



# Ultimativní mechanické charakteristiky

- ❑ Pevnost (síla do přetrhu)
- ❑ Napětí do přetrhu
- ❑ Relativní pevnost
- ❑ Protažení do přetrhu
- ❑ Tažnost (relativní protažení)
- ❑ Moduly
- ❑ Tržná délka
- ❑ Speciální typy namáhání

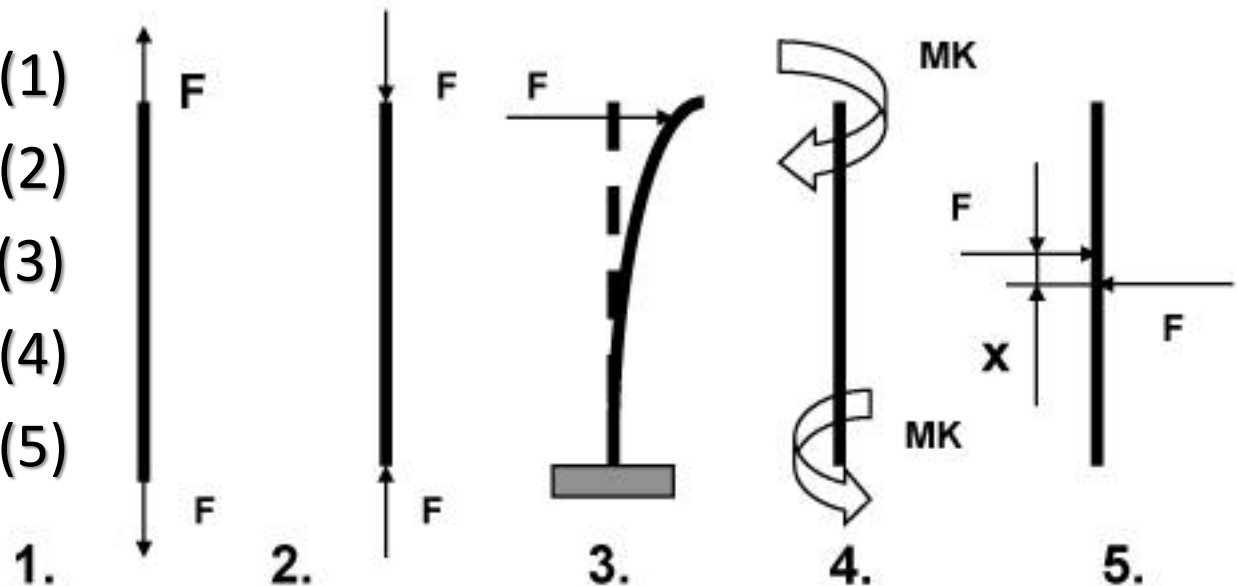




# Mechanické vlastnosti materiálů

- Odezva na mechanické působení vnějších sil
- Jejich všeobecná definice je shodná u všech typů materiálů včetně textilních (vláken, přízí a nití, plošných textilií), nejčastěji jsou namáhány:

- tahem (1)
- tlakem (2)
- ohybem (3)
- krutem (4)
- stříhem (5)



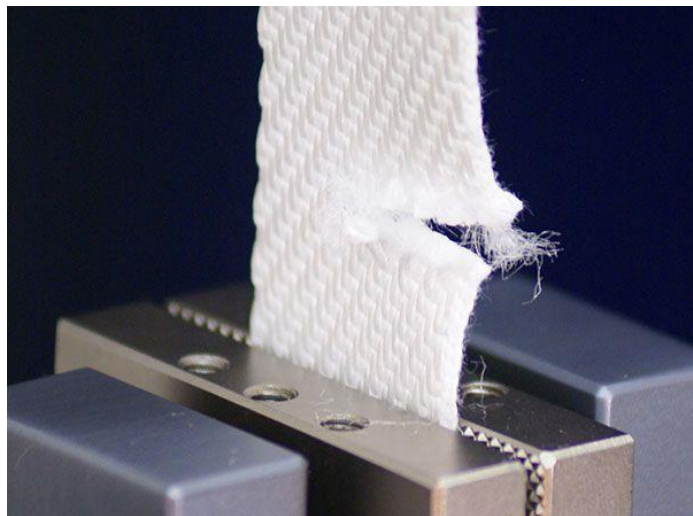


# Textilní materiály

**PRAXE**  
kombinované namáhání



**LABORATOŘ**  
oddělené zkoušky



**VLIVY**

velikost zatížení

doba zatížení

rychlost namáhání



Mechanické vlastnosti



Zpracovatelské vlastnosti



# Ultimativní mechanické vlastnosti

Veličina	Značka	Jednotka
Pevnost (síla do přetrhu)	<b>F</b>	<b>N</b>
Napětí do přetrhu	<b><math>\sigma</math></b>	<b>Pa</b>
Protažení do přetržení	<b><math>\Delta l</math></b>	<b>m</b>
Tažnost (relativní protažení)	<b><math>\epsilon</math></b>	<b>%</b>
<b>Moduly (odpor materiálu vůči deformaci)</b>		
<b>E [GPa]</b>	<b>G [GPa]</b>	<b>K [GPa]</b>
<i>tahový</i>	<i>smykový</i>	<i>tlakový (kompresní)</i>



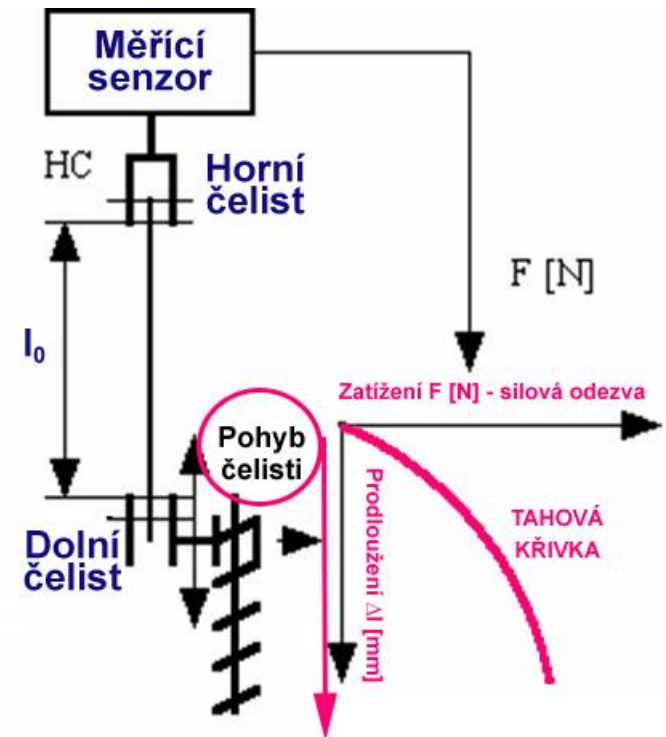
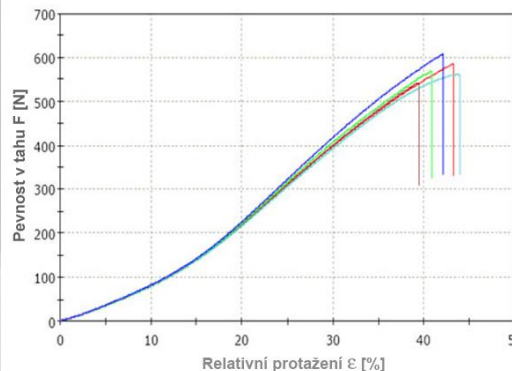
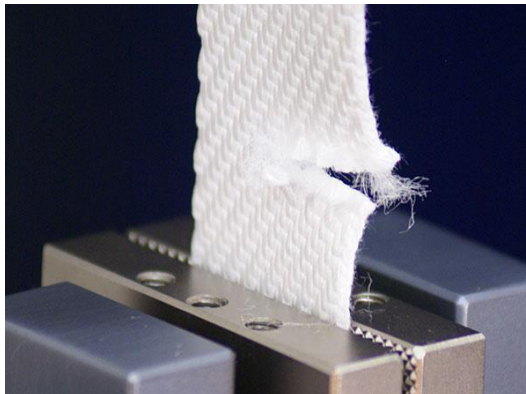
# Speciální typy namáhání textilií

Veličina	Značka	Jednotka
Relativní pevnost (příze, vlákna)	$F_r$ $f$	[N/tex] [cN/dtex]
Tržná délka	$L_T$	km
Pevnost za mokra Pevnost v uzlu	$f_m, f_u$ [% z $F_{suchá}$ ]	
Pevnost v natržení a dalším trhání	$F_{střední}$ [N]	
Pevnost švu Pevnost Ipění vrstev	$F_{šev}$ [N] $\eta_s$ [%]	
Tahové zkoušky pro NT a geotextilie		



