

Statická lana: vliv vody?

Zkoumání vlivu vody (v kapalném i tuhém skupenství) na pevnost uzlů statických lan vyrobených z polyamidu (typ PA6)

27.6.2001

Předmluva.

Statická lana (definovaná dle normy EN 1891, Typ A nebo Typ B, norma UIAA 107) se používají při práci ve výškách, speleologii a pro určité aplikace i v horolezectví. Zdánlivě odbočím: Dynamická lana jsou z hlediska textilního inženýrství na velmi vysoké úrovni aktivní bezpečnosti. Tato lana jsou mnohdy v bezpečnostním řetězci až pro případ, stane-li nějaká nehoda, kontrolovaný nebo naopak nepředvídaný pád. Na druhou stranu, statická lana jsou téměř vždy v bezpečnostním řetězci jako **primární** prostředek dostat se dolů a poté také nahoru. Selžou-li tyto lana, potom např. jeskyňář nemá další cesty ven (zbývá záchranná akce). V případě krizové situace při záchranné akci nebo poruše vybavení hluboko pod zemí, musí jeskyňář s jistotou slepce např. rozvázat zatažený uzel nebo provést další činnosti, kdy kvalita používaného lana může rozhodnout o úspěchu celé akce. Pohlížíme-li na lano (obecně) i z těchto úhlů pohledu, je statické lano minimálně stejně tak exponované jako lano dynamické. Proto bychom měli i výběru a chování statických lan věnovat velkou pozornost. Statické lano ze svého principu dělá méně „práce“ samo. Není elastické, aby absorbovalo energii, neb kdyby bylo elastické, uživatel by se při stoupání na laně dle postupů jednolanové techniky houpal jako jo-jo, čímž by krom nepříjemného pocitu také namáhal kotevní bod. Pro tyto i další důvody jsme se rozhodli rozpracovat několik studií chování statických lan z nichž první (a prezentovaná zde) se týká zkoumání vlivu vody (v kapalném i tuhém skupenství) na statická lana vyrobená z polyamidu (nylon), respektive na chování osmičkových uzlů na těchto lanech. Zaměřili jsme se na uzly ve smyslu známé fráze, že neslabší článek každého lana je jeho uzel. Některé práce na toto téma jsou staré i několik dekád a naším úkolem je, mimo jiné, zjistit jsou-li stále platné či nikoli nebo je doplnit. Velmi nám šlo o to, aby veškeré zkoušky byly maximálně opakovatelné a byl minimalizován jakýkoli prostor pro chybu plynoucí z nesprávné měřicí metody nebo přípravy vorků.

Vlastnosti a použití statických lan.

Jak už bylo řečeno výše, statická lana slouží k zachycení osob nad volnou hloubkou a nikoli pro zachycení pádu z výšky. Nejsou tedy vhodná k horolezectví, s výjimkou fixního lana a vytahování břemen. I při použití statických lan v jednolanové technice se dá udělat pár chyb.

Mezi osobou a kotvicím bodem by tedy na statickém laně neměl být žádný průvěs. Proč? Není-li průvěs, osoba se po uklouznutí pouze maximálně zhoupne a kotevní bod je zatížen pouze staticky nebo minimálním rázem. V případě průvěsu mezi osobou a kotevním bodem (do kterého je lano zavázáno uzlem) vyše osoba vlivem tíhového zrychlení do kotvení a uzlu větší ráz, což je pro jednolanovou techniku statických lan nepřijatelné. Statické lano totiž (na rozdíl od dynamického lana) není stavěno na absorbování energie pádu. Ano, statická lana se také testují na rázovou sílu. Ale u zkoušky u statických lan padá závaží na 2m dlouhém laně pouze 0,6 metru, tedy pádový faktor 0,3. Nikoli pádový faktor cca 1,75 jako u lan dynamických.

Statické chování statických lan nabádá k větší pozornosti při dalším použití. Při slaňování je třeba postupovat dolů plynule, zastavovat v průběhu pozvolna a nezatěžovat tak kotvicí bod. O jumarování jsem se již zmínil v Předmluvě.

Rozdělení statických lan.

