

REALIZACJA PROJEKTU SOPO (SYSTEMU OSŁONY PRZECIWO SUWISKOWEJ) W LATACH 2008-2015

Projekt pn. „System Osłony Przeciwsuwiskowej (SOPO)” jest wieloetapowym zadaniem realizowanym przez państwową służbę geologiczną. Pierwszy etap tego projektu (pilotażowy) był realizowany w latach 2006-2008, zaś etap II wykonywano w latach 2008-2015. Zadanie to jest wykonywane na zamówienie Ministra Środowiska i jest finansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). Całość prac SOPO koordynuje Państwowy Instytut Geologiczny- Państwowy Instytut Badawczy.

CEL, ZAKRES I ODBIORCY ETAPU II SOPO

Podstawowym celem projektu SOPO jest opracowanie i dostarczenie danych i informacji geologicznych dotyczących osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi w Polsce w skali umożliwiającej ich wykorzystanie w planowaniu przestrzennym i zarządzaniu na poziomie gminy i powiatu. Cel ten jest realizowany poprzez zbieranie właściwych danych terenowych dotyczących ruchów masowych i związanych z nimi zagrożeń, przetwarzanie tych danych w informację geologiczną dostosowaną do potrzeb odbiorcy, a następnie udostępnianie tej informacji administracji publicznej, na której spoczywa ustawowy obowiązek prowadzenia rejestru osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz przeciwdziałania negatywnym skutkom tych ruchów. Skuteczne zarządzanie zagrożeniami w zakresie ruchów masowych ziemi polega na:

- rozpoznaniu, zlokalizowaniu i ustaleniu zasięgu osuwisk;
- ocenie stopnia aktywności osuwisk;
- monitorowaniu wybranych osuwisk;
- prognozowaniu zagrożeń wynikających z aktywności osuwisk;
- umiejętnym zagospodarowaniu obszarów osuwiskowych;
- minimalizowaniu potencjalnych strat materialnych wynikających z rozwoju osuwisk.

W rozumieniu dosłownym przekłada się to głównie na prowadzenie takiej polityki planowania przestrzennego (na wszystkich szczeblach administracji publicznej), która pozwoli w przyszłości ograniczyć straty wynikłe z aktywności osuwisk.

W związku z tym w ramach II etapu projektu SOPO zrealizowano następujące prace:

- inwentaryzację osuwisk na obszarze Karpat polskich prowadzoną metodą kartograficznych prac terenowych zgodnie z „Instrukcją opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000”;
- opracowanie map osuwisk dla wybranych 198 gmin karpackich;
- dokumentowanie rozpoznanych osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi w formie opracowywania kart rejestracyjnych;
- założenie monitoringu powierzchniowego i wglębnego na wybranych 60 osuwiskach karpackich oraz prowadzenie pomiarów inklinometrycznych, geodezyjnych, hydrogeologicznych i hydrograficznych;
- wykonanie kart dokumentacyjnych osuwisk wraz z opiniami w ramach prac interwencyjnych;
- gromadzenie i udostępnienie w bazie SOPO danych o osuwiskach przetworzonych w wyniku prac kameralnych i cyfrowych;
- przekazywanie na bieżąco głównych produktów Projektu SOPO (map, kart osuwisk i dokumentacji z badań monitoringowych) właściwym jednostkom administracji państwowej;
- współpraca państwowej służby geologicznej z administracją publiczną w zakresie problematyki osuwiskowej polegająca na konsultacjach i szkoleniach.
- rozwój metodyki wykorzystującej nowoczesne technologie laserowe w badaniu osuwisk.

Głównymi odbiorcami opracowań (zwanymi również produktami) projektu SOPO są:

- Urzędy starostw;
- Urzędy gmin;
- Urzędy wojewódzkie i marszałkowskie;
- Jednostki administracji rządowej – m.in.: Ministerstwo Środowiska, Ministerstwo Spraw Wewnętrznych, Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji, Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, Ministerstwo Transportu, Ministerstwo Rolnictwa, Ministerstwo Finansów;
- Państwowe i Wojewódzkie inspektoraty ochrony środowiska;
- Firmy i biura projektowe zajmujące się planowaniem przestrzennym;
- Deweloperzy i inwestorzy zajmujący się sektorem budownictwa mieszkaniowego;
- Przedsiębiorstwa i firmy budowlane i drogowe wykonujące prace na obszarach objętych ruchami masowymi oraz na terenach zagrożonych wystąpieniem takich ruchów;
- Firmy ubezpieczeniowe;
- Jednostki naukowo-badawcze i badawczo-rozwojowe prowadzące badania związane z tematyką ruchów masowych;
- Osoby fizyczne i prawne zainteresowane obrotem nieruchomości;
- Społeczeństwo, zwłaszcza osoby zamieszkujące obszary narażone na rozwój osuwisk.

PODSTAWOWE WYNIKI PROJEKTU SOPO

Podstawowymi wynikami prac (produktami) wykonanych w ramach projektu SOPO są:

- mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000,
- karty rejestracyjne osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi,
- karty dokumentacyjne osuwisk z opiniami,
- dokumentacje z wykonanych prac monitoringowych.

Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi

Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi (MOTZ) są najważniejszym produktem graficznym projektu SOPO oraz najbardziej wykorzystywanym przez odbiorców. Przedstawiają one przestrzenny zasięg i stopień aktywności osuwisk wraz z głównymi elementami rzeźby osuwiskowej oraz lokalizację terenów potencjalnie zagrożonych ruchami masowymi ziemi. Skala tych map – 1:10 000 – pozwala na ich wykorzystanie m.in. w opracowywaniu studium uwarunkowań oraz miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego na poziomie gminnym, a także w procesie wydawania decyzji o warunkach zabudowy.

Uzupełnieniem MOTZ są objaśnienia tekstowe, składające się ze szczegółowego opisu budowy geologicznej i zarysu historii badań osuwiskowych na obszarze każdej gminy, wykazu osuwisk, na których zaleca się prowadzenie monitoringu oraz zaleceń dla administracji samorządowej odnośnie bezpiecznego użytkowania obszarów objętych osuwiskami. MOTZ były wykonywane przez PIG-PIB oraz podwykonawców (9 przedsiębiorstw geologicznych, 4 uczelnie oraz 3 instytutów PAN):

- 1) Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie (3 gminy)
- 2) GeoconsultSp. z o.o. Kielce (17 gmin)
- 3) GEOMIX Biuro Geologiczne Jarosław Garecki (4 gminy)
- 4) Geotester Usługi Inżynierskie (14 gmin)
- 5) Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN (2 gminy)
- 6) Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego (1 gmina)
- 7) Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN (1 gmina)
- 8) Instytut Nauk Geologicznych PAN (1 gmina)
- 9) Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne Sp. z o.o. (1 gmina)
- 10) Krakowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. (17 gmin)
- 11) Przedsiębiorstwo Badań Geologicznych "GEOPROFIL" Sp. z o.o (1 gmina)
- 12) Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A. (oddziały w Warszawie, Łodzi i Lublinie) (23 gminy)
- 13) Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu PROXIMA S.A. (oddziały we Wrocławiu i Poznaniu) (21 gmin)
- 14) Przedsiębiorstwo Usług Geologicznych Kielkart (4 gminy)
- 15) Uniwersytet Śląski w Katowicach – Wydział Nauk o Ziemi (6 gmin)
- 16) Uniwersytet Warszawski – Wydział Geologii (7 gmin)

Pracownicy PIG-PIB opracowali mapy osuwisk dla 75 gmin, natomiast podwykonawcy – łącznie dla 123 gmin.