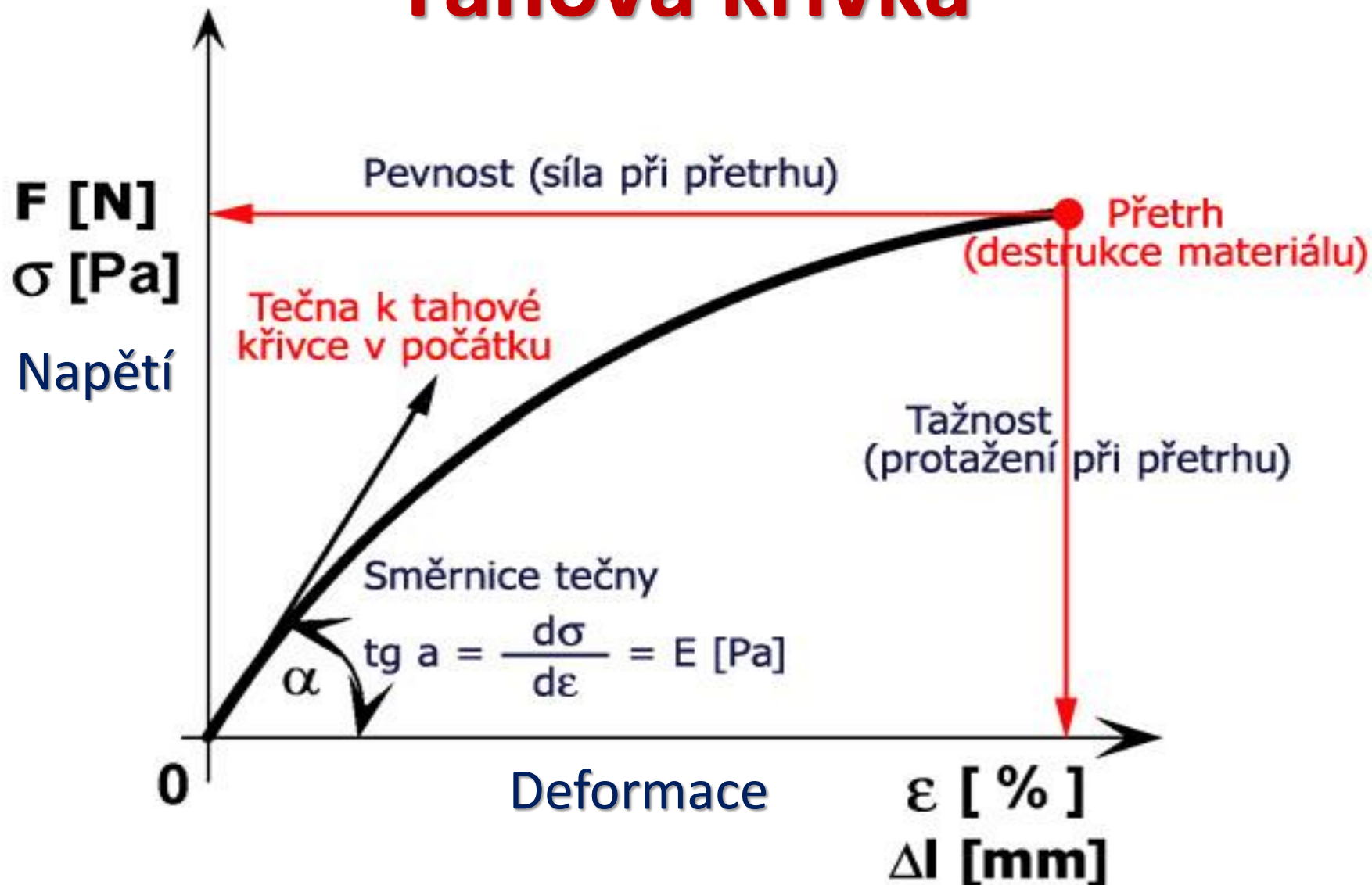
# Namáhání v tahu

- ❑ Zkoušky jsou prováděny na **dynamometru**
  - ❑ přístroj pro definované namáhání vzorků
  - ❑ registrace tahové síly a deformace (protažení)
  - ❑ **Trhací stroj** nebo **trhačka**
- ❑ Odezva na namáhání v tahu:
  - ❑ **Pevnost materiálu v tahu**





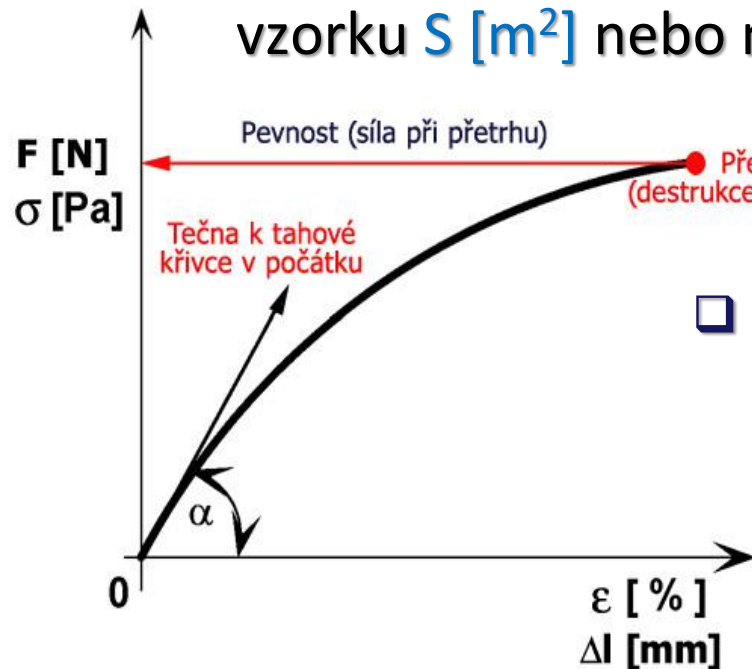
# Tahová křivka





# Síla (napětí) do přetrhu

- Pevnost v tahu  $\sigma$ , Relativní pevnost  $F_r$
- Absolutní síla  $F$  [N] přepočítaná buď na plochu průřezu vzorku  $S$  [m<sup>2</sup>] nebo na jemnost vzorku  $T$  [tex]



$$\sigma \text{ [Pa]} = F \text{ [N]} / S \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F_r \text{ (f) [N/tex]} = F \text{ [N]} / T \text{ [tex]}$$

- pro vlákna a jednoduché příze se používají odvozené jednotky: [cN/dtex], [cN/tex], [mN/dtex]

- Převod mezi  $\sigma$  a  $F_r$ :

$$\begin{aligned} \sigma &= F \text{ [N]} / S \text{ [m}^2\text{]} = F \text{ [N]} / (T \text{ [tex]} \cdot 10^{-6} / \rho \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}\text{]}) = \\ &= F_r \text{ [N/tex]} \cdot \rho \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}\text{]} \cdot 10^6 \text{ [Pa]} \end{aligned}$$





# Deformace – tahová (protažení)

- Absolutní deformace

$$\Delta l = l - l_0 \text{ [mm], [m]}$$

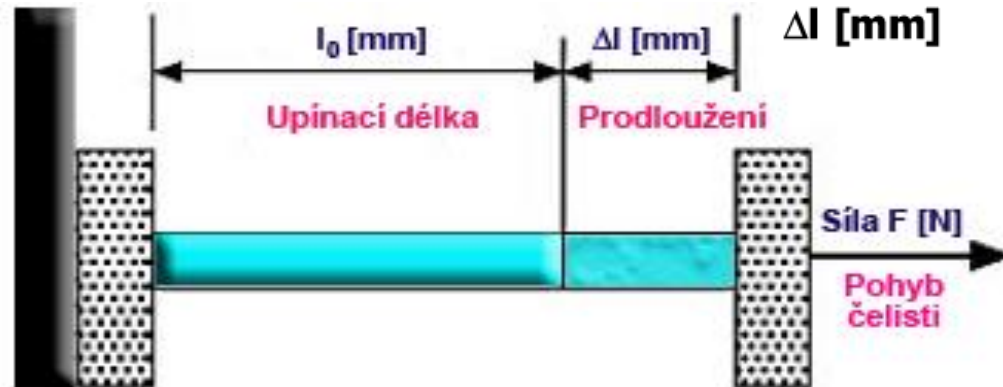
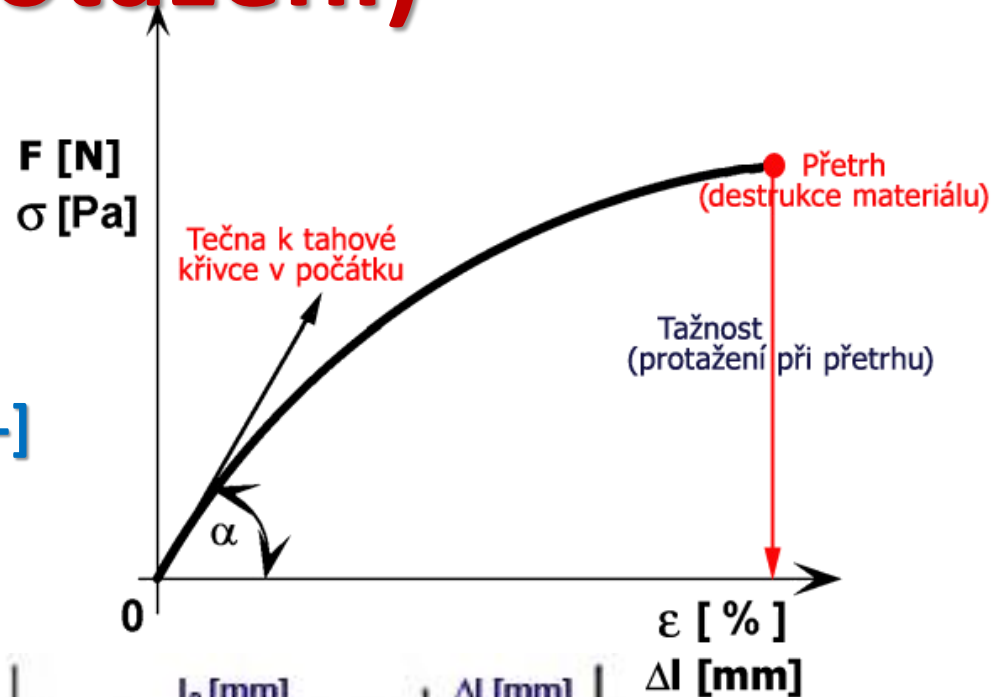
- Relativní deformace

$$\varepsilon = \Delta l \text{ [mm]} / l_0 \text{ [mm]} \text{ [-]}$$

$$\varepsilon = \Delta l / l_0 \cdot 100 \text{ [%]}$$

- **Tažnost  $\varepsilon$  [%]**

- velikost deformace při porušení vzorku





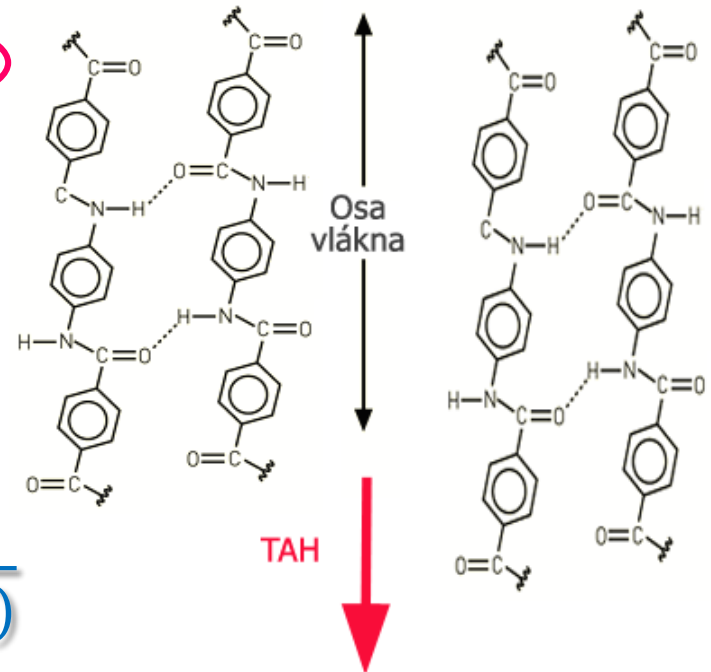
# Moduly - tuhost materiálu

- Počáteční modul **E [Pa]**  $\Rightarrow$  odpor materiálu vůči deformaci

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \text{ [Pa]} \text{ Modul pružnosti}$$

