

Deterioracja ścian drogi wspinaczkowej na Niżnie Jasiowe Turnie (Tatry Zachodnie) spowodowana procesami naturalnymi oraz działalnością taternicką

Marek Rembiś¹, Maria Jaranowska¹, Alicja Masny¹



M. Rembiś



M. Jaranowska



A. Masny

Indications of deterioration of the walls of the climbing route on the Niżnie Jasiowe Turnie Peak (Western Tatra Mts.) caused by natural weathering processes and mountaineering activities. *Prz. Geol.*, 71: 2–11; doi: 10.7306/2023.1

Abstract. In the Tatra National Park, mountaineering is allowed exclusively in designated areas. Despite the prohibition of climbing due to the legal regulations, there are other climbing routes in the Western Tatras, including those marked out on the Niżnie Jasiowe Turnie Peak. Observations made in the course of the present work prove that this route is in constant use by mountaineers. The Polish Mountaineering Association, carrying out actions to make new areas available for climbing and caving

activities, is involved in performing environmental impact assessments of such projects. The trend of such measures includes the present work, which focuses on climbing route No. 15 “Muskatówka” on the Niżnie Jasiowe Turnie Peak. The purpose of the study was to show the indications of deterioration of the rock wall caused by mountaineering activities and natural weathering processes, and to assess the resistance of the rock bed to such destructive factors. The lithological variability of the rocks was characterized, their physical properties were studied, and their frost resistance, microhardness and abrasiveness were determined. The results of Cerchar’s abrasiveness were used to assess the susceptibility of the rock to scratching by metal elements of climbing equipment. The study showed that the impact of mountaineering activities on the deterioration of the wall of the climbing route on the Niżnie Jasiowe Turnie Peak is insignificant. Simultaneously, it was observed that the destruction of analysed rocks is caused to a much greater extent by natural weathering processes. In addition, the favourable physical-mechanical properties of the rocks outcropping in the climbing wall create the possibility of using the so-called “own belay” during climbing, instead of fixed belay points. In a protected area such as the Tatra National Park, it is increasingly necessary to take into account its many functions and meet the expectations of the various users of this “common good”. It is therefore indispensable to discuss the possibility of making new areas available for climbing activities.

Keywords: Niżnie Jasiowe Turnie Peak, layered dolomite, dolomitic breccia, mountaineering activities

Podstawowym celem ustanowienia instytucjonalnych form ochrony przyrody Tatrzańskiego Parku Narodowego (TPN) jest ochrona przyrody nieożywionej i ekosystemów oraz minimalizacja negatywnych skutków udostępniania obszaru parku. Coraz częściej zachodzi jednak potrzeba uwzględniania innych funkcji tego obszaru oraz prowadzenia w jego granicach działalności edukacyjnej i rekreacyjnej. W Rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 6 lipca 2021 r. (Dz.U. 2021 poz. 1462) wskazano obszary i miejsca udostępniane na terenie TPN do różnych celów rekreacyjnych, którymi są np. taternictwo powierzchniowe i wspinaczka skałkowa. Działalność ta może być uprawiana w Tatrach Wysokich, w rejonie Morskiego Oka, od Przełęczy Białczańskiej, przez Rysy, Mięguszwieckie Szczyty i Cubrynę, do Wrót Chałubińskiego, ponadto w rejonie Doliny Pięciu Stawów Polskich wraz z Dolinką Buczynową, od szczytu Świnicy do przełęczy Zawrat oraz w obszarze Hali Gąsienicowej od Żółtej Przełęczy, przez Granaty, Kozi Wierch, Zawratową Turnię, Świnicę, do Świnickiej Przełęczy (Rozporządzenie, 2021). W 2007 r. Tatrzański Park Narodowy udostępnił do wspinaczki sportowej również dwie skałki w paśmie regli Tatr Zachodnich: zachodnią ścianę bramy skalnej w wylotu Doliny Lejowej oraz skałkę w żlebie Jaroniec. W 2018 r. do listy tej została dołączona ściana nad jaskinią Dziura, z wyłączeniem fragmentu ściany nad szlakiem turystycznym i wejściem do tej jaskini.

W innych miejscach Tatrzańskiego Parku Narodowego wspinanie się zostało zakazane, pomimo tego istnieją także inne drogi wspinaczkowe, między innymi wytyczone na Niżnich Jasiowych Turniach w Tatrach Zachodnich. Skałki te znajdują się na południowo-wschodnim stoku Pośredniego Wierszyku w zachodniej części Tatr, tuż przy wylocie Doliny za Bramką (ryc. 1). Obszar ten jest niezwykłe malowniczy. Charakteryzuje się występowaniem licznych skałek, o których geograf Antoni Wrzosek pisał w 1933 r.: *Większa odporność niektórych warstw powoduje występowanie grzebieni warstwowych, jakie obserwować można na prawym zboczu doliny, gdzie indziej zaś zwięzłość skały nie zależy zupełnie od przebiegu warstw, i tam tworzą się fantastyczne formy skalne w kształcie grzybów, kolumn, kogutków itp.* (Nyka, 1994). O samej Dolinie za Bramką pisarka i publicystka Maria J. Zaleska pisała w 1882 r.: *Wszystko to razem jest prześliczne, niby szpaler jakiś olbrzymi, poprząkany wielkimi, kamiennymi posągami* (Nyka, 1994).

Pierwsze wzmianki na temat wspinaczki skałkowej w tatrzańskich dolinach reglowych odnotowano w kronikach wypraw ratunkowych Tatrzańskiego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego (TOPR). W 1909 r. młoda taterniczka, Helena Dłuska, miała wypadek podczas samotnej wspinaczki na Kominy Strążyckie. Spadła z dolomitowego ostańca i stoczyła się żlebem ok. 65 m w dół, aż do dna

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; rembis@agh.edu.pl; kosla@agh.edu.pl; ORCID ID: M. Rembiś – 0000-0003-2879-3949; M. Jaranowska – 0000-0002-3591-0309

Doliny Strążyskiej, gdzie nieprzytomną odnaleźli turyści spacerujący szlakiem (Jagiełło, 1991).

Wspinaczka skałkowa w rejonie regli tatrzańskich stała się popularna tuż po drugiej wojnie światowej i była legalna do czasu utworzenia Tatrzańskiego Parku Narodowego w dniu 1 stycznia 1955 r. Na początku wspinano się klasycznie, z asekuracją własną, to znaczy poprzez mocowanie punktów asekuracyjnych z wykorzystaniem naturalnych struktur skalnych, takich jak szczeliny lub rysy. Częściej odwiedzane drogi wspinaczkowe uzbrojono w stałe punkty asekuracyjne. W latach 90. XX w. wzrost popularności sportowej wspinaczki skałkowej sprawił, że na dziewiczych do tej pory ścianach Jasiowych Turni pojawiło się ponad 20 trudnych dróg wspinaczkowych (Cywiński, 1994). Jedną z nich jest droga nr 15, tzw. Muskatówka, wytyczona na przełomie lat 80. i 90. XX w. przez Jana Muskata, który wyposażył tę trasę w nity, czyli stalowe kotwy do osadzania punktów asekuracyjnych. O ciągłej popularności tej trasy świadczą nowe, atestowane punkty asekuracyjne typu ring, wykonane ze stali nierdzewnej, osadzone w 2010 r. Wyniki obserwacji prowadzonych w trakcie realizacji niniejszej pracy świadczą o stałym korzystaniu taterników z tej trasy, a w sierpniu 2020 r. w serwisach prasowych pojawiła się informacja o śmiertelnym wypadku, do którego doszło na Niżnich Jasiowych Turniach podczas samotnej wspinaczki doświadczonego taternika wyposażonego w sprzęt do autoasekuracji.

