

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

**Analýza vybraných lavinových drah v Labském
dole a návrh databáze lavinových drah
v Krkonošském národním parku**
Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Jirka Pavlásek, Ph.D.

Autor: Petr Flousek

2011



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Petra Flouska
obor: Krajinářství

Název tématu: Analýza vybraných lavinových drah v Labském dole a návrh databáze
lavinových drah v NP Krkonoše

Název tématu v anglickém jazyce: Analysis of chosen avalanche path in Labský důl and
design of database of avalanche paths in Krkonose NP

Zásady pro vypracování:



Rozsah grafických prací: bude upřesněno při zpracování práce

Rozsah průvodní zprávy: cca 30 stran textu

Seznam odborné literatury:

Colbeck, S. et al 1998: The International Classification for Seasonal Snow on the Ground. The International Commission on Snow and Ice of the International Association of Scientific Hydrology, s. 37.

Kociánová M., Špatenková M., Tondrová A., Dvořák I. J., Pilous V. 2004: Základové a smíšené laviny ve vztahu k přemístování svhovin a dynamice vegetace. – Opera Corcontica 41, s. 86-91.

McClung, D., Schaerer, P., 2006: The avalanche handbook 3rd ed., The Mountaineers books, s. 342

Spusta, V., Spusta V. jun., Kociánová M., 2003: Avalanche Cadastre and winter condition in summit area of the Giant Mts. (Czech part) during 1998/1999-2002/2003, in Opera Concontica 40, s. 5-86.

Spusta, V., Kociánová, M., 1998: Lavinový katastr české části Krkonoš v období 1961/62–1998/99. Opera Corcontica 35, s. 3–205.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jirka Pavlásek, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: červen 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2011

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.
Vedoucí katedry



prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan

V Praze dne 1. 0. -09- 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jirky Pavláška, Ph.D., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze 29. dubna 2011

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu své práce za rady a komentáře. Další poděkování patří mé rodině a bližním za podporu, kterou mi projevovali.

V Praze 29. dubna 2011

.....

Abstrakt:

Tato práce se zabývá problematikou lavin v Labském dole v Krkonoších. Prvním z cílů je navržení databáze lavinového katastru pro další použití v budoucnu. Dalším pak je analýza lavinových drah v Labském dole v Krkonoších podle faktorů podmiňujících vznik lavin.

Klíčová slova: laviny, Krkonoše, Labský důl

Abstract:

This work deals with avalanches in the Giant Mountains. One objective is to design a database of an avalanche cadastre for another use in the future. Another objective is the analysis of avalanche paths in the Labsky dul valley in Krkonoše by factors conditioning the formation of avalanches.

Key words: avalanches, the Giant Mountains, Labsky dul valley

OBSAH

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1. Vznik sněhu a jeho vlastnosti	12
3.1.1. Vznik sněhu.....	12
3.1.2. Tvary ledových krystalů - základní druhy sněhu	12
3.2. Přeměna sněhových krystalů	13
3.3. Mechanické a fyzikální vlastnosti sněhu.....	15
3.3.1. Hustota sněhu	15
3.3.2. Tvrdost sněhu	15
3.3.3. Pevnost sněhu.....	16
3.3.4. Vodní hodnota sněhu	16
3.3.5. Obsah kapalné vody	17
3.3.6. Tepelné vlastnosti sněhu	18
3.4. Vznik lavin a jejich vlastnosti	18
3.4.1. Dělení lavin	19
3.4.2. Vznik lavin	22
3.4.3. Stupnice lavinového nebezpečí	30
4. Charakteristika pohoří Krkonoše	31
4.1. Geologie a geomorfologie	31
4.2. Hydrologické podmínky	32
4.3. Klimatické poměry	33
4.3.1. Teplota vzduchu	34
4.3.2. Sluneční svit.....	35
4.3.3. Vítr	35
4.3.4. Srážkové poměry.....	36

4.3.5.	Sněhová pokrývka.....	37
4.3.6.	Laviny v Krkonoších.....	38
5.	Metodika	39
5.1.	Návrh databáze	39
6.	Charakteristika analyzovaného území	40
7.	Závěr	46
8.	Seznam literatury a zdrojů	47
9.	Přílohy.....	50
9.1.	Seznam příloh.....	50

1. ÚVOD

Sněhové laviny jsou projevem síly přírody a nicotnosti člověka. Právě konflikt přírody a člověka mě přivedl na téma sněhových lavin, které člověk každoročně podceňuje a stává se tak obětí své vlastní sebejistoty. Krkonošské pohoří je poseto celou řádkou pomníků obětem hor, z nichž nemalá část připadá obětem pádů lavin. Laviny jsou součástí života v Krkonoších od dob jejich osidlování. Už v 16. století následkem utržené laviny zemřelo několik lidí ve Sklenářovicích. A tak postupně obyvatelé a návštěvníci Krkonoš zjišťovali, že nad tímto a jinými nástrahami přírody nemůžou nikdy zvítězit. Jediné, co můžou udělat, je pokusit se ovládnout tyto živly myšlenkově, tzn. poznat je co nejvíce a podle toho se přizpůsobit. Proto se začala vyvíjet věda ve všech odvětvích, z nichž jedno se zabývá výzkumem lavin. Ačkoli se může zdát, že už bylo k tématu lavin vyzkoumáno a napsáno mnoho, je tu stále hodně nepoznaného a neprobádaného. A tak to bude platit ve vztahu člověka k přírodě navěky. Pokud se totiž jednou člověk bude domnívat, že už nemá co zkoumat, neboť všechno objevil a poznal, pak ho příroda překvapí dalším z nepoznaných.

2. CÍLE PRÁCE

Tato práce si klade za cíle:

- obeznámení s problematikou lavin
- navržení databáze lavinového katastru Krkonoš
- analýza lavinových drah v oblasti Labského dolu

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. Vznik sněhu a jeho vlastnosti

3.1.1. Vznik sněhu

Vznik sněhu je provázán s cirkulací vody v atmosféře. Odpařováním vodních par ze zemského povrchu dochází v atmosféře k postupnému přesycování vodními parami a následné kondenzaci vody a tvorbě srážek (stejně tak dochází k tvorbě srážek při poklesu teploty na tzv. *rosný bod*). Při teplotách nad bodem mrazu ($> 0^{\circ}\text{C}$) se jedná o srážky dešťové, v opačných případech, tzn. teplotě menší jak 0°C , dochází k tvorbě srážek sněhových. Při vzniku sněhových srážek tak dochází ke změně plynných částic vody na skupenství pevné – dochází ke krystalizaci. Tento proces je vázán na tzv. *krystalizační jádra*, kterými mohou být ledová jádra nebo prachové částice. Vlivem valenčních sil se vodní molekuly sdružují do šesterečných útvarů krystalické soustavy, a tak dochází k vzniku sněhových krystalů. Jednotlivé tvary krystalů jsou pak závislé na množství vodních par, délce krystalizace, teplotách a stálosti prostředí, v němž vznikají (Doležal a Pollak, 2004).

Při nízkých teplotách vzduchu (až -40°C) dopadají k zemi samostatné neslepené sněhové krystaly, tzv. *dendrity*, tvořící suchý prachový sníh. S teplotou ovzduší blížící se bodu mrazu se jednotlivé krystaly slepují do větších útvarů - *sněhových vloček*. Při velké vlhkosti vzduchu a nepřiliš nízkých teplotách může docházet k nabývání sněhových krystalů ve vertikálním směru. Vznikají tak šesterečné hranoly různých forem, tzv. *jehličkový sníh*.

3.1.2. Tvary ledových krystalů - základní druhy sněhu

S tříděním sněhových krystalů podle tvaru a podmínek vzniku začal roku 1954 japonský profesor Nakaya. Od té doby bylo popsáno více než 21 000 různých tvarů sněhových krystalů. V doporučené klasifikaci Mezinárodní komise pro sníh a led (*International Commission on Snow and Ice = ICSI*) z roku 1990 je zahrnuto deset základních a odvozených forem ledových krystalů (Spusta a kol. 2006a).

Druh sněhu	Charakteristika	Symbolika
<i>nový sníh</i>	tvořen čerstvě napadanými, dosud nepropojenými sněhovými vločkami a ledovými krystaly; tvar je odvislý od podmínek jejich vzniku v atmosféře a transportu k zemi	+
<i>zlomkový (plstnatý) sníh</i>	sněhové vločky s narušenou strukturou - olámané a vzájemně do sebe zaklíněné; typický druh sněhu převátého při bouřlivých větrech a vichřicích	/
<i>okrouhlozrnitý sníh</i>	sněhová zrna jsou již částečně tepelně přeměněná a to téměř do tvaru kuličky; matně bílá barva bez lesku	●
<i>hranatozrnitý sníh</i>	sněhová zrna přeměněna nízkými teplotami, rovné plochy a ostré hrany; nárůst objemu a tvorba nestabilní vrstvy (sníh, obvyklý ve spodních vrstvách sněhové pokrývky v převážně chladných obdobích)	□
<i>pohárkové krystaly (dříve dutinová jinovatka)</i>	sněhová zrna tvaru dutých obrácených pohárků, vznikajících sublimací uvnitř sněhové pokrývky při dlouhodobých suchých mrazech; v souvislosti s lavinami se jedná o nebezpečný druh sněhu, neboť je nesoudržný a tvoří vrstvy, po kterých sklouzávají laviny (spolu s <i>hranatozrnitým sněhem</i> se jedná o tzv. pohyblivé sněhy)	○
<i>fír (přetavené formy)</i>	zrna fírnu jsou zaoblená díky opakovanému tání a mrznutí; tvoří tzv. starý sníh - hlavní složku lavin vzniklých při oblevách	∧
<i>povrchová jinovatka</i>	vzniká na povrchu sněhové pokrývky sublimací vodních par, tvar lístečků; může se stát skluznou plochou pro následující sněhovou vrstvu	∨
<i>ledová vrstva</i>	vzniká uvnitř sněhové pokrývky	■
<i>krusty</i>	vznikají na povrchu sněhové pokrývky	▽

Tab. 1: Základní druhy sněhu rozlišované v podmínkách ČR (Spusta a kol. 2006a)

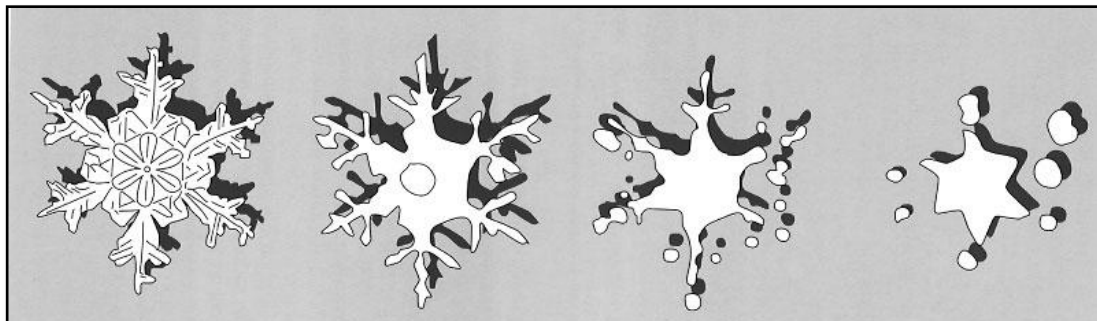
3.2. Přeměna sněhových krystalů

Ve strukturách sněhových krystalů a vloček dochází k jistým změnám už v atmosféře. Zásadní změnou své struktury však prochází sněhové částice až na zemském povrchu, kde může dojít až ke konečné fázi – odtátí sněhové pokrývky. Na území České republiky – ve středoevropských středohorských podmínkách – vydrží sněhová částice v původním, krystalickém tvaru, při průměrné teplotě -5°C nejdéle 5 dní. Naopak při velmi nízkých teplotách se přeměna struktur sněhových krystalů zpomaluje a při teplotách kolem -40°C se téměř zastavuje.

Rozlišovány jsou tři základní typy změn:

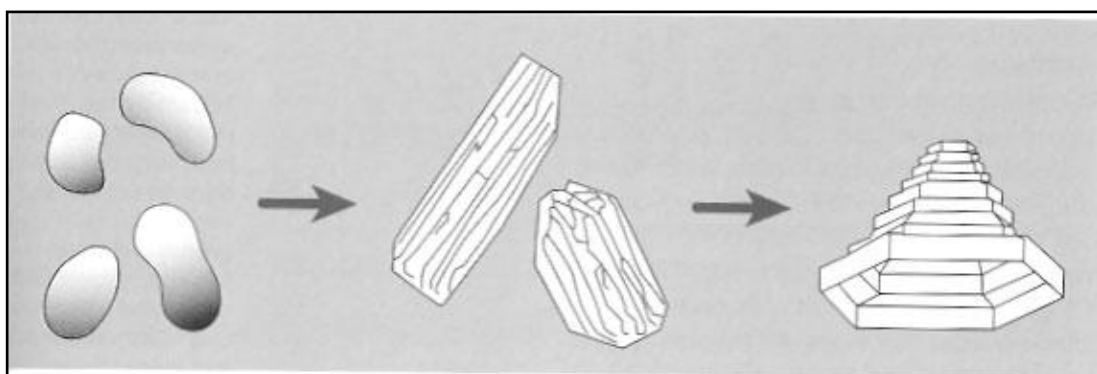
- destruktivní přeměna
- konstruktivní přeměna
- tání

Destruktivní přeměna – během této změny dochází vlivem teploty a tlaku k poškozování a zaoblování sněhových krystalů. Vznikají tak víceméně okrouhlá ledová zrna s menším objemem, ale větší hustotou.



Obr. 1: Destruktivní přeměna

Konstruktivní přeměna – tato přeměna se děje při sublimační rekrystalizaci ve sněhové pokrývce. Vlivem rozdílů teplot sněhu ležícího na půdě a sněhu při povrchu sněhové pokrývky dochází k pohybu sněhových par vertikálním směrem. Vznikají tak sekundární krystalická forma sněhu, tzv. *pohárkové krystaly* (Lieb, 2002).



Obr. 2: Konstruktivní přeměna

Tání – v případě, že teplota vzduchu nad sněhovou pokrývkou stoupne nad 0°C , dochází na povrchu sněhové pokrývky k odtávání hran sněhových krystalů. Tato tzv. *tavná voda* může během zatékání hlouběji do sněhové pokrývky znovu zmraznout a tím dojde ke zvětšení krystalů a zvýšení hustoty spodních vrstev sněhové pokrývky. Při dlouhodobějších teplotách nad bodem mrazu však dochází méně často k znovuzamrznání tavné vody a tato voda opouští sněhovou pokrývku (Blahůt, 2006a).

