PRZEGLĄD GEOGRAFICZNY
2013, 85, 3, s. 417–434

Współczesne przekształcanie stoków w Tatrach Zachodnich – na przykładzie ścieżek turystycznych i fragmentów stoków bez oddziaływania antropogenicznego

Contemporary transformation of slopes in the Western Tatras – as exemplified by fragments with tourist footpaths or else lacking human impact

JOANNA FIDELUS, ELIZA PŁACZKOWSKA
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński,
30-387 Kraków, ul. Gronostajowa 7; joanna.fidelus@uj.edu.pl, eliza.placzkowska@uj.edu.pl

Zarys treści. Celem artykułu jest porównanie wykształcenia i funkcjonowania wybranych fragmentów stoków przekształcanych przez procesy naturalne oraz fragmentów stoków dodatkowo poddawanych oddziaływaniu turystyki pieszej w Tatrach Zachodnich. W celu poznania skutków procesów modelujących stoki przeprowadzono kartowanie geomorfologiczne, a natężenie ruchu turystycznego mierzono przy użyciu czujnika ruchu. Na stokach użytkowanych turystycznie ważne jest identyfikowanie stref zdegradowanych, aby znaleźć sposoby ograniczenia ich rozprzestrzeniania.

Słowa kluczowe: przekształcanie stoków, ruch turystyczny, obszar wysokogórski, Tatry Zachodnie, Polska.

Wstęp

Obszary wysokogórskie stanowią złożone systemy, modelowane przez współdziałające ze sobą zespoły procesów morfogenetycznych (m.in. Kotarba i inni, 1987; Boltiziar i inni, 2008; Krzemień, 2008). Działalność naturalnych procesów jest zależna od lokalnych warunków środowiska przyrodniczego, m.in. budowy geologicznej, rzeźby, topoklimatu oraz zasięgu pięter roślinnych (Troll, 1973; Kotarba i inni, 1987; Krzemień i inni, 1995; Kozłowska i Rączkowska, 1999). Charakterystyczne dla obszarów wysokogórskich są procesy o gwałtownym przebiegu i dużej energii, takie jak lawiny śnieżne i spływy gruzowe. One najbardziej przyczyniają się do przekształcania rzeźby obszarów górskich na świecie (Jacobson i inni, 1989; Nyberg, 1989; Barnikel, Becht, 2003; Crosta i inni, 2003; Decaulne, Saemundsson, 2006; Crozier, 2009).

http://dx.doi.org/10.7163/PrzG.2013.3.5

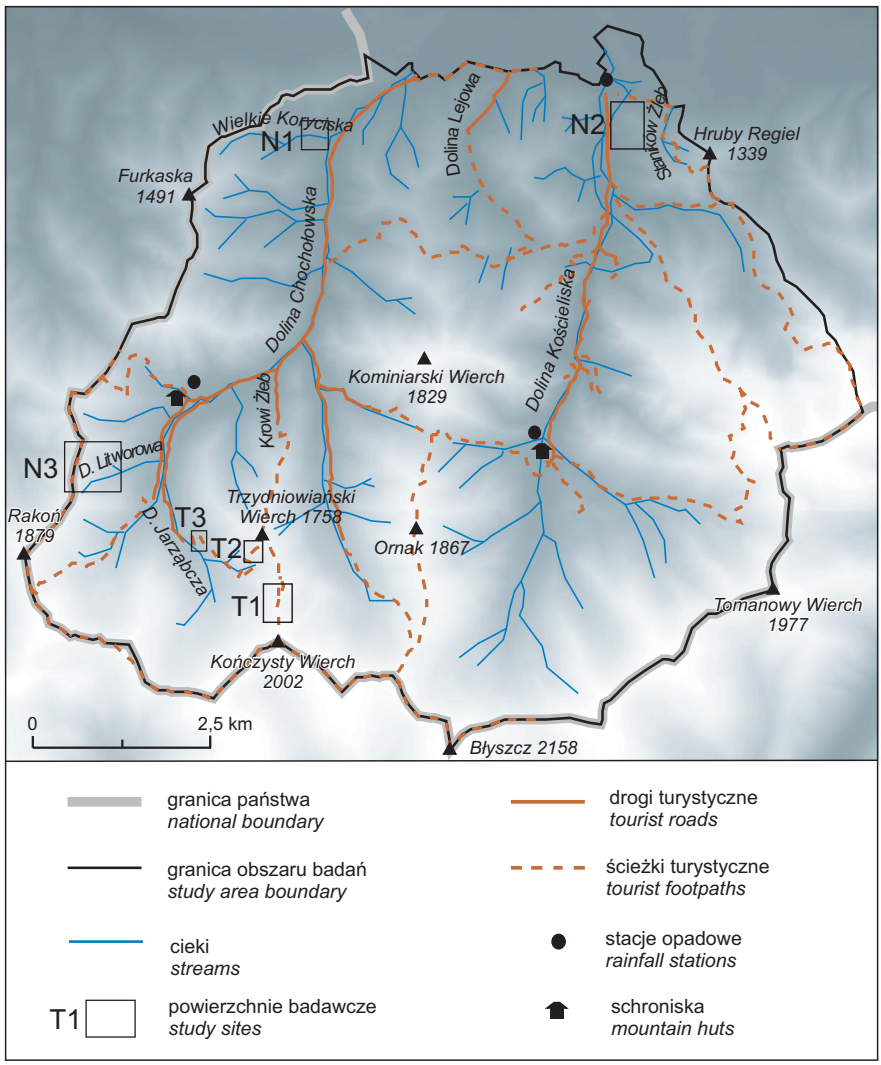
Stoki tatrzańskie modelowane są głównie przez spływy gruzowe, gruzowo-błotne i torencjalne (Krzemień, 1988; Krzemień i inni, 1995; Kotarba, 1997; Rączkowska, 2006). Procesy te, podobnie jak erozja lawinowa, często łączą subsystem stokowy z subsystemem korytowym (Kaszowski i Krzemień, 1979; Krzemień i inni, 1995). Innymi procesami przekształcającymi stoki tatrzańskie są m.in. spłukiwanie, erozja linijna, niwacja, soliflukcja, spełzywanie, procesy eoliczne oraz działalność lodu włóknistego powodująca dezintegrację i przemieszczenie pokryw (Kotarba, 1970; Izmaiłow, 1984; Kotarba i inni, 1987). Procesy te przekształcają stoki tatrzańskie z różną intensywnością, a ich skutki są zróżnicowane w przestrzeni i czasie (Kotarba, 1970; Kłapa, 1980; Rączkowska, 2006).

Jednym z czynników zwiększających aktywność procesów erozyjnych w górach wysokich jest turystyka piesza (Krusiec, 1996; Łajczak, 1996; Prędki, 1999; Gorczyca i Krzemień, 2009; Rączkowska i Kozłowska, 2010). Oddziaływanie ruchu turystycznego powino być ograniczone do specjalnie zabezpieczonych ścieżek i dróg turystycznych. Jednakże, utrzymanie infrastruktury turystycznej przy zróżnicowanym natężeniu ruchu turystycznego i jednoczesnym oddziaływaniu naturalnych procesów, jest trudne i wymaga systematycznego nadzorowania (Krusiec, 1996; Gorczyca, 2000; Rączkowska i Kozłowska, 2010). Badania dotyczące degradacji antropogenicznej na stokach w obrębie ścieżek turystycznych wskazują, że jest to zagadnienie ciągle aktualne w różnych obszarach górskich w Polsce i na świecie, m.in. w Bieszczadzkim, Babiogórskim i Tatrzańskim Parku Narodowym w Polsce (Krusiec, 1996; Prędki, 1999; Rączkowska i Kozłowska, 2002; Buchwał i inni, 2009; Gorczyca i Krzemień, 2009), w Parku Narodowym Mount Rainier (Rechefort i Swinney, 2000) oraz Górach Skalistych (Cole i Monz, 2004) w Stanach Zjednoczonych, w górach Bucegi w Rumunii (Mihai i inni, 2009) czy w Górach Białych (Bielawska i Tsermegas, 2009). Ograniczenie negatywnych skutków masowej turystyki pieszej wymaga rozpoznania naturalnych warunków danego obszaru (Skawiński i Krzan, 2002; Gorczyca i Krzemień, 2009; Buchwał i Rogowski, 2010).

