

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORT

Katedra sportů v přírodě

**Vliv vybraných uzlů na pevnost ploché šité smyčky při statickém
zatížení**

Diplomová práce

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

Vypracoval: Bc. Miroslav Komorous

Praha, 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím všech uvedených informačních zdrojů a literatury. Tato práce ani její část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Kladně

dne

podpis

Evidenční list

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

Jméno a příjmení Fakulta / katedra: Datum vypůjčení: Podpis

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat Mgr. Ladislavu Vomáčkovi Ph.D. za odborné vedení práce a cenné rady při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Singing rock za poskytnutý materiál, cenné rady a umožnění realizace na jejich trhacím stroji.

Abstrakt

Název práce

Vliv vybraných uzlů na pevnost ploché šité smyčky při statickém zatížení.

Cíle práce

Cílem práce je posoudit pevnost plochých šitých smyček při statickém zatížení a vliv uzlů na snížení jejich pevnosti.

Metody

Zpracovávaná studie je designována jako dvoufaktorový experiment, při kterém zkoumáme vliv použitých uzlů na pokles nominální pevnosti u dvou typů smyček. Měření bylo prováděno na horizontálním trhacím stroji. Byly vybrány smyčky materiálu dyneema, polyamid a nejčastěji používané uzly (vůdcovský, osmičkový a devítkový).

Výsledky

Větší pevnosti dosáhly smyčky materiálu Polyamid $26,0 \pm 1,1$ kN a pevnosti v průřezu $1,3$ kN na 1 mm^2 . Smyčky materiálu dyneema dosáhli pevnosti $25,1 \pm 0,9$ kN a pevnosti v průřezu $1,3$ kN na 1 mm^2 . Na smyčce materiálu polyamid nejméně snižoval pevnost vůdcovský uzel. Smyčka praskla při tažné síle $17,4 \pm 0,7$ kN. U dyneemy to byl uzel osmičkový s hodnotami $12,2 \pm 0,8$ kN.

Závěr

Pro použití smyček v kombinaci s uzly bychom mohli doporučit materiál polyamid, kde uzel snižuje méně nominální pevnost než u dyneemy.

Klíčová slova

Horolezectví, sportovní lezení, dyneema, polyamid, trhová zkouška

Abstract

Title

The impact of selected nodes on strength of flat slings under static load

Aims

The aim of study is to assess the strength of flat sewn loops under static loading and impact of nodes to reduce their strength.

Method

The study is designed as a two-factor experiment, where is examined the effect of knots used to decrease the nominal strength of two types of slings. Measurements were performed on a horizontal tear tester. Selected slings materials were dynnema, polyamide and the most frequently used nodes. (UIAA, eight nod, nine nod).

Results

Greater strength reached the loop material Polyamide 26.0 ± 1.1 kN and strength in the cross-section of 1.3 kN to 1mm^2 . Second sling Dyneema achieved strength of 25.1 ± 0.9 kN and strength in the cross-section of 1.3 kN to 1mm^2 . At least polyamide sling material decreased the strength of UIAA knot. Sling broke at a tensile strength of 17.4 ± 0.7 kN. At Dyneema it was the eight knot with values of 12.2 ± 0.8 kN.

Conclusion

For use of combination with the slings and nodes we could recommend polyamide, where the node decreases less than the nominal strength of Dyneema.

Key word

Mountaineering, sport climbing, Dyneema, polyamide, tear test

Obsah

1. ÚVOD	9
2. TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1 Historie	11
2.2 Smyčka	11
2.3 Rozdělení smyček.....	12
2.3.1 Lanové smyčky	12
2.3.2 Popruhová smyčka	12
2.4 Použití plochých šitých smyček	12
2.5 Stavba smyček	12
2.6 Konstrukce popruhů	13
2.7 Smyčka z hlediska normy ČNS EN 565.....	13
2.8 Popruhy z hlediska normy ČNS EN 565	14
2.9 Smykové tření a teplo	14
2.10 Použité uzly.....	15
2.11 Pevnost uzlů.....	17
2.12 Shrnutí teorie.....	18
3. CÍL PRÁCE	19
4. HYPOTÉZY	19
5. ÚKOLY	19
6. METODY A POSTUP ŘEŠENÍ.....	20
6.1 Testování maximálního zatížení.....	20
6.2 Výběr popruhů.....	20
6.2.1 Technické informace udávané výrobcem Polyamid 16 mm – 120 cm.....	21
6.2.2 Technické informace udávané výrobcem Dyneema 11 mm – 120 cm.....	21

6.2.3	Horizontální trhací stroj	22
6.3	Realizace měření	23
6.4	Způsob získávání dat	25
6.5	Vyhodnocení výsledků	25
7.	VÝSLEDKY	26
7.1	Plochá šitá smyčka polyamid 16 mm 120 cm	26
7.2	Plochá šitá smyčka dyneema 11 mm 120 cm.....	31
7.3	Osmičkový uzel – polyamid 16 mm 120 cm.....	36
7.4	Osmičkový uzel – dyneema 11 mm 120 cm	40
7.5	Devítkový uzel – polyamid 16 mm 120 cm	41
7.6	Devítkový uzel – dyneema 11 mm 120 cm	42
7.7	Vůdcovský uzel – polyamid 16 mm 120 cm	43
7.8	Vůdcovský uzel – dyneema 11 mm 120 cm.....	46
7.9	Shrnutí výsledků.....	48
8.	DISKUZE.....	49
9.	ZÁVĚR	52
10.	POUŽITÁ LITERATURA.....	54
11.	SEZNAM TABULEK.....	56
12.	SEZNAM GRAFŮ	57

1. ÚVOD

Uzly mě doprovázejí celým mým dosavadním životem. Již v bakalářské práci jsem psal o uzlech a jejich následném vlivu na lana. Rozhodl jsem se proto, v podobném duchu pokračovat i v práci diplomové.

Jak již uvádí Elstner (1927) dobrý uzel dobil moře, dobil velehory. Podívejte se do dílen, skladišť, továren, obchodů, stavenišť, za výklady řemenářů a bičářů, do přístavů, na ulice: všude najdete drobné i významné služby uzlů

Najít tu správnou problematiku, správné téma k práci se zdálo být tím nejtěžším úkolem. Stále se však nedařilo najít ten správný problém, to co by se dalo změřit či nějakým způsobem porovnat.

Ve svém volném čase se věnuji mým zájmům jako je horolezectví a pracovní lezení. Snažili jsme se proto najít nějaké téma, které by bylo nějakým způsobem podobné s mou bakalářskou prací a zároveň by bylo užitečné. Po delším přemýšlení nás napadlo změřit vlastnosti plochých šitých smyček při statickém zatížení a jejich ovlivnění uzlem.

Dle Franka (1999) je uzel prostředníkem, jimž dochází ke spojení lezce a jeho lana. Uzel je součástí jisticího řetězce, prostředkem ke spojení lan, v mnohých případech i prostředkem pro výstup, nebo záchranu. Přestože uzlů existuje nepřeberné množství, v lezeckých technikách se jich používá jen několik. Ovšem uzly, které lezec použít potřebuje, musí znát naprosto dokonale, měl by znát jejich vlastnosti a především vědět k čemu jsou určeny, jak je použít a na které lano či druh provazu se jaký uzel hodí, ale i jaké zatížení je konkrétní uzel schopen přenést.

V diplomové práci porovnáваме pevnost smyček z dvou rozdílných materiálů. Výsledky jsou konfrontovány s informacemi z bakalářské práce a volně dostupnou literaturou. Především nás zajímalo, jak se vybrané uzly budou chovat na rozdílných materiálech. Dále jsme sledovali, jakou budou mít smyčky pevnost a jakým způsobem budou reagovat.

Nesetkali jsme se s žádnými výsledky, které by měli dostatečnou vypovídající hodnotu, a byli nám schopni objasnit naše otázky. V mnoha případech jsme narazili na nějaké písemnosti či videa smyček, které byly testovány volně, tedy bez uzlu, který by mohl ovlivnit pevnost smyčky. Po společné konzultaci s vedoucím práce vzniklo dle mého názoru zajímavé téma, které je hodno měření.

Práci jsme rozdělili do sedmi částí. V první části popisujeme teorii uzlů a smyček. V druhé, třetí a čtvrté části se zaměřujeme na postup přípravných a organizačních prací před vlastním měřením. Pátá část obsahuje stanovené úkoly. Vlastním měřením se zabýváme v části třetí. Část šestá zahrnuje samotné metody a postupy řešení. A konečně v sedmé, tedy poslední části diplomové práce zobrazujeme výsledky a naměřené hodnoty, které následně porovnááme s bakalářskou prací a volně dostupnou literaturou.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Historie

Smyčky jako jistící prostředek při skalním lezení se začaly používat z důvodů odlehčení skály. To znamená ušetření přebytečného železného materiálu, jako jsou skoby a jiné. Píše o tom Šajnoha (1990): „*Nebudeme zhyzd'ovat skálu žebříky, anebo řetězy, když stačí skoba. Nebudeme zhyzd'ovat skálu skobami, když stačí smyčka. Čím je ve stěně méně železa, tím je výstup hezčí.*“

Stará generace horolezců smyčkám (uzlům) dlouho nedůvěřovala. Dnes jsou už výhody použití této techniky ne jenom na pískovcových terénech, ale i na vysokohorské žule nesporné.

Založení smyčky za skalní hrot, anebo do pukliny je často úspornější než zatlučení skoby. Stejně jako vybírání těchto zajišťovacích prostředků (Šajnoha, 1990).

2.2 Smyčka

Smyčka vzniká sešitím nebo jiným způsobem spojený kus popruhu, pomocné šňůry nebo lana do smyčky. Tvar ani délka smyčky nejsou stanoveny. (ČSN EN 566).

Minimální pevnost požadovaná normou EN pro přetržení smyčky musí být 22 kN. Rozeznáváme dva základní druhy smyček – kulaté a ploché. Kulaté smyčky jsou stejné konstrukce jako syntetické lano. To je tvořené z jádra a opletu. Ploché smyčky jsou vyráběny převážně z popruhů šíře 8 mm až 25 mm.

Stejně jako u lan i u smyček uzly snižují pevnost. Ploché smyčky lze svazovat pouze protisměrným uzlem. U šitých smyček musí být označení výrobce, číslo normy a statická pevnost smyčky (Buřič, Franc, 2003).

Smyčky používané v horolezectví jako jistící prostředek se obecně nazývají krátké lano, popruh spojený uzlem nebo švem do uzavřeného kruhu. V podstatě se tak nazývají všechny krátké lanové či popuhové části horolezecké výzbroje.

Podle kritéria konstrukce rozdělujeme smyčky na tyto druhy: lanová (může být jak z části dynamického lana, tak i statického lana, pomocné šňůry), popuhová (jednoduchý popruh nebo dutý popruh). (Kublák, Poltier, 2013).

2.3 Rozdělení smyček

2.3.1 Lanové smyčky

Lanová smyčka je smyčka tvořená jak z dynamického nebo ze statického lana. Smyčky jsou vázány z pomocných šňůr různých průměrů. Nekonečné smyčky jsou uvázány protisměrnými uzly nejčastěji dvojitou rybářskou spojkou nebo protisměrným vůdcovským uzlem.

Pomocná šňůra nebo lano, skládající se z jádra a opletu o jmenovitém průměru od 4 mm do 8 mm, které slouží k zachycení síly nikoli k pohlcení energie. (ČSN EN 564).

2.3.2 Popruhová smyčka

Popruhová smyčka je smyčka tvořena z jednoduchého či dutého popruhu. Spojená šitím dle normy nebo protisměrným vůdcovským uzlem.

