

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



Rok założenia 1951

ISO 9001



ISO 14001



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

SPRAWOZDANIE

z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2017 w rejonie Parku Żeromskiego w Nowej Hucie

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

Opracowali:

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

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

.....
mgr inż. Małgorzata Jędrzejowska

Kraków, wrzesień 2017

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.....	5
3.1. Budowa geologiczna.....	5
3.2. Warunki hydrogeologiczne.....	6
4. Wyniki badań inklinometrycznych	6
4.1 Metodyka wykonanych pomiarów	6
4.2 Wyniki pomiarów	7
5. Wnioski i uwagi końcowe	8

Spis załączników

- 1.A Mapa przeglądowa w skali 1 : 50 000
- 1.B Mapa topograficzna w skali 1: 10 000
- 2.1-2.2 Mapa dokumentacyjna z lokalizacją inklinometrów w skali 1 : 500
- 3. Wyniki pomiarów w inklinometrze

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 pomiarów w istniejącej sieci monitoringu wglębnego inklinometrycznego, znajdującej się w Krakowie, w dzielnicy XVIII - Nowa Huta, przy osiedlach Centrum E i na Skarpie znajdujących się w rejonie Parku Żeromskiego.

Inklinometry, w których wykonano pomiary, zostały wykonane przez Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie w 2011 roku, na zlecenie Zarządu Infrastruktury Komunalnej i Transportu w Krakowie, ul. Centralna 53, 31-586 Kraków.

Do opracowania niniejszego Sprawozdania wykorzystano następujące materiały archiwalne:

- *Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla stabilizacji osuwiska w Nowej Hucie w rejonie Parku Żeromskiego* - Jaskólski Z., Kos J., Foryś M., Bartosz L., Wojnicki M., 2011. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Kraków (973) w skali 1: 50 000* - Rutkowski J., 1992.. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.
- *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, arkusz Kraków (973) w skali 1: 50 000* - Rutkowski J. , 1992. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
- *Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w rejonie Parku Żeromskiego w Nowej Hucie*, 2014. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- *Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1: 10 000 dla miasta Krakowa*, Arkusz M-34-65-C-c-1. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.

Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w rejonie Parku Żeromskiego w Nowej Hucie jest opracowaniem wynikowym z wykonanych pomiarów monitoringowych.

2. Charakterystyka terenu badań

2.1. Lokalizacja i sposób użytkowania terenu

Obszar, na którym przeprowadzono prace monitoringowe znajduje się we wschodniej części miasta Krakowa w dzielnicy Nowa Huta w rejonie parku Żeromskiego przy osiedlach Centrum E i Na Skarpie.

Przedmiotowe inklinometry zostały zainstalowane w 2011 roku na terenie zagrożonym osuwaniem, tuż ponad skarpą zachodniej terasy Wisły.

Wspomniana skarpa pokryta jest zaroślami krzewiastymi i trawą. Bezpośrednio ponad nią, wzdłuż jej biegu przebiega ścieżka spacerowa. Ponad skarpią znajdują się budynki mieszkalne osiedli Nowej Huty oraz budynki Szkoły Muzycznej i Szpitala Żeromskiego.

Przez przedmiotowy obszar zagrożony osuwaniem oraz w jego sąsiedztwie przebiegają sieci podziemne i techniczne. Teren wykonanych prac monitoringowych stanowi własność Gminy Kraków i Skarbu Państwa.

Ogólną lokalizację terenu przedstawiono na mapie przeglądowej w skali 1:50 000, zamieszczonej w załączniku 1A oraz na mapie topograficznej w skali 1: 10 000, stanowiącej załącznik 1B. Szczegółowa lokalizacja otworów inklinometrycznych została przedstawiona na mapie w skali 1: 500 stanowiących załączniki 2.1-2.2.

2.2. Morfologia i hydrografia

Teren zagrożony osuwaniem zalicza się pod względem geograficznym do prowincji Wyżyny Polskie i podprowincji Wyżyna Małopolska, w obrębie której wyróżnia się Wyżynę (Wysoczyznę) Krakowską, znajduje się na zboczu zachodniej terasy Wisły i obejmuje kilka obszarów aktywnych.

W 2011 roku, obok południowo-wschodniego rogu ogrodzenia Szkoły Muzycznej, bezpośrednio na terenie ścieżki spacerowej, powstało osuwisko o znacznych rozmiarach. Jego długość wynosiła 22 m, szerokość - około 19 m, natomiast wysokość skarpy głównej - ponad 6,5 m. Spłynięcie materiału spowodowało podcięcie i zerwanie korony ścieżki do połowy jej szerokości na odcinku około 15 m oraz zniszczenie i zsuniecie słupa oświetleniowego do niszy. Ponad skarpią osuwiskową została złożona barierka ochronna. Na terenie wyżej wymienionego osuwiska aktywnego, w którego bezpośrednim sąsiedztwie znajduje się inklinometr I-2, prowadzone były na przełomie lat 2013/2014 roboty budowlane mające na celu

stabilizację terenu osuwiskowego.

3. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

3.1. Budowa geologiczna

Teren badań położony jest w obrębie Zapadliska Przedkarpackiego, które wypełnione jest utworami miocеныskimi i czwartorzędowymi.

