

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Kryštof Besser

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Současný stav aktivních záchranných prostředků
používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou.**

Bakalářská práce

Vedoucí diplomové práce:
mjr. PhDr. Michal Mašek, Ph.D.

Vypracoval:
Kryštof Besser

Praha, červenec 2023

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis student

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své bakalářské práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Touto formou bych rád poděkoval mjr. PhDr. Michalu Maškovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, užitečné rady a informace. Dále patří mé poděkování npor. Mgr. Janu Malečkovi za rady a korekturu mé bakalářské práce a v neposlední řadě i členům Horské služby za poskytnuté konzultace při tvorbě práce.

Abstrakt

Název: Současný stav aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypaním sněhovou lavinou.

Cíle: Cílem bakalářské práce je porovnání aktuálně dostupných aktivních záchranných prostředků, kterými jsou lavinové batohy a vesty používané v horském prostředí.

Metody: Metody použité v mé bakalářské práci k získání potřebných informací o aktivních záchranných prostředcích byly průzkum, studium literatury a její následná segregace, neformálně řízené rozhovory s odborníky, kteří se zabývají touto problematikou (členy Horské služby) a následná analýza dané problematiky. Jako další metoda je použita komparace vyhledaných informací.

Výsledky: V současné době je na trhu 14 dostupných systémů pro lavinové batohy a lavinové vesty. Kartušových systémů je v současné době 10 druhů a 4 druhy elektrických systémů. Jako výsledek mé bakalářské práce jsem zpracoval ucelenou tabulku se všemi v současnosti dostupnými systémy a všemi potřebnými informacemi.

Klíčová slova: sněhová lavina, airbagové batohy, lavinové airbasy, lavinové nebezpečí, aktivní záchranné prostředky.

Abstract

Title: Current state of active rescue equipment used to prevent snow avalanches.

Objectives: The goal of the bachelor thesis is to compare currently available active rescue devices used in a mountain environment

Methods: The methods used in my bachelor thesis to obtain the necessary information on active rescue devices were research and study of the literature and its subsequent segregation, together with informal guided interviews with experts who deal with this issue (HS members) and subsequent analysis of the issue. Comparison of the information sought is used as an additional method.

Results: There are currently 14 avalanche backpack and avalanche vest systems available on the market. There are currently 10 types of cartridge systems and the remaining 4 are electric systems. As a result of my bachelor thesis I have prepared a comprehensive table with all currently available systems and all necessary information.

Keywords: snow avalanche, airbags, avalanche airbag, avalanche hazard, active rescue equipment

OBSAH

1. Úvod.....	11
2. Teoretická část	13
2.1 Nebezpečí v zimních podmínkách	13
2.1.1 Teplota a silný vítr	13
2.1.2 Sněhové laviny	14
2.1.3 Zасыпání lavinou	16
2.2 Historický kontext.....	16
2.2.1 Historie svět	16
2.2.2 Historie České země.....	17
2.3 Vývoj záchranných prostředků	18
2.3.1 Pasivní záchranné prostředky.....	18
2.3.1.1 Sněhová lopata.....	18
2.3.1.2 Lavinová sonda.....	19
2.3.1.3 Lavinová šňůra a Avalanche ball	20
2.3.1.4 Avalung	22
2.3.1.5 Lavinový vyhledávač osob	23
2.3.1.6 Svatá trojice	27
2.3.2 Aktivní záchranné prostředky	28
2.3.2.1 Historie vývoje lavinového batohu.....	28
2.3.2.2 Technologie lavinových batohů	31
2.3.2.3 Současný stav	31
3. Cíle a úkoly teoretické práce	33
3.1 Cíle	33
3.2 Úkoly.....	33
3.3 Hypotéza	33

4. Metodika práce	34
4.1 Rešerše literatury.....	34
4.2 Třídění informací	35
5. Výsledky	36
5.1 Tabulka současného stavu aktivních záchranných prostředků.....	36
5.2 Výhody a nevýhody jednotlivých technologií	40
5.3 Doporučení systémů pro výstroj vojáků AČR	40
6. Diskuse.....	42
7. Závěr	44
Seznam literatury	46
Internetové zdroje.....	49
Seznam obrázků.....	50
Seznam tabulek	51

Seznam použitých zkratk

ABS	Avalanche Balloon Secutem
AČR	Armáda České republiky
BCA	Backcountry Access
CMGA	Czech mountain guides association
HS	Horská služba
m	Metr
M.A.S.S.	Modular Airbag Safety System
PAS	Protection Airbag System
RAS	Removable Airbag Systém
Secutem	Security + System
SLF	Švýcarský federální institut pro výzkum sněhu a lavin

1. ÚVOD

Téma bakalářské práce jsem si vybral, protože rád trávím zimní měsíce na horách a zároveň mě zajímá tato problematika.

Historie pohybu v horách sahá do vzdálené minulosti. Už od pradávna se lidé snažili adaptovat na extrémní podmínky horského prostředí. Ať už z důvodů lokace, ve které žili, kvůli lovu, nebo těžbě dřeva a drahého kamení.

V Českých zemích ve 13. století přemyslovští králové zvali do českých zemí cizince, hlavně z Německa a Itálie, kterým poskytovali značné úlevy, jen aby obsadili a zúrodnili pohraniční země. Lovce, horníky a dřevaře tak následovali zemědělci a také skláři. Pasterci ovcí, koz a dobytka se přitom dostávali do stále vyšších vrstev pohoří a rozvíjeli salašnictví. Následně v 18. a hlavně v 19. století se rozmohl fenomén horské turistiky, sánkařství a v 90. letech 19. stol. první lyžařské sporty. Spory se vedou o to, zda průkopníky lyžování v Krkonoších, a tím i v celých českých zemích, byli Češi, nebo Němci. Díky stále zvyšujícímu počtu lidí pohybujících se na horách stoupal, hlavně v zimních měsících, i počet úrazů a neštěstí.

I v dnešní době je pohyb v horách v zimních podmínkách často spojen s rizikem a nebezpečím, jak objektivním (nadmořská výška, počasí, sněhové laviny), tak subjektivním (ztráta orientace, nedostatečné vybavení a další faktory).

Laviny jsou jedním z největších nebezpečí pro lyžaře, turisty, horolezce a další osoby pohybující se v horských oblastech. Proto je důležité znát a používat ochranná opatření, správné vybavení, ke kterému patří mimo jiné i záchranné prostředky. Tyto faktory společně mohou minimalizovat riziko zranění, či úmrtí při zavalení sněhovou lavinou.

Existují **pasivní** záchranné prostředky, jako jsou lavinové vyhledávače osob, lavinové sondy, sněhová lopata, avalung, lavinová šňůra, avalanche ball a další. Dále také existují **aktivní** záchranné prostředky, zejména lavinové batohy a vesty. Ty jsou navrženy tak, aby nositel zvětšil pomocí nafukovacího airbagu svůj objem a tím byl ochráněn před úplným, nebo částečným zasypaním.

Cílem bakalářské práce je posoudit současný stav a výkonnost lavinových batohů a vest jako aktivních záchranných prostředků při lavinových nehodách. Práce je zaměřena

na komparaci systémů používaných v lavinových batozích, na princip jejich fungování, na výhody a nevýhody používání tohoto typu ochranného prostředku a na praktickou aplikaci v situaci reálné lavinové nehody.

V rámci práce jsou rozebrány jednotlivé druhy lavinových batohů, jejich systémů, funkcí a konstrukcí. Dále jsou zhodnoceny výhody a nevýhody používání lavinových batohů. Je provedeno srovnání všech na trhu dostupných systémů za účelem uceleného přehledu aktivních záchranných prostředků. Výsledky bakalářské práce mohou být užitečné pro všechny, kteří se zajímají o bezpečnost v horách, jako jsou horští vůdci, Horská služba, Armáda České republiky, další příslušníci Integrovaného záchranného systému a samozřejmě i samotní turisté a návštěvníci hor.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Nebezpečí v zimních podmínkách

Nebezpečí v zimních podmínkách rozdělujeme na subjektivní nebezpečí a objektivní nebezpečí, přičemž subjektivní je vytvářeno jednotlivcem, či skupinou, jako například množství zkušeností, správným, či nesprávným vybavením, plánováním a správným rozhodováním. Kdežto objektivní nebezpečí není možné ovlivnit, jako například teplotu, vítr, viditelnost, terénní pasti a zejména sněhové laviny (Bednářik, 2019). Ty je nezbytné zmínit v souvislosti s touto prací.

Na vzniku lavinových nehod se podílí několik základních faktorů. Je to zejména terén, aktuální podmínky (vítr, sněžení, teplota, atd.) a člověk“ (Mašek, Sieger, 2011, s. 34).

2.1.1 Teplota a silný vítr

Teplota a silný vítr, které patří do objektivních nebezpečí v zimních podmínkách, zásadně ovlivňují vznik sněhových lavin. Teplota zapříčiňuje tání a mrznutí sněhu, kdežto vítr může vytvořit sněhové návěje a převěje.

Teplota vzduchu zásadně ovlivňuje charakter počasí. Závisí na ní například výskyt oblačnosti, výskyt srážek či dohlednost. Z hlediska samotného počasí na horách je důležitý **vertikální profil teploty** (jak se teplota mění s výškou). Její průběh se zjišťuje pomocí aerologických sond, které se vypouštějí na meteorologických balónech do volné atmosféry. Poté můžeme sledovat kromě normálního průběhu (poklesu) teploty s výškou i vrstvy, ve kterých se teplota nemění (izotermie) a oblasti, ve kterých teplota s výškou roste, tedy oblasti inverze. (Kopáček, Bednář, Žák, 2019)

V zimě se velmi často vyskytuje tzv. **radiční inverze**. Podle Meteorologického slovníku výkladového a terminologického – zemský povrch se za jasných nocí vychlazuje a v krátkých dnech se nestačí prohřát. Studený vzduch je těžší než teplý, stéká do údolí, kde se může tvořit i nízká oblačnost. Na horách je naopak slunečno a teplo. (Kopáček, Bednář, Žák, 2019)

Pocit tepla nebo naopak chladu, tzv. **pocitová teplota**, je dána nejen absolutní hodnotou teploty vzduchu, ale i rychlostí větru, vlhkostí vzduchu a intenzitou přímo dopadajícího slunečního záření. V horách má největší vliv na pocitovou teplotu vítr.

