

Mez pevnosti

Mez pevnosti je požadovaná minimální pevnost, než se kotva zlomí a vytrhne. Materiál se nesmí deformovat, aby byla zaručena dostatečná bezpečnostní rezerva.

Vertikální části

S ohledem na koeficient bezpečnosti 2 je nutné počítat s maximálně působícím zatížením 14 kN.

Horizontální části

Při zatížení příčných cest se vyskytuje velké zvýšení vzhledem k nevýhodnému rozdělení sil (srov. „Nesprávné rozložení sil na zajištěné cestě“). Podle výpočtů se mohou při maximálním zatížení 14 kN vyskytovat na kotvě síly až do 45 kN. Jako alternativu je možné vypočítat maximální síly na kotvě podle vzorce $1 F_{\text{zatížení}} = 14 \text{ kN}$.

Důkaz je možné provést buď výpočtem, nebo pomocí pokusů. Způsob stavby, navržený v této brožuře, stanovil experimentálně maximálně možné síly, jakož i pevnost u nejslabších kotevních systémů. Při dodržení těchto stavebních doporučení je možné stavět zajištěné cesty přímo, bez dalších důkazů pevnosti (pokusem nebo výpočtem). Kontrola výpočtem pro zajištění cest by znamenala značné vícenáklady...

2.4 Způsoby stavby kotevních systémů

V zásadě se rozlišují dva způsoby vedení lana: při prvním je ocelové lano napnuté (označuje se také jako „tyrolský způsob stavby“) a při druhém tvoří ocelové lano volnější smyčku na kotvě (obecně nazýváno jako francouzský způsob stavby). Tyto dva způsoby vedení lana se dále dělí na čtyři způsoby stavby na zajištěných cestách:

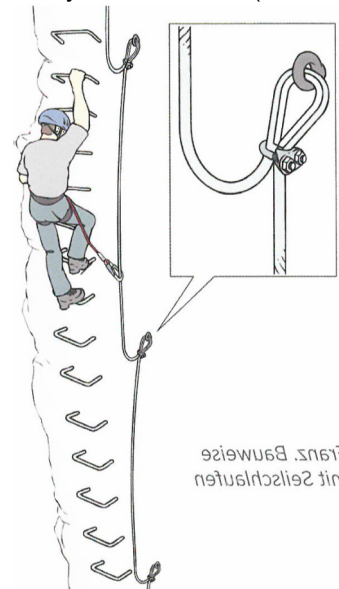
- francouzský způsob stavby se smyčkou lana k upevnění ocelového lana v kotvě
- způsob s upnutou kotvou – nenapnuté ocelové lano bez prověšení je fixováno na každé kotvě. Lano se napíná ručně nebo maximálně zatížením tělesnou váhou (cca. 80 kg)
- kotva s očkem – způsob, při kterém je předpjaté ocelové lano volně vedeno očky. Tento způsob se vzhledem k velkým hodnotám zatížení už nedoporučuje (viz „Nesprávné rozložení sil na zajištěné cestě“)
- dvojitě lano – při tomto způsobu slouží jedno lano jen k jistění (většinou francouzský způsob) a druhé k pohybu vpřed (většinou napnuté lano).



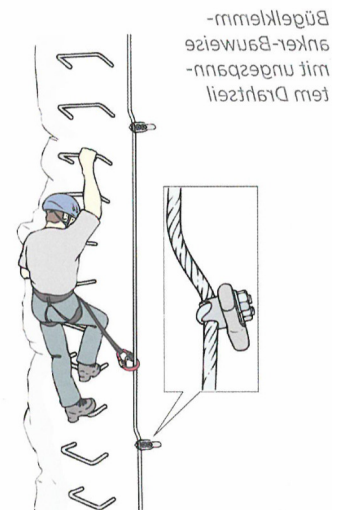
! Bezpečnostní lana na zajištěné cestě nesmí být předpjatá víc než na tělesnou váhu (tzn. cca. 0,8 kN), protože jinak se síly na kotvě při zatížení znásobí a lezecké karabiny jsou v případě pádu neúměrně zatíženy. Dále by měla být na každé kotvě fixace pomocí lanových svorek s nataženým, ale volným ocelovým lanem (způsob s upnutou kotvou s nenapnutým ocelovým lanem).

Stavebně technické (průměr vrtacího otvoru, jeho hloubka a počet) a finanční náklady různých systémů jsou téměř srovnatelné. Jako pomůcka pro pohyb vpřed je stejně tak vhodné nenapnuté (natažené) lano, jako předpjatý systém. Důležitější je průměr lana. K lezení jsou vhodná lana s průměrem od 12 do 16 mm. Francouzský systém se smyčkami na laně a s pohyblivým lanem je jako pomůcka k lezení nevhodný, poskytuje však nejlepší ochranu pro lezecké karabiny proti zatížení v ohybu.

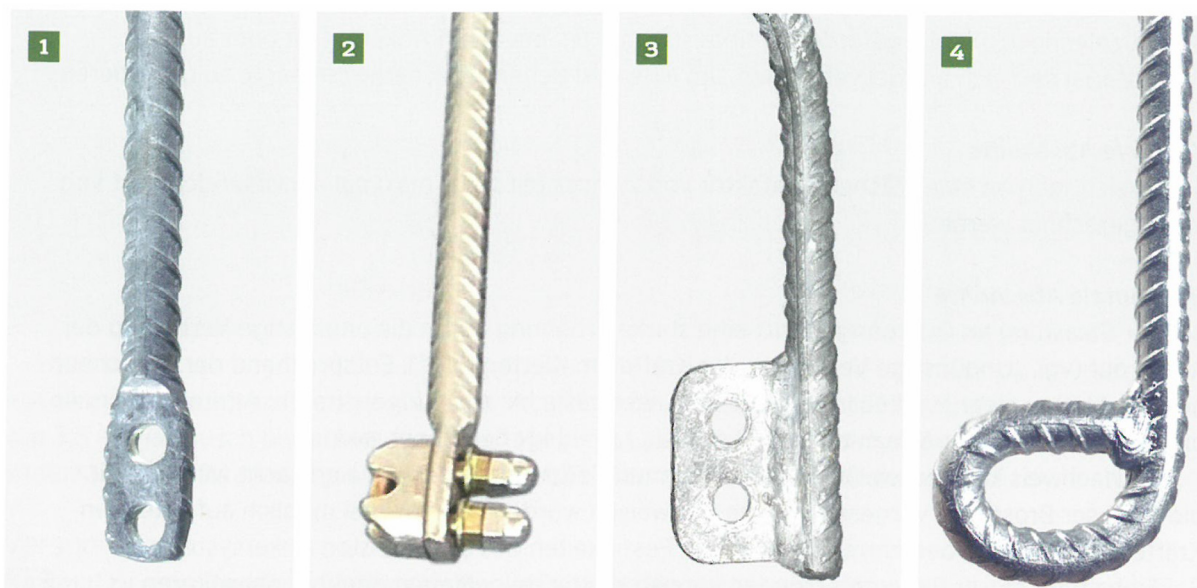
Optimální kompromis mezi tolerovaným zatížením v ohybu a vhodnou lezeckou pomůckou je natažené, ale nenapnuté vedení lana na kotvách s třmeny (tyrolský způsob).