Z przedstawionej literatury wynika, że przekształcanie stoków bez oddziaływania turystycznego oraz stoków w obrębie ścieżek turystycznych przebiega odmiennie, dlatego celem niniejszego artykułu jest porównanie wykształcenia i funkcjonowania wybranych fragmentów stoków.

Obszar badań

Obszar badań położony jest w Tatrach Zachodnich w Tatrzańskim Parku Narodowym (TPN). Szczegółowe badania prowadzono w obrębie dolin Chochołowskiej, Kościeliskiej i Stanikowego Żlebu (ryc. 1). W obszarze badań występują dwa rodzaje skał: krystaliczne (granitoidy i skały metamorficzne) na południu oraz osadowe (głównie wapienie, dolomity i margle) na północy (Bac-Moszaszwili i inni, 1979). Miąższość pokryw zwietrzelinowych na stokach z reguły jest



Ryc. 1. Obszar badań ze stanowiskami pomiarowymi na stokach bez oddziaływania turystycznego (N1, N2, N3) oraz na stoku w obrębie ścieżek (T1, T2, T3)

Study area with natural-slope study sites (N1, N2, N3) and tourist-slope study sites (T1, T2, T3)

Źródło / Source: www.geoportaltatry.pl

niewielka, tylko na stokach usypiskowych oraz pokrywach morenowych może wynosić od kilku do 40 m (Baumgart-Kotarba i inni, 2008; Gądek i inni, 2010).

Na podłożu krystalicznym występują rankery bielicowe (Podzolic Rankers), rankery butwinowe (Umbric Leptosols), gleby bielicowe i bielice (Orthic Podzols), natomiast na podłożu osadowym – rędziny próchniczne (Humic-Ren-

dzic Leptosols), rędziny brunatne (Cambic-Rendzic Leptosols) i rędziny butwinowe (Umbric-Rendzic Leptosols) (Skiba, 2002).

W obszarze badań wyróżnia się dwa typy rzeźby terenu: wysokogórski i średniogórski. W części wysokogórskiej charakterystycznymi formami są cyrki lodowcowe i polodowcowe doliny U-kształtne z pokrywami morenowymi, dla części średniogórskiej zaś charakterystyczne są głębokie, wąskie doliny V-kształtne ze skalnymi zboczami i stożkami napływowymi u wylotu (Kotarba i inni, 1987; Klimaszewski, 1988).

Warunki hydrogeologiczne są zróżnicowane. Pokrywy powyżej górnej granicy lasu cechują się niewielką retencją, z racji nieprzepuszczalnego podłoża skalnego i dużych nachyleń stoków. W piętrze leśnym gęsta szata roślinna sprzyja większej infiltracji w obrębie pokryw (Kotarba, 1992, 2002).

Średnie roczne sumy opadów z wielolecia 1968–1987 w Tatrach Zachodnich wynoszą od 1378 mm na Polanie Chochołowskiej do 1791 mm na Kasprowym Wierchu (Krzemień, 1991). Najwyższe są opady w okresie od czerwca do września. Pokrywa śnieżna występuje od listopada do maja (Niedźwiedź, 1992).

W Tatrach Zachodnich wyróżnia się trzy piętra geoekologiczne: leśne (<1500 m npm.), subalpejskie (1500–1800 m npm.) oraz alpejskie (>1800 m npm.). Procesy morfogenetyczne w tych piętrach są zróżnicowane, zwłaszcza poniżej i powyżej górnej granicy lasu, (Kotarba, 1976).

Tatrzański Park Narodowy jest najpopularniejszym obszarem turystycznym w Polsce, z gęstą siecią ścieżek i dróg turystycznych. Największe natężenie ruchu turystycznego występuje od maja do września. Większość tego ruchu koncentruje się w części średniogórskiej – średnio dziennie 2000 osób (Czochański i Szydarowski, 2000). Ścieżki powyżej górnej granicy lasu są mniej uczęszczane przez turystów, jednak obszar ten jest bardziej wrażliwy na przekształcenia.

Metody badań

W pierwszym etapie badań, w celu poznania wykształcenia rzeźby i procesów modelujących stoki, przeprowadzono jednorazowo kartowanie geomorfologiczne na podkładzie map topograficznych w skali 1:10 000 przy użyciu odbiornika GPS. Przekształcenia rzeźby na stokach w obrębie ścieżek i dróg turystycznych notowano na specjalnym formularzu. W obrębie ścieżek i dróg turystycznych wydzielono odcinki jednorodne pod względem geomorfologicznym. W każdym odcinku określono położenie geoekologiczne i morfologiczne, rodzaj nawierzchni, formy erozyjne i akumulacyjne oraz zmierzono średnią i maksymalną szerokość i głębokość rozcięć. Na stokach bez oddziaływania antropogenicznego przeprowadzono inwentaryzację form erozyjnych i akumulacyjnych wybranych fragmentów stoków oraz wykonano pomiary ich nachyleń. Ponadto wykonano profile podłużne i poprzeczne stoków bez oddziaływania turystycznego oraz stoków w obrębie ścieżek.

Kolejny etap badań obejmował obserwacje przekształceń rzeźby w obrębie stoków bez oddziaływania turystycznego oraz w obrębie ścieżek turystycznych

w latach 2009–2011. Aby ocenić skutki zdarzeń ekstremalnych na stokach o różnym użytkowaniu, w artykule uwzględniono również obserwacje z 2007 r. w Stanikowym Żlebie oraz Dolinie Kościeliskiej.

W 2010 r. w sezonie letnim prowadzono monitoring ruchu turystycznego przy użyciu czujnika ruchu firmy EcoCounter. Zebrane dane umożliwiły porównanie ogólnej liczby turystów wchodzących do TPN z liczbą osób udających się w wyższe partie gór. Czujnik mierzący ruch turystyczny zamontowany został przy ścieżce prowadzącej z Krowiego Żlebu na Trzydniowiański Wierch, którą uznano za reprezentatywną dla stoków przekształcanych pod wpływem turystyki pieszej.

Turystyka piesza w badanym obszarze

Tatrzański Park Narodowy należy do najbardziej uczęszczanych przez turystów pieszych parków narodowych w Polsce. W latach 2009–2011 do TPN weszło średnio 3 mln turystów rocznie (www.tpn.pl). W związku z dużą liczbą turystów, na stokach w obrębie ścieżek można zaobserwować znaczne przekształcenia rzeźby (Krusiec, 1996; Gorczyca, 2000; Gorczyca i Krzemień, 2009). Zróżnicowanie tych przekształceń wynika zarówno z uwarunkowań naturalnych, jak i z nierównomiernego rozkładu przestrzennego ruchu turystycznego (tab. 1).