Miocen

Na analizowanym terenie miocen wykształcony jest w postaci badeńskich iłów i iłów pylastych o dużej miąższości, należących do **warstw chodenickich**. Lokalnie, na warstwach tych, zalegają wapniste piaskowce, piaski z cienkimi wkładkami iłowców - **tzw. piaski bogucickie**.

Strop utworów miocеныskich występuje na głębokości poniżej 20,0 m p.p.t.

Utwory czwartorzędowe

Utwory czwartorzędowe pokrywają całą powierzchnię terenu badań. Przypowierzchniową warstwę stanowią grunty antropogeniczne o miąższości od około 1 do ponad 11 m tj. nasypy niekontrolowane składające się z mieszaniny piasku gliniastego, piasku, gliny, lokalnie namulów, a także okruchów skał, gruzu, cegieł i betonu.

Poniżej zalegają grunty rodzime reprezentowane przez osady rzeczne i rzeczno-zastoiskowe wykształcone jako gliny, namuły, torfy oraz piaski i pospółki.

Tuż pod nasypami niekontrolowanymi znajdują się cienkie soczewki glin piaszczystych i pylastych, najczęściej w stanie plastycznym, a miejscami miękkoplastycznym, sporadycznie występują piaski gliniaste w stanie plastycznym. Poniżej, na niemal całym terenie badań występuje kompleks utworów pochodzenia organicznego w postaci namulów w stanie miękkoplastycznym, rzadko plastycznym oraz torfów. Miąższość tego kompleksu mieści się w granicach około 1-4,5 m. Miejscami, pod warstwą namulów znajdują się cienkie soczewki glin pylastych i piaszczystych w stanie miękkoplastycznym. Kolejnymi utworami rzeczno-ustulowymi występującymi na tym terenie są zalegające poniżej piaski drobne i średnie oraz pospółki w stanie średnio zagęszczonym. Wśród nich, miejscami występują stosunkowo grube soczewki piasków i pospółek gliniastych w stanie plastycznym i miękkoplastycznym.

3.2. Warunki hydrogeologiczne

Omawiany teren znajduje się na obszarze zlewni rzeki Wisły. Wody podziemne występują tu w utworach holoceno-plejstoceniczkich.

Warstwę wodonośną stanowią piaski średnie i grube, a także pospółki, miejscami zaglinione. Poziom ten jest ciągły, a zwierciadło ma charakter napięty, miejscami swobodny. Spływ wód gruntowych zaznacza się w kierunku południowo-zachodnim.

Podczas badań geologicznych, przeprowadzonych w 2011 roku, w obrębie przedmiotowej skarpy, zwierciadło wód podziemnych znajdowało się na głębokości od 8,0 do 15,8 m p.p.t. powyżej skarpy oraz od 3,2 do 6,2 m p.p.t. - poniżej skarpy. Stabilizacja wód następowała natomiast odpowiednio na głębokościach od 5,9 do 10,4 m p.p.t. i od 0,1 do 1,2 m p.p.t., co odpowiada rzędnym od 199,0 do 201,5 m n.p.m.

Na obszarze poniżej badanego terenu, w obrębie Łąk Nowohuckich, widoczne są liczne podmokłości i miejsca stagnacji wody.

4. Wyniki badań inklinometrycznych

4.1 Metodyka wykonanych pomiarów

Monitoring inklinometryczny w dwóch założonych kolumnach pomiarowych (I-1 i I-2), znajdujących się w okolicy osiedli Centrum E oraz Na Skarpie, w rejonie parku Żeromskiego w Nowej Hucie, prowadzony był od 2 listopada 2011 roku, kiedy to wykonano pierwszy pomiar „zerowy” (bazowy). Po roku 2012 inklinometr oznaczony jako I-1 został uszkodzony i obecnie pomiary prowadzone są w otworze I-2.

Pomiary wykonywane były sondą inklinometryczną RST Digital Inklinometr w przygotowanych otworach pomiarowych uzbrojonych rurami inklinometrycznymi o średnicy $\varnothing$ 70 mm 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 przesuwana się ona w rowkach wyciętych w kolumnie. Podczas montażu kolumny zostały one 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 dnia 02.11.2011 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 na 0,5 m. Wyniki obliczeń przedstawiono w postaci wykresów przyrostów przemieszczeń (*incremental displacement*) na jednostkowych odcinkach pomiarowych oraz wykresów przemieszczeń kumulacyjnych (*cumulativ displacement*) w całych otworach.

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:

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

4.2 Wyniki pomiarów

Monitoring inklinometryczny na założonych kolumnach pomiarowych w inklinometrze I-2, objął cztery serie pomiarowe wykonywane w dniach:

- 2 listopad 2011 r. – seria bazowa – pomiar „zerowy”
- 29 listopad 2011 r. – seria „pierwsza”,
- 23 maja 2012 r. – seria „druga”,
- 15 września 2014 r. – seria „trzecia”
- 1 sierpnia 2017 r. – seria „czwarta”

W załączniku graficznym nr 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 w interwale pomiarowym (*incremental displacement*). Skala przemieszczenia jest zmienna dla poszczególnych otworów. Pomiary obejmują odczyty dla osi AA (zgodnej z kierunkiem przemieszczenia) i osi BB (kierunek prostopadły do ruchu utworów koluwalnych). Skala przemieszczenia jest zmienna dla poszczególnych wykresów.

