

**Piotr Krzyk, Magdalena Maślanka,
Łukasz Kotuła**

**Problematyka osuwisk w planowaniu
przestrzennym**

Problemy Rozwoju Miast 7/4, 68-93

2010

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach
dozwolonego użytku.

Piotr Krzyk
Magdalena Maślanka
Łukasz Kotuła

PROBLEMATYKA OSUWISK W PLANOWANIU PRZESTRZENNYM

Abstrakt. W artykule przedstawiona została aktualna, szczególnie po ostatnich ekstremalnych zdarzeniach w Karpatach, problematyka zagrożeń ze strony osuwisk. Omówiono mechanizm i genezę osuwania się mas ziemnych. Na obszarach badań (4 gminy z Małopolski i Podkarpacia) obszernie zilustrowano je na mapach, schematach oraz fotografiach.

Uwzględniono potrzebę oceny warunków przyrodniczych do celów planowania przestrzennego, jak również rolę informacji geologicznej w ocenie zagrożeń geośrodowiskowych, jakimi są powierzchniowe ruchy masowe.

Słowa kluczowe: powierzchniowe ruchy masowe, Karpaty fliszowe, plany miejscowe, informacja geologiczna.

1. Wprowadzenie

W artykule przedstawiono problematykę zagrożenia osuwiskowego w wybranych 4 gminach. Głównym przedmiotem analiz była budowa geologiczna obszarów, decydująca o takim zagrożeniu. Zakres omówionego tematu jest różny na poszczególnych obszarach z uwagi na dostępność materiałów analitycznych dla omawianych gmin, ich zaawansowanie w opracowaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, zasięg przeprowadzonych badań geologicznych i geotechnicznych w związku z programem SOPO (system ochrony przeciwosuwiskowej) czy innymi inwestycjami prowadzonymi w gminach, a wymagającymi szerszego rozpoznania środowiska geologicznego.

Jako obszary badań wytypowano gminy: Krasne k. Rzeszowa (woj. podkarpackie), Strzyżów (woj. podkarpackie), Ochotnica Dolna (woj. małopolskie) oraz Wieliczka (woj. małopolskie). We wszystkich wymienionych gminach istotnym problemem w planowaniu miejscowym jest występowanie osuwisk. Gminy te położone są w obrębie polskich Karpat fliszowych, na obszarze różnych jednostek morfostrukturalnych, związanych z budową geologiczną (ryc. 1, 4).

Zaprezentowane obszary charakteryzują się ponadto zróżnicowaniem pod względem zaawansowania prac planistycznych. Prawie w całości opracowano miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego dla Ochotnicy Dolnej i Wieliczki (obecnie trwają prace nad aktualizacją planów). Gmina Strzyżów ma aktualne plany dla 33% obszaru, aktualne plany ma tylko ok. 2% powierzchni gminy Krasne.

Osuwiska są istotnym czynnikiem ograniczającym sposób zagospodarowania terenu, dlatego też ważne jest rozpoznanie zasięgu i rozmieszczenia obszarów osuwiskowych na danym terenie. Ze względu na aktywność osuwiska dzieli się na:

- aktywne (kolejne przemieszczenia gruntu są rejestrowane w skali jednego roku),
- mało aktywne (uaktywniające się co kilka lat),
- nieaktywne (formy zmarłe lub ustabilizowane sztucznie).

Ze względu na wielkość osuwiska dzieli się na:

- duże (powierzchnia powyżej 3000 m²),
- średnie (powierzchnia 1000-3000 m²),
- małe (powierzchnia mniejsza od 1000 m²).

Podstawowym czynnikiem wpływającym na możliwość powstawania osuwisk jest ukształtowanie powierzchni (głównie stoki obszarów podgórskich i górskich), budowa geologiczna obszaru, w tym występowanie naprzemianległych warstw skalnych o różnym stopniu podatności na działanie wody i wytrzymałości mechanicznej, jak np. flisz karpacki (ryc. 2), w szczególności nachylonych zgodnie z kierunkiem spadku.



Ryc. 2. Odsłonięte skały fliszowe na brzegu Wisły na terenie miasta Wisła (fot. P. Krzyk)

W Polsce osuwiska występują na obszarze polskich Karpat fliszowych, rzadziej w Sudetach, a ponadto w pasie wyżyn i w pasie wybrzeży. Karpaty fliszowe są największym obszarem osuwiskowym w Polsce. Na obszarze 6% powierzchni kraju, jaką stanowią polskie Karpaty, występuje ponad 95% wszystkich osuwisk (ryc. 1). Jest to niebagatelna liczba, określana na ok. 20 000 [Rączkowski 2007]. Główną przyczyną współczesnych ruchów masowych jest nadmierne nasiąknięcie mas skalnych i zwiędlinowych wodą opadową, podcięcie zboczy dolin przez rzekę oraz wzrost obciążenia stoków przez wkraczanie na nie ciężkiej zabudowy.

Na lokalizację osuwisk duży wpływ ma rozmieszczenie jednostek fliszowych [Kotarba 1986]. Na podstawie licznych badań nad rozmieszczeniem osuwisk w Beskidach [Kotarba 1986, Ziętara 2006] zauważa się większe zagęszczenie osuwisk w obrębie fliszu z większym udziałem pakietów łupkowych oraz w obrębie stref zróżnicowanych litologicznie.

Oprócz uwarunkowań litologicznych powstawaniu osuwisk sprzyja ukształtowanie terenu. Pewne formy terenu sprzyjają rozwojowi osuwisk, niektóre zaś są odporne na ich

powstawanie. Intensywne ruchy masowe zachodzą na stokach o nachyleniu powyżej 15°. Osuwiska stokowe powstają bardzo licznie na załomach wklęsłych stoków, w strefie kontaktu stromych odcinków stokowych z mniej nachylonymi odcinkami podnóży [Ziętara 2006]. Formami odpornymi na powstawanie osuwisk są grzbiety, które z reguły zbudowane są z najbardziej odpornych warstw skalnych. Osuwiska są rzadko spotykane na stokach o nachyleniu mniejszym niż 15°. Są to jedynie płytkie, niewielkie osuwiska oraz zerwy powstałe przy krawędziach erozyjnych [Kotarba 1986].

Powszechnym zjawiskiem są osuwiska powstałe w wyniku podcięcia zboczy przez rzekę. Miejscami szczególnie podatnymi na ich powstawanie są leje źródłowe. Główną przyczyną powstawania osuwisk w tych miejscach jest erozja wsteczna potoków, która powoduje zaburzenie równowagi na stokach [Kotarba 1986]. Osuwiska powstają również w wyniku działania erozji bocznej, która powoduje zwiększenie kąta nachylenia stoku. Stok zmniejsza swoją stabilność w wyniku powstania szeregu spękań i szczelin oraz znacznego naprężenia statycznego. Mimo że osuwiska powstałe w ten sposób występują w częściach przydolinnych i uruchamiane są tam niezbyt duże masy, to szkody gospodarcze, jakie powodują, są ogromne ze względu na wykorzystanie tych terenów do celów gospodarczych [Margielewski 2000].

Ruchy masowe często zapoczątkowane są przez przekroczenie wartości progowych wytrzymałości skał i gruntów w wyniku ulewnych lub rozlewnych opadów a także gwałtownych roztopów. Procesy takie cechują się dużą zdolnością morfotwórczą. Według Starkla [1990] długotrwałe opady rzędu 100-300 mm o natężeniu 0,05-0,20 mm/min. mogą doprowadzić do upłynnienia pokryw. Niejednokrotnie procesy te są przyspieszane przez działalność gospodarczą człowieka [Gorczyca 2004, Bajgier-Kowalska 2006]. Wraz z rozwojem gospodarczym problem wpływu człowieka na uruchamianie procesów osuwiskowych jest coraz większy, czego dowodem są podawane przez Bajgier-Kowalską [2006] przykłady z nowo zagospodarowanych terenów Kalifornii, Pensylwanii i Słowacji. Z przeprowadzonych tam badań wynika, że 90% wszystkich osuwisk jest pochodzenia antropogenicznego. Na ich powstawanie mają wpływ grawitacyjne przemieszczenia mas gruntowych i skalnych wzdłuż powierzchni poślizgu, w wyniku czego dochodzi do przekroczenia granicznej wytrzymałości na ścinanie górotworu.

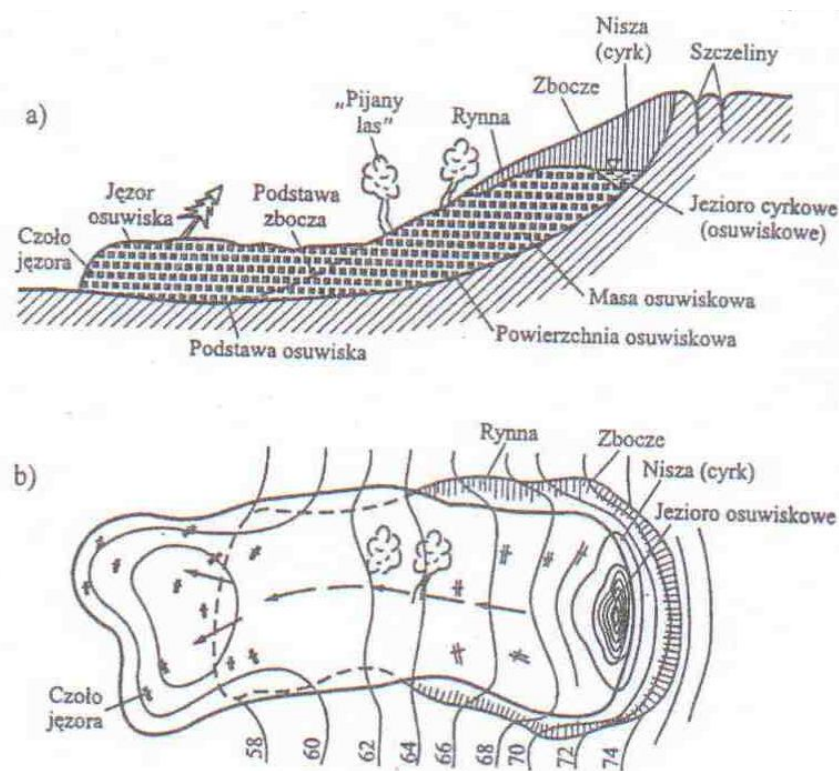
W ostatnich latach, szczególnie 1996-2004, w związku z nasileniem ekstremalnych opadów atmosferycznych, aktywność procesów osuwiskowych była duża. Stwarzało to zagrożenia i straty w infrastrukturze komunikacyjnej i osadniczej.

