

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2000

ŠÁRKA VAVROUŠKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ

Obor 31 – 26 – 8  
Technologie textilu a oděvnictví

zaměření: Pletařství  
Katedra mechanických technologií

**PRUŽNOST ZÁTAŽNÝCH PLETENIN**  
**(ELASTICITY OF WEFT KNITTED FABRICS)**

Šárka Vavroušková  
KME – 055

Vedoucí práce: Prof. Ing. Radko Kovář, Csc.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 52

Počet obrázků: 11

Počet tabulek: 13

Počet příloh: 3

31. května 2000

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra mechanických technologií

Školní rok 1999/2000

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pro **Šárku VAVROUŠKOVOU**  
obor **31- 26 - 8 technologie textilu a oděvnictví**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. O vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

**Název tématu: Pružnost zátažných pletenin**

### Zásady pro vypracování

1. Charakterizujte důvody energetických ztrát při deformaci pleteniny, tj. zdroje neelasticity pleteniny. Zabývejte se při tom i použitým vlákenným materiálem, ale především vlivem vnitřního tření v pletenině na její deformační křivku.
2. Zabývejte se jednoduchými zátažnými pletařskými vazbami.
3. Na základě výsledků bodu 1. navrhnete model deformační křivky pleteniny pro celý cyklus deformace (tj. zatížení a odlehčení).
4. Výsledky teoretických úvah experimentálně ověřte.

KME/TTO-PL

52 p. samostat. příl. -

V 122/1999 T+ SAMOST. PŘÍL.

**Rozsah grafických prací:**

**Rozsah průvodní zprávy:**

cca 50 stran

**Seznam odborné literatury:**

Kočí, V.: Vazby pletenin 1. Vydání, Praha 1980

**Vedoucí diplomové práce:** Prof.Ing.Radko Kovář, CSc

**Konzultant:** Ing.Leona Tvrdá

**Zadání diplomové práce:**

03.01.2000

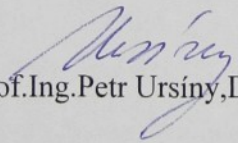
**Termín odevzdání diplomové práce:**

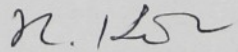
31.05.2000



**Vedoucí katedry:**

**Děkan:**

  
Prof.Ing.Petr Ursíny,DrSc

  
Prof.Ing. Radko Kovář,CSc

V Liberci dne 3. 1. 2000.

## ANOTACE:

Textilie je velmi komplikovaný systém s určitou vnitřní strukturou, od níž můžeme odvodit její chování a vlastnosti. Struktura pletenin je mnohem komplikovanější než u jiných plošných textilií. Je to způsobeno různými způsoby provázání oček, větší deformací příze, ...

Tato diplomová práce se zabývá jednou z vlastností pletenin – pružností. Pleteniny mohou být natahovány do značné délky, a po uvolnění se vrací postupně do původního stavu a uspořádání. Zde se zaměříme na hladkou zátažnou pleteninu. Deformace této pleteniny souvisí s posouváním se příze po přízi a s její deformací v malých oblastech. Deformace je spojena se změnami pozic vláken v kontaktních bodech. Tyto procesy jsou spojeny s vysokým podílem energetických ztrát. Jejich důvodem je především vnitřní tření v pleteninách. Při deformaci se „ztratí“ zhruba polovina vložené energie (přemění se na teplo). Výsledkem je, že se hystereze vyskytuje dokonce i u velmi krátkého deformčního cyklu. To neovlivní ani lineární zatěžovací křivka. Elastické pleteniny testujeme zkouškou na dynamometru INSTRON 4411 cyklickým namáháním. Výsledky se porovnávají s teoretickými předpoklady.

Tento článek by měl upozornit na velký význam vnitřního tření, které je často podceňováno. Měl by přispět k charakterizaci pružnosti pletenin – speciálně v malých oblastech deformace.

## SUMMARY:

Textile is very complicated system with specific inner structure, from that we can derive its behaviour and features. Structure of fabric is more complicated than structure of other surface textiles. It's caused by different ways of eyes connections bigger yarn deformation, ...

This diploma work is preoccupied with one of fabric quality – elasticity. Fabrics can be craned to a big lenght and after slack resituate itself. WE are going to aim at plain, weft fabric now. Deformation of this fabric is connected with shifting yarn on yarn and with her deformation in small areas. deformation is connected with fibres modifications position in contact points. These actions are connected with higher share of energetic losses. Inner friction in fabrics is cause of them above all. Roughly a half of inserted energy is even occurred by a very short cycle of deformation. It doesn't influence nor linear curve. Elasticity of fabric is tested on dynamometer INSTRON 4411. By cycled stress results are contrast with theoretical presumptions.

This article should attend on a large meaning of inner friction, which is often underestimated. It should contribute to elasticity of fabric characterisation / especially in small areas of deformation.

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci  
vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.“

*Šárka Vávrošková*

V Liberci dne 31. května 2000

### PODĚKOVÁNÍ:

Úvodem diplomové práce bych chtěla poděkovat  
Prof. Ing. Radko Kovářovi, Csc. za odborné vedení při vypracování  
této práce.

Zároveň bych chtěla poděkovat Ing. Leoně Tvrdé za cenné rady,  
které mi poskytla , Davidu Koprnickému za pomoc  
s obrazovou dokumentací a také své rodině za to,  
že mě po dobu studia podporovala.

# **OBSAH**

## Seznam použitých symbolů

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 1. ÚVOD -----                                        | 10 |
| 2. TEORETICKÁ ČÁST-----                              | 11 |
| 2.1 Základní definice struktury pleteniny-----       | 11 |
| 2.2 Vlastnosti pletenin -----                        | 13 |
| 2.3 Definice pružnost-----                           | 13 |
| 2.3.1 Pružnost vláken-----                           | 13 |
| 2.3.2 Pružnost pleteniny -----                       | 15 |
| 2.4 Energetická analýza -----                        | 15 |
| 2.5 Deformace-----                                   | 19 |
| 2.6 Deformační křivka pleteniny -----                | 20 |
| 2.7 Stav nitě v pletenině -----                      | 21 |
| 2.8 Vliv použitého materiálu -----                   | 21 |
| 2.9 Geometrický model -----                          | 21 |
| 2.9.1 Hlavní zjednodušující předpoklady-----         | 21 |
| 2.10 Oblast malých deformací-----                    | 22 |
| 2.10.1 Zátěžná jednodílná pletenina - zatížení ----- | 22 |
| 2.10.2 Podélná deformace oka - zatížení -----        | 23 |
| 2.10.3 Příčná deformace oka -----                    | 27 |
| 2.10.4 Podélná deformace oka – odlehčení -----       | 30 |
| 2.10.5 Příčná deformace oka – odlehčení -----        | 31 |
| 3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST -----                         | 32 |
| 3.1 Úvod -----                                       | 32 |
| 3.2 Popis studovaného materiálu-----                 | 32 |

|     |                                          |    |
|-----|------------------------------------------|----|
| 3.3 | Parametry materiálu -----                | 33 |
| 3.4 | Zhotovení vzorků -----                   | 33 |
| 3.5 | Parametry pleteniny pro experiment ----- | 34 |
| 3.6 | Návrh modelové pleteniny -----           | 34 |
| 3.7 | Popis experimentu -----                  | 42 |
| 4.  | VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ -----                 | 49 |
| 5.  | ZÁVĚR -----                              | 51 |
| 6.  | LITERATURA-----                          | 52 |

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

|                                                           |                                                  |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| $w$ .....                                                 | rozteč sloupků [mm]                              |
| $c$ .....                                                 | rozteč řádků [mm]                                |
| $H_R$ .....                                               | hustota řádků [ $m^{-1}$ ]                       |
| $H_S$ .....                                               | hustota sloupků [ $m^{-1}$ ]                     |
| $l$ .....                                                 | délka nitě v očku [mm]                           |
| $d$ .....                                                 | průměr niti [mm]                                 |
| $d_0$ .....                                               | původní průměr niti [mm]                         |
| $d_{ef}$ .....                                            | efektivní průměr niti [mm]                       |
| $\varepsilon$ .....                                       | deformace (protažení) [%]                        |
| $\varepsilon_{celk}$ .....                                | deformace celková [%]                            |
| $\varepsilon_{tr}$ .....                                  | deformace plastická [%]                          |
| $\varepsilon_{el}$ .....                                  | deformace elastická (trvalá) – protažení [%]     |
| $\varepsilon_v$ .....                                     | deformace viskózní – protažení [%]               |
| $T$ .....                                                 | jemnost nitě [ $g \cdot km^{-1}$ ]               |
| $E$ .....                                                 | modul pružnosti (Youngův) [ $m^{-1} kg s^{-2}$ ] |
| $\sigma$ .....                                            | napětí [Pa]                                      |
| $J$ .....                                                 | moment setrvačnosti [ $mm^4$ ]                   |
| $B$ .....                                                 | ohybová tuhost nitě [ $m kg^2 s^{-2}$ ]          |
| $M_O$ .....                                               | ohybový moment [N m]                             |
| $M_{OA}, M_{OB}$ .....                                    | ohybový moment daného bodu [N m]                 |
| $F, F_{Ax}, F_{Ay}, F_{Bx}, F_{By}, F_{Cx}, F_{Cy}$ ..... | zatěžovací síla [N]                              |
| $R$ .....                                                 | poloměr [mm]                                     |
| $k$ .....                                                 | křivost nitě [mm]                                |
| $f$ .....                                                 | součinitel tření [-]                             |
| $\phi$ .....                                              | třecí úhel [rad]                                 |
| $\alpha$ .....                                            | úhel [rad]                                       |
| $\varepsilon_{sl}$ .....                                  | deformace ve směru podélném [%]                  |
| $\varepsilon_f$ .....                                     | deformace ve směru příčném [%]                   |

|                  |                                                     |
|------------------|-----------------------------------------------------|
| $R_A, R_B$ ..... | poloměr oskulační kružnice (bodů A,B) [mm]          |
| $a$ .....        | vedlejší poloosa elipsy [mm]                        |
| $b$ .....        | hlavní poloosa elipsy [mm]                          |
| $x, y, z$ .....  | proměnná veličina, souřadnice                       |
| $l_e$ .....      | původní délka [m]                                   |
| $l_{CELK}$ ..... | délka při zatížení [m]                              |
| $l_{EL}$ .....   | délka při uvolnění [m]                              |
| $l_R$ .....      | délka po relaxaci [m]                               |
| $W$ .....        | skalární hodnota energie pro strukturální buňku [J] |
| $W_0$ .....      | ohybová energie (nitě) [J]                          |
| $W_t$ .....      | torzní energie (nitě) [J]                           |
| $W_p$ .....      | energie příčného stlačení (nitě) [J]                |
| $W_d$ .....      | energie podélného protažení (nitě) [J]              |
| $\mu$ .....      | Poissonův koeficient [-]                            |
| $dV$ .....       | změna objemu [m <sup>3</sup> ]                      |
| $m_s$ .....      | plošná hmotnost [g m <sup>-2</sup> ]                |
| $ZJ$ .....       | zátažná jednolící pletenina                         |
| $ZJH$ .....      | zátažná jednolící pletenina hladká                  |
| $PES$ .....      | polyester                                           |
| $R$ .....        | rub                                                 |
| $L$ .....        | líc                                                 |

# 1. ÚVOD

Pletařský průmysl patří k nejmladším odvětvím textilní výroby. Znalost ručního pletení je prokázána v 6. století našeho letopočtu v Egyptě. V Evropě ve 13. století. Vyráběly se rukavice, čepice a punčochy. V 16. století se začaly vyrábět nohavice. Pletly se ploché kusy, které se potom sešívaly.

Vynálezcem prvního pletacího stroje byl roku 1589 angličan William Lee. Tento stroj pletl 600 oček za minutu. První pletárna punčoch na našem území vznikla v roce 1697 (klášter v Oseku). Nové principy byly vynalezeny v 19. století. 20. století je obdobím technického zdokonalování těchto principů.

Mnohé z pletařských strojů mají velkou produkční schopnost. V dnešní době jsme schopni uplést nejenom oděvy a interiérové textilie, ale i výztuže kompozitních materiálů, obaly, zdravotnické implantáty (mezi které patří např. cévy, šlachy, ...). Špičkové velkopřůměrové pletací stroje pletou současně např. 120 řádků rychlostí  $1,5 \text{ ms}^{-1}$ , nejrychlejší osnovní stroje dokonce překročily hranici 50 otáček  $\text{s}^{-1}$ .

Pleteniny se vyrábějí z téměř všech druhů nití. Lze využít různých efektních nití. Druh nitě se volí s ohledem na předpokládané použití pleteniny a vhodnou vazbu.

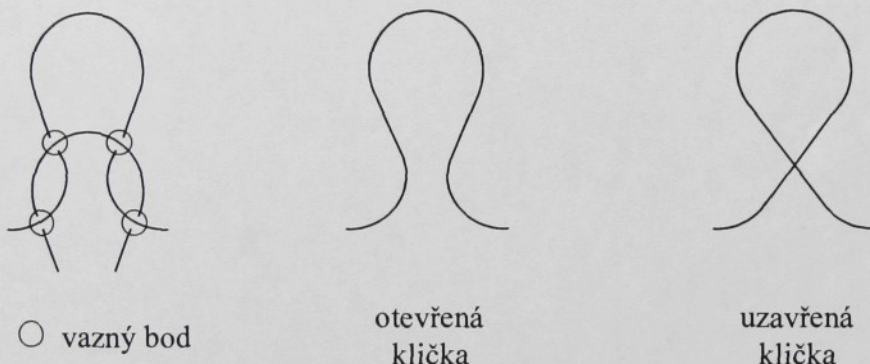
Pletenina je velmi komplikovanou strukturou na rozdíl od ostatních plošných textilií. Důsledkem je větší deformace nitě, různé vazební prvky, ... . Proto je základna poznatků o této struktuře velmi malá, neznámé jsou i zkušební metody vhodné pro pleteniny. I když už víme, jak změřit pevnost nebo tažnost, stejně nedosáhneme těmito zkouškami dostatečné charakteristiky. Význam bude mít proto oblast malých deformací a deformabilita. Problém velkého počtu vstupních proměnných parametrů (rychlost a čas zatěžování a odlehčení, zatěžovací napětí nebo deformace) způsobuje obtížné definování podmínek měření vlastností pletenin při různých formách deformace.

Tato práce je zaměřena na bližší popis a charakteristiku mechanické vlastnosti, a to pružnosti pletenin. Zabývá se jednoduchou zátažnou jedolící vazbou. Výsledkem by mělo být přibližné navržení deformační křivky pleteniny pro celý cyklus (tj. zatížení a odlehčení).

## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 ZÁKLADNÍ DEFINICE STRUKTURY PLETENINY

Pleteninu tvoří jedna nebo více soustav nití, které jsou navzájem propojeny pletářskou technikou tak, aby vznikl plošný textilní útvar. Propojení vzniká přetvarováním a krátkými pohyby nití, které mohou být odvíjeny podle potřeby z velkých a nepohybujících se těles. Vznikají místa, kde se nitě překříží, tzv. *vazné body* (obr.1).



Obr.1 Vazný bod, kličky

Za základní stavební prvek pleteniny můžeme považovat *kličky* (obr.1). Kličkou rozumíme část nitě stočené do určitého tvaru, která je zúčastněna na struktuře pleteniny.

*Očko* vznikne protažením kličky předchozím vazebním prvkem. Podle toho, z které strany se na očko díváme, rozlišujeme líc očka (klička je protažena dopředu), nebo rub očka (klička je protažena dozadu). Norma ČSN 80 0018 dovoluje použít názvy lícní očko a rubní očko.

Sled oček provázaných ve svislém směru se nazývá *sloupek*, sled oček provázaných bezprostředně po sobě nebo najednou nazýváme *řádek*.

Podle uvedené normy se rozlišují - jehelní oblouček očka

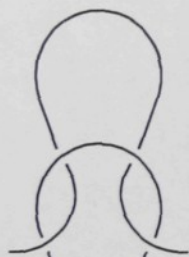
- platinový oblouček očka
- stěny očka

*jehelní oblouček očka* – horní část očka spojující stěny očka, která se při pletení dotýká jehly

*platinový oblouček očka* – spodní část očka spojující stěny očka, při pletení je ve styku s platinou

*stěny očka* – spojnice jehelních a platinových obloučků

Platinový oblouček je jiný u pletenin zátažných a jiný u pletenin osnovních. U pletenin zátažných jsou platinové obloučky rozměrově i tvarově stejné (obr.2). U osnovních pletenin má očko dva obloučky různé velikosti a různého tvaru (obr.3).



obr.2



obr.3

Rozlišujeme ještě další parametry očka:

- rozteč sloupků  $w$
- rozteč řádků  $c$
- délka očka  $l$

Pleteniny rozdělujeme na zátažné a osnovní

Zátažné pleteniny – plošná textilie vytvořená z vodorovné soustavy nití (nebo jen z příčné nití).

Osnovní pleteniny – plošná textilie vytvořená ze svislé soustavy nití.

## **2.2 VLASTNOSTI PLETENIN**

Vlastnosti můžeme rozdělit na :

- geometrické – například:
  - délka a šířka pletených útvarů
  - zešíkmení řádků a sloupků
  - hmotnost pleteniny
- deformační:
  - mačkavost
  - splývavost
  - deformace po prání
  - měkkost
  - odolnost proti opotřebení
  - tepelně izolační vlastnosti
  - prodyšnost
  - tažnost
  - pružnost a další.

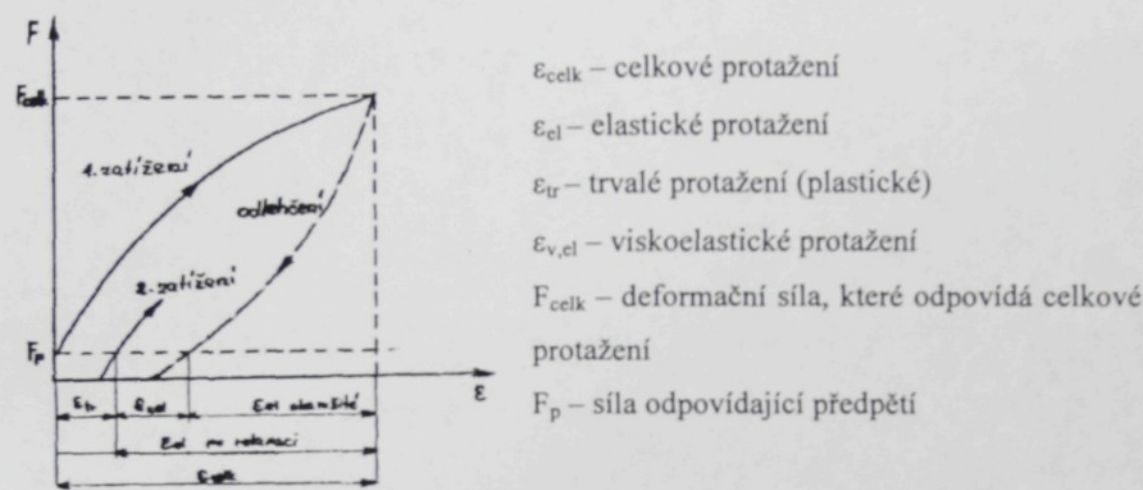
## **2.3 DEFINICE PRUŽNOST**

Vlastnosti a chování textilií jsou odrazem zejména její struktury a složení. Budeme proto muset při definici tohoto pojmu vycházet z definic a poznatků vztahujících se k délkovým textilním útvarům (příze) a samostatným vláknům.

### **2.3.1 PRUŽNOST VLÁKEN**

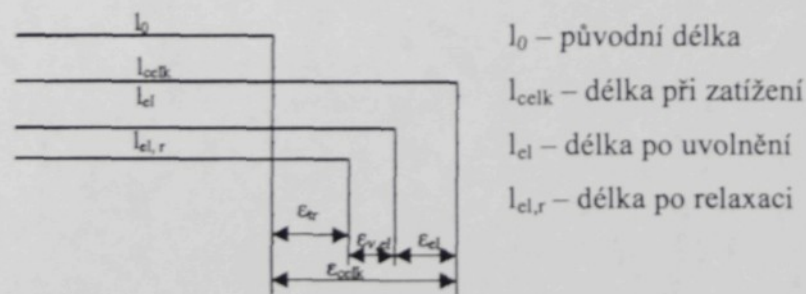
Pružnost vláken (elastičnost) – schopnost vláken vracet se po uvolnění síly, která způsobuje deformaci (natažení, ohyb, zkroucení,...), do původního stavu (rozměrově i tvarově). Tedy úplné nebo částečné vyrovnaní deformace způsobené dočasným namáháním.[4] Při namáhání vlákna tahem se v praxi sleduje poměr pružného prodloužení

vzhledem k celkovému prodloužení. Obvykle se uvádí v procentech (100% = dokonalá pružnost) a závisí na čase a velikosti rostoucího protažení ( $\epsilon$ ).



Obr. 4 Schématický popis cyklu zatížení deformační tahovou silou, odlehčení, relaxace

Obrázek 4 znázorňuje cyklus pouze částečně elastického materiálu. Hysterézní křivka není uzavřena, proto i po určité relaxační době zůstane trvalá deformace ( $\epsilon_{tr} > 0$ ).



$$\frac{l_{celk} - l_{el,r}}{l_{celk} - l_0} \cdot 100 \quad \text{vyjádření pružnosti [\%]}$$

Obr.5 Změny délky namáhaného vlákna

Nejenom na pružnost, ale i na ostatní mechanické vlastnosti má vliv vlhkost a teplota prostředí, typ, velikost, rychlost, způsob předcházejícího namáhání (režim deformace) ...

a to přechodně nebo trvale. Pružnost je také vlastnost různá pro vlákna různých druhů. Způsobuje to jiná vnitřní molekulová struktura.

### **3.2 PRUŽNOST PLETENINY**

Pružností pleteniny (elastičností) rozumíme její schopnost po zatížení a odlehčení měnit vratně své rozměry (při zatížení změna jedním směrem, po odlehčení samovolná změna směrem opačným). Z toho vyplývá, že projevy pružnosti pleteniny musí předcházet deformace (protažení), jinak se pružnost nemůže projevit.

Pokud by pletenina nebyla elastická, byla by naprosto bez hodnoty, každé vyboulení by mělo trvalý charakter. [1]

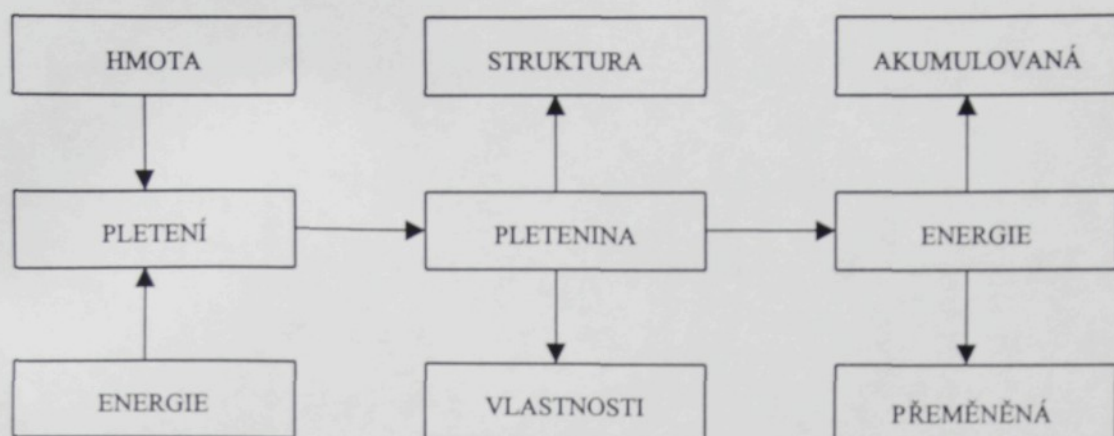
Pružnost v pletenině souvisí s tažností – vyšší deformabilita pleteniny (tažnost) z obvyklých materiálů dává předpoklad větší pružné deformace. Pružnost pleteniny je závislá i na materiálu – zvláště elasticitě nitě. Vliv má vazba (provázání přízí v textilii) a hustota (délka nitě v očku).

Paradoxem je, že elasticita vláken není jenom zdroj pružnosti příze a látek, ale má za následek vnitřní tření a plastickou složku deformace. To znamená zhoršování pružnosti pleteniny.

### **2.4 ENERGETICKÁ ANALÝZA**

Do procesu vzniku pleteniny vstupuje nejen hmota (textilní materiál), ale také energie (obr.6).

Energie se v textilii může díky elastickému podílu deformace akumulovat, nebo může být působením elastického podílu deformace přeměněna na energii tepelnou.



Obr. 6 Úloha energie v pletenině

K **energetickým ztrátám** dochází při deformaci průměru nití, vlivem odstávajících vláken, ... . Hlavní příčiny energetických ztrát v textiliích spočívají v tzv. vnitřním tření textilií. Změníme-li tvar textilie, dojde ke vzájemné změně polohy jejich nižších hierarchických součástí. Těmito součástmi máme na mysli u plošných textilií nitě, u nití vlákna, atd.. Při této změně polohy dochází ke ztrátám energie uvnitř textilie. U vláken se jedná o projev neelastických složek deformace. Při pletení dochází k tomu, že se nit ohýbá a napřimuje, dochází také k deformaci průřezu nitě. Při tom můžeme očekávat vliv vnitřních složek tření.

U vnitřního tření i velmi malá deformace textilií má nevratnou (plastickou) složku.