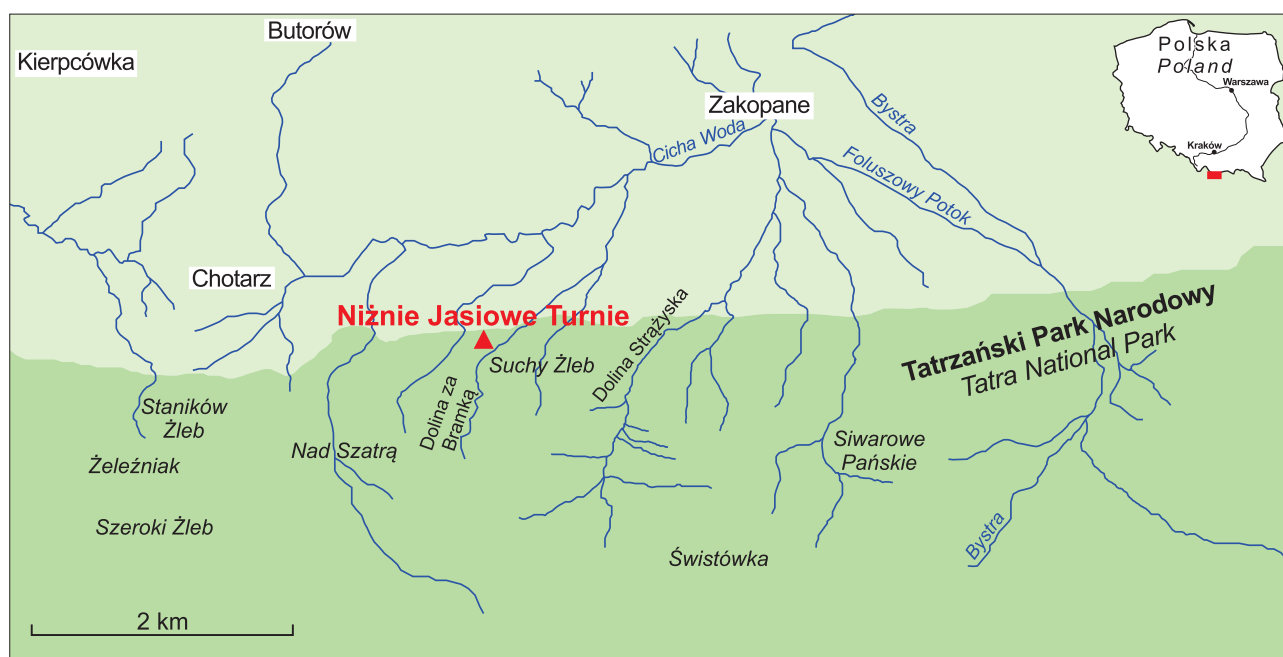
Według niektórych badaczy działalność taternicka ma negatywny wpływ na środowisko, ponieważ powoduje jego zróżnicowane przekształcenia, zwłaszcza budowy geologicznej, rzeźby terenu, gleby i szaty roślinnej. Skutkiem działalności taterników może być wydeptywanie roślinności i usuwanie zwietrzliny, szczególnie na popularnych drogach wspinaczkowych oraz degradacja stoku poprzez wygładzanie i rysowanie skały, rozszerzanie szczeliny (hakodziury), tworzenie wyrw i nisz oraz pozostawianie przez taterników w ścianach stałych punktów ase-

kuracyjnych – haków, ringów i spitów (np. Balon, 1981, 1983; Piękoś-Mirek, 1985; Skawiński, 1993; Czochoński, Szydarowski, 1996, 2000; Mirek, 1996; Gorczyca, Krzemień, 2000; Kozłowska, Rączkowska, 2000; Jodłowski, 2003).

W prace dotyczące oceny wpływu działalności taternicko-jaskiniowej na przyrodę tatrzańską czynnie angażuje się Polski Związek Alpinizmu (PZA). Podejmuje on także działania na rzecz ochrony przyrody tatrzańskiej, m.in. takie jak sadzenie kosodrzewiny, akcja sprzątania *Czyste Tatry* lub *Tatry bez młotka*, która polega na oczyszczaniu ścian ze złomu i wymianie punktów asekuracyjnych na nowe, ze stali nierdzewnej (Ciszewski i in., 2010). Jednocześnie PZA, wychodząc naprzeciw oczekiwaniom wspinaczy, od lat prowadzi rozmowy z dyrekcją TPN w sprawie udostępnienia taternikom niektórych rejonów w Tatrach Zachodnich. Ze względu na to, że TPN znajduje się w granicach obszaru *Natura 2000*, Polski Związek Alpinizmu, prowadząc działania na rzecz udostępnienia nowych obszarów działalności wspinaczkowo-jaskiniowej, zgodnie z zapisem ustawy z dnia 3 października 2008 r. (Dz.U. 2008 nr 199 poz. 1227), angażuje się w ocenę wpływu takiej działalności na środowisko (Ciszewski i in., 2010). Do nurtu tych działań należą także badania opisane w niniejszym artykule, dotyczące identyfikacji przejawów destrukcji ściany skalnej na drodze nr 15 (Muskatówka) na Niżnich Jasiowych Turniach na skutek działań wspinaczkowych i naturalnych procesów wietrzenia w aspekcie oceny odporności podłoża skalnego na czynniki niszczące.

OBSZAR BADAŃ

Trzon Tatr stanowią skały krystaliczne wraz z pokrywą mezozoicznych skał osadowych, na które nasunęły się od południa jednostki wierchowe, składające się ze skał krystalicznych i mezozoicznych skał osadowych (Uchman, 2004 za: Kotański, 1965; Bac-Moszaszwili i in., 1981, 1984; Bac-Moszaszwili, 1998; Dumont i in., 1996). Na jed-



Ryc. 1. Lokalizacja Niżnich Jasiowych Turni

Fig. 1. Location of the Niżnie Jasiowe Turnie Peak

nostki wierzchove są nasunięte jednostki reglowe o budowie łuskowo-płaszczwinowej, składające się ze skał osadowych triasu, jury oraz kredy (różnie wykształconych w poszczególnych jednostkach): dolna jednostka (kriżniańska), środkowa (choczańska) i górna (strażowska). Na utworach tych zalega posttektoniczna pokrywa osadowa paleogenu wewnątrzkarpackiego, reprezentowana w Tatrach przez tak zwany eocen numulitowy. Powyżej występuje lokalnie rozwinięta pokrywa osadów czwartorzędowych.

W paśmie jednostki reglowej dolnej (kriżniańskiej) są wydzielane trzy jednostki tektoniczne: regle wschodnie, zakopiańskie i zachodnie. W reglach zakopiańskich występują trzy płaszczwinowe cząstkowe: Małej Świnicy, Suchego Wierchu i Samkowej Czuby, do której należą Niżnie Jasiowe Turnie (Kotański, 1971). Turnie te tworzą niemal pionowo ustawione warstwy płytowych, krystalicznych dolomitów środkowego triasu, a dokładniej dolnego ladynu (Kotański, 1963). Późniejsze badania (Szulc i in., 2004) wykazały, że są to średnioławicowe dolosiltyty o cechach tempestytyw, zwieńczone brekcją syndepozycyjną dolnego i środkowego triasu (kampilu–anizyku).