3.3. Mechanické a fyzikální vlastnosti sněhu

3.3.1. Hustota sněhu

Označení: ρ_s

Hustota sněhu je vyjádřena hmotností na jednotku objemu ($kg \cdot m^{-3}$). Hmotnost se obvykle stanovuje zvážením sněhu o známém objemu. V některých případech může být měřena celková hustota sněhu odděleně od hustoty pevné části sněhu (Colbeck a kol. 1998). Celková hmotnost sněhu ρ_s zahrnuje všechny složky sněhu – ledové krystaly, tekutou vodu a vzduch (Fierz a kol. 2009).

3.3.2. Tvrdost sněhu

Označení: R

Tvrdost sněhu je odolnost vůči proniknutí objektu do sněhové pokrývky. Měření tvrdosti bylo relativní a záviselo na člověku a použitém nástroji, proto bylo nutné specifikovat používaný nástroj. Mezi přijímané nástroje patří tzv. *Švýcarská ramm-sonda* (*Swiss rammsonde*).

V roce 1950 zavedl švýcarský glaciolog Marcel R. de Quervain tzv. *ruční test* pro snadnější použití v terénních podmínkách. Proto se také tento test používá častěji než jiné testy tvrdosti sněhu. Při ručním testu se snažíme proniknout do jednotlivých sněhových vrstev pomocí předdefinovaných pomůcek (nůž, tužka, 1 prst, 4 prsty, pěst). Síla při tlačení pomůcky do sněhové pokrývky by se měla pohybovat mezi 10-15 N. Díky nepřesně specifikovaným kritériím se jedná pouze o relativní, subjektivní test. (Fierz a kol. 2009).

Název	Ruční test			Švýcarská ramm-sonda [N]		Grafický symbol
	<i>Ruční index tvrdosti</i>	<i>Pomůcka</i>	<i>Kód</i>	<i>Rozsah</i>	<i>Průměr</i>	
<i>velmi měkký</i>	1	pěst	F	0-50	20	
<i>měkký</i>	2	4 prsty	4F	50-175	100	/
<i>středně tvrdý</i>	3	1 prst	1F	175-390	250	×
<i>tvrdý</i>	4	tužka	P	390-715	500	//
<i>velmi tvrdý</i>	5	čepel nože	K	715-1 200	1 000	⊗
<i>led</i>	6	led	I	> 1 200	> 1 200	—

Tab. 2: Tvrdost uloženého sněhu

Ručního testu se používá i při odhadování aktuálního lavinového nebezpečí. Při rozdílu tři a více stupňů ručního indexu tvrdosti mezi sousedními vrstvami sněhové pokrývky se pokládá daná lavinózní sněhová pokrývka za kritickou, tzn. nestabilní (Spusta a kol. 2006a).

3.3.3. Pevnost sněhu

Označení: Σ

Pevnost sněhu závisí na stavu namáhání (tlakového, tahového nebo smykového), míře tlaku, napětí a míře napětí. Navíc závisí pevnost na objemu vzorku, protože sníh je nehomogenní. Aby měření pevnosti sněhu mělo smysl, musíme vzít v potaz všechny tyto parametry. Kromě toho musí být zmíněny znaky pevnosti jako tvárnost, křehkost lomu a maximální pevnost při nízké míře napětí.

Míra napětí je uváděna v jednotkách s^{-1} , namáhání je v Pa , míra napětí je v $Pa*s^{-1}$ a napětí je bezrozměrné (Colbeck a kol. 1998).

Pevnost sněhu je důležitá pro posuzování stability sněhové pokrývky (Fierz a kol. 2009).

3.3.4. Vodní hodnota sněhu

Označení: SWE

Vodní hodnota sněhu je množství vody (vodní sloupec), které by vzniklo úplným roztátím sněhové pokrývky. Tím může být myšlena regionální sněhová pokrývka nebo pouhý vzorek sněhu. Vodní hodnota sněhu je součinem výšky sněhové pokrývky v metrech (m) a vertikální hustoty sněhu v základních jednotkách objemu ($kg*m^{-3}$). Obvykle se vyjadřuje jako výška vodního sloupce v milimetrech (mm), což je ekvivalentní ke kilogramům na metr čtverečný ($kg*m^{-2}$) stejně jako k litrům na metr čtverečný ($l*m^{-2}$), čímž odkazují na jednotku plochy posuzovaného vzorku sněhu. Označení, používaná při měření vodní hodnoty sněhu, jsou následující:

SWE, HSW:	vodní hodnota sněhové pokrývky,
HW:	vodní hodnota sněhu od podloží do výšky h ,
LW:	vodní hodnota sněhu samostatné sněhové vrstvy o mocnosti l ,
HNW:	vodní hodnota napadaného sněhu.

Měření vodní hodnoty je nejnadhěji proveditelné vážením vzorků známých průřezů (Fierz a kol. 2009).

3.3.5. Obsah kapalné vody

Označení: θ_w , LWC

Obsah kapalné vody ve sněhové pokrývce je definována jako množství vody ve sněhu, která je v kapalném skupenství. Jedná se tak o synonymum pro obsah nevázané vody ve sněhovém vzorku. Kapalná voda ve sněhu pochází z tání sněhu, deště nebo kombinace obou jevů.

Míry obsahu kapalné vody nebo vlhkosti sněhu jsou vyjádřeny buď formou objemu ($\theta_{w,v}$ nebo LWC_v) nebo hmotnosti ($\theta_{w,m}$ nebo LWC_m) vzorku. Obojí je možné vyjádřit v procentuálním zastoupení (%), to ovšem vyžaduje samostatné měření hustoty vzorku sněhu. Obecná klasifikace obsahu sněhu ve sněhové pokrývce je uvedena v následující tabulce (Tab. 3) (Fierz a kol. 2009).

Název	Index vlhkosti	Kód	Poznámka	Přibližný obsah $\theta_{w,v}$ (zastoupení v %)		Grafický symbol
				Rozsah	Průměr	
<i>suchý</i>	1	D	Obvykle za teploty pod 0°C, ale může se vyskytovat i při teplotách nad 0°C; oddělené sněhové krystaly mají malou tendenci držet při sobě.	0	0	
<i>vlhký</i>	2	M	Teplota sněhu T_s rovna 0°C; voda není možné vidět ani pod desetinásobným zvětšením; při lehkém stlačení má sních tendence lepit se dohromady.	0-3	1,5	
<i>mokrý</i>	3	W	$T_s = 0^\circ\text{C}$; vodu je již možné pozorovat při desetinásobném zvětšení na povrchových nerovnostech sněhových krystalů; vodu však není možné vytlačit ze sněhu mačkáním sněhu v rukou.	3-8	5,5	
<i>velmi mokrý</i>	4	V	$T_s = 0^\circ\text{C}$; voda může být vytlačena ze sněhového vzorku pomocí mačkání rukou.	8-15	11,5	
<i>promočený</i>	5	S	$T_s = 0^\circ\text{C}$; sních je nasáklý vodou a obsahuje 20 - 40% vzduchu.	> 15	> 15	

Tab. 3: Klasifikace obsahu vody ve sněhové pokrývce (Fierz a kol. 2009)

3.3.6. Tepelné vlastnosti sněhu

Označení: T_s

Teplota sněhové pokrývky T_s by měla být uváděna ve stupních Celsiovy stupnice ($^{\circ}\text{C}$). V některých případech je možné zaznamenat jiné požadované teploty. Označení dalších nejčastěji používaných teplot sněhové pokrývky jsou následující:

$T_s(H)$:	teplota sněhu v určité výšce nad zemským povrchem
$T_s(-H)$:	teplota sněhu v určité hloubce pod povrchem sněhové pokrývky
T_{ss} :	teplota na povrchu sněhové pokrývky
T_a :	teplota vzduchu ve výšce 1,5 metru nad sněhovou pokrývkou
T_g :	teplota při zemském povrchu

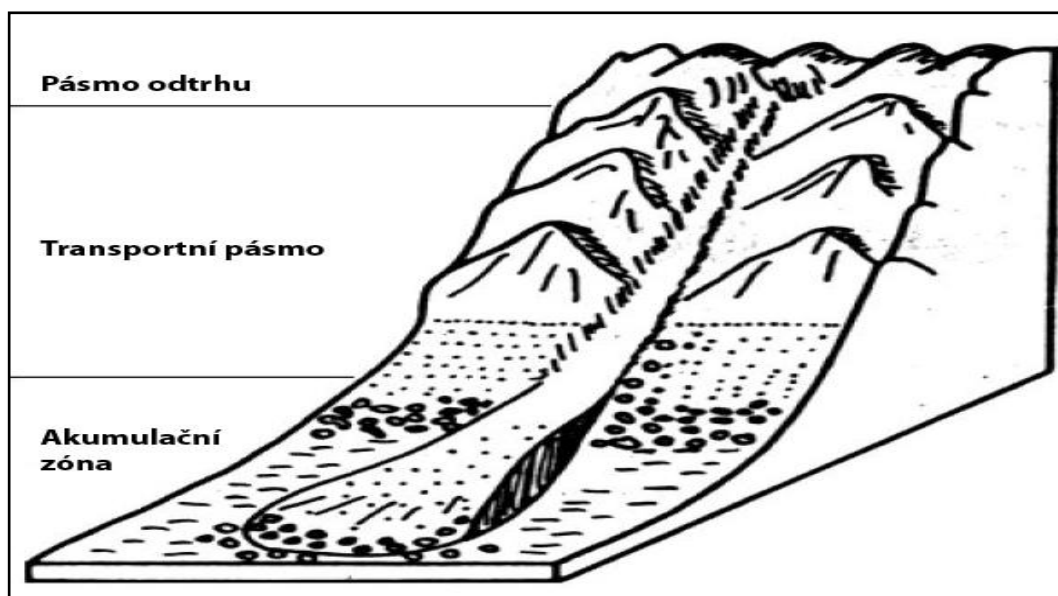
(Fierz a kol. 2009).

3.4. Vznik lavin a jejich vlastnosti

Aby bylo možné pojednávat dále o lavinách, je nejprve nutné říci, co se pod pojmem sněhová lavina skrývá. Podle mezinárodní terminologie se jedná o „*náhlé uvolnění a následný sesuv sněhové hmoty po dráze delší než 50 metrů*“¹ (de Quervain, 1973). V některých definicích je uváděna i minimální rychlost 10 m/s (Blahůt, 2006a) popř. objem sesunuté sněhové hmoty nad 100 m³ (Krédl, 2007). Klouzávé pohyby menších rozměrů se nazývají sněhové splazy (sesuvy).

Samotnou lavinovou dráhu je pak možné rozdělit do tří pásem, která nám napomáhají k zařazení laviny. Místo, kde došlo k porušení sněhové pokrývky a k odtržení laviny, je označován jako odtrh (odtrhová zóna/pásma). Část, kde dochází k pohybu laviny (lavinová dráha), se nazývá tranzitní pásmo (transportní pásmo). Zónou nánosu (akumulační pásmo) se pak nazývá místo, kde dochází ke kumulaci sněhu nashromážděného pádem laviny (Tremper, 2001).

¹ *Snow avalanche: dislocation of a snow mass over more than 50m length of track.*



Obr. 3: Zóny lavinové dráhy (Blahůt, 2006)

3.4.1. Dělení lavin

Sněhové laviny nejsou jediným pohybovým procesem sněhu na svazích. Řada mechanických fyzikálních procesů (sesedání sněhu) probíhá uvnitř sněhové pokrývky, a proto jsou pro nás vizuálně nepostřehnutelné. Krátkodobě vizuálně těžko postřehnutelné je i plazení sněhového pokryvu (Veselá, 2009). Povrchové pohyby však můžeme smyslově zaznamenat, a proto je i klasifikovat (Tab. 4).

Označení	Klasifikace podle zasažené oblasti	Klasifikace podle zničujících schopností	Klasifikace podle délky dráhy a objemu
<i>splaz</i>	sklouznutí menšího množství sněhu, zpravidla zasaženého nezasype, ale může strhnout	částečné zasypání těla, stržení člověka	délka do 50 m, objem do 100 m ³
<i>malá lavina</i>	zastaví se zpravidla ještě na svahu	může člověka cele zasypat, zranit nebo zabít	délka do 100 m, objem do 1 000 m ³
<i>střední lavina</i>	dráha zpravidla končí ve spodní zmírněné části svahu	je schopna zasypat a zničit osobní automobil, menší skupinu stromů nebo malou budovu	délka do 1000 m, objem do 10 000 m ³
<i>velká lavina</i>	zasahuje celou plochu svahu; sklon svahu je často menší než 30°; je možné zasažení velkých údolních partií	ničí rozsáhlé zalesněné a zastavené plochy	délka přes 1 000 m, objem přes 10 000 m ³

Tab. 4: Klasifikace velikosti vizuálních pohybů sněhu na svahu (Korížek, 2004)

Samotné laviny je pak možné dělit podle druhu. V minulosti existovalo více takových klasifikací. Sjednocením do Mezinárodní klasifikace lavin dle ICSI se vytvořila jednotná klasifikace druhů lavin (McClung a Schaerer, 2006), která se s drobnými úpravami používá i v ČR.

