

# Kartowanie lawin śnieżnych

Systematyczne kartowanie lawin śnieżnych to kluczowy element procesu modelowania potencjalnych zasięgów oraz tworzenia specjalistycznych map ryzyka lawinowego. Pozyskiwane dane pozwalają określać lokalizację i właściwości uwalnianych mas śniegu, ulepszać narzędzia automatycznej detekcji obszarów startowych oraz kalibrować modele numeryczne symulujące proces spływu lawin.

Jakość pozyskanych informacji wpływa bezpośrednio na precyzję w określaniu ryzyka na danym obszarze, a tym samym na bezpieczeństwo osób tam przebywających.

Trudno więc uwierzyć, że pomimo ogromnego postępu technologicznego na rynku urządzeń pomiarowych, precyzyjne kartowanie lawin w trudnym terenie górskim wciąż stanowi fundamentalny problem dla specjalistów z całego świata. Miłym krokiem w tym zakresie są badania polskich naukowców, prowadzone wspólnie ze specjalistami ze szwajcarskiego Instytutu Badań Śniegu i Lawin SLF/WSL w Davos, w ramach projektu „Wpływ warunków śniegowych i terenowych na wielkość obszarów zagrożenia lawinowego w wybranych masywach górskich Karpat i Sudetów”.

## Świadomość lokalizacji ryzyka

Szczegółową analizą wypadków lawinowych od wielu lat zajmuje się m.in. wspomniany wcześniej Instytut SLF/WSL w Davos. Na podstawie ponad 2 tysięcy zanotowanych wypadków, w których zostało poszkodowanych prawie 3,5 tys. osób (z czego ok. 700 to ofiary śmiertelne), określono kluczowe elementy przeżycia w lawinie. Są nimi: zakres zasypania, czas zasypania, obecność przestrzeni powietrznej ułatwiającej oddychanie oraz powstałe obrażenia ciała. Ze względu na potęgę i ogromną dynamikę zjawiska, wpływ porwanego człowieka na wymienione parametry jest niemal znikomy. Dlatego też uznano, że najbardziej

efektywnym działaniem ochronnym jest unikanie porwania przez lawinę. To prozaiczne stwierdzenie zmusza nie tylko do opracowywania efektywnych programów edukacyjnych, tworzenia aparatury przyspieszającej odnalezienie poszkodowanego, ale także do tworzenia specjalistycznych narzędzi pomagających zlokalizować potencjalne ryzyko.