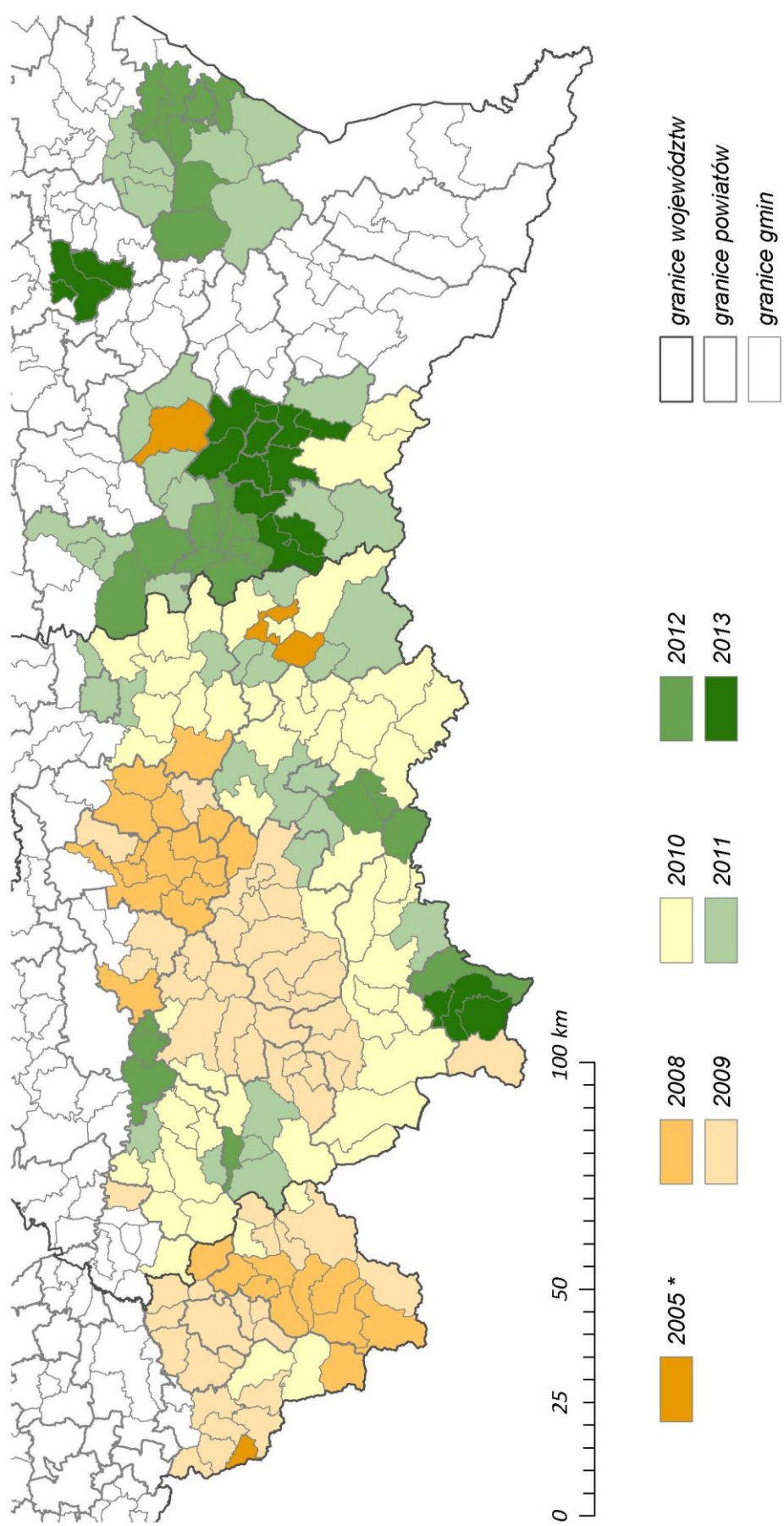
W trakcie realizacji Etapu II projektu SOPO mapy osuwisk od 2010 r. były na bieżąco przekazywane starostom powiatów karpackich (ci zaś przekazywali je dalej właściwym terytorialnie gminom) w postaci wydruku papierowego i pliku elektronicznego na płycie CD (w formacie TIFF lub JPEG). W Etapie II opracowano mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi dla **198** gmin karpackich (co stanowi około 75% powierzchni obszaru Karpat polskich). Rozmieszczenie **198** gmin karpackich dla których wykonano opracowanie MOTZ w skali 1:10 000 jest przedstawione na Fig. 1.

Wszystkie mapy osuwisk i terenów zagrożonych oraz teksty objaśniające są również dostępne w plikach graficznych i tekstowych w aplikacji SOPO na stronie internetowej projektu SOPO (<http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO>).

Karty rejestracyjne osuwisk oraz karty rejestracyjne terenów zagrożonych

Każde udokumentowane osuwisko ma opracowaną **kartę rejestracyjną osuwiska (KRO)**, a każdy wyznaczony obszar zagrożony ruchami masowymi ziemi – **kartę rejestracyjną terenu zagrożonego ruchami masowymi (KRTZ)**. Dane w kartach zawierają pełną charakterystykę osuwiska lub terenu zagrożonego ruchami masowymi ziemi, w tym dane: administracyjne, geograficzne, geologiczne, hydrograficzne, geomorfologiczne, genetyczne, morfometryczne i gospodarcze oraz informacje o szkodach wywołanych przez osuwisko i możliwych zagrożeniach w wyniku dalszego rozwoju osuwiska. Dane te były zbierane podczas wizji terenowych oraz prac kameralnych (m.in. analizy map geologicznych, zdjęć lotniczych i modeli terenu). Zakres i układ danych w KRO i KRTZ są zgodne z wymaganiami określonymi w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi* (Dz. U. 2007. 121.840).

W trakcie realizacji etapu II opracowano około **56 600** KRO oraz około **4100** KRTZ w ramach prac kartograficzno-inwentaryzacyjnych i interwencyjnych. Wszystkie KRO i KRTZ są udostępnione w aplikacji SOPO na stronie internetowej projektu SOPO.



* Kartowanie wykonane w ramach tematu „Rejestracja osuwisk na terenie Karpat (monitoring zdarzeń katastrafalnych na obszarze polskich Karpat fliszowych)”

Fig. 1. System Oslony Przeciwośuwiskowej - etap II - rok rozpoczęcia prac terenowych

Założenie systemu obserwacji

Realizacja założenia systemu monitoringowego na wyznaczonych osuwiskach przebiegała etapowo (w roku 2009 założono monitoring na 25 osuwiskach, w 2010 r. na 19 i w 2011 r. na 16 osuwiskach - patrz: Tab. 2). Dla wszystkich **60** osuwisk sporządzono **projekty prac geologicznych** i uzyskano decyzje administracji geologicznej zatwierdzające je.

Tabela. 2. Wykaz osuwisk objętych instrumentalnym monitoringiem

Lp.	Miejscowość	Gmina	Powiat	Województwo	Data rozpoczęcia monitoringu	rodzaj monitoringu
1	Hańczowa	Uście Gorlickie	gorlicki	małopolskie	2007	p/w
2	Kopaliny	Bochnia	bocheński	małopolskie	2009	p/w
3	Złota	Czchów	brzeski	małopolskie	2009	p/w
4	Szybark Zapadle	Gorlice	gorlicki	małopolskie	2009	p/w
5	Szybark Huciska	Gorlice	gorlicki	małopolskie	2009	p/w
6	Chorowice	Skawina	krakowski	małopolskie	2009	p/w
7	Tymbark	Tymbark	limanowski	małopolskie	2009	p/w
8	Rożnów-Zagórze	Gródek n/Dunajcem	nowosądecki	małopolskie	2009	p/w
9	Berest	Krynica Zdrój	nowosądecki	małopolskie	2009	p/w
10	Łącko	Łącko	nowosądecki	małopolskie	2009	p/w
11	Just	Łososina Dolna	nowosądecki	małopolskie	2009	p/w
12	Leluchów	Muszyna	nowosądecki	małopolskie	2009	p/w
13	Osielec	Jordanów	suski	małopolskie	2009	p/w
14	Maków Podhalański	Maków Podhalański	suski	małopolskie	2009	p/w
15	Lachowice	Stryszawa	suski	małopolskie	2009	p/w
16	Tarnawa Dolna	Sucha Beskidzka	suski	małopolskie	2009	p/w
17	Lubinka	Pleśna	tarnowski	małopolskie	2009	p/w
18	Braciejowa	Dębica	dębicki	podkarpackie	2009	p/w
19	Jasło	Jasło	jasielski	podkarpackie	2009	p/w
20	Skolyszyn	Skolyszyn	jasielski	podkarpackie	2009	p/w
21	Cieszyn Motokrosowa	Cieszyn	cieszyński	śląskie	2009	p/w
22	Koniaków	Istebna	cieszyński	śląskie	2009	p/w
23	Rychwałd	Gilowice	żywiecki	śląskie	2009	p/w
24	Nieledwia	Milówka	żywiecki	śląskie	2009	p/w
25	Zbyszyce	Gródek n/Dunajcem	nowosądecki	małopolskie	2009	p/w
26	Szczawnica	Szczawnica	nowotarski	małopolskie	2009	p
27	Folwark	Limanowa	limanowski	małopolskie	2010	p/w
28	Pcim – Gromkówka	Pcim	myślenicki	małopolskie	2010	p/w
29	Tarnów	Tarnów	tarnowski	małopolskie	2010	p/w
30	Wieliczka – Siercza	Wieliczka	wielicki	małopolskie	2010	p/w
31	Tylawa	Dukla	krośnieński	podkarpackie	2010	p/w
32	Węglówka	Korczyna	krośnieński	podkarpackie	2010	p/w
33	Korzeniec	Bircza.	przemyski	podkarpackie	2010	p/w
34	Aksmanice	Fredropol	przemyski	podkarpackie	2010	p/w
35	Ruszelczyce	Krzywca	przemyski	podkarpackie	2010	p/w
36	Zaborów	Czudec	strzyżowski	podkarpackie	2010	p/w
37	Chelm k. Bochni	Bochnia	bocheński	małopolskie	2010	p/w
38	Nowy Sącz Falkowa	Nowy Sącz	nowosądecki	małopolskie	2010	p/w
39	Grybów	Grybów	nowosądecki	małopolskie	2010	p/w
40	Slotowa	Pilzno	dębicki	podkarpackie	2010	p/w
41	Łowczówek	Pleśna	tarnowski	małopolskie	2010	p/w
42	Mała	Ropczyce	ropczycki	podkarpackie	2010	p/w
43	Chojnik	Gromnik	tarnowski	małopolskie	2010	p/w
44	Kąty	Nowy Żmigród	jasielski	podkarpackie	2010	p/w
45	Witów	Kościelisko	tatrzański	małopolskie	2010	p/w
46	Zebrzydowice	Zebrzydowice	cieszyński	śląskie	2011	p/w
47	Cieszyn Błogocka	Cieszyn	cieszyński	śląskie	2011	p/w
48	Leszna Górna	Goleszów	cieszyński	śląskie	2011	p/w
49	Lanckorona – Lańnica	Lanckorona	wadowicki	małopolskie	2011	p/w
50	Piaski-Drużków	Czchów	brzeski	małopolskie	2011	p/w
51	Zręczyce	Gdów	wielicki	małopolskie	2011	p/w
52	Witanowice	Tomice	wadowicki	małopolskie	2011	p/w
53	Żegocina	Żegocina	bocheński	małopolskie	2011	p/w