Wychodnia skalna Niżnich Jasiowych Turni ma długość 100 m i wysokość od 10 m do 28 m. Obserwacje wykonano w południowej części ściany, charakteryzującej się dobrym dostępem oraz śladami czynnego użytkowania przez wspinaczy. W tym miejscu ściana ma 22 m wysokości i wystawę zachodnią (ryc. 2). Założona na niej droga wspinaczkowa jest oznaczona numerem 15 i nosi nazwę Muskatówka (Cywiński, 1994).

METODYKA

W trakcie badań terenowych dokonano oceny zmienności litologicznej skał występujących wzdłuż drogi wspinaczkowej nr 15 na ścianie Niżnich Jasiowych Turni. Zidentyfikowano i opisano przejawy działalności taterniczej oraz oznaki wietrzenia fizycznego, chemicznego i biologicznego skał tej ściany. Z osypiska u jej podnóża pobrano do badań laboratoryjnych próbki trzech odmian skał wydzielonych uprzednio w ławicach na ścianie turni.

W celu scharakteryzowania skał występujących w odsłonięciu na Niżnich Jasiowych Turniach 5 próbek skalnych poddano analizie petrograficznej w świetle przechodzącym pod mikroskopem optycznym. Zbadano także cechy fizyczne 13 próbek skał (9 próbek dolomitu uławicznego i 4 próbek brekcji dolomitycznej), takie jak: nasiąkliwość w warunkach ciśnienia atmosferycznego (wg PN-EN 13755) oraz gęstość objętościowa (wg PN-EN 1936). Odporność skał na działanie czynników mechanicznych określono na podstawie wyników badań mrozoodporności (wg PN-EN 12371), którą oznaczono na podstawie procentowych zmian objętości, masy oraz nasiąkliwości próbek po 25 cyklach ich zamrażania i rozmrażania.

Ze względu na brak możliwości pozyskania odpowiednio dużych i foremnych próbek skalnych zamiast powszechnie stosowanego oznaczenia wytrzymałości kamieni naturalnych na ściskanie i ścieralność na tarczy Boehmego wykonano badania mikrotwardości i ścierności, którym poddano 6 próbek. Należy podkreślić, że zastosowanie tych metod umożliwiło uzyskanie nowych, wartościowych informacji, niemożliwych do otrzymania za pomocą klasycznych metod badań.



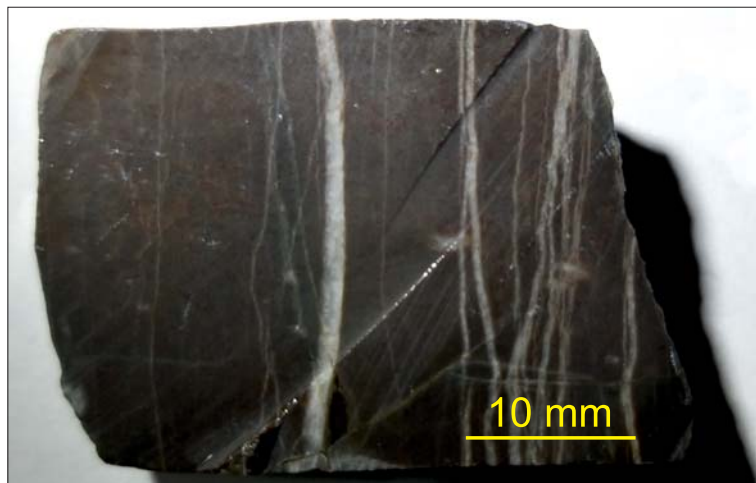
Ryc. 2. Fragment ściany wspinaczkowej na Niżnich Jasiowych Turniach. Fot. A. Masny

Fig. 2. Part of the climbing wall on the Niżnie Jasiowe Turnie Peak. Photo by A. Masny

Badanie mikrotwardości przeprowadzono za pomocą twardościomierza Knoop/Vickersa (model *HVKD-1000 IS*), stosując węgłownik Vickersa. Wykonano je na płytkach o wymiarach 40×30 mm i grubości około 10 mm, wyciętych z 6 próbek skalnych. Na każdej z płytek wykonano 20 pomiarów mikrotwardości w wybranych punktach, w których wcześniej zidentyfikowano poszczególne składniki badanych skał. W ten sposób zmierzono nie tylko mikrotwardość całej próbki skalnej, ale także jej poszczególnych składników. Procedura badawcza obejmowała automatyczne naprowadzenie węgłownika nad punkt pomiarowy, a następnie wykonanie jego wcisku w powierzchnię skały przez 10 sekund z obciążeniem 0,98 N. Mikrotwardość badana w takich warunkach jest oznaczana jako $HV_{0,1}$.

Twardość skały w poszczególnych punktach była automatycznie obliczana przez urządzenie na podstawie pomiaru głębokości wykonanego wcisku z uwzględnieniem stałych aparaturowych.

Badanie ścierności wykonano metodą Cerchar według normy AFNOR NF P 94-430-1 i ASTM D7625-10. Taką metodę oceny podatności skał na urabianie narzędziami powszechnie stosuje się w trakcie drążenia tuneli. Wyniki tego badania posłużyły do oceny podatności powierzchni skał na zarysowanie ostrymi, metalowymi elementami sprzętu wspinaczkowego. Test ścierności materiału skalnego Cerchar polega na pomiarze wielkości zużycia końcówki stalowego rysika w wyniku zarysowania nim powierzchni skały. W badaniach zastosowano normy pręty chromowo-wanadowy, kategorii 115CrV3 wg DIN, o średnicy 6 mm. Końcówka rysika była stożkowo zaostrzona pod kątem 90°. Rysik miał twardość Rockwella HRC 55, co sprawdzono przed badaniem w mikrotwardościomierzu *Testlab HVKD-1000IS*. Po umocowaniu próbki w uchwycie aparatu przesuwano po jej powierzchni rysik pod obciążeniem 70 N (mierzonym razem z masą rysika), w czasie 1 sek., na odcinku o długości 10 mm (zastosowano ogranicznik uniemożliwiający większy przesuw). Po wykonaniu rysy wymieniano rysik na nowy i przesuwano jego położenie o 10 mm w bok, a następnie ponownie zarysowywano skałę. Czynność tę wykonano pięciokrotnie na każdej próbce. Powierzchnię zużycia każdego rysika zmierzono pod mikroskopem optycznym z dokładnością do 0,01 mm, stosując powiększenie 100×. Wyniki uśredniono i wyliczono z nich wartość wskaźnika ścierności CAI (*Cerchar Abrasivity Index*).



WYNIKI BADAŃ

Petrograficzno-taternicka charakterystyka odsłonięcia

W dolnej części odsłonięcia występuje kompleks ciemnoszarych i ciemnobrązowych dolomitów o miąższości 8 m (tworzących ławice o grubości 0,01–0,4 m), przechodzących wyżej w jasnoszare, średnio i gruboławicowe dolomity z przewarstwieniami margli. Na powierzchniach dolomitów są widoczne nieliczne, cienkie (1–3 mm) żyłki białego kalcytu (ryc. 3). Warstwy są regularnie spękane i w dolnej części odsłonięcia zapadają na południowy zachód – w najniższym fragmencie kompleksu pod kątem 50°, a w jego wyższej części – 70°. Dzięki temu ten odcinek drogi wspinaczkowej ma wiele stopni i progów stanowiących dobre podparcie dla rąk i nóg.