Hlavními kritérii Mezinárodní klasifikace lavin ² dle ICSI jsou:

Pásmo odtrhu

- A - Forma odtrhu
- B - Poloha skluzného horizontu
- C - Vlhkost sněhu v odtrhové zóně

Transportní pásmo

- D - Tvar dráhy
- E - Typ pohybu

Zóna nánosů

- F - Tvar částic lavinového nánosů
- G - Vlhkost lavinového nánosů
- H - Materiál lavinového nánosů

Příčina vzniku

- J - Příčina vzniku

Rozměry laviny (m)

- K - výška odtrhu
- L - šířka odtrhu
- M - šířka lavinové dráhy
- N - délka lavinové dráhy
- O - hloubka lavinového nánosů

² upraveno dle *de Queravain a kol. (1973) (Spusta a Kociánová, 1998)*

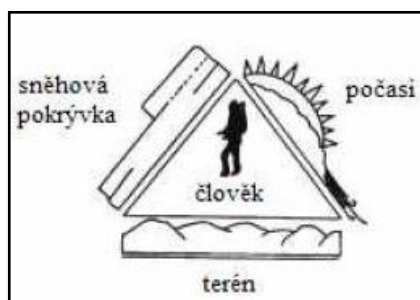
Dále pak jsou jednotlivé kategorie zpřesňovány:

<i>Forma odtrhu</i>	A
bodový odtrh	1
čárový odtrh	2
desková lavina tvrdá	3
desková lavina měkká	4
pád převěje	5
smíšené formy (typ 1+2)	6
<i>Poloha skluzného horizontu</i>	B
povrchová lavina	1
odtrh nového sněhu	2
odtrh starého sněhu	3
základová lavina	4
kombinace (typ 1 (2 a/nebo 3)+ 4)	7
kombinace (typ 2+3)	8
<i>Vlhkost sněhu v odtrhové zóně</i>	C
suchý sníh	1
mokrý sníh	2
kombinace	7
<i>Tvar dráhy</i>	D
plošná lavina	1
žlabová lavina	2
kombinace	7
<i>Typ pohybu</i>	E
vířící vzduchem	1
tekoucí, klouzající	2
kombinace	7
<i>Tvar částic lavinového nánosu</i>	F
hrubý nános	1
malé hranaté kvádry	2
zaokrouhlené hroudy	3
drobný beztvary nános	4
kombinace	7
<i>Vlhkost lavinového nánosu</i>	G
suchý sníh	1
mokrý sníh	2
kombinace	7

<i>Materiál lavinového nánosu</i>	<i>H</i>
čistý sněhový nános	1
nános s příměsí	2
kamení a zemina	3
části kosodřeviny a stromů	4
kombinace (typ 1+2)	7
kombinace (typ 3+4)	8
<i>Příčina vzniku</i>	<i>J</i>
samovolná	1
uměle vyvolaná	2

3.4.2. Vznik lavin

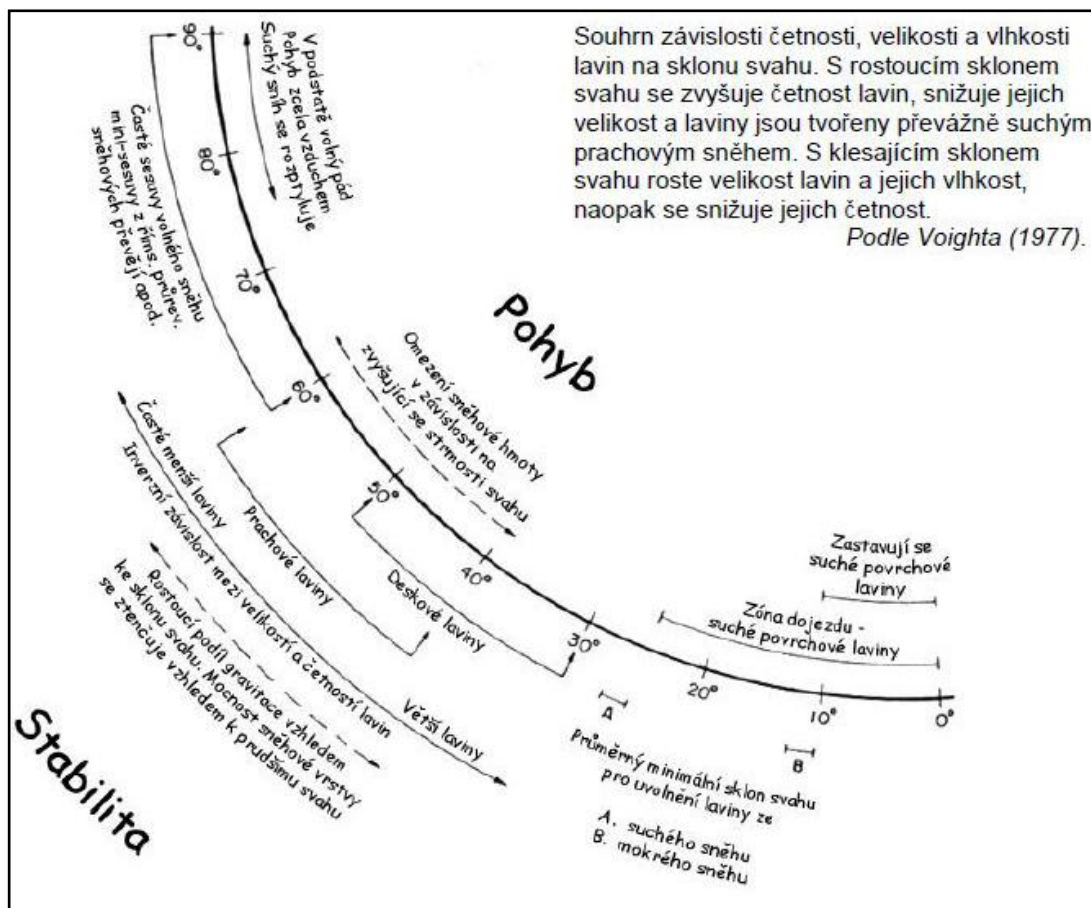
Vznik lavin je podmíněn několika faktory, z nichž nejvýznamnější jsou: charakter terénu, počasí a výška a kvalita sněhové pokrývky. Významným faktorem pro vznik lavin je také přítomnost nebo vliv člověka.



Charakter terénu

Faktory, které ovlivňují vznik lavin a zároveň souvisejí s morfológií terénu, jsou sklon svahu, drsnost a členitost terénu, expozice svahu vůči slunečnímu záření a expozice terénu ke směru převládajících větrů.

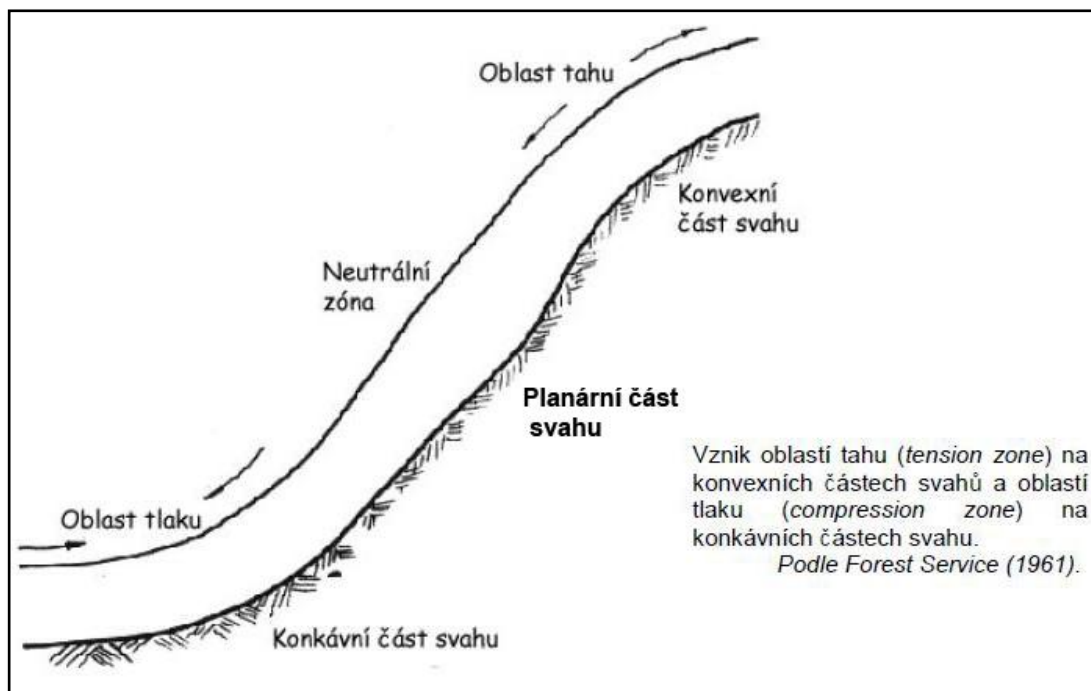
Sklon svahu – každý svah se sklonem větším než 15° je za určitých podmínek potenciální možností pádu laviny. Nejkritičtější jsou však svahy o sklonu 28-45° (Spusta a kol. 2006a). Pro svahy se sklonitostí nad 50° jsou běžné časté menší prachové laviny, jelikož zde nedochází k hromadění sněhu (*Obr. 4*) (Blahůt, 2006a).



Obr. 4: Vznik lavin (převzato ze „Sníh a laviny“ (Blahůt, 2006))

Drsnost terénu – další důležitý faktor při vzniku lavin. Drsnost totiž zvyšuje tření mezi podložím a sněhovou pokrývkou a snižuje tak její vnitřní napětí. Vznik lavin je tak ovlivněn uložením a druhem podkladové horniny. Velmi zvětřalé horniny pak ulehčují vznik lavin (Blahůt, 2006a). Dalším z příhodných povrchů pro pády lavin jsou ulehlé travní porosty (Spusta a kol. 2006a).

Členitost povrchu – sutě, vyčnívající balvany, pařezy, apod. – může částečně zabránit tvorbě lavin. Rozčleňují totiž svahu na menší úseky, a tím snižují riziko uvolnění větší laviny. Současně však způsobují změny teploty ve svém okolí, a tedy i ve sněhové pokrývce, čímž může dojít ke ztrátě stability sněhové pokrývky a pádu lavin (Spusta a kol. 2006a). Zároveň se dá rozdělit svah podle tvaru na část konvexní, kde převažuje tažení sněhové pokrývky. V části planární by měly být síly v rovnováze, zatímco v části konkávní dochází ke kompresi sněhové pokrývky (Obr. 5) (Blahůt, 2006).



Obr. 5: Rozdělení částí svahu podle tvaru a působících sil na sněhovou pokrývku (převzato ze „Sníh a laviny“ (Blahůt, 2006a))

Expozice svahu ke slunečnímu záření – tento faktor má významný vliv na vlastnosti sněhové pokrývky. Nejvýznamnější je vliv expozice ve středních zeměpisných šířkách (přibližně mezi 30 - 55° severní/jižní zeměpisné šířky) V těchto oblastech totiž svítí Slunce během zimního období na exponované svahy „nejkolměji“.

Svahy exponované na jih jsou více vystaveny slunečnímu záření než svahy severní, proto je na nich možné pozorovat rozdílné vlastnosti sněhu. Východní svahy jsou exponovány slunečnímu během ranních hodin, kdy se teploty obvykle pohybují na nižších hodnotách než v odpoledních hodinách, kdy jsou slunečnímu záření vystaveny západní svahy. Na východních svazích jsou tak obdobné podmínky jako na severně exponovaných svazích.

Na severně orientovaných, zastíněných svazích jsou ve sněhové pokrývce tendence pro vznik křehkých skluzných horizontů, jako např. pohyblivého sněhu, povrchové jinovatky nebo dutinové jinovatky – tedy nestabilních vrstev. Proto vzniká většina lavin na severních a východních svazích. Pro jižní a západní svahy jsou naopak typické pády vlhkých lavin, zejména během jarního období.

Během dlouhodobějších období bez slunečního záření se rozdíly ve vlastnostech sněhové pokrývky na jednotlivých svazích stírají (Blahůt, 2006a).

Závěrem je třeba dodat, že zde popisované situace se vztahují k severní polokouli.

Expozice terénu ke směru převládajících větrů – vlivem vanutí větru dochází k rozdílu v ukládání sněhu na návětrných a závětrných svazích. Silné větry v kombinaci s dlouhodobým intenzivním sněžením nebo následující po něm jsou častou příčinou vzniku lavin na závětrných svazích. Na návětrných svazích se utváří vlivem větrů tvrdý upěchovaný deskovitý sníh. Naopak na závětrných stranách se tvoří převěje (Blahůt, 2006a). K vytváření převějí v závětrných prostorech postačuje rychlost větru 5 m/s (cca 18 km/h). Množství navátého sněhu ovlivňuje rychlost větru a délka jeho trvání (Spusta a kol. 2006a). Střídáním silného větru a intenzivního sněžení vzniká ve sněhové pokrývce velmi nestabilní a nesoudržná vrstva (Lienerth, 2007).



Obr. 6: Pády lavin podle expozice svahů (v %) (převzato ze „Lavinová prevence a záchrana“ (Krédl, 2007))

Počasí

Mezi významné meteorologické faktory ovlivňující vznik lavinového nebezpečí patří intenzita a trvání sněžení, teplota vzduchu a vítr.

Trvání a intenzita sněžení - intenzivním sněžením se zvyšuje lavinové nebezpečí.

Vlivem intenzivního dlouhodobého sněžení se uvolní až 80-90% lavin. V podmínkách našich středohor (Krkonoše) se zvyšuje hrozba pádu lavin od výšky 15 cm nového sněhu napadaného intenzivním sněžením (Spusta a kol. 2006a).

Stupnice lavinové situace při napadnutí nového sněhu upravená pro podmínky ČR a SR (Tab. 5) (Milan a Šramka, 1988).

<i>Přírůstek napadaného sněhu</i>	<i>Nebezpečí pádu lavin</i>
0-15 cm	malé nebezpečí
15-30 cm	vážné místní nebezpečí
30-50 cm	akutní lavinové nebezpečí
> 50 cm	kritická situace

Tab. 5: Stupnice lavinové situace po intenzivním sněžení

Stav na lavinových svazích je po intenzivním sněžení kritický od samotného sněžení po dobu 2-3 dní. K úplné stabilizaci svahové pokrývky dochází až po sedmi dnech (Spusta a kol. 2006a).

Výška sněhové pokrývky však není směrodatným kritériem pro posuzování lavinové situace. Současně je nutné přihlížet k vlastnostem sněhové pokrývky.

Vítr – vítr způsobuje přenos a ukládání sněhových mas, čímž v kombinaci s jinými faktory zvyšuje pravděpodobnost vzniku lavin. Tento faktor je významně svázán s morfologií terénu – expozicemi svahů – o které bylo pojednááno v předcházejícím oddíle (viz. Expozice terénu ke směru převládajících větrů).

Teplota vzduchu – teplota vzduchu významně ovlivňuje teplotu sněhové pokrývky a tím pádem i přeměnu sněhových zrn v ní. Působí tak na stabilizaci popř. destabilizaci sněhové pokrývky.

Ke stabilizaci sněhové pokrývky dochází při teplotách okolního vzduchu kolem -3°C až -5°C (Spusta a kol. 2006a). Blahůt uvádí v textu „Sníh a laviny“ (2006): „*Déletrvající teplota -5° až -10°C příznivě působí na zpevňování sněhové pokrývky*“. Ke stabilizaci sněhové pokrývky dochází i během pravidelného střídání teplot (Lienerth, 2007).

