

***RAPORT WYNIKOWY***  
***z II serii pomiarów wgłębnych***  
***przemieszczeń Skarpy Wiślanej w Czersku***  
***oraz IV serii pomiarów wgłębnych przemieszczeń***  
***Skarpy Wiślanej w Górze Kalwarii***  
***gm. Góra Kalwaria, pow. Piaseczyński,***  
***woj. mazowieckie***

ZAMAWIAJĄCY:

POWIAT PIASECZYŃSKI  
UL. CHYLICKOWSKA 14  
05-500 PIASECZNO

Opracował zespół:

mgr Rafał Kuszyk  
upr. V-1553, VII-1362

mgr inż. Witold Domaradzki

mgr Aneta Cała

## **SPIS TREŚCI**

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 1. WSTĘP .....                                            | 3  |
| 2. CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA .....          | 4  |
| 3. TECHNOLOGIA WYKONANIA INKLINOMETRÓW .....              | 5  |
| 4. ZAKRES PRAC POMIAROWYCH .....                          | 6  |
| 5. ANALIZA PRZEMIESZCZEŃ SKARPY .....                     | 7  |
| 5.1. Przemieszczenia skarpy w rejonie Góry Kalwarii ..... | 8  |
| 5.2. Przemieszczenia skarpy w rejonie Czerska .....       | 11 |
| 6. WNIOSKI KOŃCOWE .....                                  | 12 |

## **ZAŁĄCZNIKI**

|          |                                                                                                      |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zał. 1.0 | Mapa lokalizacyjna, skala 1:10 000                                                                   |
| Zał. 1.1 | Mapa inwentaryzacji, skala 1:10 000                                                                  |
| Zał. 2.0 | Mapy dokumentacyjne, skala 1:1000                                                                    |
| Zał. 3.0 | Odległości pomiędzy głowicami kolumn inklinometrycznych w poszczególnych przekrojach pomiarowych [m] |
| Zał. 4.0 | Zestawienie wyników pomiarów przemieszczeń pionowych i poziomych głowic kolumn inklinometrycznych    |
| Zał. 5.0 | Wyniki pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej                                              |

## **1. WSTĘP**

Niniejszy raport sporządzono na zamówienie Powiatu Piaseczyńskiego z siedzibą przy ul. Chyliczkowskiej 14 w Piasecznie. Opracowanie zawiera:

- wyniki drugiej serii pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej w miejscowości Czersk;
- wyniki czwartej (drugiej w 2012 roku) serii pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej w miejscowości Góra Kalwaria (na odcinku od zbiegu ulic Wojska Polskiego i Batalionu Czwartaków do Moczydłowa).

Lokalizacja punktów pomiarowych została przedstawiona wg Zał. 1.0 i Zał. 1.1.

Dla potrzeb opracowania niniejszego raportu wykorzystano:

- [1] Projekt prac geologicznych na wykonanie inklinometrów do pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej w Górze Kalwarii, gm. Góra Kalwaria, pow. Piaseczyński, woj. mazowieckie. HydroGeoStudio 08.2011.
- [2] Projekt robót geologicznych na wykonanie inklinometrów do pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej na działkach ew. nr 518/6, 526/8, 526/9 w obrębie 0015 w Czersku, gm. Góra Kalwaria, pow. Piaseczyński, woj. mazowieckie. HydroGeoStudio 04.2012.
- [3] Dokumentacja geologiczna z wykonania inklinometrów do pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej w Górze Kalwarii gm. Góra Kalwaria, pow. Piaseczyński, woj. mazowieckie. HydroGeoStudio 10.2011.
- [4] Dokumentacja geologiczna z wykonania inklinometrów do pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej na działkach ew. nr 518/6, 526/8, 526/9 w obrębie 0015 w Czersku gm. Góra Kalwaria, pow. Piaseczyński, woj. mazowieckie. HydroGeoStudio 05.2012.
- [5] Raport wynikowy nr 2 z II serii pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej w Górze Kalwarii, gm. Góra Kalwaria, pow. Piaseczyński, woj. mazowieckie. HydroGeoStudio 10.2011.
- [6] Raport wynikowy z I serii (zerowej) pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej w Czersku oraz III serii pomiarów wgłębnych przemieszczeń Skarpy Wiślanej w Górze Kalwarii, gm. Góra Kalwaria, pow. Piaseczyński, woj. mazowieckie. HydroGeoStudio 05.2012.
- [7] Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Góra Kalwaria (M 34-7A), wraz z objaśnieniami. Instytut Geologiczny 1966.
- [8] Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Piaseczno 560, wraz z objaśnieniami. Instytut Geologiczny 1976.
- [9] Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Góra Kalwaria 597, wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny 1997.
- [10] Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Piaseczno 560, wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny 1997.
- [11] System Osłony Przeciw Osuwiskowej SOPO. Państwowy Instytut Geologiczny.
- [12] PN-B-02481:1998. Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.

