

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ  
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

**ANALÝZA ZÁVISLOSTI PÁDŮ LAVIN NA PŘEDCHOZÍCH  
METEOROLOGICKÝCH PODMÍNKÁCH**

Diplomant: Bc. Nikola Krčanová

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

2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Nikola Krčanová

Environmentální modelování

Název práce

**Analýza závislosti pádů lavin na předchozích meteorologických podmínkách**

Název anglicky

**Analysis of relation of avalanche triggering and meteorological condition**

---

### **Cíle práce**

Hlavním cílem práce je vyhodnotit závislost zaznamenaných pádů lavin v Krkonoších na předchozích meteorologických podmínkách.

### **Metodika**

Na základě upravených meteorologických dat a údajů z databáze pádů lavin bude provedena analýza vzájemného vztahu těchto charakteristik.

Pro anlyzu budou vybrány časové úseky, kdy došlo k zaznamenání většího množství pádů lavin.

## Doporučený rozsah práce

50

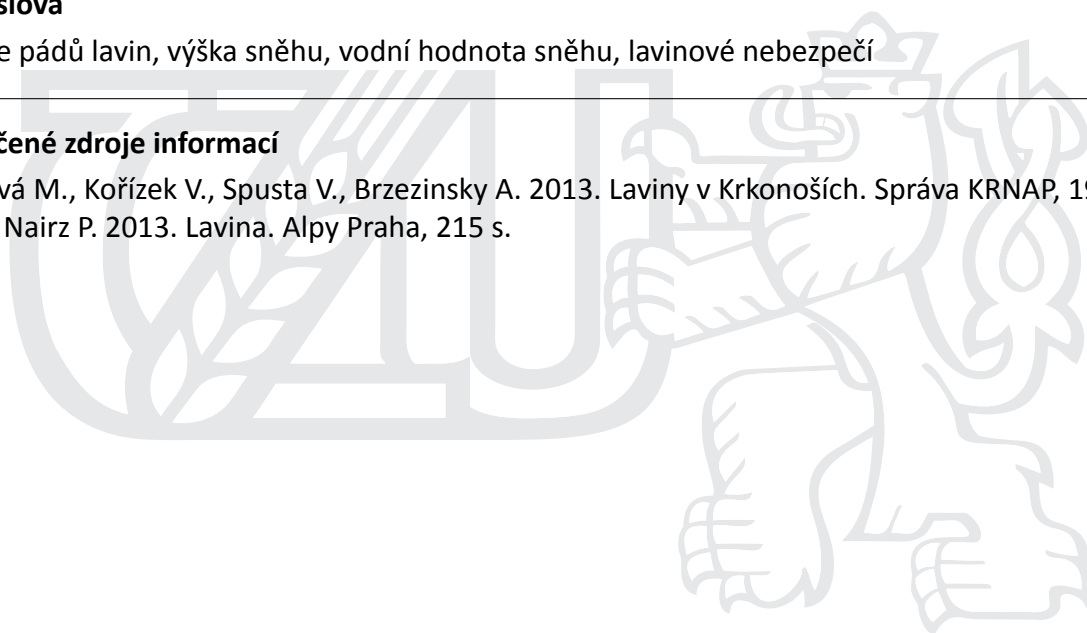
## Klíčová slova

datovába pádu lavin, výška sněhu, vodní hodnota sněhu, lavinové nebezpečí

---

## Doporučené zdroje informací

Kociánová M., Kořízek V., Spusta V., Brzezinsky A. 2013. Laviny v Krkonoších. Správa KRNP, 194 s.  
Mair R., Nairz P. 2013. Lavina. Alpy Praha, 215 s.



---

## Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

## Vedoucí práce

Ing. Jiří Pavlásek, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 13. 4. 2017

**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 4. 2017

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2017

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením pana Ing. Jiřího Pavláška, Ph.D. a v seznamu literatury uvádím veškeré použité publikace a ostatní zdroje, ze kterých jsem ve své práci čerpala.

V Praze dne 18.4.2017

.....  
Bc. Nikola Krčanová

## **Poděkování**

Touto cestou bych ráda poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Pavláskovi, Ph.D. za podnětné a trpělivé vedení a s tím spojené užitečné rady při vypracovávání mé diplomové práce.

V Praze dne 18.4.2017

.....

Bc. Nikola Krčanová

## **Název práce**

Analýza závislosti pádů lavin na předchozích meteorologických podmínkách

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá analýzou databáze historických lavinových pádů v Krkonoších v letech 1962 – 2014. Cílem práce je vybrat z databáze extrémní případy pádů lavin, posoudit jejich závislost na předchozích meteorologických podmínkách a porovnat příčiny pádů těchto lavin s alpskými modely, které v rakouských Alpách napomáhají vyhodnocování stupně lavinového nebezpečí.

Práce se soustředí na oblast pohoří Krkonoše, pracuje s místními podmínkami a snaží se definovat jejich specifické odlišnosti oproti alpským lokalitám. Využívá k tomu meteorologických charakteristik, jako jsou teplota, rychlost větru, srážkový úhrn, výška nového sněhu a celková výška sněhu. Dále stanovuje okrajové hodnoty, definující určitý konkrétní alpský model. Těmito kritérii jsou místo a způsob odtrhu laviny, déšť, vlhkost sněhu a období kalendářního roku.

Pomocí takto stanovených hodnot je snaha získat přibližnou představu o situacích, které zapříčinily lavinové události v extrémních letech. Data byla zpracována pomocí programu Excel a pomocí statistického vyhodnocovacího programu R.

Výsledkem diplomové práce je zhodnocení extrémních lavinových událostí spolu s jejich pravděpodobnými meteorologickými příčinami, komparace s vybranými alpskými modely a nástin modelu k získání potřebných informací.

Práce pomáhá objasnit příčiny pádů lavin a nabízí možnost, jak lze takové situace předvídat a srovnávat pomocí jednoduchého tabulkového modelu.

## **Klíčová slova**

databáze pádů lavin, výška sněhu, vodní hodnota sněhu, lavinové nebezpečí

**Title**

Analysis of relation of avalanche triggering and meteorological condition

**Abstract**

This thesis works with analysis of the historical avalanche triggering in Krkonoše mountains in years 1962 – 2014. The goal of this thesis is to choose extreme cases in the avalanche events, assess their addiction on previous meteorological conditions and compare causes of these avalanche triggering with the Alpine model which lead to choose the optional avalanche risk level.

The thesis is about Krkonoše mountain's area works with the specific condition in this area and tries to compare them with alpine locations. With the meteorological characteristics like temperature, wind speed, rainfall, snowpack and new snowpack height. Next it defines boundary conditions which determine specific alpine avalanche model. These criteria mean the place and the way of triggering, rain, the snowpack humidity and the part in the year which means the calendar month.

With these criteria it is available to get approximate idea of situations that caused avalanche events in extreme years. Data were proces by Excel and R statistical programme.

The main goal of this thesis is evaluation of avalanche triggering with their probably meteorological causes, comparing with alpine avalanche models and the basic model constructed to get needed informations.

This thesis helps to explain causes of avalanche triggering and gives the result how to foresee these situations by the basic tables model.

**Key words**

avalanche database, snow height, water content of snow, avalanche danger

## OBSAH:

OBSAH:.....	1
1. ÚVOD.....	1
2. CÍLE PRÁCE .....	1
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	2
3.1. VZNIK SNĚHU .....	2
3.2. METAMORFÓZY SNĚHU .....	2
3.2.1. BORTÍCÍ PŘEMĚNA .....	2
3.2.2. VÝSTAVBOVÁ PŘEMĚNA.....	4
3.2.3. PŘEMĚNA TÁNÍM.....	6
3.3. SNĚHOVÁ LAVINA .....	7
3.4. MĚŘENÍ SNĚHOVÉ POKRÝVKY.....	9
3.5. PŘÍČINY PÁDŮ LAVIN.....	12
3.5.1. TEPLOTA.....	12
3.5.2. VÍTR.....	12
3.5.3. DÉŠŤ.....	12
3.5.4. NOVÝ SNÍH.....	12
3.6. NESTABILNÍ VRSTVA .....	13
3.6.1. NALEZENÍ NESTABILNÍ VRSTVY .....	14
3.6.2. ROZBOR NESTABILNÍ VRSTVY .....	14
3.6.3. VYHODNOCENÍ VLIVU NESTABILNÍ VRSTVY .....	14
3.7. ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ LAVIN.....	15
3.7.1. DLE ODTRHU.....	16
3.7.2. DLE POLOHY SKLUZNÉ DRÁHY.....	18
3.7.3. DLE FORMY POHYBU.....	18
3.8. PŘEDPOVĚDNÍ MODELY.....	19
3.8.1. STUPNICE LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ .....	19
3.8.2. STUPNĚ LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ.....	20



3.8.3.	BAVORSKÁ MATICE .....	23
3.8.4.	ALPSKÉ MODELY NEBEZPEČÍ (GM) .....	24
3.8.5.	DALŠÍ ZNÁMÉ MODELY PŘEDPOVĚDI LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ 35	
4.	CHARAKTERISTIKA OBLASTI KRKONOŠE .....	38
4.1.1.	PŘÍRODNÍ POMĚRY .....	38
4.1.2.	PODNEBÍ .....	39
4.1.3.	VEGETAČNÍ STUPNĚ .....	40
4.1.4.	LAVINOVÉ SVAHY KRKONOŠ .....	41
5.	METODIKA.....	44
5.1.	KRITÉRIA PRO VOLBU ALPSKÉHO MODELU (GM) .....	46
6.	VÝSLEDKY.....	50
7.	DISKUZE.....	58
8.	ZÁVĚR .....	64
9.	POUŽITÁ LIT.....	65
9.1.	KNIŽNÍ ZDROJE A ODBORNÉ ČLÁNKY .....	65
9.2.	INTERNETOVÉ ZDROJE.....	66
10.	SEZNAM TABULEK.....	66
11.	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	67
12.	SEZNAM PŘÍLOH.....	69
12.1.	VÝSLEDNÉ GRAFY.....	69

## 1. ÚVOD

Laviny připraví každoročně o život v průměru 150 lidí. Ve většině případů jde o turisty, skialpinisty nebo sjezdaře. Laviny si v 95% případů uvolní člověk sám. (www.ceskatelevize.cz) Osm lidí z deseti je zabito již při samotném odtržení laviny. Pravděpodobnost přežití prudce klesá v prvních osmnácti minutách z 92% na 30% v třicáté páté minutě. V tento moment umírá 70% zasažených. S každou další minutou křivka přežití strmě klesá. Ve 130. minutě se uzavírá vzduchová kapsa a pravděpodobnost přežití činí pouhých 7%. (Kořízek, 2006)

S lavinou se může setkat i člověk, který se v horách aktivně nepohybuje. Příkladem může být letošní lavinové neštěstí ve střední Itálii, kdy spadla lavina na horský hotel v provincii Pescara. Lavina měla v tomto případě na svědomí 29 lidských životů, přičemž prakticky všichni zemřeli na místě. (www.idnes.cz)

Výjimkou nejsou ani sesuvy lavin v Krkonoších. Během posledních tři sta let u nás na zasažení lavinou zemřelo 70 lidí. (www.idnes.cz) Na první pohled jde sice v poměru k Alpám o malé číslo, ale na stranu druhou to značí, že nejenom velehory znamenají ohrožení lavinou.

Na výše uvedených příkladech je patrné, jak důležitou roli hraje ve světě předpověď lavinového nebezpečí. Lavinové předpovědní modely jsou relativně novodobou záležitostí, ačkoliv první modely začaly vznikat již před více než dvaceti lety, stále se ale vyvíjejí. Proto je zapotřebí se předpovědními modely dále zabývat a rozvíjet jejich možnosti s ohledem na postupující technologie a pokrok celého oboru přírodních věd.

## 2. CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce je analyzovat situaci, kdy došlo v Krkonoších k extrémnímu počtu lavinových pádů, pomocí historických údajů z databáze Horské služby a přilehlých meteorologických stanic, a na základě těchto dat dále definovat podobnost těchto extrémních lavinových situací s modely, využívanými k předpovědi stupňů lavinového nebezpečí v rakouských Alpách.

Hlavním úkolem této práce bylo navrhnout kritéria, pomocí kterých by se daly alpské modely lavinového nebezpečí definovat pro oblast Krkonoš a posoudit, zda lze na základě těchto charakteristik vysledovat závislost na uvedených alpských modelech.

Díličními cíli této práce byla analýza zjištěných dat z databáze Horské služby, zpracování dat z meteorologických stanic a vytvoření nástroje pro vyhledání alpských modelů v historických časových řadách.

### **3. LITERÁRNÍ REŠERŠE**

#### **3.1. VZNIK SNĚHU**

Vločky sněhu vznikají v atmosféře, přesněji v oblacích. O jejich konkrétní podobě rozhoduje teplota a vlhkost ve vrstvách atmosféry, kterými sněhová vločka prochází. S těmito veličinami se mění způsob narůstání ledových krystalků a tím i tvar samotné vločky. Čím je vlhkost vzduchu vyšší, tím je vyšší pojivost molekul. S nižší teplotou se zase snáze utvářejí pevné vazby, které udržují molekuly vody ve vločce. Například ke vzniku učebnicové šesticípé vločky je zapotřebí velká vlhkost vzduchu a teplota okolo  $-14^{\circ}\text{C}$ . (Kociánová a kol., 2013)

#### **3.2. METAMORFÓZY SNĚHU**

K pochopení různorodosti rizika pádů lavin je zapotřebí pochopit změny, které se odehrávají uvnitř sněhového profilu. Změny rizika úzce souvisí se změnami počasí. Sněhový profil je odrazem aktuálních i celkových klimatických poměrů.

Rozlišujeme tři základní přeměny sněhu:

- bortící přeměna (rozklad),
- výstavbová přeměna,
- přeměna táním.

##### **3.2.1. BORTÍCÍ PŘEMĚNA**

Bortící přeměnou se označuje rozklad původních krystalů. Čas tohoto rozkladu je závislý na teplotě a působení větru. Obecně platí, že při mírných teplotách se sněhová pokrývka stabilizuje rychleji než při chladu. Spouštěčem tohoto procesu je nový sníh a borcení nastává ihned po jeho navrstvení. Tepelnými změnami se zaoblují hroty krystalů a utváří se zakulacená zrna. Zároveň se snižuje objem pórů a celkový objem a dochází k sesedání a zpevnění sněhové pokrývky. Borcení

sněhových krystalů způsobuje snižování jejich soudržnosti. V prvních dnech sněžení je riziko výskytu lavin vyšší, protože se mezi molekulami sněhu ještě nestihly vytvořit nové vazby. Bortící přeměnu urychlují teploty kolem 0°C, podstatně méně pak vysoký tlak (nový sníh). Při nízkých minusových teplotách se přeměna naopak zpomaluje. Základními procesy jsou v tomto případě postupný rozklad krystalu a pohyby sněhové pokrývky.

Během procesu bortící přeměny se mohou vyskytovat tyto druhy sněhu:

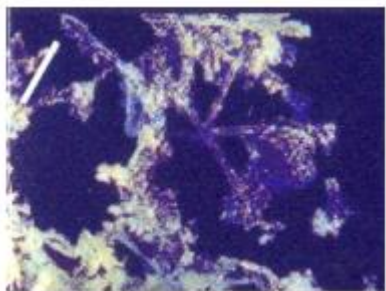
- nový sníh,
- zlomkový sníh,
- okrouhlozrnitý sníh. (Kociánová a kol., 2013)

### NOVÝ SNÍH

Nový sníh je definován jako padající nebo čerstvě napadaný sníh. (Colbeck, 1990) Je velmi porézní a vyznačuje se zpočátku svou nesoudržností. Nebezpečí nastává, když se začnou tvořit vazby mezi krystaly. Laviny z nového sněhu jsou známé jako laviny prachové a vyznačují se obrovskou rychlostí a tlakovými i podtlakovými vlnami.

### ZLOMKOVÝ SNÍH

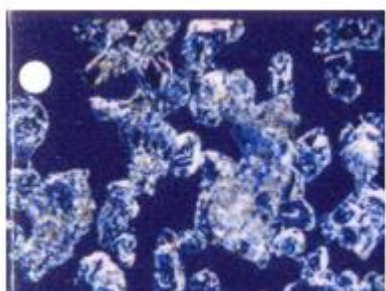
Zlomkový neboli plstnatý sníh je nově spadlý sníh, který je charakteristický svou nízkou počáteční pevností. (Colbeck, 1990) Polámané zbytky krystalů se mezi sebe zaklíňují a tím dochází k vyšší soudržnosti sněhu. Tato přeměna bývá velmi rychlá a může docházet k nebezpečným situacím. Problém je v nedokonalém propojení svrchní a podkladové vrstvy. Z těchto situací vznikají deskové laviny.



Obrázek 1 - Zlomkový sníh a jeho značka (Kořízek, 2006)

### OKROUHLOZRNITÝ SNÍH

Okrouhlozrnitý sníh by se dal popsat jako jakési jádro (zbytek) po odtátých rozvětvených částech krystalu. Kuličky tohoto sněhu mají dobrou schopnost pojit se a přispívají tedy k větší stabilitě sněhového profilu. Jedná se o suchou formu sněhu. (Colbeck, 1990)

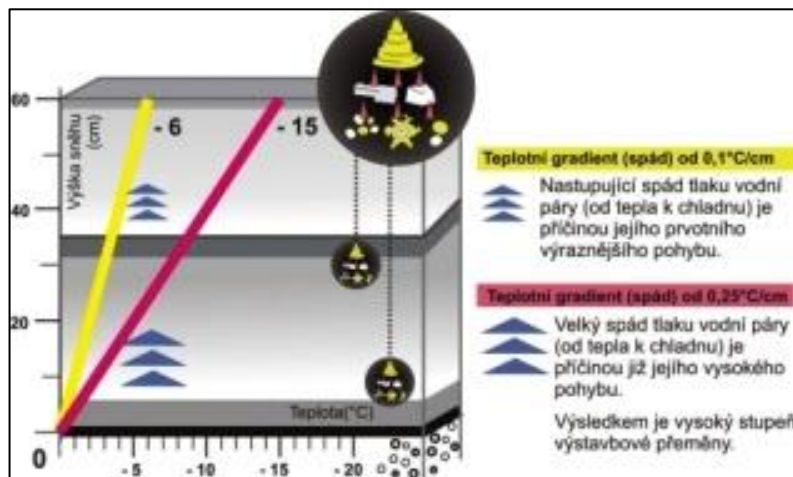


Obrázek 2 - Okrouhlozrnitý sníh a jeho značka (Kořízek, 2006)

### 3.2.2. VÝSTAVBOVÁ PŘEMĚNA

Výstavbovou přeměnou se tvoří nové krystaly uvnitř sněhové pokrývky. Finálním produktem této přeměny jsou takzvané pohárkové krystaly, které se spolu s hranatozrnitým sněhem souhrnně označují jako tekutý (plovoucí) sníh. Krystaly těchto druhů sněhu mají málo styčných ploch, a proto jsou výrazně nesoudržné. Pohárkové krystaly se tvoří sublimací za předpokladu vysoké hodnoty teplotního gradientu ve sněhové pokrývce. Podoba "pohárku" je dosaženo přechodem mezi vodní párou, která stoupá od země, a chladnými vrstvami (ledem) nad ní. Rozhodujícím prvkem je zde velký teplotní rozdíl na krátkých vzdálenostech ve sněhovém profilu. Čím je teplotní gradient vyšší, tím rychleji přeměna probíhá.

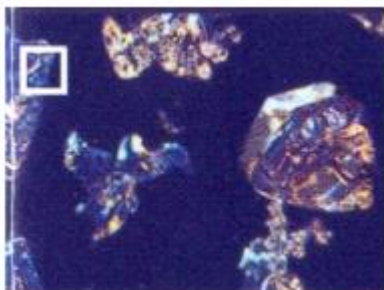
Při této přeměně obvykle bývá málo sněhu a to vyvolává falešný pocit bezpečí. První větší sněžení po tomto období s sebou přináší velké riziko pádu lavin, ačkoliv se vzhledem k nedostatku sněhu vyhláší například "pouze" 2. stupeň lavinového nebezpečí. Obzvláště nebezpečné jsou v tomto případě stinné svahy, kde probíhá výstavbová přeměna prakticky neustále. Všeobecně je však výstavbová přeměna podstatně pomalejší (týdny) než přeměna borticí.



Obrázek 3 – Princip výstavbové přeměny (Kořízek, 2006)

### HRANATOZRNITÝ SNÍH

Hranatozrnitý sníh se vyvíjí při nízkých teplotách (mrazu) jako nová forma zborčeného krystalu. Tyto lesklé hranolky sněhu se mohou za určitých podmínek z profilu vysypávat.



Obrázek 4 - Hranatozrnitý sníh a jeho značka (Kořízek, 2006)

### POHÁRKOVÉ KRYSTALY

Pohárkové krystaly vznikají uvnitř sněhového profilu při dlouhotrvajících mrazech (méně než  $-10^{\circ}\text{C}$ ). Vzniklé krystaly ve tvaru kalichu se formují odpařováním vodní páry z hranatozrnitého sněhu. (Colbeck, 1990) Krystaly jsou duté a tudíž křehké a vzdušné. Nedokáží proto čelit zatížení jakéhokoliv druhu. Nebezpečí této formy sněhu roste s jejich velikostí. Čím jsou krystaly větší, tím vyšší je teplotní gradient a sníh se stává labilnějším. Tento druh sněhu se vyskytuje nejvíce na severních svazích.



Obrázek 5 - Pohárkový sníh a jeho značka (Kořízek, 2006)

#### POVRCHOVÁ JINOVATKA, KRUSTY

Oproti předchozím typům vzniká sněhová jinovatka díky vzdušné vlhkosti. Je tedy k vidění na slunečných svazích nebo na svazích v blízkosti vody. Základní procesy zde ale probíhají obdobně. Povrchová jinovatka pod čerstvým nánosem sněhu je srovnatelná s plovoucím sněhem. V souvislosti se vznikem tohoto druhu sněhu se hovoří o takzvaném *Nigg-efektu*. Nigg-efektem se označuje postup teplého relativně vlhkého vzduchu po sluncem osvětlených svazích. Vzduch klesá za hřebeny hor a otepluje chladnou sněhovou pokrývku za nimi. Povrchová jinovatka způsobená Nigg-efektem se vyskytuje pouze v blízkosti alpských hřebenů na vzdálenostech menších než 100 výškových metrů.

#### 3.2.3. PŘEMĚNA TÁNÍM

Touto přeměnou označujeme cykly, kdy se opakuje teplo a mráz. Dochází takto k odtání rohů a hran krystalů. Oblé krystaly se sunou blíže k sobě a získávají specifický "povlak". Póry jsou vyplněny vodou, což značí nestabilitu sněhu, zároveň však rostou kapilární síly, které sníh naopak zpevňují. Ke ztrátě stability proto dochází až po odtoku vody z pórů. Při této přeměně vznikají velké oblé krystaly, které následně vytlačují krystaly menší (soudržnější). Tavní přeměna je nezávislá

na ročním období, avšak nejvíce ji lze pozorovat na jaře. Ve spojitosti s deštěm je tavící přeměna obzvláště nepříznivá a vyvolává rychlé zhoršení lavinové situace.

### PŘETAVENÝ SNÍH (FIRN)

Druh sněhu známý jako *firn* vzniká opakujícím se procesem tání a opětovného zmrznutí. (Colbeck, 1990) Sníh takto vzniklý je hrubozrnitý s průměry jader okolo 1 mm. S intenzitou tání vzniká velmi nesoudržný vlhký sníh. Tato přeměna se může uskutečnit za velmi krátký časový horizont a způsobuje výrazné sesedání sněhu. Takto vzniklá sněhová pokrývka se vyznačuje pády základových lavin, které jsou časté na kluzkých svazích například se skalnatým podložím.



Obrázek 6 - Firn a jeho značka (Kořízek, 2006)

### LEDOVÁ VRSTVA (LAMELA)

Vrstvy firnu nebo lamely se mohou objevit v jakékoli části sněhového profilu. (Colbeck, 1990) Hloubka a tloušťka takové vrstvy závisí na předchozích klimatických poměrech. Tento jev je nebezpečný při dalším tání i jako podklad pro nový sníh.

## 3.3. SNĚHOVÁ LAVINA

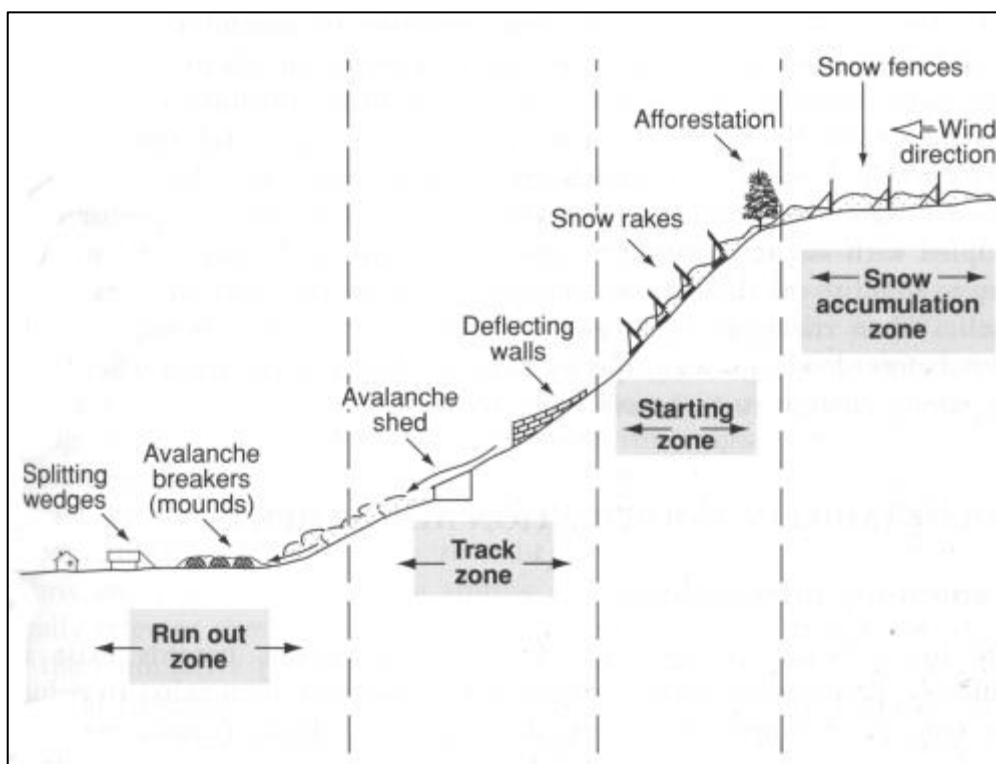
Sněhová lavina je definována jako rychlý tok sněhu směrem dolů z kopce nebo horského svahu. Přestože se při vhodných podmínkách laviny mohou vyskytovat v jakýkoli čas a prakticky na každém svahu, v některých částech roku a v určitých oblastech jsou přirozeně více nebezpečné, než v jiných. V období od začátku prosince do konce dubna padá v průměru nejvíce lavin a je tedy nejrizikovější.



