Oddział Karpacki w Krakowie, Kraków.

Wójcik A., 2015 – Procesy osuwiskowe W: Środowisko przyrodnicze Krakowa, Zasoby – Ochrona – Kształtowanie (red. M. Baścik i B. Degórska). IGiGP UJ, Kraków 2015.

Wójcik A., Kamieniarz S., 2015 – Karta rejestracyjna osuwiska (numer ewidencyjny 12-61-011-07085652) w miejscowości Kraków. <http://mapa.osuwiska.pgi.gov.pl> [dostęp 25 sierpień 2020].

Dokumentacje:

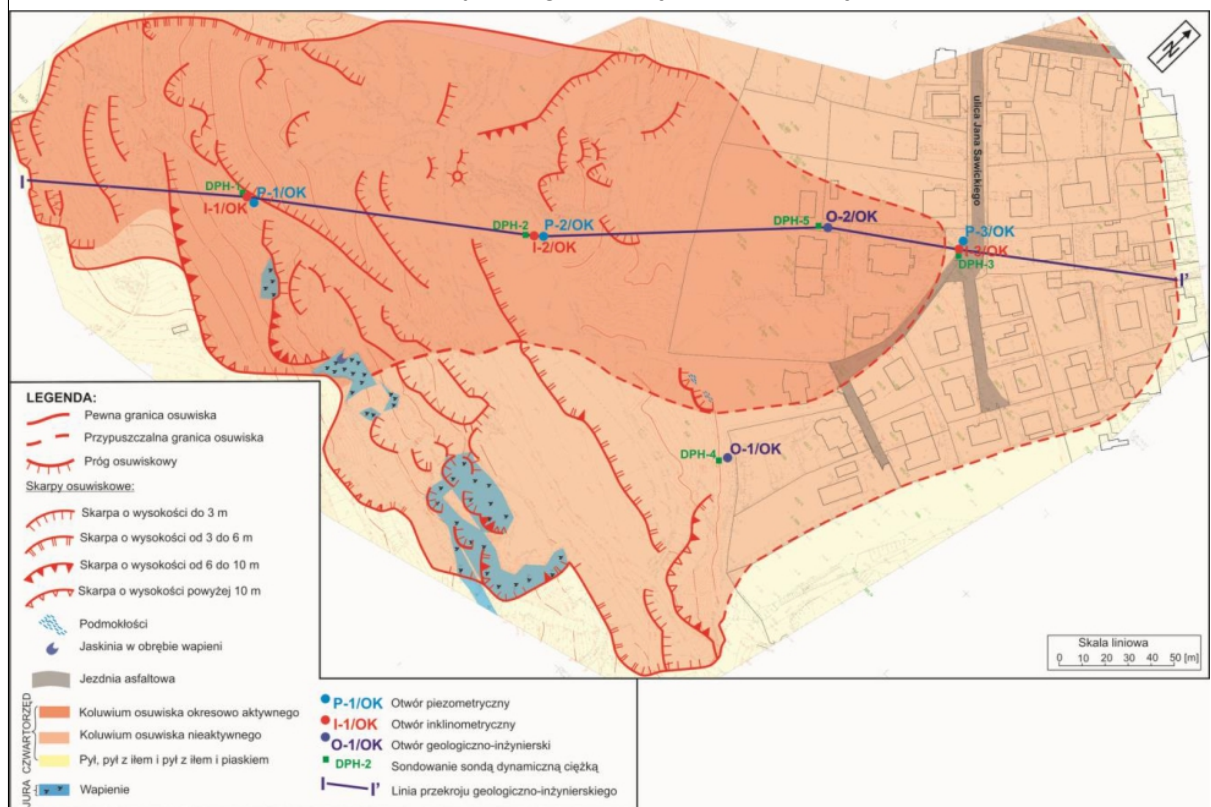
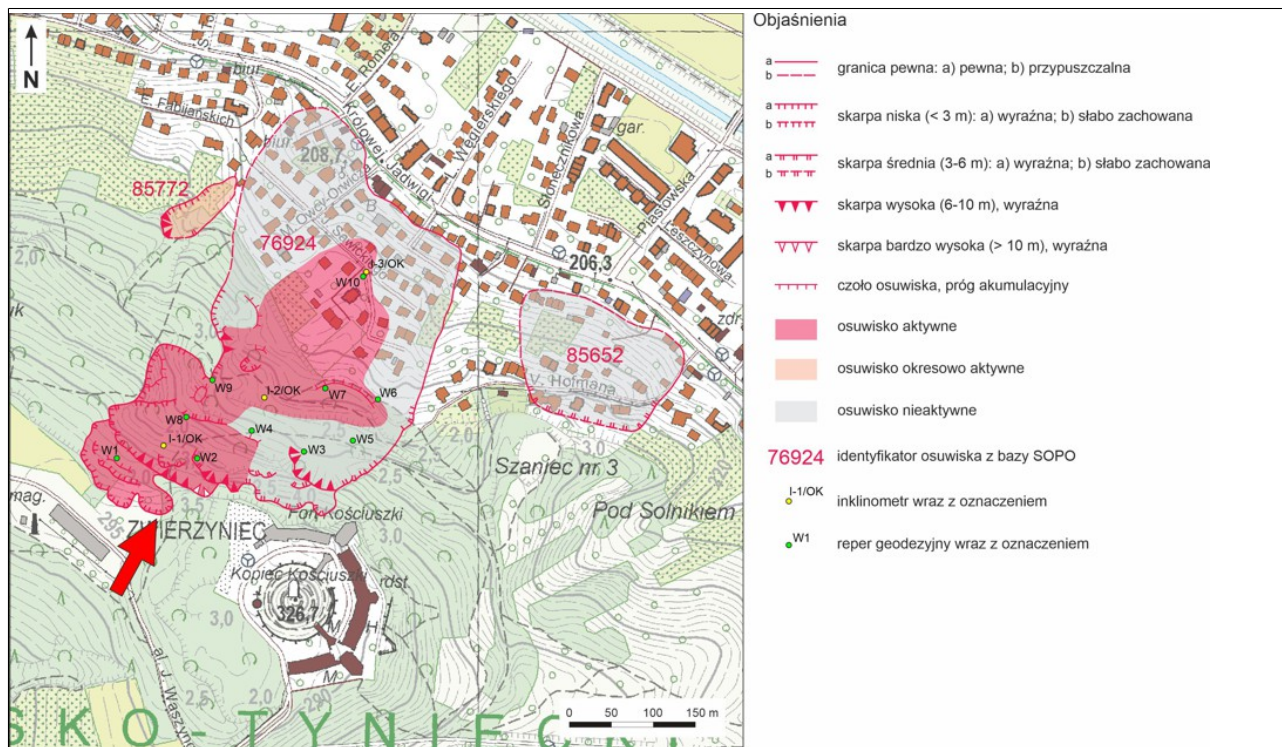
14. Szkic (mapa) osuwiska:



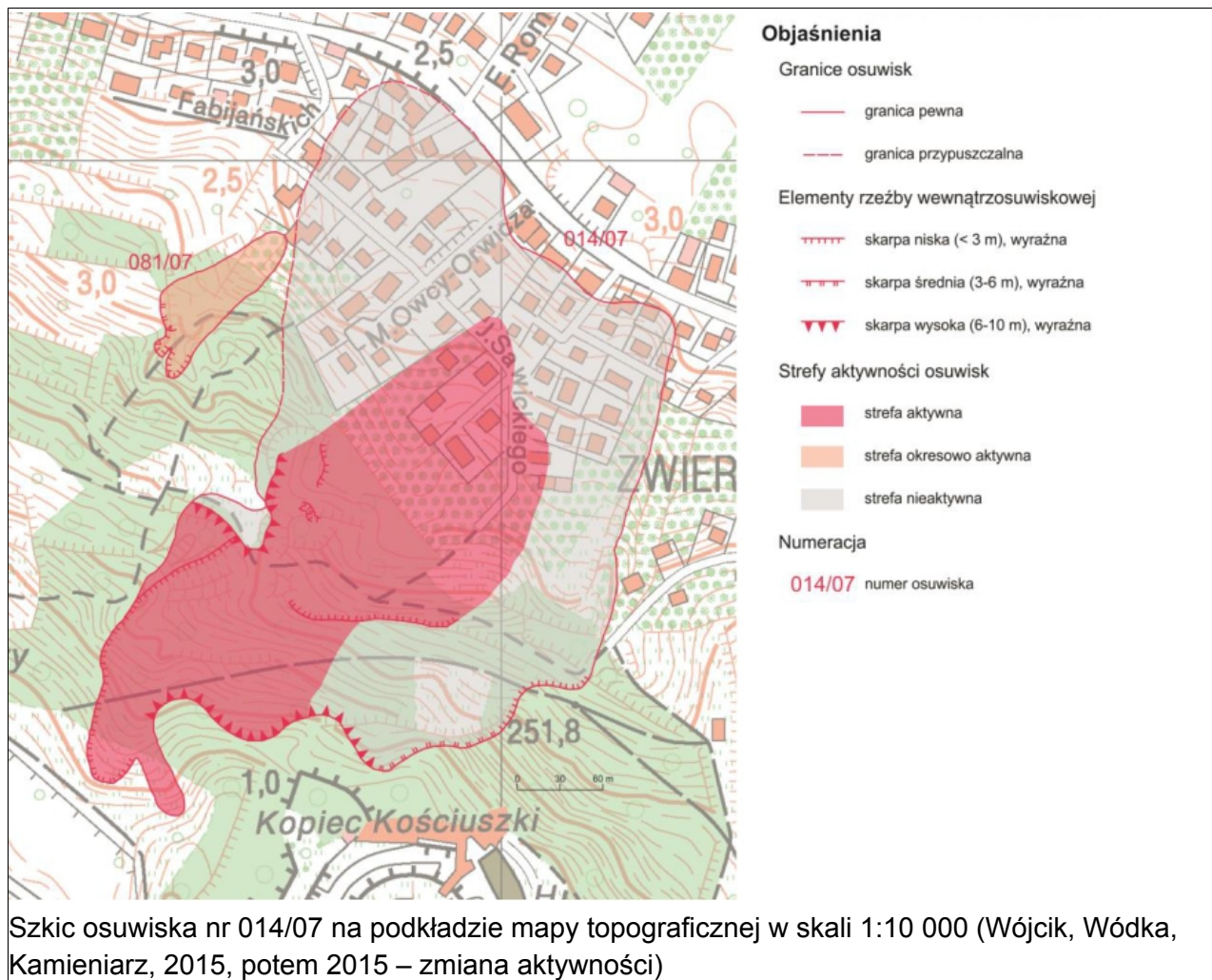
Szkic osuwiska na podkładzie nowej mapy topograficznej w skali 1:10 000 (weryfikacja rejestru, 2018 r.)

