



Lesnická
a dřevařská
fakulta

28. 10. 2019, Brno

Připravil: prof. Ing. Jindřich Neruda, CSc.

Ústav lesnické a dřevařské techniky

Stromolezení

Konstrukce a materiál textilních lan



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Úvod

Pro práce ve výšce a nad volnou hloubkou se používají nízko průtažná lana s opláštěným jádrem s doporučenou minimální nosností **22 kN**.

Základní požadavky na lana v arboristice

- Pevnost (nosnost)
- Odolnost proti povětrnostním vlivům
- Odolnost proti opotřebení
- Odolnost proti mechanickému či jinému porušení
- Nízká nasákavost
- Malé změny rozměrů
- Nízká průtažnost
- Nízká hmotnost

Lana – dělení dle materiálu užitého při výrobě

Základní dělení lan:

- ocelová
- textilní
 - přírodní materiály
 - chemické materiály
- Nejčastěji jsou v arboristice používána lana textilní, z chemických materiálů.
- Využívají se však i lana kombinovaná.

Textilní lana - přírodní

K výrobě konopných lan se využívá vláken získaných z rostlin *Canabis sativa*, sisalové lano využívá vláken rostlin *Agave sisaliana*, k výrobě bavlněných lan se využívá vláken ze semen rostlin *Gossypium*, z vláken listů rostliny *Musa textiles* se vyrábí manilová lana. Dále se využívá vláken ze stonků lnu – *Linum usitatissimum* a juty – *Corchorus capsularis*, *Corchorus olitorius*.

Textilní lana - chemická

lana vyráběná ze syntetických vláken

jedná se o vlákna vyráběná z polymerů, což jsou organické chemické sloučeniny tvořené dlouhými řetězci molekul

Polyamid PA

- jsou to vlákna z lineárních makromolekul, v jejichž řetězcích se opakují funkční *amidové* skupiny.
- obsahují relativně velký podíl vody, který je závislý na vnějších podmínkách. Skladovat v chladu a temnotě.
- polyamidy jsou velmi pružné a mají vysokou pevnost v tahu a v oděru (závislost na vlhkosti). Odolné vůči běžným rozpouštědlům. Přidání krátkých skleněných vláken zvyšuje jejich pevnost, tuhost, ohebnost (PA 6,6).
- provozní teplota -40 až 85 (125)°C, špatně hoří
- poměrně dobrá odolnost proti vlivům světla a povětrnosti, zvyšuje se přidáním speciálních barviv.

Polyestery PES

- polyestery jsou skupina polymerů zpravidla z oblasti *polyetylentereftalátů (PET)*, které obsahují esterovou funkční skupinu.
- jsou velmi elastické, mají minimální navlhavost, poměrně vysokou pevnost a odolnost proti stárnutí
- provozní teplota -100 až 125)°C, jsou hořlavé

Polypropylen PP

- termoplastický polymer ze skupiny *polyolefinů*, vlákno z lineárních makromolekul, vytvořených z nasycených alifatických uhlovodíkových jednotek.
- podobné fyzikálně-chemické vlastnosti jako polyethylen, při nižších teplotách křehne, kolem 140 °C měkne
- dobrá odolnost proti běžným organickým rozpouštědlům, olejům a alkoholu
- odolný proti stárnutí
- nízká objemová hmotnost, proto polypropylenová lana jsou lehká a dobře plavou.

Polyetylen PE

- patří mezi nejjednodušší polymery neobsahující žádné polární ani jiné skupiny schopné tvořit silné mezimolekulární vazby
- nejrozšířenější polymer na světě
- rozlišuje se na nízkohutnostní a vysokohutnostní
- běžná polyethylenová vlákna jsou měkká a málo pevná
- odolný proti kyselinám i zásadám a rozpouštědlům, odolný proti stárnutí

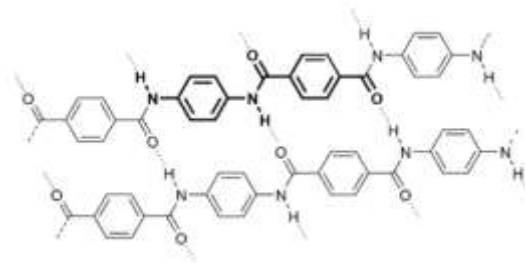
Polyethylen s vysokým modulem HDPE

- vysokohustotní polyethylen, principem výroby paralelní orientované molekuly, pomocí zvlákňování z gelu
- má výrazně lepší fyzikální vlastnosti než „obyčejný“ nízkohustotní polyethylen, tj. vyšší pevnost a velký modul pružnosti těchto vláken
- provozní teplota -90 až 80 °C