Nezbytností pro vznik lavin je sněhová masa a svah. Například velká sněhová lavina v Severní Americe může pojmout i 230 000 m<sup>3</sup> sněhu. Mnoho lavin se uvolňuje přirozeně, zejména pokud se jedná o laviny velkých až obřích rozměrů. Sněhová masa se po čase stává nestabilní a její vrstvy se dávají do pohybu. Lyžaři a turisté obvykle utrhnou lavinu podstatně menší, zato však bývá životu nebezpečná.

Dráha laviny se skládá ze třech hlavních částí:

- pásmo odtrhu,
- transportní pásmo,
- pásmo nánosu.



Obrázek 7: Schéma průběhu laviny - pásma ([www.alpy4000.cz](http://www.alpy4000.cz))

Nejnестabilnější plochou svahu je takzvaná zóna odtrhu. Nestabilní sníh se může odtrhnout od pod ním ležící vrstvy sněhové pokrývky a začít sklouzávat. Typickým pásmem odtrhu jsou vysoce položené horské svahy, avšak sníh se může takto odlomit v jakémkoli bodě svahu.

Jako transportní pásmo se označuje cesta nebo dráha, která následuje lavinu ze svahu dolů. Velká vertikální pásma bez stromů a holé paseky naznačují, že tudy často padají laviny.

Pásma nánosu jsou naopak místa, kde lavina dojíždí a zastavuje se. Jsou to místa s největší výškou sněhu a suti. Pravděpodobnost pádu laviny určuje mnoho faktorů.

Jedná se zejména o tyto ukazatele:

- počasí,
- teplota,
- sklon a orientace svahu,
- směr a síla větru,
- skladba terénu včetně vegetace,
- sněhové podmínky.

Různé kombinace těchto faktorů mohou utvářet nízké, střední, nebo extrémní lavinové podmínky. Ty se mohou měnit v závislosti na klimatických podmínkách během dnů i hodin. (<https://nsidc.org>)

Na stabilitu lavinového svahu zároveň působí smykové napětí kritické plochy a tlakové (tahové) napětí. Smykové napětí má největší vliv a zkoumá se jako jediná složka při testech stability. Pomocí těchto testů je možné najít nestabilní kritickou vrstvu, která není schopna vstřebávat další napětí. Tlakové a tahové napětí se projevuje jen za určitých okolností. (Kociánová a kol., 2013)

### **3.4. MĚŘENÍ SNĚHOVÉ POKRÝVKY**

Sněhová pokrývka se primárně skládá z vrstev různých typů sněhu. Každá z těchto vrstev je uvnitř více nebo méně homogenní a různě souzní s okolními vrstvami. (Colbeck, 1990) Každá jednotlivá vrstva sněhu má své specifické vlastnosti.

Těmito vlastnostmi se rozumí:

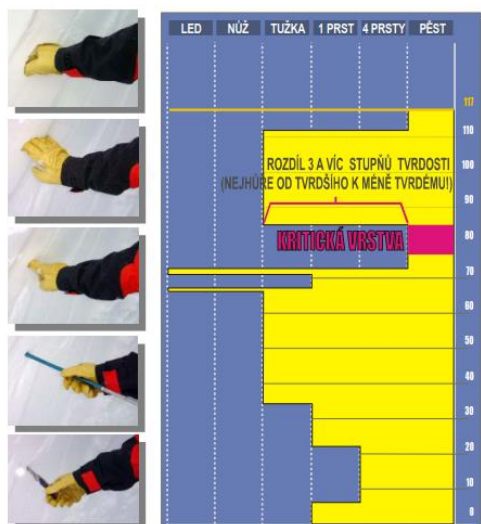
- druh sněhových zrn (krystalů),

- velikost zrn,
- průběh teploty,
- tvrdost,
- vlhkost.

Dalšími měřenými faktory může být případně přilnavost a optické vlastnosti sněhu (zbarvení a lesk).

Pomocí znalosti předchozího počasí můžeme odhadnout skladbu sněhového profilu. Lepší je však vždy profil vykopat a své úsudky si ověřit. Kopat by se mělo v různých výškách i expozicích, aby byla představa o složení sněhu co nejobektivnější pro danou oblast. Sondu je nejlepší kopat v blízkosti kritické oblasti, avšak ne přímo v nebezpečném úseku. Hloubka sněhového profilu se v ideálním případě měří až po terénní podklad. Doporučuje se však hloubka alespoň 1 m.

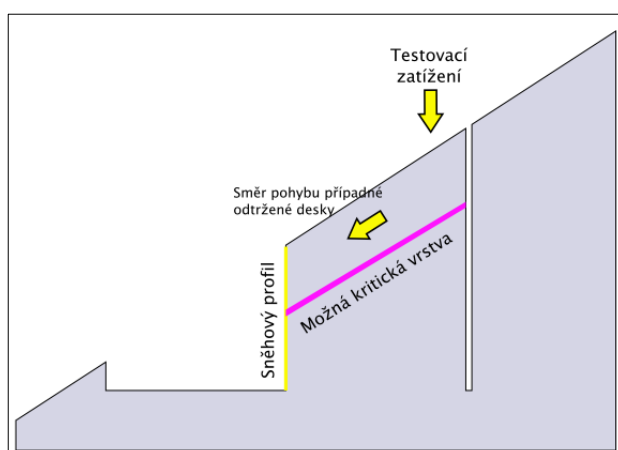
Měření sněhového profilu a hledání nestabilní vrstvy se v terénu provádí ručně. Toto laické poměrové měření spočívá v postupném zatlačování ploch pod stejným tlakem do sněhového profilu. Provádí se obvykle rukou, tužkou a nožem. Tvrdost sněhu se takto "měří" nejprve zatlačením pěsti do profilu, dále prstů, tužky (sondy, hole), nebo v případě velmi tvrdé sněhové pokrývky se provádí řez nožem. Výsledky se poté zakreslují do speciálního formuláře, takzvaného *grafu tvrdosti*.



Obrázek 8 - Ukázka grafu měření tvrdosti sněhu (Kořízek, 2006)

Dalším způsobem měření tvrdosti je měření pomocí kladivové sondy. Užívá se k jemnějšímu měření profilů. Výsledkem těchto měření je určení stability sněhových profilů. Dělí se na stabilní, středně stabilní a nestabilní.

Teplotu není nutno vždy měřit, v případě nutnosti lze použít digitální teploměr. Velikost zrn sněhu se měří pomocí lupy a sněhového rastru. Testy stability se laicky provádí pomocí klouzavého bloku nebo rozšířeným sloupcovým testem. Různých testů stability ale existuje mnoho.



Obrázek 9 - Ukázka testu stability pomocí klouzavého kvádro (Kořízek, 2006)

## 3.5. PŘÍČINY PÁDŮ LAVIN

### 3.5.1. TEPLOTA

V závislosti na teplotě se proměňuje tvar sněhových zrn a tím přímo ovlivňuje pády lavin. Chladný sníh definujeme teplotou pod  $-5^{\circ}\text{C}$ , teplým se označuje sníh od  $-5^{\circ}\text{C}$  od  $0^{\circ}\text{C}$ . Teplejší sníh se vyznačuje proměnlivými vlastnostmi. (<http://skitourguru.com>)

### 3.5.2. VÍTR

Vítr se označuje jako pohyb vzduchu v atmosféře a lze jej popsat pomocí dvou charakteristik – směru a rychlosti. Příčinou proudění větru je nerovnoměrné rozložení tlaku vzduchu nad zemí. Vzduch proudí z oblasti vyššího tlaku do oblastí tlakové níže a tím zamezuje výkyvům tlaku nad zemským povrchem. Zároveň je ovlivňován rozdíly tlaku, které vznikají působením globálně odlišného slunečního záření. Vítr je nejvýznamnějším faktorem při tvorbě lavin. Má vliv jak na sníh ležící na zemi, tak na padající sníh. Jeho působením je sníh nesoudržný a má tendenci se přemisťovat. Tím dochází k nárůstu lavinového nebezpečí. (Mair et Nairz, 2012)

### 3.5.3. DÉŠŤ

Děšť na jedné straně zvyšuje hmotnost sněhové masy, na straně druhé způsobuje náhlou ztrátu její pevnosti. Je proto považován za alarmující signál v nauce o lavinách. Děšť se může vyskytnout v jakékoli fázi zimního období a je nejnadhěji rozpoznatelným znakem pro predikci pádů lavin. (Mair et Nairz, 2012)

### 3.5.4. NOVÝ SNÍH

Příznaky typickými pro nový sníh je kritická výška nového sněhu. Kritická výška se odvíjí od momentálních podmínek. Vhodnými podmínkami se rozumí téměř bezvětří, teploty těsně pod nulou, déšť přecházející do sněžení a často ježděné svahy. Za vhodných podmínek je kritická výška nového sněhu rovna 30-60 cm. Naopak za nevhodné podmínky se považuje silný vítr (od cca 50 km/h) a nízké teploty (pod  $-8^{\circ}\text{C}$ ). Za nevhodných podmínek sahá kritická výška sněhu od 10-20 cm. Střední podmínky znamenají 20-30 cm kritické výšky sněhu.

U nového sněhu ještě lze vyzorovat původní krystalovou strukturu. Jedná se obvykle o vrstvu, která se tvoří v poslední periodě sněžení, tj. v 1-3 dnech. S ohledem na propojení vrstev sněhu je třeba rozlišovat volný a zpevněný sníh. Nový sníh často signalizují pády deskových lavin nebo lavin z volného sněhu. Rozšíření je obvykle plošné a nebezpečí hrozí zejména ve velkých výškách.

Volným sněhem rozumíme profil, kde je každý sněhový krystal volně pohyblivý a neváže se na okolní zrna. V této vrstvě se nepřenáší napětí. Takovým sněhem může být sníh suchý, prachový i mokrý. Poznávacím znamením je vířivý pohyb tohoto typu sněhu. Naopak sníh zpevněný (provázaný) obsahuje pevné navzájem provázané krystaly. Přenos napětí je plošný a dosahuje velkých vzdáleností. Stabilita se odvíjí od pevnosti tohoto sněhu a jeho přilnavosti k okolním vrstvám.

### **3.6. NESTABILNÍ VRSTVA**

Rozhodujícím hlediskem sesuvu laviny je přítomnost takzvané nestabilní vrstvy. Tato vrstva musí mít dostatečný rozsah a pro vytvoření nebezpečné laviny (s výškou odtrhu alespoň 10 cm) musí být uvnitř sněhového profilu souvislá nepřerušovaná slabá vrstva o ploše nejméně 100 m<sup>2</sup>. V opačném případě není možné pokračování zlomu v desce laviny.

Nestabilní vrstva sněhu bývá na svahu často uložena v různých hloubkách v důsledku rozmístění sněhu vlivem větru. Čím je vrstva blíže povrchu, tím více ji ovlivňuje zatížení (například lyžař). Stabilitu sněhové pokrývky udává poměr pevnosti nestabilní vrstvy a na ni působící napětí.

*„Systematický rozbor sněhové pokrývky se dělí do tří dílčích oblastí:*

- *nalezení nestabilní vrstvy,*
- *rozbor nestabilní vrstvy,*
- *vyhodnocení vlivu nestabilní vrstvy.“* (Kociánová a kol., 2013)



Obrázek 10 - Vrstva nestabilního sněhu ([www.lezec.cz](http://www.lezec.cz))

### 3.6.1. NALEZENÍ NESTABILNÍ VRSTVY

Slabou vrstvu lze najít pomocí zjednodušeného sněhového profilu, který se využívá jako cílené hledání nestabilních vrstev. Nejjednodušším způsobem je rozbor rukou. Vhodnějším se jeví takzvaný blokový (lopatový) test, kdy se vykope sloupec sněhu a následně se poklepy lavinovou lopatou zjišťují slabé vrstvy. Reprezentativní metodou je však spíše test stability pomocí kluzného bloku nebo rozšířený sloupcový test.

### 3.6.2. ROZBOR NESTABILNÍ VRSTVY

Rozborem nestabilní vrstvy je myšleno především porovnávání tvaru zrn a jejich vzájemné vztahy. Zjišťuje se, zda se jedná o tvary zrn s přeměnou výstavbou, bortící či tavící. Takto se dá zároveň zjistit velikost krystalů sněhu, jeho provlhnutí a s tím spojené ztráty vzájemných vazeb.

### 3.6.3. VYHODNOCENÍ VLIVU NESTABILNÍ VRSTVY

Ke zjištění vlivu nestabilní vrstvy se užívá porovnání skutečného stavu sněhového profilu se čtyřmi základními nevhodnými vlastnostmi:

- lehce narušitelná nestabilní vrstva,
- tenká kritická vrstva,
- vzdálenost kritické vrstvy od povrchu,
- měkká svrchní vrstva,

- velké krystalu uvnitř vrstvy.

Nestabilní vrstva může být různě snadno (nesnadno) narušitelná. Když se dá lehce narušit, je třeba dále zkoumat průvodní zlom, který může být buď čistý, anebo nepravidelný. Čím je zlomová plocha hladší, tím snadněji může trhlina ve vrstvě pokračovat. Stupňovité zlomové plochy se všeobecně lámou hůře.

Vrstvy ve sněhovém profilu se mají tendenci vlivem gravitace přemísťovat po svahu dolů. Blízko povrchu se vrstvy pohybují rychleji než vespod. Jejich pohyb přitom ovlivňují vzájemná smyková napětí, která se projevují právě na nestabilní vrstvě uložené pod, anebo mezi nimi. Účinky smykového napětí se liší u různě silných vrstev, přičemž u tenké nestabilní vrstvy je napětí tlumeno výrazně méně, zlom se tedy šíří mnohem rychleji.

Slabá vrstva se může vyskytovat až 100 cm pod povrchem a platí, že čím je hlouběji, tím větší zatížení je zapotřebí k jejímu narušení. Bylo zjištěno, že 97% lavinových odtrhů je menších než 100 cm, obvykle do 50 cm. Měkký sníh na povrchu způsobuje větší zaboření lyžaře a tím umožňuje snadnější porušení slabé vrstvy pod ním. Působení sil jde v tomto případě více do hloubky a tlak nemá šanci se rozložit plošně. V případě povrchové krusty se naopak tlakové síly rozloží do šířky, což ale u zatížení větší skupinou lyžařů vede ke sčítání tlakových sil a pádům lavin.

Vliv na vyhodnocení slabé vrstvy má v neposlední řadě velikost krystalů sněhu. Obecně platí, že čím jsou krystaly větší, tím menší mají styčnou plochu s nestabilní vrstvou a podporují tím tvorbu a postup zlomů. (Kociánová a spol., 2013)

### 3.7. ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ LAVIN

Laviny lze druhově rozčlenit hned z několika hledisek.

Obvykle se laviny dělí podle:

- základního mechanismu uvolnění (odtrhu),
- polohy skluzné plochy,
- vlhkosti sněhu,



- tvaru dráhy,
- formy pohybu.

### 3.7.1. DLE ODTRHU

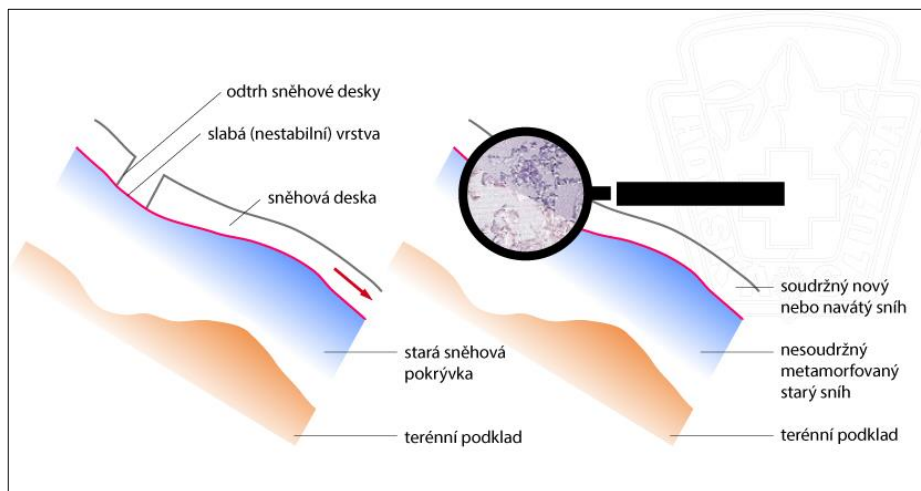
Podle mechanismu uvolnění se laviny dělí na deskové laviny a laviny z volného sněhu.

#### DESKOVÉ LAVINY

Deskové laviny se objevují pouze v místech propojení staré vrstvy sněhu a nového, na něj navátého sněhu. Tyto oblasti jsou dobře lokalizovatelné a prostorově silně ohraničené. Nejběžněji se deskové laviny vyskytují ve vysokohorských oblastech na strmých zastíněných svazích nad 2000 (3000) výškových metrů v období od října (malý výskyt) do prosince. (Mair et Nairz, 2012)

Jádro vzniku deskové laviny se obvykle nachází v jejím středu a k jejímu odtržení je zapotřebí určitý sklon svahu. Dalšími ukazateli jsou provázanost svrchní vrstvy sněhu a zejména pak nestabilní vrstva pod ní, kde může vzniknout a dále se šířit zlom (trhlina). (Kociánová a kol., 2013) Deskové laviny jsou v 90% případů odtrženy člověkem, dosahují rychlosti 20-40 m/s a síla nárazového tlaku je 5-20 t/m<sup>2</sup>. ([www.laviny.sk](http://www.laviny.sk))

Deskové laviny mohou být měkké nebo tvrdé. Oba typy jsou charakteristické svým ostrým čárovým odtrhem a skluznou plochu zde obvykle tvoří pohyblivý sníh nebo vrstva ledu, firn, případně jinovatka. Měkké deskové laviny se skládají ze suchého nepřilnavého sněhu a mají výrazně menší pevnost. Jsou tvořeny malými kvádry a prachovými částicemi, které vznikly během transportu laviny. Tyto laviny se utváří s nově napadaným nebo převátým sněhem. Oproti tomu tvrdé deskové laviny tvoří větrem ubitý sníh, jsou tedy mnohem tvrdší a kvádry se tím pádem ve sněhovém nánosů transportem neporušují. ([www.laviny.sk](http://www.laviny.sk))



Obrázek 11 - Složení vrstev deskové laviny ([www.horskaslužba.cz](http://www.horskaslužba.cz))

## LAVINY Z VOLNÉHO SNĚHU

Předpokladem pro odlomení laviny z volného sněhu je slabá soudržnost sněhové pokrývky. Může se jednat o sníh suchý nebo mokrý. Suchý sníh je náchylný k odtrhu v případě, že nedošlo k provázání zrn. Mokrý sníh je nebezpečný v každém případě, dělí se na nový promočený sníh a mokrý starý sníh. Lavina z volného sněhu se dává většinou do pohybu bezprostředně po zatížení (například lyžařem) a začíná od stopy lyží, zatímco lavina desková se uvolňuje plošně jako celek. (Kociánová a kol., 2013)

Pro tyto laviny je charakteristický bodový odtrh a výskyt převážně na strmých svazích (40-50°). K uvolnění těchto typů lavin dochází v důsledku přetížení vlastní vahou sněhu a nezdědky dochází k řetězovým reakcím, ačkoliv jejich rychlost je díky tření převážně malá (5-15 m/s). Velmi nebezpečné jsou také případy, kdy takto uvolněná sněhová masa po dopadu uvolní pod ní ležící deskovou lavinu. ([www.laviny.sk](http://www.laviny.sk))

Kromě výše zmíněných existují další zvláštní druhy lavin. Jedná se o laviny z klouzajícího sněhu a laviny ledové. Laviny z klouzajícího sněhu vznikají postupným sesedáním a plazením sněhu, které může vést až k jeho uklouznutí. Tyto laviny se často projevují dobře viditelnými trhlinami, které jsou známé jako takzvané rybí tlamy, a pronikají až do podloží. Rybí tlamy se mohou tvořit v celé šíři profilu a jsou

okem dobře viditelné. Sníh sklouzává především na strmých loukách a hladkých skalnatých svazích. Ledové laviny jsou v podstatě kusy ledovce, které padají přes strmé stupně a ve výsledku mohou strhnout další volný sníh, případně deskovou lavinu. (Kociánová a kol., 2013)

### 3.7.2. DLE POLOHY SKLUZNÉ DRÁHY

Podle polohy skluzné plochy rozlišujeme laviny povrchové a základové. V případě povrchové laviny se odtrhne jen povrchová vrstva sněhu, zato při odtrhu laviny základové se trhá celý profil až po půdu. Laviny jsou proto často směsí sněhu, kamení a zeminy. Základové laviny jsou charakteristické čárovým odtrhem a předpokladem k jejich pádu je kromě promočení sněhové pokrývky v celém profilu také nízká přilnavost k podloží. Lavinovými svahy často bývají travnaté a skalnaté pláně. Rychlost pohybu těchto lavin je 5-30 m/s a nárazový tlak dosahuje 5-60 t/m<sup>2</sup>.



Obrázek 12 - Základová lavina ([www.alpy4000.cz](http://www.alpy4000.cz))

### 3.7.3. DLE FORMY POHYBU

Laviny se dle formy pohybu dělí na prachové a tekoucí (klouzající). Prachové laviny jsou v principu laviny suché, které překročí rychlost 10 m/s a jsou typické nepřehlédnutelným rozvířeným sněhovým oblakem. Tyto laviny se vyskytují jen na velmi strmých svazích a dosahují rychlosti 20-70 m/s při nárazovém tlaku 5-10 t/m<sup>2</sup>. Jsou také charakteristické tlakovou vlnou, která má často ničivé účinky i na protějších svazích hor. Tekoucí laviny se naopak řadí mezi laviny

mokrý.(www.laviny.sk) Typickými příznaky mokrého sněhu bývá vysoká teplota a déšť. Déšť je obecně jedním z hlavních výstražných znamení v oboru lavinové problematiky. Mokrý sníh bývá podhoubím pro samovolné pády lavin (deskových i bodových). (Kociánová a kol., 2013)

Dále laviny dělíme dle podílu vlhkosti (suché a mokré) a podle tvaru dráhy (plošné a žlabové).(www.laviny.sk)

### **3.8. PŘEDPOVĚDNÍ MODELY**

Předpovědní modely jsou jedním z fenoménů moderní vědy. Jedná se o způsob, jak vysvětlit předchozí meteorologické podmínky a obecně fungování přírodních procesů pomocí matematických modelů, a následně do budoucna předvídat výsledky působení takových procesů. Historické souvislosti pádů lavin se zjišťují z dostupných meteorologických dat a získaná data se spojují s údaji z databáze pádů lavin. Tímto způsobem se dají nastudovat modelové situace a obecně zlepšit chápání lavinových procesů. To vede k výraznému zlepšení lavinové předpovědi. (www.slf.ch)

#### **3.8.1. STUPNICE LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ**

Jednotná stupnice lavinového nebezpečí se používá od roku 1993 a byla sjednána na setkání sdružení EAWS (European Avalanche Warning Services), což je souhrnná pracovní skupina evropských pracovišť lavinové prevence. Lavinová stupnice je od tohoto roku jednotná pětídílná, s číselným, slovním, barevným a ikonickým označením lavinového stupně. Česká republika patří k EAWS od roku 2005 a pravidelná denní předpověď se zde uvádí pro Krkonoše a Jeseníky.

Komplexní soubor informací k dané lavinové situaci se označuje jako takzvaný bulletin. Veškeré tyto informace lze najít na webových stránkách EAWS. Lavinová předpověď by měla dále splňovat strukturu takzvané informační pyramidy. Ta se skládá ze stupně lavinového nebezpečí, zvláště ohrožených míst (expozice svahu, nadmožská výška, terén) a dalších informací, jako například sněhový profil, testy stability a podobně. Zejména v jarních měsících také nastává situace, kdy je rozdílná předpověď pro dopoledne a odpoledne, k rozlišení se užívá ikon s obrázkem

teploměru. Oblasti, pro které se tvoří mapové zákresy, mohou být rozděleny na jednotlivá pohoří, případně dle nadmořských výšek. Obvykle mívají plynulé přechody a obsahují alespoň 100 km<sup>2</sup> terénu. Mezi lavinovými stupni a sklony svahů platí přímá úměra.

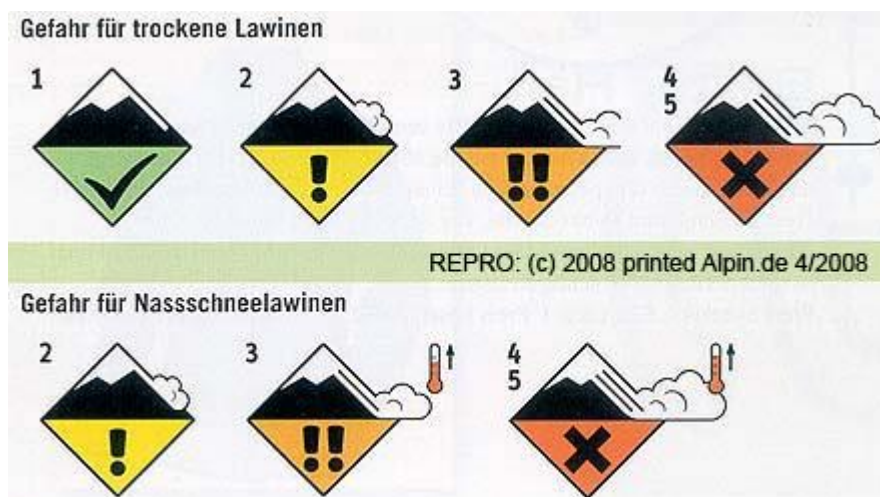
Dalšími informacemi, které by měla obsahovat kvalitní předpověď je:

- expozice svahů ke světovým stranám,
- nadmořská výška,
- tvar a typ terénu.

