

MEDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA
Ústav lesnické a dřevařské techniky

**POSOUZENÍ STATICKÉ NOSNOSTI SVĚRNÝCH
UZLŮ JAKO ZADRŽOVACÍCH PRVKŮ VE
STROMOLEZENÍ**

Bakalářská práce

Poděkování:

Děkuji prof. Ing. Jindřichu Nerudovi, CSc. za odborné vedení a čas, který věnoval této práci a za poskytnutí cenných rad. Dále děkuji panu Ing. Pavlu Nevrklovi za jeho konzultace, vedení a čas, který věnoval této práci a za poskytnutí cenných rad a materiálů.

Dále bych chtěla poděkovat rodičům, kteří mi umožnili studium a celou dobu mě při něm podporovali. A v neposlední řadě svému příteli za poskytnutí cenných rad, které mi byly při psaní práce velmi nápomocné.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto práci: Posouzení statické nosnosti svěrných uzlů jako zadržovacích prvků ve stromolezení vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu náklad spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 15.5.2014

Podpis:

Abstrakt

Jméno: Lenka Machková

Název: Posouzení statické nosnosti svěrných uzlů jako zadržovacích prvků ve stromolezení

Abstrakt: Tématem této práce je „Posouzení statické nosnosti svěrných uzlů jako zadržovacích prvků ve stromolezení“. Práce pojednává o mechanických prostředcích, které se používají jako náhrada svěrných uzlů, tj. o blokantech a slaňovacích brzdách, pro které je vypracována kritická rešerše. Dále se v práci nachází porovnání blokantů a svěrných uzlů a vymezení jejich kladů a záporů. Hlavním bodem práce je vlastní měření statické nosnosti tří druhů svěrných uzlů, uvázaných na dvou typech lan, kde se měří jejich statická pevnost před proklouznutím. Z tohoto měření jsou vypracovány tabulky, které jsou výstupem pro vyhodnocení měření a doporučení pro praxi.

Klíčová slova: svěrné uzly, statická pevnost, blokanty, slaňovací brzdy

Abstract

Name: Lenka Machková

Title: Review of tree climbing knots strength as safety elements for the tree climbing

Abstract: Topic of this research is „Review of tree climbing knots strength as safety elements for the tree climbing“. Main objective is to describe mechanical options as replacements for the climbing knots as rope clamps and descenders. Research also contains comparisons of rope clamps and climbing knots – their advantages and disadvantages. Main part describes measurement of the strength three different types of climbing knots, measured on two types of ropes before start of the sliding movement. Results of the measurements are output tables which contain recommendation for the practical usage.

Keywords: climbing knots, knots strength, rope clamps, descenders

Obsah

1.	ÚVOD.....	8
2.	CÍL PRÁCE.....	9
3.	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1.	Vývoj stromolezectví v ČR	10
3.2.	Stromolezecké techniky	10
3.2.1.	Stromolezecké techniky pro výstup do koruny stromů	11
3.3.	Přehled norem	12
3.3.1.	Požadavky kotvícího zařízení (Ochrana proti pádům z výšky)	12
3.3.2.	Spojovací prostředky (Prostředky ochrany osob proti pádu).....	13
3.3.3.	Nízko průtažná lana s opláštěným jádrem	15
3.3.4.	Systémy lanového přístupu – Nastavovací zařízení lana.....	15
3.4.	Prostředky pro výstup a práci ve výškách.....	18
3.4.1.	Lana	18
3.3.5.	Karabiny a spojky	20
3.3.6.	Zadržovací prvky	21
3.4.	Porovnání svěrných uzlů oproti blokantům	41
4.	METODIKA	42
4.1.	Zkouška pohybu svěrného uzlu.....	42
4.2.	Měření statické nosnosti svěrného uzlu	42
5.	VÝSLEDKY	46
5.1.	Hodnotová analýza parametrů mechanických zadržovacích prvků	46
5.1.1.	Hodnocené parametry	47
5.2.	Hodnotová analýza parametrů zadržovacích prvků představující svěrné uzly	49
5.2.1.	Hodnocené parametry	50
5.3.	Výsledky měření statické pevnosti zaznamenané do tabulek	52
5.3.1.	Francouzský prusík	52

5.3.2.	Klemheistův uzel	56
5.3.3.	Blakeův uzel	60
5.3.4.	Ruční blokant.....	63
5.3.5.	Porovnání maximální a minimální nosnosti	64
5.3.6.	Porovnání statické síly svěrných uzlů u lana o průměru 10 mm	65
5.3.7.	Porovnání statické síly svěrných uzlů u lana o průměru 13 mm	66
6.	DISKUSE.....	68
7.	ZÁVĚR.....	70
8.	SUMMARY	71
9.	POUŽITÁ LITERATURA	72
10.	POUŽITÉ INTERNETOVÉ ZDROJE	73
11.	SEZNAM POUŽITÝCH NOREM.....	75
12.	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	76
13.	SEZNAM TABULEK	78
14.	PŘÍLOHY	80

1. ÚVOD

Bakalářská práce na téma „Posouzení statické nosnosti svěrných uzlů jako zadržovacích prvků ve stromolezení“ se zabývá problematikou statické nosnosti různých druhů svěrných uzlů (francouzský prusík, Klemheistův a Blakeův uzel). Svěrné uzly jsou nedílnou součástí při výstupu a práci v koruně stromů, používány už od začátku stromolezení a jejich pevnost je důležitým prvkem kotvícího zařízení a proto je důležité zkoumat jejich pevnost a vlivy na ní. Avšak svěrných uzlů je velké množství a než arborista začne nějaký vybraný druh používat, tak by si měl zjistit, zda mu nejvíce vyhovuje a splňuje jeho nároky, které od něj očekává. Proto v této práci autorka zkouší vlastním měřením vliv statické síly na prokluzování a nosnost svěrných uzlů a vliv typů lana na ně. Měření probíhalo na dvou typech nízko průtažného statického lana (s průměrem 10 mm a 13 mm). Výsledky měření autorka zaznamenala do tabulek, které byly výstupem pro vytvoření grafů, z nichž je vyvozen závěr a doporučení pro praxi.

Práce se dále zabývá posouzením používaných svěrných uzlů, jejich kritickou rešerší a porovnáním s jejich mechanickou náhradou – blokanty. Dále je také vypracovaná kritická rešerše na výše zmíněné blokanty a slaňovací brzdy, jejímž cílem je mj. zhodnotit soubor stále se rozvíjejících pomůcek pro lanové zabezpečovací systémy v arboristice. Arboristika se stále vyvíjí a každý stromolezec hledá způsob nejpohodlnějšího výstupu do koruny stromů, ale ne však méně bezpečného, proto je znalost parametrů nosnosti svěrných uzlů tématem významným.

Nedílnou součástí práce je i přiložená fotodokumentace měření, ve které jsou zaznamenány důsledky vlastního měření.

2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce je posouzení statické nosnosti svěrných uzlů jako zadržovacích prvků ve stromolezení. Vypracování kritické rešerše informací o individuálních zadržovacích prvcích a jejich použití při stromolezeckých aktivitách. Dále vypracování rozboru požadavků na zadržovací prvky při práci v koruně stromů a při výstupu do koruny stromů z pohledu platné legislativy a norem. Zejména se zaměřit na zadržovací prvky představované svěrnými uzly. Dále také posouzení použití svěrných uzlů a tzv. blokantů.

Mezi další cíle této práce je instrumentální postup zjišťování základních parametrů nosnosti svěrných uzlů a faktorů ji ovlivňujících (druh uzlu, dimenze, vlhkost lan,...) Poté provedení vlastního měření a šetření se svěrnými uzly a nízkoprůtažnými lany.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

Téměř každý se v dětství pokoušel vylézt na strom, a proto si můžeme říci, že tato práce je sen mnoha malých dětí a když vidí stromolezce, jak lozí po stromech jako opice, mají jasno. Ale nebylo tomu tak vždy.

V rámci péče o stromy vzniká potřeba provádění různých zásahů ve výškách. Nejčastěji je to řez, statické zajištění korun, kácení stromů, ve ztížených podmínkách po částech, sběr plodů a semen, konzervační ošetření, detailní kontrola koruny apod. Podle daných možností a podmínek volí pracovník adekvátní způsob jak práci ve výškách bezpečně vykonat. Existují tři prostředky, které lze použít: manipulační plošiny, stromolezecká technika, žebříky. (Žďárský 2008)

3.1. Vývoj stromolezectví v ČR

Pojem stromolezectví (z anglického tree climbing) byl u nás poprvé publikován v souvislosti s péčí o stromy v roce 1996. Je to soubor výškových a lezeckých technik za použití osobních ochranných pracovních prostředků (OOPP), pro bezpečný pohyb a pracovní polohování (jakož i prevenci proti pádům z výšky) v korunách stromů. (Žďárský 2008)

Protože stromolezectví se nevyvíjelo ve všech zemích stejně, existují různé přístupy, metody, techniky a vybavení. Tuto rozdílnost lze sledovat na mezinárodních i národních úrovních. Na přelomu třetího tisíciletí se však vyprofilovala víceméně mezinárodně jednotná podoba stromolezectví – stromolezecká technika. Výhodou tohoto sjednocení je podpora rozvoje mezinárodními organizacemi. Díky tomu může vývoj stromolezeckých technik pokračovat a opírat se o mezinárodně uznávané standardy v oblasti vybavení, technologií a bezpečnosti práce. (Žďárský 2008)

Čeští stromolezci si postupně dobývají uznání a prestiž tím více, čím intenzivněji zdokonalují svou odbornou úroveň a kvalitu provedené práce. Tento trend by měl v budoucnosti zajistit stromolezcům jasné a vyhraněné postavení v arboristice, které bude obecně uznáváno a vyžadováno s vysokou kvalitou. (Kolařík a kol. 2003)

3.2. Stromolezecké techniky

O stromolezeckých technikách lze obecně říci, že jsou z hlediska jejich univerzálnosti nejvhodnější a nejšetnější metodou pro provádění výškových prací

v korunách stromů. Současné stromolezecké techniky lezcům umožňují při zachování správných technologických postupů provádět většinu potřebných prací bezpečně, s výrazně sníženým rizikem úrazu (v porovnání s minulými lety). (Kolařík a kol. 2003)

Znalost bezpečného výstupu do korun stromů a práce v korunách stromů patří k nutným specifickým predispozicím arboristů. Techniky umožňující výstup do koruny a práci v koruně stromů se v průběhu let vyvíjejí a zdokonalují zejména s ohledem na bezpečnost pracovníků. (Neruda a kol. 2014)

Přesto je potřeba se s ohledem na požadovaný zásah zvážit možnost použití bezpečnějšího prostředku, tedy zejména manipulačních plošin. Oba přístupy mají své výhody i nevýhody. A někdy může být i jejich vzájemná kombinace nejefektivnějším řešením. (Žďárský 2008)

Prostředky pro práci a výstup do koruny stromů se dají rozdělit podle několika kritérií. Základním dělením je do tří skupin (Neruda a kol. 2014):

- prostředky pro výstup po kmeni
- prostředky zavěšené na větev stromu nebo opřené o strom
- prostředky s vlastní nosnou konstrukcí, které nevyžadují pevnosti stromu.

Dalším možným dělením pro práci ve výškách je (Žďárský 2008):

- první skupinou jsou nástroje, kterými lze pracovat ve výškách, ale i ze země
- druhou skupinu tvoří zejména žebříky
- třetí skupina je celé spektrum osobních ochranných pracovních prostředků (OOPP) používaných pro stromolezení.

3.2.1. Stromolezecké techniky pro výstup do koruny stromů

- **Metoda dvojitého lana** (nepřesný překlad dvoulanová technika) – Je založena na základní skutečnosti, tj. že při pohybu po stromě je využíváno pouze jediné lano, které je zakotveno na opěrném bodě (kterým je zpravidla větev předmětného stromu) a pro další práci jsou využívány oba konce tohoto jediné lana. (Neruda a kol. 2014)

- **Metoda využívající dvou lan** (nepřesný překlad jednolanová technika) – Při výstupu se používá pouze jednoho konce lana, který visí z kotevního bodu. Druhý konec je buď volný (v případě, že je k hornímu kotevnímu bodu pevně uvázán), nebo je ukotvený u báze kmene (v případě, že horní kotevní bod jen obtáčí). Lezec vystupuje pomocí blokantů po konci visícího lana z horního kotevního bodu. Metoda je vhodná zejména pro výstupy do velkých výšek, v hustých a nepřehledných korunách. Pokud je jeden konec lana ukotvený na bázi kmene, přes horní kotevní bod se lano obtáčí a na druhém lezec visí, musíme počítat s tím, že na místo ukotvení působí téměř dvojnásobná hmotnost, než ta, která působí jen na jeden konec lana. (Žďárský 2008)

3.3. Přehled norem

3.3.1. Požadavky kotvicího zařízení (Ochrana proti pádům z výšky)

Norma ČSN EN 795 – Ochrana proti pádům z výšky – Kotvicí zařízení – Požadavky a zkoušení, 1998. stanovuje požadavky, zkušební metody a návody k používání a značení pro kotvicí zařízení navržené pro používání s OOPP proti pádům z výšky. Kotvicí zařízení se dělí do tříd A – E

3.3.1.1. Všeobecní požadavky na kotvicí zařízení

Kotvicí zařízení, kotvicí bod a pohyblivý kotvicí bod musí být navrženy tak, že akceptují osobní ochranné prostředky a zajistí, že není možné správně připojený osobní ochranný prostředek neúmyslně oddělit. (ČSN EN 795)

Obsahuje-li kotvicí zařízení více než jeden prvek, musí být navrženo tak, že tyto prvky nemohou být správně sestavené bez existence úplného vzájemného jištění. (ČSN EN 795)

Nekryté hrany nebo rohy musí mít buď poloměr přinejmenším 0,5 mm nebo 45°zkosení. (ČSN EN 795)

Všechny kovové části kotvicích zařízení musí vyhovět korozní ochraně podle ČSN EN 362:1992. Části konstruované pro trvalé vystavení venkovnímu prostředí musí mít korozní ochranu přinejmenším ekvivalentní k zinkováním ponorem. (ČSN EN 795)

Kotvicí zařízení držící vlastní hmotností nesmí být použito, je-li nebezpečí mrazu, nebo v ledových podmínkách. (ČSN EN 795)

Instalační doporučení

Náležitá péče by měla být zaměřena na stanovení vhodného přenosného dočasného kotvicího zařízení a přičleněných upevňování pro aplikaci, ve které jsou použity. Realizovatelnost instalace by měla být prověřena kvalifikovaným inženýrem. (ČSN EN 795)

3.3.1.2. Speciální požadavky na kotvicí zařízení – zkoušky kotvicího zařízení

Vzorek kotvicího zařízení musí být zkoušen silami odpovídající jeho očekávanému používání. Uspořádání zkoušky musí být podle návodu výrobce, včetně podpětí, je-li použito představující nejhorší případ každého typu kotvicího zařízení. (ČSN EN 795)

Statická zkouška musí být provedena silou 10 kN aplikovanou ve směru, ve kterém může být síla aplikovaná v provozu. Síla musí být udržována po dobu 3 minut. Kotvicí zařízení musí sílu udržet. (ČSN EN 795)

Dynamická zkouška probíhá zajištěním jednoho konce zkušební spojovacího prostředku pomocí spojky na zkoušeném kotvicím zařízení a druhý, také pomocí spojky, na 100 kg hmotě. Maximálně 300 mm vodorovně od kotvicího bodu a pomocí rychle spouštěcího zařízení držte pevnou hmotu tak, že když ji uvolníme, bude volně padat až do $(2500 \pm 50 \text{ mm})$ než začne spojovací prostředek zachycovat pád. Uvolněte hmotu a pozorujte, zda je hmota zachycena a zda je zařízení ustáleno. (ČSN EN 795)

3.3.2. Spojovací prostředky (Prostředky ochrany osob proti pádu)

Norma ČSN EN 354 – Prostředky ochrany osob proti pádu – Spojovací prostředky, 2011. Spojovací prostředky odpovídající této normě jsou používány jako spojovací prvky nebo součástí v systémech ochrany osob proti pádu.

- **Spojovací prostředky** – flexibilní spojovací nebo součást systému zachycení osob s nejméně dvěma zakončeními, s nebo bez zařízení pro nastavení délky. (ČSN EN 354)
- **Systém ochrany osob proti pádu** – sestava součástí určených k ochraně uživatele proti pádům z výšky, včetně zařízení držícího tělo a připojovacího systému, který může být připojen ke spolehlivému kotvicímu bodu. (ČSN EN 354)

- **Spojka** – Otevíratelné zařízení používáme pro spojení součástí, které umožňuje uživateli sestavit systém, aby se mohl připojit sám/sebe přímo nebo nepřímo ke kotvení. (ČSN EN 354)

3.3.2.1. Požadavky

Spojovací prostředky musí být vyrobeny z hladce obrobených materiálů a nesmí mít ostré hrany nebo hrubé okraje, které mohou být příčinou zranění uživatele nebo které mohou pořezat, obrousit nebo jinak poškodit samotný spojovací prostředek. (ČSN EN 354)

Nastavovací zařízení délky nesmí dovolit neúmyslné otevření a nesmí dovolit neúmyslnou změnu délky. (ČSN EN 354)

Spojovací prostředky s nastavovacím zařízením délky musí být vybaveny koncovou zarážkou, která musí zabránit neúmyslnému odpojení nastavovacího zařízení ze spojovacího prostředku. (ČSN EN 354)

Spojovací prostředky musí být zakončeny takovým způsobem, že tyto mohou být připojeny k dalšímu prostředku ochrany osob proti pádu přímo nebo pomocí odpovídající spojky. Konce musí být chráněny oproti rozpletení. (ČSN EN 354)

Splétaná zakončení na lanech musí být zajištěna pro zabránění rozpletení při použití a materiál použitý pro zajištění musí být slučitelný s materiálem lana. (ČSN EN 354)

Pokud je vytvoření zakončení použit uzel, musí být zajištěn tak, že nemůže být otevřen bez použití nástroje. Po zkoušce statické pevnosti, musí mít konec uzlu minimální délku 100 mm. (ČSN EN 354)

Prokluz nesmí být přes nastavovací zařízení délky větší než 50 mm. (ČSN EN 354)

3.3.2.2. Prokluz spojovacího prostředku s nastavovacím zařízením délky

- **Statická pevnost** – Spojovací prostředky obsahující jakýkoliv textilní materiál nebo prvky textilních spojovacích prostředků, např. lana ze syntetických vláken, vydržet sílu nejméně 22 kN. (ČSN EN 354)

- **Dynamická pevnost** – Spojovací prostředek musí udržet zkušební hmotu nad zemí. Potom, stejný spojovací prostředek musí odolat zkušební síle 3 ($\pm 0,3$) kN nebo odpovídající hmotě, použité po dobu 3 ($\pm 0,25$) minut. (ČSN EN 354)

3.3.3. Nízko průtažná lana s opláštěným jádrem

Norma ČSN EN 1891 – Osobní ochranné prostředky pro prevenci pádů z výšky – Nízko průtažná lana s opláštěným jádrem, 2000. Tato norma se týká konstrukce nízko průtažných lan s opláštěným jádrem o průměru od 8,5 mm do 16 mm, používaných osobami v lanovém přístupu, včetně všech druhů pracovního polohování a zadržení; pro záchranu a v speleologii.