Aramidy AR

- jsou to aromatické polyamidy (ar-amid), sloučenina vzniká napojením aromatických struktur na polyamidový řetěz, známá obchodní značka KEVLAR
- nejprve pro armádu – neprůstřelné vesty, náhrada asbestu, nyní i mnohé další účely vč. lan
- mimořádně vysoká pevnost v tahu při nízké specifické hmotnosti, srovnatelná jen s uhlíkovými vlákny
- vysoká odolnost proti vysokým teplotám, vysoká odolnost proti odření, vysoká odolnost proti organickým rozpouštědlům
- malá odolnost proti účinkům světla, nevhodný pro trvale vlhké prostředí

Kevlar



- obchodní značka para-aramidového vlákna (r. 1971)
- relativní hustota je $1,44 \text{ g/cm}^3$, modul pevnosti $3,6\text{--}4,1 \text{ GPa}$, při 160°C se snižuje pevnost o 10 %, při 450°C Kevlar sublimuje.
- tažnost obnáší $2,8\text{--}4,0 \%$. absorpce rázové energie (způsobené např. střelou) je 4x vyšší než u běžných polyamidů
- nevýhody: Kevlar je nevhodný pro vlhké prostředí a ke stlačování. Je citlivý na UV záření, velmi tuhý, takže ke stříhání jsou nutné speciální nůžky. [\[2\]](#)
- vedle základních typů **K29** a **K49** se udávají např. druhy:
 - K100 – Kevlar barvený ve hmotě
 - K119 – vlákno s vyšší tažností a odolností proti únavě
 - K129 – vlákno s vyšší pevností k balistickým účelům
 - AP – o 15% vyšší pevnost než Kevlar 29
- šňůry a lana s použitím zejména při vysokých teplotách. Vynikající pevnost (více než 100 kN) dosahují kevlarová lana stáčená na tzv. *planetárních* nebo *tubulárních pramenicích*.

Vlastnosti některých umělých hmot

Vlastnosti umělých hmot (nezávazné orientační hodnoty)								
vlastnosti		materiály						
		PA 6.6	PA 6	LDPE	HDPE	měkké PVC	tvrdé PVC	PET
hustota	kg/m ³	1140	1130	918 - 930	945 - 965	1200	1390	1380
Mechanické vlastnosti		při 20 °						
Pevnost v ohybu	N/mm ²	80	30	8 - 15	20 - 30	-	80 - 110	40
Ohebnost v lomu	%	200	200	200 - 600	250 - > 500	> 350	20 - 50	70
Pevnost v tlaku	N/mm ²	110	90	10 - 15	22 - 32	-	80	-
Modul pružnosti v tahu	N/mm ²	2000	1400	150 - 1100	700 - 1750	50 - 100	3000	2800
Odpor proti zařiznutí (dle Izod)	kJ/m ²	20	> 25	vydrží	13 - > 60	40	-	3
Odolnost v rázu (dle Charpy)	kJ/m ²	vydrží	vydrží	vydrží	vydrží	vydrží	vydrží	vydrží
Pvnost v tahu	N/mm ²	70	40 - 50	9 - 28	25 - 34	16 - 25	50 - 60	30 - 45
Součinitel tření s ocelí, za sucha		0,3	0,3	0,17 - 1,5	0,25 - 0,30	-	0,55	0,5
Tepelné vlastnosti								
Teplota varu (Vicat)	°C	200	180	82 - 100	120 - 130	50 - 60	80	185
Teplota tavení	°C	255	220	105 - 120	125 - 135	amorfni	amorfni	255
Koeficient délkové roztažnosti, paralelní	°C ⁻¹	80 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	200-250 · 10 ⁻⁶	200 · 10 ⁻⁶	100 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	70 · 10 ⁻⁶
Provozní teplota								
- max. (bez zářezu)	°C	125	125	70	90	50	70	125
- min. (bez zářezu)	°C	-40	-40	-20/-90	-90/-140	0	-10	-100
Elektrické vlastnosti		při 20 °C						
Dielektrická konstanta	ε _r	4,0	4,0	2,3	2,3	> 6,5	3,3	3,4
Činitel dielektrických ztrát	tan δ	0,03	0,02	0,0002	0,0004	0,01	0,02 - 0,04	0,002
Odolnost proti probíjení	kV/mm	40	80	80	80	24 - 30	40	60
Povrchový odpor	Ω	0,1 · 10 ¹⁵	0,01 · 10 ¹⁵	0,1 · 10 ¹⁵	0,1 · 10 ¹⁵	0,1 · 10 ¹²	10 · 10 ¹²	0,6 · 10 ¹⁵
Měrný odpor	Ω m	10 ¹⁵	10 ¹⁵	0,1 · 10 ²¹	0,1 · 10 ²¹	50 · 10 ¹²	0,5 · 10 ¹⁸	0,2 · 10 ¹⁵
Hydrofilnost		při 20 °						
- při relativní vlhkosti 50%		2,5	3,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
- při ponoření	%	8 - 9	9,0	-	-	-	3,5	-

