

**OSUWISKA LEŚNE W BAZIE DANYCH
SYSTEMU OSŁONY PRZECIWO SUWISKOWEJ SOPO**
FOREST LANDSLIDES IN THE DATABASE OF SOPO
LANDSLIDE COUNTERACTION FRAMEWORK PROJECT

Jerzy Mozgawa, Łukasz Kwaśny

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Wydział Leśny
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Słowa kluczowe: osuwiska leśne, system osłony przeciwosuwiskowej SOPO
Keywords: forest landslides, SOPO Landslide Counteraction Framework Project

Wstęp

Śnieżna zima 2009/2010 i katastrofalne opady w 2010 r. kolejny raz w okresie kilkunastu ostatnich lat uświadomiły problem zagrożeń naturalnych, związanych z powierzchniowymi ruchami masowymi. Potwierdziło to tezę, że zagrożenie tymi zjawiskami przyrodniczymi w Karpatach jest znaczne i nie maleje, zwłaszcza po śnieżnych zimach i intensywnych opadach (Kamiński, 2006).

Proces osuwiskowy jest jedną z form powierzchniowych ruchów masowych, do których zaliczane są też takie naturalne zjawiska przyrodnicze jak: spełzywanie, obrywy, osiadanie i procesy erozji wązowej. Osuwisko (zsuw) jest definiowane (PIG, 2008) jako forma rzeźby powstała w wyniku przemieszczania się materiału skalnego w dół stoku wzdłuż powierzchni poślizgu.

Termin osuwisko leśne będzie używany w opracowaniu na określenie identyfikowanych na obszarach pokrytych roślinnością drzewiastą powierzchniowych ruchów masowych, generujących zarówno specyficzne formy rzeźby terenu jak i mierzalne symptomy w ekosystemie leśnym.

Osuwiska leśne powodują zarówno zakłócenia ekosystemu leśnego, jak i możliwe do wyceny szkody materialne. Zgodny jest pogląd, że las jest stabilizatorem ruchów powierzchniowych, ale brak jest pełnego rozumienia mechanizmu, w jaki sposób las modyfikuje warunki uruchomienia i dynamiki ruchów powierzchniowych.

Zjawiska osuwiskowe zmieniają przede wszystkim warunki glebowe ekosystemu leśnego. Wilgotność i zasobność gleb, typ ściółki i próchnicy są uważane (Nowosad, Mazur, 2010) za najważniejszy czynnik przekształcający środowisko fizyczne i modyfikujący do-

stępnosć zasobów dla roślin i zwierząt. Zmiana warunków glebowych przyczynia się do długotrwałych fluktuacji struktury populacji roślin i zwierząt oraz całych ekosystemów. Procesy osuwiskowe mają stąd szczególne własności modyfikujące środowisko leśne, zwiększając jego zmienność przestrzenną (Alexandrowicz et al., 2010).

Zabezpieczenie terenów leśnych przed szkodami wyrządzanymi przez czynniki abiotyczne, biotyczne i antropogeniczne jest przedmiotem zainteresowania ochrony lasu, będącej jedną z podstawowych dziedzin działalności gospodarczych w leśnictwie. Z pojęciem szkód związany jest problem oceny stopnia i dystrybucji przestrzennej ryzyka wystąpienia zjawisk osuwiskowych.

Pojęcie szkód powodowanych przez osuwiska ma aspekt ekonomiczny i dotyczy: uszkodzenia lub zniszczenia infrastruktury technicznej gospodarstwa leśnego, bezpośredniego uszkodzenia drzewostanu oraz modyfikacji warunków wzrostu drzew, wpływających w przyszłości na jakość surowca drzewnego.

Szczególnym aspektem aktywności osuwiskowej jest modyfikacja położenia szczegółów wewnątrz lasu i granic własności, odwzorowywanych w leśnej mapie numerycznej.