2.4 Použití plochých šitých smyček

Horolezci využijí smyčky jako odesávačky, k prodloužení jistícího bodu, k jištění za hroty a hodiny a v mnoha dalších nečekaných situacích. Smyčky jsou běžným vybavením pro jakékoliv outdoorové aktivity (Singing Rock, 2016).

2.5 Stavba smyček

Smyčky pro horolezectví jsou většinou vyráběny ze stejného materiálu jako lana, tedy z polyamidu (PAD). Nicméně mohou být i z jiných materiálů, a tak je v obchodě dobré si vždy ověřit, z čeho jsou smyčky vyrobeny.

Polyamid (PAD)

Pevnost v tahu, elasticita. Poměrně malé náklady na výrobu, takže je levný. Voda způsobuje menší pokles nosnosti. Rozpouští jej kyseliny. Škodí mu sluneční a především UV záření. Taje při teplotě větší 150°C.

Aromatické polyamidy

Aromatické polyamidy neboli Aramidy (KEVLAR; NOMEX, atd.) – Vysoká pevnost v tahu, např. šňůra o průměru 5,5 mm vydrží 18 kN (což by vydrželo lano z PAD o průměru 11 mm). Není elastický. Výrazně ztrácí pevnost při ohýbání (v uzlech, při slaňování). Je drahý. Vydrží teplotu i přes 150°C.

Orientovaný polyetylén (PE)

Maximálně pevný v tahu, např. šňůra o průměru 5,5 mm vydrží cca 22 kN. Škodí mu teplo, taje už při teplotách o něco vyšších jak 100°C.

SPECTRA

Pouze pro popruhy. Vyšší pevnost v tahu. Odolný proti chladnému oděru (např. o skálu). Nižší teplota tání, pozor na přepálení třením (Kublák, Poltier, 2013).

Polyester PES

Vlákno z lineárních makromolekul, které mají v řetězci minimálně 85% hmotnosti esteru diolu a kyseliny tereftalové. [ISO 2076:1999]

Polypropylen PP

Vlákno z lineárních makromolekul vytvořených z nasycených alifatických uhlovodíkových jednotek, v nichž jeden ze dvou uhlovodíkových atomů nese postranní methylovou skupinu, obecně v izotaktické konfiguraci a bez další substituce. [ISO 2076:1999] (ČSN EN 1968).

2.6 Konstrukce popruhů

Existují dva druhy popruhů – a) ploché, b) duté. Je-li popruh vyroben ze stejného materiálu, tak dutý je vždy pevnější, než plochý. U dutého popruhu je lepší, když je konstruován tzv. spirálovitě. To jest, že pramen vláken plynule přechází z jedné strany popruhu přes jeho hranu na druhou stranu popruhu. Jinou variantou konstrukce dutého popruhu je postranním sešitím spojení dvou plochých popruhů. Takové spojení je méně odolné, snadno se párá.

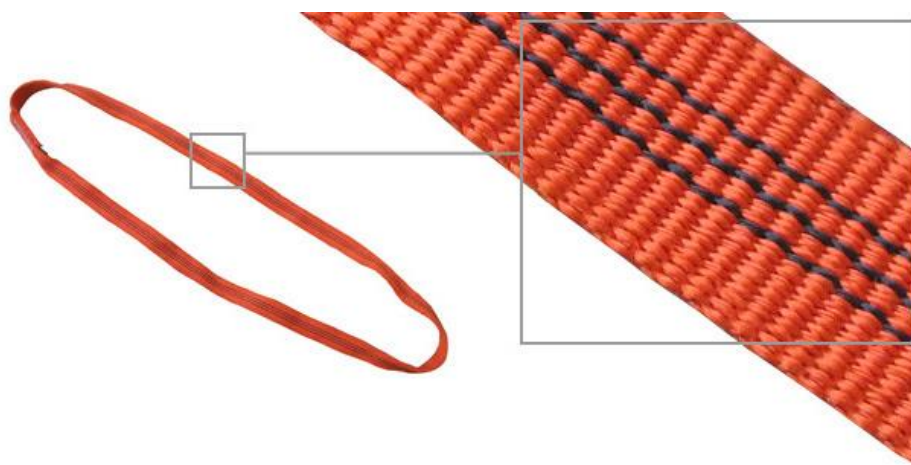
2.7 Smyčka z hlediska normy ČNS EN 565

Norma smyčkou chápe pouze lano, popruh nebo pomocnou šňůru spojené do uzavřeného kruhu (či jiného uzavřeného tvaru). Nosnost musí být min. 22 kN a stehy (jsou-li) musí být provedeny nití s kontrastní barvou k barvě smyčky. Smyčky musí být označeny minimálně těmito informacemi: jméno výrobce, nosnost. S prodávanou smyčkou musí být dodávány tyto informace: jméno výrobce, číslo normy, kterou splňuje, význam všech označení na smyčce, nosnost, způsob použití smyčky, výběr dalších komponentů k použití v systému (např. karabiny u expresek), doporučenou údržbu,

životnost výrobku, vliv vlhkosti či zledovatění, nebezpečí ostrých hran, vliv skladování a stárnutí (Kublák, Poltier, 2013).

2.8 Popruhy z hlediska normy ČNS EN 565

Popruhem se rozumí dlouhý a úzký plochý textilní pás, určený k zachycení síly, nikoliv k pohlcení energie. Pokud je popruh vyroben na bezčlunkovém stavu, musí jeho okraj být zajištěn nití bránící párání. Nosnost musí být min. 5 kN. Nosnost musí být na popruhu vyznačena tenkým proužkem, každý jeden proužek značí nosnost min. 5 kN, proužky musí být vyvedeny kontrastní barvou k barvě smyčky, a musí probíhat v celé délce popruhu, odstup mezi proužky musí být postřehnutelný zrakem.



Obrázek 1: Popruhovú smyčka - Popruh označený třemi tenkými proužky kontrolní nitě unese minimálně 15 kN (Kublák, Poltier, 2013).

2.9 Smykové tření a teplo

Smykové tření je fyzikální jev, který vzniká při posouvání (smýkání) jednoho tělesa po povrchu jiného tělesa. Jeho původ je především v nerovnosti obou styčných ploch, kterými se tělesa vzájemně dotýkají. Nerovnosti povrchů při posouvání těles na sebe vzájemně narážejí, deformují se a obrušují. Tak vzniká třecí síla \vec{F}_t , jejíž působíště je na stykové ploše obou těles a jejíž směr míří vždy proti směru rychlosti tělesa. (Reichl, Všeticka, 2016).

V práci nalezneme smykové tření, které vzniká mezi tělesy při jejich posuvném pohybu.

Teplo (nesprávně užívaný termín tepelná energie) je míra změny vnitřní energie, kterou systém vymění (tj. přijme nebo odevzdá) při styku s jiným systémem, aniž by přitom docházelo ke konání práce. Mluvíme o tepelné výměně. Teplo popisuje procesy, v nichž se odehrává spousta „mikroprací“, tj. srážek jednotlivých částic, které přímo nemůžeme sledovat ani měřit. O práci mluvíme, když způsobenou změnu energie můžeme vyjádřit jako součin veličin, obvykle síly a posunutí, či tlaku a změny objemu, nebo konečně jako součin napětí, proudu a času. O teplo jde tehdy, když se změna energie jako součin jiných měřitelných veličin vyjádřit nedá.

Teplo je fyzikální veličinou popisující změnu termodynamického stavu systému, nikoli stav samotný (Wikipedia, 2013).

2.10 Použité uzly

Osmičkový uzel

Osmičkový uzel je výborný pro kotvení lan. Je symetrický – snadno se kontroluje i hmatem. Má menší objem než jiné uzly a lze ho poměrně lehce rozvázat i po silném zatížení. Může být jako oko namáháno ve všech směrech, je bezpečný i při roztahování konců vycházejících z uzlu. Tzv. „píchaná varianta“ tohoto oka je využívána při vázání uzlu kolem většího předmětu (strom, stalagnát, nosník apod.). Napřed uvážete na jednoduchém laně jednoduchý osmičkový uzel. Krátký pramen, který jde z uzlu, obtočíte kolem předmětu a pak postupně provlékáte lano přesně podél pramenů jednoduchého osmičkového uzlu. Na počátku, uvnitř a na konci uzlu musí jít prameny vedle sebe. Před dotažením uzlu prameny vždy urovnejte tak, aby se nekřížily. Z pevnostního hlediska je varianta uzlu, kdy je nosný pramen v horní pozici vůči oku pevnější (Lanex a.s. 2013).

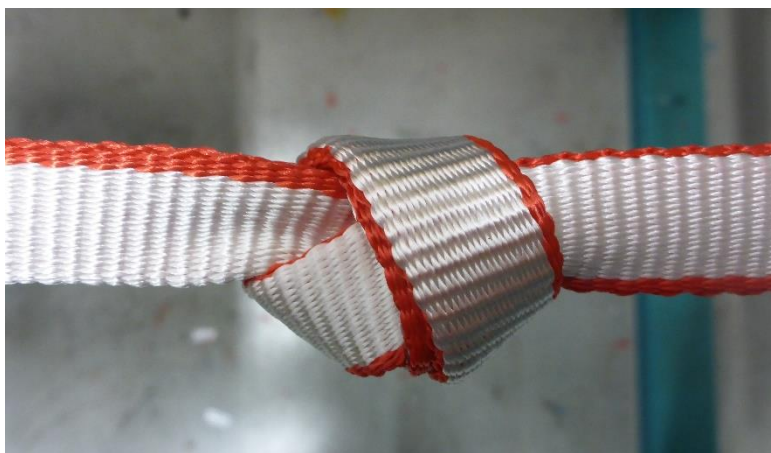


Obrázek 2: Osmičkový uzel

Vůdcovský uzel (tzv. Krejčík, UIIA uzel nebo očková spojka)

Vůdcovská smyčka je tím nejchybněji užívaným uzlem v horolezectví vůbec. Mnoho neznalých nebo pošetilých lezců ji využívá k navazování na prostředek lana nebo k jeho ukotvení. V obou případech existují uzly vhodnější. Zkuste smyčku zatížit a rychle zjistíte, že nejde rozvázat, zvláště když je lano mokré (Raleigh, 2009).

Tato smyčka je velmi pevná a snadno se váže. Nevýhodou je silné dotažení v zátěži a následné problematické rozvazování. Uzel má minimum závitů, což snižuje pevnost lana oproti ostatním.



Obrázek 3: Vůdcovský uzel

Devítkový uzel

Devítkový uzel je velmi vhodný navazovací uzel. Zatím zřídka používaný pro jeho spotřebu lana, složitější vázání a objemnost, právě když za smyčku uvážeme pojistný uzel, stává se objemnější. Správné uvázání chce trochu zručnosti, zvláště když uzel budeme opisovat. Pokud byl uzel správně uvázan a srovnán, lze smyčku snáze rozvázat. Tuto navazovací smyčku lze ideálně využít v situacích, kdy čekáme větší rázovou sílu, tedy i větší pád. Nebo tam, kde potřebujeme použít slabší průměr lana. O uzlu bychom mohli říct, že má větší pevnost proti ostatním zmiňovaným, ale toto tvrzení by nebylo správné. Spíše bych řekl, že méně snižuje pevnost lana oproti ostatním uzlům.