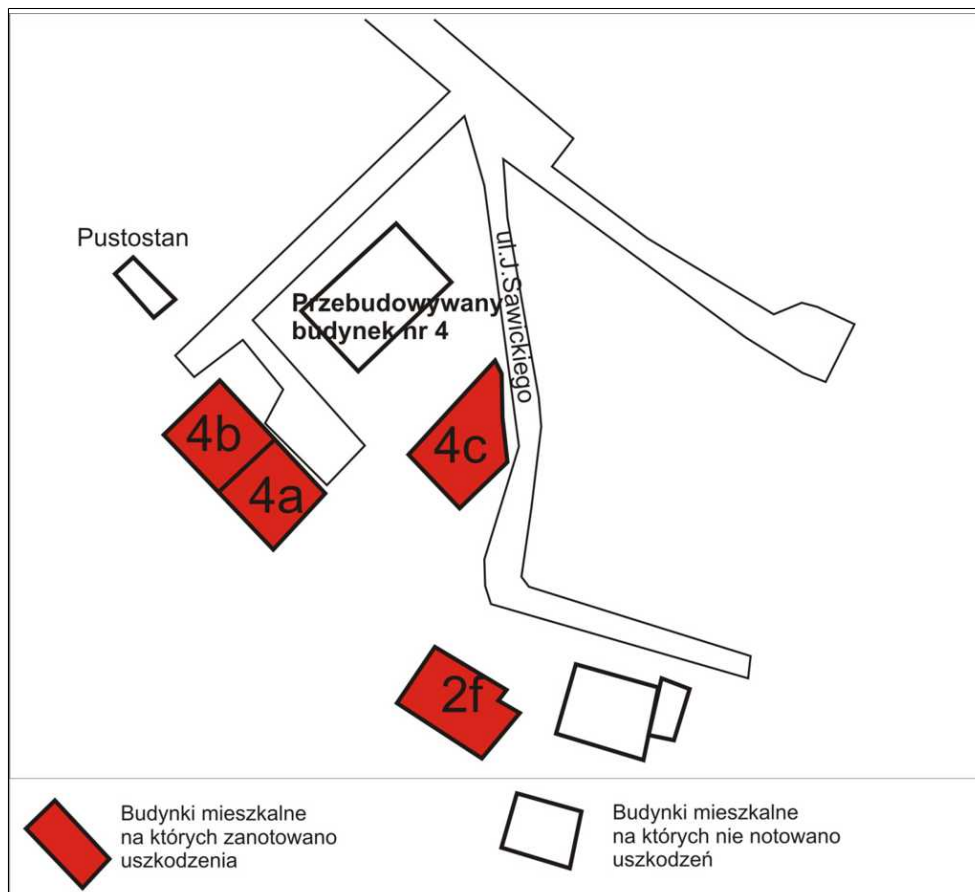


Zasięg osuwiska nr 014/07 wg Mapy dokumentacyjnej osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000 (Wójcik, 2011)



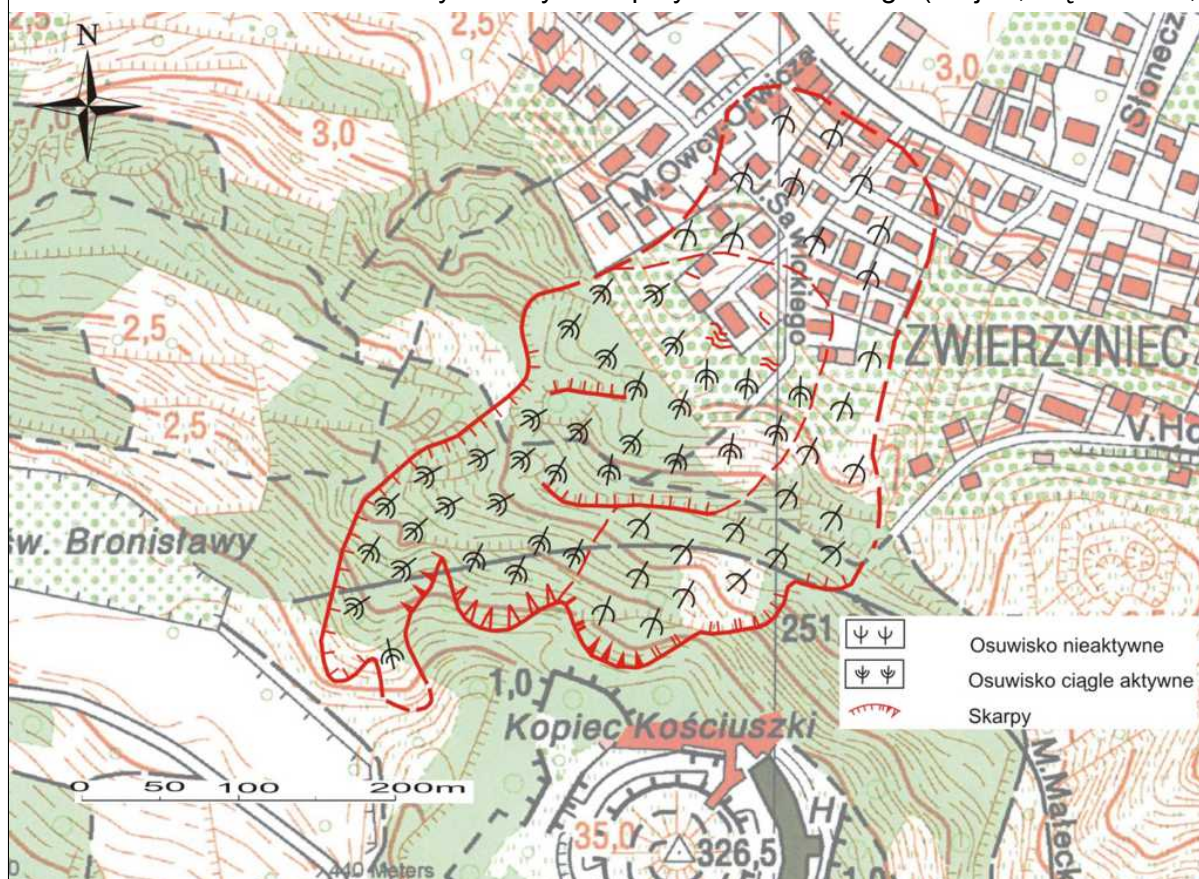
Mapa geologiczno-inżynierska osuwiska nr 014/07 (wg Jaskólski i in., 2013)