- Poissonův poměr  **$\nu$  [-]**:  
s jeho pomocí lze určit změnu objemu původního materiálu na objem deformovaného materiálu

$$\nu = \frac{\text{příčné zkrácení } (d - d_0)}{\text{podélné prodloužení } (l - l_0)}$$



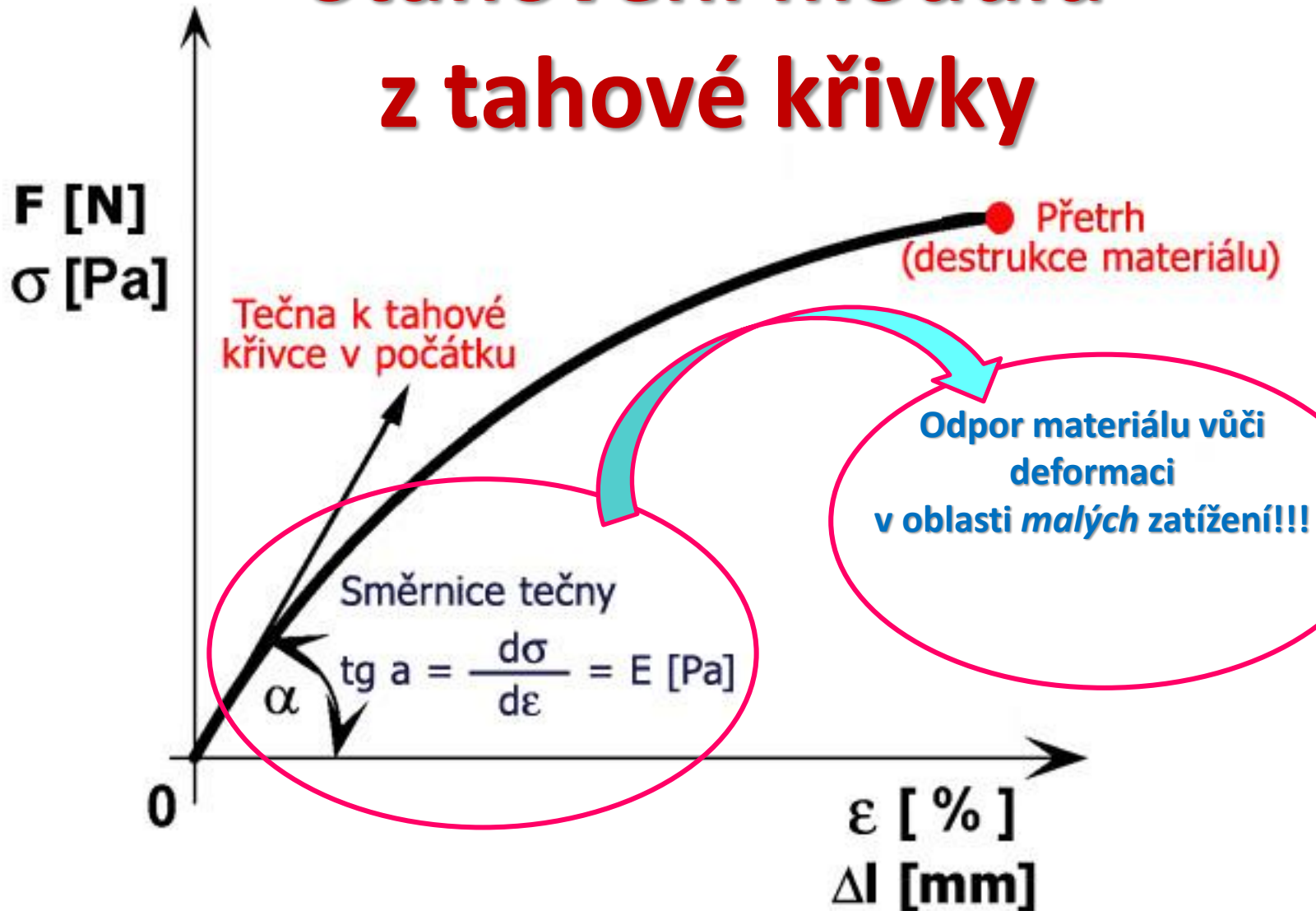
- Smykový modul **G [Pa]**
- Kompresní modul **K [Pa]**

$$G = E / 2 \cdot (1 + \nu)$$

$$K = E / 3 \cdot (1 - 2\nu)$$



# Stanovení modulu z tahové křivky





# Tržná délka

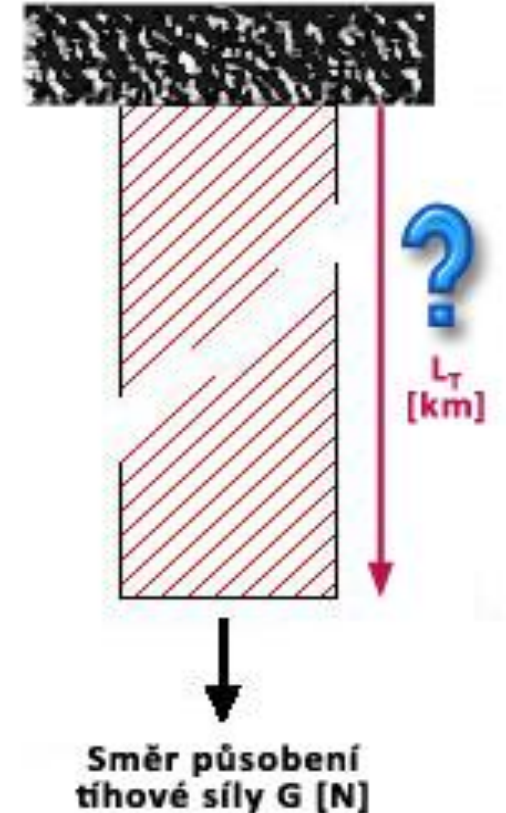
- Taková délka materiálu, při které materiál praskne vlastní vahou

$$G = F = m_{\text{textilie}} \cdot g$$

$$m_{\text{vlákno}} = T_{\text{vlákno}} \cdot L_{\text{vlákno}}$$

$$L_{\text{vlákno}} = \frac{F \cdot 10^6}{g \cdot T} \text{ [m]}$$

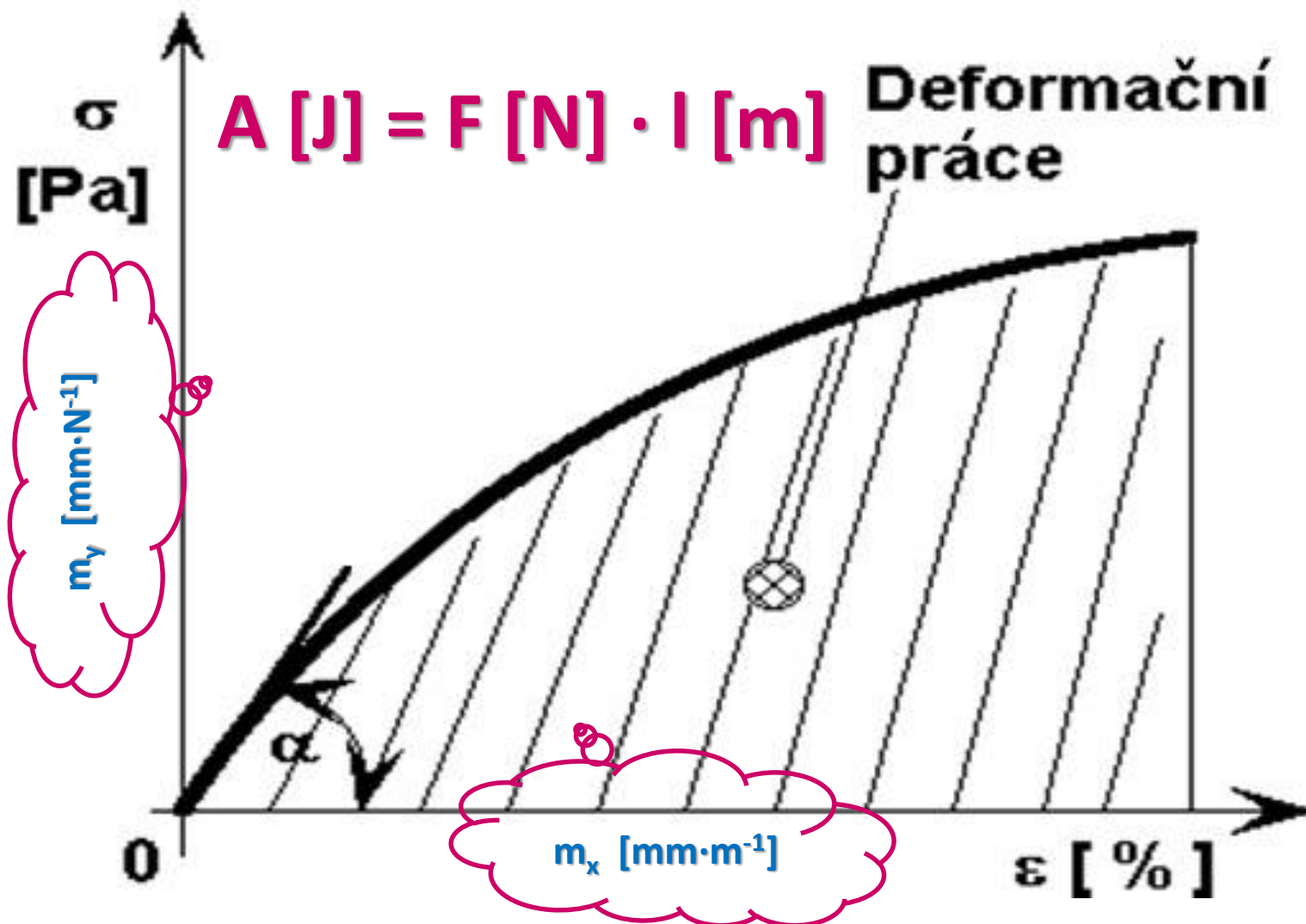
$$L_{\text{Textilie}} = F / (g \cdot 10^3 \cdot b \cdot \rho_s) \text{ [km]}$$



