

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Nejvýznamnější faktory zapříčiňující pád lavin

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:
Mgr. Ladislav Vomáčko, Ph.D.

Zpracoval:
Petr Cepák

Praha 2010

Touto cestou bych chtěl poděkovat Mgr. Ladislavu Vomáčkovi, Ph.D. za odborné vedení práce, za praktické rady, náměty a připomínky a za možnost využití jeho zkušeností v této problematice. Bez spolupráce výše jmenovaného by tato práce nevznikla.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a použil jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

.....
Petr Cepák

Svoluji k zapůjčení své bakalářské práce ke studijním účelům. Prosim, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení:	Číslo obč. průkazu:	Datum vypůjčení:	Poznámka:
-------------------	---------------------	------------------	-----------

Abstrakt

Název práce: Nejvýznamnější faktory zapříčiňující pád lavin

Cíl práce: Cílem bakalářské práce bylo shromáždit a vytvořit přehled informací, týkajících se lavin a zprostředkovat laikovi snadnější orientaci v problematice lavinového nebezpečí a rizik s ním spojených, nejen v České republice, ale i v zahraničí.

Metoda: Všechny potřebné údaje byly získány z informačních zdrojů formou komentované rešerše a následně použity do mé práce. Získaná data byla statisticky zpracována a interpretována v grafické i slovní formě.

Výsledky: Největší nebezpečí spuštění laviny člověkem je na svazích o sklonu 30° – 50° , nejvíce mezi 35° – 45° , na závětrných svazích, nebo svazích s převátým sněhem a na svazích s menší drsností a při špatné a velmi špatné stabilitě v alpském výškovém stupni.

Klíčová slova: Sněhová lavina, freeridové lyžování, faktor, sesedání, plazení, sesyp, splaz.

Abstract

Job title: The most important factors cause the avalanche falls

Purpose of work: The aim of this thesis was to gather and create a table of information on avalanches and to provide better guidance in layman issues avalanche hazards and risks associated with it, not only the Czech Republic but also abroad.

Method: All necessary data were obtained from information resources through guided research and subsequently applied to my work. Obtained data were statistically processed and interpreted in both graphic and verbal form.

Results: The biggest danger is the tipping point man on the slopes of the slope to 30°-50°, most between 35°-45°, on the leeward slopes with overblow snow less roughness and poor and very bad stability in alpine altitude level.

Key words: Snow avalanche, freeride skiing, factor, subsidence, crawling, flake, tongues.

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíle a úkoly práce	11
2.1	Cíl práce	11
2.2	Úkoly práce	11
3	Metodika práce	12
3.1	Rešerše	12
3.2	Druhy rešerší	12
4	Pojmy	13
5	Laviny	14
5.1	Definice sněhové laviny	15
5.2	Základní princip uvolnění laviny	16
5.3	Základní typy lavin	17
5.4	Klasifikace lavin podle druhu	19
5.5	Klasifikace lavin podle rozsahu	20
6	Hlavní faktory ovlivňující pád lavin	22
6.1	Člověk	22
6.2	Terén	24
6.3	Počasí a sněhové podmínky	26
7	Individuální faktory	30
7.1	Výškový stupeň.....	30
7.2	Stabilita	31
7.3	Sektory	33
7.4	Roční doba	33
7.5	Shrnutí a výsledky individuálních faktorů	34
8	Diskuze	36

9	Závěr.....	36
10	Seznam použitých zdrojů.....	38

Seznam grafů a tabulek

Obr. č. 1: Základní popis laviny a silové složky	15
Obr. č. 2: Proces odstartování lavin a) v rámci nestabilní mezivrstvy	16
Obr. č. 3: Proces odstartování lavin b) v rámci celého profilu	16
Tab. č. 4: Klasifikace lavin podle druhu	19
Tab. č. 5: Klasifikace lavin podle rozsahu	20
Obr. č. 6: Vznik oblastí tlaku	24
Tab. č. 7: Stupnice lavinové situace	26
Graf č. 8: Srovnání spadlých lavin ve výškových stupních a využití terénu výškových stupňů	30
Graf č. 9: Srovnání stupňů stability, pod kterými spadla lavina a využití stupňů stability	31
Graf č. 10: Pravděpodobnost uvolnění lavin pod různými stupni stability	31
Graf č. 11: Srovnání procenta spadnutí lavin s využitím sektorů	32
Graf č. 12: Pravděpodobnost pádu lavin během časových period	33
Tab. č. 13: Pravděpodobnost pro jednotlivé rizikové faktory	34

1 Úvod

Není tomu tak dávno, kdy byl freeride, neboli jízda ve volném terénu záležitostí pár vyvolených. S trochou nadsázky by se dalo říci, že dnes je to ale v řadě alpských středisek téměř vyrovnané. Záměrně uvádím v alpských, protože Čechy nemohou těmito oblastem s nekonečnými pláněmi, které je možné sjíždět konkurovat a tudíž freeride není u nás možné téměř vůbec provozovat. Polovina lidí sjíždí sjezdovky, druhá vyráží od vleků do neznáma. V mnoha alpských střediscích, kde se dá vyrazit mimo sjezdovky, se dají pozorovat úžasné věci. Zejména když napadne čerstvý prašan. Desítky a možná i stovky lyžařů, kteří s vámi ráno nasedají na lanovky, se nahoře oddělí a mizí v zasněžených kopcích. Nebo dál už pěšky stoupají s lyžemi připevněnými k batohu co nejvýš, kam to jen jde. To proto, aby se pak mohli po majestátných sněhových pláních spouštět do údolí a pokud možno zanechat za sebou vlnité stopy tam, kde ještě nikdo před nimi nejel. Proto by s placatými lyžemi do terénu měli jít jen opravdu zkušený jezdcí a vždy jen po důkladné přípravě, studiu terénu, vývoje počasí i sněhových podmínek. Protože právě lyžaři mimo oficiální sjezdové tratě, jsou jednou z hlavních příčin zavinění pádů lavin. Vliv člověka a jeho činnosti nemůže být proto vyřazen, pokud se jedná o shromažďování dat o zapříčiňování lavin. Lyžařská populace se podle mého rozděluje na tři skupiny. Ti, co rádi jezdí po sjezdovce, ti, kteří z ní prchají a konečně třetí neurčitá skupina, která pak ráda osciluje mezi těmito dvěma póly. Jsou to většinou lyžaři, kteří ze sjezdovky, když jsou dobré podmínky, rádi na chvíli zamíří do terénu vyzkoušet nové obzory a možnosti. A právě do této třetí skupiny bych se zařadil já. Příležitostný freeridový jezdec s pramálo zkušenostmi a touhou poznávat nepoznané. Jenže tato touha po něčem novém a jedinečném může mít katastrofální následky v podobě zasypání lavinou. A to byl také důvod, proč jsem se rozhodl psát práci na toto téma a rád bych ji věnoval všem, kteří chtějí jezdit ve volném terénu, jako příručku, ve které se doví stručnou charakteristiku lavin, na jakých faktorech nejvíce závisí spuštění lavin, a čeho se vyvarovat a čemu věnovat pozornost při pohybu v neznámém a nezabezpečeném prostředí.

2 Cíle a úkoly práce

2.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo shromáždit a vytvořit přehled informací, týkajících se lavin a zprostředkovat laikovi snadnější orientaci v problematice lavinového nebezpečí a rizik s ním spojených, nejen v České republice, ale i v zahraničí.

2.2 Úkoly práce

V rámci této práce jsem si stanovil několik úkolů:

1. Vytvořit přehled druhů lavin
2. Vysvětlení mechanismu jejich pádu
3. Najít a porovnat nejvýznamnější faktory zapříčiňující pády lavin

3 Metodika práce¹

3.1 Rešerše

Rešerše je soupis literatury k tématu, na kterém se má pracovat, napsat nějaké pojednání. Udělat rešerši znamená prohledat dostupné informační zdroje: katalogy knihoven, odborné elektronické databáze i zdroje na internetu, např. webové stránky univerzit, vědeckých společností i firem oborově zaměřených na své téma. Shromáždění a přečtení vybrané relevantní literatury je předpokladem k vytvoření přehledu o stavu poznání v oboru a tématu práce.