Frans. Bauweise
mit Seilschlaufen



Bügelklemm-
anker-Bauweise
mit ungespanntem
fest Drahtseil



Obr. str. 34:

1) a 2) upínací kotva s/bez lanové svorky 3) tyčová kotva 4) kotva s očkem

Tvary kotev

Kotvy s očky

Tyto kotvy mají ocelové lano volně vedeno a není upevněné, může se tedy volně pohybovat. Kotvy s očky by se měly používat spíše u francouzského typu stavby, kdy je lano fixováno v každém očku lanovou svorkou a očnicí lana, nebo jako koncová kotva. Jiné používání se už nedoporučuje (viz „Nesprávné rozložení sil na zajištěné cestě“). Kotvy s očky jako mezikotvy s lanovými svorkami představují slabiny, protože ocelové lano je poškozeno už při upevnění a může kdykoliv dojít k jeho přetížení.

Při koupi nebo při výrobě se musí dávat pozor, aby na očkách nebyly žádné vroubky, jinak se musí bezpodmínečně odstranit. Očka musí být hladká a bez otřepů, aby nedocházelo k poškození lana.

Upínací kotvy

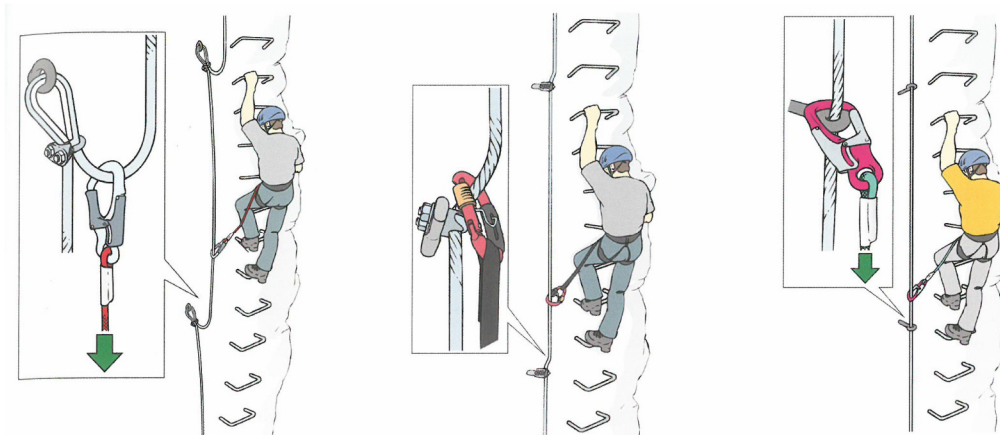
Na rozdíl od kotev s očky se ocelové lano u upínacích kotev (tyčová kotva nebo upínací kotva s držadlem) upevňuje přímo pomocí lanové svorky. Výroba kotev na tyč se liší od upínacích kotev tím, že se používá upnutí pro lanovou svorku (přivaňuje se), zatímco u upínacích kotev s držadlem se používá ploché kování. U upínacích kotev s držadlem musí kromě otvorů pro třmenové svorky zůstat ještě dostatek materiálu, aby byla zachována pevnost. Z průměru lana se odvozují rozměry otvorů pro lanové svorky upínací kotvy.



! Důrazně doporučujeme používat průmyslově vyrobené kotvy specializovaných podniků. I sváry představují zdroj nebezpečí! Výrobce kotev musí prokazatelně doložit, že jeho výrobky splňují hodnoty zatížení (provozní a mezní zatížení). Kupujícím se doporučuje vyžádat si příslušnou dokumentaci.

Zkoušky kotvových systémů

Aby se zjistil vliv kotvových systémů a způsobu stavby na mez pevnosti karabin, prováděl DAV bezpečnostní zkoušky tahem u kotvových systémů na zajištěných cestách. Zkoumaly se tvary kotev s očky a upínací kotvy s držadlem (naplocho kované upínací kotvy), rovné a lomené, nenapnuté i předpjaté systémy a také francouzský systém s lanovou smyčkou.



Obr. str. 35:

- karabiny francouzského typu
- karabina na upínací kotvě, způsob s nenapnutým lanem
- karabina na kotvě s očkem – způsob s předpjatým lanem (nedoporučuje se)

Zkoušky pevnosti karabin v závislosti na systému kotev se neprováděly s tyčovými kotvami. U těchto kotev je negativně hodnocena náročnost výroby a problematika možné ztráty pevnosti při neodborném svařování. Lze však vycházet ze stejné pevnosti karabin jako při nenapnutém lanu na upínací kotvě s upínací svorkou. U předběžných pokusů se zjišťoval nejméně výhodný směr zatížení lezeckých karabin na kotvě při zatížení pádem, aby se zjistil nejméně vhodný případ.

Zkoumal se tvar kotvy s upínací svorkou na 14 mm silném, jen mírně napnutém a na 12 mm silném, předpjatém laně.

Pevnost karabin u různých tvarů kotev a systémů lan

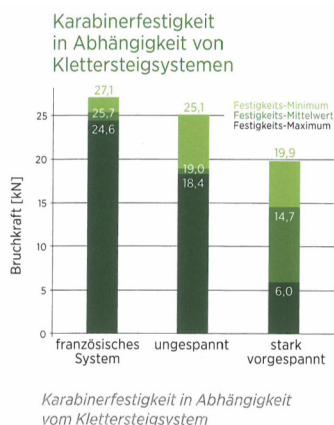
Zkušební řada bere v úvahu rozdíl mezi kotvami s očky a kotvami s upínací svorkou, rovnými a zalomenými, mezi francouzským způsobem s lanovou smyčkou a mezi klasickým nenapnutým a předpjatým ocelovým lanem (viz vyobrazení na této straně). Testování probíhalo s 14 mm a 12 mm silným ocelovým lanem.