- **Nízko průtažné lano s opláštěným jádrem** – textilní lano skládající se z jádra uzavřeného pláštěm, navržené pro použití osobami v lanové přístupu, včetně všech druhů pracovního polohování a zadržení; pro záchranu a speleologii. (ČSN EN 1891)
- **Pracovní polohování** – technika, která umožňuje osobě pracovat podepřené v napnutém nebo zavěšeném osobním ochranném prostředku, takovým způsobem, že ke zabráněno pádu. (ČSN EN 1891)

3.3.3.1. Požadavky

Materiál musí být z nepřetržitého nepoužitého syntetického vlákna. Musí mít pod tavení >195 °C. Prodloužení nesmí překročit 5 %. Nízko průtažné lano musí odolat pěti pádům bez uvolnění hmoty. (ČSN EN 1891)

- **Statická pevnost** – Nízko průtažné lano musí vydržet sílu alespoň 22 kN pro lana typu A a alespoň 18 kN pro lana typu B viz 3.3.1.. (ČSN EN 1891)
- **Statická pevnost se zakončením** – Zakončení smí být vyrobeno zauzlováním nebo jinými metodami. Nízko průtažné lano se zakončením musí vydržet sílu 15 ($\pm 0,5$) kN pro lana typu A a 12 ($\pm 0,5$) kN pro lana typu B, každé po dobu 3 minut. (ČSN EN 1891)

3.3.4. Systémy lanového přístupu – Nastavovací zařízení lana

Norma ČSN EN 12841 – Prostředky ochrany osob proti pádu - Systémy lanového přístupu – Nastavovací zařízení lana, 2007. Tato evropská norma platí pro nastavovací zařízení lana určená pro použití v systémech lanového přístupu. Mohou být navržena pro použití jednou osobou, nebo v případě záchrany, pro dvě osoby současně.

Nastavovací zařízení lana jak jsou specifikována, nejsou vhodná pro použití v systému zachycení pádu.

- **Nastavitelná kotvicí vedení** – kotvicí vedení s připojeným nastavovacím zařízením lana. (ČSN EN 12841)
- **Kotvicí vedení** – poddajné vedení připojené přinejmenším na jednom konci ke kotvicímu bodu k poskytnutí prostředku podpory, zadržení nebo jiného zabezpečení pro osobu. (ČSN EN 12841)
- **Kotvení** – bezpečná část konstrukce nebo stavby, ke které je připojeno kotvicí vedení. (ČSN EN 12841)
- **Prvek ovládání slaňování** – nedílná prvek slaňovacího zařízení, obvykle ručně ovladatelný, používaný k řízení rychlosti slaňování po slaňovacím vedením. (ČSN EN 12841)
- **Ruční blokovací prvek** – nedílná součást nebo funkce prvku řízení slaňování typu C nastavovacího zařízení lana, které úplně zastaví slaňování a tím zabrání nekontrolovanému slanění nebo pádu, jestliže uživatel nedokázal spustit zařízení. (ČSN EN 12841)
- **Maximální jmenovité zatížení** – maximální hmotnost osoby v kilogramech, včetně náradí a prostředků, používaná s nastavovacím zařízením lana, jak je specifikovaná výrobcem. (ČSN EN 12841)
- **Nastavovací zařízení lana** – součást, která, když je připravena na kotvicí vedení příslušného průměru a typu, umožní uživateli měnit jeho nebo její polohu podél.
 - **Typ A** - Nastavovací zařízení bezpečnostního vedení – nastavovací zařízení lana pro bezpečnostní vedení, které doprovází uživatele při změně polohy a/nebo dovoluje nastavení bezpečnostního vedení, a které se automaticky blokuje na bezpečnostním vedení při statickém nebo dynamickém zatížení. (ČSN EN 12841)
 - **Typ B** – Stoupací zařízení pro pracovní vedení – ručně ovládané nastavovací zařízení lana, které, pokud je připevněno na pracovním vedení, blokuje pod zatížením v jednom směru a volně se pohybuje v opačném směru. (ČSN EN 12841)
 - **Typ C** – Slaňovací zařízení pro pracovní vedení – ručně ovládané, tření vyvolávající nastavovací zařízení lana, které dovoluje uživateli

dosáhnout řízeného sestupného pohybu a zastavení, s volnými rukama, kdekoliv na pracovním vedení. (ČSN EN 12841)

3.3.4.1. Požadavky

Nastavovací zařízení lana musí být kompatibilní s kotvicím vedením a být schopné připojení ke kotvicímu vedení toho typu a rozsahu průměr, které jsou vyznačeny na nastavovacím zařízení lana. Musí být možné připojit nastavovací zařízení lana ke kotvicím vedení kdekoliv na jeho délce. (ČSN EN 12841)

Musí v každém případě blokovat a zůstat zablokované dokud není uvolněno, se zkušební hmotou 5 kg. (ČSN EN 12841)

Nastavovací zařízení lana musí mít maximální jmenovité zatížení nejméně 100 kg pro nastavovací zařízení pro jednu osobu a nejméně 200 kg pro nastavovací zařízení pro dvě osoby. (ČSN EN 12841)

- **Minimální pracovní pevnost** – Typ A nastavovacích zařízení lana na kotvicím vedení musí odolat síle ekvivalentní k součtu maximálního jmenovitého zatížení na nastavovacím zařízení lana plus 1 kN po dobu 3 minut a maximálním prokluzem 100 mm. Typ B musí odolat síle 4 kN po dobu 3 minut a maximálním prokluzem 100 mm. (ČSN EN 12841)
- **Minimální statická pevnost** – Typ A nastavovacích zařízení lana musí odolat síle 15 kN po dobu 3 minut. Typ C musí odolat síle 12 kN po dobu 3 minut. (ČSN EN 12841)
- **Dynamická pevnost** – Typ B nesmí uvolnit hmotu, pokud je zkoušen s pevnou ocelovou hmotou 100 kg nebo hmotou ekvivalentní maximálnímu jmenovitému zatížení, záchytná vzdálenost musí být maximálně 2 m. (ČSN EN 12841)
- **Slaňovací schopnost** – Typ C musí umožnit uživateli řídit slaňovací rychlost na kotvicím vedení a musí zahrnovat slaňovací ruční blokovací prvek, který umožní zastavení bez dotyku, kdekoliv na kotvicím vedení. (ČSN EN 12841)

S nastavovacím zařízením lana připevněným na kotvicí vedení, se mechanismus zabráňující uvolnění uzavře. Ověří se, zda jsou nutné nejméně dvě po sobě jdoucí ruční operace k odstranění kotvicího vedení z nastavovacího zařízení lana, k ujištění, že nemůže být při použití náhodně uvolněno. (ČSN EN 12841)

3.4 Prostředky pro výstup a práci ve výškách

3.4.1 Lana

Z hlediska konstrukce lan je rozdělujeme na (Žďárský 2008):

a) **Podle uspořádání pramenů:**

- **stáčená** (třípramenná)
- **pletená** (zpravidla tvořená nosným jádrem a vnějším ochranným opletem)

b) **Podle průtažnosti:**

- **dynamická** - používána v horolezectví
- **statická** (lano s nízkou průtažností) – využívána výhradně ve stromolezectví.

Ve stromolezectví se nejčastěji používají lana pletená, tvořená jádrem a tlustým opletem. Přičemž jádro i oplet se přibližně polovinou dělí o celkovou nosnost lana. Při používání lan nesmí být nikdy překročen limit pracovního zatížení, které je určeno buď výrobcem nebo spočteno uživatelem. (Žďárský 2008)

Při projevu jakýchkoliv známek poškození, které by mohly snížit nosnost, musí být lano vyřazeno z používání. Vizuální kontrolu musí lezec provádět před a po každém použití. Použitím uzlů na lanech dochází ke snížení nosnosti cca od 30 do 60 % v závislosti na druhu uzlu. U mokrého lana je tomu okolo 30 %. (Žďárský 2008)

Pro arboristy jsou v nabídce výrobců speciálně konstruovaná lana, která mají větší odolnost proti oděru a mají dobrou plovatelnost. Lana bývají zakončena standardně zašitým nebo zapleteným okem, pro zjednodušení a zvýšení bezpečnosti práce. Arboristická lana se nejvíce používají v kombinaci se samosvornými uzly nebo s arboristickými polohovacími prvky. (Neruda a kol. 2014)

Požadované lano musí splňovat požadavky normy ČSN EN 1891 – Osobní ochranné prostředky proti prevenci pádů z výšky – Nízko průtažná lana s opláštěným jádrem, 2000

Tato norma se týká konstrukce nízko průtažných textilních lan s opláštěným jádrem o průměru od 8,5 mm do 16 mm. Lana jsou rozlišena na dva typy A a B. Typy A jsou konstruovány pro všeobecné používání osobami v lanovém přístupu, včetně druhů

pracovního polohování a zadržení; v záchraně a speleologii. Typ B s opláštěným jádrem jsou nižšího výkonu než typu A a vyžadující větší péči při používání. (ČSN EN 1891)

Materiály používané při výrobě nízko průtažných lan s opláštěným jádrem musí být z nepřetržitého nepoužitého syntetického vlákna. Materiály používané pro konstrukci pláště a jádra musí mít bod tavení > 195 °C. Průměr lana musí být minimálně 8,5 mm a maximálně 16 mm. Prodloužení nesmí překročit 5 %. Lano musí odolat pěti pádům bez uvolnění hmoty. Statická pevnost pro lana typu A musí být alespoň 22 kN a pro lana typu B 18 kN. (ČSN EN 1891)

- **Označení nízko průtažných lan s opláštěným jádrem musí mít** (Neruda a kol. 2014):
 - na obou koncích vnější pásky s označením typu A nebo B a průměrem v mm
 - číslo této normy
 - každých 1000 mm uvedeno jméno nebo značku výrobce či dovozce, číslo normy, typ lana A nebo B, rok výroby, označení materiálu, z něhož je lano vyrobeno.

V původní dokumentaci musí výrobce poskytnout mnohé další informace o parametrech lana. Musí obsahovat výraznou informaci, o který druh lana se jedná. Musí být zdůrazněno, že lano by měly používat jen osoby vycvičené nebo jinak způsobilé nebo by měl uživatel být pod trvalým dohledem takové osoby. Dále by měla být uvedena nebezpečí, jež by mohla lano poškodit či jinak degradovat. Uvedena by měla být i životnost lana nebo způsob jeho určení atd. (Neruda a kol. 2014)

- **Péče o lana**

Lana je třeba udržovat v dobrém stavu, aby se zaručilo, že jeho použití bude efektivní a bezpečné. Při použití lan a manipulaci je třeba dodržovat základní pokyny (Neruda a kol. 2014):

- není-li nutné, neměla by se lana vystavovat přímému slunci
- nutné chránit před chemikáliemi
- nesmí se tahat přes ostré hrany ani používat poškozené kladky, blokanty a ostatní vybavení
- na lano není vhodné šlapat a nechávat ho zbytečně zavěšené a pokroucené

- vlhké lano nesmí zmrznout
- vhodné uskladňovat správně složené na tmavém suchém místě
- před použitím nutno provést kontrolu.

3.3.5. Karabiny a spojky

Škála různých druhů karabin ve stromolezectví je velmi široká. Karabiny se liší podle tvaru, velikosti, a zavírání. Šířkou otevření západky je dáno, k jak velkému předmětu lze karabinu připnout. Karabiny z hliníkové slitiny mají vynikající poměr pevnosti a nosnosti. (Žďárský 2008) Nejčastěji se setkáváme s ocelovými (neodlehčenými) karabinami, které se používají především pro práci těžkými břemeny. Také tvar a mechanika karabin jsou rozmanitější. Stromolezci musí používat karabiny s automatickým zámkem a pojistkou, přičemž odjištění pojistky musí být možné provést dvěma na sobě nezávislými pohyby. Například u bajonetové karabiny musíme pojistku posunout vzhůru, poté otočit kolem své osy a teprve pak otevřít zámek. Vyžaduje to evropská norma CE EN 362. (Kolařík a kol. 2003)

Karabiny musí splňovat normu ČSN EN 362 – Osobní ochranné prostředky proti pádům z výšky – Spojky, 2005 a ČSN EN 12 275 – Horolezecká výzbroj – Karabiny – Bezpečnostní požadavky a zkušební metody, 1999.

Karabiny (spojky) musí mít funkci blokování zámku, buď automaticky nebo ručně. Po zatížení 6 kN musí jít spojka ještě otevřít. Musí být odolné proti korozi.

Označení výrobcem musí obsahovat:

- zvláštní podmínky, za kterých může být spojka použita
- nesmí být používána přes zámek
- materiály, ze kterých je spojka vyrobena
- číslo normy písmeno třídy
- otevření zámku v mm
- upozornění, že délka spojky by měla být zohledněna, pokud se používá v systému zachycení pádu.



Obr. 1 – Karabina

3.3.6. Zadržovací prvky

3.3.6.1. Mechanické zadržovací prvky

Dělí se na:

- Blokanty
- Slaňovací brzdy

- **Blokanty**

Ruční blokant

Ruční blokant (ve stromolezecké praxi často označován podle jednoho z typových výrobků – Jumar) slouží k výstupu po laně ve vertikálním směru. (Neruda a kol. 2014) Blokant je v podstatě mechanická náhrada svěrných uzlů. Z hlediska sevření lana se využívají různé konstrukce. Palec může být tvořen dvojjzvatnou pákou nebo se jedná o samosvorný výstředník. Známé jsou i kombinace obou předchozích způsobů. Existují velmi jednoduché mechanismy bez palce využívající zoubků a klínovitého oka. Lano je díky tvaru oka svíráno mezi tělo karabiny a stěnu svěry. (Blokant 2001)

Jedná se tedy o mechanický přístroj, který je nasazený na výstupové lano a při zatížení v jednom směru se sevře, a v opačném směru se může posouvat. Pod zatížením nelze blokanty uvolnit ani nijak po výstupovém laně posouvat. (Neruda a kol. 2014)

První použití blokantu je zaznamenáno v roce 1932 v masivu Paloumère v Pyreneích u francouzských speleologů Henriho Brenota a Fernanda Petzla. Průmyslová sériová výroba blokantů byla zahájena až v 60. letech 20. století švýcarskou firmou JÜMAR (prototyp vznikl v roce 1958) a francouzskou firmou PETZL (r. 1967). (Blokant 2001)

Musí splňovat normu ČSN EN 567 – Horolezecký výzbroj – Lanové svěry – Bezpečnostní požadavky a zkušební metody, 1998. Lanové svěry musejí být konstruovány tak, aby v jednom směru zatížené lano spolehlivě sevřelo a umožnilo volné klouzání v opačném směru. Musejí být opatřeny otvorem o průměru nejméně 13 mm. (Neruda a kol. 2014)



Obr. 2 – Ruční blokant - Jumar

Obouruční blokanty

Obouruční stoupační blokanty jsou určeny pro použití při dvojitěm laně, aby byl výstup pohodlnější. Obě rukojeti jsou používány současně, při správné technice je stoupaní velmi rychlé.. Oba volné konce lana musí být jištěny převinutým očkem nebo musí být pevně zajištěny. Obouruční blokant má pojistku, která je účinná proti proklouznutí lana. Instalace je velmi jednoduchá a provádí se v nezátíženém stavu. (Sadewasser 2011)

Musí splňovat normy ČSN 12 841, 567. Využití pro jednoduchá lana o průměru 8 až 13 mm. Hmotnost blokantu je 390g. (Petzl 2014)



Obr. 3 – Obouruční blokant

Hrudní blokant

Hrudní blokant (ve stromolezecké praxi často označován podle jednoho z typových výrobků – Croll) se používá současně s ručním blokantem pro výstup na laně. Upevňovací otvory jsou pootočené, aby blokant ležel naplocho na hrudi. Horní obdélníkový otvor slouží k připojení ramenních popruhů, které výrazně usnadňují posunování blokantu po laně. (Vak 2015)

Západka z chromové oceli je opatřena šikmými zuby a výřezem pro vypadávání případných nečistot, aby bylo zaručeno dokonalé blokování i na mokřích, namrzlých a zablácených lanech. Může být snadno založen na lano jednou rukou (pojistka západky se snadno ovládá palcem ruky). (Vak 2015)

Prostor v blokantu, kterým prochází lano, je chráněn vložkou z nerezové oceli, která chrání tělo blokantu vůči oděru a zajišťuje hladký prokluz lana. Pro průměr lana od 8 do 11 mm. Hmotnost je 85 g. Musí splňovat normy ČSN EN 567, 12 841 typ B. Materiál je rám z hliník a nerezová ocel vnitřní část. (Kondor 2014)

- ČSN EN 567 – Horolezecký výzbroj – Lanové svěry – Bezpečnostní požadavky a zkušební metody, 1998. Lanové svěry musejí být konstruovány tak, aby v jednom směru zatížené lano spolehlivě sevřely a umožnily volné klouzání v opačném směru. Musejí být opatřeny otvorem o průměru nejméně 13 mm.
- ČSN EN 12 841 – Prostředky ochrany osob proti pádu – Systémy lanového přístupu – Nastavovací zařízení lana, 2007. Nastavovací zařízení lana nesmí proklouznout o více než 300 mm po svislém kotvicím vedení. Musí zůstat zablokováno, dokud není uvolněno až s 5kg hmotností. Maximální zatížení jednou osobou musí být 100 kg.