Wind chill, neboli index ochlazení větrem se počítá podle složitého vzorce, jehož konstanty závisí na jednotkách, které pro teplotu a vítr používáme viz. obrázek č.1. (Kopáček, Bednář, Žák, 2019)

Teplota °C		5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Vitr													
m/s	km/h												
2	5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
3	10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
4	15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
5,5	20	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
7	25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
8	30	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
10	35	0	-7	-14	-21	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
11	40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
12,5	45	-1	-8	-15	-22	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
14	50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76
15	55	-1	-8	-14	-23	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
16,5	60	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
18	65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
19,5	70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80
21	75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
22,5	80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

Obrázek č. 1: Tabulka pocitové teploty v závislosti na teplotě vzduchu a síle větru (přiroda, 2018)

2.1.2 Sněhové laviny

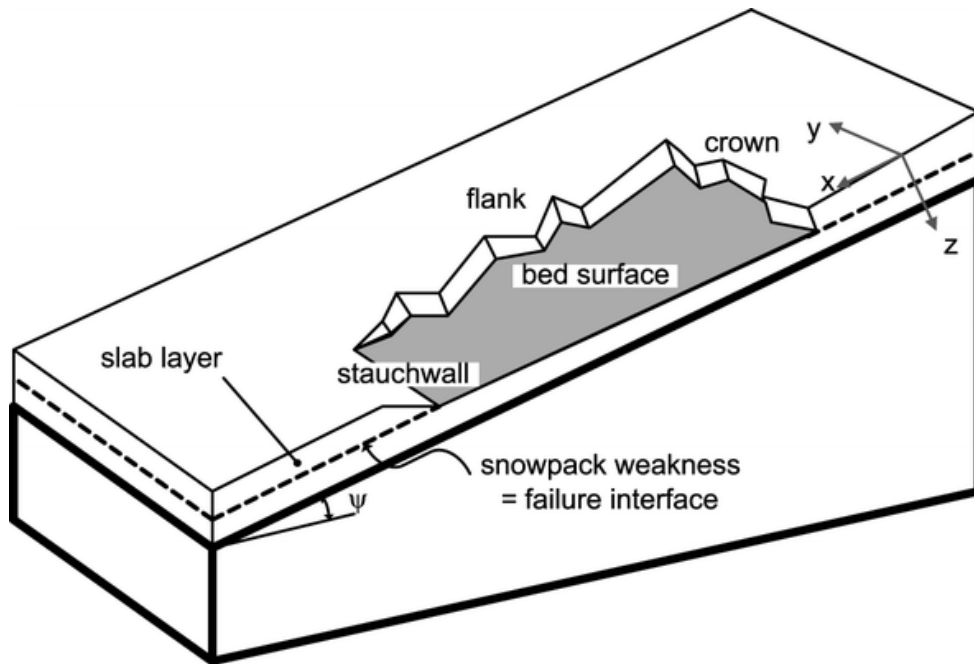
Sněhové laviny jsou masy sněhu, které se rychle sesouvají po strmých svazích. Kromě sněhu, mohou obsahovat kameny, půdu, vegetaci nebo led. Existují dva typy lavin: laviny z volného sněhu a deskové laviny. Volné sněhové laviny začínají v nesoudržné vrstvě suchého nebo mokrého sněhu. Počáteční selhání můžeme připodobnit rotačnímu skluzu nesoudržných písků nebo půdy, ale dochází k němu v malém objemu (<1 m³) ve srovnání s mnohem většími iniciačními objemy u sesuvů půdy. Sněhové deskové laviny zahrnují uvolnění soudržné desky na rozšířené slabé rovině, což můžeme připodobnit spíše plošnému sesuvu skalních svahů než rotačnímu porušení půdních svahů (Perla, Cheng, McClung 1980). Pozorovaný poměr mezi šířkou a tloušťkou desky se pohybuje mezi 10 cm a 103 cm. Tloušťka desky je obvykle <1 m. Jak se smykový lom pod deskou šíří podél roviny slabé vrstvy, vzniká ve svahu vysoké tahové napětí a tahový lom (Perla, Cheng, McClung 1980). Dále můžeme dělit sněhové

laviny podle velikosti na malé, střední a velké (Kukal, 1983). Tabulka číslo 1 uvádí klasifikaci velikosti lavin podle Horské služby ČR.

OZNAČENÍ	KLASIFIKACE PODLE DOJEZDU	KLASIFIKACE PODLE ZNIČUJÍCÍ SCHOPNOSTI	PODLE DÉLKY
Splaz	Sklouznutí malého množství sněhu, které nemůže osobu zasypat (nebezpečí až následného pádu)	Pro člověka relativně neškodný	délka <50 m objem <100 m ³
Malá lavina	Zastaví se ještě na svahu	Může zasypat, zranit nebo zabít člověka	délka <100 m objem <1 000 m ³
Střední lavina	Zastavuje se až na spodní části svahu	Může zasypat a zničit osobní auto, poškodit nákladní auto, zničit malou budovu nebo strhnout několik stromů. V Krkonoších velmi častá (právě díky svému terénu).	délka <1 000 m objem <10 000 m ³
Velká lavina	Běží přes celou plochu svahu, nejméně však ale 50 m (sklon svahu dosahuje i značně méně než 30°), může dosáhnout dno údolí	Může zasypat a zničit nákladní auta, nebo vlaky, velké budovy a zalesněné plochy. Výjimečně se i s takto velkými lavinami můžete v Krkonoších setkat.	délka >1 000 m objem >10 000 m ³

Tabulka č. 1: Klasifikace lavin podle velikosti (horskaslužba, 2012)

Ruku v ruce se zdá, že porušení desky začíná šířením tahového korunového lomu napříč svahem viz. obrázek č. 2. Ke spuštění laviny ze sněhové desky může dojít lokalizovaným rychlým zatížením v blízkosti povrchu například lidmi nebo výbušninami (tzv. umělé spuštění), postupným rovnoměrným zatížením například v důsledku srážek nebo situací bez zatížení, která změní vlastnosti sněhové pokrývky, například oteplením povrchu (tzv. přirozené spuštění nebo spontánní uvolnění). Hlavní rozdíl ve způsobech spouštění je v rychlosti zatížení, která je důležitá, protože sníh je velmi závislý na rychlosti zatížení (Schweizer, Jamieson, 2001).



Obrázek č. 2: Názvosloví deskových lavin a souřadnicový systém (Schweizer a Jamieson, 2001)

2.1.3 Zасыпání lavinou

Je velmi důležité myslet na to, že lavinová nehoda vždy znamená velké riziko udušení, úrazu, podchlazení, anebo smrti. Vyproštění, které je provedeno správně a včas spolu s dobře poskytnutou první pomocí, je z hlediska záchrany zásadní a může tuto zápornou bilanci lavinových nehod významně ovlivnit. Dnešní doba nám nabízí mnohem bezpečnější, a především spolehlivější následnou záchranu v případě pádu laviny. Technologie ušly dlouhý kus cesty a společně s lidským umem v oblasti záchranářství, první pomoci vytvořily účinné spojení, zajišťující poměrně efektivní způsob záchrany. Řeč není o ničem jiném než o tzv. „svaté trojici“. Jedná se o lavinový vyhledávač osob, lavinovou sondu a sněhovou lopatu. Bez těchto základních záchranných prostředků bychom neměli vyrážet do volného horského terénu. (Honzík, 2012)

2.2 Historický kontext

2.2.1 Historie svět

Jedna z prvních zmínek o lavinovém neštěstí pochází od římského historika Livia. Ten podal písemné svědectví o dramatu, které postihlo kartaginského vojevůdce

Hannibala během jeho přechodu Alp. Toto neštěstí se odehrálo v roce 218 před Kristem, pravděpodobně v průsmyku dnes známém jako Malý Svatý Bernard. Hannibalova armáda byla zasažena ničivou lavinou, která si vyžádala mnoho životů jeho vojáků, notoricky známých slonů a dalších exotických zvířat. (Vrba, 2004)

Na konci středověku pak docházelo v Evropě k výraznému nárůstu počtu obyvatel, což vedlo k intenzivnímu osidlování a využívání horních částí údolí. Téměř ve stejnou dobu se v Evropě začalo velmi ochlazovat klima a mnohem častěji se vyskytovaly kruté zimy. V oblasti Alp bylo několik vesnic částečně zničeno lavinami, což donutilo obyvatele vyvinout první strategie zmírnění této hrozby (Novák, 2004). Proto vznikaly první techniky ke zmírňování lavinových rizik jako například zalesňování. V průběhu času se vyvíjelo mnoho základních nástrojů a koncepcí, které se používaly v různých oblastech. S neustálým rozvojem dopravy, cestovního ruchu, průmyslu a urbanizace ve vysokohorských oblastech však tato dřívější opatření brzy narazila na své limity (Colbeck, 2018).

Na přelomu 19. století až do období druhé světové války se prováděla nejrůznější terénní pozorování sněhové pokrývky. Od druhé světové války se stále častěji objevuje lavinové zónování, předpovědi sněhových srážek a modely lavinové dynamiky, a to také z důvodů probíhajících bojů v zasněžených oblastech a snaze ochránit vojáky před nebezpečími v zimních podmínkách (Colbeck, 2018).

Moderní éra počítačů, fyzikálních vlastností pevných látek, mechaniky tekutin a pevných látek, chemické termodynamiky a dalších nástrojů začala v 70. letech 20. století a pokračuje dodnes. Tyto nástroje dnes využíváme pro modelaci a lepší pochopení sněhových lavin. (Kulhánek, 1989)

2.2.2 Historie České země

V Českých zemích ve 13. století přemyslovští panovníci zvali do českých zemí cizince, hlavně z Německa a Itálie, kterým poskytovali značné úlevy, jen aby obsadili a zúrodnili pohraniční země. Lovce, horníky, pastevece a dřevaře tak následovali zemědělci a také skláři. Pastevci ovcí, koz a dobytka se přitom dostávali do stále vyšších vrstev pohoří a rozvíjeli salašnictví. Následně v 18. a hlavně v 19. století se rozmohl fenomén horské turistiky, sánkařství a v 90. letech 19. stol. první lyžařské sporty. Stále se vedou spory o prvenství v použití lyží. Jestli je jako první užívali sportovci z Prahy,

vedení Josefem Rösslerem Ořovským, či lesníci a dřevaři hraběte Jana Nepomuka Harracha, jenž je přivezl v roce 1892 z Osla a který je poté nechal vyrábět místními koláři a truhláři. Spory se vedou i o to, zda průkopníky lyžování v Krkonoších, a tím i v celých českých zemích, byli Češi, nebo Němci. Díky stále zvyšujícímu počtu lidí pohybujících se na horách stoupal, hlavně v zimních měsících, i počet úrazů a neštěstí. (Kulhánek, 1989)

2.3 Vývoj záchranných prostředků

Záchranné prostředky do lavinového nebezpečí se dělí na **pasivní** a **aktivní**. Pasivní záchranné prostředky nesnižují rozsah zasypaní, ale jen zvyšují šanci a snižují čas nalezení zasypané osoby. Patří mezi ně kupříkladu sněhová lopata, lavinový vyhledávač osob, lavinová sonda a avalanche ball. Aktivní záchranné prostředky se přímo podílejí na snížení rozsahu zasypaní a jako jediné vybavení je sem zahrnut lavinový airbag. Všechny tyto záchranné prostředky se postupem času a modernizací technologií vyvíjely kupředu. (Smith, Wheeler, Mcithosh, 2015) V následujících podkapitolách je popsán jejich výzkum a vývoj v čase.