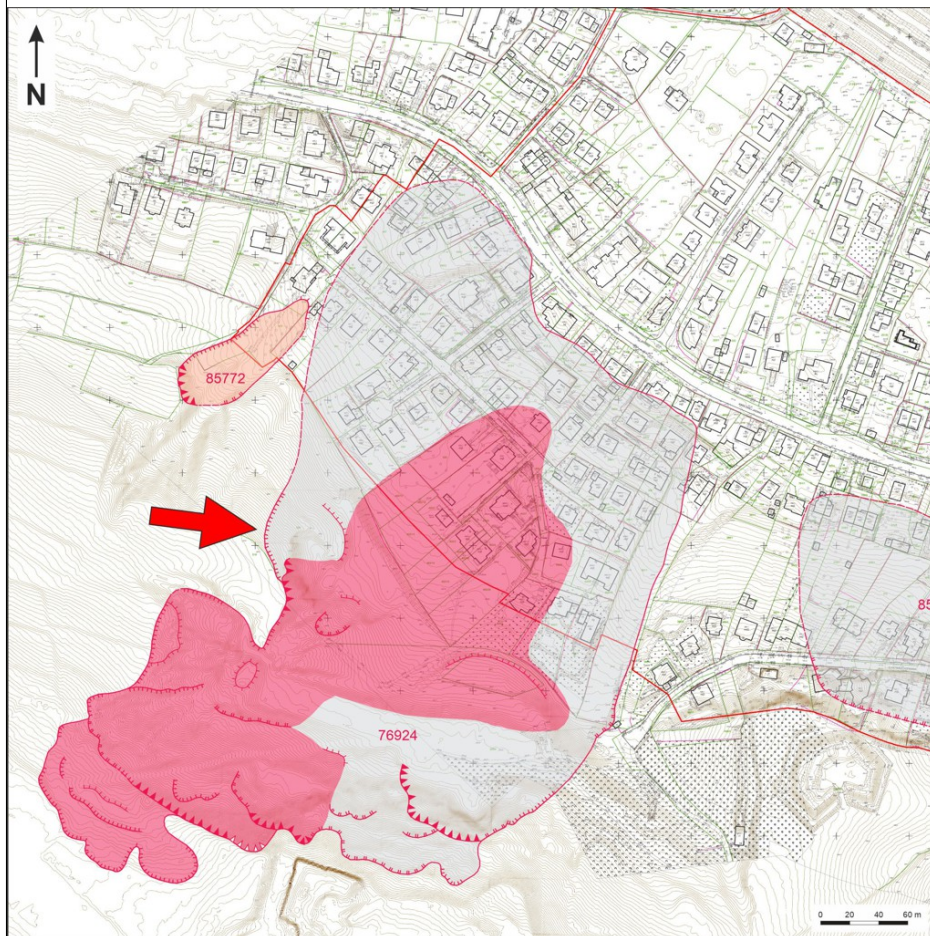


Szkic rozmieszczenia budynków przy ulicy J. Sawickiego

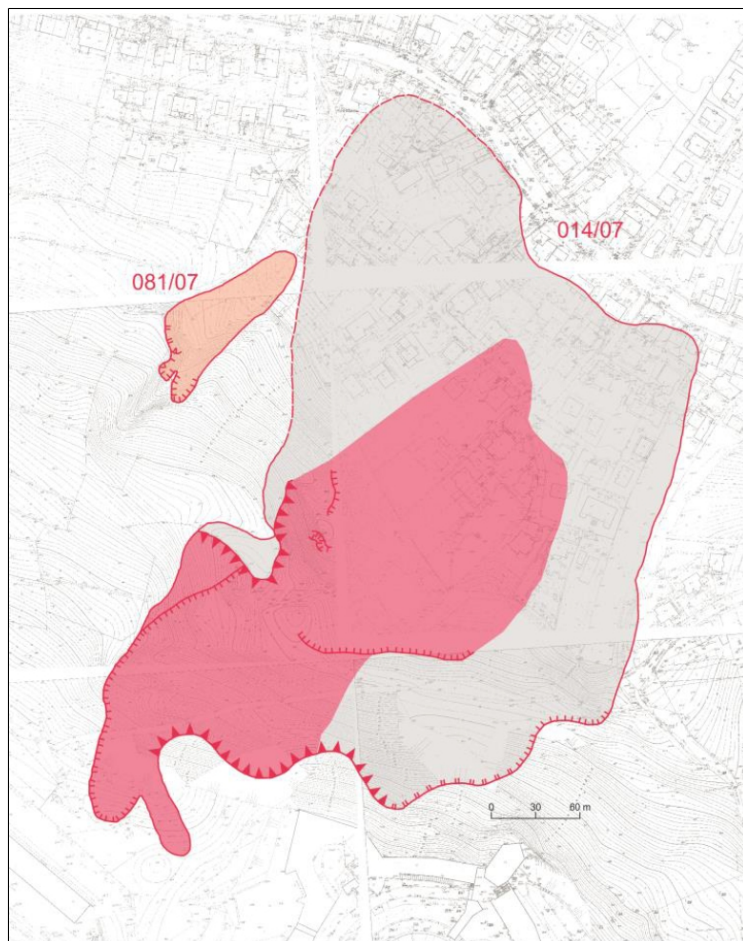
Szkic rozmieszczenia uszkodzonych budynków przy ul. J. Sawickiego (Wójcik, Rączkowski, 2011)