## **Tradycyjne metody pozyskiwania danych**

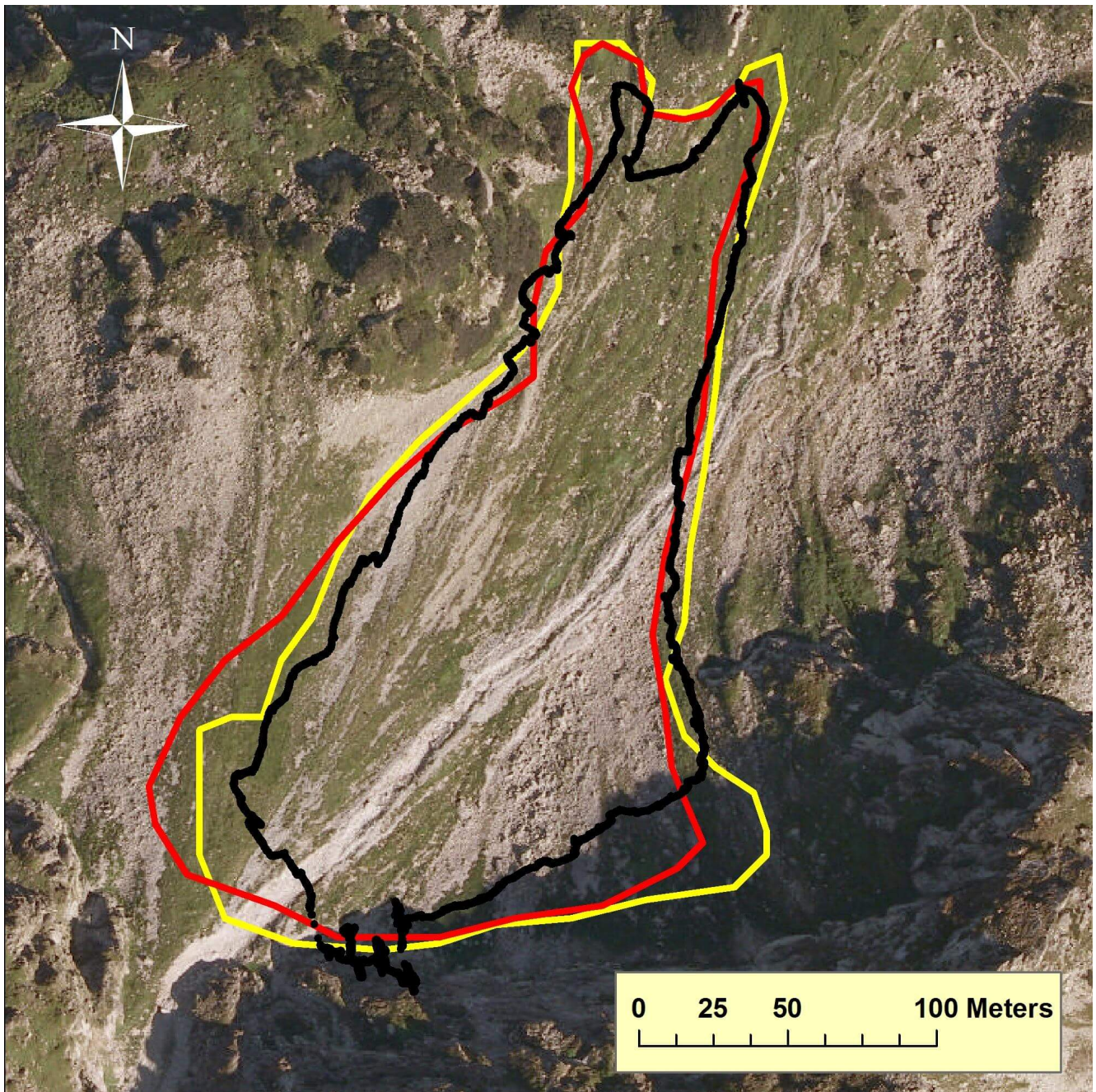
W skali globalnej przestrzenna dokumentacja lawin jest bardzo uboga i niekompletna, a jej jakość zwykle trudna do określenia. W niektórych rejonach świata, jak na przykład wokół szwajcarskiego miasta Davos, istnieje bardzo bogata baza informacji o historycznych lawinach. Ta jednak, ze względu na zauważalne fluktuacje klimatyczne, może nie obrazować w pełni obecnych tendencji ruchu mas śniegu na stokach. Na całym świecie istnieje więc stała i ogromna potrzeba budowania i aktualizacji lawinowych baz danych. Jest to jednak bardzo trudne zadanie, głównie z uwagi na ryzyko zejścia tzw. lawin wtórnych, stanowiących śmiertelne zagrożenie dla osób pracujących w pobliżu lawiniska. W przypadku wysokiego stopnia zagrożenia lawinowego, niedostępne dla badaczy mogą być nawet całe doliny. Jeżeli pod uwagę weźmiemy szybkie zmiany pogodowe występujące w górach, to okazuje się, że pomiary muszą być wykonane nie tylko z bezpiecznej odległości (nawet kilku kilometrów), ale także w bardzo krótkim czasie. Jeżeli chcielibyśmy wykonywać stałe pomiary, nie bez znaczenia jest tutaj także aspekt finansowy.

Testy porównujące różnego rodzaju metody pomiarowe wykazały, że technologie pozyskiwania lotniczych zobrazowań cyfrowych oraz skaningu laserowego zasługują na szczególne uznanie. Ich zaletą jest duża precyzja i wysoka efektywność w pracy na większych obszarach. Ich największą wadą są koszty operacyjne, które nie mieszczą się w większości budżetów badawczych. Podobnie rzecz ma się z technologiami [skaningu naziemnego](#), który w trudnym terenie górskim ma dodatkowo ograniczoną

mobilność (waga i gabaryty urządzeń), a także ograniczony zasięg działania, wynikający z unikalnej specyfikacji technicznej urządzeń.

Tradycyjne ręczne pomiary GPS/GNSS pozwalają na niskobudżetowe i precyzyjne pomiary lawin. Są jednak czasochłonne i najbardziej ryzykowne ze względu na potrzebę wejścia w strefę wysokiego zagrożenia.