Tabela 1. Ruch turystyczny na wybranych ścieżkach w okresie lipiec–wrzesień 2010 r.
Tourist traffic along selected footpaths during the period July–September 2010

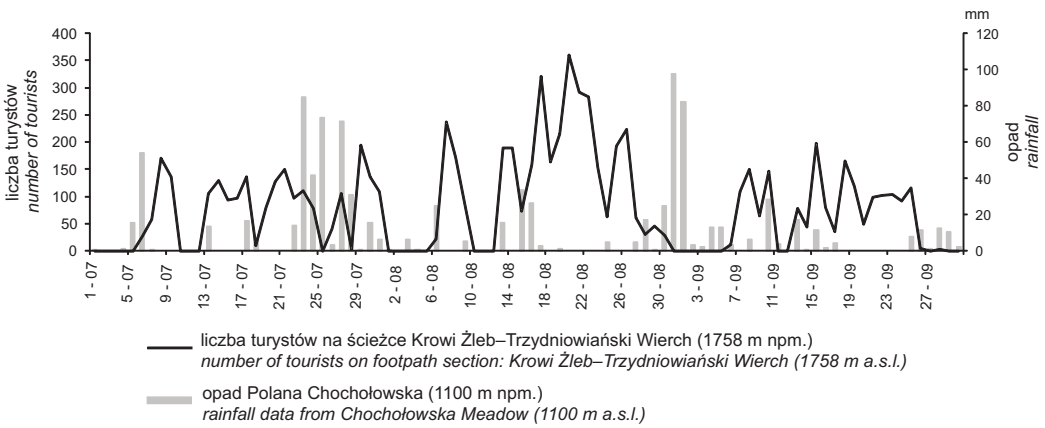
Liczba osób wchodzących: *Number of tourists coming:*	Lipiec *July*	Sierpień *August*	Wrzesień *September*
do Doliny Chochołowskiej *to Chochołowska Valley*	31 430	48 390	18 018
do Doliny Kościeliskiej *to Kościeliska Valley*	89 326	104 545	48 421
na Trzydniowiański Wierch od Krowiego Żlebu *to Trzydniowiański Wierch from Krowi Żleb*	2 193	3 554	1 764

Źródło: dane TPN.
Source: data of Tatra National Park.

W okresie od lipca do września 2010 r. do dolin Kościeliskiej i Chochołowskiej weszło 340 130 osób, z których 71,2% udało się do tej pierwszej. Duże są też różnice ruchu turystycznego pomiędzy piętrem leśnym a obszarem powyżej górnej granicy lasu. W okresie lipiec–wrzesień 2010 r. do Doliny Chochołowskiej weszło 97 838 turystów, ale zaledwie 7,7% z nich udało się na jeden z czterech szlaków prowadzących powyżej górnej granicy lasu. Pomimo mniejszego ruchu turystycznego w części wysokogórskiej badanego obszaru, stoki w obrębie ścieżek

turystycznych cechują się większą podatnością na przekształcanie antropogeniczne niż w obszarze średniogórskim. Jest to związane z większymi nachyleniami oraz większą aktywnością i różnorodnością procesów morfogenetycznych w części wysokogórskiej.

Natężenie ruchu turystycznego na analizowanym stanowisku pomiarowym w okresie lipiec–wrzesień 2010 r. było zróżnicowane i ściśle zależne od warunków pogodowych (ryc. 2). W okresie z niewielką sumą opadów – 18–26.08.2010 r., wynoszącą 5,9 mm, średnie dzienne natężenie ruchu to 216 osób, natomiast w okresie z wysokimi opadami, 27.08–07.09 – 261,6 mm, natężenie ruchu wyniosło 16 osób. Po intensywnych opadach natężenie ruchu turystycznego wzrasta, co powoduje nasilenie przekształceń przepojonych wodą pokryw na stokach w obrębie ścieżek.



Ryc. 2. Obciążenie turystyczne ścieżki Krowi Żleb–Trzydniowiański Wierch na tle opadów atmosferycznych w okresie 1.07–30.09.2010 r.

Dane TPN, obliczenia własne.

Tourist traffic on the Krowi Żleb–Trzydniowiański Wierch section of footpath as set against rainfall during the period 1.07–30.09.2010

Data of Tatra National Park, authors' calculations.

Charakterystyka stanowisk badawczych

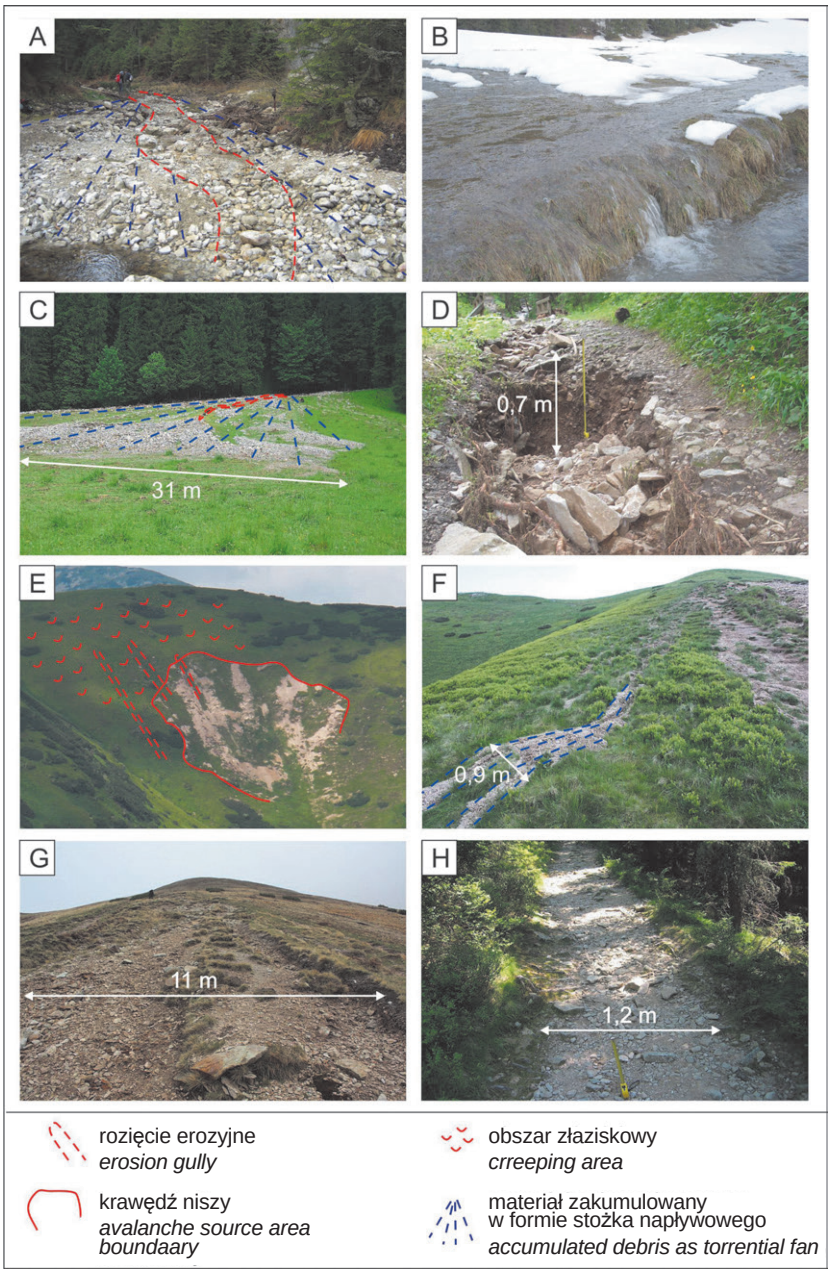
W badaniach uwzględniono dwa typy stoków: bez oddziaływania ruchu turystycznego, kształtowane tylko przez naturalne procesy morfogenetyczne oraz stoki w obrębie ścieżek turystycznych użytkowanych przez turystykę pieszą. Stanowiska dobierano tak, aby stoki obu typów znajdowały się w tym samym piętrze geoekologicznym, czyli miały podobne warunki środowiska przyrodniczego. W ten sposób wyznaczone zostały stanowiska w piętrze leśnym (N1, N2, T3) oraz powyżej górnej granicy lasu, w piętrach subalpejskim i alpejskim (N3, T1,

T2; ryc. 1). W piętrze leśnym na stokach bez oddziaływania turystycznego charakterystycznymi formami są stożki napływowe u wylotu dolin denudacyjnych, dlatego do badań wybrano fragmenty stoków w obrębie tych form. Na stokach wysokogórskich charakterystycznymi procesami są niwacja i erozja lawinowa, zatem w obserwacjach wzięto pod uwagę fragment stoku przekształcany w wyniku tych procesów. Natomiast na stokach w obrębie ścieżek wydzielono stanowiska w miejscach o dużym przekształcaniu rzeźby.