3.2 Druhy rešerší

Existují speciální druhy rešerší rozlišené podle toho, z jakého zdroje se vyhledává, podle druhu dokumentu, případně podle toho, jak se rešerše zpracuje.

Autorská rešerše je vyhledávání podle jména autora, který v dané tématice vyniká.

Patentová rešerše se zaměřuje na vyhledávání patentů, a to buď ve specializovaných patentových databázích, nebo v oborových databázích, které patenty také obsahují.

Komentovaná (anotovaná, kritická) rešerše bývá často zadávaným úkolem pro studenty. Jde o přehled relevantních publikací (především článků z časopisů a příspěvků z konferencí) a zhodnocení jejich obsahu a přínosu pro řešenou problematiku.

1. TICHÁ, L., Struktura a formální náležitosti vysokoškolských závěrečných prací

4 Pojmy

V této kapitole charakterizují nejdůležitější pojmy, které byly použity v této práci a které se také používají v oblasti lavinové problematiky.

Freeridové lyžování

Lyžování mimo oficiální sjezdové tratě, u kterého se využívá volného terénu, někdy i stovky kilometrů od civilizace.

Sněhová lavina

Náhlé uvolnění a následný rychlý sesuv sněhové hmoty po dráze delší než 50m.

Faktor

Veličina, která ovlivňuje nebo podmiňuje pád laviny.

Sesedání

Kontinuální proces, projevující se hlavně redukcí výšky sněhové vrstvy. Vnitřní struktura sněhu se může změnit působením vlastní váhy, větru a zvláště pak změnou okolní teploty.

Plazení

Velmi pomalý soustavný pohyb sněhové vrstvy.

Sesyp

Pád masy čerstvě napadaného sněhu většinou v místech strmých skalních stěn. K sesypu dochází během hustého sněžení nebo hned těsně po něm díky nárazům větru anebo se jednoduše nová vrstva neudrží a utrhne se. Sesyp půdy již může vyprovokovat vznik laviny.

Splaz

Je z uvedených pohybů nejvíce podobný lavině. V podstatě jde o pomalé sesunutí čerstvé povrchové vrstvy sněhové pokrývky, jež vlivem oteplení ztratila soudržnost se sousední vrstvou sněhového profilu. Splaz ale nedosahuje parametrů lavin.

5 Laviny

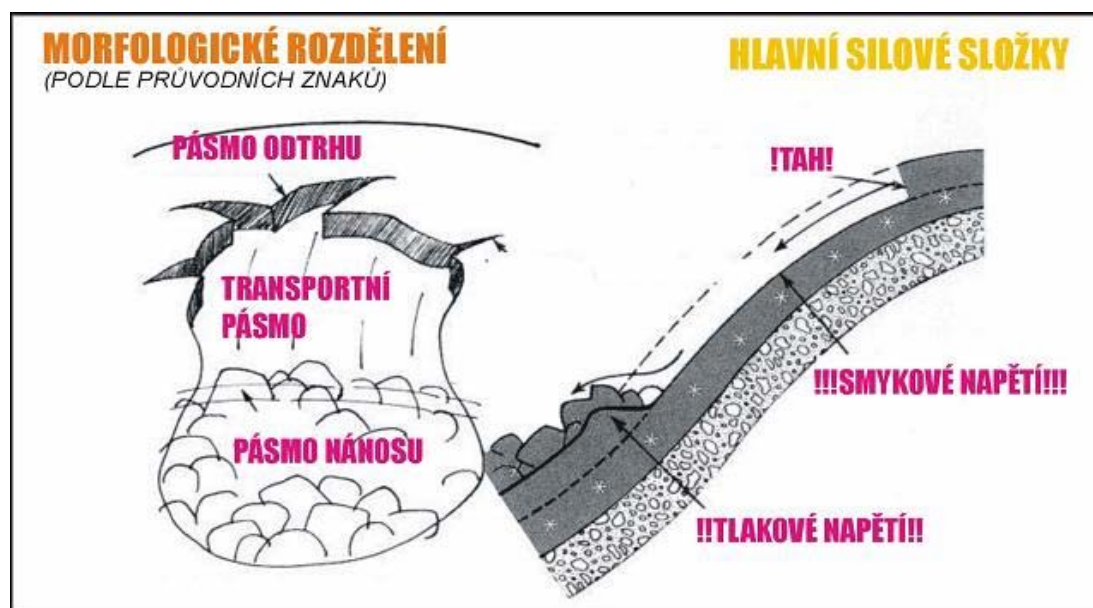
Laviny jsou pravděpodobně největším objektivním rizikem v horách. Hlavní úlohu hraje gravitace, která způsobuje vznik smykového odporu a napětí. Ve sněhové pokrývce probíhá řada mechanických a fyzikálních procesů. Sněhová vrstva sesedá, dochází k jejímu plazení, na povrchových vrstvách se objevují sesypy, nebo splazy. Sesedání a plazení je způsobeno gravitační silou. Jelikož se jedná o změny zasahující celou sněhovou vrstvu je vizuální postižení těchto procesů obtížné. Zrakem jsme schopni poměrně snadno rozeznat sesypy a splazy. Splazy větších rozměrů už mohou ohrozit člověka pohybujícího se v zasaženém terénu na životě. Lavina je posledním z mechanických procesů, ale je současně procesem nejničivějším. Laviny můžeme rozlišovat podle převládajícího uvolněného materiálu na - sněhové, kamenné – zemní (u nás známé spíše pod pojmem mury) či ledové. Dále se budu věnovat lavinám sněhovým. Sněhová lavina je náhlý sesun sněhové pokrývky ze svahu, způsobený narušením rovnovážných sil v jednotlivých vrstvách nebo mezi sněhem a podložím. Utržená sněhová masa nabírá cestou dolů po svahu na rychlosti i na objemu a sílu ztrácí až na rovině nebo v protisvahu. Laviny vznikají nejčastěji na svazích se sklonem od 15 do 50 stupňů. V mírnějším terénu není dostatečná gravitační síla, která by uvedla sněh do pohybu, ve strmějším svahu je zase tak velká, že se sněh sesouvá průběžně. Další faktory, ovlivňující vznik laviny, jsou členitost terénu, struktura a uložení sněhu a samozřejmě počasí se všemi zvláštnostmi horského terénu. Všechny tyto faktory jsou dnes již dobře prozkoumány a jsou určující pro stanovení lavinového rizika, které vydává horská služba dané oblasti.

5.1 Definice sněžové laviny

Lavina je pohyb čisté sněžové hmoty nebo sněžové hmoty s příměsí jiného materiálu o rychlosti větší než 10 m/s na vzdálenost větší než 50 m (De Quervain, 1965).

Na vzniklé lavinové dráze lze odlišit odtrhové, transportní a nánosové pásmo laviny (Tremper, 2004).