Obr. 4 – Hrudní blokant - Croll

Nožní blokant

Nožní blokant (ve stromolezecké praxi často označován podle jednoho z typových výrobků – Pantin) se používá jako doplňková pomůcka pro výstup po laně k blokantům. Napomáhá výstupům po laně tak, že udržuje tělo ve svislé poloze, ale nechrání proti pádům z výšky. Může se použít levého i pravého nožního blokantu, které se potom využívají při technikách šplhu po dvojitém laně. (Pantin: návod použití 2014)

Vačka usnadňuje průchod lana blokantem, dokonce i v počátečních metrech. Vačka opatřená hroty, se samočisticím žlábkem, optimalizuje chod blokantu v jakýchkoliv podmínkách (např. zmrzlá nebo znečištěná lana). Výstup s tímto blokantem je rychlejší a méně vysilující. Uvolnění z lana se provádí pouhým zanožením. Pro jednoduchá lana o průměru 8 až 13mm. Hmotnost je 120g. (PETZL PANTIN - nožní blokant 2013) Nožní blokant není osobní ochranný prostředek, jelikož slouží pouze pro pohodlnější výstup do koruny stromů a neslouží k ochraně proti pádu z výšky.



Obr. 5 – Nožní blokant - Pantin

- **Slaňovací brzdy**

Slaňovací brzdy slouží k přesnému polohování na pracovním laně, pohybu na pracovním laně a spolehlivému jištění pracovníka. Na rozdíl od blokantu je u slaňovacích brzd pohyb pracovního lana možný v obou směrech, a to i pod zatížením. Princip práce zde není tedy jako u blokantu obstaráván pouze přítlačným palcem, ale i pomocí vláknového tření a úhlu opásání. Používání slaňovacích brzd v arboristice je hojně rozšířeno. Slaňovací brzdy lze použít jak k výstupu do koruny stromu, tak i pro práci v koruně. (Neruda a kol. 2014)

Výstupový, pracovní-polohovací prostředek (Lockjack)

Výstupový, pracovní-polohovací prostředek (ve stromolezecké praxi často označován podle jednoho z typových výrobků – lockjack) je systém sloužící pro výstup a sestup při dvoulanové technice. Nahrazuje klasickou dvoulanovou techniku s použitím svěrných uzlů a kladky. Výhody lockjacku je jednoduché ovládání, nízké opotřebení, obsluha jednou rukou. (Sadewasser 2011)

Umožňuje ovládat intenzitu tření a tím i rychlost sestupu po laně a rovněž umožňuje zaujmout pracovní pozici v libovolné výšce. Bohužel se moc nepoužívá, jelikož jeho cena je stále vysoká. (Žďárský 2008)

Musí odpovídat normě ČSN EN 341 – Osobní ochranné prostředky proti pádům z výšky – Slaňovací zařízení, 1998 a ČSN EN 12 841 – Prostředky ochrany osob proti pádu – Systémy lanového přístupu – Nastavovací zařízení lana, 2007. Žádná část slaňovacího zařízení nesmí vyvinout teplotu vyšší než 48 °C. Používá se pro lana od 11 do 13 mm. Nastavovací zařízení lana nesmí proklouznout o více než 300 mm po svislém kotvicím vedení. Musí v každém případě blokovat a zůstat zablokované, dokud není uvolněno. Maximální zatížení jednou osobou musí být 100 kg.

Lockjack musí být použit pouze s vhodnou karabinou. Karabina nesmí být příliš velká, aby skrz ni neprolezl dřevěný přepínač, jinak by mohlo dojít k pádu. (Sadewasser 2011)



Obr. 6 - Výstupový, pracovní-polohovací prostředek – Lockjack
(https://honeybros.com/media/ecom/prodxl/ART_LockJack_Sport_Basic_Front.jpg)

Výstupový, pracovní-polohovací prostředek - Spiderjack

Výstupový, pracovní-polohovací prostředek (ve stromolezecké praxi často označován podle jednoho z typových výrobků – spiderjack) je vyvinutý typ lockjacku, kde se využívá ještě další karabiny k pohodlnějšímu ovládní. Slouží tedy stejně jako lockjack k nahrazení u klasické dvoulanové techniky svěrných uzlů a kladky. Výhodou spiderjacku je menší namáhání brzděného účinku, rychlejší lezení. (Sadewasser 2011)

Zařízení blokuje lano automaticky a to v případě, je-li lano volně průběžné nebo v upínací poloze (pracovní poloze). Krátké bezpečnostní lano (polohovací set) musí být použito vždy po ukončení pohybu pomocí zařízení spiderjack a zahájení práce v koruně stromu. (Spiderjack návod CZ 2013)

Musí splňovat normy ČSN EN 358, 1891. Používá se pro průměr lana od 11 do 13 mm. Pevnost je 23 kN. Hmotnost 245 g. (ART Spiderjack 2 2011)

ČSN EN 358- Osobní ochranné prostředky pro pracovní polohování a prevenci pádů z výšky – Pásky pro pracovní polohování a zadržení a pracovní polohovací

spojovací prostředky, 2001. Musí odolat statické síle 15 kN po dobu 3 min bez porušení.



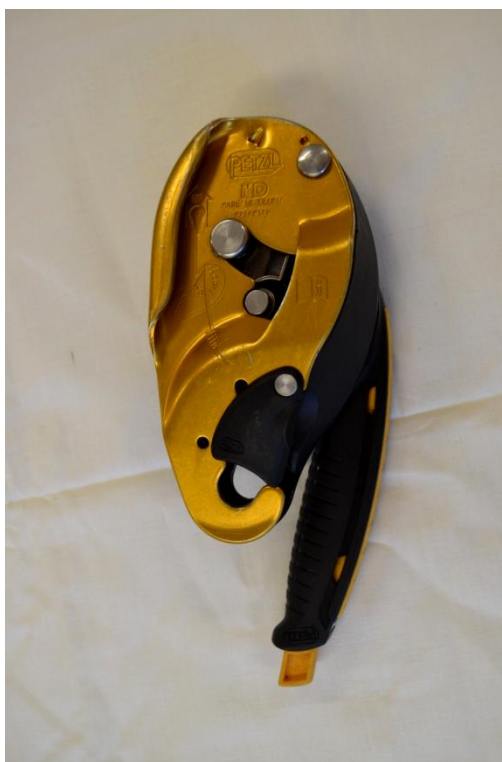
Obr. 7 - Výstupový, pracovní-polohovací prostředek - Spiderjack

Samoblokovací brzda

Samoblokovací brzda (ve stromolezecké praxi často označován podle jednoho z typových výrobků - I'D) je slaňovací a zálohovací zařízení. Je určen pro techniku jednoho lana. Samoblokovací brzdu lze získat ve dvou verzích, které se liší v používaném průměru lana - S verze pro průměry mezi 10 a 11,5 mm a L verze pro průměry 11,5 až 13 mm. Verze s větším průměrem lana je určena především pro záchranu. Samoblokovací brzda je poměrně hrubá a těžká, váží 530 g. (Sadewasser 2011)

Multifunkční rukojeť umožňuje uživateli odblokování lana a ovládání sestupu s rukou na volném konci lana. Dále umožňuje snadnější pohyb po vodorovném nebo šikmém terénu, díky tlačítku na rukojeti. Funkce anti-panic se aktivuje, pokud uživatel zatáhne příliš rychle rukojetí, I'D brzdy a automaticky zastaví sestup. Musí splňovat normy ČSN EN 341, 12 841 (typ C). (I'D L - Descenders 2015)

ČSN EN 341 – Osobní ochranné prostředky proti pádům z výšky – Slaňovací zařízení, 1998 a ČSN EN 12 841 – Prostředky ochrany osob proti pádu – Systémy lanového přístupu – Nastavovací zařízení lana, 2007. Žádná část slaňovacího zařízení nesmí vyvinout teplotu vyšší než 48 °C. Nastavovací zařízení lana nesmí proklouznout o více než 300 mm po svislém kotvicím vedení. Musí v každém případě blokovat a zůstat zablokováno, dokud není uvolněno. Maximální zatížení jednou osobou musí být 100 kg.



Obr. 8 – Samoblokovácí brzda - I'D

Pracovní slaňovací brzda

Pracovní slaňovací brzda ve stromolezecké praxi často označována podle jednoho z typových výrobků – I'D. Využívána od roku 2010. RIG je menší a lehčí než I'D. Může být používána pouze pro lano o průměru 10,5 až 11,5 mm. Snadno se nasazuje a sundává z lana. Je možné zajistit dodatečně karabinou proti nechtěnému použití. (Sadewasser 2011)

Je určena pro zkušené uživatele. Víceúčelová rukojeť slaňovací brzdy slouží uživateli k odblokování lana a kontrolu rychlosti slánění stiskem volného konce lana rukou a také k zaujmutí pracovní polohy na laně bez nutnosti zajistit brzdu zavázáním lana. Má automatickou návratnost systému, která se postará o omezení rizika v nevyžádané situaci. Skladovací poloha rukojeti snižuje riziko zablokování, když probíhají slaňování na postroji. (Sadewasser 2011)

Bezpečnostní západka na pohyblivé bočnici napomáhá zabránit pádu brzdy a usnadňuje instalaci lana a míjení postupových kotvicích bodů. Otočná vačka umožňuje povolování a dobírání lana. Lze ji také použít v systémech pro vytahování břemen a pro krátké výstupy po laně. (PETZL RIG: slaňovací brzda 2014) Snižuje váhu těžkých břemen až do hmotnosti 200 kg. Hmotnost je 380 g. Brzda je určena pro jednoduchá

lana o průměru 10,5 až 11,5 mm. Musí splňovat normy ČSN EN 341,12 841 typ C. (RIG - Descenders. 2015)

ČSN EN 341 – Osobní ochranné prostředky proti pádům z výšky – Slaňovací zařízení, 1998 a ČSN EN 12 841 – Prostředky ochrany osob proti pádu – Systémy lanového přístupu – Nastavovací zařízení lana, 2007. Žádná část slaňovacího zařízení nesmí vyvinout teplotu vyšší než 48 °C. Používá se pro lana od 11 do 13 mm. Nastavovací zařízení lana nesmí proklouznout o více než 30 mm po svislém kotvicím vedení. Musí v každém případě blokovat a zůstat zablokované, dokud není uvolněno. Maximální zatížení jednou osobou musí být 100 kg.



Obr. 9 - Pracovní slaňovací brzda – Rig

Mechanický prusík

Mechanický prusík (ve stromolezecké praxi často označován podle jednoho z typových výrobků – Zigzag) umožňuje uživateli pohybovat se efektivně po stromě podobně jako pomocí systému svěrných uzlů a kladky. Ocelová konstrukce nabízí skvělou odolnost. Technika je totožná s klasickým systémem svěrných uzlů. Tlakem na vrchní skládanou část zigzagu regulujeme rychlost pohybu sestupu. Podle velikosti

tlaku poskytuje rychlý a plynulý pohyb sestupu. Pouze pro použití na zdvojeného lana. Průměr lana je od 11 do 13 mm. Hmotnost je 320 g. (ZIGZAG - Descenders 2015)



Obr. 10 – Mechanický prusík - Zigzag

3.3.6.2. Zadržovací prvky představující svěrné uzly

Svěrné uzly

Svěrný uzel se používá při šplhání po laně, záchraně při pádu, sestavování kladkostrojů či sebejištění na laně pod slaňovací osmou. Tento uzel má dnes mnoho variant. Většinou se váže z lana asi třetinového průměru, než má lano, na které se navazuje, omotávají se okolo silnějšího lana tak, aby vzniklo dostatečné tření. Pokud se omotá silnějším lanem, uzel se špatně zatahuje a na laně dostatečně nedrží. (Stránka o uzlech, uzlování a vše, co k tomu patří 2010)

Funkce svěrných uzlů spočívá v tom, že při pohybu podél lana je člověk navázán uzlem na lano a konce prusíku má například karabinou připnutou k bedernímu nebo prsnímu úvazu. Uzel je volný a lze jím rukou po laně posouvat. V okamžiku zatížení (pád,...) se uzel sevře okolo lana a tření mu brání posunu po laně. Při sestupu se rukou vyvine tlak na vrchní část uzlu, uzel povolí a může dojít k sestupu. (Stránka o uzlech, uzlování a vše, co k tomu patří 2010)

Z principu své činnosti všechny svěrné uzly na laně po zatížení trochu proklouznou, rovněž při posunu rukou vlastně kloužou po laně. To je třeba si uvědomit, protože třením vzniká teplo a při velkém prokluzu může dojít i k přetavení smyčky. (Stránka o uzlech, uzlování a vše, co k tomu patří 2010)

Prusík musí být konstruován podle normy ČSN EN 795 – Ochrana proti pádům z výšky – Kotvicí zařízení – Požadavky a zkoušení, 1998. Kotvicí zařízení musí vydržet sílu 10 kN po dobu 3 minut.

Prusíky se vyrábějí a prodávají ve dvou provedení a ve dvou šířkách. Prusíky jsou se zašitými konci a bez zašitých konců. Se zašitými konci se vyrábí v různých délkách od 75 cm do 100 cm po 5 centimetrech. Dále je pak na výběr z 8 mm a 10 mm šířky. Kde 8 mm prusík je do 18 kN a 10 mm do 20 kN. Slouží jako součást systému zachycení pádu. Musí se používat výhradně jen podle návodu, jiné použití by mohlo mít za následek zranění. Nezbytná je znalost způsobů jištění a metodiky použití. Před a po použití je nutno zkontrolovat stav. Ochrana před UV zářením a před působením korozivním prostředím. Skladovat na suchém, dobře větraném místě. Možnost použití 10let od prvního používání, ale nutná prohlídka každé 3 měsíce. (Návod použití)



Obr. 11 – Prusík se zašitými konci (průměr 10 mm)

Prusíkův uzel

Uzel, který musí stromolezec bezpodmínečně znát je Prusíkův uzel. Prusíkův uzel se používá při výstupu po závěsném laně nebo jako náhrada blokantu. Jeho výhodou je, že funguje v obou směrech. (Jepson 2000) Podle počtu omotání smyčky kolem lana rozeznáváme jednoduchý prusík, dvojitý prusík, trojitý prusík, atd. Používá se zejména pro sebejištění a při mnoha záchranných lanových technikách. (Nepostradatelný prusíkův uzel 2014)

Funguje tak, že k hlavnímu lanu upevní lezec pomocí prusíku dvě nekonečné smyčky. Obě smyčky lezec protáhne svým bezpečnostním popruhem, do spodní smyčky se postaví a horní posune. Pak přenesou svou váhu do vyšší smyčky a posune spodní smyčku. Tímto střídavým zatěžováním a odlehčováním se lezec posouvá vzhůru. Expertům stačí ke zdolání výšky 30 metrů čas o něco málo delší než jedna minuta a 120 metrů zvládnou za necelých deset minut. Použitý prusík by měl mít 10 - 8 mm v průměru podle typu prusíku, slabší materiál nemá dostatečnou nosnost a silnější se nebude správně svírat. Neměl by být silnější než polovina průměru hlavního lana. Správně uvázaný Prusíkův uzel by měl držet dokud materiál smyčky nepraskne. Pokud by začal pod zatížením klouzat, může klouzat tak dlouho, až vzniklé teplo nylonový uzel roztaví a ten se uvolní (mimo dalších poškození hlavního lana). (Budworth 2006)

- **Výhody** (John 2004):
 - jednoduchý a rychlý na uvázání, nenáročný na materiál
 - kontrolovatelný (zrakem , hmatem i ve tmě)
 - jeho svorný efekt rychle zvětšíme přidáním závitů
 - drží stejně při všech směrech zatížení (to je dáno jeho symetrickou konstrukcí).
- **Nevýhody** (John 2004):
 - hůř se povoluje a posouvá po laně
 - použití tenké kruhového průřezu limituje jeho menší nosnost. Čím tenčí, tím lépe drží na laně, ale tím méně unese
 - nelze s ním posouvat na laně při zatížení
 - neváže se z popruhů nebo popruhových sešitých smyček.