PA	polyamid (nylon)
LDPE	polyetylén (nízká hustota)
HDPE	polyetylén (vysoká hustota)
PVC	polyvinylchlorid
PET	polyalkylénétereftalát (lineární polyester)
POM	polyoxymetylén

Vlastnosti některých umělých hmot

PA	polyamid (nylon)
LDPE	polyetylén (nízká hustota)
HDPE	polyetylén (vysoká hustota)
PVC	polyvinylchlorid
PET	polyalkylénтереftalát (lineární polyester)
POM	polyoxymetylén

		PA 6.6	PA 6	LDPE	HDPE	měkké PVC	tvrdé PVC	PET
hustota	kg/m ³	1140	1130	918 - 930	945 - 965	1200	1390	1380
Mechanické vlastnosti	při 20 °							
Pevnost v ohybu	N/mm ²	80	30	8 - 15	20 - 30	-	80 - 110	40
Ohebnost v lomu	%	200	200	200 - 600	250 - > 500	> 350	20 - 50	70
Pevnost v tlaku	N/mm ²	110	90	10 - 15	22 - 32	-	80	-
Modul pružnosti v tahu	N/mm ²	2000	1400	150 - 1100	700 - 1750	50 - 100	3000	2800
Odpor proti zařiznutí (dle Izod)	kJ/m ²	20	> 25	vydrží	13 - > 60	40	-	3
Odolnost v rázu (dle Charpy)	kJ/m ²	vydrží	vydrží	vydrží	vydrží	vydrží	vydrží	vydrží
Pvnost v tahu	N/mm ²	70	40 - 50	9 - 28	25 - 34	16 - 25	50 - 60	30 - 45
Součinitel tření s ocelí, za sucha		0,3	0,3	0,17 - 1,5	0,25 - 0,30	-	0,55	0,5
Tepelné vlastnosti								
Teplota varu (Vicat)	°C	200	180	82 - 100	120 - 130	50 - 60	80	185
Teplota tavení	°C	255	220	105 - 120	125 - 135	amorfní	amorfní	255
Koeficient délkové roztažnosti, paralelní	°C ⁻¹	80 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	200-250 · 10 ⁻⁶	200 · 10 ⁻⁶	100 · 10 ⁻⁶	80 · 10 ⁻⁶	70 · 10 ⁻⁶
Provozní teplota								
- max. (bez zářezu)	°C	125	125	70	90	50	70	125
- min. (bez zářezu)	°C	-40	-40	-20/-90	-90/-140	0	-10	-100

Nosnosti textilních lan

Materiál	Stavba lana	Nosnost
Bavlna	Stočené 12 mm	5,76 kN
Sisal	Stočené 12 mm	9,18 kN
Manila	Stočené 12 mm	10,30 kN
Konopí	Stočené 12 mm	11,42 kN
Polypropylen monofilní	Stočené 12 mm	19,56 kN
Polyester	Stočené 12 mm	21,87 kN
Nylon	Stočené 12 mm	28,83 kN
Aramid	Pletené 12 mm	63,74 kN
Polyethylen s vysokým modulem	Pletené 12 mm	52,66 kN

Nosnost lana STRATOS

Lano s jádrem DYNEMA (HMPE) a
ARAMIDovým (kevlar) opletem

□ jádra v mm	□ lana v mm	hmotnost v g/m	nosnost lana kN	nosnost lana s koncovko u kN
8	10,5	60	66	60
10	12	80	100	95
12	15	140	160	150
14	17	185	210	200
16	20	244	260	240
18	23	298	320	290