Před popisem vlastností lan a výsledků testů je nutno se seznámit s označováním statických lan ze strany výrobců. Konzultačním místem pro zjišťování relevantních informací byl německý institut TÜV Mnichov, který se specializuje na Osobní Ochranné Prostředky (dále jen OOP). Popisují statická lana, jenom pro úplnost informací uvádím, že jejich správný název by měl být nízko-průtažná kernmatel lana (z anglického originálu Low stretch kernmantel rope; kernmatel je nepřekládaný terminus-technicus). Jediná použitelná směrnice pro posuzování těchto lan umožňuje uvést na trh statická lana Ø8,5 až Ø16,0 testovaná dle EN 1891 typ A nebo B. Taková lana slouží k zachycení osob nad volnou hloubkou (neslouží pro zachycení pádu z výšky!!). Lana typu A jsou hlavní lana systému a lany typu B jsou lana, která z jakýchkoli důvodů potřebují větší péči než lana typ A (např. mají menší průměr, nižší pevnost nebo kombinaci obojího).

Existuje-li tedy lano, které nemá všechny vlastnosti které předepisuje norma EN 1891 (Typ A nebo B), není možno takovýto textilní výrobek uvést na trh OOP jako lano k zabezpečení osob.

Jeden způsob volený výrobcí, je uvést na trh takové nevyhovující lano, certifikované na základě např. EN 564 (norma pro pomocné šňůry). V tom případě je ale výrobek pomocná šňůra, která není vhodná pro zachycení osob. V případě nehody nese plnou odpovědnost za vzniklé škody výrobce, neb

nabádal uživatele, aby používal pomocnou šňůru jako OOP lano k zajištění osob. Záleží tedy plně na důvěře uživatele výrobci. Ta důvěra spočívá v tom, že uživatel musí přijmout doporučení výrobce o vhodnosti výrobku (nesplňujícího plně EN 1891 A nebo B) pro zabezpečení osob.

Druhý způsob volený výrobcem je požádat certifikační orgán, aby lano, které není schopno splnit všechny články normy EN 1891 typ A nebo B otestoval podle EN 1891 typ A nebo B a na visačku výrobce označí výrobek značkou CE a přidá veškeré hodnoty, které byly naměřeny při testu. Na visačce tedy vše bude vyhovovat až např. na počet pádů. I zde platí, že v případě nehody nese plnou odpovědnost za vzniklé škody výrobce, neb nabádal uživatele, aby používal textilní lano nevyhovující plně EN 1891 jako statické lano k zajištění osob. Záleží, opět jako v prvním případě, plně na důvěře uživatele výrobci.

Případ z praxe: oba dva výše popsané případy nevyhovujících lan se týkají možnosti vyrobit a prodat tenká statická lana pro expediční speleoalpinismus (např. Ø8,0 - Ø8,5mm). Trh taková lana žádá, výrobce se je snaží dodat. Jediný neshodný parametr zůstává vždy počet pádů, neb (zatím) žádné tak tenké lano není schopno přestát 5 pádů faktor 1 s 80kg závažím. Uživatel může postupovat dvěma způsoby:

- a) Zakoupit lano Ø9mm plně vyhovující EN 1891 Typ B a udělat kompromis ohledně vyšší hmotnosti oproti Ø8,0 nebo Ø8,5mm.
- b) Zakoupit lano Ø8,0 nebo Ø8,5mm které nevyhovuje EN 1891 Typ B, s akceptováním oné výše zmíněné důvěry ve schopnosti výrobce a také s akceptováním odpovědnosti za budoucí události.

Není to lehká situace. Určitá lidská aktivita (expediční speleo) si žádá ultra lehké statické lano, ale v možnostech dnes použitých materiálů není aby takové lano vydrželo požadovaný počet pádů. V možnostech existujících norem je řešení pouze jedno, a to vyhovět plně EN 1891.

Řešení pro výrobce jsou ale dvě:

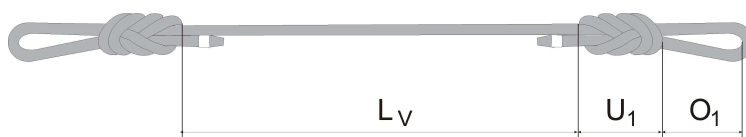
- a) Navrhnout takovou konstrukci lana minimálního průměru 8,5mm (norma EN 1891 stanoví tento minimální průměr), která vydrží 5 pádů faktor 1 s 80kg závažím (lano Typ B).
- b) Navrhnout změnu normy EN 1891 a zavést nový typ lana v rámci této normy (např. Typ S = speleo), pro který bude minimálně požadováno pouze např. 2 pády. Ale to se ještě nestalo, takže a) je správně.