Procesy osuwiskowe przyczyniają się do łagodzenia stoków w wyższych partiach gór, stwarzając spłaszczenia, miejsca dogodniejsze pod działalność człowieka. Takie miejsca w porównaniu z otaczającymi je stromymi stokami były bardzo atrakcyjne pod zabudowę w okresie gospodarki pastersko-rolniczej. Zabudowania powstające w tym okresie były drewniane, nie stanowiły większego obciążenia mas koluwalnych. W późniejszych czasach budownictwo drewniane zostało zastąpione ciężką zabudową z cegły, o głębszych fundamentach, która obciąża stoki osuwiskowe, co przy przesyleniu gruntu wodą powoduje przekroczenie wartości progowych stabilności stoku [Bajgier-Kowalska 2006]. Tereny osuwiskowe są nie tylko obciążane przez zabudowę, ale również podcinane przez

prowadzenie ciągów komunikacyjnych. Podcięcie stoków osuwiskowych powoduje przekroczenie wartości kąta naturalnego spoczynku skał budujących stok, a tym samym większą podatność na wietrzenie i osuwanie [Bajgier-Kowalska 2004-2005].

Generalnie przyczyn powstawania ruchów osuwiskowych jest wiele. Wynikają one przede wszystkim z warunków środowiskowych danego terenu (budowa geologiczna, czynniki atmosferyczne), jak również z czynników antropogenicznych – przede wszystkim sposobu i intensywności zagospodarowania terenu. Podstawowymi przyczynami występowania osuwisk są:

- niekorzystny upad warstw gruntu (kąąt zawarty między powierzchnią warstwy a płaszczyzną poziomą) lub kierunek spękań skał zgodny z kierunkiem nachylenia zbocza,
- podmycie lub podkopanie zbocza,
- obciążenie zbocza lub terenu nad nim przez budowle i składy materiałów,
- wypełnienie wodą szczelin lub spękań ponad zboczem,
- wypór wody i ciśnienie spływowe w masie gruntowej zbocza, powstające na skutek nagłego obniżenia się poziomu wody powierzchniowej (np. zapory i obwałowania),



Ryc. 3. Schemat morfologii osuwiska [Jeż 2001]

- napór wody od dołu na górne warstwy mało przepuszczalne, powodujące zmniejszenie sił oporu na ścinanie,
- nasiąknięcie gruntu wodą na skutek opadów atmosferycznych (szczególnie katastrofalnych opadów deszczu) lub topnienia śniegu, powodujących pęcznienie, a tym samym zmniejszenie sił tarcia i spójności gruntu,
- wietrzenie i rozluźnienie gruntów, a więc niszczenie ich struktury,

- istnienie wygładzonych powierzchni poślizgu na terenach starych osuwisk (np. w iłach i łożkach),
- sufozja, tj. wynoszenie z masy gruntu drobniejszych cząstek przez infiltrującą wodę, powodujące powstawanie kawern,
- przemarzanie i odmarzanie gruntu, powodujące zmianę jego struktury i wytrzymałości na ścinanie,
- wypieranie gruntu, np. po odsłonięciu w wykopie gruntów plastycznych może nastąpić ich wyparcie przez nacisk warstw nadkładu i spowodować osuwisko skarpy,
- niewłaściwe zaprojektowanie nachylenia skarpy wykopu lub nasypu,
- wstrząsy wywołane np. lawiną, wybuchami, trzęsieniami ziemi, tąpnięciami na obszarach górniczych, ruchem komunikacyjnym.

Największe zagrożenie osuwaniem jest wówczas, gdy kilka czynników występuje równocześnie.

Chociaż osuwanie nie powoduje tak wielkiej liczby przypadków śmiertelnych jak inne zjawiska katastrofalne, to przyczynia się jednak do wielu tragedii ludzkich, związanych ze zniszczeniem dorobku życia. Osuwiska są poważnym problemem dla gospodarki. Z tego punktu widzenia szczególnie zagrożone są szlaki komunikacyjne, linie wysokiego napięcia, gazociągi i inne linie przesyłowe. Wzrost aktywności ruchów osuwiskowych w ostatnich latach okazał się szczególnie niebezpieczny dla osiedli i skupisk ludzkich. Na przykład w woj. małopolskim straty wyrządzone przez osuwanie w latach 2000-2001 wyniosły ponad 173 mln zł, w tym 86 mln zł w infrastrukturze drogowej i mostowej. Znaczne straty zanotowano też w mieniu prywatnym. Dla 1671 rodzin wyniosły one 46 mln zł [Poprawa i Rączkowski 2003].

Osuwanie powoduje zniszczenia funkcjonalne i strukturalne: degradację terenu i posadowionych na nim struktur (budynki mieszkalne, sieć drogowa, kanalizacyjna, linie telekomunikacyjne, elektryczne, uprawy rolnicze, lasy), powoduje zatem utrudnienia w należyтым funkcjonowaniu danego obszaru, jest zjawiskiem bardzo uciążliwym dla ludzi. Wielkość utrudnień zależy od poziomu zniszczeń materialnych, liczby ofiar, funkcji wtórnych wynikających z działania całej infrastruktury oraz zdolności społeczeństwa objętego katastrofą do przywrócenia swej aktywności. Szczególnie ważna jest sama świadomość istniejącego zagrożenia i wyciągania wniosków ze zdarzeń mających miejsce w przeszłości. Właściciele posesji często nie wiedzą w ogóle, że mieszkają na obszarze, na którym ruchy osuwiskowe występowały w przeszłości, a nawet o tym, że ich domy posadowione są na formach terenu wytworzonych w wyniku powierzchniowych ruchów masowych.

3. Osuwiska na obszarach badań na tle budowy geologicznej

Gminy Krasne i Strzyżów znajdują się na obszarze Pogórza Strzyżowsko-Dynowskiego. Tektonika w obrębie tej struktury jest skomplikowana. Obserwuje się tu utwory jednostki śląskiej, podśląskiej, skolskiej, półokna tektonicznego Węglówki.

Gmina Ochotnica Dolna położona jest na obszarze Beskidu Sądeckiego. Osuwiska powstają tu na wychodniach skał jednostki magurskiej. Najczęściej występują w warstwach podmagurskich, na ich kontakcie z piaskowcowymi warstwami magurskimi oraz w obrębie

piaskowców i łupków warstw ropienieckich. Przeważają osuwiska strukturalne konsekwentne i asekwentne. Ich rozkład na terenie jednostki jest nierównomierny, obserwuje się koncentrację w zachodniej części jednostki, tj. w Gorcach.

Gmina Wieliczka położona jest w obrębie Pogórza Wielickiego. Osuwiska powstają tu głównie w utworach jednostki podśląskiej, śląskiej i skolskiej. Pierwsza z nich zawiera szczególnie dużo w porównaniu do pozostałych ogniów marglistych i łupkowych. Spotyka się wszystkie typy osuwisk strukturalnych, często występują zsuwy glin zwietrzelinowych po stropie skał fliszowych. Największe nasilenie tych zjawisk obserwuje się w rejonie Dobczyc w dorzeczu Raby oraz na zboczach doliny Dunajca, na północ od Nowego Sącza.

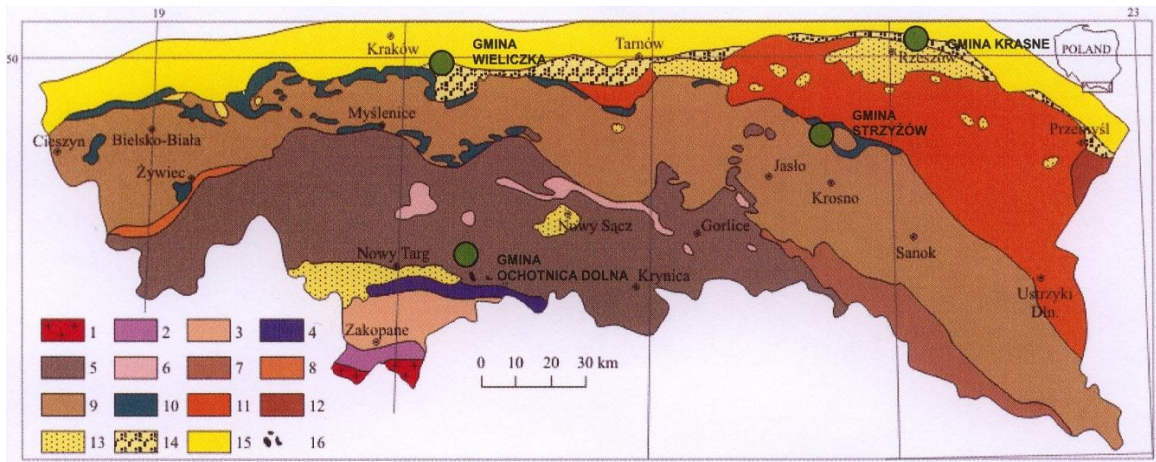
Pod względem liczby występowania osuwisk w Polsce wyróżnia się Pogórze Strzyżowsko-Dynowskie, obejmujące m.in. gminy Strzyżów (Pogórze Strzyżowskie) i Krasne (Pogórze Dynowskie). Tektonika Pogórza Strzyżowsko-Dynowskiego jest skomplikowana. Osuwiskowość jest tu względnie duża (powierzchnia osuwisk wynosi 210 km²), przy czym szereg osuwisk na północ od Krosna należy do największych w Karpatach [Zabuski i in. 1999]. Najslabiej rozpoznane pod kątem występowania osuwisk w polskich Karpatach fliszowych jest Pogórze Dynowskie [Kamiński 2006].