54	Lapszanka	Lapsze Niżne	nowotarski	małopolskie	2011	p/w
55	Szaflary	Szaflary	nowotarski	małopolskie	2011	p/w
56	Międzybrodzie-Iłowaty	Sanok	sanocki	podkarpackie	2011	p/w
57	Międzybrodzie Łaski	Czernichów	żywiecki	śląskie	2011	p/w
58	Jamnica	Kamionka Wielka	nowosądecki	małopolskie	2011	p/w
59	Kasinka Mała	Mszana Dolna	limanowski	małopolskie	2011	p/w
60	Milówka-Siedłoki	Milówka	żywiecki	śląskie	2011	p/w
61	Wołkowyja	Solina	leski	podkarpackie	2011	p

p – monitoring powierzchniowy

w – monitoring wgłębny

Prace geologiczne

System monitoringu realizowany jest w formie: monitoringu wgłębego (pomiaru inklinometryczny), monitoringu powierzchniowego (pomiaru GNSS i skaningu laserowy) oraz monitoringu hydrogeologicznego i opadowego (pomiaru zmian poziomu zwierciadła wody i wielkości opadów). Poza tym zakresem obserwacji prowadzono badania uzupełniające, w tym: prace kartograficzne, prace geodezyjne, badania laboratoryjne prób, badania mikropaleontologiczne i badania geofizyczne.

Dla osiągnięcia założonego celu geologicznego i monitoringowego wykonano w obrębie osuwisk **prace wiertnicze** dla par otworów badawczo-pomiarowych. Wiercenia były wykonywane średnicą 132 mm z pełnym rdzeniowaniem oraz montażem kolumny inklinometrycznej i piezometrycznej. W czasie prac wiertniczych wykonano także: opis rdzeni z szczególnym uwzględnieniem obserwacji powierzchni poślizgu, opróbowanie rdzeni do badań laboratoryjnych (analizy geotechniczne) i mikropaleontologicznych oraz dokumentację fotograficzną.

Na osuwisku w Wieliczce – Sierczy przejęto od Starosty Wielickiego system 6 otworów inklinometrycznych i 6 piezometrycznych zrealizowanych w ramach wcześniej prowadzonych przez samorząd prac dokumentacyjnych. Na 4 osuwiskach (Nieledwia, Nowy Sącz/Falkowa, Korzeniec, Jamnica) uzupełniono system pomiarowy PIG-PIB o otwory wykonane wcześniej przez organy samorządu terytorialnego lub GDDKiA. Na dwóch osuwiskach (Szczawnica i Wołkowyja) nie wykonano wierceń badawczo-pomiarowych ze względu na brak zgody właścicieli terenu – Uzdrowisko Szczawnica lub osób prywatnych. Na osuwiskach tych jest prowadzony wyłącznie monitoring powierzchniowy.

Łącznie wykonano **214 otworów wiertniczych** w tym **108 inklinometrycznych i 106 piezometrycznych**. System pomiarów monitoringu wgłębego uzupełnia **15 otworów** przejętych od jednostek samorządowych.

Dla właściwego wykonania obserwacji powierzchniowych zrealizowano **prace stabilizacyjne punktów pomiarowych**. Prace te obejmowały założenie sieci obserwacyjnej na terenie każdego osuwiska. Wykonane sieci składają się średnio (w zależności od powierzchni osuwiska) z 12 zastabilizowanych trwale punktów geodezyjnych, domierzonych przy użyciu precyzyjnych odbiorników GPS. Łącznie zastabilizowano **712 punktów**. Część tych punktów która została całkowicie zniszczona lub uszkodzona została uzupełniana bądź odtworzona w czasie prowadzenia prac zabezpieczających lub polowych prac rolniczych.

Monitoring hydrogeologiczny i opadowy prowadzono w oparciu o pomiaru zmian poziomu zwierciadła wody i pomiaru wielkości opadów. Do tego pierwszego wykorzystano otwory piezometryczne, w których zamontowano urządzenia rejestrujące - limnimetry firmy Keller -DCX-22AA lub STS BXO-57. W ramach etapu II Projektu SOPO przygotowano w ten sposób **92 otwory** pomiarowe. Ten system pomiarów na osuwiskach uzupełniają zsynchronizowane z limnimetrami w zapisie godzinowym **47 deszczomierze** (A-ster TPG-036-NH). Uwzględniając bliskie sąsiedztwo monitorowanych obiektów, niektóre deszczomierze obsługują kilka osuwisk. Dane te uzupełniane są wynikami pomiarowymi stałych stacji należących do IMiGW.

Prace uzupełniające

Prace geofizyczne zostały przeprowadzone na wszystkich 60 osuwiskach. Pozwoliły one na zdiagnozowanie stanu górotworu oraz na obrazowanie struktury geologicznej i jej wgłębą interpolację pomiędzy otworami. Dla rozpoznania obszarów osuwiskowych posłużono się optymalnym zestawem 2 metod geofizycznych: metodą sejsmiczną refrakcyjną - umożliwiającą odwzorowanie przebiegu powierzchni poślizgu identyfikowanych z granicami refrakcyjnymi oraz metodą tomografii elektrooporowej - umożliwiającą okonturowanie koluwiów osuwisk. Prace zostały wykonane przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych Sp. z o.o. Warszawa.

Łącznie wykonano około **51 270 mb** profili sejsmicznych i **29 240 mb** profili geoelektrycznych.

Drugą grupą prac uzupełniających było wykonanie badań laboratoryjnych, a w szczególności: analiza makroskopowa, oznaczenie klasy zawartości węglanów - CaCO₃, wilgotność naturalna w_n, gęstość objętościowa p, skład granulometryczny i rodzaj gruntu - analiza areometryczna, kąt tarcia wewnętrznego i kohezja c_u' z pomiarem ciśnienia porowego i drenażem w czasie ścinania. Badania zostały wykonane przez Instytut Geotechniki Politechniki Krakowskiej na **57 osuwiskach** i dostarczone w formie analizy wyników umożliwiających ocenę warunków geotechnicznych gruntów na tych osuwiskach. Dla pozostałych 3 osuwisk przyjęto wyniki badań laboratoryjnych z istniejących już dokumentacji geologiczno-inżynierskich.

Dla wszystkich 60 osuwisk wykonano również **analizy mikropaleontologiczne** prób pobranych zarówno z rdzeni wiertniczych, jak i utworów powierzchniowych w celu poprawnego określenia ich przynależności litostratygraficznej. Wiele z monitorowanych osuwisk to formy stare wielokrotnie odmładzane, na których występują osady organiczne, co pozwoliło na pobranie i datowanie **44 prób metodami ¹⁴C**. Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie etapowości rozwoju osuwisk.

Najstarsze osuwiska w polskich Karpatach fliszowych, jak wskazują na to datowania osadów w zagłębieniach pod ich skarpami głównymi, powstawały już w późnym glacie ostatniego zlodowacenia, w okresie starszego draysu. Datowanie osadów organicznych w ramach tematu, pobranych z rejonu czoła osuwiska w Szczawnicy, pokazało najstarsze dotychczas uzyskane daty **13 060±100 BP** [GsG-501] i **12 210±85 BP** [GdS-508] powstawania osuwisk w Karpatach. Datowanie osadów organicznych pobranych z rdzenia wiertniczego na czole osuwiska Zapadle w Symbarku wskazało na późnoglacialny wiek jego powstania, dla próbki z głębokości 9,30 – 9,40 m uzyskano datę **12 860±240 BP** [Gd-30249].

Nieco młodsze jest osuwisko w Gilowicach (monitorowane osuwisko „Rychwałd”), datowane na **11 760±140 BP** [GdC-250]. Z inną wczesnooloceniową fazą (okres borealny) można wiązać powstanie osuwiska Falkowa w Nowym Sączu. Datowanie prób osadów organicznych dało wynik **8 690±130 BP** [Gd-12976]. Jednak większość datowań wskazuje na holoceniowy wiek osuwisk z głównymi fazami uaktywnienia osuwisk w wilgotniejszych okresach subborealnym i subatlantyckim, np. osady z rdzenia wiertniczego z osuwiska Pieronówka, dla których uzyskano datę **6 230±90 BP** [GdS-674]. Daty osadów pobranych z rejonu skarpy głównej na osuwisku na Maślanej Górze wskazują natomiast na jego subatlantycki wiek – **2 005±35 BP** [Poz-6469] – **2 625±30 BP** [Poz-6470]. W okresie późnego holocenu i w czasach historycznych, powstałe we wcześniejszych okresach osuwiska ulegały jedynie odmłodzeniu w wyniku ponownego uaktywnienia ruchów masowych. Wskazują na to wyniki **615±30 BP** [Poz-6471] - **980±30 BP** [Poz-6472] datowania osadów uzyskane w tych samych osuwiskach. Niektóre z dużych obszarowo, głęboko zakorzenionych osuwisk typu DSGSD (*deep seat gravitation slope deformations*) mogły być wywołane trzęsieniami ziemi, które na terenie polskich Karpat fliszowych osiągały intensywności dochodzące do 8^o MSC, czyli około 6^o w skali Richtera.