W wyższej części odsłonięcia znajduje się kilkunastometrowy, gorzej uławicony kompleks ciemnoszarej brekcji dolomitycznej. W jego dolnej części warstwy skał są nachylone pod kątem 70° na SW, po czym stopniowo przechodzą ku górze do ustawienia pionowego. Następnie kierunek ich upadu zmienia się na NE, a kąt upadu zmniejsza od 80 do 60°. Brekcja składa się z ostrokrawędzistych okruczków skalnych (ryc. 4) średniej oraz małej wielkości (do ok. 2 cm), zlepionych spoiwem węglanowym i jest poprzecinana licznymi, wzajemnie krzyżującymi się żyłkami białego kalcytu, średnicy mniejszej od 3 mm. Warstwy są spękane nieregularnie. Powierzchnia skały jest zwietrzała, co wyraża się zmianą zabarwienia na jasnoszare i beżowe, rozpuszczaniem i wmywaniem kalcytu z żyłek oraz ze spoiwa łączącego okruczy. Układ warstw nie sprzyja wspinacze, gdyż bardzo mało jest występów i stopni skalnych oraz tzw. chwytów, czyli występów, które można ująć dłonią od góry, natomiast łatwiej są dostępne podchwyty. Wszystko to decyduje o dużej trudności technicznej tej części drogi.

Litologia skał Niżnich Jasiowych Turni

W wyniku obserwacji mikroskopowych stwierdzono, że tło skalne dolomitu uławiconego stanowią dolomikryt i dolomikrosparyt. W dolomicie tym są obecne liczne, drobne kawerny, wielkości od 0,5 do 1,5 mm. Niektóre z nich są częściowo wypełnione dolomitem anhedralnym lub subhedralnym o wielkości kryształów od 0,05–0,2 mm we wnętrzu kawerny

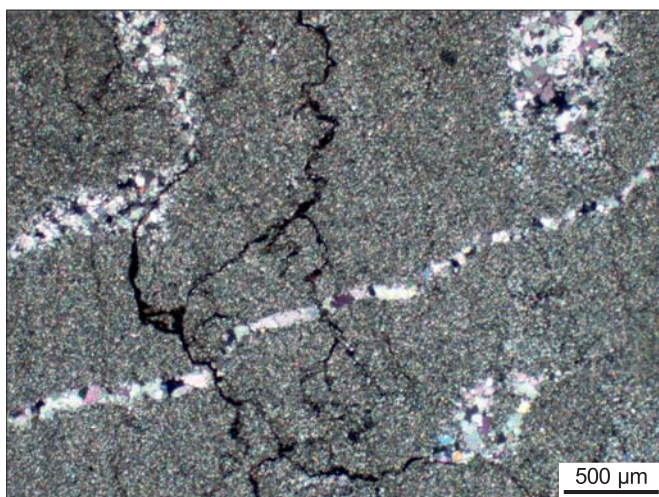


Ryc. 3. Próbką dolomitu uławiconego. Fot. M. Rembiś

Fig. 3. A sample of layered dolomite. Photo by M. Rembiś

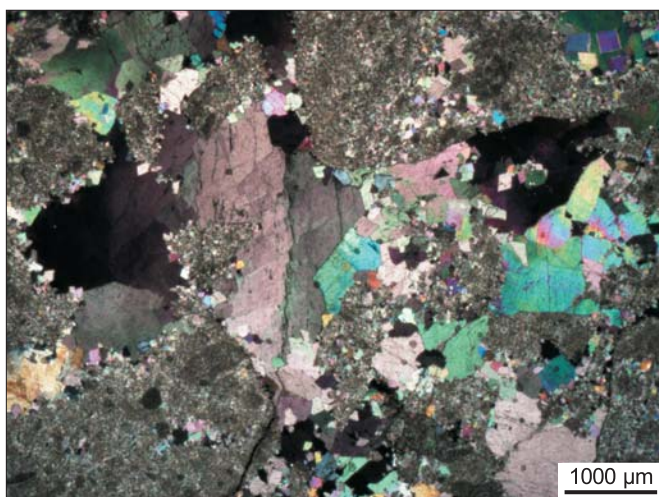
Ryc. 4. Próbką brekcji dolomitycznej o spoiwie marglistym. Fot. M. Rembiś

Fig. 4. A sample of dolomitic breccia with a marly cement. Photo by M. Rembiś



Ryc. 5. Mikroskopowy obraz dolomitu ulawionego w świetle przechodzącym. Fot. M. Jaranowska

Fig. 5. A microscopic image of the layered dolomite under transmitted light. Photo by M. Jaranowska



Ryc. 6. Mikroskopowy obraz brekcji dolomitycznej o spoiwie sparytowym w świetle przechodzącym. Fot. M. Jaranowska

Fig. 6. A microscopic image of the dolomitic breccia with a sparite cement under transmitted light. Photo by M. Jaranowska



Ryc. 7. Mikroskopowy obraz brekcji dolomitycznej o spoiwie mikrytowym w świetle przechodzącym. Fot. M. Jaranowska

Fig. 7. A microscopic image of the dolomitic breccia with a micrite cement under transmitted light. Photo by M. Jaranowska

do 0,002 mm przy jej krawędziach. Rzadziej występują drobne (0,05–0,1 mm) skupienia sparytu kalcytowego. Tło skalne jest pocięte licznymi żyłkami średnicy 0,02–3 mm, składającymi się z grubokrystalicznego kalcytu. Mają one nieregularny przebieg, często są porożrywane, a ich fragmenty są poprzesuwane. Towarzyszą im liczne spękania stylolitowe o rozwiniętej strukturze, często krzyżujące się, wypełnione substancją ilastą i związkami żelaza (ryc. 5). W skale dość liczne są pseudomorfozy dolosparytu po siarczanach, o romboidalnych lub nodularnych kształtach. Sporadycznie występują nieregularnie wykształcone laminy o prawdopodobnie mikrobialnym pochodzeniu. Mają one zmienną grubość, od ok. 0,02 do 1,2 mm. Najczęściej są wypełnione dolosparytem, dolomikrosparytem i dolomikrytem. Tego rodzaju posiarzanowe pseudomorfozy w tatrzańskich dolomitach już wielokrotnie były opisywane (Kotański, 1963, 1979; Szulc i in., 1996; Szulc, Rüffer, 1997; Skiba, Michalik, 1999, 2000; Gawęda i in., 2003). Ich obecność wiąże się z powstawaniem tych skał w środowisku niskoenergetycznej, hypersalinarnej, wewnętrznej platformy węglanowej (Szulc, Rüffer, 1997; Gawęda i in., 2003; Szulc i in., 2004). W skale są obecne liczne otwarte szczeliny powstałe na etapie jej wietrzenia.

Brekcja dolomityczna składa się z ostrokrawędzistych okruchów dolomikrytu i dolomikrosparytu, zawierających liczne peloidy o rozmiarach od 0,2 do 1 mm oraz pojedyncze bioklasty (fragmenty małży i ramienionogów). Okruchy te są bezładnie rozmieszczone w spoiwie. Czasem stykają się narożami, ale najczęściej są od siebie znacznie oddalone. Spoiwo jest wykształcone jako cement dolomitowy lub kalcytowy, rzadziej jest to matriks kalcytowy lub substancja marglista (ryc. 6, 7). Przestrzenie między ziarnami wypełnia ono całkowicie lub tylko częściowo, pozostawiając niewielkie pustki. W skale są obecne liczne żyłki dolosparytu i dolomikrosparytu lub sparytu kalcytowego. Charakteryzują się one zróżnicowaną grubością – od 0,02 do 0,8 mm. Żyłki te mają zmienną orientację, od niemal poziomej, przez ukośną, do pionowej, co powoduje, że często wzajemnie się przecinają. Stwierdzono ponadto dużą liczbę pseudomorfoz po ewaporatach, co wskazuje na kolapsyjną genezę tej brekcji (Szulc i in., 2004). Skała jest poprzecinana licznymi spękaniem i szczelinami o nieuporządkowanym przebiegu.