Otwór I-2

W ramach poprzednich serii pomiarowych, które przeprowadzone były w latach 2011-2012, nie zaobserwowano istotnych przemieszczeń w inklinometrze I-2. Niewielkie przemieszczenia występujące na głębokości od około 1,0 do 6,0 m p.p.t. nie przekraczały 1 mm i mieściły się w granicach błędu pomiarowego. Podczas serii pomiarowej we wrześniu 2014 r. przemieszczenia w inklinometrze I-2 pojawiły się na głębokości od 13,5 m p.p.t. zarówno w kierunku osi AA jak i osi BB. Jednak największe przyrosty przemieszczeń w okresie od maja 2012 r. do września 2014 r. odnotowano na głębokości 3-6 metrów i wyniosły one maksymalnie 4 mm. Zmiany te mogły zostać wywołane przez realizację prac budowlanych w bezpośrednim sąsiedztwie kolumny pomiarowej. Prace stabilizacyjne, prowadzone w okresie pomiędzy pomiarami, zmieniły całkowicie rozkład naprężeń w monitorowanej skarpie.

Ostatni pomiar, umożliwiający odniesienie się do pomiaru zerowego, przeprowadzony został po 3-letniej przerwie w sierpniu 2017 r. Jego wyniki świadczą o stabilizacji kolumny inklinometru oraz skarpy, gdyż przyrosty w poszczególnych interwałach pomiarowych nie przekraczają wartości 1 mm, przy maksymalnym błędzie pomiarowym wynoszącym $\pm 2,1$ mm.

5. Wnioski i uwagi końcowe

Obszar objęty monitoringiem jest w całości zagrożony osuwaniem, szczególnie w okresach wzmożonych opadów i wiosennych roztopów, ze względu na duże nachylenie przedmiotowej skarpy, obciążenie zbocza nasypem oraz sprzyjającą powstawaniu osuwisk budowę geologiczną. Na części osuwiska przeprowadzono prace zabezpieczające, w związku z czym ryzyko wystąpienia ruchów masowych jest mniejsze, jednakże nie zostało całkowicie wyeliminowane.

Na potrzeby niniejszego opracowania, w sierpniu 2017 roku, dokonano „czwartej” sesji pomiarowej w inklinometrze I-2 znajdującym się powyżej skarpy zachodniej terasy Wisły, w okolicy Parku Żeromskiego w Nowej Hucie.

Wyniki pomiarów w inklinometrze I-2 świadczą o stabilizacji kolumny inklinometru oraz części skarpy w jego okolicy. Nie stwierdzono przemieszczeń większych od błędu pomiarowego. W związku z tym kolejną serię pomiarową zaleca się przeprowadzić po okresie około 3 lat lub w przypadku wystąpienia zniekształceń rejonu badań

Ze względu na uszkodzenie rury inklinometrycznej inklinometru I-1 nie ma możliwości prowadzenia obserwacji w inklinometrze I-1. Dla oceny zagrożenia terenu w rejonie inklinometru I-1 zaleca się wykonanie nowej kolumny inklinometrycznej i przeprowadzenie w niej serii pomiarowych celem oceny skali przemieszczeń gruntów ze względu na sąsiedztwo budynków mieszkalnych.

ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE

Mapa przeglądowa

Skala 1 : 50 000



Skala liniowa

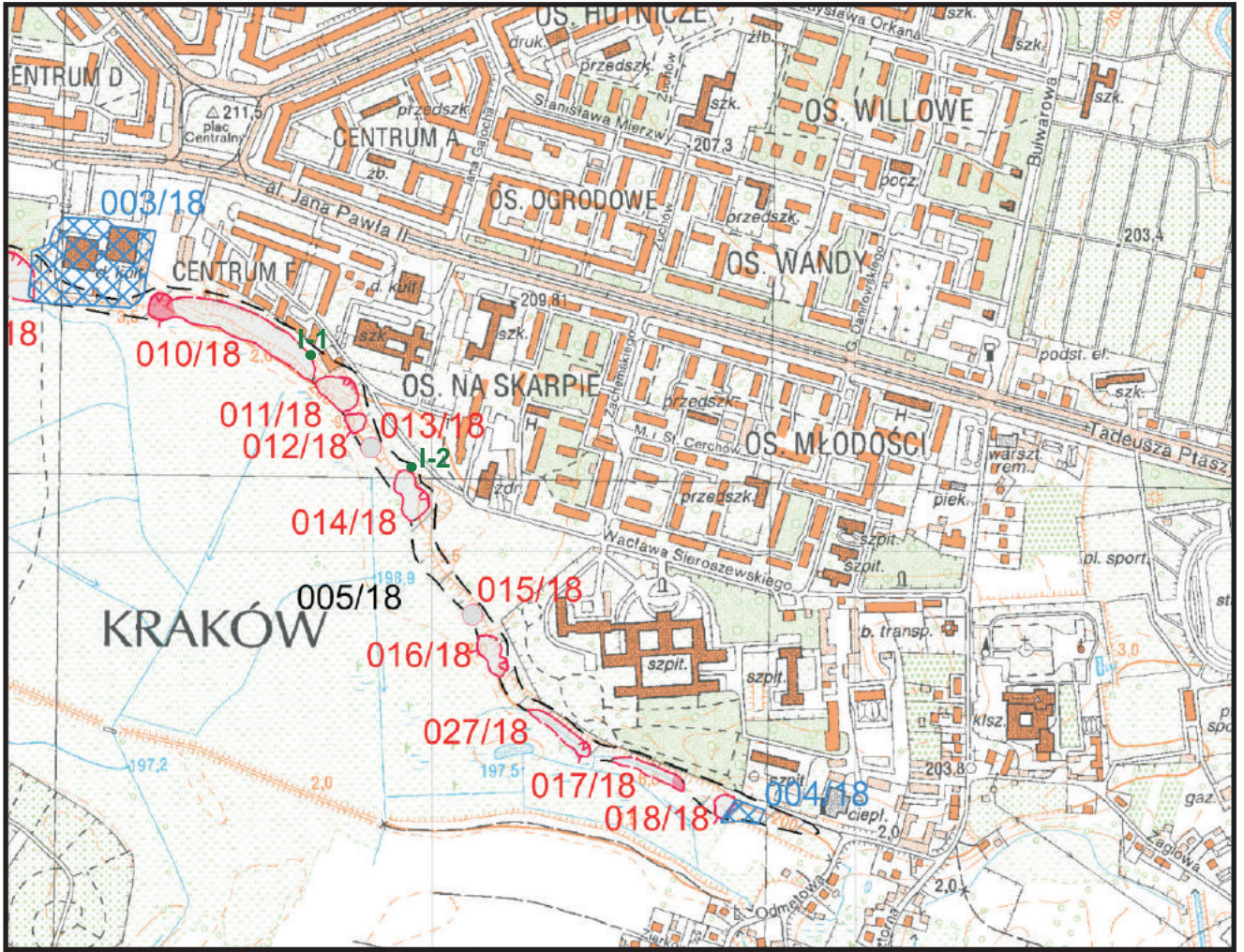
0 0,5 1,0 1,5 2,0[km]

Objaśnienia:

- - Orientacyjna lokalizacja inklinometrów I-1 i I-2

Wycinek mapy topograficznej

Skala 1: 10 000



Małoszewski M., Kmieciak M., - 2017, *Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1: 10 000 dla miasta Krakowa*, Arkusz M-34-65-C-c-1. PG Kraków.

Objaśnienia:

Strefy aktywności osuwisk

-  strefa aktywna
 strefa okresowo aktywna
 strefa nieaktywna

Granice osuwisk

- granica pewna
- - - granica przypuszczalna

Przejawy występowania wód powierzchniowych i podziemnych

- | | |
|---|-------------------------------|
|  | źródło |
|  | wysięk |
|  | ciek |
|  | podmokłość |
|  | zbiornik wód powierzchniowych |

014/18 numer osuwiska

002/18 numer obszaru zmienionego antropogenicznie

005/18 numer terenu zagrożonego ruchami masowymi

- Orientacyjna lokalizacja inklinometrów I-1 i I-2

Osuwiska o powierzchni $< 0,05$ ha (znaczone jako punkt)