Lavinové nebezpečí se obecně posuzuje na základě počasí, sněhového profilu, nutného dodatečného zatížení a průběhu předchozího počasí. (Kociánová a kol., 2013)

### 3.8.2. STUPNĚ LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ

V Evropě platí společná stupnice lavinového nebezpečí, která popisuje potenciál nebezpečí v pěti úrovních. ([www.alpin.de](http://www.alpin.de)) Každý stupeň lavinového nebezpečí obsahuje popis stability sněhové pokrývky, určuje pravděpodobnost uvolnění laviny a vydává doporučení pro lyžaře a turisty. Ohrožené lavinové lokality se popisují podrobně v komentářích k vyhlášeným lavinovým stupňům. V popisech se užívá pojmu sklon svahu. Svah může být mírně strmý – takto se označují svahy do 30° sklonu terénu. Dále mohou být svahy strmé – sklon nad 30° a velmi strmé, což jsou terény se sklony svahů většími než 40°. Poslední zmíněný se označuje jako extrémní terén a je určen profilem terénu, blízkostí hřebenu a hladkým povrchem podkladových vrstev. Nakonec je třeba definovat termín dodatečné zatížení svahu. To může být malé a velké. Malé dodatečné zatížení svahu způsobuje jednotlivý lehce jedoucí lyžař (turista na sněžnicích), anebo skupina lyžařů s rozestupy minimálně deset metrů. Velké dodatečné zatížení může způsobit buď skupina dvou a více lyžařů bez rozestupů, nebo jednotlivec – turista, případně horolezec.



Obrázek 13 - Stupně lavinového nebezpečí - rozšířená forma (suché a mokré laviny) (www.alpin.de)

### 1. STUPEŇ LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ – NÍZKÉ

Aby byl vyhlášen první lavinový stupeň, je zapotřebí stabilní zpevněné sněhové pokrývky. V tomto případě nehrozí nebezpečí samovolného uvolnění laviny, k odtrhu je třeba dodatečného zatížení. (www.horskaslužba.cz)

### 2. STUPEŇ LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ – MÍRNÉ

Ve druhém stupni lavinového nebezpečí se zvyšuje riziko pádů lavin na strmých svazích se sklonem větším než 30°. Zejména to platí v případě dodatečného zatížení. (www.alpin.de) Samovolně uvolněné laviny se neočekávají. Pokud spadne lavina, jedná se spíše o malé laviny, které se zastavují samy ještě ve svahu. Pro lyžaře platí doporučení nevstupovat na strmé svahy se sklony většími než 40° a na svazích se sklony nad 30° dbát zvýšené opatrnosti.

Tento lavinový stupeň je vyhlášován v 50% celého zimního období a nastává při něm 34% všech lavinových nehod. Vyhláshuje se obvykle v případě přírůstku 10 – 20 cm sněhu při bezvětří a v přítomnosti větru nad 10 m/s bývá vyhlášován již při napadání 10 cm nového sněhu. Značí se žlutou barvou. (www.horskaslužba.cz)

### 3. STUPEŇ LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ – ZNAČNÉ

Třetí stupeň poukazuje na značné lavinové nebezpečí. Laviny mohou padat při minimálním zatížení (lyžař – jednotlivec), je možný ale i výskyt samovolných

pádů lavin středních a větších rozměrů. ([www.alpin.de](http://www.alpin.de)) Pro lyžaře platí zákaz vstupu na svahy se sklony nad 35° a doporučuje se zároveň nevstupovat na strmé svahy nad 30° sklonu. Tento stupeň lavinového nebezpečí se vyhláší ve 30% zimního období a dochází při něm ke 47% všech pádů lavin. V některých případech dochází i k ohrožení frekventovaných turistických cest samovolnými lavinami. Třetí lavinový stupeň bývá vyhlášen při napadnutí 30 – 40 cm nového sněhu za nepřítomnosti větru a při přírůstku 15 – 30 cm sněhu ve spojitosti s rychlostmi větru nad 10 m/s. Značí se oranžovou barvou. ([www.horskaslužba.cz](http://www.horskaslužba.cz))

#### 4. STUPEŇ LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ – VYSOKÉ

Čtvrtý stupeň ohrožení lavinou se vyhláší v případě, že již dochází k samovolnému uvolňování lavin v místech se sklony terénu nad 30°. Vrstvy sněhové pokrývky jsou v tomto případě jen slabě vázány. Doporučuje se vyhnout místům nad 30° sklonu svahu. ([www.alpin.de](http://www.alpin.de)) V tomto případě může dojít k poškození lesních porostů a obvyklé lavinové dráhy mohou dosahovat svých maximálních hodnot. Při horských túrách je potřeba dokonale ovládat znalost lavinové problematiky. Platí zákaz vstupu na svahy se sklony nad 30° a doporučuje se nevstupovat i na svahy se sklony nad 25°.

Tento lavinový stupeň se vyhláší minimálně. Většina frekventovaných horských cest je v ohrožení samovolnými pády lavin a při této předpovědi dochází ke 12% lavinových nehod. Čtvrtý stupeň bývá vyhlášen při přírůstku 40 – 70 cm nového sněhu za bezvětří a při síle větru nad 10 m/s stačí napadnutí 30 – 50 cm sněhu. Značí se červenou barvou.

#### 5. STUPEŇ LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ – VELMI VYSOKÉ

Při pátém lavinovém stupni lze očekávat častý výskyt samovolných lavin i na méně strmých svazích. ([www.alpin.de](http://www.alpin.de)) Sněhová pokrývka je velmi nestabilní a celoplošně velmi slabě zpevněná. Vyskytují se laviny velkých rozměrů již při mírném dodatečném zatížení a značně poškozují lesní porost. Frekventované lavinové svahy mohou přesahovat svá maxima. V tomto případě jsou horské túry prakticky nemožné.

Pátý lavinový stupeň bývá vyhlašován výjimečně. Vyhlašuje se při 70 – 100 cm nově napadaného sněhu za bezvětří a při přírůstku 50 – 80 cm nového sněhu za rychlosti větru nad 10 m/s. Tento stupeň značí katastrofickou situaci, kdy mohou laviny ničit kromě stromových porostů také obydlí. Frekventované horské cesty jsou zcela nepřístupné. Značí se červenou barvou s černými šrafy. (www.horskaslužba.cz)

### 3.8.3. BAVORSKÁ MATICE

Od roku 2005 se také hromadně užívá takzvaná Bavorská matice. Jedná se o jeden z možných předpovědních modelů a je základem pro jednotnou tvorbu lavinové předpovědi na celém světě. Bavorská matice je v podstatě jednoduchá tabulka, kde vstupní hodnoty tvoří meteorologické veličiny a skladba sněhu. Posuzuje se souvislost mezi rozsahem nebezpečných míst, pravděpodobností uvolnění laviny a možnostmi uvolnění samovolných lavin. Z tohoto modelu je patrná nejednoznačnost pěti dílného systému předpovědi. Ten stejný vyhlášený lavinový stupeň není vždy stejný. Závisí na kterém konkrétním svahu je předpovězen a jaké celkové podmínky panují v té konkrétní lavinové oblasti. Také díky tomu se momentálně uvažuje o zavedení mezistupňů pro jednoznačnější předpověď lavinového nebezpečí. (Kociánová a kol., 2013)

TVORBA LAVINOVÉ PŘEDPOVĚDI PODLE PRAVDĚPODOBNOTI UVOLNĚNÍ LAVINY A ROZSAHU NEBEZPEČNÝCH MÍST									
PRAVDĚPODOBNOT UVOLNĚNÍ LAVINY									
PODLE NUTNÉHO DODATEČNÉHO ZATÍŽENÍ									
PODLE ROZSAHU A MOŽNOSTI UVOLNĚNÍ SAMOVOLNÝCH LAVIN									
NEBO									
PRAVDĚPODOBNOT									
PRAVDĚPODOBNOT									
ROZSAH NEBEZPEČNÝCH MÍST	NEBEZPEČNÉ MÍSTO JE JEN OJEDINĚLÉ *)	1	2	2	2	1	2		
	NEBEZPEČNÁ MÍSTA TVOŘÍ SOULMSLY CELEK NA DANÉM STRMÉM SVAHU *)	2	2	3	3	2	3	3	
	NEBEZPEČNÁ MÍSTA NA MNOHA DANÝCH STRMÝCH SVAZÍCH *)	2	2	3	4	2	3	4	4
	NEBEZPEČNÁ MÍSTA NA MNOHA DANÝCH STRMÝCH SVAZÍCH **)	2	3	4	4	3	4	4	5
	NEBEZPEČNÁ MÍSTA I NA MÍRNĚ STRMÝCH TEBĚNECH				5		4	5	5

\*) KONKRÉTNÍ URČENÍ POMOCÍ: NADMOŘSKÉ VÝŠKY, EXPOZICE A/NEBO TVAREM TERÉNU

\*\*\*) ROZSÁHLOST A PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ NEBEZPEČNÝCH MÍST PŘESAHUJE MOŽNOSTI KONKRÉTNÍHO URČENÍ POMOCÍ: NADMOŘSKÉ VÝŠKY, EXPOZICE A/NEBO TVAREM TERÉNU

Obrázek 14 - Bavorská matice (Kořízek, 2006)



### 3.8.4. ALPSKÉ MODELY NEBEZPEČÍ (GM)

Modelem se obvykle označují situace, které se opakují, případně události, které lze rozdělit do nějakých kategorií nebo tříd. Kategorie je třeba jasně definovat a konkrétně popsat, jaké situace pod ně spadají. Následně je možné pomocí takto určených modelových situací odhalit hrozící nebezpečí a pokusit se mu předejít.

Principem fungování modelu je zkoumání událostí, které již v minulosti způsobili škody. Zároveň jsou do jejich vyhodnocení v jednotlivých časových obdobích zahrnuty údaje o počasí, zejména se porovnávají teploty, síla větru a výšky nového sněhu v inkriminovaných obdobích. V minulosti se zkoumaly historické datové materiály, porovnávaly se parametry o počasí, a následně se vyhodnocovaly shodné skutečnosti. Dále se zjišťovalo, jestli existují údaje o lavinových sesuvech v obdobích s výraznými změnami parametrů počasí a tyto skutečnosti se porovnávali s aktuálními případy sesuvů v Alpách. Tento přístup se v lavinových předpovědích objevoval již před více než třiceti lety, zkoumání rizikových faktorů a lavin obecně není tedy nic zcela nového.

Spojitosť mezi prudkými změnami počasí a pády lavin byla popsána i numericky, avšak model nebyl stoprocentní vzhledem k chybějícím informacím o aktuální struktuře sněhové pokrývky. Tyto numerické predikce proto nelze považovat za věrohodné v komplikovaných situacích. Vymezení v současné době používaných modelů se naopak zakládá především na srovnání struktury současné sněhové pokrývky v kombinaci s následným průběhem počasí. Aktuální sněhová struktura přitom zároveň bezprostředně zahrnuje důsledek předchozího vývoje počasí. Na předchozím vývoji se podílí podstatným způsobem vnější vlivy (okolí), včetně činnosti člověka.

Situaci lavinového nebezpečí je třeba pečlivě vyhodnotit a ve srozumitelné a snadno zapamatovatelné formě popsat. Pouze pokud je nebezpečí známé a správně identifikované, lze proti němu být cíleně něco podniknuto. Lavinové nebezpečí se dle alpských norem dělí na deset modelů, ty se označují jako GM, neboli „Gefahren Muster“, což v překladu z němčiny znamená doslova model nebezpečí. Modely GM se dělí následovně:

## GM 1 – DRUHÉ SNĚŽENÍ

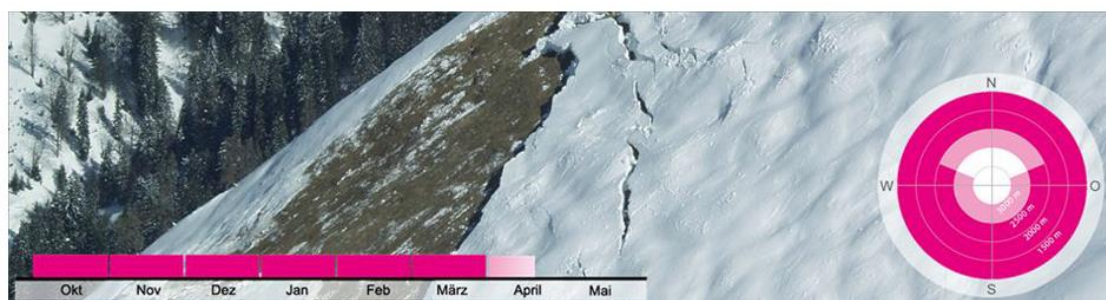


Obrázek 15 - GM 1 (www.lawine.tirol.gv.at)

Na rozdíl od prvního sněžení, kdy se na strmých svazích uvolňují klouzavé laviny, po druhém významném sněžení narůstá počet lavin deskových. Deskové laviny, typické pro lyžařská střediska, způsobují 95% všech smrtelných lavinových nehod. Druhé sněžení je zásadní, jelikož v jeho důsledku vzniká výrazná slabá vrstva mezi první a druhou vrstvou napadaného sněhu, která je náchylná k narušení při provozování zimních sportů.

Druhým sněžením je myšleno takové relevantní sněžení, které na staré sněhové vrstvě (vzniklé po prvním sněžení) vytvoří novou vrstvu sněhu. Nejedná se tedy bezpodmínečně o sněžení, co přijde například hned hodinu po prvním. Zpravidla bývá mezi oběma sněženími rozestup přibližně týden až více týdnů.

## GM 2 – KLOUZAVÝ SNÍH



Obrázek 16 - GM 2 (www.lawine.tirol.gv.at)

Pro tento model jsou typickým znakem takzvané rybní tlamy. Tedy sněhová rozevření (trhliny), okem snadno rozpoznatelná. Dříve se tato rozevření považovala za příznivý fenomén, nyní však víme, že se jedná o předzvěst lavinového nebezpečí. Avšak nelze určit kdy a jestli vůbec se klouzavá lavina uvolní. Klouzavé

laviny patří z časového hlediska k nejobtížněji rozpoznatelným, neboť se mohou vyskytovat i ve všeobecně stabilních sněhových podmínkách, za jakéhokoli počasí, v jakoukoli denní (noční) hodinu. Navíc nemá na uvolnění klouzavých lavin vliv ani dodatečné zatížení. Jediným zřetelným kritériem je postupné promáčení sněhové pokrývky, čím je sníh mokřejší, tím lze pravděpodobněji očekávat nárůst klouzavých lavin. Tento model se objevuje od října po březen, nebezpečí uvolnění hrozí ale i v dubnu.

Klouzavé laviny znamenají pohyb sněhové masy souběžně se svahem. Rozhodujícím hlediskem je zde drsnost povrchu terénu. Klouzavé laviny jsou proto typické pro strmé louky, případně svahy s hladkým skalnatým podkladem. Tyto laviny se často vyskytují opakovaně na stejných místech, z dlouhodobého hlediska je možné jejich výskyt na určitých místech předvídat.

### GM 3 – DÉŠŤ



Obrázek 17 - GM 3 ([www.lawine.tirol.gv.at](http://www.lawine.tirol.gv.at))

Bezprostředně během dešťových srážek dochází ke ztrátě pevnosti vrstev sněhové pokrývky a tím narůstá nebezpečí odtržení laviny. Ovšem v případě velmi chladné sněhové pokrývky se déšť okamžitě mění na led a tím nenaruší spojení vrstev. Problém nastává v případě dalšího oteplení vlivem deště, kdy dochází k tání a tím ke ztrátě pevnosti.

## GM 4 – CHLADNO PO TEPLU / TEPLU PO CHLADNU



Obrázek 18 - GM 4 (www.lawine.tirol.gv.at)

V minulosti byla zastávána teorie, že velké teplotní rozdíly znamenají příznivou situaci. Nyní však víme, že to platí jen za určitých podmínek a obecně se jedná spíše o negativní okolnost. Změny teplot totiž napomáhají strukturálním změnám uvnitř sněžové pokrývky a tím tvoří plošně výraznou slabou vrstvu. Ta se často vyskytuje i na jižních expozicích. Navíc je tento model záluďný tím, že se slabá vrstva neutváří bezprostředně po nasněžení, ale až v následujících dnech. Největší výskyt tohoto modelu bývá v prosinci a v lednu.

Při určování tohoto modelu je třeba klást velký důraz na průběh počasí, zejména na období, kdy dochází ke změně teplého počasí na chladné a naopak. Jedná se o změny teploty alespoň o 5°C. Vrstvy sněhu ležící nad sebou získávají rozdílnou teplotu a tím dochází k výstavbové přeměně krystalů a tvorbě slabé vrstvy (viz GM 5). Zda k této situaci skutečně dojde, se uvádí v aktuální zprávě o lavinovém nebezpečí nebo musí být ověřeno vlastním posouzením sněžového profilu.

## GM 5 – SNĚŽENÍ PO DELŠÍM CHLADNÉM OBDOBÍ



Obrázek 19 - GM 5 (www.lawine.tirol.gv.at)

Tento model se vyskytuje nejčastěji v období od začátku prosince do konce února a vytváří v krátkých časových úsecích komplikovanou situaci. K této situaci dochází i v případě, že po delším chladném období „pouze“ vane silnější vítr, nemusí nutně sněžit. Stará sněhová pokrývka je tvořena pohárovými krystaly (takzvaným plovoucím sněhem), na něj se ukládá na závětrných svazích sních nový. Navátý s čerstvým sněh budou velmi špatně propojeny a v případě dodatečného zatížení se lavina ihned odtrhne.

Meteorologie rozlišuje takzvané ledové a mrazivé dny. Ledový den nastává, když se teplota v průběhu celého dne nedostane přes 0°C. Mrazivý den má své teplotní minimum pod 0°C. Dlouhá chladná období znamenají několik za sebou jdoucích ledových nebo chladných dní, které s sebou přinášejí změny ve sněhové pokrývce, které se při dalším sněžení projeví na zhoršení lavinové situace.

Chladné období se většinou projevuje slunečným počasím, prachovým sněhem a nízkým stupněm lavinového nebezpečí. Ten se zvyšuje, jakmile začne sněžit a současně fouká vítr. Problém v této jinak přehledné situaci je ten, že ke změnám stupně nebezpečí dochází ve velmi krátkých časových intervalech (hodinách) a dochází proto ke smrtelným lavinovým nehodám. V tomto případě je nutností reagovat na změnu počasí tak rychle, jak rychle se mění.

## GM 6 – STUDENÝ VOLNÝ NOVÝ SNĚH A VÍTR



Obrázek 20 - GM 6 ([www.lawine.tirol.gv.at](http://www.lawine.tirol.gv.at))

Vítr je nejvýznamnějším faktorem při tvorbě lavin. Má vliv jak na sněh ležící na zemi, tak na padající sněh. Jeho působením je sněh nesoudržný a má tendenci se přemisťovat. Tím dochází k nárůstu lavinového nebezpečí. Tento model je v praxi



snadno rozpoznatelný. Na rozdíl od GM 5 se vrstva nesoudržného sněhu neutváří během dlouhé chladné periody, ale během krátkého časového intervalu. Čím je přemísťovaný sníh chladnější, tím citlivěji reaguje na zatížení. Vítr může být součástí předchozího sněžení, nebo může začít vát až následně. Model GM 6 se vyskytuje nejvíce v prosinci, lednu a únoru.

Podmínkou pro správné rozpoznání modelu je znalost příznaků působení větru. Příznaky mohou být například námraza, větrné rýhy (též zvané zastrugi) nebo převěje. Problém nastává v případech, kdy panuje bezvětří, případně fouká jen slabý vítr. Na snadno rozpoznatelné příznaky tohoto modelu napadá nový volný sníh a tyto projevy zmizí. Činnost větru je potom možné zjistit ze zpráv meteorologů, nebo pomocí testu s lyžařskou hůlkou (po zapíchnutí cítíme sněhové desky pod novým volným sněhem).

#### GM 7 – SNĚHOVÉ CHUDÁ ÚZEMÍ PŘI SNĚHOVĚ BOHATÝCH ZIMÁCH



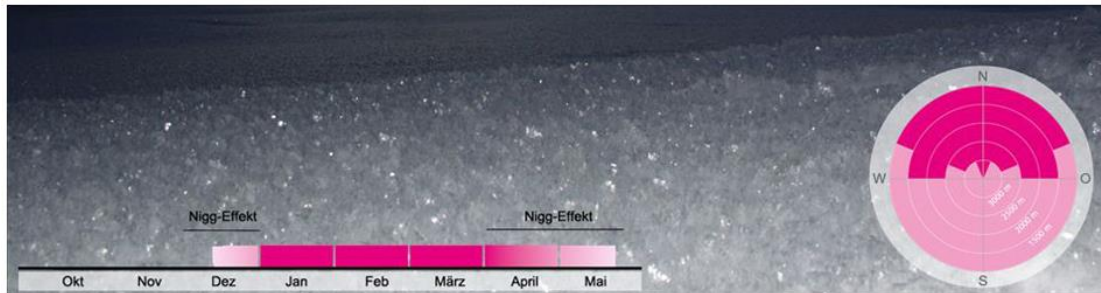
Obrázek 21 - GM 7 ([www.lawine.tirol.gv.at](http://www.lawine.tirol.gv.at))

Sněhové bohaté zimy obvykle znamenají menší počet lavinových nehod. Sněhová pokrývka je v takovém případě stabilnější a všeobecně příznivá. Fenoménem, způsobujícím v tomto modelu problém, jsou na sníh chudé závětrné svahy. To je způsobeno často se opakujícími větry a skladba sněhové pokrývky je v těchto místech velmi nepříznivá. Dochází proto k uvolňování lavin. Tento model se vyskytuje od počátku ledna do konce března.

Sněhově chudá území často bývají dobře rozpoznatelná. Jedná se často o strmá území v blízkosti hřebenů. Tato místa se dalším působením větru zvětšují. V oblasti Tyrolska jde o svahy orientované od severozápadu k západu. Na sněhově chudá území na takto exponovaných svazích ukazují viditelné kameny nebo kusy skal. Svahy na jiných expozicích jsou oproti tomu zaplněny mohutnou sněhovou

masou. Kritické jsou zde především přechody z míst bohatých na sníh, na místa sněhově chudá. Pokud je uvnitř sněhové pokrývky slabá vrstva, může dojít po dodatečném zatížení k jejímu snadnějšímu narušení.

## GM 8 – ZASNĚŽENÁ POVRCHOVÁ JINOVATKA

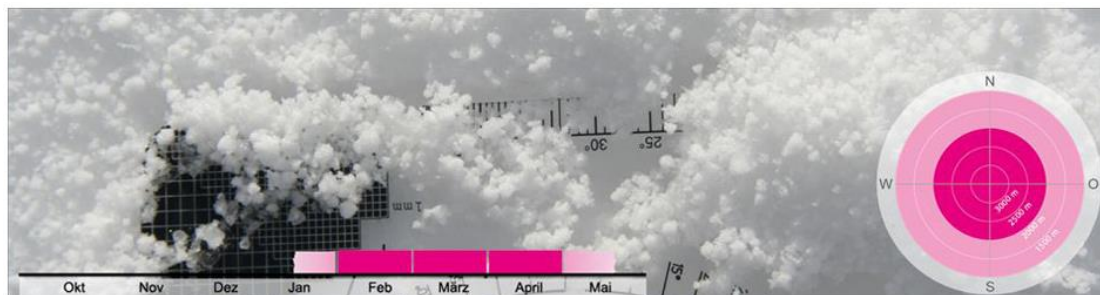


Obrázek 22 – GM 8 ([www.lawine.tirol.gv.at](http://www.lawine.tirol.gv.at))

Jinovatka sama o sobě neznamena nebezpečí. To přichází až s nově napadaným sněhem. Jedná se tedy o kritické místo v nauce o sněhu a lavinách. Pro tuto situaci jsou charakteristické malé samovolné laviny na strmých svazích nebo náspech s nápadně malou výškou odtrhu. Důležitou roli při určování tohoto modelu hrají zkušenosti a znalost terénu a počasí. Obtížně se určuje v místech, kde je již jinovatka lehce zasněžena. Pravděpodobnost výskytu je naštěstí omezena pouze na vysoké nadmořské výšky.

V tomto modelu lze vidět jev, který se nazývá tzv. Nigg-efekt. Nigg-efekt znamená zvláštní formu tvorby povrchové jinovatky, kdy na hřebeny proudí relativně teplý vlhký vzduch a převaluje se na druhou stranu hřebenu. Cestou na druhou (stinnou) stranu je sníh ochlazen a dochází zde k tvorbě krystalů povrchové jinovatky z vodní páry obsažené ve sněhové pokrývce. Tento efekt se vyskytuje pouze v hřebenových partiích svahů a nejčastěji se s ním setkáváme na počátku zimního období a na jaře (prosinec – duben/květen).

## GM 9 – ZASNĚŽENÉ KRUPKY



Obrázek 23 - GM 9 ([www.lawine.tirol.gv.at](http://www.lawine.tirol.gv.at))

Krupky jsou kulovitou formou atmosférických srážek a vyskytují se na jaře v bouřkovém období. Nově navátý sníh se s touto slabou vrstvou velmi špatně spojuje, tím se zvyšuje lavinové riziko. Jedná se o velmi záludnou a obtížně určitelnou situaci, jelikož krupky se zpravidla nachází rozmístěny na malých prostorech a bez prohlídky sněhového profilu je nelze správně určit. Období výskytu krupek však trvá pouze krátce. S lokálně se významně měnící výškou nového sněhu, který jeví znaky krupkovitých zárodků, se setkáváme zejména na jaře. Pokud jsou vrstvy tvořené krupkami silnější, může dojít k samovolným lavinovým sesuvům.