Ze względu na wspomniane uwarunkowania, od lat najpowszechniej stosowaną metodą pozyskiwania danych o zasięgach lawin jest ręczne kartowanie w oparciu o tradycyjne podkłady mapowe (analogowe lub cyfrowe na ekranie komputera) oraz dokumentację fotograficzną. Metoda ta wymaga jednak bardzo dużego doświadczenia, a na jej precyzję wpływają także: rodzaj wykorzystanego podkładu i skala opracowania (Rys. 1.).



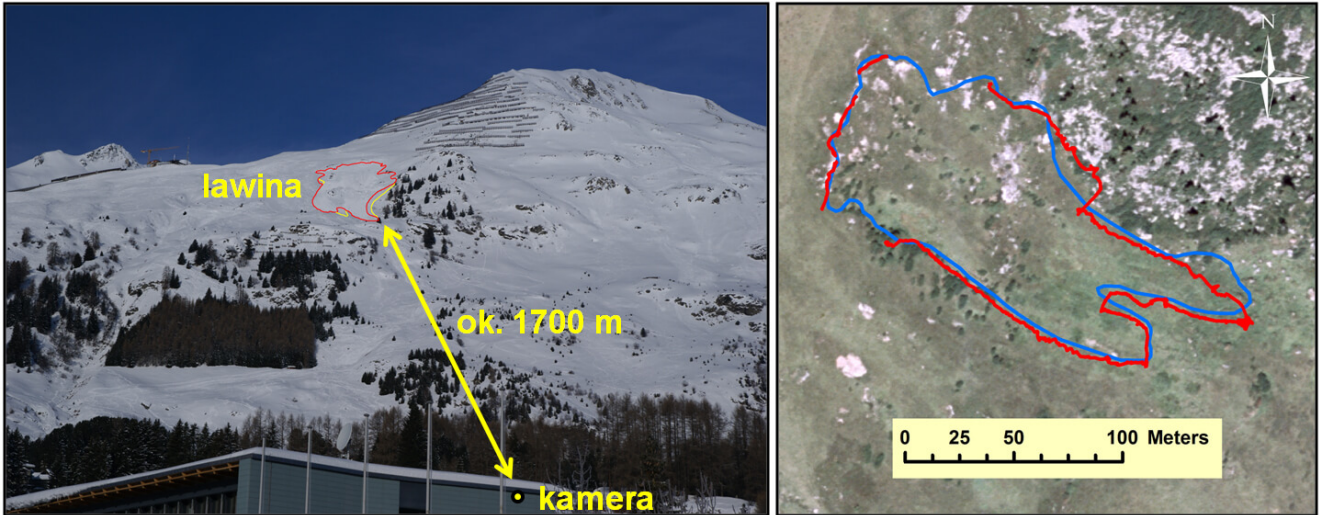
Rys. 1. Wyniki testowych pomiarów lawiny w Tatrach. Czarna linia – zapis tracklog z urządzenia GPS (ok. 5 m dokładności poziomej), linia czerwona i żółta – wynik wektoryzacji w oparciu o dokumentację fotograficzną (czerwona w oparciu o mapę topograficzną, żółta – o ortofotomapę lotniczą w tej samej skali, 1:10 000). W podkładzie dane ODGiK Kraków (opracowanie: P. Chrustek, M. Świerk).

Dla celów poglądowych generowane różnice nie wydają się znaczące, jeśli jednak weźmiemy pod uwagę potrzebę oszacowania objętości mas śniegu w procesie kalibracji modeli numerycznych wykorzystywanych do obliczenia spływów lawin, rozbieżności te

okazują się być bardzo istotne. Ma to szczególne znaczenie w odniesieniu do małych i średnich lawin (dł. toru 50 – 1000 m), które w skali świata przyczyniają się do śmierci znacznie większej liczby osób, niż te ekstremalne, zasypujące całe osiedla ludzkie.