Tabela 1. Gęstość i powierzchnie osuwisk w jednostkach morfostrukturalnych Karpat
[Zabuski 1999]

Grupa	Gęstość osuwisk	Średnia powierzchnia pojedynczego osuwiska	Jednostki morfostrukturalne
I	mała	mała	Bieszczady, Wyżyna Wańkowej, Doły Jasielsko-Sanockie, Działy Orawski i Brama Sieniawska, Beskid Mały
II	mała	duża	Pogórze Strzyżowsko-Dynowskie (gm. Krasne i Strzyżów)
III	duża	mała	Podhale, Pogórze Śląskie, Beskid Sądecki (gm. Ochotnica Dolna)
IV	duża	duża	Beskid Śląski, Żywiecki, Wyspowy, Obniżenie Jabłonowskie, Pogórze Wielickie (gm. Wieliczka)

Pod względem geologicznym obszar **gminy Krasne** położony jest na pograniczu Zapadliska Przedkarpackiego i Karpat fliszowych. Zapadlisko Przedkarpackie stanowi rozległe obniżenie na przedpolu Karpat, wypełnione trzeciorzędowymi szarobrunatnymi ilami mioceńskimi o miąższości przekraczającej 2000 m. Mioceńskie utwory morskie przykrywa warstwa utworów fluwioglacjalnych zlodowacenia krakowskiego, reprezentowanych przez gliny, piaski różnoziarniste i żwiry. Utwory te w stropie przykrywa warstwa utworów lessopodobnych i lokalnie lessów. Karpaty fliszowe, w obrębie których położona jest południowa część gminy Krasne, reprezentowane są przez brzeżne fałdy skibowe, zbudowane z utworów piaskowcowych naprzemianległych z łupkami. Na warstwach tych zalegają utwory deluwialne reprezentowane przez gliny, gliny pylaste, gliny pylaste zwięzłe i pyły. Wśród tych utworów lokalnie występują domieszki rumoszu skalnego. Taka budowa geologiczna sprzyja powstawaniu ruchów osuwiskowych. W obrębie stoków objętych procesami osuwiskowymi występują utwory koluwalne reprezentowane przez gliny, gliny pylaste i zwięzłe.

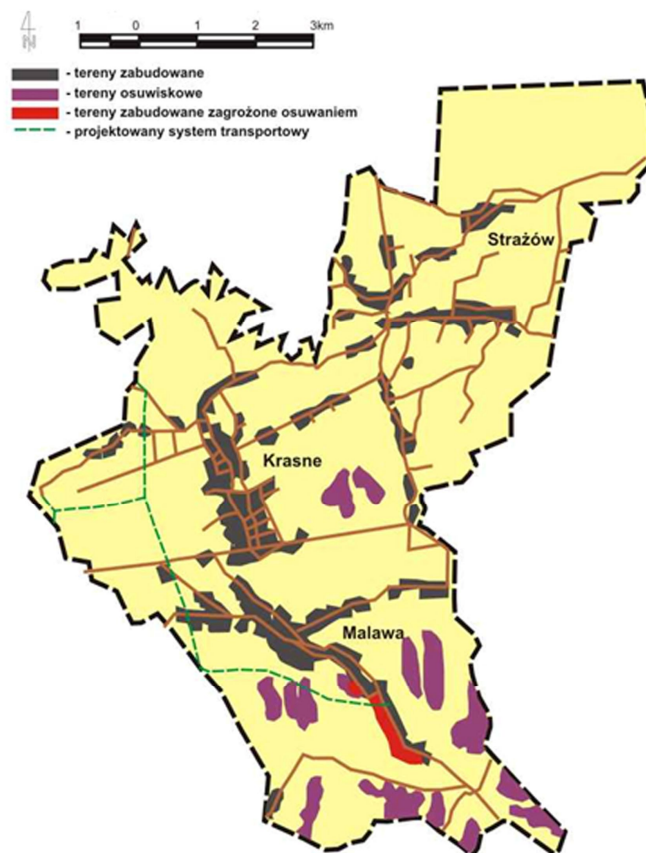
W gminie Krasne około 2% obszarów zabudowanych jest zagrożone osuwiskami (ryc. 5). Występują one, jak już wspomniano, tylko w południowej części gminy we wsi



Ryc. 4. Obszary badawcze na schemacie środkowej części polskich Karpat

1 – skały krystaliczne Tatr, 2 – skały osadowe Tatr, 3 – flisz podhalański, 4 – Pieniński Pas Skałkowy, 5 – jednostka magurska, 6 – jednostka grybowska, 7 – jednostka dukielska, 8 – jednostka przedmagurska, 9 – jednostka śląska, 10 – jednostka podśląska, 11 – jednostka skolska, 12 – jednostka Stebnika – sfałdowane osady miocenu, 13 – miocen wewnątrzkarpacki, 14 – jednostka Zgłobic – sfałdowane osady miocenu, 15 – autochtoniczny miocen Przedgórze Karpat, 16 – andezyty miocenijskie

(Źródło: Instytut Nauk Geologicznych UJ; <http://www.ing.uj.edu.pl/>, zmienione)



Ryc. 5. Osuwiska w gminie Krasne (oprac. P. Krzyk i M. Maślanka)

Malawa (ryc. 6 i 7). Nasilenie powierzchniowych ruchów masowych w ostatnich latach, szczególnie na obszarze fliszu karpackiego, związane jest z ekstremalnymi zjawiskami atmosferycznymi, ale również z niewłaściwie prowadzonymi robotami budowlanymi, w tym



Ryc. 6. Obszar osuwiskowy we wsi Malawa, gm. Krasne. Szkody związane z osuwiskiem spowodowały konieczność stabilizacji i utwardzenia gruzem drogi dojazdowej
(fot. P. Krzyk)

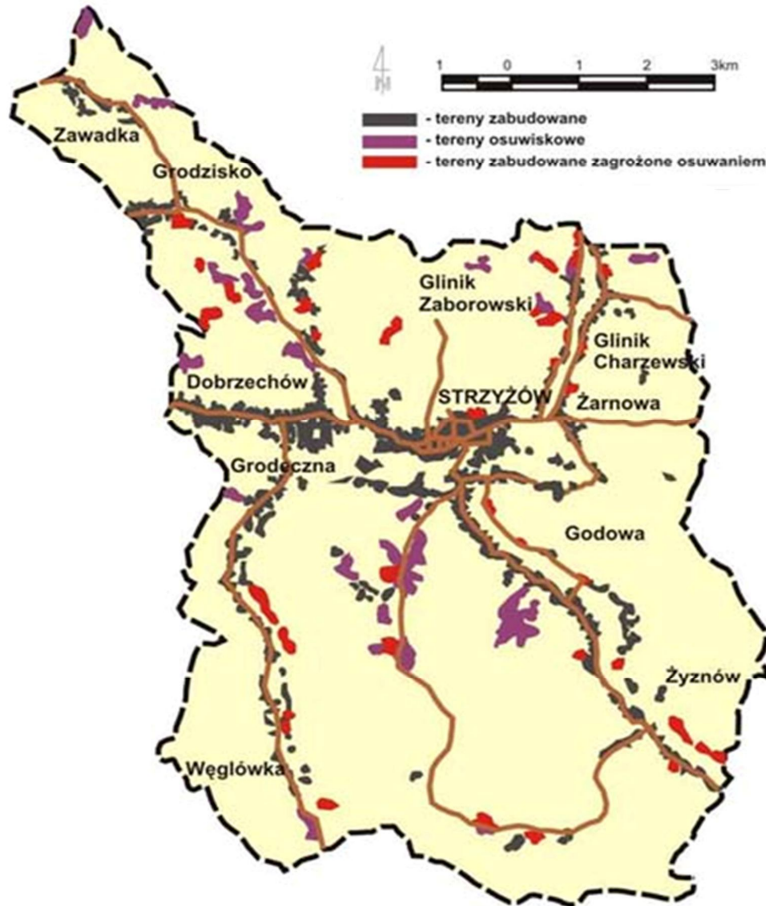


Ryc. 7. „Pijany las” i przesunięta kapliczka jako wynik ruchów osuwiskowych we wsi Malawa, gm. Krasne (fot. P. Krzyk)

szczególnie liniowymi (wodociągi, kanalizacje, drogi), oraz niedostatecznie rozpoznanymi warunkami geologiczno-inżynierskimi podłoża lokalizowanych inwestycji. Z uwagi na brak występowania większych cieków, w gminie Krasne erozja rzeczna nie wpływa na powstawanie powierzchniowych ruchów masowych.

W **gminie Strzyżów** oprócz budowy geologicznej (występowanie skał fliszowych) dodatkowym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu powierzchniowych ruchów masowych jest erozyjna działalność rzek i potoków (ryc. 9), w których dolinach położone są wszystkie

miejsowości. Zagrożonych osuwaniem jest tu ok. 7% terenów zabudowanych. Najbardziej zagrożone powstaniem osuwisk miejscowości w gminie Strzyżów to Żyznów, Wysoka Strzyżowska, Glinik Zaborowski (ryc. 8).

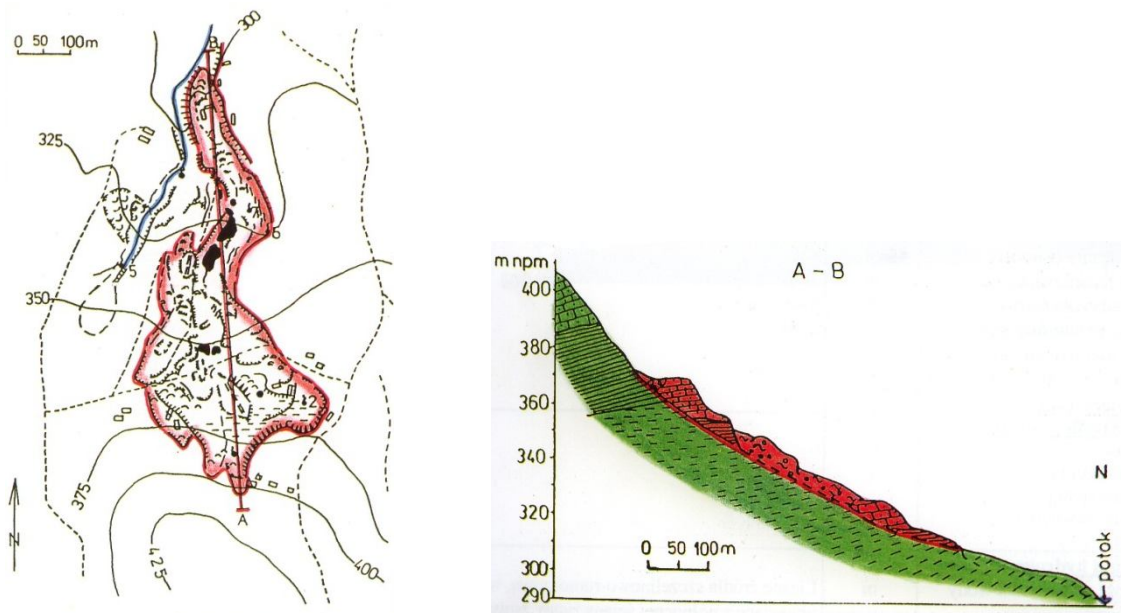


Ryc. 8. Osuwiska w gminie Strzyżów [Ziobrowski i in. 2008, zmienione]

Podłoże geologiczne gminy Strzyżów budują formacje fliszu Karpat Zewnętrznych: kompleksy skał łupkowo-piaskowcowych z domieszką margli i innych utworów, które są silnie pofałdowane, odkute od podłoża i przesunięte ku północy w postaci płaszczowin. Wyróżnia się tutaj jednostkę tektoniczną skolską, obejmującą większość terenu gminy, gdzie występuje obniżenie tektoniczne zwane Depresją Strzyżowską, które wypełniają piaskowce i łupki warstw krośnieńskich górnych. Na północnym wschodzie gminy, w okolicach Glinika Charzewskiego występują piaskowce gruboławicowe oraz łupki, rogowce i margle warstw menilitowych.