2.3.1 Pasivní záchranné prostředky

Mezi první záchranné prostředky, které se začaly využívat patří lopata a lavinová sonda, lépe řečeno předchůdce lavinové sondy. (Kulhánek, 1989)

2.3.1.1 Sněhová lopata

Lopata jakožto základní vyprošťovací vybavení, či náčiní přišla logicky v první řadě. Lopatu jako takovou znali lidé už řadu let. Proto byla její účinnost velmi lehce přenositelná i do zimního období, kde každá horská chata měla lopatu minimálně na uhlí. Tak se lopaty začaly používat i k rychlejšímu vyproštění zasypaného. V současné době je sněhová lopata zpravidla skládací, vyrobená z lehkých kovů, anebo z pevných plastů. Je nezbytná při zásahu lavinou, nebo pro provedení lavinové sondy. Bez sněhové lopaty se čas vyhrabání ze sněhové laviny výrazně prodlužuje (Turek, 2008).



Obrázek č. 3: Sněhová lopata Pieps Racer T (321 outdoor, 2023)

2.3.1.2 Lavinová sonda

Lavinová sonda vznikla z důvodů nalezení, či dohledání zasypaného. Částečně zasypaného člověka bylo relativně jednoduché lokalizovat a vyprostit, ale nastával problém, když došlo k úplnému zasypaní. Jedna z vlastností sněhu je totiž velmi dobrá izolace zvuku, proto volající člověk o pomoc, nemůže být pod lavinou slyšet. Lidé, jako předchůdce lavinové sondy, začali využívat všemožné nástroje, například násady od lopat, bidla, v mnohých případech i větve stromů (holé a co možná nejrovnější) k lokalizování zasypaného. Zde nastával další problém. V mnohých případech se stávalo, že sondou se něco pod sněhovou pokrývkou našlo, ale do té doby, než záchranáři označené místo vykopali, nebylo možné zjistit, co za předmět se pod sněhovou lavinou nachází. (Kožík, 2006)

V dnešní době se jedná o lehkou skládací tyč, která se nosí v batohu či je na něm připevněna. Používá se při dohledávání zasypaného. Z hlediska efektivity je třeba mít alespoň dvě sondy na družstvo, aby bylo možné lavinu systematicky prohledávat. Trh nabízí i turistické teleskopické hůlky, které mají v sobě sondu zabudovanou (Turek, 2008). Bez lavinové sondy se nalezení a vyproštění zasypaného výrazně prodlužuje. Nalezení zasypaného, který nemá svůj lavinový přístroj, je bez lavinové sondy v rámci tzv. Kamarádské pomoci, prakticky nemožné. (Novák, 2004)

V dnešní době už existují lavinové sondy jako je například Pieps iProbe, která umožňuje přesnou lokalizaci osoby zasypané lavinou v dosahu až 50 cm od hrotu sondy. Ke zvýšení jejího dosahu se vede pomocí akustických a optických signálů. Tímto způsobem se významně zkracuje čas potřebný k nalezení zasaženého člověka lavinou. Kromě toho je tato sonda schopna deaktivovat nalezená zařízení Pieps. Nástupcem iProbe se stal iPROBE II.

Podle oficiálních stránek Pieps je Pieps iPROBE II inovativní plně elektronická lavinová sonda, která se aktivuje při vytáhnutí a automaticky deaktivuje při složení. Tento model sondy neobsahuje žádná fyzická ovládací tlačítka, ale uživatel s ní komunikuje prostřednictvím akustických a světelných signálů, které indikují stav vyhledávání, nalezené objekty nebo případné poruchy. Pokud je iPROBE sonda používána společně s lavinovým vyhledávačem s podporou iPROBE, po detekci zasypané osoby tato sonda automaticky vypne signál nalezeného lavinového vyhledávače a přestane rušit jeho signál při postupu pryč od místa nálezů. Tato funkčnost přispívá k efektivitě a spolehlivosti lavinového vyhledávání.



Obrázek č. 4: Pieps iProbe BT 260 cm (boatpark, 2023)

2.3.1.3 Lavinová šňůra a Avalanche ball

Roku 1908 Eugen Oertel (1867–1944) přišel s lavinovou šňůrou. K opasku dotyčné osoby je připevněna přibližně 15 metrů dlouhá výrazně barevná šňůra (podobná šňůře padáku). Při lyžování, či při chůzi je šňůra táhnuta za osobu. Předpokládalo se, že pokud je osoba zasypaná v lavině, výrazně barevná šňůra zůstane na povrchu sněhového

nánosu a bude možné snáze lokalizovat zasypaného. Tím se výrazně zkrátí čas záchrany. Lavinové šňůry se staly součástí výbavy rakousko-uherských alpských jednotek během První světové války. Lavinové šňůry se dále vyvíjely a byly obohaceny o kovové označení každý jeden až tři metry, které navíc ukazují směr a vzdálenost k oběti. (Fraser, 1966)

V 70. letech minulého století Melchior Schild ze Švýcarského federálního institutu pro výzkum sněhu a lavin (SLF) přezkoumal pásmo třiceti let švýcarských lavinových nehod a záchrany v letech 1944 až 1945 a 1973 až 1974. Z celkového počtu 2042 lavinových obětí našel pouze sedm případů, kdy byly použity lavinové šňůry. V pěti případech byla část šňůry viditelná na povrchu, ale také i části těl obětí. V šestém případě byla oběť zcela zasypana, ale část šňůry byla viditelná. Tato oběť bohužel zemřela na zranění. V sedmém případě byla oběť zasypana úplně včetně lavinové šňůry. Tu nakonec našel lavinový záchranný pes, ale šňůra byla od oběti oddělena. Tělo oběti bylo nalezeno až mnohem později. Dále také v knize *The Avalanche Book* (Knox Williams a Betsy Armstrong, 1986) uvádějí studii z počátku sedmdesátých let, kdy byly lavinové šňůry testovány na figurínách vytvořených z pytlů písku. Figuríny byly umístěny na strmých svazích, kde došlo k odstřelení laviny. Testy ukázaly, že část lavinových šňůr zůstala na povrchu pouze ve 40 %. Další 60 % času byla lavinová šňůra úplně zasypana spolu s figurínou. Obvykle se šňůra omotala kolem figuríny.

V roce 1975 na sympoziu odborníků na lavinové záchranné akce pořádané Mezinárodní nadací Vanni Eigenmann dospěl Melchior Schild k závěru, že „*na základě těchto výsledků, nelze lavinové šňůry považovat za spolehlivé.*“ V dnešní době jsou lavinové šňůry považovány za zastaralé a neefektivní.



Obrázek č. 5: *Lavinová šňůra* (wikipedia.org, 2019)

V současnosti se využívá Avalanche ball. Pasivní záchranný prostředek, který má za úkol zkrátit čas vyhledávání zasypaného, který těsně před zasypaním lavinou aktivoval tuto mechanickou pomůcku. Jedná se pouze o takovou značku (bójku) spojenou se zasypaným (cca do 10 m), která zůstane na povrchu laviny a naviguje k sobě záchrance. (Radwin, Martin, Grissom, 2002) Také se, již od tohoto pasivního záchranného prostředku ustupuje.



Obrázek č. 6: *Avalanche ball* (Mountainski, 2009)

2.3.1.4 Avalung

Avalung je dýchací zařízení, které se nachází zabudované ve vestě, postroji a dnes i přímo v batohu, které jsou nošeny na těle. Pokud se uvolní lavina, musí si člověk, který Avalung používá zastrčit do pusy náustek a dýchat skrze Avalung během zasypaní. Jednocestný ventil dovoluje vdechování z okolního sněhu v přední části těla zasypaného a vydechování do zadní části. Takto je vytvořena umělá vzduchová kapsa a je zabezpečeno odvádění vydechovaného CO₂ do jiného prostoru. Většinou se vydechovaný CO₂ odvádí za záda, kde nedochází k okamžitému zpětnému vdechnutí. (Radwin, Martin, Grissom, 2002) Cílem je prodloužit přežití zcela zasypaných obětí laviny. (Van Tilburg, et al., 2017)



Obrázek č. 7: *Avalung (blackdiamondequipment, 2023)*

2.3.1.5 Lavinový vyhledávač osob

V roce 1940 švýcarský Bächler pracoval na vývoji vysílače pracujícího na frekvenci 150 kHz, který bylo možné lokalizovat až ze vzdálenosti deseti metrů pomocí samostatného přijímače. V roce 1964 v Anglii byl sestrojen vysílač s názvem Skilok na frekvenci 9 kHz, ale jeho dosah byl jen sedm metrů. O čtyři roky později tedy v roce 1968 výzkumný tým v čele s Johnem Lawtonem, v Cornell Aeronautical Laboratory (Buffalo, New York) vyvinul první účinný elektronický záchranný lavinový přístroj (rádiový vysílač a přijímač) nazvaný Skadi. Byl to první sériově prodávaný záchranný lavinový přístroj. Skadi byl také známý jako „Hot Dog“ kvůli tvaru jeho schránky. Původní výrobní jednotka byla uzavřena podlouhlým plastovým boxem, dlouhým asi 18 cm x 4,5 cm vysokým x 3,2 cm širokým. Jednoduchá metoda fungování Skadi spočívala v tom, že měla dát uživateli zvukový signál pomocí hlasitosti. Pro rádiový, či zvukový signál zvolili frekvenci 2,275 kHz, která je slyšet pro lidské ucho. Tímto způsobem eliminovali velkou část nákladů a komplikace rádiového vysílače a přijímače, který musí převést neslyšitelný signál na tón, který slyšíte. Zvolená frekvence, kterou zvolil Lawton, byla prakticky bez rušení a fungovala dobře, i přesto když byla blokována dalšími objekty, jako jsou například kameny a stromy. (Schweizer, Jürg, Krusi, 2003)

Barryvox VS 68. První kolo vývoje tohoto lavinového vyhledávače osob bylo dokončeno na konci roku 1971. Pokusy v terénu byly provedeny Ústřední vojenskou školou pro boj v horách v Andermattu. Přestože se toto zařízení jmenovalo Barryvox VS

68, bylo běžně používáno až v roce 1974. Barryvox VS 68 nebyl na volném trhu nabízen před rokem 1974. Pracoval na frekvenci 457 kHz. Označení Barryvox VS 68 bylo názvem projektu švýcarské armádní agentury, který byl zahájen v roce 1968 za účelem nalezení lepšího řešení lavinové záchrany. Barryvox VS 68 se na dlouhou dobu stal srovnávacím měřítkem mezi lavinovými vyhledávači. Brzy si našel své místo i mezi obyčejnými turisty a zvláště velké pozornosti se mu dostávalo mezi profesionály z celého světa. Barryvox VS 68 byl vyráběn až do roku 1994, od roku 1988 jako VS 68-2, modifikovaná verze. (Schweizer, Jürg, Krusi, 2003)

V roce 1968 přichází rakouská společnost Motronic se svým prvním analogovým vyhledávačem Pieps 1, pracující na frekvenci 2,275 kHz, na jehož vývoji se podílela i technická univerzita v rakouském městě Graz. Dále pak v letech 1978–1979 přišla tatáž firma s přístrojem Pieps 2, který pracoval na stejné frekvenci jako Pieps 1, ale navíc byl vybaven potenciometrem (elektrotechnickou součástí, která slouží jako odporový napěťový dělič).