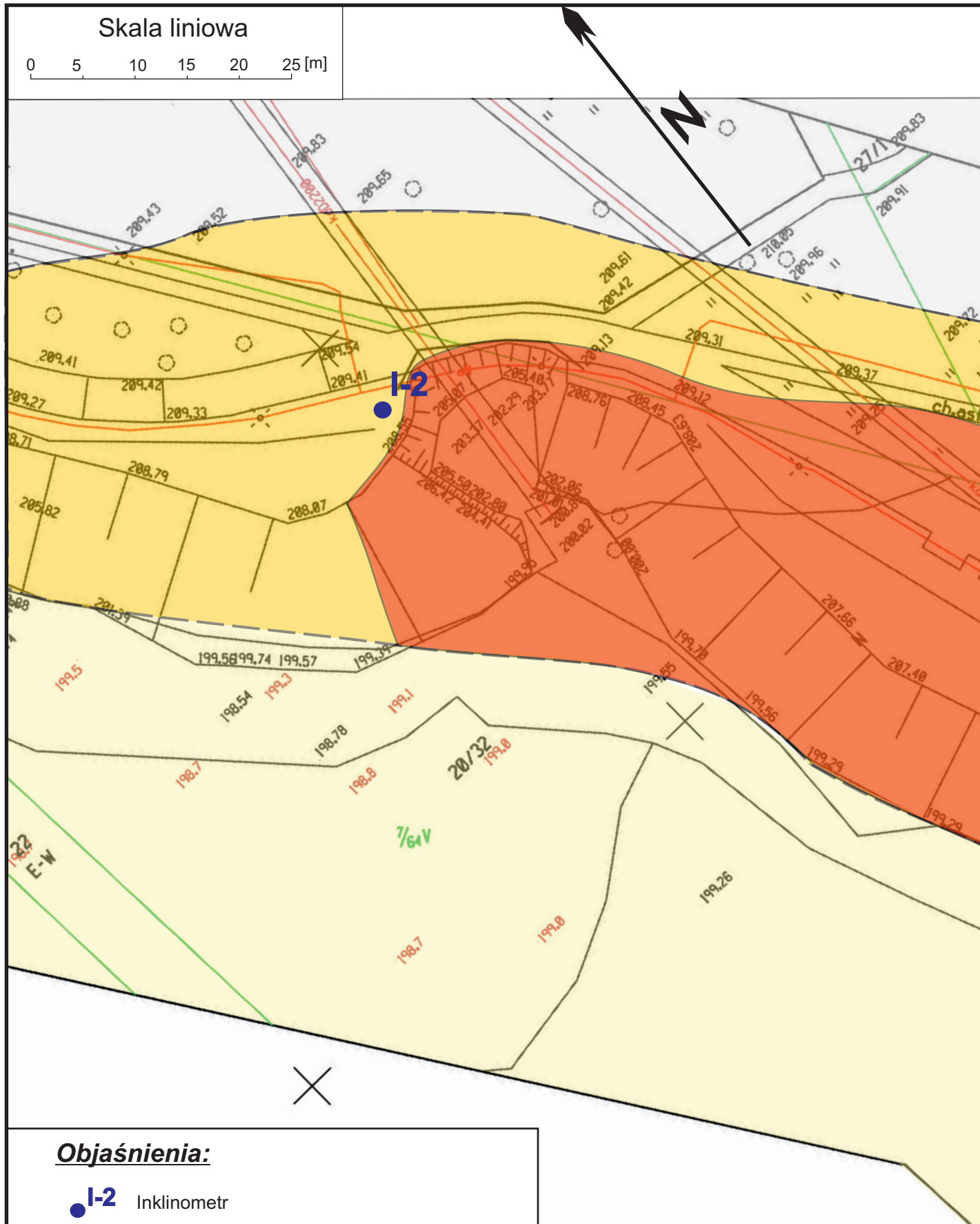
- osuwisko aktywne
- osuwisko okresowo aktywne
- osuwisko nieaktywne

Obszary predysponowane do powstawania osuwisk

-  teren zagrożony ruchami masowymi
 obszar wzmożonego, płytkiego spęływania
 obszar zmieniony antropogenicznie

Skala liniowa

0 5 10 15 20 25 [m]



Objaśnienia:

I-2 Inklinometr

CZWARTORZĘD

- Teren osuwiska
- Teren zagrożony ruchami masowymi
- Grunty nasypowe
- Utwory rzeczne (Namuly, torfy, piaski, pospółki)

**PRZEDSIĘBIORSTWO GEOLOGICZNE S.A.
W KRAKOWIE**

INWESTOR	Gmina Miejska Kraków – Urząd Miasta Krakowa pl. Wszystkich Świętych 3-4, 31-004 Kraków		
NAZWA OPRACOWANIA	Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w rejonie Parku Żeromskiego w Nowej Hucie		
NAZWA RYSUNKU	Mapa dokumentacyjna		
OPRACOWAŁ	M.Jędrzejowska	PODPIS	
SPRAWDZIŁ	J. Kos	PODPIS	
DATA	Wrzesień 2017	SKALA 1: 500	Załącznik 2.2