Výše uvedená fakta vám snad pomohou lépe se orientovat v dané problematice.

Popis testů.

Při zkoumání níže popisovaných jevů jsme používali následující metody pro měření, přípravu vzorků a statistické vyhodnocování.

1. Použité trhačí zařízení
Trhačka interní laboratorní zkušebny Singing Rock. Přesnost odečítané hodnoty pevnosti [kN] $\pm 0,5\%$. Rychlost posuvu 2,5mm/sec, konstantní rychlost.
2. Atmosférické podmínky zkušebny: $T = 20 \pm 3^\circ\text{C}$, $rH = 55 \pm 5\%$.
3. Teplota vody pro namáčení vzorků: $10 \pm 3^\circ\text{C}$.
4. Doba provedení testu po vytažení z vody nebo z podchlazeného prostředí: max. 2 minuty.
5. Doba trvání jednoty trhu: 4 minuty.
6. Zmrzlé vzorky měly na sobě a v sobě tuhý led i po ukončené zkoušce.
7. Doba namáčení, mrznutí (i s teplotou), případně sušení vzorků je vždy uvedena v každé tabulce výsledků.
8. Testované oka osmičkových uzlů byla natahována přes čep Ø10mm.
9. Rozměry zkoušených uzlů a vzorků:
vnitřní délka oka $O_1 = 80 \pm 10\text{mm}$
délka těla uzlu $U_1 = 75 \pm 5\text{mm}$
volná délka mezi uzly $L_v = 350 \pm 30\text{mm}$.



10. Při zkoušení jednoho druhu lana bylo použito vždy lano ze stejné výrobní série.
11. Referenční vzorek je vždy u každé zkoušky suchý vzorek daného lana.

Výsledky a komentáře.

Dosažené výsledky jsou zobrazeny v následujících tabulkách. Výsledná hodnota kN je vždy průměr tří naměrů (také zobrazeny).

Test A.

Průměr lana [mm] Typ lana	Název	Druh vzorku	Pevnost v 8 uzlu	Odchylka od referenčního lana
10,5 A	Lano 1	Suchý	19,124 19,835 20,145 kN 21,476	Ref. vzorek
10,5 A	Lano 1	Mokrý = 80 hod. ve vodě	16,766 17,134 17,338 kN 18,114	-13,93 %
10,5 A	Lano 1	Zmrzlý = 68 hod. ve vodě pak 12 hod v -2,5°C venkovní	22,285 22,117 22,257 kN 22,370	+10,48 %

Test A.

Průměr lana [mm] Typ lana	Název	Druh vzorku	Pevnost v 8 uzlu]	Odchylka od referenčního lana
10,5 A	Lano 2	Suchý	21,691 24,430 22,699 kN 21,975	Ref. vzorek
10,5 A	Lano 2	Mokrý = 48 hod. ve vodě	20,583 19,196 19,919 kN 19,979	-12,25 %
10,5 A	Lano 2	Zmrzlý = 36 hod. ve vodě pak 12 hod v -9°C venkovní	23,804 23,970 24,487 kN 25,687	+7,88 %

Komentář k testu A: při zaokrouhlení výsledků se dá říci, že mokré lano sníží svou pevnost v uzlu cca o 10%, naopak u lana zmrzlého dojde k nárůstu pevnosti o cca 10%. K poklesu dochází z důvodu působení vody na polyamid, kdy voda je v roli polárního rozpouštědla, což zvyšuje plasticitu molekul polyamidu a dochází ke ztrátě pevnosti. Voda v tuhém stavu tuto vlastnost nemá, naopak se stává zpevněním struktury lana. Proto nárůst pevnosti u zmrzlých lan.

Zmrzlé vzorky jsou také důkazem následujícího: Před zmraznutím byly vzorky napřed déle namočený. Předpoklad je tedy, že před uložením do mrazu by také měly cca 10% pokles pevnosti. Důsledkem mrznutí je ale přeměna skupenství vody, a tedy také ukončení jejího působení jako rozpouštědla. Po namočení tedy nedojde k trvalé ztrátě fyzikálně mechanických vlastností, ale jedná se o vratný proces. Časy namočení a mrznutí nejsou stejné u obou vzorků. Tyto rozdíly mohou mít malou měrou vliv na výsledky. Podle mého názoru již nehraje roli, jestli je vzorek ve vodě 12 hodin, nebo 80 hodin. Nemohu to ale s určitostí tvrdit. Cílem těchto testů bylo zjistit obecné chování lan, nikoli porovnávání desetinných čísel.