Obr. č. 1: Základní popis laviny a silové složky

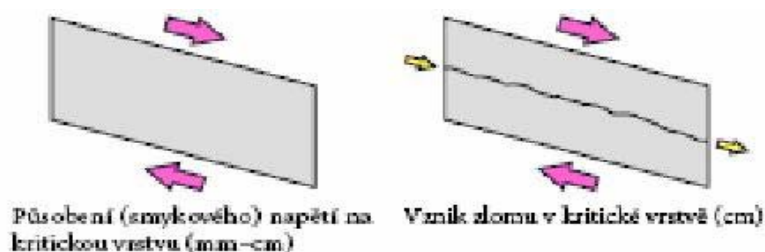


Obr. č. 1 (Tremper, 2004)

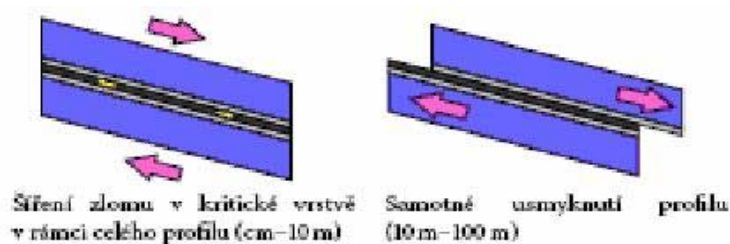
5.2 Základní princip uvolnění laviny²

Na profil sněhové pokrývky působí kromě gravitace, ještě několik druhů napětí (obr. č. 2). V rámci stability sněhového profilu se zde ale nejvíce projevuje smykové napětí. Jedná se vždy o nestabilní kritickou vrstvu či jen nepatrnou vrstvičku, která není schopna vstřebávat další zatížení. Usmeknutí sněhových vrstev probíhá vždy tak, že nad nebo pod tvrdší vrstvou je vrstva zřetelně méně stabilní, která v dané chvíli už není schopna unést zvýšené namáhání a tlakem horních vrstev se zborší. Místo odtrhu ale většinou není totožné s místem prvotního impulsu uvolnění laviny. Proces laviny je odstartován buď:

Obr. č. 2: a) v rámci nestabilní mezivrstvy



Obr. č. 3: b) v rámci celého profilu



5.3 Základní typy lavin³

Deskové laviny

Jsou nejčastější příčinou lavinových neštěstí. Deska je tvořena kohezní (soudržnou) vrstvou sněhové pokrývky, která leží na méně kohezní, slabší vrstvě sněhu – skluzném horizontu, po němž sjede. Podloží deskové laviny může tvořit další, tvrdší vrstva sněhu, nebo samotný povrch bez sněhu. Mohou se tedy tvořit deskové laviny povrchové i základové. Deskové laviny mají čárový odtrh. K odtrhu dochází většinou v místě nad bodem, kde osoba stojí. Deskové laviny dosahují během několika sekund rychlosti i přes 100 m/s.

Prachové laviny

Jsou tvořeny, jak již název napovídá z prachového sněhu. Pro tento druh lavin je charakteristický pohyb sněhu nejen po povrchu terénu, ale i jeho víření vzduchem. Před čelem laviny vzniká velká tlaková vlna, kdežto na bocích a za lavinou se vytváří podtlak. Vzniklý tlak může strhnout i poměrně vzdáleného pozorovatele. Rozptýlení sněhu ve vlastním lavinovém mraku je tak koncentrované, že člověk zasažený prachovou lavinou, i když se ubrání tlakové vlně, je vystaven velkému nebezpečí udušení nadýcháním vzduchu silně přesyceného sněhem. K odtržení lavin dochází buď přímo v místě impulsu, nebo častěji nad ním, v místě nejvyššího napětí. Prachové laviny mívají bodový odtrh.

Ledovcové laviny

Tvoří zvláštní samostatnou kategorii. Jedná se vlastně o řícení částí ledovce – seráků. Nejlépe je se jim vyhnout postupem mimo oblast, jíž ohrožují. Pokud to jinak nejde, musíme se kolem nich pohybovat co nejkratší možný čas a nejlépe po ránu, kdy ledovec není změkklý tak, jako večer. Důležité je vyvarovat se zvláště ve špatném počasí spaní pod nimi.

Pád převěje

Je dalším nebezpečím na horách. Podobně jako u ledovcových lavin způsobí pád převěje často uvolnění laviny. Statisticky vzato nemají pády převějí na svědomí velký počet životů. Převěje mají tu vlastnost, že se odlamují dál od kraje než bychom čekali.

Vlhké laviny

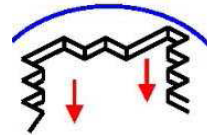
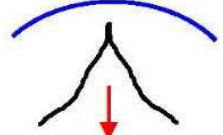
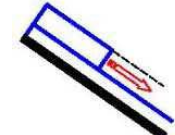
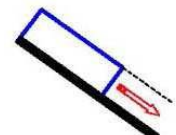
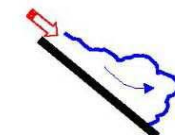
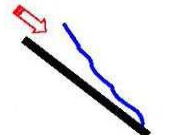
Mají oproti předchozím tzv. suchým lavinám jinou mechaniku pohybu, jinak se předpovídají. Lze u nich rozlišit několik typů, např. vlhké prachové laviny, firnové laviny a laviny typu slushflow (břečkotok). Všechny jsou charakteristické pro jarní období nebo pro období oteplení. Protože jsou tvořeny těžkým vlhkým sněhem, bývají velmi nebezpečné. V těchto lavinách se také netvoří vzduchové kapsy, které by umožňovaly delší pobyt pod sněhem bez udušení. Dosavadní výzkumy potvrdily rozdílný způsob vzniku lavin ze suchého a z vlhkého sněhu. Laviny ze suchého sněhu vznikají nárůstem určitého množství stresu – napětí působícího na sněhové vrstvy, tedy vnějším působením - ať už to je napadnutím nového sněhu, větrem nebo působením člověka. Oproti tomu laviny z vlhkého sněhu vznikají snížením soudržnosti uvnitř sněhu (sněhových vrstev).

3. HOUDEK, I., Zimní nebezpečí v horách

5.4 Klasifikace lavin podle druhu

Z hlediska druhu, rozlišujeme laviny podle kritérií stanovených W. Münterem. Charakteristika laviny podle těchto kritérií poskytuje základní informaci o složení unášené hmoty, průběhu vlastní laviny i jejím vzniku (tab. č. 4).

Tab. č. 4: Klasifikace lavin podle druhu⁴

Podle formy odtrhu	Čárový 	Bodový 
Podle kluzné plochy	Povrchová 	Základová 
Podle druhu pohybu	Vířivá 	Tekoucí 
Podle tvaru dráhy	Plošná	Žlabová
Podle vlhkosti sněhu	Suchý sníh	Mokrý sníh
Podle dosahu lavinové dráhy	Svahová	Údolní
Podle materiálu laviny	Sněhová	Ledová
Podle příčiny	Samovolná	Uměle vyvolaná

4. MÜNTER, W., 3x3 Lawinen, Pohl und Schellhammer

5.5 Klasifikace lavin podle rozsahu

Klasifikace lavin podle rozsahu na základě tří faktorů, jimiž jsou dojezd sněhu, jeho zničující schopnosti vzhledem k člověku, ale i okolí a podle délky.

Tab. č. 5: Klasifikace lavin podle rozsahu⁵

Označení	Klasifikace podle dojezdu	Klasifikace podle zničující schopnosti	Klasifikace podle délky
Splaz	Sklouznutí malého množství sněhu, které nemůže osobu zasypat (nebezpečí následného pádu).	Pro člověka relativně neškodný.	Délka < 50m Objem < 100m ³
Malá lavina	Zastaví se ještě na svahu.	Muže zasypat, zranit nebo zabít člověka.	Délka < 100m Objem < 1.000m ³
Střední lavina	Zastavuje až ve spodní části svahu.	Muže zasypat a zničit auto, poškodit nákladní auto, zničit malou budovu nebo strhnout několik stromů.	Délka < 1.000m Objem < 10.000m ³
Velká lavina	Běží přes celou plochu svahu, nejméně však 50m (sklon svahu dosahuje i značně méně než 30°), může dosáhnout dna údolí	Muže zasypat a zničit nákladní auta nebo vlaky, velké budovy a zalesněné plochy	Délka > 1.000m Objem > 10.000m ³