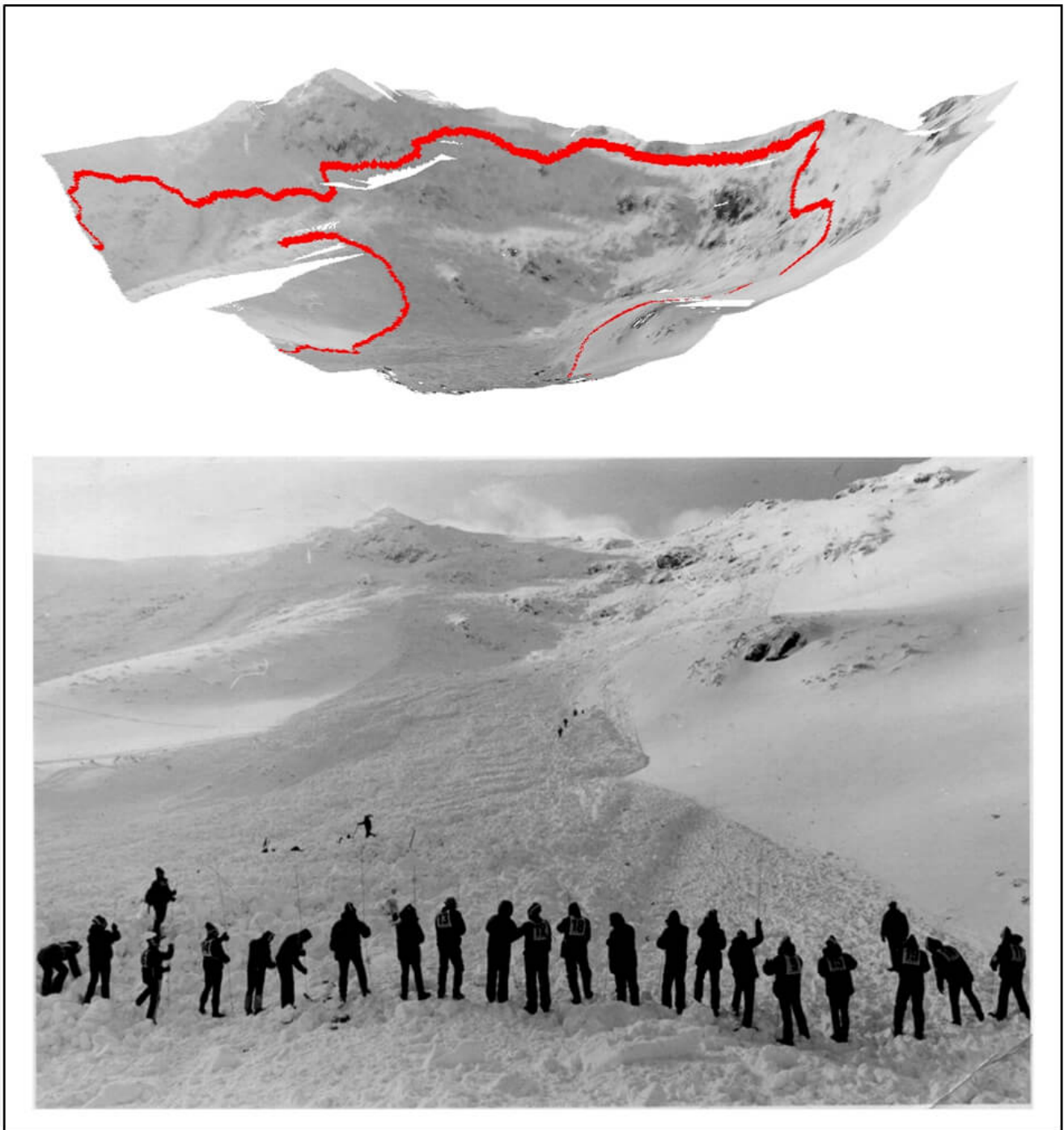
## **Innowacyjne narzędzie AVALMAPPER i jego potencjał**

Z uwagi na to, iż na całym świecie tradycyjna dokumentacja fotograficzna jest podstawowym materiałem wspomagającym kartowanie lawin, uwaga badaczy została skierowana w stronę potencjalnie ogromnych możliwości GIS i fotogrametrii naziemnej. W wyniku tego powstało innowacyjne narzędzie AVALMAPPER współpracujące z platformą Esri ArcGIS. AVALMAPPER, na podstawie surowej dokumentacji fotograficznej (oryginalnej cyfrowej lub zeskanowanej analogowej), pozwala szybko, bezpiecznie i niezwykle tanio pozyskiwać precyzyjne dane na temat zasięgów lawin (Rys. 2.). Wejściowe dane dla tego narzędzia to wspomniana dokumentacja fotograficzna, cyfrowy model terenu oraz naziemne punkty kontrolne (Ground Control Points – GCP) pozyskane z pomiarów kameralnych lub terenowych. Sam proces pozyskiwania danych jest dla użytkownika bardzo prosty, a trudności sprowadzają się głównie do identyfikacji odpowiadających sobie punktów charakterystycznych (wierzchołków, grzęd skalnych, drzew itp.) widocznych na fotografii i w terenie oraz pomiaru ich współrzędnych obrazowych w globalnym układzie odniesienia.