Obr. 12 – Prusíkův uzel

Klemheistův uzel (Machardův prusík)

Klemheistův uzel se používá ve většině stejných použití jako Prusíkův uzel. Kupodivu se používá méně často u stromolezců než Prusíkův, i když je rychlejší a jednodušší ho navázat a rozvázat. (Jepson 2000) Nejvíce se používá ve smyčce při footlocku. (Bilharz 2012)

Množství tření může být řízeno snížením či zvýšením počtu otáček. Stejně jako Prusíkův je třeba považovat tři otáčky za minimální ve většině případů. Jedinou nevýhodou je jeho jednosměrná funkce. (Jepson 2000) Další výhodou je, že může být navázán nejenom z lana, ale i z popruhu. Je to jeden z nejlépe fungujících prusíků i za mokra. (Sadewasser 2011) Používají se úzká lana nebo popruhy. Čím více ovinutí, tím lépe. Poté se oba konce sepnou karabinou. (Bilharz 2012)

- **Výhody (John 2004):**
 - jednoduchý a rychlý na uvázání, nenáročný na materiál
 - kontrolovatelný již hůř (zrakem při správném srovnaném uvázání)
 - jeho svěrný efekt rychle zvětšíme přidáním závitů

- můžeme ho uvázat ze silnějšího průměru, teoreticky i z lana stejného průměru jako je lano kolem kterého ho vážeme, ale předpokládá to větší počet závitů
- dá uvázat z popruhu a popruhovému sešité smyčky.
- **Nevýhody (John 2004):**
 - drží pouze v jednom směru, to je dáno asymetrickou konstrukcí
 - musí se dbát na jeho srovnané uvázání a povolení i během posouvání.
 - hmatem, zvláště za tmy, se špatně kontroluje.
 - nelze s ním posouvat na laně při zatížení
 - hůř se povoluje a posouvá po laně.



Obr. 13 - Klemheistův uzel

Francouzský prusík

Po celá léta byl Francouzský prusík používán u horolezců a záchranných týmů ve Francii a Evropě. Teprve nedávno se dostal do pozornosti stromolezců.

Francouzský prusík je považován za moderní, vysoce výkonný uzel. Je elegantní, lze ho snadno a rychle navázat a rozvázat, kontrolovat a upravovat. Uzel se pro snazší dobírání lana doplňuje pomocnou kladkou. Nejčastěji se používají čtyři otáčky a tři křížení. (Jepson 2000)

Uvázání není relativně složité, ale musí se provádět velmi pečlivě. Stoupání je pomocí tohoto uzlu velmi rychlé, ale musíme mít s jeho používáním zkušenosti. Uzel se dá povolit i při jeho zatížení. (Sadewasser 2011) Tento uzel pohlcuje energii rázového zatížení; nesevře se, dokud zatížení pádem není dostatečné. Uzel působí na obeprnuté lano třením, protože se při zatížení začne napínat a zmenšovat svůj průměr, působí tlakem dovnitř a třením na velké ploše. (Budworth 2006)

- **Výhody** (John 2004):
 - lze ho stáhnout i při zatížení plnou vahou lezce
 - kontrolovatelný (zrakem při správném srovnaném uvázání)
 - jeho svorný efekt rychle zvětšíme přidáním překřížení
 - dá se uvázat z popruhu, popruhové sešité smyčky.
- **Nevýhody** (John 2004):
 - drží pouze v jednom směru, to je dáno asymetrickou konstrukcí
 - zabírá na laně hodně místa, nejvíce ze zde popsaných uzlů
 - je nutné dbát na jeho srovnané uvázání i během posouvání
 - hmatem, zvláště za tmy, se špatně kontroluje.



Obr. 14 – Francouzský prusík

Schwabischův prusík (Distelův prusík)

Schwabischův prusík je novinkou na lezecké scéně, byl poprvé zdokumentován sedminásobným mistrem ve stromolezení Váže se nejčastěji z prusíku 60 až 80 cm délky a s 8 -10 mm průměr. Uvolňuje se mnohem snadněji než ostatní, ale ne zas až tak lehce jako Francouzský prusík. (Netknots.com 2005)

Tento uzel by neměl být používán začátečníky, jelikož jeho pohyb po laně nesmí být rychlý a funguje pouze v jednom směru. (Sadewasser 2011) Schwabischův prusík vytváří značné tření na laně, okolo kterého je uvázán, proto by posun neměl být příliš rychlý a proto není vhodný pro začátečníky. Při rychlém posouvání hrozí poškození teplem (hlavního lana nebo prusíku, ze kterého je uvázán). Uzel se používá jak při stoupaní po laně nebo při polohování v koruně stromů. (Prusíkův uzel. Stránka o uzlech, uzlování a vše, co k tomu patří 2010)

Při vázání se dělají nejméně čtyři otáčky, ale lepší je jich pět, avšak také záleží na průměry obou lan. Při navázání prusíku se na jeho koncích váže smyčka z dvojitého rybářského uzlu a oběma smyčkami se provleče karabina. Tento uzel není asymetrický, proto je důležité, aby byl navázán pečlivě a správně. (Sadewasser 2011)

- **Výhody:**

- poměrně snadné ho uvázat
- nemusí být příliš dlouhý prusík k jeho uvázání
- poskytuje pohodlné používání
- slouží jak ke stoupaní, tak i k polohování.

- **Nevýhody:**

- funguje pouze v jednom směru
- při rychlém zacházení, dochází k velkému zahřívání lana nebo prusíku.



Obr. 15 - Schwabischův prusík

Blakeův uzel

Blakeův uzel je relativním nováčkem na lezecké scéně. Je však o něco složitější a pomalejší ho uvázat. Má podobné využití jako Prusíkův uzel nebo Francouzský prusík. Používá se opět jako svěrný uzel pro navázání lezce při pohybu a polohování na stromě. Lano, ze kterého se váže, může být stejného průměru, ale musí být dostatečně ohebné. (Jepson 2000)

Blakeův uzel má výhodu, že se váže na jediném konci lana a nepotřebuje tedy uzavřenou smyčku, jako ostatní uzly. Nevýhodou uzlu je jeho vyšší zatížení ve spodní oblasti, kde je prusík propletený. (Sadewasser 2011)

Slouží jako pomůcka pro stoupaní a sestup po hlavním laně, případně jako pojistka na laně nad blokantem typu Jumar. Na volném konci uzlu se pak váže koncoví uzel (většinou osmička), pevný konec se připíná karabinou k sedacímu úvazu. Uzel není symetrický a blokuje jen v jednom směru. Je důležité ho tedy uvázat správně. Při vázání se dělají nejméně čtyři otáčky, ale také záleží na průměru obou lan. (Prusíkův uzel. Stránka o uzlech, uzlování a vše, co k tomu patří 2010)



Obr. 16 – Blakeův uzel

Bachmanův prusík (karabinový excentrický Prusíkův uzel)

Jeden z nejpoužívanějších uzlů v lezecké praxi. Je vhodný i na mokrá a namrzlá lana. Výhodou je snadná manipulace s uzlem díky úchopu za karabinu. Váže se jako ostatní uzle z prusíku s menším průměrem než lano, na které se navazuje a nebo je možné použít i plochou smyčku. (Prusíkův uzel. Stránka o uzlech, uzlování a vše, co k tomu patří 2010)



Obr. 17 – Bachmanův prusík

3.4. Porovnání svěrných uzlů oproti blokantům

Zda jsou samosvorné uzle lepší než blokanty, či naopak, se jen na základě poznatků z literární rešerše říci nedá. Každé má své výhody a nevýhody a je zcela na stromolezcích, co jim více vyhovuje a na co si při práci zvyknou.

Svěrné uzly

Jejich velická výhoda je jejich levnost oproti blokantům. Také se dá mnohem lépe kontrolovat jejich opotřebení a nemůže se stát, že by se porouchala nějaká jejich část, co u mechanického blokantu zaručit nelze. Dále nehrozí poškození při nárazu o větev, uzle se samy přizpůsobí a svůj účel splňují dál. Další výhodou je, že většina z nich funguje v obou směrech, a to jak při výstupu, tak i sestupu. A kdykoliv se uživatel potřebuje náhle přemístit, tak má prusík vždy k dispozici na rozdíl od blokantů.

Ale mají i několik nevýhod. Jejich hlavní nevýhoda je, že je zapotřebí tyto uzle správně navázat a dotáhnout. Bez toho nelze zaručit jejich správná funkce oproti blokantům, které stačí lehce nasadit a jsou připravené k použití. Dále je nutné použít správnou tloušťku prusíku a k němuž správnou tloušťku lana, která zaručí správné a bezpečné uchycení. Další nevýhodou je jejich snížená funkčnost za deštivého a mrazivého počasí. Dále samosvorné uzle jsou náchylné na zachycení materiálu ze stromů, který zabraňuje správné funkci uzlů.

Blokanty

Výhodou blokantů je jejich jednoduchost při lezení, není zdržování s navazováním, nehrozí špatné navázání a proto je jistota jejich správného fungování. Nejsou náchylné na zachycení materiálu ze stromů. Nesnižuje se funkčnost za deštivého a mrazivého počasí. Nehrozí při náhlém pádu špatného uchycení a stržení dolů.

Jejich hlavní nevýhodou je použití jenom k výstupu, proto se často nahrazují slaňovacími brzdami. Další nevýhodou je cena, jsou daleko dražší, avšak vydrží mnohem déle než prusík. Jelikož je blokant mechanické zařízení a skládá se z mnoha částí, může docházet k jejich poruchám.

Výhody a nevýhody uvedeny v této kapitole jsou výsledky šetření a poznatky autorky z předchozích kapitol literární rešerše.

4. METODIKA

Ke splnění cílů zadání práce „Posouzení statické nosnosti svěrných uzlů jako zadržovacích prvků ve stromolezení“ byla sestavena tato metodika.

K vypracování práce bylo zapotřebí:

1. Konzultace s vedoucím práce
2. Vypůjčení domácí i zahraniční literatury
3. Vypracování literární rešerše
4. Vlastní měření a konzultace výsledků měření
5. Dodělení práce s finálními úpravami, včetně příloh
6. Tisk a odevzdání práce

Měření vychází z české technické normy ČSN EN 795 - Ochrana proti pádům z výšky – Kotvicí zařízení – Požadavky a zkoušení, 1998. A Normy ČSN EN 12841 – Prostředky ochrany osob proti pádu - Systémy lanového přístupu – Nastavovací zařízení lana, 2007. Se zaměřením na posouzení statické nosnosti svěrných uzlů, které byly uvázány třemi způsoby a zkoušeny a dvou typech lana.

4.1. Zkouška pohybu svěrného uzlu

Před začátkem měření statické nosnosti svěrných uzlů byla nutná zkouška pohybu svěrného uzlu po laně, na kterém byl uzel navázán. Lano bylo jedním koncem připevněno na tenzometrické čidlo, které měří sílu namáhání a druhý konec byl ponechán volně. Poté se navázal svěrný uzel, který se konci prusíku připevnil karabinou na přístroj, kterým byla vyvíjena síla. Poté proběhla zkouška pohybu svěrného uzlu, tj. uzel jsem uchopila do ruky a zkusila s ním pohnout po laně tam a zpět. Uzel při správné funkčnosti musel blokovat pod zatížením v jednom směru a volně se pohybovat ve směru opačném, tato správná funkčnost se musela ověřit, poté teprve mohlo dojít k měření. Zkouška pohybu vychází z normy ČSN EN 12841.

4.2. Měření statické nosnosti svěrného uzlu

Základem měření statické nosnosti je měření síly působící na svěrné uzly a zkoumání při jaké síle začnou prokluzovat. V součinnosti s ústavem lesnické a dřevařské techniky byl sestrojen přístroj na toto měření. Ten slouží k vyvíjení statické tahové síly, která se postupně zvyšuje bez trhavých pohybů a namáhá svěrný uzel. Ke snímání velikosti tahové síly bylo použito tenzometrické čidlo, které naměřené hodnoty

převadlo do příslušné aplikace v počítači, kde byla data uložena do paměti. Z těchto dat byla zjištěna mezní tahová síla a vypočteny mezní hmotnost břemene, povolená pracovní hmotnost břemene a povolená pracovní hmotnost břemene při použití na dvojitěm laně. Mezní tahová síla se určila z naměřených hodnot, jež byly odečteny při proklouznutí svěrného uzlu, resp. blokantu na nosném laně. Mezní hmotnost břemene se vypočítala vydělením mezní tahové síly tíhovým zrychlením $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Povolená pracovní hmotnost břemene (pro jednoduché lano) se vypočítala dělením mezní hmotnosti břemene bezpečnostním součinitelem 5. Povolená pracovní hmotnost břemene pro práci na dvojitěm laně se vypočítala vynásobením povolené pracovní hmotnosti (pro jednoduché lano) číslem 2. Ze souboru měření pak autorka zpracovala aritmetický průměr hodnot, směrodatnou odchylku a rozptyl. Autorka k tomu použila tyto vzorce:

- vzorec pro výpočet aritmetického průměru

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

- vzorec pro výpočet směrodatné odchylky

$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

- vzorec pro variační koeficient

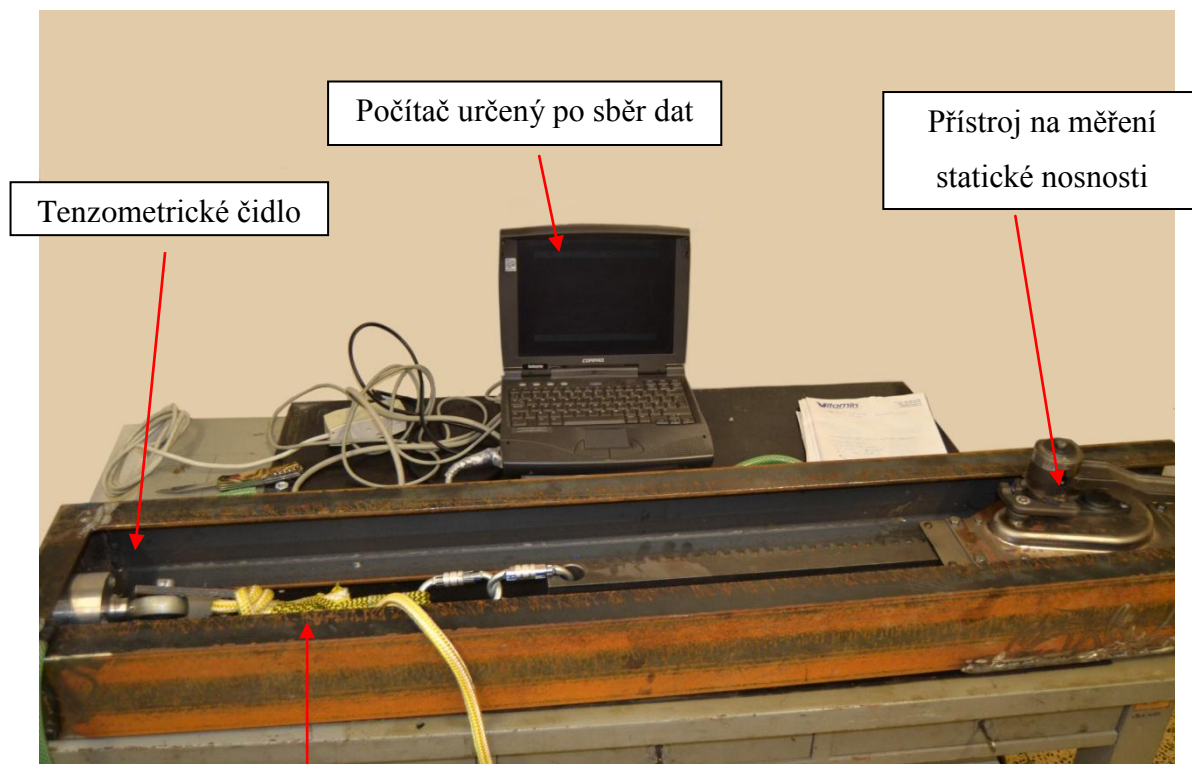
$$v_x = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100 [\%]$$

Pomocí těchto základních statistických veličin pak autorka dosažené výsledky hodnotila.

Měření bylo prováděno v laboratoři, kde se zkoušela již výše zmíněná statická nosnost svěrných uzlů. Byly použity tři typy uzlů, které se zkoušely na dvou typech lan. Byl vybrán Francouzský prusík, Klemheistův a Blakeův uzel. Na měření na laně o průměru 10 mm byl použit prusík s průměrem 8 mm bez zašitých konců. Na další měření byl pak použit prusík o průměru 10 mm a s délkou 80 cm na lano s průměrem 13 mm. Na navázání Blakeova uzlu bylo použito stejné lano, jako na které se uzel vázal, tj. o průměru 13 mm. U druhého typu lana, tj. o průměru 10 mm byl k navázání použit prusík o průměru 10 mm, jelikož lano o průměru 10 mm má špatnou ohybnost.

Před začátkem měření byla nejprve provedena zkouška funkčnosti dané metodiky a poté samotné měření. Na počátku měření se na tenzometrické čidlo připevnilo odpovídající lano, na které se pak navázal svěrný uzel, poté byla vyzkoušena jeho správná funkčnost pohybu (viz výše). Poté následovalo připevnění konců uzlu pomocí karabiny na přístroj vyvíjecí statickou sílu. Když bylo vše připraveno a připevněno, začal se vyvíjet tlak na uzel. Nejprve se vyvinula síla 10 kg, kdy se změřil průměr lana do kříže před měřením pomocí posuvného měřidla. Pak následovalo puštění měření pomocí programu v počítači a začala se vyvíjet pomalu rostoucí síla bez trhavých pohybů. Síla se vyvíjela do té doby, než uzel začal prokluzovat, poté se zkontrolovalo jak uzel proklouznul a jestli nedošlo k poškození prusíku a lana. Pak se opět tlak snížil na 10 kg a opět se změřil průměr lana do kříže po měření pomocí posuvného měřidla. Když se vše prozkoumalo uzel se rozvázal, případně uřízl, když byl připečený a hodně utážený a mohlo dojít k dalšímu měření. Poté se zopakoval stejný postup měření průměru na prusíku před a po měření, který se připevnil pomocí karabiny na měřící zařízení a pomocí druhé karabiny na tenzometrické čidlo.