Obrázek 4: Devítkový uzel







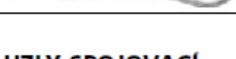


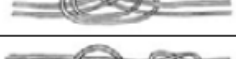
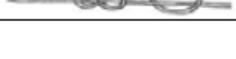
2.11 Pevnost uzlů

Existuje řada prací zabývajících se uzly a uzlováním. Mnohé popisují každou část uzlu přesnými termíny, zabývají se hlubokou teorií a popisují vznik uzlu od prvního ohybu lana. Pro lezecké účely je nejdůležitější rozlišit uzly podle účelu, ke kterému se hodí. Tím nejdůležitějším, co si lezec musí při uzlování uvědomit, je fakt, že každý uzel má až dramaticky nepříznivý vliv na nosnost lana. Snížení pevnosti způsobuje mechanické, ale i tepelné namáhání vzniklé jeho ohýbáním a natahováním v uzlu. Ve většině případů se pevnost lana uzlem snižuje oproti pevnosti nominální až o polovinu a více! Obecně platí, že čím větší počet ovinů lana v uzlu, tím lépe pro lano a jeho pevnost. Proto je vždy dobré dát přednost složitějšímu uzlu před jednodušším. Nehledě na to, že složitější uzel se po utažení také lépe rozvazuje (Frank, Kublák, 2007).

V tabulce č. 1 uvádíme naměřené hodnoty poklesu pevnosti lan, při použití různých uzlů. Zdrojem těchto údajů je naše bakalářská práce. Tyto údaje budou dále diskutovány.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty poklesu pevnosti lan při použití různých uzlů

Název	Průměrná síla [kN]	pevnost [%]	Snížení [%]
Osmičková smyčka	14,6	70,2	29,8
Devítková smyčka	15,3	74,0	26,0
Dvojitá dračí smyčka	12,9	62,5	37,5
Vůdcovská smyčka	13,0	62,9	37,1

O LANECH A UZLOVÁNÍ		
UZLY KOTVICÍ		
Název uzlu	Tvar	Pevnost lana s uzlem oproti nominální pevnosti lana
Devítkové oko		70 %
Osmičkové oko		55 %
Dvojité dračí oko		53 %
Dračí smyčka		52 %
Motýlek		51 %
Vůdcovská smyčka		50 %
Rybářský jednoduchý/alpské dvojče		43 %
UZLY SPOJOVACÍ		
Název uzlu	Tvar	Pevnost lana s uzlem oproti nominální pevnosti lana
Dvojitý rybářský		56 %
Osmičkový protiběžný		48 %
Vůdcovský protiběžný		44 %
Rybářský jednoduchý		39 %

Obrázek 5: Pevnost uzlů – na základě pokusů G. Marbacha a J. Rocourta (Frank, Kublák, 2007).

2.12 Shrnutí teorie

S ohledem na malé množství validních informací, které se zabývají touto problematikou, jsme se rozhodli objasnit uvedený problém našim výzkumem. Tato diplomová práce objasňuje další problematiku použití uzlu při horolezeckých a lezeckých aktivitách.

3. CÍL PRÁCE

Cílem práce je posoudit pevnost plochých šitých smyček při statickém zatížení a vliv uzlů na snížení jejich pevnosti.

4. HYPOTÉZY

1. Uzle použité na smyčce dyneema sníží více pevnost než u smyčky z materiálu polyamid.
2. Největší pokles pevnosti smyčky bude při použití vůdcovského uzlu.
3. Při použití uzlů klesne pevnost smyčky o víc jak 50%.

5. ÚKOLY

1. Vymezení daného problému a s ním souvisejících informací pomocí odborné literatury.
2. Výběr smyček a uzlů dle možností a potřeb.
3. Nalezení a ověření vhodného měřicího zařízení.
4. Realizace měření.
5. Shromáždění a zpracování dat.
6. Vyhodnocení.

6. METODY A POSTUP ŘEŠENÍ

Zpracovávaná studie je designována jako dvoufaktorový experiment, při kterém zkoumáme vliv použitých uzlů na pokles nominální pevnosti u dvou typů smyček.

Pro samotné měření byly vybrány smyčky, které jsou dle distributorů nejčastěji používány při horolezeckých a lezeckých aktivitách.

Pro šetření byly vybrány nejčastěji používané uzle při horolezeckých a lezeckých aktivitách.

Testování probíhalo na certifikovaném trhacím stroji, na kterém byla získána potřebná data.

Výsledky byly vyhodnoceny deskriptivní statistikou, byl spočítán procentuální pokles nominální pevnosti.

6.1 Testování maximálního zatížení

Zkouška, kterou jsme posuzovali ploché šité smyčky při statickém trhu, je standardní. Používá se k zjištění maximálního statického zatížení. Samotný test probíhal dle normy ČSN EN 566. Kde nám norma udává upnutí smyčky, rychlost posuvu, a teplotní rozpětí při kterém je možné zkoušku realizovat.

6.2 Výběr popruhů

Výzkumný soubor obsahoval celkem dvaatřicet vzorků ve dvou sériích. Jedna série zkoumá pevnost šestnácti vzorků na dyneemových smyčkách a druhá na polyamidových. Výzkum byl prováděn na dvou typech plochých šitých smyček a to na smyčkách materiálu dyneema a polyamid. Proto tedy výzkumný soubor rozdělen do dvou sérií po šestnácti vzorcích.

6.2.1 Technické informace udávané výrobcem Polyamid 16 mm – 120 cm

Tabulka 2: Polyamid 16 mm - 120 cm

Šíře [mm]	16 ± 1,0
Tloušťka [mm]:	2,1 ± 0,2
Hmotnost max. [g/m]	23,3
Pevnost v tahu min. [N]	10 000 – průměrná 11 640
Tažnost při této pevnosti max. [%]	40 průměrná 29,6
Tažnost při 30% pevnosti max. [%]	20
Počet osnovních nití celkem	198
Počet útků na 100 [mm/min]	83 x 2
Materiál: Osnova [%]:	PAD 83,1% PES 4,1 %
Vlákno	DYNEEMA (36 nití) 35,4%
Útek [%]	PAD 11,2%
Háčkovací mat. [%]	PES 1,6%
Háčkovací systém	V

6.2.2 Technické informace udávané výrobcem Dyneema 11 mm – 120 cm

Tabulka 3: Dynema 11 mm - 120 cm

Šíře [mm]	11 ± 0,5
Tloušťka [mm]:	3,0 ± 0,2
Hmotnost max. [g/m]	20,5
Pevnost v tahu min. [N]	15 000 – průměrná 17 500
Tažnost při této pevnosti max. [%]	30 – průměrná 29,6
Tažnost při 30% pevnosti max. [%]	15
Počet osnovních nití celkem	135
Počet útků na 100 [mm/min]	71 x 2
Materiál: Osnova [%]:	PAD 51
Vlákno	DYNEEMA (36 nití) 35,4%
Útek [%]	PAD 7,6%
Háčkovací mat. [%]	PAD 4,2% PES 1,2%
Háčkovací systém	V

6.2.3 Horizontální trhací stroj

Slouží k výzkumu pevnosti a pružnosti jakéhokoli materiálu dle přání zákazníka. Pro mou práci byl využit pro výzkum maximální statické pevnosti uzlu na smyčkách.

Technické parametry:

Stroj – typ	TR 5/SK
Jmenovitá síla	50kN
Zdvih	2000 mm
Napětí sítě	3 x 400 V/50 Hz
Rozměry	6020/920/1220 mm
Hmotnost	1000 kg



Obrázek 6: Horizontální trhací stroj

Trhací stroj s dostačujícím rozsahem pro přetržení zkoumaných smyček. Na zkušebním zařízení jsou použity upínací mechanismy dle normy ČSN EN 566.

Mohou se používat různé typy trhacích strojů: Stroje se svěrnými čelistmi, stroje s čelistmi kladkového typu nebo stroje s čelistmi s čepy pro zkušební vzorky lan se zapletenými oky. V tomto případě musí být průměr čepů, na které se upevňují lanové smyčky zkušební vzorku, nejméně dvojnásobkem průměru zkušebního lana.

U trhacích přístrojů s čelistmi kladkového typu musí být průměr kladek nebo úchyťů upevňujících vzorek, nejméně desetinásobkem průměru zkoušeného lana. (ČSN EN 919).

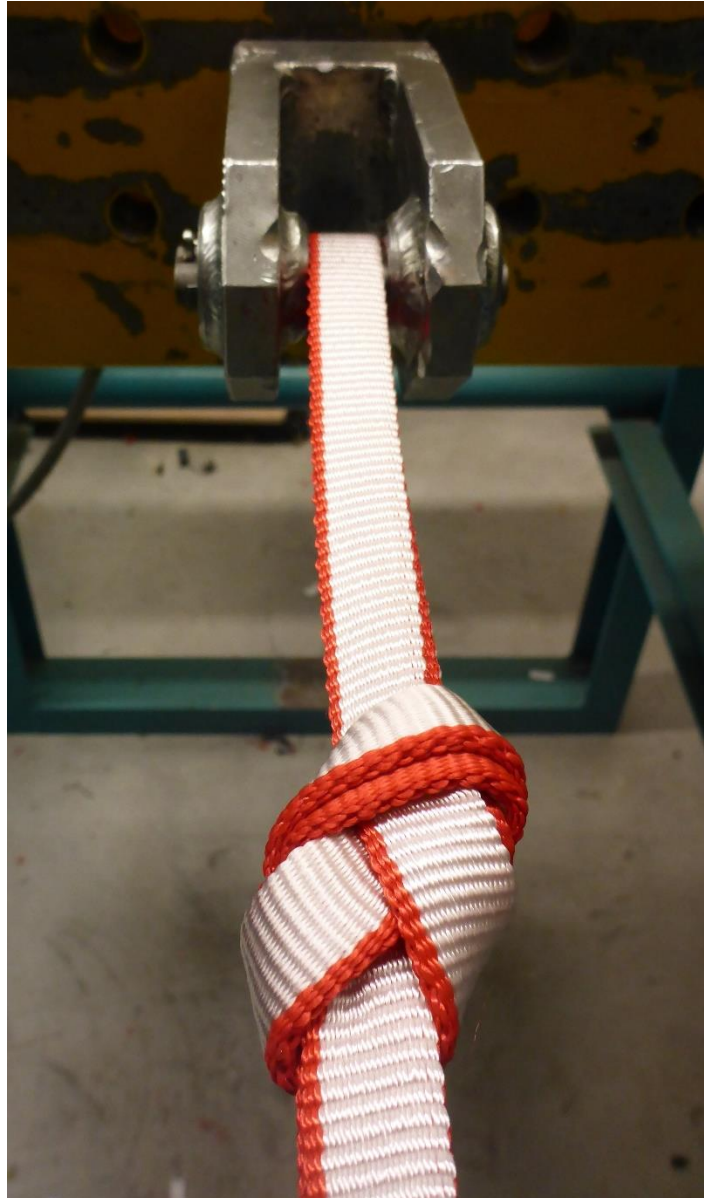
6.3 Realizace měření

Testování pevnosti smyček probíhalo na certifikovaném horizontálním trhacím stroji ve výrobní hale firmy Singing Rocku za dohledu odborného pracovníka.

Před samotným testováním jsme si rozdělili smyčky do jednotlivých skupin a navázali na ně potřebné uzle. Každý uzel navázaný na smyčce bylo potřeba srovnat a dotáhnout. Uzle jsme pečlivě přeměřili posuvným měřítkem, a zavěsili na ně závaží 5 kg tak abychom zajistili jejich stejné dotažení tedy i stejné podmínky měření. Poté mohlo následovat samotné upnutí do trhacího stroje. Smyčky jsme upínali do trhacího stroje pomocí karabin. V podstatě se jedná o třmeny, které v praxi karabiny nahrazují. Kratší oko smyčky jsme upínali na pevnou část trhacího stroje, část druhá byla uchycena stejným způsobem na druhé straně. Upínání probíhalo dle normy ČSN EN 566



Obrázek 7: Upínací čep



Obrázek 8: Upnutí smyčky

Tímto jsme splnili všechny potřebné úkony k trhnutí smyčky a následovalo samotné trhání. Z provedených výzkumů při tvorbě bakalářské práce, jsme nastavili rychlost posuvu na 180 mm/min. Rychlost posuvu byla vhodná i pro tento test. Veškeré měření probíhalo za stále konstantní teploty 22,5°C. Měřené vzorky byly netemperovány na stálou teplotu.