!!! Převody jednotek !!!



# Deformační práce

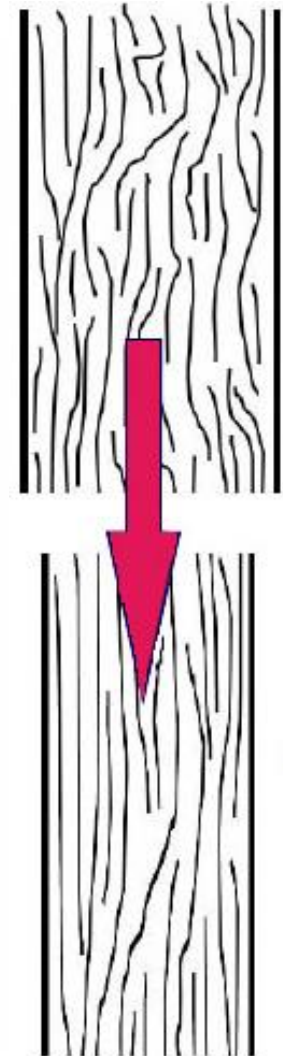
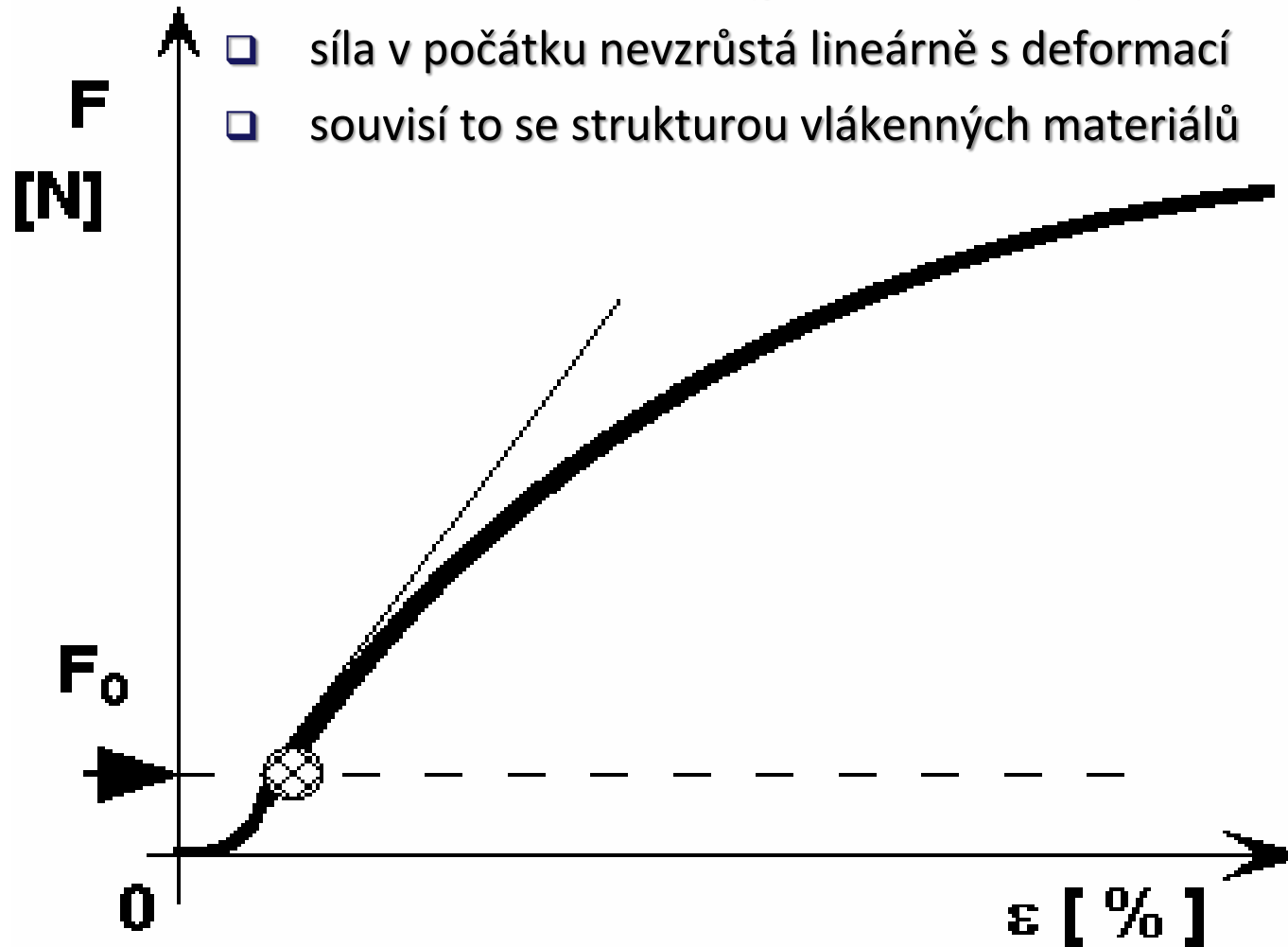




# Předpětí

## ☐ Tahová křivka textilií (pracovní křivka):

- ☐ síla v počátku nevzrůstá lineárně s deformací
- ☐ souvisí to se strukturou vláknenných materiálů





# Přístroje pro zkoušení pevnosti a tažnosti

- ❑ Přístroje pracující s **konstantním přírůstkem síly**
  - ❑ přístroje typu **Schopper**

$$\frac{dF}{dt} = \textit{konst.}$$

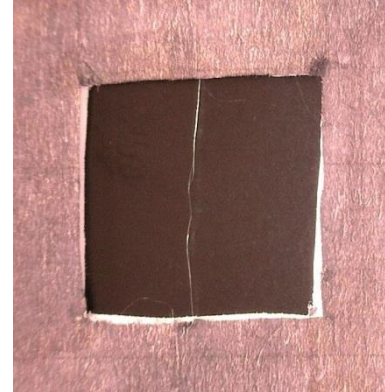
- ❑ Přístroje s **konstantním přírůstkem deformace**
  - ❑ dnešní moderní přístroje s výměnnými měřicími členy (měřící cella)

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \textit{konst.}$$



# Pevnost vláken v tahu

- ❑ Zjištění meze pevnosti při přetrhu vzorku vláken
- ❑ **Norma ČSN EN ISO 5079 (80 0200)**  
*"Textilie – Vlákna – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých vláken při přetrhu"*
- ❑ Podmínky namáhání:
  - ❑ Klimatické podmínky  
( $T=20^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi=65\%$ )
  - ❑ Upínací délka  
 $l_0 = 10 \text{ mm}$  (20 mm)
- ❑ Předpětí – dle jemnosti
- ❑ Rychlost zatěžování
  - ❑ 50 % upínací délka / min pro tažnost  $< 8\%$
  - ❑ 100 % upínací délka /min pro tažnost  $\geq 8\%$







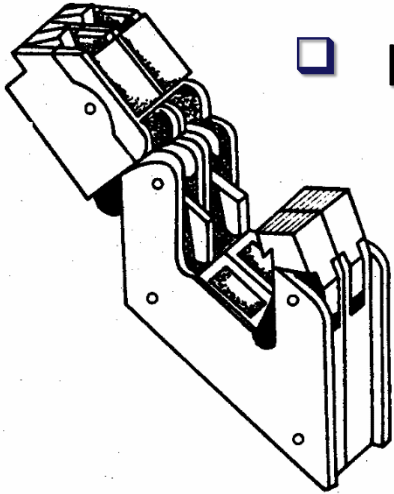
# Dynamometry pro vlákna

- ❑ Analýza základních pevnostních charakteristik
- ❑ přístroj **VIBRODYN 400** + Lenzing text software
  - ❑ *rozsah zatížení:* 0 - 500 cN
  - ❑ *upínací délka* 10 mm
  - ❑ *rychlost deformace:* 10 mm·min<sup>-1</sup>
  - ❑ *počet měření:* 50-100 platných měření
- ❑ Výstupní charakteristiky:
  - ❑ Měrná pevnost v cN/dtex
  - ❑ Tažnost v %
  - ❑ Modul pružnosti v cN/dtex
- ❑ **Další zařízení pro vlákna**
  - ❑ Digital Electronic Fiber Tester (CompuText)
  - ❑ LabTest 2.010 (LaborTech)