- [13] PN-EN ISO 14688. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów.
- [14] PN-B-02479:1998. Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
- [15] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2006 r. nr 129, poz. 902 z późn. zm.)
- [16] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2011 r. nr 163, poz. 981)
- [17] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Dz. U. z 2007 r. nr 121, poz. 840)

## **2. CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA**

Teren badań obejmuje wschodni skraj wysoczyzny lodowcowej, Skarpę Wiślaną oraz obszar tarasu zalewowego niższego i tarasu zalewowego wyższego Wisły znajdujący się w bezpośrednim sąsiedztwie podnóża skarpy. Skarpa ma około 15 ÷ 30 m wysokości oraz nachylenie powyżej 30%. W Górze Kalwarii krawędź skarpy układa się na rzędnej 115,0 ÷ 117,5 m npm i obniża się w kierunku Moczydłowa do rzędnej 100,0 m npm. W Czersku krawędź skarpy układa się na rzędnej ok 110,0 m npm.

W obrębie Skarpy Wiślanej w rejonie Góry Kalwarii i Czerska występują osuwiska oraz tereny zagrożone ruchami masowymi opisane szczegółowo w Systemie Osłony Przeciwosuwiskowej SOPO Państwowego Instytutu Geologicznego [11]. Występują tu osuwiska aktualnie nieaktywne oraz tereny zagrożone ruchami masowymi. Przekroje pomiarowe zostały zlokalizowane w najbardziej newralgicznych rejonach (przekroje I ÷ V oraz IX), gdzie w okresie ostatniego pół roku doszło do ruchów mas ziemnych skutkujących miejscami naruszeniem konstrukcji budynków bądź infrastruktury technicznej. Dodatkowo przekroje VI ÷ VIII oraz X zlokalizowano w rejonach potencjalnie narażonych na takie ruchy, w rejonie intensywnej zabudowy.

Na badanym terenie bezpośrednio pod powierzchnią terenu występują (wg [3], [4], [7] i [8]):

- na wysoczyźnie lodowcowej:
  - do głębokości 0,40÷1,50 m ppt gleba i nasypy głównie niebudowlane;
  - do głębokości 2,5 ÷ 16,0 m ppt utwory niespoiste w postaci piasków drobnych – piaski zastoiskowe miejscami przykryte utworami lodowcowymi w postaci glin piaszczystych i pylastych oraz utworami wodnolodowcowymi w postaci piasków drobnych zalegających na bruku morenowym o łącznej miąższości 2,7 ÷ 7,5 m (otwory: INK3/1, INK4/1, INK10/1);

- do głębokości rozpoznania utwory spoiste w postaci ilów – utwory zastoiskowe miejscami podścielone utworami lodowcowymi w postaci glin piaszczystych (otwór: INK1/1);
- na tarasie zalewowym niższym i tarasie zalewowym wyższym:
  - do głębokości 0,30÷0,80 m ppt gleba;
  - do głębokości rozpoznania a miejscami do głębokości 0,6 ÷ 2,4 m ppt (otwory nr INK3/4, INK6/3, INK10/3) utwory spoiste głównie w postaci glin pylastych i piasków gliniastych - utwory rzeczne facji powodziowej – mady;
  - poniżej ww. utworów a miejscami poniżej gleby (otwory: INK7/3, INK8/3, INK9/3) do głębokości rozpoznania utwory niespoiste głównie w postaci piasków drobnych i pylastych – utwory rzeczne miejscami podścielone madami w postaci glin pylastych (otwór: INK9/3).