Stanowisko N1 obejmuje stożek napływowy u wylotu doliny Wielkie Koryciska. Długość stożka wynosi 28 m, a maksymalna szerokość – 24 m. Nachylenia w obrębie stożka są niewielkie, maksymalnie do 4°. Stożek kształtowany jest głównie przez spływy torencjalne, występujące podczas opadów o dużym natężeniu. W okresie badań można było zaobserwować spływ torencjalny w dolinie, który nastąpił po 82-milimetrowym opadzie w dniu 1.09. (dane opadowe z IMGW). W jego wyniku stożek został nadbudowany grubofrakcyjnym materiałem (do 0,5 m), pochodzącym z wyższych partii stoku (ryc. 3A). Powierzchnia zakumulowanego materiału wynosiła 171 m^2, a objętość około 25 m^3. Brak pokrywy glebowej i roślinnej świadczy o ciągłym intensywnym przekształcaniu stożka.

Przykładem odmiennie funkcjonującego stożka napływowego jest forma w obrębie stanowiska N2 u wylotu niewielkiej doliny denudacyjnej w Dolinie Kościeliskiej na Polanie Wyżnia Kira Miętusia. Stożek ma długość 88 m i maksymalną szerokość 94 m. Nachylenia w obrębie stożka wynoszą do 6°. Porośnięty jest roślinnością trawiastą, co świadczy o niewielkim przekształcaniu stożka pomiędzy kolejnymi zdarzeniami o większym natężeniu. Jedynie wiosną podczas roztopów występuje intensywne spłukiwanie (ryc. 3B). Forma ta jest epizodycznie przekształcana przez spływy torencjalne, które powodują nadbudowanie stożka oraz jego rozcinanie. Takie zdarzenie miało miejsce 5.06.2007 r.: podczas opadu, który wyniósł 104 mm w ciągu 45 minut, wystąpił spływ torencjalny, który spowodował zakumulowanie materiału skalnego o frakcji do 0,46 m oraz rozcięcie stożka do 2 m (Gorczyca i Krzemień, 2009; ryc. 3C). Powierzchnia zakumulowanego materiału wyniosła 356,5 m^2, a objętość około 64 m^3. W tym samym czasie znaczne przekształcenia wystąpiły również na ścieżce w Stanikowym Żlebie – wskutek tego zdarzenia powstały podcięcia erozyjne, kotły eworsyjne o głębokości do 0,7 m i było transportowane grubofrakcyjne rumowisko skalne (ryc. 3D).

Stożki napływowe mogą kształtować się także na stokach w obrębie ścieżek turystycznych. Rozwój takich stożków przebiega odmiennie niż stożków na stokach bez oddziaływania turystycznego, co można było zaobserwować na stanowisku pomiarowym T1, wyznaczonym na ścieżce turystycznej na Kończysty Wierch. Ścieżka w obrębie stanowiska osiąga szerokość >5 m i ma nawierzchnię naturalną. Przebiega po pokrywie zwietrzelinowej, zgodnie z nachyleniem stoku (powyżej 20°). W okresie prowadzonych badań największe przemiany w obrębie ścieżki wynikały z przemieszczania okruchów skalnych w wyniku intensywnych opadów i oddziaływania turystów na podłoże. Przemieszczany materiał został



Ryc. 3. Przykłady form i procesów morfogenetycznych na stanowiskach pomiarowych: A, C, F – stożki napływowe, B – spływ powierzchniowy, D – kocioł eworsyjny na ścieżce turystycznej, E – nisze powstałe w wyniku erozji lawinowej, G, H – ścieżki turystyczne

Examples of processes and landforms on study sites: A, C, F – torrential fans, B – sheet flow, D – pothole in tourist footpath, E – avalanche source area, G, H – tourist trails

Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

zakumulowany w formie dwóch stożków napływowych w brzeżnej strefie ścieżki, o długości 2,4 i 2,0 m oraz szerokości 1,3 i 0,8 m. Ścieżka została więc lokalnie poszerzona. Ponadto w odległości około 5–8 m od ścieżki głównej istnieje ścieżka alternatywna, którą również poruszali się turyści. Przyczyniło się to do poszerzenia jej średnio o 0,2 m, a przez to zmniejszenia strefy z pokrywą roślinną pomiędzy ścieżką główną i alternatywną.

Stanowisko N3 obejmuje fragment stoku powyżej górnej granicy lasu w Dolinie Litworowej o wymiarach 120 m na 160 m. Średnie nachylenie stoku wynosi 32°. W sezonie zimowym ten fragment stoku jest przekształcany w wyniku erozji lawinowej, która jednak – jak można wnioskować na podstawie lawiny w 2010 r. – nie ma dużej bezpośredniej roli morfotwórczej. Skutkiem erozji lawinowej jest zniszczenie darni (ryc. 3E) i powstanie aktywnych geomorfologicznie powierzchni bezpośrednio narażonych w ciągu roku na działanie innych procesów, takich jak spłukiwanie, działalność lodu włóknistego i niwacja. Na analizowanym fragmencie stoku występują również inicjalne doliny nieckowate o głębokości 0,5–1,0 m, kształtowane głównie w wyniku spłukiwania, erozji linijnej i spełzywania.

Stanowisko T2 zostało wyznaczone w obrębie ścieżki prowadzącej na Trzydniowiański Wierch. Szerokość ścieżki w tym odcinku wynosi 11 m, a nachylenie – powyżej 20°. Przebiega ona w obrębie pokryw zwietrzelinowych. Na stanowisku występuje rozcięcie erozyjne o głębokości 0,8 m. W okresie badań zaobserwowano kilkakrotne przemieszczanie okruchów skalnych w obrębie rozcięcia. W otoczeniu analizowanego stanowiska występują trzy stożki napływowe o zróżnicowanej frakcji zakumulowanego materiału od 0,02 do 0,1 m (ryc. 3F). Średnie wymiary stożków to 0,9 m szerokości oraz 3,6 długości, powierzchnia 1,6 m^2, a objętość zakumulowanego materiału w obrębie każdego stożka – około 0,1 m^3. Szczególnie znaczące przekształcenia pokryw na stanowisku następują w okresie roztopów. Pokrywa śnieżna zalegająca na ścieżce głównej przyczynia się do inicjowania nowych, alternatywnych ścieżek biegnących równolegle do głównej (ryc. 3G). W dalszym etapie tak powstałe ścieżki alternatywne ulegają poszerzaniu, przez co powiększa się powierzchnia przeznaczona do ruchu turystycznego. Szczególnie duże znaczenie w przekształcaniu stoku w obrębie ścieżki ma lód włóknisty i proces spłukiwania.

Kolejne stanowisko pomiarowe przekształceń z udziałem ruchu turystycznego T3 wyznaczono na ścieżce o nawierzchni naturalnej w Dolinie Jarząbczej. Osiąga ona tu szerokość 1,2–1,5 m, a nachylenie stoku w jej obrębie wynosi około 15°. W analizowanym fragmencie ścieżki w całym okresie badań nie zaobserwowano większych przekształceń rzeźby (ryc. 3H).