Rozdělení lan dle konstrukce

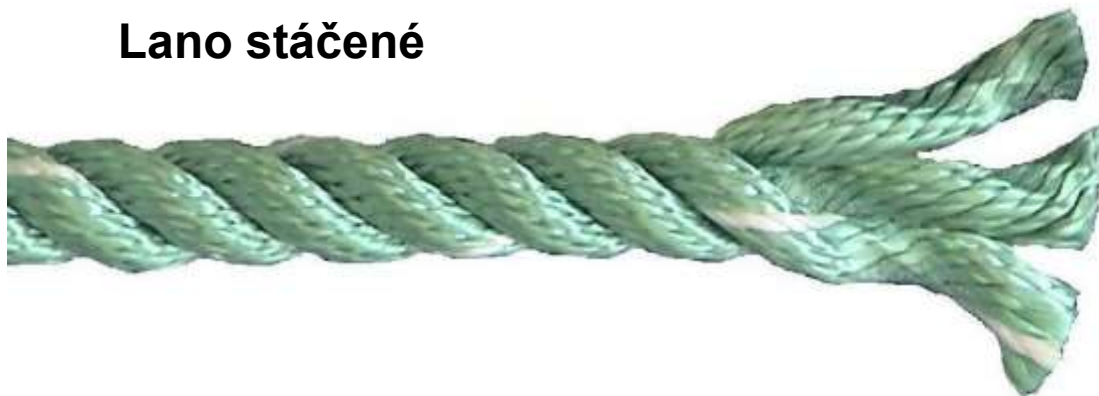
Dle konstrukce se lana dělí na

- lana stáčená
- lana pletená.

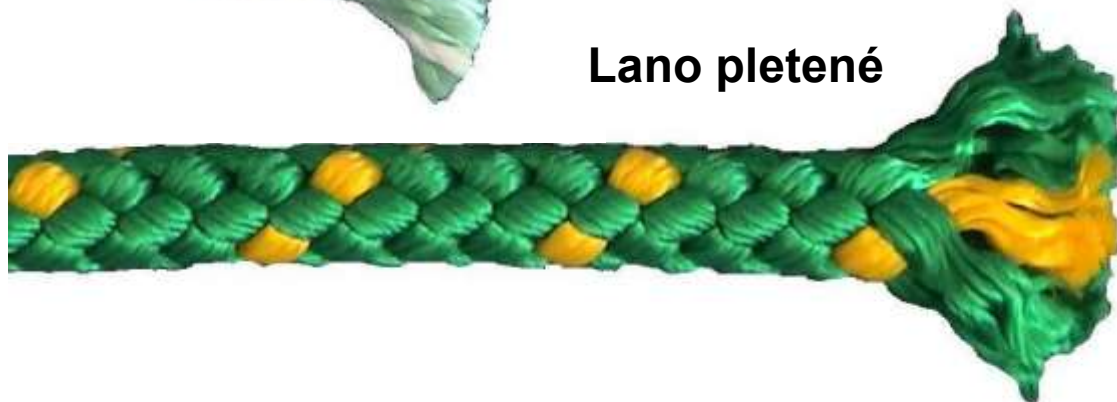
Lana pletená se dále dělí na

- lana bez jádra
- lana s jádrem a opletem.

Lano stáčené



Lano pletené



Lano pletené s opletem a jádrem



Rozdělení lan dle dynamických vlastností

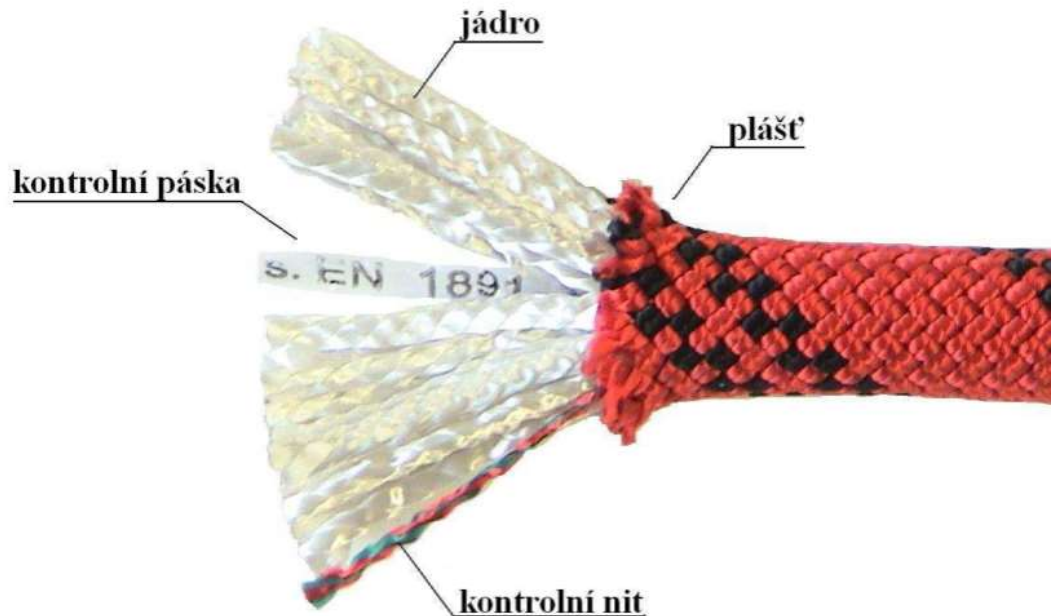
Podle účelu použití se vyrábějí:

- lana nízko průtažná s opláštěným jádrem – **statická**
parametry dle ČSN EN 1891, **prodloužení do 5 %**
- lana s dynamickou charakteristikou – **dynamická**
(horolezecká) určená k zachycení pádu

Základním materiálem pro výrobu lan je obvykle polyamid (PAD) a polyester (PES).

Konstrukce textilního lana

Konstrukčně je lano vyrobeno z jádra, které je obvykle hlavním nosným prvkem a skládá se z paralelních prvků, které jsou sestaveny a stočeny nebo spleteny dohromady. Plášť je zpravidla opletený a chrání jádro před vnějším opotřebením a ultrafialovým zářením.



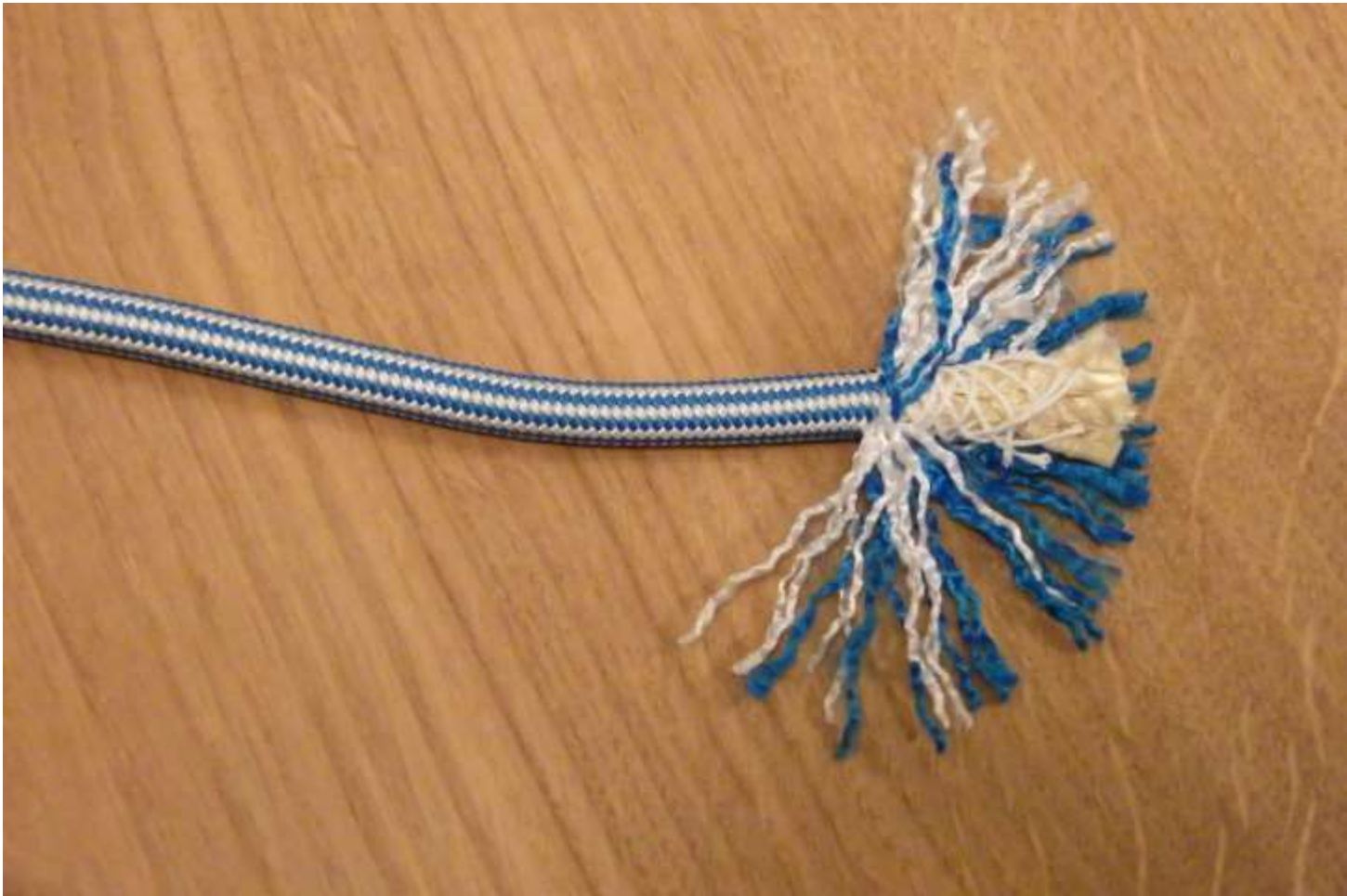
Stáčené lano POLYS (LANEX)