Na wysoczyźnie lodowcowej nie nawiercono ciągłego poziomu wodonośnego. W obrębie skarpy stwierdza się występowanie wielu, nieregularnie rozmieszczonych sączeń śródglinowych. Miejscami występują również okresowe wysięki wód na zboczu skarpy. Wody podziemne spływają z wysoczyzny ku dolinie w sposób nieregularny po stropie utworów spoistych. Natężenie spływu zależne jest od intensywności opadów.

U podnóża skarpy – na obszarze tarasu zalewowego niższego i tarasu zalewowego wyższego Wisły w rejonie Góry Kalwarii nawiercono zwierciadło wód podziemnych, miejscami napięte przez wyżej zalegające mady. Zwierciadło swobodne nawiercono na głębokości 0,8 m ppt. Zwierciadło napięte nawiercono na głębokości 1,5 ÷ 2,4 m ppt.

Na obszarze tarasu zalewowego wyższego Wisły w rejonie Czerska nawiercono zwierciadło wód podziemnych o charakterze swobodnym na głębokości 1,0 ÷ 1,5 m ppt.

### **3. TECHNOLOGIA WYKONANIA INKLINOMETRÓW**

Kolumny inklinometryczne, wykonane z łączonych odcinków rur typu ABS (długości 3,0 m) zostały zainstalowane w otworach wiertniczych zgodnie z [1] i [2].

Dokładna lokalizacja kolumn inklinometrycznych przedstawiona została na mapach dokumentacyjnych w Zał. 2.0. Współrzędne geodezyjne i geograficzne w Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 2000 (układ odniesienia - Kronsztad 1960) zamieszczono w Tab.1

Tab. 1 Współrzędne geodezyjne i geograficzne kolumn inklinometrycznych

| Numer kolumny inklinometrycznej | Współrzędne:            |            |        |                       |                |
|---------------------------------|-------------------------|------------|--------|-----------------------|----------------|
|                                 | geodezyjne (układ 2000) |            |        | geograficzne (WSG'84) |                |
|                                 | X                       | Y          | H      | B                     | L              |
| INK1/1                          | 5759530,84              | 7514754,54 | 143,18 | 51°58'10,287"         | 21°12'52,946"  |
| INK1/2                          | 5759552,65              | 7514789,69 | 136,03 | 51°58'10,989"         | 21°12'5 4,791" |
| INK1/3                          | 5759553,53              | 7514891,77 | 123,52 | 51°58'11,008"         | 21°13'0 0,139" |
| INK2/1                          | 5759842,04              | 7514744,85 | 145,93 | 51°58'20,357"         | 21°12'5 2,487" |
| INK2/2                          | 5759829,91              | 7514814,13 | 133,18 | 51°58'19,958"         | 21°12'5 6,114" |
| INK2/3                          | 5759812,62              | 7514882,38 | 123,87 | 51°58'19,392"         | 21°12'5 9,687" |
| INK3/1                          | 5759924,68              | 7514750,71 | 65,88  | 51°58'23,031"         | 21°12'52 ,807" |
| INK3/2                          | 5759920,15              | 7514777,49 | 140,81 | 51°58'22,881"         | 21°12'54,209"  |
| INK3/3                          | 5759896,01              | 7514841,97 | 131,40 | 51°58'22,094"         | 21°12'5 7,583" |
| INK3/4                          | 5759863,29              | 7514958,82 | 122,68 | 51°58'21,024"         | 21°13'0 3,700" |
| INK4/1                          | 5760101,71              | 7514774,63 | 69,41  | 51°58'28,757"         | 21°12'54 ,088" |
| INK4/2                          | 5760094,75              | 7514808,44 | 143,44 | 51°58'28,528"         | 21°12'5 5,857" |
| INK4/3                          | 5760034,59              | 7515026,02 | 122,68 | 51°58'26,560"         | 21°13'07, 247" |
| INK5/1                          | 5760235,37              | 7514837,79 | 146,58 | 51°58'33,075"         | 21°12'5 7,417" |
| INK5/2                          | 5760213,33              | 7514824,65 | 144,19 | 51°58'32,363"         | 21°12'56,725"  |
| INK6/1                          | 5761142,29              | 7515152,72 | 151,36 | 51°59'02,390"         | 21°13'14,062"  |
| INK6/2                          | 5761178,51              | 7515172,62 | 138,26 | 51°59'03,560"         | 21°13'1 5,110" |
| INK6/3                          | 5761203,25              | 7515263,21 | 62,46  | 51°59'04,352"         | 21°13'19 ,862" |
| INK7/1                          | 5761764,16              | 7514896,58 | 149,24 | 51°59'22,536"         | 21°13'0 0,736" |
| INK7/2                          | 5761786,07              | 7514967,03 | 55,07  | 51°59'23,239"         | 21°13'04 ,433" |
| INK7/3                          | 5761768,65              | 7515039,66 | 42,37  | 51°59'22,668"         | 21°13'08 ,236" |
| INK8/1                          | 5762894,84              | 7513700,17 | 142,56 | 51°59'59,232"         | 21°11'5 8,195" |
| INK8/2                          | 5762944,28              | 7513755,97 | 134,50 | 52°00'00,827"         | 21°12'01,127"  |
| INK8/3                          | 5763046,53              | 7513923,39 | 122,84 | 52°00'04,121"         | 21°12'09,919"  |
| INK9/1                          | 5758791,10              | 7515344,78 | 113,33 | 51°57'46,294"         | 21°13'23,749"  |
| INK9/2                          | 5758818,56              | 7515335,18 | 105,90 | 51°57'47,183"         | 21°13'23,250"  |
| INK9/3                          | 5758884,12              | 7515395,68 | 94,80  | 51°57'49,299"         | 21°13'26,430"  |
| INK10/1                         | 5758517,55              | 7515745,19 | 110,74 | 51°57'37,402"         | 21°13'44,676"  |
| INK10/2                         | 5758536,40              | 7515754,61 | 106,81 | 51°57'38,011"         | 21°13'45,173"  |
| INK10/3                         | 5758634,08              | 7515796,93 | 92,44  | 51°57'41,168"         | 21°13'47,406"  |