Wyniki pomiarów w inklinometrze I-2

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-2

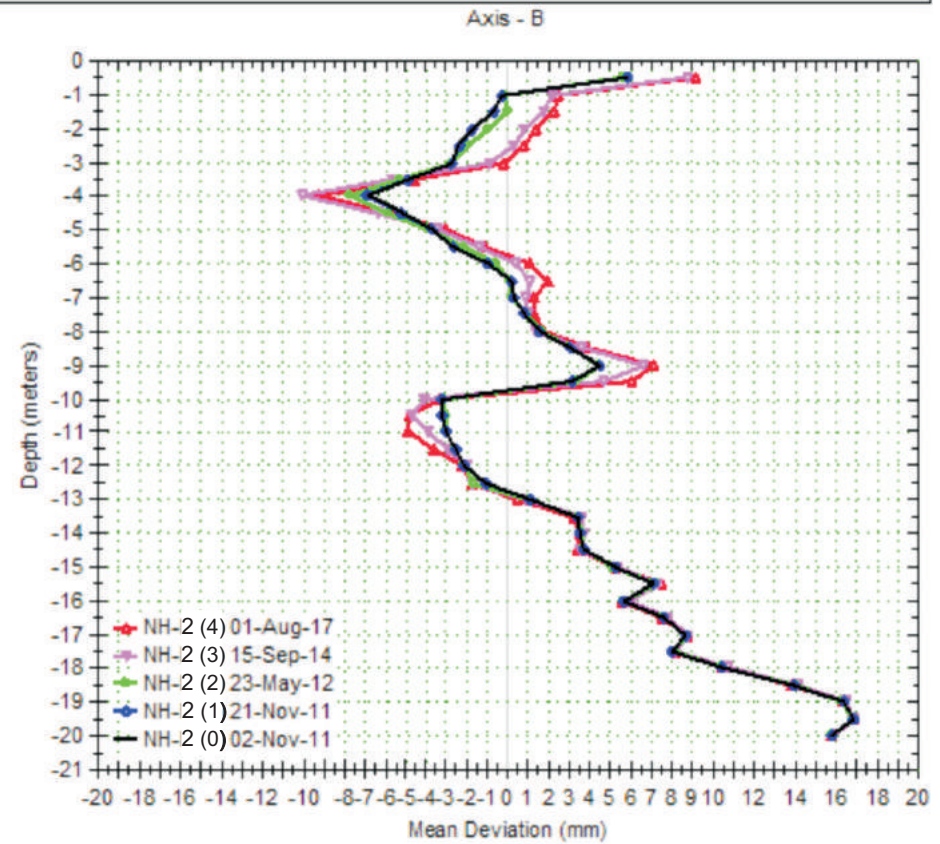
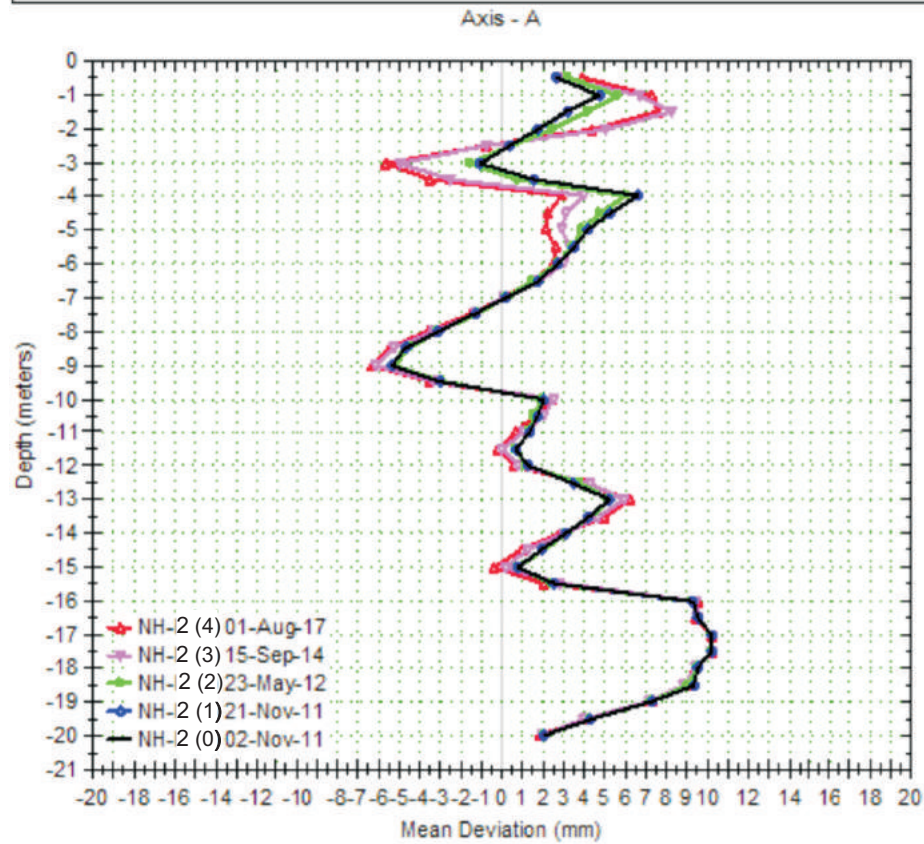
RST Instruments Ltd.

MEAN DEVIATION

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : NH-I2
Project : Kraków_NH
Location : Krakow
Northing : 50o4'3.81''
Easting : 20o2'27.78''
Collar : 210 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth : 202
Base Reading : 2011 Nov 02 08:59
Applied Azimuth : 0.0 degrees