Fizyczno-mechaniczne właściwości skał

Badania próbek skalnych pochodzących ze ściany turni wykazały, że największą zwięzłością charakteryzuje się dolomit ulawiony o średniej nasiąkliwości 0,64% oraz średniej gęstości objętościowej 2,78 g/cm³ (tab. 1). Nieco mniejszą zwięzłość ma brekcja dolomityczna o spoiwie sparytowym, średniej nasiąkliwości 0,71% i takiej samej gęstości objętościowej jak dolomit. Natomiast najmniejszą zwięzłość ma brekcja dolomityczna o spoiwie mikrytowym lub marglistym, z dużym udziałem kawern oraz szczelin, o największej nasiąkliwości (średnio 0,94%) i nieco mniejszej gęstości objętościowej niż dolomit (średnio 2,76 g/cm³).

Największą odporność mechaniczną ma brekcja dolomityczna o spoiwie sparytowym, której mikrotwardość HV_{0,1} wynosi średnio 282,7 MPa. Wyniki badań

Tab. 1. Fizyczno-mechaniczne właściwości dolomitu i brekcji dolomitycznych Niżnich Jasiowych Turni
Table 1. Physical and mechanical properties of dolomite and dolomitic breccia on the Niżnie Jasiowe Turnie

Parametr <i>Parameter</i>	Dolomit uławicony <i>Layered dolomite</i>	Brekcja dolomityczna ze sparytem <i>Dolomitic breccia with sparite</i>	Brekcja dolomityczna z mikrytem lub subst. marglistą <i>Dolomitic breccia with micrite or marly substance</i>
	zakres wartości; średnia <i>range of values; average</i>		
Nasiąkliwość [%] / <i>Absorption [%]</i>	0,40÷1,04; 0,64	0,24÷1,03; 0,71	0,82÷1,17; 0,94
Gęstość objętościowa [g/cm ³] / <i>Bulk density [g/cm³]</i>	2,74÷2,80; 2,78	2,74÷2,82; 2,78	2,74÷2,77; 2,76
Mrozoodporność, jako: <i>Frost resistance, as:</i>	zmiana objętości po 25 cyklach badania [%] <i>change in volume after 25 test cycles [%]</i>	-1,10÷0,27; -0,17	-0,30÷1,32; 0,27
	ubytek masy po 25 cyklach badania [%] <i>weight loss after 25 test cycles [%]</i>	0,06÷0,23; 0,12	0,03÷1,10; 0,4
	wzrost nasiąkliwości po 25 cyklach badania [%] <i>increase in absorption after 25 test cycles [%]</i>	5,45÷10,58; 8,22	4,17÷31,07; 18,46
Mikrotwardość metodą Vickersa (HV _{0,1}) [MPa] <i>Vickers microhardness testing (HV_{0,1}) [MPa]</i>	190,2÷231,5; 211,8	255,3÷300,4; 282,7	121,7÷148,2; 135,5
Ścierność metodą Cerchar (wskaźnik CAI) [-] <i>Cerchar abrasivity (CAI index) [-]</i>	1,52÷2,24; 2,02	2,30÷2,67; 2,54	1,24÷1,66; 1,43

składników mineralnych tej skały wskazują (tab. 2), że jej odporność mechaniczna zależy głównie od obecności kryształów sparytu dolomitowego (dolosparytu), występującego w tej skale w formie skupień lub wypełniającego żyłki, w których osiąga największą twardość (373,5 MPa). Spośród badanych skał Niżnich Jasiowych Turni brekcja ta ma największy średni wskaźnik ścierności CAI (2,54). Zgodnie klasyfikacją Albera i in. (2015) należy do grupy skał o przeciętnych właściwościach ściernych, do której zalicza się skały o wskaźniku CAI w przedziale 2,0–2,9. Mniejszą średnią mikrotwardość ma dolomit uławicony (211,8 MPa), co jest spowodowane obecnością w tej skale dużej ilości dolomikrytu o mikrotwardości w zakresie 187,4–199,6 MPa. Wskaźnik ścierności CAI dolomitu uławiconego ma wartość 2,02, zatem również ta skała ma przeciętne właściwości ściernie. Najmniejszą odpornością mechaniczną charakteryzuje się brekcja dolomityczna o spoiwie mikrytowym lub marglistym. Jej średnia mikrotwardość wynosi zaledwie 135,5 MPa. Obniża ją obecność w spoiwie skały dolomikrytu o mikrotwardości HV_{0,1} w zakresie 88,2–199,6 MPa. Wskaźnik ścierności CAI brek-

Tab. 2. Mikrotwardość HV_{0,1} składników mineralnych dolomitu i brekcji dolomitycznych

Table 2. Microhardness HV_{0,1} of minerals of dolomite and dolomitic breccia

Rodzaj badanej powierzchni <i>Type of tested surface</i>	Mikrotwardość HV _{0,1} [MPa] <i>Microhardness HV_{0,1} [MPa]</i>
Dolosparyt / <i>Dolosparite</i>	246,5–322,2
Dolomikryt / <i>Dolomicrite</i>	187,4–199,6
Żyłka kalcytowa / <i>Calcite vein</i>	223,7–257,3
Żyłka dolomitowa / <i>Dolomitic vein</i>	298,1–373,5
Spoiwo margliste / <i>Marly cement</i>	88,2–119,4

cji z dolomikrytem (1,43) jest niemal dwukrotnie mniejszy od wskaźnika ścierności brekcji o spoiwie z dolosparytu (2,54). Według klasyfikacji Albera i in. (2015) brekcja z dolomikrytem należy do skał o niewielkich właściwościach ściernych (wskaźnik CAI zawiera się w przedziale 1,0–1,9). Stwierdzono ścisły, wprost proporcjonalny związek między wartościami mikrotwardości HV_{0,1} i wskaźnika CAI wszystkich badanych próbek, wyrażający się wysoką wartością współczynnika korelacji ($r = 0,966$).

Stan zachowania badanych skał po 25 cyklach ich zamrażania i rozmrażania był zróżnicowany. Okazało się, że najbardziej odporny na oddziaływanie procesów mrozowych jest dolomit uławicony. Na skutek wykruszenia drobnych fragmentów nastąpił niewielki ubytek masy części próbek tej skały i nieznacznie zmniejszyła się ich objętość. Objętość pozostałych próbek dolomitu wzrosła, co w połączeniu ze zwiększeniem ich nasiąkliwości, nawet o 10,58% w stosunku do stanu przed badaniem, wskazuje na powstanie w nich mikroszczelin i rozluźnienie struktury skały.

Wzrost objętości próbek brekcji dolomitycznej o spoiwie sparytowym zaznaczył się wyraźniej, osiągnął nawet 1,32%. Stwierdzono także, że w trakcie badania znacznie wzrosła nasiąkliwość brekcji – w zakresie 4,17–31,07% (średnio 18,46%). Tak duże zwiększenie nasiąkliwości skały wskazuje na powstanie w niej licznych szczelin, które prawdopodobnie połączyły ze sobą istniejące w niej kawerny i umożliwiły wnikanie wody do wnętrza skały. Niewielkie fragmenty brekcji uległy wykruszeniu, o czym świadczy ubytek masy próbek średnio o 0,40%.