#### 4. ZAKRES PRAC POMIAROWYCH

W ramach prowadzonych pomiarów przemieszczeń Skarpy Wiślanej w Czersku oraz Górze Kalwarii (na odcinku od zbiegu ulic Wojska Polskiego i Batalionu Czwartaków do Moczydłowa) wyznaczono metodami geodezyjnymi:

a) przemieszczenia pionowe badanych punktów – wyniki pomiarów przedstawiono w

Załącz. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4;

- b) przemieszczenia poziome badanych punktów (składowej prostopadłej do badanej skarpy) – wyniki pomiarów przedstawiono w Zał. 4.3, 4.4, 4.7, 4.8;
- c) ruchy górotworu na podstawie pomiarów inklinometrycznych – wyniki pomiarów przedstawiono w Zał. 5.0.

Składowe przemieszczeń  $x(N)$  i  $z$  (w odniesieniu do sesji I) są dodatkowo zobrazowane na mapach w Zał. 2.0.

W poszczególnych przekrojach pomiarowych pomierzono odległości pomiędzy głowicami kolumn inklinometrycznych zaznaczając kierunki ich przemieszczenia w odniesieniu do poprzedniej serii pomiarowej. Wyniki pomiarów przedstawiono w Zał. 3.0.

Pomiary przemieszczeń pionowych wykonano niwelacją precyzyjną geometryczną, a dla odcinków o najwyższym nachyleniu niwelacją precyzyjną trygonometryczną. Użyto sprzętu:

- Niwelator Leica DNA 03 (dokładność 0,3 mm/km podwójnej niwelacji), łąty inwarowe ze stojakami, żabki niwelacyjne;
- Tachimetr Leica TS30 (dokładność dalmierza 0,6 mm  $\pm$  1 ppm, dokładność kątowa 0,5") wraz z osprzętem.

Przemieszczenia poziome w kierunku składowej prostopadłej do badanej skarpy wykonano poprzez pomiar wzajemny odległości pomiędzy badanymi punktami. Użyto sprzętu:

- Tachimetr Leica TS30.

Ruchy górotworu wyznaczono poprzez pomiary inklinometryczne wgłębne w rurach zlokalizowanych w badanych punktach. Użyto sprzętu:

- Inklinometr SISGEO (S242HV3000).