5. VOIGHT, B., Rockslides and avalanches

6 Hlavní faktory ovlivňující pád lavin

Faktory, které jsou uvedeny a popsány na následujících stránkách, pochází ze tří zdrojů, jak českých tak zahraničních (jednoho českého, jednoho slovenského a jednoho kanadského). Informace jsou získány výzkumem a zkušeností autorů, zabývajících se problematikou lavin a působících jako záchranáři, horští vůdci, či výzkumní pracovníci. Podle Horské služby ČR jsou hlavní faktory, na kterých záleží - člověk, terén, počasí a sněhové podmínky. Šramka ve své publikaci uvádí, že na laviny má vliv působení tří základních faktorů, tzv. lavinový trojúhelník – terén, počasí, sněhová pokrývka. Avšak vliv člověka neopomíjí a přiklání mu také velkou váhu. Věnuje se ale spíše faktorům lavinového trojúhelníku a jejich rozboru z odbornějšího hlediska. Třetím zdrojem je analýza vypracovaná dvěma odborníky na lavinovou problematiku. Tuto analýzu bych ale ponechal samotnou bez porovnání s ostatními dvěma publikacemi v kapitole Individuální faktory, protože se jedná vyloženě o statistické pojednání na základě informací o spuštění laviny člověkem od kanadských horských vůdců, jinými slovy jde o pravděpodobnost spuštění lavin člověkem v závislosti na čtyřech faktorech, jimiž jsou – výškový stupeň, stabilita, sektor, roční doba.

6.1 Člověk

Začněme daty získanými od Horské služby ČR. Největším problémem je sám člověk, který svým chováním způsobuje pády lavin. V publikaci se poukazuje na to, jaké chyby v terénu dělá, ale také na to, jak by měl do terénu vyrazit, respektive uvádí optimální počet osob ve skupině. Na spuštění laviny má vliv spousta faktorů, ale člověk je jedním z největších spouštěčů lavin. Je dobré vědět, že našim disciplinovaným a defenzivním chováním můžeme případné stržení laviny ovlivnit asi v největší míře.

Časté chyby - většina lavinových neštěstí se stala ne proto, že nebylo možné rozpoznat hrozící riziko, ale proto, že došlo ke špatnému subjektivnímu vyhodnocení a odpovídajícímu chování. V mlze nebo difúzním (rozptýleném) světle nemůžeme správně ohodnotit terén. Ve vichru či bouřlivém počasí nemůžeme zaslechnout praskavé zvuky. Často vidíme jen to, co vidět chceme. Máme tendenci přijímat informace, které jsou příznivé pro naši túru. Zatím vždy všechno dopadlo dobře, to se nám nemůže stát,

máme to pod kontrolou. To je typické myšlení, jehož důsledky mohou být katastrofální. Soutěž v rámci skupiny nebo mezi skupinami. Přítomnost dalších skupin (podívej, oni tam jdou taky, tak proč bychom to nezkusili). V rámci skupiny (např. dodržování rozestupu, určení trasy sjezdu). Rozuměl každý instrukcím? Mohu se spolehnout, že se skupina bude řídit mými instrukcemi? Tyto otázky je třeba pokládat členům skupiny nahlas a zřetelně, abychom se ujistili, že každý ví, co má dělat, nikoliv sám sobě. Důležitá je komunikace mezi jednotlivými členy.

Zatížení svahu podle počtu osob

1 osoba

Výhody: velmi operativní a rychlý pohyb, minimální zatížení svahu a hluboké zážitky.

Nevýhody: nemožnost vzájemné pomoci a jištění, už i při malému problému může vše skončit tragicky.

2–3 osoby

Výhody: také ještě velmi operativní a rychlý pohyb, malé zatížení svahu, hluboké zážitky.

Nevýhody: stále ještě omezená možnost vzájemné pomoci a jištění, i při malému problému slabé vyhlídky.

3–4 osoby

Optimální počet členů skupiny. Stále ještě malé zatížení svahu.

5 a více osob

Už velká skupina.

Nevýhody: příliš velké zatížení svahu, pozor na psychologii davu, problém příliš rozdílné výkonnosti členů skupiny.

Podle Šramky většina obětí lavin neumí hodnotit lavinové nebezpečí, téměř vždy jsou oběťmi freeridový jezdcí, skialpinisté, lezci. Většinu obětí tvoří sportovci se zkušeností s pobytem v horách, muži, v dobré kondici, inteligentní, střední třídy, mezi 18 až 40 roky. Sníh je stabilní 95% času a je velikou chybou myslet si, že bude i v ten okamžik, kdy bude člověk venku.

6.2 Terén

Horská služba ČR zahrnuje k faktorům terénu sklon, orientaci, reliéf, skály a vegetaci. Faktory popisuje velmi tečně, spíše jako obecnou pomůcku, nezabíhá do detailů, jde pouze o náčrt, či nástin.

Sklon - nutnost správného odhadu, také mít na zřeteli strmé svahy nad trasou i pod ní.

Orientace - většina nehod se stala na strmém, stinném svahu poblíž hřebene.

Reliéf - kopcovitý povrch lépe dovoluje volbu dobré trasy.

Skály - skály (malé či velké) obecně snižují stabilitu – rozdělují svah na menší a námi snáze ovlivnitelné části a rozdílným vedením tepla narušují pevnost profilu. V některých momentech mohou sloužit jako jakási přirozená ochrana.

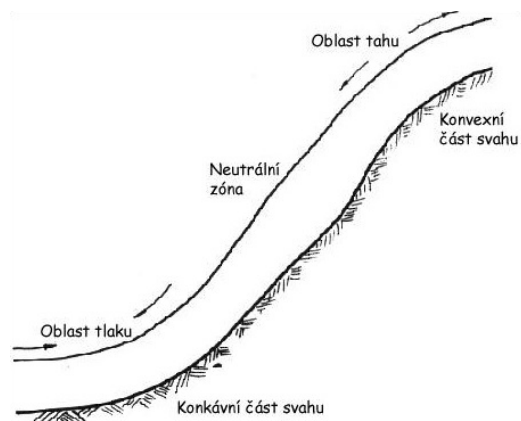
Vegetace - mezi veřejností je vžitě dogma, že schování se v lese mezi vegetací člověka zachrání, ale ve skutečnosti tomu tak není, lavina svou zničující silou dokáže lámat a vyvracet stromy, takže stromy člověka před lavinou neuchrání.

Šramka do terénu zahrnuje sklon, členitost, drsnost, expozice terénu vůči slunečnímu záření, expozice terénu vůči směru převládajících větrů a poznatky shrnuje do výsledků, z kterých vyplívá, jaký terén je nebezpečný a jaký relativně bezpečný. Zabývá se faktory hlouběji a specifitěji.

Sklon - je základním faktorem vzniku lavin. Riziko vzniku laviny roste s rostoucím sklonem svahu. Obecně se dá říci, že sklony do 25° jsou vyhrazeny pro laviny typu slushflows (břečkotok). Nejčastěji se laviny uvolňují na svazích o sklonu 35 – 45°, přičemž průměr činí 38°. Pro svahy nad 50° stupňů jsou typické časté, ale menší prachové laviny.

Členitost svahu - hraje roli zejména v určení místa, v němž dojde k odtrhu. Zároveň také nerovnosti na svahu urychlují nebo zpomalují padající lavinu. Svah se dá podle svého tvaru dělit na část konvexní, na níž převažuje tažení sněhu, a na část konkávní, na níž převažuje komprese sněhu.

Obr. č. 6: Vznik oblastí tlaku



Vznik oblastí tahu (tension zone) na konvexních částech svahů a oblastí tlaku (compression zone) na konkávních částech svahu (Forest Service, 1961).