Test B.

Průměr lana [mm] Typ lana	Název	Druh vzorku	Pevnost v 8 uzlu		Odchylka od referenčního lana
10,5 A	Lano 1	Suchý	21,711 19,689 kN 21,107	20,836	Ref. vzorek
10,5 A	Lano 1	Mokrý = 48 hod. ve vodě	17,909 19,162 kN 18,634	18,568	-10,89 %
10,5 A	Lano 1	Zmrzlý = 36 hod. ve vodě pak 12 hod v -11°C venkovní	24,707 22,408 kN 23,505	23,540	+12,98 %

Test B.

Průměr lana [mm] Typ lana	Název	Druh vzorku	Pevnost v 8 uzlu		Odchylka od referenčního lana
10,5 A	Lano 3	Suchý	20,959 22,288 kN 21,182	21,476	Ref. vzorek
10,5 A	Lano 3	Mokrý = 48 hod. ve vodě	19,491 20,305 kN 18,791	19,529	-9,07 %
10,5 A	Lano 3	Zmrzlý = 36 hod. ve vodě pak 12 hod v -11°C venkovní	24,841 23,772 kN 25,270	24,628	+14,68 %

Komentář k testu B: test B je principem shodný s testem A, pouze proměnné se u obou vzorků liší od testu A. Opět zhruba 10% pokles a nárůst.

Test C.

Průměr lana [mm] Typ lana	Název	Druh vzorku	Pevnost v 8 uzlu		Odchylka od referenčního lana
10,5 A	Lano 1	Suchý	20,432 20,396 kN 21,066	20,631	Ref. vzorek
10,5 A	Lano 1	Sušený = 55 hod. ve vodě pak 14 dní sušený pokojová teplota	20,227 20,366 kN 20,394	20,329	-1,46 %
10,5 A	Lano 1	Sušený = 36 hod. ve vodě pak zmrzlý 18 hod v - 10°C venkovní pak sušený 14 dní pokojová teplota	21,756 18,617 kN 21,805	20,726	+0,46 %

Test C.

Průměr lana [mm] Typ lana	Název	Druh vzorku	Pevnost v 8 uzlu	Odchylka od referenčního lana [%]
10,5 A	Lano 3	Suchý	19,815 19,677 19,968 kN 20,467	Ref. vzorek
10,5 A	Lano 3	Sušený = 55 hod. ve vodě pak 14 dní sušený pokojová teplota	20,466 21,905 21,517 kN 22,179	+7,66 %
10,5 A	Lano 3	Sušený = 36 hod. ve vodě pak zmrzlý 18 hod v – 10°C venkovní pak sušený 14 dní pokojová teplota	22,155 20,982 22,001 kN 22,867	+10,08 %

Komentář k testu C: u tohoto testu, šlo především o to, prokázat, že pokles nebo nárůst fyzikálně mechanických parametrů po působení tekuté vody, je vratný proces, a tedy nehrozí nebezpečí pro uživatele. Namoknou-li jednou lana, jejich původní vlastnosti nejsou ztraceny, ale pouze dočasně změněny (sníženy). Na laně 1 (test C) se tento předpoklad projevil beze zbytku. Vzniklé malé rozdíly mohou být zatíženy chybou měření. Chápal bych tedy výsledek u lana 1 (test C) za navrácení původních vlastností po vysušení.

Naopak u lana 3 (test C) se lano po působení vody „zlepšilo“ v měřených parametrech. Jenom připomínám, že u testu tohoto mokrého lana byl také zaznamenán téměř 10% pokles pevnosti. Domnívám se, že působením vody se vysrážením vyrovnaly rozdíly v napětí mezi vlákny. Lano také znatelně ztvrdlo. Podstatné ale je, že ani u lana 3 nedošlo ke ztrátě vlastností po konečném vysušení.

Závěr: buďte opatrní, když budete používat mokrá lana, protože taková lana mají nižší pevnost. Jestliže se lana důkladně vysuší měly by se vrátit na úroveň své původní pevnosti.

Radek Fáborský