Utwory Depresji Strzyżowskiej tworzą liczne fałdy i łuski, które są poprzecinane uskokiemi o kierunku zbliżonym do południkowego. Najwyraźniejszy uskoki przebiega wzdłuż doliny Wisłoka poniżej Strzyżowa. W południowej części gminy, w rejonie Wysokiej Strzyżowskiej i Bonarówki, odsłaniają się utwory jednostki podśląskiej z łupków i margli pstrych oraz śląskiej z łupków wierzchowskich, piaskowców i zlepieńców łgockich, łupków zielonych i pstrych. Z okresu zlodowacenia Wisły pochodzą lessy piaszczyste, występujące

głównie w południowo-wschodniej części gminy, w okolicy Żarnowy, Godowy i Wysokiej Strzyżowskiej oraz na północ od Strzyżowa w pobliżu wsi Tropie. W dnie doliny Wisłoka i jego dopływów występują osady aluwialne reprezentowane przez ropy, piaski i żwiry rzeczne.



Ryc. 9. Osuwisko w Brzeżance, gm. Strzyżów [Bober i in. 1997]

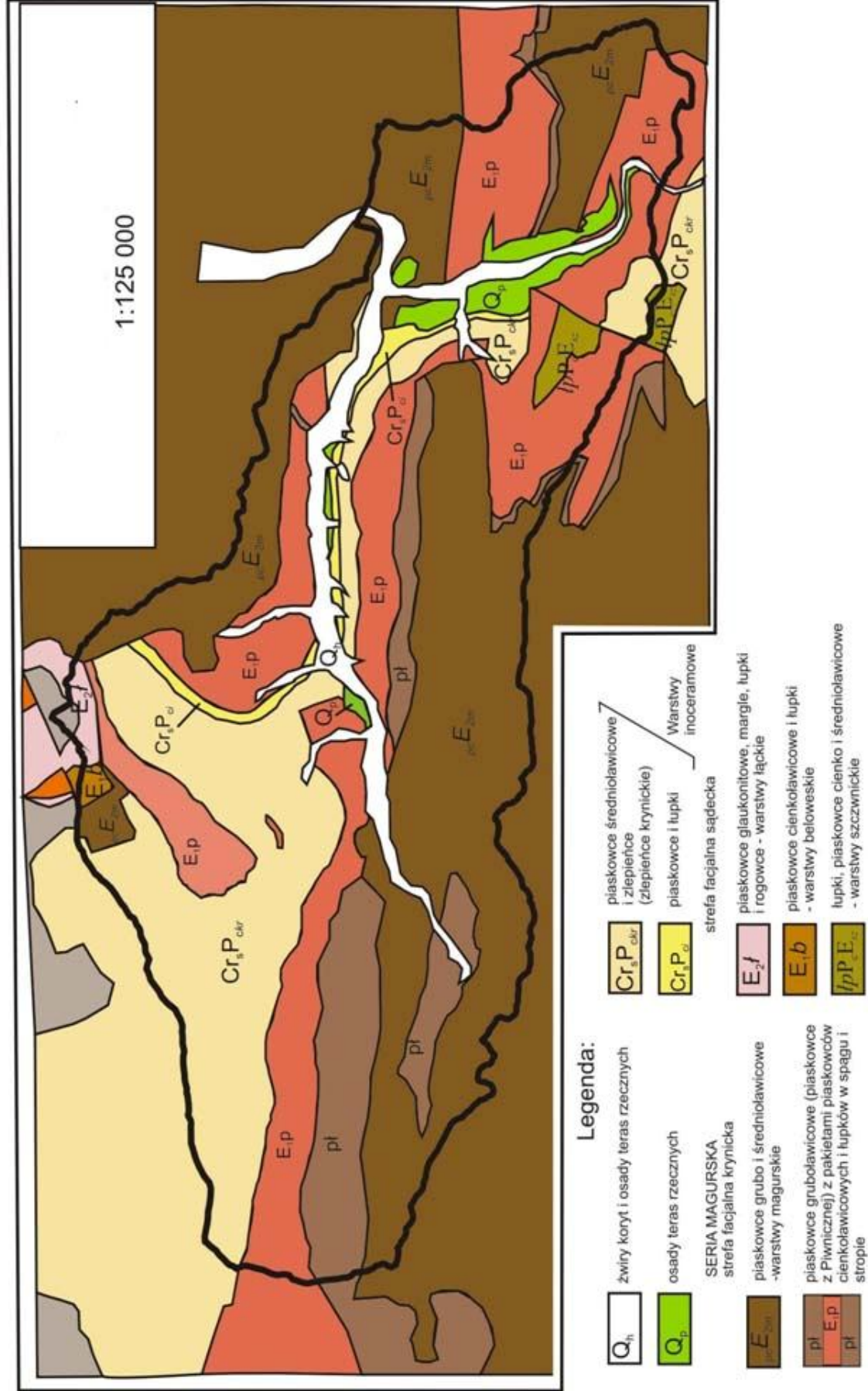
Z budowy geologicznej gminy Strzyżów wynikają następujące uwarunkowania dla zagospodarowania przestrzennego:

- występowanie licznych obszarów osuwiskowych,
- występowanie surowców mineralnych na terenie gminy: piaskowców, łupków bitumicznych, diatomitów, surowców ilastych.

Obszar **gminy Ochotnica Dolna** leży w obrębie dwóch podjednostek płaszczowiny magurskiej. Przeważająca część gminy położona jest w obrębie podjednostki krynickiej, natomiast niewielki obszar na północy gminy, w Masywie Gorca, położony jest w obrębie podjednostki bystrzyckiej. Podział na te podjednostki oparty jest na różnicach w litologiczno-facjalnym rozwoju osadów paleogeńskich płaszczowiny magurskiej [Oszczypko i in. 1990].



Ryc. 10. Odsłonięcie fliszu karpackiego w dolinie Ochotnicy (fot. M. Maślanka)



Ryc. 11. Mapa geologiczna gminy Ochotnica Dolna [Paul 1980, Olczak 2006, zmienione]

Utwory skalne, z których zbudowana jest ta część Karpat Zewnętrznych fliszowych są zróżnicowane – od pakietów z przewagą gruboławicowych piaskowców (ryc. 10) po pakiety łupkowo-piaskowcowe. Do pakietów piaskowcowych zalicza się [Olczak 2006] gruboławicowe piaskowce z Piwnicznej (E_{1p}), warstwy magurskie podjednostki krynickiej, warstwy magurskie podjednostki sądeckiej (E_{2m}). Do pakietów piaskowcowo-łupkowych należą:

- warstwy inoceramowe strefy krynickiej (Cr_sPci , Cr_sPckr),
- cienkoławicowe piaskowce i łupki strefy krynickiej (pf),
- warstwy beloweskie – piaskowce cienkoławicowe i łupki (E_{1b}),
- warstwy łąckie dolne – piaskowce cienkoławicowe, łupki i margle (E_{2f}) (ryc. 11).

Pakiety te są zróżnicowane pod względem odporności. Piaskowce gruboławicowe, które budują szczyty gorcezańskie, są najbardziej odporne spośród wymienionych. Najmniejszą odporność wykazują pakiety zawierające duże ilości margli i łupków.

Podłoże skalne w wielu miejscach odsłania się na powierzchni. W Tylmanowej, przy ujściu Ochotnicy do Dunajca znajduje się kamieniołom (ryc. 12) założony na warstwach magurskich. Odsłaniają się tu zespoły grubo- i cienkoławicowych piaskowców, które przekładane są szarozielonymi łupkami. W południowej części kamieniołomu odsłaniają się osady osuwisk podmorskich [Cieszkowski 2006].



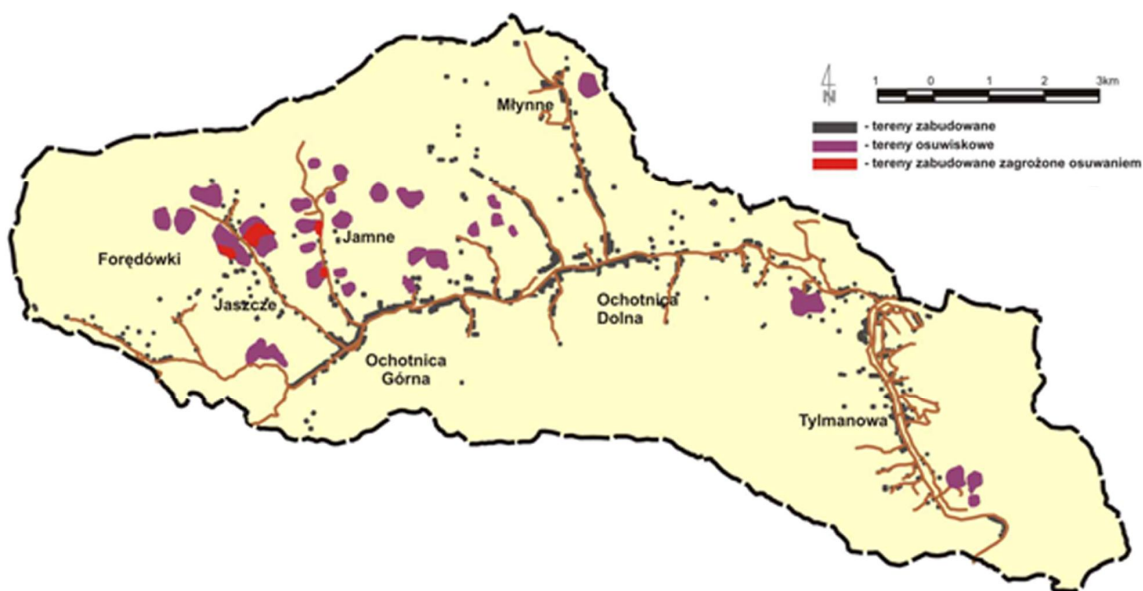
Ryc. 12. Kamieniołom w Tylmanowej (fot. M. Maślanka)

Utwory czwartorzędowe występują na terenie gminy Ochotnica Dolna w postaci osadów rzecznych i stokowych. W dolinach rzecznych gminy znajdują się osady teras rzecznych. Terasy rzeczne doliny Dunajca, najwcześniej rozpoznane tego typu formy w Karpatach, są bardzo dobrze opisane.