Drsnost terénu - hraje při vzniku lavin důležitou úlohu. Drsnost zvětšuje tření mezi podkladem a sněhovou pokrývkou a snižuje tak její vnitřní napětí. Rozdíly mezi druhy hornin a jejich uložením ovlivňují vznik lavin (krystalinické jsou na rovném příkrém svahu pro vznik lavin příznivější než břidlice). Velmi zvětralé horniny ulehčují vznik lavin. Zlomiska a balvanové proudy jsou místem jen ojedinělého výskytu lavin. Výjimkou jsou místa s takovou výškou sněhové pokrývky, kde se vytvoří hladký skluzný horizont. Nejmenších drsností dosahují nekosené travnaté svahy. Svahy porostlé kosodřevinou stabilizují sněhovou pokrývkou, pokud není takové množství sněhu, které vytvoří skluzný horizont nad kosodřevinou. Nejstabilnější ochranou před lavinami jsou svahy porostlé zdravým, druhově rozmanitým a hustým lesem. Tam, kde je les řídký, nezdravý a s nedostatečným zápojem, může docházet k lavinám, jejichž ničivý účinek je násoben strženými stromy.

Expozice terénu vůči slunečnímu záření - má významný vliv na vlastnosti sněhové pokrývky. Nejvýznamnější je vliv expozice ve středních zeměpisných šířkách (zhruba mezi 30 – 55° s.š.). V nízkých šířkách svítí slunce více „shora“, kdežto ve vysokých zeměpisných šířkách je slunce v zimě velmi nízko nad horizontem na to, aby působilo významné změny ve sněhové pokrývce. Severní svahy v průběhu zimy přijímají méně tepla, oproti tomu jižní svahy přijímají tepla daleko více. Proto se na severních svazích tvoří sněhová pokrývky naprosto odlišných vlastností, než na jižních. Východní svahy přijímají teplo po ránu, kdy jsou nejnižší denní teploty, západní svahy přijímají teplo

odpoledne, v době nejvyšších denních teplot. Sněhová pokrývka na zastíněných svazích většinou vytváří křehké skluzné horizonty, např. pohyblivý sníh, povrchová jinovatka, dutinová jinovatka. Díky tomu většina lavin vzniká na severních a východních svazích. Jižní a západní svahy jsou typické výskytem vlhkých lavin, zejména v jarním období. V delších obdobích bez slunečního záření (zataženo, bouře) se stírají rozdíly způsobené odlišnou expozicí svahu. Pamatujme, že na jižní polokouli je situace na severních a jižních svazích obrácená.

Expozice terénu vůči směru převládajících větrů - projevuje se v rozdílném ukládání sněhové pokrývky. Silné větry při intenzivních a dlouhotrvajících sněženích nebo hned po nich jsou často příčinou vzniku lavin na závětrných svazích. Je třeba v každém okamžiku odlišovat od sebe návětrný a závětrný svah. Na návětrných svazích se tvoří tvrdý upěchovaný deskový sníh s typickou modelací. Na závětrných svazích se tvoří sněhové převěje. Je třeba se naučit poznávat větrem přemístěný sníh.

6.3 Počasí a sněhové podmínky

Vítr - určení převládajícího směru větru a tím i usazování sněhu. S přibývajícím nadmořskou výškou se ukládání sněhu mění, ale pozor i v rámci jednoho údolí může dojít k rozdílnému ukládání sněhu vlivem lokálního (místního) působení větru. Nebezpečný přenos a ukládání sněhu větrem je možné, pokud se má co a kam ukládat. Tímto přenášeným sněhem ale nemusí být pouze jen nový sníh, jsou známé případy, kdy po dlouhotrvajících větrných obdobích (ale bez přírůstku nového sněhu, naopak na povrchu byl i starší ztvrdlý sníh) došlo celkem často (i na málo obvyklých místech) k sesuvu celkem slušných lavin. Toto je ale specifické například pro Krkonoše, tedy pohoří s obrovskými exponovanými rovinnými plochami v nejvyšších partiích, které tvoří obrovskou zásobárnu takového přenášeného materiálu.

Vliv různého množství sněhu - výskyt nestabilních vrstev zásadně zvyšuje riziko uvolnění laviny (suchý i vlhký sníh). Podezřelé je každé rozhraní především při významném rozdílu tvrdosti nebo velikosti zrn sousedních vrstev - zajímá nás více nestabilní vrstva, která má i často výrazně větší krystaly.

Kritická výška nového sněhu. Pro širokou veřejnost existuje toto obecné pravidlo:

10–20 cm malé nebezpečí

20–30 cm střední nebezpečí

30 cm a víc kritická situace

Šramka vychází z podstatných a důležitých meteorologických prvků, jimiž jsou - doba trvání a intenzita srážek, vítr a teplota vzduchu. Opět uvádí faktory ve větším objemu a s větší odborností.

Trvání a intenzita srážek - všeobecně je pro vznik lavin nebezpečné intenzivní a dlouhotrvající sněžení. 80 – 90 % lavin je způsobeno a spadne právě během vydatného a dlouhotrvajícího sněžení. Dlouhotrvající sněžení nízké intenzity vytváří menší nebezpečí, než jednorázové napadnutí velkého množství sněhu v krátkém období. Upravená stupnice lavinové situace při napadnutí nového sněhu za 24 hod. pro naše podmínky (ČR a SR) a pro zahraniční velehory (tab. č. 7).

Tab. č. 7: Stupnice lavinové situace

Přírůstek v ČR a SR	Přírůstek ve velehorách	Nebezpečí
do 15 cm	30 cm	podstatné zvýšení nebezpečí
15 – 30 cm	30 – 50 cm	vážné místní nebezpečí
30 – 50 cm	50 – 80 cm	Akutní lavinové nebezpečí
50 a více cm	80 a více cm	lavinové katastrofy

Tab. 7 (Houdek, 1956)

Celková výška sněhové pokrývky není směrodatným kritériem pro posouzení lavinové situace, pokud současně není přihlédnuto ke genezi, strukturální a vrstevnatostní stavbě sněhové pokrývky. Nepříznivé je takové zvrstvení sněhové pokrývky, při němž existují významné rozdíly v mechanických vlastnostech jednotlivých druhů sněhu. Dešťová voda pronikající do sněhové pokrývky na ni může působit dvojnásobně. Sněhová pokrývky je schopna udržet určitý maximální objem volné vody cca 10-15%. Pod touto kritickou hranicí má volná voda na sněhovou pokrývku zpevňující účinek, který způsobují kapilární síly (tj. síly umožňující vodě proudění v prostorech mezi krystaly sněhu). Po překročení kritické meze množství volné vody ve sněhové pokrývce však sníh začíná ztrácet pevnost, dochází k jeho tání, a tím i ke vzniku lavinově nebezpečných situací.

Vítr - ovlivňuje vznik lavinových situací již v průběhu sněžení, ale i po něm. Působení větru spočívá zejména v přenosu sněhových mas z návětrných na závětrné svahy a ovlivňuje tak nerovnoměrné ukládání sněhové pokrývky. Nerovnoměrnost ukládání sněhu je příčinou měnící se výšky sněhové pokrývky a tvorby místních zvětšených napětí. Význam větru pro vznik lavinových situací závisí na konfiguraci terénu. Členitost reliéfu, systém hřebenů a dolin značně ovlivňuje režim větru a zesiluje, nebo tlumí jeho účinky. Velký význam má rychlost větru. Obecně lze říci, že při rostoucí rychlosti větru nebezpečí vzniku lavinových situací stoupá. Působením větru vznikají na povrchu sněhové pokrývky rozličné útvary, z nichž některé jsou vysoce lavinově nebezpečné. Vedle přímého dynamického působení na obrušování a stlačení krystalů sněhu dochází i k odsávání vzduchu zevnitř sněhové pokrývky, a tím ke snížení teploty povrchových vrstev sněhu oproti teplotě ovzduší. Vzniká tak tvrdá ledová kůra matně bílé barvy nazývána větrný povlak. Při střetu sněhu neseného větrem s překážkou vznikají na návětrných stranách návěje, na závětrných stranách závěje. Na prudších svazích vznikají upěchováním sněhu několikacentimetrové křehké lámavé tabule, spočívající na kypré vrstvě sněhu nebo klenoucí se nad dutinou, která vzniká rychlejším sesedáním spodních vrstev sněhu. Tento vysoce nestabilní a tím lavinově nebezpečný útvar se nazývá deskový sníh. Převěje mohou v našich podmínkách dosáhnout velikosti až 5 m, ve světových velehorách i více než 10 m. Za převějí vzniká mohutný sněhový nános, vzniklý ukládáním sněhu následkem ztráty rychlosti větru. Tento nános trojúhelníkovitého průřezu se nazývá sněhový klín. Další část převátého sněhu se

ukládá v nižších polohách po celé délce svahu a zarovnává všechny terénní nerovnosti. Na vydutých místech vznikají někdy značně hluboké sněhové polštáře.