Díky inteligentnímu druhu kotevní hlavy lze však maximálně předejít teoretickému riziku zlomení karabiny.



Text k obr. str. 35:

„Trentinská“ upínací kotva: tímto způsobem se značně snižuje nebezpečí zlomení karabiny, protože se karabina stiskne přesně v mezeře mezi kotvou a lanem a otáčí se tak ve směru pádu nebo zatížení.



Výsledkem je průměrná hodnota pevnosti karabin u nenapnutého ocelového lana 19 kN, u předpjatého ocelového lana 14,6 kN, přitom se u předpjatého lana vyskytly závažné trhliny okolo 6 kN. Francouzský systém s lanovou smyčkou vykazoval průměrnou hodnotu pevnosti karabiny 26,7 kN.

Výsledky ukázaly, že nenapnutý systém při zatížení povoluje a karabina je výrazně méně zatěžována v ohybu. Při předpjatém systému mají hodnoty pevnosti extrémně velký rozptyl a někdy vykazují povážlivě nízkou pevnost.

Graf str. 36:
Pevnost karabin v závislosti na systému zajištění cesty:
Francouzský systém, nenapnutý systém, silně předpjatý systém

Diskuse o výsledcích měření

- Snížení pevnosti karabin u zatížení v ohybu kotev není tak problematické, jak se myslelo, jen u předpjatého systému se vyskytují povážlivě nízké hodnoty u modelů karabin.
- Protože se ocelové lano u všech zkoumaných kotev vychyluje, není mezi jednotlivými tvary kotev (upínací kotva s držadlem, kotva s očky, zalomená, nezalomená) žádný výrazný rozdíl ohledně pevnosti karabin.
- Za výrazně kladný vliv na pevnost karabin lze považovat nenapnuté ocelové lano (francouzský systém a systém nenapnutých upínacích kotev s držadly), předpjatá ocelová lana mohou odolnost proti lomu jednotlivých forem karabin výrazně snížit.
- Rozdíl v pevnosti karabin u francouzského systému vůči nenapnutému systému upínacích kotev s držadly nemá vzhledem k obecně velmi dobrým hodnotám lomu a malému rozptylu praktický význam.



Doporučují se u upínacích kotev s držadly nenapnutá nebo jen mírně napnutá lana a kotvy s očky francouzského typu. Předpjatá (více než 0,8 kN) ocelová lana se nedoporučují.

Vhodné materiály pro kotvy

Jako materiály pro kotvy a ocelová lana v Alpách jsou vhodné výztužné oceli podle EN DIN 10080 (norma pro drážkované stavební oceli; drážky jsou výhodou při lepení) třídy kvality SOOS nebo vyšší (vysoká pevnost a možnost svařování). Všechny uváděné výpočty a naměřené hodnoty se týkají kotev z výztužné oceli.

Pozinkování pomáhá protikorozi ochraně povrchu. Při doporučených průměrech kotev větších než 20 mm je vzhledem velikosti kotvy její poškození korozí nepodstatné.

Obecně se koroze snižuje s vyšší nadmořskou výškou a od výšky 2.000 m je spíše zanedbatelná. U stoupacích pomůcek v jiných klimatických podmínkách (především v blízkosti moře) se musí používat jiné materiály (např. Niro – viz obrázek na další straně nahoře).

| Název | Charakter | Uspořádání |
|---------------|--|--|
| Mezikotva | Redundantní systém (upínací kotvy s držadly) | Radiálně: viz část 2.3. 15 kN axiálně |
| Koncová kotva | Neredundantní systém např. kotva s očkem | Pracovní zatížení: 1,5 kN bez permanentní deformace (tolerance 1 mm) |

Definice kotev a rozměry kotev

1. Koncová kotva

Jedná se o všechny kotvy nebo ukotvení na koncích ocelového lana. Protože selhání koncové kotvy může mít fatální následky a koncové kotvy se často navíc používají jako bod pro upevnění stability, musí se jim věnovat zvláštní pozornost.



Text k obrázku na str. 37:

Použitý materiál se musí přizpůsobit podmínkám: zajištěná cesta v blízkosti moře (Kapské Město) z Niro, protože zde díky soli dochází k silné korozi.

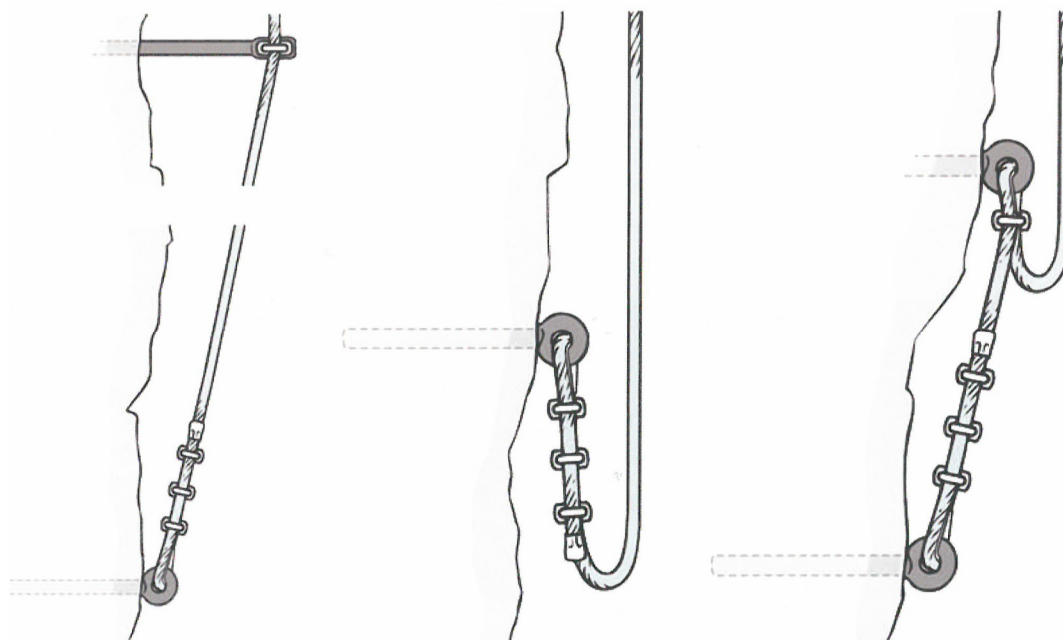
2. Mezikotva

Jde o všechny kotvy na úseku mezi dvěma koncovými kotvami.