Prace pomiarowe

Częstotliwość wykonywania sesji pomiarowych w ramach prac monitoringowych zarówno w monitoringu wgłębnym, jak i powierzchniowym wynosiła 2 pomiary na rok w cyklu wiosennym i jesiennym. Na kilku wybranych osuwiskach, o znacznym stopniu aktywności, badania w okresie pierwszego roku prowadzone były w odstępach miesięcznych. Zwiększona ilość sesji pomiarowych przypada również na lata 2010 i 2011 r., po katastrofalnych opadach (maj/czerwiec) i znacznym wzroście dynamiki przemieszczeń osuwisk. W tym czasie rozszerzono również monitoring powierzchniowy o badania oparte na analizie danych z naziemnego skaningu laserowego. Tę metodę pomiarową zastosowano dla **26 osuwisk**.

W ramach etapu II Projektu SOPO wykonano średnio 7 sesji pomiarowych (inklinometrycznych i geodezyjnych) dla każdego z obserwowanych osuwisk. W celu utrzymania istniejącej sieci pomiarowej i zachowania ciągłości pomiarów po 2013 r. uruchomiono osobne zadanie „*Monitoring zagrożeń powierzchniowymi ruchami masowymi wraz z utrzymaniem istniejącej sieci obserwacyjnej*” (Nr 706/2013/Wn-07/FG-GO-DN/D), które zostanie zakończone w czerwcu 2016. Dalsze pomiary monitoringowe są planowane już w ramach Etapu III Projektu SOPO.

W trakcie prowadzenia obserwacji, na skutek uaktywnienia się procesów osuwiskowych, doszło do zaciśnięcia bądź całkowitego ścięcia kolumn pomiarowych na 7 parach otworów. W ramach w/w nowego zadania odtworzono 3 pary w najbardziej newralgicznych rejonach prowadzenia obserwacji.

Dokumentacje wynikowe

W trakcie realizacji etapu II Projektu SOPO przygotowano dokumentacje końcowe dla 60 monitorowanych osuwisk oraz raport wyników pomiarów na osuwisku Hańczowa. W tym celu dokonano zestawienia i analizy wszystkich danych pomiarowych zarówno z monitoringów wgłębnego, jak i powierzchniowego oraz prac i robót geologicznych wykonywanych na badanych obiektach (prace geofizyczne, laboratoryjne, geodezyjne i kartograficzne oraz analizy mikropaleontologiczne i ¹⁴C). W dokumentacjach tych uwzględniono także analizy monitoringu hydrogeologicznego i opadowego obliczając tzw. czas reakcji na sumy opadowe bądź pojedyncze wysokie impulsy opadowe (deszcze nawalne) dla każdego obiektu. Dla pełnego obrazu przemieszczeń dokumentacje osuwisk, których obserwację rozpoczęto w 2010 i 2011 r., uzupełniono o wyniki pomiarów z 2014 r. zrealizowanych w ramach tematu: „*Monitoring zagrożeń powierzchniowymi ruchami masowymi wraz z utrzymaniem istniejącej sieci obserwacyjnej*”. Dokumentacje końcowe z prac monitoringowych zostały przekazane do NAG i umieszczone na portalu bazy SOPO (w formie ogólnodostępnych plików pdf).

WPLYW ZJAWISK ATMOSFERYCZNYCH NA AKTYWNOŚĆ OSUWISK W WYBRANYCH REJONACH KARPAT

Główną naturalną przyczyną odmładzania się form osuwiskowych, ich wzrostu aktywności czy też powstawania nowych osuwisk są opady atmosferyczne. Jest to związane z jedną z podstawowych cech wpływających między innymi na odkształcalność, wytrzymałość i przepuszczalność, jaką jest szczelinowatość materiału koluwalnego. Ma ona niebagatelny wpływ na możliwość gromadzenia i przewodzenia wód opadowych i roztopowych oraz działanie sił międzycząsteczkowych.

Projekt monitoringu osuwisk od początku tworzenia, już na Etapie I, zakładał kontrolę opadów atmosferycznych i zmiany poziomu wód gruntowych w koluwiach. Należy pamiętać, iż na pierwszej grupie 25 monitorowanych osuwisk, system obserwacyjny został założony w końcu 2009 r. a więc około 6 miesięcy przed „katastrofą osuwiskową”.

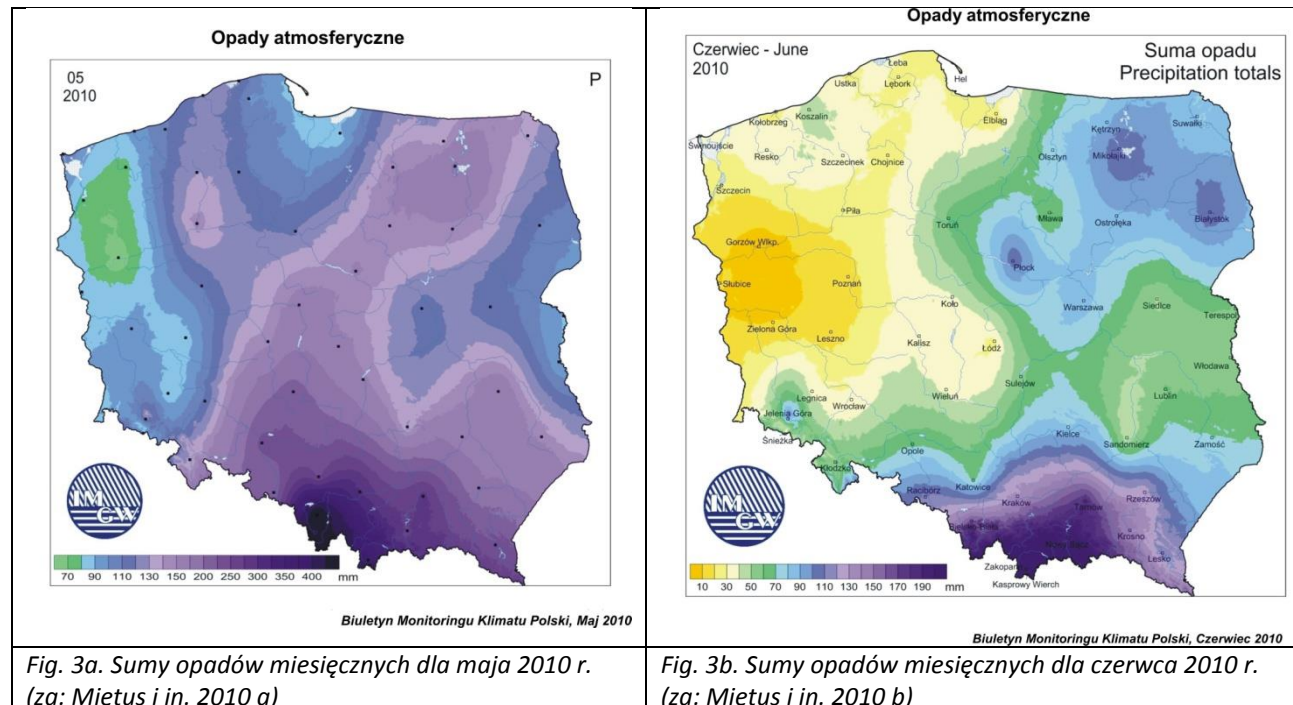
Opady w 2010 r.

Bardzo wysokie sumy opadów miesięcznych (*500-700 mm/miesiąc*) z przełomu maja i czerwca 2010 r., były spowodowane układami barycznymi, które zwykle są charakterystyczne dla miesięcy letnich (lipiec – sierpień). To wówczas nad Europą dochodzi do przemieszczeń ośrodków barycznych, głównie z kierunku południowego i południowo-zachodniego. Opisane one zostały przez niemieckiego meteorologa W. J. van Bebbera (1898) jako tor Vb (ZugstrasseVb). I to właśnie taki układ baryczny odpowiada za intensywne opady atmosferyczne na terenie polskich Karpat w miesiącach letnich. W roku 2010 taki „letni” układ baryczny rozwinął się już na przełomie maja i czerwca. Podobna sytuacja baryczna występowała wcześniej w latach 1997 i 2001, kiedy to opady z lipca spowodowały gwałtowne powodzie w Polsce południowej.