Grubość zwietrzliny zależy przede wszystkim od nachylenia terenu oraz od rodzaju podłoża. Najgrubsze pokrywy glin występują na warstwach inoceramowych ze względu na mały udział odpornych na wietrzenie skał o spoiwie krzemionkowym. Na warstwach skał o przewadze łupków również występują grube pokrywy zwietrzliny, jednak ich wychodnie są stosunkowo wąskie w porównaniu z poprzednimi. Najcieńsza pokrywa zwietrzelinowa wytworzyła się na wychodniach odpornych na wietrzenie zlepieńców i piaskowców z wkładkami warstw beloweskich. Skład litologiczny i mechaniczny zwietrzliny zależy od rodzaju skał podłoża. Na obszarze warstw inoceramowych występuje najmniejsza ilość

gruzu i cząstek szkieletowych w zwietrzelinie, tworzącej najbardziej zasadowe środowisko ze względu na dużą zawartość węgla wapnia w skałach.

Warunki geologiczne w gminie Ochotnica Dolna sprzyjają występowaniu licznych osuwisk (ryc. 12, 13). Ze względu na miejsce występowania podzielić je można na zboczowe i dolinne. Wiek osuwisk również jest bardzo zróżnicowany. Najstarsze osuwiska są formami powstałymi wcześniej od rozcinających je teras i z reguły są wtórnie przemodelowane przez procesy denudacyjne. Większość osuwisk porozcinana jest dolinami okresowych potoków. Występują tu również młodsze osuwiska, z reguły płytkie i o niewielkich powierzchniach. Na terenie gminy, na stoku Runka znajdują się jeziora osuwiskowe: Zawadowskie i Iwanowskie. Jeziora takie występują również na polanie Lubań i na polanie Jeziorne, na północno-wschodnim ramieniu Lubania. Jeziora osuwiskowe są okresowe, a w ostatnich latach mają tendencję do zamieniania się w młaki lub do zanikania [Maślanka 2009].



Ryc. 13. Osuwiska w gminie Ochotnica Dolna (oprac. M. Maślanka)

Lokalizacja osuwisk na terenie gminy Ochotnica Dolna wynika z budowy geologicznej. Tereny na północ od doliny Ochotnicy, położone w Masywie Turbacza i Gorca mają złożoną budowę podłoża. Znaczny udział mają tu pakiety piaskowcowo-łupkowe, na których znajduje się większość osuwisk gminy. Po południowej stronie doliny Ochotnicy jest Pasma Lubania o mało zróżnicowanej budowie geologicznej. Większość obszaru budują pakiety piaskowcowe, a tylko stosunkowo niewielki obszar w pobliżu doliny Ochotnicy zbudowany jest z mniej odpornych pakietów piaskowcowo-łupkowych (warstwy inoceramowe). Występują tu nieliczne i małe osuwiska. Na zachód od Dunajca Pasma Radziejowej budują również pakiety piaskowcowe. Znajduje się tu tylko jedno większe osuwisko [Maślanka 2009].

Garby Pogórza Bocheńskiego, w obrębie którego położona jest **gmina Wieliczka**, sfałdowane w wyniku nacisku płaszczowin karpacckich, przykryte są częściowo utworami czwartorzędowymi, w tym w znacznym stopniu lessem. Na zboczach dolin rzecznych występują osuwiska. Dna dolin wypełniają osady holoceni. Na Nizinie Nadwiślańskiej

występują ility mioceńskie, wyścielone osadami czwartorzędowymi – głównie piaskami i iltami zastoiskowymi, glinami zwałowymi i piaskami kemowymi o miąższości sięgającej 20 m. Terasy rzeczne zbudowane są z utworów gliniasto-piaszczysto-żwirowych. Powyżej tarasów holocenijskich wznosi się taras plejstoceński, zbudowany z utworów rzecznych, pokrytych grubą warstwą lessów. Dna dolin zbudowane są ze słabo związanych piaskowców, łupków i iltów, należących do jednostek tektonicznych Karpat fliszowych, sfałdowanych w trzeciorzędzie, nasuniętych w postaci płaszczowin ku północy. Stoki gór i zbocza dolin są wyścielone czwartorzędowymi utworami o grubości od około 2 m w górnych częściach stoków do około 20 m u ich podnóży. Są to przeważnie pokrywy zwietrzelinowe, usypiskowe, osuwiskowo-rzeczne i eoliczne o różnym składzie mineralogicznym. Od ich rozmieszczenia zależą rozmiary holocenijskiej erozji i denudacji na stokach. Warunki geologiczne sprzyjają tu tworzeniu się licznych osuwisk. Główną przyczyną powstawania większości form osuwiskowych na terenie gminy Wieliczka jest wysokie uwodnienie gruntów, zwłaszcza w okresie wiosennych roztopów i letnich intensywnych opadów, oraz erozyjne podcięcia potoków.

Dla gminy Wieliczka Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Karpacki wykonał rejestrację osuwisk i terenów zagrożonych według stanu na koniec czerwca 2008 r. [Wójcik i Dacka 2008]. Wyniki tych prac przedstawione zostały na mapach topograficznych w skali 1:10 000 w granicach administracyjnych, co jest bardzo istotne przy wykorzystaniu tych materiałów na potrzeby planowania przestrzennego. Przeprowadzona w wymienionym opracowaniu rejestracja bazuje na terenowych pracach geologiczno-kartograficznych, obejmujących szczegółowe wyznaczenia granic osuwisk, ich okonturowania oraz określenia stopnia aktywności. Rejestrację wykonano zgodnie z *Instrukcją opracowania mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi* [Grabowski i in. 2008]. Prace polegały na możliwie precyzyjnym wyznaczeniu granic i zaznaczeniu ich na mapie topograficznej w skali 1:10 000. Dla większości osuwisk, zwłaszcza dla osuwisk aktywnych i okresowo aktywnych, wyznaczenie granic nie stanowiło problemu. Zasięg niektórych osuwisk, zwłaszcza starszych, był utrudniony ze względu na zatarcie granic spowodowane działalnością człowieka, głównie przez rolnictwo oraz budownictwo (np. rejon Golkowic), dlatego na tych obszarach wyznaczono granice jako przypuszczalne lub niepewne. Utrudnieniem w precyzyjnym wyznaczeniu zasięgu osuwisk był czas wykonywania rejestracji w okresie bujnego rozwoju roślinności, zwłaszcza na terenach wcześniej intensywnie użytkowanych rolniczo, a obecnie zamienionych w łąki. Możliwa jest niewielka korekta granic na tych terenach w okresach o mniejszej intensywności rozwoju roślinności.

Pod względem geologicznym obszar miasta i gminy Wieliczka położony jest na styku Karpat Zewnętrznych i Zapadliska Przedkarpackiego. To charakterystyczne wyjście z terenu górskiego rodzi wiele naturalnych form rzeźby terenu, zwanych potocznie osuwiskami. Teren Wieliczki charakteryzuje się wyłącznie zsuwami mas ziemi, powstałymi w wyniku przemieszczenia gruntów i skał wzdłuż powierzchni poślizgu.

Obszary osuwisk aktywnych i okresowo aktywnych z uwagi na bezpieczeństwo muszą zostać wyłączone z planowanej zabudowy. W przypadkach koniecznych, dotyczących remontów dróg na tych obszarach lub stwierdzenia zagrożenia dla istniejących budynków,

należy przeprowadzić specjalne badania geologiczno-inżynierskie. Takie badania rozpoczęto w rejonie Sierczy (ryc. 14).

