



Testy stability snehovej pokrývky

Ing. Dušan Lukáč

Slovenský vysokohorský turistický spolok
Čajakova 11, 010 01 Žilina

Kvalifikačná príprava na získanie kvalifikácie
inštruktor VhT 2. kvalifikačného stupňa.

Záverečná práca

marec 2016

Obsah

1	Úvod	3
2	Snehový profil.....	4
2.1	Umiestnenie a vyhotovenie profilu	5
2.2	Pozorované hodnoty	6
2.2.1	Vrstvy	6
2.2.2	Tvrdosť snehu	7
2.2.3	Základné druhy snehu	8
2.2.4	Veľkosť zŕn	9
2.2.5	Obsah vody	9
2.2.6	Teplota.....	9
2.3	„SP SmartProbe“ - Moderná metóda zisťovania parametrov snehových profilov	10
2.4	SCOPE	11
2.5	Zápis pozorovaní.....	12
3	Testy stability snehovej pokrývky.....	13
3.1	Posudzovanie sklznej plochy a lomu v nestabilných vrstvách.....	13
3.1.1	Kvalitatívne vlastnosti sklznej plochy	13
3.1.2	Kvalitatívne charakteristiky lomu	13
3.2	Neštandardizované testy.....	14
3.2.1	Test lyžiarskou palicou.....	14
3.2.2	Sklzný test na hĺbku lopaty	15
3.2.3	Vykročenie nad lyžiarsku stopu	15
3.2.4	Odrezanie nestabilnej vrstvy lyžami.....	15
3.2.5	Testovací svah	16
3.2.6	Prevej.....	16
3.3	Štandardizované testy	16
3.3.1	Kompresný test.....	16
3.3.2	Rozšírený kompresný test	18
3.3.3	Zosuvný blok.....	19
3.3.4	Nórska sonda	21

1 Úvod

Testy stability snehovej pokrývky sú mimoriadne dôležitou súčasťou znalostí o problematike lavín a bezpečného pohybu na snehu vo vysokých horách. Informácie na danú tému je možné získať štúdiom tlačených publikácií, vyhľadať ich na internete, alebo sa dozvedieť počas praktických kurzov.

Cieľ práce

Cieľom tejto práce je poskytnúť študijný materiál, týkajúci sa problematiky testovania stability snehovej pokrývky s odkazmi na pôvodné výskumy a obohatený o posledné zistenia a technológie. Zameriam sa na tie testy stability, ktoré sú vzhľadom na pomer ich vypovedacej schopnosti a časovej a materiálnej náročnosti na ich realizáciu v turistickej a horolezeckej praxi považované za najvhodnejšie a všeobecne akceptované.

Metodika

Nosnú časť práce tvorilo vyhľadanie materiálov z dostupných zdrojov a ich vzájomné porovnanie. Použité materiály sú zväčša v anglickom jazyku, takže v texte uvádzam aj originálne anglické pomenovania a použité skratky. Ako základ práce som zvolil všeobecne uznávanú prácu kolektívu autorov z American Avalanche Association a USDA Forest Service National Avalanche Center, „Snow, Weather, and Avalanches: Observational Guidelines for Avalanche Programs in the United States” (SWAG (1)).

Spracované oblasti tematiky

Testovanie stability snehovej pokrývky v praxi zahŕňa zisťovanie niektorých kvalitatívnych parametrov snehu (druhy snehu, tvrdosť, zrnitosť, obsah vody a teplota), ktoré pozorujeme a meriame pre jednotlivé vrstvy snehovej pokrývky na vykopanom snehovom profile. Snehovým profilom a vybraným parametrom snehu sa venujem v prvej časti práce.

Druhá časť práce je zameraná na samotné testy stability. Pri teste stability uvádzam postup jeho realizácie a metodiku vyhodnotenia zistených výsledkov. Tam, kde je to možné, dopĺňujem informácie o jeho výhodách a slabých stránkach tak, ako ich uvádzajú rôzne pramene.

2 Snehový profil

Typická snehová pokrývka je tvorená sériou vrstiev, ktoré sa na seba postupne ukladajú. Vrstvu spravidla vytvorí nová snehová perióda, na jej hrúbku, tvrdosť a ďalšie vlastnosti má vplyv pôsobenie vetra, dažďa, zmeny denných teplôt a ďalšie klimatické vplyvy. Priečny rez snehovou pokrývkou nazývame snehovým profilom.

Snehový profil získame vykopením sondy (jamy) v snehu. Po zarovnaní steny výkopu môžeme pozorovať jednotlivé vrstvy.



Obrázok 1: Snehový profil. Zdroj SWAG (1), foto: Bruce Tremper.

Snehový profil umiestňujeme a kopeme s ohľadom na jeho ďalšie využitie pre testy stability snehovej pokrývky.

Plný profil

Plný profil získame vykopením jamy až po zem. Je to časovo náročná aktivita, zvyčajne ju robia len špecialisti zo stredísk lavínovej prevencie na vopred určených pozorovacích stanovištiach. Plný profil popisuje kompletnú stratigrafiu a vlastnosti všetkých vrstiev, zisťujú sa na ňom všetky parametre snehu, definuje ich napr. Colbeck (10), ICCSG (3), sú vymenované aj v SWAG (1).

Testovací profil

Najčastejšie vytvárame snehový profil len do takej hĺbky, ktorá je ešte ovplyvniteľná pohybom človeka, teda cca do 1,5 m (SWAG (1)). Táto hĺbka je maximálna, iné zdroje uvádzajú hĺbku spravidla menšiu. Napríklad HUDY2013 (14) uvádza, že lyžiar zaťažuje sneh do hĺbky približne 40 až 60 cm, pri páde približne do 1 metra. Hlbšie teda kopať nemá význam.

V testovacom profile zisťujeme zväčša len niektoré kľúčové vlastnosti obnažených vrstiev, a to s ohľadom na ich využitie pri nasledovnom testovaní stability.

Čiara odtrhu lavíny

Čiara odtrhu lavíny je špecifickým druhom snehového profilu, v ktorom môžeme zistiť podmienky a príčiny predchádzajúce pádu lavíny. Samotné profily by sme mali robiť na rôznych miestach odtrhu tak, aby sme zahrnuli jeho hrubšie aj tenšie časti, kopeme ich v zostávajúcom neporušenom snehu vo vzdialenosti aspoň 1,5 m od odtrhovej čiary. Pred začiatkom pozorovania musíme vyhodnotiť potenciálne nebezpečenstvo pádu sekundárnej lavíny.



Obrázok 2: Odtrh lavíny. Zdroj SWAG (1), foto: Ben Pritchett.

2.1 Umiestnenie a vyhotovenie profilu

Snehový profil (ako súčasť testu stability snehovej pokrývky) umiestňujeme na svahu, na ktorý sa chystáme vstúpiť podľa týchto pravidiel (spracované podľa SWAG (1)):

Určíme sklon svahu (napr. sklonomer na mobilnom zariadení). Ako uvádza SWAG (1) výskyt lavín je štatisticky najčastejší na sklonoch svahov v rozmedzí 35-45 stupňov (Horolezecká abeceda (2) uvádza 30 – 45 stupňov), častý v rozsahu 25-35 stupňov a 46 – 60 stupňov. Zriedkavý je na svahoch pod 25 a nad 60 stupňov, nie je však nemožný. Ak je svah so sklonom 30-45 stupňov, test stability snehovej pokrývky vykonáme.

Opticky vyhladáme miesto, ktoré reprezentuje čo najväčšiu časť svahu. Ak máme podozrenie, že na svahu sú v smere nášho predpokladaného postupu rôzne snehové podmienky, snažíme sa umiestniť test do každej takejto oblasti.

Birkeland (8) na základe vykonaných testov uvádza, že pokiaľ je štruktúra snehu v priestore svahu konštantná, sonda môže byť umiestnená aj na menej strmšej časti svahu bez toho, aby na strmšej časti svahu boli výsledky iným sklonom ovplyvnené.