Z analizy materiałów archiwalnych wynika, że maksymalne sumy opadów miesięcznych notowane są zazwyczaj w Tatrach i w Dolinie Pięciu Stawów Polskich. To tu właśnie w lipcu 2001 r. zanotowano rekordowy opad 788 mm/miesiąc. Sumy opadów miesięcznych w Beskidach i na Pogórzu Karpat są zwykle niższe i nieznacznie przekraczają 600 mm (np. posterunki: Równica Wieś – 648 mm, Zwardoń – 624 mm, Leskowiec – 541 mm).

Na tym tle rok 2010 można uznać za okres katastrofalnych opadów. Sumy opadów za okres od 1 maja do 4 czerwca 2010 r. przekroczyły 700 mm (w Tatrach), z tego opad w większości wystąpił pomiędzy 15-20 maja. Głównym rejonem ich wystąpienia były Karpaty Zachodnie. Tutaj sumy opadów odnotowane na deszczomierzach dochodziły do wartości 598 mm/miesiąc (Lachowice). Dane te mają potwierdzenie również

w monitoringu IMiGW (Fig.3a-b), w tym czasie spadło - 695,4 mm na Straconce, 685,4 mm w Ustroniu – Równicy i np. 621,1 mm w Zawoi (Cebulak i in., 2011).



Katastrofalny opad z 2010 r. objął całe Karpaty Polskie, ale sumy opadów z maja 2010 r. w odniesieniu do okresu normalnego (lata 1971-2000) zostały przekroczone na obszarze Karpat Zachodnich aż o 400 %, a na obszarze Karpat Wschodnich o 200 %.

Dla silnego uaktywnienia się starych osuwisk w zachodniej części Karpat istotny był fakt, że opady już w pierwszej połowie maja (od 1 do 14 maja) były wysokie i wynosiły: w Korbielowie 149,5 mm, Lachowicach – Kralach 148,7 mm, Kalwarii Zebrzydowskiej 147,3 mm, Zawoi 146,1 mm. Dzięki tym opadom i kulminacji opadów przypadającej pomiędzy 15 a 20 maja, pierwsze odnotowane ruchy na osuwiskach wystąpiły już 19 i 20 maja (Lanckorona, Podchybie). Druga fala opadów z początku czerwca spowodowała natomiast rozwój osuwisk w środkowej części Karpat (Beskid Sądecki, Wyspawy, Pogórze Rożnowskie) oraz w części wschodniej Karpat (Pogórze Dynowskie, Pogórze Strzyżowskie)

Rok 2010 był okresem wzmożonej aktywności osuwisk. Liczne z monitorowanych powierzchniowo i w głębinie osuwisk, wykazywały dużą dynamikę jedynie w okresie opadów z przełomu maja i czerwca 2010 r., po czym ich aktywność znacznie zmalała bądź już w 2011 r. wręcz ustała. Do grupy tych osuwisk należy zaliczyć głównie te formy, których koluwia złożone są w przewadze z materiału grubodetrytycznego lub stanowią je pakiety fliszowe z dominacją piaskowców (Berest, Tylawa, Kąty, Zagórze). W tej grupie szczelinowatość materiału koluwalnego jest znaczna, przez co progi opadowe mogące uruchomić takie osuwisko były wysokie.

Analiza dynamiki zmian poziomu zwierciadła wody, jako skutku impulsu opadowego bądź sumy opadu, pozwoliła na wyznaczenie indywidualnego „czasu reakcji” zwierciadła dla każdego osuwiska. Pierwszą grupę stanowią osuwiska o wysokiej szczelinowatości, w których czas reakcji jest krótki, a zmiany odnotowywane są prawie natychmiastowo (Fig.4). W wielu z tych przypadków zmiany występują już po 6 - 8 godzinach, przy opadzie zaledwie 8 mm/h, bądź sumach dobowych w granicach 40-50 mm. Wahania poziomu wody w koluwiach sięgają wówczas nawet kilku metrów.

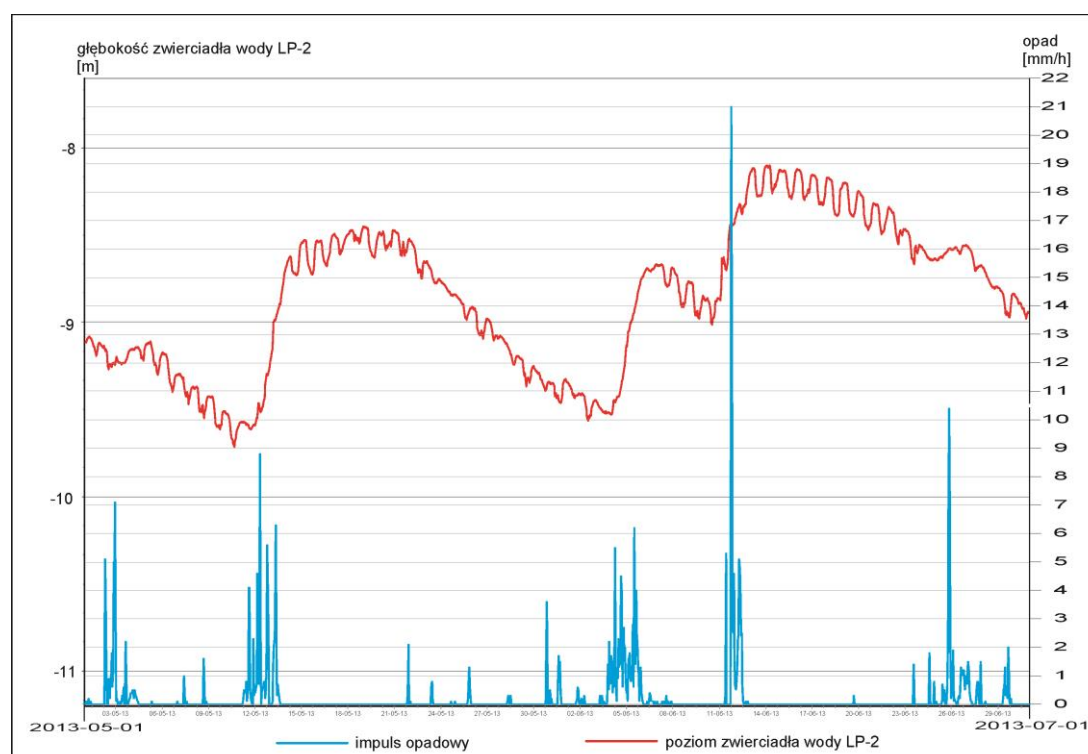


Fig. 4. Przykładowy wykres analizy wpływu opadu na zmianę dynamiki poziomu wód w koluwiach – osuwisko Leszna Górna

Wartości „czasu reakcji” są silnie zróżnicowane – na niektórych osuwiskach, zaliczonych do grupy drugiej, pojedynczy impuls (np. 12 mm/h) bądź 3 dniowy cykl opadowy o sumie powyżej 150 mm powoduje ponad jednowymiarową zmianę poziomu zwierciadła wód gruntowych. Przy czym czas reakcji jest tu rzędu 48-56 godzin. Takie wartości świadczą o słabej szczelinowatości przy znacznym udziale frakcji ilowej i pyłowej w materiale koluwalnym. Potwierdza to w tych przypadkach, również niskie tempo obniżania się poziomu wody w okresie bezopadowym.

Trzecią i dominującą w puli obserwacyjnej grupę stanowią osuwiska, gdzie ruch odnotowywany jest w sposób ciągły od początku badań w roku 2009. Tu wyraźnie widoczny jest przyrost przemieszczeń po okresach wzmożonych opadów czy wiosennych roztopów i akinezja w okresie bezopadowym i zimowym. W tej klasie osuwisk dochodzi do najliczniejszych zmian dynamiki przemieszczeń na różnych głębokościowo powierzchniach poślizgu. W licznych przypadkach pierwotnie obserwowano strefy aktywności na innych głębokościach niż te na, których w późniejszym okresie doszło do uaktywnienia się osuwiska bądź wręcz ścięcia kolumny pomiarowej (Just, Leluchów, Łącko). Dominacja materiału ilastego i marglistego w koluwiach tego typu osuwisk w znaczący sposób obniża jego szczelinowatość, ale jednocześnie powoduje utrzymanie wysokiego poziomu wód gruntowych i większe wartości wskaźnika plastyczności w obrębie koluwiów.

Wszystkie analizy pomiarów monitoringu hydrogeologicznego i opadowego uzupełnione danymi z IMiGW, posłużyły do indywidualnych obliczeń dla każdego osuwiska i określenia wpływu opadów atmosferycznych na czas reakcji poziomu wód w obrębie koluwiów, a co za tym idzie określenie okresu opóźnienia spodziewanych przemieszczeń. Wyniki te zostały zawarte w dokumentacjach końcowych poszczególnych osuwisk.