Kotvy nespádají jako mnoho dalších částí horolezecké výbavy do kategorie III PSA. To znamená, že nemusí projít jako PSA zdlouhavou certifikací a proto také nemají CE označení s číslem kontrolní instituce. Kupující nebo stavitel, který používá kotvy, by si však měl od výrobce bezpodmínečně obstarat příslušné konstrukční výpočty a testovací protokoly.

Koncová kotva

Na rozdíl od mezikotev nemají tyto kotvy redundanci (tzn., že při jejich selhání je nic nenahradí). Proto je bezpečnosti koncových kotev přikládán velký význam. Aby se vyloučilo selhání materiálu s ještě větší bezpečnostní rezervou a aby pokud možno nedocházelo k jejich deformaci při zatížení pádem, neměly by mít koncové kotvy žádné rameno páky.



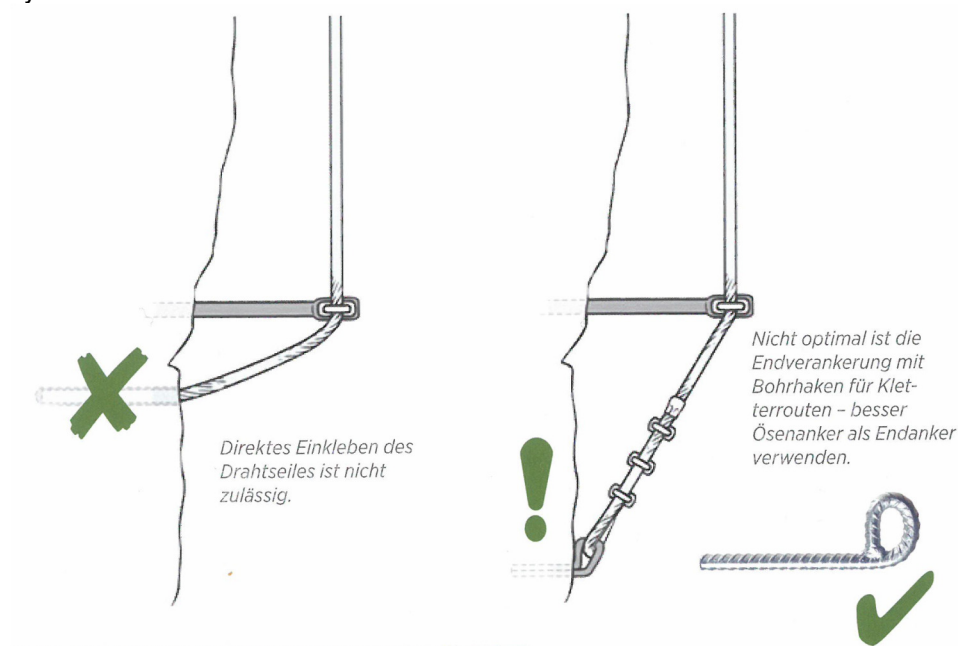
Obr. str. 37:

-Optimální upevnění koncové kotvy u upínací kotvy

-Francouzská koncová kotva

Používání vrtacích háků jako při šplhání je sice přípustné, není však optimální: jednak protože je obtížné umístit do nich optimálně dvě ocelová lana včetně očnic (viz obr. str. 60), jednak to představuje při dimenzování nejslabší článek bezpečnostního řetězce.

Nedoporučuje se také přímé nalepení ocelového lana na skálu: podle druhu horniny by se muselo nalepit velmi hluboko, přičemž by bylo správné nalepení s dostatečným množstvím spojovacího materiálu problematické vzhledem k obtížnosti kombinování průměru vrtacího otvoru a jeho hloubky. Kromě toho je většina ocelových lan opatřena ochranným olejovým filmem, který působí jako dělicí vrstva mezi kovem a maltou a takové ukotvení tedy nedosahuje dostatečnou pevnost. Přitom lezec nemůže situaci zvenčí zhodnotit a karabina se mu může při upevňování lana vysmeknout přes volný konec, což může vést k totálnímu zřícení. Proti přímému lepení lana hovoří také složitá údržba a výměna lana.



Obr. str. 38:

- Přímé lepení ocelového lana je nepřipustné
- Optimální na ferratech není koncové ukotvení vrtacím hákem. Lepší je kotva o očkem jako koncová kotva.



- Vytržený konec lepeného lana: lezecké karabiny mohou bez překážky vyklouznout přes volný konec.

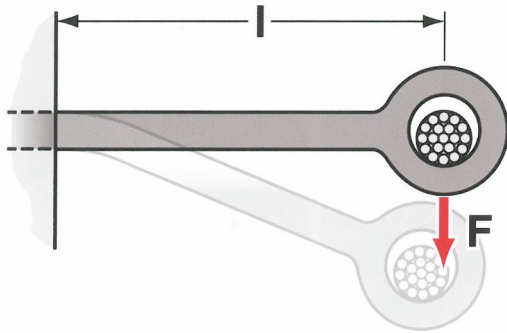


! Doporučují se systémy koncových krátkých kotev a upevnění pomocí lanových svorek a očnic (viz obr. strana 50). Dlouhé koncové kotvy jsou vzhledem k ramenu páky nevhodné. Přímé nalepení ocelového lana už není přípustné, protože jednak nelze vypočítat hloubku vsazení a tím ani pevnost slepení případně to lze obtížně zkontrolovat. Na druhé straně jsou takové konstrukce náročné na údržbu, protože demontáž lana při poškození nebo při uzavření cesty v zimě se velmi obtížně provádí.

Rozměry kotev

Pokusy s délkou kotev – průměr kotvy

Pro stanovení rozměru kotev je zásadně důležitý poměr délky kotvy a průměru kotvy.



Obrázek str. 39 – bod zatížení silou na spoji mezi ocelovým lanem a kotvou.

Při pokusech a pro výpočet se používaly kotvy ze žárově pozinkované stavební oceli StE550 (EN DIN 10326 / EN DIN 10143) s pevností v tahu $R_m = 620 \text{ N/mm}^2$ a mezí pružnosti $R_e = 550 \text{ N/mm}^2$ ($=\sigma_{bF}$).