Sněhová pokrývka - přeměna krystalické struktury sněhu (metamorfóza) začíná už v atmosféře, ale k radikálním změnám struktury sněhového krystalu dochází po dopadu sněhu na zem a končí odtáním sněhové pokrývky. V našich středoevropských středohorských podmínkách vydrží sníh v původním krystalickém tvaru, při průměrné teplotě vzduchu – 5°C, nejdéle asi 5 dnů od napadnutí. Při extrémně nízkých teplotách je rychlost metamorfózy velmi pomalá a téměř se zastavuje při teplotě – 40°C. Jestliže teplota stoupne nad bod mrazu, vstupuje do systému tavná voda a její opětovné zmrazení vede ke značnému zvětšení krystalů a zvýšení hustoty sněhu. Do určitého množství (cca 10 – 15 %) působí voda jako stabilizační prvek. Větší množství vody způsobuje nestabilní situaci. Metamorfóza neprobíhá rovnoměrně, všeobecně prudší průběh má v počátečních stádiích a při vyšších teplotách a prudkých výkyvech teplot. Ve spodnějších vrstvách se v důsledku tepelně – izolačních vlastností sněhové pokrývky silně uplatňuje i tlak svrchních vrstev sněhové pokrývky spojený s jejím sesedáním. To vede ke změnám vlastností sněhového profilu, a tím i ke změnám kritického napětí ve sněhové pokrývce. Důsledkem metamorfózy sněhových krystalů je vznik vrstev sněhu ve sněhové pokrývce (diageneze). Časem dochází k sesedání vrstev ve sněhové pokrývce, kterým se snižuje pórovitost a zvyšuje se její hustota. Pestrost ve zvrstvení sněhové pokrývky je daleko větší v oblastech středohorských (do nadmořské výšky 1 500 m), než v oblastech velehorských. Pestřeji složená sněhová pokrývka je jako celek při působení vertikálního zatížení, vysokohorská sněhová pokrývka tyto vlastnosti spíše postrádá. Je nutné si uvědomit, že k dosažení kritického napětí ve sněhové pokrývce stačí i slabá vrstva sněhu, která je málo soudržná se sousední vrstvou, jež leží nad ní.

7 Individuální faktory

Analýza je vypracována Harpau Grimsdottirem z Lavinového výzkumného centra na Islandu a David McClung z Oddělení geografie v Kanadě. Je založena na datech všech lyžařů, kteří spustili lavinu větší než stupeň jedna, což v praxi znamená, že stupeň jedna je pro člověka relativně neškodný, kdežto stupeň dva může člověka zranit, pohřbít nebo zabít. Stupnice je brána podle Kanadského klasifikačního systému (Schaerer, 1993). Riziko je analyzováno na základě čtyř individuálních faktorů – výškový stupeň, stabilita, sektor, roční doba.

7.1 Výškový stupeň

Je to faktor, který významně zvyšuje riziko lavin. V alpské výškové úrovni není žádný les, který by mohl zabránit vzniku lavin. Také utváření slabých sněhových vrstev je často závislé na zalesnění a teplotách a tudíž také na výšce. Mimo to, srážky a rychlost větru je často větší ve vyšších polohách.

Tři definované výškové stupně jsou:

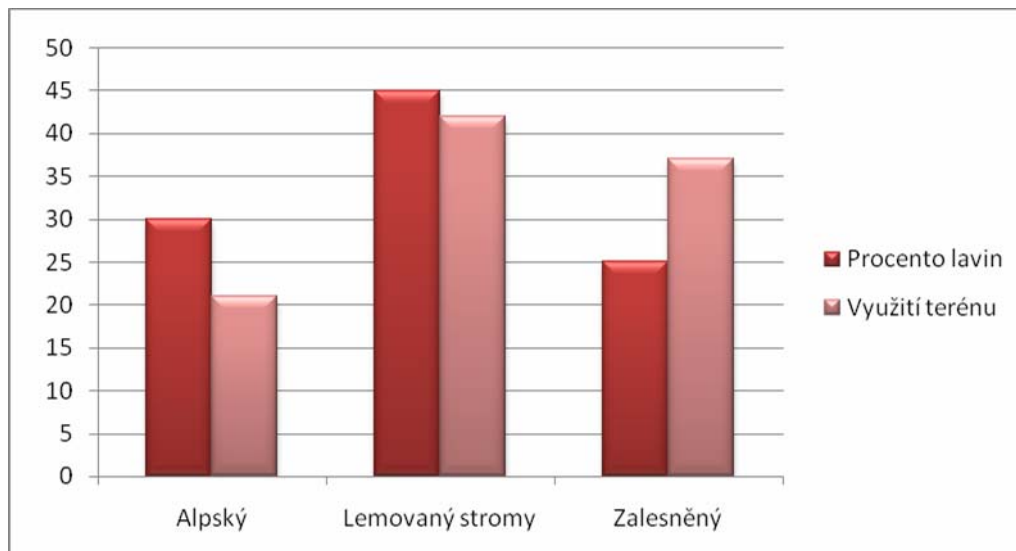
Alpský > 2200 m. n. m.

Lemovaný stromy > 1800 – 2200 m. n. m.

Zalesněný ≤ 1800 m. n. m.

Jak ukazuje graf 8, nejvíce lavin spadlo v oblasti lemované stromy (45%). Okolo 30% spadlo v alpském stupni a 25% v zalesněném stupni. Nicméně alpský stupeň byl využit pouze z 21%, zatímco lemovaný stromy z 42% a zalesněný z 37%.

Graf č. 8: Srovnání spadlých lavin ve výškových stupních a využití terénu výškových stupňů