Poznanie procesów, jakie zachodzą na osuwiskach leśnych, wymaga interdyscyplinarnego podejścia metodologicznego, wykorzystującego zarówno wiedzę geologiczną jak i leśną. Definiowanie warunków powstawania zjawisk osuwiskowych, inwentaryzacja miejsc ich wystąpienia oraz wskazywanie obszarów wrażliwych na procesy osuwiskowe są tradycyjnie przedmiotem zainteresowania różnych działów geologii, ze szczególnym uwzględnieniem kartografii geologicznej.

Próby zrozumienia roli roślinności leśnej w modyfikacji warunków tworzenia osuwisk (Brooks, 2003) powinny bazować na inwentaryzacjach terenowych, które mogą dostarczyć tylko eksperci z zakresu geologii. Brak takich danych był chyba główną przyczyną niewielkiego dotychczas zainteresowania leśnictwa krajowego uszkodzeniami ekosystemów leśnych i szkodami powodowanymi przez procesy osuwiskowe. Powyższa sytuacja uległa zmianie na skutek opracowania i uruchomienia Systemu Osłony Przeciwośuwiskowej SOPO, który obejmuje również tereny leśne, położone w granicach administracyjnych gmin objętych działaniem programu.

System Osłony Przeciwośuwiskowej SOPO – geneza i najważniejsze zapisy

Ostatnie dziesięciolecie charakteryzuje się wyjątkową aktywnością struktur nauki, zmierzających do międzynarodowej koordynacji wysiłków na rzecz lepszego poznania mechanizmów powstawania i możliwości zapobiegania lub ograniczenia skutków masowych ruchów powierzchniowych.

Do takich działań można z pewnością zaliczyć:

- powstanie w styczniu 2002 r. ICL – *International Consortium of Landslides* (Sassa, 2004),
- rozpoczęcie wydawania periodyku naukowego *Landslides*, poświęconego zagadnieniom osuwisk, jako rezultatu projektu IPL-C100 ICL i wspólnej inicjatywy ICL i UN (Sassa et al., 2009),
- zorganizowanie I Światowego Forum Osuwisk, w 2008 r. przez University UN Tokio (Bednarczyk, 2008),

- podjęcie inicjatywy zorganizowania II Światowego Forum Osuwisk, w 2011 r. w Rzymie (Heino et al., 2009),
- zorganizowanie w 2004 r. w Tesselonikach i w 2008 r. w Pekinie międzynarodowych konferencji związanych z problemami stabilności stoków (<http://icgbe2.cirad.fr>),
- podjęcie inicjatywy zorganizowania w 2010 r. w Iranie nowej międzynarodowej struktury LANDCON, ukierunkowanej na rozwiązywanie problemów inżynierii systemów glebowo-korzeniowych (<http://www.landcon-ir.com/index.htm>),
- uruchomienie procesu powstawania krajowych baz danych o osuwiskach krajów europejskich (Trigila et al., 2008; Foster et al., 2008; Bednarczyk, 2008).

System Osłony Przeciwoosuwiskowej SOPO można zaliczyć do ostatniej z wymienionych wyżej grup działań. W latach 1997, 2000 i 2001 zaobserwowano intensyfikację ruchów masowych, co było impulsem do wprowadzenia zmian w regulacjach prawnych ukierunkowanych na minimalizowanie przyszłych strat. System krajowych aktów prawnych obliuguje do uwzględnienia informacji o ruchach masowych w procesie zagospodarowania przestrzennego, przeciwdziałania degradacji gleb oraz wskazuje starostów jako odpowiedzialnych za prowadzenie rejestru terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi i terenów, na których występują te zjawiska.