V roce 1975 se na konferenci v Soldě (financované Mezinárodní nadací Vanny Eigenmann) konalo zasedání o systémech vyhledávání. Autophon představil svůj nový Barryvox VS 75, určený speciálně pro armádu. V rámci aktualizace došlo jen k drobným úpravám, zásadní změnou byla červená barva vyhledávače. Důvodem bylo vynášení Barryvoxu VS 75 ze švýcarské armády, který byl určen výhradně jen pro vojáky. Z toho důvodu došlo ke změně barvy krytu a pro civilní účely zůstala původní žlutá barva. Italská armáda byla vybavena přístrojem téměř shodným s Barryvox VS 75 na frekvenci 457 kHz, Snow-Bip společností Fitre. (Schweizer, Jürg, Krusi, 2003)

V roce 1984 mezinárodní asociace horských služeb (IKAR – CISA) důrazně doporučila sjednotit a přijmout mezinárodně jednu frekvenci o hodnotě 457 kHz. To do té doby nebylo možné, jelikož frekvenci 457 kHz využívalo jen Námořnictvo Spojených států amerických (dále jen USA), pro které byla tato frekvence vyhrazena. Ovšem v tomto roce Námořnictvo USA přešlo na frekvenci 5 kHz, a tím pádem mohlo nastat mezinárodní sjednocení všech lavinových vyhledávačů na stejnou frekvenci, a to na již zmiňovaných 457 kHz. Evropský výbor pro normalizaci CEN (European Committee for Standardization) na svém mítinku v Innsbrucku požádal výrobce, aby do roku 1993 přestali vyrábět duální přístroje a jedinou standardizovanou frekvencí se stala 457 kHz. Zbylé již vyrobené duální vyhledávače osob byly postupně staženy z armád a volného prodeje.

Na přelomu 80. let 20. století firma Option poprvé použila LED diodu, aby doplnila audio výstup i o vizuální výstup. (rychlost blikání odpovídá síle signálu). V roce 1990 přišel Ortovox s přístrojem F1 Plus, kde také použil LED diodu. Další novinkou u přístroje F1 Plus bylo zavedení pomocné frekvence, která sloužila k případnému dohledání výstroje vybavené vysílači. V roce 1994 byly Option a F1 Plus jako produkty velmi rychle nahrazeny novým přístrojem Arva 8000, který měl neuvěřitelný maximální dosah až 127 m.

Rok 1997 se v oblasti lavinových vyhledávačů stává přelomovým, jelikož firmy přicházejí nejen s digitální technologií, ale také se navyšuje počet antén, a to přesněji na dvě, pro lepší vyhodnocování získaných údajů ve fázi hledání. Americká firma Backcountry Access (dále jen BCA) přichází se svým prvním vyhledávačem Tracker DTS (17), který je zároveň celosvětově prvním dvouanténovým vyhledávačem. Navíc se stal prvním lavinovým přístrojem, který začal aktivně řešit problematiku vícenásobného zasypání přidáním tzv. "SP" funkce, která umožňovala v určený moment vyignorovat první nalezený signál a v 70° výsečích prohledávat okolí s následným nasměrováním na další hledaný lavinový přístroj, tedy na další oběť sněhové laviny. Tento model byl 3x modifikován. Ostatní firmy tento směr také následovaly.

V roce 2003 se stal Pieps DSP prvním lavinovým vyhledávačem osob v historii, vybavený třemi anténami, představuje zásadní inovaci, která je dále obohacena revoluční funkcí nazývanou "Mark" (chlívkování). Na druhou stranu funkce "Scan" již nenes významovou hodnotu s ohledem na existenci podobných funkcí u již existujících analogových vyhledávačů. Významným aspektem je také pravidelná aktualizace softwaru. V rámci vývoje byly vytvořeny dva modely lavinových přístrojů s označením Pieps DSP a Pieps DSP Advanced. Model Pieps DSP Advanced přináší rozšířené funkce, teploměr, barometrický výškoměr a sklonoměr (k dispozici pouze v USA). Pieps vždy odmítal automatické přepínání vyhledávače z režimu vyhledávání do režimu vysílání, vytvořil alternativní a bezpečnější řešení. Záložní vysílač Back Up je přímo připevněn k tělu uživatele a zůstává aktivní po celou dobu. V situaci, kdy se záchránce zastaví a není v dosahu žádného aktivního vysílacího zařízení, automaticky začne vysílat signál. Tento záložní vysílač je schopný být detekován všemi vyhledávači pracujícími na frekvenci 457kHz.

Pieps TX 600 je vysílač s frekvencí 456 kHz, který je speciálně vyvinut pro použití s lavinovými psy a psy, kteří se vás doprovázejí při turistice. Tento vysílač má také široké

uplatnění při použití na sněžných skútrech a podobných zařízeních. Jeho vysílací frekvence byla úmyslně posunuta o 1 kHz, aby v případě lavinové nehody byli nejprve zachraňováni lidé vybavení lavinovým vyhledávačem.

Podle oficiálních stránek Pieps, Pieps DSP Pro představuje vylepšenou verzi předchozí generace lavinových vyhledávačů osob, která zahrnuje jak hardwarové, tak softwarové inovace. Tento vyhledávač nabízí rychlejší start a vyhledávání, pevnější obal, větší a lepší displej, který zajišťuje dobrou čitelnost i za slunečního svitu. Důkladnější organizace vnitřních komponent vyhledávač zabraňuje nechtěnému vypnutí režimu vysílání například vlivem mobilního telefonu nebo vysílačky. Akustika byla také vylepšena díky novému reproduktoru. Pieps DSP Pro je plně digitální lavinový vyhledávač osob s třemi anténami a vyniká svým poměrně velkým dosahem. K jeho funkcím patří "Markování" a "Scan", které umožňují efektivnější vyhledávání. Navíc je vybaven funkcemi "Group check" pro automatické přepínání mezi režimy "Hledání", "Vysílání" a "Smart antenna" pro kontrolu frekvence vysílání ostatních přístrojů. (Ayuso et al., 2015)

Pieps DSP Pro Ice představuje pokročilou verzi plně digitálního lavinového vyhledávače osob Pieps DSP, který se již na trhu nevyskytuje. Tento model se vyznačuje výrazně nižší spotřebou energie a zajišťuje minimálně 400 hodin provozu při vysílacím režimu díky pokročilé technologii baterií. Důležitou vlastností přístroje je funkce "Self Check", která umožňuje automatickou kontrolu správného fungování a nastavení vysílací frekvence antén, zesilovačů, procesorů a baterií již při jejich zapnutí. Dále disponuje funkcemi "Mark" a "Scan", které usnadňují vyhledávání více osob zasažených lavinou. Přístroj také dokáže rozpoznat a zobrazit signál vysílaný staršími analogovými přístroji. Kromě toho je vybaven sklonoměrem, který umožňuje měření aktuálního sklonu svahu. V ostatních aspektech přístroj podobný svému předchůdci DSP Pro. (Ayuso et al., 2015)

Pieps BD Pro Guide BT představuje kombinovaný digitální tříanténový lavinový vyhledávač osob s možností přepnutí do analogového režimu. Tento model, vyvinutý společností Pieps, je nejvýkonnějším moderním vyhledávačem s třemi anténami, který umožňuje připojení přes Bluetooth. Nová generace vyhledávačů Pieps je vybavena Bluetooth funkcí, která umožňuje propojení vyhledávače s mobilní aplikací PIEPS App. Díky této aplikaci je možné aktualizovat firmware vyhledávače, provádět samo-diagnostiku zařízení a nastavovat různé parametry, jako je čas automatického přepnutí režimu, zapnutí nebo vypnutí vibrací a aktivace režimu tréninku, který umožňuje

simulovat cvičnou lavinu a ovládat více vyhledávačů současně. Tento lavinový přístroj disponuje třemi anténami a umožňuje přepínání mezi analogovým a digitálním režimem. Má rozsáhlý dosah a poskytuje možnost použití analogového módu. Díky integrovanému pohybovému senzoru dochází k automatickému přepínání z režimu "Hledání" na režim "Vysílání". Přístroj podporuje také iProbe a TX600 a je vybaven sklonoměrem. Navíc umožňuje kontrolu frekvencí vysílání ostatních přístrojů pro zajištění kompatibility a spolehlivosti při vyhledávání. (Ayuso et al., 2015)

BCA Tracker S je vyhledávač od značky BCA a vyniká svou vyšší rychlostí vyhledávání, nízkou váhou a nižší cenou. Tento vyhledávač je ideální pro začátečníky v oblasti skialpinismu nebo freeridu. (Ayuso et al., 2015)



Obrázek č. 8: *Lavinový vyhledávač osob Pieps PRO BT (321outdoor, 2023)*

2.3.1.6 Svatá trojice

Dnešní doba nám nabízí mnohem bezpečnější, a dokonce hlavně spolehlivější následnou záchranu v případě pádu laviny. Technologie ušly dlouhý kus cesty a společně s lidským umem v oblasti záchranářství, první pomoci vytvořily účinné spojení, zajišťující poměrně efektivní způsob záchran. Řeč není o ničem jiném než o tzv. „svaté trojici“. Jedná se o věci, bez kterých bychom neměli vyrážet do volného terénu: lavinový vyhledávač osob, lavinová sonda a sněhová lopata. (Honzík, 2012) Těmito třemi zásadními pasivními záchrannými prostředky by měl disponovat každý, kdo se vydává

v zimních měsících do horského prostředí. Podrobný popis jednotlivých pasivních záchranných prostředků ze „svaté trojice“ viz. kapitoly výše uvedené.