Při teplotních anomáliích se naopak lavinové nebezpečí zvyšuje. Proto se riziko pádu lavin zvyšuje při dlouhodobějších teplotách pod -10°C , kdy dochází ve sněhovém pokryvu k tvorbě nestabilních klouzavých vrstev tvořených zrnny pohárkových krystalů. Zároveň se při těchto teplotách mohou tvořit vrstvy pohyblivého sněhu

(směs hranatozrnitého sněhu a pohárkovitých krystalů), které jsou značně nestabilní a hrozí uvolněním lavin. (Spusta a kol. 2006a) Nejhorším případem z hlediska lavinového nebezpečí je pak prudké oteplení doprovázené deštěm. V takovém případě dojde k provlhnutí, a tím spojeným ztěžknutím vrchní vrstvy pokrývky, která leží na promrzlém podkladu. Ve sněhové pokrývce tak dochází k velkému napětí, což na příhodných svazích často vyvrcholí uvolněním laviny (Lienerth, 2007).











Závěrem je potřeba si uvědomit, že podíl a význam jednotlivých meteorologických prvků se regionálně odlišuje.

Sněhová pokrývka

Významným prvkem při vzniku lavin jsou výška, geneze a vlastnosti sněhového pokryvu.

Výška nového sněhu – vlivu výšky nově napadaného sněhu na tvorbu lavin již bylo pojednááno v předchozím textu (viz. Trvání a intenzita sněžení).

Geneze (historie) sněhové pokrývky – historií sněhového pokryvu je myšlena skladba sněhových vrstev kolmo ke svahu. Geneze sněhu je provázána s vlastnostmi sněhu, kterými jsme se již zabývali v předcházejícím textu (viz. 1.1. Vznik sněhu a jeho vlastnosti). K problematice sněhových profilů a jejich stabilitě je zde přidána tabulka zobrazující možné profily a jejich stabilitu (*Tab. 6*).

Stabilita	Profil (graficky)	Poznámka
<i>stabilní</i>		tento profil je považován za ideální; postupné zvyšování tvrdosti v rámci profilu → plynulý přenos zatížení
		kompaktní profil - konstantní a velká tvrdost (promrzlý firn)
<i>středně stabilní</i>		profil s problémovým místem ve spodních partiích; postupné zvyšování tvrdosti ke středu pokrývky a následný pokles tvrdosti k podkladu
		profil s problémovým místem ve spodních partiích; rostoucí tvrdost ke středu pokrývky a následný prudký pokles v tvrdosti
		profil s problémovým místem v horních partiích; na počátku skok v tvrdosti následuje pozvolný pokles tvrdosti
<i>nestabilní</i>		profil s problémovou střední částí, kde je velký rozdíl tvrdostí oproti okolním vrstvám
		nejzrádnější (na první pohled těžko rozpoznatelný) profil; převážně větrem utemované vrstvy nového sněhu; uvnitř profilu nesoudržná vrstva, která vznikla vlivem dlouhodobě nízkých teplot
		profil s problémovým místem uvnitř sněhového profilu - výrazný skok v tvrdosti; typické pro situace po intenzivním sněžení (vrstva nového sněhu na starém tvrdém sněhu)
		profil s problémovým místem uvnitř sněhového profilu - výrazný skok v tvrdosti; typické při výrazné změně teploty - spodní vrstva může být natátá od podloží - nebo silné dlouhodobé mrazy - vznik nestabilních vrstev plovoucího sněhu
		profil měkkého sněhu - tvrdost je malá a kompaktní (nově napadaný sníh přímo na podloží)

Tab. 6: Stabilita sněhových profilů (Kořízek, 2004)

Vlastnosti a složení sněhové pokrývky – základní vlastnosti sněhu – hustota, tvrdost, pevnost, vodní hodnota, zásoba kapalně vody a tepelné vlastnosti – jsou popsány v předchozím text stejně jako dělení sněhových krystalů dle struktury (viz. 1.1. Vznik sněhu a jeho vlastnosti). Tuto problematiku doplňuje následující tabulka (Tab. 7), kde je popsána spojitost mezi druhy sněhu a vznikem lavin.

Druh sněhu	Symbolika	Soudržnost	Přilnavost
<i>nový sníh</i>	+	velká nesoudržnost	základ prachových lavin
<i>zlomkový sníh</i>	/	lámání původních krystalů způsobuje jejich zaklínění – soudržnost se zvyšuje	základ deskových lavin
<i>okrouhlozrnitý sníh</i>	●	přechodová fáze mezi destruktivní a konstruktivní přeměnou	poživá schopnost přispívá ke stabilizaci, může tvořit základ ledových desek
<i>hranatozrnitý sníh</i>	□	pohyblivý sníh (rizikové zvláště severní (stinné) svahy)	lavinově nebezpečný sníh
<i>pohárkové krystaly</i>	○	velmi vzdušný prostor	velmi kritická forma sněhu
<i>firn</i>	^	možnost velmi provlhklých spodních vrstev	tvorba základových lavin
<i>ledová vrstva</i>	■	ovlivněna průběhem počasí (vysoké teploty)	nebezpečný podklad pro nový sníh

Tab. 7: Vznik lavin ve vztahu k druhům sněhu (Krédl, 2007)

Na svazích jsou sněhové masy pod permanentním vlivem gravitační síly. Avšak dokud je soudržnost (koheze) a třecí síla (adheze) ve sněhové pokrývce větší nebo minimálně stejná jako působící gravitační síla, nedojde k uvolnění laviny. Zvýšeným zatížením (přítomnost člověka, pád převěje), nebo změnou struktury sněhové vrstvy (oteplení, déšť,...) dojde k narušení rovnovážné situace mezi silami působícími v pokrývce (Lienert, 2007). V obou případech dojde ke ztrátě soudržnosti (koheze) sněhu a ke snížení tření (adheze) mezi vrstvami, díky čemuž dojde vlivem gravitace k uvolnění laviny (Blahůt, 2006a).

Člověk

Člověk svou přítomností zvyšuje zatížení svahu, tím pádem přispívá k pravděpodobnosti uvolnění laviny (Spusta a kol. 2006a).

3.4.3. Stupnice lavinového nebezpečí

Výzkumem lavin a prevencí lavinového nebezpečí se zabývá mnoho zemí světa, zejména pak ty, které mají na svém území oblasti s hrozbou pádu lavin. Dlouholetá tradice výzkumu lavin je hlavně ve skandinávských a alpských zemích, kde se nacházejí současná významná pracoviště pro výzkum sněhu a lavin. Patří mezi ně centrum v Davosu, Innsbrucku, Grenoblu a další. V bývalém Československu, v současnosti na území SR, je obdobným pracovištěm *Stredisko lavinovej prevencie* v Jasné pod Chopkom (Spusta a kol. 2006a).

Až do roku 1993 existovalo po Evropě větší množství stupnic lavinového nebezpečí. V roce 1993 došlo k vytvoření jednotné pětidílné Evropské stupnice lavinového nebezpečí (*European Avalanche Danger Scale*), která je v současnosti nejpoužívanější stupnicí nejen na evropském kontinentě. Evropská stupnice lavinového nebezpečí poskytuje přibližný obraz o lavinové situaci v regionu.

Stupeň	Stabilita sněhové pokrývky	Pravděpodobnost uvolnění laviny
1 <i>malé</i>	Sněhová pokrývka je všeobecně dobře zpevněná a stabilní	Nepředpokládá se výskyt lavin s výjimkou malých sněhových sesuvů
2 <i>mírné</i>	Sněhová pokrývka je na ojedinělých extrémních ³ , strmých ⁴ svazích jen mírně zpevněná, jinak všeobecně dobře zpevněná	Možný ojedinělý výskyt lavin při mechanickém zatížení ⁵ na extrémních, strmých svazích; větší samovolně vzniklé laviny ⁶ se neočekávají
3 <i>zvýšené</i>	Sněhová pokrývka je na mnoha extrémních, strmých svazích jen mírně až slabě zpevněná	Uvolnění laviny je pravděpodobné už při malém mechanickém zatížení na extrémních, strmých svazích; příležitostně je možný samovolný vznik malých a středních lavin
4 <i>velké</i>	Sněhová pokrývka je na většině lavinových svahů slabě zpevněná	Velká pravděpodobnost uvolnění lavin na většině lavinových svahu při nejmenším mechanickém zatížení; předpokládá se zvýšený výskyt samovolných středních a velkých lavin
5 <i>velmi velké</i>	Sněhová pokrývka je všeobecně slabě a rozsáhle nestabilní	Možný samovolný vznik velkých lavin i na méně strmých a netradičních lavinových svazích

Tab. 8: Evropská stupnice lavinového nebezpečí

³ extrémní svah – svah, který má vhodnou lavinovou konfiguraci (žlab, mulda, kotel) a hladké podloží (skalní plotny, tráva)

⁴ strmý svah – sklon svahu je více než 30°

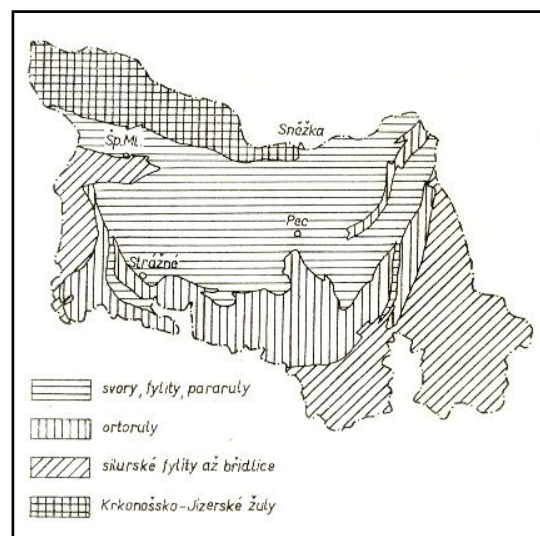
⁵ mechanické zatížení – lyžaři, turisté, horolezci, zvěř, odstřelem apod. (Spusta a kol. 2006)

⁶ samovolné laviny – laviny uvolněné bez přímého působení člověka (Kořízek, 2004)

4. CHARAKTERISTIKA POHOŘÍ KRKONOŠE

4.1. Geologie a geomorfologie

Krkonošské pohoří, náležící do Českého masivu, je stejně jako velká část tohoto masivu, geologicky pestré. Většina území Krkonoš spadá do geologického celku krkonoško-jizerské krystalinikum a jen částečně sem zasahuje i podkrkonošská pánev (Fanta a kol. 1969). Krkonoše jsou budovány komplexem metamorfovaných hornin se složitou vnitřní strukturou (svory, fylity, pararuly), mohutnou intruzí krkonoško-



Obr. 7: Geologická mapa KRNAPu (převzato z Boháč (1971))

jizerského granitového variského plutonu (žuly) a ve východní části pak muskovitickými až dvojslídnyými krkonošskými ortorulami (krystalické břidlice) (Skácelová a Žáček, 2007).

Počátky geologické historie Krkonoš bývají datovány do konce starohor před asi 700 miliony let. V té době došlo k prvnímu proterozoickému vrásnění, které ovlivnilo geologickou stavbu pohoří. Během těchto horotvorných procesů došlo k regionální metamorfóze jílových břidlic a ke vzniku nejstarších krkonošských krystalických břidlic, především svorů s četnými vložkami křemenců, místy i erlanů a amfibolitů. Ve větších hloubkách vznikly přeměnou vyvřelin krkonošské ortoruly – skladbou minerálů podobající se žulám. V následném období prvohor (silur) došlo v oblasti Krkonoš k opětovnému, poslednímu, zaplavení mořem. V této době dochází k usazování některých hornin, které jsou v následujících obdobích prvohor přeměněny na mladší komplex krkonošských hornin (fylity, krystalické vápence, zelené břidlice,...). V karbonu na konci hercynského vrásnění (300 mil. let) dochází k intruzi krkonošské žuly, obklopené hlavně rohovci, kvarcity a migmatity. V těchto částech se také nalézají významná krkonošská rudní ložiska (Klapka, 2001). Tím byla dokončena geologická „výstavba“ Krkonoš, které byly následně obnažovány erozí a zvětráváním a docházelo k zarovnávaní jejich povrchu (*penneplenizace*). Od tohoto momentu dochází k formování současného krkonošského reliéfu.

V následujícím alpínském vrásnění došlo k vyzdvižení a vyklenutí pohoří. Krkonoše tak získávají zhruba dnešní podobu, avšak bez výraznějších údolí (KRNAP, 2010a). Vyzdvihnutí horstva mělo za následek zvětšení sklonu svahu, a tím zintenzivnění vodní eroze, která začíná formovat krkonošská údolí (Klapka, 2001). Na přelomu třetihor a čtvrtohor dochází k výrazné změně evropského klimatu, projevující se velkým ochlazením. Ve starších čtvrtohorách tak dochází ke kolísání klimatu a střídáním dob ledových a meziledových, během nichž dosahuje skandinávský ledovec až k severnímu předhůří Krkonoš. To zapříčinilo vznik ledovců alpského typu i v krkonošských údolích (Fanta a kol. 1969). Pozůstatky jejich přítomnosti můžeme vidět v Krkonoších dodnes. Ať už se jedná o typická ledovcová údolí, tzv. *trogy*, s profilem ve tvaru U, kary nebo čelní a boční morény. Chladné klima se projevilo i na nezaledněných nejvyšších polohách. Vlivem mrazového zvětrávání vznikají na hřebenech rozmanité formy – tory, kryoplanační terasy, polygonální půdy a suťová pole. Po odeznění chladného klimatu se začíná opět uplatňovat vodní eroze jako hlavní proces modelace reliéfu. K ní se přidávají další procesy – mury, skalní říční, činnost sněhu a lavin a samozřejmě také antropologická činnost (Klapka, 2001).

4.2. Hydrologické podmínky

Charakter současné hydrologické sítě Krkonoš souvisí úzce s geomorfologickým vývojem tohoto pohoří. Směry hlavních krkonošských toků zůstaly víceméně neměnné od konce třetihor. Na tocích polské a české strany Krkonoš však můžeme pozorovat podstatný rozdíl. Zatímco polské toky nejsou i díky přímým a strmým svahům nikterak složité a větvené, na české straně je tomu naopak. Členitější a rozsáhlejší říční síti české strany napomohla větší rozloha této části pohoří, větší délka řek, větší prohloubení údolí, menší sklony hladiny a složitější horninové podmínky. Proto hlavní toky české části Krkonoš – Jizera, Jizerka, Labe a Úpa – tvoří se svými přítoky pravoúhlou říční sítí (*mřížovitá říční síť*), na rozdíl od polských, vcelku přímých, toků.

Obecně mají krkonošské toky bystřinný charakter s nevyrovnanou spádovou křivkou. Podle klimaticko-hydrologické klasifikace se řadí toky Krkonoš stejně jako ostatní toky ČR do středoevropského (oderského) typu toků, typického maximálními průtoky v době jarního tání a minimálními průtoky během léta (Soukup, 2003).