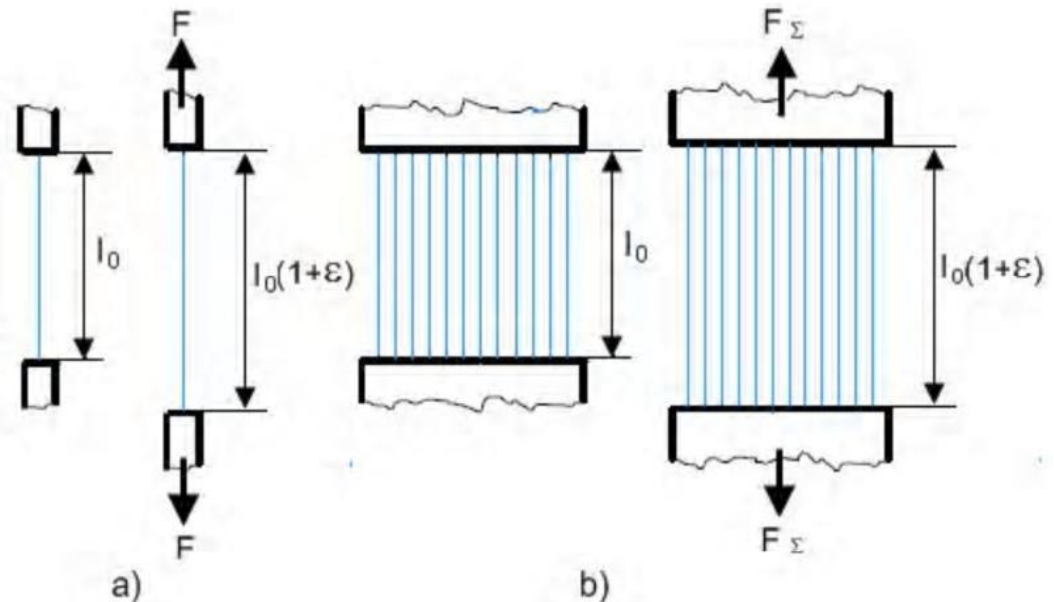
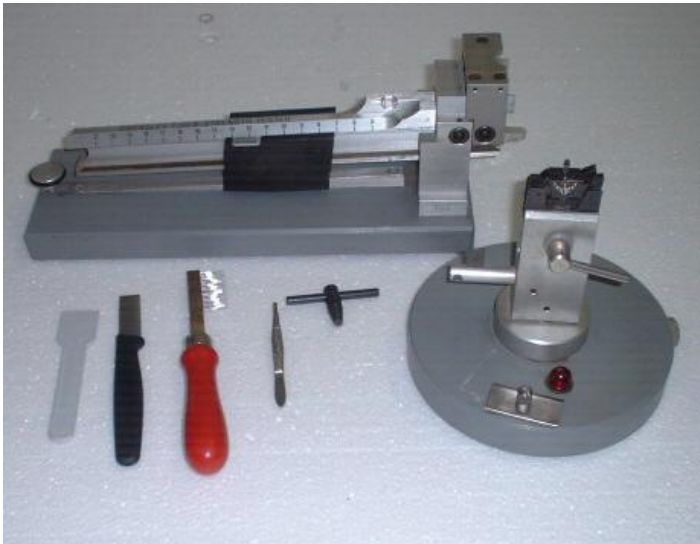


# Pevnost svazku vláken



- ❑ přístroj Pressley Tester typ F 215
  - ❑ rychlá měřící metoda, linky HVI
  - ❑ primárně postaveno pro analýzu bavlněných vláken
  - ❑ **Norma ČSN 80 0235 (zrušena, mod. ISO 3060:1974)**

*"Textilní materiály: BAVLNA: Zjišťování pevnosti plochých svazků"*





# Pressley Tester - postup

- ❑ Pročesání svazku
- ❑ Vložení do čelistí
  - ❑ vyjímatelné upínací čelisti o celkové tloušťce 11,8 mm s distanční vložkou 3,2 mm
- ❑ Uzavření a utažení čelistí
- ❑ Odříznutí svazku
- ❑ Vložení čelistí do přístroje
- ❑ Odtržení
- ❑ Otevření čelistí
- ❑ Zvážení svazku
- ❑ Stanovení hodnoty **Pressley Index PI**

$$PI = \frac{\textit{síla [lb]}}{\textit{hmotnost svazku [mg]}}$$

- ❑ Nulová upínací délka, délka svazku 11,8 mm

$$F_r [\text{cN/tex}] = PI [\text{lb/mg}] \cdot 5,36$$

- ❑ Upínací délka 3,2 mm, délka svazku 15 mm

$$F_r [\text{cN/tex}] = PI [\text{lb/mg}] \cdot 6,80$$



# Pevnost přízí (nití) v tahu

## □ Norma ČSN EN ISO 2062 (80 0700)

*"Textilie – Nitě na návinech – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu pomocí přístroje s konstantní rychlostí prodloužení (CRE)"*

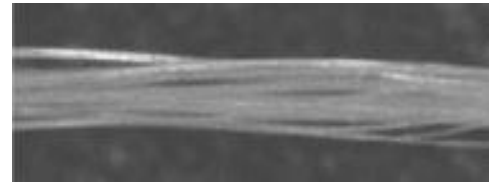
- Klimatické podmínky:
  - $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 65 \%$
- Upínací délka  $l_0 = 500 \text{ mm}$ 
  - nebo 250 mm dle rozsahu přístroje nebo dohody zúčastněných stran
- Rychlost  $100 - 500 \text{ mm/min}$
- Předpětí
  - Klimatizovaný vzorek  $0,5 \pm 0,1 \text{ cN/tex}$
  - Mokrý vzorek  $0,25 \pm 0,05 \text{ cN/tex}$





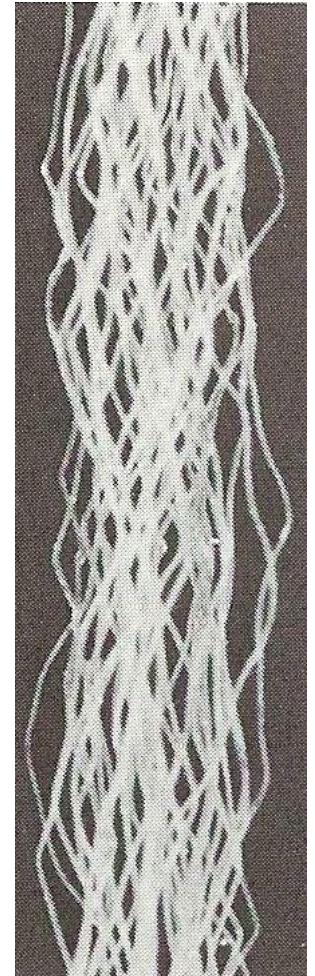
# Bezzákrutový multifilament

- ❑ Doporučeno udělit zákrut (ochrana x prokluzu)
- ❑  $60 \pm 1$  z/m nitě pod 220 tex
- ❑  $30 \pm 1$  z/m nitě nad 220 tex



## Tvarované nitě

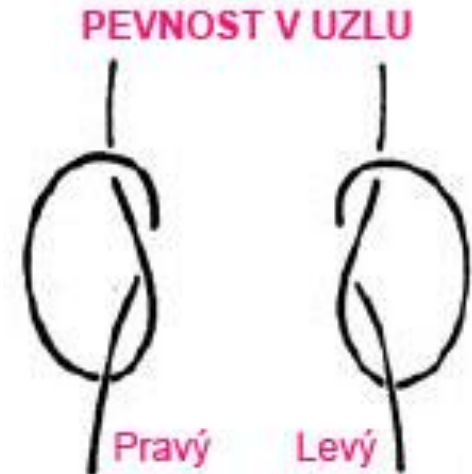
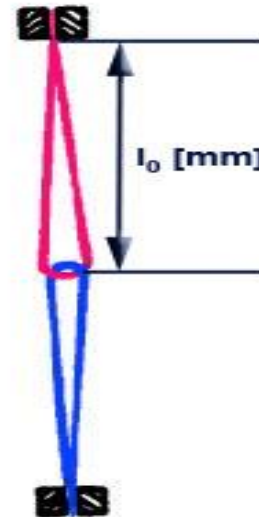
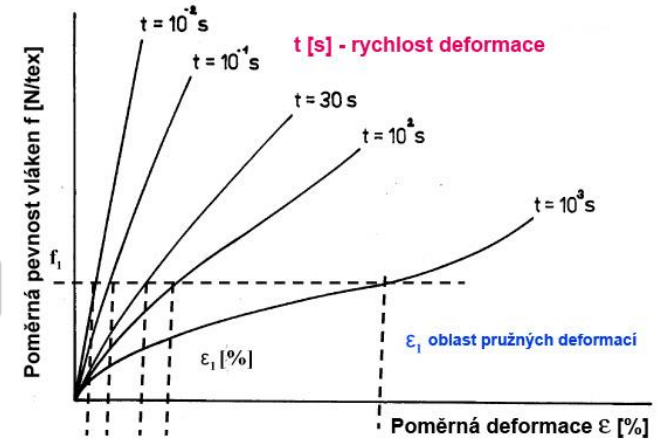
- ❑ Předpětí k odstranění zkadeření, ***ne! napětí nitě!***
- ❑  $2,0 \pm 0,2$  cN/tex pro PES a PAD nitě
- ❑  $1,0 \pm 0,1$  cN/tex pro AC, TAC a VS nitě
- ❑  $0,5 \pm 0,05$  cN/tex pro nitě s dvojí sráživostí nebo tvarované vzduchem, kromě kobercových nití hrubších než 50 tex





# Speciální namáhání délkových textilií

- ❑ Namáhání ve vysušeném stavu
  - ❑ pevnost za sucha  $f_s = F_s/F \cdot 10^2$  [%]
- ❑ Namáhání v mokrém stavu
  - ❑ pevnost za mokra  $f_m = F_m/F \cdot 10^2$  [%]
  - ❑ ba, ln, kn (+ až 120 %),  
Vs (- 50%) syn (- 10%)
- ❑ Pevnost ve smyčce
  - $f_{sm} = F_{sm}/(2F) \cdot 10^2$  [%]
- ❑ Pevnost v uzlu
  - $f_U = F_U/F \cdot 10^2$  [%]
- ❑ Různé rychlosti zatěžování
- ❑ Vliv teploty