Podstawowym aktem prawnym, uruchamiającym proces opracowania jednolitych zasad tworzenia map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi oraz monitoringu tych zjawisk, było Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Rozporządzenie, 2007). Rozporządzenie określa sposób ustalania rejestru terenów zagrożonych ruchami masowymi, metody, zakres i częstotliwość prowadzenia obserwacji. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG–PIB) podejmuje realizację dużego Projektu SOPO, który z założenia ma wspomóc starostów w wypełnianiu obowiązków skutecznego zarządzania ryzykiem osuwiskowym i dostarczyć informacji dla efektywnej edukacji społeczeństwa o zagrożeniach związanych z ruchami masowymi. W trakcie realizacji projektu „System Osłony Przeciwoosuwiskowej SOPO” została opracowana „Instrukcja opracowania mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000” wraz z załącznikiem w postaci instrukcji użytkownika baz danych, poziomu użytkownika edycyjnego. Obydwa dokumenty stanowią kompendium wiedzy w zakresie terminów i pojęć związanych z procesami osuwiskowymi i spełniają funkcję poradnika dla jednostek administracji samorządowej, które, jak wspomniano, są zobowiązane do prowadzenia rejestru terenów zagrożonych ruchami masowymi.

Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi (MOTZ) jest opracowywana na podkładach kartograficznych w układzie współrzędnych 1992. Baza danych SOPO obejmuje oprócz MOTZ, stanowiących jej zasoby graficzne, również zasoby atrybutowe obejmujące szczegółową charakterystykę osuwisk. W skład zasobów atrybutowych wchodzi między innymi karta rejestracyjna osuwiska (KRO) oraz karta KRTZ podająca charakterystykę terenu zagrożonego ruchami masowymi.

Baza danych SOPO jest sporządzana w ramach zadań państwowej służby geologicznej w dziedzinie kartografii geologicznej. Została ona uruchomiona na serwerze Centralnej Bazy Danych Geologicznych w PIG-PIB oraz udostępniona wszystkim użytkownikom poprzez przeglądarkę internetową. Użytkownicy bazy danych SOPO mogą przeglądać i wyszukiwać dane atrybutowe (karty rejestracyjne) i przestrzenne (MOTZ) oraz mają możliwość drukowania tych danych. Aplikacja obsługująca bazę danych SOPO umożliwia wprowadzenie i edycję danych, realizację zapytań oraz generowanie raportów i map.

W §21 ww. Instrukcji zapisano nakaz rozpoznania wszystkich istniejących osuwisk, w tym osuwisk występujących na terenach leśnych. Ważnym zapisem jest tekst § 62 pkt 1, który bezpośrednio obliguje administrację Lasów Państwowych przy aktualizacji MOTZ do lokalizacji na terenach leśnych miejsc masowych ruchów powierzchniowych, cyt.: *Informacja o powstaniu nowego osuwiska lub uaktywnieniu się osuwiska istniejącego może zostać zgłoszona przez dowolną osobę do jednostki administracji terenowej – urzędu gminy lub starostwa powiatowego.*

Tekst § 62 pkt. 1 pośrednio formułuje potrzebę wprowadzenia elementów baz danych SOPO do Systemu Informatycznego Lasów Państwowych. Za podstawową wartość danych SOPO można uznać fakt, że specyficzna informacja o lasach dotycząca lokalizacji geograficznej, zasięgu i charakterystyki obszarów wykazujących cechy powierzchniowych ruchów masowych jest kompetentną, opartą na wiedzy geologicznej informacją przestrzenną, dotychczas niedostępną dla Systemu Informatycznego Lasów Państwowych.

Identyfikacja terenowa elementów baz danych SOPO na obszarach leśnych osuwisk

W celu uzyskania wiedzy, jakie informacje o cechach ekosystemów leśnych można uzyskać z baz danych SOPO, przeprowadzono pilotażowe badania empiryczne na osuwiskach leśnych zainwentaryzowanych na obszarze gminy Strzyżów, w województwie podkarpackim.

Do badań empirycznych wybrano kompleks osuwisk leśnych, położony na terenie pasma górskiego Brzeżanka, które terytorialnie leży w zasięgu Czarnorzecko-Strzyżowskiego Parku Krajobrazowego, w strefie granicznej nadleśnictw Strzyżów i Kołaczyce.