Krkonošské toky tak dosahují maximálních průtoků v dubnu až květnu, nejnižší hodnoty průtoků je pak obvykle možné naměřit hned dvakrát – v lednu a říjnu. Vysoké roční srážky a velká lesnatost území Krkonoš (zhruba 67% (Flousek, 2000)) nahrazují malé zásoby podzemní vody v tomto pohoří, způsobenou malou jímavostí krkonošských hornin. To má za následek i významný podíl povrchového odtoku spadlých srážek, kde ve vyšších polohách povrchový odtok činí až 80 %, v nižších partiích pak přibližně 50%.

Pohoří Krkonoš leží na rozvodí řek Labe a Odry, přičemž státní hranice tvoří rozvodnici mezi oběma povodími. Právě Labe, největší česká řeka, pramení v tomto pohoří na Labské louce, bezprostředně však odvodňuje pouze třetinu českého území Krkonoš. Zbylé dvě třetiny odvodňují řeky Úpa a Jizera – Úpa východní část a Jizera západní část krkonošského pohoří.

Ledovcovou činností vznikla v období čtvrtohor na území Krkonoš ledovcová jezera, z nichž většina leží na polské straně pohoří. Jedná se o Wielki Staw, Mały Staw a na dně Sněžných jam tři malá jezírka hrazená morénou. Jediným zástupcem jezer ledovcového původu na české straně je Mechové jezírko v Kotelních jamách, které však svojí velikostí (hloubka 0,8 m) nemůže konkurovat polským Stawům. Další přirozené vodní plochy neledovcového původu je pak možné nalézt na krkonošských rašeliništích (Klapka, 2001).

Na ochranu před každoročně opakujícími se povodněmi z tání sněhu byla na začátku 20. století vybudována ve Špindlerově Mlýně Labská přehrada. Tento účel splňuje až doposud, takže ke vzniku povodňové situace z tání sněhu v jarních obdobích na horním toku Labe docházelo v posledních letech zřídka.

4.3. Klimatické poměry

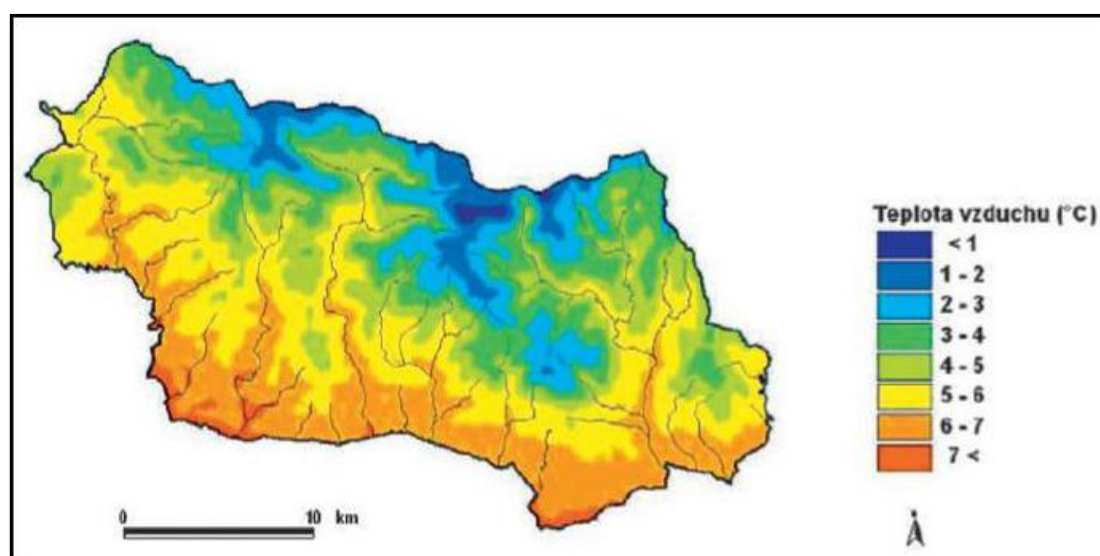
Pohoří Krkonoš, ležící v centrální Evropě v mírném klimatickém pásmu, nese řadu projevů tohoto pásma a oblasti. Ať už se jedná o výrazné střídání ročních období, vliv Atlantského oceánu nebo časté velkoprostorové výměny vzdušných mas různých vlastností, projevujících se na častých krátkodobých změnách počasí v tomto pohoří. Ve srovnání s ostatními pohořími v regionu má krkonošské klima specifické rysy, závislé na objemu pohoří, nadmořské výšce, expozici svahů apod. (Moravcová, 2003). Od ostatních českých pohoří se liší svou klimatickou drsností, od slovenských Tater pak například svým nekontinentálním charakterem (Fanta, 1969).

Právě již zmiňovaná nadmořská výška je významnou složkou ovlivňující krkonošské klima (Halášová a kol. 2007). Rostoucí nadmořská výška totiž ovlivňuje pokles teploty a tlaku, zároveň má vliv na rychlejší proudění vzduchu, intenzivnější sluneční záření a také na menší znečištění vzduchu. Všechny tyto faktory podmiňují existenci vertikálních klimatických pásem (KRNAP, 2010b). Projevem vertikálních klimatických zón v Krkonoších je diferencování vegetace do vegetačních stupňů, vertikální období horizontálních biotů.

Jednotlivými klimatickými faktory se budou zabývat následující podkapitoly.

4.3.1. Teplota vzduchu

Teplota vzduchu je jedním z klimatických faktorů. Obecně významným faktorem, ovlivňujícím změnu teplot, je nadmořská výška. Obvyklá změna teploty vlivem rostoucí nadmořské výšky, tzv. *teplotní gradient*, je pokles o 0,5 – 1,0°C na 100 výškových metrů. Tomu odpovídají i průměrné roční teploty v Krkonoších – zatímco na úpatí Krkonoš je dlouhodobá roční průměrná teplota 7°C (Halášová a kol. 2007) vrchol Sněžky je průměrnými ročními teplotami (0,2°C (Klapka, 2001)) nejchladnějším místem ČR. Za určitých stavů ovzduší (izotermie, inverze) však nemusí toto pravidlo platit (KRNAP, 2010b).



Obr. 8: Dlouhodobé průměrné roční teploty vzduchu v Krkonoších (1961–2000) (Halášová a kol. 2007)

Dalším faktorem, který ovlivňuje teplotu vzduchu, je reliéf terénu. Vysoko položená uzavřená údolí si totiž mohou vytvářet vlastní specifické mikroklima.

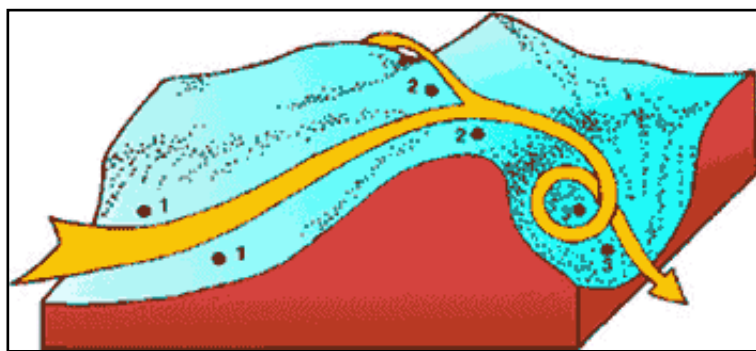
Nejteplejším měsícem v pohoří Krkonoš je červenec, nejchladnějším pak leden (Halášová a kol. 2007).

4.3.2. Sluneční svit

Dalším z klimatických ukazatelů je sluneční svit a s tím související oblačnost. Sluneční svit, vyjadřovaný v počtu hodin za rok, se v Krkonoších pohybuje v hodnotách mezi 1 444 (Špindlerův Mlýn) a 1 733 hodinami (Benecko). Jedná se tak o menší počet slunných dní oproti místům v nížinách (Praha má 1 900 hodin). Související oblačnost se vyjadřuje v osminách, resp. desetinách pokrytí oblohy oblačností. V pohoří Krkonoš se průměrná roční oblačnost pohybuje okolo hodnoty 7, tzn. 7/10 oblohy je průměrně pokryto oblačností (KRNAP, 2010b).

4.3.3. Vítr

Krkonošské pohoří tvoří svojí výškou překážku pro proudící vzdušné masy, zároveň svým reliéfem napomáhá tvorbě lokálních větrů. Převládajícími větry v Krkonoších jsou větry západního a jihozápadního směru. Ve spojitosti s podobnou orientací vedlejších údolí zde dochází ke specifickému jevu,



označovanému jako *anemoorografický systém* (viz. Obr. 9). V průběhu

Obr. 9: Schéma anemoorografického systému (Jeník, 1961)

- 1 – návětrné údolí
- 2 – urychlující vrcholová část
- 3 – závětrný turbulentní prostor

tohoto jevu stoupají vanoucí západní větry zužujícími se údolními, orientovanými na západ (Mumlava, Bílé Labe), směrem ke hřebenům a získávají tak na rychlosti. Na otevřených náhorních pláních se pak jejich rychlost ještě zvýší. Následným propadnutím vzdušných mas do hlubokých karů sousedícími s těmito pláněmi dochází k mohutným turbulencím (Vraný, 2008). Tento větrný systém má významný

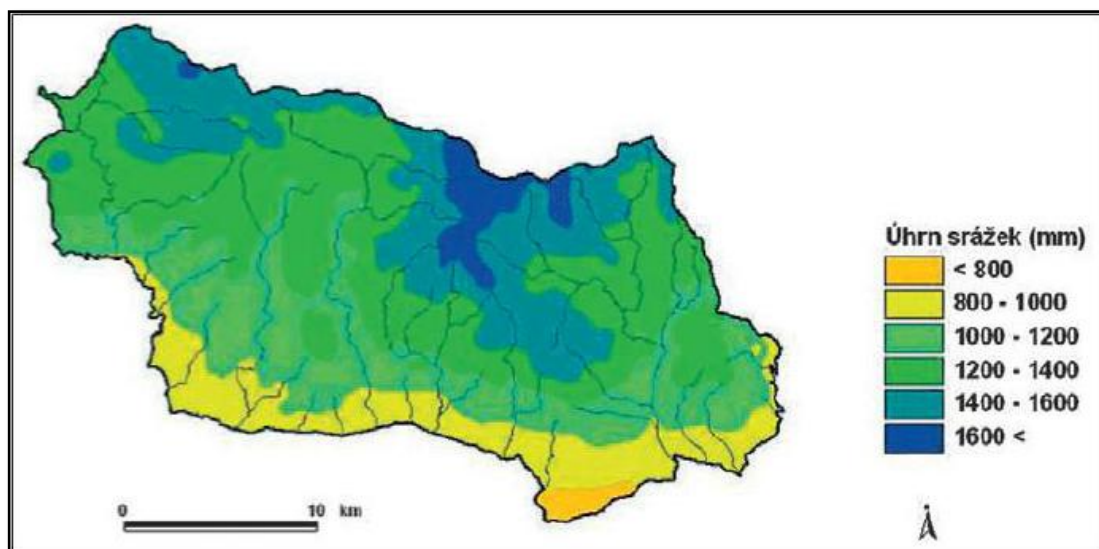
vliv na geomorfologické a pedologické procesy, faunu a flóru a v neposlední řadě taky na sněhové poměry a s tím spojené laviny.

Důležitou složkou větrů v Krkonoších jsou i lokální větry. Patří mezi ně větry s denním chodem, vírové proudění a v tomto pohoří nevýrazný föhn.

Během zimního období jsou vrcholky Krkonoš vystaveny bouřlivým větrům, z nichž některé dosahují až rychlosti orkánu (150 km/h). Také tyto větry mají významný podíl na tvorbě lavin a vzniku lavinového nebezpečí (KRNAP, 2010b).

4.3.4. Srážkové poměry

Srážkové poměry se řadí mezi další z klimatických faktorů. V našich podnebných podmínkách obecně platí, že s rostoucí nadmořskou výškou roste i množství srážek. Roční srážkové úhrny v Krkonoších potvrzují toto tvrzení, když v podhůří jsou průměrné roční srážky 700 – 800 mm a v nejvyšších polohách přibližně 1 200 mm srážek za rok (Klapka, 2001). Nejvyšší roční úhrny srážek však jsou pravidelně v údolních polohách – Špindlerův Mlýn cca 1 300 mm a Pec p. Sněžkou asi 1 400 mm ročně (KRNAP, 2010b). Maxima srážek v Krkonoších jsou během roku dvě – červenec a prosinec – stejně jako dvě minima, která jsou v dubnu a září/říjnu (Halášová a kol. 2007).



Obr. 9: Dlouhodobé průměrné roční úhrny srážek v Krkonoších (Halášová a kol. 2007)

4.3.5. Sněhová pokrývka

Velký podíl na srážkách, spadlých na území Krkonoš, mají srážky sněhové. Počet dní se sněžením se v Krkonoších pohybuje od 90 dní v roce v podhůří až po 180 dní ročně na hřebenech (KRNAP, 2010b). Také díky tomu jsou Krkonoše na předním místě v ČR v množství sněhových srážek (Sýkora, 1964). Sněhové srážky začínají v Krkonoších padat na hřebenech již během října, poslední pak v květnu, výjimečně až v červnu. Sněhová pokrývka, která vydrží v Krkonoších až 7 měsíců (ve Sněžných jamách v některých letech po celý rok), začíná být souvislá obvykle během listopadu (Klapka, 2001). Mocnost sněhové pokrývky dosahuje na hřebenech jednoho až tří metrů. Maximální výšky dosahuje sněhový pokryv v nižších polohách v únoru, ve vyšších polohách až v březnu. Rozmístění a mocnost sněhu jsou ovlivněny místními srážkovými a teplotními poměry, orientací svahů, terénními podmínkami a dalšími činiteli. Nejvýznamnějším faktorem jsou však poměry větrné. Vítr se svou schopností přenášení sněhu, přemisťuje obrovské sněhové masy z návětrných svahů a náhorních plošin na závětrné svahy a do závětrných údolí, kde dochází k tvorbě převějí a závějí. Sněhová pokrývka v těchto místech pak dosahuje výšky až 4 metrů, v extrémech až 15 metrů (tzv. *mapa republiky*) (KRNAP, 2010b).



Obr. 10: Sníh na sněhovém poli „mapa republiky“ v červnu 2010

4.3.6. Laviny v Krkonoších

Sněhová pokrývka je spolu s charakteristikou terénu a počasím významným faktorem pro vznik lavin. V Krkonoších můžeme nalézt celkově 105 známých lavinových drah, z toho 54 jich je na české straně ⁷. Krkonošské lavinové dráhy se nalézají na závětrných svazích nebo jsou vázány na svahy, žlaby a rokle přilehlých vrcholů a zalesněných údolí (Spusta a kol. 2007). Každoroční aktivita lavinových drah (50 lavin za sezónu) není pravidelně rozmístěná mezi jednotlivé dráhy. Na některých z nich dokonce došlo od r. 1962 ⁸ jen k jedinému uvolnění laviny. Největší lavinová aktivita v Krkonoších je během ledna a března (Spusta a kol. 2007).