2.3.2 Aktivní záchranné prostředky

Lavinové batohy a vesty zvyšují naději na přežití v lavině. Všechny fungují na stejném principu. Před stržením lyžaře lavinou, musí sám lyžař rukou aktivovat (spustit) záchranný systém. Během několika vteřin dojde k naplnění airbagu, nebo airbagů (vzduchem, nebo stlačeným plynem nejčastěji argonem). V lavině se můžeme vyhnout úplnému zasypaní snížením celkové hustoty spojením člověka a airbagu se zřetelem na hustotu sněhu a využití fyzikálního zákona o tzv. „inverzní segregaci“ (Inverzní segregace je pohyb částic různých velikostí, přičemž velké částice jsou vytlačovány napovrch menšími částicemi, rozdílem v jejich objemu.) (Gray, Ancey, 2009). Lavinový airbag zvětší „objem“ člověka minimálně o 150 litrů. (Haegeli, Rupf, Karlen, 2020)

2.3.2.1 Historie vývoje lavinového batohu

V 70. letech 20. století zjistil bavorský lesník Josef Hohenester, poté co uvolnil pár menších lavin při sestupu z hor s úlovkem, že díky pytlovité zvěři na ramenou, ho ani jedna z těch uvolněných lavin nezasypala celého. Toto zvětšení objemu (inverzní segregaci) vlastního těla pak testoval s velkými kanystry a balony. Díky Hohenesterovi se zrodila myšlenka lavinového airbagu (Kern, 1999). Nadšený lyžař a podnikatel Peter Aschauer získává patent na tuto myšlenku a zakládá firmu ABS ("Avalanche Balloon Secutem", přičemž "Secutem" je umělý výraz složený ze slov security a system) a začíná vyvíjet systém, který by umožnil lavinovým obětem během několika sekund zvětšit objem svého těla tak, aby nedošlo k úplnému zasypaní lavinou. (Brugger, Etter, Zweifel, et al., 2007)

V roce 1985 je na ISPO představen první plně funkční lavinový airbag ABS. Teprve v roce 1996 je představen první systém ABS s dvojitými vaky TwinBag. Systém je navíc zcela změněn, pyrotechnicko-pneumatická aktivace nahrazuje předchozí bovdenové lanko (je to typ ohebného kabelu, který se používá k přenosu mechanické síly nebo energie pohybem vnitřního lanka vůči dutému vnějšímu pouzdru kabelu). Zároveň materiál airbagu umožňuje optimalizované skládání a umístění airbagu. (Kern, 1999)

V roce 2008 je představen systém ABS Vario-Line, u něhož lze rychle a snadno měnit objem batohů připevněním různých batohových vaků. Dále pak v průběhu let ABS ohlašuje novou éru v oblasti sebezáchrany a záchrany společníka díky bezdrátové aktivaci, rádiově řízenému uvolnění partnera. Standardní rádiové spojení s partnery poprvé umožňuje aktivní ochranu partnerů ještě předtím, než dojde k zasypání. (Brugger, Etter, Zweifel, et al., 2007)

Podle oficiálních stránek značky ABS v letech 2010 a 2011 mohou být batohy poprvé vybaveny lehčí karbonovou kazetou namísto ocelové, jež přináší snížení hmotnosti téměř o 50 procent. Společnost ABS začíná spolupracovat s průmyslovými partnery, kteří integrují systém ABS do svých batohů (ABS inside) nebo vyrábějí odpovídající ZipOny pro základní jednotky (ABS compatible). V roce 2012 může být základní jednotka Vario ještě pro větší bezpečnost vybavena certifikovaným chráničem zad od společnosti Komperdell.

Na oficiálních stránkách ABS uvádí, že v roce 2016 se systémem P.RIDE zavádí ABS novou generaci lavinových airbagů. Standardně s partnerskou aktivací, o 30 % větší účinnou plochou, automatickým řízením systému a dvojnásobnou bezpečností díky ABS Twinbag. Nový ABS s.LIGHT je první lavinový batoh s osvědčeným systémem ABS Twinbag, jehož základní jednotka váží méně než 2 kg. Společně s freeriderkou Géraldine Fasnachtovou poté vyvíjí ABS nový lavinový batoh, který má poprvé integrovaný certifikovaný výškový postroj ABS s.CAPE.

Postupem času se začala vyvíjet konkurence a v roce 2006 vzniká švýcarská firma SNOWPULSE. V roce 2011 švýcarská firma MAMMUT sports group AG kupuje společnost Snowpulse. SNOWPULSE používá v současné době dva systémy PAS – Protection Airbag systém a RAS – Removable Airbag System RAS. V roce 2014 představila firma PIEPS nový lavinový batoh Jetforce a firma SCOTT představila nový systém Alpride. (Haegeli, Rupf, Karlen, 2020)

V současné době existuje 14 systémů, a ještě více značek lavinových batohů a lavinových vest. Na obrázku číslo 9 je univerzální schéma lavinového batohu a popis jeho součástí, jak jej uvádí na svých stránkách Horská služba.



Obrázek č. 9: Airbag systém schéma (horskaslužba, 2023)

1. Vzduchový vak
2. Tlaková láhev
3. Hlava s narážecím trnem
4. Přihrádky na vaky
5. Plnicí a vypouštěcí ventil
6. Kapsa na aktivační táhlo
7. Aktivační táhlo
8. Ramenní popruhy s kovovými přezkami
9. Popruh vedoucí rozkrokem
10. Kovová spona bederního pasu

V retrospektivní studii, která byla realizována H. Bruggerem a kolegy, bylo cílem vyhodnotit, zda lavinový airbag a lavinový vyhledávač mají vliv na úmrtnost. V Evropě a Severní Americe činil v letech 1994–2003 roční medián úmrtí v důsledku pádu sněhových lavin 141 lidí. Studovaný soubor, ve kterém bylo 1504 probandů, kteří byli účastníky 752 lavinových nehod, a to ve Švýcarsku v letech 1990–2000 a 2002–2003 (1296 osob, 86,2 %), nebo v Rakousku v letech 1998–2004 (208 osob, 13,8 %). Probandi vybavení lavinovým airbagem měli menší pravděpodobnost úmrtí (2,9 % oproti 18,9 %; $P = 0,026$, OR 0,09, $n = 1504$). U osob, které byly zcela zasypány bez viditelných nebo slyšitelných příznaků na povrchu, a které se nezachránily ($n = 317$), byl zjištěn nižší medián doby trvání zasypání (25 min versus 125 min; $P < 0,001$) a úmrtnost (55,2 % versus 70,6 %; $P < 0,001$, OR 0,26) než u osob, které toto zařízení nepoužívaly. Tyto údaje ukazují, že lavinový airbag i lavinový vyhledávač snižují úmrtnost. (Brugger, Etter, Zweifel, et al., 2007)

2.3.2.2 Technologie lavinových batohů

Dnešní airbagy se plní dvěma různými způsoby. Originální a dodnes hojně rozšířené jsou mechanické systémy s tlakovou láhví (kartuší). V ní je stlačený plyn, například argon, inertní dusík nebo vzduch. Ten se po aktivaci uvolní z láhve, jejíž otvor prorazí kovová jehla po zatažení za táhlo. Vypuštěný vzduch se přemístí z bombičky do airbagu. A proto tuto technologii nazýváme mechanickou.

Druhý způsob je modernější. Spočívá v nafouknutí airbagu okolním vzduchem. Ten se vhání do airbagu pomocí výkonného ventilátoru, který je poháněn elektronicky. Spuštění ventilátoru se provádí stejně jako u mechanického systému, a to zatáhnutím za táhlo. Původně dodával ventilátoru energii Li-Ion akumulátor, u novějších systémů se k tomuto účelu využívá superkapacitor (kondenzátor, který shromážděnou energii zužitkuje během krátkého okamžiku.)

Také již existuje Hybrid Airbag Technology. Stlačený plyn z kartuší pouze nafoukne konstrukční komoru lavinového airbagu, zbytek airbagu se sám naplní okolním vzduchem jako je tomu u AEROSIZE Avalanche Airbag Vest.

2.3.2.3 Současný stav

V současné době je na trhu 14 systémů, které se používají do lavinových batohů, či do lavinových vest. Jsou to tyto systémy:

- LITRIC – Ortovox,
- AVABAG – Ortovox,
- VOLTAIR SYSTÉM – Arcteryx,
- REACTOR – Arva,
- FLOAT – BCA,
- JETFORCE – Black Diamond a Pieps,
- R.A.S. 3.0 – Mammut,
- P.A.S. 3.0 – Mammut,
- ALPRIDE AIRBAG SYSTEM 2.0 – Alpride,
- ALPRIDE E1 AIRBAG SYSTEM – Alpride,
- ALPRIDE E2 – Alpride a G3,
- P.RIDE – ABS,
- S.LIGHT/S.CAPE – ABS,

- HYBRID AIRBAG TECHNOLOGY – Aerosize (airbagové vesty).

Všechny systémy od značky ABS spadají pod ABS Base Unit neboli Twin Unite, nebo M.A.S.S.

3. CÍLE A ÚKOLY TEORETICKÉ PRÁCE

3.1 Cíle

Cílem bakalářské práce je porovnání aktuálně dostupných aktivních záchranných prostředků, systémů a technologií používaných k prevenci před zasypaním sněhovou lavinou. Dalším cílem mé bakalářské práce je vytvoření uceleného, aktuálního a podrobného přehledu všech na trhu dostupných aktivních záchranných prostředků.

3.2 Úkoly

- Nastudovat dostupné materiály, publikace, závěrečné práce.
- Nashromáždit dostupné informace o vývoji záchranných prostředků při lavinových nehodách.
- Nashromáždit dostupné informace o současném stavu a o technologiích aktivních záchranných prostředků.
- Popsat problematiku pohybu v horách v zimních podmínkách a lavinovou problematiku.
- Popsat vývoj jednotlivých záchranných prostředků, a to jak aktivních, tak i pasivních.
- Popsat systémy a technologie aktivních záchranných prostředků.
- Ze zpracovaných poznatků analyzovat současný stav aktivních záchranných prostředků.
- Vytvořit ucelený přehled všech na trhu dostupných lavinových airbagů a jejich systémů.
- Vyvodit závěr práce.