6.4 Způsob získávání dat

Po vlastním naměření uzlu a upnutí smyčky jsme započali trhací proces. Smyčku jsme upnuli v pravé i levé části do trnů, které simulovaly karabiny. Na levé straně se nacházel siloměr, který poskytoval potřebné informace o zatížení smyčky. Zaznamenávala se maximální použitá síla k trhu a délka posunu, neboli natažení smyčky.

6.5 Vyhodnocení výsledků

Údaje byly vyhodnocovány dle vybraných parametrů deskriptivní statistiky a zaznamenávány do tabulek pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel. Prvně jsou zpracovány tabulky trhů každého uzlu pro danou smyčku, tzn. popsány hodnoty první série. Pro přehlednost jsme seřadili tabulky dle typu uzlu, ne dle typu smyček (tedy série). Poté jsou výsledky jednotlivých uzlů shrnuty do tabulek obou sérií. Poslední tabulka porovnává zprůměrované hodnoty sérií s hodnotami z volně dostupných zdrojů.

Přepočítali jsme sílu potřebnou k přetržení smyčky na 1 mm^2 .

7. VÝSLEDKY

Ve výsledkové části práce jsou zaznamenány naměřené hodnoty. Na každý typ ploché smyčky byly použity vybrané uzle. Jedná se o smyčky materiálu Polyamid a Dyneema. Každý naměřený výsledek obsahuje maximální možnou sílu v tahu potřebnou k přetržení smyčky a maximální průtažnost smyčky. Tyto výsledky jsme zpracovali do tabulek, v kterých jsou hodnoty srovnány s nominální pevností. Z výsledků vycházejících z tabulek jsme zpracovali grafy maximální pevnosti a průtažnosti smyček.

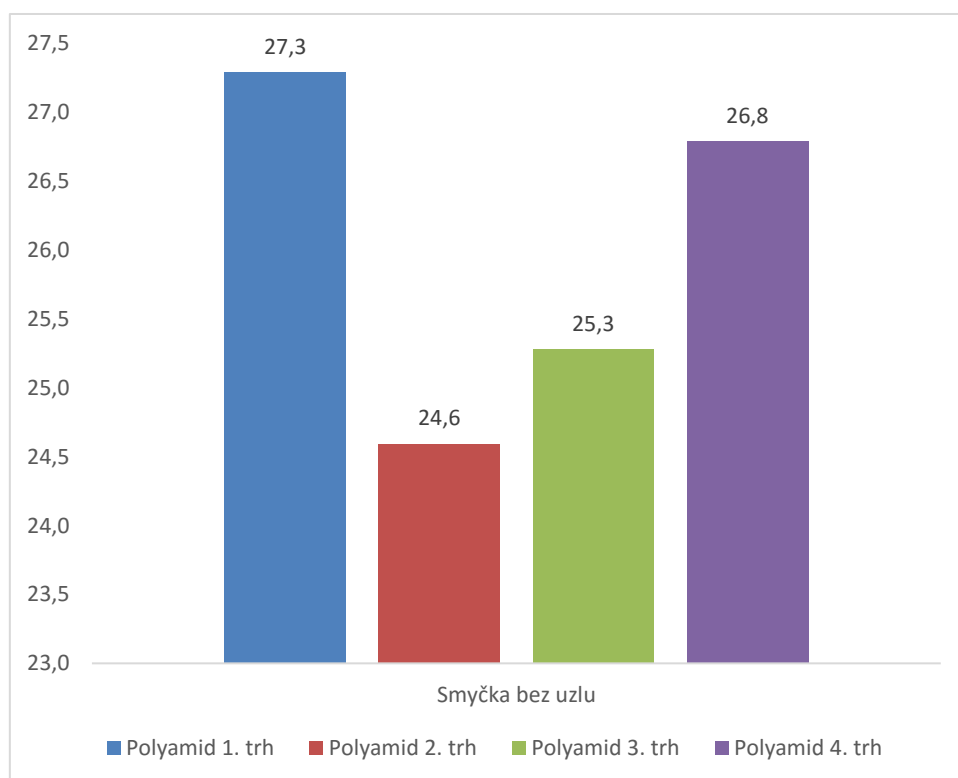
7.1 Plochá šitá smyčka polyamid 16 mm 120 cm

Při všech čtyřech trzích je znatelné tepelné poškození smyčky v místě upnutí do třmenů. K tepelnému poškození došlo také v místech, které se bezprostředně po samotném trhu dostali do kontaktu s upínacími třmeny. Při prvním trhu došlo k přetržení švů a částečnému vytržení v místě šití (obrázek 9 a 10). Dalo by se říci, že to byla kombinace dvou různých poškození. Ve vytrženém místě na víc došlo ke spečení a úbytku tkaniny. Úbytek je znatelný hlavně na bílé tkanině. U druhého trhu došlo k přímému přetržení pevnostních nití v oblasti šití (obrázek 11 a 12). Pevnostní nitě jsou lehce spečeny hlavně na vnitřní části, kde smyčka byla spojena. Dalo by se říci, že jiné viditelné poškození textilní části nebylo znatelné.

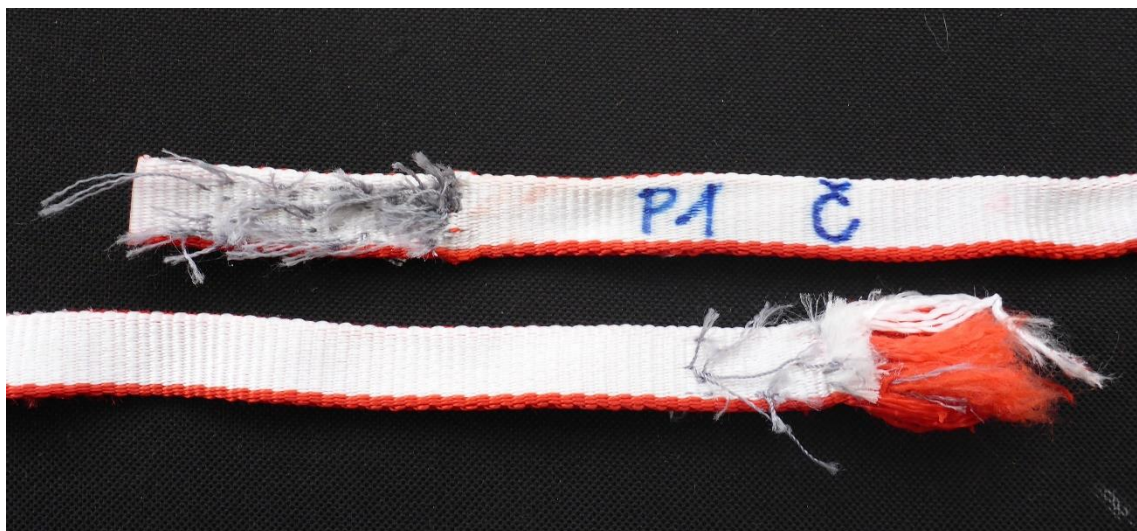
Třetí trh probíhal obdobně jako trh druhý. Opět došlo k přetržení pevnostních nití v místě šití. Byla zde však znatelná tepelná energie, která vznikla napínáním smyčky a zahříváním jednotlivých vláken. Po prasknutí smyčky tedy došlo k jejímu smrsknutí a následnému spojení (obrázek 13 a 14). Spojení by se dalo charakterizovat jako spečení dvou materiálů. Stejně jako se třetí trh podobal druhému, i u čtvrtého trhu tomu nebylo jinak. Opět tedy došlo k přetržení pevnostního šití. Na rozdíl od trhu třetího na smyčce nevidíme tolik znatelné známky tepelného poškození.

Tabulka 4: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu při opakovaném měření

Průměrná hodnota pevnosti [kN] ± SD	Medián pevnosti [kN]	Nominální pevnost dle normy [kN]	Pevnost smyčky oproti pevnosti nominální [%]
26,0 ± 1,1	26,0	22,0	118,1



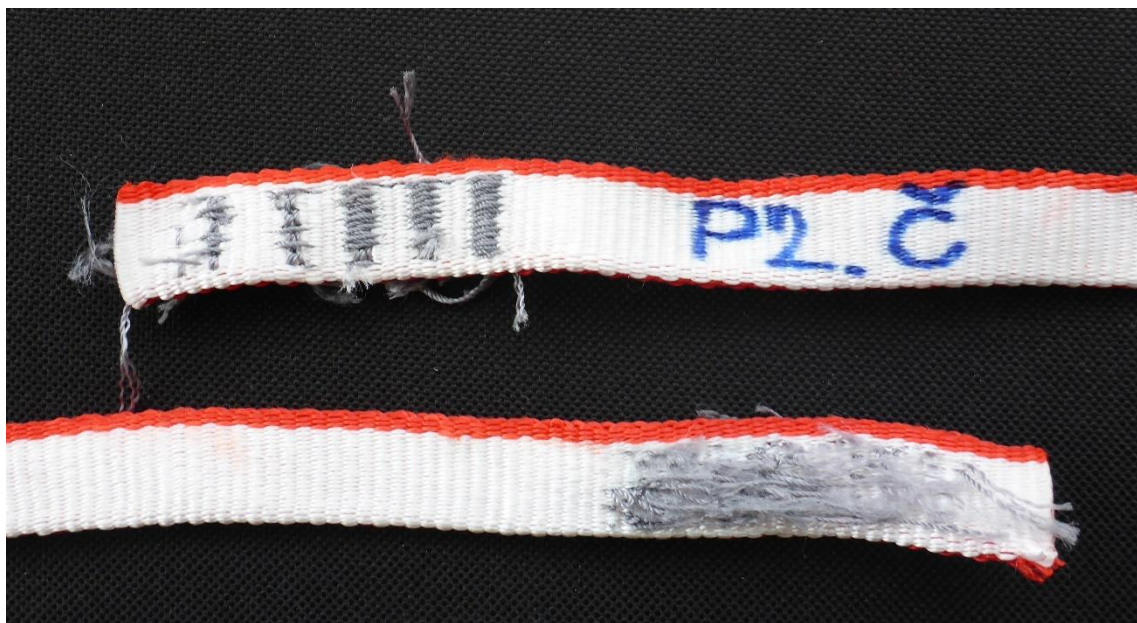
Graf 1: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu při opakovaném měření