Laviny jsou v Krkonoších významným ekologickým činitelem. Lokality mnoha vzácných krkonošských bylin jsou právě na lavinových drahách, na kterých díky lavinové aktivitě neroste souvislý les (Kociánová a kol. 2005). Současně jsou laviny geomorfologickým činitelem, protože strhávají půdu i podkladovou horninu (Klapka, 2001).

První písemně dochovaný záznam o pádu laviny v Krkonoších je z února 1655 ze Sklenářovic ⁹. Výzkum sněhu a lavin započal v Krkonoších roku 1954. Roku 1962 byl založen V. Spustou tzv. lavinový katastr Krkonoš – seznam a popis krkonošských lavinových drah s každoroční evidencí spadlých lavin (Spusta a kol. 2007). Od tohoto roku bylo zaznamenáno na české straně Krkonoš 1 020 uvolněných lavin (2007), přičemž u některých z nich došlo k zasypaní lidí nebo dokonce ke zraněním se smrtelnými následky (Spusta a kol. 2007).

⁷ Počet lavinových drah, a od toho odvislý celkový počet drah v Krkonoších, se značně liší. Nejčastěji se však můžeme setkat právě s číslem 54 (Spusta a kol. 2003).

⁸ Od tohoto roku (1962) jsou zaznamenávány spadlé laviny v Krkonoších.

⁹ Zajímavostí je, že v současnosti není ve Sklenářovicích ani v jejich blízkém okolí žádná lavinová dráha.

5. METODIKA

První částí této části bude vytvoření návrhu databáze tzv. lavinového katastru Krkonošského národního parku. Navržení databáze je podnětem Horské služby¹⁰, která by ráda v budoucnosti vytvořila veřejně přístupnou elektronickou databázi krkonošských lavin. Vytváření návrhu databáze bylo prováděno pomocí softwaru ESRI ArcGIS 9.3 a sady Microsoft Office 2007 (zejména MO Excel).

V další části budou zaznamenány výsledky analýzy faktorů, podmiňujících vznik lavin v Labském dole. K získání výsledků této části byl opět použit software ESRI ArcGIS 9.3, resp. ArcGIS 9.2 pro získávání dat prostorových analýz.

5.1. Návrh databáze

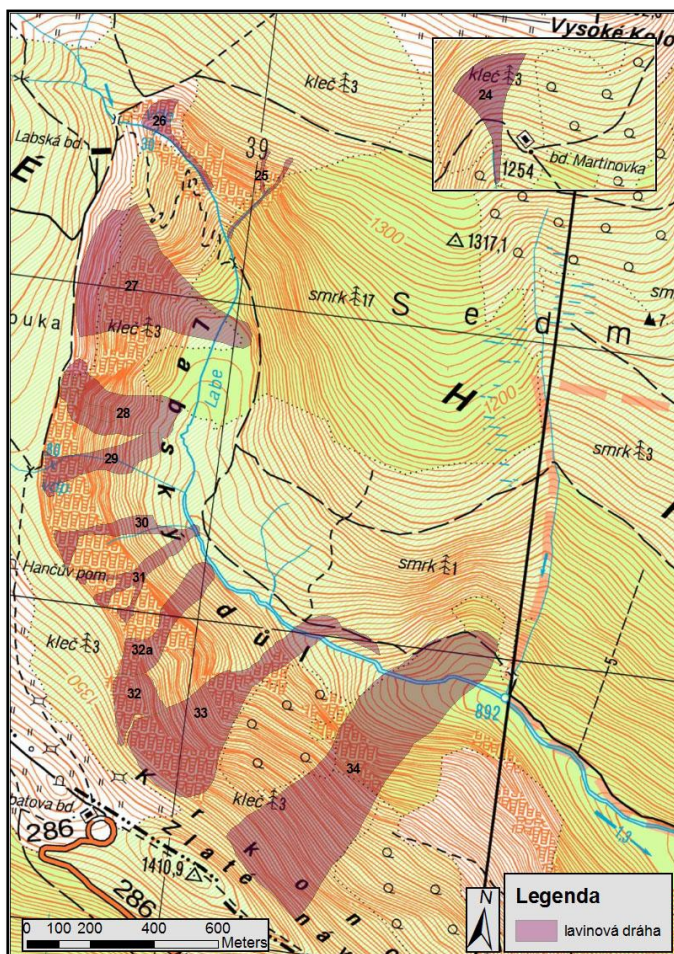
Prioritou při vytváření návrhu databáze byla snaha navrhnout srozumitelnou a přehlednou podobu pro potenciálního uživatele. Zároveň by neměla být složitá editace a vkládání dat do této databáze.

Samotná tvorba databáze byla prováděna v software ArcGIS, tabulky pak byly vytvářeny pomocí MO Excel 2007. Vektorizací byla vytvořena polygonová vrstva *lavinové_dráhy* podle ortofoto podkladů ze serveru <http://geoportal.gov.cz>. Tyto polygony korespondovaly s lokací lavinových drah. Polygonům (lavinovým drahám) bylo následně v atributové tabulce přidáno pole (*ID*), unikátní pro každou lavinovou dráhu a zároveň usnadňující propojení atributové tabulky s tabulkou (*excel_1*) vytvořenou v MO Excel. Tabulka *excel_1* obsahovala neměnné údaje specifikující lavinovou dráhu (*ID*, číslo dráhy, název, expozice, sklonitost, nadm. výška odtrhu). Další tabulkou byla *excel_2*, která obsahovala teoreticky časem proměnné specifikace lavinových drah (*ID*, nadm. výška dojezdu laviny, rozdíl v nadm. výšce odtrhu a dojezdu, max. délka laviny, max. šířka odtrhu). Propojení tabulek *excel_1* a *excel_2* mělo formu relace 1:1 a propojení bylo uskutečněno pomocí pole *ID*. Další a poslední tabulkou byla tabulka s názvem *lav_katastr*. Tato tabulka obsahuje data z lavinového katastru, tzn. záznamy uvolněných lavin v Krkonoších. Vedle těchto dat bylo jedno pole vyčleněno pro *ID* lavinové dráhy. Díky tomu je možné propojit tabulku *excel_1* s *lav_katastr* formou 1:n.

¹⁰ Konkrétně V. Kořízka.

6. CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÉHO ÚZEMÍ

V západních Krkonoších situovaný Labský důl je svými, převážně na východ exponovanými strmými svahy, příhodným místem pro vznik lavin. Přímo v Labském dole se nachází 10 lavinových drah¹¹, ke kterým je přiřazována ještě dráha na jihovýchodním svahu Velkého Kola – Martinova jáma (viz. Obr. 11 a Tab. 9).



Obr. 11: Lavinové dráhy Labského dolu

¹¹ Lavinová dráha č. 32 je rozdělená na dvě – 32 a 32A.

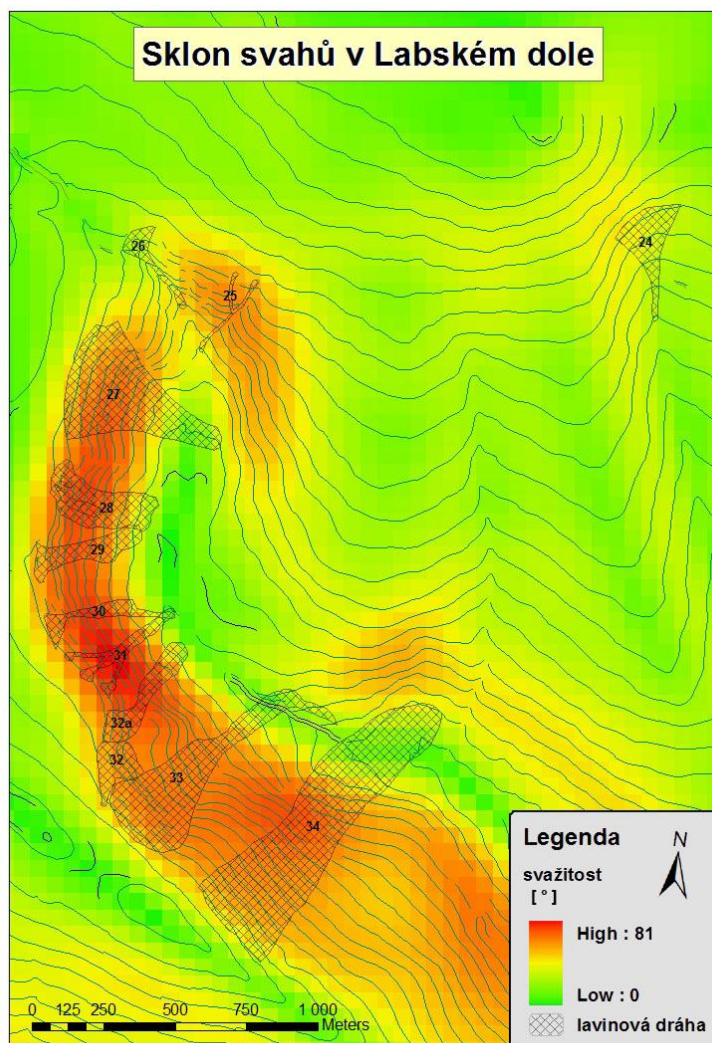
Dráha č.	Název dráhy	Sklon	Expozice	Odtrh (m n. m.)	Dojezd (m n. m.)	Výškový rozdíl (m)	Délka max. (m)	Šířka odtrhu max. (m)
24	<i>Martinova jáma</i>	40°–35°	JV	1 350	1 225	125	170	80
25	<i>Malá Labská rokle</i>	35°–30°	JJZ	1 300	1 150	150	450	50
26	<i>Labská rokle</i>	40°–35°	JV	1 280	1 150	130	360	80
27	<i>Navorská jáma</i>	40°–35°	V	1 275	1 050	225	800	150
28	<i>Schustlerův žlab</i>	45°–40°	V	1 275	1 025	250	630	100
29	<i>Pančavská stěna</i>	55°–50°	V	1 275	1 010	265	570	130
30	<i>Hančův žlab</i>	50°–45°	V	1 300	1 000	300	550	100
31	<i>Jestřabí stěna</i>	55°–50°	VSV	1 300	1 000	300	520	100
32, 32A	<i>Vrbatův žlab</i>	50°–40°	SV	1 350	970	380	650	190
33	<i>Harrachova jáma</i>	50°–40°	SV–V	1 350	970	380	1 100	150
34	<i>Velká lavina</i>	40°–30°	SVS	1 375	900	475	1 180	250

Tab. 9: Lavinové dráhy v oblasti Labského dolu

Problematikou lavin v Labském dole se v minulých letech zabývala řada prací. Za zmínění stojí práce Jana Blahůta, *Laviny Labského dolu v Krkonoších* (2006) a *Typy lavin Labského dolu v Krkonoších a meteorologické podmínky jejich vzniku* (2007). Ostatní práce týkající se lavin se již většinou zaměřují na celé Krkonoše, z nichž nejvýznamnější jsou vyhodnocení dat lavinového katastru (Vrba a Spusta, 1975; Spusta a Kociánová, 1998; Spusta a kol. 2003; Spusta a kol. 2006b).

Podklady k analýze korespondují s většinou významných faktorů, podmiňujících vznik lavin. Proto byl pomocí ArcGIS vytvořen model svažitosti terénu (*Obr. 12*) a expozice jednotlivých svahů. Dále byla k dispozici pro vyhodnocení situace meteorologická data z meteorologické stanice na Labské boudě, jež popisují nejlépe stav ovzduší v Labském dole.

Jak vyplývá z obrázku sklonitosti svahů v Labském dole (*Obr. 12*), pohybuje se sklon svahů mezi 0° až 81° přičemž průměrný sklon lavinových drah je 43°. Kritický úhel svahu pro uvolnění lavin je mezi 28° a 45° (Spusta a kol. 2006a). Průměrným sklonem by se tedy lavinové dráhy Labského dolu řadily do svahů s kritickým sklonem.



Obr. 12: Sklonitost svahů v Labském dole

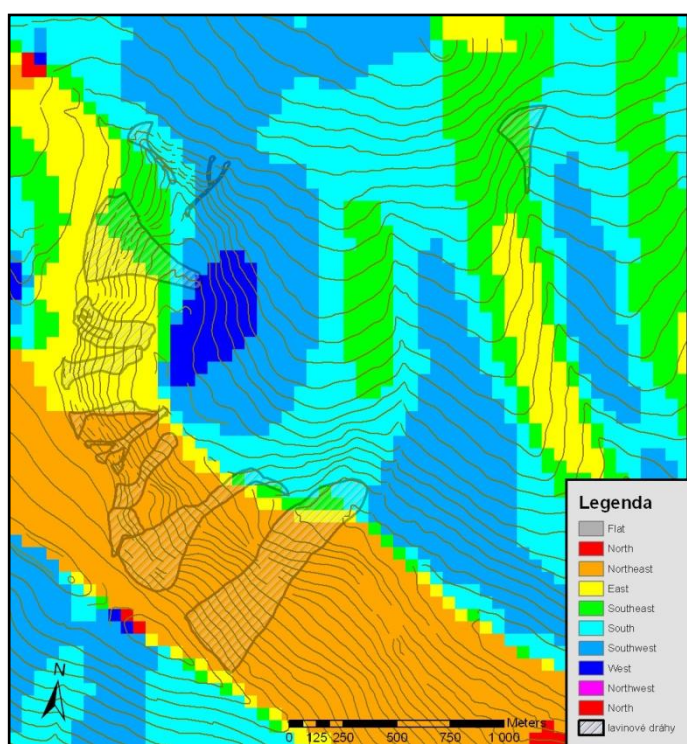
Povrchy v odtrhových zónách se liší u každé lavinové dráhy. Převažují však travnaté plochy (Martinova jáma, Malá Labská rokle, Labská rokle, Navorská jáma, Schustlerův žlab, Pančavská stěna, Hančův žlab, Jestřábí stěna, Vrbatův žlab ¹², Harrachova jáma) holé skalní plochy (Jestřábí stěna, Vrbatův žlab ¹³, Harrachova jáma) a suťoviska (Martinova jáma, Malá Labská rokle, Velká lavina). V dalších případech je v odtrhových zónách porost kosodřeviny nebo jiných zakrslých dřevin (Pančavská stěna, Velká lavina). U každé lavinové dráhy existuje vícero podložních povrchů, proto byl kladen důraz na převažující povrch, popř. dva povrchy u lavinových drah s podobným zastoupením povrchového podloží v odtrhové zóně. Travní podklad je vhodným povrchem pro vznik lavin, proto většina lavinových drah

¹² 32A

¹³ 32

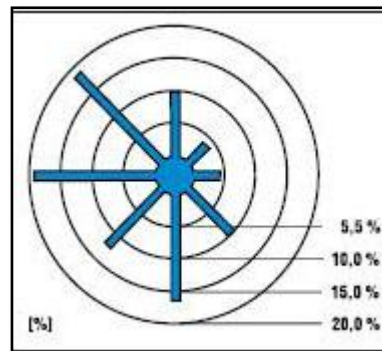
v Labském dole má v tomto ohledu příhodné podmínky pro uvolnění lavin. Zároveň je nutné brát v potaz zastoupení dalších podložních povrchů.