METODYKA PRZETWARZANIA DANYCH Z LOTNICZEGO SKANINGU LASEROWEGO

Zgodnie z „Instrukcją opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi” prace kameralne obejmują m.in. analizę cyfrowych (numerycznych) modeli terenu. Możliwość ta nabrała zupełnie innego znaczenia wraz z coraz powszechniejszym pojawieniem się od 2010 roku wysokorozdzielczych lotniczych danych laserowych. Wykorzystanie ich w badaniu osuwisk przyczyniło się do znacznego poprawienia jakości i dokładności prac inwentaryzacyjnych oraz monitoringowych. Modele terenu obliczone z danych laserowych pochodzą głównie z projektu ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju) i szczegółowo obrazują rzeźbę terenu. Ujednolicony na całą Polskę standard danych nie zawsze sprawdza się jednak w obszarach górskich, gdzie deniwelacje terenu i pokrycie leśne obniżają dokładność poziomą i pionową tej metody. Problemem jest również prawidłowa interpretacja osuwisk oparta na produktach laserowych. Tzw. surowe dane laserowe dają jednak możliwość innego ich przetworzenia, tak by interpretacja wyniku ukierunkowana była na badanie ruchów masowych.

„Opracowanie metodyki wykorzystania danych z lotniczego skaningu laserowego do rozpoznawania i monitorowania obszarów ruchów masowych (osuwiskowych)” zostało zgłoszone jako zadanie PSG do realizacji w latach 2015-2017. Decyzją Ministra Środowiska zadanie to zostało przesunięte do realizacji od 2016 w ramach zgłoszonego wniosku pt.: „System Osłony Przeciwosuwiskowej SOPO etap III – kartowanie i wykonywanie map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi dla obszaru Karpat polskich (25% powierzchni) i wybranych obszarów Polski pozakarpackiej oraz monitorowanie wybranych osuwisk wraz z opracowaniem prognozowania zagrożeń osuwiskowych w Karpatach”. W zakres tego zadania będzie wchodziło:

- sprawdzenie różnych rozwiązań przetwarzania danych laserowych do celów badań osuwisk,
- interpretacja nowopowstałych osuwisk na otrzymanych danych wraz z ich weryfikacją terenową dla czterech poligonów badawczych,
- aktualizacja map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi dla gmin objętych poligonami badawczymi
- sprawdzenie możliwości wykorzystania danych laserowych do monitorowania aktywności osuwisk.

W badaniach prowadzonych już w ramach II etapu SOPO wykorzystano dane laserowe (tzw. chmury punktów) pochodzące z systemu ISOK, które zostały udostępnione dla realizacji zadań PSG przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii. Dla czterech poligonów badawczych, zróżnicowanych geologicznie, morfometrycznie i pod względem zurbanizowania, zgromadzono dane typu *.las*. Zawierają one zbiory punktowych danych wysokościowych, gdzie każdy z punktów został przypisany poszczególnym klasom obiektów, od których zostały odbite w czasie pomiarów. Z geologicznego punktu widzenia najważniejszymi są punkty odbite od powierzchni terenu (klasa – *ground*).

Nadrzędnym celem prac było opracowanie procedury obliczania numerycznych modeli terenu (NMT), najwierniej obrazujących morfologię powierzchni osuwisk oraz określenie w jakim zakresie i w jakich warunkach możliwe jest lepsze rozpoznanie punktów typu *ground*. Nowe (alternatywne) klasyfikacje chmur punktów przeprowadzono przy wykorzystaniu oprogramowania, na które PIG-PIB posiada licencję lub jest wolne od opłat licencyjnych. Poszczególne programy mają różne możliwości ustawień parametrów wejściowych, określających sposób detekcji punktów z gruntu oraz różne metody klasyfikacji. Wykaz programów wykorzystanych w pracach zawarto w Tabeli 3.

Tabela 3 – Wykaz oprogramowania wykorzystanego w metodologii przetworzenia danych laserowych

L.p.	Nazwa oprogramowania
1	ENVI LIDAR
2	Global Mapper+LIDAR Module
3	Grass
4	InphoDTMaster
5	LasTools
6	LP360
7	Matlab
8	Riscan Pro
9	SCOP

Ilość i wielkość chmur punktów jest olbrzymia i testowanie setek różnych ustawień w ich przeliczaniu dla całych poligonów badawczych byłoby zbyt czasochłonne. Wyznaczono zatem 4 obszary testowe, zróżnicowane geologicznie i morfologicznie (Fig.5).

W pierwszym etapie prac chmury punktów zostały zdeklasyfikowane, czyli wyzerowana została przynależność punktów do jakiegokolwiek grupy. Następnie przeprowadzono klasyfikację punktów typu *ground* każdym oprogramowaniem, testując różne konfiguracje ustawień parametrów wejściowych. Najlepsze wyniki zestawiono i porównano ze sobą.

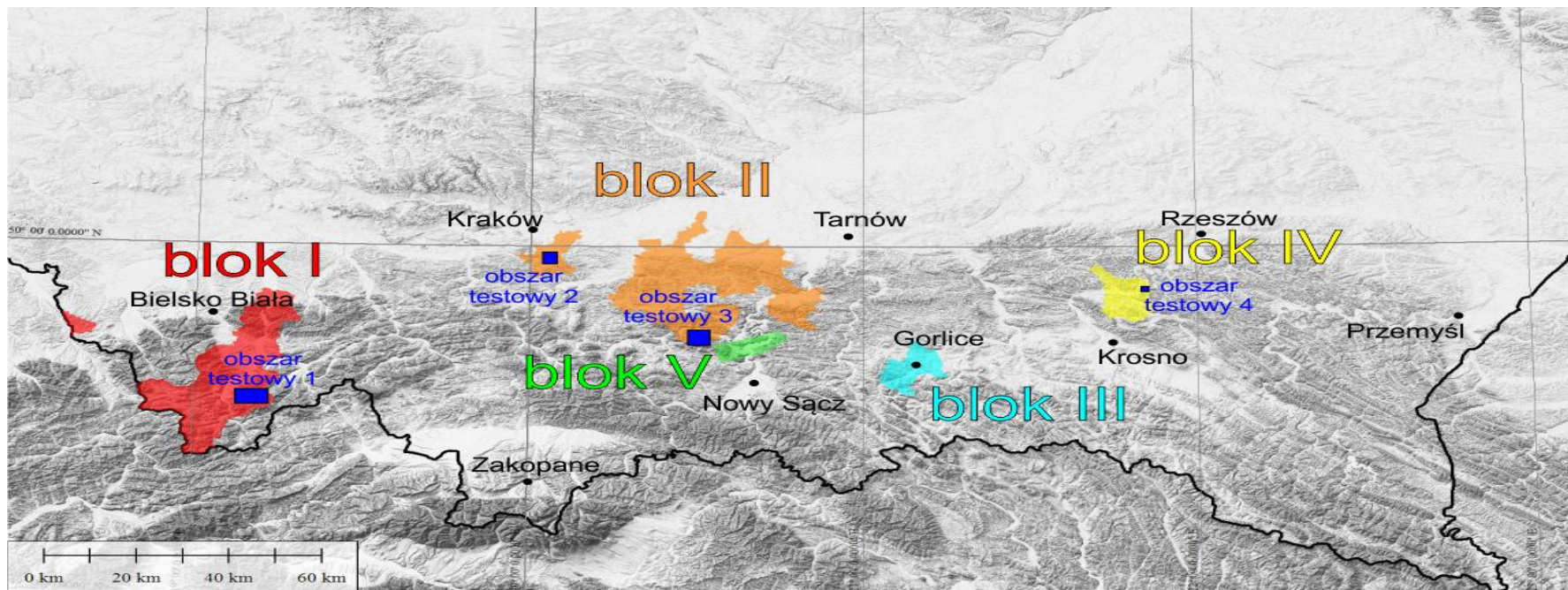


Fig. 5. Lokalizacja bloków badawczych dla zadania „Opracowanie metodyki wykorzystania danych z lotniczego skaningu laserowego do rozpoznawania i monitorowania obszarów ruchów masowych (osuwiskowych)”

Weryfikację wyników przeprowadzono na różnych etapach prac. W pierwszej kolejności sprawdzano jakość prawidłowej klasyfikacji punktów (nie wszystkie punkty oznaczone jako *ground* przylegają do powierzchni terenu). Stosując różne konfiguracje ustawień oprogramowania starano się uzyskać możliwie jak najlepszy obraz powierzchni terenu dla każdego poligonu osobno. Do dalszego etapu weryfikacji wybierano tylko najlepsze rozwiązania. Przy okazji sprawdzono wymagania sprzętowe i ograniczenia oprogramowania, co przyczyniło się do dyskwalifikacji m.in. programów: Grass i Riscan PRO. Programy te nie są wydajne dla obliczania dużych obszarów.

Drugi etap weryfikacji dokonano poprzez wzajemne porównanie NMT w obrębie każdego z poligonów, uzyskanych z przeklasyfikowanych chmur punktów. Oprócz danych obliczonych przy pomocy oprogramowań wymienionych w Tabeli 3, uwzględniono NMT bazujący na danych ISOK i udostępniany przez GUGiK w formacie xyz w rozdzielczości 1 m, oraz NMT obliczony z chmur punktów sklasyfikowanych przez ISOK. Dodatkowo w analizach ujęto rozwiązania hybrydowe polegające na dodatkowej detekcji punktów typu *ground* w obrębie sklasyfikowanej już chmury punktów. Zabieg taki przeprowadzono na chmurach punktów obliczonych w GlobalMapper. Wszystkie NMT zostały skalibrowane do jednakowej rozdzielczości 0,25 m i interpolowane jedną metodą (TIN). Metoda interpolacji została wybrana doświadczalnie.