Charakteristika energetických změn pro jednotlivé složky deformace:

1. elastická složka - energie vložená při deformaci je vratná
2. viskózní složka - energie vložená při deformaci je nevratná
3. plastická (třecí) složka - deformační energie je nevratná

ad 1. vložená mechanická energie se celá akumuluje

ad 2. a 3. mechanická energie se přeměňuje na tepelnou

Z definice ZZE (zákon zachování energie) platí, že:

$$E_{\text{vložená}} = E_{\text{akumulovaná}} + E_{\text{tepelná}}$$

Energetická ztráta je dobře patrná z charakteristik získávaných zaznamenáváním hodnot při zkouškách materiálů. Odezva na mechanické vlastnosti nám dává výslednou hysterézní křivku.

*Hystereze* (disipace energie) je skutečnost, že některé fyzikální změny nejsou vratné, že určitá fyzikální veličina časově ani obsahem neodpovídá jevu, který ji vyvolal [7].

Tuto skutečnost budeme chápat tak, že zatížená textilie určitého materiálu se s ohledem na své mechanické vlastnosti po uvolnění nevrátí do původního rozměru.

Budeme-li se dívat na energii z hlediska obsahu vnitřní deformační energie zjistíme, že je odvozená od vnitřní částicové struktury. Skládá se z kinetické energie neuspořádaného pohybu molekul, celkové potenciální polohové energie molekul, z potenciální a kinetické energie kmitajících atomů molekul tělesa a z jaderné energie a energie elektronů. Budeme předpokládat, že jako u většiny soustav je tu snaha zaujmout stav s minimální hladinou vnitřní energie. Za pomoci strukturálních změn se snaží dosáhnout tzv. plně relaxovaného stavu.

Minimální hladiny vnitřní energie se však nedosáhne – z toho vyplývá, že se na pleteninu můžeme dívat jako na předepjatou soustavu.

Energie se v pletenině uchovává pomocí elastických složek deformace nitě (především ohybové). Snížení obsahu vnitřní energie v textilií bychom dosáhly pomocí relaxačních procesů a tepelnou fixací (zmenšení podílu elastické deformace nitě). Akumulace určité části vložené energie pleteninou je důsledkem existence pružných složek deformace příze, vláken, ...

Obsah vnitřní energie, kterou považujeme za potenciální, ovlivňuje stáčivost a paratelnost pleteniny. Čím více energie, tím je textilie pružnější.

Rychlým relaxačním procesem brání pasivní odpory (tření), které tak nestabilní pleteniny konzervují. Jejich vliv roste zvětšováním obsahu vnitřní energie. I malá deformace pleteniny způsobuje posouvání materiálu v místech kontaktu. Tím dochází k přeměně mechanické energie na tepelnou. Zdrojem plasticity a tření je právě posouvání po sobě.

Z této energetické analýzy vyplývá, že ani dokonale pružná nit nám nezajistí pružnou pleteninu. Maximálně pružná pletenina by musela mít koeficient tření roven nule, nebo rovné elastické nitě. Potom by ke tření při namáhání nedocházelo.

Deformační energii lze formulovat podle vztahu (Jong a Postle) [2]:

$$W = \sum_{i=1}^n \int_0^{l_i} (W_0 + W_t + W_p + W_d)_i ds$$

$l_i$  – délka  $i$ -tého vazného prvku ve strukturální buňce

$n$  – počet vazebních prvků ve strukturální buňce

$W_0$  – ohybová energie nitě

$W_t$  – torzní energie nitě

$W_p$  – energie příčného stlačení

$W_d$  – energie podélného protažení nitě

Pro  $W_0$  (uvažujeme-li elastický ohyb) platí:

$$W_0 = \frac{k^2 \cdot (EJ)}{2}$$

$k^2$  – hodnota relativní deformace (křivost  $k$ )

$EJ$  – ohybová tuhost

Pro torzi - platí stejný vztah, ohybová tuhost nitě  $EJ$  by byla nahrazena torzní tuhostí a křivost poměrným úhlem zkroucení nitě.

$W_p$  – zjistíme poloempirickým vztahem

$W_d$  – zanedbá se

Energie se potom sečtou z tvaru nitě v očku, reprezentovaného prostorovou křivkou  $z = z(s)$ .

$z = (z_1, z_2, z_3)$  – kartézské souřadnice obecného bodu

$s$  – délka křivky stanoveného počátku k tomuto bodu

Vztah pro výpočet energie vypadá jednoduše, jeho aplikace však pro konkrétní pleteninu tak jednoduchá není.

## 2.5 DEFORMACE

Mezi mechanické vlastnosti pletené textilie, které se významně podílejí na její užitné hodnotě, patří **deformace** pleteniny při namáhání tahem. Mnohé o elastické pletenině vypovídá zkouška cyklickým namáháním v podélném a příčném směru. Pletenina se po namáhání nevrací do původního stavu (projevují se pasivní odpory, především tření nití ve vazných bodech). Při deformaci se ztrácí (přeměňuje na teplo) zhruba polovina vložené deformační energie.

Deformace je definovaná jako změna původního tvaru.

Deformaci můžeme rozdělit na vratnou (elastickou) nebo nevratnou (plastickou) – spojená s přeměnou mechanické energie na tepelnou.

Zahrnuje 3 typy deformačních jevů : - elastické

- viskózní

- plastické

Pro celkovou deformaci platí vztah:

$$E_{\text{celk}} = E_{\text{tr}} + E_v + E_{\text{cl}}$$

Elastická deformace (pružná) – okamžitá, časově nezávislá, dokonale vratná

Plastická deformace (třecí) – dokonale nevratná (trvalá)

Viskózní deformace – je funkcí rychlosti

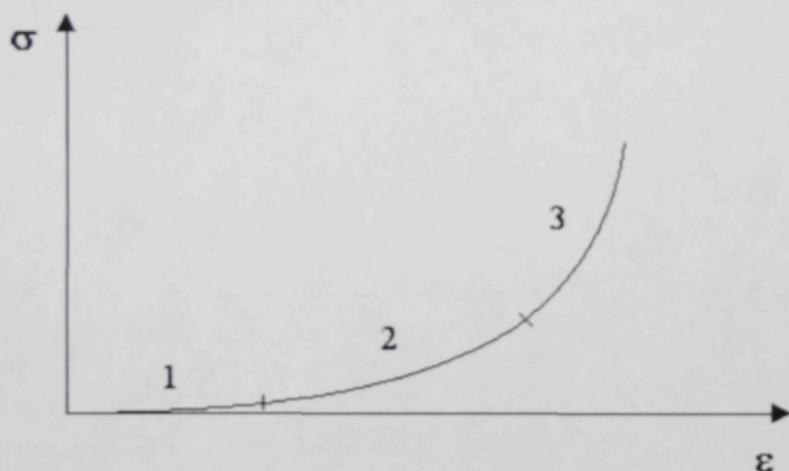
Pro vlákna platí [11]:

Pružná deformace – pouze malé protažení (cca 0,2%), ( $\mu > 0,5$ ;  $dV < 0$ )

Plastická deformace – velké protažení, ( $\mu < 0,5$ ;  $dV < 0$ )

## 2.6 DEFORMAČNÍ KŘIVKA PLETENINY

Při studiu struktury a vlastností pletenin má velký význam znalost deformační křivky (obr.5). Pro běžné pleteniny je charakteristika deformačních křivek přibližně stejná. Můžeme ji rozdělit na tři úseky. Při praktickém používání pleteniny patří mezi nejdůležitější oblasti, oblast malých deformací. Jen výjimečně se stane, že se pletenina poruší vinou nedostatečné pevnosti.



Obr.7 Deformační křivka pleteniny

1. úsek – už při velmi malém přírůstku zatěžovací síly, dochází k velkému přírůstku deformace. Křivka se pohybuje po vodorovné ose. V celé této oblasti dochází k posuvu vazných bodů po nitích a k deformaci tvaru očka.
2. úsek – křivka je dosti nelineární. Postupně se omezuje možnost tvarové deformace nití v očkách. Dochází k posuvu vazných bodů, dokud se nitě v sousedních vazných bodech nezačnou dotýkat a nedojde k deformaci průřezů nití.
3. úsek – bylo dosaženo maximální tvarové deformace a maximálního posuvu vazných bodů. Po překročení tohoto úseku dochází k destrukci pleteniny.

Křivka má výrazně nelineární charakter, čím složitější vazbu pleteniny použijeme, tím nelinearita narůstá.

## **2.7 STAV NITĚ V PLETENINĚ**

Jak už bylo uvedeno dříve, základním elementem, ze kterého je tvořena pletenina, je nit, která je zdeformovaná do tvaru oka. Očko představuje prostorovou křivku. Abychom mohli ohnout nit, potřebujeme k tomu určitou sílu. Ve vazných bodech dochází k dotyku nití a k jejich vzájemnému silovému působení. Při tomto silovém působení dojde ke vzniku tření, které brání relaxaci a posuvu nití při deformaci. Velikost tření závisí na tlaku, koeficientu tření a úhlu opásání.

## **2.8 VLIV POUŽITÉHO MATERIÁLU**

Tvar základního opakujícího se elementu (oka zátažné pleteniny) závisí na mnoha faktorech. Jedním z nich je i druh použitého materiálu. Vlastnosti nitě velmi ovlivňují velikost strukturálních parametrů, jako jsou např. rozteč sloupků a rozteč řádků, a tím následně tvar jednotlivých částí oka. Proto je výhodnější modelovat očko pro „ohebnou“ a „pružnou“ nit.

## **2.9 GEOMETRICKÝ MODEL**

Geometrické modely nahrazují představu o pletenině a modelují geometrii zaplétání nitě na základě pozorování. Popisují ji jen z určitých hledisek a zjednodušeným způsobem. Jsou ale nezbytné pro jednoznačnost řešení, např. u deformačních schopností pletenin.

### **2.9.1 HLAVNÍ ZJEDNODUŠUJÍCÍ PŘEDPOKLADY**

1. Pletenina je v relaxovaném stavu, tj. s minimem deformační energie.
2. Nit v oku byla původně válcového tvaru a měla kruhový průřez.

3. Nit se deformuje pružně (elasticky), platí pro ni Hookův zákon ( $\sigma = \epsilon \cdot E$ ) v daném rozsahu deformací. Bez tohoto předpokladu, i když neodpovídá skutečnosti bychom nedospěli ke zjednodušeným výsledkům.
4. Pro malý počet zákrutů nitě používaných v pletených strukturách je skutečný průměr nitě  $d_0$  po celé délce oka proměnlivý. Proměnlivost průměru nitě vzniká „zprohýbáním“ délkového materiálu. Zvláště ve vazných bodech dochází ke „stlačování“, změně průřezu a ovlivňování jeho velikosti. Průměr  $d_0$  niti se změní na efektivní průměr  $d_{ef} = \text{konstanta}$ .
5. Ve vazném bodu působí síly bodově. Ostatní síly zanedbáváme.

Z předpokladu 1 a 5 vyplývá, že sousední řádky jsou na sebe kolmé.

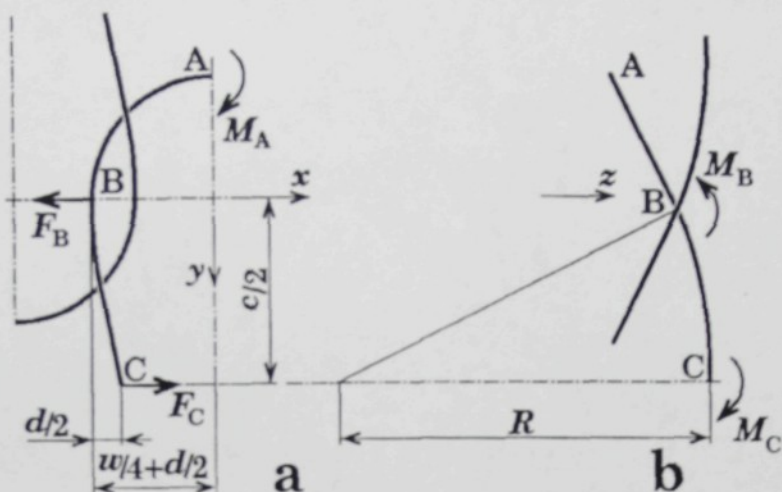
## 2.10 OBLAST MALÝCH DEFORMACÍ

Doposud byly popsány zákonitosti deformačních procesů pletenin, pohled na energetickou stránku pletených struktur a obecně popsaná deformace. Dále se budeme zabývat rozбором deformačního procesu v oblasti malých deformací pro hladkou zátažnou jednolící pleteninu.

### 2.10.1 ZÁTAŽNÁ JEDNOLÍCNÍ PLETENINA HLADKÁ (ZJH)

Zátažná pletenina – charakteristikou je snadná paratelnost v obou směrech, výrazná stáčivost. Tu má na svědomí pružná složka deformace nitě. U ZJH se projevuje na obě strany. Po sloupku se stáčí z R na L a po řádku z L na R.

Budeme-li namáhat zátažnou pleteninu ve směru sloupků a směru řádků, budeme předpokládat, že nedojde k zešikmení strukturální jednotky. Kolmost řádků a sloupků zůstane zachována. Z toho vyplývá, že základní elementy budou symetrické a je možné se zabývat pouze jedním tvarem oka.



Obr. 8 Model oka ZJH

## 2.10.2 PODÉLNÁ DEFORMACE OČKA - ZATÍŽENÍ

Deformace může být způsobena:

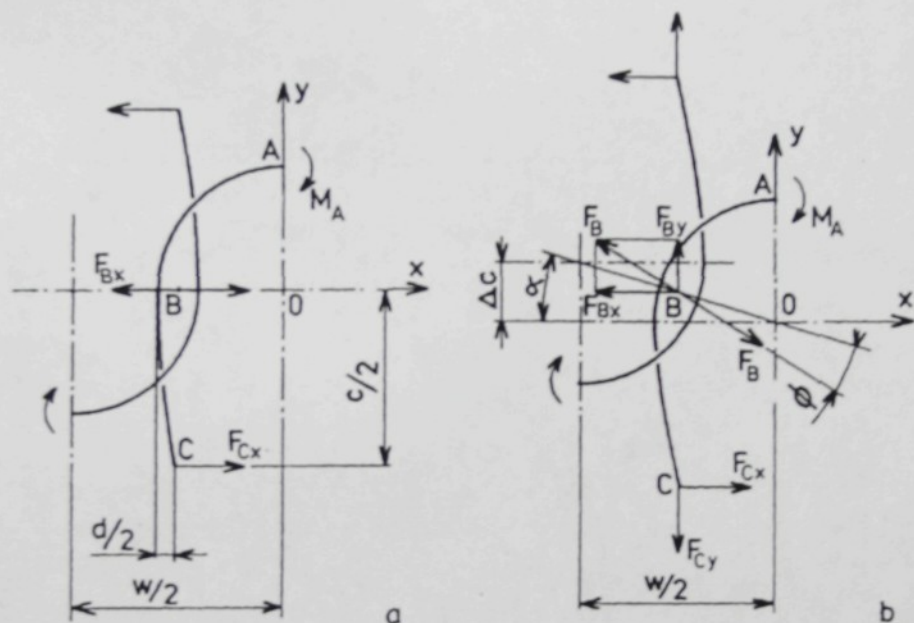
1. Vzájemným posuvem nití sousedních řádků ve vazných bodech
2. Změnou tvaru osy nitě v očku
3. Deformací průřezu nitě v místě kontaktu nití
4. Délkovou deformací osy nitě

Příčiny deformace můžeme pro malá zatížení zanedbat.

Napětí, které působí na čtvrtinu oka ve směru sloupků (obr.9), se rozkládá na tahové síly  $F_{Cy}$ . Síly  $F_{Bx}$ ,  $F_{Cx}$  a moment  $M_A$  mají charakter vnitřních sil, které existují už před deformací pleteniny.

**1. Deformace posuvem vazného bodu,** tj. při zanedbání vlivu deformace tvaru nitě v očku, je závislá na koeficientu tření  $f$  a na velikosti vnitřních sil nití  $F_{Bx}$  a  $F_{Cx}$ . Vnější tahová síla  $F_{Cy}$ , která je v plně relaxovaném stavu působí kolmo na síly reakce mezi nitěmi  $F_B$  (obr. 9a). V bodě A bude působit pouze ohybový moment  $M_A$  v rovině jehlového obloučku. V bodě B bude působit síla  $F_B$  a moment  $M_B$  v rovině  $x,y$ . Moment

$M_B$  v rovině  $x,z$  bude na úsek BC působit ohybový moment konstantní velikosti  $M = M_B = M_C$ . Tento moment způsobuje prohnutí stěn oka v této rovině na poloměr  $R$  a zvětší délku nitě v oku pro extrémní případ (obr.8). Bod C bude zatížen silou  $F_C$ , která působí ve směru osy  $x$  a momentem  $M_B$  v rovině  $x,z$ .



Obr. 9 Silové působení na oko ZJ pleteniny před deformací (a) a po deformaci v podélném směru (b)

Jehelní a platinové obloučky se po sobě posouvají po kruhové plošce. Úsek oka AB bude čtvrtkružnice ( $M_{AB} = \text{konstanta}$ ). Normála na stykové ploše obou nití se odkloní od směru  $x$  o úhel  $\alpha$ . Síla  $F_B$  se odkloní od osy  $x$  ještě o třetí úhel  $\phi$  (obr. 9b). Z toho vyplývá, že síla  $F_B$  bude od osy  $x$  odkloněna o úhel  $(\alpha + \phi)$ . Pro vzájemný posuv sousedních řádků, který má bezprostřední vztah k deformaci pleteniny, bude platit:

$$\Delta c = \frac{w}{2} \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

Vnitřní síla  $F_{Bx}$  závisí na tuhosti nitě B a na geometrii oka.

$$\text{Platí: } \frac{1}{R} = \frac{M_0}{B} \quad (2)$$

$$k = \frac{1}{R} = \frac{F_{Cx} \cdot \frac{c}{2}}{EJ} = \frac{F_{Cx} \cdot c}{2EJ} = \frac{F_{Bx} \cdot c}{2EJ} \quad (3)$$

Z (3) vyplývá:

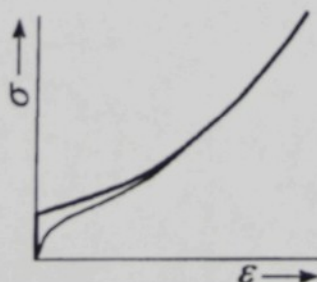
$$F_{Bx} = \frac{2EJ}{cR} = \frac{2EJ}{\frac{\frac{w}{2} + d}{c \cdot \frac{2}{2}}} = \frac{2EJ}{c(\frac{w}{4} + \frac{d}{2})} = \frac{8EJ}{c(w + 2d)} \quad (4)$$

Pro R platí :  $R = \frac{w}{4} + \frac{d}{2}$

Budeme-li předpokládat, že se při malých deformacích síla  $F_{Bx}$  nebude měnit, bude platit:

$$F_{By} = F_{Bx} \operatorname{tg}(\alpha + \phi) \quad \text{pro } \alpha > 0 \quad (5)$$

Pokud by nastala situace, že nedojde k deformaci pleteniny a  $\alpha=0$ , jednalo by se o ideální případ. Deformační křivka by měla teoreticky v okolí bodu  $\varepsilon \rightarrow 0$  až do překonání třecího odporu svislý úsek (obr.10). Ve skutečnosti této situace nedosáhneme. Reálná křivka je plynulejší, neboť zde může dojít k deformaci i před překonáním třecích odporů a třecí síly mezi nitěmi začínají působit plynule.



Obr.10 Počátek podélné deformace ZJ pleteniny

$$\text{Pro } \alpha = 0 \quad F_{By} = F_{Bx} \operatorname{tg} \phi = F_{Bx} f \quad (6)$$

Z (4) a (5) vyplývá:

$$F_{By} = \frac{8EJ}{c(w+2d)} \operatorname{tg}(\alpha + \phi) \quad (7)$$

Víme, že:

$$\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta} \quad (8)$$

Z toho vyplývá, že (7) je rovno:

$$F_{By} = \frac{8EJ}{c(w+2d)} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \phi}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi} \quad (9)$$

Relativní změna rozměru ve směru sloupků je tedy:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{\Delta c}{c} = \frac{\frac{w}{2} \operatorname{tg} \alpha}{c} = \frac{w \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2c} \quad (10)$$

$$\text{odtud} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\varepsilon_{sl} \cdot 2c}{w} \quad (11)$$

Z (9), (10), (11) vyplývá:

$$F_{By} = \frac{8EJ}{c(w+2d)} \cdot \frac{\frac{\varepsilon_{sl} \cdot 2c}{w} + f}{1 - \frac{\varepsilon_{sl} \cdot 2c}{w} \cdot f} = \frac{8EJ}{c(w+2d)} \cdot \frac{\frac{2c \cdot \varepsilon_{sl} + wf}{w}}{\frac{w - 2c \cdot \varepsilon_{sl} f}{w}} = \frac{8EJ}{c(w+2d)} \cdot \frac{2c \cdot \varepsilon_{sl} + wf}{w - 2c \cdot f \cdot \varepsilon_{sl}} \quad (12)$$

Vztah (12) udává závislost mezi dílčí zatěžovací silou  $F_{By}$  a poměrným prodloužením pleteniny  $\varepsilon_{sl}$  (deformační křivka). Závislost platí pro počáteční deformaci pleteniny.

**2. Deformace změnou tvaru nitě** pro daný případ bude malá. Výrazněji se projeví až v dalších fázích. Celé podélné napětí v pletenině přenáší úsek BC (obr.9). Ten se deformuje jen málo. Tento úsek nitě je i po relaxaci pleteniny skoro ve směru  $y$ . Proto k deformaci tvaru nitě dojde až tehdy, když se nit z úseku AB částečně přesune do úseku BC.

### 2.10.3 PŘÍČNÁ DEFORMACE OČKA – ZATÍŽENÍ

Vycházejme z podobných předpokladů jako u deformace ve směru sloupků. Příčná deformace  $\varepsilon_f$  vyvolává napětí  $\sigma_f$ , které působí ve směru řádků (obr.9). Při počáteční deformaci, se úseky AB a BC nemění – nedochází k posunu nití ve vazných bodech. Síla  $F_{Ax} = F_A$  v oblasti počáteční deformace způsobuje zvětšení síly ve vazných bodech na  $F_{Bx} = F_{Ax} + F_{Cx}$ . Deformace nebude tedy začínat posuvem nitě, ale tvarovou deformací úseku AB. Normála ke styčným plochám obou nití v bodu B se se vzrůstající deformací odklání od směru  $x$ , tím i od směru působení vnější síly  $F_{Bx}$ . Začne docházet k prokluzu a k posuvu nití po sobě (část BC se přesune do úseku BA). U ideální pleteniny by k tomu došlo, pokud by úhel mezi silou  $F_{Bx}$  a normálovou silou dosáhl velikosti úhlu  $\phi$ . U reálné pleteniny dochází k vzájemnému posuvu dříve.

Při počáteční deformaci má rozhodující vliv tvarová deformace nitě v očku v úseku AB. Analytický popis by byl komplikovaný, těžko bychom odhadli tvar tohoto úseku, proto raději použijeme model geometrický. Budeme předpokládat, že původní kruhový tvar úseku AB se po protažení změnil na tvar elipsy o poloosách  $a = OA$  a  $b = OB$ . Síla  $F_A$  vytváří spolu s momentem  $M_A$  ohybový moment v nitě, působící v bodě B.

Pro poloměr oskulační kružnice platí:

$$R_B = \frac{a^2}{b} = \frac{\overline{OA}^2}{\overline{OB}} \quad R_A = \frac{b^2}{a} = \frac{\overline{OB}^2}{\overline{OA}} \quad (13)$$

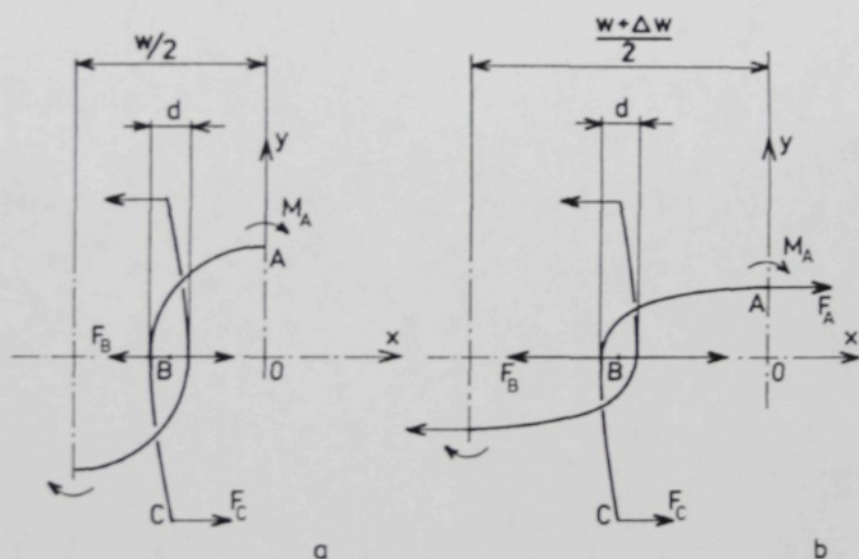
Známe-li křivost, vypočítáme působící ohybové momenty ze vzorce (2):

$$M_{OA} = \frac{B}{R_A} = \frac{a \cdot EJ}{b^2} \quad M_{OB} = \frac{B}{R_B} = \frac{b \cdot EJ}{a^2} \quad (14)$$

Dále platí, že :  $M_B = M_A + F_A \cdot a$  (15)

Pro sílu  $F_{Ax}$  po dosazení (14) a (15) platí:

$$F_{Ax} = \frac{M_{OB} - M_{OA}}{a} = \frac{b^3 EJ - a^3 EJ}{a^3 b^2} = \frac{EJ(b^3 - a^3)}{a^3 b^2} \quad (16)$$



Obr. 11 Silové působení na očko ZJ pleteniny před deformací (a) a po deformaci v příčném směru (b)

Budeme předpokládat, že se délka nitě v očku v úseku AB při počáteční deformaci nebude měnit. Před deformací byla délka tohoto úseku

$$l_{AB} = \frac{\pi}{2} \cdot \left( \frac{w}{4} + \frac{d}{2} \right) \quad (17)$$

po deformaci vycházíme ze vzorce pro výpočet obvodu elipsy:

$$l_E = \pi \cdot \left[ \frac{3}{2}(a+b) - \sqrt{a \cdot b} \right] \quad (18)$$

$$\text{z toho} \quad l_{AB} = \frac{\pi}{4} \cdot \left[ \frac{3}{2}(a+b) - \sqrt{a \cdot b} \right] \quad (19)$$

Z uvedených vztahů získáme vztah pro deformaci pleteniny:

$$\varepsilon_f = \frac{\Delta w}{w} = \frac{4b - 2d - w}{w} \quad (20)$$

$$b = \frac{\varepsilon_f w + 2d + w}{4} \quad (21)$$

Položíme-li vztah (17) = vztahu (19), můžeme vypočítat  $a$ :

$$\frac{\pi}{2} \left( \frac{w}{4} + \frac{d}{2} \right) = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{3}{2}(a+b) - \sqrt{ab} \right] \quad (22)$$

$$\frac{w}{2} + d = \frac{3}{2}a + \frac{3}{2}b - \sqrt{ab} \quad (23)$$

$$3a - 2\sqrt{ab} = \frac{w}{2} + d - \frac{3}{2}b \quad (24)$$

$$2\sqrt{ab} = w + 3d - 3b - 3a \quad (25)$$

$$k = 3b - w - 2d \quad (26)$$

$$(2\sqrt{ab})^2 = (3a + k)^2 \quad (27)$$

$$9a^2 - 4ab + 6ak + k^2 = 0 \quad (28)$$

$$a_{1,2} = \frac{4b \pm \sqrt{-b(48k + 16b)}}{18} \quad (29)$$

## 2.10.4 PODÉLNÁ DEFORMACE OČKA – ODLEHČENÍ

Při snižování vnější zatěžovací síly  $F_{Bx}$  projde proces odlehčování pleteniny stejnými fázemi jako při zatížení, ale v obráceném směru. Po překonání určité hranice snižování vnější deformační síly jsou překonány pasivní odpory (třecí), které teď paradoxně spolu s neelastickými složkami samotného vlákenného materiálu krátkodobě stabilizovaly nestabilní rozměry deformované textilie a nastane fáze prokluzu příze ve vazných bodech. Ty se od sebe vzdalují a vytváří se vhodné geometrické podmínky, aby se mohla uplatnit v textilií akumulovaná energie. Dochází ke změně tvaru platinových a jehelních obloučků i sklonu stěn oček. Po určité relaxační době zaujme pletenina rovnovážný stav (všechny působící síly budou v rovnováze).