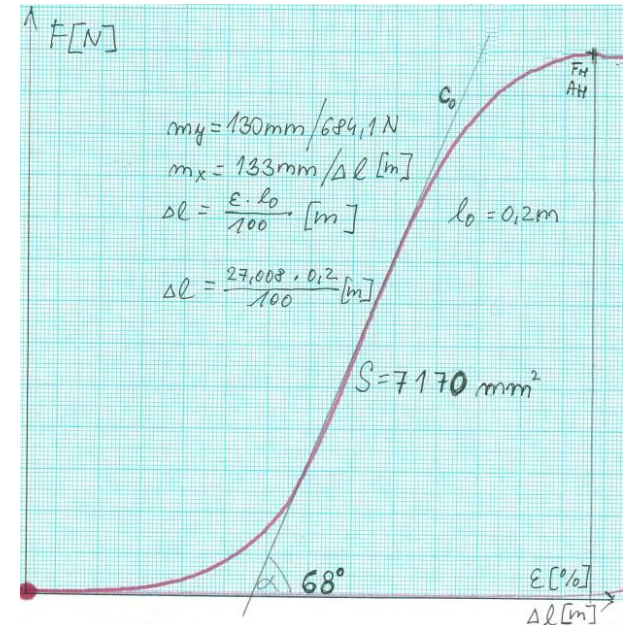
# Normy pro speciální vlákna

- ❑ **ČSN EN ISO 10618** "Uhlíková vlákna – Stanovení tahových vlastností příze impregnované pryskyřicí"
- ❑ **ČSN EN ISO 1421** "Textilie povrstvené pryží nebo plasty – Stanovení pevnosti a tažnosti" – normováno pro nekovové vazací pásy
- ❑ Textilní sklo – nitě – pevnost a tažnost se testuje dle normy **ISO 3341:2000 "Textile glass – Yarns - Determination of breaking force and breaking elongation"** – dosud nezavedena v ČSN
- ❑ **ČSN EN ISO 9163** "Textilní sklo – Roving - Příprava zkušebních těles a stanovení pevnosti v tahu impregnovaných rovingů"



# Tahová pevnost plošných textilií

- ❑ Definice je shodná s mechanickými vlastnostmi vláken, přízí a nití
- ❑ Mechanická namáhání plošných textilií v hotových výrobcích se odehrávají v oblasti malých deformací
- ❑ **ČSN EN ISO 13934 "Textilie – Tahové vlastnosti plošných textilií – Část 1-2"**
  - ❑ Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody **Strip**
  - ❑ Část 2: Zjišťování maximální síly pomocí metody **Grab**



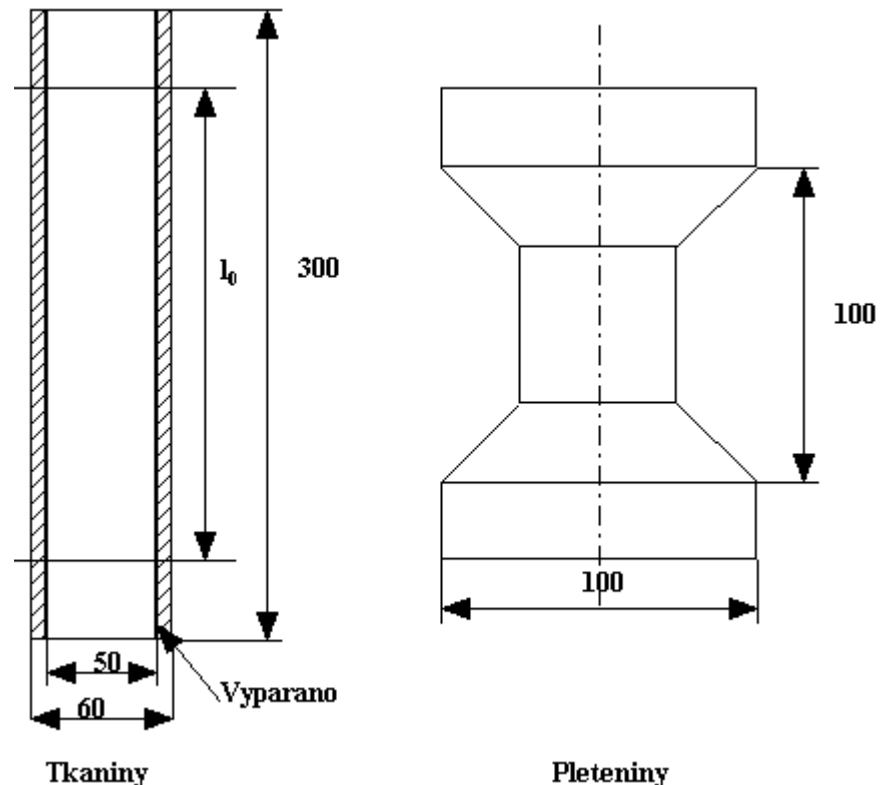




# Tahová pevnost plošných textilií

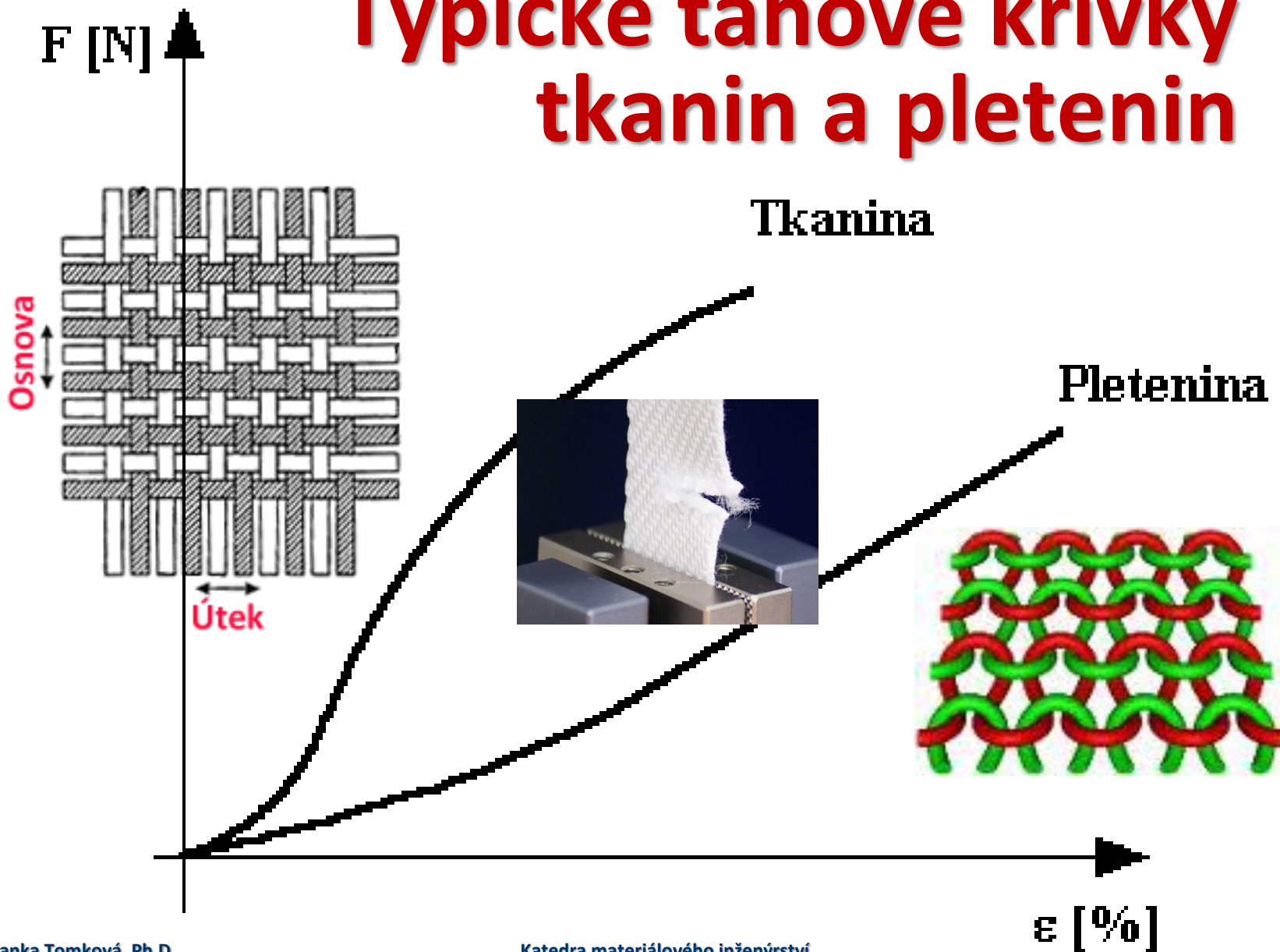
## □ ČSN EN ISO 13934 "Textilie – Tahové vlastnosti plošných textilií – Část 1 – Strip..."