Pletené polypropylenové lano (LANEX)



Lano s vektranovým jádrem, polyesterovým opletem a polyesterovým meziopletem (LANEX)



Lano STRATOS s pleteným jádrem dyneema a aramidovým opletem (TEUFELBERGER)



Příprava lan pro skladování a transport

Nejvhodnějším způsobem balení lana je jeho sbalení do speciálního vaku na lana.

Dalším způsobem balení lana je sbalení lana do tzv. „panenky” na jednoducho.

Při transportování lana se musí dbát nato, aby nedošlo k poškození lana předřením, působením chemikálií nebo vysokých teplot.

Skladování a transport lana



Ošetřování lan

- Lano musí být vždy před použitím a po použití zkontrolováno.
- Cílem kontroly je zhodnotit způsobilost lana pro další používání a posoudit předpokládaný vnější vliv způsobující nevratné poškození lana.
- Před provedením kontroly lana musí být lano řádně ošetřeno a vyčištěno.

Ošetřování lan

- Suché nečistoty se odstraňují vykartáčováním a vyklepáním z lana. Zabahněné nebo v písku zašpiněné lano je nutné před dalším použitím vyprat.
- Lano se pere dle návodu výrobce, obvykle ručně, v čisté nebo mýdlové vodě při teplotě do 30 °C.
- Lano se suší na vzdušném, stinném místě, bez přímého vlivu slunečního záření nebo tepelných zdrojů.

Ošetřování lan

Při kontrole lana je nutné se zaměřit především na:

- a) mechanickou kontrolu lana provedenou prohmatáním lana, zda nedošlo k vnitřnímu poškození jádra lana (tvrdá nebo vyboulená místa – možné poškození jednoho nebo více pramenů jádra lana),
- b) optickou kontrolu lana, kdy se kontroluje stav opletu, případné poškození, vytržení nití z opletu, předření nití v opletu
- c) ztvrdnutí některé části lana, nebo naopak značné změknutí (možné poškození jádra lana),

Ošetřování lan

- d) výdutě nebo boule na laně, které mohou vzniknout poškozením jednotlivých pramenů jádra lana, nebo průnikem cizího tělesa do vnitřní struktury lana,
- e) ztenčení části lana, ke kterému mohlo dojít prasknutím vnitřních pramenů lana,
- f) ztvrdnutí opletu nebo až zeskvovatění, ke kterému dochází při opakovaném rychlém a dlouhém slaňování,
- g) další namáhání lana, které se projeví ztvrdnutím, spečením opletu a zeskvovatěním zejména po vystavení lana vysokým teplotám,

Ošetřování lan

- h) změna barvy opletu, která nám může signalizovat chemické poškození lana (pokud nezmizí po vyprání lana).
- V případě zjištění některé z výše uvedených je nutné lano vyřadit z používání.
 - Při kontrole se dále zjišťuje skutečná délka a průměr lana.

Skladování lan

Nové nebo řádně ošetřené lano se ukládá v prostorech mimo dosah působení tepelných zdrojů, chemikálií a UV záření.

Lana se nesmějí ukládat na zemi, v blízkosti ostrých předmětů nebo tam, kde by mohla být jakýmkoliv způsobem poškozena.

Skladování lan

Dlouhodobě uložené lano je vhodné při pravidelné kontrole přebalit, aby nedošlo k přeležení lana a tvarové deformaci.

Při každé manipulaci s lanem je nutné dodržovat pokyny výrobce.