Síla  $F_B$  bude od osy  $x$  při odlehčení odkloněna o úhel  $(\alpha - \phi)$ .

Bude platit:

$$F_{By} = F_{Bx} \operatorname{tg}(\alpha - \phi) \quad \text{pro } \alpha > 0 \quad (30)$$

Ze vztahu (4) a (30) vyplývá:

$$F_{By} = \frac{8EJ}{c(w + 2d)} \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \phi) \quad (31)$$

Víme, že:

$$\operatorname{tg}(\alpha - \phi) = \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \phi)}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi} \quad (32)$$

Ze vztahu (31) a (32) vyplývá:

$$F_{By} = \frac{8EJ}{c(w + 2d)} \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \phi)}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi} \quad (33)$$

Dosazením vztahu (11) do vztahu (33) vyplývá:

$$F_{By} = \frac{EJ}{c(w + 2d)} \cdot \frac{2c \cdot \varepsilon_{sl} - wf}{w + 2cf\varepsilon_{sl}} \quad (34)$$

### 2.10.5 PŘÍČNÁ DEFORMACE OČKA – ODLEHČENÍ

Při odlehčení působí zatěžovací síla  $F_{Ax}$  a moment  $M_A$  na opačnou stranu než při zatížení.

$$M_B = -M_A - F_{Ax} a \quad (35)$$

Po dosazení (14) a (35) pro sílu  $F_{Ax}$  platí:

$$F_{Ax} = \frac{-M_B - M_A}{a} = \frac{EJ(-b^3 - a^3)}{a^3 b^2} \quad (36)$$

Z výše uvedených vztahů bychom vypočítali síly  $F_{Ax}$  a  $F_{By}$  nemohly. Musíme znát ještě další parametry. Parametry  $d$ ,  $w$ ,  $c$  použijeme z tabulky č.1.

Hodnota  $f=0,58$  . [9], [10]

Moment setrvačnosti vypočítáme podle vztahu:

$$J = \frac{\pi d^4}{64} \quad (37)$$

Modul pružnosti  $E$  vypočítáme pomocí tahové křivky (graf č.1) a vztahu:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F \cdot l}{S \cdot \Delta l} = \frac{4F \cdot l}{\pi d^2 \cdot \Delta l} \quad (38)$$

## 3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 3.1 ÚVOD

Pružnost pleteniny je vlastnost velmi těžko definovatelná. Zatím byla zjišťována pouze pomocnými výpočty. I sjednocení podmínek je pro velký počet vstupních proměnných faktorů (rychlost a čas zatížení a odlehčení, zatěžovací napětí nebo deformace) obtížné. Proto jsme si experiment museli zvolit tak, aby co nejlépe vyhovoval našim záměrům.

Vzhledem k tomu, že nás bude zajímat oblast malých deformací, zvolíme si zatěžování na určitou deformaci, abychom se snáze udržely v požadovaném rozsahu deformací. Vybavení zkušebny, problémy s upínáním pleteniny a složitost konečného zpracování, byly důvody, proč bylo použito jednoosého namáhání. Pletenina byla zatěžována v jednom cyklu.

### 3.2 POPIS STUDOVANÉHO MATERIÁLU

Experiment byl prováděn na zátažné jedolící pletenině hladké. Tato zátažná pletenina byla vyrobena z příze ze 100% PES o jemnosti 25 tex x 2.

Polyesterová vlákna zaujímají první místo mezi syntetickými vlákny a jejich vývoj není zdaleka uzavřen. Vyrábí se z lineárních polymerů esterifikací, zejména aromatických dykarbonových kyselin s glykoly. PES vlákna patří mezi viskoelastické materiály.

PES vlákna mají dobré mechanické vlastnosti, dobře odolávají slunci, mají velkou odolnost v oděru, malou navlhavost. Nízká navlhavost způsobuje, že se ve větší míře nabíjejí elektrostatickou elektřinou. Mají dobrou tepelnou stálost, velmi dobře odolávají vysokým teplotám (200°C). V extrémních podmínkách dochází k různým procesům (například hydrolýze, tepelné destrukci, fotodegradaci). Vlivem těchto procesů se snižuje délka polymerních řetězců. Nevýhodou je vysoká žmolkovitost, vysoká měrná hmotnost.

Často se používají ve směsích. Požadujeme-li dosažení optimálních vlastností směsových textilií, je nutné, aby podíl PES vláken neklesl pod 50 %.

### **3.3 PARAMETRY MATERIÁLU**

Experimentálně (na univerzálním elektronickém trhacím přístroji [SDL 201] MICRO 350) byla zjišťována pevnost, problém však nastal při natahování vzorku. Ten praskal u čelisti. Výsledky proto uvádíme jen okrajově. Při upínací délce 500 mm, zatěžovací rychlosti  $350 \text{ mm min}^{-1}$  a počtu měření 5 byla naměřena průměrná síla 7,46 [N] a průměrná tažnost 35,18 [%.] Tato zkouška byla provedena pro výpočet modulu pružnosti (graf č.1).

Vzorek materiálu viz. příloha č.1.

### **3.4 ZHOTOVENÍ VZORKŮ**

Pletenina z PES byla vyrobena na plochém pletacím stroji značky KARS v dílnách TU Liberec. Byly použity 3 různé hustoty pleteniny.

Technické údaje stroje KARS:

- dvoulůžkový pletací stroj
- pracovní šíře v jehlách 1830 mm
- dělení -10E (anglické číslování)
- 1 druh jehel - jazýčkové
- výrobce VEB Elite – Diamant, Karl – Marx – Stadt
- hustota je nastavitelná seřízením stahovačů

### 3.5 PARAMETRY PLETENINY PRO EXPERIMENT

Strukturální parametry:

- hustota sloupků  $H_s$  [ $\text{m}^{-1}$ ], rozteč sloupků  $w$  [mm]
- hustota řádků  $H_{\text{ř}}$  [ $\text{m}^{-1}$ ], rozteč řádků  $c$  [mm]

$$w = \frac{1000}{H_s}$$

$$c = \frac{1000}{H_{\text{ř}}}$$

| Číslo<br>vzorku | Mate-<br>riál | Vazba | Husto-<br>ta | $H_s$<br>[ $\text{m}^{-1}$ ] | $H_{\text{ř}}$<br>[ $\text{m}^{-1}$ ] | $w$<br>[mm] | $c$<br>[mm] | $l$<br>[mm] | $m_s$<br>[g $\text{m}^{-2}$ ] |
|-----------------|---------------|-------|--------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| 1               | PES           | ZJH   | 10           | 550                          | 780                                   | 1,80        | 1,28        | 7,52        | 130,75                        |
| 2               |               | ZJH   | 11           | 500                          | 700                                   | 2,00        | 1,43        | 8,14        | 142,45                        |
| 3               |               | ZJH   | 11,5         | 470                          | 650                                   | 2,13        | 1,54        | 8,56        | 161,30                        |

Tabulka č.1 - Parametry pleteniny

Vzorek pleteniny viz. příloha č.2

### 3.6 NÁVRH MODELOVÉ PLETENINY

Pro návrh modelu deformační křivky pleteniny pro celý cyklus (tj. zatížení a odlehčení) byly použity parametry z tabulky č.1. Ostatní parametry byly vypočteny ze vzorců (37) a (38).

Hodnoty byly zpracovány do tabulek a do grafů. Graf č.23 zobrazující modelovou pleteninu namáhanou ve směru sloupků byl vypracován z průměrných hodnot z tabulek č.2-7. Graf č.22 zobrazující modelovou pleteninu namáhanou ve směru řádků byl vypracován z průměrných hodnot z tabulek č.8-13.

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0     | 0,01  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | 0,05  | 0,06  | 0,07  | 0,08  | 0,09  | 0,1   |
| $F_{By}$<br>[N]    | 0,335 | 0,346 | 0,357 | 0,369 | 0,380 | 0,392 | 0,404 | 0,417 | 0,429 | 0,442 | 0,455 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,11  | 0,12  | 0,13  | 0,14  | 0,15  | 0,16  | 0,17  | 0,18  | 0,19  | 0,20  |
| $F_{By}$<br>[N]    | 0,467 | 0,481 | 0,495 | 0,509 | 0,537 | 0,537 | 0,552 | 0,567 | 0,582 | 0,598 |

Tabulka č.2 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny - vzorek č.1 - směr sloupků - zatížení

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0     | 0,01  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | 0,05  | 0,06  | 0,07  | 0,08  | 0,09  | 0,10  |
| $F_{By}$<br>[N]    | 0,282 | 0,291 | 0,301 | 0,311 | 0,320 | 0,330 | 0,341 | 0,351 | 0,362 | 0,372 | 0,383 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,11  | 0,12  | 0,13  | 0,14  | 0,15  | 0,16  | 0,17  | 0,18  | 0,19  | 0,20  |
| $F_{By}$<br>[N]    | 0,394 | 0,406 | 0,417 | 0,429 | 0,441 | 0,453 | 0,466 | 0,479 | 0,492 | 0,505 |

Tabulka č.3 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny - vzorek č.2 - směr sloupků - zatížení

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0     | 0,01  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | 0,05  | 0,06  | 0,07  | 0,08  | 0,09  | 0,10  |
| $F_{By}$<br>[N]    | 0,252 | 0,261 | 0,269 | 0,278 | 0,287 | 0,296 | 0,304 | 0,315 | 0,324 | 0,334 | 0,342 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,11  | 0,12  | 0,13  | 0,14  | 0,15  | 0,16  | 0,17  | 0,18  | 0,19  | 0,20  |
| $F_{By}$<br>[N]    | 0,354 | 0,364 | 0,375 | 0,385 | 0,396 | 0,407 | 0,419 | 0,430 | 0,442 | 0,454 |

Tabulka č.4 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny - vzorek - směr sloupků - zatížení

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,20  | 0,19  | 0,18  | 0,17  | 0,16  | 0,15  | 0,14  | 0,13  | 0,12  | 0,11  | 0,10  |
| $-F_{By}$<br>[N]   | 0,147 | 0,155 | 0,163 | 0,171 | 0,179 | 0,188 | 0,197 | 0,206 | 0,215 | 0,224 | 0,233 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     | 0     |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,09  | 0,08  | 0,07  | 0,06  | 0,05  | 0,04  | 0,03  | 0,02  | 0,01  | 0     |
| $-F_{By}$<br>[N]   | 0,243 | 0,253 | 0,262 | 0,272 | 0,282 | 0,292 | 0,303 | 0,313 | 0,324 | 0,335 |

Tabulka č.5 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny - vzorek č.1- směr sloupků - odlehčení

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,20  | 0,19  | 0,18  | 0,17  | 0,16  | 0,15  | 0,14  | 0,13  | 0,12  | 0,11  | 0,10  |
| $-F_{By}$<br>[N]   | 0,123 | 0,129 | 0,136 | 0,144 | 0,151 | 0,158 | 0,165 | 0,173 | 0,181 | 0,188 | 0,196 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     | 0     |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,09  | 0,08  | 0,07  | 0,06  | 0,05  | 0,04  | 0,03  | 0,02  | 0,01  | 0     |
| $-F_{By}$<br>[N]   | 0,204 | 0,212 | 0,221 | 0,229 | 0,237 | 0,246 | 0,255 | 0,264 | 0,273 | 0,282 |

Tabulka č.6 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny- vzorek č.2 - směr sloupků - odlehčení

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,20  | 0,19  | 0,18  | 0,17  | 0,16  | 0,15  | 0,14  | 0,13  | 0,12  | 0,11  | 0,10  |
| $-F_{By}$<br>[N]   | 0,108 | 0,114 | 0,121 | 0,127 | 0,134 | 0,140 | 0,147 | 0,154 | 0,161 | 0,168 | 0,175 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     | 0     |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,09  | 0,08  | 0,07  | 0,06  | 0,05  | 0,04  | 0,03  | 0,02  | 0,01  | 0     |
| $-F_{By}$<br>[N]   | 0,182 | 0,189 | 0,197 | 0,204 | 0,212 | 0,219 | 0,228 | 0,234 | 0,244 | 0,252 |

Tabulka č.7 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny- vzorek č.3 - směr sloupků - odlehčení

|                    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 0 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0 | 0,01  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | 0,05  | 0,06  | 0,07  | 0,08  | 0,09  | 0,10  |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0 | 0,011 | 0,032 | 0,051 | 0,066 | 0,084 | 0,099 | 0,118 | 0,137 | 0,159 | 0,173 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,11  | 0,12  | 0,13  | 0,14  | 0,15  | 0,16  | 0,17  | 0,18  | 0,19  | 0,20  |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0,193 | 0,213 | 0,235 | 0,255 | 0,277 | 0,296 | 0,322 | 0,341 | 0,366 | 0,388 |

Tabulka č.8 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny – vzorek č.1 - směr řádků - zatížení

|                    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 0 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0 | 0,01  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | 0,05  | 0,06  | 0,07  | 0,08  | 0,09  | 0,10  |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0 | 0,015 | 0,030 | 0,045 | 0,061 | 0,076 | 0,094 | 0,110 | 0,127 | 0,145 | 0,162 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,11  | 0,12  | 0,13  | 0,14  | 0,15  | 0,16  | 0,17  | 0,18  | 0,19  | 0,20  |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0,179 | 0,197 | 0,218 | 0,236 | 0,257 | 0,277 | 0,299 | 0,319 | 0,342 | 0,364 |

Tabulka č.9 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny – vzorek č.2 - směr řádků - zatížení

|                    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 0 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0 | 0,01  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | 0,05  | 0,06  | 0,07  | 0,08  | 0,09  | 0,10  |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0 | 0,015 | 0,028 | 0,042 | 0,055 | 0,072 | 0,088 | 0,104 | 0,120 | 0,137 | 0,155 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,11  | 0,12  | 0,13  | 0,14  | 0,15  | 0,16  | 0,17  | 0,18  | 0,19  | 0,20  |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0,171 | 0,187 | 0,206 | 0,225 | 0,248 | 0,265 | 0,285 | 0,305 | 0,327 | 0,349 |

Tabulka č.10 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny – vzorek č.3 - směr řádků – zatížení

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,20  | 0,19  | 0,18  | 0,17  | 0,16  | 0,15  | 0,14  | 0,13  | 0,12  | 0,11  | 0,10  |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0,388 | 0,366 | 0,341 | 0,322 | 0,296 | 0,277 | 0,255 | 0,235 | 0,213 | 0,193 | 0,173 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| $\Delta l$<br>[mm] | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     | 0 |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,09  | 0,08  | 0,07  | 0,06  | 0,05  | 0,04  | 0,03  | 0,02  | 0,01  | 0 |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0,159 | 0,137 | 0,118 | 0,099 | 0,084 | 0,066 | 0,051 | 0,032 | 0,011 | 0 |

Tabulka č.11 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny – vzorek č.1 - směr řádků - odlehčení

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,20  | 0,19  | 0,18  | 0,17  | 0,16  | 0,15  | 0,14  | 0,13  | 0,12  | 0,11  | 0,10  |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0,364 | 0,342 | 0,319 | 0,299 | 0,277 | 0,257 | 0,236 | 0,218 | 0,197 | 0,179 | 0,162 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |      |       |   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|---|
| $\Delta l$<br>[mm] | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2    | 1     | 0 |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,09  | 0,08  | 0,07  | 0,06  | 0,05  | 0,04  | 0,03  | 0,02 | 0,01  | 0 |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0,145 | 0,127 | 0,110 | 0,094 | 0,076 | 0,061 | 0,045 | 0,03 | 0,015 | 0 |

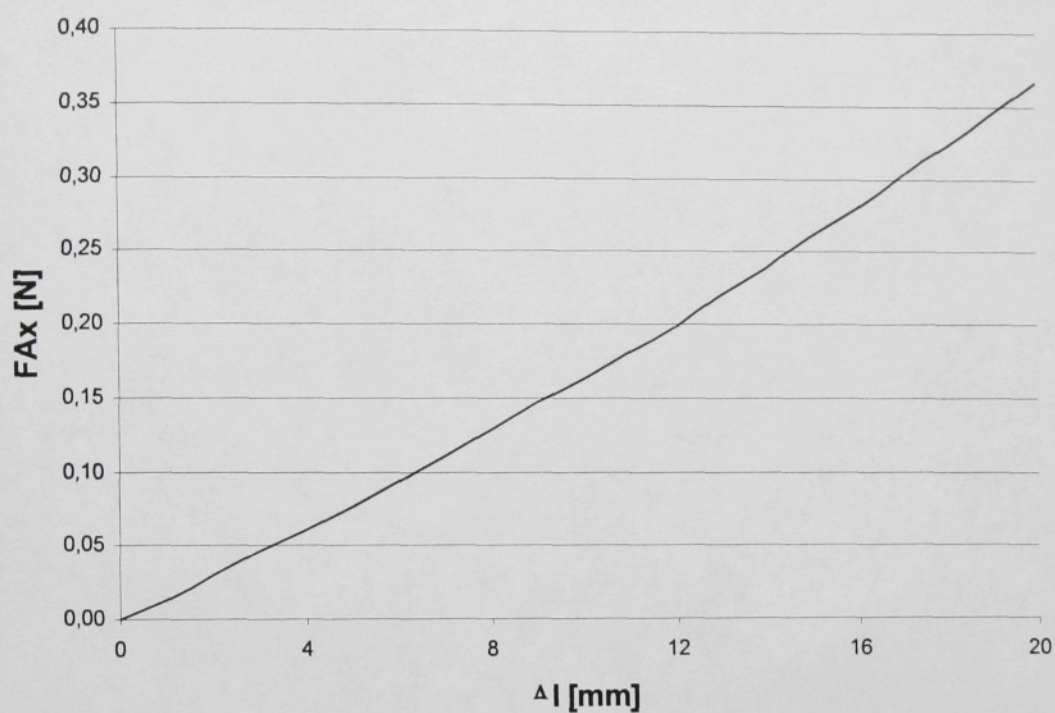
Tabulka č.12 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny – vzorek č.2 - směr řádků - odlehčení

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta l$<br>[mm] | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 13    | 12    | 11    | 10    |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,20  | 0,19  | 0,18  | 0,17  | 0,16  | 0,15  | 0,14  | 0,13  | 0,12  | 0,11  | 0,10  |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0,349 | 0,327 | 0,305 | 0,285 | 0,265 | 0,248 | 0,225 | 0,206 | 0,187 | 0,171 | 0,155 |

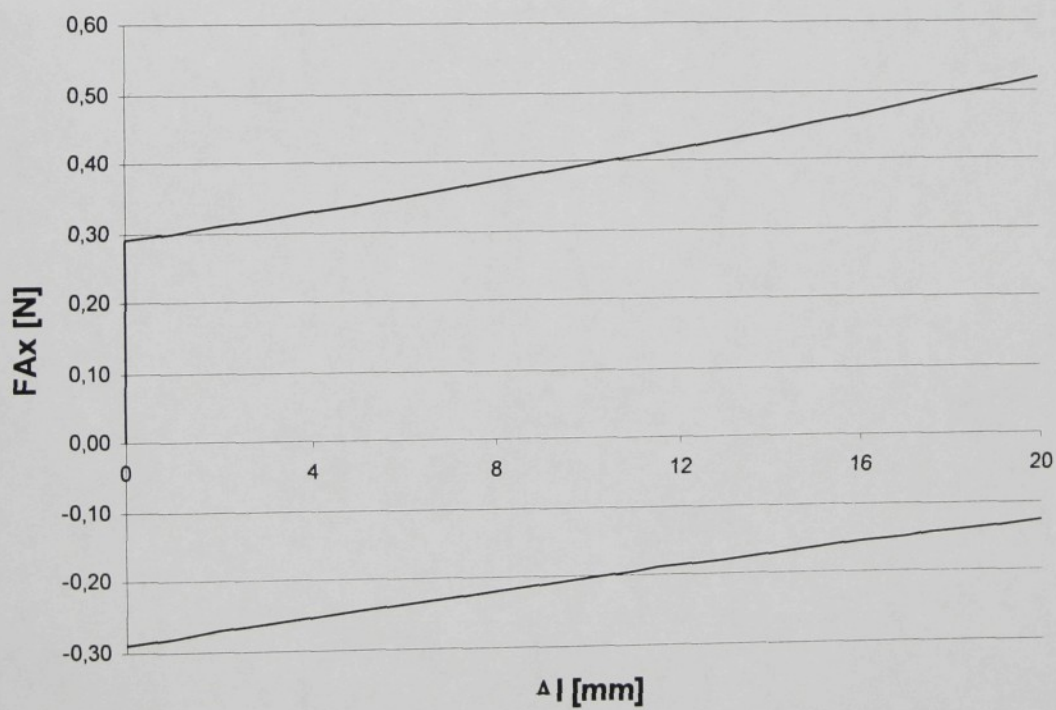
|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| $\Delta l$<br>[mm] | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     | 0 |
| $\varepsilon$ [%]  | 0,09  | 0,08  | 0,07  | 0,06  | 0,05  | 0,04  | 0,03  | 0,02  | 0,01  | 0 |
| $F_{Ax}$<br>[N]    | 0,137 | 0,120 | 0,104 | 0,088 | 0,072 | 0,055 | 0,042 | 0,028 | 0,015 | 0 |

Tabulka č.13 - Hodnoty pro graf modelové pleteniny – vzorek č.3 - směr řádků - odlehčení

graf č. 22 ZJH "po řádku" modelová pletenina



graf č. 23 ZJH "po sloupku" modelová pletenina



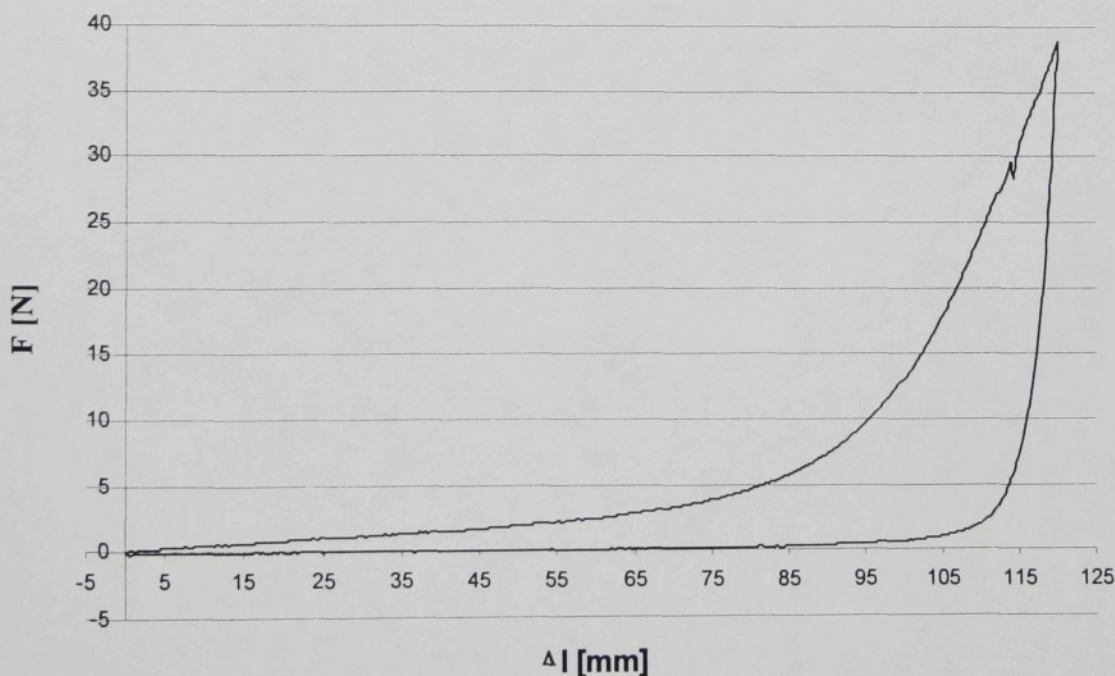
### 3.7 POPIS EXPERIMENTU

Byly upleteny vzorky výše uvedených parametrů. Na pleteninu, která byla podrobena suché relaxaci v klimatizovaném prostředí, aby zrelaxovala, byl ve volném (nezatíženém) stavu nakreslen obrys vzorku (50 x 150 mm), podle kterého se vzorek vystříhl, a čáry vyznačující místo upnutí vzorku do čelistí (na obou stranách vzorku 2,5 cm od okraje). Upínací délka tedy činila 100 mm.