Uzyskane dokładności pomiarowe:

- średni błąd pomiaru wysokości reperów  $m_H = \pm 1\text{mm}$ ;
- średni błąd pomiaru odległości  $m_D = \pm 1\text{ mm}$ .

## **5. ANALIZA PRZEMIESZCZEŃ SKARPY**

W obliczeniach przemieszczeń wykorzystano wyrównanie ściśle przewyższeń z warunkiem stałości na wyselekcjonowane repery odniesienia oraz obliczenie wartości przemieszczeń na podstawie wyników wyrównania (przy wykorzystaniu programu WYR1). Wyznaczenie zmian odległości poziomych między reperami kontrolowanymi (wloty kolumn inklinometrycznych) wykonano w odniesieniu do kolumny inklinometrycznej położonej najniżej.

Analizę przemieszczeń należy rozpatrywać dwutorowo:

1. Jako analizę przemieszczeń punktów powierzchniowych w płaszczyźnie  $x(N)$ ,  $y(E)$ ,  $z$  (składowe przemieszczeń  $x(N)$  i  $z$  są dodatkowo zobrazowane na mapach w Zał. 2.0).
2. Jako analizę przemieszczeń wgłębnych w profilach inklinometrycznych w płaszczyźnie  $x(N)$ ,  $y(E)$ .

Taki układ pomiarowy pozwala uzyskać pełen obraz przemieszczenia powierzchni terenu wzdłuż przekrojów pomiarowych oraz ruchu wgłębego mas ziemnych.

### **5.1. Przemieszczenia skarpy w rejonie Góry Kalwarii**

Sesje pomiarowe przeprowadzono w następujący okresach:

- I seria (pomiarzy zerowe) w okresie 04 ÷ 13.10.2011;
- II seria w okresie 23 ÷ 29.11.2011;
- III seria w okresie 28.03.2012 ÷ 04.04.2012;
- IV seria w okresie 16 ÷ 29.10.2012.

Pomiary przeprowadzono na 24 pionach inklinometrycznych w 8 przekrojach pomiarowych (zlokalizowanych prostopadle do badanej skarpy) oraz 32 reperach odniesienia zlokalizowanych poza zasięgiem wpływu skarpy w rejonie Góry Kalwarii. Lokalizację przekrojów pomiarowych na tle zinwentaryzowanych wg SOPO osuwisk i terenów zagrożonych przedstawiono w Zał. 1.0. Lokalizacja poszczególnych punktów pomiarowych i reperów odniesienia została przedstawiona w Zał. 1.1.

Dla każdego przekroju przewidziano minimum dwa punkty kontrolne (odniesienia) na górze skarpy oraz minimum dwa punkty kontrolne na dole skarpy. Punkty kontrolowane stanowią wloty (górne części) rur inklinometrycznych zainstalowanych w przekroju pomiarowym skarpy. Przemieszczenia poziome, pionowe, oraz ruchy górotworu badane inklinometrycznie wykonano dla każdej z rur inklinometrycznych z wyjątkiem INK5/1 który został przysypany hałdą ziemi. Warunki pogodowe w czasie IV serii pomiarów: temp. od 5 do 15°C, w ciągu dnia duże zachmurzenie, umiarkowany wiatr.

Analizując wyniki pomiarów przemieszczeń mas ziemnych skarpy w rejonie Góry Kalwarii stwierdzono, iż:

#### **W przekroju pomiarowym I**

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 1,0 ÷ 5,0 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 1,0 ÷ 7,0 mm - od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynosiły 7,0 ÷ 15,0 mm;

- przemieszczenia powierzchniowe pionowe w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 0,8 ÷ 2,3 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,0 ÷ 0,6 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynosiły 0,1 ÷ 5,8 mm;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 11.2011 ÷ 10.2012 wynosiły 0,2 ÷ 6,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynosiły 1,2 ÷ 30,0 mm.

#### **W przekroju pomiarowym II**

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 0,0 ÷ 7,0 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 1,0 ÷ 7,0 mm od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynosiły 1,0 ÷ 14,0 mm;
- przemieszczenia powierzchniowe pionowe w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 1,4 ÷ 1,9 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,6 ÷ 2,8 mm od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynosiły 0,2 ÷ 1,6 mm;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 11.2011 ÷ 10.2012 zmieniły się o 1,0 ÷ 8,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynosiły 2,0 ÷ 16,5 mm.