Na podstawie badań można zaobserwować różnice i podobieństwa w wykształceniu i funkcjonowaniu stoków bez oddziaływania turystycznego oraz stoków w obrębie ścieżek turystycznych w poszczególnych piętrach geoekologicznych. Największe są różnice pomiędzy piętrem leśnym a piętrami powyżej górnej granicy lasu. W obu typach stoków można wydzielić podobne rodzaje form erozyj-

nych i akumulacyjnych, jednakże różnią się one parametrami morfometrycznymi (tab. 2). Na przykład stożki napływowe powstałe w okresie prowadzenia badań na stokach bez oddziaływania turystycznego mają powierzchnie 170–350 m^2, natomiast na stokach w obrębie ścieżek stożki osiągają ledwie kilka metrów kwadratowych. Największe rozmiary na stokach bez oddziaływania antropogenicznego w badanym obszarze osiągają stożki napływowe w piętrze leśnym. Wynika to z większej aktywności i zasięgu spływów torencjalnych w tym piętrze geoekologicznym (Krzemień, 1991). W przypadku stoków użytkowanych turystycznie lokalizacja stożków w piętrach geoekologicznych nie wpływa znacząco na ich rozmiary.

Tabela 2. Parametry morfometryczne wybranych form terenu w obszarze badań
Morphometric parameters of selected landforms in the study area

Formy terenu *Landforms*	Stoki bez oddziaływania turystycznego *Slope without tourists impact*		Stoki w obrębie ścieżek turystycznych *Slope within the tourist path*	
Rozcięcia erozyjne (głębokość) (m) *Erosion gullies (depth) (m)*	1,5	Wyżnia Kira Miętusia	0,8	Dolina Jarząbcza –Trzydniowiański Wierch
Nisze niwacyjne i erozji lawinowej (głębokość / średnia szerokość) (m) *Nival niches and avalanche source areas (depth / mean width) (m)*	0,2 / 17	Dolina Litworowa	0,2 / 2	Dolina Staroro-bociańska–Siwa Przełęcz
Kotły eworsyjne (głębokość) (m) *Potholes (depth) (m)*	–	–	0,4	Przełęcz Łucz-niańska–Rakoń
Stożki napływowe (maksymalna szerokość / długość) (m) *Torrential fans (maximum width / length) (m)*	18 / 20	Wielkie Koryciska	0,9 / 3,6	Dolina Jarząbcza –Trzydniowiański Wierch
	31 / 23	Wyżnia Kira Miętusia	1,3 / 2,4	Trzydniowiański Wierch–Kończysty Wierch

Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

Kolejne różnice w przekształcaniu analizowanych stoków związane są z wielkością i tempem zmian rzeźby. Na stoku w Dolinie Litworowej (N3) rozwój form zachodzi wolniej niż na ścieżce prowadzącej na Trzydniowiański Wierch (T2). Może to wynikać z naturalnego opancerzenia powierzchni stoku w Dolinie Litworowej, które chroni go przed działaniem procesów morfogenetycznych. W obrębie ścieżki mechaniczne oddziaływanie ruchu turystycznego powoduje dezintegrację podłoża, dlatego pokrywy są bardziej podatne na erozję.

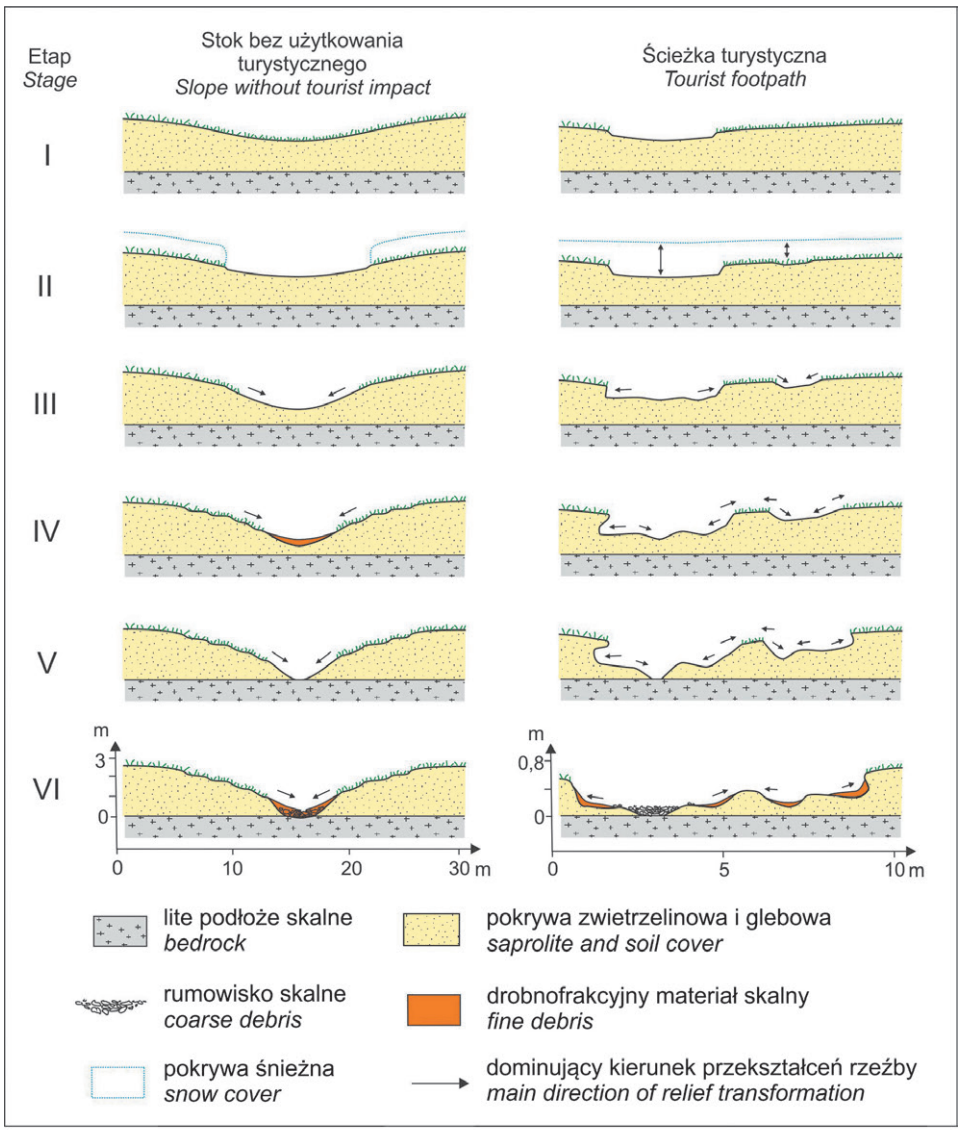
Z kolei porównując przekształcenia rzeźby w obrębie ścieżek w piętrze leśnym oraz powyżej górnej granicy lasu możemy zauważyć, że w piętrze subalpejskim i alpejskim są one wywołane głównie przez procesy naturalne i ruch turystyczny.

Wyjątkiem są odcinki ścieżek w bezpośrednim sąsiedztwie kosodrzewiny, która ogranicza negatywne oddziaływanie ruchu turystycznego.

Zestawiając dane z kartowania geomorfologicznego wszystkich ścieżek w badanym obszarze możemy zauważyć, że w piętrze leśnym 94% ścieżek ma szerokość <2 m; 5% – 2–5 m i zaledwie 1% – >5 m. W piętrach subalpejskim i alpejskim jest 77% ścieżek <2 m; 12% o szerokości 2–5 m oraz 11% – >5 m. Szerokość jest jednym z parametrów morfometrycznych wskazujących na stopień przekształceń rzeźby w obrębie ścieżek turystycznych: im szersza ścieżka, tym większe zróżnicowanie form erozyjnych i akumulacyjnych.

