

## **Ewolucja neotektoniczna Północnych Alp Wapiennych w świetle analizy kinematycznej uskoków, radiometrycznego datowania osadów jaskiniowych oraz morfologii głębokich systemów krasowych**

Alpy, pomimo iż leżą w sercu Europy i badane są przez geologów już od XIX w. ciągle kryją wiele tajemnic. W rozszyfrowaniu części z nich mogą pomóc badania jaskiń. Jaskinie to środowisko odizolowane od zewnętrznych czynników erozyjnych. Izolacja sprzyja zachowaniu się osadów oraz struktur tektonicznych, po których ślady na powierzchni terenu zostały zatarte przez nieustannie postępującą erozję. Ma to szczególnie istotne znaczenie w obszarach górskich, gdzie rzeki i lodowce, prowadzą do trwałego usuwania informacji o rzeźbie terenu starszej od ostatniego zlodowacenia. Co istotne, osady zdeponowane w jaskiniach mogą zostać wykorzystane w datowaniach radiometrycznych w celu określenia wieku bezwzględnego. „Konserwacyjne” właściwości jaskiń można z powodzeniem wykorzystać w badaniach procesów tektonicznych i geomorfologicznych zachodzących w Północnych Alpach Wapiennych. Ta część Alp przecięta jest szeregiem uskoków, wzdłuż których dochodziło do kilkudziesięcio-kilometrowych przemieszczeń od późnego oligocenu do miocenu (czyli pomiędzy 25 a 8 mln lat temu). Uskoki te generują trzęsienia ziemi, jednak niewiele jest dowodów na ich aktywność zapisaną w skałach na powierzchni. Badania prowadzone w jaskiniach mogą dostarczyć takich dowodów. Jeden z najbogatszych w jaskinie rejonów świata tzw. Alpy Salzburskie w Austrii, przecina strefa uskokowa Königssee–Lammertal–Traunsee (KLT), gdzie wiele głębokich jaskiń rozwinęło się na strukturach związanych z tą strefą.

Dzięki obserwacjom górotworu z perspektywy jaskiń możemy uzyskać nowe informacje o aktywności tektonicznej badanego obszaru. Jaskinie można wykorzystać do badań przemieszczeń korytarzy wzdłuż uskoków, których widoczność na powierzchni terenu jest minimalna, lub niemal niezauważalna. Łącząc te informacje z obserwacjami zniszczeń szaty naciekowej i danymi uzyskanymi z datowań można określić, kiedy doszło do ostatnich ruchów tektonicznych w obrębie górotworu. Dzięki temu można uchwycić gwałtowne, krótkotrwałe, zdarzenia z przeszłości związane np. z wypiętrzaniem się masywu, lub prowadzić badania paleosejsmiczne mające na celu przybliżenie czasu i miejsca wystąpienia dawnych trzęsień Ziemi.

Jaskinie dostarczają również informacji o procesach długotrwałych, czasem trwających miliony lat. Jaskinie ewoluują równocześnie z dolinami górskimi. Zależność tę wykorzystuje się na potrzeby wyznaczania współczynników erozji kontrolujących rozwój dolin górskich oraz tempo wypiętrzania gór. Systemy jaskiniowe rozwijają się na poziomie lub nieco poniżej zwierciadła wody. Gdy lokalne zwierciadło wody obniża się w odpowiedzi na rozcięcie doliny przez lodowce lub rzeki, powstaje kolejna sieć jaskiń. Zatem w odpowiednich warunkach sekwencja nacinania doliny zachowana jest w nadległych poziomach jaskiniowych.

W trakcie trzyletnich badań prowadzone obserwacje w jaskiniach Alp Salzburskich pozwolą: 1) zrekonstruować naprężenia na uskokach na podstawie przemieszczonych korytarzy, oraz 2) określić ich wiek na podstawie datowania połamanych nacieków, w jaskiniach masywów Hoher Göll, Hagengebirge, Tennengebirge i Leoganger Steinberge; 3) określić wiek kolejnych poziomów jaskiń w masywach krasowych i dzięki temu 4) wyznaczyć tempo wcięcia doliny i przedziały czasowe wypiętrzania masywów.

Kluczowe dla osiągnięcia zarysowanych wyżej celów jest określenie ram czasowych dla procesów tektonicznych. Aby to osiągnąć, zostanie przeprowadzone datowanie nacieków jaskiniowych z wykorzystaniem stosunku izotopów radioaktywnych uranu i toru - w przypadku młodszych nacieków (do 0,5 mln lat), oraz uranu i ołowiu dla starszych nacieków. Wiek poszczególnych pięter jaskiniowych będzie zdefiniowany dzięki określeniu czasu depozycji osadów klastycznych (piasku i żwiru) w jaskini. Wykorzystane zostaną rzadkie izotopy pierwiastków: glinu, berylu i neonu, produkowane prawie wyłącznie w dwóch pierwszych metrach pod powierzchnią terenu, w następstwie interakcji z promieniowaniem kosmicznym (tzn. nuklidy kosmogeniczne). Skały i osady pierwotnie odsłaniające się na powierzchni Ziemi mogą zostać zdeponowane w jaskini, zachowując przy tym informację o początkowym stężeniu nuklidów kosmogenicznych. Metoda ta pozwala na datowanie wieku pogrzebienia osadów w przedziale czasowym od ~ 300 ka do 18 mln. lat.

Dzięki tym badaniom dowiemy się czy strefa uskokowa Königssee – Lammertal – Traunsee była aktywna podczas ostatnich 10 mln lat, oraz jakie ślady tej aktywności pozostały w jaskiniach. Zastosowanie różnych technik datowania pozwoli nam określić zmienność tej aktywności w czasie i wykryć nawet pojedyncze, krótkie epizody wzmożonej aktywności. To z kolei pozwoli nam uzupełnić wiele luk w ewolucji Alp Wschodnich.