Ak nemáme istotu, že vyhladené miesto je dostatočne bezpečné pred pádom spontánne uvoľnenej lavíny, najprv vyhladáme lepšie chránené miesto (zvyčajne na okraji svahu) a test stability vykonáme tu. Ak snehovú vrstvu vyhodnotíme na tomto mieste ako stabilnú, pokračujeme do potenciálne nebezpečnejšej lokality. V opačnom prípade (sneh je nestabilný už na okraji skúmaného svahu) je jasné, že na svah nebudeme vstupovať a prehodnotíme smerovanie túry.

Je vhodné, ak sa môžeme istíť lanom o bezpečné istiace stanovište.

Profil umiestňujeme tak, aby sme vylúčili vplyv okolitých stromov, teda nie bližšie ako je výška najbližšieho stromu (SWAG (1)).

Vyhýbame sa zasypaným krom (kosodrevina), balvanom a terénnym depresiám, ktorých výskyt vylúčime sondážou.

Profil nekopeme na miestach vykazujúcich ľudskú aktivitu (táboriská, bivaky, ...)

Samotný výkop robíme dostatočne veľký s ohľadom na metódu, ktorou budeme potom zisťovať stabilitu snehovej pokrývky. Už počas kopania si všímame správanie sa snehu, tieto informácie neskôr použijeme pri vyhodnotení testu stability. SWAG (1) uvádza, že ak je sneh hlbší ako 2 metre, najprv zvyčajne kopeme do hĺbky približne 1,5 metra, vykonáme pozorovania snehového profilu a testy stability, nakoniec môžeme vykopať profil až po podložie za účelom vyhľadania hlboko uložených nestabilných vrstiev. Ak je to možné, jamu kopeme tak, aby plocha, na ktorej budeme skúmať vrstvy snehu, bola v tieni.

Jamu po ukončení testovania zasypeme tak, aby sa nestala pascou pre iných, najmä lyžiarov.

2.2 Pozorované hodnoty

Pri testovaní stability snehovej pokrývky môžeme zaznamenať množstvo rôznych údajov a charakteristík (ICCSG (3)). Vzhľadom na prácnosť zisťovania, dostupný čas a prostriedky zisťujeme tie parametre, ktoré najviac pomôžu získať obraz o stabilite snehu v skúmanej lokalite. Samotné testy stability vyžadujú zistenie a zaznamenanie konkrétnych údajov, ktorých absencia by výrazne skreslila výsledok testu resp. test by nebol správne metodicky realizovaný, teda ani prípadné výsledky by neboli relevantné.

2.2.1 Vrstvy

Výskyt a umiestnenie jednotlivých (najmä nestabilných) vrstiev má zásadný význam pri určovaní stability snehovej pokrývky.

Vykopaný snehový profil začistíme (oškrabeme) tak, aby sme zvýraznili jednotlivé vrstvy snehu a mohli na nich dobre rozoznať rozdiely vo vzhľade, vlhkosti, pevnosti a veľkosti kryštálov jednotlivých druhov snehu. Na začistenie je vhodné použiť štetec alebo škrabku.

Prstom v rukavici prechádzame zhora dolu po stene profilu a konštantným tlakom vytvárame ryhu. Na tvrdosť snehu v jednotlivých vrstvách ukazuje hĺbka zaborenia vytváranej ryhy. Pre ľahšiu orientáciu si zistené vrstvy môžeme označiť vodorovnými čiarami.

2.2.2 Tvrdosť snehu

Test tvrdosti snehových vrstiev môžeme najjednoduchšie vykonať zatláčaním prstov ruky, ceruzky a čepele noža do testovanej vrstvy snehu. Sila zatláčania má byť približne v rozsahu 10- 15 N (ICCSG (3)). Starší zdroj Colbeck (10) udáva silu zatláčania 50 N (5 kg). Vyhodnotenie stupňa odporu, ktorý kladie vrstva snehu, zaznamenáme na stupnici od 1 do 6 nasledovne:

Stupeň	do snehu vtlačíme	Tvrdosť snehu	Anglicky	Odpor v N	Znak
1	Päšť	Veľmi mäkký	F (fist)	Do 20	
2	4 prsty	Mäkký	4F (four fingers)	20-150	/
3	1 prst	Stredne tvrdý	1F (one finger)	150-500	X
4	Ceruzka	Tvrdý	P (pencil)	500-1000	//
5	Nôž	Veľmi tvrdý	K (knife)	Viac ako 1000	⊗
6	Nedá sa ani nôž	ľad	I (ice)		■

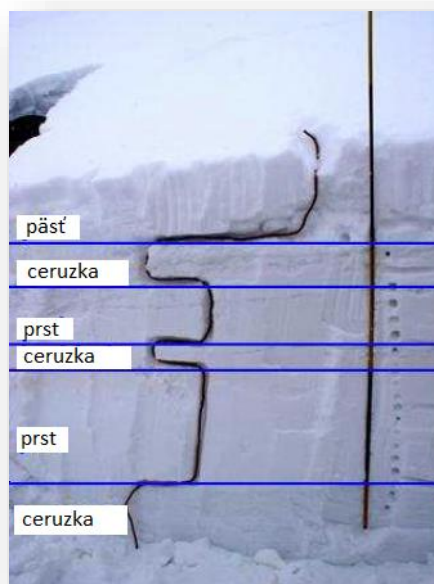
Prevzaté z ICCSG (3), doplnené a upravené podľa Horolezecká abeceda (2).

Horolezecká abeceda (2) uvádza číslovanie stupňov od 0-5, v ostatnom sa zhoduje s pôvodným zdrojom ICCSG (3).

Medzistupne môžeme zaznamenať ako „2+“ (angl. „1F+“) alebo „3-“, (angl. „P-“). Jednotlivé vrstvy môžu obsahovať postupné zmeny v tvrdosti, ktoré poznačíme šípkou v smere od zhora dolu (ak je vrstva mäkkšia v hornej časti a smerom dolu je tvrdšia, zapíšeme to ako „1-> 2“ (angl. „4F -> 1F“)).

Lienerth (4) uvádza, že je nevyhnuté vykonať test tvrdosti rukou v rukavici, aby test nebol ovplyvnený teplom holej ruky. Ak to nie je možné, môže byť vykonaný aj holou rukou. Avšak všetky stupne musia byť vykonané rovnako, teda nie niektoré holou rukou a iné v rukavici.

Vyhodnotenie testu tvrdosti vrstiev môžeme zaznamenať v podobe stĺpcového grafu priamo v profile:



Obrázok 3: Test tvrdosti. Zdroj: Lienerth (4), upravené.

Tvrdosť snehových vrstiev môžeme zistiť aj tzv. „kladivovým testom“, na ktorý sa používa švajčiarska kladivová sonda (s 1 kg kladivom) a tvrdosť vrstvy sa vypočíta na základe prieniku sondy do snehovej vrstvy. Kladivové profily sa robia len na vybraných lokalitách (HZS (5)).

Už z vyhodnotenia tvrdosti jednotlivých vrstiev môžeme určiť predpoklad stability snehovej pokrývky: Zdroje Lienerth (4) a Mountaineering (6) uvádzajú, že ak je rozdiel medzi dvoma vrstvami **väčší ako dva stupne** (tri a viac), snehová vrstva je nestabilná a svah je nebezpečný. Horolezecká abeceda (2) za nebezpečný považuje svah, kde je zistený rozdiel tvrdosti susedných vrstiev **rovný alebo väčší ako dva**.