Lavinové dráhy Labského dolu se nachází na převážně východních a severovýchodních svazích (Martinova jáma a část Navorské jámy je exponována na jihovýchod). Z hlediska insolace by na těchto svazích měly převládat vlhké laviny, typické pro východní svahy. Na severněji orientovaných – méně osluněných – svazích by mohly být tendence k tvoření nestabilních vrstev sněhu jako např. dutinové jinovatky.



*Obr. 13: Orientace svahů
Labského dolu*

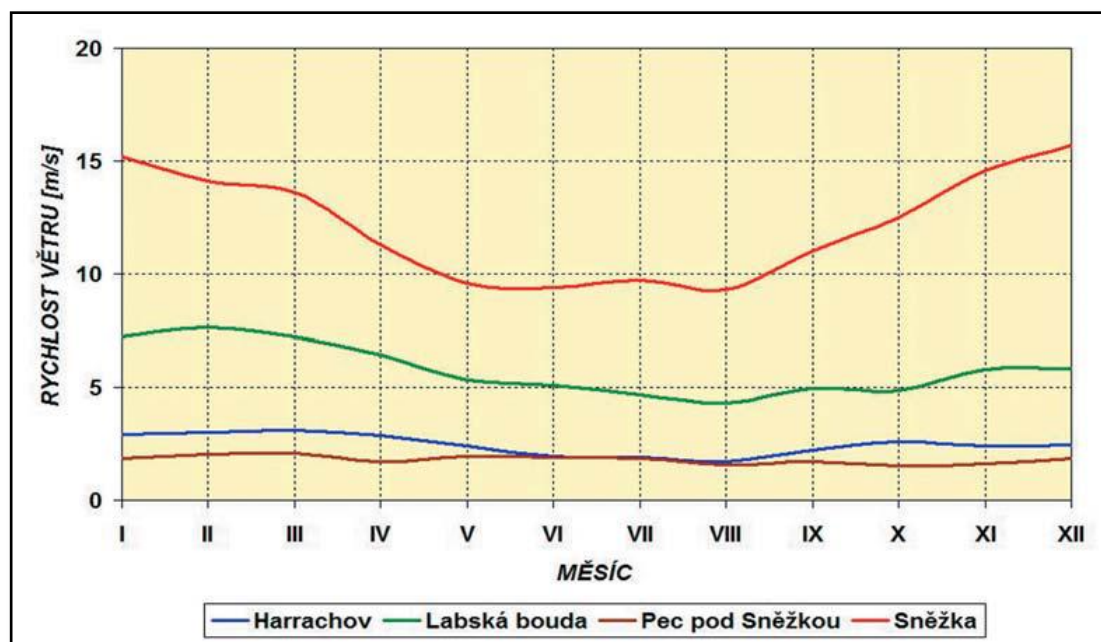
Na hraně Labského dolu (meteorologická data z Labské boudy) jsou převládajícími větry západního a jihozápadního směru. Nezanedbatelnou složku tvoří i větry jižní (Obr. 14). Tyto větry mají průměrnou roční rychlost $5,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, přičemž z následujícího grafu (Obr. 13) vyplývá, že průměrné rychlosti větru v zimním období mají rychlost ještě vyšší. Při složení obou složek, expozice a směru větru, do jednoho celku, získáváme ze svahů Labského dolu příhodné zóny pro



Obr. 14: Větrná růžice za období 1991-2000 meteorologické stanice na Labské boudě – bezvětří 6,4 % (Metelka a kol. 2007)

odtrh lavin. Tyto svahy jsou závětrné, během zimních období zásobované převívaným sněhem z náhorní plošiny Labské, Pančavské a Mumlavské louky.

Logicky se tak na hranách Labského dolu musí tvořit sněhové pokrývky velké mocnosti a také převěje. Tomu odpovídá i měření Správy KRNAP, která naměřila v posledních deseti letech na hraně Pančavské jámy (část Labského dolu) maximální výšku navátého sněhu mezi 1,45 – 3,05 m (Harčarik, 2007).



Obr. 15: Průměrná měsíční rychlost větru na meteorologických stanicích v Krkonoších (Metelka a kol. 2007)

Dalším z analyzovaných faktorů bude srážková činnost v oblasti Labského dolu. Souhrn srážkové činnosti v zimních obdobích let 1961-2000 je uveden v následující tabulce (Tab. 10). Labská bouda dosahuje nejvyšších hodnot maximálních denních

srážek ze všech meteorologických stanic ČHMÚ v Krkonoších, což se týká i zimních období, a s tím souvisejícího napadaného nového sněhu. Svým maximem nového sněhu za den – 65 cm- z roku 1993 se řadí Labský důl mezi nejvyšší hodnoty naměřené v Krkonoších (Harčarik, 2007). Výraznou srážkovou činností s významným podílem občasných vysokých denních úhrnů je Labský důl příhodným prostředím pro tvorbu lavinového nebezpečí.

<i>měsíc</i>	I	II	III	IV	V	X	XI	XII	roční
<i>průměrné srážky [mm]</i>	102	80	103	82	119	110	117	130	843
<i>maximální denní srážky [mm]</i>	84,0	34,4	54,1	48,0	66,5	68,8	69,2	58,4	84,0

Tab. 10: Srážky v obdobích s obvykle převládajícími sněhovými srážkami na Labské boudě v letech 1691-2001 (Metelka a kol. 2007)

Teploty zimního období v Labském dole (Tab. 11) se pohybují okolo hodnoty -5°C , během které dochází obvykle ke stabilizaci sněhové pokrývky, čímž dochází ke snižování pravděpodobnosti tvorby lavin.

<i>měsíc</i>	I	II	III	IV	V	X	XI	XII	roční
<i>teplota [°]</i>	-5,6	-5,6	-3,6	0,2	5,4	3,0	-1,7	-4,9	2,0

Tab. 11: Teploty v obdobích se sněhovou pokrývkou na Labské boudě v letech 1961-200 (Metelka a kol. 2007)

Jelikož se v případě Labského dolu jedná o aktivní lavinovou zónu, je vstup do této oblasti pouze na vlastní nebezpečí. Zimní turistická cesta vede v dostatečné vzdálenosti (nejblíže cca 150 m od lavinových drah Navorská jáma a Velká lavina) od lavinových drah, takže lidský faktor je možné vyřadit.

7. ZÁVĚR

Závěrem je třeba říci, že analýza faktorů, ovlivňujících vznik lavin v Labském dole, prokázala příhodnost lokality téměř ve všech faktorech pro vznik aktivní lavinové oblasti. Jediným faktorem, který nespĺňoval podmínky, po kterých vzniká lavinové nebezpečí, byly průměrné teploty. Jelikož se však jedná o dlouhodobý měsíční průměr (40 let) a zároveň jsou k dispozici pouze měsíční průměry, není možné zaznamenat – pro laviny tak významnou – prudkou změnu teplot.

I přes to lze vyhodnotit danou oblast za významné z hlediska lavinové činnosti v Krkonoších. Tomu nasvědčuje i počet lavin zaznamenaných v této oblasti od založení lavinového katastru – číslo 158 uvolněných lavin celkových 964 zaznamenaných v Krkonoších (Blahůt, 2007).

8. SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ

- BLAHŮT J., 2006A:** *Sníh a laviny*. online:
<http://www.hkvysehrad.cz/ptakoviny/snihalaviny.pdf>, cit. 23.4.2011.
- Blahůt J., 2006b:** *Laviny Labského dolu v Krkonoších*. nepublikováno,
Dep.: Geografická knihovna Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy
v Praze, 197 s.
- BLAHŮT J., 2007:** *Typy lavin Labského dolu v Krkonoších a meteorologické podmínky jejich vzniku*. Opera Corcontica 44/1: 197 - 204.
- BOHÁČ J., ZUSKA V. A KULÍKOVÁ A., 1971:** *Příspěvek k poznání půd v Krkonoších*. Opera Corcontica 9: 21 - 36.
- COLBECK S., AKITAYA E., ARMSTRONG R., GUBLER H., LAFEUILLE J., LIED K., MCCLUNG D. A MORRIS E., 1998:** *The International Classification for Seasonal Snow on the Ground*. International Association of Scientific Hydrology, 37 s.
- DE QUERVAIN M., DE CRECY L., LACHAPPELLE E. R., LOSEV K. A SHODA M., 1973:** *Avalanche Classification*. Hydrological Sciences Journal 18/4: 391 - 402.
- DOLEŽAL E. A POLLAK T., 2004:** *Vlastnosti sněhu*. online:
<http://ekologie.upol.cz/ku/zhoek/kurz2004/vlastnosti.pdf>, cit. 23.4.2011.
- FANTA J. [ED.], 1969:** *Příroda Krkonošského národního parku*. SZN, Praha, 221 s.
- FIERZ C., ARMSTRONG R. L., DURAND Y., ETCHEVERS P., GREENE E., MCCLUNG D. M., NISHIMURA K., SATYAWALI P. K. A SOKRATOV S. A., 2009:** *The International Classification for Seasonal Snow on the Ground*. UNESCO-IHP, Paříž, 90 s.
- FLOUSEK J., 2000:** *Krkonoše*. Sylvia 36/1: 26 - 30.
- HALÁSOVÁ O., HANČAROVÁ E. A VAŠKOVÁ I., 2007:** *Časová a prostorová variabilita vybraných klimatologických a hydrologických prvků na území Krkonoš za období 1961–2000*. Opera Corcontica 44/1: 171 - 178.
- HARČARIK J., 2007:** *Sněhové poměry arктоalpínské tundry*. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. A POTOCKI J. [eds]: *Krkonoše – příroda, historie, život*, Baset, Praha: 155 - 156.

- JENÍK J., 1961:** *Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku*. ČSAV, Praha, 409 s.
- KLAPKA P., 2001:** *Krkonoše a trvale udržitelný rozvoj*. nepublikováno, Dep.: online: http://www.geonika.cz/doplanky/Klapka_dipl.pdf, 92 s.
- KOCIÁNOVÁ M., ŠTURSOVÁ H. A ZAHRADNÍKOVÁ J., 2005:** *Klonální růst endemického jeřábu *Sorbus sudetica* v Krkonoších*. Opera Corcontica 42: 99 - 105.
- KOŘÍZEK V., 2007:** *Laviny: prevence*. nepublikováno, Dep.: online: <http://www.alpy4000.cz/soubory/prevence.pdf>, cit. 29.4.2011.
- KŘEDL M., 2007:** *Lavinová prevence a záchrana*. Mladá Boleslav, 56 s.
- KRNAP, 2010A:** *Geologie a geomorfologie*.
Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí,
online: <http://www.krnep.cz/geologie-a-geomorfologie/>, cit. 25.4.2011.
- KRNAP, 2010B:** *Klima Krkonoš*.
Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí,
online: <http://www.krnep.cz/klima/>, cit. 26.4.2011.
- LIEB G. K., 2002:** *Schnee und Lawinen*. Universität Graz, Graz, 39 s.
- LIENERTH R., 2007:** *Lavinová problematika pro provozování horolezectví a skialpinismu*. online:
http://www.climbingschool.cz/var/uploads/files/000000/000044/laviny_skript_a_CHS.pdf, cit. 25.4.2011.
- MCCLUNG D. A SCHAERER P., 2006:** *The Avalanche Handbook*. The Mountaineers books, 342 s.
- METELKA L., MRKVICA Z. A HALÁSOVÁ O., 2007:** *Podnebí*. In: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. A POTOCKI J. [eds]: *Krkonoše – příroda, historie, život*, Baset, Praha: 147 - 154.
- MILAN, L. A ŠRAMKA, Š., 1988:** *Nebezpečnost lavin*. Šport, Bratislava, 151 s.
- MORAVCOVÁ A., 2003:** *Vliv mulčování a hnojení na horská luční společenstva v Krkonoších*. nepublikováno, Dep.: online:
http://fle.czu.cz/~hejcman/Diplomky/Moravcova_Andrea_diplomka.pdf, 102 s.
- SKÁCELOVÁ Z. A ŽÁČEK V., 2006:** *Přirozená radioaktivita horninového podloží v oblasti Krkonošského národního parku*. Opera Corcontica 44/1: 55 - 60.

- SOUKUP M., 2003:** *Krkonošsko-jesenická subprovincie*. nepublikováno, Dep.:
online: ucitele.tym.cz/karel/geo_cr/krkonosko-jesenicka_subprovincie.rtf,
16 s.
- SPUSTA V. A KOCIÁNOVÁ M., 1998:** *Lavinový katastr české části Krkonoš
v období 1961/62 – 1997/98*. Opera Corcontica 35: 3 - 205.
- SPUSTA V. SEN., SPUSTA V. JUN. A KOCIÁNOVÁ M., 2003:** *Lavinový katastr
české části Krkonoš v období 1998/99-2002/2003*. Opera Corcontica 40:
5 - 86.
- SPUSTA V., BRZEZIŇSKI A., KOŘÍZEK V. A KOCIÁNOVÁ M., 2006A:** *Laviny
v Krkonoších*. Správa KRNAP, Vrchlabí, 32 s.
- SPUSTA V. SEN., SPUSTA V. JUN. A KOCIÁNOVÁ M., 2006:** *Lavinový katastr české
části Krkonoš v zimním období 2003/04 až 2005/06*. Opera Corcontica 43:
81 - 93.
- SPUSTA V., BRZEZIŇSKI A. A KOCIÁNOVÁ M., 2007:** *Laviny*. In: FLOUSEK J.,
HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. A POTOCKI J. [eds]: *Krkonoše – příroda, historie,
život*, Baset, Praha: 169-177.
- SÝKORA B., 1964:** *Hodnocení reliéfu a sněhové pokrývky v Krkonoších z hlediska
lyžování a turistiky na lyžích*. Opera Corcontica 1: 139 - 158.
- TREMPER B., 2001:** *Staying Alive in Avalanche Terrain*. Mountaineers Books,
Seattle, 284 s.
- VESELÁ V., 2009:** *Analýza lavinové situace v Krkonoších za období 1999 - 2009*.
nepublikováno, Dep.: Ústřední tělovýchovná knihovna Fakulty tělesné
výchovy a sportu Univerzity Karlovy, 146 s.
- VRANÝ D., 2008:** *Inventář periglaciálních jevů jižního českého svahu Obršího
hřebenu (Černého hřbetu) mezi Sněžkou a Svorovou horou, východní
Krkonoše*. nepublikováno, Dep.: online:
http://is.muni.cz/th/78414/prif_m/DP_-_David_Vrany_-_2008.pdf, 102 s.
- VRBA M. A SPUSTA V., 1975:** *Lavinový katastr Krkonoš*. Opera Corcontica 12:
65 - 90.