3.3 Hypotéza

Předpokládám, že se počet systémů aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypaním sněhovou lavinou od roku 2015 zdvojnásobil.

4. METODIKA PRÁCE

Metody použité k získání potřebných informací o aktivních záchranných prostředcích byly rešerše, studium literatury a její následná segregace, společně s neformálně řízenými rozhovory s odborníky, kteří se zabírají touto problematikou (členy HS) a následná analýza dané problematiky. Po dosažení potřebných informací, sestavení uceleného souhrnu současného stavu aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou.

4.1 Rešerše literatury

Během tvorby bakalářské práce na téma Současný stav aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou jsem provedl rešerši literatury.

Seznámil jsem se s odbornými publikacemi, které se specializují na problematiku lavinového nebezpečí a aktivních záchranných prostředků. Tyto knihy mi poskytly obecný přehled a teoretické základy, jež mi pomohly pochopit důležité koncepty, jako je proces vzniku a pohybu lavin, rozpoznávání lavinových terénů a principy fungování záchranných prostředků, jak pasivních, tak aktivních.

Dále jsem vyhledával relevantní vědecké články publikované v odborných časopisech. Tyto články obsahují výsledky aktuálního výzkumu a studií, které se zaměřují na různé aspekty použití aktivních záchranných prostředků při prevenci lavinových nebezpečí. Analýza těchto článků mi poskytla podrobnější informace o specifických technologiích, systémech a metodách využívaných při záchranných operacích. Jedním z hlavních pramenů informací byl článek s názvem Airbag backpacks – Active avalanche protection od autorů K. Sýkory, V. Michaličky a R. Dlouhého z roku 2015.

V neposlední řadě jsem využil také online databáze jako PubMed, Web of Science a Scopus, které obsahují publikace z různých disciplín souvisejících s lavinovou problematikou – geologie, meteorologie, inženýrství a medicína. Tímto způsobem jsem se pokusil získat multidisciplinární pohled na danou problematiku a propojit poznatky z různých oblastí, abych získal co nejúplnější obraz o současném stavu aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou.

K hledání vhodných zdrojů jsem používal klíčová slova uvedená v abstraktu mé bakalářské práce.

4.2 Třídění informací

Po načerpání a nasbírání potřebných informací jsem vytvořil v teoretické části ke každému záchrannému prostředku vlastní kapitolu. V jednotlivých kapitolách je uveden historický vývoj daných záchranných prostředků. Dále základní informace potřebné ke správnému pochopení fungování záchranných prostředků a současný stav těchto prostředků.

Následně jsem převzal tabulku z článku Airbag backpacks – Active avalanche protection od autorů K. Sýkory, V. Michaličky a R. Dlouhého z roku 2015. a rozšířil ji o 7 systémů aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci zasypáním sněhovou lavinou viz. výsledková část.

5. VÝSLEDKY

V bakalářské práci jsem analyzoval všechny na trhu dostupné systémy aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou, jejich konstrukci, velikost, mechanismy aktivace airbagů a mnoho dalších aspektů. Současný vývoj těchto prostředků se zaměřuje na snižování hmotnosti, zvyšování spolehlivosti a vylepšování mechanismů aktivace, aby byly co nejefektivnější.

Výsledkem bakalářské práce je ucelený souhrn všech na trhu dostupných systémů aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou. Vycházím z tabulky z roku 2015 od K. Sýkory, V. Michaličky a R. Dlouhého, která se nachází v článku s názvem Airbag backpacks – Active avalanche protection. Výše zmíněnou výchozí tabulku jsem ponechal v původním formátu a rozšířil jej (formát) o technologie, jež se od té doby dostaly na trh a jsou dostupné. Ve výsledku byla tabulka z roku 2015 rozšířena o dalších 7 systémů o 3 elektrické a 4 kartušové systémy.

5.1 Tabulka současného stavu aktivních záchranných prostředků

Práci jsem došel k závěru, že v současné době je na trhu 14 systémů aktivních záchranných prostředků. Z toho 4 elektronické systémy, JETFORCE technology, LITRIC od značek Ortovox a Arc'terix, VOLTAIR od Arc'terix a ALPRAIDE E2.

A 10 kartušových systémů, RAS, PAS od značky Mammut a Snowpulse, ABS BASE unite (Twin unite), M.A.S.S., P.RIDE, ALPRIDE Airbag systém, BCA FLOAT systém, AVABAG od značky Ortovox, REACTOR od Arvy a HYBRID Airbag technology od značky Aerodize. Samozřejmě existují různé varianty těchto systémů, například u ABS Base unite (Twin unite), vlnkové lodě značky ABS, její novější verze, uvedená v tabulce pod označením ABS P.RIDE.

Tabulka číslo 1 obsahuje stav systémů aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou k roku 2015. V této tabulce je 6 kartušových systémů a 1 elektrický systém. Tabulky číslo 1 a 2 popisují současný stav aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou.

Tabulky jsou rozděleny do 8 hlavních oddílů a to technologie, nepojmenovaný oddíl, karbonové kartuše, ocelové kartuše, doplnění kartuše, spouštěcí mechanismus,







ostatní informace a služby. Tyto oddíly jsou také převzaty z článku od K. Sýkory, V. Michaličky a R Dlouhého z roku 2015.

Dále se tyto oddíly člení. Technologie na značku a systém. Nepojmenovaný oddíl na hmotnost, objem, objem airbagů, počet airbagů, umístění airbagů, ochrana hlavy, ochrana před úrazem, nafouknutí a volné zorné pole.









Karbonové kartuše na hmotnost, tlak, cenu a doplnění plynu. Ocelové kartuše na hmotnost, tlak, cenu a doplnění plynu. Za těmito oddíly je řádek letecká doprava, a to z důvodu, aby bylo jasné, s jakou technologií se může cestovat letecky.

Dalším oddílem je doplnění kartuše. První řádek značí, zda je vůbec možné kartuš opět naplnit, či ne. Další je pak cena a čekací doba. Oddíl číslo 6 spouštěcí mechanismus obsahuje řádek levá/pravá. Tento řádek obsahuje informaci o variabilitě aktivačního madla pro leváky a praváky. Dále pak tento oddíl obsahuje řádky spouštěcí zařízení, odnímatelné madlo a kapsa na madlo.

Následujícím oddílem je ostatní informace, jež obsahuje, zda je možný cvičný start bez tlakové lahve a zda se objem batohu zvětší po odebrání systému a nepojmenovaný řádek pro další informace. Poslední oddíl služby obsahuje jen jeden pojmenovaný řádek, a to řádek doporučeno.

TECHNOLOGIE	značka	Snowpulse/ Mammut	Snowpulse/ /Mammut	ABS	ABS - Ortovox	Alpride/ Scott	Jetforce/Pie ps	BCA Float
	systém	RAS (removable airbag system)	PAS (protection airbag system)	ABS BASE UNITE (twin unite)	M.A.S.S. (modular airbag safety system)	ALPRID E AIRBAG systém	JETFORCE technologie	BCA FLOAT systém
	hmotnost	850g	870g	1900g (SET)	1300g		800g	1900g (SET)
	objem	3l	2,5l batoh (0,5l-1l bag)		5l	5l	5l	
	objem airbagu	150l	150l	170l (2 x 85l)	170l (2 x 85l)	150l	200l	150l
	počet airbagů	1	1	2	2	1	1	1
	umístění airbagů	NAHOŘE	NAHOŘE, VPŘEDU	BOKY	BOKY	NAHOŘE	NAHOŘE, VPŘEDU	NAHOŘE
	ochrana hlavy	x	x			x	x	
	ochrana před úrazem		x					x
	nafouknutí	3s	3s	2-3s	2-3s	3s	3-4s	3-4s
	volné zorné pole	x		x	x	x	x	x
KARBON. KARTUŠE	hmotnost		310g		280g		lithiový polymerní akumulátor, min. 4x na 1 nabití	
	tlak		310bar		340bar			
	cena		3 710 Kč		6 000 Kč			
	doplnění plynu		nitrogen		nitrogen/argon			
OCEL. KARTUŠE	hmotnost		500g		580g	440g	min. 4x na 1 nabití	660g
	tlak		310bar		340 bar	220bar		190bar
	cena		2 220 Kč		3 080 Kč			2 500 Kč
	doplnění plynu		dušík		dušík/argon	CO/argon		vzduch
	letecká doprava					x	x	x
DOPLNĚNÍ KARTUŠE		x	x	x	x		lih. pol. aku	x
	cena	250 Kč	250 Kč	700 Kč	700 Kč	1000 Kč (nová lahve)		
	čekací doba	viz prodejce	viz prodejce	viz prodejce (lahve + madlo)	viz prodejce (lahve + madlo)	není možné zakoupit	nabíjení baterie	viz prodejce
SPOUŠT. MECH.	levá/pravá			x	x			x
	spouštěcí zařízení	mechanické	mechanické	pyrotechnické	pyrotechnické	mechanické	elektronické	mechanické
	podnímatelné madlo			x	x			
	kapsa na madlo	x	x			x	x	x
OSTATNÍ INFO	cvičný start bez tlakové lahve	x	x			x	x	
	zvětšení objemu po odejmutí sys.	x	x		x	x		x
		swiss technologie	swiss technologie	dálkový spouštěč, rychlá výměna sáčků	zahnut chránič páteře	nejlehčí sys., švýc.tech.	test systému, vyfouknutí airbagů 3 min	palivem je vzduch
SLUŽBY		kontrola hmotnosti lahve před použitím	kontrola hmotnosti lahve před použitím	kontrola hmotnosti lahve před použitím	kontrola hmotnosti lahve před použitím	kontrola hmotnosti lahve před použitím		včetně měřidla
		servisní kontrola po 20 odpalech s lahví nebo 40 odpalech bez lahve		kontrolujte každé 3 roky	kontrolujte každé 3 roky		test systému po spuštění, zobrazení na displeji	bezúdržbové, min. životnost je 20 spuštění nebo 10 let
	doporučeno	vyzkoušejte před sezónou	vyzkoušejte před sezónou	vyzkoušejte před sezónou	vyzkoušejte před sezónou	vyzkoušejte před sez.	vyzkoušejte před sezónou	vyzkoušejte před sezónou