Szkic osuwiska nr 014/07 na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:10 000 (Wójcik, Rączkowski, 2011)

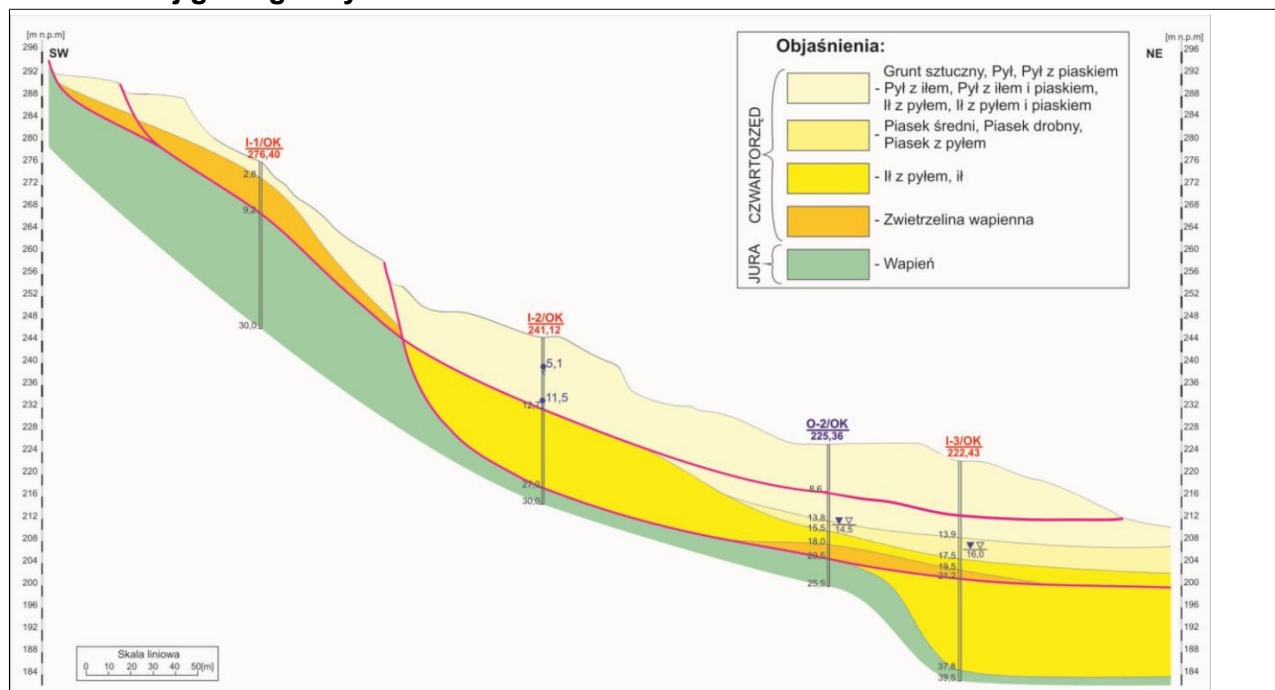


Szkic osuwiska na podkładzie mapy sytuacyjno-wysokosciowej w skali 1: 2 000 po aktualizacji w 2020 roku



Szkic osuwiska nr 014/07 na mapy sytuacyjno-wysokościowej w skali 1:2 000 (Wójcik, Wódka, Kamieniarz, 2015, potem zm. listopad 2015 – zmiana aktywności; objaśnienia jak wyżej)