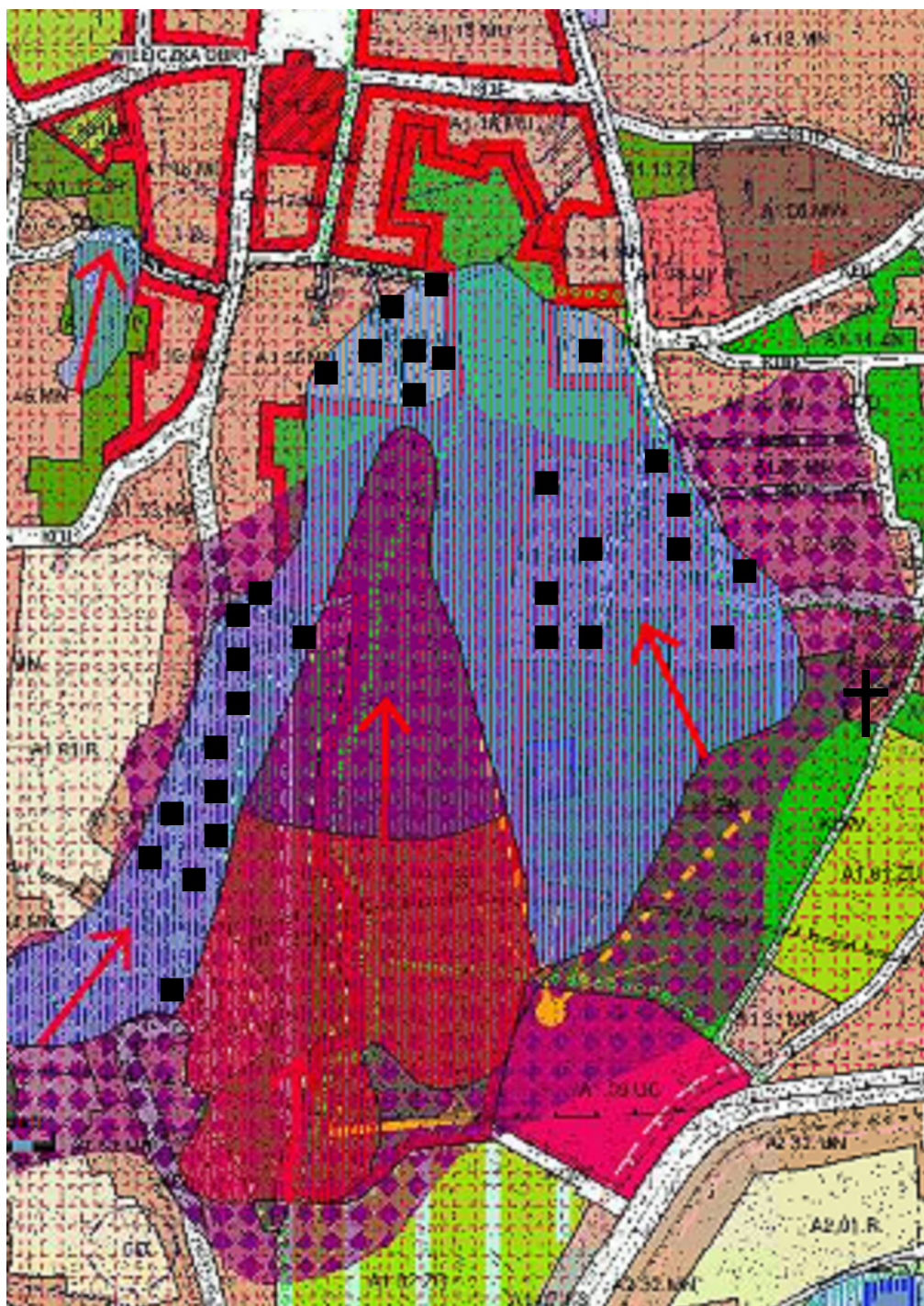


Ryc. 14. Osuwisko w Sierczy, gm. Wieliczka, z widocznym zerwaniem sieci drenarskiej (fot. P. Krzyk)

Północna część gminy Wieliczka znajduje się na terenie zbudowanym z utworów Zapadliska Przedkarpackiego, na które składają się piaski bogucickie i warstwy chodenickie. U czoła nasunięcia znajduje się wąska strefa tzw. miocenu sfałdowanego i dlatego te tereny są aktywne osuwiskowo. Pierwszym obszarem osuwiskowym, charakteryzującym się niskim wskaźnikiem aktywności, są miejsca w północnej części miasta i gminy Wieliczka na terenie Zapadliska Przedkarpackiego. Występują one wzdłuż doliny potoku Zabawka i są nieaktywne lub aktywne okresowo. Większe ich skupienie stwierdzono między Zabawą a Sułkowem i są to osuwiska aktywne.

Niewielkie osuwiska występują na południowych stokach garbu Bogucic. Obecnie nie wykazują aktywności. Największą aktywną strefę osuwiskową stwierdzono przy zachodniej granicy gminy, na terenach zalesionych, w rejonie przysiółka Na Możdżynach. Na obszarze nasunięcia Karpat na zapadlisko przedkarpackie znajduje się strefa największej liczby osuwisk, rozciąga się od Golkowic po Chorągwicę, a także w rejonie Grabówek, Sierczy, Klasna i Kłosowa. Osuwiska te są aktywne i wielokrotnie niszczyły drogę powiatową. Obecnie droga ta została naprawiona, udrożniono i ukierunkowano cieki powierzchniowe, trwa monitoring aktywności. Znajdujące się na północnych stokach Chorągwicy, w rejonie Lednicy Górnej i Mietniowa, osuwiska są duże i złożone. Na południowych stokach znaczne powierzchnie zajmują osuwiska od Golkowic po Sierczę. Golkowice to teren zmieniony w wyniku zabudowy i działalności rolniczej, obecnie nie wykazuje aktywności. W części wschodniej tej miejscowości osuwiska mają jednak świeże nabrzmienia, wskazujące na obecnie lub w niedawnej przeszłości zachodzące ruchy grawitacyjne.

Występujące na południe od doliny Wilgi osuwiska wykazują zaś większe ślady aktywności. Również między Golkowicami a Sygnezowem występują mniejsze osuwiska o różnym stopniu aktywności. Na południe od Sygnezowa zaobserwowano zespół osuwiskowy



Kierunek osuwania



osuwisko aktywne



osuwisko nieaktywne



osuwisko okresowo aktywne



istniejące budynki położone na terenie osuwiska



zabytkowy kościół

Ryc. 15. Osuwisko na Stoku pod Baranem w Wieliczce na planie zagospodarowania przestrzennego gminy Wieliczka w skali 1: 10 000 (oprac. Ł. Kotuła)

z wyraźnymi śladami świeżych przemieszczeń, podobnie jak na osuwisku znajdującym się na zachód od drogi z Wolicy do Sygnezowa. Podobna charakterystyka dotyczy również terenów między Pawlikowicami a Sierczą, o aktywności widocznej w czasie prowadzenia rejestracji [Wójcik i Dacka 2008]. Współcześnie aktywne tereny osuwiskowe zweryfikowano między Podstolicami a Janowicami, w Pawlikowicach, w rejonie Dziekanówki.

Część Gminy Wieliczka położona na południe od Koźmic Wielkich, Dobranowic i Chorągwicy, charakteryzuje się mniejszą ilością osuwisk, a występujące tu osuwiska nie osiągają tak dużych powierzchni jak na północ od Koźmic Wielkich i Chorągwicy. Związane jest to z inną budową podłoża. Pozostałe osuwiska mogą się uaktywnić w wyniku zawodnienia tzw. koluwiów lub pod wpływem działalności człowieka. Dlatego też ważne jest ciągle monitorowanie i weryfikowanie tego istotnego zjawiska. Powstała dokumentacja klasyfikuje zagrożenia, jakie niesie ze sobą specyficzna budowa geologiczna gminy Wieliczka, oraz wskazuje na ważność tego tematu dla rozwoju gminy.

Ciekawe osuwisko na Stoku pod Baranem na terenie miasta Wieliczki przedstawiono na ryc. 15 (na tle miejscowego planu), na zdjęciu lotniczym (ryc. 16), a także na ryc. 17 i 18. Jest to typowy zsuw materiału gruntowo-zwierzelinowego składającego się w wierzchniej



Ryc. 16. Zdjęcie lotnicze rejonu osuwiska na Stoku pod Baranem w Wielicze

Źródło: google.mapy.pl

warstwie z utworów lessowych i spagu, stanowiących skały fliszowe, który wyznacza powierzchnię poślizgu dla nadkładu. Osuwisko to w środkowej części jest aktywne, o czym świadczy też powstanie licznych bruzd i skarp erozyjnych. Pokryte jest darnią i pojedynczymi drzewami oraz roślinnością krzewiastą. Z czoła tego osuwiska rozciąga się widok na Wieliczkę oraz Kraków. W części środkowej, w obrębie jezora koluwalnego, osuwisko jest okresowo aktywne. Teren zabudowany i obszar leśny są zaznaczone na planie miejscowym jako nieaktywne. Jednakże mieszkańcy skarżą się na uszkodzenia budynków, polegające głównie na pękaniu ścian, powstawaniu szczelin i rys w budynkach, jak i na powierzchni terenu.

Jest w ten sposób uszkodzonych 7 budynków. Po stronie zachodniej obszaru osuwiskowego znajduje się poważnie uszkodzony duży, masywny obiekt mieszkalny (ryc. 18), którego konstrukcja została naruszona, zanim jeszcze właściciele zdążyli tam zamieszkać. Nadzór budowlany ze względu na istotne zagrożenie stabilności konstrukcji nie dopuścił obiektu do



Ryc. 17. Widok na Wieliczkę z korony zbocza osuwiskowego Stoku pod Baranem, w tle widoczne kominy Elektrociepłowni Kraków (fot. P. Krzyk)



Ryc. 18. Zabudowania sąsiadujące z osuwiskiem na Stoku pod Baranem w Wieliczce; wyżej położony duży, nowy budynek mieszkalny w wyniku ruchów osuwiskowych poważnie uszkodzony i niedopuszczony do użytkowania przez nadzór budowlany (fot. P. Krzyk)

użytkowania. Z ustaleń autorów wynika, że istotną przyczyną osuwania się mas ziemnych było w tym przypadku nawiezienie wielu ton gruntu na działkę z feralnym budynkiem, przez co stok został przeciążony. Jednocześnie tak wielka ilość nadsypanego gruntu spowodowała zmianę naturalnego kierunku spływu wód w obrębie stoku i zbyt duże jego nasiąknięcie wodą, które osłabiło nośność podłoża posadowionego obiektu, uaktywniając osuwanie mas ziemnych, powodujące uszkodzenie budynku.

Po wschodniej stronie środkowej części osuwiska, poza zaznaczonym obszarem osuwiskowym znajduje się zabytkowy, drewniany kościół św. Sebastiana. Jakkolwiek na obiekcie tym bezpośrednio nie zauważono niepokojących zmian, to w bliskim sąsiedztwie są uszkodzone budynki, a na przyległym do niego terenie zauważono liczne spękania gruntu

i szczeliny, które mogą jednak świadczyć o aktywności procesów morfogenetycznych w obrębie stoku.

W kontekście powyższych informacji niezwykle kontrowersyjnym pomysłem był plan zlokalizowania na Stoku pod Baranem w Wieliczce wyciągu narciarskiego. Przy okazji tych planów przeprowadzono dodatkowe rozpoznanie geologiczne w związku z prowadzonym postępowaniem administracyjnym o ustalenia lokalizacji inwestycji celu publicznego i koniecznym do wydania tej decyzji raportem oddziaływania inwestycji na środowisko. Stosunkowo długie postępowanie w sprawie wydania decyzji środowiskowej o realizacji przedsięwzięcia związane było z pewnymi rozbieżnościami wynikającymi z prowadzonych badań geologicznych i geotechnicznych. Ostatecznie jednak władze samorządowe wydały negatywną decyzję o realizacji budowy wyciągu narciarskiego i zagospodarowania turystycznego stoku objętego powierzchniowymi ruchami masowymi.

Na terenie miasta i gminy Wieliczka zarejestrowano 324 osuwiska. Najbardziej osuwiskowym obszarem jest środkowa część gminy między Golkowicami a Chorągwicą, gdzie stwierdzono największe ilościowo i powierzchniowo nagromadzenie osuwisk. Osuwiska podzielono na trzy grupy ze względu na aktywność: osuwiska aktywne, okresowo aktywne i nieaktywne. Obszary osuwisk aktywnych i okresowo aktywnych powinny być z zasady wyłączone z planowanej zabudowy. W przypadkach koniecznych, np. budowy lub remontów na tych obszarach dróg, należy przewidzieć specjalne badania geologiczno-inżynierskie. Są to badania kosztowne, a ze względu na konieczność obserwacji długotrwałe.