- Tvar vzorků
- Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip
- Čelisti stejné šířky





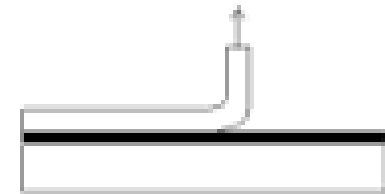
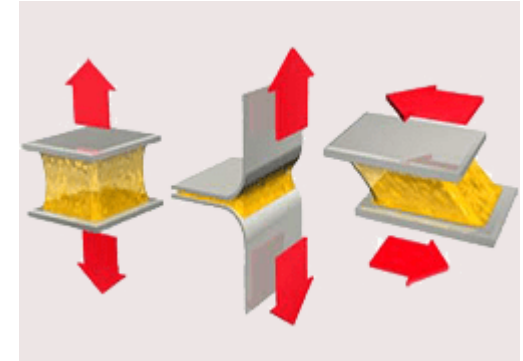
# Typické tahové křivky tkanin a pletenin





# Speciální typy namáhání plošných textilií

- ❑ **Pevnost v natržení a v dalším trhání**
- ❑ **Pevnost ve vytržení**
- ❑ **Pevnost švů a posun nití ve švu**
- ❑ **Pevnost ve lpění vrstev**
- ❑ **Textilie povrstvené pryží nebo plasty**  
⇒ Stanovení pevnosti a tažnosti
- ❑ **Geotextilie** ⇒ Tahová zkouška na širokém proužku
- ❑ **Podlahové textilie** ⇒ zjišťování pevnosti zakotvení vlasu
- ❑ **Pevnost a tažnost netkaných textilií**
- ❑ **Rybářské sítě**



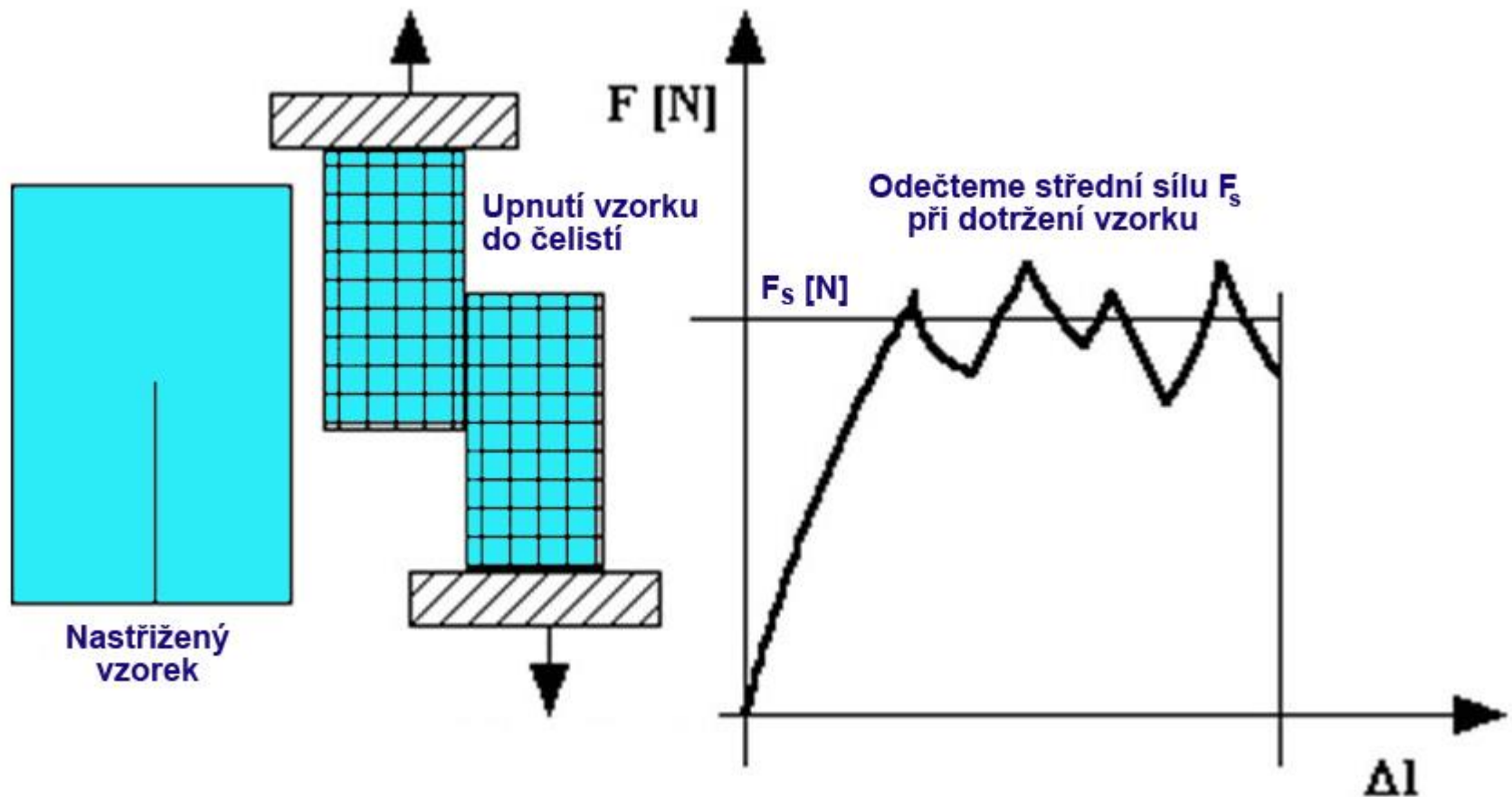


# Pevnost v natržení a dalším trhání

- ❑ Jak se textilie bude chovat po nastřižení a následném zašití do šitého výrobku
- ❑ **ČSN EN ISO 13937 "Textilie – Vlastnosti plošných textilií při dotržení – Část 1 – 4"**
  - ❑ Část 1: Zjišťování síly při dotržení pomocí balistického kyvadla (Elmendorf)
  - ❑ Část 2: Zjišťování síly při dotržení u zkušebních vzorků ve tvaru ramen (metoda s jedním nastřižením)
  - ❑ Část 3: Zjišťování síly při dotržení u zkušebních vzorků ve tvaru křídel (metoda s jedním nastřižením)
  - ❑ Část 4: Zjišťování síly při dotržení u zkušebních vzorků ve tvaru jazýčku (metoda s dvojím nastřižením)

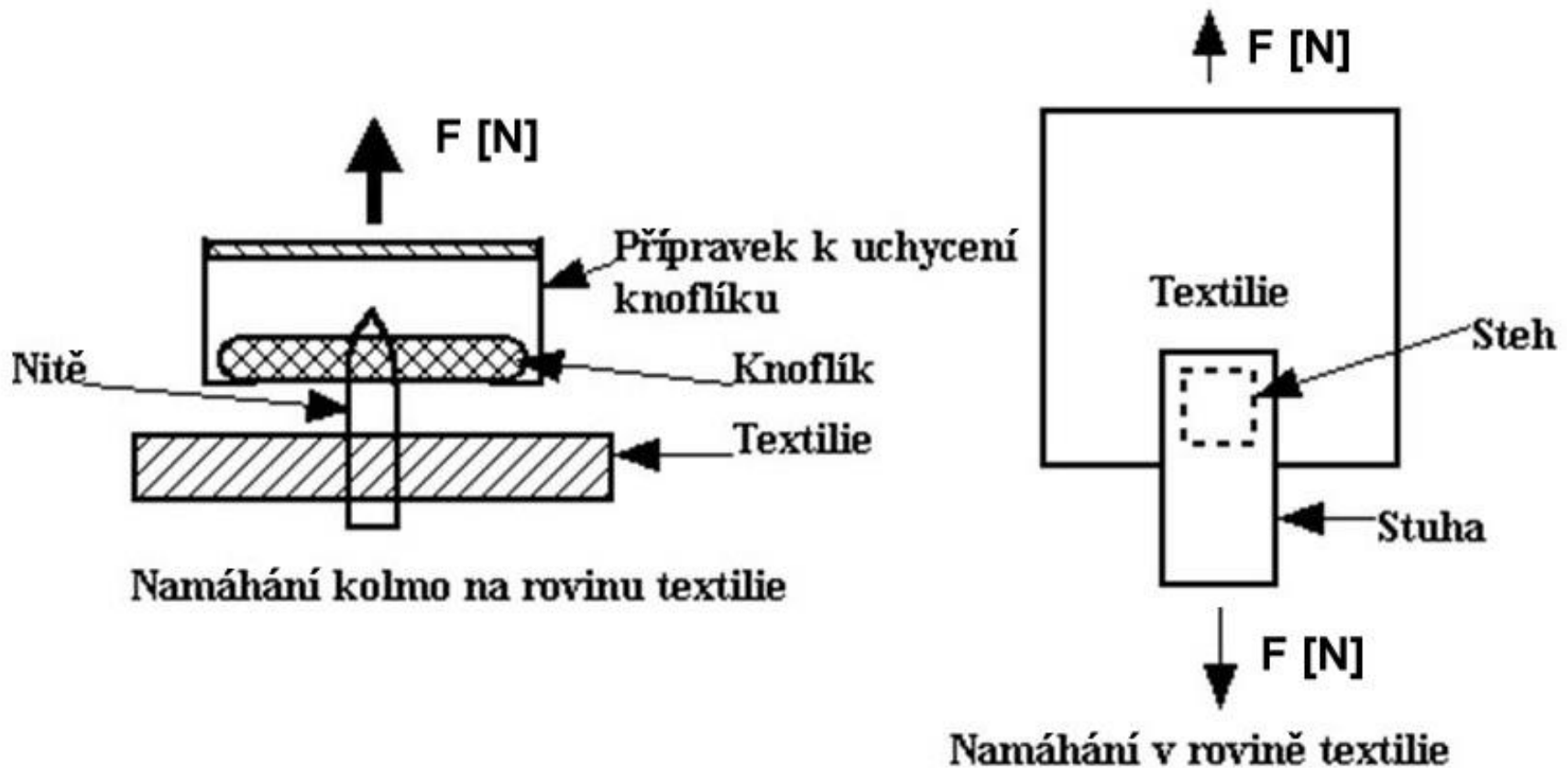


**ČSN EN ISO 13937 "Textilie – Vlastnosti plošných textilií při dotržení – Část 2: Zjišťování síly při dotržení u zkušebních vzorků ve tvaru ramen (metoda s jedním nastřížením)"**