Przekształcenia stoków powyżej górnej granicy lasu

Obszar wysokogórski cechuje się dużym zróżnicowaniem form i procesów morfogenetycznych, dlatego istotne jest określenie podobieństw i różnic w przekształceniach stoków bez oddziaływania turystycznego oraz stoków użytkowanych turystycznie w dłuższym okresie. Na podstawie obserwacji na stanowiskach powyżej górnej granicy lasu można wnioskować o rozwoju analizowanych fragmentów stoków. Przekształcenia rzeźby badanych stoków przedstawione zostały na schemacie konceptualnym (ryc. 4). W początkowym etapie stok bez oddziaływania turystycznego jest pokryty roślinnością i działające tu procesy są mało aktywne, natomiast na ścieżce występują niewielkie powierzchnie pozbawione roślinności powstałe w wyniku wydeptywania przez turystów (ryc. 4 I). Kolejne etapy rozwoju stoków zależne są od warunków pogodowych. Na stoku bez użytkowania turystycznego nieckowate zagłębienie jest predysponowane do większej aktywności lawinowej zimą oraz erozji linijnej latem. W wyniku zejścia lawiny zostaje usunięta pokrywa roślinna wraz z wierzchnią warstwą zwietrzeliny (ryc. 4 II). Takie miejsce jest przekształcane przede wszystkim przez niwację, lód włóknisty oraz spłukiwanie powierzchniowe. Procesy te przyczyniają się do pogłębiania formy wklęsłej (ryc. 4 III). Natomiast na ścieżce prowadzącej na Trzydniowiański Wierch w okresie wiosennych roztopów pokrywa śnieżna zalega dłużej, dlatego turyści poruszają się poboczami – w efekcie powstają ścieżki alternatywne (ryc. 4 II). W późniejszym etapie strefy takie narażone są na spłukiwanie i działalność lodu włóknistego, szczególnie w porze niweo-pluwialnej. Procesy te, w połączeniu z ruchem turystycznym, powodują pogłębianie i poszerzanie stref zdegradowanych (ryc. 4 III i IV). W czasie roztopów na stoku bez oddziaływania turystycznego przepojenie pokryw sprzyja ich spełzywaniu. W jego wyniku materiał ze zboczy jest dostarczany do dna doliny denudacyjnej (ryc. 4 IV). W następujących po sobie bardziej i mniej wilgotnych okresach dochodzi do naprzemiennego rozcinania i akumulacji materiału deluwialnego i koluwialnego w dnie doliny. Po docięciu się do litego podłoża pogłębianie dolin denudacyjnych zachodzi dalej, ale wolniej (ryc. 4 V). Na stoku w obrębie ścieżki ruch turystyczny w okresie wiosenno-letnim przyczynia się do zintensyfikowa-



Ryc. 4. Etapy przekształceń stoków powyżej górnej granicy lasu (objaśnienia etapów w tekście)
Stages to the transformation of slopes above the upper timberline (explanation of stages as in the text)
Opracowanie własne. / Authors' own elaboration.

nia procesów erozyjnych na stoku. Wskutek tego powstają rozcięcia erozyjne, nisze o różnej genezie oraz ostańce darniowe. Podobnie jak w przypadku stoku bez oddziaływania antropogenicznego, pogłębianie rozcięć słabnie po docięciu się do litego podłoża (ryc. 4 V). Rozwój form erozyjnych i akumulacyjnych na

ścieżce jest bardziej dynamiczny niż na stoku bez oddziaływania turystycznego. Jednakże największe przekształcenia rzeźby na obu typach stoków zachodzą podczas zdarzeń o dużej energii. W przypadku stoku bez oddziaływania turystycznego w wyniku kolejnych zdarzeń ekstremalnych rozcięcie erozyjne jest na przemian rozcinane i zasypywane rumowiskiem skalnym (ryc. 4 VI). Z kolei w czasie zdarzeń ekstremalnych na stoku w obrębie ścieżki najbardziej intensywnym procesem jest spłukiwanie linijne. Jego skutkiem jest rozwój rozcięć erozyjnych oraz stożków napływowych. W wyniku kolejnych zdarzeń dochodzi do obniżania i powiększania powierzchni zdegradowanych na stoku poprzez niszczenie pokrywy roślinnej i zwietrzelinowej (ryc. 4 VI).

Opisany schemat odnosi się do konkretnych fragmentów stoków w Dolinie Litworowej i na Trzydniowiańskim Wierchu. Na fragmentach stoków o odmiennych uwarunkowaniach naturalnych będą nieco inne kierunki rozwoju. Dlatego ważne jest rozpatrywanie przekształceń rzeźby w mniejszej skali, w odniesieniu do konkretnych form terenu.

Podsumowanie

Badania prowadzone w obszarach górskich wskazują, że użytkowanie turystyczne wpływa na zwiększenie aktywności licznych procesów morfogenetycznych (Łajczak, 1996; Prędki, 1999; Buchwał i Fidelus, 2008; Gorczyca i Krzemień, 2009). Wielkość przekształceń rzeźby zależy jednak od uwarunkowań naturalnych, co wykazane zostało m.in. w badaniach K. Krzemienia (1997, 2008), na wulkanicznych stokach Masywu Monts Dore. Obserwacje autorek prowadzą do wniosku o znacznym lokalnym stopniu przekształcenia rzeźby na stokach w obrębie ścieżek. Dowodem są szerokie do 11 m strefy pozbawione pokrywy roślinnej z licznymi formami erozyjnymi (np. fragmenty ścieżki prowadzącej na Trzydniowiański Wierch powyżej górnej granicy lasu). Przekształcenia rzeźby na stokach poddawanych oddziaływaniu turystycznemu w TPN, związane z coraz większym natężeniem ruchu turystycznego, stanowią znaczny problem i wymuszają podejmowanie działań w kierunku ich ograniczenia. Projekty tego rodzaju działań ze strony TPN są nawet dofinansowywane z funduszy UE, jak np. projekt, którego celem jest zmniejszenie presji turystycznej w obrębie masywu Czerwonych Wierchów (www.ckps.pl).

Obserwacja funkcjonowania stoków bez oddziaływania turystycznego oraz stoków w obrębie ścieżek prowadzi do wniosku, że oddziaływanie antropogeniczne odgrywa znaczącą rolę w inicjowaniu przekształceń rzeźby. Na analizowanych stokach bez oddziaływania turystycznego znaczne przekształcenia występowały epizodycznie – w latach 2009–2011 wystąpiło po jednym zdarzeniu tego rodzaju. Badania prowadzone w dłuższym czasie potwierdzają małą częstość przekształceń stoków bez oddziaływania antropogenicznego (Krzemień, 1988). Na stokach, którymi przebiegają ścieżki, intensywne przemiany rzeźby

występują częściej. Oprócz zdarzeń o większym przyłożeniu siły można wyróżnić w ciągu roku okresy, kiedy pokrywy na stoku poddawanym oddziaływaniu turystyki pieszej są szczególnie narażone na przekształcenia. Są to szczególnie okresy wiosennych roztopów; intensywne przekształcanie stoków w tym czasie zaobserwowano również w innych obszarach górskich np. w Masywie Monts Dore (Krzemień, 1997), na Pilsku (Łajczak, 1996) czy w Parku Narodowym Daisetsuzan (Yoda i Watanabe, 2000).

Intensyfikowanie procesów w obrębie ścieżek prowadzi do poszerzania stref zdegradowanych na większą skalę niż na stokach bez oddziaływania turystów (ryc. 4). Na powierzchniach bez trwałej pokrywy roślinnej na stokach bez odziaływania turystycznego w okresach pomiędzy zdarzeniami o większym przyłożeniu siły następuje ponowna stabilizacja pokryw w wyniku sukcesji roślinności (Prędki, 2000). Jeśli chodzi o strefy zdegradowane stoków użytkowanych turystycznie, należy zadbać o ograniczenie ich rozprzestrzeniania (Rechefort i Swinney, 2000; Skawiński i Krzan, 2002; Mihai i inni, 2009). Dobór odpowiednich metod wymaga szczegółowego rozpoznania uwarunkowań geomorfologicznych i turystycznych.