*„Zasněžené krupky vznikají, když během pádu k zemi na sněhové krystaly namrzají přechlazené kapičky vody. Sněhové krystaly tak mění svůj tvar na malé kuličky a z nich vzniklá vrstva je překryta následně sněhem. Na rozdíl od krup, které jsou v podstatě z ledu a mají proto sklovitý vzhled, se u krupek projevuje ještě vliv vzduchu. Krupky mají proto ve srovnání s kroupami menší hustotu, jsou měkčí a mléčné nebo bílé barvy.“ (Mair et Nairz, 2012)*



## GM 10 – JARNÍ SITUACE



Obrázek 24 - GM 10

V Období "jarní situace" dochází k vyhlášení významně rozdílných stupňů lavinového nebezpečí. Situace, které se jeví jako bezpečné a jisté mohou nabýt ve velmi krátkém časovém intervalu úplně opačného významu. Pro toto období platí, že spadne více lavin, než v celém zimním období, ačkoliv se zároveň ve stabilních firmových situacích snadněji určuje lavinové nebezpečí. Rozhodující slovo má kromě složení sněhu také změna teploty a vlhkosti vzduchu, sluneční záření, vítr a podobně. Období trvá přibližně od února do května a na všechny tyto meteorologické změny je třeba flexibilně reagovat.

Změny počasí se v tomto období udávají během například dvou hodin a situace se může snadno vyhrotit. Zásadním faktorem je promáčení sněhové pokrývky na základě předchozích ukazatelů, které může velmi výrazně ovlivnit stabilitu svahu. Tento model lze poměrně jednoduše analyzovat pomocí sledování počasí a složení sněhové pokrývky v terénu.

Podle dosavadních zkušeností se považuje za dalece nejnebezpečnější model GM 5 – Sněžení po delším chladném období, protože se při něm vyskytuje dlouhodobě nejvíce lavinových nehod. Pomocí výše popsanych modelů lze popsat 98% všech lavinových situací, vyskytujících se v zimním období. Zásadním rysem těchto modelů je jejich platnost nejen v rámci jedné zimy, ale také se dají aplikovat na výrazně odlišná zimní období.

Podstatným rysem modelu je jeho klasifikace. Modely jsou specifikovány pro určité období, ne všechny se objevují ve všech zimních měsících a vyskytují se v různých nadmořských výškách a oblastech. Například model GM 1 – Druhé sněžení

se objevuje v nadmořské výšce nad 3000 metrů a lze jej pozorovat již v období podzimu. Oproti tomu model GM 10 – Jarní situace je typický pro konec února. Modely jsou ovšem závislé na neovlivnitelných přírodních procesech, proto je prakticky nemožné je striktně vymezovat pro konkrétní časové období. Často se objevují v jiném časovém období a ojediněle dochází i k vybočení z daného pořadí. Jedná se například o situace, kdy se s brzkým nástupem zimy vyskytnou krátkodobě jarní poměry.

Je nutné brát v úvahu také výsledky pozorování, které upozorňují na fenomén pravidelného hromadění lavinových nehod bezprostředně po nástupu jednotlivých modelů lavinového nebezpečí. Jedná se o modely GM 2, GM 3, GM 5, GM 8 a GM 10. U časového rozdělení se hledí rovněž na délku trvání určitého modelu. Například model GM 3 (Děšť) se v zimě vyskytuje řídce a v krátkém časovém úseku, zároveň je ale k vidění ve všech oblastech převážně pod 2000 metrů nad mořem a projevuje se na všech expozicích negativně. Model GM 2 (Klouzavý sníh) může být oproti tomu na strmých svazích dlouhodobým jevem, tedy latentním nebezpečím po celou zimu. Model GM 5 (Sněžení po delším chladném období) přetrvává ve vnitřních sněhově chudých alpských oblastech zřetelně déle než v na sníh bohatších územích na okraji a je problémem na všech expozicích a ve všech nadmořských výškách. Ve sněhově bohatších územích, pod orografickou hranicí, sice dochází k nárůstu počtu spontánních lavin v závislosti na opakujících se sněženích, ale pouze krátkodobě. Model GM 9 (Zasněžené krupky) je k vidění zase převážně na konci zimy a krupky se shromažďují převážně v terénních prohlubních a nerovnostech, proto dochází k pádům lavin řídčeji, než například v případě modelu GM 8 (Zasněžená povrchová jinozatka), který platí často pro velké souvislé oblasti. V polohách nad 3000 metrů na strmých prosluněných svazích se netvoří povrchová krusta, která by byla schopná svah stabilizovat, proto platí v těchto oblastech pro všechny expozice stejný stupeň lavinového nebezpečí. Zároveň může nastat problém i na méně strmých jižních svazích, protože sluneční paprsky sem dopadají pod jiným úhlem, a tudíž mohou také narušovat tvorbu stabilizační povrchové krusty, která je obecně v těchto místech slabší.

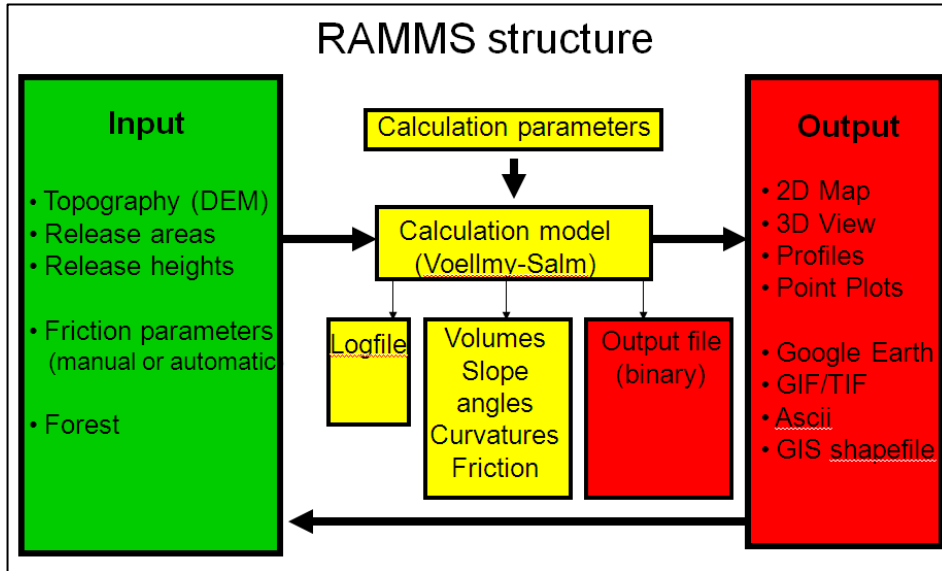
Dalším neméně důležitým faktorem je potenciál nebezpečí, který se odvíjí od funkce časového a prostorového rozdělení v kombinaci s brizancí (možné důsledky vzniklé v souvislosti s výskytem určitého modelu GM) předmětného modelu a je

různý pro různé modely lavinového nebezpečí. Docela jinak se chovají sněhové masy v pohybu při modelu GM 10 (Jarní situace) než při modelu GM 1 (Druhé sněžení). V případě modelu GM 10 dochází logicky k mnohonásobně vyšším škodám. Důležitým bodem je samovolný sesuv lavin, který souvisí bezprostředně se složením sněhové pokrývky v daném případě. Například při GM 4 (Teplu po chladnu/ chladno po teplu) dochází podstatně hůře k vytvoření slabé vrstvy sněhové pokrývky. Samovolné deskové laviny proto v tomto případě nemají zásadní vliv na tento model. Naopak při GM 8 (Zasněžená povrchová jinovatka) dochází k neobyčejně špatnému propojení vrstev, a tím pádem k uvolňování početných samovolných lavin. Podle dosavadních zkušeností trvá odlomení takové laviny podstatně déle a je zapotřebí výrazně větší zátěž, proto jsou samovolné laviny tendenčně větších rozměrů.

Je dokázáno, že lavinové situace se často opakují na stejných místech a za stejných podmínek (například GM 2 – Klouzavý sníh). Během zimy také dochází k překrývání uvedených modelů, přičemž zpravidla jeden je vždy dominantní. Proto není radno se spoléhat jen na určitý jev (expozice, časové období, poloha, oblast), ale je nutno brát hlediska daného území jako celek a raději vždy předvídat variantu vybočení konkrétního území z dané modelové situace. (Mair et Nairz, 2012)

### 3.8.5. DALŠÍ ZNÁMÉ MODELY PŘEDPOVĚDI LAVINOVÉHO NEBEZPEČÍ

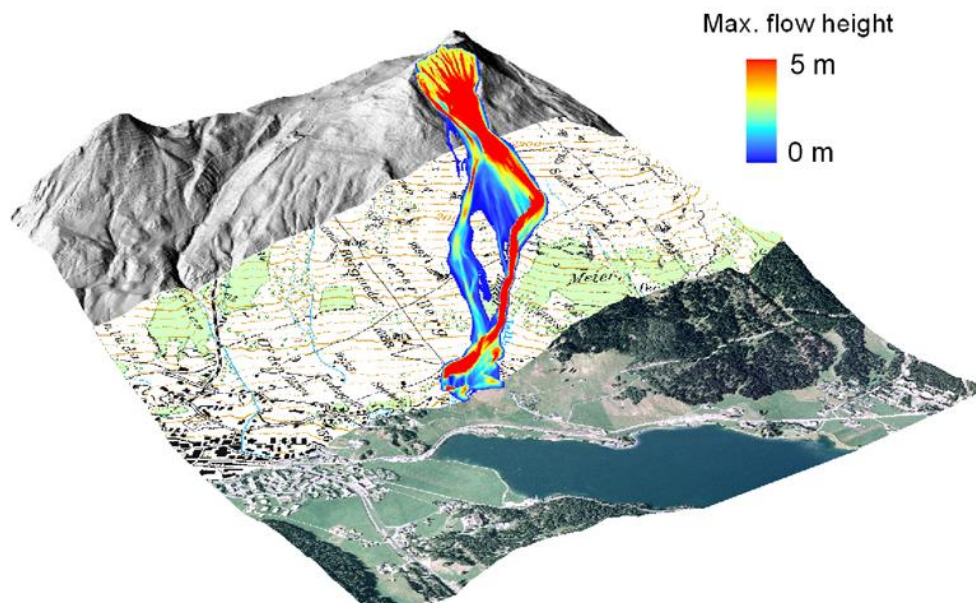
#### RAMMS MODEL (Rapid Mass Movement System)



Obrázek 25 - Struktura RAMMS modelu ([www.slf.ch](http://www.slf.ch))

RAMMS model se využívá k předpovědím lavin, naplavenin a pádů kamenů ve Švýcarsku. Nejčastěji se ovšem používá jako předpovědní model pro laviny.

Tento model používá jako vstupní data topografickou mapu oblasti, vytyčené území – plochu a výšky, třecí sílu na svahu a lesní porosty v oblasti dráhy. Výstupy jsou pak 2D mapy, 3D pohledy, sněhové profily a bodové grafy. ([www.slf.ch](http://www.slf.ch))



Obrázek 26 - Ukázka prostředí modelu RAMMS ([www.slf.ch](http://www.slf.ch))

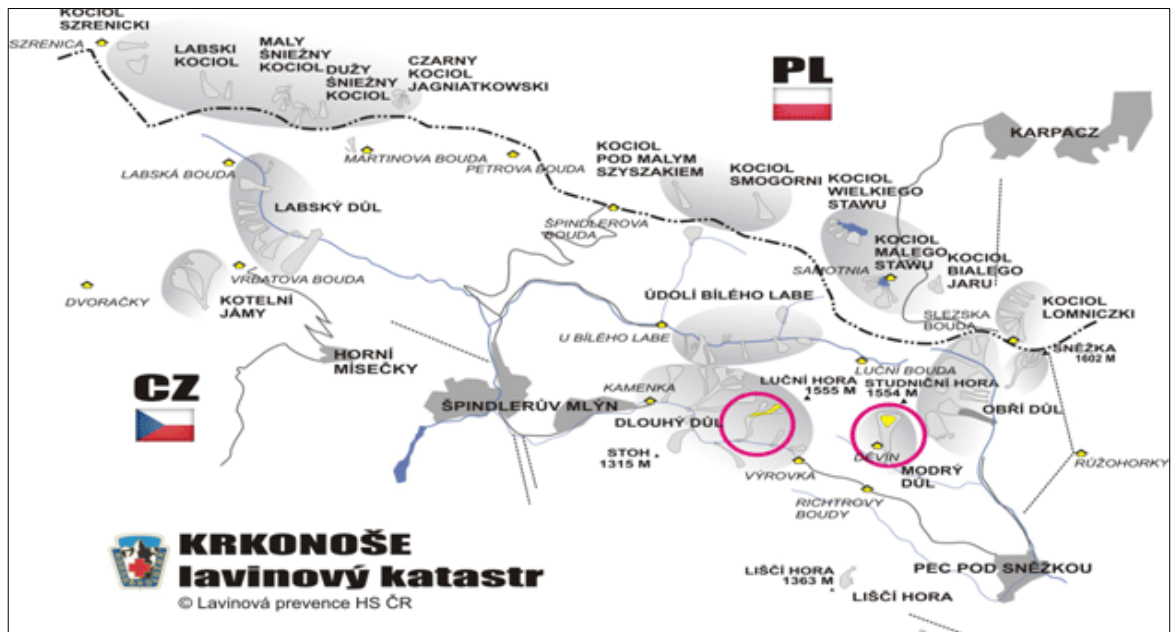
#### PŘEDPOVĚDNÍ MODEL PRO TATRY (BOGDAN GADEK)

Pomocí tohoto modelu byly vypočteny úrovně lavinového nebezpečí v po sobě jdoucích dnech pro období předchozích devíti desetiletí. Model byl vytvořen k rozpoznání variability nebezpečí sněhových sesuvů v Tatrách. K posouzení bylo využito desetistupňového hodnocení lavinových charakteristik. Tento model ve většině případů odpovídal spadlým lavinám v počítaném období na území pohoří Tater. (Gadek, 2016)

Description	Weight [w]
Snow depth	
≤20 cm	0
20-50 cm	2
≥50 cm	4
Surface of the old snow cover	
Rounded polycrystals	2
Wet snow	3
Settled snow	4
Ice formations, wind crust/wind slab	5
Depth of new snow	
1 cm	1
5 cm	5
8 cm	8
etc.	etc.
Wind speed	
Calm	0
1-10m/s	5
≥10m/s	8
Air temperature	
≤-10°C	5
-10°C ÷ -5°C	3
-5°C ÷ 0°C	4
≥0°C	5
Exposure to wind	
Windward	0
Leeward	10

Obrázek 27 - Modelová stupnice dle Bogdana Gadka (Gadek, 2016)

## 4. CHARAKTERISTIKA OBLASTI KRKONOŠE



Obrázek 28 - Lavinový katastr Krkonoš ([www.horskaslužba.cz](http://www.horskaslužba.cz))

Krkonoše jsou nejvyšším pohořím v České republice. Zároveň jsou také nejvyšším hercynským pohořím ve střední Evropě. Nejvyšším vrcholem je Sněžka (1602 m.n.m.). (Štursa a kol., 2010) Krkonoše jsou mimořádně bohaté jak z hlediska fauny, tak svými přírodními poměry. Toto bohatství plyne z polohy a historických klimatických poměrů hor.

Pohoří Krkonoše má délku cca 35 km s orientací hlavních hřbetů a údolí od severozápadu na jihovýchod. Horní patra horských hřebenů jsou porostlá klečí, alpínskými trávničky a rašelinnými společenstvy. Mimo jiné proto byly v roce 1963 vyhlášeny národním parkem. Správně se o Krkonoše stará Správa Krkonošského národního parku sídlící ve Vrchlabí.

### 4.1.1. PŘÍRODNÍ POMĚRY

Z geologického hlediska se Krkonoše utvářely od starohor a starších prvohor. Horotvornými pochody tehdy vznikl masiv, zvaný Krkonošsko-jizerské krystalinikum. Současnou podobu získalo pohoří druhohorním zvětráváním,

třetihorním alpiským vrásněním, vodní erozí a čtvrtohorními zaledněními. Poslední dobou mění krajinný ráz Krkonoš především člověk.

Krkonoško-jizerské krystalinikum je tvořeno především prvohorními břidlicemi (svory, fylity, ortoruly) starými 600 miliónů až miliardu let. Stavbu Krkonoš doplňují křemence, krystalické vápence a částečně třetihorní čedič. V jižní části je povrch překryt mladšími usazenými permokarbonovými horninami (podkrkonošský permokarbon). V období karbonu se dostalo pod starší horniny žulové těleso, které se nazývá krkonoško-jizerský pluton. Toto těleso spojuje Krkonoše a Jizerské hory s polskou částí pohoří. Toto kontaktní pásmo a kontaktní místa s karbonátovými horninami mají na svědomí tvorbu nerostných ložisek v této oblasti. Ačkoliv nejvyšší patra Krkonoš nebyla nikdy zcela zaledněna, kombinace mrazu, sněhu, ledu a větru daly vzniknout reliéfu, který nemá v evropských středohorách obdoby.

V Krkonoších panuje vlhké chladné klima a převládá zde zejména kyselé, minerálně chudé geologické podloží. Kyselost půd se ještě zhoršila na konci 20. století během imisní kalamity. Nejnižše nalezneme hnědé lesní půdy, výše pak humusové a rašelinné podzoly, podzolové rankery a v nejvyšších polohách se vyskytují mrazem utvářené kamenité mělké alpiské půdy. Svahy dlouhodobě ohrožuje eroze, zaviněná zejména velkoplošnou těžbou odumřelých stromů. Tvar zdejších svahů je dán mimo jiné sesuvy zemních lavin, které se objevují například v Obřím a Dlouhém dole.

#### 4.1.2. PODNEBÍ

Podnebí Krkonoš tvoří převážně dešťové a sněhové srážky v kombinaci s nízkými teplotami. Klima je zde vlhké a má oceánický charakter. Teplotní rozdíly jsou drsnější než například v Tatrách a na Šumavě. Teplota vzduchu klesá s narůstající nadmořskou výškou o 0,5 až 1°C každých cca 100 metrů. Nejchladnější je vrchol Sněžky s průměrnou roční teplotou +0,2°C.

Stejně jako teplota se mění i množství srážek s přibývajícím výškou. Na vrcholcích bývá celoročně pozorováno velké množství srážek, a to zejména v jejich pevné formě (kroupy, sníh, námraza). Nepatrně více srážek spadne akorát v údolích, konkrétně v Peci pod Sněžkou je to přes 1400 mm za rok. Srpen je měsícem s největším úhmem srážek, březen naopak s nejmenším. Výjimečně se v Krkonoších vyskytují srážky dešťové, ty mají ničivý charakter a kromě povodní s



sebou přináší pády zemních lavin (mur). V těchto případech spadne 100 – 200 mm srážek za den. Rekord drží Obří důl, kde v létě roku 1987 napadlo 240 mm srážek.

#### 4.1.3. VEGETAČNÍ STUPNĚ

Přírodní poměry v různých částech Krkonoš závisí na nadmořské výšce, geologickém podloží, proudění větru, orientaci a sklonu svahů, teplotě, srážkách, sněhové pokrývce a lavinové činnosti.

Pásma vegetace se dělí na:

- submontánní (podhorský) stupeň,
- montánní (horský) stupeň,
- alpínskou hranici lesa,
- spodní alpínský (subalpínský) stupeň,
- svrchní alpínský stupeň.

##### SUBMONTÁNNÍ STUPEŇ

Podhorské vegetační pásmo se nachází v podhůří a na úbočí hor mezi 400 až 800 m.n.m. a zabírá 50% celkové plochy Krkonoš. Původní pokryv tvořily smíšené a listnaté lesy, které ale byly v průběhu kolonizace odtěženy a nahrazeny lesem smrkovým, loukou, poli, případně pastvinami. Listnaté stromy jsou k vidění v údolních částech v okolí vodních toků.

##### MONTÁNNÍ STUPEŇ

Horský stupeň se rozpíná v 800 až 1200 m.n.m. a zaplňuje 40% celého pohoří Krkonoše. V důsledku těžby a rozvoje hospodářství byly původní smíšené a smrkové lesy vykáceny a nahrazeny loukami a bezlesími horskými enklávami.

##### ALPÍNSKÁ HRANICE LESA

Alpínská hranice lesa je důležitým předělem v horské krajině. Tvoří oblast mezi 1200 a 1500 m.n.m. a je značně pozměněna lidským faktorem. Zejména se zde objevují horské bezlesé enklávy.

## SPODNÍ ALPÍNSKÝ STUPEŇ

Subalpínský stupeň se rozkládá mezi 1200 až 1450 m.n.m. v oblastech s náhorními plošinami a na okolních svazích. Toto pásmo tvoří 9,3% Krkonoš. Jsou zde k vidění rozsáhlé kleče, keřové porosty, traviny a byliny.

Svrchní alpínské pásmo se nachází od 1450 m.n.m. a nejvyšším bodem je Sněžka (1602 m.n.m.). Tvoří 0,7% z celkové rozlohy Krkonoš a pokrývá pouze nejvyšší oblasti – Sněžku, Studniční a Luční horu, v polské části Smogorni a Vysoké Kolo. Tato oblast je charakteristická drobnými keři, mechy, lišejníky, ale i půdotoky a kamennými brázdami. Je ovlivněna opakovaným mrznutím a tání trvale vlhké a podchlazené půdy. Tím vším věrně připomíná severskou tundru.(www.krnap.cz)

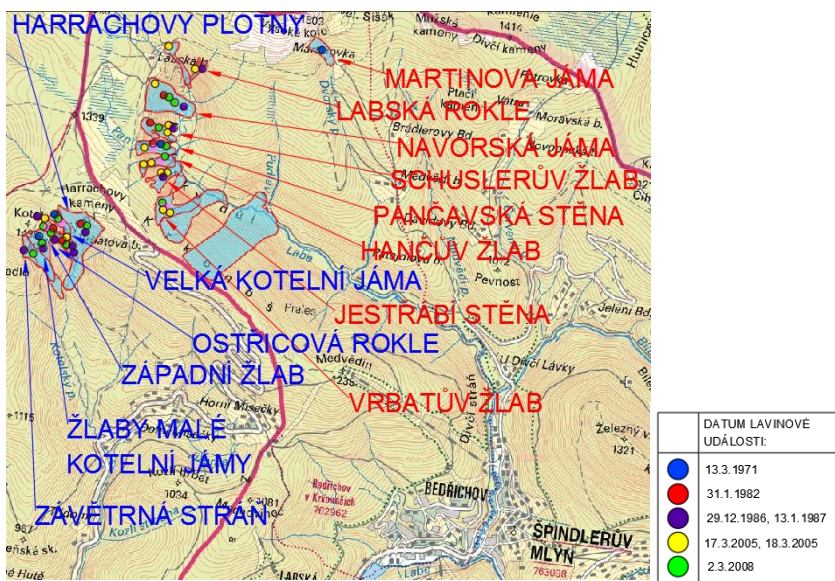
### 4.1.4. LAVINOVÉ SVAHY KRKONOŠ

Krkonoše jsou největším českým masivem a zároveň v České republice představují jedinou oblast s rozsáhlou lavinovou aktivitou. Dalšími pohořími u nás s výskytem lavinových událostí jsou Hrubý Jeseník a Králický Sněžník.

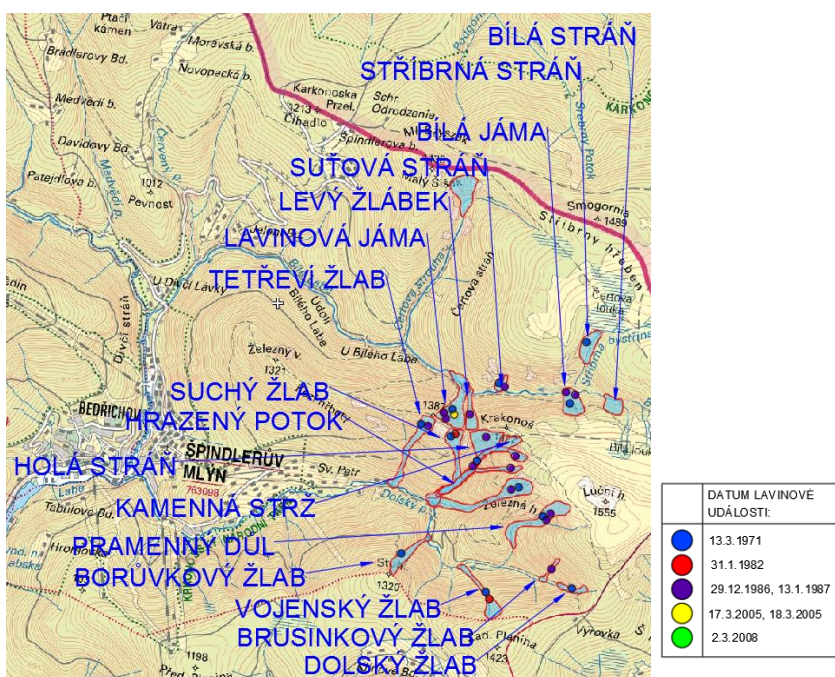
Na české straně Krkonoš se během zimy uvolní okolo 20 – 25 lavin. Na polské straně jde zhruba o stejné číslo. Celkem se tedy v této oblasti uvolní kolem padesáti lavin za rok. Konkrétní počty ovšem závisí na meteorologických podmínkách daného roku.

Charakter hřebenové části Krkonoš udávají dva souběžné hřebeny ve směru od západu na východ, mezi nimiž leží dvě rozsáhlé náhorní plošiny. Tradičními lavinovými svahy v Krkonoších jsou pro západní Krkonoše dráhy v okolí Labské boudy (Labská, Pančavská, Mumlavská, Harrachova louka), pro východní se jedná o okolí Luční boudy (Bílá louka, Równia pod Sniezka). Obě plošiny znamenají v zimních měsících obrovskou zásobárnu sněhu a je odtud převíváno velké množství sněhu na závětrné svahy.