Výrobky využívající lan jako konstrukčních prvků

Pracovní polohovací prostředek

PROT 11 LANEX - PA

lano splétané, Ø 12 mm

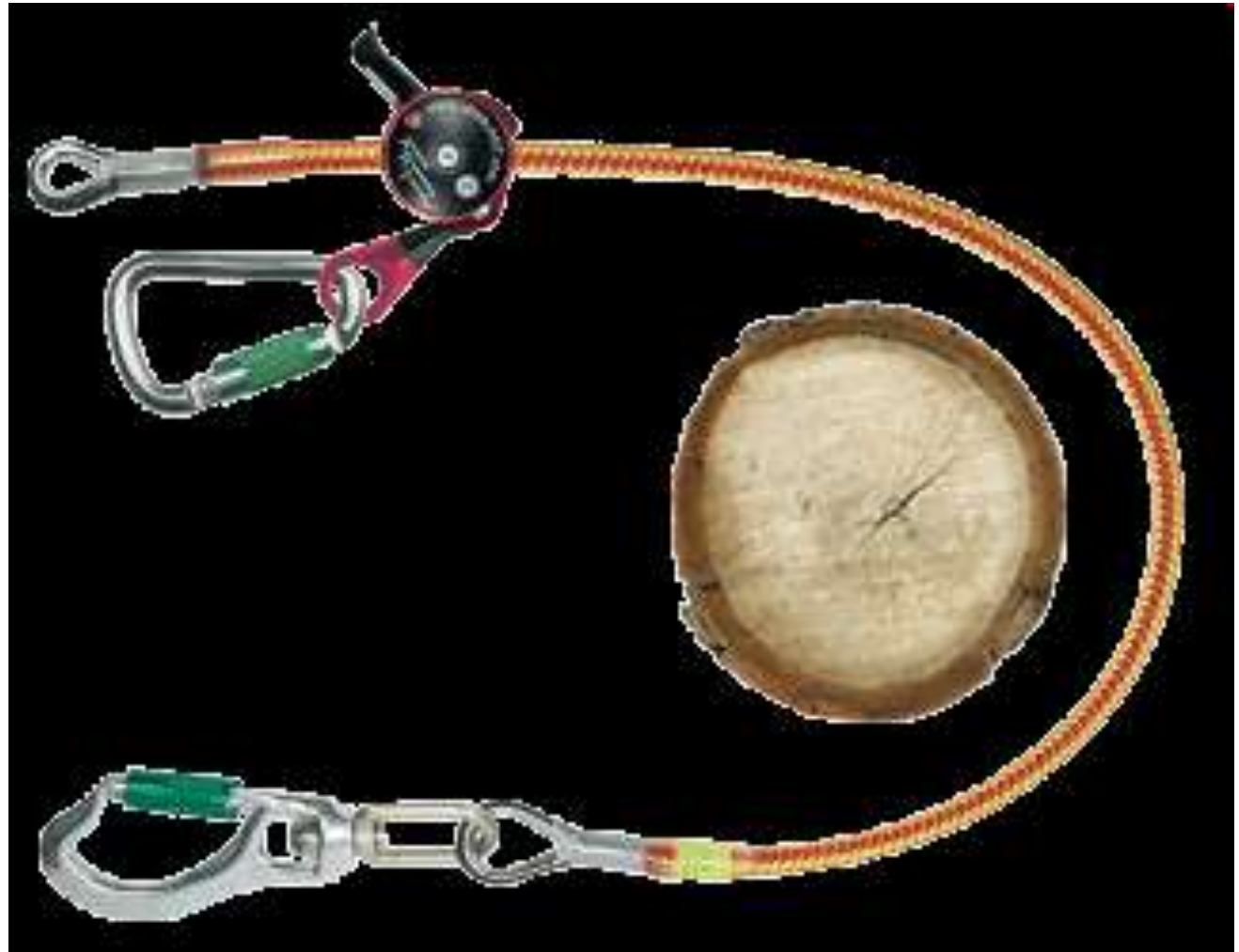


Výrobky využívající lan jako konstrukčních prvků

Pracovní polohovací prostředek

Flex Fly Plus

ocelové jádro Ø 6 mm,
oplet PA SA, lano Ø
12,5 mm



Textilní úvazky

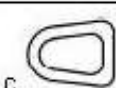

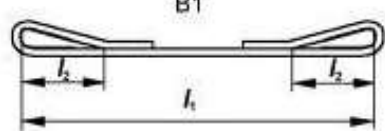
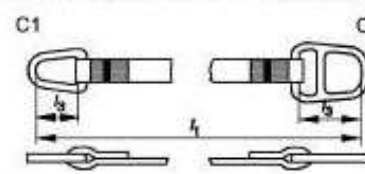
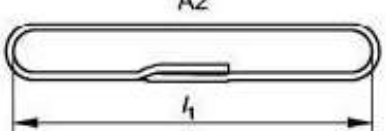
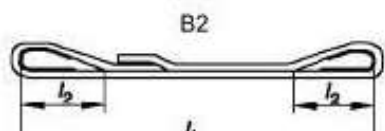
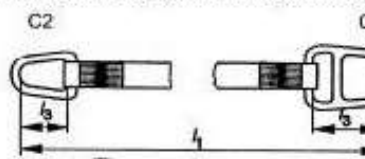
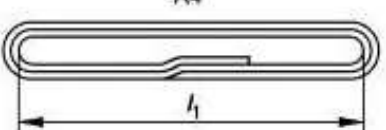
- vyrobeny z nekonečného vysoce pevného polyesterového nebo jiného vlákna s obdobnou vysokou pevností
- uloženy v zesíleném jednovrstvém ochranném obalu
- úvazky vyhovují evropské normě EN 1492-2 PES
- jsou lehké, mají vysokou nosnost, široký rozsah tepelného použití (-40 až +100 °C)
- chrání povrch na který jsou upevněny
- dodávají se v provedení nekonečném nebo s oky
- základní nosnost od 500 do 30 000 kg
- nosnost lze zvýšit způsobem poutání
- délka nekonečného úvazku = jeho obvod, dodávány v délkách 1, 2, 3 až 20 m
- nosnost úvazků zvýrazněna barevně a nápisy na obalu úvazku,
- velmi vhodné pro upevňování kladek



- Textilní úvazky se rozlišují dle základní nosnosti barevně, podélnými proužky a číselným označením nosnosti:




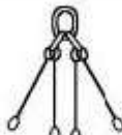
Označení	Základní nosnost	Barva	Označení	Základní nosnost	Barva
SX 010	1000 kg	fialová	SX 080	8000 kg	modrá
SX 020	2000 kg.	zelená	SX 100	10000 kg	oranžová
SX 030	3000 kg	žlutá	SX 150	15000 kg	oranžová
SX 040	4000 kg	šedá	SX 200	20000 kg	oranžová
SX 050	5000 kg	červená	SX 250	25000 kg	oranžová