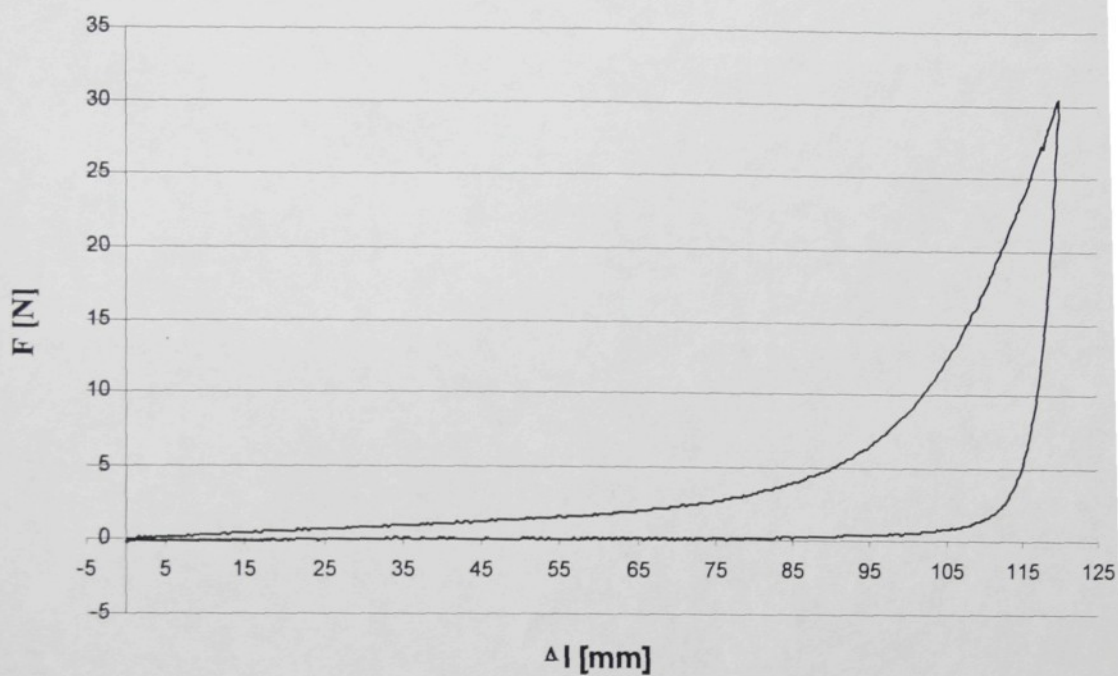
Délka protažení byla nastavena na hodnotu 100 mm pro podélný směr namáhání a pro příčný směr 120 mm. Každý vzorek byl upnut do čelistí dynamometru INSTRON 4411. Při měření na dynamometru byla použita snímací hlava s rozsahem do 100 N a čelisti široké 5 cm.

Pro danou hustotu pleteniny a daný směr namáhání byly měřeny vždy 3 vzorky. Data byla zpracována do grafů. V diplomové práci byly použity průměrné grafy z těchto 3 měření. Grafy č. 3, 5, 7 pro namáhání ve směru řádků a grafy 9, 11, 13 pro namáhání ve směru sloupků. Všechny ostatní grafy jsou uvedeny v příloze č.3.

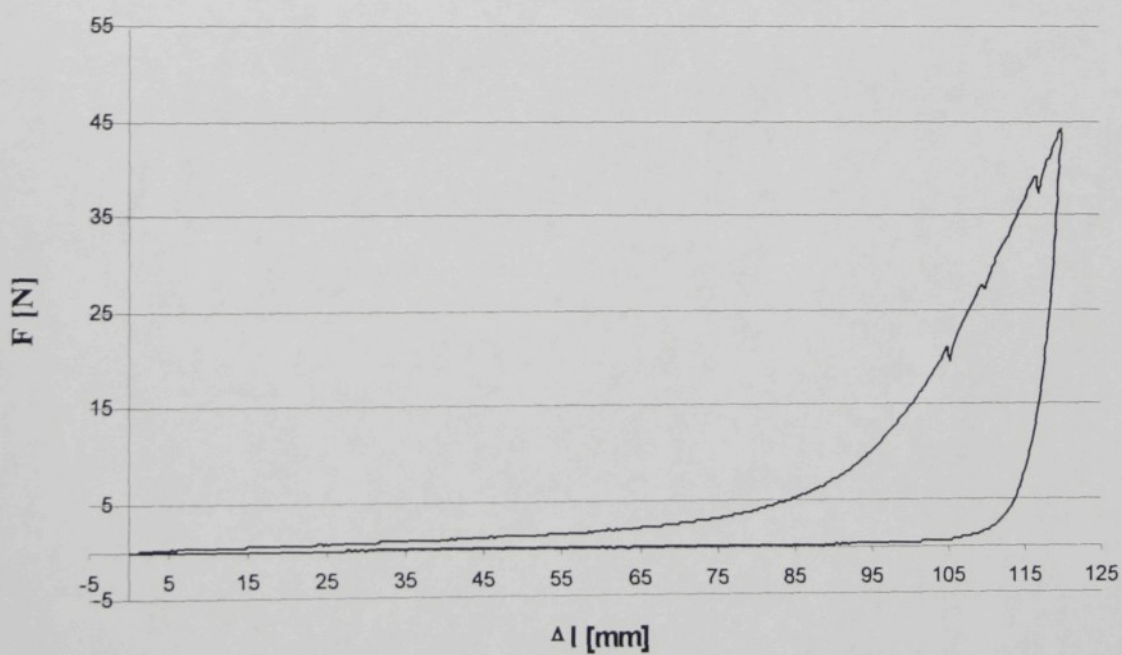
**graf č. 3 průměr z grafu č. 2**



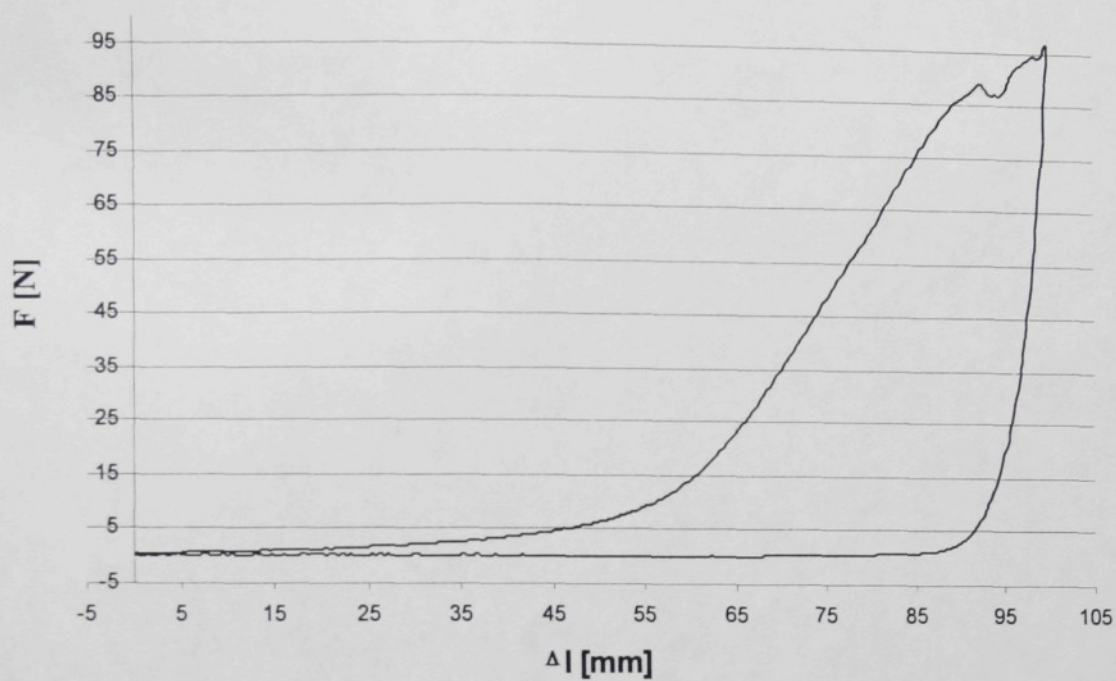
graf č. 5 průměr z grafu č. 4



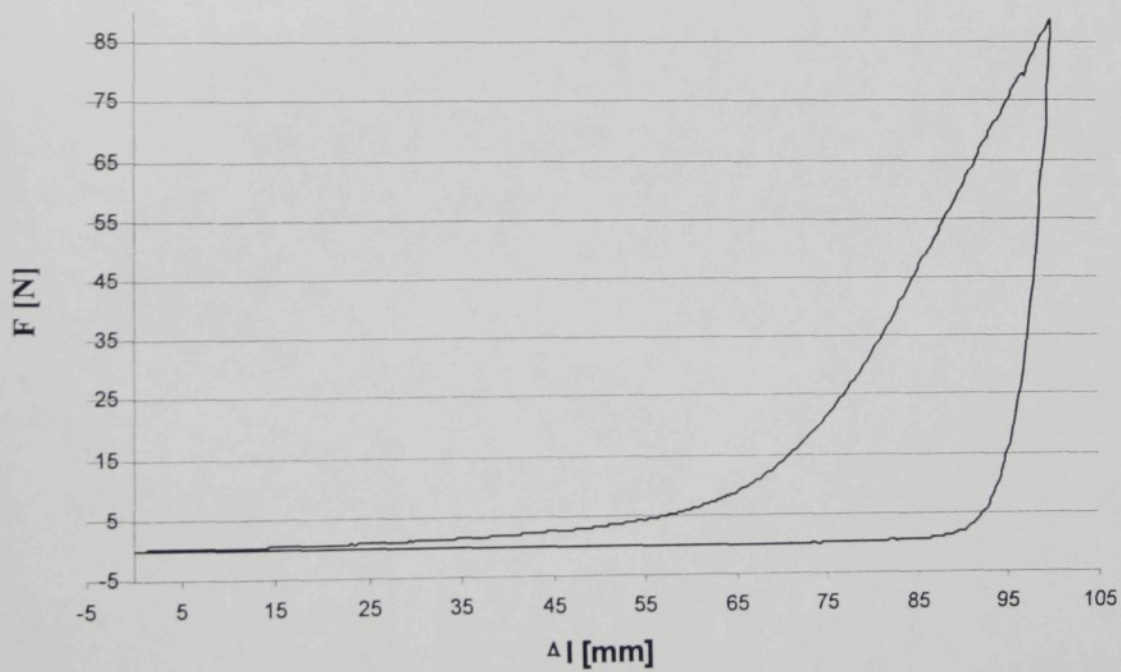
graf č. 7 průměr z grafu č. 6



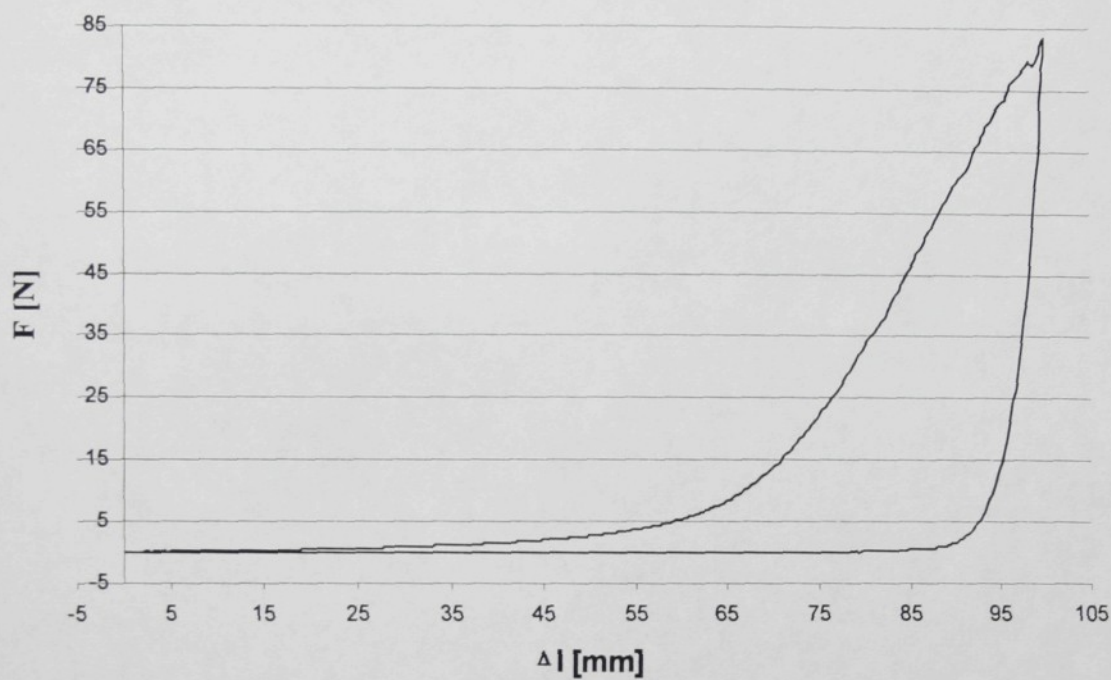
graf č. 9 průměr z grafu č. 8



graf č. 11 průměr z grafu č. 10

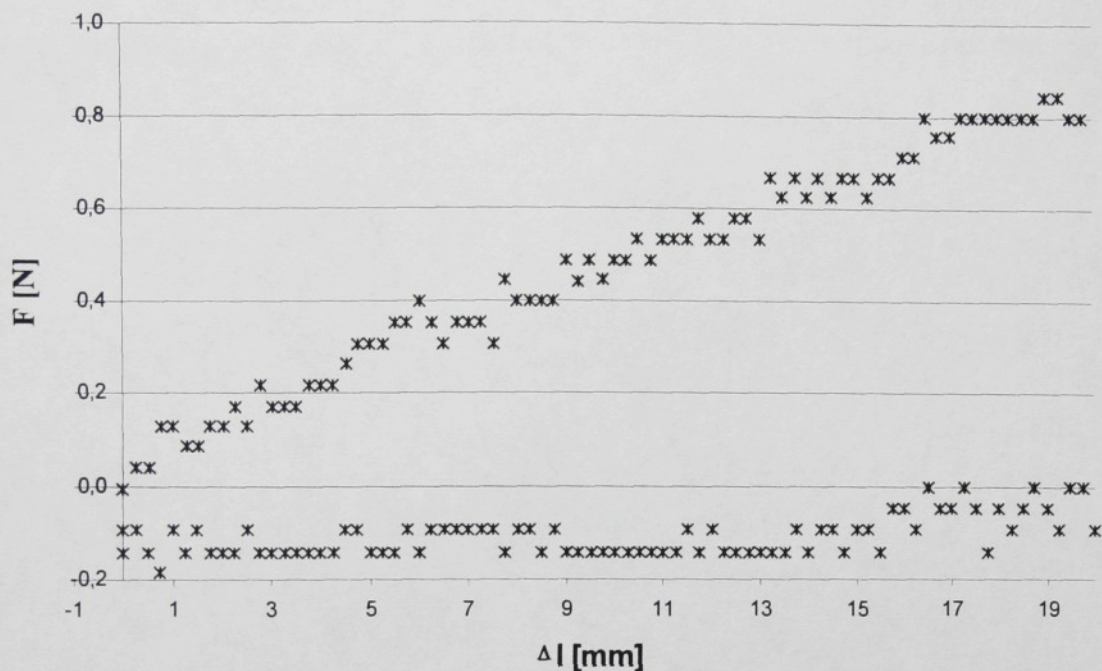


graf č. 13 průměr z grafu č. 12

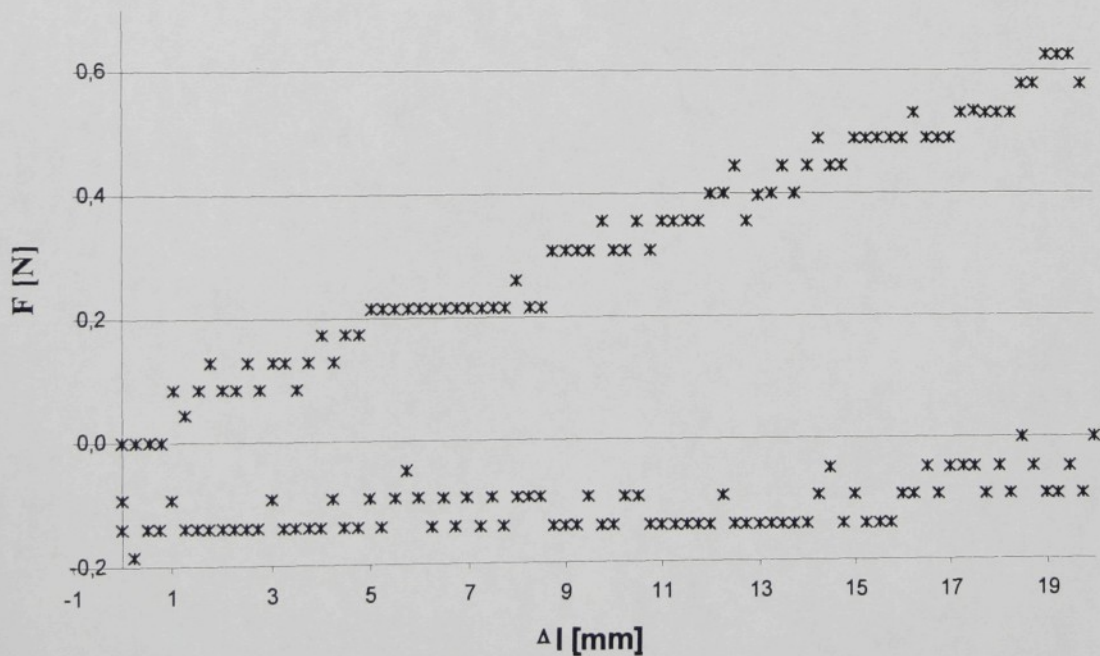


V této práci jsme se zaměřily na oblast malých deformací (prodloužení do 20mm). Grafy č.14-19 nám přibližují situaci počáteční deformace grafů č.3, 5, 7, 9, 11, 13.

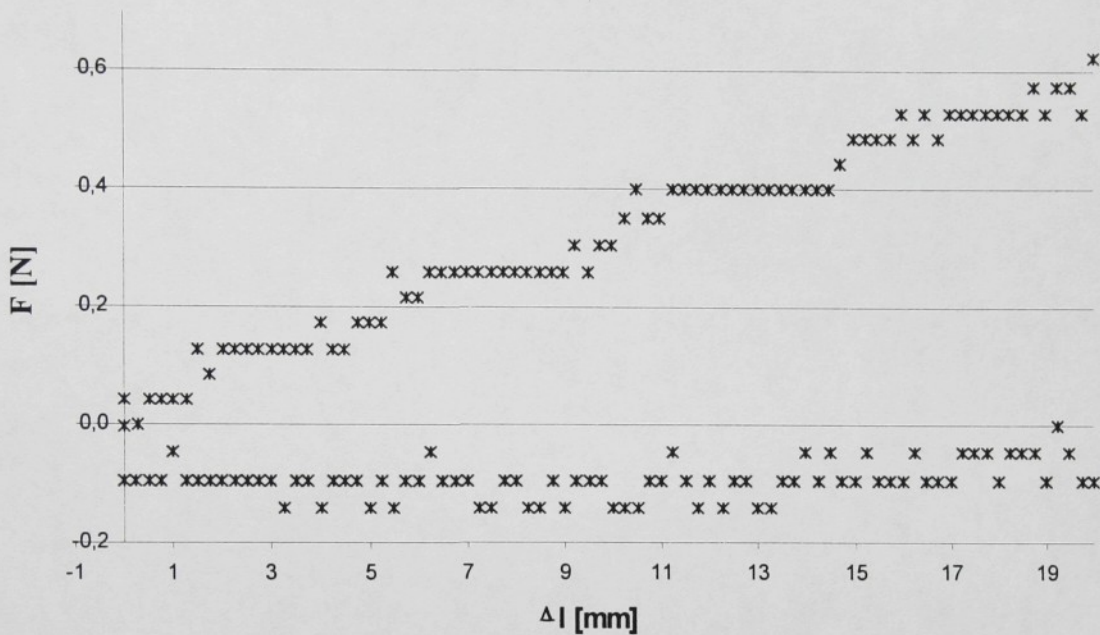
graf č. 14 ZJH "po řádku", počátek deformace grafu č.3



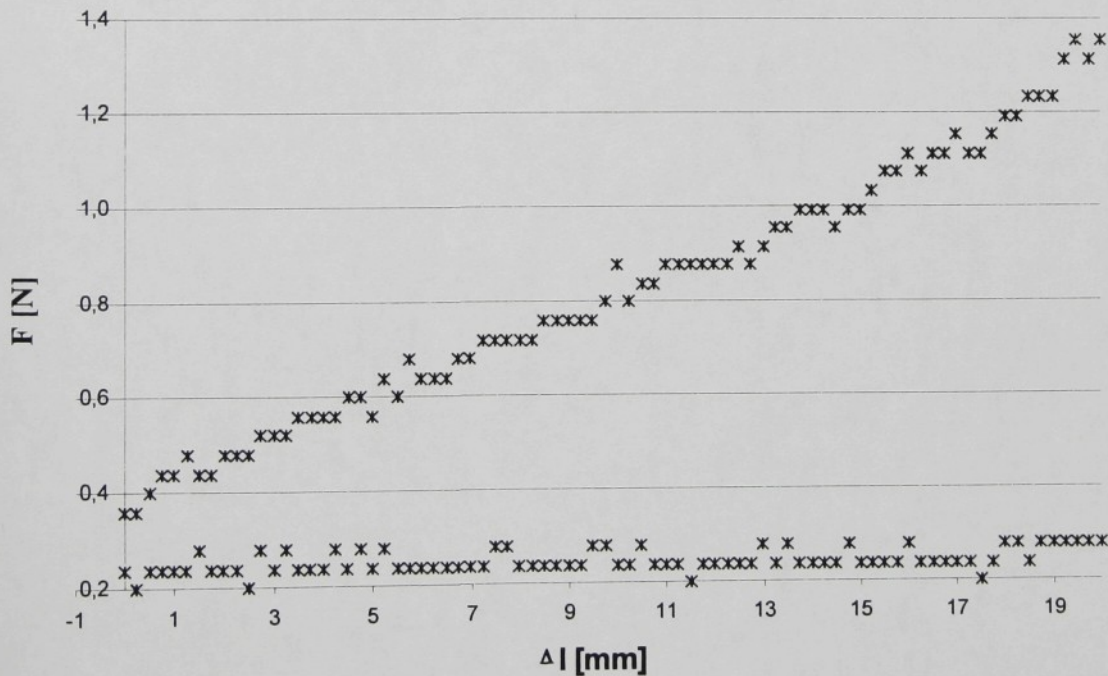
graf č. 15 ZJH "po řádku", počátek deformace grafu č.5



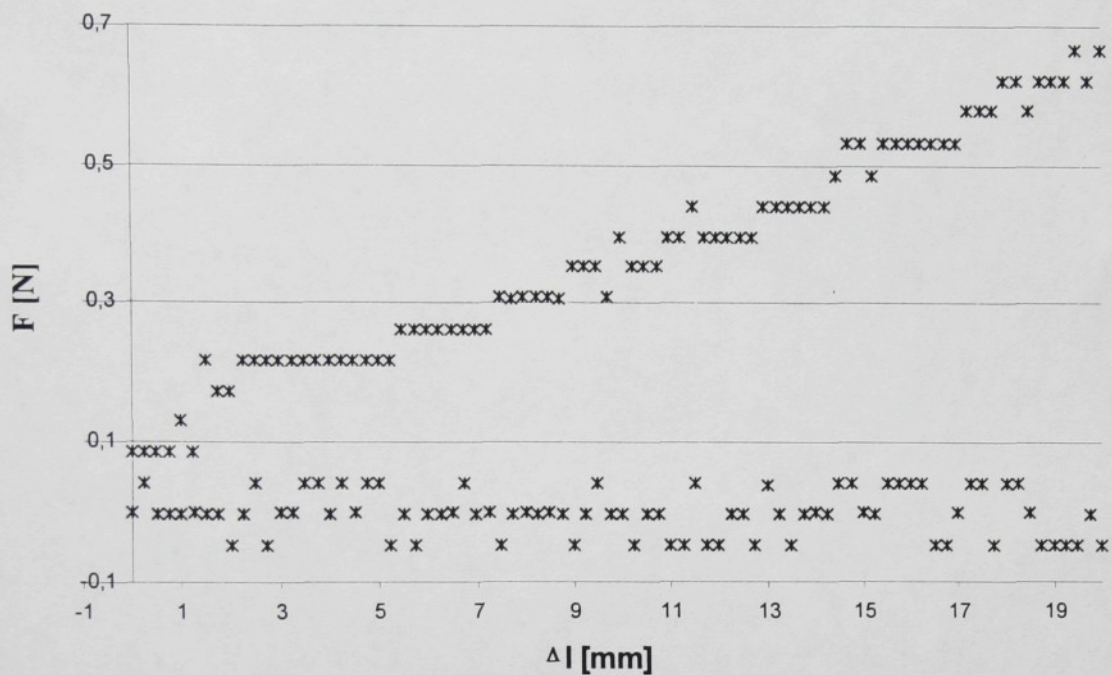
graf č. 16 ZJH "po řádku", počátek deformace grafu č.7