Wnioski

Na obu typach badanych fragmentów stoków występują podobne formy terenu, ale o różnych parametrach morfometrycznych; różny jest także udział powierzchni pozbawionych pokrywy roślinnej, najbardziej podatnych na oddziaływanie naturalnych procesów morfogenetycznych. Powyżej górnej granicy lasu na stokach bez oddziaływania turystycznego dominującym typem powierzchni bez trwałej pokrywy roślinnej są nisze kształtowane przez niwację i erozję lawinową.

Mechaniczne oddziaływanie turystów na stokach w obrębie ścieżek sprzyja rozwojowi powierzchni bez trwałej pokrywy roślinnej i wpływa na dezintegrację pokryw zwietrzelinowych, szczególnie w obszarach powyżej górnej granicy lasu. Na stokach bez oddziaływania turystycznego na takich powierzchniach występuje obrukowanie gruzowe, które czyni je bardziej odpornymi na działanie procesów morfogenetycznych.

*

Autorki dziękują Instytutowi Meteorologii i Gospodarki Wodnej za udostępnienie danych opadowych, a Dyrekcji Tatrzańskiego Parku Narodowego – danych o ruchu turystycznym.

Piśmiennictwo / References

Bac-Moszaszwili M., Burchart J., Głazek J., Iwanow A., Jaroszewski W., Kotański Z., Lefeld J., Mastella L., Ozimkowski W., Roniewicz P., Skupiński A., Westwalewicz-Mogilska E., 1979, *Mapa geologiczna Tatr, 1:30 000*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

Barnikel F., Becht M., 2003, *A historical analysis of hazardous events in the Alps – the case of Hindelang (Bavaria, Germany)*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 3, 6, s. 625–635.

Baumgart-Kotarba M., Dec J., Kotarba A., Ślusarczyk R., 2008, *Glacial trough and sediments infill of the Biała Woda Valley (the High Tatra Mountains) using geophysical and geomorphological methods*, Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 42, s. 95–108.

Bielawska M., Tsermegas I., 2009, *Anthropogenic degradation of the tourist trail in the Samaria Gorge (Western Creta)*, Landform Analysis, 10, s. 5–10.

Boltiziar G., Bugar G., Hresko J., Kohut F., 2008, *The dynamics of recent geomorphic processes in the Alpine Zone of the Tatra Mountains*, Geographia Polonica, 81, 1, s. 53–65.

Buchwał A., Fidelus J., 2008, *The development of erosive and denudational landforms on footpaths sections in The Babia Góra Massif and The Western Tatras*, Geomorphologia Slovaca at Bohemica, 2, s. 14–24.

Buchwał A., Rogowski M., 2010, *The methods of preventing trail erosion on the examples of intensively used footpaths in the Tatra and the Babia Góra National Parks*, Geomorphologia Slovaca at Bohemica, 1, s. 7–15.

Buchwał A., Fidelus J., Rogowski M., 2009, *Relief transformation along footpaths in The Riła, Piryn and Western Tatra Mountains*, Landform Analysis, 10, s. 18–25.

Cole D., Monz C., 2004, *Trampling disturbance of high-elevation vegetation, Wind River Mountains, Wyoming, USA*, Arctic and Alpine Research, 34, 4, s. 365–376.

Crosta G.B., Dal Negro P., Frattini P., 2003, *Soil slips and debris flows on terraced slopes*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 3, 1-2, s. 31–42.

Crozier M.J., 2009, *Landslide geomorphology: An argument for recognition, with examples from New Zealand*, Geomorphology, 120, s. 3–15.

Czochański J.T., Szydarowski W., 2000, *Diagnoza stanu i zróżnicowanie przestrzenno-czasowe użytkowania szlaków turystycznych w TPN*, [w:] D. Borowiak, J.T. Czochański (red.), *Z badań geograficznych w Tatrach Polskich*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, s. 207–228.

Decaulne A., Saemundsson T., 2006, *Geomorphic evidence for present-day snow-avalanche and debris-flow impact in the Icelandic Westfjords*, Geomorphology, 80, s. 80–93.

Gądek B., Grabiec M., Kędzia S., Rączkowska Z., 2010, *Struktura wewętrzna i morfodynamika wybranych stoków gruzowych Tatr w świetle pomiarów georadarowych i lichenometrycznych*, [w:] A. Kotarba (red.), *Nauka a zarządzanie obszarem Tatr i ich otoczeniem, T. I*, Wydawnictwo TPN, Zakopane, s. 55–61.

Gorczyca E., 2000, *Wpływ ruchu turystycznego na przekształcanie rzeźby wysokogórskiej na przykładzie masywu Czerwonych Wierchów i Regli Zakopiańskich*, Prace Geograficzne UJ, 105, s. 369–389.

Gorczyca E., Krzemień K., 2009, *Rola antropopresji w przekształcaniu obszarów wysokogórskich na przykładzie Tatr i Monts Dore*, Prace i Studia Geograficzne UW, 41, s. 89–106.

Izmaiłow B., 1984, *Eolian process in alpine belt of the High Tatra Mts., Poland*, Earth Surface Processes and Landforms, 9, 2, s. 143–151.

Jacobson R.B., Miller A.J., Smith J.A., 1989, *The role of catastrophic geomorphic events in central Appalachian landscape evolution*, Geomorphology, 2, 1-3, s. 257–284.

Kaszowski L., Krzemień K., 1979, *Channel subsystems in the Polish Tatra Mountains*, Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 11, s. 149–161.

Klimaszewski M., 1988, *Rzeźba Tatr Polskich*, red. M. Rajpert, PWN, Warszawa.

Kłapa M., 1980, *Procesy morfogenetyczne i ich związek z sezonowymi zmianami pogody w otoczeniu Hali Gąsienicowej w Tatrach*, Dokumentacja Geograficzna, 4, Warszawa.

Kotarba A., 1970, *Investigations of contemporaneous morphogenetic processes in the Western Tatra Mountains*, Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 13, s. 149–161.

Kotarba A., 1976, *Współczesne modelowanie węglanowych stoków wysokogórskich*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 120, Warszawa.

Kotarba A., 1992, *Natural environment and landform dynamics of the Tatra Mountains*, Mountains Research and Development, 12, 2, s. 105–129.

Kotarba A., 1997, *Formation of High-Mountain Talus slopes Related to Debris-Flow Activity in the High Tatra Mountains*, Permafrost and Periglacial Processes, 8, s. 191–204.

Kotarba A., 2002, *Współczesne przemiany przyrody nieożywionej w Tatrzańskim Parku Narodowym*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, Instytut Botaniki PAN, Kraków, Wydawnictwo TPN, Zakopane, s. 13–19.

Kotarba A., Kaszowski L., Krzemień K., 1987, *High-mountain denudational system of the Polish Tatra Mountains*, Geographical Studies, 3, s. 7–106.

Kozłowska A., Rączkowska Z., 1999, *Środowisko wysokogórskie jako system wzajemnie powiązanych elementów*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 174, s. 121–132.

Krusiec M., 1996, *Wpływ ruchu turystycznego na przekształcanie rzeźby Tatr Zachodnich na przykładzie Doliny Chochołowskiej*, Czasopismo Geograficzne, 67, s. 303–320.

Krzemień K., 1988, *The dynamics of debris flows in the upper part of the Starorobociańska Valley (Western Tatra Mts.)*, Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 22, s. 123–144.

Krzemień K, 1991, *Dynamika wysokogórskiego systemu fluwialnego na przykładzie Tatr Zachodnich*, Rozprawy Habilitacyjne IGiGP UJ, 215.