#### **W przekroju pomiarowym III**

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 1,0 ÷ 9,0 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,0 ÷ 1,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynosiły 3,0 ÷ 9,0 mm;
- przemieszczenia powierzchniowe pionowe w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 0,0 ÷ 2,1 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,2 ÷ 3,6 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynosiły 0,0 ÷ 6,2 mm;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 11.2011 ÷ 10.2012 zmieniły się o 1,2 ÷ 10,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynosiły 4,2 ÷ 26,0 mm.

#### **W przekroju pomiarowym IV**

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 11,0 ÷ 18,0 mm, w okresie

04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 4,0 ÷ 11,0 mm od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynosiły 7,0 mm;

- przemieszczenia powierzchniowe pionowe w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 1,3 ÷ 3,5 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,0 ÷ 0,6 mm od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynosiły 0,7 ÷ 2,9 mm;

- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 11.2011 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,3 ÷ 13,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynosiły 1,3 ÷ 28,0 mm.

#### **W przekroju pomiarowym V**

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 10,0 ÷ 14,0 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 3,0 ÷ 8,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynosiły 17,0 ÷ 21,0 mm;

- przemieszczenia powierzchniowe pionowe w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 0,8 ÷ 7,7 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,2 ÷ 0,7 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynosiły 0,1 ÷ 3,1 mm;

- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 11.2011 ÷ 10.2012 zmieniły się o 4,0 ÷ 7,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynosiły 5,0 ÷ 16,0 mm.

#### **W przekroju pomiarowym VI**

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 1,0 ÷ 4,0 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 2,0 ÷ 5,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynosiły 16,0 ÷ 59,0 mm;

- przemieszczenia powierzchniowe pionowe w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 1,8 ÷ 3,8 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 1,7 ÷ 5,7 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynosiły 1,2 ÷ 5,4 mm;

- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 11.2011 ÷ 10.2012 zmieniły się o 1,0 ÷ 18,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynosiły 3,0 ÷ 37,0 mm.

### **W przekroju pomiarowym VII**

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 2,0 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,0 ÷ 10,0 mm od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynosiły 7,0 ÷ 15,0 mm;
- przemieszczenia powierzchniowe pionowe w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 1,5 ÷ 2,3 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,3 ÷ 4,2 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynosiły 1,6 ÷ 2,9 mm;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 11.2011 ÷ 10.2012 zmieniły się o 1,0 ÷ 14,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynosiły 3,0 ÷ 29,0 mm.

### **W przekroju pomiarowym VIII**

- przemieszczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 4,0 ÷ 9,0 mm w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 9,0 ÷ 10,0 mm - od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe poziome wynosiły 5,0 ÷ 7,0 mm;
- przemieszczenia powierzchniowe pionowe w okresie 11.2011 ÷ 04.2012 zmieniły się o 0,1 ÷ 3,7 mm, w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 zmieniły się o 0,3 ÷ 8,2 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia powierzchniowe pionowe wynosiły 0,8 ÷ 7,1 mm;
- przemieszczenia poziome wgłębne w okresie 11.2011 ÷ 10.2012 zmieniły się o 1,0 ÷ 4,0 mm, od początku pomiarów całkowite przemieszczenia poziome wgłębne wynosiły 2,5 ÷ 9,25 mm.

## ***5.2. Przemieszczenia skarpy w rejonie Czerska***

Sesje pomiarowe przeprowadzono w następujący okresach:

- I seria (pomiar zero) w okresie 29.05.2012
- II seria w okresie 22.10.2012;

Pomiary przeprowadzono na 6 pionach inklinometrycznych w 2 przekrojach pomiarowych (zlokalizowanych prostopadle do badanej skarpy) oraz 8 reperach odniesienia zlokalizowanych poza zasięgiem wpływu skarpy w rejonie Czerska. Lokalizację przekrojów pomiarowych na tle zinwentaryzowanych wg SOPO osuwisk i terenów zagrożonych przedstawiono w Zał. 1.0. Lokalizacja poszczególnych punktów pomiarowych i reperów odniesienia została przedstawiona w Zał. 1.1.