Každé měření se poté s daným druhem uzlu zkoušelo 10krát, kde na každé měření bylo použito nové lano a nový prusík.. Když bylo vše naměřeno, následovalo stažení všech naměřených hodnot a zpracování do tabulek, které se poté vyhodnotily a zpracovaly do bakalářské práce.



Počítač určený po sběr dat

Přístroj na měření statické nosnosti

Tenzometrické čidlo

Obr. 18 – Měřicí zařízení

Přípevnění svěrného uzlu

5. VÝSLEDKY

5.1. Hodnotová analýza parametrů mechanických zadržovacích prvků

Tab. 1 – Hodnotová analýza parametrů mechanických zadržovacích prvků

<u>Mechanické zadržovací prvky</u>	<u>Směr použití</u>	<u>Body</u>	<u>Průměr lana (mm)</u>	<u>Body</u>	<u>Hmotnost (g)</u>	<u>Body</u>	<u>Maximální zatížení (Kg)</u>	<u>Body</u>	<u>Cena (Kč)</u>	<u>Body</u>	<u>Body celkem</u>
Ruční blokant	výstup	1	od 8 do 13	3	190	3	100	1	1 251	3	11
Hrudní blokant -Croll	výstup	1	od 8 do 11	2	85	3	140	2	936	3	11
Nožní blokant - Pantin	výstup	1	od 8 do 13	3	80	3	150	2	1 325	3	12
Výstupový, pracovní-polohovací prostředek - Lockjack	výstup i sestup	2	od 11 do 13	2	500	1	100	1	6 590	1	7
Výstupový, pracovní-polohovací prostředek - Spiderjack	výstup i sestup	2	od 11 do 13	2	245	2	100	1	5 960	1	8
Samoblokovácí brzda - I'D	sestup	1	od 10 do 11,5; od 11,5 do 13	1	530	1	100	1	4 401	1	5
Pracovní slaňovací brzda - Rig	sestup	1	od 10,5 do 11,5	1	380	2	100	1	3 390	2	7
Mechanický prusík - Zigzag	výstup i sestup	2	od 11,5 do 13	1	320	2	140	2	4 850	1	8

Byla provedena jednoduchá hodnotová analýza, která vychází z literární rešerše zaznamenaní předešlé části viz bod 3.4.3.1. mechanických zadržovacích prvků. Tyto se dělí na blokanty a slaňovací brzdy. Celkem jsou hodnoceny tři druhy blokantů a pět druhů slaňovacích brzd. Je zde hodnoceno pět parametrů, které jsou obodovány od 1 do 3, 3 je největší možný počet bodů. V tomto hodnocení nejlépe dopadly blokanty i přes to, že fungují pouze v jednom směru. Hlavním důvodem tohoto výsledku je jejich malá hmotnost a nízká cena. Tudíž jejich větší dostupnost. V samostatném hodnocení nejlépe dopadl nožní blokant se 12 body, ale ten nelze používat samostatně a je nutné ho doplnit např. ručním blokantem. Nejméně bodů v tomto hodnocení měla slaňovací brzda – I'D s 5 body. To bylo dáno její vysokou hmotností a cenou a dále pouze jednosměrným provozem. Uvedené hodnocení může sloužit jako pomůcka pro rozhodování, nelze je však absolutizovat.

5.1.1. Hodnocené parametry

- **Směr použití**

Možnost použití mechanických zadržovacích prvků k výstupu, sestupu nebo obojí.

- 1 bod – výstup nebo sestup
- 2 body – výstup i sestup

- **Průměr lana (mm)**

Tento parametr vyhodnocoval možnost použití mechanických zadržovacích prvků na více typů průměru lan. Jedná se o důležitý parametr, jelikož každý prvek sedí na jiné průměry lan a čím větší rozptyl možného průměru lana, tím méně to omezuje arboristu při výběru vhodného lana k práci.

- 1 bod – průměr od 10,5 do 11,5 mm; od 11,5 do 13 mm
- 2 body – průměr od 8 do 11 mm; od 11 do 13 mm
- 3 body – od 8 do 13 mm

- **Hmotnost (g)**

Jedná se o hmotnost mechanického zadržovacího prvku. Také důležitý parametr, jelikož arborista se potřebuje pohybovat co nejefektivněji a proto každý příbytek na váze je znát.

- 1 bod – 500 g a více
- 2 body – 200 – 400 g
- 3 body – méně než 200 g

- **Maximální zatížení (kg)**

Jedná se o maximální možné zatížení mechanického zadržovacího prvku, které nesmí být překročeno, aby nedošlo k porušení a přetížení s následkem pádu. Na toto maximální zatížení jsou prvky dimenzované a musí se jednoznačně dodržovat. Přičemž maximální zatížení vychází z technických norem, které zařízení musí splňovat.

- 1 bod – méně než 100 kg
- 2 body – více než 100 kg

- **Cena (Kč)**

Cena výrobku jeho pořízení. Cena je vybrána nejnižší nalezená na portálu (www.zbozi.cz) včetně DPH.

- 1 bod – cena od 4000 Kč a více
- 2 body – cena 1500 – 4000 Kč
- 3 body – cena do 1500 Kč

- **Body**

Jedná se o bodové ohodnocení každé kategorie od 1 do (2) 3, přičemž 3 je nejlepší ohodnocení.

- **Body celkem**

Konečný součet dosažených bodů za všechny parametry.

5.2. Hodnotová analýza parametrů zadržovací prvků představující svěrné uzly

Tab. 2 – Hodnotová analýza parametrů svěrných uzlů

<u>Svěrné uzly</u>	Funkce	Body	Materiál na uvázání	Body	Rychlost uvázání	Body	Náročnost na uvázání	Body	Body celkem
Prusíkův uzel	v obou směrech	2	prusík o průměru 7 mm	1	poměrně rychlé	2	snadné	3	8
Klemheistův uzel	jednosměrná	1	užší prusík, popruh	2	rychlé	3	snadné	3	9
Francouzský prusík	jednosměrná	1	prusík, popruh	3	rychlé	3	snadné	3	10
Schwabischův prusík	jednosměrná	1	prusík menšího průměru než lano	1	poměrně rychlé	2	poměrně snadné	2	6
Blakeův uzel	jednosměrná	1	prusík, lezecké lano	3	pomalé	1	složitě	1	6
Bachmanův uzel	jednosměrná	1	prusík menšího průměru než lano	1	poměrně rychlé	2	poměrně snadné	2	6

Byla provedena jednoduchá hodnotová analýza. Hodnocené parametry vychází z literární rešerše zaznamenání předešlé části viz bod 3.4.3.2. zadržovací prvky s využitím svěrných uzlů. Bylo hodnoceno šest druhů používaných svěrných uzlů. Uzly byly hodnoceny podle čtyř parametrů, které byly hodnoceny body od 1 do 3, přičemž 3 bylo hodnocení nejlepšího parametru. Nejlépe v tomto hodnocení dopadl francouzský prusík, díky jeho snadnému a rychlému navázání a možnosti materiálu použitého k navázání. Nejhůře dopadly Schwabischův prusík, Blakeův a Bachmanův uzel. Schwabischův prusík a Bachmanův uzel díky své jednosměrné funkci a navázání jenom ze slabšího prusíku než je lezecké lano. Blakeův uzel má oproti všem svěrným uzlům pomalé a složité navázání. Uvedené hodnocení může sloužit jako pomůcka pro rozhodování, nelze je však absolutizovat.

5.2.1. Hodnocené parametry

- **Funkce**

Hodnotí možnost použití svěrného uzlu ve více směrech. Avšak většina svěrných uzlů má jenom jednosměrnou funkci díky jejich neasymetričnosti.

- 1 bod – jednosměrná
- 2 body – v obou směrech

- **Materiál na uvázání**

Tento parametr vyhodnocoval možnosti použití materiálů, ze kterých se dají svěrné uzly uvázat a přitom nebylo porušena jejich funkčnost.

- 1 bod – prusík menšího průměru než lano; prusík o průměru 7 mm
- 2 body – užší prusík, popruh
- 3 body – prusík, lezecké lano; prusík, popruh

- **Rychlost uvázání**

Tento parametr ukazuje rychlost uvázání svěrného uzle oproti ostatním svěrným uzlům. Některá uvázání jsou pracnější a tudíž i pomaleji se uvazují. Avšak nikdy by se nemělo zapomínat na bezpečnost a uzel raději pomalu, ale jistě a správně uvázat.

- 1 bod – pomalé
- 2 body – poměrně rychlé
- 3 body – rychlé

- **Náročnost uvázání**

Každý svěrný uzel se váže jinak a jeho náročnost na uvázání je rozdílná.

- 1 bod – složité
- 2 body – poměrně snadné
- 3 body – snadné

- **Body**

Jedná se o bodové ohodnocení každé kategorie od 1 do (2) 3, přičemž 3 je nejlepší ohodnocení.

- **Body celkem**

Konečný součet dosažených bodů za všechny parametry.

5.3. Výsledky měření statické pevnosti zaznamenané do tabulek

Měřením byla zjišťována statická nosnost, při které dojde k proklouznutí při statickém namáhání svěrných uzlů. Měření bylo provedeno na dvou typech nízko průtažného lana 10 mm a 13 mm, s třemi druhy svěrných uzlů. Pro každý svěrný uzel s oběma typy lan bylo provedeno 10 měření, kdy při každém měření bylo použito nové lano i prusík.

Výsledky měření byly zaznamenány pro každý druh lana a svěrného uzle do samostatných tabulek, ze kterých autorka pro lepší porovnání vypracovala grafy, kde mezi sebou porovnává druhy lana ke konkrétnímu uzlu.

5.3.1. Francouzský prusík

- Prusík = 8 mm, Lano = 10 mm

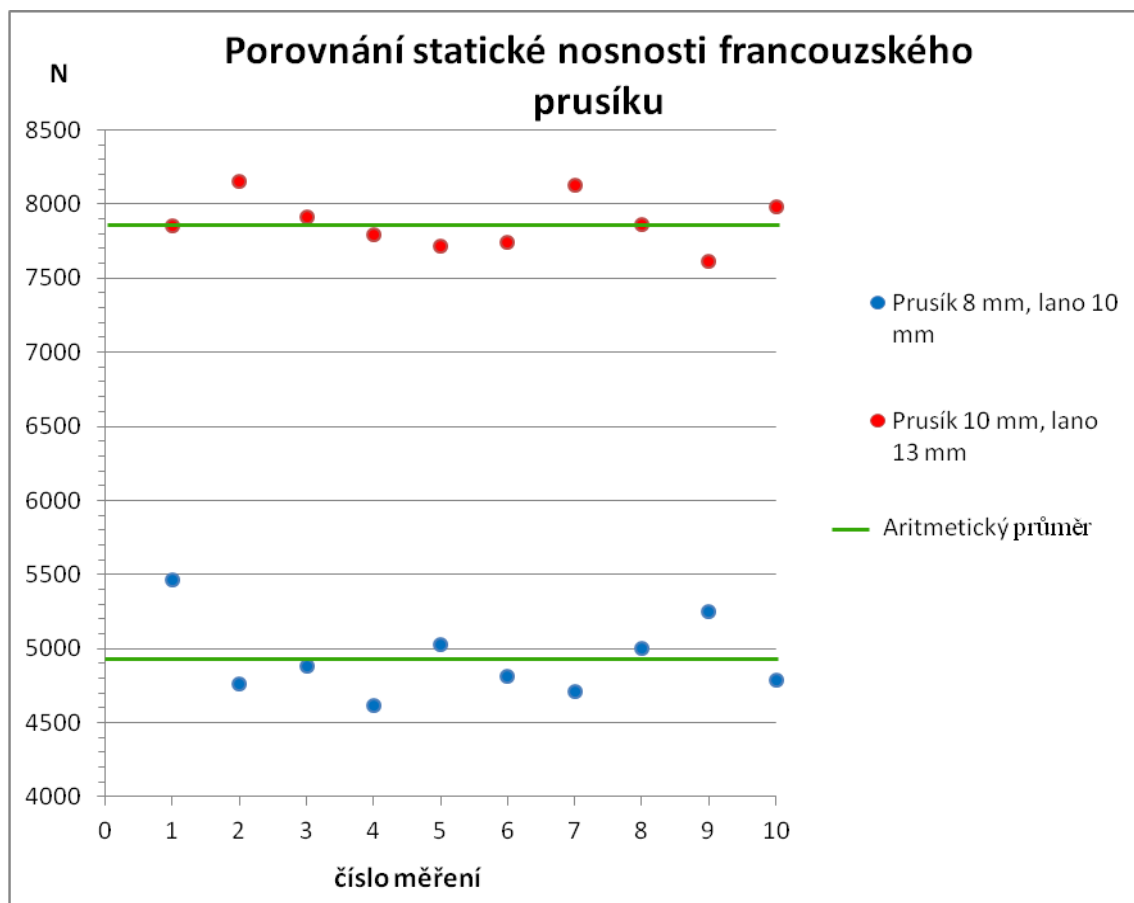
Tab. 3 – Měření statické nosnosti na laně 10 mm, prusík 8 mm, navázán francouzský prusík

Č. měření	Mezní tahová síla (N)	Mezní hmotnost břemene (kg)	Povolená pracovní hmotnost břemene (kg)	Povol. prac. hmotnost břemene pro dvojitě lano (kg)
1	5460	556,6	111,3	222,63
2	4760	485,2	97,0	194,09
3	4885	498,0	99,6	199,18
4	4615	470,4	94,1	188,18
5	5030	512,7	102,5	205,10
6	4810	490,3	98,1	196,13
7	4710	480,1	96,0	192,05
8	5005	510,2	102,0	204,08
9	5250	535,2	107,0	214,07
10	4785	487,8	97,6	195,11
Průměr	4931			
Směr. odchylka	248			
Var. koeficient	5%			

- Prusík = 10 mm, Lano = 13 mm

Tab. 4 – Měření statické nosnosti na laně 13 mm, prusík 10 mm, navázán francouzský prusík

Č. měření	Mezní tahová síla (N)	Mezní hmotnost břemene (kg)	Povolená pracovní hmotnost břemene (kg)	Povol. prac. hmotnost břemene pro dvojitě lano (kg)
1	7850	800,2	160,0	320,08
2	8155	831,3	166,3	332,52
3	7910	806,3	161,3	322,53
4	7790	794,1	158,8	317,64
5	7715	786,4	157,3	314,58
6	7740	789,0	157,8	315,60
7	8130	828,7	165,7	331,50
8	7860	801,2	160,2	320,49
9	7615	776,2	155,2	310,50
10	7985	814,0	162,8	325,59
Průměr	7875			
Směr. odchylka	166			
Var. koeficient	2%			



Obr. 19 – Porovnání statické nosnosti francouzského prusíku

Graf č. 1 nám porovnává 2 typy lana prusíků při použití svěrného uzlu, který zde představuje francouzský prusík. V tomto srovnání nejlépe dopadlo lano o průměru 13 mm. Lano o průměru 13 mm prokluzovalo až při 7615 N, při vybrání nejnižší hodnoty, oproti tomu lano o průměru 10 mm a prusíku 8 mm proklouzlo už při hodnotě 4615 N. Jedná se o poměrně velký rozdíl v pevnosti mezi těmito průměry lan. Uzel se při měření začal pomalu rozplétat až na dvě otočky, nejprve byly použity čtyři otočky, a poté se začal stahovat a zapékat. Dále při měření docházelo ke zúžení lana a prusíku, ale nejvíce ze zúžení projevovalo na laně. Toto zúžení bylo zaznamenáno také do tabulek. Z tohoto měření nelze určit přesný závěr, jelikož lano před použitím mělo různé hodnoty a záleželo na šířce opletu. Při čtvrtém měření s průměrem lana 13 mm došlo k takovému zatížení až došlo k přetržení opletu u lana. Příčina mohla být poškozením opletu, které ovšem nebylo viditelné, ale také to bylo zapříčiněno sníženou nosností lana, kterou snižuje uzel, kterým bylo lano navázáno na tenzometrické čidlo. Aritmetický průměr lana o průměru 10 mm je 4931 N, se směrodatnou odchylkou 248 N a variačním koeficientem 5 %. Aritmetický průměr lana o průměru 13 mm je 7875 N, se

směrodatnou odchylkou 166 N a variačním koeficientem 2 %. U lana o průměru 13 mm je menší rozptyl naměřených hodnot.