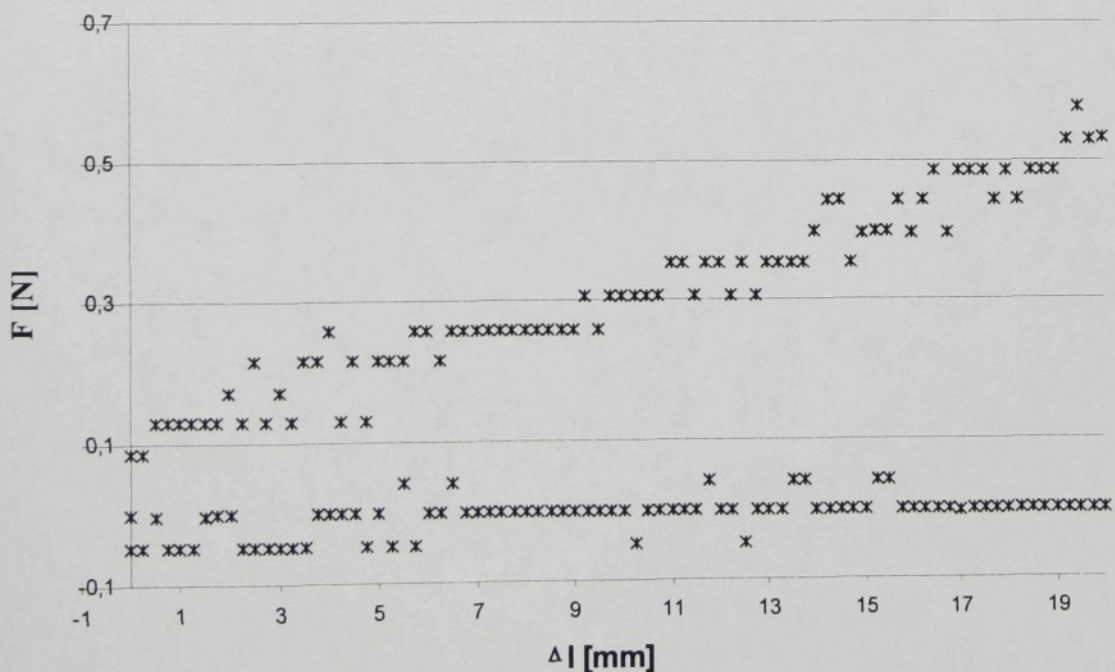
graf č. 17 ZJH "po sloupku", počátek deformace grafu č.9



graf č. 18 ZJH "po sloupku", počátek deformace grafu č.11



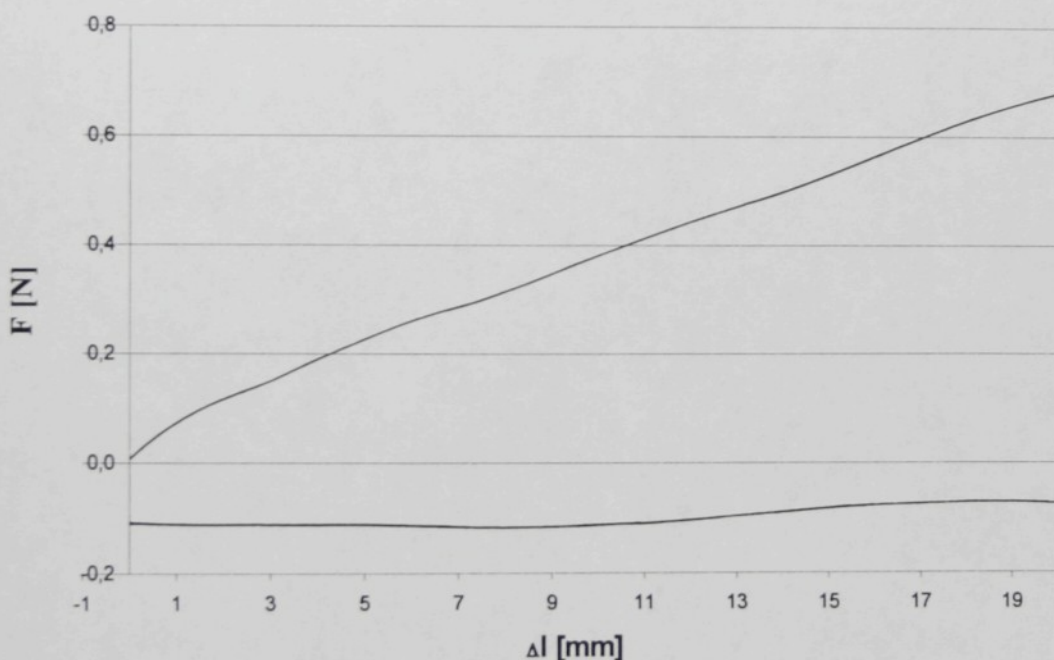
graf č. 19 ZJH "po sloupku", počátek deformace grafu č.13



## 4. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Podíváme-li se zběžně na grafy č.22 a č.24 vidíme, že se potvrdily základní předpoklady teoretické části. Prakticky od začátku působení deformační zatěžovací síly dochází ke změně rozměru pleteniny (díky změnám geometrie délkové textilie). Odtud vychází relativně malá strmost počátečních oblastí zatěžovacích křivek. V počáteční fázi je větší pružnost (je zde malá hystereze a je způsobena vlastnostmi materiálu). Blíže kapitola 2.10.3 .

graf č. 24 ZJH "po řádku" průměr z grafů 14,15,16

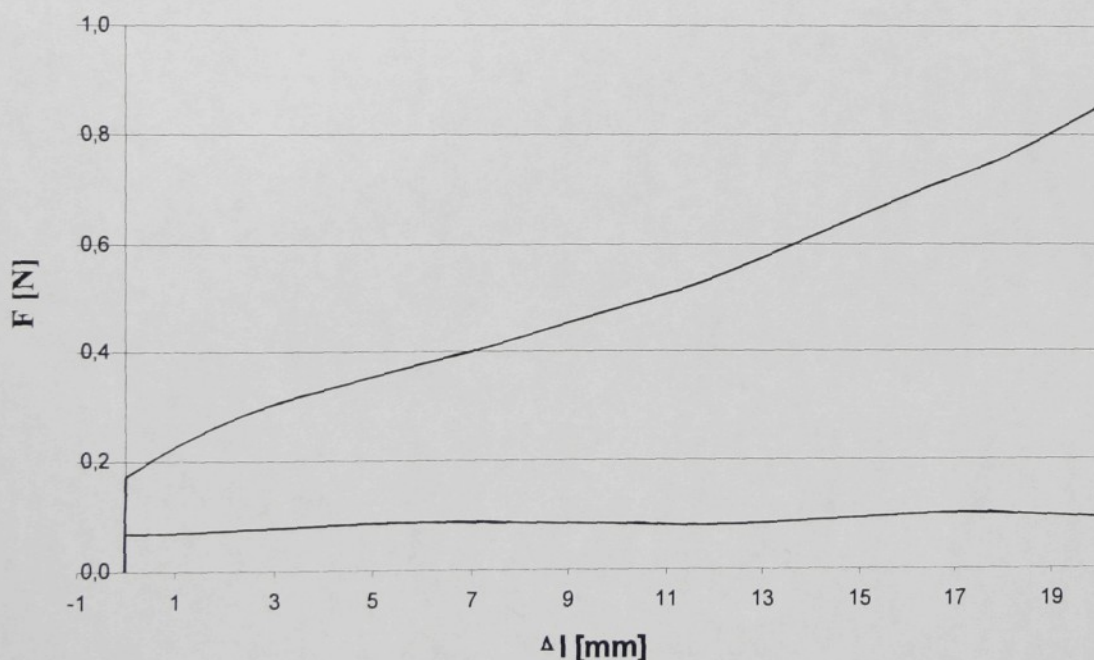


I při deformaci ZJH pleteniny ve směru sloupků, se chová zkoušená modelová pletenina podle teoretických předpokladů. Z grafů vidíme, že v počátečních oblastech deformace je chování pleteniny skoro nepružné. V samotných začátcích deformačního cyklu je skokový nárůst síly potřebný pro tuto deformaci. Vzhledem k orientaci nitě ve stěnách oček do směru y (sloupky) je totiž změna rozměru pleteniny, umožněná pouze tvarovou deformací nitě v očku bez vzájemného posuvu nití při působení vnější síly, za-

nedbatelná. Z tohoto důvodu následuje náhlé překonání třecích odporů (skokem). Právě toto překonání třecích sil je příčinou značné strmosti začátku deformačních křivek (blíže kapitola 2.10.2). Ideálně se předpokládá, že deformační křivka má v okolí bodu  $\varepsilon \rightarrow 0$  svislý úsek – a to až do překonání třecího odporu (obr.10). Náš návrh modelové pleteniny tyto ideální předpoklady potvrdil.

Porovnáme-li deformační křivku navrženou (graf č.22) s deformační křivkou získanou experimentem (graf č.24) zjistíme, že se liší. Graf č.22 zobrazuje křivku zatížení shodnou z křivkou odlehčení. Graf č.24 tuto shodu nepotvrdil. Při zatěžování v oblasti velké deformace může dojít k prokluzu vzorků mezi čelistmi dynamometru. Tím by se dalo vysvětlit, proč při odlehčení došlo ke změně tvaru křivky. Namáhání ve směru sloupků (graf č.21 a č.23) se také liší.

**graf č. 25 ZJH "po sloupku" průměr z grafů 17,18,19**



Rozdíl mezi křivkami je způsoben také zjednodušujícími předpoklady, které jsme museli zvolit, abychom mohli získat vztahy pro výpočet modulu deformační křivky. Podíl na tom měla i nestejnoměrnost materiálu, který byl pro experiment použit.

## 5. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo charakterizovat důvody energetických ztrát při deformaci pleteniny, tj. zdroje neelasticity pleteniny. Zaměřit se přitom na jednoduchou zátažnou vazbu a navrhnout model deformační křivky pro celý cyklus deformace (tj. zatížení a odlehčení).

Pro nějaký konečný teoretický vztah by existovalo mnoho obtížně zjistitelných parametrů, empirické hledání některých z nich by vyžadovalo veliké množství experimentů a navíc by bylo obtížné zobecnění vztahu pro změnění podmínky. Po teoretické přípravě byl pro to zvolen experimentální postup řešení daného problému.

Ze získaných grafů vyplývá, že ke ztrátě energie dochází v počátečních fázích deformace. Graf č.25 deformační křivky ZJH pleteniny namáhané po směru slouků potvrdil již dlouhodobě prezentované teoretické předpoklady, že v tomto případě je zatěžovací deformační křivka ve své počáteční fázi zatěžování velmi strmá – u ideální pleteniny obsahuje svislou část až do okamžiku překonání tření. Pletenina se v tomto úseku chová téměř nepružně. U zatěžování ZJH pleteniny ve směru řádků (graf č.24) je naopak tento náběh pozvolný. To mají nasvědčení změny geometrie příze v pletenině a v počátečních fázích.

Literatury, která by se zabývala pružností pleteniny a navíc obsahovala problematiku energetických změn, je málo. Snahu shrnout a blíže popsat zmíněnou oblast považujeme za jeden z hlavních přínosů této práce.

V budoucnu by bylo vhodné zaměřit se na jednotlivé druhy reálných pletařských materiálů a vyzkoušet různé obměny parametrů pleteniny (změna jemnosti, vazby, ...) nebo zkusit podrobit vzorky některým druhům dokončovacích úprav (praní, paření, fixace, ...) a opět provést měření. Získané tabulkové hodnoty by bylo možno v praxi použít pro určování podmínek a parametrů pleteniny tak, aby výsledkem byla pletenina požadované pružnosti nebo požadovaného pružnostního chování v určitých oblastech deformací.

## 6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOČÍ, V.: Vazby pletenin, SNTL Praha 1980
- [2] KOVÁŘ, R.: Struktura a vlastnosti textilií 2 (Struktura a vlastnosti pletenin), Skriptum TU Liberec 1998
- [3] KOVÁŘ, R.: Teorie pletení, Skriptum TU Liberec 1981
- [4] PILLER, B.-LEVINSKÝ, O.: Malá encyklopedie textilních materiálů, SNTL Praha 1982
- [5] POSPÍŠIL, Z. a kolektiv: Příručka textilního odborníka, SNTL Praha 1984
- [6] KROMKOVÁ, V.: DP 1981
- [7] REJMAN, L.: Slovník cizích slov, SPN Praha 1976
- [8] ČSN 80 0018
- [9] MORTON, W.E, HEARLE, J.W.S.: Physical propertyes of textile fibres, The textil institut 1993
- [10] HOWEL, H.G., MIESZKIS, K.W., TABOR, D.: Friation in textiles 1995
- [11] KOVAČIČ, V.: Struktura textilií, Skriptum TU Liberec 1998

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
**(PŘÍLOHA)**

2000

ŠÁRKA VAVROUŠKOVÁ

# **PŘÍLOHA č.1**

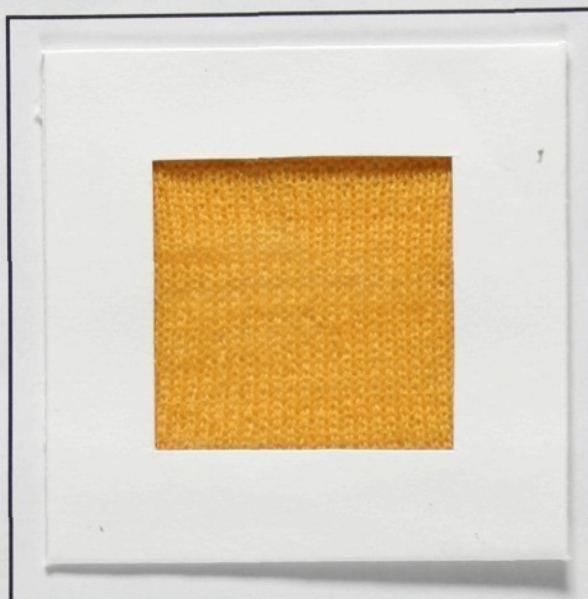
## **(VZOREK MATERIÁLU)**



**PES PŘÍZE**

# **PŘÍLOHA č.2**

**(VZORKY ZJH PLETENINY)**



**VZOREK Č.1**



**VZOREK Č.2**



**VZOREK Č.3**

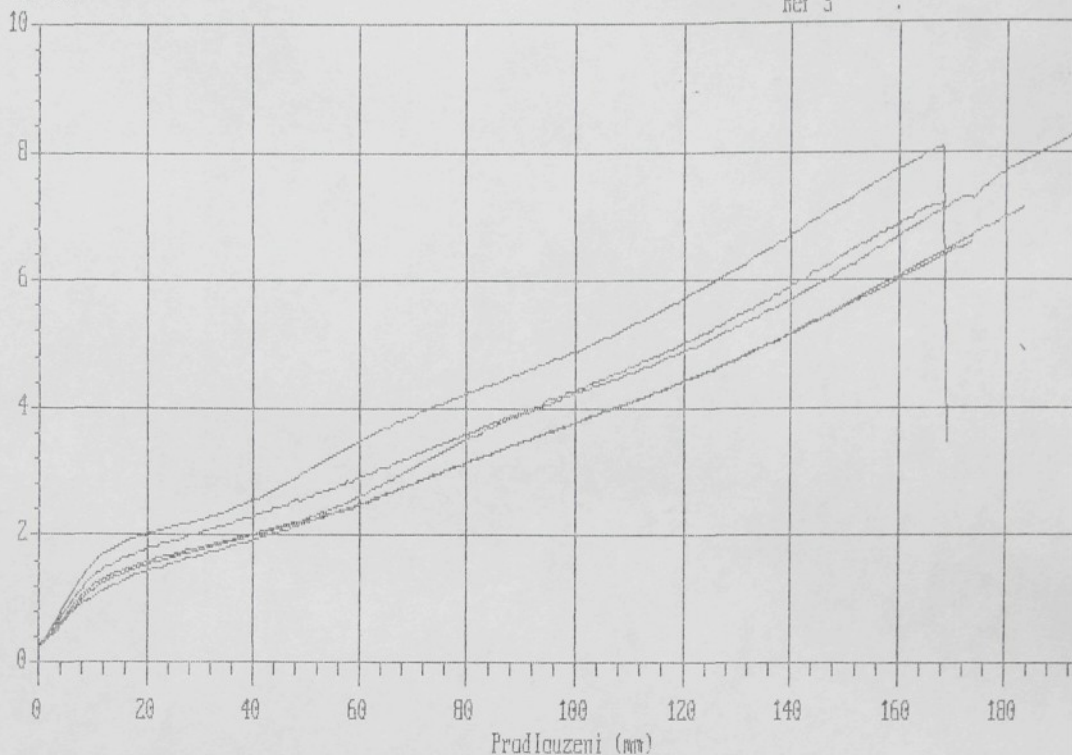
# **PŘÍLOHA č.3**

**(SOUHRNNÝ PŘEHLED GRAFŮ)**

# GRAF C.1 TAHOVÁ KRIVKA

Si1a (N)

Ref 1 :  
Ref 2 :  
Ref 3 :



Ref 1 :  
Ref 2 :  
Ref 3 :  
Ref 4 :

Datum : 26-04-00  
Soubor : C:\PEVN\TST0001.DAT  
Rychlost zkoušky : 350 mm/min  
Upínací délka : 500 mm  
Délková hmotnost : 50 Tex  
Předpětí : .25 N

Poznámky :  
:

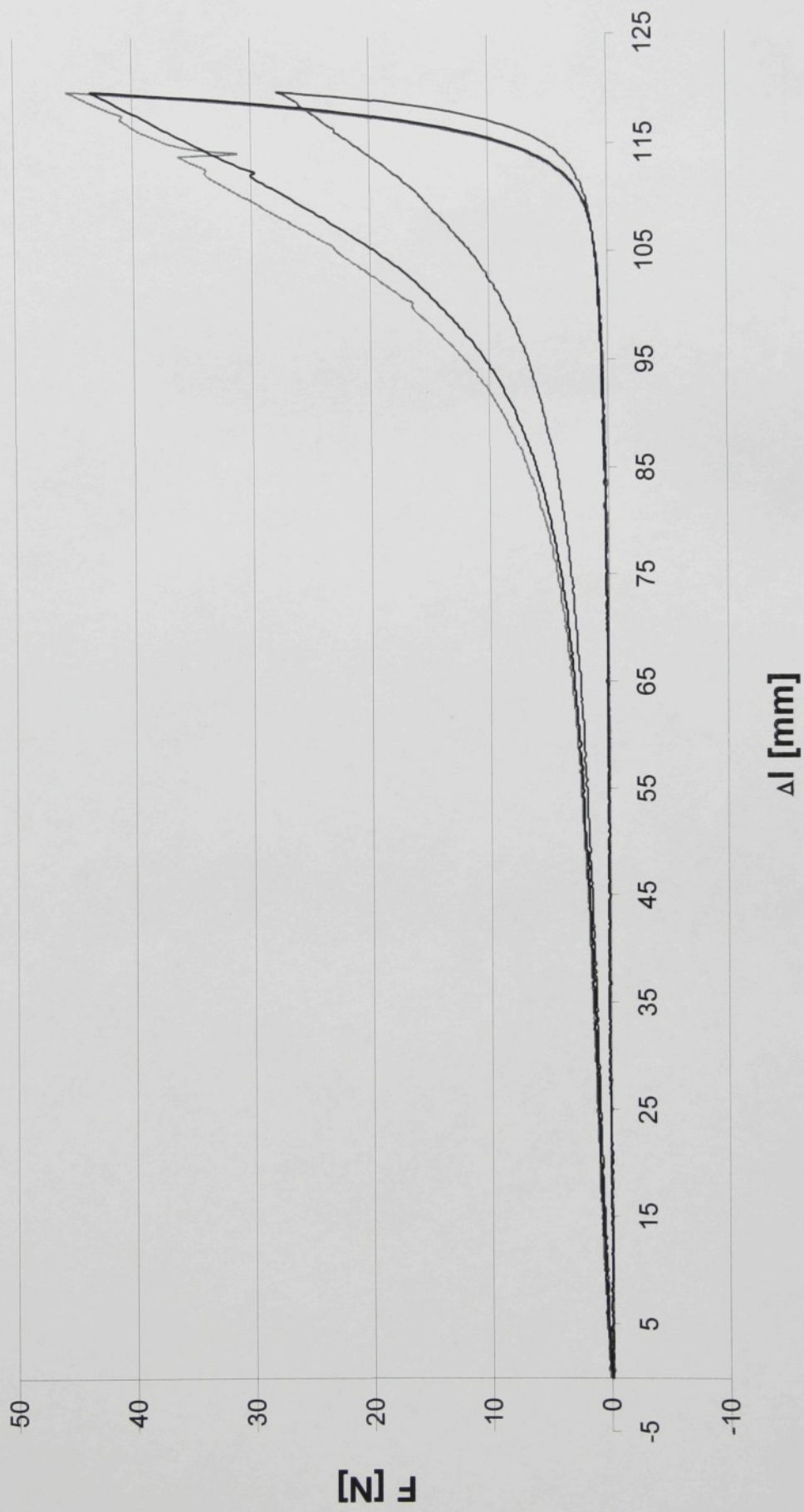
| Zkouška č. | Si1a         | Tažnost         |
|------------|--------------|-----------------|
|            | Maximum<br>N | při maximu<br>% |
| 1          | 7.1970       | 33.282          |
| 2          | 7.1280       | 36.368          |
| 3          | 6.5990       | 34.591          |
| 4          | 8.0880       | 33.342          |
| 5          | 8.3030       | 38.333          |

---

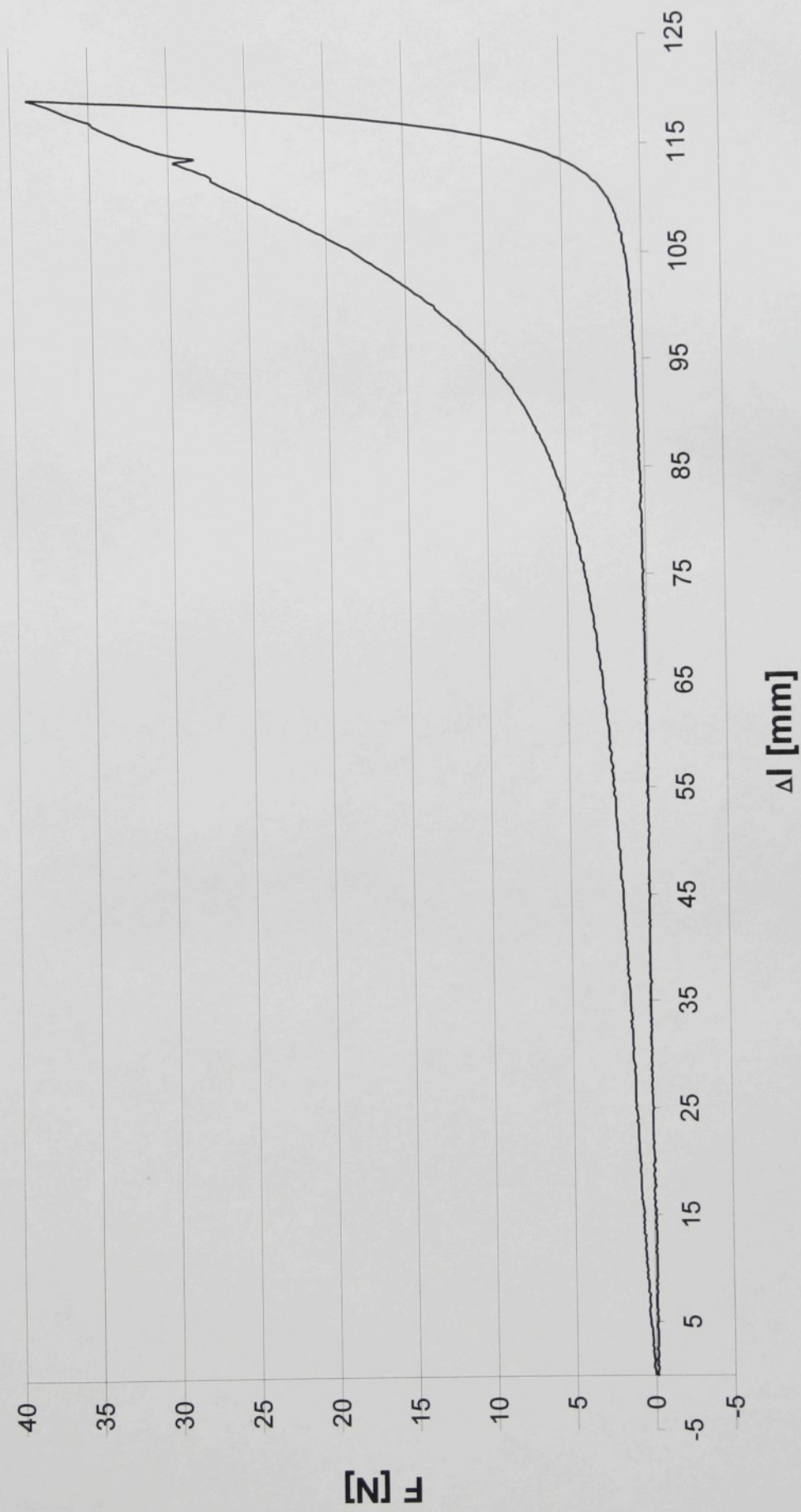
|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| Minimum    | 6.5990 | 33.282 |
| Průměr     | 7.4630 | 35.183 |
| Maximum    | 8.3030 | 38.333 |
| Std. Odch. | 0.7116 | 2.161  |