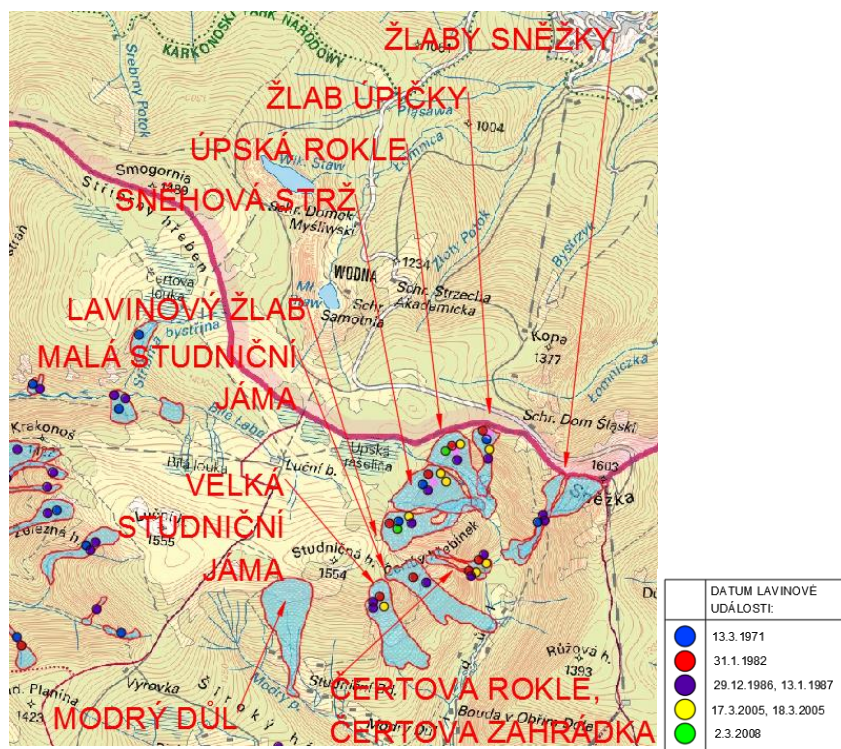
Lavinových drah je na české straně Krkonoš čtyřicet sedm a na straně polské padesát jedna. K hlavním oblastem pádů lavin patří na české straně svahy Obřího dolu (Obr. 6), Labského dolu, Kotelních jam (Obr. 4) a údolí Bílého Labe a Dlouhého dolu (Obr. 5). (Kociánová a kol., 2013)



Obrázek 29 - Lavinové dráhy západních Krkonoš (zleva Kotelní jámy, Labský důl)



Obrázek 30 - Lavinové dráhy východních Krkonoš (Bílé Labe, Dlouhý důl)



Obrázek 31 - Lavinové dráhy východních Krkonoš (Modrý důl, Obří důl)

## 5. METODIKA

Výchozím podkladem k diplomové práci byla databáze pádů lavin ve dnech v Krkonoších od roku 1962 do roku 2014, vypracovaná Horskou službou, a doplněná o meteorologická data z daného období. Meteorologická data byla použita z denních měření meteorologické stanice na Labské boudě a chybějící údaje doplněny o měření ze stanice Vrbatova bouda. Vrbatova bouda byla vybrána s ohledem na krátkou vzdálenost od Labské boudy a výškovou podobnost.

Získaná data byla následně omezena pouze na extrémní lavinové situace. Extrémní lavinovou situací je myšlena taková událost, kdy spadlo v jeden den více než deset lavin, případně kdy ve více po sobě jdoucích dnech spadlo více než deset lavin. K další analýze bylo vybráno celkem sedm extrémních událostí, u kterých se hledaly podobnosti s alpskými modely (GM).

Primárně zkoumanými meteorologickými veličinami byla teplota  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), rychlost větru  $F$  (m/s), celkové množství sněhu  $\text{SCE}$  (cm), nově napadaný sníh  $\text{SNO}$  (cm) a úhrn srážek  $\text{SRA}$  (mm). Druhotně byly k lepšímu popisu konkrétních modelů definovány navíc další pojmy. Těmito pojmy se rozumí délka trvání předchozího chladného období  $L$  (dny), plocha skluzného horizontu – místo, kde došlo k odtrhu laviny  $\text{ODTRH}$ , výskyt dešťové srážky  $\text{DÉŠŤ}$ ,  $\text{DESKOVÁ LAVINA}$ ,  $\text{VLHKOST SNĚHU}$  a  $\text{OBDOBÍ}$  (kalendářní měsíc), kdy došlo k extrémní lavinové situaci. Hodnoty veličin a informace o definovaných pojmech pro konkrétní dny byly dohledány v databázích Horské služby a uvedených meteorologických stanic.

Modelovaným rokem je v případě této diplomové práce myšleno období od 1.11. do 30.4. pro každý vybraný rok. Období bylo zvoleno s ohledem na pravděpodobnost výskytu sněhových lavin. Jedná se tedy o zimní období, kdy se předpokládá výskyt sněhové srážky, s tím spojený nárůst sněhové pokrývky, a následně možnost výskytu lavinových událostí. Extrémními roky byla označena přelomová zimní období v letech 1970/71, 1981/82, 1986/87, 2004/05 a 2007/08.

Pomocí programu Excel se z modelovaných let vyhodnotily průměrné teploty  $\bar{\text{OT}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), průměrné rychlosti větru  $\bar{\text{OF}}$  (m/s), celkový přírůstek nového sněhu  $\Sigma\text{SNO}$  (cm) a celkový úhrn srážek  $\Sigma\text{SRA}$  (mm) pro období, které předcházelo extrémnímu výskytu lavinových událostí. Nejprve se určily údaje pro pětidenní předchozí období,



dále pak pro období čtrnáctidenní. Pětidenní interval uvažujeme jako krátkodobou změnu, čtrnáct předchozích dní značí dlouhodobou změnu klimatických podmínek. Období byla vybrána na základě odhadu krátkodobé a dlouhodobé změny počasí, a od ní se odvíjejícího návrhu vhodného modelu lavinového nebezpečí. Následně se pomocí téhož programu (Excel) určily celkové výšky sněhu SCE (cm), vztažené ke dnům, kdy došlo k extrémním lavinovým situacím. Zbylé informace byly odečteny přímo z databáze lavinových událostí. (Tab. 1)

**Tabulka 1 - Souhrnná tabulka užitých hodnot**

DEFINICE UŽITÝCH METEOROLOGICKÝCH ÚDAJŮ:		
$\bar{\theta T}$	[°C]	průměrná teplota za daný časový horizont
$\Delta T$	[°C]	maximální změna teplot v daném časovém horizontu
$\bar{\theta F}$	[m/s]	rychlost větru v daném časovém horizontu
$\Sigma SRA$	[mm]	množství spadlých srážek za daný časový horizont
$\Sigma SNO$	[cm]	přírůstek nového sněhu za daný časový horizont
SCE	[cm]	celková výška sněhu v den extrému
L	[den]	délka trvání chladného období ( $\bar{\theta T} < 0^{\circ}\text{C}$ )
ODTRH		plocha skluzného horizontu - kde došlo k odtrhu laviny*
DĚŠŤ		výskyt dešťové srážky - ANO/NE
DESKOVÁ LAVINA		převažuje počet deskových lavin - ANO/NE
VLHKOST SNĚHU		převažující vlhkost sněhu v odtrhové zóně - SUCHÝ/MOKRÝ
OBDOBÍ		období (kalendářní měsíc) výskytu extrémní lavinové události

\* NS - nová vrstva sněhu, SS - stará vrstva sněhu

Zjišťovaly se spojitosti těchto veličin s následnými pády lavin a porovnávaly se s modelovými situacemi, vyhodnocujícími stupeň lavinového nebezpečí v rakouských Alpách. Změny teplot se navíc modelovaly pomocí statistického vyhodnocovacího programu R, který je schopný jednoduchým příkazem zobrazit změny veličin v zadaném počtu dní o zadaný počet stupňů. Excel tuto funkci ovládá také, ale na rozdíl od „Rka“ není schopen zobrazit najednou více sloupců s různými výsledky (v tomto případě postupnými změnami teplot o stupně Celsia).

Abychom byli schopni matematicky posuzovat alpské modely v podmínkách Krkonoš, je třeba jasně definovat počáteční a okrajové podmínky, za kterých daný

model platí. V přírodě není jednoduché takové hodnoty určit, asi proto není ve výčtu alpských modelů jasně (číselně) uvedeno, za jakých podmínek daný model platí. Modely nebezpečí jsou názorně popsány na skutečných lavinových událostech, což sice pro přibližnou představu stačí, ale je nemožné na tomto základu postavit matematický model. Proto bylo pro tuto diplomovou práci zapotřebí vstupní hodnoty a hranice posuzovaných modelů číselně určit dle obecně platných předpokladů a dle detailního rozboru jednotlivých modelů GM.

### 5.1. KRITÉRIA PRO VOLBU ALPSKÉHO MODELU (GM)

Vzhledem k rozdílným klimatickým podmínkám panujícím v Alpách a Krkonoších, které pramení především z odlišné nadmořské výšky a rozdílnosti sklonu svahů, dále pak z nemožnosti získat zpětně z databáze Horské služby některé údaje (například detailní informace o skladbě sněhového profilu), je nemožné posoudit všechny modely GM. Proto se tato práce zaměřuje na pět z těchto modelů. Jedná se o model GM 1 – Druhé sněžení, model GM 3 – Déšť, model GM 4 – Chladno po teple / teplo po chladnu, model GM 5 – Sněžení po delším chladném období a částečně model GM 6 – Studený nový sníh a vítr. V posledním uvedeném se v alpském systému jedná o volný nový sníh, ten lze zpětnou analýzou dat nelze určit, v práci bude proto zvažován jen sníh nový bez rozlišení.

#### MODEL GM 1 – DRUHÉ SNĚŽENÍ

Hlavními kritérii pro volbu tohoto modelu jsou průměrné denní teploty ( $\bar{T}$ ) pod  $0^{\circ}\text{C}$  a zároveň výskyt sněhových srážek (SNO) v extrémním dni. Dále by měla být přítomna předchozí sněhová pokrývka (SCE), vzniklá po prvním sněžení započatém v téže roce. Druhé sněžení přichází nejčastěji týden až více týdnů po prvním sněžení. První sněžení s sebou obvykle přináší klouzavé laviny, oproti tomu Druhé sněžení produkuje DESKOVÉ LAVINY. S tím souvisí ODTRH na hranici nového a starého sněhu. Také by se mělo jednat o sníh nesoudržný, tedy suchý. OBDOBÍ výskytu tohoto modelu v českých podmínkách je nejčastěji přelom listopadu a prosince, případně druhá polovina prosince. Kritérium nadmořské výšky (pro Alpy model platný od 2000 m.n.m.) pro Krkonoše zanedbáváme.

**Tabulka 2 - GM1 – Kritéria pro výběr modelu - světlé hodnoty značí malou pravděpodobnost výskytu modelu, čím tmavší je barva, tím větší pravděpodobnost výskytu modelu (platí pro všechny tabulky v této kapitole)**

MODEL GM 1 - DRUHÉ SNĚŽENÍ:					
ØT	[°C]	< -10	-10 ÷ -5	-5 ÷ 0	> 0
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
ØF	[m/s]	bezvětří	1 - 10	> 10	
Σ SRA	[mm]	0 - 10	10 - 20	20 - 50	> 50
Σ SNO	[cm]	< 5	5 - 15	15 - 30	> 30
L	[den]	> 5	5 - 14	14 - 21	> 21
ODTRH		v NS	hranice NS a SS	v SS	
DĚŠŤ		ANO	NE		
DESKOVÁ LAVINA		ANO	NE		
VLHKOST SNĚHU		suchý	mokrý	kombinace	
OBDOBÍ		říjen	listopad	prosinec	leden

### MODEL GM 3 – DĚŠŤ

Definice modelu GM 2 – Déšť je poměrně jednoznačná. Kritériem pro daný model je teplota (ØT) vyšší než 0°C, srážkový úhm (ΣSRA) ve formě DEŠŤĚ. Průvodním jevem dešťových srážek je MOKRÝ sníh.

**Tabulka 3 - GM 3**

MODEL GM 3 - DĚŠŤ:					
ØT	[°C]	< -10	-10 ÷ -5	-5 ÷ 0	> 0
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
ØF	[m/s]	bezvětří	1 - 10	> 10	
Σ SRA	[mm]	0 - 10	10 - 20	20 - 50	> 50
Σ SNO	[cm]	< 5	5 - 15	15 - 30	> 30
L	[den]	> 5	5 - 14	14 - 21	> 21
ODTRH		v NS	hranice NS a SS	v SS	
DĚŠŤ		ANO	NE		
DESKOVÁ LAVINA		ANO	NE		
VLHKOST SNĚHU		suchý	mokrý	kombinace	
OBDOBÍ		říjen	listopad - prosinec	leden	únor - duben



## MODEL GM 4 – CHLADNO PO TEPLU / TEPLU PO CHLADNU

Primárním a v podstatě jediným kritériem tohoto modelu je teplota ( $\varnothing T$ ) a její změny v čase ( $\Delta T$ ). Pomocí programu R byly zjištěny teplotní změny v rozmezí pěti až maximálně dvaceti pěti stupňů Celsia a postupně pro všechny extrémy dohledány teplotní změny v pětidenním a čtrnáctidenním předchozím období. Teplotní změny byly označeny obecně jako oteplení a ochlazení a byly spočítány s ohledem na možnost vyrušení maxima minimem a obráceně.

Tabulka 4 - GM 4

MODEL GM 4 - CHLADNO PO TEPLU/TEPLO PO CHLADNU:					
$\varnothing T$	[°C]	< -10	-10 ÷ -5	-5 ÷ 0	> 0
$\Delta T_{\text{oteplení}}$	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
$\Delta T_{\text{ochlazení}}$	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
$\varnothing F$	[m/s]	bezvětří	1 - 10	> 10	
$\Sigma SRA$	[mm]	0 - 10	10 - 20	20 - 50	> 50
$\Sigma SNO$	[cm]	< 5	5 - 15	15 - 30	> 30
L	[den]	> 5	5 - 14	14 - 21	> 21
ODTRH		v NS	hranice NS a SS	v SS	
DĚŠŤ		ANO	NE		
DESKOVÁ LAVINA		ANO	NE		
VLHKOST SNĚHU		suchý	mokrý	kombinace	
OBDOBÍ		říjen	listopad	prosinec	leden

## MODEL GM 5 – SNĚŽENÍ PO DELŠÍM CHLADNÉM OBDOBÍ

Veličiny dominující tomuto modelu jsou dlouhodobě nízké teploty ( $\varnothing T$ ), sněhové srážky ( $\Sigma SRA$ ,  $\Sigma SNO$ ) a silný vítr ( $\varnothing F$ ), který přemísťuje nový sníh. Tento model může nastat i v případě, že vane pouze silnější vítr. Silnější vítr není v alpských modelech blíže specifikován, v rámci této diplomové práce se uvažuje dle Beaufortovy stupnice stupeň 6, tedy silný vítr o rychlostech 10,8 – 13,9 m/s. Délka chladného období a teplotní rozptyl se v podkladech také neuvádí. Z popisovaných lavinových událostí vyplývá, že délka chladného období zhruba odpovídá čtrnácti dnům, může ale trvat i déle. Teploty v tomto období by neměly v dlouhodobém denním horizontu překročit 0°C.

**Tabulka 5 - GM 5**

MODEL GM 5 - SNĚŽENÍ PO DELŠÍM CHLADNÉM OBDOBÍ:					
∅T	[°C]	< -10	-10 ÷ -5	-5 ÷ 0	> 0
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
∅F	[m/s]	bezvětří	1 - 10	> 10	
Σ SRA	[mm]	0 - 10	10 - 20	20 - 50	> 50
Σ SNO	[cm]	< 5	5 - 15	15 - 30	> 30
L	[den]	> 5	5 - 14	14 - 21	> 21
ODTRH		v NS	hranice NS a SS	v SS	
DĚŠŤ		ANO	NE		
DESKOVÁ LAVINA		ANO	NE		
VLHKOST SNĚHU		suchý	mokrý	kombinace	
OBDOBÍ		říjen	listopad	prosinec	leden

### MODEL GM 6 – STUDENÝ NOVÝ SNÍH A VÍTR

Rozdíl mezi modely GM 5 a GM 6 je v tomto případě pouze v délce trvání chladného období, protože v případě této práce neuvažujeme volný nový sníh. Volný nový sníh nelze zařadit z důvodu nedostatku podkladů v historických meteorologických údajích. Délka chladného období ani teplotní rozpětí nejsou v alpských modelech přesně uvedeny, z modelových událostí je ale patrné, že se v případě modelu GM 6 jedná například o dva předchozí dny.

**Tabulka 6 - GM 6**

MODEL GM 6 - STUDENÝ NOVÝ SNÍH A VÍTR:					
∅T	[°C]	< -10	-10 ÷ -5	-5 ÷ 0	> 0
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
∅F	[m/s]	bezvětří	1 - 10	> 10	
Σ SRA	[mm]	0 - 10	10 - 20	20 - 50	> 50
Σ SNO	[cm]	< 5	5 - 15	15 - 30	> 30
L	[den]	> 5	5 - 14	14 - 21	> 21
ODTRH		v NS	hranice NS a SS	v SS	
DĚŠŤ		ANO	NE		
DESKOVÁ LAVINA		ANO	NE		
VLHKOST SNĚHU		suchý	mokrý	kombinace	
OBDOBÍ		říjen	listopad	prosinec	leden

## 6. VÝSLEDKY

### MODEL GM 1 – DRUHÉ SNĚŽENÍ

Hlavním pravidlem pro výskyt modelu GM 1 je roční období, respektive kalendářní měsíc. Tento model se vyskytuje pouze na začátku zimy, mohou sem tedy spadat jen tři modelované extrémy. Jedná se o den 31.1.1982, 29.12.1986 a 13.1.1987. Přitom dne 13.1.1987 se dle meteorologických údajů nevyskytoval vůbec žádný sníh, tento rok tedy lze rovnou vyloučit. Extrémní den 31.1.1982 se zase příliš odchyluje od stanoveného období výskytu modelu, navíc se v den extrému dle historických údajů nejedná o nové sněžení, ale spíše o přemísťování sněhu větrem. Nejblíže definici modelu je rok 1986, kdy napadlo v průběhu prosince 208 cm nového sněhu a uvolnily se převážně deskové laviny. Zároveň zde sněžilo i v den extrému.

**Tabulka 7 - GM1 - Klimatické poměry v den lavinové události (světlé hodnoty značí malou pravděpodobnost výskytu modelu, čím tmavší je barva, tím větší pravděpodobnost výskytu modelu (platí pro všechny tabulky v této kapitole)**

		KLIMATICKÉ POMĚRY V DEN EXTRÉMNÍ LAVINOVÉ UDÁLOSTI:						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-4,3	-8,5	-1,2	-21,2	3,2	3	-2,2
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	8	7	0	0	0	0	0
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	0	0	0	0	0	0	0
ØF	[m/s]	5,3	15	13,3	5	9,6	15,9	NA
Σ SRA	[mm]	0	2	36,1	0	3,9	23,9	17,9
Σ SNO	[cm]	0	20	40	0	0	0	16
SCE	[cm]	203	165	130	218	315	300	162
L	[den]	35	12	18	33	0	0	4
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

**Tabulka 8 - GM1 - Klimatické poměry 5 dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 5-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-10,58	-6,12	-9,5	-19,46	-4,48	-2,56	-1,18
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	15	7	7	0	9	10	5
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	0	0	8	14	6	6	6
ØF	[m/s]	8,28	7,74	8,98	9,72	8,84*	8,55	NA
Σ SRA	[mm]	16,7	57,5	20,1	12,6	27,3	14,7	94,2
Σ SNO	[cm]	26	59	80	34	15	5	33
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

**Tabulka 9 - GM 1 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 14-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-13,91	-4,28	-8,28	-12,73	-8,21	-7,45	-1,73
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	15	11	0	12	15	16	17
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	18	19	16	24	9	9	14
ØF	[m/s]	8,86	4,64	10,64	10,73	8,22*	8,34	NA
Σ SRA	[mm]	42,8	58,6	125,3	107,5	55,4	59	102,1
Σ SNO	[cm]	84	61	208	189	68	63	43
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

### MODEL GM 3 – DĚŠŤ

Tento model je definovaný prakticky pouze přítomností dešťové srážky. Tomuto kritériu vyhovují pouze extrémy, pozorované v roce 2005. V obou dnech byly teploty nad tři stupně Celsia a pršelo. Dne 18.3.2005 byla navíc většina lavin uvolněných bodovým odtrhem a téměř vždy se jednalo o laviny z mokrého sněhu. Nejvíce definici modelu GM 3 tedy vyhovuje extrém 18.3.2005.

**Tabulka 10 - GM 3 - Klimatické poměry v den lavinové události**

		KLIMATICKÉ POMĚRY V DEN EXTRÉMNÍ LAVINOVÉ UDÁLOSTI:						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
$\varnothing T$	[°C]	-4,3	-8,5	-1,2	-21,2	3,2	3	-2,2
$\Delta T_{\text{oteplení}}$	[°C]	8	7	0	0	0	0	0
$\Delta T_{\text{ochlazení}}$	[°C]	0	0	0	0	0	0	0
$\varnothing F$	[m/s]	5,3	15	13,3	5	9,6	15,9	NA
$\Sigma$ SRA	[mm]	0	2	36,1	0	3,9	23,9	17,9
$\Sigma$ SNO	[cm]	0	20	40	0	0	0	16
SCE	[cm]	203	165	130	218	315	300	162
L	[den]	35	12	18	33	0	0	4
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

**Tabulka 11 - GM 3 - Klimatické poměry 5dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 5-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
$\varnothing T$	[°C]	-10,58	-6,12	-9,5	-19,46	-4,48	-2,56	-1,18
$\Delta T_{\text{oteplení}}$	[°C]	15	7	7	0	9	10	5
$\Delta T_{\text{ochlazení}}$	[°C]	0	0	8	14	6	6	6
$\varnothing F$	[m/s]	8,28	7,74	8,98	9,72	8,84*	8,55	NA
$\Sigma$ SRA	[mm]	16,7	57,5	20,1	12,6	27,3	14,7	94,2
$\Sigma$ SNO	[cm]	26	59	80	34	15	5	33
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

**Tabulka 12 - GM 3 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 14-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-13,91	-4,28	-8,28	-12,73	-8,21	-7,45	-1,73
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	15	11	0	12	15	16	17
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	18	19	16	24	9	9	14
ØF	[m/s]	8,86	4,64	10,64	10,73	8,22*	8,34	NA
Σ SRA	[mm]	42,8	58,6	125,3	107,5	55,4	59	102,1
Σ SNO	[cm]	84	61	208	189	68	63	43
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

#### MODEL GM 4 – CHLADNO PO TEPLU / TEPLU PO CHLADNU

Kritéria pro model GM 4 splňují dva modelované roky, jedná se o dny 13.3.1971 a 31.1.1982. V obou zmiňovaných se jedná o prudké změny v posledních čtrnácti dnech před lavinovou událostí, a zároveň došlo ke změnám teplot i během extrémních dnů. V období předchozích pěti dnů se výrazně oteplilo a v den extrému teploty stále narůstaly.

**Tabulka 13 - GM 4 - Klimatické poměry v den lavinové události**

		KLIMATICKÉ POMĚRY V DEN EXTRÉMNÍ LAVINOVÉ UDÁLOSTI:						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-4,3	-8,5	-1,2	-21,2	3,2	3	-2,2
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	8	7	0	0	0	0	0
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	0	0	0	0	0	0	0
ØF	[m/s]	5,3	15	13,3	5	9,6	15,9	NA
Σ SRA	[mm]	0	2	36,1	0	3,9	23,9	17,9
Σ SNO	[cm]	0	20	40	0	0	0	16
SCE	[cm]	203	165	130	218	315	300	162
L	[den]	35	12	18	33	0	0	4
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

**Tabulka 14 - GM 4 - Klimatické poměry 5 dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 5-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-10,58	-6,12	-9,5	-19,46	-4,48	-2,56	-1,18
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	15	7	7	0	9	10	5
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	0	0	8	14	6	6	6
ØF	[m/s]	8,28	7,74	8,98	9,72	8,84*	8,55	NA
Σ SRA	[mm]	16,7	57,5	20,1	12,6	27,3	14,7	94,2
Σ SNO	[cm]	26	59	80	34	15	5	33
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

**Tabulka 15 - GM 4 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 14-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-13,91	-4,28	-8,28	-12,73	-8,21	-7,45	-1,73
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	15	11	0	12	15	16	17
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	18	19	16	24	9	9	14
ØF	[m/s]	8,86	4,64	10,64	10,73	8,22*	8,34	NA
Σ SRA	[mm]	42,8	58,6	125,3	107,5	55,4	59	102,1
Σ SNO	[cm]	84	61	208	189	68	63	43
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

### MODEL GM 5 – SNĚŽENÍ PO DELŠÍM CHLADNÉM OBDOBÍ

Při určování tohoto modelu nejvíce závisí na síle větru a dlouhodobě chladném předchozím období. Tento model se vyskytuje nejčastěji v prosinci až lednu. Tato kritéria nejlépe splňuje extrémní lavinová událost, která nastala 13.1.1987. Síla větru v předchozím období přesáhla rychlost 10 m/s. Maximální průměrné teploty v předchozích čtrnácti dnech dosahují -12, 73°C, v pětidenním průměru dokonce -19,46°C. Chladné období k tomuto dnu trvalo celkově třicet tři dní. Laviny se uvolnily převážně deskové suché.

Další událostí, blíží se definici tohoto modelu, je extrémní den 29.12.1986, kdy síla větru také překročila hranici deseti metrů za sekundu a chladné dny se vyskytovaly osmnáct dní před lavinovou událostí. V den extrému byla dokonce naměřena síla větru 13,3 m/s. Během čtrnácti dní napadlo přes dva metry nového sněhu a uvolňovali se převážně laviny deskové. Teplota sice nedosahovala hodnot předchozího roku, ale byla průměrně téměř -10°C, tento rok lze tedy také zahrnout pod model GM 5.