2.2.3 Základné druhy snehu

ICCSG (3) špecifikuje základné triedy a odvodené podtriedy druhov snehu. V praxi sa ujalo používanie základných tried druhov snehu:

druh	znak	popis	Hustota kg/m ³	Veľkosť mm
Nový	+	Sneh, ktorý padá, alebo je čerstvo napadaný. Tvar je pôvodný alebo blízky kryštálom vzniknutých v atmosfére. Veľmi pórovitý a veľmi ľahký. Obvyčajne ide o vrstvu vytvorenú počas poslednej periódy sneženia. Je základom prachových lavín.	30-60	Do 7
Plstnatý	/	Čiastočne premenené snehové zrná. K zmene dochádza vplyvom silových účinkov vetra. Pôvodný tvar kryštálov je ešte čiastočne znateľný, môžu sa ešte rozvetvovať (medzištádium deštruktívnej premeny). Je základom doskových lavín.	60-300	Do 1
Okrúhlozrný	●	Zaokrúhlené zrná, ktoré sú osamotené (t.j. bez väzby na susedné zrná). Prejavuje sa tu už aj vplyv teploty. (najmenšie snehové zrná - konečné štádium deštruktívnej premeny). Pre svoju schopnosť spájať sa prispieva k väčšej stabilite profilu.	200-350	0,5-1
Hranatozrný	□	Ešte plné zrná, ale väčšinou s rovnými plochami (medzištádium konštruktívnej premeny). Vzniká pri vysokom teplotnom gradiente pri veľkých mrazoch, hlavne na severných svahoch. Pre svoju nestabilitu sa nazýva pohyblivý sneh.	150-350	1-3
Dutinová inoväť	^	(Pohárikové kryštály) Tvorí sa vo vnútri snehovej pokrývky. Duté tvary snehových zŕn s rovnými plochami a ostrými hranami (konečné štádium konštruktívnej premeny). Veľmi nestabilná snehová vrstva.	200-350	1-3+
Firn	○	Veľké okrúhle zrná, vzniknuté pri procese firnovatenia snehu (striedanie kladných a záporných teplôt).	300-600	Nad 1
Ľad	■	Vzniká na povrchu snehovej pokrývky ak slnko roztopí jej povrch a v noci zamrzne. Hrúbka závisí na dĺžke a intenzite slnečného žiarenia. Po zasnežení sa môže nachádzať v ľubovoľnej hĺbke.	800-900	/
Povrchová inoväť	∇	Vzniká za chladných nocí na povrchu snehovej pokrývky kondenzáciou vodných pár na chladnom povrchu snehovej pokrývky. Ak došlo k jej zasneženiu, môže sa nachádzať aj vo vnútri snehovej pokrývky a tvoriť nestabilnú vrstvu.		2-30+

V snehovej pokrývke zvyčajne nenájdeme snehové kryštály v ich základných podobách, ale v prechodových štádiách medzi jednotlivými typmi.

2.2.4 Veľkosť zŕn

Na posúdenie veľkosti snehových zŕn nám môže poslúžiť plastová kartička s naznačenou milimetrovou sieťou, na ktorú nasypeme sneh z posudzovanej vrstvy a veľkosť jednotlivých kryštálov porovnáme oproti milimetrovému rastru. Veľkosť zŕn klasifikujeme podľa nasledovnej tabuľky:

Názov	mm
Veľmi jemné	Menej ako 0,2
Jemné	0,2 – 0,5
Stredné	0,5 – 1
Hrubé	1 – 2
Veľmi hrubé	2 – 5
Extrémne hrubé	Viac ako 5

2.2.5 Obsah vody

Obsah vody v snehu zisťujeme miernym stláčaním hrudy snehu v rukaviciach.

názov	Anglicky	popis	Znak
Suchý	Dry	Snehová guľa sa robí ťažko, častice snehu nemajú tendenciu držať spolu. Teplota najčastejšie pod 0 °C.	
Mierne vlhký	Moist	Snehová guľa sa robí dobre, voda nie je znateľná ani pod lupou. Čiastočky snehu majú miernu tendenciu sa spájať.	I
Vlhký	Wet	Voda sa zo snehu miernym tlakom dlaní nedá vytlačiť, ale je pri zväčšení lupou znateľná.	II
Veľmi vlhký	Very Wet	Voda sa zo snehu dá vytlačiť miernym tlakom, v póroch je stále znateľný vzduch.	III
Mokrý	Slush	Sneh je celkom presiaknutý vodou, obsahuje len minimálny objem vzduchu.	IIII

2.2.6 Teplota

Teplotu snehu meriame teplomerom, ktorý dokáže merať s presnosťou 0,5 st. C.

Teplotu povrchu meriame tak, že teplomer položíme na povrch snehu a zatienime ho.

Teplotu v snehovom profile robíme čo najskôr po jeho vykopení, a to na tienistej strane. Na slnečnej strane profilu musíme teplomer zatieniť, napríklad lopatou umiestnenou nad ním. Teplomer zasunieme do snehu vodorovne v celej jeho dĺžke. Počkáme aspoň minútu, potom teplomer vytiahneme a odčítame nameranú hodnotu. Teplotu meriame každých 10 cm do hĺbky 1,4 metra, nižšie stačí merať v intervaloch po 20 cm (SWAG (1)).

2.3 „SP SmartProbe“ - Moderná metóda zisťovania parametrov snehových profilov

Výraznou pomôckou pri zisťovaní údajov o snehovom profile sa stáva sonda „SmartProbe“ združenia „AVATECH“ (11). Zariadenie je vzhľadovo podobné klasickej lavínovej sonde, na hornej strane má umiestnený ovládacie prvky a zobrazovacie zariadenie nameraných údajov. V hrote sondy je umiestnené snímacie zariadenie.

Určenie

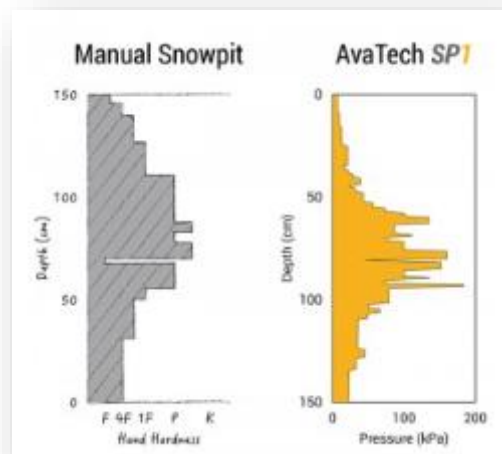
Sonda je určená pre profesionálov, vyžaduje predchádzajúce vedomosti o lavínovej problematike a zodpovedajúci tréning používania.

Meria a zaznamenáva štruktúru snehového profilu, sklon svahu a geodetické súradnice.

Práca so sondou

Sondu rozložíme podobne ako lavínovú sondu, postavíme ju do vertikálnej polohy a stlačíme tlačidlo „TEST“. Na displeji sa zobrazí nápis „Align a Test“. Podržíme hrot sondy tesne nad povrchom snehu a znova stlačíme „TEST“. Po zaznení signálu zatlačíme sondu do snehu až kým nenarazí na povrch (pôda, kamene, ...) alebo je displej už tesne nad úrovňou snehu. Zatlačenie do snehu by sme mali robiť dostatočne rýchlo (1 až 2 sekundy) tak, aby sme test ukončili pred zaznením dvojitého signálu, ktorý oznámi koniec testu. Za niekoľko sekúnd sa na displeji zobrazí výsledok testu.

Sonda umožňuje vykonať množstvo pozorovaní snehových profilov vo veľmi krátkom čase. Porovnanie výsledkov sondy a ručne spracovaných profilov ukazuje obrázok:



Obrázok 4: Porovnanie výsledkov ručného testu a testu pomocou „AvaTech SP“. Zdroj (11).

Sonda si výsledky „pamätá“ a disponuje možnosťami na ich zdieľanie, napríklad pomocou rozhrania BLUETOOTH do aplikácie „AVANET“ pre smartfóny, pomocou WiFi alebo USB pripojenia do počítača.