Do obserwacji terenowej wybrano osuwiska o numerach identyfikacyjnych SOPO: 1819045-151, 1819045-183, 1819045-538 i 1819045-550. Szczegółowy opis analizowanych osuwisk dostępny jest na stronie internetowej pod adresem <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO>.

Analizę stanu osuwisk prowadzono w sierpniu 2010 r. Podczas terenowego oglądu zwracano przede wszystkim uwagę na elementy rzeźby wewnątrzosuwiskowej, występowanie charakterystycznych dla obszaru osuwisk form związanych z warunkami hydrologicznymi oraz na cechy powierzchni osuwiska, wskazujące na stopień jego aktywności.

MOTZ okazała się dobrym źródłem informacji o strefie, w której występowała skarpa główna. Znacznie trudniejsza i niepewna była identyfikacja boków osuwiska.

Stwierdzono dużą zmienność rzeźby wewnątrz osuwiska. Głęboko wcinające się w kolum wium cieków powodują powstawanie wewnętrznego podziału osuwiska. Na stromych stokach wąwozów występowały „fajkowate” formy drzew, wskazujące na procesy spelzwywania gruntu.

Skomplikowane przestrzennie są strefy wysięków wód gruntowych. W ich obrębie często występują luki w pokryciu drzewostanem oraz pochylone i wywrócone drzewa. Na mało zróżnicowanych wysokościowo, podmokłych fragmentach osuwiska spadek stabilności mechanicznej drzewostanu można tłumaczyć przede wszystkim zmianami własności fizycznych nasyconego wodą gruntu, włącznie z prawdopodobnym powstawaniem zjawisk jego upłynnienia (Snieder et al., 2004, <http://www.ce.washington.edu/-liquefaction/html/main.html>).

Na wszystkich analizowanych w terenie osuwiskach stwierdzono przejawy ich aktywności, którą można tłumaczyć wyjątkowo obfitymi opadami w roku 2010. Obserwowano objawy zewnętrzne aktywności osuwisk: powstanie świeżych skarp wtórnych, występowa-

nie silnych spękań i szczelin gruntu, występowanie przewróconych i pochylonych drzew, zaciskanie koryta potoku przez jęzor osuwiska. Drzewa silnie pochylone i przewrócone były sukcesywnie usuwane w trakcie działań gospodarczych w lasach.

Uwagi końcowe i propozycje dalszych badań

Zainteresowanie licznych zespołów badawczych problematyką masowych ruchów powierzchniowych w kraju i za granicą związane jest z obserwowaną zwiększoną częstotliwością występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych (Marty et al., 2009, Dixon, 2008). Wyjątkowo intensywne opady na terenie Polski południowej, jakie wystąpiły w 2010 r., spowodowały uaktywnienie licznych uśpionych i powstanie nowych osuwisk. W tej sytuacji prowadzenia obserwacji przyrodniczych można rozpocząć już w następnym sezonie wegetacyjnym po powstaniu osuwiska. Stwarza to możliwość zarejestrowania stanu początkowego populacji roślin i zwierząt zaburzonego ekosystemu oraz ocenę tła abiotycznego miejsca, w którym wystąpiło zjawisko osuwiskowe. Różne grupy systematyczne bezkręgowców glebowych i roślin mogą stanowić specyficzne „narzędzia” oceny stanu i procesów w granicach osuwisk leśnych. Można to wykorzystać do opracowania nowych metod powierzchniowego monitoringu aktywności osuwisk, uzupełniających stosowane metody dendrogeomorfologiczne (Van Den Eeckhaut et al., 2009; Stefani, 2004; Garbalińska, 2010).