Dla każdego przekroju przewidziano minimum dwa punkty kontrolne (odniesienia) na górze skarpy oraz minimum dwa punkty kontrolne na dole skarpy. Punkty kontrolowane stanowią wloty (górne części) rur inklinometrycznych zainstalowanych w przekroju pomiarowym skarpy. Przeszaczenia poziome, pionowe, oraz ruchy górotworu badane inklinometrycznie wykonano dla każdej z rur inklinometrycznych. Warunki pogodowe w czasie II serii pomiarów: temp. od 5 do 16°C, w ciągu dnia duże zachmurzenie, umiarkowany wiatr.

Analizując wyniki pomiarów przeszaczeń mas ziemnych skarpy w rejonie Czerska stwierdzono, iż:

#### **W przekroju pomiarowym IX**

- przeszaczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 05.2012 ÷ 10.2012 wynosiły 4,0 ÷ 6,0 mm;
- przeszaczenia powierzchniowe pionowe w okresie 05.2012 ÷ 10.2012 wynosiły 3,4 ÷ 5,8 mm;
- przeszaczenia poziome wgłębne w okresie 05.2012 ÷ 10.2012 wynosiły 1,0 ÷ 8,5 mm.

#### **W przekroju pomiarowym X**

- przeszaczenia powierzchniowe poziome w kierunku prostopadłym do skarpy w okresie 05.2012 ÷ 10.2012 wynosiły 11,0 ÷ 17,0 mm;
- przeszaczenia powierzchniowe pionowe w okresie 05.2012 ÷ 10.2012 wynosiły 1,4 ÷ 5,5 mm;
- przeszaczenia poziome wgłębne w okresie 05.2012 ÷ 10.2012 wynosiły 1,3 ÷ 15,0 mm.

## **6. WNIOSKI KOŃCOWE**

1. Z analizy przeszaczeń punktów wynika, iż na całej długości badanego odcinka Skarpy Wiślanej w rejonie Góry Kalwarii oraz Czerska występują narastające ruchy masowe skarpy. Główną przyczyną ruchu skarpy jest jej zawodnienie i przepływ wód gruntowych z wysoczyzny ku dolinie Wisły. Lata 2010 i 2011 były okresami wyjątkowo mokrymi skutkującymi podniesieniem się zwierciadła wody na terenie praktycznie całego kraju. Na omawianym terenie skutkowało to uruchomieniem mas ziemnych, które dotychczas pozostawały w chwilowej równowadze. Rok 2012, w porównaniu do dwóch lat poprzednich, jest okresem suchym, co skutkuje zmniejszeniem tempa ruchów mas ziemnych w obrębie skarpy.

2. Analizując przeszaczenia mas ziemnych w rejonie Góry Kalwarii stwierdza się, iż:

A) Przemieszczenia poziome (na kierunku x(N) - prostopadłe do skarpy), w odniesieniu do II sesji pomiarowej (11.2011), zwiększyły się o  $0 \div 22$  mm. Największe rzędu  $12 \div 22$  mm wystąpiły w przekroju I (INK1/1 – 12 mm), IV (INK4/2 – 14 mm), V (INK5/3 – 22 mm). W odniesieniu do pomiaru zerowego (10.2011) całkowite przemieszczenia poziome wyniosły  $7 \div 21$  mm. Największe rzędu  $14 \div 21$  mm wystąpiły w przekroju I (INK1/1 – 15 mm), II (INK2/2 – 14 mm), V (INK5/2 – 17 mm, INK5/3 – 21 mm), VI (INK6/1 – 16 mm), VII (INK7/2 – 15 mm) co daje maksymalny powierzchniowy ruch skarpy na poziomie ok. 1,3 mm / miesiąc.