2.4 SCOPE

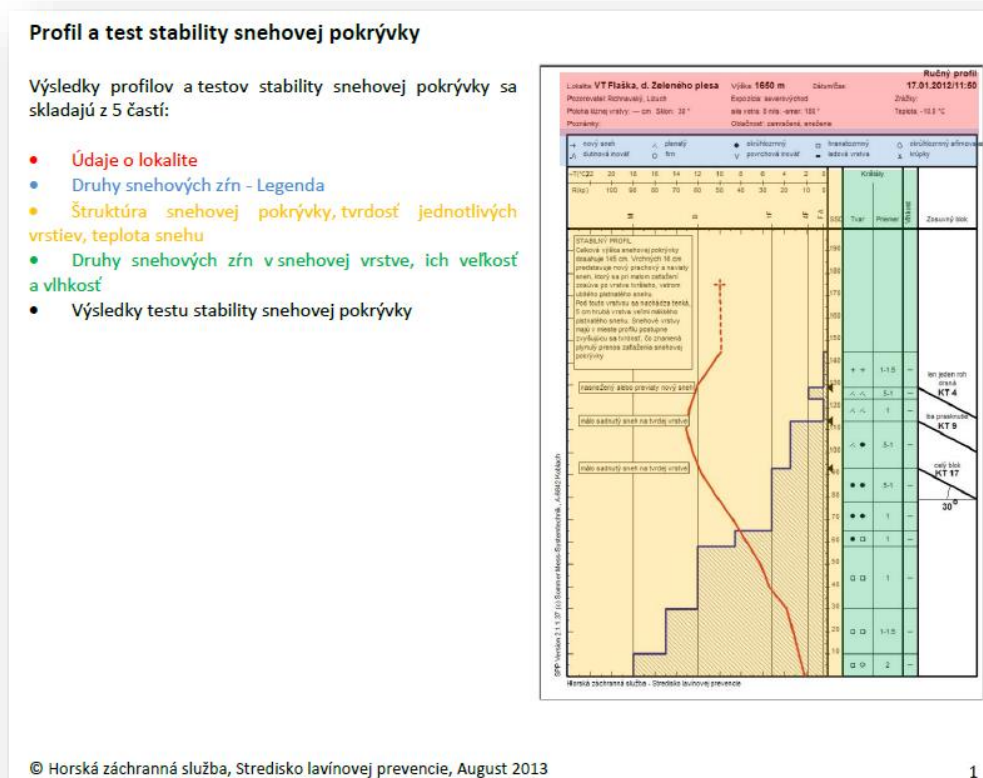
Pre bežných používateľov je určená sonda s názvom „SCOPE“. Vyhotovením je to lyžiarska palica so zabudovaným snímačom. Zdroj (11).



Produkcia zariadenia je naplánovaná na rok 2017.

2.5 Zázpis pozorovaní

Údaje získané skúmaním snehového profilu zaznamenávame do terénneho zázpisníka.



Obrázok 5: Terénny zázpisník, zdroj: HZS

Terénne zázpisníky, do ktorých svoje pozorovania zapisujú pracovníci strediska lavínovej prevencie, sú umiestnené na stránky SLP HZS. Interpretáciu profilov a testov stability nájdeme v dokumente umiestnenom na webovej adrese HZS (5).

3 Testy stability snehovej pokrývky

Testy stability snehovej pokrývky môžeme rozdeliť na neštandardizované (neexistujú kvantifikovateľné pravidlá na vzájomné posúdenie výsledkov testov, pozorovateľ sa spolieha na svoje empirické skúsenosti) a štandardizované (majú presnú metodiku vykonania a pravidlá vyhodnotenia).

3.1 Posudzovanie sklznej plochy a lomu v nestabilných vrstvách

Pri testoch stability, zameraných na zistenie sily potrebnej na vznik lomu v nestabilnej vrstve snehu, vzniká po prekročení kritickej sily lom resp. prasklina. Správne posúdenie kvalitatívnych vlastností sklznej plochy a kvalitatívnych charakteristík samotného lomu môže výrazne prispieť k správne posúdeniu stability, teda aj znížiť pravdepodobnosť vygenerovania nesprávneho výsledku.

3.1.1 Kvalitatívne vlastnosti sklznej plochy

Popis kvalitatívnych vlastností sklznej plochy bol vyvinutý lavínovými pracovníkmi v Gallatin National Forest Avalanche Center (Montana) v súvislosti s používaním testov stability ako kompresný test a sklzný blok.

Kvalitatívny stupeň je označený písmenom „Q“ – „Shear Quality“.

stupeň	Popis
Q1	Predstavuje neobyčajne čistý, hladký, plochý a rýchly povrch sklzu. Nestabilná vrstva sa môže zosypať v okamihu vytvorenia zlomu. Horné vrstvy obyčajne veľmi ľahko skĺznu do výkopu v okamihu, keď nastane zlom v nestabilnej vrstve pri svahoch nad 35 stupňov, niekedy aj na menej strmých svahoch už nad 25 stupňov. Pri testovaní hrubších vrstiev tieto môžu vykazovať drsnejší povrch sklzu, je to spôsobené eróziou bazálnych vrstiev ako sa vrchný blok snehu zosunie, ale každopádne zlom je rýchly a povrch sklzu je zväčša rovinný.
Q2	„Priemerný“ sklz, jeho povrch je zväčša hladký, avšak blok snehu neskĺzne tak ľahko ako pri Q1. Povrch sklzu môže vykazovať malé nepravidelnosti, avšak menšie ako pri Q3. V tomto prípade do výkopu neskĺzne celá snehová doska.
Q3	Povrch sklzu nie je rovinný, je zväčša nepravidelný a drsný. Pri testovaní sa zlom neobjavuje naprieč celou zaťažou vrstvou. Po vzniku trhliny v nestabilnej vrstve sa snehová doska pohne smerom do výkopu veľmi málo resp. sa vôbec nezosunie, dokonca aj na svahoch nad 35 stupňov.

Tabuľka je upravené podľa SWAG (1).

3.1.2 Kvalitatívne charakteristiky lomu

Charakteristiky lomu boli vyvinuté na Univerzite v Calgary (Applied Snow and Avalanche Research Group).

Vlastnosti lomu sú najlepšie pozorovateľné na malom testovacím stĺpe snehu, ktorý je zaťažovaný jednotlivými krokmi zaťaženia (spôsob zaťažovania závisí na použítom teste stability) až do momentu vzniku lomu v nestabilnej vrstve. Predná a bočné steny stĺpa by mali byť čo najhladšie. Pozorovateľ by mal stáť tak, aby mohol sledovať celú prednú a jednu bočnú stenu stĺpa. Svoju pozornosť má venovať najmä nestabilným vrstvám, identifikovaným pri skúmaní snehového profilu.

Vznik lomu môžeme vyhodnotiť ako „náhly“ resp. „neočakávaný“ (Sudden SDN), alebo „odolávajúci“ (Resistant RES). Ak tieto hodnoty rozšírime o charakteristiky sklznej plochy, dostaneme tabuľku:

Popis vlastností lomu	Podtrieda lomu	Kód (angl.)	Trieda lomu	Kód (angl.)
Lom je tenký a hladký, pri prvom kroku zaťaženia sa objaví náhle naprieč celým testovaným stĺpom a blok snehu ľahko skĺzne po nestabilnej vrstve	Náhly Rovinný sklz	SP	Náhly	SDN
Lom sa objaví pri prvom kroku zaťaženia, súčasne nastane kolaps nestabilnej vrstvy	Náhly Zosypanie vrstvy	SC	náhly	SDN
Lom je zväčša hrubší ako 1 cm, objavuje sa pri prvom kroku zaťaženia naprieč testovaným stĺpom, nasledujúce kroky zaťaženia ho postupne stláčajú	Postupná kompresia lomu	PC	Odolávajúci	RES
Lom je zväčša rovinný, avšak vyžaduje viac než jeden krok zaťaženia aby sa prejavil naprieč celým testovaným stĺpom.	Odolávajúci rovinný lom	RP	Odolávajúci	RES
Lom je úplne nepravidelný	Nepravidelný lom	BRK	Zlom	BRK

Tabuľka je upravené podľa SWAG (1).