Wynikiem weryfikacji jest ranking metod klasyfikacji i interpolacji danych laserowych. Określa on najdogodniejsze rozwiązania obliczeniowe dla prowadzenia dalszych analiz w zdefiniowanych obszarach badawczych oraz wskazuje problemy do rozwiązania w przyszłej weryfikacji terenowej.

APLIKACJA I BAZA DANYCH SOPO

Aplikacja i baza danych SOPO zostały utworzone w etapie I (pilotażowym) SOPO. Była to dedykowana aplikacja internetowa, zbudowana w oparciu o kilka modułów. Pierwszy z nich służył do wprowadzania i edycji kart rejestracyjnych, drugi – do wprowadzania geometrii obiektów, kolejny do prezentacji danych przestrzennych na mapie (w połączeniu z danymi atrybutowymi, pochodzącymi z kart), ostatni zaś umożliwiał pobieranie map w postaci plików PDF gotowych do wydruku. Całość działała w środowisku przeglądarki internetowej, co miało zapewnić szerszą dostępność aplikacji i nie były wymagane dodatkowe, specjalistyczne programy.

Dość szybko okazało się jednak, iż wprowadzanie danych graficznych w tym środowisku ma istotne ograniczenia i praca taka jest mocno utrudniona i w dużej mierze – mniej wydajna. W związku z tym, na przełomie 2008 i 2009 roku opracowano procedurę pozyskiwania danych przestrzennych za pomocą narzędzi typu „desktop” (program ArcMap z rodziny ArcGIS Desktop). Przygotowano dodatkową procedurę kontroli tych danych oraz szczegółową instrukcję dla wykonawców. Wprowadzanie danych atrybutowych (kart rejestracyjnych) odbywało się nadal w aplikacji internetowej.

Z uwagi na rosnącą liczbę edytorów zaangażowanych w prace, już w pierwszym roku zaobserwowano dość znaczny spadek wydajności działania aplikacji. Dodatkowym czynnikiem spowalniającym prace, była także kiepska jakość połączeń internetowych części wykonawców. Zaistniała zatem potrzeba opracowania oddzielnej aplikacji typu „desktop” do wprowadzania danych z kart rejestracyjnych. Brak wymagania dostępu do sieci internet umożliwiał również pracę w terenie.

Przez cały okres realizacji etapu II baza danych SOPO była zasilana nowymi danymi atrybutowymi (karty osuwisk i terenów zagrożonych) oraz geometrycznymi (zasięgi i aktywność osuwisk, elementy rzeźby wewnętrznej). Dodatkowo utworzono też repozytorium tekstów objaśniających do map osuwisk oraz dokumentacji końcowych z prac monitoringowych. Dokumenty te dostępne są do pobrania, w postaci plików PDF.

Według stanu na dzień 30.09.2015 w bazie SOPO znajdują się dane dotyczące:

- **57 243** osuwisk,
 - **4 603** terenów zagrożonych,
- a także:
- teksty opracowań dla 198 gmin karpackich,
 - dokumentacje monitoringowe dla 61 osuwisk.

Równocześnie z wprowadzaniem danych, prowadzone były prace nad rozbudową aplikacji o nowe moduły, a także (w oparciu o liczne uwagi edytorów i weryfikatorów) nad optymalizacją i rozbudową już istniejących funkcjonalności. Główne prace dotyczyły m.in. następujących zagadnień:

- 1) utworzenie aplikacji typu „desktop” do wprowadzania danych atrybutowych, wraz z funkcjonalnością importu danych z poziomu aplikacji internetowej (2010),
- 2) przeniesienie aplikacji internetowej na nowszy serwer wraz z aktualizacją oprogramowania ArcGIS Server 9.2 do wersji 9.3.1 (2010),
- 3) utworzenie modułu „repozytorium” tekstów objaśnień do MOTZ (2010),
- 4) utworzenie modułu „repozytorium” dokumentacji monitoringowych (2010),
- 5) utworzenie funkcjonalności pobierania kompletu kart dla całej gminy (2010),
- 6) zmiana modułu prezentacyjnego – m. in.: powiększenie okna mapy, utworzenie menu grupującego wszystkie moduły (2010),
- 7) utworzenie modułu administracyjnego do archiwizacji KRO i KRTZ (2012),
- 8) rozbudowa funkcjonalności automatycznej weryfikacji danych atrybutowych w obu aplikacjach (2013),
- 9) rozbudowa funkcjonalności dostępnych dla edytorów, usprawniających proces wprowadzania danych – m.in.: zapamiętywanie ostatnio wprowadzanych wartości, rozszerzenie zakresu wykorzystania słowników (2012-2013),
- 10) rozbudowa funkcjonalności dostępnych dla weryfikatorów – m. in.: generowanie wydruków „roboczych” kart, szybki podgląd całości karty, zmiana procedury cofania kart do poprawy (2010-2014),
- 11) dostosowanie aplikacji do nowych wersji przeglądarek internetowych (2014),
- 12) przebudowa modułu prezentacji kart (2014).

Poza powyższymi, w trakcie trwania całego II etapu SOPO wykonywane były bieżące prace informatyczne związane z usuwaniem awarii, wykrywaniem i naprawą powstających niezgodności w danych, czy też optymalizacją wydajności poszczególnych modułów.

Dane zgromadzone w bazie SOPO udostępniane są za pomocą aplikacji internetowej. Użytkownicy mają możliwość:

- wyszukiwania, przeglądania danych przestrzennych,
- wyszukiwania, pobierania i drukowania map osuwisk,
- wyszukiwania, pobierania i drukowania tekstów objaśniających oraz dokumentacji końcowych z prac monitoringowych,
- wyszukiwania, przeglądania i drukowania kart rejestracyjnych osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi (dostęp dla przedstawicieli administracji państwowej, po zalogowaniu).

Dodatkowo, dane przestrzenne udostępniane są za pomocą usługi WMS.

Szczegółowe zasady korzystania z aplikacji internetowej SOPO ujęte zostały w regulaminie i obowiązują każdego użytkownika. Szczegółowa instrukcja obsługi aplikacji SOPO dostępna jest na stronie internetowej projektu SOPO. Bardzo istotne jest ciągłe funkcjonowanie bazy SOPO (nawet w okresach przerw między kolejnymi etapami Projektu SOPO) oraz możliwość bieżącej aktualizacji i weryfikacji zawartych w niej danych.

SZKOLENIA I KONFERENCJA

Bardzo ważną częścią realizacji etapu II Projektu SOPO były szkolenia, które prowadził Zespół Koordynacyjny. Szkolenia były prowadzone dla podwykonawców biorących udział w kartowaniu osuwisk i cyfrowaniu danych. Ogólnie szkolenia obejmowały następujące zagadnienia:

- analizę map topograficznych i geologicznych pod kątem lokalizacji rejonów potencjalnych osuwisk;
- rozpoznawanie i opisywanie osuwisk oraz ich form wewnętrznych w terenie;
- ocenę stopnia aktywności osuwisk w terenie;
- podstawowe prace pomiarowe przy ocenie parametrów osuwisk;
- wypełnianie kart rejestracyjnych osuwisk i terenów zagrożonych w warunkach terenowych i kameralnych;
- wprowadzania kart do bazy SOPO w aplikacji Web oraz desktop;
- cyfrowanie danych geometrycznych.

Wymieniony zakres prac miał na celu przygotowanie podwykonawców realizujących część prac w Projekcie SOPO w zakresie jednolitego prowadzenia prac terenowych i kameralnych. Szkolenia pozwoliły na stworzenie wykwalifikowanego zespołu podwykonawców, chociaż w drodze selekcji znaczna część geologów pierwotnie kartujących osuwiska została odsunięta od badań terenowych, gdyż jakość ich prac nie była na odpowiednim poziomie merytorycznym. Dzięki szkoleniom udało się utworzyć nowe zespoły lub rozszerzyć inne o młodych geologów, którzy dzięki pozyskanemu doświadczeniu nabyli umiejętności potrzebne do uzyskania uprawnień kartograficznych.

Szkolenia dotyczące umiejętności rozpoznawania osuwisk w terenie i ich rysowania na podkładach topograficznych w skali 1:10 000 były prowadzone głównie w latach 2008-2011 przez Zespół Koordynacyjny SOPO – poniżej przedstawiono ich wykaz:

- 1-dniowe szkolenie wprowadzające w Projekt SOPO w Krakowie (2.07.2008), w którym uczestniczyło około 30 osób;
- 4-dniowe szkolenie terenowe w Wysowej (15-18.09.2008), w którym uczestniczyło około 60 osób;
- 3-dniowe szkolenie terenowe w Wieliczce (1-3.04.2009), w którym uczestniczyło około 70 osób;
- 3-dniowe szkolenie terenowe w Suchej Beskidzkiej (21-23.10.2009), w którym uczestniczyło około 20 osób;
- 2-dniowe szkolenie dla osób wprowadzających dane cyfrowe (5-6.11.2009), w którym brało udział około 25 osób;
- 2-dniowe szkolenie dotyczące możliwych zagrożeń procesami osuwiskowymi i ich wpływu na gleby w Puławach (10-11.12.2009);
- 5-dniowe szkolenie terenowe w Limanowej (13-16.04.2010), w którym uczestniczyło około 60 osób;
- 3-dniowe szkolenie terenowe na terenach gmin: Lanckorona, Kamionka Wielka i Szerzyny (listopad 2010), w którym uczestniczyło około 15 osób;
- 2-tygodniowe szkolenie na terenach gmin Wetlina i Ujsoły (maj 2011) dla około 10 osób.