Obrázek 9: Polyamid bez uzlu 1. trh přední pohled



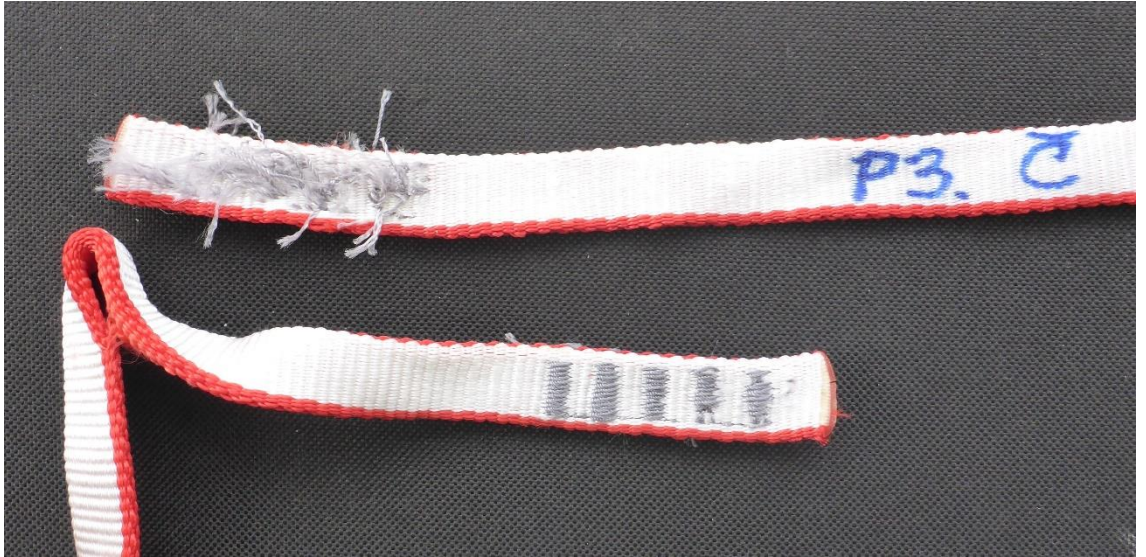
Obrázek 10: Polyamid bez uzlu 1. trh zadní pohled



Obrázek 11: Polyamid bez uzlu 2. trh přední pohled



Obrázek 12: Polyamid bez uzlu 2. trh zadní pohled



Obrázek 13: Polyamid bez uzlu 3. trh přední pohled



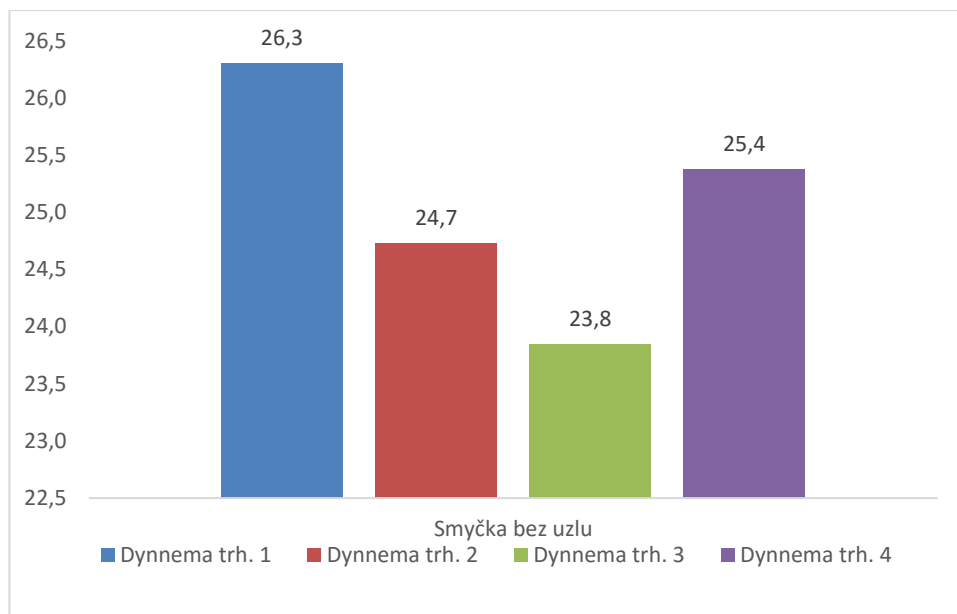
Obrázek 14: Polyamid bez uzlu 3. trh zadní pohled

7.2 Plochá šitá smyčka dyneema 11 mm 120 cm

Tato smyčka nás celkem překvapila svým chováním při trhu. Při trhu se oproti Polyamidu chovala celkem odlišně. Při trzích docházelo k tepelné deformaci, což mělo za následek zkrabacení materiálu. V místech upnutí na třmeny simulující karabiny jsme se rovněž setkali s tepelnou deformací, která se tentokrát projevila narušením struktury smyček a jejím povolením. Přesuňme se nyní k samotným trhům. V prvním trhu se smyčka vytrhla kompletně z šití, což mělo za následek uvolnění materiálu v tomto místě (obrázek 15 a 16). Zároveň došlo ke spečení jednotlivých vláken smyčky. Samotné šití na odtrženém kusu smyčky bylo zachováno. Při druhém trhu se smyčka chovala totožně, co se týče tepelné deformace, k přetržení smyčky však došlo na zcela jiném místě. K přetržení nedošlo v místě šití, které je v tomto případě zcela zachováno (obrázek 17 a 18). Při podrobnějším pohledu vidíme v šití přetrženou spojovací nit. Nedokážeme však říci, zda přetržení nitě je následkem trhu. Jiné známky poškození nejsou znatelné. Třetí trh bychom mohli hodnotit stejně jako první trh. Průběh trhu byl totožný, avšak s tím rozdílem, že šití u své okrajové části narušilo celistvost a strukturu smyčky (obrázek 19 a 20). Při čtvrtém trhu došlo k přetržení smyčky v oblasti šití. Vytrhané pevnostní nitě jsou spečeny. Na jednom z konců smyčky došlo k narušení struktury a celistvosti u okraje (obrázek 21 a 22). Smyčka zachovala na volných koncích svou strukturu a roztřepení není tak znatelné jako u ostatních smyček.

Tabulka 5: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu při opakovaném měření

Průměrná hodnota pevnosti [kN] ± SD	Medián pevnosti [kN]	Nominální pevnost dle normy [kN]	Pevnost smyčky oproti pevnosti nominální [%]
25,1 ± 0,9	25,1	22,0	113,9



Graf 2: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu při opakovaném měření



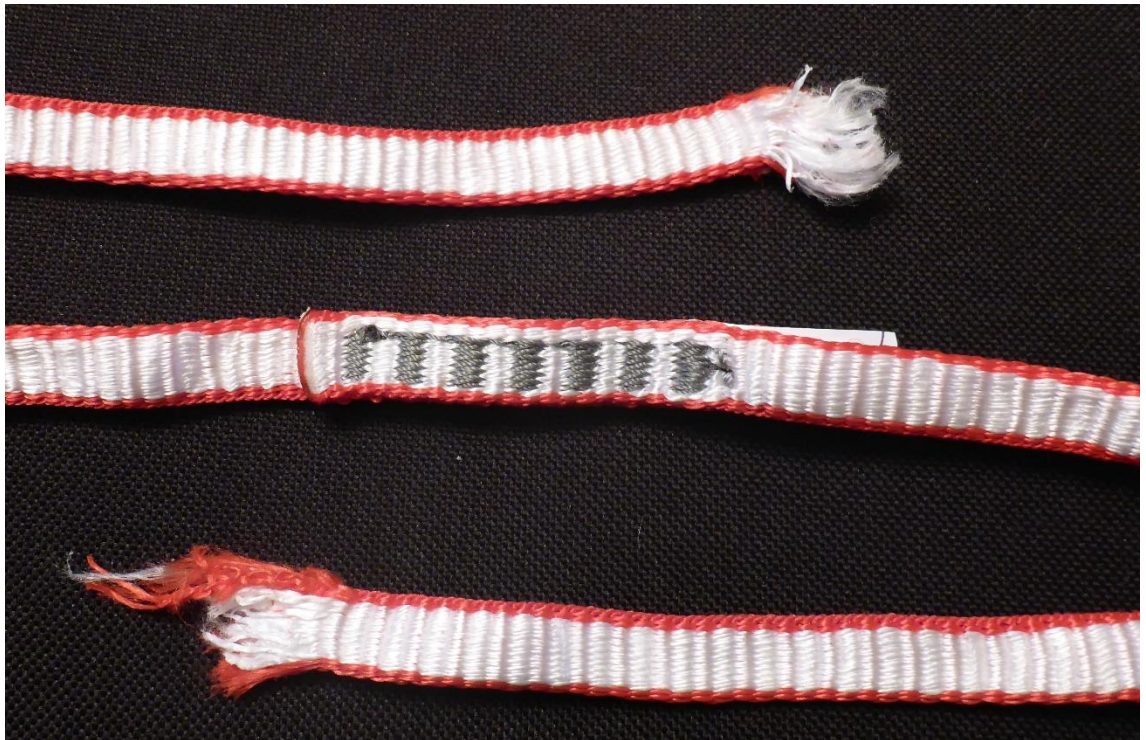
Obrázek 15: Dyneema bez uzlu 1. trh přední pohled



Obrázek 16: Dyneema bez uzlu 1. trh zadní pohled



Obrázek 17: Dyneema bez uzlu 2. trh přední pohled



Obrázek 18: Dyneema bez uzlu 2. trh zadní pohled



Obrázek 19: Dyneema bez uzlu 3. trh přední pohled



Obrázek 20: Dyneema bez uzlu 3. trh zadní pohled



Obrázek 21: Dyneema bez uzlu 4. trh přední pohled



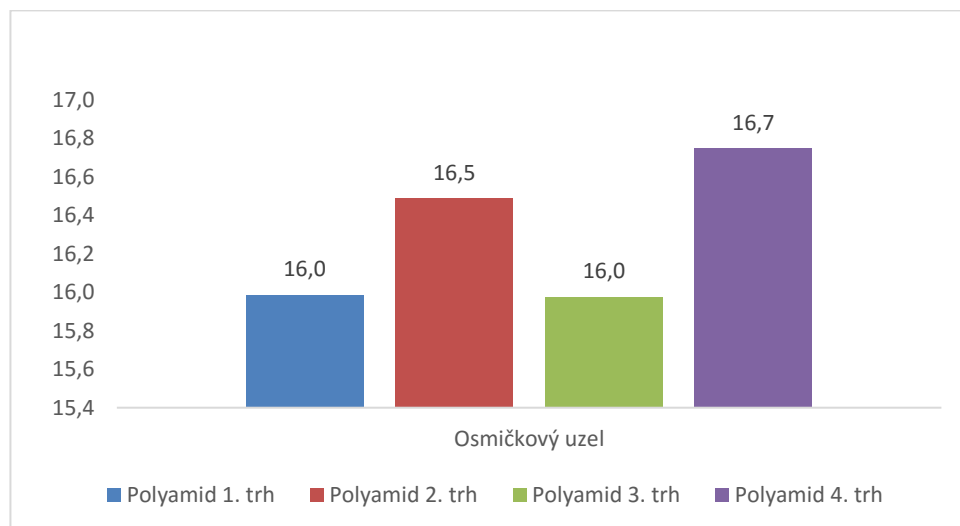
Obrázek 22: Dyneema bez uzlu 4. trh zadní pohled