Tabulka č. 2: Stav technologií aktivních záchranných prostředků k roku 2015

TECHNOLOGIE	značka	Ortovox, Arc'teryx	Ortovox	Arcteryx	Arva	Alpride, G3	Aerosize	ABS
	systém	LITRIC	AVABAG	VOLTAIR	REACTOR	ALPRIDE E2	HYBRID airbag tech.	P.RIDE
	hmotnost	1100g	690g -kar.	2000g	790g	1140g	1665g	1830 g
	objem		1,8l					
								
	objem airbagů	150l	160l	150l	2x75l	162l	174l	150l (2x 75l)
	počet airbagů	1	1	1	1 (2 komory)	1	1 (2 komory)	2
	umístění airbagů	NAHOŘE	NAHOŘE	NAHOŘE	NAHOŘE	NAHOŘE a BOKY	RAMENNÍ POPRUHY	BOKY
	ochrana hlavy			x	x	x		
	ochrana před úrazem							x
	nafouknutí	3-4s	3s	3s	2-3s	2-3s	3s	2-3s
	volné zorné pole	x	x		x	x	x	x
KARBON. KARTUŠ	hmotnost	lithium- ion baterie 3,7V, 2000mAh min. 2x na 60h ON režim	310g	22.2V lithium- ion baterie + ventilátor opakova- né odpálení, výdrž baterie	310g	AA alkaline nebo lithium baterie výdrž okolo 3 měsíců	není	380 g
	tlak		300bar		300bar		není	300bar
	cena		3 790 Kč		3 590 Kč		není	4 130 Kč
	plnicí plyn		nitrogen		nitrogen		není	argon
OCEL. KARTUŠ	hmotnost	2000mAh min. 2x na 60h ON režim	není		495g	AA alkaline nebo lithium baterie výdrž okolo 3 měsíců	2x160g	
	tlak		není		300bar		223bar	
	cena		není		1 890 Kč		545 Kč	
	plnicí plyn		není		argon		argon	
	letecká doprava	x		x	x	x		
DOPLNĚNÍ KARTUŠE		Lit.-ion baterie		Lit.-ion baterie		AA alkaline nebo lithium baterie		
	cena		700 Kč		870 Kč		545 Kč	zdarma
	čekací doba	nabití baterie	v obchodě	nabití baterie	v obchodě	nabití baterie	v obchodě	výměna u prodejce
SPOUŠT. MECH.	levá/pravá		x			x		x
	spouštěcí zařízení	elektronic- ké	mechanic- ky	elektronic- ké	mechanic- ky	elektronic- ké	mechanic- ky	mechanic- ky/el.
	odnímatelná rukojeť							
	pouzdro na rukojeť	x	x		x		x	
OSTATNÍ INFO	cvičný start bez tlakové lahve	x	x	x		x		
	zvětšení objemu batohu po odstranění systému	x	x		x			
		žádné skládání airbagu				švýc. výroba a elektronik	vesta	společná aktivace na dálku
SLUŽBY		záruka 2 roky	airbag bez švů	vysoce vodotěsn	záruka 2 roky		údržba zdarma	
	doporučeno	zkouška před sez.	zkouška před sez.	zkouška před sez.	zkouška před sez.	zkouška před sez.	zkouška před sez.	zkouška před sez.

Tabulka č. 3: Další technologie aktivních záchranných prostředků

5.2 Výhody a nevýhody jednotlivých technologií

U elektrických systémů ventilátor poháněný baterií vhání vzduch do airbagu. Výhodou těchto systémů je možnost opakované aktivace airbagu na jedno nabití baterie. Kartušové systémy lze aktivovat pouze jednou a poté musí dojít k výměně kartuše. Protože elektrické systémy fungují na výše zmíněném principu, vyvstává zde problém v případě ucpání ventilátoru. V takovém případě by mohlo dojít k neúplnému nafouknutí airbagu, a tím by se i celkový efekt tohoto záchranného prostředku snižoval v závislosti na stavu nafouknutí. To je jedno z mínusů elektrických systémů.

Kartušové systémy fungují na principu naplnění airbagu plynem z kartuše. Po každé aktivaci systému se musí plnicí kartuše vyměnit za novou (plnou), takže je nemožné v případě pádu další laviny znovu aktivovat airbag, aniž by došlo k výměně kartuší. Níže jsou přehledně uvedeny výhody a nevýhody obou systémů.

Výhody elektrických systémů: možnost opakovaného použití na jedno nabití baterie, není potřeba doplňovat a dokupovat kartuše.

Nevýhody elektrických systémů: možnost ucpání ventilátoru sněhem

Výhody kartušových systémů: nehrozí ucpání sněhem

Nevýhody kartušových systémů: cena kartuší, po každé aktivaci systému musí dojít k výměně, nebo opětovnému naplnění kartuše.

5.3 Doporučení systémů pro výstroj vojáků AČR

Kvůli vlastnostem, které má Hybrid airbag technology viz. tabulka číslo 3 by bylo vhodné zařadit tento systém do výstroje vojáků AČR. Aerosize Vest ONE, jež tento systém využívá, je airbagová vesta vhodná pro svou kompatibilitu s jakýmkoliv batohem. Tento systém není uvnitř batohu, ale ve vestě, a proto neomezuje svého nositele tím, mít batoh neustále připevněný na sobě. Je tudíž mnohem jednodušší operovat i v nebezpečném terénu a mít batoh sundaný, ať už z důvodů ošetření raněného, kontaktu s nepřítelem, nebo v jakékoli jiné situaci. U tohoto systému se po aktivaci nafoukne kostra airbagu (32 litrů), díky plynu argon, z kartuše. Zbytek Airbagu se naplní sám pomocí okolního vzduchu. Objem celého airbagu je 174 litrů. Další výhodou je velikost ocelové kartuše. Tento systém má nejmenší ocelovou kartuši ze všech kartušových systémů. Díky tomu je také velice lehký. Váha celého systému je 1665 gramů.

Dalším systémem, který by mohl být vhodný a výhodný pro vojáky AČR je systém od značky ABS P.RIDE viz. tabulka číslo 3. P.RIDE má několik vlastností vhodných pro vojáky. V první řadě největší výhodou tohoto systému je společná aktivace na dálku u batohů spárovaných před začátkem pohybu v horském prostředí. Aktivaci spustí jeden z uživatelů. Tím eliminuje nebezpečí lidského selhání u ostatních lidí ve skupině během vzniklé stresové situace. Přihlášení i odhlášení ze skupiny je velice jednoduché. Změna mezi módy single a partner se provádí velmi rychle. Díky možnosti Zip-on může uživatel měnit velikosti batohů podle potřeby a charakteru aktivit. P.RIDE má dva 75 litrové airbagy a jejich plocha je o 30 procent větší než u tradičních airbagů. Tvůrci se snažili docílit co největšího efektu inverzní segregace.

Celkově lze konstatovat, že lavinové batohy a lavinové vesty jsou efektivním aktivním záchranným prostředkem při prevenci zasypaní lavinou. Jejich použití může zvýšit šanci na přežití a umožnit rychlou lokalizaci zasypaných osob. Nicméně je důležité brát v úvahu limity těchto prostředků, jako jsou omezená ochrana v případě terénních pastí, potřeba odborného školení a správného použití, a také nutnost kombinovat je s dalšími záchrannými prostředky. Úplným základem by měla být takzvaná Svatá trojice (sněhová lopata, lavinová sonda a lavinový vyhledávač osob).

6. DISKUSE

V rámci této bakalářské práce jsem se zaměřil na současný stav aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou. Na základě provedené analýzy a rešerše literatury byly identifikovány klíčové body, které je třeba zvážit a diskutovat ve vztahu k tomuto tématu.

Jedním z prvních zdrojů, který jsem z počátku bakalářské práce měl k dispozici, byl článek z roku 2015 od Sýkory K., V. Michaličky a R. Dlouhého s názvem Airbag backpacks – Active avalanche protection. Po nastudování tohoto článku jsem předpokládal, že počet zmiňovaných systémů se od roku 2015 zvýšil. Dalším studiem zdrojů jsem došel k zjištění, že můj předpoklad je správný. V roce 2015 bylo uváděno v zmiňovaném článku 7 systémů. Z toho 6 kartušových a jeden elektrický. Ve své práci jich uvádím ve zvýšeném počtu 14. Tímto se potvrdila hypotéza práce.

Důležitým aspektem je rozmanitost dostupných aktivních záchranných prostředků k roku 2023. Na trhu existuje 14 druhů systémů, 4 elektrické systémy a 10 kartušových systémů, které se používají k prevenci celkového zasypání lavinou. Tato rozmanitost je důležitá, protože každá technologie má své výhody a omezení. Z mého subjektivního pohledu by bylo vhodné zařadit Hybrid airbag technology viz. tabulka č. 3 do výstroje vojáků AČR. Aerosize Vest ONE, jež tento systém využívá, je airbagová vesta vhodná pro svou kompatibilitu s jakýmkoliv batohem. Tím, že není systém uvnitř batohu, ale ve vestě, neomezuje svého nositele mít batoh neustále připevněný na sobě. Díky tomu je mnohem jednodušší operovat i v nebezpečném terénu (např.: lavinovém svahu) a mít batoh sundaný z jakýchkoliv důvodů.

Dalším aspektem je účinnost a spolehlivost těchto aktivních záchranných prostředků. Je zásadní zjistit, do jaké míry tyto prostředky skutečně snižují riziko zasypání lavinou a přispívají k bezpečnosti osob pohybujících se v lavinových oblastech. Některé systémy mohou být účinnější než jiné, a to jak v závislosti na specifických podmínkách terénu, tak na kvalifikaci a zkušenostech záchranných týmů. Diskutovat o účinnosti a spolehlivosti těchto prostředků je klíčové pro další vývoj a zdokonalování preventivních opatření.

Také je důležité brát v úvahu omezení těchto aktivních záchranných prostředků. Každá technologie má své limity a nedokáže zcela eliminovat riziko zasypání lavinou.

Výsledky nejrůznějších analýz naznačují, že i přes použití těchto prostředků, stále dochází k nebezpečným situacím a tragickým událostem spojených s lavinami.

7. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit současný stav aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou. Pro dosažení tohoto cíle byla provedena rešerše literatury, analýza dostupných dat, konzultace s odborníky v oblasti lavinového záchranářství (HS) a horskými vůdci (CMGA).

V teoretické části jsou popsána nebezpečí v zimních podmínkách, jak objektivní, tak i subjektivní, kde největší kapitolu mají sněhové laviny. Dále je zde popsán historický kontext a historický vývoj, jak pasivních, tak i aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou. Všechny tyto informace jsou důležité k pochopení výsledků mé bakalářské práce.