W wymienionych szkoleniach brali udział pracownicy PIG-PIB oraz podwykonawcy z kilkunastu przedsiębiorstw, uczelni i instytutów. Był to cykl szkoleń terenowych i kameralnych zorganizowanych w celu nauki kartowania osuwisk oraz prac cyfrowych.

W latach 2012-2014 odbyły się trzy szkolenia wyłącznie dla pracowników PIG-PIB z Programu Geozagrożenia (około 30-35 osób):

- 4-dniowe szkolenie w Lipnicy Murowanej (listopad 2012);
- 4-dniowe szkolenie w Białce Tatrzańskiej (listopad 2013);

-4-dniowe szkolenie w Jastrzębiej Górze (listopad 2014).

Miały one na celu ugruntowanie wiedzy o osuwiskach, zapoznanie się z rodzajami osuwisk w różnych obszarach Karpat oraz osuwiskami pozakarpaccy (na klifie bałtyckim) – jako element przygotowawczy do kartowania osuwisk w Etapie III Projektu SOPO. Szkolenia te pozwoliły także na wspólną koordynację działań w Projekcie SOPO, pilnowanie terminów realizacji poszczególnych zadań w Etapie II, wymianę poglądów naukowych oraz przygotowanie się do realizacji kolejnego etapu SOPO.

Na szkoleniu w Jastrzębiej Górze podjęto decyzję o zorganizowaniu w 2015 r konferencji naukowej podsumowującej dotychczasowe wyniki prac w Projekcie SOPO. Konferencja odbyła się w dniach 19-22.05.2015 w Wieliczce. Patronat Honorowy nad konferencją pełnili: Minister Administracji i Cyfryzacji, Minister Infrastruktury i Budownictwa, Główny Geolog Kraju oraz Prezes Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Wzięło w niej udział około 230-240 osób, w tym przedstawiciele Zamawiającego projekt SOPO (Ministra Środowiska) oraz Finansującego go (Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej).

Podstawowym celem konferencji było przedstawienie stanu badań nad problematyką zagrożeń osuwiskowych w Polsce w świetle prowadzonego Projektu SOPO oraz innych prac badawczych, a także wymiana poglądów między specjalistami z różnych dziedzin, zajmującymi się różnymi aspektami ruchów masowych (rozpoznawanie, inwentaryzacja, dokumentowanie, zabezpieczanie, monitorowanie osuwisk, planowanie przestrzenne i ubezpieczenie). Konferencja zatytułowana O!suwisko została podzielona na dwie, równolegle prowadzone części – badawczo-naukową oraz dla administracji państwowej. Część badawczo-naukowa miała tradycyjną formułę sesji naukowych z prezentacjami, pytaniami i dyskusjami. Część przeznaczona dla administracji państwowej składała się z sesji panelowej (dyskusyjnej) oraz szkolenia z obsługi aplikacji SOPO. Dodatkowo drugiego dnia konferencji odbyła się sesja posterowa, a w dzień ostatni - wycieczka terenowa na osuwiska w Kłodnem, Zbyszycach i Górze Just.

Referaty i postery prezentowane w ramach konferencji O!suwisko, poza wynikami uzyskanymi w Etapie II Projektu SOPO i planowanym zakresem prac w Etapie III, dotyczyły różnych metod monitorowania i zabezpieczania osuwisk oraz metod wyznaczania podatności osuwiskowej i opracowywania map ryzyka osuwiskowego.

PODSUMOWANIE

W ramach projektu SOPO do bazy SOPO wprowadzono (według stanu na dzień 30.09.2015r.) dane dotyczące **57 243 osuwisk** i **4 603 terenów zagrożonych** i w oparciu o badania terenowe na obszarze około 75% Karpat polskich sporządzono około **56 600 kart rejestracyjnych osuwisk** i **4100 kart rejestracyjnych terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi** (różnica pomiędzy podanymi wartościami danych i kart rejestracyjnych wynika z tego, że do bazy SOPO wprowadzono także dane o osuwiskach i terenach zagrożonych ruchami masowymi ziemi pozyskane w wyniku prac prowadzonych poza projektem SOPO i/lub znajdujących się na pozakarpaccy części Polski). Opracowano teksty objaśniające do wyżej wymienionych map (osuwisk i terenów zagrożonych) dla 198 gmin karpaccy.

W trybie interwencyjnym wykonano **435 KDO** (kart dokumentacyjnych osuwisk) na obszarze 13 województw.

Założono system monitoringu w formie: monitoringu wgłębnego (pomiaru inklinometryczne), monitoringu powierzchniowego (pomiaru GNSS i skaningu laserowy) oraz monitoringu hydrogeologicznego i opadowego (pomiaru zmian poziomu zwierciadła wody i wielkości opadów). Dla osiągnięcia założonego celu geologicznego i monitoringowego wykonano w obrębie osuwisk **prace wiertnicze** dla par otworów badawczo-pomiarowych. Łącznie wykonano **214 otworów wiertniczych**, w tym **108 inklinometrycznych** i **106 piezometrycznych**. System pomiarów monitoringu wgłębnego uzupełnia **15 otworów** przejętych od jednostek samorządowych.

Prace geofizyczne zostały przeprowadzone na 60 osuwiskach. Łącznie wykonano około **51 270 mb** profili sejsmicznych i **29 240 mb** profili geoelektrycznych.

Dla próbek z **57 osuwisk** wykonano badania laboratoryjne, a w szczególności: analizę makroskopową, oznaczenie klasy zawartości węglanów - CaCO_3 , wilgotności naturalnej w_n , gęstości objętościowej p , składu granulometrycznego, analizy areometrycznej, kąta tarcia wewnętrznego i kohezji c_u z pomiarem ciśnienia porowego i drenażem w czasie ścinania. Badania zostały wykonane przez Instytut Geotechniki Politechniki Krakowskiej na i dostarczone w formie analizy wyników umożliwiającą ocenę warunków geotechnicznych gruntów na tych osuwiskach. Dla pozostałych 3 osuwisk przyjęto wyniki badań laboratoryjnych z istniejącą już dokumentacją geologiczno-inżynierską.

Dla wszystkich 60 osuwisk wykonano również **analizy mikropaleontologiczne** prób pobranych zarówno z rdzeni wiertniczych, jak i otworów powierzchniowych w celu poprawnego określenia ich przynależności litostratygraficznej. Wiele z monitorowanych osuwisk to formy stare wielokrotnie odmładzane, na których występują osady organiczne, co pozwoliło na pobranie i datowanie **44 prób metodami ^{14}C** .

Prowadzono monitoring hydrogeologiczny i opadowy prowadzono w oparciu o pomiaru zmian poziomu zwierciadła wody i pomiaru wielkości opadów. Do tego pierwszego wykorzystano otwory piezometryczne, w których zamontowano urządzenia rejestrujące - limnimetry firmy Keller -DCX-22AA lub STS BXO-57. W ramach etapu II Projektu SOPO przygotowano w ten sposób **92 otwory** pomiarowe. Ten system pomiarów na osuwiskach uzupełniają zsynchronizowane z limnimetrami w zapisie godzinowym **47 deszczomierze** (A-ster TPG-036-NH). Uwzględniając bliskie sąsiedztwo monitorowanych obiektów, niektóre deszczomierze obsługują kilka osuwisk. Dane te uzupełniane są wynikami pomiarowymi stałych stacji należących do IMiGW.

Sporządzono dokumentacje monitoringowe dla 61 osuwisk.

Dla celów wypracowania metod interpretacji danych pochodzących z lotniczego skaningu laserowego wyznaczono 4 zróżnicowane geologicznie i morfologicznie obszary testowe na obszarze województw: podkarpaccy, małopolskiego i śląskiego.

Rozbudowano dedykowaną aplikację internetową – bazę SOPO. Przez cały okres realizacji etapu II baza danych SOPO była zasilana nowymi danymi atrybutowymi (karty osuwisk i terenów zagrożonych) oraz geometrycznymi (zasięgi i aktywność osuwisk, elementy rzeźby wewnętrznej). Dodatkowo utworzono też repozytorium tekstów objaśniających do map osuwisk oraz dokumentacji końcowych z prac monitoringowych. Dokumenty te dostępne są do pobrania, w postaci plików PDF.

Przeprowadzono szereg szkoleń dla podwykonawców realizujących część prac w projekcie SOPO, które pozwoliły na stworzenie wykwalifikowanego zespołu podwykonawców. Inne szkolenia i konferencje były adresowane do urzędów administracji publicznej działających na obszarach na których występują osuwiska i które są zagrożone ruchami masowymi ziemi.