3.2 Neštandardizované testy

Neštandardizované testy vznikali v priebehu rokov ako výsledky skúmania rôznych pozorovateľov a výskumníkov. Zväčša nie sú podporované dokumentáciou, ani sa z nich nerobia terénne záznamy.

Interpretácia výsledkov týchto testov je obyčajne založená na slovnom popise množstva energie, ktorá je potrebná na vyvolanie zlomu v nestabilnej vrstve alebo sily potrebnej na prekonanie súdržnosti vrstiev.

3.2.1 Test lyžiarskou palicou

Test lyžiarskou palicou spočíva v zapichovaní paličky do snehu, pričom sa pocitovo získava informácia o vrstvení snehu.

Test sa môže vykonávať mnohokrát počas túry. Relatívne spoľahlivo funguje len do malej hĺbky, preto je vhodný na vyhľadanie tvrdej vrstvy pod čerstvo napadaným snehom. Veľmi ťažko sa ním zistia hlboko uložené nestabilné vrstvy (Horolezecká abeceda (2)).

Postup (podľa SWAG (1)):

Kolmo na sneh zapichnete lyžiarsku palicu, v mäkkom snehu košíkom, v tvrdom snehu rúčkou smerom dolu. Pocitovo vnímame rozdiely v jednotlivých vrstvách, cez ktoré palica prechádza. Pri vyťahovaní palice nahor sa pokúšame zistiť menej výrazné vrstvy jej nakláňaním mierne do strán.

3.2.2 Sklzný test na hĺbku lopaty

Princíp spočíva vo vyrezaní / oddelení stĺpca snehu v tvare štvorca (lopatou, lyžiarskou palicou, ...). Z hornej strany ho môžeme lopatou alebo dlaňou ruky zaťažiť v smere spádnice, čím zistíme súdržnosť jednotlivých vrstiev. Test je počas túry mnohokrát opakovateľný. Vhodný je na zistenie, ako je horná vrstva spojená s podkladovým snehom. Funguje iba pre hornú vrstvu (podľa Horolezecká abeceda (2) maximálne do hĺbky cca 30 cm).



Obrázok 6: Sklzný test na hĺbku lopaty. Zdroj SWAG (1), foto: Bruce Tremper.

Test je vhodný na rýchle zistenie plošného rozsahu plytko umiestnenej nestabilnej vrstvy. Výsledok testu zaznamenávame v troch stupňoch sily, ktorú sme potrebovali na dosiahnutie sklzu nestabilnej vrstvy (ľahko, stredne, ťažko).

3.2.3 Vykročenie nad lyžiarsku stopu

Počas postupu na lyžiach môžeme vykročením oboma lyžami nad pôvodnú stopu vytvoriť tlak na snehové vrstvy, ktoré sa zosunú do pôvodnej stopy. Zosun odrezaného snehu napovie o stabilite hornej vrstvy. Test je podľa Horolezecká abeceda (2) vhodný len na posúdenie stability hornej vrstvy.

3.2.4 Odrezanie nestabilnej vrstvy lyžami

Horolezecká abeceda (2) uvádza: Ak je predpoklad, že na svahu môže dôjsť k uvoľneniu lavíny, je vhodné urobiť to kontrolovaným spôsobom tak, že sa vykoná rýchla jazda na lyžiach v mieste predpokladaného odtrhu lavíny v smere mierne šikmo nadol tak, aby v prípade spustenia lavíny lyžiar rýchlou jazdou z lavíny unikol do vopred vyhladeného bezpečného priestoru na protiľahlom svahu. Lyžiar sa počas jazdy snaží lyže maximálne zaťažovať s cieľom lavínu „odrezať“. Keďže pri tomto teste hrozia fatálne následky, je vhodné použiť istenie primerane dlhým lanom.

Metóda je vhodná pre nový nestabilný sneh. Nedá sa použiť na tvrdom snehu alebo pri hlboko uložených nestabilných vrstvách. V tomto prípade môže byť uvoľnená lavína neočakávane väčších rozmerov.

3.2.5 Testovací svah

Vyhľadá sa krátky a strmý svah, na ktorom nehrozí nebezpečenstvo, naskočí sa naň a sleduje sa jeho správanie. Potenciálne môže byť nebezpečný, ak sa nesprávne odhadnú možné následky (skryté nástrahy).

3.2.6 Prevej

Stabilitu snehovej prikrývky možno otestovať (Horolezecká abeceda (2)) aj tak, že sa na svah spustí masa kompaktného snehu primeranej veľkosti (väčšia ako človek). Môže na to poslúžiť vhodne situovaný prevej, ktorý je potrebné destabilizovať, najlepšie odrezaním pomocou pomocnej šnúry s uzlíkmi, lyžami, pílkou,... Čím väčší prevej sa podarí uvoľniť, tým lepšie sa ukáže stabilita snehovej pokrývky, po ktorej sa bude odvažovať. Pri odrezávaní preveja je potrebné dbať na mimoriadnu opatrnosť (istenie lanom), pretože prevej sa môže uvoľniť/odlomiť aj ďaleko od miesta rezu. Takisto rozhodnutie o uvoľnení preveja je možné urobiť len po predchádzajúcom uistení sa, že v dráhe jeho pádu (prípadnej uvoľnenej lavíny) sa nenachádzajú ďalšie osoby, ktoré by test mohol ohroziť.

3.3 Štandardizované testy

3.3.1 Kompresný test

Kompresný test (Compression Test - CT) použitý už v roku 1970.

3.3.1.1 Cieľ testu

Identifikácia nestabilných vrstiev približne do hĺbky 1 metra poklepávaním na lopatku položenú na izolovaný stĺpec snehu. Poklepávanie (zvyšujúci sa tlak) spôsobí vytvorenie zlomov na úrovni nestabilných vrstiev, ktoré sú zreteľne viditeľné na hladkých stenách stĺpu.

3.3.1.2 Výbava

Jediným nevyhnutným vybavením je lopata. Veľkosť lopaty nemá vplyv na presnosť testu (SWAG (1)). Vhodná je aj píłka na sneh.

3.3.1.3 Postup

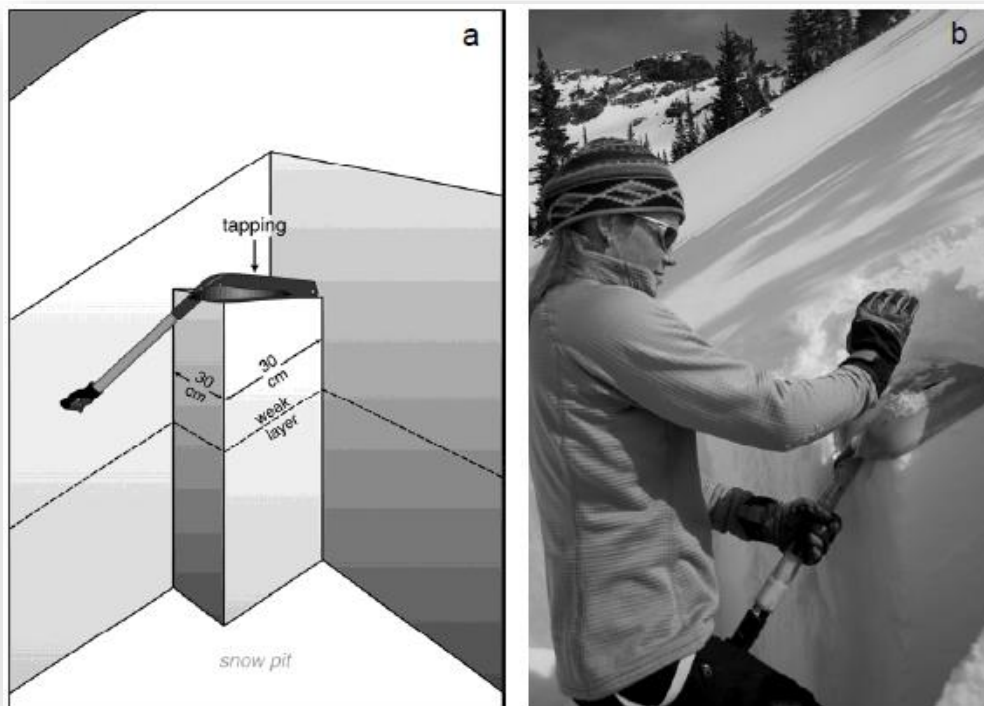
Vyhľadáme bezpečné miesto s neporušenou snehovou prikrývkou, ktoré čo najpresnejšie charakterizuje aj zvyšok svahu.