Maximální napětí v ohybu vychází z nejkrajnějších vláken a platí:

$$\sigma_b^{\max} = \frac{M_b}{W_b} \quad M_b = F \times l^{\text{délka}} \quad W_b = \frac{\pi}{32} \times d^3$$

Vzorec 2

$$M_b = F \times l^{\text{délka}} \text{ a pro kruhový průřez } W_b = \frac{\pi}{32} \times d^3$$

Pro σ_b se používá $\sigma_{bF} = R_e$ (σ_b je ale zpravidla menší než R_e) a deformací se získá maximální délka kotvy:

$$l^{\max} = \frac{R_e \times \pi \times d^3}{32 \times F}$$

Vzorec 3

Délka, vypočítaná ve vzorci 3 se vztahuje k mezí pružnosti R, platí tedy s určitou bezpečnostní rezervou pro oblast, ve které se kotva deformuje výhradně elasticky.

Pokus 1

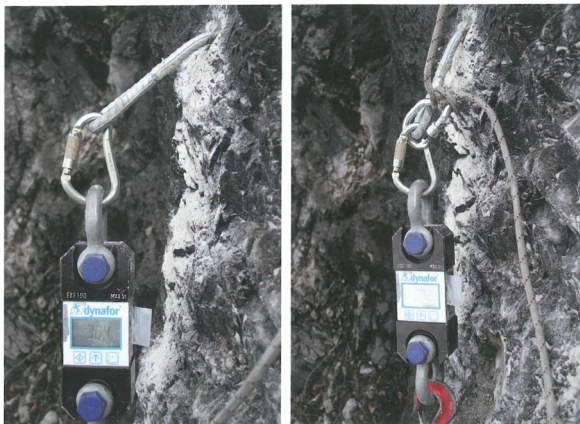
Při pokusné stavbě se měřily u různých kotev (elastické a plastické) deformace v závislosti na zatížení. Níže jsou fotografie z pokusu, které ukazují zatížení 3 kN a 6 kN.

Měření se prováděla u kotvy s průměrem 16 mm a s délkou $l = 220$ mm.

Jak je uvedeno v tabulce 2, vzniká při zatížení 2,5 kN již celková deformace 50 mm. Přitom je podíl plastické deformace 37 mm.

Tabulka 2: Deformace ohybem na kotvě (elastická a plastická); $\varnothing = 16$ mm, $l = 220$ mm

| Zatížení v kg | Deformace v mm |
|---------------|----------------|
| 156 | 6 |
| 202 | 8 |
| 230 | 19 |
| 250 | 50 |
| 280 | 75 |
| 305 | 85 |
| 320 | 105 |



Obr. na str. 40: Ohyb při 3 kN a při 6 kN

Pokus 2

V pokusech byl testován elastický limit kotev 20 mm. Přitom byla délka kotvy cca. 14 cm o něco delší, než uvádí tabulka 3, tj. doporučená délka kotvy 12,3 cm. Trvalá plastická deformace se měřila při síle větší než 6 kN.



Doporučené délky kotev

Lano na zajištěných cestách by mělo být zásadně vedeno tak, aby nebylo příliš blízko u skály, protože by mohlo dojít k poranění rukou a zadrhávání při klouzání karabiny (v žádném případě se nesmí dotýkat skály, optimálně asi 10 cm od skály). Z důvodu působícího momentu ohybu a možného zatížení sněhem by lano nemělo být od skály ani příliš vzdáleno.

Sněhová zátěž a padání kamenů jsou pro ukotvení ocelových lan značně nebezpečné. Aby se tomuto nebezpečí dalo předejít, mělo by ...

- ... ocelové lano být u skály pokud možno blízko a přitom podle potřeby dostatečně daleko (kotva by tedy měla být co nejkratší a přitom dlouhá podle potřeby).
- ... dlouhá kotva by měla být opatřena dodatečnou podpěrou (viz obrázek vlevo).

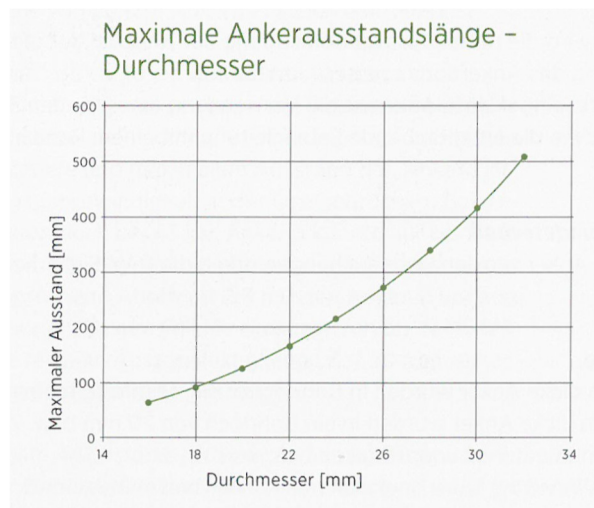
Potřebná délka kotev se stanovuje většinou velmi obtížně. Jednoduchá metoda je kontrolní natažení pomocného lana s příslušným odstupem. Délka kotev a hloubka úvazků se uvádí níže:

Bereme-li za základ výše uvedenou stavební ocel (STE 550), vyjdou podle vzorce 4 hodnoty, uvedené v tabulce 4 s maximálními délkami kotev v závislosti na průměru kotev. Hodnoty se uvádějí pro dva různé případy zatížení kotev u zábradlí a u mezikotev.

| Průměr v mm | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Max. délka v mm | 123 | 164 | 213 | 271 | 339 | 417 | 506 |

Tabulka 3: maximální délka různých typů kotev

Kotvy 16 a 18 mm se vzhledem k malé délce nedoporučují!



Graf: Maximální délka kotev – průměr

Kotva s průměrem 20 mm podle tabulky 3 smí vykazovat v nepředpjatém systému jako mezikotva (dimenzována na 3,5 kN) maximální délku $l_{\max} = 123$ mm, v napnutém systému (dimenzována na 6 kN) však $l_{\max} = 72$ mm. V této části se při zatížení 3,5 kN zaručena deformace výhradně v elastické oblasti (pružiny).

Pomocí vzorce 4 lze vypočítat pro každou ocel maximální délku vůči danému průměru kotvy resp. naopak minimální průměr pro požadovanou délku kotvy:

$$d^{\min} = \sqrt[3]{\frac{32 \times F \times l^{\text{Anker}}}{R_e \times \pi}}$$

Vzorec 4 str. 41

Praxe ukázala, že je důležité dodržovat poměr délky a průměru kotev, protože jinak dochází k zlomení střídavým ohybem: v důsledku neustále střídavého zatížení uživatelem a větrem se kotvy na zapuštění do skály lámou.



! Aby se zachovala praktická délka max. 20 cm při vedení ocelového lana na skále, je nutný průměr nenapnutých upínacích kotev 24 mm. Rozměry menší než 20 mm se nedoporučují (viz tabulka 4). Díky větším průměrům se také značně sníží náchylnost vůči deformacím, způsobeným pádem kamení nebo sněhu.