---

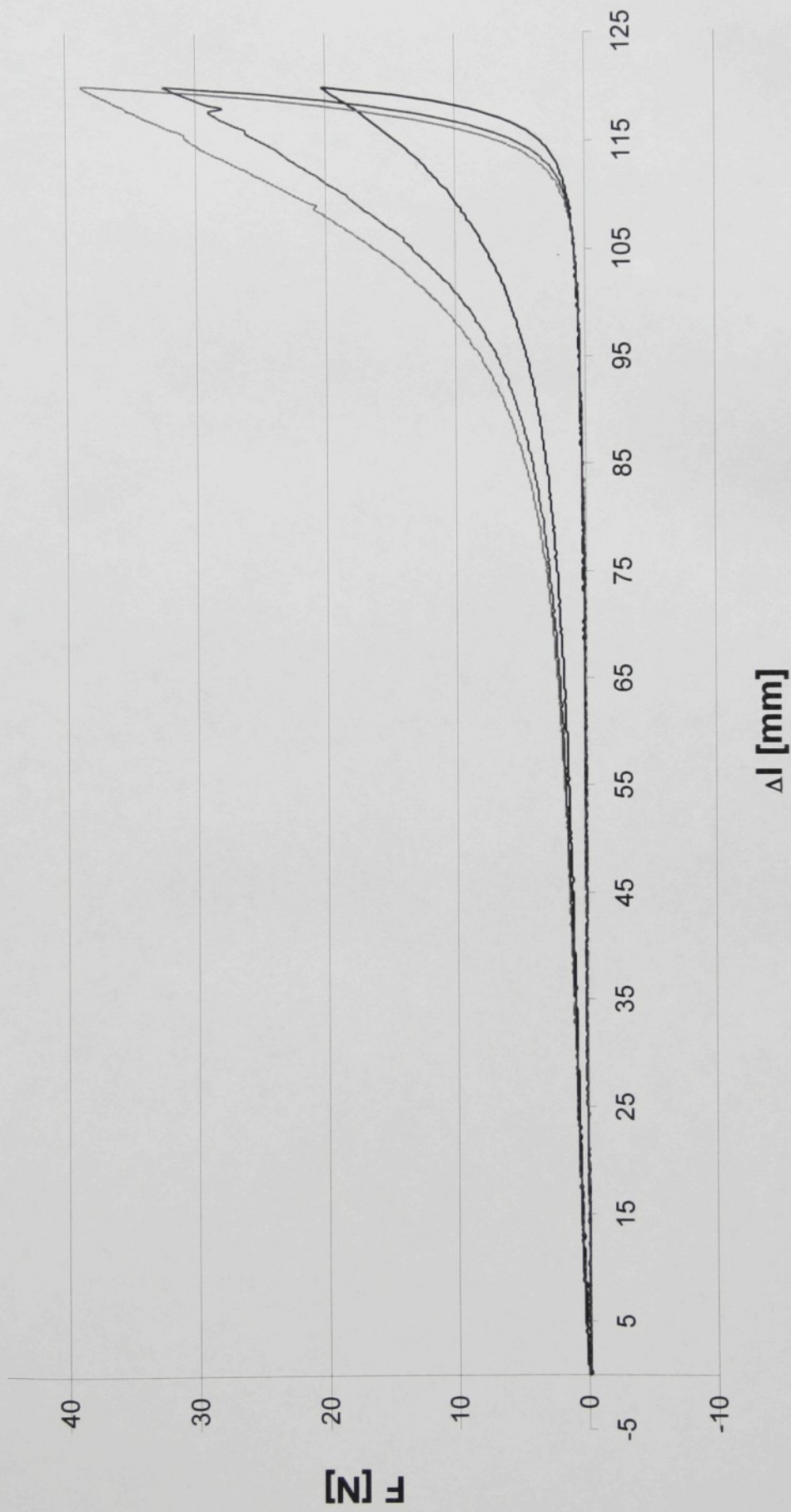
graf č. 2 ZJH "po řádku" 1 celé



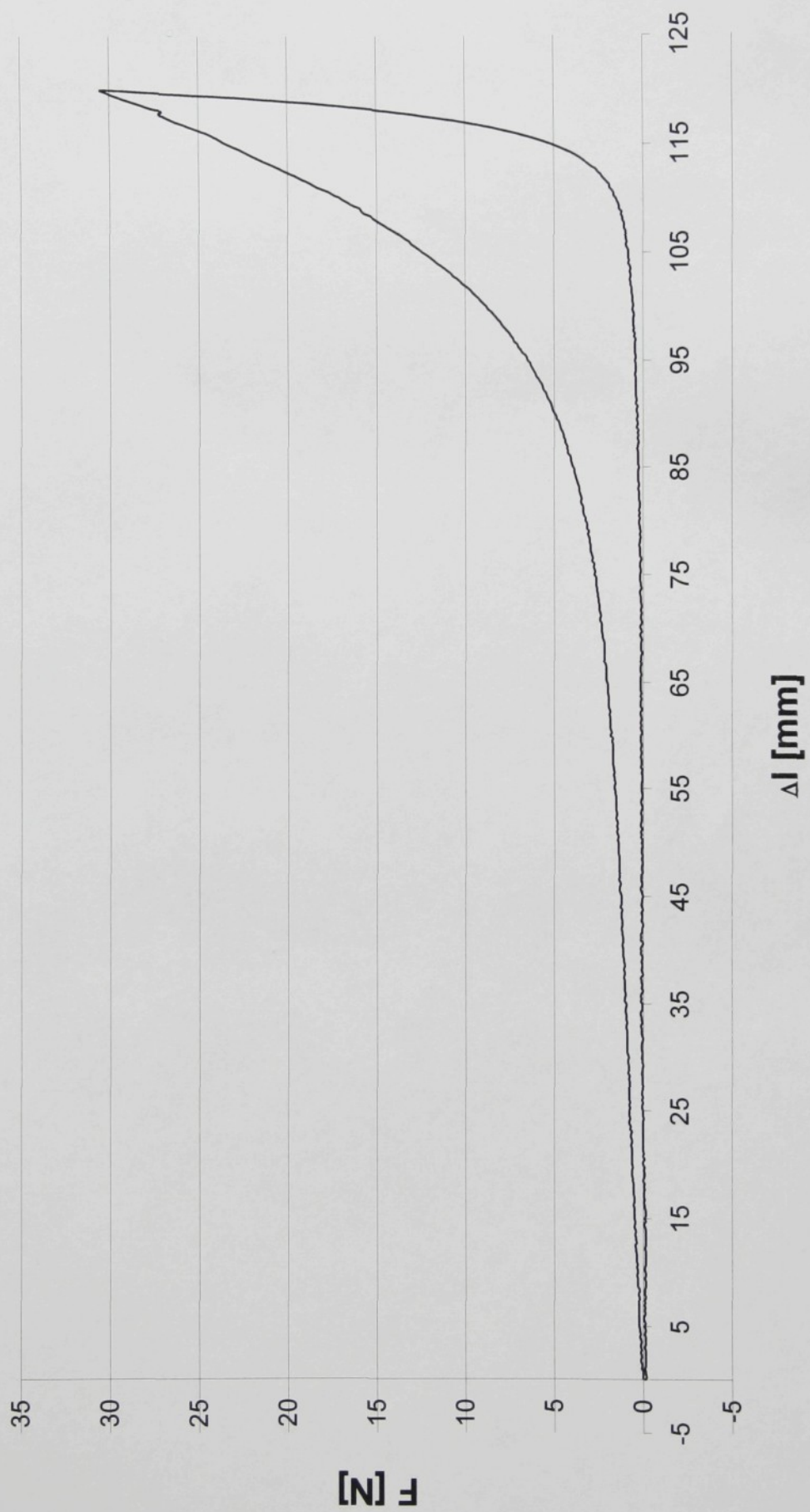
graf č. 3 průměr z grafu č. 2



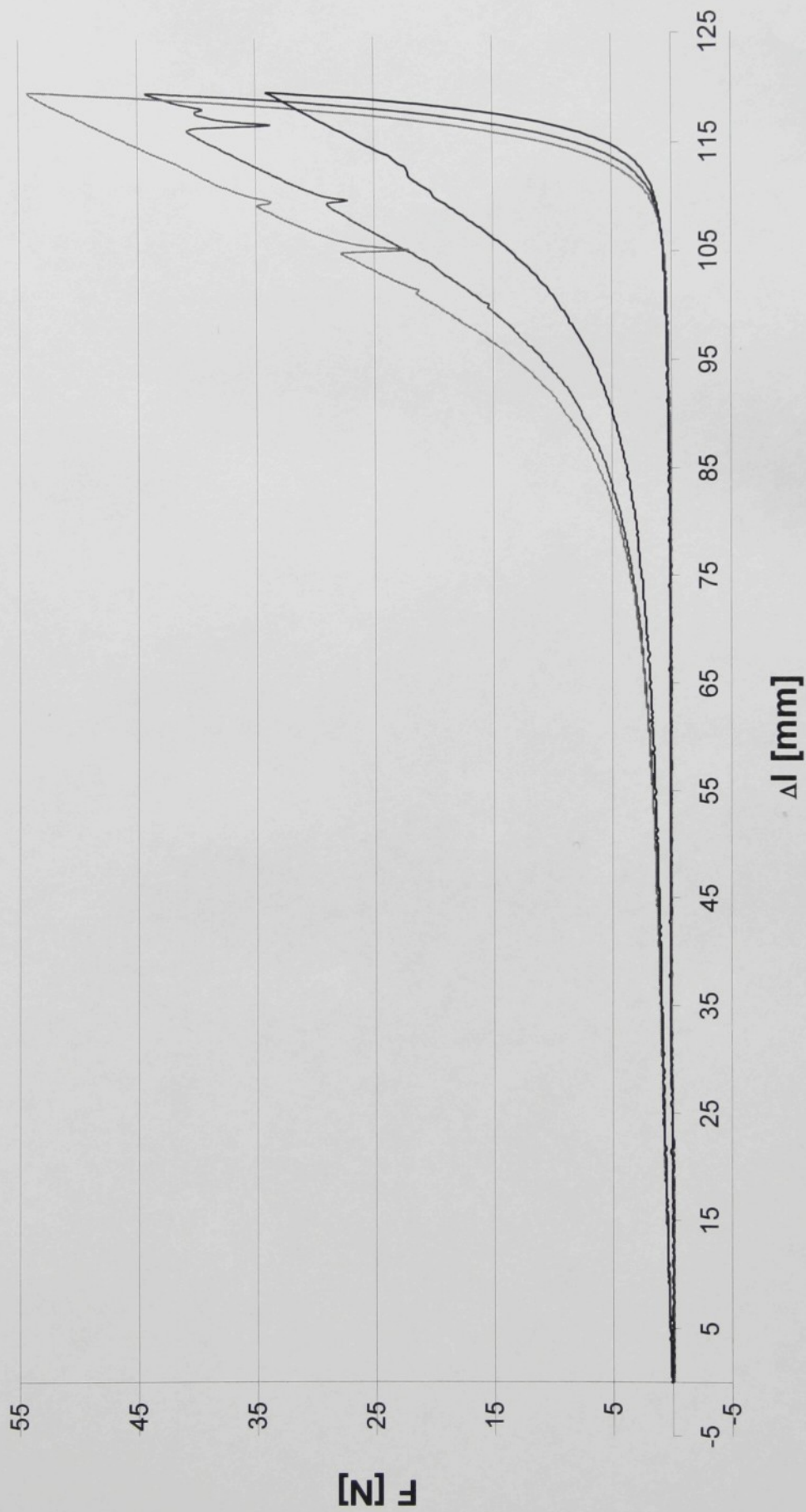
graf č. 4 ZJH "po řádku" 2 celé



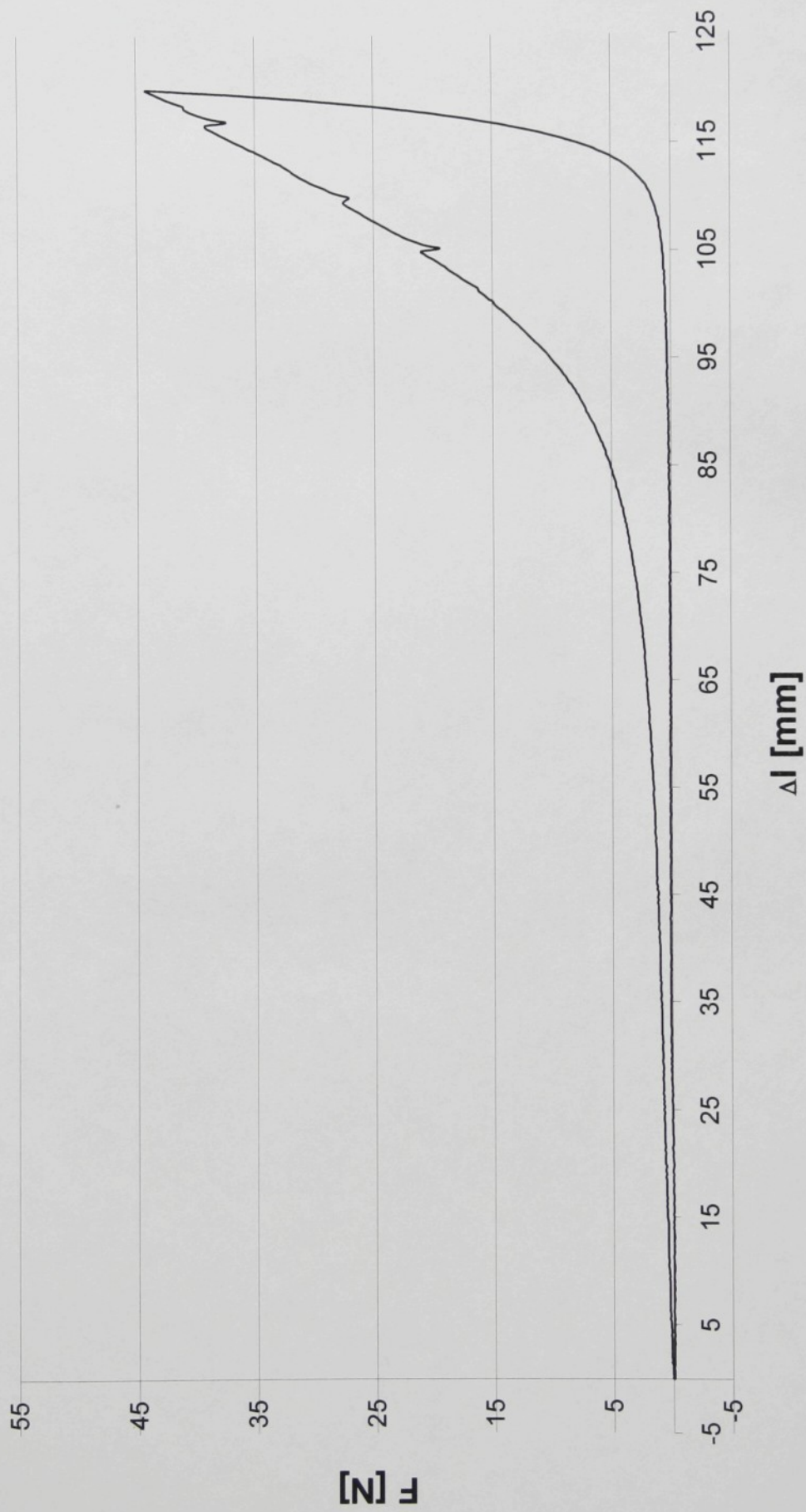
graf č. 5 průměr z grafu č. 4



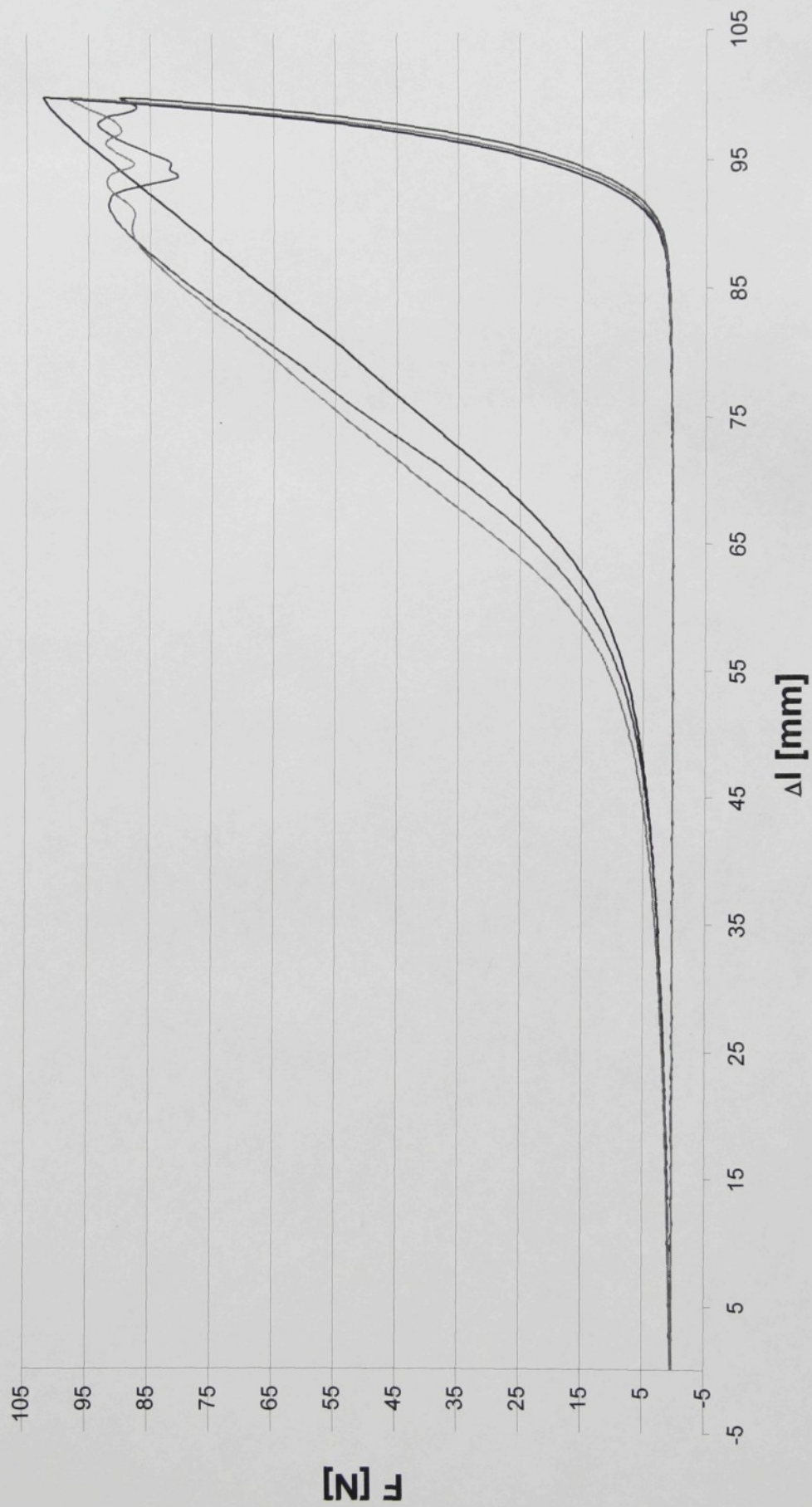
graf č. 6 ZJH "po řádku" 3 celé



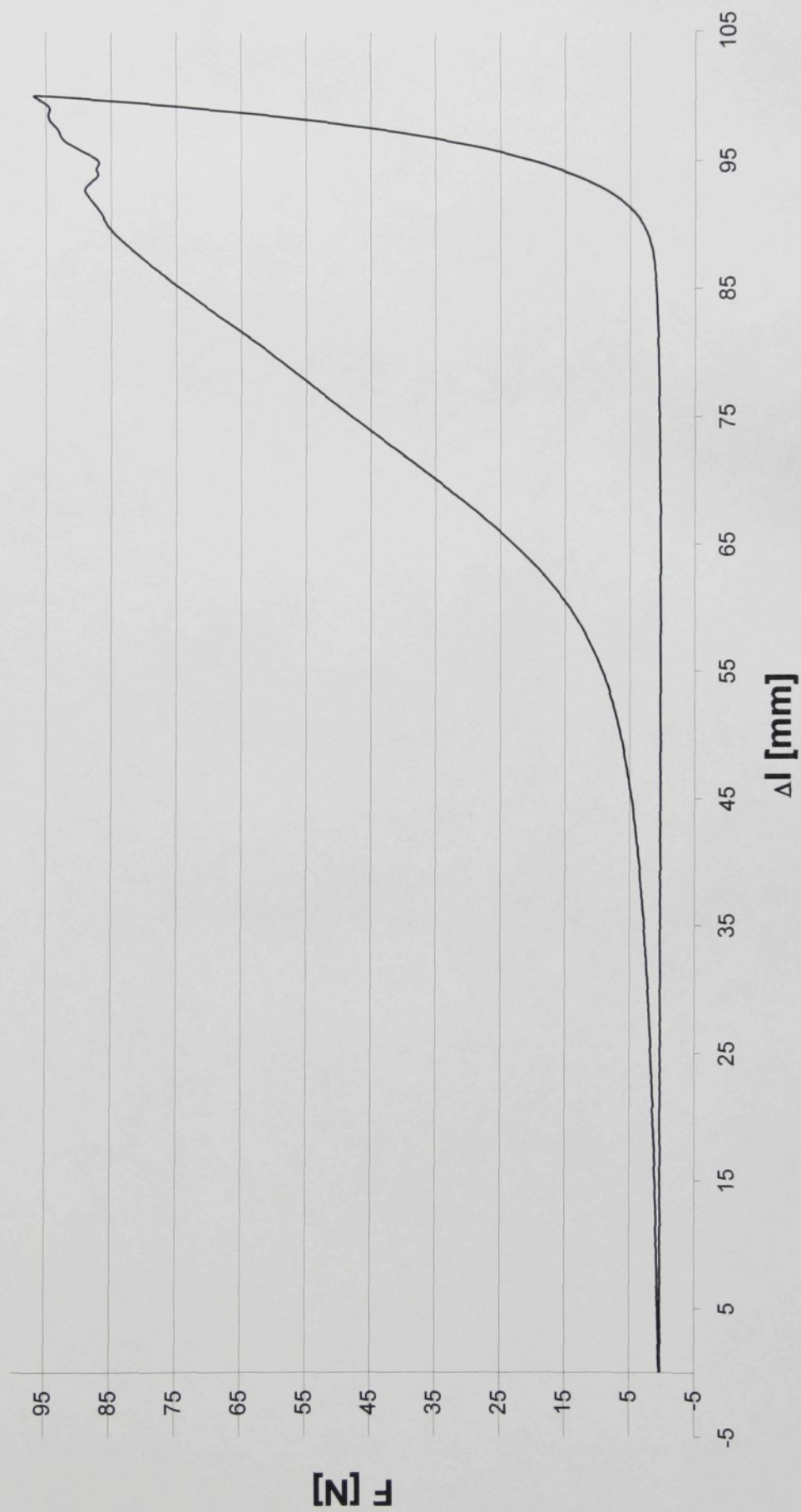
graf č. 7 průměr z grafu č. 6



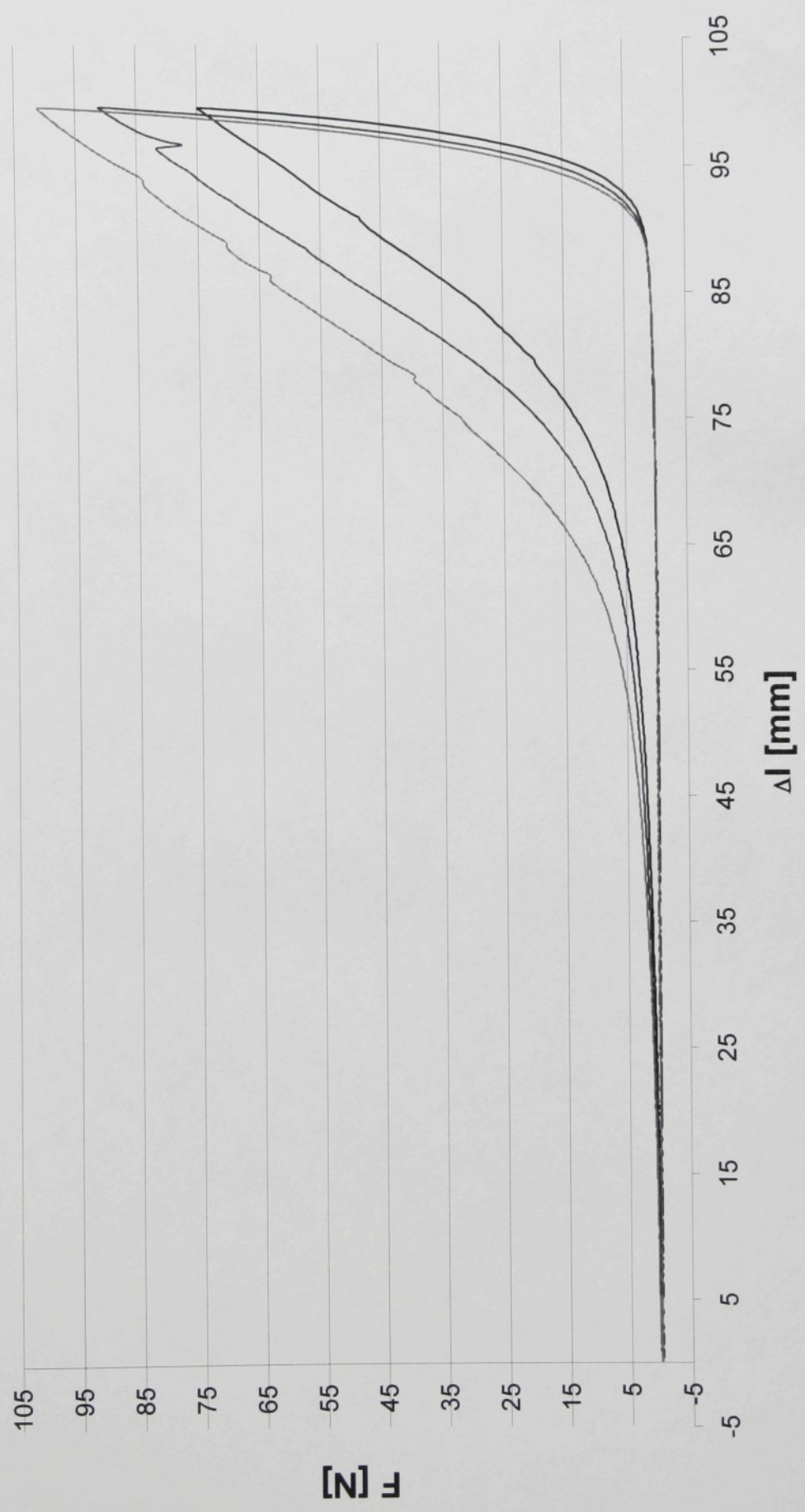