15. Przekrój geologiczny osuwiska:



Przekrój geologiczno-inżynierski I-I' wzdłuż osuwiska nr 014/07 (wg Jaskólski i in., 2013, zmienione; objaśnienia otworów wiertniczych jak na Mapie geologiczno-inżynierskiej..., pkt 14)

16. Fotografia (-ie) osuwiska:



Aktywna powierzchnia osuwiska na terenie zalesionym (Wójcik, Rączkowski, 2011)



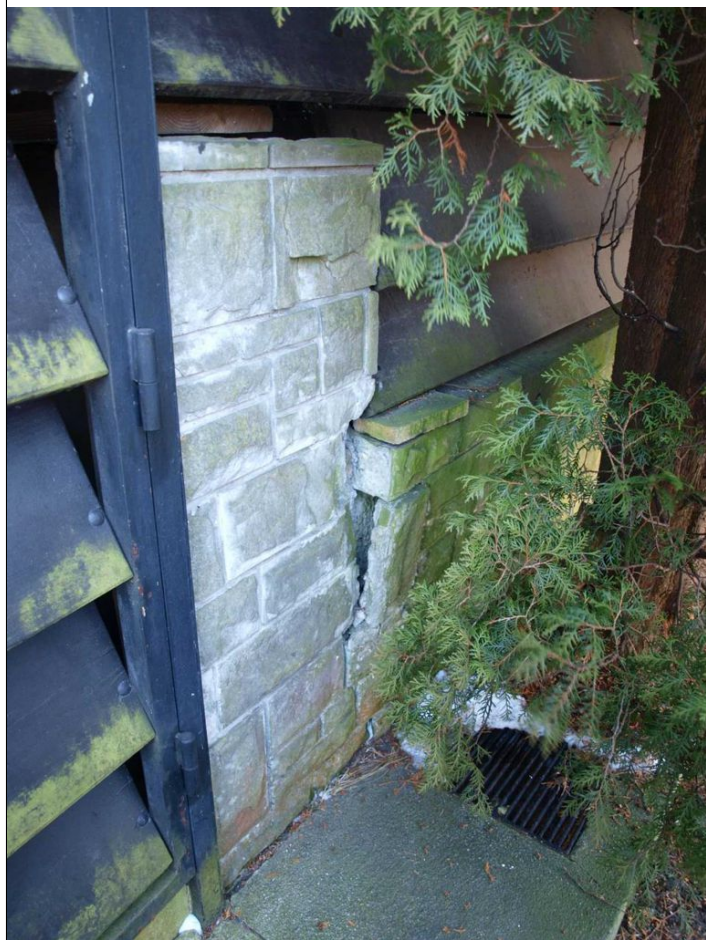
Widok na skarpę główną osuwiska (aktualizacja 2020 r.)



Koluwium osuwiskowe porośnięte trawami (Jaskólski i in., 2013)



Powierzchnia ślizgowa w łożach mioceńskich – fragment rdzenia wiertniczego (fot. M. Wódka, 2015)



Uszkodzony budynek znajdujący się w aktywnej części osuwiska (fot. A. Wójcik, 2011)



Rzeźba osuwiska w górnej części (aktualizacja 2020 r.)

17. Uwagi o możliwości zabezpieczenia oraz dodatkowe informacje:

c.d. z pkt 3.6:

Obecnie przeprowadzenie szczegółowych obserwacji budynków w rejonie zabudowanym osuwiska jest bardzo trudne, głównie ze względu na ogrodzenia działek i brak dostępu do budynków. Ponadto drobniejsze uszkodzenia są naprawiane przez właścicieli i mogą być niewidoczne dla obserwatora. W stosunku do obserwacji przeprowadzonych w 2011 roku, uwzględniając wyżej wymienione ograniczenia, nie zaobserwowano nowych uszkodzeń.

Procesy zachodzące na północno-wschodnich stokach Wzgórza Św. Bronisławy można określić jako powolny ruch starego osuwiska. Prawdopodobnie czoło osuwiska sięga ul. Królowej Jadwigi, ale ze względu na zabudowę i zmiany antropogeniczne jego zasięg jest bardzo trudny do rozpoznania.

W północnej, wschodniej i południowo-wschodniej części osuwiska nie zaobserwowano powierzchniowych śladów aktywności osuwiska, a w inklinometrze zamontowanym w otworze I-3/OK ślady przemieszczeń są małe. Ta część osuwiska została uznana za nieaktywną.