Obrázky: - Vylomená příliš dlouhá kotva v důsledku namáhání střídavým ohybem

– cesta se musí uzavřít a všechny kotvy se musí vyměnit.

– Oddrolení pozinkovaných částí je způsobeno střídavým zatížením kotvy

Technika upevnění a hloubka upevnění

V zásadě existují dvě různé techniky upevnění ukotvení na skálu:

- zaražení třecím smykem („zalisování“) nebo
- spojení maltou (technika lepení)

Zalisováním se myslí upevnění kotvy třecím smykem do otvoru, který má stejný průměr jako kotva.

Při použití spojovací malty pro upevnění kotev se musí používat malta, předepsaná do silně zatěžovaných úseků a příslušné usazení do okrajové mezery o velikosti 2-3 mm.

Pokusy s technikou pro upevnění kotev

U techniky pro upevnění kotev prováděl DAV bezpečnostní výzkumy:

Axiální zkoušky vytažení

- Zalisování: 32 mm silné kotvy byly zaraženy do otvoru s průměrem 32 mm
- Vlepení: 16 mm silné kotvy byly zabetonovány maltou do otvoru 20 mm příp. byly 20 mm silné kotvy zabetonovány do otvoru 25 mm

Průběh pokusu

Pevnost při vytažení byla určena hydraulickým lisem zdánlivě statickým axiálním směrem (viz obr. na pravé straně).

Výsledky

Pevnost v tahu u zalisovaných kotev: $\varnothing = 32$ mm; hloubka naražení = 200 mm

- Měření 1: 32 kN
- Měření 2: 32 kN
-

Pevnost v tahu u zabetonovaných kotev:

- Měření 1: odlomení při 40 kN ($\varnothing = 16$ mm; hloubka spojení = 200 mm)
- Měření 2: odlomení karabiny při 32 kN ($\varnothing = 20$ mm; hloubka spojení = 200 mm)

U axiální vytažovací síly je při zalisování kromě hloubky vsazení rozhodující také průměr kotvy: čím je průměr větší, o to větší je kontakt resp. třecí plocha kotvy a o to větší je axiální síla vytažení.

U zalisování není pro pevnost rozhodující, zda je kotva navíc zalepena cementem. Zalepení má pouze ten účinek, že utěsní otvor. Na rozdíl od techniky vlepení kotev závisí trvalá kvalita zalisování velmi silně na hornině: u velmi pevného a tvarově stabilního podkladu, jako je např. rula, nebude zalisování pevné.

U spíše měkkých, křehkých hornin, složených z malých úlomků a propouštějících vodu a pokrytých případně jen s povrchovým sintrem, jako je např. karwendelský vápenec, se u této techniky nepoužívají spíše žádné trvalé kotvy se stejným průměrem jako u techniky lepení. Kromě toho se u těchto druhů hornin, propouštějících vodu, jako je vápenec, vyskytuje také problém mrazových trhlin. Proto se technika zalisování pro tyto druhy hornin nedoporučuje a obecně je dávána přednost technice spojení maltou. Za nevhodný pro upevnění kotev se považuje stavební a rychle tuhnoucí cement, protože míjivé zatížení způsobuje trhliny v cementu a kotvy se poté uvolní. Při výběru malty je důležité, aby byla ze stavebně technického hlediska vhodná pro oblasti, zatěžované těžkými břemeny. Na trhu existuje mnoho druhů malty a těsnících hmot, které nejsou vhodné pro upevnění háků, protože nejsou schválené do zatěžovaných oblastí.



Radiální zkouška vytažení

Z radiálních zkoušek vytažení u 20mm dlouhých kotev vyšla minimální pevnost 60 kN. Kotvy se testovaly podle tabulky 4 s minimální hloubkou spojení asi 10 cm a s délkou asi 14 cm (více než max. doporučená délka podle tabulky 3). Tato konfigurace tedy představuje nejnevhodnější kombinaci minimální hloubky spoje a maximální délky kotvy. Kotva 1 se při větší rychlosti zatížení zlomí v očku. U kotvy 2 se



zlomil testovaný blok při 43 kN. Kotva 3 se zatěžovala jen při 60 kN podle limitu tahače a k odlomení nedošlo. Podle odst. 2.3 musí být kotvy ve vodorovných úsecích dimenzovány na zatížení 45 kN. Radiální pevnost v tahu u 20mm kotev zdaleka přesahuje tyto požadavky na pevnost.



Obrázek str. 43:

- Pokus: axiální vytažení kotvy upevněné zaražením



! Nejmenší tloušťka kotev (20 mm) vykazuje u nejnevýhodnějších kombinací minimální hloubky zapaštění a maximální délky větší pevnost než maximální síly, působící na kotvy, které byly zjištěné při pokusech (viz odst. 2.3, pokus 2).

Zkoušky vytažení u spojovací malty

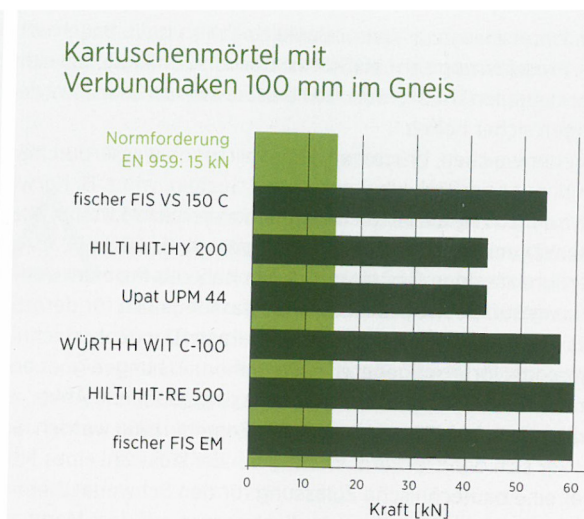
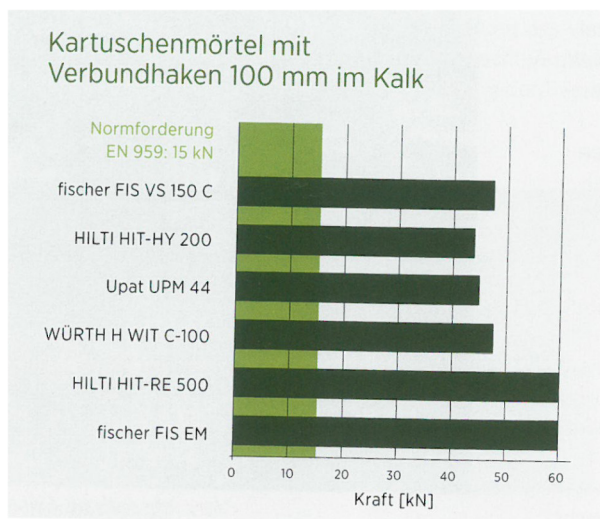
Pro získání informací o pevnosti spojovací malty prováděl DAV bezpečnostní výzkum, při kterém se 100 mm dlouhý spojovací hák vsadil do vápence a do ruly. Používalo se přitom devět běžných druhů malty od firem Fischer, Hilti, Upat a Würth. Pro každou horninu a maltu se vsadilo a vytáhlo pět háků, protože jeden hák má pouze malou vypovídací hodnotu o vhodnosti malty.