7.3 Osmičkový uzel – polyamid 16 mm 120 cm

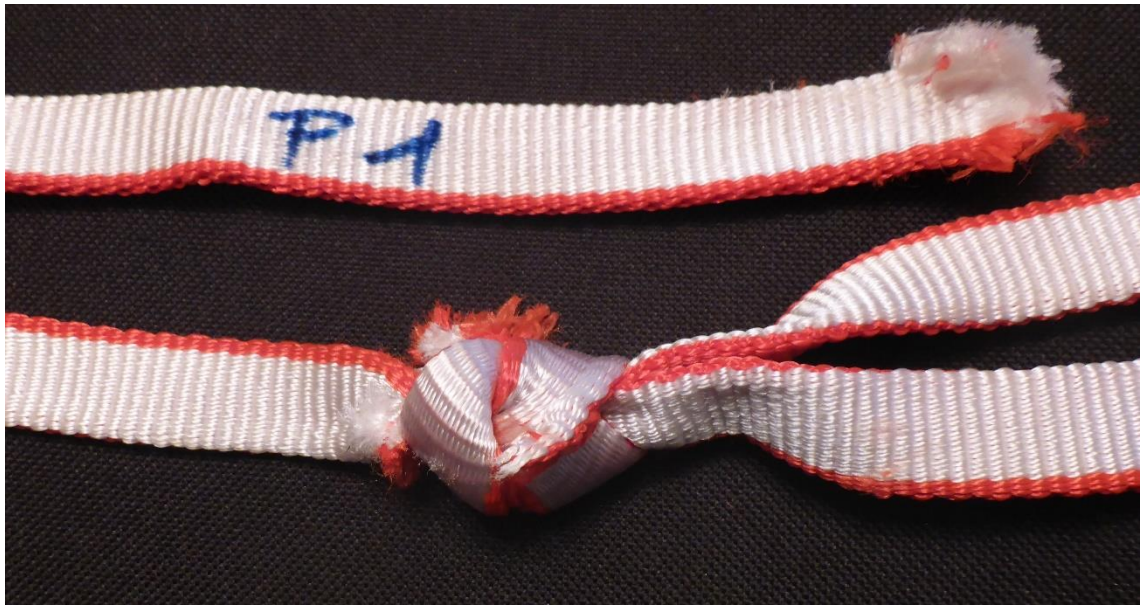
Během následujících trhů můžeme vidět, že se smyčky chovaly podobně. Při větším zatížení se uzel na smyčkách začal dotahovat a to tím způsobem že vždy poskočil a dotáhla se. Celý tento proces byl doprovázen specifickým zvukovým efektem, který byl podobný zvuku přetržení. Můžeme hovořit o tzv. skokovém dotahování. Tepelné poškození smyček v místě uchycení nebylo tolik znatelné jako u předchozích smyček. Roztržené konce smyček jsou jako u předchozích případů opět tepelně spečeny. U prvního trhu došlo k přetržení smyčky přímo před uzlem, což nás v tomto trhu překvapilo (obrázek 23 a 24). Celý průběh trhu totiž naznačoval, že k přetržení dojde za uzlem. Samotný uzel přepálil spodní pramen smyčky. Během druhého trhu došlo k nečekané situaci, a to k takové, že se uzel po samotném trhu rozvázal (obrázek 25 a 26). Což si nedokážeme vysvětlit. Nedokážeme tedy přesně určit, na jakém místě k roztržení došlo. Třetí a čtvrtý trh probíhal obdobně jako trh první.

Tabulka 6: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném osmičkovým uzlem

Průměrná hodnota pevnosti [kN] ± SD	Medián pevnosti [kN]	Nominální pevnost dle normy [kN]	Pevnost smyčky oproti pevnosti nominální [%]
16,3 ± 0,3	16,2	22,0	74,1



Graf 3: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném osmičkovým uzlem



Obrázek 23: Polyamid osmička 1. trh přední pohled



Obrázek 24: Polyamid osmička 1. trh zadní pohled



Obrázek 25: Polyamid osmička 2. trh přední pohled



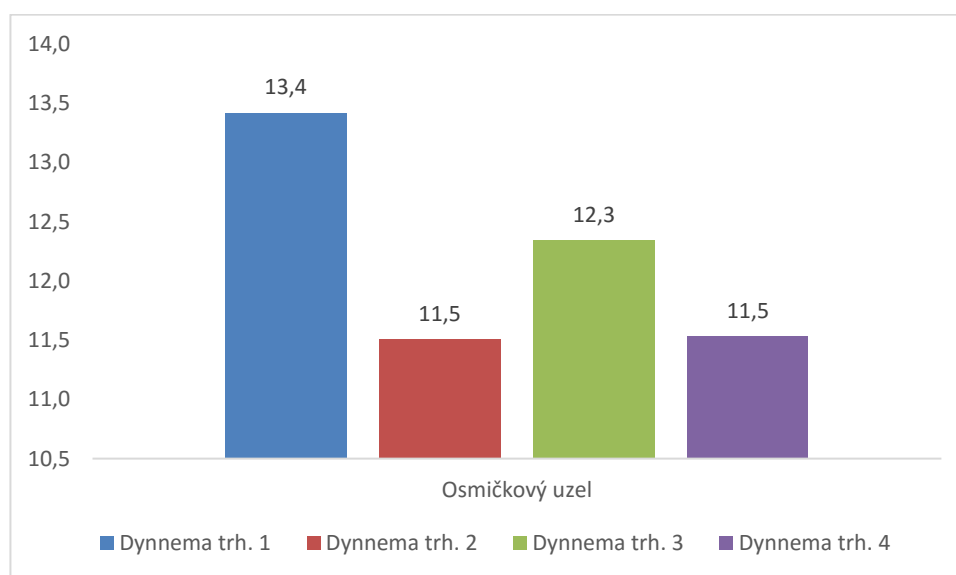
Obrázek 26: Polyamid osmička 2. trh zadní pohled

7.4 Osmičkový uzel – dyneema 11 mm 120 cm

Tato smyčka nás celkem překvapila, protože po zkušenostech z předchozích trhů tedy trhů polyamidových smyček, jsme opět očekávali skokové dotahování. V tomto případě však nenastalo. Dalo by se říci, že se uzel na tomto materiálu dotahoval plynule a rovnoměrně až do doby, kdy praskl. To je důsledkem jiných vlastností materiálu a jeho tloušťky. U všech čtyř trhů jsme se setkali s totožným průběhem trhové zkoušky. Smyčka praskla vždy před uzlem na její spodní části. Volné tedy roztřepené konce byly vždy spečeny, tedy jevíli známky tepelného poškození. Smyčka byla také tepelně poškozena v místě upnutí na třmeny a po přetržení došlo ke zkrabacení po celé její délce vlivem tepelné a třecí energie.

Tabulka 7: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném osmičkovým uzlem

Průměrná hodnota pevnosti [kN] ± SD	Medián pevnosti [kN]	Nominální pevnost dle normy [kN]	Pevnost smyčky oproti pevnosti nominální [%]
12,2 ± 0,8	11,9	22,0	55,5



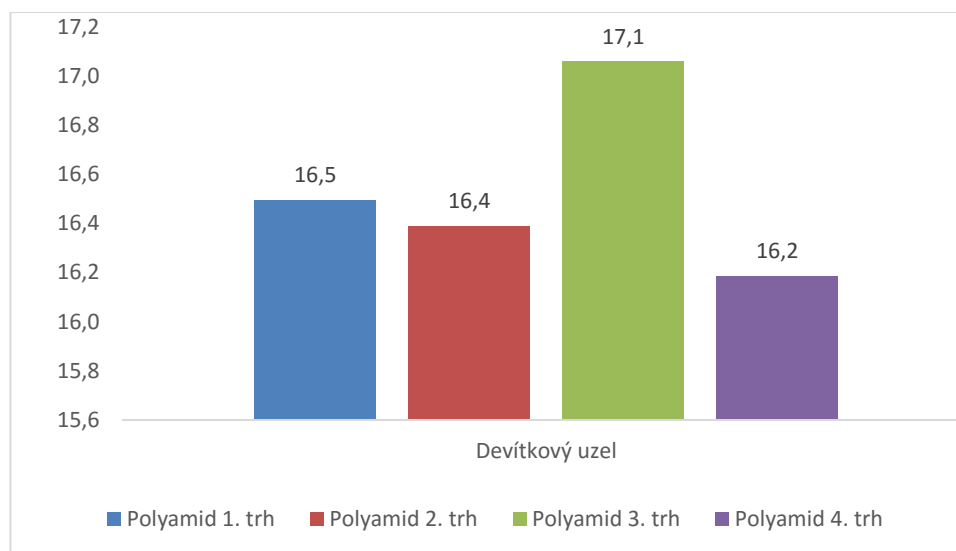
Graf 4: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném osmičkovým uzlem

7.5 Devítkový uzel – polyamid 16 mm 120 cm

U devítkového uzlu jsme nezpozorovali žádnou jinou zvláštní situaci, než která by se stala u uzlu osmičkového. Vypozorovali jsme, že skokové dotahování začíná při síle 3kN. Průběh trhu je velmi podobný jako u uzlu osmičkového. Smyčka praskla vždy před uzlem na její kratší části, tedy části pevného upnutí na její spodní straně. Uzel na smyčce opět přepálil sám sebe. Na volných koncích smyčky můžeme pozorovat výrazné spečení materiálu. Poškození vyšší teplotou je znatelné na místech upnutí do třmenů.

Tabulka 8: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném devítkovým uzlem

Průměrná hodnota pevnosti [kN] ± SD	Medián pevnosti [kN]	Nominální pevnost dle normy [kN]	Pevnost smyčky a proti pevnosti nominální [%]
16,5 ± 0,3	16,4	22,0	75,1



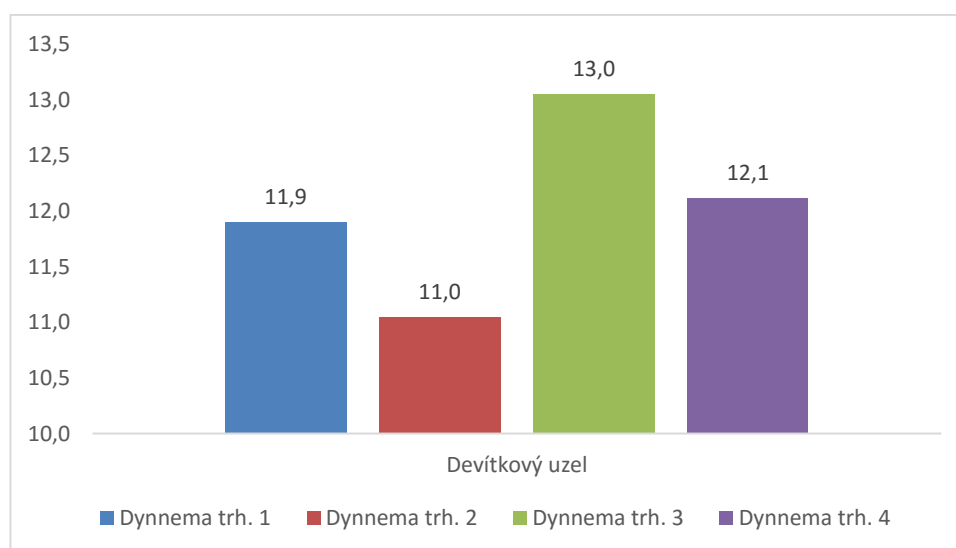
Graf 5: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném devítkovým uzlem

7.6 Devítkový uzel – dyneema 11 mm 120 cm

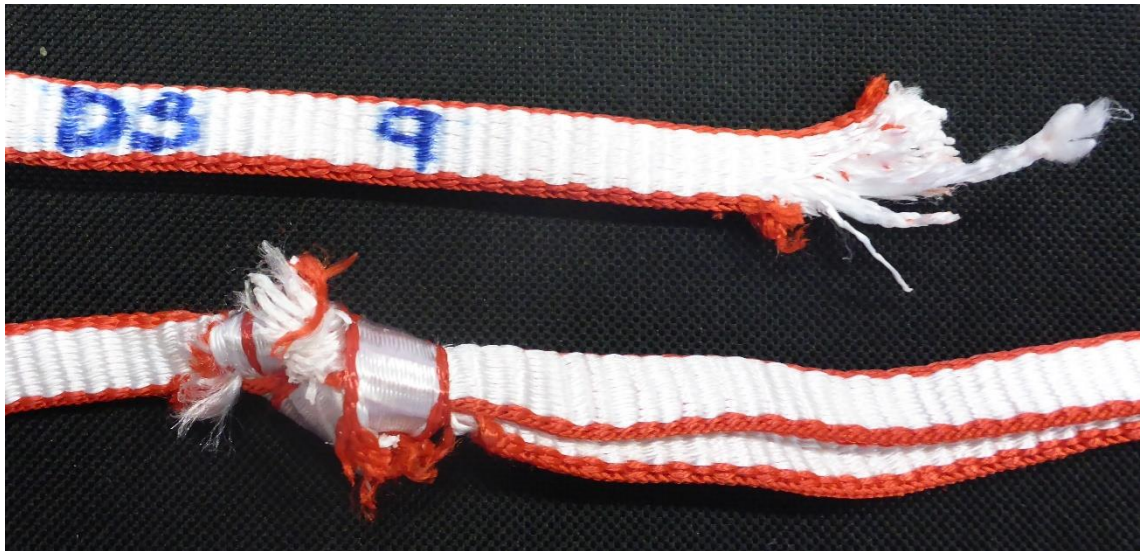
U těchto trhů můžeme v podstatě říci, že trhy probíhaly stejně jako u osmičkového uzlu použitého na tomto materiálu, a však s výjimkou třetího trhu kde smyčka praskla jinak. V tomto případě smyčka praskla na jejím delším konci, tedy na konci, který byl připevněn na pohyblivou část trhacího stroje (obrázek 27 a 28). Místo prasknutí bylo tedy za uzlem. U ostatních tří trhů došlo k prasknutí před uzlem a to na spodním pramenu smyčky. Volné konce smyčky jsou ve všech případech opět spleeny, což má za následek tepelné působení vznikající předpětím a samotným trhem. Tepelné působení má dále za následek poškození v místě upnutí a zkrabacení po celé délce smyčky.