Tab. 5 - Měření změn průměru lana 10 mm, prusík 8 mm před a po měření, navázán francouzský prusík

	Průměr lana (mm)		Průměr prusíku (mm)	
	Před měřením	Po měření	Před měřením	Po měření
1	10,50 x 10,32	9,13 x 9,17	8,45 x 8,33	8,21 x 8,20
2	10,41 x 10,36	9,20 x 9,17	8,39 x 8,22	8,23 x 7,48
3	10,38 x 10,49	9,29 x 9,46	8,21 x 8,42	8,02 x 7,52
4	10,50 x 10,44	9,0 x 9,11	8,01 x 8,11	7,80 x 7,73
5	9,98 x 10,13	9,12 x 9,24	8,17 x 8,20	7,66 x 8,09
6	10,24 x 10,09	9,33 x 9,45	8,06 x 8,01	7,96 x 7,84
7	10,16 x 10,35	9,15 x 9,27	7,86 x 8,10	7,48 x 7,69
8	9,85 x 9,99	9,04 x 9,12	8,36 x 8,49	7,73 x 8,23
9	10,25 x 10,36	9,25 x 9,38	7,98 x 8,07	7,83 x 7,71
10	10,34 x 10,49	9,36 x 9,26	8,35 x 8,03	8,14 x 7,75

Tab. 6 - Měření změn průměru lana 13 mm, prusík 10 mm před a po měření, navázán francouzský prusík

	Průměr lana (mm)		Průměr prusíku (mm)	
	Před měřením	Po měření	Před měřením	Po měření
1	13,6 x 12,95	11,10 x 10,92	9,51 x 8,77	9,30 x 8,53
2	12,89 x 12,77	11,43 x 11,37	9,24 x 9,04	8,95 x 8,82
3	12,83 x 13,06	11,12 x 11,03	9,31 x 8,49	9,17 x 8,36
4	13,51 x 13,25	Roztržený oplet	9,74 x 8,98	9,50 x 8,50
5	13,27 x 13,13	11,37 x 11,25	8,77 x 9,01	8,47 x 9,18
6	13,42 x 13,24	11,50 x 11,36	8,76 x 9,05	8,51 x 8,97
7	12,97 x 13,05	11,09 x 10,89	9,89 x 9,55	8,70 x 9,10
8	13,08 x 13,36	11,64 x 11,47	8,89 x 9,61	8,78 x 9,28
9	13,44 x 13,23	11,45 x 11,29	8,82 x 9,02	8,69 x 8,86
10	13,36 x 13,11	11,31 x 11,09	9,44 x 9,29	9,24 x 9,03

5.3.2. Klemheistův uzel

- Prusík= 8 mm, Lano = 10 mm

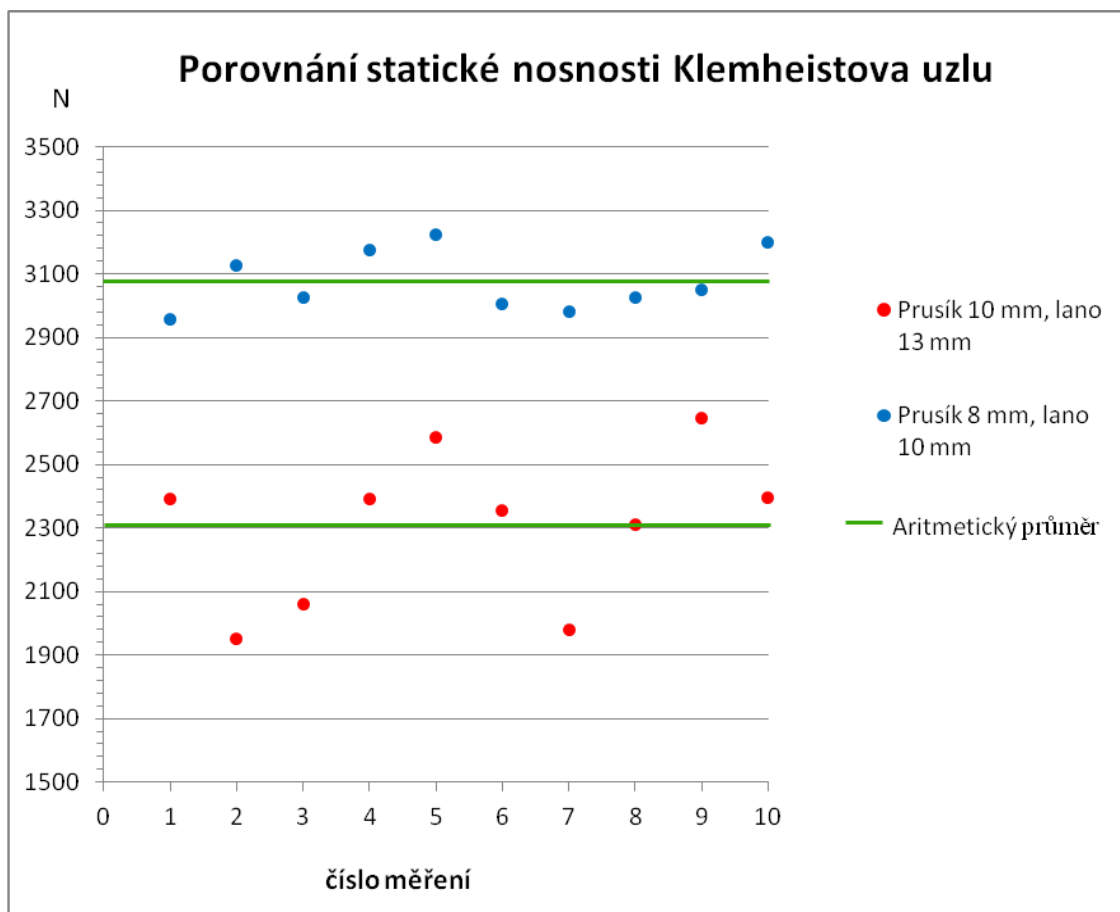
Tab. 7 – Měření statické nosnosti na laně 10 mm, prusík 8 mm, navázán Klemheistův uzel

Č. měření	Mezní tahová síla (N)	Mezní hmotnost břemene (kg)	Povolená pracovní hmotnost břemene (kg)	Povol. prac. hmotnost břemene pro dvojitě lano (kg)
1	2955	301,2	60,2	120,49
2	3125	318,6	63,7	127,42
3	3025	308,4	61,7	123,34
4	3175	323,6	64,7	129,46
5	3225	328,7	65,7	131,50
6	3005	306,3	61,3	122,53
7	2980	303,8	60,8	121,51
8	3025	308,4	61,7	123,34
9	3050	310,9	62,2	124,36
10	3200	326,2	65,2	130,48
Průměr	3077			
Směr. odchylka	92			
Var. koeficient	3%			

- Prusík = 10 mm, Lano = 13 mm

Tab. 8 – Měření statické nosnosti na laně 13 mm, prusík 10 mm, navázán Klemheistův uzel

Č. měření	Mezní tahová síla (N)	Mezní hmotnost břemene (kg)	Povolená pracovní hmotnost břemene (kg)	Povol. prac. hmotnost břemene pro dvojitě lano (kg)
1	2390	243,6	48,7	97,45
2	1950	198,8	39,8	79,51
3	2060	210,0	42,0	84,00
4	2390	246,3	48,7	97,45
5	2585	263,5	52,7	105,40
6	2355	240,1	48,0	96,02
7	1980	201,8	40,4	80,73
8	2310	235,5	47,1	94,19
9	2645	269,6	53,9	107,85
10	2395	244,1	48,8	97,66
Průměr	2306			
Směr. odchylka	226			
Var. koeficient	10%			



Obr. 20 – Porovnání statické nosnosti Klemheistova uzlu

Graf č. 2 ukazuje rozdíl mezi lanem o průměru 10 mm a 13 mm. V tomto měření dopadlo lépe lano o průměru 10 mm. U lana s průměrem 13 mm byla nejnižší naměřená síla při prokluzu naměřená 1980 N a u lana o průměru 10 mm 2980 N. Při namáhání statickou silou došlo k překroucení lana a zamotání do uzlu a k tak velkému utažení a také zapečení. Dále docházelo opět k zúžení lana a prusíku, u kterého spíše docházelo zploštění. Aritmetický průměr lana o průměru 10 mm je 3077 N, se směrodatnou odchylkou 92 N a variačním koeficientem 3 %. Aritmetický průměr lana o průměru 13 mm je 2306 N, se směrodatnou odchylkou 226 N a variačním koeficientem 10 %. U lana o průměru 13 mm byl vyhodnocen největší variační koeficient se skoro největším rozptylem, proto může být tento uzel náchylnější na správné navázání.

Tab. 9 – Měření změn průměru lana 10 mm, prusík 8 mm před a po měření, navázán Klemheistův uzel

	Průměr lana (mm)		Průměr prusíku (mm)	
	Před měřením	Po měření	Před měřením	Po měření
1	9,54 x 9,89	9,28 x 9,36	8,07 x 8,12	7,77 x 7,13
2	10,25 x 10,36	9,78 x 9,10	7,98 x 8,10	7,82 x 8,06
3	9,68 x 9,74	9,08 x 9,36	7,99 x 8,05	7,91 x 8,02
4	10,02 x 10,15	9,56 x 8,73	8,25 x 8,16	7,69 x 7,49
5	9,98 x 10,09	9,13 x 9,35	8,11 x 8,23	7,65 x 7,95
6	9,99 x 9,78	9,65 x 9,47	7,87 x 8,01	7,46 x 7,20
7	9,58 x 9,64	8,95 x 9,02	8,13 x 8,24	7,37 x 7,85
8	9,74 x 9,47	9,36 x 9,19	8,26 x 8,09	7,39 x 7,67
9	10,34 x 10,07	9,28 x 9,52	8,11 x 8,07	7,72 x 7,42
10	9,96 x 9,83	9,01 x 9,29	7,89 x 8,13	7,68 x 7,46

Tab. 10 - Měření změn průměru lana 13 mm, prusík 10 mm před a po měření, navázán Klemheistův uzel

	Průměr lana (mm)		Průměr prusíku (mm)	
	Před měřením	Po měření	Před měřením	Po měření
1	13,50 x 12,85	12,18 x 12,37	9,99 x 9,78	9,82 x 9,31
2	13,21 x 13,15	12,64 x 12,17	9,51 x 9,42	9,44 x 8,87
3	12,97 x 12,86	11,30 x 12,22	9,65 x 9,52	9,37 x 9,46
4	12,89 x 12,67	11,24 x 11,30	9,58 x 9,36	9,13 x 9,01
5	13,02 x 13,11	12,22 x 11,78	9,10 x 9,21	8,70 x 9,12
6	13,26 x 13,39	11,59 x 11,99	9,55 x 9,75	9,33 x 9,72
7	13,44 x 13,57	12,30 x 11,79	9,69 x 9,70	9,25 x 9,63
8	13,13 x 13,24	12,56 x 12,12	9,35 x 9,41	8,98 x 9,21
9	13,42 x 13,49	11,28 x 11,65	9,38 x 9,48	9,02 x 9,36
10	13,36 x 13,41	11,98 x 12,19	9,57 x 9,74	9,11 x 9,58

5.3.3. Blakeův uzel

- Lano = 13 mm

Tab. 11 – Měření statické nosnosti na laně 13 mm, navázán Blakeův uzel

Č. měření	Mezní tahová síla (N)	Mezní hmotnost břemene (kg)	Povolená pracovní hmotnost břemene (kg)	Povol. prac. hmotnost břemene pro dvojitě lano (kg)
1	7740	789,0	157,8	315,60
2	8125	828,2	165,6	331,29
3	7815	796,6	159,3	318,65
4	7910	806,3	161,3	322,53
5	8175	833,3	166,7	333,33
6	7835	798,7	159,7	319,47
7	7615	776,2	155,2	310,50
8	8040	819,6	163,9	327,83
9	7665	781,3	156,3	312,54
10	7810	796,1	159,2	318,45
Průměr	7873			
Směr. odchylka	179			
Var. koeficient	2%			

- Lano = 10 mm, Prusík = 10 mm

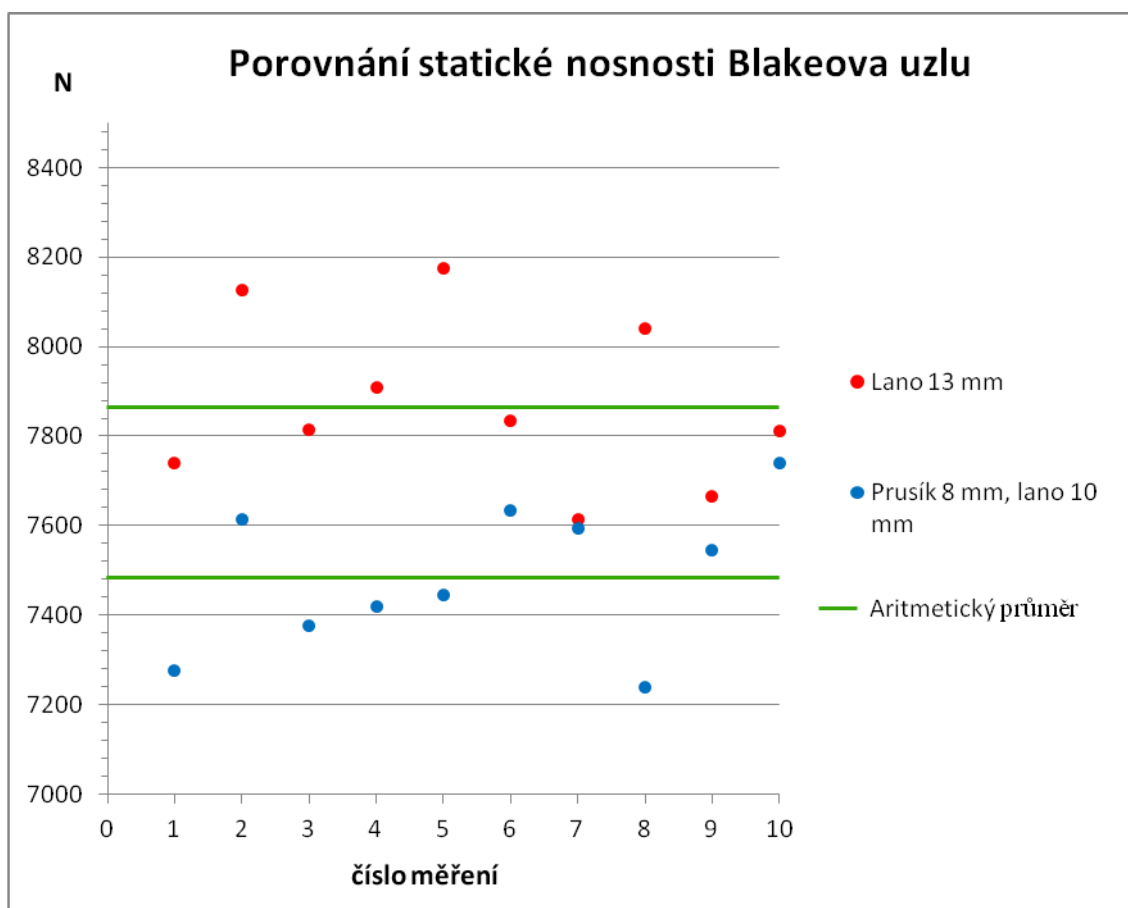
Tab. 12 – Měření statické nosnosti na laně 10 mm, prusík 10 mm, navázán Blakeův uzel

Č. měření	Mezní tahová síla (N)	Mezní hmotnost břemene (kg)	Povolená pracovní hmotnost břemene (kg)	Povol. prac. hmotnost břemene pro dvojitě lano (kg)
1	7275	741,6	148,3	296,64
2	7615	776,2	155,2	310,50
3	7375	751,8	150,4	300,71
4	7420	756,4	151,3	302,55
5	7445	758,9	151,8	303,57
6	7635	778,3	155,7	311,32
7	7595	774,2	154,8	309,68
8	7240	738,0	147,6	295,21
9	7545	769,1	153,8	307,65
10	7740	789,0	157,8	315,60
Průměr	7489			
Směr. odchylka	156			
Var. koeficient	2%			

- **Lano = 10 mm**

Tab. 13 – Měření statické nosnosti na laně 10 mm, navázán Blakeův uzel

Č. měření	Mezní tahová síla (N)	Mezní hmotnost břemene (kg)	Povolená pracovní hmotnost břemene (kg)	Povol. prac. hmotnost břemene pro dvojitě lano (kg)
1	2000	203,9	40,8	81,55
2	1660	169,2	33,8	67,69
3	220	22,4	4,5	8,97
4	2245	228,8	45,8	91,54
5	2170	221,2	44,2	88,48



Obr. 21 – Porovnání statické nosnosti Blakeova uzlu

Z tohoto grafu je vidět, že rozdíl u lana s průměrem 13 mm není tak veliký od lana o průměru s 10 mm. Ale přesto na tento svěrný uzel je lepší lano o průměru 13

mm, kde nejnižší naměřená hodnota byla 7615 N a u 10 mm lana tato hodnota byla 7240 N. Kde u 13 mm lana bylo použito k navázání svěrného uzlu stejné lano a u 10 mm lano musel být použit prusík, jelikož při použití také 10 mm lana nedošlo k zatažení uzlu a docházelo ke stálému prokluzování. Při tomto měření docházelo také ke zužování lana a prusíku, u lana přitom docházelo k poměrně velkému zúžení. Při tomto měření docházelo k takovému statickému zatížení uzlu až došlo k takovému utažení uzlu, že se začal spékat s lanem a uzel nebylo možné ani rozvázat a změřit jeho průměr. Aritmetický průměr lana o průměru 10 mm je 7489 N, se směrodatnou odchylkou 156 N a variačním koeficientem 2%. Aritmetický průměr lana o průměru 13 mm je 7873 N, se směrodatnou odchylkou 179 N a variačním koeficientem 2 %. Tento svěrný uzel měl na obou lanech nejmenší var. koeficient a proto bychom ho mohli vyhodnotit jako méně náchylný na navázání.