**Tabulka 16 - GM 5 - Klimatické poměry v den lavinové události**

		KLIMATICKÉ POMĚRY V DEN EXTRÉMNÍ LAVINOVÉ UDÁLOSTI:						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-4,3	-8,5	-1,2	-21,2	3,2	3	-2,2
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	8	7	0	0	0	0	0
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	0	0	0	0	0	0	0
ØF	[m/s]	5,3	15	13,3	5	9,6	15,9	NA
Σ SRA	[mm]	0	2	36,1	0	3,9	23,9	17,9
Σ SNO	[cm]	0	20	40	0	0	0	16
SCE	[cm]	203	165	130	218	315	300	162
L	[den]	35	12	18	33	0	0	4
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen



**Tabulka 17 - GM 5 - Klimatické poměry 5 dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 5-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-10,58	-6,12	-9,5	-19,46	-4,48	-2,56	-1,18
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	15	7	7	0	9	10	5
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	0	0	8	14	6	6	6
ØF	[m/s]	8,28	7,74	8,98	9,72	8,84*	8,55	NA
Σ SRA	[mm]	16,7	57,5	20,1	12,6	27,3	14,7	94,2
Σ SNO	[cm]	26	59	80	34	15	5	33
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

**Tabulka 18 - GM 5 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 14-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-13,91	-4,28	-8,28	-12,73	-8,21	-7,45	-1,73
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	15	11	0	12	15	16	17
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	18	19	16	24	9	9	14
ØF	[m/s]	8,86	4,64	10,64	10,73	8,22*	8,34	NA
Σ SRA	[mm]	42,8	58,6	125,3	107,5	55,4	59	102,1
Σ SNO	[cm]	84	61	208	189	68	63	43
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

## MODEL GM 6 – STUDENÝ NOVÝ SNĚH A VÍTR

Oproti modelu GM 5 je zde kladen důraz na předchozí krátkodobou změnu počasí. Vyloženě krátký časový interval chladného období v případě vybraných extrémů není k vidění. Alespoň tedy ne takový, který by splňoval všechna ostatní kritéria modelu. Nejvíce se svými hodnotami přibližuje extrémní den 31.1.1982, kdy chladné období trvalo 12 dní, teploty v těchto dnech se pohybovaly pod -4°C a

padaly převážně suché deskové laviny s odtrhem na hranici nového a starého sněhu. Navíc průměrná rychlost větru ke dni extrému byla 15 m/s.

**Tabulka 19 - GM 6 -Klimatické poměry v den lavinové události**

		KLIMATICKÉ POMĚRY V DEN EXTRÉMNÍ LAVINOVÉ UDÁLOSTI:						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-4,3	-8,5	-1,2	-21,2	3,2	3	-2,2
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	8	7	0	0	0	0	0
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	0	0	0	0	0	0	0
ØF	[m/s]	5,3	15	13,3	5	9,6	15,9	NA
Σ SRA	[mm]	0	2	36,1	0	3,9	23,9	17,9
Σ SNO	[cm]	0	20	40	0	0	0	16
SCE	[cm]	203	165	130	218	315	300	162
L	[den]	35	12	18	33	0	0	4
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

**Tabulka 20 - GM 6 - Klimatické poměry 5 dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 5-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-10,58	-6,12	-9,5	-19,46	-4,48	-2,56	-1,18
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	15	7	7	0	9	10	5
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	0	0	8	14	6	6	6
ØF	[m/s]	8,28	7,74	8,98	9,72	8,84*	8,55	NA
Σ SRA	[mm]	16,7	57,5	20,1	12,6	27,3	14,7	94,2
Σ SNO	[cm]	26	59	80	34	15	5	33
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

**Tabulka 21 - GM 6 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí**

		DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI, 14-ti denní horizont						
		13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
ØT	[°C]	-13,91	-4,28	-8,28	-12,73	-8,21	-7,45	-1,73
ΔT <sub>oteplení</sub>	[°C]	15	11	0	12	15	16	17
ΔT <sub>ochlazení</sub>	[°C]	18	19	16	24	9	9	14
ØF	[m/s]	8,86	4,64	10,64	10,73	8,22*	8,34	NA
Σ SRA	[mm]	42,8	58,6	125,3	107,5	55,4	59	102,1
Σ SNO	[cm]	84	61	208	189	68	63	43
ODTRH		NS/SS	NS/SS	NS	NS	NS/SS	NS/SS	NS/SS
DĚŠŤ		NE	NE	NE	NE	ANO	ANO	NE
DESKOVÁ LAVINA		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
VLHKOST SNĚHU		suchý	suchý	kombinace	suchý	suchý	mokrý	suchý
OBDOBÍ		březen	leden	prosinec	leden	březen	březen	březen

## 7. DISKUZE

### LAVINOVÁ SITUACE 13.3.1971

V zimním období na přelomu roku 1970 a 1971 spadlo celkem třicet sedm lavin. Extrémem byl zvolen 13. březen 1971, kdy se během jednoho dne uvolnilo dvacet jedna lavin. Laviny v tento den byli většinou měkké deskové, tedy s čárovým odtrhem. Ve většině případů se jednalo o laviny povrchové, odtržené na pomezí nové (NS) a staré (SS) vrstvy sněhu. Laviny tvořil buď suchý sníh, nebo kombinace mokrého a suchého sněhu. Tvar dráhy laviny byla nejčastěji kombinace plošné a žlabové laviny a jednalo se především o laviny klouzající (tekoucí). Dle tvaru částic sněhu dominoval čistý sněhový nános zaokrouhlených hrud. Všechny laviny v tomto dni se odtrhly samovolně.

V předchozích třech dnech ode dne extrému jsou evidovány tři sesuvy a v pěti následujících dnech dalších devět lavinových událostí. Z meteorologických údajů lze vyčíst, že se průměrné teploty v předchozích pěti dnech pohybovaly okolo -10°C, v předešlých čtrnácti dnech dokonce těsně pod -14°C. Z modelování, provedeném v programu R, je vidět, že před extrémním dnem došlo dokonce dvakrát v průběhu čtrnácti dní k oteplení o více než 10°C (až o 15°C). Zajímavé na tomto roce je, že

teploty přitom ani jednou nepřekročily hranici 0°C. V popisu modelu GM 4 se neuvádí, zda je překročení této hranice pro model podstatné, obecně se ale předpokládá, že sněhová struktura se mění právě při přechodu této hranice. Není tedy jisté, zda se dá tento rok považovat za relevantní v posuzování modelu GM 4.

#### LAVINOVÁ SITUACE 31.1.1982

V zimním období let 1981/82 se uvolnilo celkem dvacet sedm lavin. Nejvyšší výskyt byl dne 31. ledna 1982, kdy spadlo celkem sedmnáct lavin. Jednalo se stejně jako v předchozím modelovaném roce o laviny deskové – měkké, s povrchovým odtrhem na hranici NS a SS. Laviny byly tvořeny suchým sněhem jak v místě odtrhu, tak v nánosu. Jednalo se jak o laviny žlabové a plošné, tak o jejich kombinaci. Většina lavin byla klouzajících s čistým sněhovým nánosem, tvořeným malými hranatými kvádry. Všechny tyto laviny se uvolnily samovolně.

Tato extrémní situace nejlépe odpovídá popisu alpského modelu GM 4 – Chladno po teplu/teplu po chladnu. Ve všech pozorovaných periodách se vyskytovaly prudké změny teplot. Ve čtrnáctidenním sledovaném období se ochladilo až o 18°C, v den lavinového extrému bylo zjištěno naopak oteplení o 7°C.

Tomuto roku zároveň svými charakteristikami odpovídá model GM 6 – Studený nový sníh a vítr. V období dvanácti dnů před extrémem převládalo chladné počasí s teplotami průměrně pod -8°C, vál silný vítr rychlosti až 15 m/s a suché deskové laviny se uvolňovaly na pomezí starého a nového sněhu.

Pro tento den byl také zvažován návrh modelu GM 1 – Druhé sněžení, prakticky všechna kritéria situaci odpovídala, ale vzhledem k termínu na konci ledna bylo od této varianty upuštěno.

#### LAVINOVÉ SITUACE 29.12.1986 a 13.1.1987

V modelovaném roce 1986/87 se z celkového počtu padesát sedm lavin vyskytly dva extrémní dny. Dne 29. prosince 1986 se uvolnilo celkem třináct lavin. Dne 13. ledna 1987 spadlo lavin dvacet pět. V obou případech se jednalo převážně o deskové laviny, zároveň se uvolnilo i několik bodových lavin. Nejvíce odtrhů bylo

povrchových ve vrstvě nového sněhu. V případě prosincového termínu bylo vlhkostní složení sněhu kombinované (suchý a mokrá sněž) jak v odtrhové zóně, tak v nános. V lednovém dni dominoval sníh suchý v obou případech. Typ pohybu sněhové masy byl nejčastěji klouzající, v lednu spadlo zároveň velké množství prachových lavin. Zatímco v prosinci převažovaly v nános částice tvaru malých kvádrů, v lednu dominovaly velké hranaté kvádry. V obou případech převažoval čistý sněhový nános, ačkoliv v lednu spadlo velké množství lavin s příměsí kosodřevin a stromů. Všechny lavinové události byly vyvolány samovolně.

První extrém odpovídá přibližně modelu GM 1 – Druhé sněžení. Teploty se držely pod 0°C a v předchozích pěti dnech napadlo 59 cm nového sněhu. Celková výška sněhu činila 130 cm a deskové laviny se převážně uvolňovaly ve vrstvě nového sněhu. Navíc termín odpovídá i obdobím, model GM 1 se nejvíce objevuje na začátku zimního období, což v českých podmínkách zhruba odpovídá listopadu a prosinci. Problémem v zařazení tohoto extrému je pravděpodobnost úplného odtátí sněhu, vzniklého prvním sněžením. V takovém případě by se tento den blížil spíše prvnímu sněžení, ačkoliv při tom se uvolňují spíše klouzavé laviny a ostatní charakteristiky také příliš neodpovídají.

Naproti tomu extrémní lavinová situace dne 13.1.1987 plně odpovídá modelu GM 5 – Sněžení po delším chladném období. Délka chladného období je v tomto případě 33 dní, převažující průměrné teploty nízké, s minimem až -21, 2°C. Spadlé laviny tvoří převážně laviny suché deskové a období v půli ledna také sedí k tomuto modelu.

### LAVINOVÉ SITUACE 17.3. a 18.3.2005

V tomto období spadlo celkem sedmdesát čtyři lavin. Nejčetnější výskyt byl ve dnech 17. a 18. března 2005. V prvním případě se uvolnilo čtrnáct lavin, ve druhém deset. Ačkoliv se jedná o dva po sobě jdoucí dny, povaha lavin byla značně rozdílná. Jediným společným rysem je povrchový odtrh na pomezí NS a SS, dále pak samovolný odtrh. V prvním dni převažovaly deskové laviny, ve dni následujícím se jednalo hlavně o odtrhy bodové a smíšené. 17.3. šlo jen o laviny ze suchého sněhu, 18.3. se vyskytly pouze laviny mokré a kombinované. Tvary dráhy lavin byly v obou případech proměnlivé. Charakter pohybu lavin v prvním dni byl nejčastěji vířivý (prachové laviny), naopak 18.3. byly všechny pády klouzající. 17.3.

dominovaly v nánosu hranaté kvádry, v následujícím dni byly částice zaokrouhlené. 17.3. byl lavinový nános více s příměsí kosodřeviny a stromů, oproti čistému sněhovému nánosu v případě dalšího dne.

Situace dne 18.3.2005 je typická pro model GM 3 – Déšť. V předchozích čtrnácti dnech se oteplilo o více než 15°C, v tomto období také napadlo přes 100 mm dešťových srážek. Celková výška sněhu byla v době extrémní lavinové situace na 300 m. Přibližně týden před extrémem začala sněhová pokrývka navíc odtávat.

V předchozím extrémním dnu byla situace obdobná, ale překvapivě byl sníh v oblasti odtrhu i následně v nánosu vyhodnocen jako suchý, déšť se tedy začal projevovat až druhý den. Extrém 17.3.2005 bych proto hodnotila jako kombinaci modelu GM 4 a GM 3.

#### LAVINOVÁ SITUACE 2.3.2008

V modelovaném roce 2007/08 spadlo celkem třicet dva lavin, z toho čtrnáct dne 2. března 2008. Jednalo se o laviny převážně smíšených odtrhů s povrchovým odtrhem na mezi NS a SS. Dominují laviny suché se žlabovým tvarem dráhy. Pohyb lavin výhradně tekoucí se zaokrouhlenými částicemi, případně beztvarym nánosem. Vlhkost lavinového nánosu v tomto případě neodpovídá vlhkosti v místě odtrhu. V místě odtrhu se jednalo téměř výhradně o suché laviny, v nánosu převažuje kombinace obou typů sněhu. Jednalo se ve všech případech o laviny samovolně odtržené s čistým sněhovým nánosem.

Tento extrém není lehké zařadit. Jeví se na první pohled jako GM 3 – Déšť, ale přitom teploty v tento den i ve dnech předchozích se pohybují pod 0°C. Srážky ale padaly zjevně mokré sněhové, možná s příměsí deště. Modelované období odpovídá témuž modelu. Jediný faktor, který vybočuje z řady, je zde vlhkost sněhu. Laviny byly v místě odtrhu téměř výhradně suché. Avšak v místě nánosu už se jednalo o kombinaci obou typů vlhkosti sněhu. Modelovanou situaci proto vyhodnocuji jako GM 3.

**Tabulka 22 - Rozdělení lavinových pádů v konkrétních dnech podle obecných lavinových charakteristik**

DĚLENÍ LAVINOVÝCH PÁDŮ V EXTRÉMních DNECH:								
FORMA ODTRHU LAVINY - A	DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI							
	13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008	
1 - bodový odtrh			3	7		2		
2 - čárový odtrh	1		6	16	4	1	2	desková lavina
3 - čárový odtrh	16	17		1	9	1	1	desková lavina měkká
4 - čárový odtrh	2						1	desková lavina tvrdá
5 - pád převěje	2		4	1	1	1	2	
6 - smíšené formy						5	8	

PLOCHA SKLUZNÉHO HORIZONTU - B	DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI							
	13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008	
1 - povrchová lavina	16	14	1	5	12	10	14	odtrh na rozmení NS a SS
2 - povrchová lavina	3	3	12	12	2			odtrh v NS
3 - povrchová lavina								odtrh ve SS
8 - povrchová lavina	1							kombinace odtrhu v NS i SS
4 - základová lavina								
7 - kombinace	1			8				

VLHKOST SNĚHU V ODTRHOVÉ ZÓNĚ - C	DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI						
	13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
1 - suchý sníh	15	17		25	14		11
2 - mokrý sníh						6	
3 - kombinace	6		13			4	3

TVAR DRÁHY LAVINY - D	DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI						
	13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
1 - plošná lavina	5	5	4	6	5	4	3
2 - žlabová lavina	5	7	5	3	4	2	7
7 - kombinace	11	5	4	16	5	4	4

TYP POHYBU LAVINY - E	DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI						
	13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
1 - vířící vzduchem		4	2	8	7		
2 - klouzající	20	10	11	13	6	10	14
7 - kombinace	1	3		4	1		

prachová lavina  
(tekoucí)

TVAR ČÁSTIC LAVINOVÉHO NÁNOSU - F	DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI						
	13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
1 - hrubý nános	1			8		1	
2 - hrubý nános	3	10	1	15	10		1
3 - hrubý nános	8	2	12	1		9	7
4 - drobný beztvarý nános	5	5		1	4		6
5 - kombinace částic	4						

velké hranaté kvádry  
malé hranaté kvádry  
zaokrouhlené hroudy  
  
(hrubý i jemný nános)

VLHKOST LAVINOVÉHO NÁNOSU - H	DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI						
	13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
1 - suchý sníh	15	16		24	13		1
2 - mokrý sníh			1	1	1	2	
3 - kombinace	6	1	12			8	13

MATERIÁL LAVINOVÉHO NÁNOSU - G	DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI						
	13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
1 - čistý sněhový nános	9	13	10	14	5	3	10
2 - nános s příměsí	5	3	2	2		6	4
3 - nános s příměsí			2			1	
4 - nános s částmi	7	1	1	9	9		
5 - nános s částmi							

kamení a zeminy  
kosodřeviny a stromů  
staveb a konstrukcí

PŘÍČINA VZNIKU LAVINY - J	DATUM LAVINOVÉ UDÁLOSTI						
	13.3.1971	31.1.1982	29.12.1986	13.1.1987	17.3.2005	18.3.2005	2.3.2008
1 - samovolná	21	17	13	25	14	10	14
2 - uměle vyvolaná							



## 8. ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá analýzou databáze historických lavinových pádů v Krkonoších v letech 1962 – 2014 a jejím cílem je vybrat z databáze extrémní případy pádů lavin. Dále pak posoudit jejich závislost na předchozích meteorologických podmínkách a porovnat příčiny pádů těchto lavin s alpskými modely, které v rakouských Alpách napomáhají vyhodnocování stupně lavinového nebezpečí.

Práce se soustředí na oblast pohoří Krkonoše, pracuje s místními podmínkami a snaží se definovat jejich specifické odlišnosti oproti alpským lokalitám. Využívá k tomu meteorologických charakteristik, jako jsou teplota, rychlost větru, srážkový úhrn, výška nového sněhu a celková výška sněhu. Dále stanovuje okrajové hodnoty, definující určitý konkrétní alpský model. Těmito kritérii jsou místo a způsob odtrhu laviny, déšť, vlhkost sněhu a období kalendářního roku.

Pomocí takto stanovených hodnot je snaha získat přibližnou představu o situacích, které zapříčinily lavinové události v extrémních letech. Data byla zpracována pomocí programu Excel a pomocí statistického vyhodnocovacího programu R.

Výsledkem diplomové práce je zhodnocení extrémních lavinových událostí spolu s jejich pravděpodobnými meteorologickými příčinami, komparace s vybranými alpskými modely a nástin modelu k získání potřebných informací.

Práce pomáhá objasnit příčiny pádů lavin a nabízí možnost, jak lze takové situace předvídat a srovnávat pomocí jednoduchého tabulkového modelu.

Pomocí této diplomové práce bylo zjištěno, že ačkoli jsou Krkonoše v porovnání s Alpami velmi rozdílné, lze na ně aplikovat některé alpské modely lavinového nebezpečí s ohledem na rozdílnost zkoumaného pohoří.

Navržená kritéria na základě uvedených charakteristik odpovídala alpským modelům GM. Na základě získaných dat lze modely využít jako pomocné k vyhlášení stupně lavinového nebezpečí.

## 9. POUŽITÁ LIT.

### 9.1. KNIŽNÍ ZDROJE A ODBORNÉ ČLÁNKY

COLBECK, S. C., AKITAYA, E., ARMSTRONG, R., GUBLER, H., LAFEUILLE, J., LIED, K., McCLUNG, D., MORRIS, E., (1990). The international classification for seasonal snow on the ground. International Commission of Snow and Ice of IAHS. USACRREL, CECRL-IB, Hanover, NH 03755-1290.

GADEK B., GRABIEC M., RAČZKOWSKA Y., MACIATA A.: Variability of the snow avalanche danger in the tatra mountains during the past nine decades, Institut of Spatial Organization Polish Academy of Sciences, 2016.

KOCIÁNOVÁ, Milena. Laviny v Krkonoších: příroda, katastr, historie, prevence, záchrana. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 2013. ISBN 9788086418971.

KOŘÍZEK, V., (2006). Laviny - prevence. In: [www.alpy4000.cz](http://www.alpy4000.cz) [online]. Dostupné z: <http://www.alpy4000.cz/soubory/prevence.pdf>. Dostupné dne: 17.4.2017

KOŘÍZEK, V., (2006). Laviny - strategie. In: [www.alpy4000.cz](http://www.alpy4000.cz) [online]. Dostupné z: <http://www.alpy4000.cz/soubory/strategie.pdf>. Dostupné dne: 17.4.2017

KOŘÍZEK, V., (2006). Laviny - záchrana. In: [www.alpy4000.cz](http://www.alpy4000.cz) [online]. Dostupné z: <http://www.alpy4000.cz/soubory/zachrana.pdf>. Dostupné dne: 17.4.2017

MAIR, Rudi a Patrick NAIRZ. Lavina: 10 rozhodujících modelů pro identifikaci lavinového nebezpečí: praktická příručka. Praha: Alpy, 2012. ISBN 978-80-85613-60-5.

SINGH, P., SINGH, V., (2011). Snow and glacier hydrology. Kluwer Academic Publisher, London, 742p.

ŠTURSA J., JENÍK J. & VÁŇA J. 2010: Alpínská hranice lesa v Krkonoších a v pohoří Abisko. Opera Cor- contica 47: 129–164

## 9.2. INTERNETOVÉ ZDROJE

<https://nsidc.org>

<http://laviny.info>

[www.laviny.sk](http://www.laviny.sk)

[www.lawine.at](http://www.lawine.at)

[www.horskasluzba.cz](http://www.horskasluzba.cz)

[www.lezec.cz](http://www.lezec.cz)

[www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)

[www.alpy4000.cz](http://www.alpy4000.cz)

[www.slt.ch](http://www.slt.ch)

[www.krnap.cz](http://www.krnap.cz)

## 10. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Souhrnná tabulka užitých hodnot .....	45
Tabulka 2 - GM1 – Kritéria pro výběr modelu .....	47
Tabulka 3 - GM 3.....	47
Tabulka 4 - GM 4.....	48
Tabulka 5 - GM 5.....	49
Tabulka 6 - GM 6.....	49
Tabulka 7 - GM1 - Klimatické poměry v den lavinové události.....	50
Tabulka 8 - GM1 - Klimatické poměry 5 dní před lavinovou událostí.....	51

---

Tabulka 9 - GM 1 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí.....	51
Tabulka 10 - GM 3 - Klimatické poměry v den lavinové události .....	52
Tabulka 11 - GM 3 - Klimatické poměry 5dní před lavinovou událostí.....	52
Tabulka 12 - GM 3 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí.....	53
Tabulka 13 - GM 4 - Klimatické poměry v den lavinové události .....	53
Tabulka 14 - GM 4 - Klimatické poměry 5 dní před lavinovou událostí.....	54
Tabulka 15 - GM 4 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí.....	54
Tabulka 16 - GM 5 - Klimatické poměry v den lavinové události .....	55
Tabulka 17 - GM 5 - Klimatické poměry 5 dní před lavinovou událostí.....	56
Tabulka 18 - GM 5 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí.....	56
Tabulka 19 - GM 6 -Klimatické poměry v den lavinové události .....	57
Tabulka 20 - GM 6 - Klimatické poměry 5 dní před lavinovou událostí.....	57
Tabulka 21 - GM 6 - Klimatické poměry 14 dní před lavinovou událostí.....	58
Tabulka 22 - Rozdělení lavinových pádů v konkrétních dnech.....	62

## 11. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Zlomkový sníh a jeho značka (Kořízek, 2006).....	4
Obrázek 2 - Okrouhlozrnitý sníh a jeho značka (Kořízek, 2006) .....	4
Obrázek 3 – Princip výstavbové přeměny (Kořízek, 2006) .....	5
Obrázek 4 - Hranatozrnitý sníh a jeho značka (Kořízek, 2006).....	5
Obrázek 5 - Pohárkový sníh a jeho značka (Kořízek, 2006) .....	6
Obrázek 6 - Firn a jeho značka (Kořízek, 2006).....	7
Obrázek 7: Schéma průběhu laviny - pásma ( <a href="http://www.alpy4000.cz">www.alpy4000.cz</a> ) .....	8
Obrázek 8 - Ukázka grafu měření tvrdosti sněhu (Kořízek, 2006).....	11
Obrázek 9 - Ukázka testu stability(Kořízek, 2006).....	11
Obrázek 10 - Vrstva nestabilního sněhu ( <a href="http://www.lezec.cz">www.lezec.cz</a> ) .....	14
Obrázek 11 - Složení vrstev deskové laviny ( <a href="http://www.horskaslužba.cz">www.horskaslužba.cz</a> ) .....	17
Obrázek 12 - Základová lavina ( <a href="http://www.alpy4000.cz">www.alpy4000.cz</a> ) .....	18

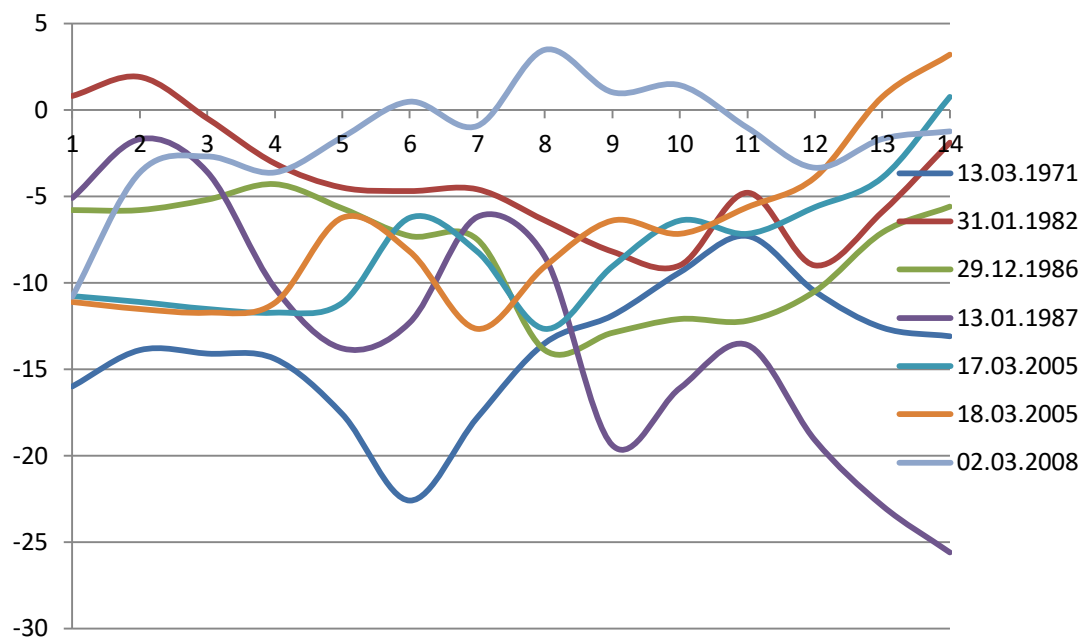
---

Obrázek 13 - Stupně lavinového nebezpečí ( <a href="http://www.alpin.de">www.alpin.de</a> ) .....	21
Obrázek 14 - Bavorská matice (Kořízek, 2006) .....	23
Obrázek 15 - GM 1 ( <a href="http://www.lawine.tirol.gv.at">www.lawine.tirol.gv.at</a> ).....	25
Obrázek 16 - GM 2 ( <a href="http://www.lawine.tirol.gv.at">www.lawine.tirol.gv.at</a> ).....	25
Obrázek 17 - GM 3 ( <a href="http://www.lawine.tirol.gv.at">www.lawine.tirol.gv.at</a> ).....	26
Obrázek 18 - GM 4 ( <a href="http://www.lawine.tirol.gv.at">www.lawine.tirol.gv.at</a> ).....	27
Obrázek 19 - GM 5 ( <a href="http://www.lawine.tirol.gv.at">www.lawine.tirol.gv.at</a> ).....	27
Obrázek 20 - GM 6 ( <a href="http://www.lawine.tirol.gv.at">www.lawine.tirol.gv.at</a> ).....	28
Obrázek 21 - GM 7 ( <a href="http://www.lawine.tirol.gv.at">www.lawine.tirol.gv.at</a> ).....	29
Obrázek 22 – GM 8 ( <a href="http://www.lawine.tirol.gv.at">www.lawine.tirol.gv.at</a> ).....	30
Obrázek 23 - GM 9 ( <a href="http://www.lawine.tirol.gv.at">www.lawine.tirol.gv.at</a> ).....	31
Obrázek 24 - GM 10 .....	32
Obrázek 26 - Struktura RAMMS modelu ( <a href="http://www.slf.ch">www.slf.ch</a> ) .....	35
Obrázek 25 - Ukázka prostředí modelu RAMMS ( <a href="http://www.slf.ch">www.slf.ch</a> ) .....	36
Obrázek 27 - Modelová stupnice dle Bogdana Gadka (Gadek, 2016) .....	37
Obrázek 28 - Lavinový katastr Krkonoš ( <a href="http://www.horskaslužba.cz">www.horskaslužba.cz</a> ).....	38
Obrázek 29 - Lavinové dráhy západních Krkonoš (zleva Kotelní jámy, Labský důl) .....	42
Obrázek 30 - Lavinové dráhy východních Krkonoš (Bílé Labe, Dlouhý důl) .....	42
Obrázek 31 - Lavinové dráhy východních Krkonoš (Modrý důl, Obří důl).....	43