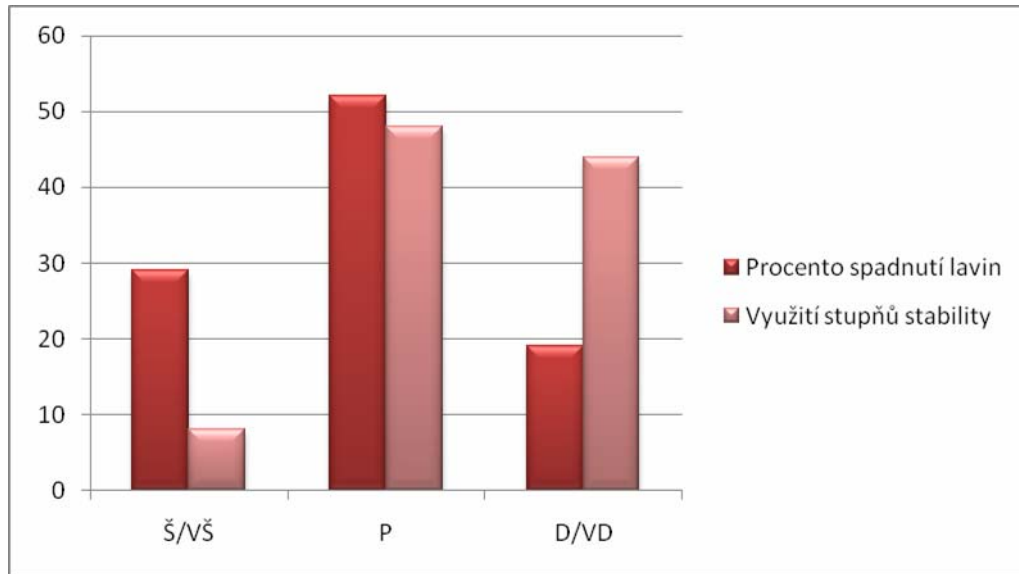


7.2 Stabilita

Všichni průvodci měří stabilitu sněhové pokrývky každé ráno a odpoledne, proto je důležité si před vstupem do terénu zjistit potřebné informace. Pět stupňů stability jsou: velmi špatná, špatná, příznivá, dobrá, velmi dobrá. Avšak stupně “dobrý“ a “velmi dobrý“ jsou spojeny do jedné skupiny: D/VD, stejně jako stupně “špatný“ a “velmi špatný“: Š/VŠ. Stupeň “příznivý“: P, se používá samostatně. Důvodem, proč se toto dělá je zjištění, že stupně “velmi dobrý“ a “velmi špatný“ jsou použity opravdu zřídka kdy a to v méně než 2% případů.

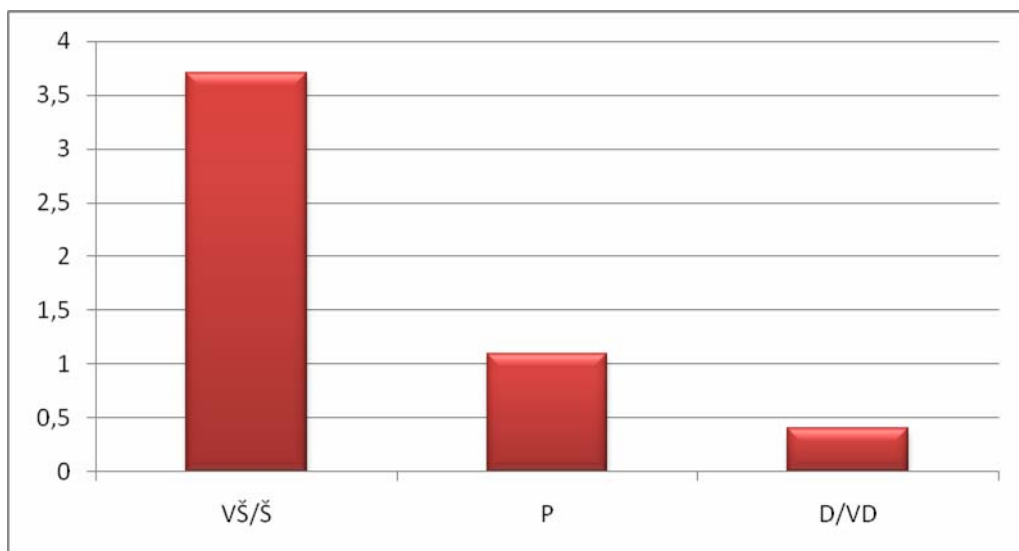
V grafu 9 je názorně ukázáno, že více jak polovina lavin spadla pod stupněm stability “příznivý“ a téměř 30% pod stupni “špatný“ a “velmi špatný“. Avšak stupeň stability “příznivý“ byl použit skoro z 50%, zatímco stupně “velmi špatný“ a “špatný“ pouze z 8%.

Graf č. 9: Srovnání stupňů stability, pod kterými spadla lavina a využití stupňů stability



Výsledky jsou uvedeny v grafu 10, který ukazuje pravděpodobnost vyvolání laviny stupně většího než 1. Pod stupni “špatný“ a “velmi špatný“ je riziko 3,5x vyšší než pod stupněm “příznivý“ a zároveň je riziko pod stupněm “příznivý“ více jak 2x vyšší než pod stupni “dobrý“ a “velmi dobrý“.

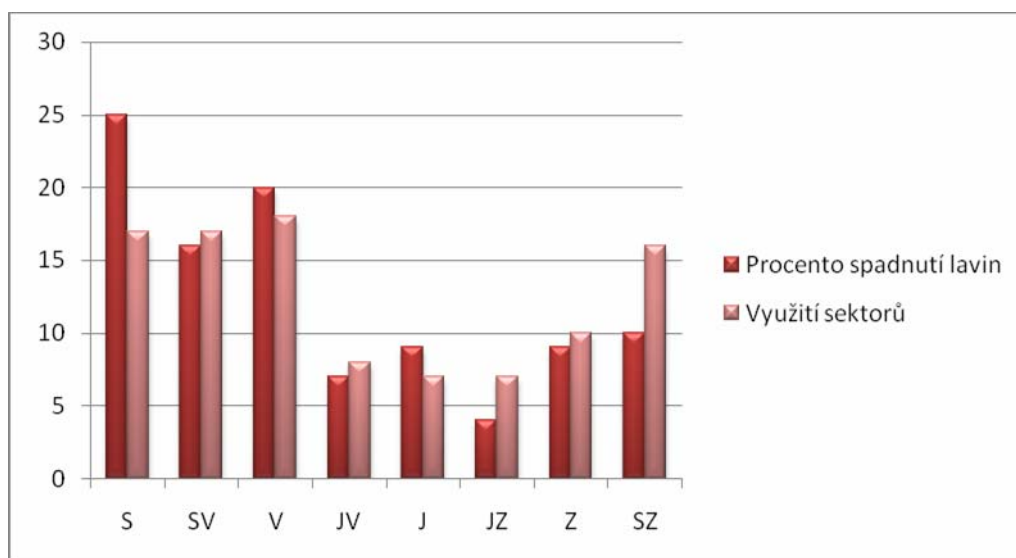
Graf č. 10: Pravděpodobnost uvolnění lavin pod různými stupni stability



7.3 Sektory

Oblasti zaznamenané jako místa kde laviny začínají padat, jsou rozděleny do osmi stupňů – sever (S), severovýchod (SV), východ (V), jihovýchod (JV), jih (J), jihozápad (JZ), západ (Z), severozápad (SZ). Podle výzkumů se ukazuje, že nejvíce lavin padá v severním, severovýchodním a východním sektoru, jež jsou na závětrné straně a ve stínu. Tyto tři spolu se severozápadem jsou nejnavštěvovanějšími oblastmi. Avšak rozdíl mezi výskytem lavin a využitím terénu je největší v severním sektoru. 25% lavin padá právě v této oblasti, ale je využita pouze ze 17%. V průměru je riziko nižší v západním sektoru, což je jihozápad, západ a severozápad, než v ostatních sektorech.

Graf č. 11: Srovnání procenta spadnutí lavin s využitím sektorů



7.4 Roční doba

Charakteristika sněhové pokrývky se významně mění od začátku zimy až po jaro. Ve spolupráci s průvodci byly definovány tři časové periody v průběhu lyžařské sezony. Jsou jimi:

Začátek zimy (ZZ): 1. 12. – 31. 1.