Oddelíme stĺpec snehu o rozmeroch 30x30 cm do takej hĺbky, aby bolo možné vidieť prípadné zlomy nestabilných vrstiev na hladkých stranách stĺpca. Stačí hĺbka 100 až 120 cm, pretože kompresný test obyčajne nepreukazuje zlomy vo väčšej hĺbke. Takisto príliš vysoké stĺpce majú tendenciu sa ľahšie rozpadnúť a môžu vyprodukovať nesprávne výsledky práve pre hlboké vrstvy (SWAG (1)).

Počas oddeľovania stĺpca si všímame a zaznamenávame všetky zlomy, ktoré vzniknú už pri jeho vyrezávaní.

Ak je stĺpec umiestnený na strmom svahu, zarovnáme ho tak, že lopatou odstránime šikmý klin snehu.

Na vodorovnú plochu stĺpca položíme lopatku a začneme po nej udierať končekmi prstov tak, že pohyb vychádza zo zápästia.



Obrázok 7: Kompresný test. Zdroj SWAG (1), foto: Bruce Tremper.

Úder opakujeme 10x a sledujeme, po ktorom údere (1-10) dôjde ku vzniku zlomu v nestabilnej vrstve.

Ak sa počas udierania zošmykne vrchná časť stĺpca (respektíve sa rozpadne), túto časť odoberieme, zarovnáme stĺpec a pokračujeme v udieraní.

Pokračujeme ďalšími desiatimi údermi (11-20) dlaňou na lopatu tak, že pohyb vychádza z lakťa. Všimame si, po ktorom údere sa objaví zlom na nestabilnej vrstve.

Tretiu sériu úderov (21-30) dlaňou alebo pästou vedieme tak, že pohyb vychádza z ramena.

Spočítame všetky identifikované nestabilné vrstvy na ktorých nedošlo k zlomu a označíme ich „CTN“.

Zaznamenáme hĺbku testovanej snehovej vrstvy. Príklad: Ak pri výške snehovej pokrývky 200 cm bol testovaný stĺpec o výške 110 cm a zlom sa objavil po pätnástom údere v hĺbke 25 cm, poznačíme „CT15@25, hĺbka testu 110 cm“. Výsledky kompresného testu (CT) zapisujeme nasledovne:

- Zlomy vznikli veľmi ľahko už pri vyrezávaní stĺpca „CTV“ (Very Easy)
- Zlomy vznikli počas úderov 1-10 končekmi prstov zo zápästia „CT1-CT10“
- Zlomy vznikli počas úderov 11-20 končekmi prstov z lakťa „CT11-CT20“
- Zlomy vznikli počas úderov 21-30 dlaňou z pleca „CT21-CT30“
- Zlomy nevznikli „CTN“

3.3.1.4 Interpretácia výsledkov testu

Skúsenosti a výskum v západnej Kanade ukazujú, že ľuďmi spustené lavíny sa najčastejšie vyskytujú na svahoch, kde boli následne zistené výsledky testu v rozsahu CT1 až CT9, než na svahoch s výsledkami testu CT20 až CT30, prípadne kde sa nepodarilo testom vyvolať lom. Zistené výsledky náhlych lomov

(SP, SC, Q1) sa objavovali v blízkosti odtrhových čiar lavín omnoho častejšie, než testy vyhodnotenú ako nepravidelné lomy (BRK, Q3).

3.3.1.5 Diskusia k metóde

Autori SWAG (1) upozorňujú na obmedzenia tejto metódy z hľadiska toho, že test postihuje relatívne malú časť (hĺbku) snehového profilu, malú plochu terénu, tiež z hľadiska použitia nerovnakej záťažovej sily rôznymi pozorovateľmi.

Birkeland (9) uvádza, že pri umiestňovaní testu v teréne nezáleží na sklone svahu, CT test to neovplyvňuje, teda stačí robiť test aj na menej nebezpečnom svahu.

3.3.2 Rozšírený kompresný test

Rozšírený kompresný test (Extended column test - ECT) bol vyvinutý v štáte Colorado a New Zealand v rokoch 2005 a 2006. Test je zameraný na zisťovanie predispozície (náchylnosti) vrstiev na šírenie trhlin v horných vrstvách snehovej vrstvy (do 1 metra hĺbky). Pozorovateľ poklepom zaťažuje jednu stranu testovaného stĺpca až do momentu vzniku trhliny/zlomu. Vtedy nastáva kľúčový moment pozorovania, pri ktorom sa zisťuje či a ako sa trhlina šíri naprieč celým testovaným stĺpcom.

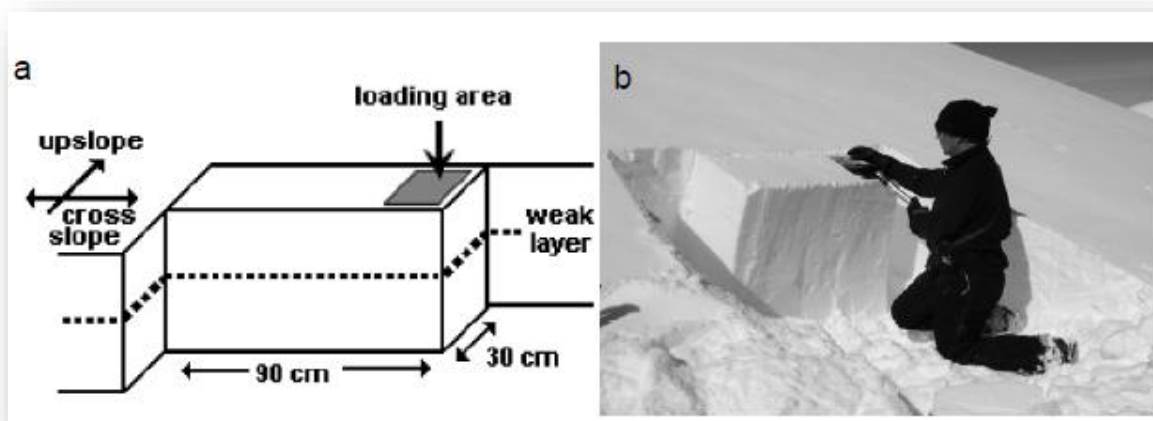
3.3.2.1 Silné a slabé stránky testu

Silnou stránkou testu je jednoduchosť vyhodnotenia (zisťujeme, či existuje zlom v nestabilnej vrstve a či sa šíri naprieč testovaným stĺpcom snehu), rovnako aj to, že tento test oproti iným vykazuje nízke percento falošných vyhodnotení stability.

Slabou stránkou testu je to, že nedokáže spoľahlivo otestovať horné vrstvy čerstvého snehu s tvrdosťou „päť“ prípadne mäkších, keďže lopata má tendenciu tieto vrstvy prerezávať. Test nie je vhodný na zisťovanie náchylnosti na zlomy vo vrstvách hlbších ako 100 – 120 cm, lebo tam už nepôsobí dostatočná iniciačná sila úderov na list lopaty (SWAG (1)).