9. PŘÍLOHY

9.1. Seznam příloh

Příloha 1 – Seznam lavinových drah v Krkonoších s bližší specifikací

Příloha 2 – Evropská stupnice lavinového nebezpečí

Příloha 3 – Lavinové dráhy východních Krkonoš (pro návrh databáze)

Příloha 4 – Lavinové dráhy západních Krkonoš (pro návrh databáze)

Příloha 5 – Lavinové dráhy v oblasti Liščí hory (pro návrh databáze)

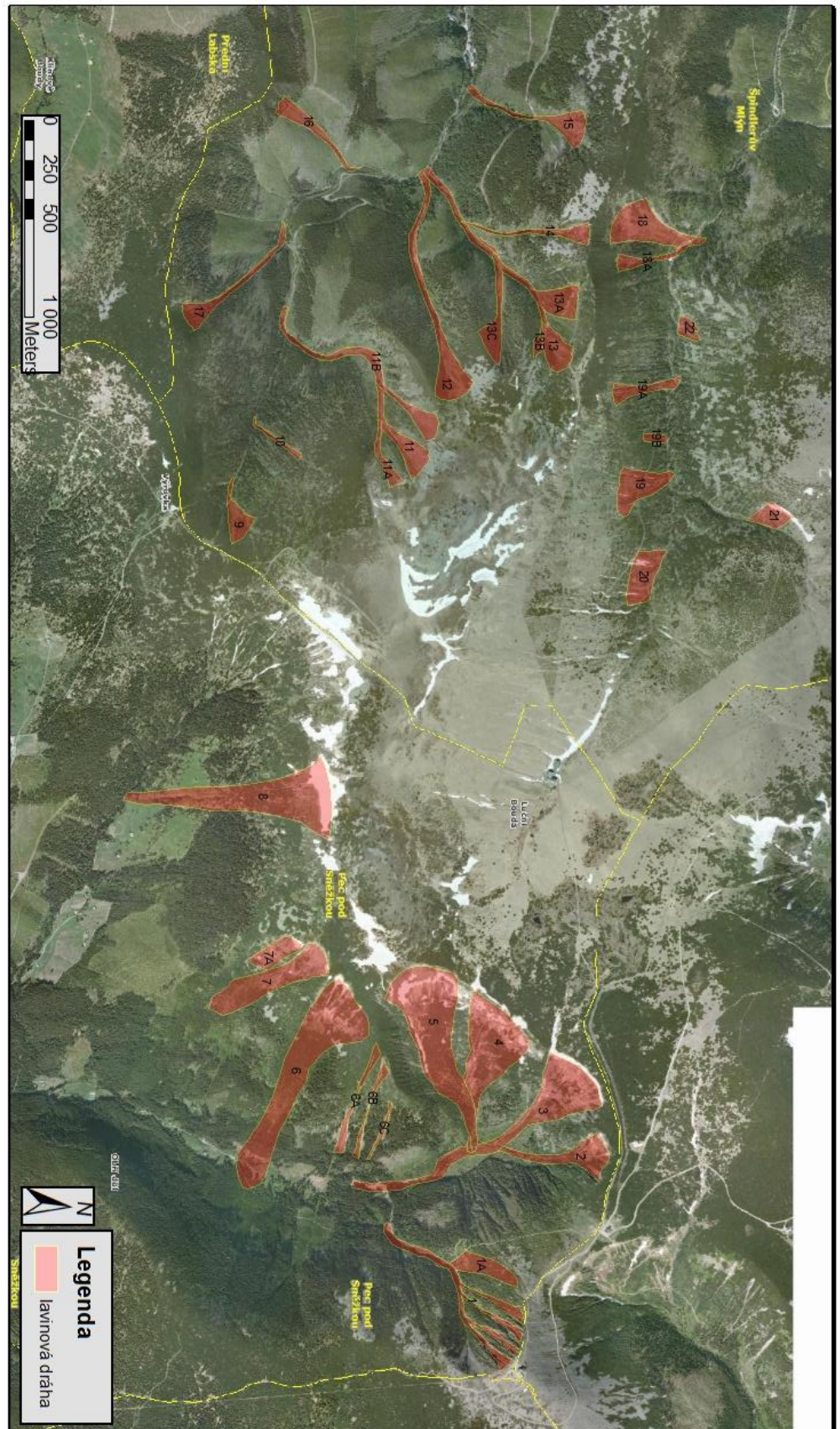
Příloha 1

Lokalita	Dráha č.	Název dráhy	Sklon	Expozice	Odtrh (m n. m.)	Dojezd (m n. m.)	Výškový rozdíl (m)	Délka max. (m)	Šířka odtrhu max. (m)
Obří důl	1	Žlaby Sněžky	60°–50°	J	1 585	1 230	355	600	4 x 15
	1A	Rudná rokle	50°–40°	JV	1 450	950	500	800	200
	2	Žlab Úpičky	45°–40°	J	1 390	1 050	340	700	150
	3	Úpská rokle	45°–35°	JV	1 390	950	440	1 600	200
	4	Sněhová strž	50°–45°	V	1 410	1 050	360	900	150
	5	Lavinový žlab	55°–50°	VSV	1 450	1 050	400	950	250
	6	Malá Studniční jáma	45°–40°	V	1 400	920	480	1 300	250
	6A	Čertova zahrádka	50°–45°	JV	1 350	975	375	550	30
	6B	Čertova rokle	50°–45°	JV	1 300	975	325	480	30
	6C	Murová dráha	50°–45°	JV	1 200	975	225	300	20
	7, 7A	Velká Studniční jáma	50°–45°	VJV	1 460	1 150	310	750	220
Modrý důl	8	Modrý důl	37°–32°	J	1 480	1 100	380	1 100	200
Dlouhý důl	9	Dolský žlab	35°–30°	JZ	1 360	1 250	110	290	80
	10	Brusinkový žlab	35°–30°	J	1 300	1 160	140	400	35
	11, 11A, 11B	Pramenný důl	45°–40°	JJV	1 475	1 000	475	1 300	280
	12	Lovecký potok	35°–30°	JZ	1 420	920	500	1 350	200
	13	Hrazený potok	35°–30°	JZ	1 400	920	480	1 390	170
	13A	Holá stráň	35°–30°	J	1 380	1 130	250	400	140
	13B	Kamenná strž	35°–30°	SZ	1 400	1 200	200	400	100
	13C	Hřebínky	40°–35°	Z	1 380	920	460	850	130
	14	Suchý žlab	40°–35°	V	1 370	980	390	1 150	100
	15	Tetřeví žlab	40°–35°	J	1 380	850	530	900	170
	16	Borůvkový žlab	40°–35°	SV	1 290	950	340	850	200
	17	Vojenský žlab	35°–30°	SZ	1 350	1 050	300	800	120

Příloha 1 - pokračování

<i>Bílé Labe</i>	18	Lavinová jáma	50°–40°	S–SV	1 380	1 100	280	750	200
	18A	Levý žlábek	40°–35°	S–SZ	1 380	1 100	280	700	100
	19	Bílá jáma	35°–30°	S	1 350	1 200	150	550	170
	19A	V serpentíně	35°–30°	S	1 350	1 175	175	500	100
	19B		35°–30°	S		1 160		210	70
	20	Bílá stráň	35°–30°	S	1 350	1 275	75	350	130
	21	Stříbrná stráň	40°–35°	VJV	1 400	1 350	50	150	100
	22	Suřová stráň	40°–35°	J	1 275	1 120	155	270	140
	23	Čertova jáma	35°–30°	JV–J	1 350	1 200	150	350	120
<i>Labský důl</i>	24	Martinova jáma	40°–35°	JV	1 350	1 225	125	170	80
	25	Malá Labská rokle	35°–30°	JJZ	1 300	1 150	150	450	50
	26	Labská rokle	40°–35°	JV	1 280	1 150	130	360	80
	27	Navorská jáma	40°–35°	V	1 275	1 050	225	800	150
	28	Schustlerův žlab	45°–40°	V	1 275	1 025	250	630	100
	29	Pančavská stěna	55°–50°	V	1 275	1 010	265	570	130
	30	Hančův žlab	50°–45°	V	1 300	1 000	300	550	100
	31	Jestřabí stěna	55°–50°	VSV	1 300	1 000	300	520	100
	32, 32A	Vrbatův žlab	50°–40°	SV	1 350	970	380	650	190
	33	Harrachova jáma	50°–40°	SV–V	1 350	970	380	1 100	150
	34	Velká lavina	40°–30°	SVS	1 375	900	475	1 180	250
<i>Kotelní jámy</i>	35	Harrachovy plotny	50°–40°	J	1 380	1 025	355	1 050	300
	36	Velká Kotelní jáma	40°–35°	JV–V	1 360	1 100	260	700	150
	36A	Ostřicová rokle	40°–35°	V	1 375	1 150	225	400	60
	36B	Západní žlab	40°–35°	V	1 375	1 150	225	450	50
	37	Žlaby Malé Kotelní jámy	40°–35°	JV	1 400	1 025	375	950	200
	37A	Závětrná stráň	35°–30°	V	1 350	1 150	200	250	180
<i>Liščí hora</i>	38	Liščí jáma	35°–30°	VSV	1 320	1 100	220	300	100
	39	Vlčí jáma	40°–30°	JV	1 170	1 020	150	200	3 x 50

EVROPSKÁ STUPNICE LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ				UPOZORNĚNÍ A DŮSLEDKY	
STUPŇ NEBEZPEČÍ	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA	STABILITA SNĚHOVÉ POKRÝVKY	PRÁVĚPODOBNOST UVOLNĚNÍ LAVINY	UPOZORNĚNÍ PRO LYŽÁŘE A TURISTY	DŮSLEDKY PRO FREKVENTOVANÉ CESTY, LYŽÁŘSKÉ AREÁLY A OSÍDLENÍ
1. NÍZKÉ	- tvrdá zhruba 1/5 zimy - 7% všech lavinových neštěstí	Sněhová pokrývka je celkem dobře zpevněná	Sesuv laviny hrozí pravděpodobně jen při velkém dodatečném zatížení a to jen výjimečně na strmých svazích Může dojít ke samovolnému sesuvu a to pouze lavin malých rozměrů nebo spazů	Prevažně bezpečné podmínky pro túry Túry jsou ve většině případech úplně nemožné	Nizké ohrožení
2. MÍRNÉ ZAPOMENĚN NA SVAHY 40° A VIC	- tvrdá zhruba 1/2 zimy - 34% všech lavinových neštěstí 10 – 20 cm nového sněhu za bezvětrí 5 – 10 cm nového sněhu při působení větru	Pouze některé uvedené strmé svahy vykazují jen střední stabilitu jinak je sněhová pokrývka vcelku dobře zpevněná	K sesuvu laviny může dojít obzvláště při velkém dodatečném zatížení a to především na uvedených strmých svazích Stále se neočekává sesuv větších samovolných lavin	Túry vyžadují už zkušene posouzení (přesahující běžné zkušenosti) Možnosti jednotlivých túr jsou omezené	Mírné nebezpečí s ohledem na samovolné laviny
3. ZNAČNÉ ZAPOMENĚN NA SVAHY 35° A VIC	- tvrdá zhruba 1/3 zimy - 47% všech lavinových neštěstí 20 – 40 cm nového sněhu za střední až slabou stabilitu 15 – 30 cm nového sněhu při působení větru	Mnoho uvedených strmých svahů vykazuje pouze za střední až slabou stabilitu	K sesuvu laviny může dojít především na uvedených strmých svazích a to už při malém dodatečném zatížení Ojedinelé je možný i sesuv samovolných lavin středních a výjimečně i velkých rozměrů	Túry vyžadují už expertní posouzení Možnosti jednotlivých túr jsou velmi omezené	Ve výjimečných případech může případný sesuv samovolných lavin ohrozit nejen frekventované cesty, trasu výstupu či sjezdu během túry ale i některé sjezdovky (toto se ale netýká Krkonoš)
4. VYSOKÉ ZAPOMENĚN NA SVAHY 30° A VIC	- Zpravidla pouze několik dní v průběhu zimy - 12% všech lavinových neštěstí 40 – 70 cm nového sněhu za bezvětrí 30 – 50 cm nového sněhu při působení větru	Sněhová pokrývka je na většině strmých svazích jen slabě zpevněná	Pravděpodobnost sesuvu laviny je velká a to již při nepatřném dodatečném zatížení a na velkém množství uvedených strmých svahů Dá se očekávat sesuv mnoha samovolných lavin středních ale také velkých rozměrů	POZOR pro nezkušene to znamená ukončení túr!	Většina frekventovaných cest, tras výstupu i sjezdů během túry, ale i část sjezdovek sjezdovky (toto se ale netýká Krkonoš) je ohrožena mnoha sesuvy samovolných lavin středního ale i velkého rozsahu
5. VELMI VYSOKÉ STOP	- Nastává jen velmi zřídka - nebezpečí většinou rychlé odeznl - 0% všech lavinových neštěstí 70 – 100 cm nového sněhu za bezvětrí 50 – 80 cm nového sněhu při působení větru	Sněhová pokrývka je slabě zpevněná a je nestabilní v nebyvalém rozsahu	K četným sesuvům samovolných lavin velkých rozsahů dochází i v méně strmém terénu	POZOR pro nezkušene to znamená úplně nemožné Nedoporučuje se opouštět zajištěná obydli	U pravdělných lavinových drah musíme počítat s velkými údelními lavinami Ohrožené frekventované cesty a obvyklé trasy výstupu a sjezdu během túry musí být uzavřeny Doporučuje se evakuovat i jen částečně ohrožená obydli
AKUTNÍ SITUACE			KATASTROFIČKÁ SITUACE		



f
c