Osuwiska aktywne wyróżniają się wyraźną rzeźbą i charakterystycznym zespołem mezoform, takich jak szczeliny i spękania, świeże i zmieniające się wybrzuszenia powierzchni terenu, zarwania i naruszenia darni, występowaniem zagłębień bezodpływowych i małych zbiorników wodnych. Niektóre z osuwisk powodują zniekształcenia studni gospodarskich (np. Siercza, Sułków) oraz spękania budynków. Są to obszary nie nadające się pod jakiegokolwiek budownictwo, gdyż procesy grawitacyjne o różnym natężeniu występują na tych terenach przez co najmniej kilka, kilkanaście lat.

Osuwiska okresowo aktywne to tereny objęte procesem osuwania, na których stwierdzono ślady niedawnych zsunień i przemieszczeń grawitacyjnych. Takie obszary odznaczają się dużym prawdopodobieństwem uaktywnienia się osuwiska. Tego typu osuwiska należą do terenów niebezpiecznych.

Osuwiska nieaktywne obejmują tereny objęte ruchami mas ziemnych, na których w czasie ostatnich ok. 20 lat nie stwierdzono wyraźnych śladów przemieszczeń. Nie oznacza to jednak, że tereny te już nie podlegają procesom osuwiskowym. Przykładem terenu nieaktywnego osuwiska może być rejon Podstolic, gdzie wokół obecnie nieaktywnego osuwiska występuje budownictwo mieszkaniowe. Jest bardzo prawdopodobne, że w czasach historycznych na obszarze tym występowały procesy osuwiskowe, dlatego też celowe jest tam ograniczenie budownictwa mieszkaniowego, a każdy planowany obiekt powinien mieć dokumentację geologiczno-inżynierską, zawierającą zalecenia dotyczące zabezpieczeń. Na nieczynnych osuwiskach zlokalizowano budynki mieszkalne, zwłaszcza w rejonie Golkowic. Nie można wykluczyć, że osuwiska te nie uaktywnią się. Tereny już zabudowane na obszarach osuwiskowych powinny być poddane szczególnej kontroli pod względem

odwodnienia, wykonywania nasypów i wykopów. Przykładem uaktywnienia się w wyniku składowania nasypów jest osuwisko po północnej części garbu Golkowic w gminie Wieliczka.

4. Ocena zagrożeń ze strony osuwisk

Miejscami problemowymi w ocenie zagrożenia osuwaniem są przeważnie obszary, gdzie prawdopodobnie istniały stare osuwiska, lecz w wyniku różnych procesów, zarówno naturalnych, jak procesy denudacyjne, sukcesja roślinności, jak i antropogenicznych, zabudowa, ślady osuwania zostały zatarte. Są to tereny, na których budownictwo mieszkaniowe może być dopuszczone, ale po wcześniejszym wykonaniu dokumentacji geologiczno-inżynierskiej lub geotechnicznej i spełnieniu zawartych w nich zaleceń. Do zagrożonych należą strefy wokół tylnych (głównych) skarp osuwiskowych, gdzie w wyniku ruchu mas ziemnych tereny powyżej progów mogą zostać objęte procesami stokowymi. Taka strefa wokół górnych części osuwiska oceniana jest przez specjalistów [Wójcik i Dacka 2008] na 10-20 m i zależy od wysokości skarpy osuwiskowej. Istotnym utrudnieniem dla planowania przestrzennego jest fakt, że na mapach te strefy nie zostały wyznaczone, a przy projektowaniu, zwłaszcza budownictwa mieszkaniowego czy innych obiektów infrastrukturalnych, powinny być uwzględnione jako strefy buforowe.

Bardzo istotnym problemem z punktu widzenia osuwiskowości obszarów jest wyznaczenie w planie miejscowym zasięgu ich występowania, a co zatem idzie terenów, na których zabudowa powinna być wykluczona ze względu na takie zagrożenie. Zweryfikowanie zasięgu powstawania osuwisk w praktyce bywa bardzo trudne, ponieważ często brakuje rzetelnego rozpoznania zagrożeń powierzchniowymi ruchami masowymi, poprzedzonego szczegółowymi badaniami geologicznymi i geotechnicznymi, które są kosztowne. Jeżeli nawet takie dane są przechowywane np. w Państwowym Instytucie Geologicznym, dostęp do nich przekracza niejednokrotnie możliwości finansowe gminy. W wielu gminach i powiatach położonych np. na obszarze Pogórza Dynowskiego nie ma aktualnych danych na temat rozmieszczenia osuwisk [Kamiński 2006].

Informacje takie są istotne dla planowania przestrzennego a także zapobiegania katastrofom wywołanym osuwaniem. Do powstania lub uaktywnienia się wielu osuwisk na omawianych obszarach przyczyniły się katastrofalne opady deszczu w lipcu 1997 r., wiosną 2000 r. oraz w lipcu 2001 r., a także na przełomie lipca i sierpnia 2004 r. Również duże opady mokrego śniegu, długo zalegającego wiosną 2001 r. uruchomiły osuwiska w wielu rejonach Karpat. Spowodowało to liczne zagrożenia budynków mieszkalnych, uszkodzenia sieci dróg i wodociągów oraz linii telefonicznych, energetycznych a także kolejowych na obszarach badanych gmin.

Dostępne podkłady kartograficzne dotyczące osuwisk, np. Mapa geologiczna Polski sporządzane są głównie w skali 1:50 000, zaś plany miejscowe w skalach znacznie większych, np. 1:2000. Ustalanie więc w planach zasięgu osuwisk i terenów zagrożonych ich występowaniem na podstawie takich materiałów jest mało wiarygodne.

W rozpoznawaniu mechanizmu naturalnych i antropogenicznych ruchów osuwiskowych pomocne są informacje ilościowe, otrzymywane z okresowych pomiarów geodezyjnych specjalnie stabilizowanych punktów na analizowanym obszarze (np. palików geodezyjnych,

metalowych prętów, kątowników). Metoda geodezyjna, wykorzystująca technikę GPS oraz precyzyjne instrumenty elektroniczne, stanowi obecnie najdokładniejszy sposób uzyskiwania ilościowych informacji, dotyczących przemieszczeń poziomych i pionowych na obszarach objętych powierzchniowymi ruchami masowymi. Na podstawie takich pomiarów można wyznaczyć wektory przemieszczeń oraz ocenić aktywność i charakter (postępujący, wygasający) procesów osuwiskowych w określonych interwałach.

W badaniach osuwisk oprócz typowych wierceń geologicznych z użyciem świrdrów stosowane są również metody geofizyczne, np. elektrooporowa¹, georadarowa², grawimetryczna³. Do wyznaczenia płaszczyzny poślizgu w wybranym fragmencie osuwiska, jak wykazały badania [Maciaszek 2008], najbardziej przydatna okazała się metoda elektrooporowa. Do prognozowania położenia płaszczyzny poślizgu na potencjalnych obszarach osuwiskowych natomiast stosowane są metody numeryczne [Zabuski i in. 1999], np. metoda elementów skończonych (MES), polegająca na graficznym wyznaczeniu tej płaszczyzny po wprowadzeniu do programu komputerowego danych dotyczących geometrii analizowanego zbocza oraz parametrów geotechnicznych (wilgotność, gęstość, zagęszczenie, wytrzymałość na ścinanie, położenie zwierciadła wód gruntowych) gruntów tam zalegających z uwzględnieniem pokrycia terenu roślinnością i innych obciążeń stoku (zabudowa, infrastruktura techniczna). Metoda MES stosowana jest również do obliczeń stateczności nasypów inżynierskich, wykonanych zarówno z gruntów naturalnych jak i antropogenicznych [Krzyk, Baran 2001].

Wgłębny zasięg ruchów ześlizgowych jest znacznie zróżnicowany. Osunięcia pokrywy zwietrzelinowej obejmują często warstwę grubości zaledwie 1-2 m, ale znane są także głębokie osuwiska, z powierzchnią poślizgu położoną na głębokości 40-50 m [Migoń 2009].

Istotny dla planowania przestrzennego na obszarach zagrożonych powierzchniowymi ruchami masowymi jest dostęp do informacji geologicznej. W przypadku określania warunków geologiczno-inżynierskich i zagrożeń geodynamicznych na danym obszarze istotna jest rola administracji geologicznej, która na etapie planowania przestrzennego może:

- składać wnioski do studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy w zakresie obszarów narażonych na osuwanie się mas ziemnych,
- opiniować studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy w zakresie obszarów narażonych na osuwanie się mas ziemnych,

¹ Istotą metody elektrooporowej jest badanie zmian pola elektrycznego, wytworzonego sztucznie w środowisku skalnym. Metoda polega na pomiarze zmian oporności pozornej skał, znajdujących się w obrębie wytworzonego pola za pomocą systemu elektrod prądowych ustawionych w różnych konfiguracjach. Interpretacja polega na wydzieleniu takich podpowierzchniowych stref w ośrodku, które różnią się od skał otaczających wartością oporności pozornej.

² Metoda georadarowa polega na wysyłaniu ze specjalnej anteny impulsów elektromagnetycznych o częstotliwości 20-500 MHz (wykorzystywanej w badaniach geologicznych) w głąb badanego ośrodka i jednoczesnej rejestracji impulsów odbitych od poszczególnych utworów podpowierzchniowych. Granica odbijająca sygnał radarowy w praktyce oddziela ośrodki różniące się wartością stałej dielektrycznej. Zasadniczy wpływ na wartość tej stałej ma zawartość wody w badanym ośrodku. Podstawowym wariantem pomiarów georadarowych jest profilowanie, podczas którego antena wywołująca impulsy radarowe jest przesuwana wzdłuż wytyczonego profilu.

³ Rezultatem badań grawimetrycznych jest mapa anomalii siły ciężkości, której rozkład jest wynikiem nierównomiernych bądź niejednorodnych mas skalnych we wnętrzu Ziemi.