Odmiernym przekształceniom uległa brekcja dolomityczna o spoiwie mikrytowym lub marglistym. Stwierdzono, że zwiększyła się objętość wszystkich próbek tej skały. Zmiana objętości brekcji dolomitycznej była średnio niemal dwukrotnie większa niż brekcji z spoiwem sparytowym, mimo że towarzyszył jej znacznie mniejszy wzrost



Ryc. 8. Fragment ściany wspinaczkowej. Widoczne przejawy wytrącania węglanów na powierzchni brekcji dolomitycznej. Fot. M. Rembiś

Fig. 8. Part of the climbing wall. Visible indications of carbonate precipitation on the surface of the dolomitic breccia. Photo by M. Rembiś

nasiąkliwości, wynoszący 4,88–14,63% (średnio 9,35%). Najprawdopodobniej przyczynę odmiennej reakcji obu brekcji na wielokrotne zamrażanie należy wiązać ze zróżnicowaną obecnością w ich spoiwie minerałów ilastych wykazujących właściwości pęczniące, które mogły częściowo uszczelnić strukturę brekcji dolomitycznej z mikrytem, rozluźnioną przez działanie zamarzającej wody. Niewielka odporność mechaniczna tej skały, podobnie jak występującego w jej spoiwie mikrytu, niewątpliwie ułatwiała wykruszanie się fragmentów skały w trakcie badania i sprzyjała powstawaniu dużego ubytku masy (średnio 1,46%).

Wszystkie trzy badane skały, pomimo zróżnicowania odporności na cykliczne działanie zamarzającej wody, mają normową odporność na zamrażanie, ponieważ średni ubytek ich objętości nie przekroczył 1%.

Analiza zależności właściwości mechanicznych skały (ścierności i mikrotwardości) od wielkości ubytku masy i wzrostu nasiąkliwości po badaniu mrozoodporności wykazała słabe związki korelacyjne, wyrażone wartością współczynnika korelacji w zakresie od $r = -0,21$ do $r = 0,19$. Można zatem wnioskować, że właściwości te są zależne od różnych cech skały, niezwiązanych bezpośred-

nie ze sobą. Tak więc np. brekcja dolomityczna o spoiwie sparytowym charakteryzuje się dużą mikrotwardością i odpornością na zarysowanie, wynikającą z rodzaju minerałów tworzących skałę i ich struktury (głównie dolosparyt), a jednocześnie może mieć zróżnicowaną nasiąkliwość i podatność na zamrażanie, uzależnioną od zmiennego udziału kawern i szczelin.

Przejawy wietrzenia

Skały Niżnich Jasiowych Turni ulegają niszczącemu oddziaływaniu czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych, typowych dla obszaru wysokogórskiego. Na powierzchni odsłonięcia są widoczne liczne spękania, któ-



Ryc. 9. Powierzchnia skały zasiedlona przez porosty. Fot. A. Masny
Fig. 9. Rock surface colonized by lichens. Photo by A. Masny



Ryc. 10. Historyczny spit – kotwa do osadzenia punktu asekuracyjnego. Fot. A. Masny

Fig. 10. Historic spit – an anchor for setting a security point. Photo by A. Masny

re powstały na skutek procesów wietrzenia fizycznego, spowodowanego sezonowymi i dobowymi wahaniami temperatury oraz zmianami zawilgocenia skał. Intensywność wietrzenia jest zróżnicowana. W wielu miejscach fragmenty skały odspoiły się od ściany i rozpadły na mniejsze części, gromadzące się u podnóża turni. Dolomity uławiczone rozpadają się na ostrokrawędziste bryły o kostkowej podzielności, natomiast fragmenty brekcji charakteryzują się nieregularnymi kształtami.

Powszechnie obserwowanym przejawem destrukcji jest także rozpuszczanie i wypłukiwanie kalcytu, który w obu odmianach skał występuje w formie gniazdowych skupień i żyłek, a w brekcji dolomitycznej jest obecny także w spoiwie. Proces ten został wywołany długotrwałym zaleganiem roztopiającego się śniegu i lodu oraz intensywnym oddziaływaniem wody opadowej nasyconej gazami i pyłami atmosferycznymi. Doprowadził on do powstania licznych, powierzchniowych form krasowych o niewielkich rozmiarach i zróżnicowanych kształtach. Z roztworów zasobnych w węglan wapnia, przemieszczających się systemem szczelin i spływających po powierzchni, wytrąciły się cienkie, powierzchniowe nacieki kalcytu lub jego grubsze pokrywy o grudkowatej strukturze (ryc. 8). Wypełnił on także niektóre ze spękań i szczelin. Tym rodzajem destrukcji została objęta przede wszystkim brekcja dolomityczna.

Powierzchnie skał zasiedliły porosty (ryc. 9) i mszaki, a w szczelinach skalnych rozrosły się kępy traw, skalnic oraz

krzewy. Korzenie i chwytniki (ryzoidy) tych roślin, rozrastając się w przestrzeni porowej i mikroszczelinach, spowodowały drobne uszkodzenia mechaniczne skał. Silne, chemiczne wiązania mszaków i porostów z węglanami (Rembiś, 2019) zainicjowały proces rozpuszczania powierzchni skały. Również rozwój systemu korzeniowego roślin wyższych w szczelinach skały zaznaczył się rozkruszaniem i odrywaniem od calizny jej fragmentów, a zawarte w ich wydzielinach korzeniowych cukry, aminokwasy, kwasy organiczne i enzymy przyczyniły się do rozpuszczania powierzchniowej warstwy skały.

Przejawy deterioracji wywołanej działalnością wspinaczkową

W ścianie wspinaczkowej Niżnich Jasiowych Turni tkwią stałe punkty asekuracyjne, takie jak: stalowe haki, ringi i spity. Część z nich wbito w nią w trakcie zakładania drogi pod koniec XX w. Obecnie kotwy te nadal są dość dobrze osadzone, ale wyraźnie skorodowane. Produkty korozji są z nich sukcesywnie wymywane przez opady atmosferyczne (ryc. 10). Deterioracja skały jest powierzchowna. Nie zaobserwowano wyraźnych przejawów wnikiwania roztworów związków żelaza do wnętrza skały. Nowsze punkty asekuracyjne (ringi i spity), współcześnie instalowane w otworach wywierconych w ścianie skalnej,



Ryc. 11. Współczesny ring osadzony w otworze za pomocą żywicy kompozytowej. Po obu jego stronach są widoczne zarysowania powierzchni skały. Fot. A. Masny

Fig. 11. A contemporary ring embedded in the hole using composite resin. On both sides of it, scratches of the rock surface are visible. Photo by A. Masny

są wykonane ze stali nierdzewnej i osadzone przy użyciu żywicy kompozytovej (ryc. 11). Żywica ta jest dobrze związana z podłożem i nie stwierdzono przejawów jej reakcji ze skałą, która zaznaczyłaby się utworzeniem wokół kotwy aureoli barwnych zmian w skale. Nie stwierdzono także śladów wypłukiwania i spływania żywicy na skałę. Natomiast po prawej i lewej stronie punktów przelotowych, czyli ringów, na powierzchni skały są wyraźnie widoczne charakterystyczne, krótkie rysy (ryc. 11). Są to ślady uszkodzeń mechanicznych, do których dochodzi podczas zaczepiania karabinków o punkt asekuracyjny.

Stopnie i chwytaki na ścianie turni, czyli miejsca wykorzystywane przez wspinaczy jako punkty podparcia, są prawie niewidoczne – dopiero uważna obserwacja pozwala je dostrzec. Częściej używane stopnie uległy wygładzeniu, a nawet wypolerowaniu (ryc. 12). Na niektórych z nich stwierdzono obecność czarnego proszku, jaki pozostał po starciu miękkich podeszw butów wspinaczkowych. Rozmieszczenie chwytaków na ścianie jest lepiej widoczne, ponieważ często miejsca te są pokryte białym proszkiem magnezji (czyli uwodnionego hydroksywęglanu magnezu), używanej przez taterników do zwiększenia tarcia między skórą dłoni a powierzchnią skały. Nie stwierdzono przejawów wnikania hydroksywęglanu magnezu w strukturę skały, najprawdopodobniej dlatego, że charakteryzuje się on bardzo słabą rozpuszczalnością. Jego cząstki są więc przeważnie spłukiwane z powierzchni skały przez wody opadowe i przedostają się do wód gruntowych, wpływając na częściową zmianę ich chemizmu.