Výsledky

- Výška sloupců v grafu udává pro každý druh malty vždy průměrnou pevnost v tahu v jednotkách kilonewton (kN).
- Některé výrobky tvrdošijně odolávaly vytažování. V takových případech se musel pokus s 60 kN přerušit, aby se nepoškodilo vytažovací zařízení. Příčnick označuje minimální požadavky EN 959 pro vrtní háky při axiálním tahu (15 kN).

Radiální pevnost v tahu u 20mm kotev

| Kotva | Zatížení lomem (radiálně) |
|---------|---|
| Kotva 1 | 60 kN (lom v ocelovém očku) |
| Kotva 2 | 43 kN: rozbila se betonová kostka |
| Kotva 3 | 61,7 kN: k lomu nedošlo, bylo dosaženo limitu vytažovacího zařízení |



Grafy na str. 44:

- Axiální pokusy vytažení z vápence
Kazetová malta se spojovacími háky 100 mm ve v rule

Axiální pokusy vytažení z ruly
Kazetová malta se spojovacími háky 100 mm
Požadavek normy EN 959: 15 kN

Výhody a nevýhody testované malty

| Kazetová malta | Výhody | | Nevýhody | |
|----------------------|--------|--------------------------|----------|-----------------------------|
| Fischer FIS VS 150 C | • | Běžná silikonová pistole | • | Dráždivá |
| Fischer FIS EM | • | Běžná silikonová pistole | • | Leptavá |
| | • | Dlouhá doba zpracování | • | Dlouhá doba tvrdnutí |
| | • | Tvrdne i pod vodou | • | |
| Upat UPM 44 | • | Běžná silikonová pistole | • | Dráždivá |
| WÜRTH H WIT C-100 | | | • | Dráždivá |
| | | | • | Dráždivá |
| | | | • | Speciální lisovací přístroj |
| HILTI HIT-HY 200 | | | • | Dráždivá |
| | | | • | Speciální lisovací přístroj |
| | | | • | Barva |
| HILTI HIT-RE 500 | • | Dlouhá doba zpracování | • | Leptavá |
| | • | Tvrdne i pod vodou | • | Speciální lisovací přístroj |
| | | | • | Dlouhá doba tvrdnutí |



Obrázek na str. 44: Pro ráz krajiny suboptimální: větší kontrast mezi skálou a maltou

Kazetová malta se smí používat jen s vhodnou lisovací pistolí, protože jen pistole s příslušnou mísicí tryskou dokáže regulovat správný poměr směsi, kterou tvoří dvě složky. (Existují i výjimky, jako např. Fischer VIS VS 150 C nebo Upat UPM 44, které mohou být zpracovávány i běžnou silikonovou pistolí). Při otevření nové kazety nebo u nové statické míchačky se musí zaváděcí malta vyhodit, protože nemá správný mísicí poměr a nelze ji tudíž použít. V návodu k použití příslušného výrobce jsou uvedeny přesné informace.

Zatímco jsou Upat UPM, Fischer FIS VS, Würth H Wit a Hilti HIT HY takzvané hybridní malty (směs vinylové esterové pryskyřice a cementové malty), jsou Fischer FIS EM a Hilti HIT-RE z epoxidové pryskyřice, čímž je odůvodněna výrazně vyšší pevnost při vytažení. Podstatnou výhodou malty s epoxidovou pryskyřicí je skutečnost, že tvrdne i ve vodě, což je výhoda vůči ostatním druhům malt především v kaňonech nebo na stále vlhkých skalách – samozřejmě se tato výhoda odráží ve vyšší ceně.

Teplota zpracování všech druhů malt musí být minimálně +5°C. Okolní teplota (skála) může však být značně nižší. Doba tvrdnutí malty závisí na teplotě a musí být v každém případě zohledněna podle návodu k použití produktu. Kotvy se nesmí během doby tvrdnutí zatěžovat a nesmí se s nimi hýbat. Speciální zimní malta se může používat při +5°C a tvrdne při okolní teplotě až do -35°C (např. Fischer FIS EM, Hilti Hit-RE 500; doba tvrdnutí 15 hod.). Pro kontrolu by se měla každá spojovací kotva po době zatvrdnutí manuálně zkontrolovat.

Doporučení pro hloubku a techniku upevnění

Hloubka zapuštění závisí kromě délky kotvy také na kvalitě skály. Potřebné informace jsou uvedeny v tabulce 4. Jako spojovací prostředky se doporučují zásadně všechna schválená dvousložková lepidla na epoxidové a polyesterové bázi. Cement nevykazuje dostatečnou pevnost proti vytažení.

Tabulka 4: Hloubky zapuštění

| Zvedací rameno kotvy | Dobrá kvalita skály | | Špatná kvalita skály | |
|---|---------------------|--------------|----------------------|--------------|
| | Dlouhá kotva | Krátká kotva | Dlouhá kotva | Krátká kotva |
| Měkká hornina (např. pískovec) | 20-30 cm | 15-20 cm | 30-50 cm | 20-40 cm |
| Středně tvrdá až tvrdá hornina (vápenec, rula) | 15-25 cm | 10-20 cm | 25-40 cm | 20-30 cm |

Obrázky na str. 45:

Vzdálenosti při pádu na zajištěné cestě. Neměla by být překročena maximální vzdálenost kotev 3 m. Maximální výška pádu by neměla přesáhnout 5 m. První kotva by měla být umístěna ve výšce 3,5 - 4 m a druhá asi jeden metr nad ní (vždy +/- 20 cm).

- Brzdná dráha

- 1 m k 2. kotvě – 1 m bezpečnostní délka – 1 m brzdná délka – 1m délka nohou – 0,5 m bezpečnostní vzdálenost.