graf č. 8 "po sloupku" 4 celé



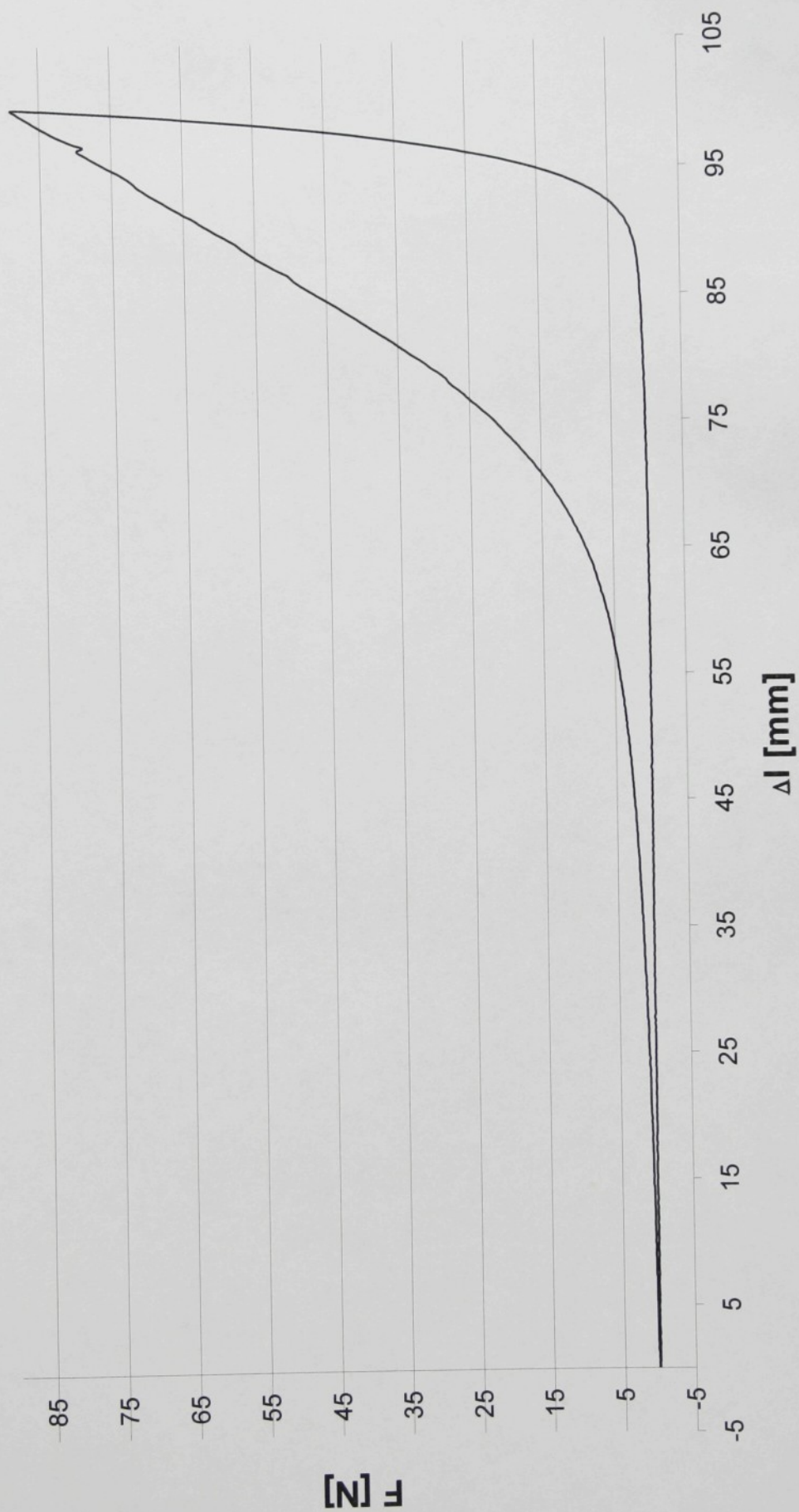
graf č. 9 průměr z grafu č. 8



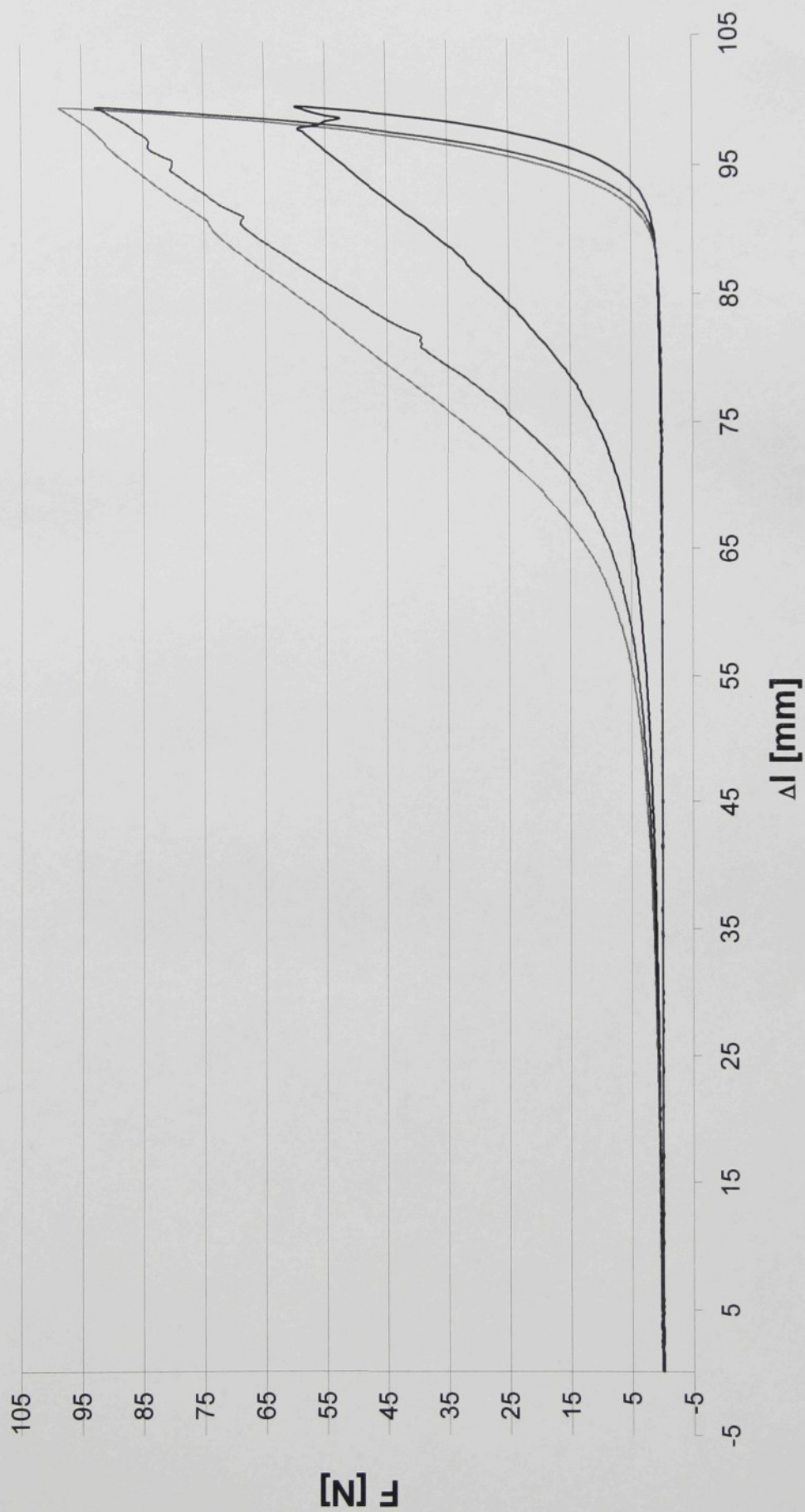
graf č. 10 ZJH "po sloupku" 5 celé



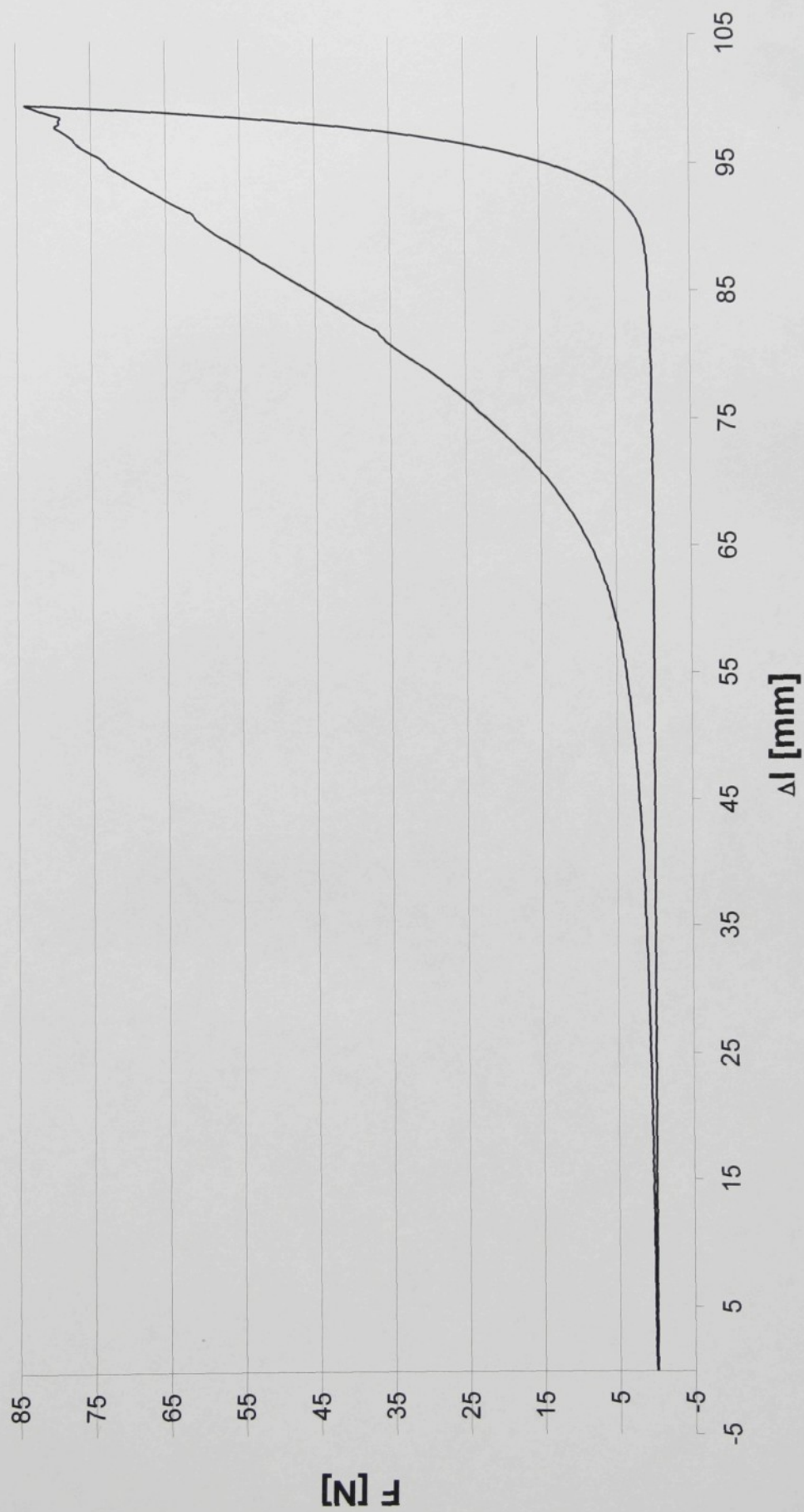
graf č. 11 průměr z grafu č. 10



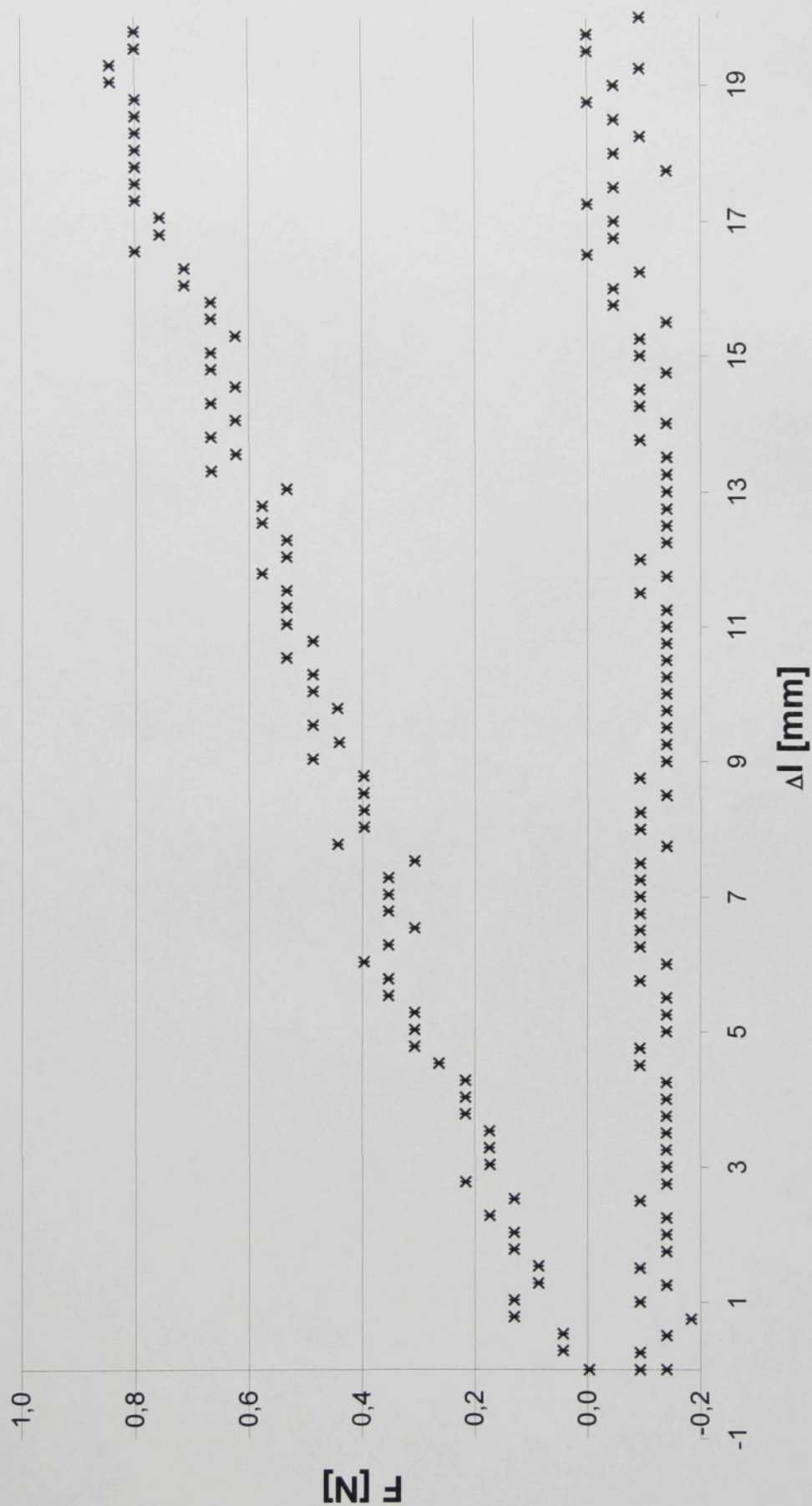
graf č. 12 "po sloupku" 6 celé



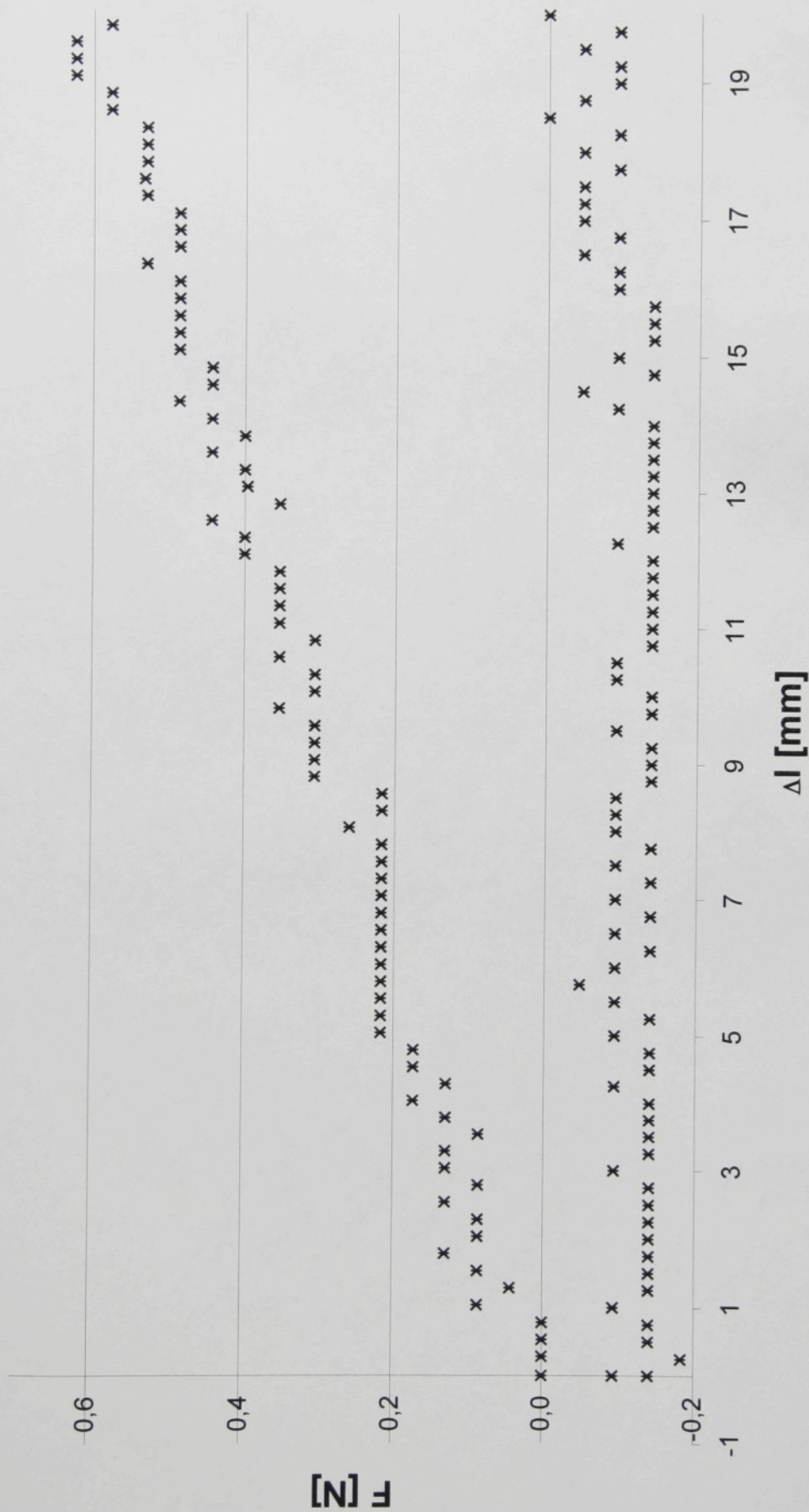
graf č. 13 průměr z grafu č. 12



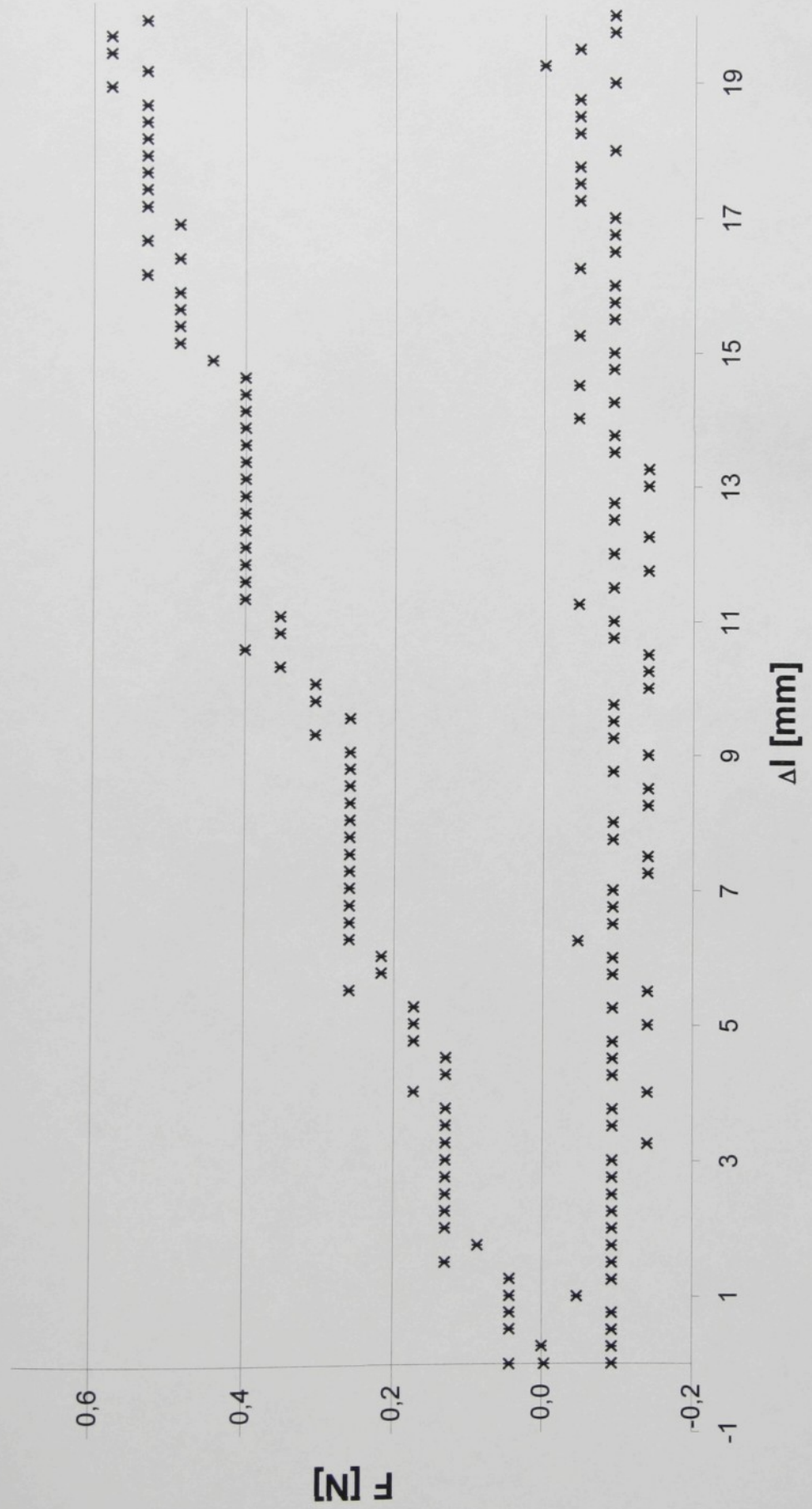
graf č. 14 ZJH "po řádku", počátek deformace grafu č.3