B) Przemieszczenia pionowe punktów, w odniesieniu do II sesji pomiarowej (11.2011), zmieniły się o  $0 \div 6,0$  mm. Największe rzędu  $3,1 \div 6,0$  mm wystąpiły w przekroju III (INK3/1 – 4,7 mm), IV (INK4/2 – 3,5 mm, INK4/3 – 3,9 mm), VI (INK6/1 – 3,1 mm, INK6/3 – 3,2 mm), VII (INK7/3 – 6,0 mm) i VIII (INK8/2 – 4,3 mm, INK8/3 – 4,5 mm). W odniesieniu do pomiaru zerowego (10.2011) przemieszczenia pionowe wyniosły  $1,6 \div 7,1$  mm. Największe rzędu  $3,7 \div 21$  mm wystąpiły w przekroju I (INK1/1 – 5,8 mm), III (INK3/1 – 3,7 mm, INK3/3 – 6,2 mm), VI (INK6/1 – 4,1 mm, INK6/3 – 5,4 mm), VIII (INK8/1 – 4,6 mm, INK8/2 – 7,1 mm).

C) Pomiary inklinometryczne ruchów wgłębnych mas ziemnych w badanych punktach wykazały, iż w stosunku do II sesji pomiarowej (11.2011) przemieszczenie wzrosło o  $0 \div 18$  mm. Największe rzędu  $10 \div 18$  mm wystąpiły w przekroju III (INK3/1 – 10 mm), IV (INK4/1 – 13 mm), VI (INK6/1 – 18 mm), VII (INK7/1 – 10 mm, INK7/2 – 14 mm). W odniesieniu do pomiaru zerowego (10.2011) przemieszczenia wgłębne wyniosły  $1,2 \div 37$  mm. Największe rzędu  $28 \div 37$  mm wystąpiły w przekroju I (INK1/1 – 30 mm), IV (INK4/1 – 28 mm), VI (INK6/1 – 37 mm), VII (INK7/2 – 29 mm) co daje maksymalny wgłębny ruch skarpy na poziomie ok. 2,5 mm / miesiąc.

3. Stwierdza się, iż na badanym obszarze Góry Kalwarii (na odcinku od zbiegu ulic Wojska Polskiego i Batalionu Czwartaków do Moczydłowa) we wszystkich przekrojach pomiarowych występują wgłębne ruchy mas ziemnych o różnym natężeniu:

- w przekrojach III, IV, VI i VII występują postępujące wgłębne ruchy mas ziemnych zagrażające infrastrukturze naziemnej;
- w przekrojach I, II i V występują ciągłe ruchy mas ziemnych, które również mogą zagrażać infrastrukturze naziemnej;
- w przekroju VIII w okresie 11.2011 ÷ 10.2012 zarejestrowano najmniejsze wgłębne ruchy mas ziemnych (ok.  $1 \div 4,0$  mm) jednak biorąc pod uwagę przemieszczenia powierzchniowe dochodzące w okresie 04.2012 ÷ 10.2012 do  $9 \div 10$  mm, można

spodziewać się ponownego narastania wglębnych ruchów mas ziemnych w tym rejonie i należy traktować ten odcinek Skarpy Wiślanej jako niestabilny

4. Analizując przemieszczenia mas ziemnych w rejonie Czerska stwierdza się iż:

A) Przemieszczenia poziome (na kierunku x(N) - prostopadłe do skarpy), w okresie 05.2012 ÷ 10.2012, wynosiły 4 ÷ 17 mm. Największe rzędu 11 ÷ 17 mm wystąpiły w przekroju X (INK10/1 – 17 mm, INK10/2 – 11 mm) co daje maksymalny ruch skarpy na poziomie ok. 2,8 mm / miesiąc.

B) Przemieszczenia pionowe punktów, w okresie 05.2012 ÷ 10.2012, wynosiły 1,4 ÷ 5,8 mm. Największe rzędu 5,5 ÷ 5,8 mm wystąpiły w przekroju IX (INK9/1 – 5,5 mm, INK9/3 – 5,8 mm), X (INK10/2 – 5,5 mm).

C) Pomiary inklinometryczne ruchów wglębnych mas ziemnych w badanych punktach wykazały, iż w okresie 05.2012 ÷ 10.2012, przemieszczenie wynosiło 1 ÷ 15 mm. Największe rzędu 11 ÷ 15 mm wystąpiło w przekroju X (INK10/1 – 11 mm, INK10/2 - 15 mm) co daje maksymalny ruch skarpy na poziomie ok. 2,6 mm / miesiąc.

5. Stwierdza się, iż na badanym obszarze w Czersku, w obu przekrojach pomiarowych, występują wglębne ruchy mas ziemnych mogące zagrażać infrastrukturze naziemnej.