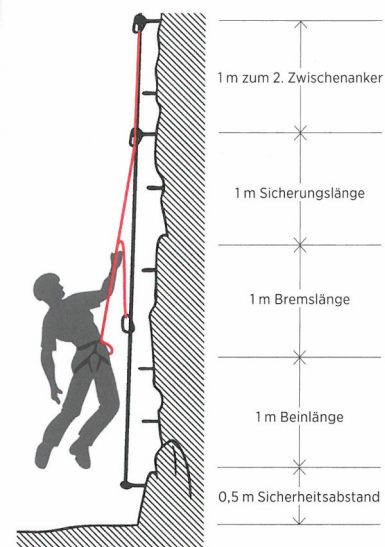
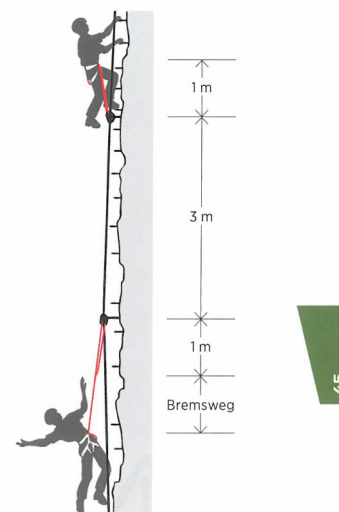
Doporučení pro průměr vrtného otvoru

- Spojovací kotva: pro kotvy, připevněné spojovací maltou, platí návod k upevnění s mezerou od kraje 2-3 mm.
- Vlisování: problematická technika, pokud se má trvale dosáhnout požadované síly 15 kN v axiálním směru působení síly. Pokud má působit upevnění třením, naráží se kotvy do otvorů o průměru kotev. Aby se dosáhlo dostatečné pevnosti a také kvůli korozní odolnosti by měl být minimální průměr 30 mm. Průměr otvoru musí přesně odpovídat průměru kotvy (jmenovitý průměr kotvy = průměr vrtacího otvoru). Tento způsob lze doporučit opravdu jen u velmi pevného a kompaktního skalního podloží (viz výše).

Vzdálenosti kotev

Vzdálenost mezi dvěma kotvami by měla být u stoupacích pasáží menší než tři metry (měří se vertikální výškový rozdíl, viz obrázky vpravo).

U koncového ukotvení na skalách, výstupcích nebo nad zemí se doporučuje umístit kotvy do takových vzdáleností, aby při pádu nemohlo dojít k nebezpečí dopadu na zem (viz vyobrazení vpravo). Buď mají být vzdálenosti menší, nebo se u skutečně méně náročných terénů umístí první kotva do výšky minimálně 3,5 m.



Ve vodorovných pasážích (sklon mezi dvěma kotvami je menší než 25°- viz „Nesprávné rozdělení sil na zajištěných cestách“) by neměly vzdálenosti mezi dvěma kotvami přesáhnout pět metrů.

Dále se při přechodech musí brát v úvahu cílová skupina na zajištěné cestě. U zajištěných cest, zaměřených především na rodiny a děti, se doporučuje vést ještě paralelní lano ve výšce, dosažitelné dětem.

U vedení lan přes propasti, u lanových můstků nebo staveb „flying-fox“ by neměla být vzdálenost mezi kotvami větší než 10násobek maximálního prověšení (při zatížení 80 kg) uprostřed mezi body ukotvení. V opačném případě dosáhnou síly, působící na body ukotvení, kritických hodnot. Příklad: lanový most o délce 20 m by měl při zatížení uprostřed lana 80 kg vykazovat prověšení 2 metry. Pro jistotu by se měl provést výpočet s čtyřnásobným faktorem bezpečnosti.



- **Maximální svislá vzdálenost kotev by neměla být větší než 3 metry.**
- **Ve vodorovných pasážích by měly být dodrženy maximální vzdálenosti mezi kotvami 5 metrů.**
- **U lanových můstků, lanových zábradlí nad propastmi atd. by mělo prověšení lana při zatížení 80 kg uprostřed lana tvořit 10 % délky lana. Pro jistotu by se měl provést výpočet se zvýšeným faktorem bezpečnosti.**

2.5 Ocelová lana

V praxi se osvědčila ocelová lana díky pevnosti, trvanlivosti, vlastnostem, údržbě atd. jako jediná skutečně použitelná. Teoreticky by se na zajištěných cestách mohla používat také lana z jiných materiálů, např. z plastu (přičemž nejsou přípustná ocelová lana s plastovým obložení!), ale všechny ostatní materiály se v praxi neosvědčily.

Vhodné typy lan

Na trhu je velké množství ocelových lan, ovšem ne každý typ lana se hodí pro stavbu zajištěných cest. V zásadě se rozlišují spirální lana a pramencová lana, přičemž se pro stavbu zajištěných cest hodí jen pramencová lana.

Spirální lana podle DIN 3052, DIN 3053 jsou velmi tuhá a špatná na omak. Kromě toho je z konstrukčního hlediska obtížné odstranit přelomené dráty. U spirálních lan zůstávají dráty v celé délce a rozsahu, takže roztržené dráty nelze snadno odlomit, na rozdíl od pramencového lana.

Pramencová lana podle EN 12385-4 (resp. DIN 3060:6 x 19 = 6 pramenů po 19 drátech a DIN 3055:6 x 7 = 6 pramenů po 7 drátech) jsou relativně flexibilní a drsná a tedy vhodná pro stavbu zajištěných cest. Jsou jen nepatrně dražší než výše uvedená spirální lana. Jsou složena tak, že jednotlivé dráty vedou každý pramen zvenku směrem dovnitř a znovu směrem ven, čímž je každý drát takzvaně vetknutý dovnitř (viz obr. vlevo). Tím lze jednotlivé dráty, které se po obvodu natrhnou, uvnitř jednoduše zlomit a roztržené místo odstranit, ovšem nikoliv s použitím lepicí pásky (viz také „Lepicí páska na ocelových lanech“).

Pramencová lana se na trhu vyskytují s jádry z různých materiálů. Doporučují se jen jádra z umělých vláken, která zaručí co nejmenší savost vody a tím rychlé schnutí lana.

Obrázky na str. 46:

Typy lan podle DIN 3055 (=EN 12385-4)

- Spirální lano DIN 3052 – nedoporučuje se
- Spirální lano DIN 3053 – nedoporučuje se
- Pramencové lano DIN 3055 – doporučuje se