- składać wnioski do planów i opiniować plany miejscowe w zakresie terenów zagrożonych osuwaniem się mas ziemnych,
- opiniować projekty decyzji o warunkach zabudowy oraz decyzji lokalizacji inwestycji celu publicznego w zakresie geologii,
- przekazywać informacje w zakresie bilansowania złóż kopalin oraz zasobów wód podziemnych,
- udzielać informacji co do zgromadzonych, zarchiwizowanych danych geologicznych.

Analizując dostępne materiały badawcze, dotyczące oceny warunków geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych, oceny zagrożenia ruchami osuwiskowymi dla poszczególnych gmin, stwierdzono, że terminy: dokumentacja geotechniczna i dokumentacja geologiczno-inżynierska przez część urzędników używane są zamiennie [Krzyk, Kotuła 2009]. Faktycznie jednak opracowania te zawierają różne treści i powinny być sporządzane do innych potrzeb. Badania geologiczno-inżynierskie są regulowane przepisami prawa geologicznego i górniczego, natomiast ustalenie warunków geotechnicznych posadowienia obiektów budowlanych jest regulowane przepisami prawa budowlanego. Na obszarach sąsiadujących z osuwiskami oprócz badań geotechnicznych powinny być wykonane także badania geologiczne.

W 2008 r. zostało uruchomione przedsięwzięcie geologiczne pn. „System osłony przeciwosuwiskowej SOPO Etap II. Kartowanie i wykonywanie map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi dla obszaru Karpat polskich (75% powierzchni) oraz monitorowanie wybranych osuwisk w Karpatach”. Przewidziany czas jego realizacji to lata 2008-2012. Jego celem jest:

- wykonanie map osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000 dla 75% powierzchni Karpat,
- założenie systemu monitoringu powierzchniowego i wglębnego na wybranych 60 osuwiskach karpackich,
- prowadzenie, uzupełnianie, aktualizacja i rozbudowa bazy danych o zagrożeniach osuwiskowych SOPO.

Mapy dla pozostałej części Karpat (25% powierzchni) oraz dla terenu Polski położonego poza obszarem Karpat wraz z założeniem monitoringu na 30 osuwiskach w Karpatach i 10 osuwiskach poza Karpatach będą wykonywane w Etapie III Projektu SOPO (planowany okres realizacji lata 2013-2016).

5. Podsumowanie

Wyniki prac objętych przedsięwzięciem SOPO są bardzo oczekiwane przez środowisko urbanistów, którzy podstawowe prace planistyczne wykonują na podkładach kartograficznych w skali 1:10 000 (lub też w większej skali). Ustalone obszary zagrożone powierzchniowymi ruchami masowymi powinny być uwzględnione w planach miejscowych jako wykluczone z zabudowy. Na obszarach wątpliwych, np. przyległych do starych osuwisk, które z różnych przyczyn nie zostały wykluczone z zabudowy, zdaniem autorów, powinny

być przeprowadzane oprócz ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych również badania geologiczne. Obejmują one bowiem obszar większy niż działka, na której lokalizuje się obiekt budowlany. W ramach rozpoznania geotechnicznego wykonuje się najczęściej 3 otwory badawcze w obrysie fundamentów projektowanej budowli. Informacje o podłożu budowlanym obszarów zagrożonych ruchami masowymi, pochodzące z tak przeprowadzonych badań, nie wystarczają do oceny ewentualnych zagrożeń geodynamicznych.

Z pewnością szeroko zakrojone, prowadzone przez Państwowy Instytut Geologiczny przy wsparciu Ministerstwa Środowiska badania środowiska geologicznego polskich Karpat mogą być cenną podstawą podejmowania optymalnych decyzji z zakresu gospodarki przestrzennej. Czy jednak zostaną w pełni właściwie wykorzystane? Ostateczną decyzję o przeznaczeniu bądź wykluczeniu z zabudowy, jak i uchwalaniu planów miejscowych, podejmują gminne samorządy. Liczne wykluczenia z zabudowy obszarów, na których istnieje silna presja na rozwój budownictwa mieszkaniowego (np. gmina Wieliczka), są niekorzystne dla takich gmin ze względów ekonomicznych. Chodzi tu oczywiście o potencjalne utracone korzyści ze sprzedaży działek budowlanych.

Autorzy zwracają uwagę, że przy rozpatrywaniu problematyki powierzchniowych ruchów masowych czy innych geozagrożeń ciekawym zagadnieniem praktycznym jest ocena ich wpływu na wartość nieruchomości objętych takimi zagrożeniami i ich skutków finansowych dla gminnych samorządów.

Literatura

1. Bajgier-Kowalska M., 2004-2005, *Rola gospodarczej działalności człowieka w powstawaniu i odmlądzeniu osuwisk w Karpatach fliszowych*, Folia Geographica ser. Geographica-Physica, vol. XXXV-XXXVI.
2. Bajgier-Kowalska M., 2006, *Destrukcyjny wpływ osuwisk na zabudowę i infrastrukturę techniczną na przykładzie Karpat fliszowych*, Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, 53.
3. Bober L., Thiel K., Zabuski L., 1997, *Zjawiska osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych. Geologiczno-inżynierskie właściwości wybranych osuwisk*. Wyd. Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk.
4. Cieszkowski M., 2006, *Budowa geologiczna i rzeźba terenu*, [w:] *Gorczański Park Narodowy. 25 lat ochrony dziedzictwa przyrodniczego i kulturowego* Gorców, red. W. Różański, Gorczański Park Narodowy.
5. Dacka J., Wójcik A., 2008, *Rejestracja osuwisk i terenów zagrożonych na terenie miasta i gminy Wieliczka w skali 1:10 000 wraz z wykazaniem ich stopnia aktywności*. Państwowy Instytut Geologiczny, Kraków.
6. Grabowski D., Marciniec P., Mrozek T., Nescieruk P., Rączkowski W., Wójcik A., Zimnal Z., 2008, *Instrukcja opracowania mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi*, Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie, Państwowy Instytut Geologiczny Oddział Karpacki w Krakowie.
7. Gorczyca E., 2004, *Działalność człowieka jako czynnik osłabiający stabilność stoków w obszarach górskich oraz regulujący przebieg procesów osuwiskowych*, [w:] *Przyroda – Człowiek – Bóg*, red. B. Izmailów, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
8. Instytut Nauk Geologicznych UJ, 2010, *Zarys geologii polskich Karpat Zewnętrznych* [w:] <http://www.ing.uj.edu.pl/>

9. Jeż J., 2001, *Przyrodnicze aspekty bezpiecznego budownictwa*. Wyd. Politechnika Poznańska.
10. Kamiński M., 2006, *Analiza GIS osuwisk dla wybranego obszaru Pogórza Dynowskiego*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 16/2006.
11. Kondracki J., 2000, *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
12. Kotarba A., 1986, *Rola osuwisk w modelowaniu rzeźby beskidzkiej i pogórskiej*. Przegląd Geograficzny 58.
13. Krzyk P., Baran P., 2001, *Analiza stateczności skarp nasypów wykonanych z odpadów powęglowych*. Czasopismo Techniczne z. 3-B/2001, Wyd. Politechnika Krakowska.
14. Krzyk P., Kotuła Ł., 2009, *Wybrane zagadnienia geotechniczne w planowaniu przestrzennym*, maszyn., Instytut Rozwoju Miast, Kraków.
15. Maciaszek J., 2008, *Geodezyjne i geofizyczne metody badania osuwisk na przykładzie rejonu Szybu Kościuszko w Kopalni Soli Wieliczka*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 24, z. 3/2.
16. Margielewski W., 2000, *Gospodarcze znaczenie osuwisk Beskidu Makowskiego*, Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, 46.
17. Maślanka M., 2009, *Geomorfologiczne uwarunkowania rozwoju gospodarczego gminy Ochotnica Dolna*. Praca magisterska, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
18. Migoń P., 2009, *Geomorfologia*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa
19. Olczak J. 2006. *Poziomy teras fluwialnych jako zapis ewolucji dolin Kamienicy i Ochotnicy w Gorcach*. Rozprawa doktorska, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków.
20. Oszczytko N., Dudziak J., Malata E., 1990, *Stratygrafia osadów płaszczowiny magurskiej w Beskidzie Sądeckim*, Studia Geologica Polonica, 97.
21. Paul Z., 1980, *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, Arkusz Łącko 1:50 000*, Instytut Geologiczny.
22. Poprawa D., Rączkowski W., 2003, *Osuwiska Karpat*, Przegląd Geologiczny, 8.
23. Rączkowski W., 2007, *Zagrożenia osuwiskowe w polskich Karpatach*. Przegląd Geologiczny, 55.
24. Starkel L., 1990, *Zróżnicowanie przestrzenne środowiska Karpat i potrzeby zmian w użytkowaniu ziemi*. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, 30.
25. Zabuski L., Thiel K., Bober L., 1999, *Osuwiska we fliszu Karpat polskich: geologia – modelowanie – obliczenia stateczności*, Wyd. Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk.
26. Ziętara T., 2006, *Zagadnienia prognozowania i stabilizacji ruchów osuwiskowych w Karpatach*. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, 53.
27. Ziobrowski Z. (red.), Pijanowski J.M. (red.), Krzyk P., Korzeniak G., Szlenk-Dziubek D., Komenda J., Rüttsche P., 2008, *Nowe zadania planowania miejscowego w zakresie kształtowania i zagospodarowania obszarów wiejskich*, Monografia, Wyd. Instytut Rozwoju Miast, Kraków.
28. Zuchiewicz W., 1992, *Pozycja stratygraficzna tarasów Dunajca w Karpatach Zachodnich*, Przegląd Geologiczny, 40.

LANDSLIDE ISSUES IN SPATIAL PLANNING

Abstract. This paper presents the current issues of landslide hazards, especially in view of the recent extreme disasters in the Carpathian Mountains. The authors discuss the mechanisms and origins of landslides. Such phenomena were comprehensively illustrated on maps, diagrams and photographs of the research areas (four municipalities in the Małopolska and Podkarpacie Regions). The authors took into account the need to evaluate natural conditions for spatial planning purposes, as well as the role of geological surveys in the evaluation of geo-environmental hazards presented by the surface movements of the land mass.

Key words: surface movements of the land mass, Carpathian flysch, Local Physical Plans, geological survey.

Dr inż. Piotr Krzyk
Instytut Rozwoju Miast, Kraków

Mgr Magdalena Maślanka
Szkoła Podstawowa w Kończycach Małych
woj. śląskie

Mgr inż. Łukasz Kotuła
Instytut Rozwoju Miast, Kraków