Rys.2. Wejściowa fotografia naziemna (po lewej) i wyniki kartowania widocznej na niej lawiny (po prawej). Linia niebieska – wynik wektoryzacji wspomaganej narzędziem AVALMAPPER, linia czerwona – tracklog z urządzenia GPS o subdecymetrowej dokładności poziomej (opracowanie P. Chrustek, N. Kolecka, M. Świerk, Y. Bühler).

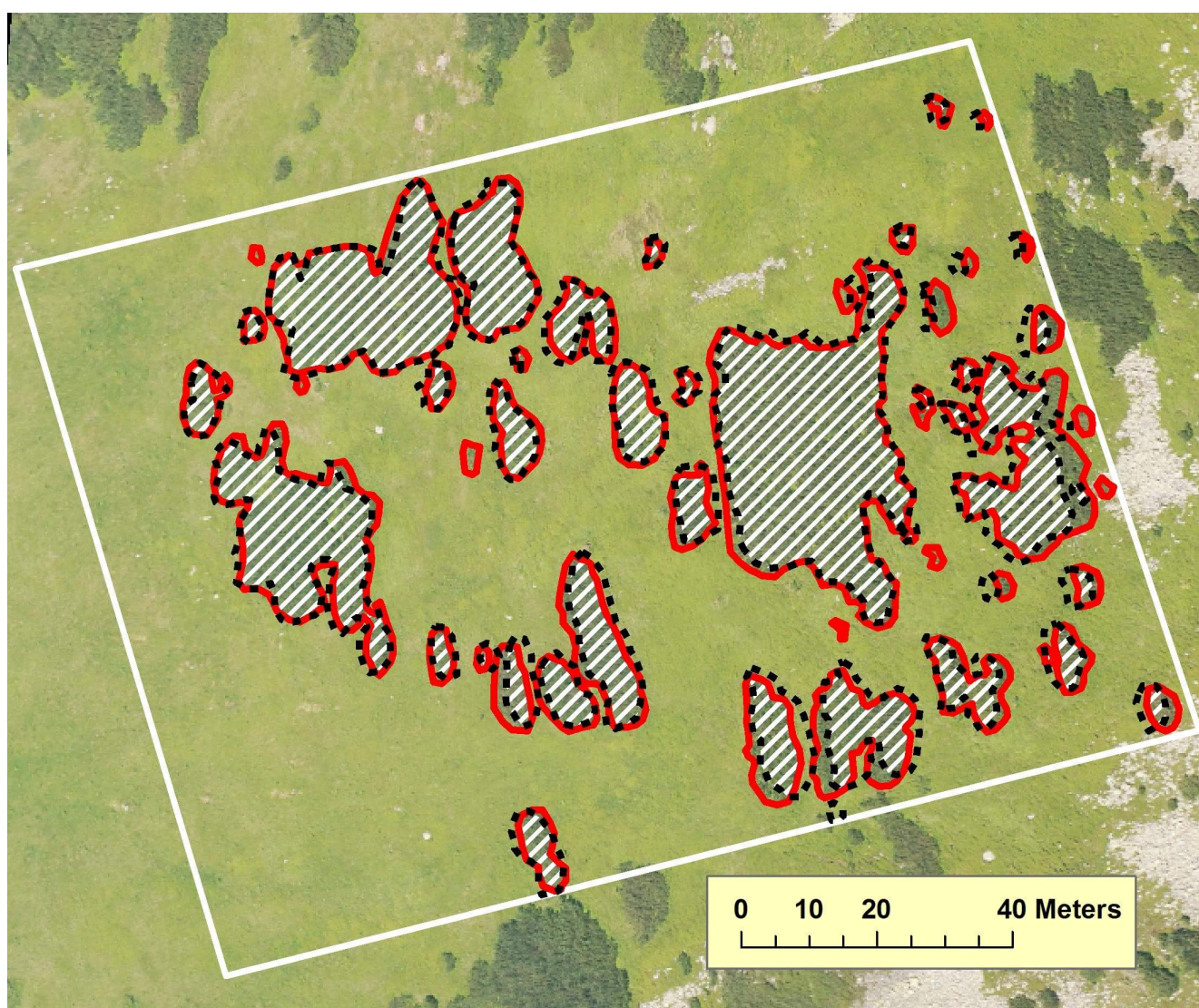
Ogromną zaletą narzędzia jest to, że wejściowy materiał fotograficzny nie musi zawierać danych na temat lokalizacji i orientacji kamery, a także innych szczegółowych parametrów (jak np. rozdzielczość matrycy) wymaganych w podobnych przetworzeniach. Narzędzie oblicza te parametry automatycznie. Dzięki temu precyzyjne rzutowanie obrazu na powierzchnię trójwymiarową oraz wektoryzacja interesujących elementów, mogą dotyczyć także analogowych danych historycznych (Rys.3.).