Przyczyna uaktywnienia się osuwiska jest trudna do określenia. Na obecnym stanie rozpoznania przyjmuje się, że na powstanie osuwiska nałożyło się kilka czynników: infiltracja wód opadowych (długotrwałe i intensywne opady deszczu, które wystąpiły na wiosnę i w lecie 2010 r. i spowodowały uaktywnienie się części środkowej i górnej osuwiska), czynniki tektoniczne (obszar zrębu Lasu Wolskiego i związane z nim występowanie uskoku), czynniki antropogeniczne (zabudowa, stary kamieniołom, głębokie wkopy itp.). Nie można także wykluczyć wpływu przeprowadzonych remontów i przebudowy budynku nr 4.

Aktualizacja 25.08.2020: W wyniku przeprowadzonej wizji terenowej (na potrzeby MPZP "Piastowska II"), analizy danych z systemu monitoringu i w nawiązaniu do uzyskanego podkładu topograficznego, zostały uszczegółowione granice osuwiska. W części południowo-zachodniej i zachodniej został zwiększony jego zasięg oraz lokalnie w rejonie reperu W9 uszczegółowiono jego granicę. W części północno-zachodniej zmniejszono zasięg osuwiska, a granicę poprowadzono pomiędzy budynkami mieszkalnymi. Uszczegółowiono także granice we wschodniej i południowo-wschodniej części osuwiska. Na podstawie danych z monitoringu powierzchniowego i wgłębnego zostały zaktualizowane strefy aktywności osuwiska.

17. Uwagi o możliwościach zabezpieczenia oraz dodatkowe informacje

Osuwisko w części środkowej i górnej jest aktywne o słabej intensywności ruchu. Prowadzony monitoring wgłębny – piezometry, sondy inklinometryczne zainstalowane w 3 otworach) i powierzchniowy - 10 reperów geodezyjnych (Jaskólski i in., 2013; Kos i in. 2014; Kos i in. 2017; Kos i in. 2018; Kos i in. 2019). We wszystkich trzech inklinometrach stanowiących system monitoringu wgłębnego występują przemieszczenia, przy czym w zależności od otworu obserwuje się je na różnych głębokościach. W otworze inklinometrycznym I-1/OK obecnie największe wartości (około 12 mm) występują do głębokości 3,5 m, co świadczy o dominacji spęszczania powierzchniowego w rejonie skarpy głównej. Przemieszczenia gruntu w otworze I-2/OK, zaobserwowano na głębokościach rzędu 26-28 m i wynoszą do 5 mm. Wielkości przemieszczeń w inklinometrze I-3/OK były zmienne przy czym obecnie maksymalne przemieszczenie skumulowane występuje na 10,0 m p.p.t. i osiągają wielkość ponad 12 mm. W systemie monitoringu powierzchniowego opartego o repery geodezyjne największe przemieszczenia sięgające maksymalnych wielkości 47 mm wzdłuż osi x obserwuje się w reperach oznaczonych jako W7, W6, W1 oraz W9. Przemieszczenia w pozostałych reperach nie wykazują znacznej dynamiki przemieszczeń. Reper W10 został uszkodzony i obecnie nie prowadzi się na nim pomiarów.

Na obecnym etapie rozpoznania zabezpieczenie całości osuwiska jest niemożliwe. Przewiduje się, że rozpoczęty proces przemieszczeń grawitacyjnych w górnej i środkowej części osuwiska może trwać nadal przez dłuższy okres czasu. Taka hipoteza wynika z prowadzonej od 2013 r. obserwacji instrumentalnej na terenie osuwiska. Nie można też wykluczyć, że proces taki może zostać przerwany na trwałe lub na krótki czas. Istnieje również możliwość uaktywnienia się części nieaktywnej. Na terenie osuwiska zaleca się przede wszystkim uregulowanie gospodarki wodno-ściekowej. Wszelkie prace budowlane powinny zostać poprzedzone wykonaniem dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, na podstawie której zostanie określona analiza ryzyka prowadzenia inwestycji na terenie osuwiskowym, a także zalecenia odnośnie proponowanych sposobów zabezpieczenia dla planowanej inwestycji.

18. Autor karty:

Sylwester Kamieniarz Jarosław Kos

19. Kategoria i numer uprawnień geologicznych:

VIII/0209

20. Instytucja:

Centrum Geozagrożeń PIG-PIB

21. Data wypełnienia:

2020-08-25