INKLINOMETR I-2

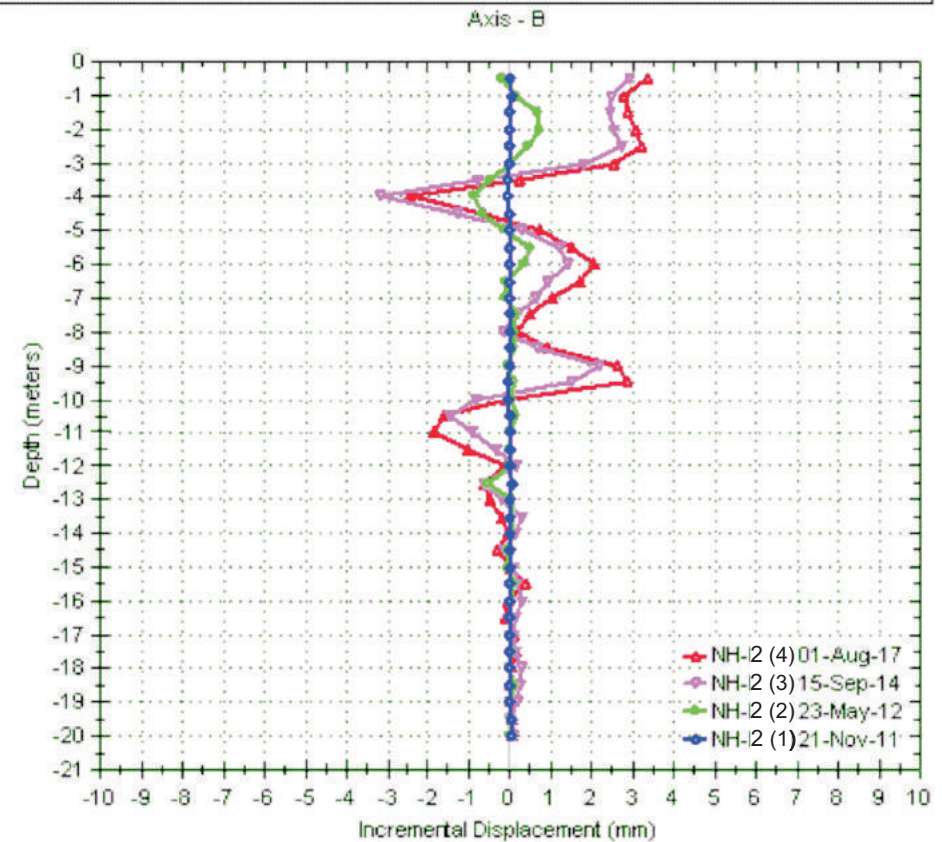
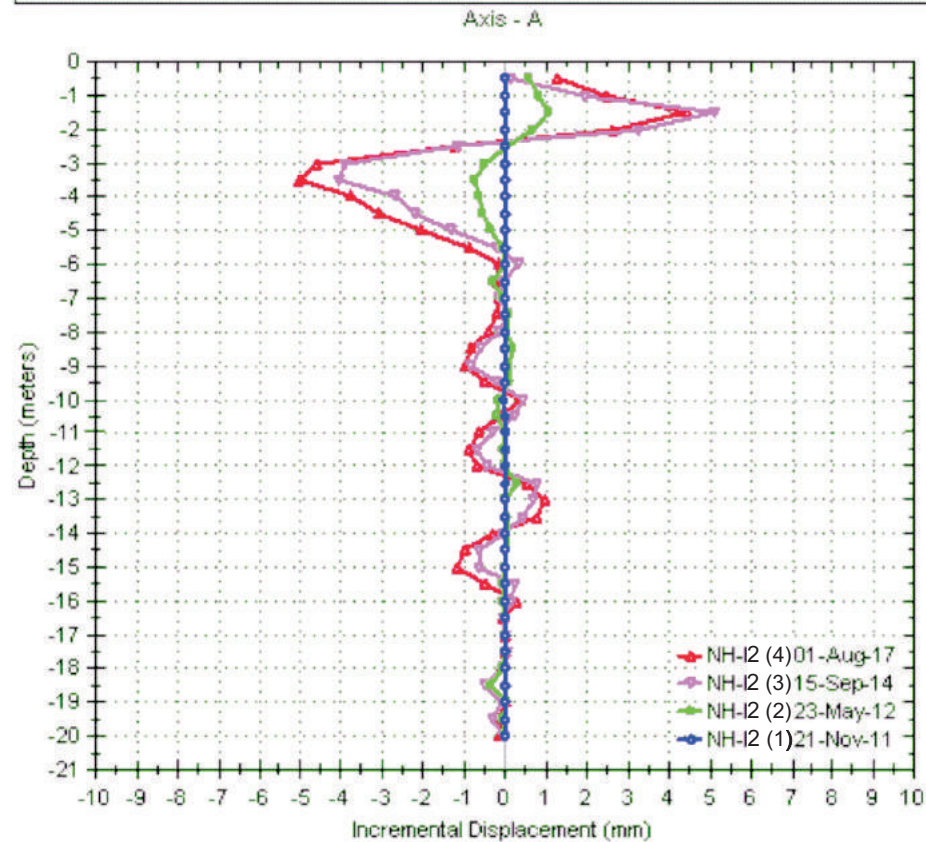
RST Instruments Ltd.

INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinanalysis v. 2.47.5

Borehole : NH-I2
Project : Kraków_NH
Location : Krakow
Northing : 50o4'3.81''
Easting : 20o2'27.78''
Collar : 210 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth : 202
Base Reading : 2011 Nov 02 08:59
Applied Azimuth : 0.0 degrees