Tabulka 9: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném devítkovým uzlem

Průměrná hodnota pevnosti [kN] ± SD	Medián pevnosti [kN]	Nominální pevnost dle normy [kN]	Pevnost smyčky oproti pevnosti nominální [%]
12,0 ± 0,7	12,0	22,0	54,7



Graf 6: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném devítkovým uzlem



Obrázek 27: Dyneema devítka 3. trh přední pohled



Obrázek 28: Dyneema devítka 3. trh zadní pohled

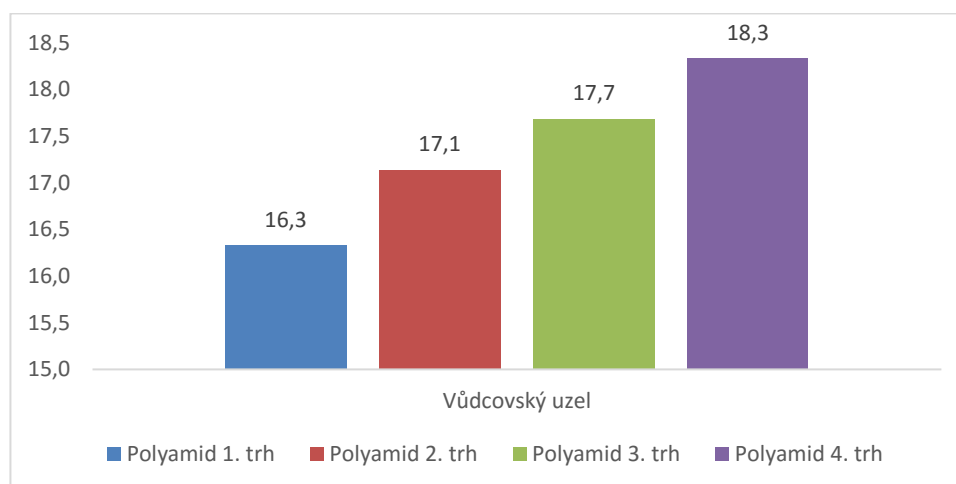
7.7 Vůdcovský uzel – polyamid 16 mm 120 cm

U všech čtyř trhů došlo k tepelnému poškození volných tedy přetržených konců a míst, kde byla smyčka upnuta do třmenů. Na koncích smyček se tepelné poškození projevilo spečením. První trh byl specifický, a to tím způsobem, že k přetržení došlo jednoznačně před uzlem, opět na spodní straně smyčky (obrázek 29 a 30). Toto nemůžeme tvrdit o dalších třech trzích. K přetržení i v těchto případech došlo před uzlem, ale průběh nebyl tak jednoznačný. Na všech třech vzorcích bylo zprvu vidět natrhávání a

přepalování výstupních pramenů za uzlem. Z počátku jsme si tedy mohli myslet, že závěr bude jiný, ale na konec vše dopadlo jako u předchozích případů.

Tabulka 10: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném vůdcovským uzlem

Průměrná hodnota pevnosti [kN] ± SD	Medián pevnosti [kN]	Nominální pevnost dle normy [kN]	Pevnost smyčky oproti pevnosti nominální [%]
17,4 ± 0,7	17,4	22,0	79,0



Graf 7: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném vůdcovským uzlem



Obrázek 29: Polyamid vůdcovský 1. trh přední pohled



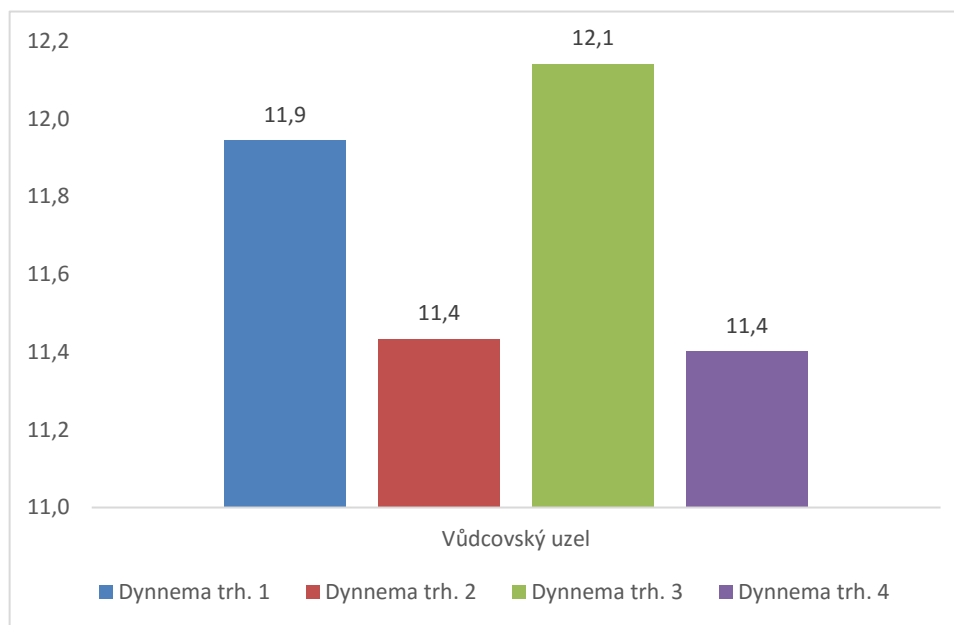
Obrázek 30: Polyamid vůdcovský 1. trh zadní pohled

7.8 Vůdcovský uzel – dyneema 11 mm 120 cm

I u těchto trhu je znatelné tepelné poškození smyček. To má za následek spečené volné konce smyčky a zkrabacení po celé délce smyčky. Zlehka je také znát opotřebení a narušení struktury v místě upnutí. Během prvního trhu došlo k přetržení před uzlem, k čemuž dle pozorování a průběhu samotného trhu vůbec nemuselo dojít a to vzhledem k průběhu samotného trhu a velikosti poškození za uzlem (obrázek 31 a 32). Ostatní tři trhy proběhly jinak, než jsme očekávali a doposud zaznamenali. K přetržení totiž došlo za uzlem a to v té části, která je upnuta na pohyblivém konci trhačského stroje.

Tabulka 11: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném vůdcovským uzlem

Průměrná hodnota pevnosti [kN] ± SD	Medián pevnosti [kN]	Nominální pevnost dle normy [kN]	Pevnost smyčky oproti pevnosti nominální [%]
11,7 ± 0,3	11,7	22,0	53,3



Graf 8: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném vůdcovským uzlem



Obrázek 31: Dyneema vůdcovský 1. trh přední pohled



Obrázek 32: Dyneema vůdcovský 1. trh zadní pohled

7.9 Shrnutí výsledků

Tabulka 12: Polyamid 16 mm 120 cm

	Průměrné hodnoty trhu [kN] ± SD	Průměrné hodnoty průtahů [cm] ± SD	Nominální pevnost dle normy [kN]	pevnost smyčky oproti pevnosti nominální [%]	medián trhů [kN]	Směrodatná odchylka trhů [kN]	Směrodatná odchylka průtažnosti [cm]	medián průtažnosti [cm]
Osmičkový uzel	16,3 ± 0,3	29,2 ± 0,6	22,0	74,1	16,2	0,3	0,6	29,1
Devítkový uzel	16,5 ± 0,3	29,4 ± 0,7	22,0	75,1	16,4	0,3	0,7	29,3
Vůdcovský uzel	17,4 ± 0,7	28,0 ± 0,4	22,0	79,0	17,4	0,7	0,4	27,9
Smyčka bez uzlu	26,0 ± 1,1	31,0 ± 1,8	22,0	118,1	26,0	1,1	1,8	30,5

Tabulka 13: Dyneema 11 mm 120 cm

	Průměrné hodnoty trhu [kN] ± SD	Průměrné hodnoty průtahů [cm] ± SD	Nominální pevnost dle [kN]	pevnost smyčky oproti pevnosti nominální [%]	medián trhů [kN]	Směrodatná odchylka trhů [kN]	Směrodatná odchylka průtažnosti [cm]	medián průtažnosti [cm]
Osmičkový uzel	12,2 ± 0,8	20,0 ± 0,6	22,0	55,5	11,9	0,8	0,6	19,8
Devítkový uzel	12,0 ± 0,7	22,0 ± 1,2	22,0	54,7	12,0	0,7	1,2	21,5
Vůdcovský uzel	11,7 ± 0,3	18,1 ± 0,8	22,0	53,3	11,7	0,3	0,8	18,1
Smyčka bez uzlu	25,1 ± 0,9	19,4 ± 2,2	22,0	113,9	25,1	0,9	2,2	18,8

Tabulka 14: Průměrné hodnoty všech trhových zkoušek

hodnoty pro obě smyčky	Průměrné hodnoty trhů	medián trhů	směrodatná odchylka trhů
Osmičkový uzel	14,3	14,7	2,1
Devítkový uzel	14,3	14,6	2,3
Vůdcovský uzel	14,6	14,2	2,9

8. DISKUZE

Při tvorbě práce jsme se potýkali s různými překážkami a úskalími. Jako největší komplikaci jsme shledali nedostatek literatury. Zjistili jsme, že toto téma je nedostatečně zpracované a nelze dohledat informace technické, historické či další. Museli jsme tedy ve velké míře spolupracovat s lidmi, kteří mají v této oblasti mnoho zkušeností. Zároveň jsme kontaktovali několik odborných firem, které se zabývají pletením lan či smyček.

V naší diplomové práci jsme testovali vliv uzlu na pevnost ploché šité smyčky. Porovnávali jsme tedy dva typy smyček (polyamid a dyneema) a zároveň i tři typy uzlů (osmičkový, devítkový a vůdcovský)

Během testování jsme museli dbát na konstantní podmínky, jako je teplota a vlhkost vzduchu. Smyčky byly natemperovány na okolní teplotu prostředí. K trhání smyček docházelo na certifikovaném stroji, a jelikož jsme dodrželi všechny potřebné postupy, má měření poměrně přesnou vypovídající hodnotu. Pokud bychom chtěli docílit ještě přesnějšího měření, museli bychom potom použít více testovaných vzorků.