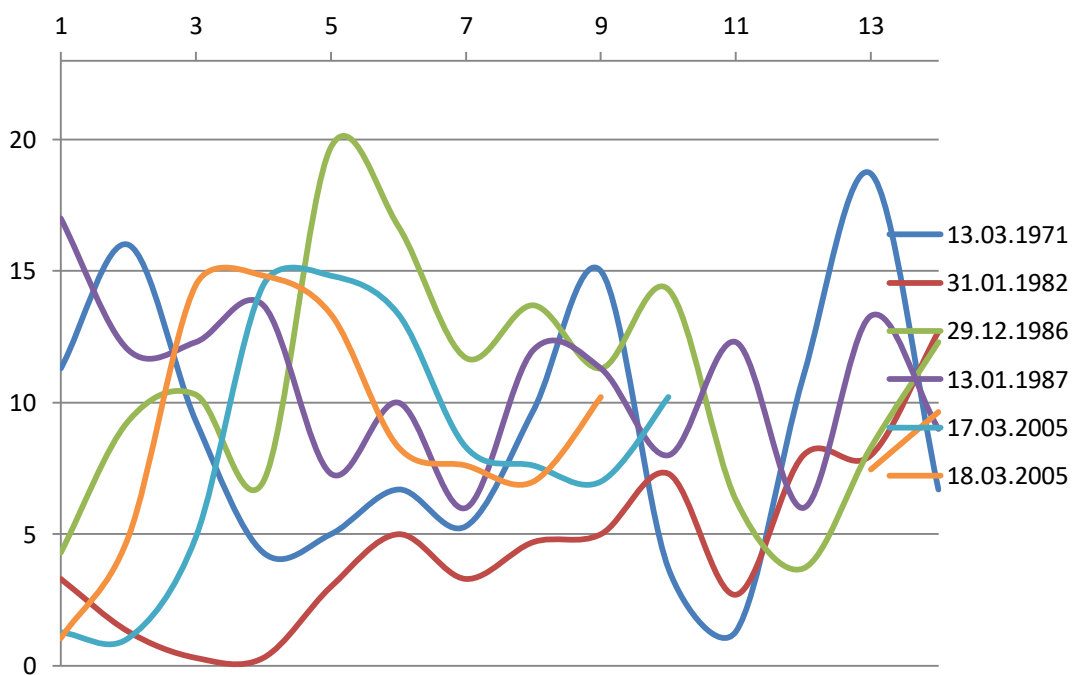
## 12. SEZNAM PŘÍLOH

### 12.1. VÝSLEDNÉ GRAFY

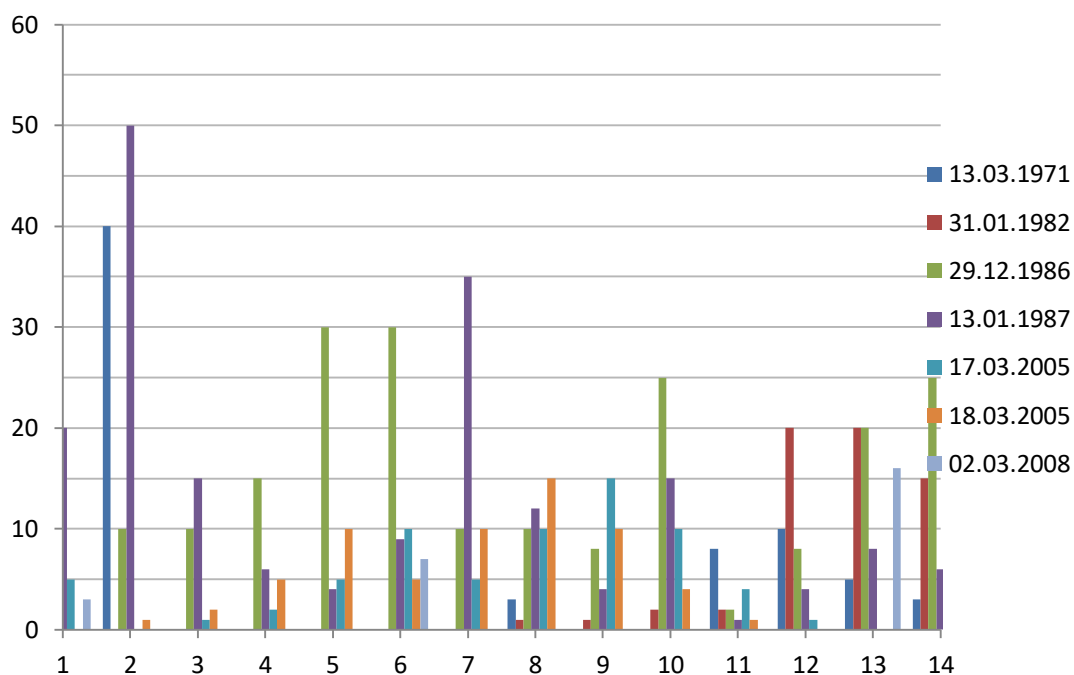
#### Teploty [°C] - předchozích 14 dní



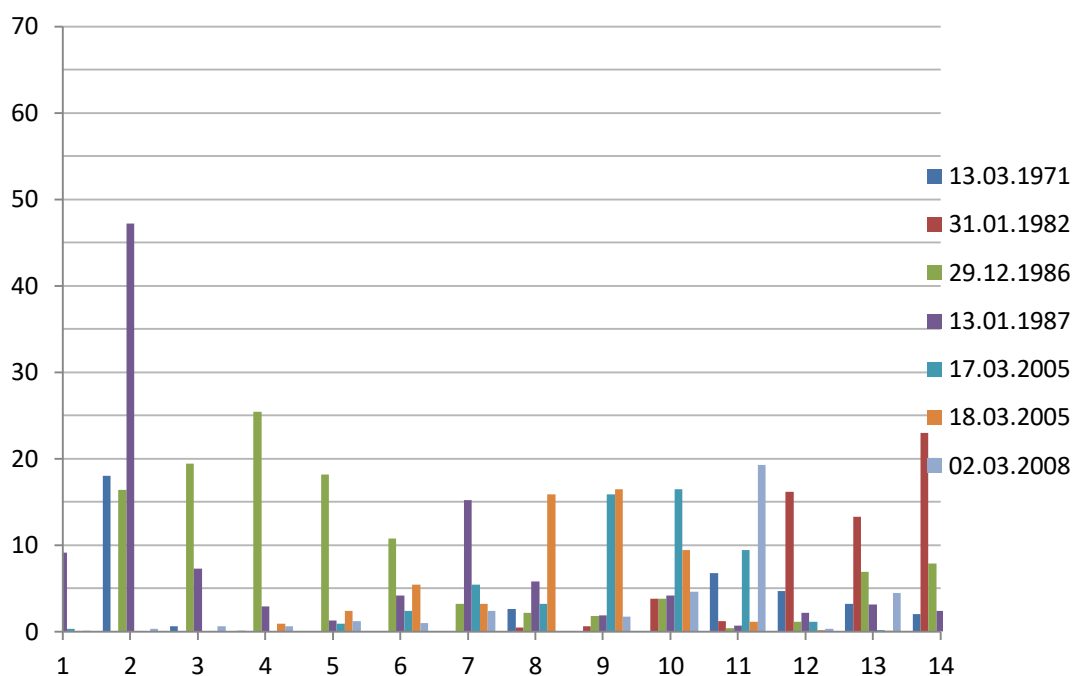
#### Rychlost větru [m/s] - předchozích 14 dní



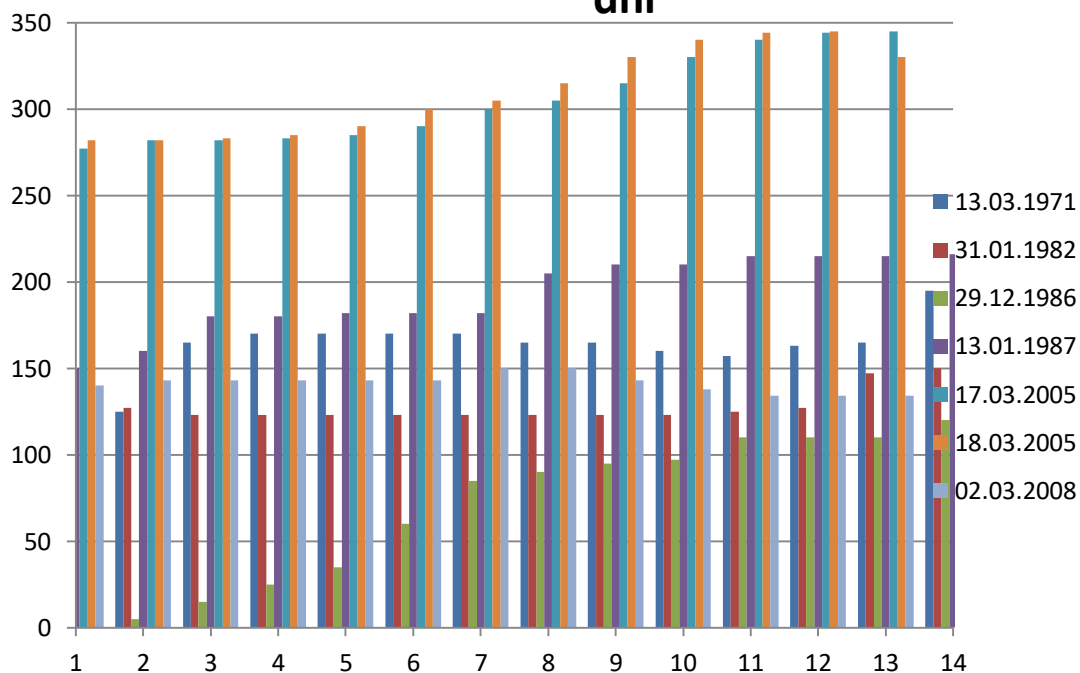
## Nový sníh [cm] - předchozích 14 dní



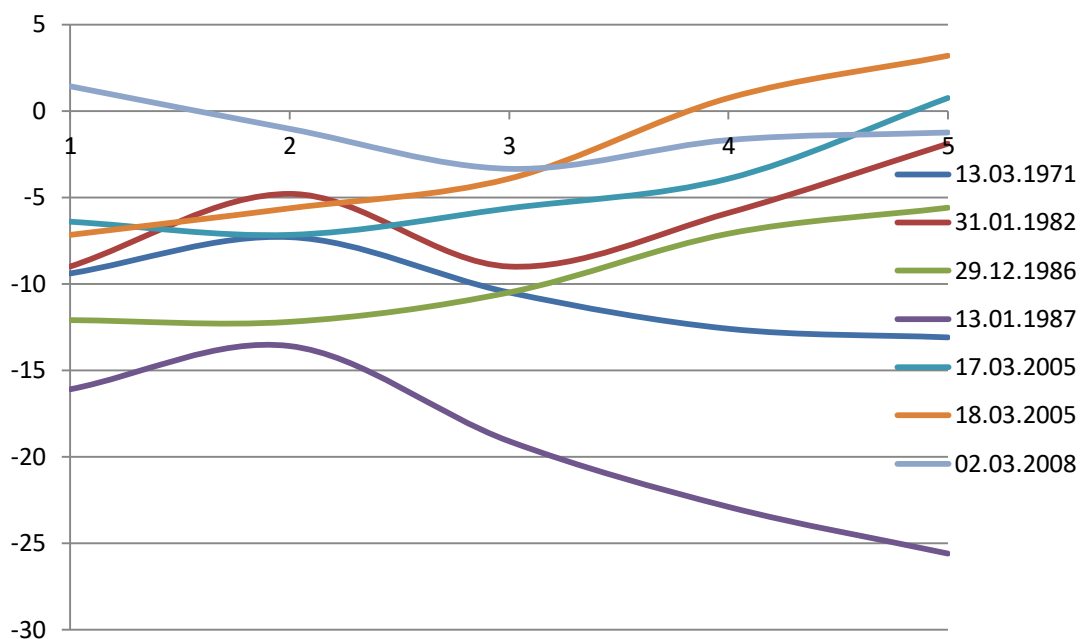
## Srážky [mm] - předchozích 14 dní



## Celková výška sněhu [cm] - předchozích 14 dní

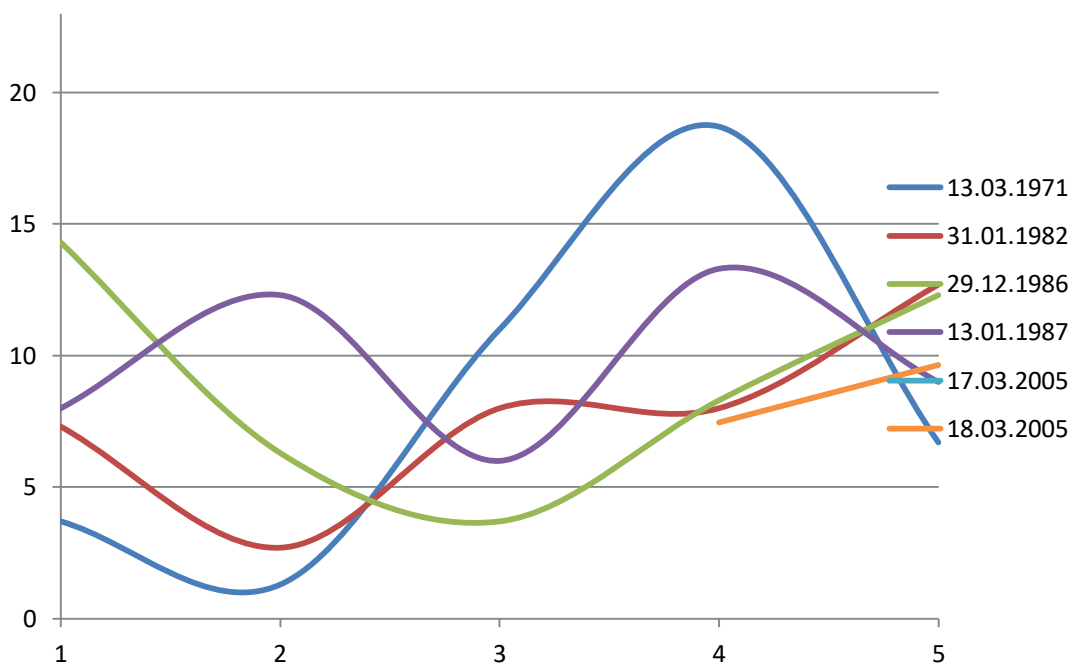


## Teploty [°C] - předchozích 5 dní

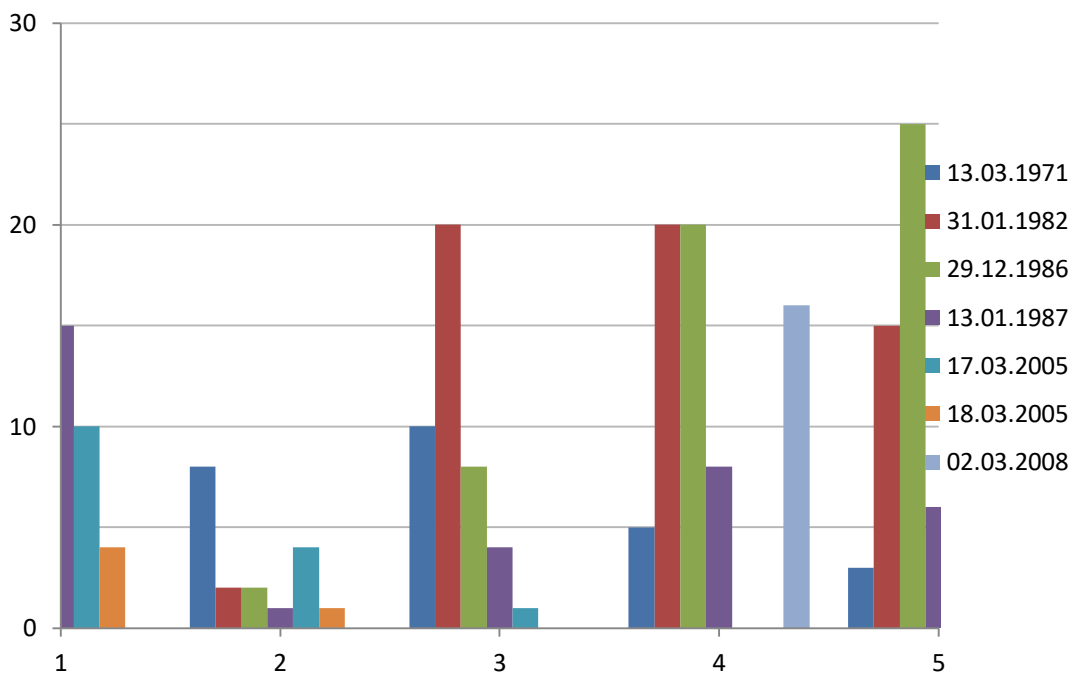




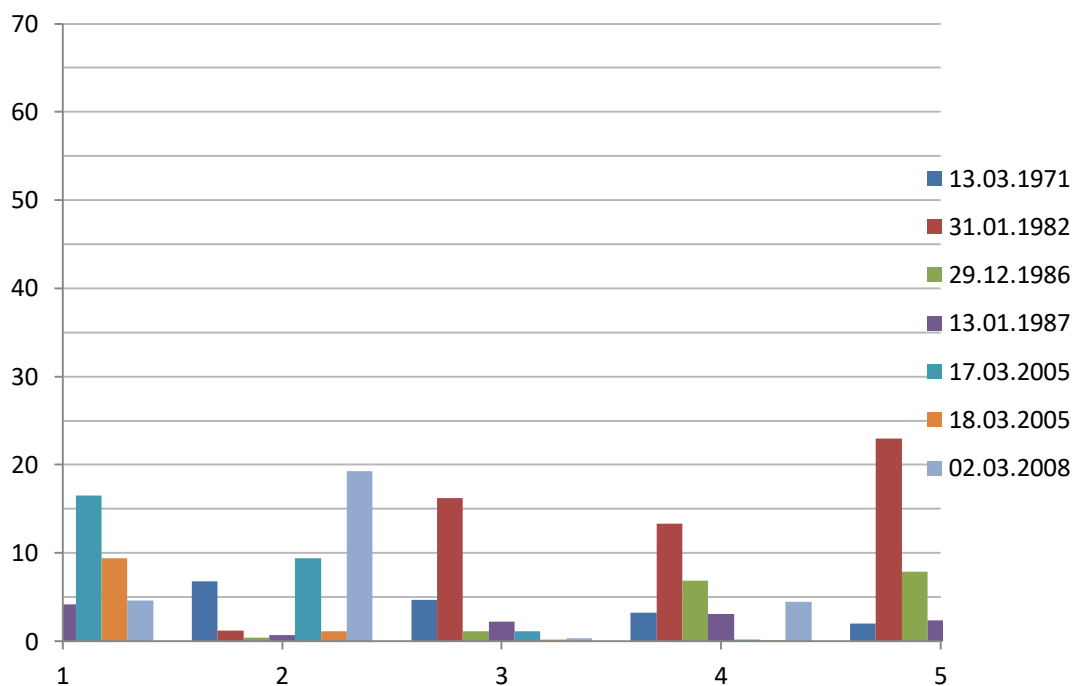
### Rychlost větru [m/s] - předchozích 5 dní



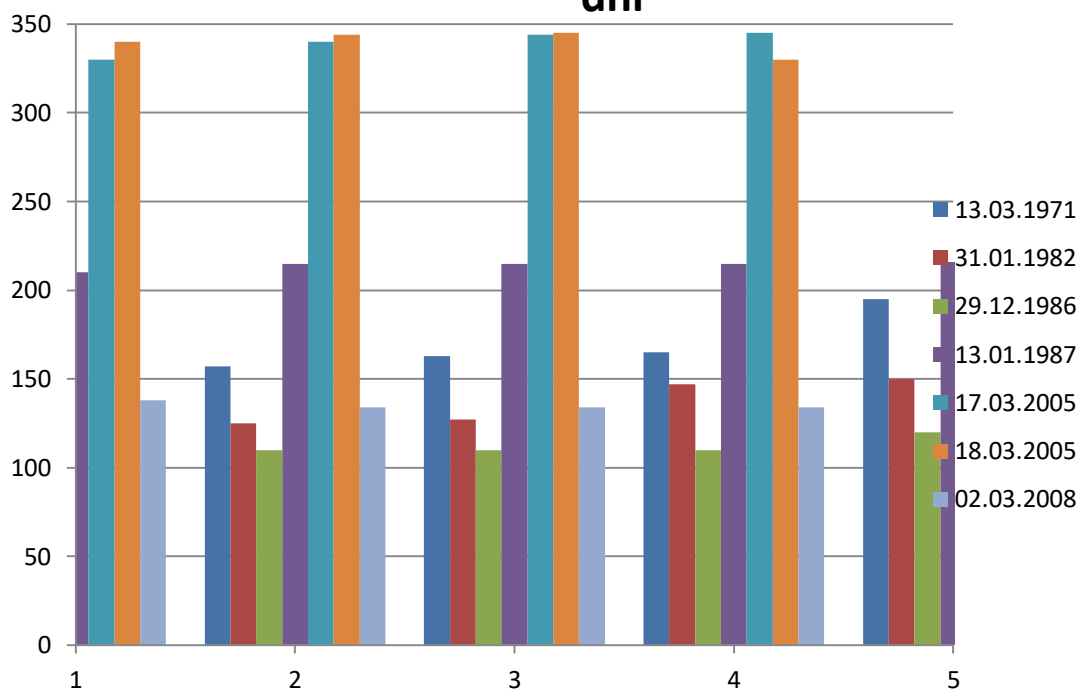
### Nový sníh [cm] - předchozích 5 dní



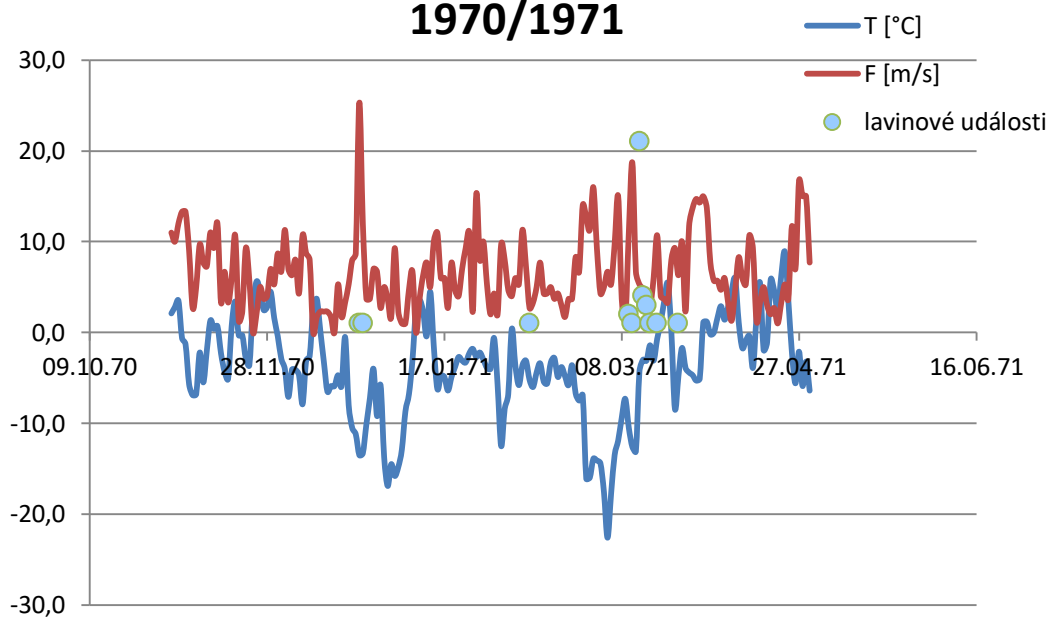
## Srážky [mm] - předchozích 5 dní



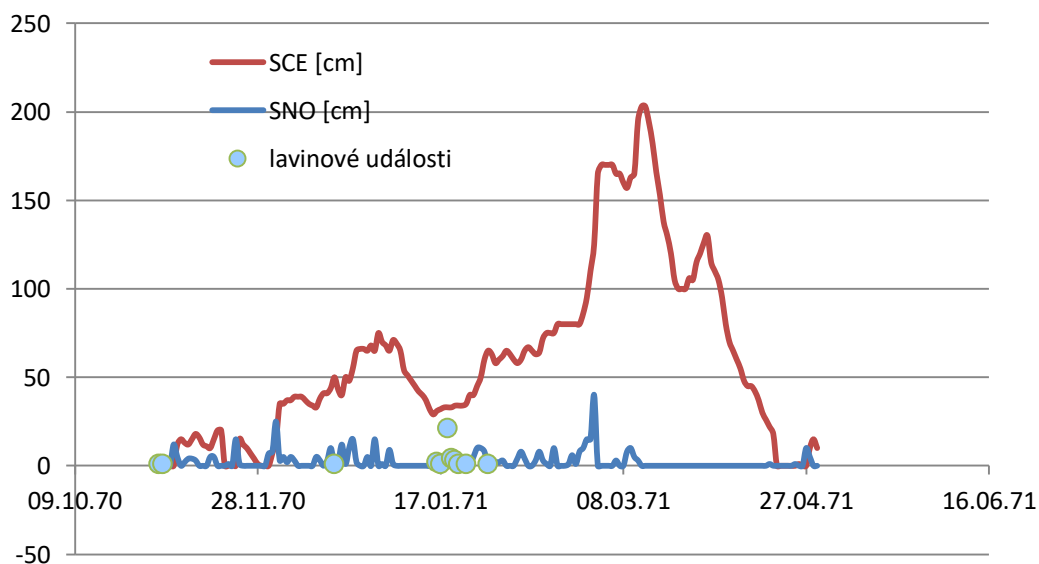
## Celková výška sněhu [cm] - předchozích 5 dní