3.3.2.2 Postup

Vo svahu vykopeme stĺpec snehu, ktorý je široký 90 cm priečne a 30 cm pozdĺžne voči spádnicí svahu. Hĺbka by mala zabezpečiť odhalenie potenciálne nestabilných vrstiev. Hĺbka nemusí presiahnuť 100 až 120 cm, pretože zaťaženie zriedka zasiahne hlbšie položené vrstvy (SWAG (1)).



Obrázok 8: Rozšírený kompresný test. Zdroj SWAG (1), foto: Ron Simenhois.

Zaznamenáme všetky zlomy, ktoré sa objavia počas vykopávania stĺpa a označíme ich ako „ECTPV“

Ak je horná plocha stĺpa naklonená alebo pokrytá tvrdým snehom, odoberieme tento klin a zarovnáme ho do vodorovnej polohy.

Umiestnime list lopaty na okraj stĺpa a postupne 10x udierame na lopatu prstami (pohyb vychádza zo zápästia), zaznamenáme počet úderov, po ktorých vznikne zlom v nestabilnej vrstve, a či sa prípadne ihneď nerozšíri naprieč celým stĺpom (úder 1-10).

Pokračujeme 10x údermi na list lopaty (pohyb vychádza z lakťa), zaznamenáme počet úderov, po ktorých vznikne zlom v nestabilnej vrstve, a či sa prípadne ihneď nerozšíri naprieč celým stĺpom (úder 11-20).

Nakoniec udierame na list lopaty pästou (pohyb vychádza z pleca), zaznamenáme počet úderov, po ktorých vznikne zlom v nestabilnej vrstve, a či sa prípadne ihneď nerozšíri naprieč celým stĺpom (úder 21-30).

Ak zlom nezaznamenáme, označíme výsledok testu ako „ECTX“.

Ak vznikne zlom v určitej vrstve na zaťažovanej strane stĺpa po „n“ údere, ale nerozšíri sa naprieč celým stĺpom, túto nestabilnú vrstvu označíme „ECTNn“.

Ak vznikne zlom v určitej vrstve, ktorý sa rozšíri naprieč celým stĺpom po údere „n“ respektíve vznikne po údere „n“ a rozšíri sa po údere „n“ + 1, túto nestabilnú vrstvu označíme ako „ECTPn“.

3.3.2.3 Vyhodnotenie

Test s označením „ECTPV“ a existencia vrstiev označených ako „ECTPn“ signalizuje nestabilné podmienky v snehovej pokrývke. „ECTNn“ a „ECTX“ vo všeobecnosti indikujú stabilnú snehovú pokrývku. Vzhľadom na to, že tento test je primárne určený na zisťovanie náchylnosti vrstiev snehu na šírenie trhlin v nich, výsledok testu „ECTX“ by nemal byť vyhodnotený ako jednoznačný znak stability snehovej pokrývky. V tomto prípade sa odporúča vykonať aj iné testy stability.

3.3.3 Zosuvný blok

(Spracované podľa SWAG (1)) Metóda zosuvného bloku (Rutschblock Test – „RB“) bo vyvinutá vo Švajčiarsku okolo roku 1960.

3.3.3.1 Postup

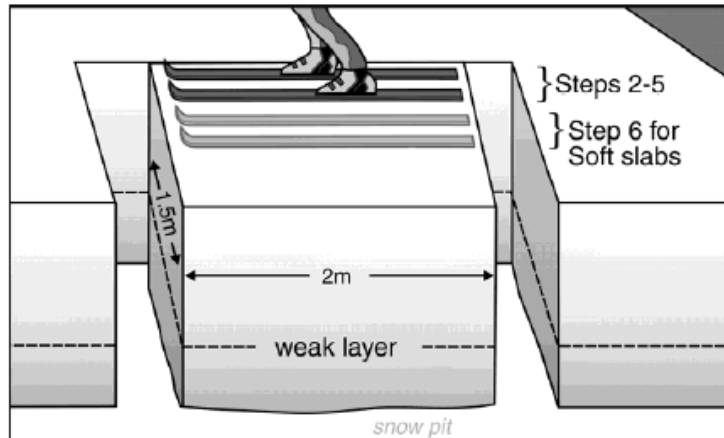
Vyberieme vhodné miesto na vykonanie testu, snehová pokrývka nesmie byť narušená, svah má reprezentovať terén, do ktorého sa chystáme vstúpiť.

Vyrobíme snehový profil a určíme v ňom potenciálne slabé vrstvy.

Na povrch svahu narýsujeme obdĺžnik o šírke 2 m a výške 1,5 m. Tento obdĺžnik obklopeme zo spodnej a bočných strán tak, aby sme zachovali jeho rozmery. Zadnú stenu bloku odrežeme od svahu pomocnou šnúrou s uzlíkmi (lyžami, pílou na sneh, ...).

Mountaineering (6) uvádza rozmery bloku tak, že šírka má zodpovedať dĺžke lyží a hĺbka (smerom do svahu) má byť približne na dĺžku lyžiarskych palíc. Hĺbka výkopu má byť cca 1 meter.

Čelnú stenu dohľadka zarovnáme lopatou.



Obrázok 9: Schematické znázornenie zosuvného bloku. Zdroj SWAG (1).

Už počas odkopávania bloku zaznamenávame všetky lomy a označíme ich ako RB1.

Vykonávame postupné zaťažovanie bloku, všimame si a zaznamenáme, kedy vznikne čistý lom na slabej vrstve:

kód	Postup
RB1	blok sa zošmykne už pri odkopávaní alebo odrezávaní
RB2	lyžiar opatrne nastúpi z hornej strany svahu na blok a postaví sa vo vzdialenosti do cca 35 cm od hornej hrany bloku
RB3	Lyžiar sa pohupne v kolenách bez toho aby vyskočil, pohybom zatlačí na horné vrstvy snehu
RB4	Lyžiar poskočí a dopadne na pôvodné miesto
RB5	Lyžiar znova poskočí a dopadne na pôvodné miesto
RB6	Na tvrdom povrchu alebo pri hlbokých vrstvách si lyžiar zloží lyže, poskočí a dopadne na pôvodné miesto. Na mäkkých vrstvách (kde by poskočenie bez lyží mohlo znamenať prepadnutie sa do snehu) sa lyžiar presunie o ďalších 35 cm bližšie ku stredu bloku, zatlačí na lyže a trikrát poskočí
RB7	pri žiadnom zaťažení nevznikne trhlina

3.3.3.2 Vyhodnotenie

Jeden test nestačí na určenie stability svahu, musia ho sprevádzať poznatky o vzniku a vývoji snehovej pokrývky, priebehu počasia, štruktúre snehu, atď.

Ak boli zaznamenané údaje RB1 až RB3: Blok sa zosypal už pred nástupom lyžiara. Svah je nestabilný, lavína môže byť uvoľnená lyžiarom kdekoľvek na svahu, kde sú podobné podmienky ako na mieste testu.

Ak boli zaznamenané údaje RB4 a RB5: Blok sa zosypal (praskol) po prvom alebo druhom poskočení. Svah je podozrivý. Lyžiar môže spustiť lavínu na hociktorom mieste svahu s podobnými vlastnosťami snehovej vrstvy.

Ak boli zaznamenané údaje RB6 a RB7: Blok sa nezosypal (nepraskol) po prvom ani po druhom poskočení. Svah vykazuje nízku pravdepodobnosť uvoľnenia lavíny. Vhodné je použiť ďalšie pozorovania na potvrdenie stability svahu.

3.3.3.3 Diskusia

Metóda sklzného bloku sa neodporúča ako jediná na určenie stability svahu. Potrebné je vykonať pozorovania snehového profilu.

Nevýhodou testu je, že dokáže testovať len tie vrstvy, ktoré sú uložené nižšie ako sa zabávajú lyže. Príklad: Ak sa lyžiar pri poskocení zaborí 20 cm do snehu, test zatlačí len na vrstvy hlbšie ako tých 20 cm.