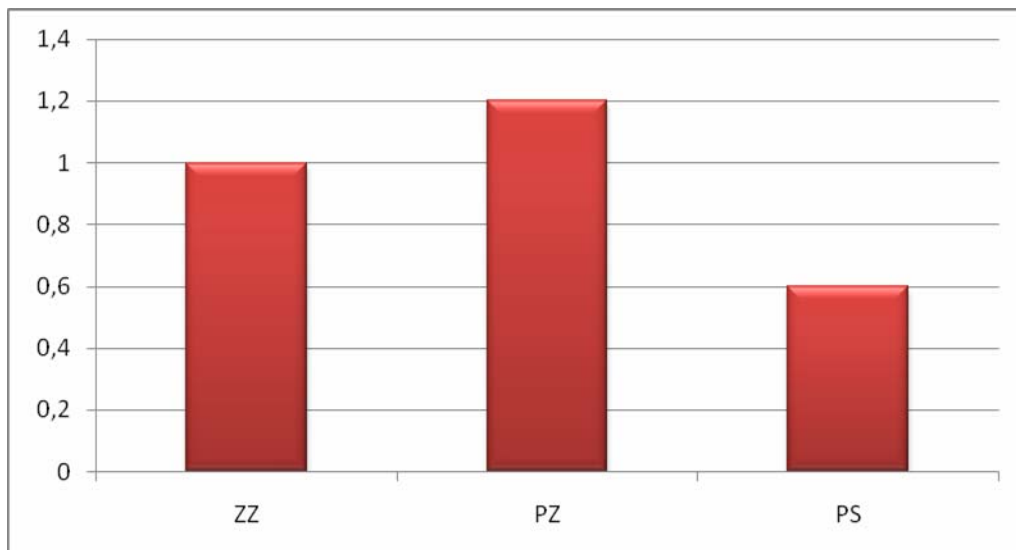
Pokročilá zima (PZ): 1. 2. – 15. 3.

Pozdní sezona (PS): 16. 3. – 31. 4.

Výsledky jsou znázorněny v grafu 5. Riziko během pozdní sezony je pouze z poloviny tak vysoké, jako během pokročilé zimy. Je pro to možné vysvětlení. Sněhová pokrývka

je více stabilní během pozdní sezony než na začátku zimy z důvodu méně aktivních soudržných vrstev a méně velkých bouří. Rozdíl mezi začátkem zimy a pokročilou zimou je zanedbatelný.

Graf č. 12: Pravděpodobnost pádu lavin během časových period



7.5 Shrnutí a výsledky individuálních faktorů

Tabulka č. 13 ukazuje, že pravděpodobnost spuštění laviny závisí v největší míře na stabilitě. Celkově největší riziko představuje Š/VŠ stabilita a nejnižší riziko naopak D/VD stabilita. Rozdíl mezi pozdní sezonou a začátkem zimy je také významný, zatímco mezi pokročilou zimou a začátkem zimy takový rozdíl není. Co se sektorů týče, není mezi severním a jižním významný rozdíl, což neplatí o východním sektoru, kde je riziko vyšší, než v západním. Nicméně riziko v severním, severovýchodním a východním sektoru je nejvyšší ze všech sektorů.

Důležitost zanalyzovaných faktorů se tedy v konečném pořadí řadí následovně:

1. Stabilita
2. Výškový stupeň
3. Roční doba
4. Sektor

Tabulka č. 13: Pravděpodobnost pro jednotlivé rizikové faktory

Rizikový faktor	Pravděpodobnost
Š/VŠ stabilita	3,7
Alpský	1,4
S-SV-V	1,2
Pokročilá zima	1,2
P stabilita	1,1
Lemovaný stromy	1,1
Začátek zimy	1,0
JV-J-JZ	0,9
Zalesněný	0,7
Z-SZ	0,7
Pozdní sezona	0,6
D/VD stabilita	0,4

8 Diskuze

K naplnění cílů práce jsem zvolil metodu komentované rešerše, ve které jde o přehled relevantních publikací, v případě této práce tří. Cíle jsem si stanovil tři. Prvním byl vytvořit přehled druhů lavin. K základním typům lavin patří deskové, prachové, ledovcové laviny, pád převěje a vlhké laviny. Dále jsou zde laviny rozděleny podle druhu, což poskytuje informace o složení unášené hmoty, průběhu vlastní laviny i jejím vzniku a podle rozsahu, což znamená dojezd sněhu, zničující schopnosti vzhledem k člověku a okolí a podle délky laviny. Druhým cílem bylo vysvětlení mechanismu jejich pádu. Na tomto procesu se podílí gravitační síla a smykové napětí a pád je způsoben v místě méně stabilní vrstvy sněhové pokrývky. Třetím a posledním cílem bylo porovnat informace o faktorech zapříčiňující pády lavin a posléze najít nejvýznamnější faktory podílející se na vzniku lavin. Z výsledků vyplývá, že největší nebezpečí spuštění laviny člověkem je na svazích o sklonu $30^\circ - 50^\circ$, nejvíce mezi $35^\circ - 45^\circ$, na závětrných svazích, nebo svazích s převátým sněhem a na svazích s menší drsností a při špatné a velmi špatné stabilitě v alpském výškovém stupni.

9 Závěr

Autoři zahrnují do svých analýz a studií vesměs stejné faktory, podílející se na pádech lavin. Horská služba ČR popisuje jednotlivé faktory spíše obecně, uvádí z praktického hlediska, jaké chyby člověk dělá, jak přeceňuje své možnosti, Šramka se zabývá podrobnější studií jednotlivých faktorů. Podle těchto poznatků o faktorech se dá zamezit pádům lavin vyvolaných lidským pochybením, neboť uvádějí informace potřebné k bezpečnému pohybu v terénu. Sám člověk je nejvýznamnější příčinou a elementem při vzniku lavin, protože jeho touha po volnosti hraničí s hazardérstvím a dostává jeho samotného do situací, kdy jde doslova o život. Nebylo by tomu tak, kdyby se nejdříve před vstupem do terénu obeznámil s prostředím, podmínkami, které tam panují, a vyhodnotil situaci, zda mu za ten risk stojí podniknout výpravu za ukojením svých sportovních vášní.

Odhaduje se, že 85-90% lavinových nehod je vyvoláno buď to samotnou obětí, nebo někým z její skupiny (Jamieson, 1996). Nikdy nepodceňujeme přípravu akce, zvláště jedná-li se o tak závažnou problematiku, jakou laviny jsou. Znalost všech ostatních

faktorů nám pomůže předejít katastrofě, ale vždy to budeme my, kdo se nakonec musí rozhodnout, zda není lepší vrátit se včas zpět.

Je možné zajít velice daleko, tam kam nikdo před tím nezašel. Vaše tělo i mysl na to ale musí být připravena (Davenport, 2005).

10 Seznam použitých zdrojů

DAVENPORT, Chris. *Ski the 14ers*. 2005.

De QUERVAIN, Marcel. *On avalanche classification. International Symposium on Scientific Aspects of Snow and Ice Avalanches*. 1965.

FOREST Service. *Snow avalanches*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, 1961.

HOUDEK, Igor; VRBA, Miloš. *Zimní nebezpečí v horách*. 2. vydání. Praha: Státní tělovýchovné nakladatelství, 1956.

JAMIESON, Bruce; GELDSETZER, Torsten. *Avalanche Accidents in Canada*. 1996.

MILAN, Ladislav; ŠRAMKA, Štefan. *Nebezpečnost lavín*. Bratislava: Šport, 1988.

MÜNTER, Werner. *3x3 Lawinen, Pohl und Schellhammer*. 3. vydání. Garmisch-Partenkirchen, 2003.

McCLUNG, David; GRIMSDOTTIR, Harpa. *Avalanche risk during backcountry skiing – An analysis of risk factors*. Natural hazards, 2006.

McCLUNG, David; SCHAERER, Peter. *The Avalanche Handbook*. USA: The Mountaineers, 1993.

TICHÁ, Ludmila. *Struktura a formální náležitosti vysokoškolských závěrečných prací*. ČVUT, 2009.

TREMPER, Bruce. *Staying alive in avalanche terrain*. Seattle: The Mountaineers Books, 2004.

VOIGHT, Barry. *Rockslides and avalanches*. USA, 1977.

Internetové zdroje

http://www.climbingschool.cz/laviny_skripta_CHS.pdf (staženo 17.4.2010)

<http://www.freeskiing.cz/articles.asp?article=117> (staženo 7.5.2010)

<http://fredos.webpark.cz/met-nazv.html> (staženo 7.5.2010)