PODSUMOWANIE

Ślady działalności taternickiej na ścianie wspinaczkowej na Niżnie Jasiowe Turnie są widoczne na powierzchni skał jedynie punktowo, w miejscach bezpośredniego styku wspinacza ze ścianą, i powstały w wyniku różnych procesów. Z daleka widocznym przejawem ingerencji człowieka w substancję przyrodniczą są stałe elementy asekuracyjne, rozmieszczone w różnych miejscach na całej wysokości ściany. Starsze kotwy są skorodowane. Produkty ich korozji gromadzą się na powierzchni skały w ich bezpośrednim otoczeniu, jednak nie widać oznak, by wnikały do wnętrza górotworu. Kotwy założone współcześnie są bardzo dobrze zachowane i nie obserwuje się negatywnego wpływu materiałów użytych do ich osadzenia na otaczającą skałę. Wynika to z dużej zwięzłości skał oraz małej porowatości. W miejscach osadzenia niektórych kotew są widoczne zarysowania skał spowodowane przez uderzenia metalowych elementów zapinanego sprzętu wspinaczkowego. Występują one głównie w pobliżu kotew osadzonych w brekcji dolomitycznej o spoiwie mikrytowym i marglistym, charakteryzującej się małą wartością wskaźnika CAI, a także niewielką mikrotwardością. Skały o większej odporności mechanicznej – dolomity uławiczone i brekcja dolomityczna ze sparytem – które zajmują większą część ściany turni, są zdecydowanie bardziej odporne na zaryso-



Ryc. 12. Wygładzony fragment brekcji dolomitycznej o spoiwie sparytowym, często wykorzystywany jako punkt podparcia. Fot. M. Rembiś

Fig. 12. Smoothed fragment of the dolomitic breccia with a sparite cement, often used as a support point. Photo by M. Rembiś

wania i uderzenia metalowymi elementami sprzętu wspinaczkowego. Nie widać na ich powierzchniach śladów urazów mechanicznych lub są one słabo zaznaczone. Innymi oznakami działania człowieka na ścianie turni są wygładzenia i wypolerowania niewielkich fragmentów skał, które są często wykorzystywane przez wspinaczy jako punkty podparcia. Ślady takie są dobrze widoczne głównie w ławicach dolomitu i brekcji dolomitycznej o spoiwie sparytowym. Skały te charakteryzują się zdolnością do przyjmowania faktury polerowanej, wynikającą z ich stosunkowo dużej zwięzłości i twardości. W brekcji dolomitycznej o spoiwie mikrytowym lub marglistym, w miejscach intensywnego użytkowania stopni skalnych dochodzi raczej do wykruszania ich fragmentów niż do polerowania powierzchni. Pozostałe przejawy kontaktu człowieka ze ścianą turni, takie jak: ślady startych podeszw oraz resztki magnezji, również mają jedynie powierzchniowy zasięg, ponieważ nie stwierdzono, aby substancje te reagowały ze skałą.

WNIOSKI

1) Wpływ działalności taternickiej na niszczenie ściany wspinaczkowej na Niżnich Jasiowych Turniach jest nieznaczny i wyraża się umiarkowaną ingerencją człowieka w naturalny wygląd ściany skalnej poprzez trwałe umieszczenie infrastruktury wspinaczkowej, a także mechaniczne wygładzenie punktów podparcia i powierzchniowe zabrudzenia oraz zarysowania skał. Dużo większy wpływ na destrukcję ściany mają procesy fizycznego, chemicznego i biologicznego wietrzenia skał. Skały tej ściany, pomimo małej nasiąkliwości, dużej zwięzłości i bardzo dobrej odporności na działanie mrozu, ulegają postępującej degradacji. Wyraża się ona rozwojem szczelin, chemiczną i biochemiczną korozją powierzchni, erozją i tworzeniem odprysków oraz obrywów skalnych. Intensywność tych zjawisk jest uzależniona od litologii skał i nasilenia działających na nie czynników zewnętrznych. Największą podatność na procesy wietrzenia wykazuje brekcja dolomityczna o spoiwie mikrytowym i marglistym, ale również w pozostałych badanych skałach przejawy destrukcji są wyraźnie zauważalne.

2) Korzystne właściwości fizyczno-mechaniczne skał odsłoniętych w ścianie turni stwarzają możliwość stosowania podczas wspinaczki tzw. asekuracji własnej (tymczasowe punkty asekuracyjne osadzone w szczelinach skały), zamiast stałych punktów asekuracyjnych, które stanowią trwałą i jednocześnie obcy dla środowiska naturalnego element krajobrazu.

3) Coraz częściej istnieje konieczność uwzględniania różnych funkcji obszarów chronionych, np. edukacyjnych lub rekreacyjnych, i spełniania różnych oczekiwań użytkowników tego wspólnego dobra, jakim jest Tatrzański Park Narodowy. Niezbędna jest zatem dyskusja na temat możliwości udostępnienia nowych obszarów Tatr działalności wspinaczkowej. Podejmując taką decyzję, należy uwzględnić rzeczywisty wpływ tej działalności na destrukcję ścian skalnych.

Dziękujemy Dyrekcji Tatrzańskiego Parku Narodowego za wyrażenie zgody na wykonanie obserwacji terenowych i pobranie próbek do badań laboratoryjnych. Składamy także podziękowanie Recenzentom oraz Redakcji *Przeglądu Geologicznego* za poświęcony czas oraz cenne uwagi dotyczące treści artykułu i jego formy. Praca była finansowana przez AGH Akademię Górniczo-Hutniczą (nr umowy 16.16.140.315/10).

LITERATURA

AFNOR NF P 94-430-1 Rock – Determination of the rock abrasiveness – Part 1: scratching-test with a pointed tool.

ALBER M., YARALI O., DAHL F., BRULAND A., KÄSLING H., MICHALAKOPOULOS T.N., CARDU M., HAGAN P., AYDIN H., ÖZARSLAN A. 2015 – ISRM Suggested Method for Determining the Abrasivity of Rock by the CERCHAR Abrasivity Test. [W:] Ulusay R. (red.), *The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007–2014*. Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2015: 101–106.

ASTM D7625-10 Standard Test Method for Laboratory Determination of Abrasiveness of Rock Using the CERCHAR Method.

BAC-MOSZASZWILI M. 1998 – Budowa geologiczna jednostek reglowych Tatr Zachodnich. *Stud. Geol. Polon.*, 111: 113–136.

BAC-MOSZASZWILI M., GAMKREDLIDZE I.P., JAROSZEWSKI W., SCHROEDER E., STOJANOV S., TZANKOV T.V. 1981 – Thrust zone of Križna nappe at Stoły in the Tatra Mts. (Poland). *Stud. Geol. Polon.*, 68: 61–73.

BAC-MOSZASZWILI M., JAROSZEWSKI W., PASSENDORFER E. 1984 – W sprawie tektoniki Czerwonych Wierchów i Giewontu w Tatrach. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 52: 67–88.

BALON J. 1981 – Wpływ tatarnictwa na morfologię ścian w Dolinie Gąsienicowej. *Czasop. Geogr.*, 60: 17–30.