Czynniki kontrolnymi, determinującymi stabilność zalesionych stoków są lokalne warunki geologiczne, hydrogeologiczne, geomorfologia i szata roślinna. Tworzona przez służby geologiczne w ramach kartowania geologicznego baza SOPO zawiera głównie informacje dotyczące geologii, hydrogeologii i geomorfologii. Roślinność leśna obszaru osuwiska jest marginalnie opisana w karcie rejestracyjnej osuwiska.

Warstwy drzew, krzewów i runa hipotetycznie posiadają związek ze stabilnością stoków przez systemy korzeniowe oraz tworzenie specjalnych warunków retencji i ewapotranspiracji (Danjon et al., 2008; Roering et al., 2003; Hales et al., 2009). Dla potrzeb modelowania wpływu roślinności leśnej na stabilność stoków powinna być ona stosownie scharakteryzowana zarówno dla samego osuwiska, jak i fragmentu zlewni przyległego do osuwiska.

Geomorfologia osuwiska, silnie różnicując przestrzennie teren, przyczynia się do powstania wysokiej mozaikowości fragmentów lasu (Alexandrowicz et al., 2010), w tym do częstego występowania obszarów zabagnionych i małych zlewni zagłębień bezodpływowych (Major, 2010). Powstała w rezultacie procesów osuwiskowych wysoka bioróżnorodność może być przesłanką do ubiegania się dla tych miejsc o specjalny status ochronny (Grzywacz, 2010; Alexandrowicz et al., 2010).

Dotychczasowe działania gospodarki leśnej nie poświęcały zbyt wiele uwagi problemom osuwisk w lasach. Mogą o tym świadczyć jedynie ogólne stwierdzenia zawarte w instrukcjach resortowych o potrzebie uwzględnienia informacji o terenach osuwiskowych.

Jak wspomniano na wstępie, projekt SOPO stawia za cel pełną inwentaryzację terenów zagrożonych ruchami masowymi. Numeryczna baza danych SOPO sukcesywnie rozbudowywana i uaktualniana dla nadleśnictw położonych na fliszu karpackim może być wykorzystana do lepszego poznania związków lasu z mechanizmami generowania ruchów masowych i wykorzystania tej wiedzy w gospodarce leśnej na terenach objętych procesami osuwiskowymi.

Baza danych SOPO (przez program INSPIRE) może być zintegrowana z Systemem Informatycznym Lasów Państwowych (SILP). W ten sposób stworzone byłyby niezbędne przesłanki umożliwiające funkcjonowanie systemu wspomaganie decyzji przestrzennych w zarządzaniu terenami osuwisk w lasach (Wilkinson et al., 2002; Huabin et al., 2005; Kamiński, 2007; Van Westen, 2004; Neuhauser et al., 2007). Nieregularna, o dużej zmienności przestrzennej rzeźba terenu osuwiska wymaga jednak szczególnego opracowania przy tworzeniu modeli numerycznych terenu, o dokładności niezbędnej do oceny stabilności stoków (McKean, Roering, 2004).

System obejmowałby swym zasięgiem wybrane fragmenty obszarów nadleśnictw karpackich, na obszarze których właściwości fliszu karpackiego wskazują na wysokie prawdopodobieństwo powstawania masowych ruchów zalesionych stoków. W zakresie inwentaryzacji i monitorowania obszarów aktywnych i uśpionych osuwisk leśnych oraz w zakresie gospodarki leśnej docelowe zadania systemu byłyby ukierunkowane na:

- tworzenie i uaktualnianie warstw leśnej mapy numerycznej o osuwiskach na podstawie informacji przestrzennej już zgromadzonej i przewidywanej do zgromadzenia w projekcie SOPO oraz dodatkowych inwentaryzacji terenowych, wyselekcjonowanych z punktu widzenia potrzeb gospodarki leśnej,
- wykorzystanie informacji przestrzennych, w tym szczególnie danych lotniczego skaningu laserowego, do tworzenia numerycznych modeli terenu osuwiska o dokładności niezbędnej dla modeli prognostycznych stabilności stoków,
- wykorzystanie numerycznych modeli terenu i drzewostanu oraz warstw liniowych leśnej mapy numerycznej w symulacjach i prognozach skutków gospodarki leśnej i naturalnych procesów erozyjnych na stabilność stoków,
- wspomaganie prac projektowych w zakresie inżynierii leśnej, w kierunku ograniczenia lub eliminacji rozwiązań zagrażających obniżaniu stabilności stoków,
- stymulowanie systemu kontroli stanu zdrowotnego i sanitarnego lasu na obszarach osuwiskowych,
- ocenę zasadności prac z zakresu hodowli i użytkowania lasu z punktu widzenia przepisów prawa, nakazujących specjalne działania gospodarcze na obszarach masowych ruchów ziemi,
- dostarczanie informacji do oceny wpływu planu urządzania lasu na środowisko,
- analizy zmiany położenia punktów granicznych Lasów Państwowych na skutek procesów osuwiskowych.

Większość z wymienionych wyżej docelowych zadań systemu można traktować jako odrębne problemy badawcze.

Literatura

- Alexandrowicz Z., Margielewski W., 2010: Impact of mass movements on geo- and biodiversity in the Polish Outer (Flysch) Carpathians. *Geomorphology* (in print).
- Bednarczyk Z., 2008: Landslide geotechnical monitoring for mitigation measures in chosen location inside the SOPO Landslide Counteraction Framework Project, the Carpatian Mountains, Poland. The First World Landslide Forum, Tokyo, 75-78.
- Brooks S.M., 2003: Slope and slope processes: research over the past decade. *Progress in Physical Geography* 27,1: 130-141.
- Danjon F., Barker D.H., Drexhage M., Stokes A., 2008: Using three-dimensional plant root architecture in models of shallow-slope stability. *Annals of Botany* 101: 1281-1293.
- Dixon N., 2008: Climate change and slope stability forecasting in the UK – an overview of research needs. The First World Landslide Forum, Tokyo, 154-158.