Tab. 14 - Měření změn průměru lana 13 mm před a po měření, navázán Blakeův uzel

	Průměr lana (mm)		Průměr prusíku (mm)	
	Před měřením	Po měření	Před měřením	Po měření
1	13,40 x 12,90	11,36 x 12,53	13,45 x 13,02	Nelze změřit
2	13,01 x 13,15	11,17 x 11,08	13,28 x 13,36	Nelze změřit
3	13,26 x 13,31	11,26 x 11,38	13,02 x 13,21	Nelze změřit
4	13,42 x 13,26	11,44 x 11,17	13,17 x 13,28	Nelze změřit
5	12,98 x 12,85	11,59 x 11,46	13,42 x 13,39	Nelze změřit
6	13,09 x 13,24	11,07 x 11,25	12,98 x 12,87	Nelze změřit
7	12,75 x 12,87	11,24 x 11,39	13,20 x 13,35	Nelze změřit
8	13,15 x 13,26	11,14 x 11,36	12,85 x 12,90	Nelze změřit
9	13,21 x 13,05	11,37 x 11,49	13,05 x 13,16	Nelze změřit
10	12,85 x 12,96	11,09 x 11,51	13,08 x 13,13	Nelze změřit

Tab. 15 - Měření změn průměru lana 10 mm, prusík 10 mm, před a po měření, navázán blakeův uzel

	Průměr lana (mm)		Průměr prusíku (mm)	
	Před měřením	Po měření	Před měřením	Po měření
1	9,68 x 9,87	8,70 x 8,57	8,84 x 9,19	Nelze změřit
2	9,95 x 9,79	8,90 x 9,02	8,99 x 9,06	Nelze změřit
3	10,21 x 10,05	8,48 x 8,34	8,66 x 8,78	Nelze změřit
4	10,14 x 10,36	8,89 x 8,83	9,24 x 9,36	Nelze změřit
5	9,98 x 9,74	8,39 x 9,06	9,42 x 9,52	Nelze změřit
6	9,85 x 9,90	8,82 x 8,31	8,96 x 9,11	Nelze změřit
7	10,24 x 10,31	8,44 x 8,87	9,63 x 9,58	Nelze změřit
8	10,03 x 10,20	8,37 x 8,46	8,92 x 9,05	Nelze změřit
9	10,14 x 10,25	8,33 x 8,11	8,84 x 8,79	Nelze změřit
10	9,84 x 9,77	8,46 x 8,68	9,12 x 9,37	Nelze změřit

5.3.4. Ruční blokant

Tab. 16 – Měření statické nosnosti ručního blokantu na 10 mm laně

Č. měření	Mezní tahová síla (N)	Mezní hmotnost břemene (kg)	Povolená pracovní hmotnost břemene (kg)	Povol. prac. hmotnost břemene pro dvojitě lano (kg)
1	5935	605,0	121,0	242,00
2	7765	791,5	158,3	316,62

Na konci měření autorka zkusila změřit statickou sílu ručního blokantu pro porovnání se svěrnými uzly. Blokant byl zkoušen na laně o průměru 10 mm. Celkově byla provedena dvě měření, více nebylo možné z finančních důvodů, neboť blokanty byly tímto pokusem poškozeny a staly se dále nepoužitelnými. Blokant vydržel více než všechny svěrné uzly na tomto lanu. Při prvním měření držel do síly 5935 N, poté došlo ke zlomení palce na blokantu a blokant už dále prokluzoval a znova nemohlo dojít k uchycení. U druhého měření došlo při síle 7765 N k utržení opletu lana, ale i přesto se blokant zachytil o jádro lana, které stále drželo a i přesto blokant držel silou okolo 1000 N.



Obr. 22 – Poškozený ruční blokant – zlomený palec na blokantu

5.3.5. Porovnání minim, maxim, průměru a variačního koeficientu svěrných uzlů

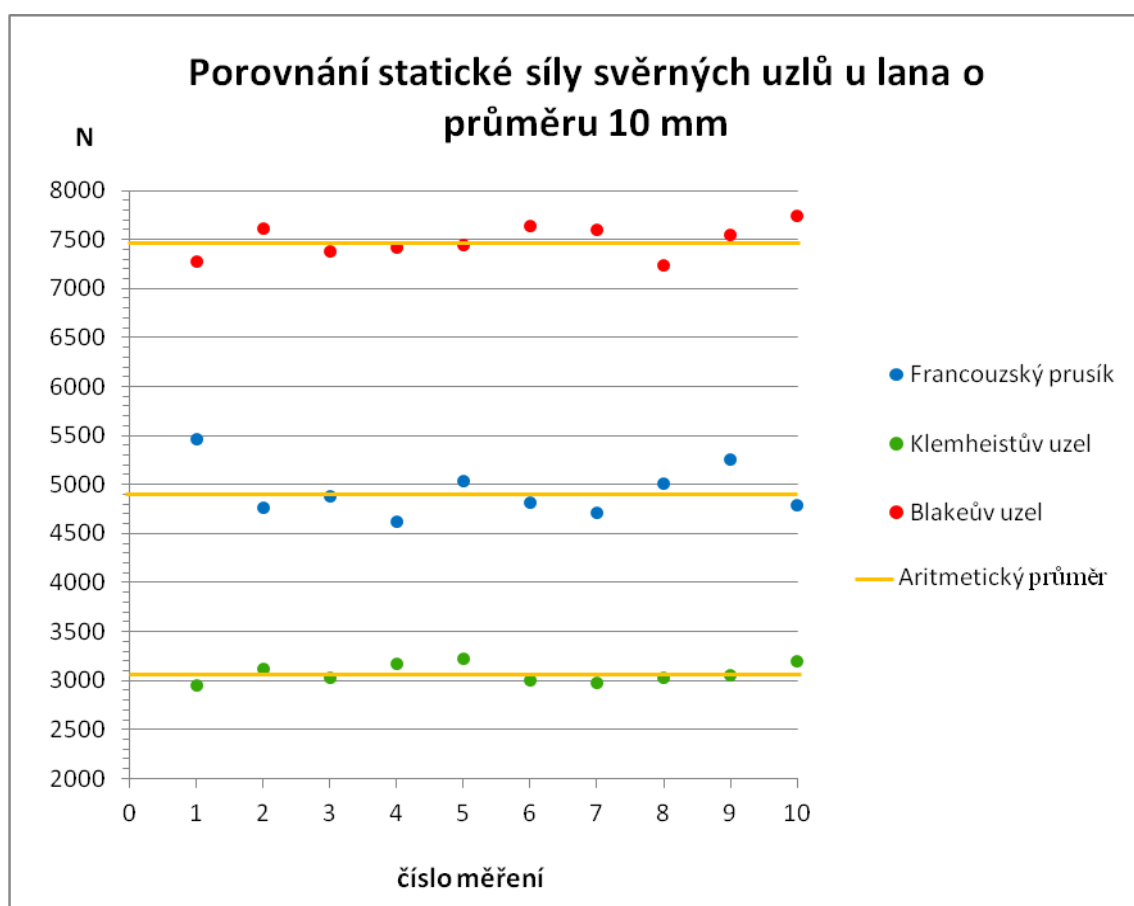
Tab. 17 – Porovnání minim, maxim, průměru a variačního koeficientu svěrných uzlů na obou typech lana

	Lano 10 mm				Lano 13 mm			
	Mezní tahová síla (N)				Mezní tahová síla (N)			
	Min. (N)	Max. (N)	Průměr (N)	Var. koef. (%)	Min. (N)	Max. (N)	Průměr (N)	Var. koef. (%)
Francouzský prusík	4615	5460	4931	5%	7615	8155	7875	2%
Klemheistův uzel	2980	3225	3077	3%	1950	2645	2306	10%
Blakeův uzel	7240	7740	7489	2%	7615	8175	7873	2%

Tabulka číslo 17 nám porovnává maximální a minimální tahovou sílu, která byla naměřena při měření statické síly. Hodnoty jsou vybrány z tabulek naměřených hodnot viz výše. Při zhodnocení maxim nejlépe dopadl Blakeův uzel, který dobře držel u obou použitých lan, o něco málo hůře dopadl francouzský prusík, který ale u lana o průměru 13 mm má maximální sílu jenom o 20 N menší než Blakeův, avšak na laně o průměru 10 mm vydržel méně. V porovnání minimální silou dopadly stejně francouzský prusík i Blakeův uzel, které měly stejnou tahovou sílu 7615 N u lana o průměru 13 mm. Celkově tyto dva uzly držely lépe na laně o průměru 13 mm. Na rozdíl od nich Klemheistův uzel držel lépe na laně o průměru 10 mm, ale i tak jeho pevnost byla oproti výše zmíněným velmi nízká a nedostatečná k používání v praxi. Při zohlednění statických ukazatelů nejlépe dopadly Blakeův uzel a francouzský prusík, u kterých na

laně o průměru 13 mm byl aritmetický průměr 7875 N u francouzského prusíku a 7873 N a Blakeova uzlu. Oba tyto uzly měly variační koeficient 2%. Nejhůře dopadl Klemheistův uzel, který měl nejmenší hodnoty na obou typech lana a na laně o průměru 13 mm měl největší variační koeficient a proto můžeme říci, že zde je možná příčina lidského faktoru v uvázání tohoto svěrného uzlu, jelikož je zde největší rozptyl hodnot. Druhý největší rozptyl má francouzský prusík na laně o průměru 10 mm, který je citlivější na přesné navázání, jelikož se jedná o složitější uzel. Když ale zhodnotíme i ty největší rozptyly, stále to jsou poměrně zanedbatelná čísla a může se stát, že svěrný uzel se vždy nepodaří do detailů navázat stejně, i když nám stejný připadá a jedná se tak o chybu lidského faktoru.

5.3.6. Porovnání statické síly svěrných uzlů u lana o průměru 10 mm

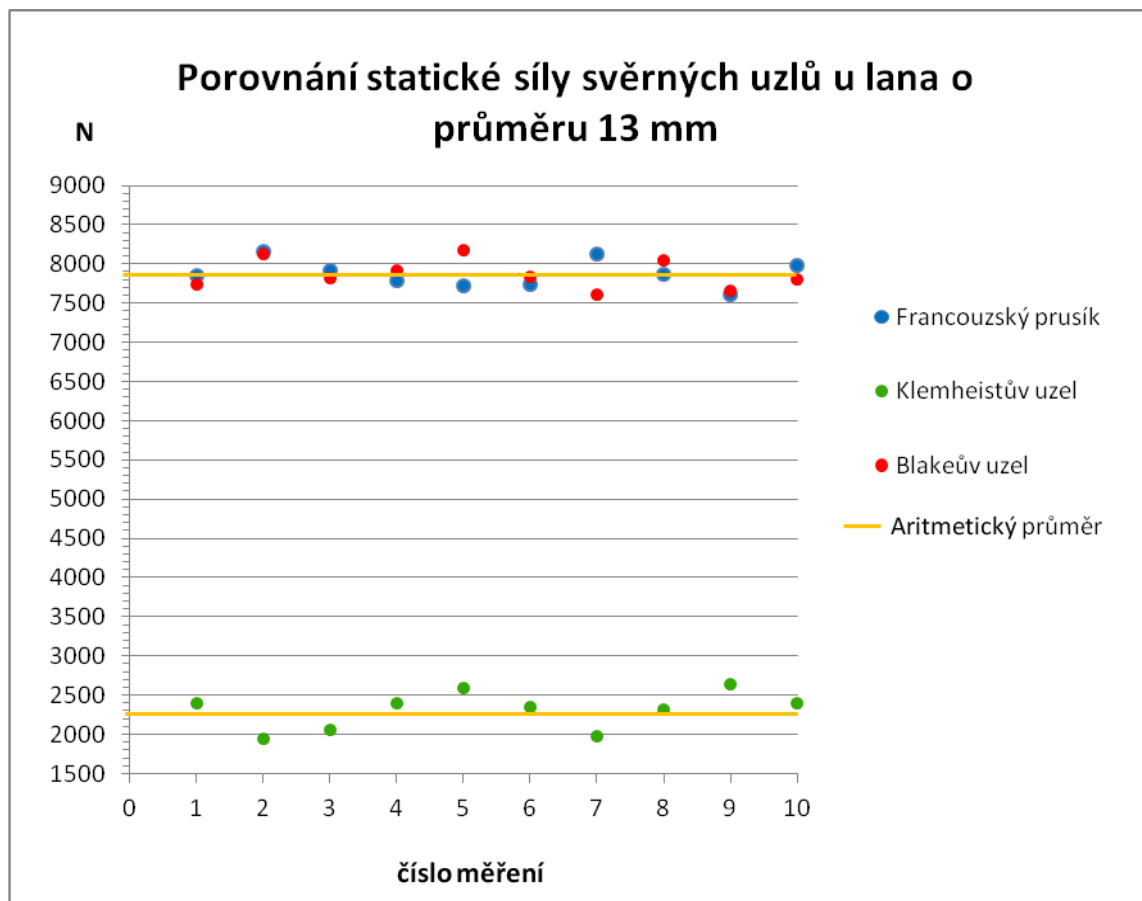


Obr. 23 – Porovnání statické nosnosti svěrných uzlů na laně o průměru 10 mm

Tento graf nám ukazuje rozdíl maximální statické síly před proklouznutím, která byla zkoušena na laně o průměru 10 mm, na kterém byly zkoušeny 3 druhy svěrných

uzlů. Na tomto laně nejlépe držel Blakeův uzel, který zhruba vydrží o sílu 1500 N více než francouzský prusík, ale který má povolené pracovní zatížení stále okolo 100 kg. Nejhůře na tomto laně držel Klemheistův uzel, který začal prokluzovat už okolo 3000 N a jeho povolené pracovní zatížení odpovídá okolo 60 kg, což není ani váha dospělého člověka. Při porovnání směrodatných odchylek jednotlivých uzlů má nejmenší Klemheistův uzel 92 N. Potom Blakeův uzel 156 N a největší odchylku má francouzský prusík 248 N. Z toho vyplývá, že nejvíce zaleží na nejpečlivějším uvázání uzlu u francouzského prusíku.

5.3.7. Porovnání statické síly svěrných uzlů u lana o průměru 13 mm



Obr. 24 - Porovnání statické nosnosti svěrných uzlů na laně o průměru 13 mm

Další měření probíhalo na statickém laně o průměru 13 mm. Na tomto laně dopadl francouzský prusík a Klemheistův uzel poměrně stejně bez nějakých velkých rozdílů a začaly prokluzovat až při síle okolo 7500 – 8000 N. Zatím co Klemheistův uzel zase začal prokluzovat kolem 2300 N, což jeho povolené pracovní zatížení tedy je

okolo 45 kg. Aritmetické průměry francouzského prusíku a Blakeova uzlu jsou skoro stejné, francouzský prusík má 7875 N, Blakeův uzel jenom o 2 N menší. Avšak má větší směrodatnou odchylku 179 N, francouzský prusík má 166 N. Ale u tohoto porovnání má největší směrodatnou odchylku Klemheistův uzel.

Celkově v tomto měření Klemheistův uzel dopadl celkově nejhůře, nevydržel sílu více než 3500 N, jeho povolené pracovní zatížení je tedy poměrně malé a pro výstup a práci v korunách stromů nevhodné. Ostatní zkoušené svěrné uzly jsou vhodné k použití, ale samozřejmě záleží jaké lano a prusík k uvázání zvolíme a vždy by měla být nutnost vyzkoušet pevnost a funkčnost zvoleného prusíku na určité lano a i použití druhu svěrného uzlu. Fotografická dokumentace tohoto měření viz kapitola 14. přílohy.

6. DISKUSE

Při psaní této práce jsem se nesešla s žádnou podobnou prací na toto téma, proto není možné srovnání výsledků.

V práci jsem se zabývala svěrnými uzly a jejich mechanickou náhradou, na které jsem vypracovala rešerši. Poté po vypracování metodiky jsem se zabývala hlavně vlastním měřením, kde se zjišťovala minimální statická nosnost svěrných uzlů než došlo k proklouznutí. Statická nosnost byla zjišťována na 2 lanech o různém průměru na které byly navázány 3 druhy svěrných uzlů. Za tyto uzly jsem si vybrala francouzský prusík, Klemheistův a Blakeův uzel. Francouzský prusík jsem si vybrala, protože je hodně známý, nejen u stromolezců. Další jsem si vybrala Klemheistův, který je nejpoužívanější hlavně při footlocku a je velmi snadné ho uvázat. Jako poslední jsem si vybrala Blakeův uzel, protože jako jediný lze navázat se stejného lana na který je vázán. Ale jelikož lano o průměru 10 mm mělo špatnou uzlovatelnost (nebylo dostatečně ohebné), uzel se dostatečně nezatáhl a docházelo ke stálému prokluzování hned od začátku, proto muselo být navazující lano nahrazeno prusíkem o průměru 10 mm. K měření byly použity dva typy prusíků, první bez zašitých konců a průměru 8 mm a druhý se zašitými konci o průměru 10 mm. Ten byl u Blakeova uzlu nahrazen tím samým prusíkem o stejném průměru, ale bez zašitých konců, protože prusík se zašitými konci byl na tento uzel moc krátký. Při probíhajícím měřením jsem zjistila, že záleží při navázání uzlu na lano na počtu otáček a hlavně na správném navázání, jakmile je uzel špatně dotažen nebo je porušen správný postup navázání, uzel se pořádně neuchytí na lano a poté vydrží menší statickou sílu a nebo rovnou začne prokluzovat.

U zhodnocení směrodatných odchylek a variačních koeficientů autorka zhodnotila, že může nastat chyba lidského faktoru a uzel se nám může jevit v pořádku, ale přesto není navázán stejně jako předchozí, ovšem tato chyba nastane vždy, ale mělo by dojít k její minimalizování a některé uzly jsou na tyto chyby náchylnější. A i přes tyto odchylky byl variační koeficient největší 10% u Klemheistova uzlu na laně o průměru 13 mm, jinak se pohyboval převážně okolo 2%, což je skoro zanedbatelný rozptyl hodnot.

V tomto měření nejlépe dopadl Blakeův uzel, který držel nejvíce na obou lanech a je nejvhodnější pro použití v praxi. Francouzský prusík měl stejnou statickou nosnost na laně o průměru 13 mm jako Blakeův, ale na laně o průměru 10 mm už dopadl

poněkud hůře, avšak jeho nosnost byla stále vysoká pro potřebné použití v praxi. Ovšem při použití v praxi bychom měli vždy nejprve vyzkoušet nosnost vybraného svěrného uzlu na námi zvolený typ lana. Zda je vybraný typ prusíku vhodný na zvolené lano a dochází ke správnému uchycení. Nejhůře dopadl Klemheistův uzel, který nevyhověl ani na jednom typu lana a jeho nosnost nebyla dostatečná, nestačila by ani na udržení dospělého člověka, proto ten jediný bych nedoporučovala používat v praxi.