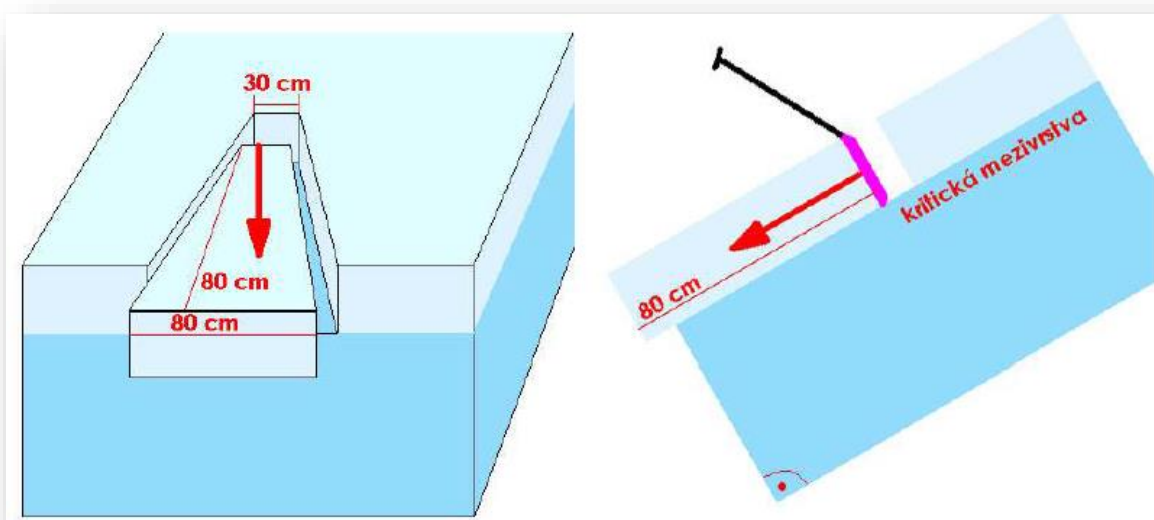
Test vykazuje vyššie číslo RB v horných partiách svahu, čo niekedy vedie k podhodnoteniu rizika v strednej a spodnej časti svahu.

Test zvyčajne nie je účinný na vrstvy v hĺbke nižšej ako 1 meter od hĺbky, do ktorej sa zaboria lyže.

3.3.4 Nórska sonda

3.3.4.1 Postup

Lienerth (4) uvádza nasledovný postup: Vykopeme jamu o šírke cca 80 cm, tak aby stena výkopu bola kolmá na svah. Snehový profil odrežeme od okolitého snehu tak, aby mal podobu lichobežníka s nasledovnou dĺžkou strán: základňa 80 cm, horná hrana 30 cm (na šírku lopaty), výška lichobežníka 60 cm. Lopatu založíme do vrcholu lichobežníka a ťaháme k sebe.



Obrázok 10: Nórska sonda. Zdroj: Lienerth (4).

3.3.4.2 Vyhodnotenie

stupeň	Sila potrebná na zosunutie	Miera rizika	Odporúčanie
1	Do 10 kg	Vysoké	Zmeniť cieľ alebo zrušiť túru
2	Do 20 kg	Zvýšené	Možné ojedinelé uvoľnenie lavíny lyžiarom, potrebné veľké skúsenosti pri voľbe trasy a vedení túry
3	Nad 20 kg	Malé	Uvoľnenie lavíny lyžiarom je nepravdepodobné

3.3.4.3 *Diskusia k metóde*

Horolezecká abeceda (2) hodnotí metódu ako vhodnú na rôzne druhy svahov a typov snehu, avšak vyčíta je vysokú mieru subjektivity pri vyhodnocovaní, v opačnom prípade potrebu silomera. Výsledky testu často považujú svah za menej stabilný ako je v skutočnosti.

Lienerth (4) ako výhodu uvádza rýchlu realizáciu testu, ako nevýhody ťažšie vyhodnotenie vyžadujúce väčšiu empirickú skúsenosť, a tiež hrúbka posudzovanej vrstvy, kedy objektívne posúdime súdržnosť vrstiev iba do hĺbky listu použitej lopaty.

Zoznam bibliografických odkazov

1. SWAG - Snow, Weather, and Avalanches: Observational Guidelines for Avalanche Programs in the United States [online], 2004, The American Avalanche Association, Idaho, Updated 2010, Citované 10.3.2016, Dostupné na internete <http://www.americanavalancheassociation.org/swag/>
2. Frank, T., Kublák, T., a kolektív, Horolezecká abeceda, Nakladatelství Epoque, s.r.o., 2007
3. Fierz, C., Armstrong, R.L., Durand, Y., Etchevers, P., Greene, E., McClung, D.M., Nishimura, K., Satyawali, P.K. and Sokratov, S.A. 2009. The International Classification for Seasonal Snow on the Ground. IHP-VII Technical Documents in Hydrology N°83, IACS Contribution N°1, UNESCO-IHP, Paris.
4. Lienerth Radek, Mgr., Lavinová problematika pro provozování horolezectví a skialpinismu, 2007, skripta ČHS
5. Interpretácia profilov a testov stability, Horská záchranná služba, Stredisko lavínovej prevencie, August 2013, Dostupné na internete < https://slphzs.files.wordpress.com/2015/01/interpretacia_profilov1.pdf. >
6. Mountaineering: The Freedom of the Hills, Quiller Publishing Ltd, 2010, 8. vydanie, ISBN 978-1-59485-137-7.
7. Kolektív autorov, Vysokohorská turistika – O bezpečnom pohybe vo vysokých horách, SVTS Žilina, 2007, ISBN 80-969597-2-7
8. Birkeland, K, Simenhois, R., Heierli, J., THE EFFECT OF CHANGING SLOPE ANGLE ON EXTENDED COLUMN TEST RESULTS: CAN WE DIG PITS IN SAFER LOCATIONS?, USDA Forest Service National Avalanche Center, Bozeman, Montana, USA, Coeur Alaska, Juneau, Alaska, USA, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany, Proceedings of the 2010 International Snow Science Workshop, Squaw Valley, California
9. Birkeland, K., Bair, E., Chabot, D., THE EFFECT OF CHANGING SLOPE ANGLE ON COMPRESSION TEST RESULTS, USDA Forest Service National Avalanche Center, Bozeman, MT, USA Earth Research Institute, University of California, Santa Barbara, CA, USA, Gallatin National Forest Avalanche Center, Bozeman, MT USA, Proceedings of the 2014 International Snow Science Workshop, Banff, Alberta
10. Colbeck, S., Akitaya, E., Armstrong, R., Gubler, H., Lafeuille, J., Lied, K., McClung, D., Morris E., The International Classification for Seasonal Snow on the Ground, 1985, The International Commission on Snow and Ice of the International Association of Scientific Hydrology
11. AVATECH, Dostupné na internete < www.mountainhub.com >
12. Pokyny Horskej záchrannej služby z 1. 7. 2014 č. 10/2014 týkajúce sa bezpečnosti osôb v horských oblastiach pri výkone organizovaných činností, 2014, Horská záchranná služba Starý Smokovec, dostupné na internete < <http://www.hzs.sk/uploads/wysiwyg/pokyny-hzs/Pokyny%20HZS.pdf> >
13. VŠEOBECNE ZÁVÄZNÁ VYHLÁŠKA Krajského úradu v Prešove č. 1/1999 z 29. júna 1999 o Návštevnom poriadku Tatranského národného parku
14. INFO HUDY speciál – FREERIDE, SKITOURING, SKIALPINISMUS, SNEŽNICE, 3. rozšírené vydanie, december 2013, HUDYsport a.s., Bynovec 138, dostupné na internete: < <http://www.floowie.com/cs/cti/hudy-zimni-special-2013/#/strana/1/zvacseni/100/> >