Ryc.3 Archiwalna fotografia wykonana podczas lawinowej akcji ratunkowej w Świńskim Kotle w Tatrach w 1985 roku (źródło: archiwum GOPR ) oraz jej rzutowanie na cyfrowy model terenu wykonane przy pomocy narzędzia AVALMAPPER. Czerwona linia przedstawia obrys lawiny.

Narzędzie AVALMAPPER może być także z powodzeniem wykorzystywane do kartowania pokrycia terenu (Rys. 4.), którego rodzaj ma ogromne znaczenie. Rodzaj pokrycia terenu wpływa na procesy ruchu mas śniegu na stoku, a tym samym musi

być uwzględniony przez odpowiednie współczynniki tarcia, będące wejściowymi parametrami symulacji numerycznych. Jest sprawą oczywistą, że istniejące ortofotomapy lotnicze lub satelitarne są najlepszym źródłem tego typu danych. Należy jednak pamiętać, że ich aktualizacja jest bardzo rzadka i kosztowna.



Rys. 4. Wynik kartowania testowej powierzchni kosodrzewiny w Tatrach. Linia czarna przerywana – krawędzie poligonów wektoryzowanych w oparciu o tradycyjną ortofotomapę, linia czerwona – krawędzie wektoryzowane w oparciu o przetworzenia narzędzia AVALMAPPER, obszary zaznaczone szrafurą – części wspólne poligonów. W podkładzie przetworzona w narzędziu AVALMAPPER wejściowa fotografia naziemna wykonana z odległości ok. 750 m.



# Perspektywy wykorzystania AVALMAPPER-a

Potencjalne zastosowania nowo stworzonego narzędzia AVALMAPPER wydają się ogromne. Z powodzeniem będzie je można zastosować do kartowania innych zjawisk naturalnych, np. osuwisk, spływów gruzowych, obrywów skalnych, a także do niewymagającej wysokich nakładów aktualizacji podstawowych podkładów mapowych. Znajdzie ono zastosowanie szczególnie tam, gdzie dostęp do interesujących nas obiektów jest utrudniony i niebezpieczny. Niezwykle istotne jest to, że będzie możliwe wykonanie precyzyjnej digitalizacji archiwalnych materiałów analogowych, które do tej pory (choć licznie występujące) nie cieszyły się szczególnym zainteresowaniem. Pozyskiwanie nowych danych będzie znacznie prostsze, tańsze, mniej podatne na subiektywizm operatora i – co najważniejsze – nie będzie dostępne tylko dla wąskiego grona specjalistów. Dzięki temu proces budowania lawinowych baz danych może stać się dużo szybszy, a tym samym nasza wiedza o zjawisku lawin może w krótkim czasie ulec znacznemu poszerzeniu.

## 0 badaniach

Opisane powyżej badania wykonano w ramach projektu pt. „Wpływ warunków śniegowych i terenowych na wielkość obszarów zagrożenia lawinowego w wybranych masywach górskich Karpat i Sudetów”. Projekt został uruchomiony dzięki wsparciu Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej w ramach Programu VENTURES, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007 – 2013. Dodatkowe wsparcie finansowe i sprzętowe zapewniła Fundacja im. Anny Pasek. Więcej o projekcie: [www.scavalanches.annapasek.org](http://www.scavalanches.annapasek.org)