Plochá šitá smyčka Polyamid vydržela větší statické zatížení než plochá šitá smyčka Dyneema. Dalo by se tedy říci, že smyčka, která je z materiálu Polyamid vydrží větší zatížení než smyčka z materiálu Dyneema.

Kdybychom nyní měli porovnat smyčky mezi sebou, tak můžeme říci, že navazovací uzly snižují méně pevnost na smyčkách z materiálu polyamid.

Vůdcovský uzel vyšel nejlépe na polyamidové smyčce, kde nominální pevnost lana snížil nejméně. To však nemůžeme říci o smyčce z materiálu Dyneema, kde vůdcovský uzel dopadl nejhůře. Oproti materiálu Polyamid, na smyčce z materiálu Dyneema vůdcovský uzel ovlivnil nominální pevnost nejvíce z testovaných uzlů. Osmičkový a devítkový uzel vyšel na materiálu Dyneema s minimálními rozdíly. Dalo by se tedy v podstatě říci, že byly téměř totožné.

V tabulce č. 14 můžeme vidět porovnání naměřených hodnot s bakalářskou prací a volně dostupnou literaturou. Na první pohled je vidět rozdíl mezi použitými materiály.

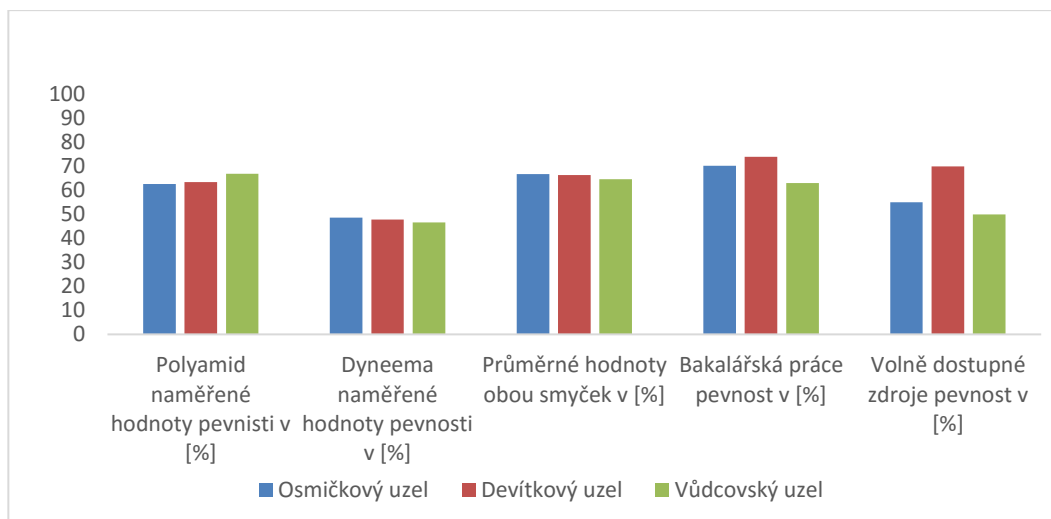
Z tohoto výsledku bychom mohli usoudit, že plochá šitá smyčka z materiálu Dyneema v kombinaci s uzlem je nevhodná a její pevnost se snižuje více jak o polovinu.

Tabulka 15: Porovnání naměřených hodnot s bakalářskou prací a literaturou

	Polyamid naměřené hodnoty pevnosti v [%]	Dyneema naměřené hodnoty pevnosti v [%]	Průměrné hodnoty obou smyček v [%]	Bakalářská práce pevnost v [%]	Volně dostupné zdroje pevnost v [%] dle G.Marbacha
Osmičkový uzel	62,7	48,6	66,8	70,2	55,0
Devítkový uzel	63,5	47,8	66,4	74,0	70,0
Vůdcovský uzel	66,9	46,6	64,7	63,0	50,0

Tabulka 16: Porovnání pevnosti s nominální pevností udávanou normou

	Polyamid průměrné hodnoty trhů [kN]	Dyneema průměrné hodnoty trhů [kN]	Nominální pevnost v [kN]	Polyamid průměrná pevnost na 1 mm² v [kN]	Dyneema průměrná pevnost na 1 mm² v [kN]
Osmičkový uzel	16,3	12,2	22,0	1,3	1,3
Devítkový uzel	16,5	12,0			
Vůdcovský uzel	17,4	11,7			
Smyčka bez uzlu	26,0	25,1			



Graf 9: Porovnání pevnosti s nominální pevností udávanou normou

9. ZÁVĚR

V této práci jsme testovali vliv uzlu na pevnost plochých šitých smyček. Vzhledem k tomu že jsme čerpali ze zkušeností, které jsme získali při zhotovování bakalářské práce, můžeme říci, že jsme nevstupovali do neznáma. Mezi tématy obou prací můžeme nalézt určitou podobnost. Tentokrát jsme porovnávali dva typy plochých smyček (Polyamid 16mm 120cm a Dyneema 11mm 120cm) a tři typy uzlů (Osmičkový, Devítkový, Vůdcovský). Vybrali jsme proto nejčastěji používané uzle. Volili jsme smyčky různých šířek a to nejužší z polyamidu a nejširší z dyneemy, abychom dosáhli co největší podobnosti. Tyto smyčky nás zajímaly hlavně z toho důvodu, že jejich problematika stále není zcela objasněná.

V teoretické části jsme se zaměřili především na popis stavby a struktury smyček. Na jejich vlastnosti a technické údaje, které nám norma předepisuje. Následně jsme popsali použití a pevnost testovaných smyček. V této části jsme se také věnovali uzlům, jejich charakteristice a pevnosti.

Cílem našeho testování bylo porovnat statickou pevnost uzlů na jednotlivých smyčkách, porovnání hodnot mezi sebou a porovnání naměřených hodnot s hodnotami volně dostupnými. Jelikož jsme v této práci porovnávali smyčky dvou různých šířek, přepočítali jsme tedy jejich pevnost na 1 mm^2 . Výsledek tohoto přepočtu nás překvapil, jelikož jsme zjistili, že smyčky mají v průřezu totožnou pevnost. Avšak tento údaj je pro nás pouze orientační vzhledem k nerovnoměrnému spletení smyček v jejich šíři. Pokud však došlo k uvázání jednotlivých uzlů, pevnost smyček byla odlišná. Největší odlišnost můžeme zaznamenat u vůdcovského uzlu, kde naměřené hodnoty měli největší rozdíl ze všech testovaných uzlů.

Výsledky nelze shrnout jedním závěrem. Nelze jednoznačně říci, která smyčka je lepší a která horší. Ale jak bylo zjištěno, každá smyčka se po uvázání uzlu chová jinak. Stejně tak jako se uzel chová odlišně na různých materiálech.

Jednoznačně lze potvrdit, že uzly snižují nominální pevnost plochých šitých smyček. Stejně tak jako je to u lan. U polyamidu je to méně jak 50% a však u dyneemy tyto hodnoty přesáhly hranici 50% pevnosti. Usuzujeme proto, že smyčky z materiálu dyneema jsou méně vhodné pro použití v kombinaci s uzlem než smyčky z polyamidu.

Pro použití smyček v kombinaci s uzly bychom tedy mohli doporučit materiál polyamid, na kterém uzel snižuje méně nominální pevnost než u materiálu dyneema.

Výsledky uvedené v této práci mohou posloužit všem, kteří se zabývají sportovním lezením a horolezectvím. Mohou upozornit na nebezpečí související s nerozváženým používáním uzlu na smyčkách z materiálu dyneema.

10. POUŽITÁ LITERATURA

- Buřič, P., Franc, R. (2003). *Práce ve výšce a nad volnou hloubkou v podmínkách požární ochrany*. Praha : MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR Kloknerova 26, 148 01 Praha 4, 2003. 80-86640-07-8.
- Český normalizační institut. (2007) *Horolezecká výzbroj - Pomocná šňůra - Bezpečnostní požadavky a zkušební metody ČSN EN 564*. Praha : Český normalizační institut, 2007.
- Český normalizační institut. (2000). *Osobní ochranné prostředky pro prevenci pádů z výšky - Nízko průtažná lana s oploštěným jádrem ČSN EN 1891*. Praha : Český normalizační institut, 2000.
- Český normalizační institut. (2005). *Textilní lana a provaznické výrobky - Slovník ČSN EN 1968*. Praha : Český normalizační institut, 2005.
- Český normalizační institut. (1997). *Textilní lana pro běžné použití - Stanovení fyzikálních a mechanických vlastností ČSN EN 919*. Praha : Český normalizační institut, 1997.
- Elstner, F. (1927). *Kniha o uzlech*. Praha : Tiskárny "Merkur".
- Frank, T., Kublák, T. (2007). *Horolezecká Abeceda*. Praha : Epoque. 978-80-87027-35-6.
- Frank, T. (1999). *O lanech a uzlování*. Praha : Krasová sekce ČSS.
- Kublák, T., Poltier, M. *Horolezeckametodika*. [Online] [Citace: 17. červenec 2013.] <http://www.horolezeckametodika.cz/horolezectvi/vystroj-a-vyzbroj/lano>.
- Lanex a.s. Mytendon. *Mytendon*. [Online] [Citace: 17. 7 2013.] http://www.mytendon.cz/file/7/Manual_horolezeckych_a_pracovnich_lan.pdf.
- Raleigh, D. (2009). *Uzly a lana pro horolezce*. Praha : Fragment, s.r.o. 978-80-253-0816-5.
- Reichl, J., Všetická, M. *Encyklopedie Fyziky*. [Online] [Citace: 18. srpen 2016.] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/36-smykove-treni>

Singing Rock. EN 566 - Smyčky a Expresky. *Singing rock*. [Online] Singing rock.
[Citace: 15. červen 2016.] <http://www.singingrock.cz/en-566---smycky-a-expresky>.

Šajnoha, M. (1990). *Horolezectvo*. Bratislava : Nitrianské tlačiarne. 80-7096-038-8.

Wikipedia. (2013). www.wikipedie.cz. [Online] 7. Březen 2013. [Citace: 15. Červenec 2013.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99en%C3%AD>.

11. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Naměřené hodnoty poklesu pevnosti lan při použití různých uzlů	17
Tabulka 2: Polyamid 16 mm - 120 cm	21
Tabulka 3: Dynema 11 mm - 120 cm	21
Tabulka 4: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu při opakovaném měření	27
Tabulka 5: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu při opakovaném měření	31
Tabulka 6: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném osmičkovým uzlem	37
Tabulka 7: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném osmičkovým uzlem	40
Tabulka 8: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném devítkovým uzlem	41
Tabulka 9: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném devítkovým uzlem	42
Tabulka 10: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném vůdcovským uzlem	44
Tabulka 11: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném vůdcovským uzlem	46
Tabulka 12: Polyamid 16 mm 120 cm	48
Tabulka 13: Dyneema 11 mm 120 cm	48
Tabulka 14: Průměrné hodnoty všech trhových zkoušek	48
Tabulka 15: Porovnání naměřených hodnot s bakalářskou prací a literaturou	50
Tabulka 16: Porovnání pevnosti s nominální pevností udávanou normou	50

12. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu při opakovaném měření .	27
Graf 2: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu při opakovaném měření ...	32
Graf 3: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném osmičkovým uzlem.....	37
Graf 4: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném osmičkovým uzlem.....	40
Graf 5: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném devítkovým uzlem.....	41
Graf 6: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném devítkovým uzlem.....	42
Graf 7: Pevnosti polyamidových smyček při statickém trhu ovlivněném vůdcovským uzlem.....	44
Graf 8: Pevnosti dyneemových smyček při statickém trhu ovlivněném vůdcovským uzlem.....	46
Graf 9: Porovnání pevnosti s nominální pevností udávanou normou.....	51