Ve výsledkové části je popsán současný stav aktivních záchranných prostředků. V dnešní době je na trhu 14 systémů. Z toho je 10 systémů kartušových a 4 elektrické. Nachází se zde tabulkový přehled všech v současnosti dostupných technologií aktivních záchranných prostředků. V tabulce se nacházejí informace o jednotlivých systémech a lze z ní vyčíst, jak technické údaje, s jakým systémem se může cestovat v letadle. Dalšími informacemi jsou například, zda je v daném systému pouzdro na rukojeť, či je airbag uzpůsoben k ochraně hlavy. Dále jsou zde uvedené výhody a nevýhody elektrických i kartušových technologií. V neposlední řadě jsou ve výsledkové části uvedené dva systémy aktivních záchranných prostředků, které by bylo vhodné zařadit do výstroje vojáků AČR.

Omezujícím faktorem bakalářské práce je fakt, že jsem neměl možnosti a prostředky všechny systémy testovat a komparovat ve stejný čas a ve stejných podmínkách. Musel jsem čerpat informace k aktualizaci tabulky ze zdrojů, které uvádějí výrobci na svých stránkách.

Mé doporučení pro budoucí zhodnocení stavu aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou. Bylo by vhodné, opět po nějakém čase, provést aktualizaci stavu aktivních záchranných prostředků, jako jsem ji provedl v bakalářské práci podle vzoru z článku s názvem Airbag backpacks – Active avalanche protection od autorů K. Sýkory, V. Michaličky a R. Dlouhého z roku 2015. Jelikož technologický pokrok je velmi rychlý a v následujících letech by se mohly objevit nové systémy, jež by bylo vhodné zahrnout do podobného tabulkového přehledu a opět jej rozšířit.

Tato práce přinesla ucelené informace o vývoji všech záchranných prostředků do lavinového nebezpečí, a zároveň přehled všech na trhu dostupných systémů aktivních záchranných prostředků používaných k prevenci před zasypáním sněhovou lavinou.

SEZNAM LITERATURY

1. AYUSO, N., J.A. CUCHÍ, F. LERA a J.L. VILLARROEL. A deep insight into avalanche transceivers for optimizing rescue. *Cold Regions Science and Technology* [online]. 2015, 111, 80-94 [cit. 2023-05-29]. ISSN 0165232X. Dostupné z: doi:10.1016/j.coldregions.2014.12.005
2. BEDNAŘÍK, J. *Laviny a počasí* [online]. 2019 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.hudy.cz/laviny-a-pocasi>
3. BRUGGER, Hermann, Hans Jürg ETTER, Benjamin ZWEIFEL, et al. *The impact of avalanche rescue devices on survival*. *Resuscitation* [online]. 2007, **75**(3), 476-483 [cit. 2023-06-15]. ISSN 03009572. Dostupné z: doi:10.1016/j.resuscitation.2007.06.002
4. BRUGGER, Hermann, Hans Jürg ETTER, Jeff BOYD a Markus FALK. Causes of Death From Avalanche. *Wilderness & Environmental Medicine* [online]. 2009, **20**(1), 93-96 [cit. 2023-06-29]. ISSN 10806032. Dostupné z: doi:10.1580/08-WEME-LE-235.1
5. COLBECK, S.C. *History of snow-cover research*. *Journal of Glaciology* [online]. 1987, 33(S1), 60-65 [cit. 2023-06-21]. ISSN 0022-1430. Dostupné z: doi:10.3189/S0022143000215839
6. FRASER, Colin. *The avalanche enigma*. Chicago: Rand McNally, [1966].
7. GRAY, J. M. N. T. a C. ANCEY. Segregation, recirculation and deposition of coarse particles near two-dimensional avalanche fronts. *Journal of Fluid Mechanics* [online]. 2009, **629**, 387-423 [cit. 2023-06-29]. ISSN 0022-1120. Dostupné z: doi:10.1017/S0022112009006466
8. HAEGELI, P., M. FALK, H. BRUGGER, H.-J. ETTER a J. BOYD. *Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland*. *Canadian Medical Association Journal* [online]. 2011, 183(7), 789-795 [cit. 2023-06-29]. ISSN 0820-3946. Dostupné z: doi:10.1503/cmaj.101435
9. HAEGELI, Pascal, Markus FALK, Emily PROCTER, et al. *The effectiveness of avalanche airbags*. *Resuscitation* [online]. 2014, 85(9), 1197-1203 [cit. 2023-06-15]. ISSN 03009572. Dostupné z: doi:10.1016/j.resuscitation.2014.05.025

10. HAEGELI, Pascal, Reto RUPF a Barbara KARLEN. Do avalanche airbags lead to riskier choices among backcountry and out-of-bounds skiers?. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* [online]. 2020, **32** [cit. 2023-06-29]. ISSN 22130780. Dostupné z: doi:10.1016/j.jort.2019.100270
11. HONZÍK, M. *První pomoc při lavinové nehodě* [online]. 2012 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://skitourguru.com/clanek/80-prvni-pomoc-pri-lavinove-nehode>
12. KLESLO, M. *Klasické horolezectví: metodické texty pro skalní, ledové, zimní, letní, expediční a výškové horolezectví a ledovcové túry*. II. vydání. Havířov: Michal Kleslo, 2017. ISBN 978-80-906195-6-2.
13. KNOX, Williams, Betsy ARMSTRONG, *The Avalanche book*, Fulcrum [online]. 1986.
14. KOPÁČEK, Jaroslav, Jan BEDNÁŘ a Michal ŽÁK. *Jak vzniká počasí*. Vydání druhé, rozšířené a upravené. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4423-3.
15. KOŽÍK, František. *Synové hor*. 4., rozš. vyd. Hradec Králové: M&V, 2006. ISBN 80-86771-13-X
16. KUKAL, Zdeněk. *Přírodní katastrofy*. 2. vyd. Praha: Horizont, 1983.
17. KULHÁNEK, Otto. *Zlatá kniha lyžování: z dějin československého a světového lyžařství*. Praha: Olympia, 1989.
18. MAGGIONI, M., GRUBER, U. *The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency* [online]. 2002 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/issw-2002-097-104.pdf>
19. MAŠEK, M., SIEGER, L. *Přežití pod sněhovou lavinou*. Česká Kinantropologie, 2011. Vol. 15, č. 2, s. 33-48.
20. MILAN, L., ŠRAMKA, Š. *Nebezpečnost lavín*. 1. vyd. Bratislava: Šport, 1988.
21. NG, Pearly, William R. SMITH, Albert WHEELER a Scott E. MCINTOSH. *Advanced Avalanche Safety Equipment of Backcountry Users: Current Trends and Perceptions*. *Wilderness & Environmental Medicine* [online]. 2015, 26(3),

- 417-421 [cit. 2023-06-21]. ISSN 10806032. Dostupné z: doi:10.1016/j.wem.2015.03.029
22. NOVÁK, Tomáš Vladislav. *Proti rozbouřeným žvlům: 70. výročí Horské služby Krkonoše*. Praha: Revue, 2004. ISBN 80-900803-3-2.
23. PERLA, R., T. T. CHENG a D.M. MCCLUNG. *A Two-Parameter Model of Snow-Avalanche Motion*. Journal of Glaciology [online]. 1980, 26(94), 197-207 [cit. 2023-06-29]. ISSN 0022-1430. Dostupné z: doi:10.3189/S002214300001073X
24. RADWIN, Martin I. a Colin K. GRISSOM. *Technological Advances in Avalanche Survival*. Wilderness & Environmental Medicine [online]. 2002, 13(2), 143-152 [cit. 2023-06-29]. ISSN 10806032. Dostupné z: doi:10.1580/1080-6032(2002)013[0143:TAIAS]2.0.CO;2
25. SCHWEIZER, J. a J.B. JAMIESON. Snow cover properties for skier triggering of avalanches. *Cold Regions Science and Technology* [online]. 2001, 33(2-3), 207-221 [cit. 2023-06-29]. ISSN 0165232X. Dostupné z: doi:10.1016/S0165-232X(01)00039-8
26. SCHWEIZER, Jürg a Georges KRÜSI. Testing the performance of avalanche transceivers. *Cold Regions Science and Technology* [online]. 2003, 37(3), 429-438 [cit. 2023-06-29]. ISSN 0165232X. Dostupné z: doi:10.1016/S0165-232X(03)00082-X
27. SPUSTA, V., et al. *Laviny v Krkonoších*. 1. vyd. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 2006. 32 s. ISBN 80-86418-45-6.
28. SÝKORA, Karel, Vladimír MICHALIČKA, Robert DLOUHÝ. *Airbag backpacks – Active avalanche protection*. Journal of outdoor activities, 2015, ISSN 1802-3908
29. ŠIMŮNEK, J. *Lavinové vyhledávače: a vše, co k nim patří*. SKI magazín. Leden 2010, str. 50-51. Debora spol. s.r.o., 2010.
30. TUREK, J. *Lavinová situace 1. – 5. stupeň* [online]. 2008 [cit. 2023-28-05]. Dostupné z: <https://www.horydoly.cz/lyzari/lavinova-situace.html>

Internetové zdroje

1. Meteorologický slovník výkladový a terminologický s cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině. Praha: Academia, 1993. ISBN 80-85368-45-5.
2. Horská služba ČR. *Sněhové profily* [online]. 2013 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://www.horskaslužba.cz/cz/horska-sluzba/laviny/informace-olavinach/snehove-profily>
3. Horská služba ČR. *Stupně lavinového nebezpečí +EAWS matice* [online]. 2013 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://www.horskaslužba.cz/cz/horskaslužba/laviny/informace-olavinach/stupne-lavinoveho-nebezpeci-eaws-matice>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1:	Tabulka pocitové teploty v závislosti na teplotě vzduchu a síle větru (priroda, 2018)	14
Obrázek č. 2:	Názvosloví deskových lavin a souřadnicový systém (Schweizer a Jamieson, 2001)	16
Obrázek č. 3:	Lavinová lopata Pieps Racer T (321outdoor, 2023).....	19
Obrázek č. 4:	Pieps iProbe BT 260 cm (boatpark, 2023).....	20
Obrázek č. 5:	Lavinová šňůra (wikipedia.org, 2019).....	21
Obrázek č. 6:	Avalanche ball (Mountainski, 2009)	22
Obrázek č. 7:	Lavinový vyhledávač Pieps PRO BT (321outdoor, 2023)	27
Obrázek č. 8:	Avalung (blackdiamondequipment, 2023) Chyba! Zložka není definována.	
Obrázek č. 9:	Airbag systém schéma (horskaslužba, 2023).....	30

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1:	Klasifikace lavin podle velikosti (horskaslužba, 2012)	15
Tabulka č. 2:	Stav technologií aktivních záchranných prostředků k roku 2015	38
Tabulka č. 3:	Další technologie aktivních záchranných prostředků	39