INKLINOMETR I-2

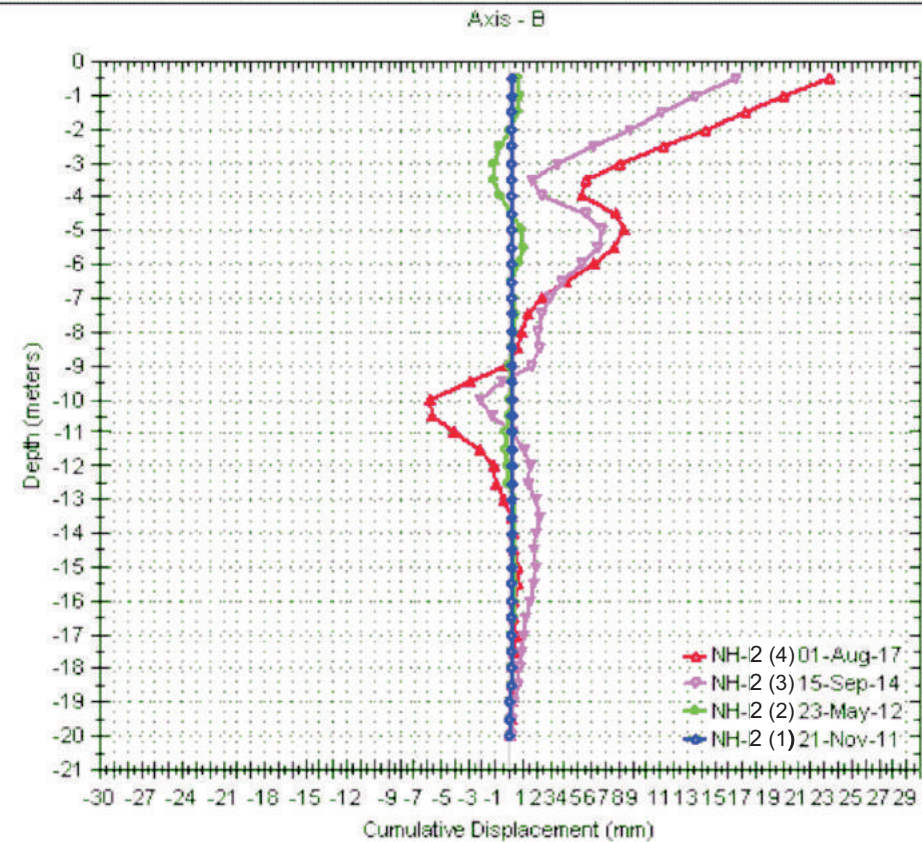
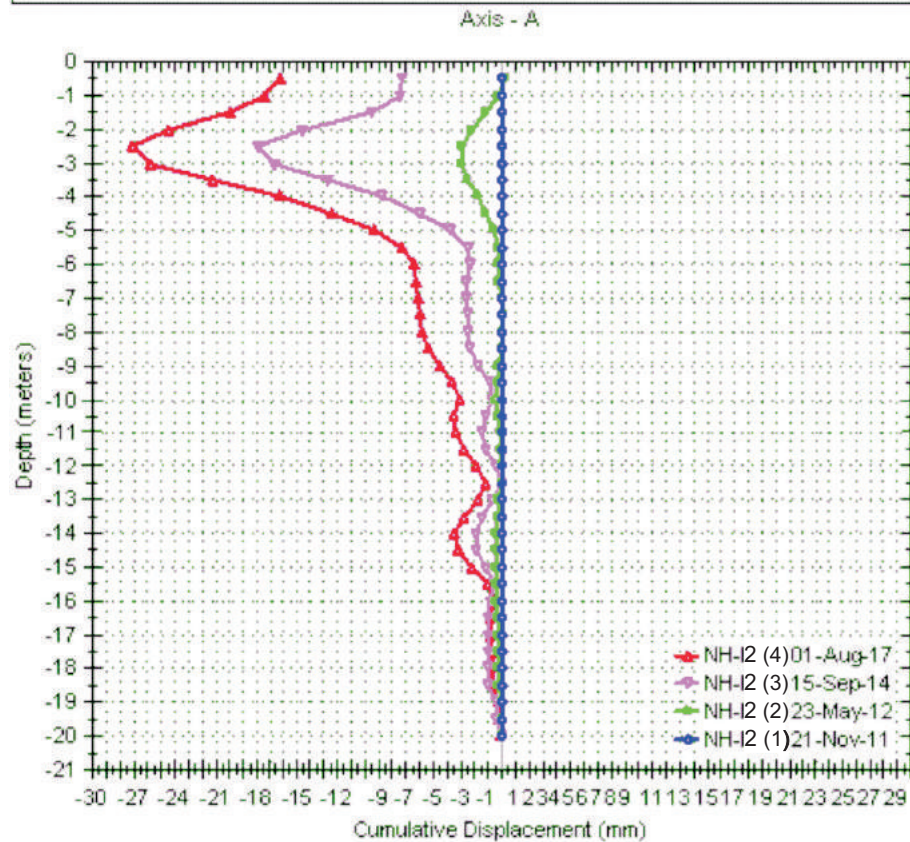
RST Instruments Ltd.

CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinanalysis v. 2.47.5

Borehole : NH-I2
Project : Kraków_NH
Location : Krakow
Northing : 50o4'3.81''
Easting : 20o2'27.78''
Collar : 210 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.0 meters
Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth : 202
Base Reading : 2011 Nov 02 08:59
Applied Azimuth : 0.0 degrees



INKLINOMETR I-2

RST Instruments Ltd.

POLAR PLOT - CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.47.5

Borehole : NH-I2
Project : Kraków_NH
Location : Krakow
Northing : 50o4'3.81''
Easting : 20o2'27.78''
Collar : 210 m n.p.m.
Collar Elev : 0.0 meters

Displacement vs. Angle

Spiral Correction : N/A

Borehole Total Depth : 20.0 meters
A+ Groove Azimuth : 202
Latest Reading : 2017 Aug 01 19:23
Initial Reading : 2011 Nov 21 09:15
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Polar Plot : 20.0 meters