BALON J. 1983 – Rodzaje i formy antropogenicznej degradacji stoku jako efekt tatarnictwa. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody*, 4, 1: 71–81.

CISZEWSKI A., KICIŃSKA D., PASZCZAK A., XIĘSKI P. 2010 – Wpływ działalności wspinaczkowo-jaskiniowej na przyrodę Tatr (wstępne wyniki badań). *Nauka a zarządzanie obszarem Tatr i ich otoczeniem*, Zakopane, tom III.

CYWIŃSKI W. 1994 – Przewodnik szczegółowy, Tatry, t. 1 – Giewont. Wyd. Górskie, Poronin.

CZOCHAŃSKI J., SZYDAROWSKI W. 1996 – Turystyka piesza i jej wpływ na środowisko przyrodnicze Tatrzańskiego Parku Narodowego. [W:] Chrobak A., Zwijacz-Kozica T. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku a Człowiek*, t. 3 – Wpływ człowieka, Wyd. TPN: 43–45.

CZOCHAŃSKI K., SZYDAROWSKI W. 2000 – Geneza i typologia form morfologicznych związanych z oddziaływaniem turystyki pieszej. [W:] *Współczesne przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*. Mat. II Ogólnopolskiej Konf. Przyroda TPN a Człowiek, Zakopane: 89.

DUMONT T., WIECZOREK J., BOULLIN J.-P. 1996 – Inverted Mesozoic rift structures in the Polish Western Carpathians (High-Tatric units). Comparison with similar features in the Western Alps. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 89: 181–202.

GAWĘDA A., LEFELD J., MICHALIK M., UCHMAN A. 2003 – Tatra Mountains: Crystalline basement, Hightrac units, Lower Subtrac (Križna) unit. *Publications of the Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences, Monographic Volume, M-28 (363)*: 75–80.

GORCZYCA E., KRZEMIEŃ K. 2000 – Geomorfologiczne skutki ruchu turystycznego w Tatrzańskim Parku Narodowym. [W:] *Współczesne*

przemiany środowiska przyrodniczego Tatr. Instytut Botaniki PAN, Kraków: 93.

JAGIEŁŁO M. 1991 – *Wolanie w górach*. Wyd. Sport i Turystyka, Warszawa.

JODŁOWSKI M. 2003 – Wpływ tatarnictwa na przemiany i sposób funkcjonowania ścian skalnych w Tatrach. [W:] Pietrzak M. (red.), *Krajobraz – turystyka – ekologia. Problemy Ekologii Krajobrazu*, 11: 55–65.

KOTAŃSKI Z. 1963 – Stratygrafia i litologia triasu regli zakopiańskich. *Acta Geol. Pol.*, 13 (3–4).

KOTAŃSKI Z. 1965 – Budowa geologiczna pasma reglowego między Doliną Małej Łąki i Doliną Kościeliską. *Acta Geol. Pol.*, 15: 257–320.

KOTAŃSKI Z. 1971 – Przewodnik Geologiczny po Tatrach. Wyd. Geol., Warszawa.

KOTAŃSKI Z. 1979 – Trias tatrzański. *Prz. Geol.*, 27 (7): 369–377.

KOZŁOWSKA A., RĄCZKOWSKA Z. 2000 – Antropogeniczne przemiany środowiska naturalnego otoczenia Kasprowego Wierchu. [W:] *Współczesne przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*. Mat. II Ogólnopolskiej Konf. Przyroda TPN a Człowiek, Zakopane: 97.

MIREK Z. 1996 – Zagrożenia i przekształcenia szaty roślinnej. [W:] Mirek Z. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*. TPN: 637–654.

NYKA J. 1994 – *Tatry*. Przewodnik. Wyd. Trawers: 591.

PIĘKOŚ-MIREK H. 1985 – Mapa przekształceń roślinności. [W:] Trafas K. (red.), *Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego*. Dyrekcja TPN i PTP-NoZ, Kraków, Zakopane.

PN-EN 12371 Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczanie mrozoodporności.

PN-EN 13755 Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczanie nasiąkliwości przy ciśnieniu atmosferycznym.

PN-EN 1936 Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczanie gęstości i gęstości objętościowej oraz całkowitej i otwartej porowatości.

REMBIŚ M. 2019 – Przejawy korozji biologicznej kamienia budowlanego i problemy związane z jego rewaloryzacją. *Prz. Geol.*, 67 (9): 710–716.

ROZPORZĄDZENIE Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 6 lipca 2021 r. w sprawie ustanowienia planu ochrony dla Tatrzańskiego Parku Narodowego. *Dz.U.* 2021 poz. 1462.

SKAWIŃSKI P. 1993 – Oddziaływanie człowieka na przyrodę kopuły Kasprowego Wierchu oraz Doliny Goryczkowej w Tatrach. [W:] Cichocki W. (red.), *Ochrona Tatr w obliczu zagrożeń*. Wyd. Muz. Tatrzańskiego, Zakopane: 197–226.

SKIBA M., MICHALIK M. 1999 – Origin of non-carbonate components in Triassic carbonate rocks from the Križna Unit in the Tatra Mts. *Mineralogical Society of Poland. Sp. Papers*, 14: 122–124.

SKIBA M., MICHALIK M. 2000 – Origin of silicate minerals in Triassic carbonate rocks from the Križna Unit in the Tatra Mts. *Slovak Geol. Mag.*, 6: 253–255.

SZULC J., RÜFFER T. 1997 – Triassic evolution of the Fatricum basin as interpreted from the Triassic of the Križna Nappe (Tatra Mts., Poland). *International Conference: Alpine Evolution of the Western Carpathians and related Areas, Abstracts and Introductory Articles to the Excursion*, September, 11–14, 1997, Bratislava, Slovakia: 42–43.

SZULC J., CZUSZ J., JAWORSKI M. 1996 – Sedimentary and diagenetic environments of the Middle Triassic carbonates of the High Tatra Mts., Poland. [W:] 11. *Sedimentologentreffen Sediment '96*, Wien: 165.

SZULC J., RYCHLIŃSKI T., GÓTŻ A., RUCKWIED K. 2004 – Triasowy rozwój basenu Fatricum na przykładzie osadów jednostki kriżniańskiej w profilu Skupniów Uplaz–Boczań. [W:] *Geologia Tatr: Ponadregionalny kontekst sedimentologiczny*. Polska Konferencja Sedymologiczna. VIII krajowe spotkanie sedymologów. Materiały konferencyjne: Zakopane, 21–24 czerwca 2004 (PoKoS VIII KSS). *Pr. Muz. Ziemi*, 47: 25–29.

UCHMAN A. 2004 – Tatry, ich skały osadowe i badania sedimentologiczne. [W:] *Geologia Tatr: Ponadregionalny kontekst sedimentologiczny*. Polska Konferencja Sedymologiczna. VIII krajowe spotkanie sedymologów. Materiały konferencyjne: Zakopane, 21–24 czerwca 2004 (PoKoS VIII KSS). *Pr. Muz. Ziemi*, 47: 5–21.

USTAWA z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. *Dz.U.* z 2022 r. poz. 916.

USTAWA z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko. *Dz.U.* 2008 nr 199 poz. 1227.

www.tpn.pl

ZARZĄDZENIE nr 1/2018 Dyrektora Tatrzańskiego Parku Narodowego z dnia 3 stycznia 2018 r. w sprawie uprawiania tatarnictwa i narciarstwa ekstremalnego na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego.

Praca wpłynęła do redakcji 18.10.2022 r.
Aceptowano do druku 5.12.2022 r.