SX 060	6000 kg	hnědá	SX 300	30000 kg	oranžová

Tabulka 2 – Přehled a značení základních typů vázacích popruhů

Tvar	A – Popruhová smyčka	B – vázací popruh s vyztuženými oky	C – jednovrstvý vázací popruh s koncovými komponenty Cr – jednovrstvý vázací popruh s provlékacími kovovými komponenty
Nosné popruhově části			 
Jedna nosná část		Jednovrstvý vázací popruh s vyztuženými oky B1 	Jednovrstvý vázací popruh s kovovými komponenty C1 
Dvě nosné části	Jednovrstvá popruhová smyčka A2 	Dvouvrstvý vázací popruh s vyztuženými oky B2 	Dvouvrstvý vázací popruh s kovovými komponenty C2 
Čtyři nosné části	Dvouvrstvá popruhová smyčka A4 		

POZNÁMKA Tabulka typů vázacích popruhů není vyčerpávající

Tabulka 3 – Nosnost a barevné značení

WLL šitých popruhových součástí	Barva šitých popruhových součástí	Nosnost v tunách								
		Přímý závěs	Zavěšení na smyčku	Zavěšení pod vlečením		Sestava se dvěma prameny		Sestava se třemi a čtyřmi prameny		
										
								Rovnoběžné	$\rho = 0^\circ \text{ až } 45^\circ$	$\rho = 45^\circ \text{ až } 60^\circ$
M = 1	M = 0,8	M = 2	M = 1,4	M = 1	M = 1,4	M = 1	M = 2,1	M = 1,5		
1,0	Fialová	1,0	0,8	2,0	1,4	1,0	1,4	1,0	2,1	1,5
2,0	Zelená	2,0	1,6	4,0	2,8	2,0	2,8	2,0	4,2	3,0
3,0	Žlutá	3,0	2,4	6,0	4,2	3,0	4,2	3,0	6,3	4,5
4,0	Šedá	4,0	3,2	8,0	5,6	4,0	5,6	4,0	8,4	6,0
5,0	Červená	5,0	4,0	10,0	7,0	5,0	7,0	5,0	10,5	7,5
6,0	Hnědá	6,0	4,8	12,0	8,4	6,0	8,4	6,0	12,6	9,0
8,0	Modrá	8,0	6,4	16,0	11,2	8,0	11,2	8,0	16,8	12,0
10,0	Oranžová	10,0	8,0	20,0	14,0	10,0	14,0	10,0	21,0	15,0
Nad 10,0	Oranžová									

M = Koeficient vázání pro symetrické zatížení. Úhelsklonu ρ do 6° je považován za přímý závěs pro sestavy nebo části vázacích popruh / popruhových smyček