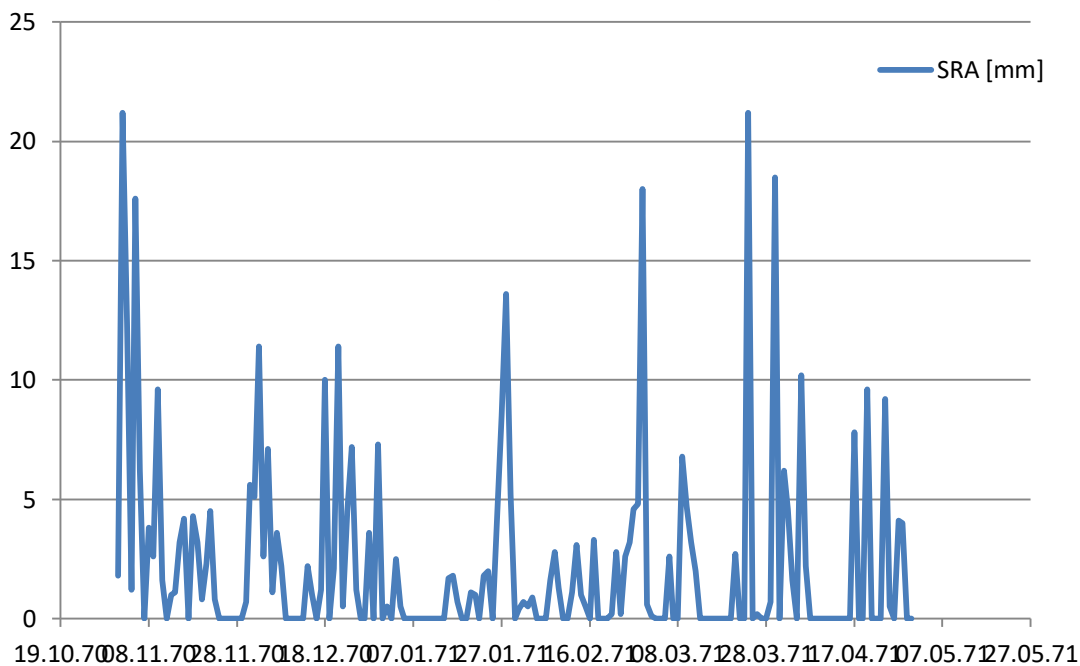
## Teplotní a povětrnostní podmínky v roce 1970/1971



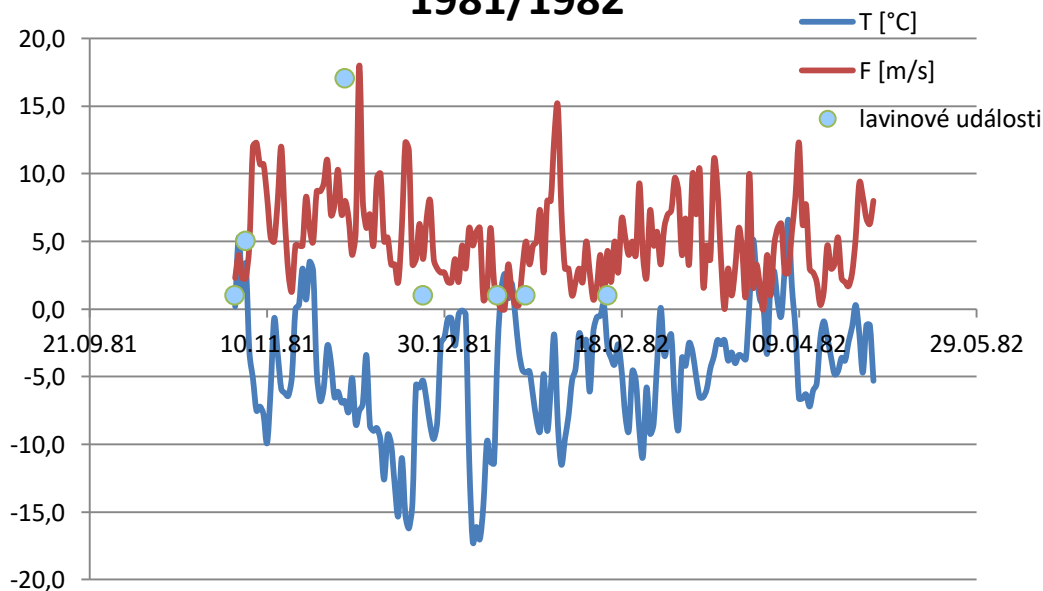
## Sněhové podmínky v roce 1970/1971



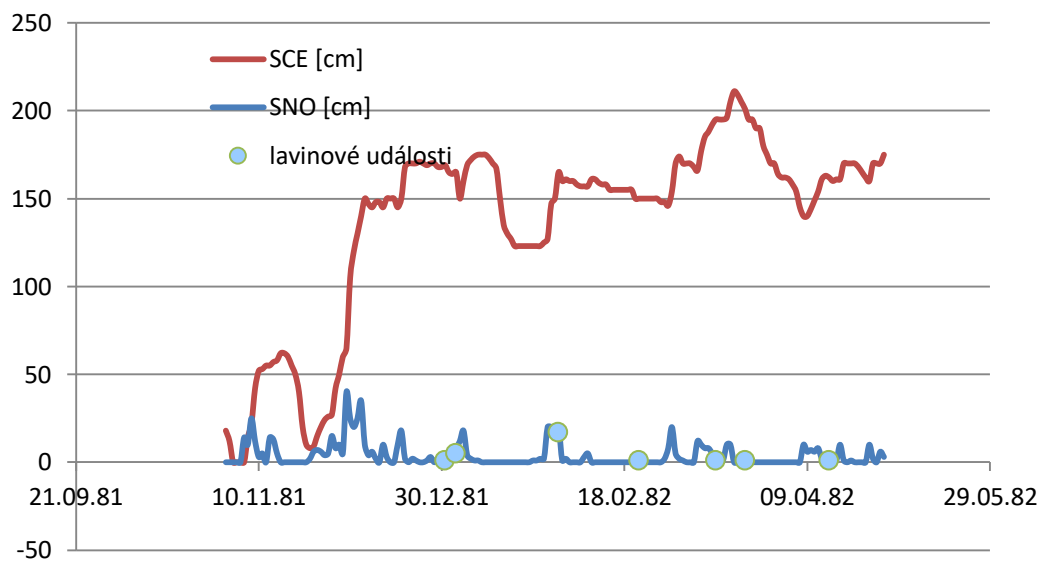
### Celkové srážky v roce 1970/1971



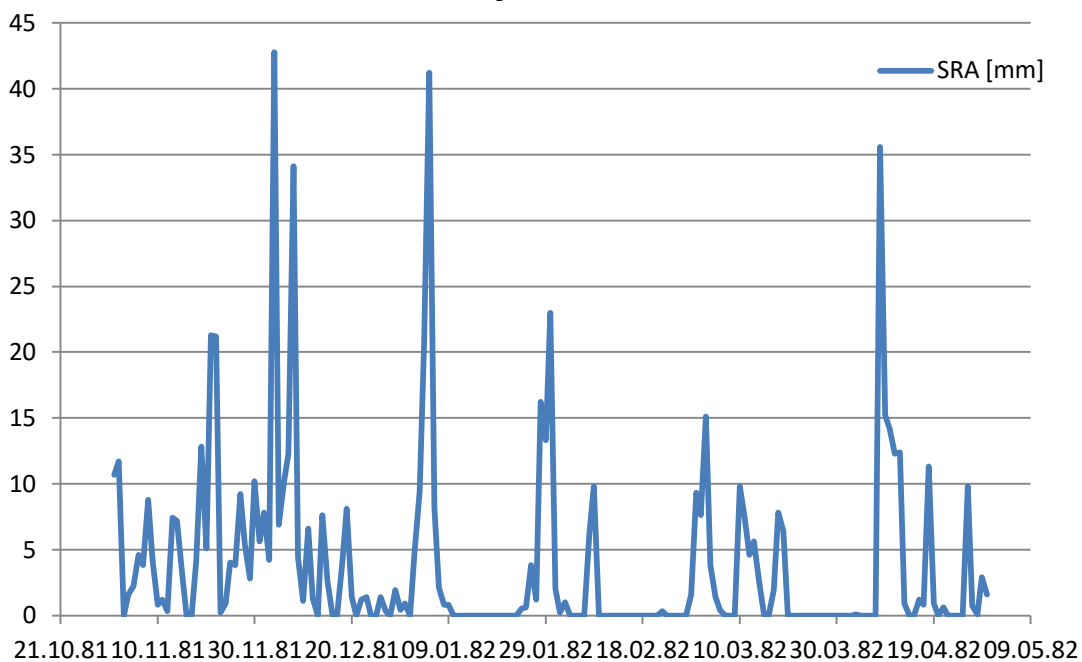
### Teplotní a povětrnostní podmínky v roce 1981/1982



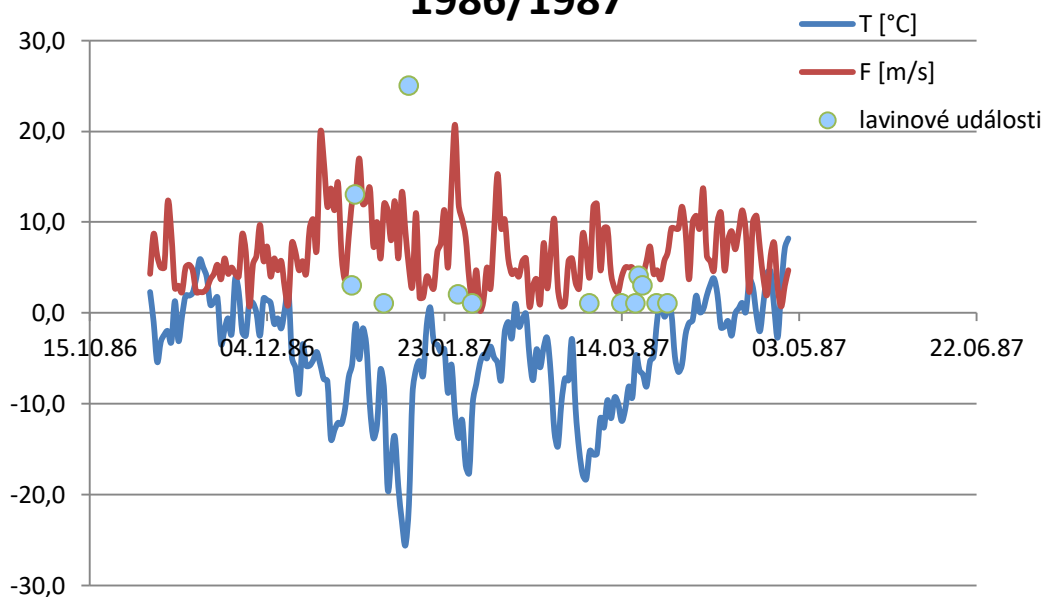
## Sněhové podmínky v roce 1981/1982



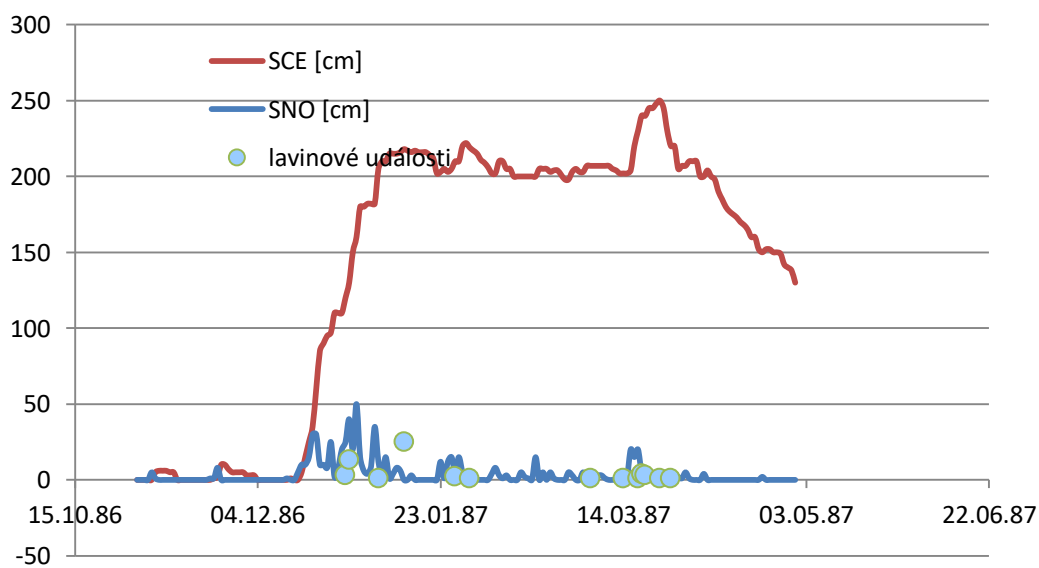
## Celkové srážky v roce 1981/1982



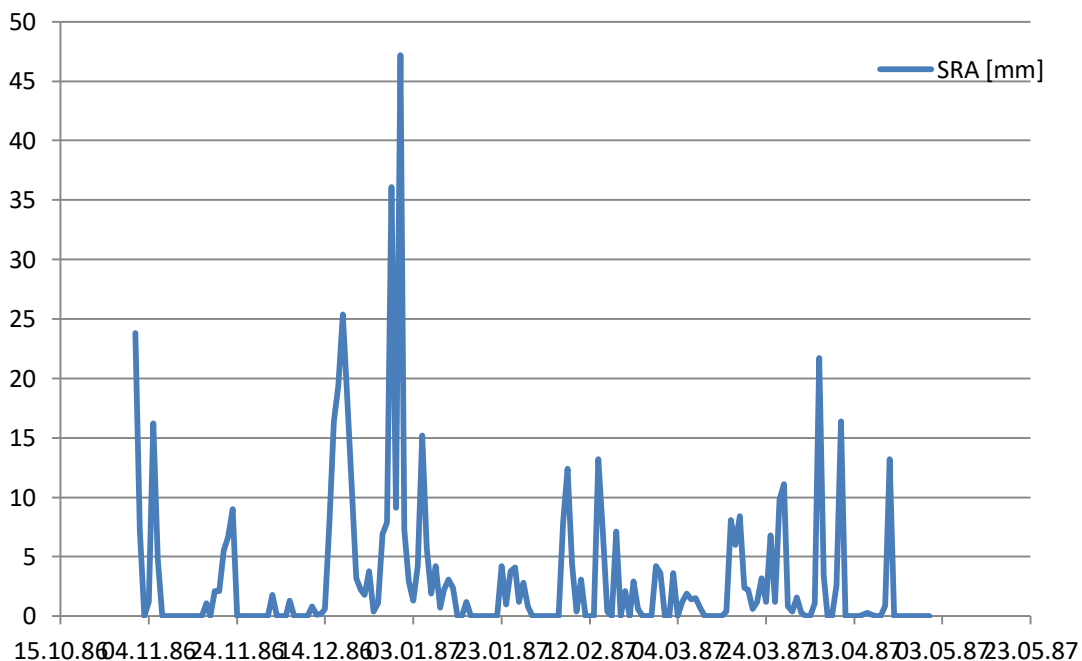
## Teplotní a povětrnostní podmínky v roce 1986/1987



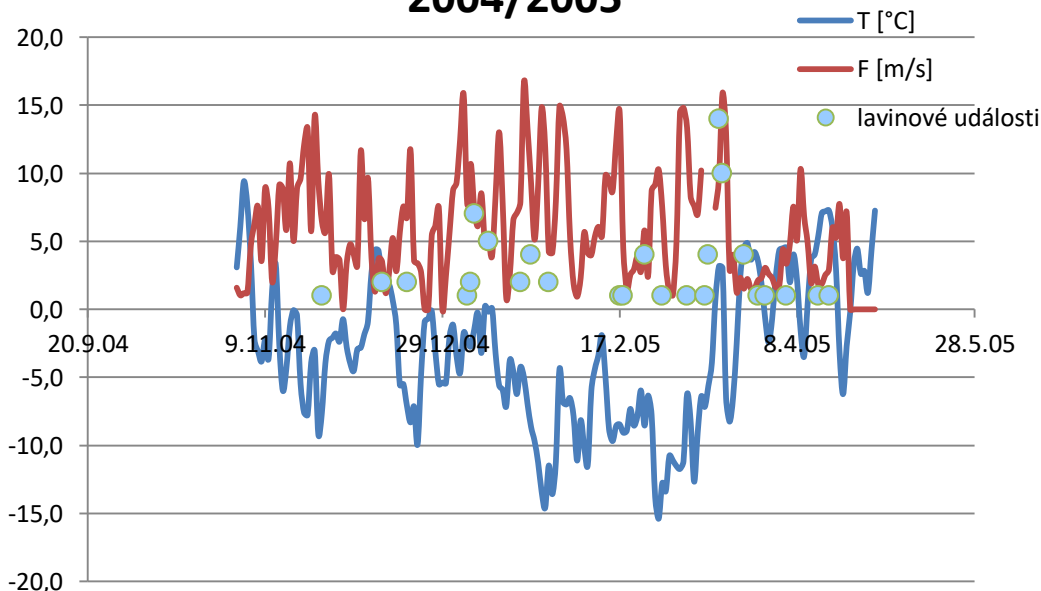
## Sněhové podmínky v roce 1986/1987



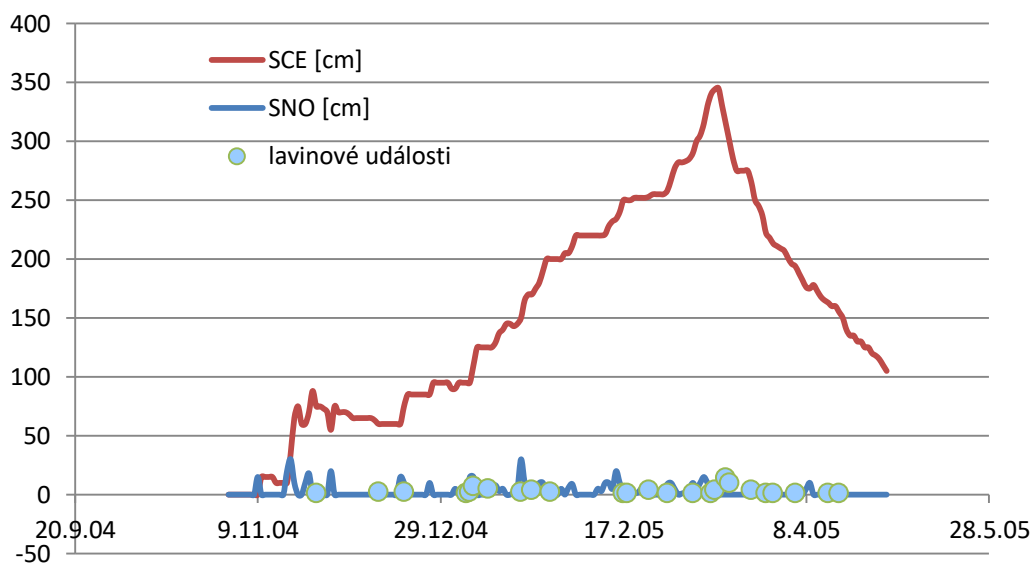
### Celkové srážky v roce 1986/1987



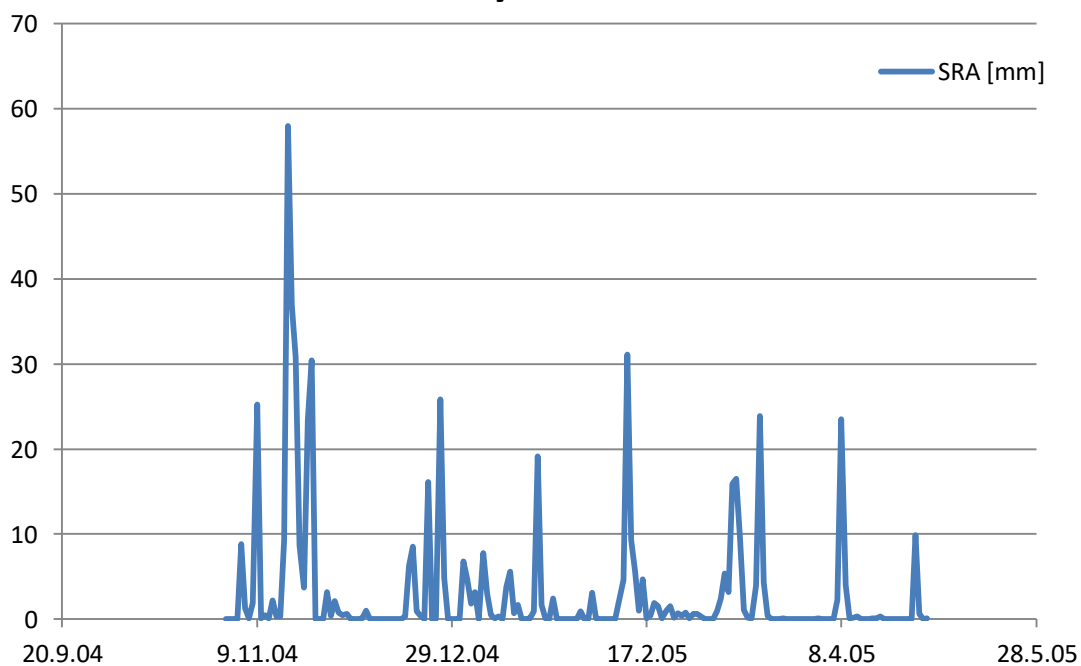
### Teplotní a povětrnostní podmínky v roce 2004/2005



## Sněhové podmínky v roce 2004/2005

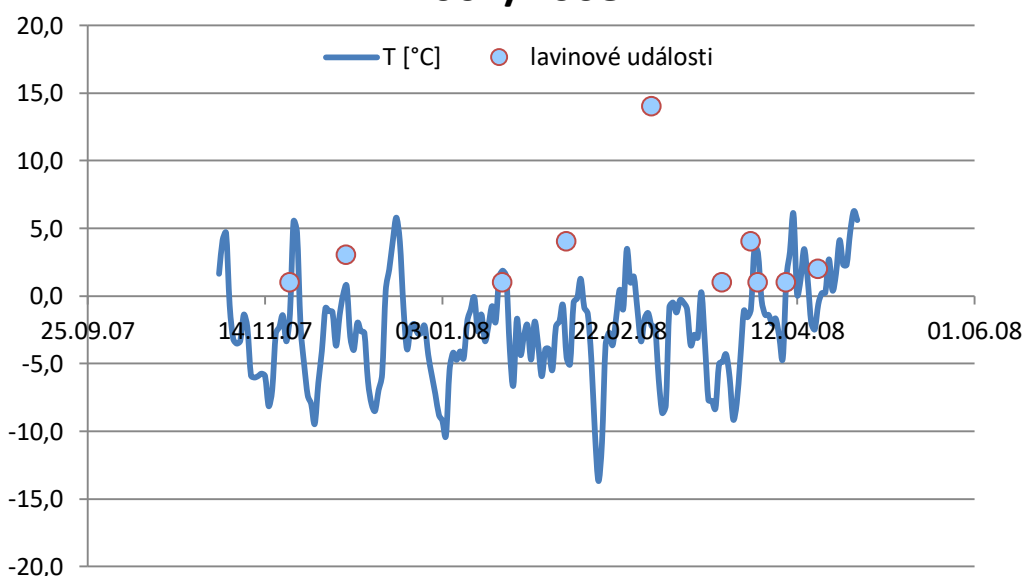


## Celkové srážky v roce 2004/2005

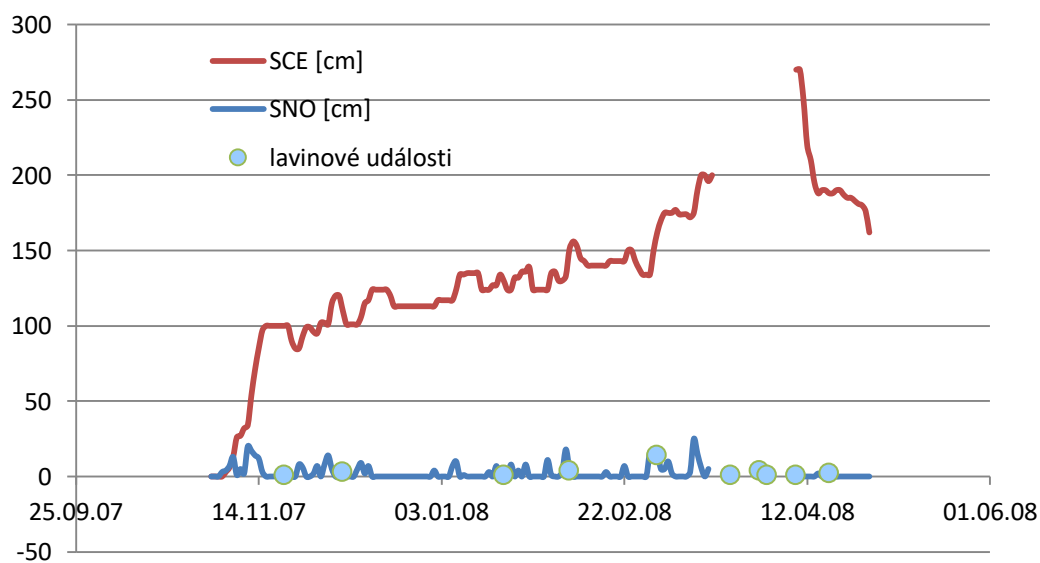




## Teplotní a povětrnostní podmínky v roce 2007/2008



## Sněhové podmínky v roce 2007/2008



### Celkové srážky v roce 2007/2008