Krzemień K., 1997, *Morfologiczne skutki gospodarki turystycznej w obszarze wysokogórskim na przykładzie masywu les Monts Dore (Francja)*, [w:] B. Domański (red.), *Geografia. Człowiek. Gospodarka*, Wydawnictwo IGiGP UJ, Kraków, s. 277–286.

Krzemień K., 1999, *Structure and dynamics of the high-mountain channel of river Plima in the Ortler-Cedevale Massive (South Tirol),* Prace Geograficzne UJ, 104, s. 41–55.

Krzemień K., 2008, *Contemporary landform development in the Monts Dore Massif, France,* Geographia Polonica, 81, 1, s. 67–78.

Krzemień K., Libelt P., Mączka T., 1995, *Geomorphological conditions of the timberline in the Western Tatra Mountains,* Prace Geograficzne UJ, 98, s. 155–170.

Łajczak A., 1996, *Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na erozję gleby w obszarze podszczytowym Pilska*, [w:] A. Łajczak, S. Michalik, Z. Witkowski (red.), *Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na przyrodę masywu Pilska*, Studia Naturae, 41, s. 131–159.

Mihai B., Reynard E., Werren G., Savulescu I., Sandric I., Chitu Z., 2009, *Impacts of tourism on geomorphological processes in the Bucegi Mountains in Romania*, Geographica Helvetica, 64, 3, s. 134–147.

Niedźwiedź T., 1992, *Climate of the Tatra Mountains*, Mountain Research and Development, 12, 2, s. 131–146.

Nyberg R., 1989, *Observations of slushflows and their geomorphological effects in the Swedish mountain area*, Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography, 71, 3-4, s. 185–198.

Olive N., Marion J., 2009, *The influence of use-related, environmental, and managerial factors on soil loss from recreational trails*, Journal of Environmental Management, 90, s. 1483–1493.

Prędki R., 1999, *Ocena zniszczeń środowiska przyrodniczego Bieszczadzkiego Parku Narodowego w obrębie pieszych szlaków turystycznych w latach 1995–1999 – porównywanie wyników monitoringu,* Roczniki Bieszczadzkie, 8, s. 343–352.

Prędki R., 2000, *Przemiany właściwości powietrzno-wodnych gleb w obrębie pieszych szlaków turystycznych Bieszczadzkiego Parku Narodowego*, Roczniki Bieszczadzkie, 9, s. 225–235.

Rączkowska Z., 2006, *Recent geomorphic hazards in the Tatra Mountains,* Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 11, s. 45–60.

Rączkowska Z., Kozłowska A., 2002, *Odzwierciedlenie wpływów antropogenicznych w wybranych elementach środowiska przyrodniczego otoczenia Kasprowego Wierchu*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, Instytut Botaniki PAN, Kraków, Wydawnictwo TPN, Zakopane, s. 403–406.

Rączkowska Z., Kozłowska A., 2010, *Wpływ turystyki na rzeźbę i roślinność przy ścieżkach w otoczeniu Kasprowego Wierchu*, [w:] Z. Krzan (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek*, Wydawnictwo TPN, Zakopane, s. 21–28.

Rechefort R.M., Swinney D.D., 2000, *Human Impact Survey in Mount Rainer National Park: Past, Present and Future,* USDA Forest Service Proceedings RMRS-P15, 5, s. 165–171.

Skawiński P., Krzan Z., 2002, *Restytucja szaty roślinnej kopuły Kasprowego Wierchu w latach 1993–2001*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, Instytut Botaniki PAN, Kraków, Wydawnictwo TPN, Zakopane, s. 407–411.

Skiba S., 2002, *Mapa gleb Tatrzańskiego Parku Narodowego*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*, Instytut Botaniki PAN, Kraków, Wydawnictwo TPN, Zakopane, s. 21–26.

Troll C., 1973*, The upper timberlines in different climatic zones*, Arctic and Alpine Research, 5, 3, s. 3–18.

www.ckps.pl: http://www.ckps.pl/img/20120730_084114_2_2012_lista_rankingowa.pdf (09.07.2013).

www.geoportaltatry.pl: http://www.geoportaltatry.pl/portal/ (28.07.2013)

www.tpn.pl: http://www.tpn.pl/files/news/editor/files/doszacowania_2000-2010.pdf; http://www.tpn.pl/files/news/editor/files/Doszacowania%20_2011.pdf (09.07.2013).

Yoda A., Watanabe T., 2000, *Erosion of mountain hiking trail over a seven-year period in Daisetsuzan National Park, Central Hokkaido, Japan*, [w:] D.N. Cole, S.F. Mc-Cool, W.T. Borrie, J.O. Loughlin (red.), *Wilderness Science in a Time of Change Conference*, Wilderness Ecosystems, Threats and Management, Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, Utah, 5, 15, s. 172–178.

[Wpłynęło: czerwiec 2012; poprawiono: lipiec 2013 r.]

JOANNA FIDELUS, ELIZA PŁACZKOWSKA

CONTEMPORARY TRANSFORMATION OF SLOPES IN THE WESTERN TATRAS – AS EXEMPLIFIED BY FRAGMENTS WITH TOURIST FOOTPATHS OR ELSE LACKING HUMAN IMPACT

The work described here sought to compare the transformation of relief on mountain slopes lacking tourist impact or else dissected by footpaths and trails. This reflected a hypothesis that the recognition of similarities and differences to the processes occurring on the two types of slopes would enhance understanding of slope systems and their development, as well as various aspects of tourist management.

The wider study area consisted of the area within Poland's Tatra National Park known as the Western Tatra Mountains. Specifically, detailed field research was conducted in the Chochołowska, Kościeliska and Staników Valleys.

Geomorphological mapping using GPS was the principal method used to study transformation of slope relief. It was conducted with the aid of topographical maps at a scale of 1:10 000. Measurements of longitudinal profiles and cross sections were made on footpaths and natural slope surfaces. Landforms were subject to measurement in different seasons of the year between from 2009 and 2011. The data from the Staników Valley was taken into consideration after an extreme event in 2007. Tourist traffic measurements were carried out by means of a tourist counter made by EcoCounter.

Differences in morphogenetic processes between slopes without tourist impacts or else dissected by footpaths were found to be generating different development trends. This is directly connected with sediment movement and the development of erosive and accumulation landforms. Examples of differential effects as regards transport include the torrential fans on the two kinds of slopes (the ones on the slope experiencing no tourist impact being larger and consisting of larger grains than the ones on the slopes dissected by footpaths.

High-mountain areas are characterized by a wide variety of relief changes, but the diversity depends on slope usage. Thus the same types of process taking place on a slope without tourist impact and on another dissected by footpaths produce different effects – effects that in turn arise out of the different percentage areas on the different slopes accounted for by bare areas. Footpaths and tourist roads are the features most exposed to transformation of relief on account of their prominent bare surfaces. Moreover, the mechanical impact of tourists contributes to soil and saprolite fragmentation. However, bare surfaces on the slope lacking tourist impact are characterized by the presence of rock pavement, which can make them more resistant to erosion. The intensity of morphogenetic processes is thus lower on a slope without tourist impact than on one which is dissected by footpaths. This is the result of close interactions ongoing between the impact of tourist traffic and natural processes. The mechanical impact of tourists has different types of negative effect, of which the most important is alternative footpath formation. This type of tourist impact produces degraded zones predisposed to further transformation by natural processes. The result is incisions, evorsion hollows and nival and deflation niches, as well as gelideflation steps along footpaths.

Landform changes contribute to the expansion of denuded surfaces, which undergo further transformation via morphogenetic processes on both types of slope. Nevertheless, the origins of the denuded surfaces are heterogeneous in relation to the two types of slope. On a slope not impacted upon by tourists, it is mainly extreme processes that are responsible for the most major relief transformations – on surfaces without vegetation. However, on a slope dissected by footpaths, anthropogenic degradation is the key to the development of bare surfaces.

http://rcin.org.pl