- Foster C., Gibson A., Wildman G., 2008: The First World Landslide Forum, Tokyo, 430-433.
- Garbalińska P., 2010: Reakcja biegaczowatych (*Coleoptera*, *Carabidae*) na zaburzenia drzewostanów sosnowych Puszczy Piskiej przez huragan w 2002 r. Rozprawa doktorska. Wydział Leśny SGGW.
- Grzywacz A., 2010: Problemy ochrony zasobów leśnej przyrody. [W:] Ochrona lasów wyzwaniem cywilizacyjnym XXI wieku. Wydawnictwo SGGW. 66-76.
- Hales T.C., Ford C.R., Hwang T., Vose J.M., Band L.E., 2009: Topographic and ecologic controls on root reinforcement. *Journal of Geographical Research*, vol.114: 1-17.
- Heino J., Hofer T., 2009: Welcome message to the Second World Landslide Forum. *Landslides* (6): 273-274.
- Huabin W., Gangjun L., Weiya X., Gonghui W., 2005: GIS-based landslide hazard assessment: an overview. *Progress in Physical Geography* (29): 548-567.
- Kamiński M., 2006: Analiza GIS osuwisk dla wybranego obszaru Pogórza Dynowskiego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol.16. 279-287.
- Kamiński M., 2007: Mapa podatności osuwiskowej – stadium z rejonu Jodłówki (Pogórze Dynowskie). *Przegląd Geologiczny* (55), nr 9: 779-784.
- Major M., 2010: Możliwości zastosowania teorii funkcjonowania geosystemu do badań obszarów bezodpływowych. *Przegląd Geograficzny* t.82, z.1, 103-113.
- Marty Ch., Philips M., Lehning M., Wilhelm Ch., Bauder A., 2009: Klimaänderungen und Naturgefahren in Graubünden. *Schweizerische Zeitschrift fuer Forstwesen* 160, 7, 201-209.
- McKean J., Roering J., 2004: Objective landslide detection and surface morphology mapping using high-resolution airborne laser altimetry. *Geomorphology* (57): 331-351.
- Neuhauser B., Papatoma M., Ratzinger K., 2007: Application: Geo-information systems(GIS) and multi-criteria assessment of landslide susceptibility applied on the Swabian Juraswabian Jura, Germany. LES-SLOSS – Risk mitigation for earthquakes and Landslides. LESSLOSS Report No 2007/01:155-161.
- Nowosad A., Mazur A., 2010: Różnorodność gatunkowa chrząszczy kusakowatych (*Coleoptera*, *Staphylinidae*) w ekosystemach leśnych i ich ochrona. [W:] Ochrona lasów wyzwaniem cywilizacyjnym XXI wieku. Wydawnictwo SGGW. 77-100.
- Państwowy Instytut Geologiczny 2008: Instrukcja opracowania mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000.
- Roering J.J., Schmidt K.M., Stock J.D., Dietrich W.E., Montgomery D.R., 2003: Shallow landsliding, root reinforcement and the spatial distribution of trees in the Oregon Coast Range. *Canadian Geotechnical Journal* 40: 237-253.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Dz.U. 2007 Nr 121 poz. 840).
- Sassa K., 2004: The International Consortium on Landslides. *Landslides* (1): 91-94.
- Sassa K., Tsuchiya S., Ugai K., Wakai A., Uchimura T., 2009: Landslides: a review of achievements in the first 5 years (2004-2009). *Landslides* (6): 275-286.
- Snieder R., Beukel A., 2004: The liquefaction cycle and the role of drainage. Springer-Verlag. *Granular Matter* (6): 1-9.
- Stefanini M.C., 2004: Spatio-temporal analysis of a complex landslide in the Northern Apennines (Italy) by means of dendrochronology. *Geomorphology* (63): 191-202.
- Trigila A., Iadanza C., Spizzichino D., 2008: IFFI Project (Italian Landslide Inventory) and risk assessment. The First World Landslide Forum, Tokyo, 457-460.
- Wilkinson P.L., Anderson M.G., Lloyd D.M., Renard J-P., 2002: Landslide hazard and bioengineering: towards providing improved decision support through integrated numerical model development. *Environmental Modelling and Software* (1&): 333-344.
- Van Den Eeckhaut M., Muys B., Van Loy K., Poesen J., Beeckman H., 2009: Evidence for repeated re-activation of old landslides under forest. *Earth Surface Processes and Landforms* (34): 352-365.
- Van Westen C., 2004: Use of spatial information for landslide hazard and risk assessment. ITC.
<http://www.ce.washington.edu/-liquefaction/html/main.html>
<http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO>
<http://icgbe2.cirad.fr>
<http://www.landcon-ir.com/index.htm>

Abstract

A map of slope instability is an important element for forest management on Polish Flysch Carpathian, which are prone to mass movements. The SOPO Landslide Counteraction Framework Project may create maps and data base for existed dormant and active landslides, located both on non-forested and forested areas. The hypothesis has been formulated that the SOPO database may be used for forestry purposes.

On the territory of Czarnorzecko-Strzyżowski Landscape Park (south-eastern Poland) four landslides described in the SOPO database as dormant forest landslides were selected and the field investigations were conducted. The investigation proved that the SOPO database contained information about the landslide morphology and hydrogeology which could be useful for forestry. All field landslides analyzed had new activity features, most probably triggered by 2010 seasonal rainy weather.

Practical and scientific consequences of the integration of SOPO databases with digital forest maps were discussed and the framework of the spatial decision support system for forest management on the forested landslide was proposed.

prof. dr hab. Jerzy Mozgawa
Jerzy.Mozgawa@wl.sggw.pl
tel. +48 22 593 82 21

mgr inż. Łukasz Kwaśny
kwasny@wl.sggw.pl
tel. +48 22 593 82 16