Ovlivnit nosnost může však více faktorů, které jsou již i zmíněné výše. To je průměr lana a prusíku, přičemž průměr prusíku by neměl překročit průměr lana, aby byla zajištěna správná funkčnost. Dále záleží na počtu otáček okolo lana, čím větší počet, tím se nosnost zvyšuje, avšak počet otáček ovlivňuje délka prusíku, který omezuje na určitý počet otáček. V tomto měření byly vždy zvoleny 4 otáčky. Vliv na nosnost mají i přírodní podmínky, jako např. déšť, které mohou stromolezce překvapit při práci v koruně stromů, jelikož za zhoršených podmínek se jinak lézt nesmí. Nosnost se tedy pak snižuje.

Při měření byla nejvíce poškozená lana, na kterém byly svěrné uzly uvázány. Lano se zužovalo i o 2 mm od průměru před měřením. Na prusících byly menší známky zúžení. Ovšem když docházelo k zapečení lana s prusíkem, docházelo k okem patrnému poškození lana i prusíku. Nejčastěji docházelo k přetrhání vláken lana a prusíků.

I přes to, že je dnes mnoho možností nahrazení svěrných uzlů různými mechanickými přístroji, je stále mnoho stromolezců, kteří stále nedají dopustit na použití klasických svěrných uzlů. Jedna z velkých výhod je jeho pořizovací cena. Ale každému může vyhovovat něco jiného a záleží na každém co si zvykne používat.

7. ZÁVĚR

Autorka v práci nejprve vypracovala knižní rešerši o svěrných uzlech a možnosti výběru mezi nimi s jejich výhodami a nevýhodami. Dále se v práci nachází rešerše mechanických zadržovacích prvků jako možných náhrad za svěrné uzly. Poté autorka vypracovala na tyto prvky kritickou rešerši a porovnání mezi nimi. Další kapitoly se zabývají vlastním měřením autorky, která se zabývá zkoušením tří druhů svěrných uzlů na dvou typech lan, jedno s průměrem 13 mm a druhé 10 mm, na dvou typech prusíků. Prusíky byly zvoleny, první o průměru 8 mm bez zašitých konců, použitý na lano s průměrem 10 mm a druhý s průměrem 10 mm se zašitými konci, použitý na lano o průměru 13 mm. Svěrné uzly byly vybrány francouzský prusík, Klemheistův a Blakeův uzel.

Z výsledků práce vyplývá, že ne každý druh svěrného uzlu sedí na každý typ lana. Na některých průměrech je jeho funkčnost lepší než na jiných a k tomu se musí zvolit vhodný průměr prusíku, většinou musí být prusík slabšího průměru než lano, pro jeho správnou funkčnost. Před použitím v terénu je vhodné ozkoušet funkčnost prusíku na námi vybrané lano, aby při práci potom nedošlo k úrazu pracovníka. Z měření autorka zjistila, že více vyhovovalo silnější lano, než slabší na vybrané svěrné uzly. Proto i záleží pro jaký druh svěrného uzlu se rozhodnete. Po měření statické nosnosti vybraných třech uzlů, by si autorka určitě nevybrala Klemheistův, který vůbec nevyhověl a nedoporučovala by ho tak pro praxi, jelikož by neunesl ani váhu dospělého člověka. Avšak nesmíme zapomenout, že hodně také záleží na uvázání uzlu, uzel musí být uvázán pečlivě a správně, jinak nemůžeme čekat správnou funkčnost uzlu.

Při vypracování práce autorka hlavně čerpala z české a cizojazyčné literatury, doplněnou o poznatky se studia.

8. SUMMARY

As a first step author made a research about published information related to tree climbing knots, available choices and their advantages and disadvantages. Research also contain list of mechanical options as climbing knots replacements. These were compared and reviewed. Next chapters are focused on measurements of the three different types of the tree climbing knots on two different types of ropes – first with 13 mm diameter, second with 10 mm diameter with two different types of prusiks. Prusiks were chosen – first diameter 8 mm without sewed ends, used on rope with diameter 10mm and the second with diameter 10 mm with sewed ends, used on rope of diameter 13 mm. Knots where chosen – french prusik, Klemheist and Blake knots.

As the result became obvious that not every knot fits every rope. Diameter makes a difference for the functionality and some are better. Important to choose correct diameter of prusik, usually prusik must be thinner then the rope to achieve correct functionality. Before using them it's recommended to check prusik functionality on chosen rope to avoid accidents. Measurements showed that more suitable was thicker rope then thinner rope for the selected knots. Which knot was selected made a difference. From three chosen types of knots Klemheist knot was a least reliable and can't be recommended for the practical usage. This knot didn't support efficiently even weight of adult person. But how knot is tight is also affecting reliability, it needs to be done carefully and correctly to achieve desired effect.

9. POUŽITÁ LITERATURA

BILHARZ, J. *Seilunterstützte Arbeitstechniken in der Baumpflege : SKT-B Kurskript*. 3. vyd. Kenzingen: Subtilia Verlag, 2012. 68 s. ISBN 978-3-9814061-2-2.

BUDWORTH, Geoffrey. 2006. *Nejužitečnější uzly*. 1. české vyd. Praha: Svojtka, 96 s. ISBN 80-735-2375-2.

JEPSON, J. *The tree climber's companion: A reference and training manual for professional tree climbers*. Longville: Beaver Tree Publishing, 2000. 104 s. ISBN 0-615-11290-0.

KOLAŘÍK, J. A KOL. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les I*. Vlašim: ČSOP, 2003. 87 s. ISBN 80-86327-36-1.

NERUDA, J. A KOL. *Technika pro arboristy*. Mendelova univerzita v Brně: Mendelova univerzita v Brně, 2014. 222 s. ISBN 978-80-7375-948-3.

SADEWASSER, Thomas. 2011. *Seilklettertechnik: Baumklettern, Geocaching, Höhlenklettern*. 2. Aufl. Norderstedt: Books on Demand. ISBN 978-384-2349-490.

ŽDÁRSKÝ, M. A KOL. *Arboristika III*. VOŠ Za SZaŠ Mělník: VOŠ Za SZaŠ Mělník, 2008, s. 90-121. 176 s.

10. POUŽITÉ INTERNETOVÉ ZDROJE

ART Spiderjack 2. In: *Vybavení pro výškové práce a arboristiku: www.worksafety.cz* [online]. 2011. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.worksafety.cz/465-art-climb-art-spiderjack-2/>

Blokant. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Blokant>

I´D L - Descenders *Petzl* [online]. 2015. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.petzl.com/en/Professional/Descenders/I-D-L#.VQ2oVI6G9S8>

JOHN,. Metodické ústřížky VI.: Uzly profesora hudby. *Lezec: Zpravodaj* [online]. 2004. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.lezec.cz/clanky.php?key=3225>

KONDOR,. *Eshop - Petzl Croll: Yettisport.cz* [online]. 2014. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: http://eshop.yettisport.cz/produkty/petzl-croll_1093/

NAVRÁTIL, Honza. Nepostradatelný prusíkův uzel. *Magazín SUMMIT LEADER* [online]. 2014. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://magazin.summit-leader.cz/nepostradatelny-prusikuv-uzel/>

Pantin: návod použitíIn. *Addnature* [online]. 2014. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.addnature.com/storleksguider/B02-PANTIN.pdf>

PETZL PANTIN - nožní blokant. *Vybavení pro výškové práce a arboristiku: www.worksafety.cz* [online]. 2013. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.worksafety.cz/304-petzl-petzl-pantin-nozni-blokant/>

Petzl, produkty určené k výstupu. *Petzl* [online]. 2014. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.vertical.cz/user/data/Katalogy/2014/Petzl%20Sport%202014%20CZ.pdf>

Prusíkův uzel. Stránka o uzlech, uzlování a vše, co k tomu patří. [online]. 2010. [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://gord.gringo.cz/Uzly/index.html?Text=ZU-Prusik.html>

PETZL RIG: slaňovací brzda. *Vybavení pro výškové práce a arboristiku: www.worksafety.cz* [online]. 2014. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.worksafety.cz/295-petzl-petzl-rig-slanovaci-brzda/>

RIG - Descenders. *Petzl* [online]. 2015. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.petzl.com/en/Professional/Descenders/RIG#.VQ3oDo6G9S8>

Netknots.com [online]. 2005. [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: http://www.netknots.com/rope_knots/schwabisch-hitch

Spiderjack navod CZ. *Vybavení pro výškové práce a arboristiku: www.worksafety.cz* [online]. 2013. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.worksafety.cz/img/documents/1/2/195.pdf>

VAK, Tomáš. Hrudní blokant Petzl Croll. *Outdoorový obchod s.r.o.* [online]. 2015. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.affekt.cz/p/petzl-hrudni-blokant-petzl-croll-206/>

ZIGZAG - Descenders.. *Petzl* [online]. 2015 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.petzl.com/en/Professional/Descenders/ZIGZAG#.VVO3IPntmkp>

11. SEZNAM POUŽITÝCH NOREM

ČSN EN 341 – Osobní ochranné prostředky proti pádům z výšky – Slaňovací zařízení, 1998

ČSN EN 354 – Prostředky ochrany osob proti pádu – Spojovací prostředky, 2011

ČSN EN 358 – Osobní ochranné prostředky pro pracovní polohování a prevenci pádu z výšky – Pásky pro pracovní polohování a zadržení a pracovní polohovací spojovací prostředky, 2001

ČSN EN 362 – Osobní ochranné prostředky proti pádům z výšky – Spojky, 2005

ČSN EN 567 – Horolezecká výzbroj – Lanové svěry – Bezpečnostní požadavky a zkušební metody, 1998

ČSN EN 795 – Ochrana proti pádům z výšky – Kotvicí zařízení – Požadavky a zkoušení, 1998

ČSN EN 1891 – Osobní ochranné prostředky pro prevenci pádu z výšky – Nízko průtažná lana s opláštěným jádrem, 2000

ČSN EN 12275 – Horolezecká výzbroj – Karabiny – Bezpečnostní požadavky a zkušební metody, 1999

ČSN EN 12841 – Prostředky ochrany osob proti pádu – Systémy lanového přístupu – Nastavovací zařízení lana, 2007

12. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Karabina.....	21
Obr. 2 – Ruční blokant – Jumar.....	22
Obr. 3 – Obouruční blokant.....	23
Obr. 4 – Hrudní blokant – Croll.....	24
Obr. 5 – Nožní blokant – Pantin.....	25
Obr. 6 – Výstupový, pracovní-polohovací prostředek – Lockjack.....	27
Obr. 7 – Výstupový, pracovní-polohovací prostředek – Spiderjack.....	28
Obr. 8 – Samoblokovací brzda - I'D.....	29
Obr. 9 – Pracovní slaňovací brzda – Rig.....	30
Obr. 10 – Mechanický prusík – Zigzag.....	31
Obr. 11 – Prusík se zašitými konci (průměr 10 mm).....	32
Obr. 12 – Prusíkův uzel.....	34
Obr. 13 – Klemheistův uzel.....	35
Obr. 14 – Francouzský prusík.....	36
Obr. 15 – Schwabischův prusík.....	38
Obr. 16 – Blakeův uzel.....	39
Obr. 17 – Bachmanův prusík.....	40
Obr. 18 – Měřicí zařízení.....	44
Obr. 19 – Porovnání statické nosnosti francouzského prusíku.....	53
Obr. 20 – Porovnání statické nosnosti Klemheistova uzlu.....	57
Obr. 21 – Porovnání statické nosnosti Blakeova uzlu.....	60
Obr. 22 – Poškozený ruční blokant – zlomený palec na blokantu.....	63

Obr. 23 – Porovnání statické nosnosti svěrných uzlů na laně o průměru 10 mm.....65

Obr. 24 - Porovnání statické nosnosti svěrných uzlů na laně o průměru 13 mm.....66

13. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Hodnotová analýza parametrů mechanických zadržovacích prvků.....	45
Tab. 2 – Hodnotová analýza parametrů svěrných uzlů.....	48
Tab. 3 – Měření statické nosnosti na laně 10 mm, prusík 8 mm, navázán francouzský prusík.....	51
Tab. 4 – Měření statické nosnosti na laně 13 mm, prusík 10 mm, navázán francouzský prusík.....	52
Tab. 5 - Měření změn průměru lana 10 mm, prusík 8 mm před a po měření, navázán francouzský prusík.....	54
Tab. 6 - Měření průměru lana 13 mm, prusík 10 mm před a po měření, navázán francouzský prusík.....	54
Tab. 7 – Měření statické nosnosti na laně 10 mm, prusík 8 mm, navázán Klemheistův uzel.....	55
Tab. 8 – Měření statické nosnosti na laně 13 mm, prusík 10 mm, navázán Klemheistův uzel.....	56
Tab. 8 - Měření změn průměru lana 10 mm, prusík 8 mm před a po měření, navázán Klemheistův uzel.....	58
Tab. 10 - Měření změn průměru lana 13 mm, prusík 10 mm před a po měření, navázán Klemheistův uzel.....	58
Tab. 11 – Měření statické nosnosti na laně 13 mm, navázán Blakeův uzel.....	59
Tab. 12 – Měření statické nosnosti na laně 10 mm, prusík 10 mm, navázán Blakeův uzel.....	59
Tab. 13 – Měření statické nosnosti na laně 10 mm, navázán Blakeův uzel.....	60
Tab. 14 - Měření změn průměru lana 13 mm před a po měření, navázán Blakeův uzel.....	61
Tab. 15 - Měření změn průměru lana 10 mm, prusík 10 mm, před a po měření, navázán Blakeův uzel.....	62

Tab. 16 – Měření statické nosnosti ručního blokantu na 10 mm laně.....	62
Tab. 17 – Porovnání minim, maxim, průměru a variačního koeficientu svěrných uzlů na obou typech lana.....	64

14. PŘÍLOHY



Příloha 1 – Francouzský prusík před působením síly - průměr prusíku 8 mm, průměr lana 10 mm



Příloha 2 – Francouzský prusík po působení síly - průměr prusíku 8 mm, průměr lana 10 mm



Příloha 3 – Francouzský prusík před působením síly - průměr prusíku 10 mm, průměr lana 13 mm



Příloha 4 – Francouzský prusík po působení síly - průměr prusíku 10 mm, průměr lana 13 mm



Příloha 5 – Lano o průměru 13 mm, přetržený oplet při měření francouzského prusíku



Příloha 6 – Klemheistův uzel před působením síly - průměr prusíku 8 mm, průměr lana 10 mm



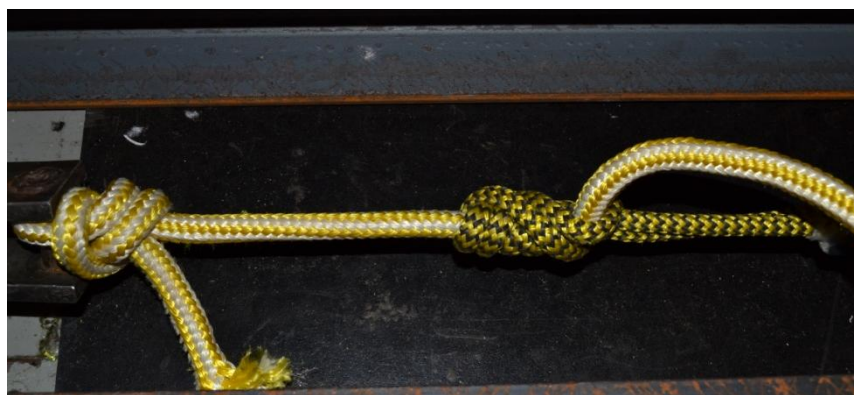
Příloha 7 – Klemheistův uzel po působení síly - průměr prusíku 8 mm, průměr lana

10 mm



Příloha 8 – Klemheistův uzel před působením síly - průměr prusíku 10 mm, průměr lana

13 mm



Příloha 9 – Klemheistův uzel po působení síly - průměr prusíku 10 mm, průměr lana

13 mm



Příloha 10 – Blakeův uzel před působením síly – průměr lana 13 mm



Příloha 11 – Blakeův uzel po působení síly – průměr lana 13 mm



Příloha 12 – Blakeův uzel před působením síly – průměr lana 10 mm, lano průměr

10 mm



Příloha 13 – Blakeův uzel po působení síly – průměr lana 10 mm, lano průměr 10 mm



Příloha 14 – Prusík po ukončení měření s Blakeovým uzlem - průměr 10 mm



Příloha 15 – Lano po ukončení měření s Blakeovým uzlem - průměr 10 mm



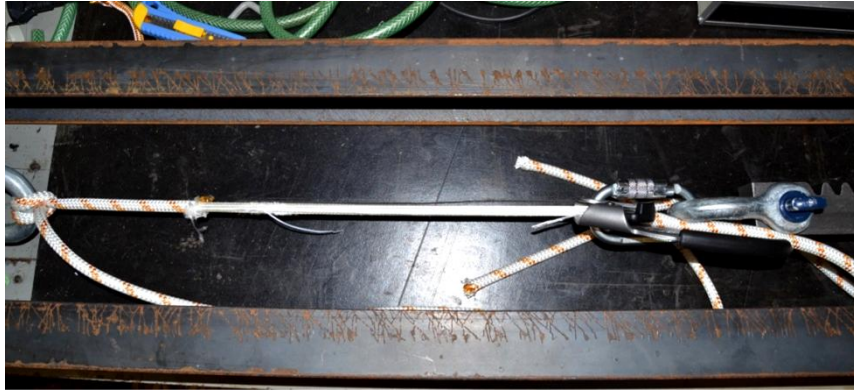
Příloha 16 – Lano s průměrem 13 mm, prusík 10 mm, po měření s francouzským prusíkem



Příloha 17 – Lano s průměrem 13 mm po měření s francouzským prusíkem



Příloha 18 – 1. měření ručním blokantem, došlo ke zlomení palce blokantu



Příloha 19 – 2. měření s blokantem, došlo k roztržení opletu lana