# Pevnost ve vytržení



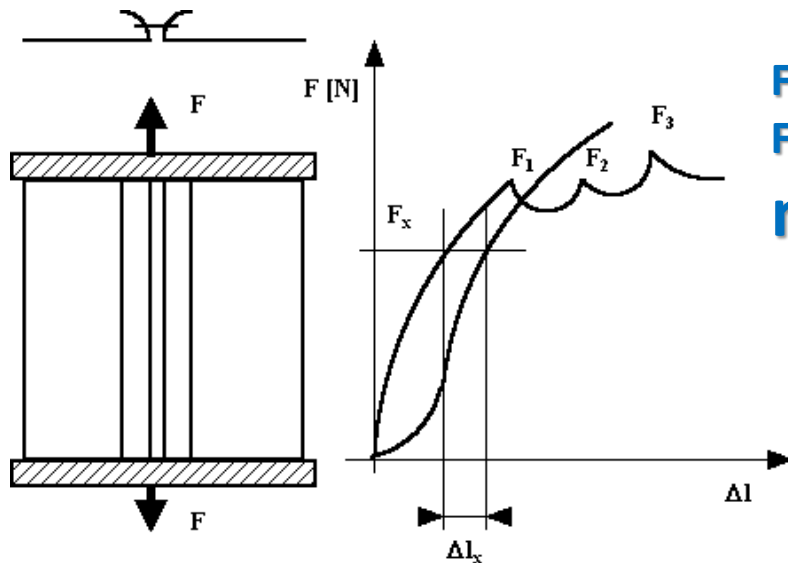


# Pevnost švů a posun nití ve švu

- ❑ **ČSN EN ISO 13935** "*Textilie - Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků – Část 1-2*"
  - ❑ Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strip
  - ❑ Část 2: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Grab
- ❑ Šev může být namáhán:
  - ❑ Ve směru podélném (směr šití švu)
  - ❑ Ve směru příčném (směr kolmý na směr šití švu)
  - ❑ Ve směru obecném
  - ❑ Všechny druhy namáhání švu se při používání hotového výrobku vyskytují a ovlivňují okolí švu (např. u pletenin pouštění oček)



## Pevnost švu v podélném směru



$F_s$  [N] – pevnost sešitého vzorku  
 $F$  [N] – pevnost nesešitého vzorku  
 $\eta_s$  [%] – účinnost švu

$$\eta_s = F_s / F \cdot 10^2 [\%]$$

## Pevnost švu v příčném směru

- ❑ Příčné namáhání švu způsobuje poškození nití v celé šířce vzorku
- ❑ Vyhodnocuje se **účinnost švu  $\eta_s$  [%]**
  - ❑ Je doporučováno, aby se účinnost švu pohybovala do 80 %
  - ❑ Při tomto způsobu namáhání dochází k posunutí nití v okolí švu

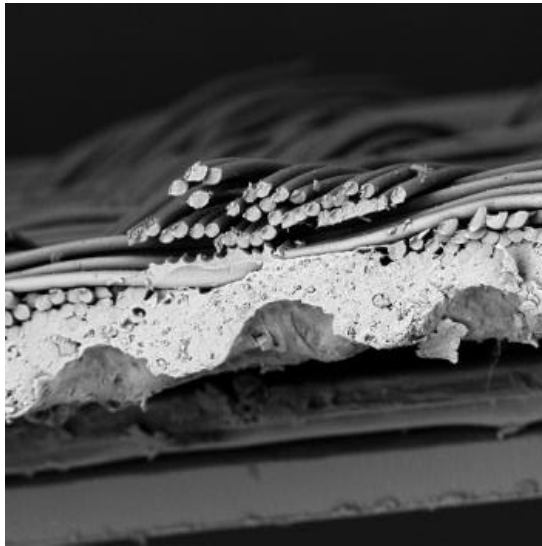




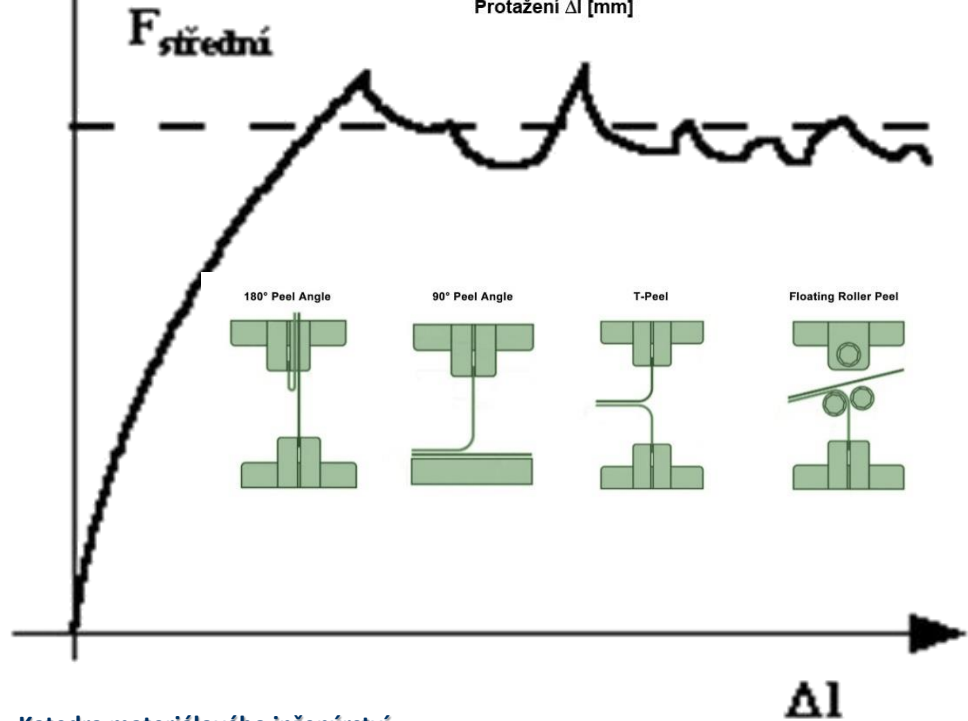
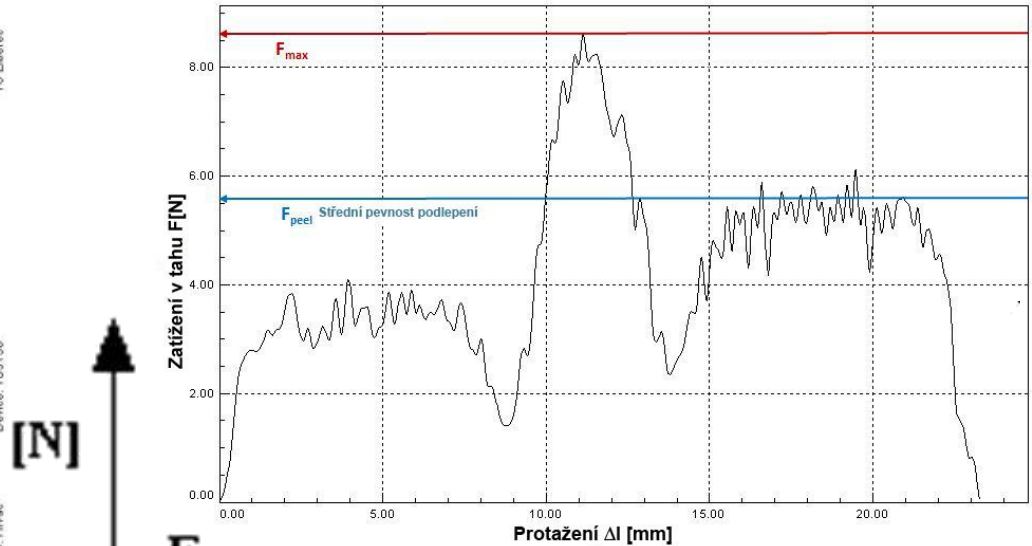
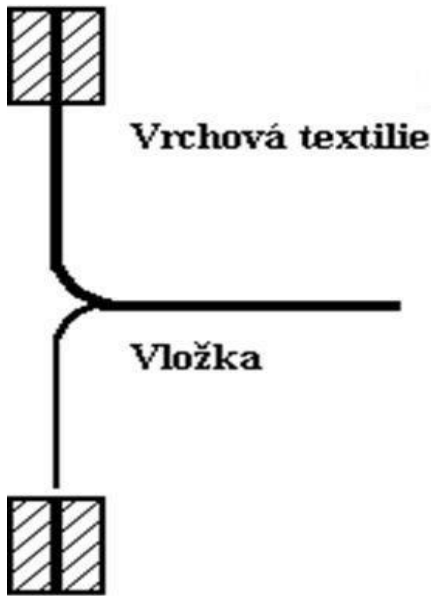
# Pevnost Ipění vrstev

- ❑ **ČSN EN ISO 2411 (80 0830) "Textilie povrstvené pryží nebo plasty – Zjišťování přilnavosti povrstvení"**
- ❑ Pevnost ve Ipění vrstev se uplatňuje při
  - ❑ podlepování vrchového materiálu podlepovací vložkou
  - ❑ opatření vrchní textilie zátěrem, např. PUR pěnou nebo PVC
  - ❑ dalších způsobech vyztužování





SEM MAG: 200 x  
HV: 20.0 kV  
VAC: HV/ac  
DET: BE Det + SE Det  
DATE: 05/08/13  
Device: TFS130  
Vega ©Tescan  
TU Liberec





# Další samostatné normy

- ❑ **ČSN EN ISO 1421 (80 4627)**  
"Textilie povrstvené pryží nebo plasty – Stanovení pevnosti a tažnosti"
- ❑ **ČSN EN ISO 10319 (80 6125)**  
"Geotextilie - Tahová zkouška na širokém proužku"
- ❑ **ČSN 80 4408**  
"Podlahové textilie – zjišťování pevnosti zakotvení vlasu"
- ❑ **ČSN EN 29073-3 (80 6133)**  
"Textilie. Zkušební metody pro netkané textilie. Část 3: Zjišťování pevnosti v tahu a tažnosti"
- ❑ **ČSN EN ISO 1806 (80 6415)**  
"Rybářské sítě - Zjišťování pevnosti ok sítovin"