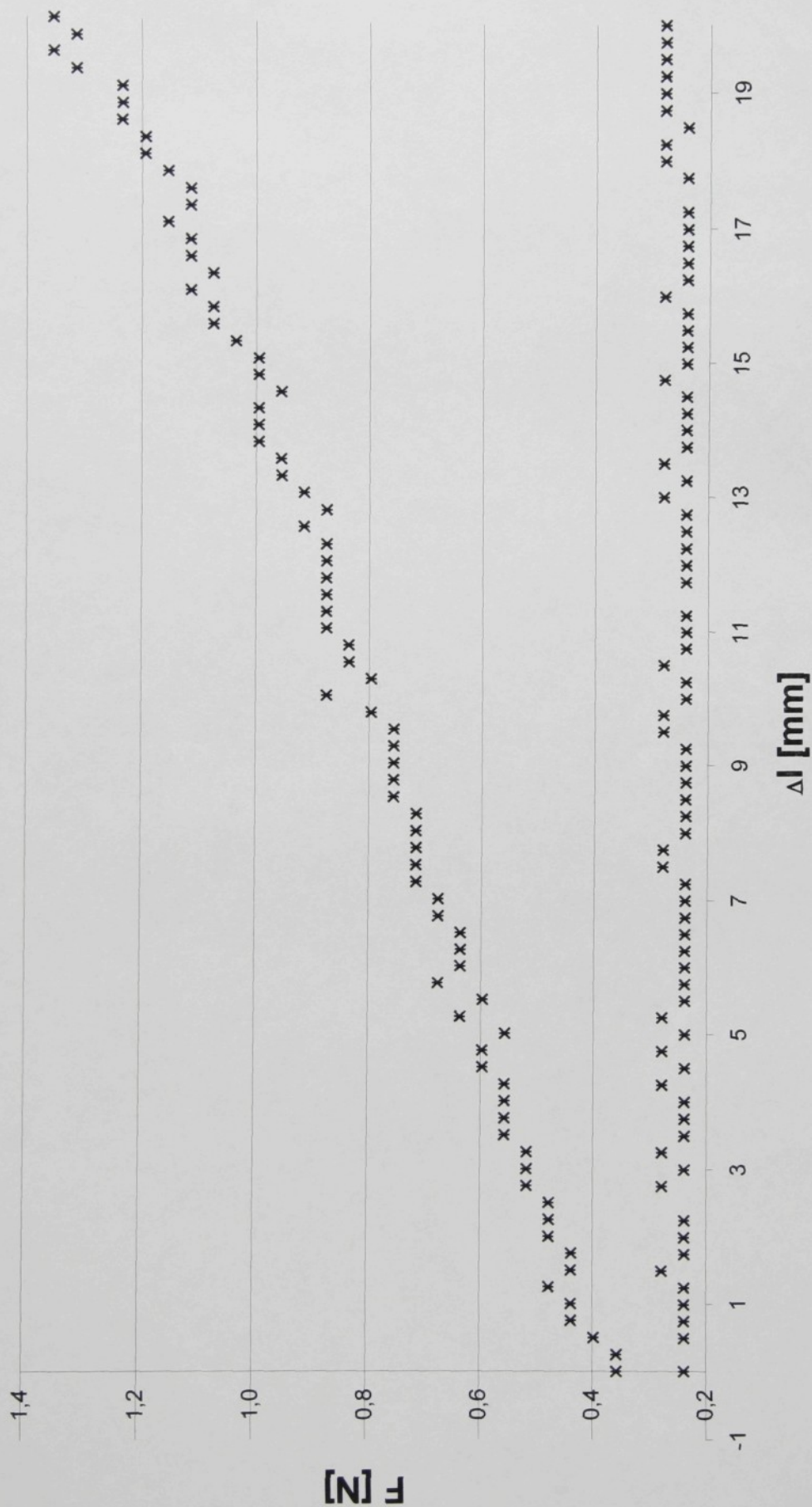
graf č. 15 ZJH "po řádku", počátek deformace grafu č.5



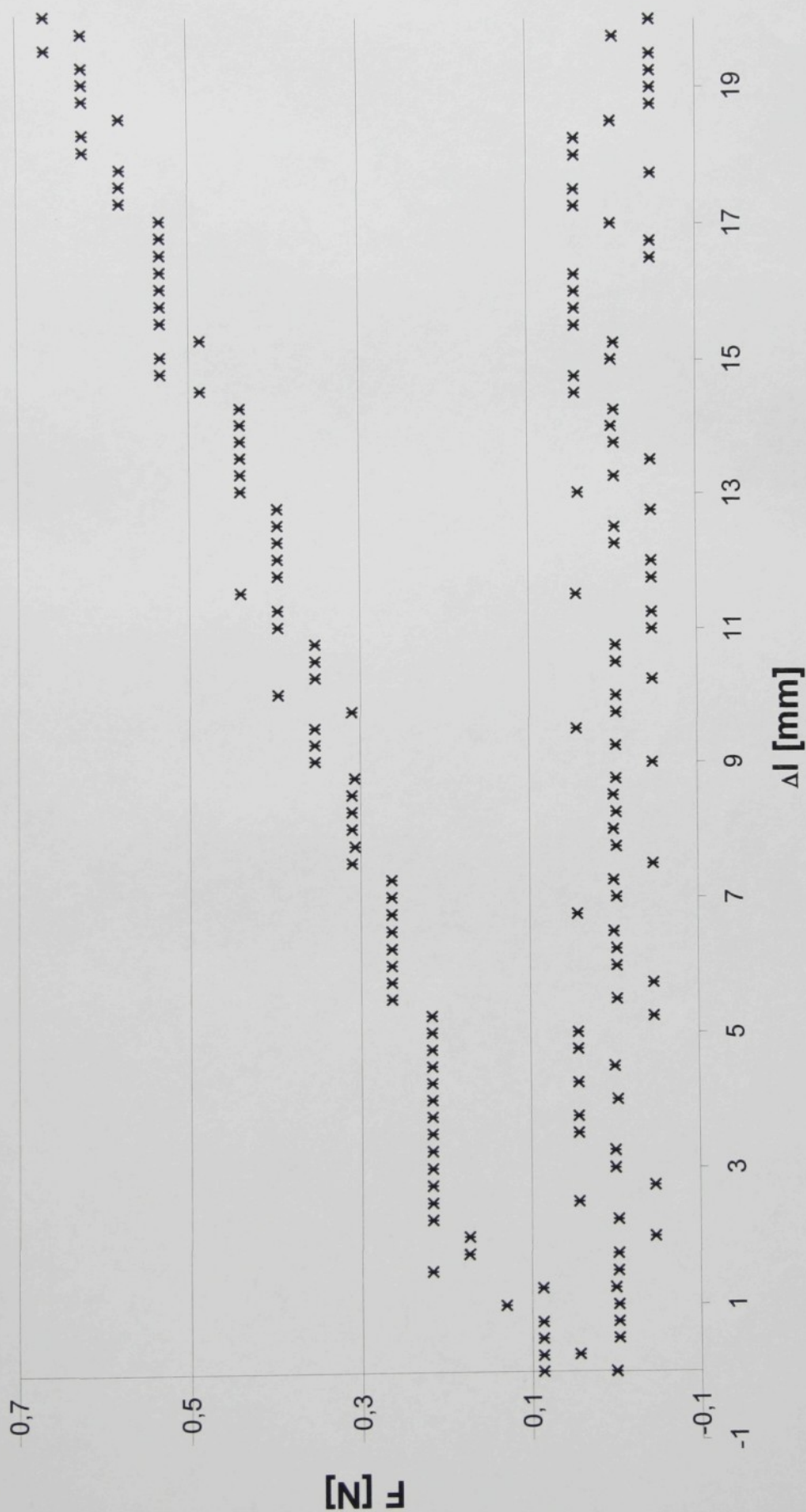
graf č. 16 ZJH "po řádku", počátek deformace grafu č.7



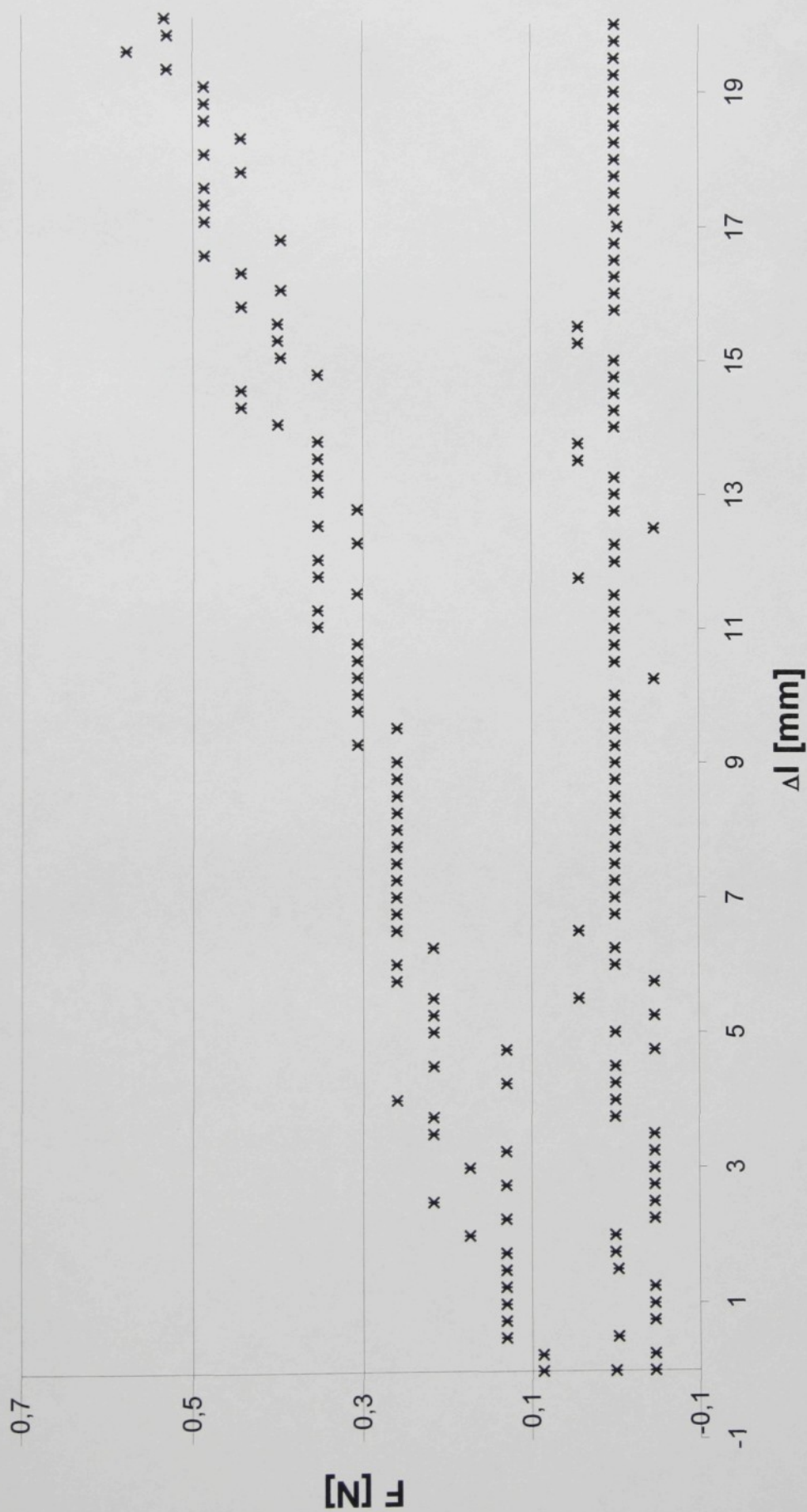
graf č. 17 ZJH "po sloupku", počátek deformace grafu č.9



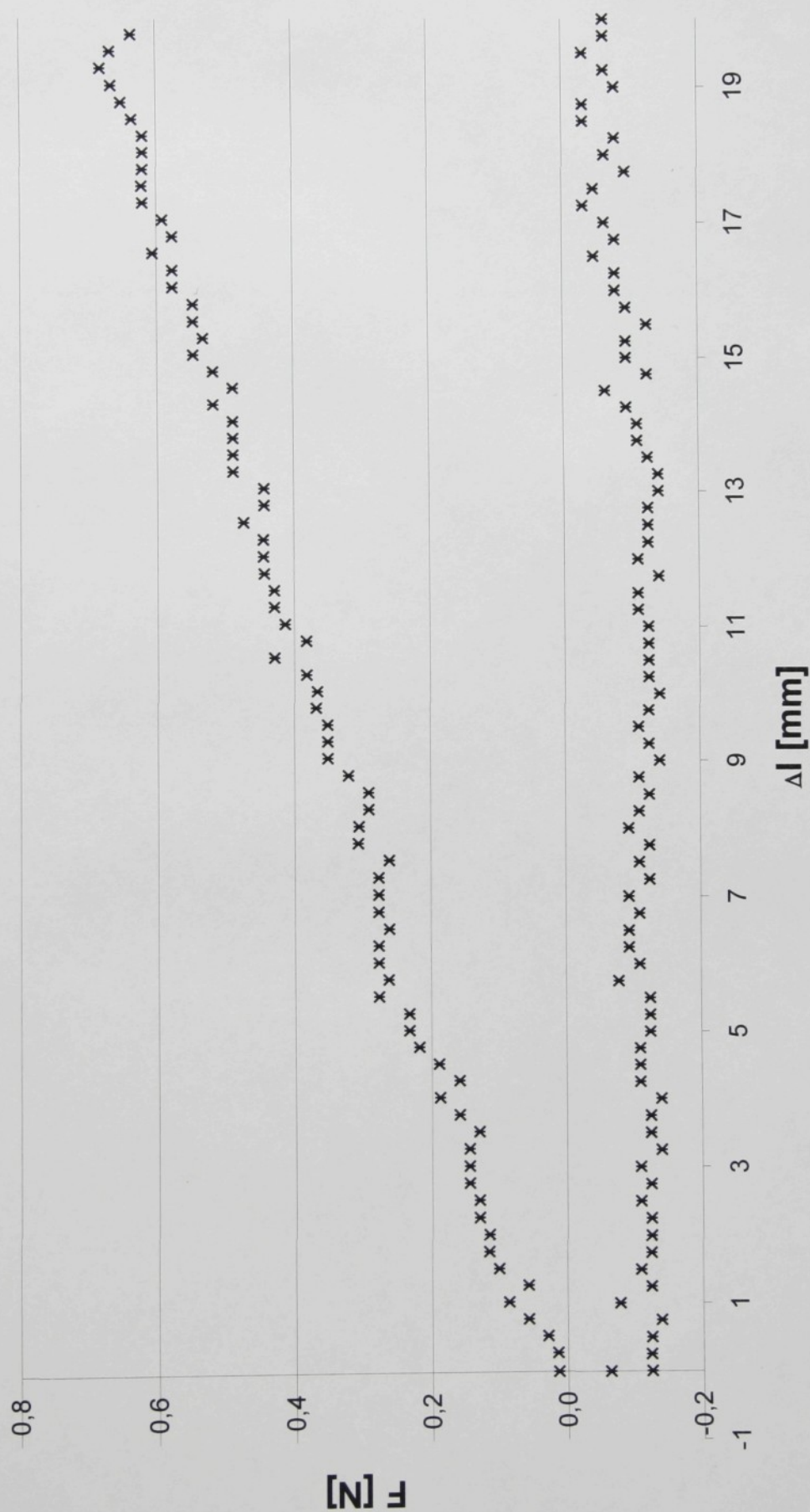
graf č. 18 ZJH "po sloupku", počátek deformace grafu č.11



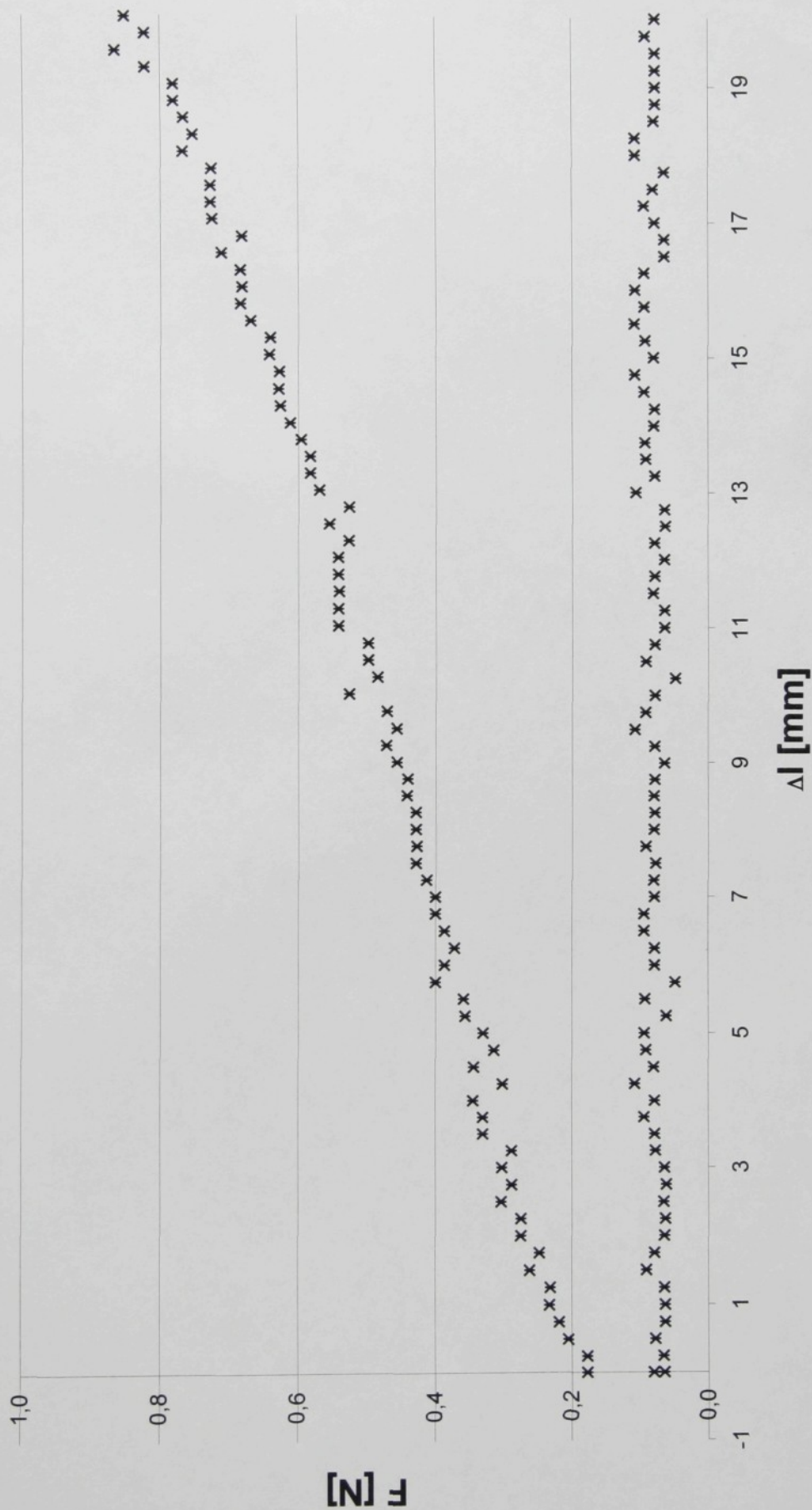
graf č. 19 ZJH "po sloupku", počátek deformace grafu č.13



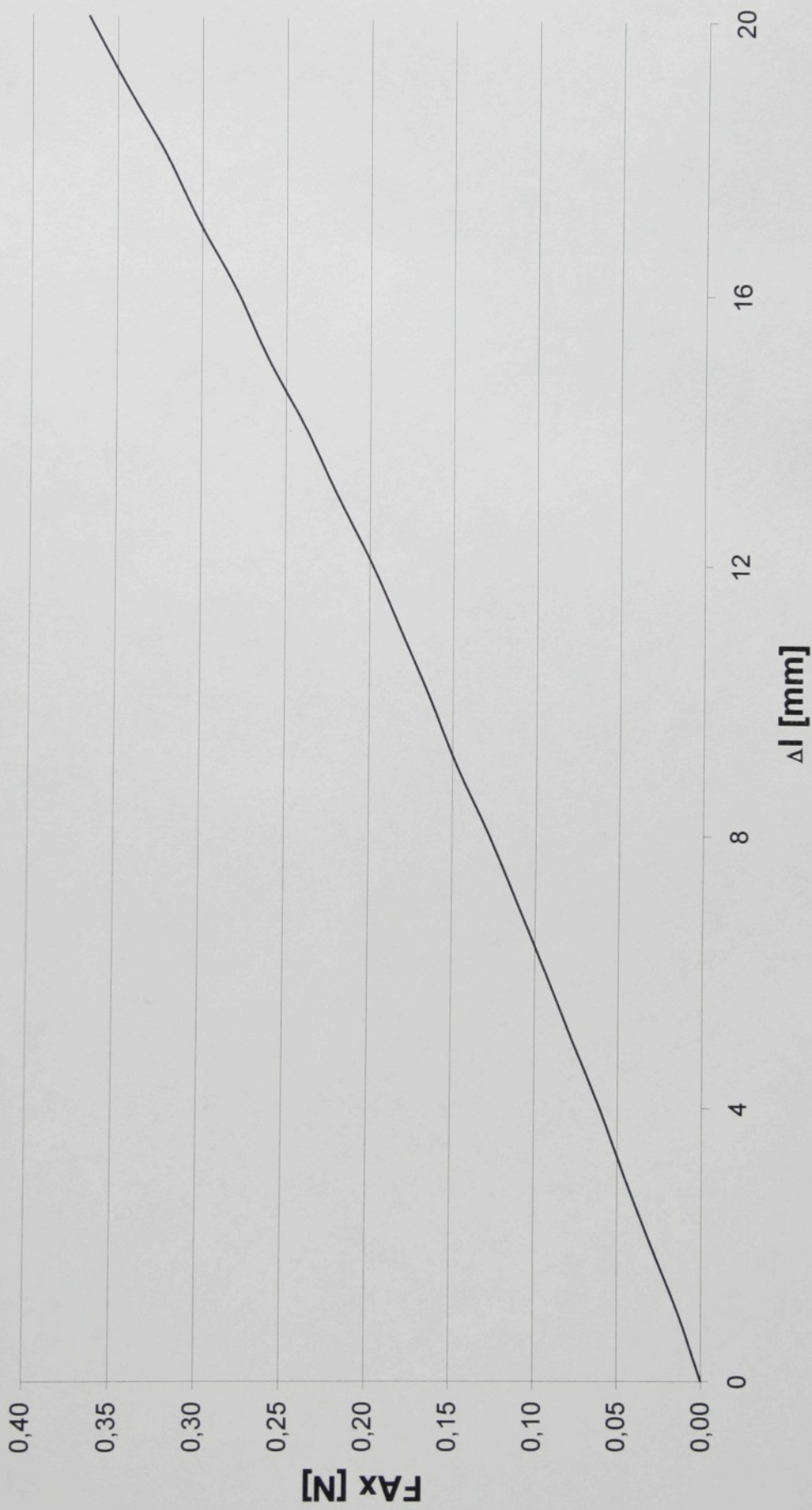
graf č. 20 ZJH "po řádku" průměr z grafů 14,15,16



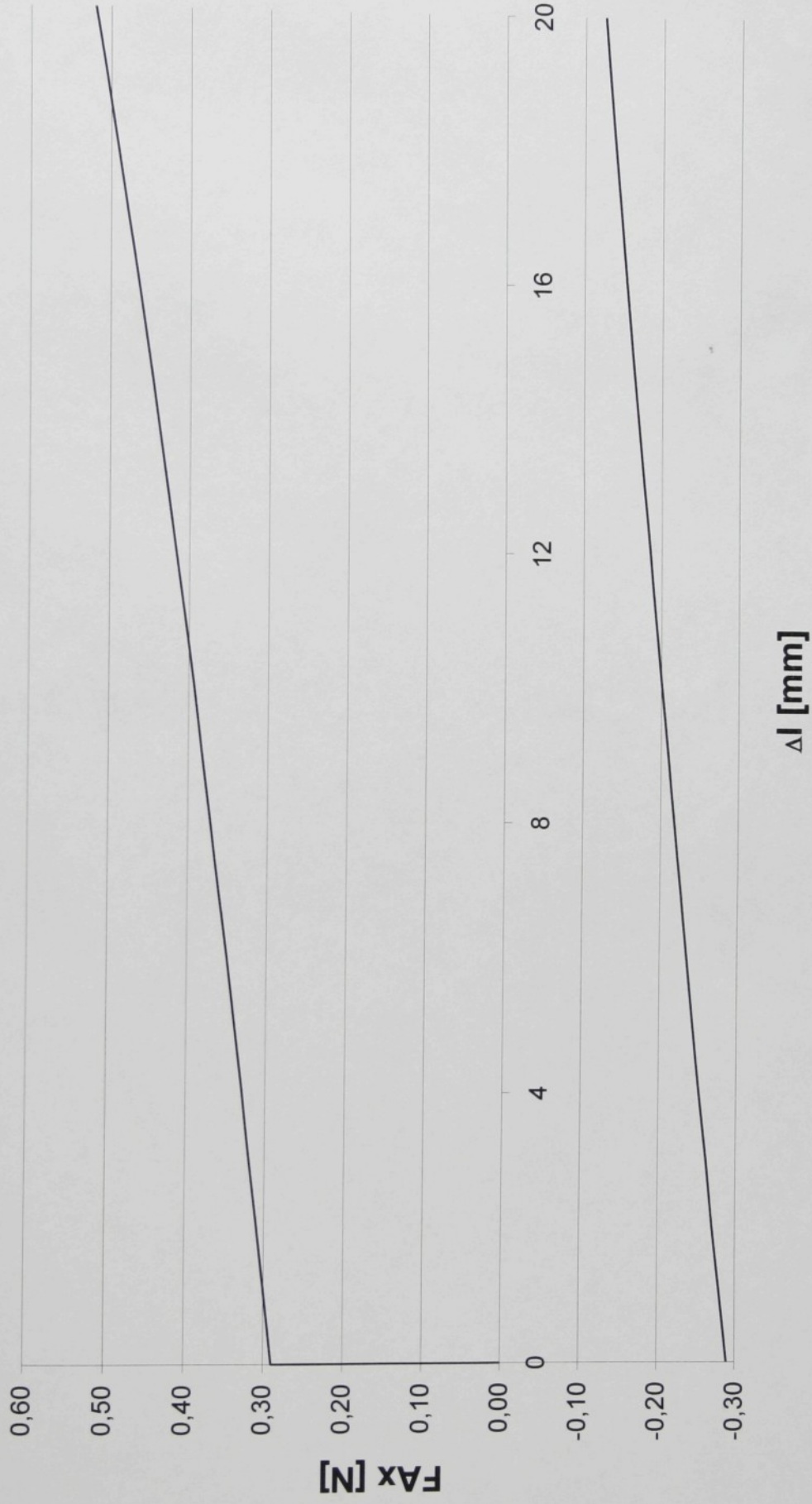
graf č. 21 ZJH "po sloupku" průměr z grafů 17,18,19



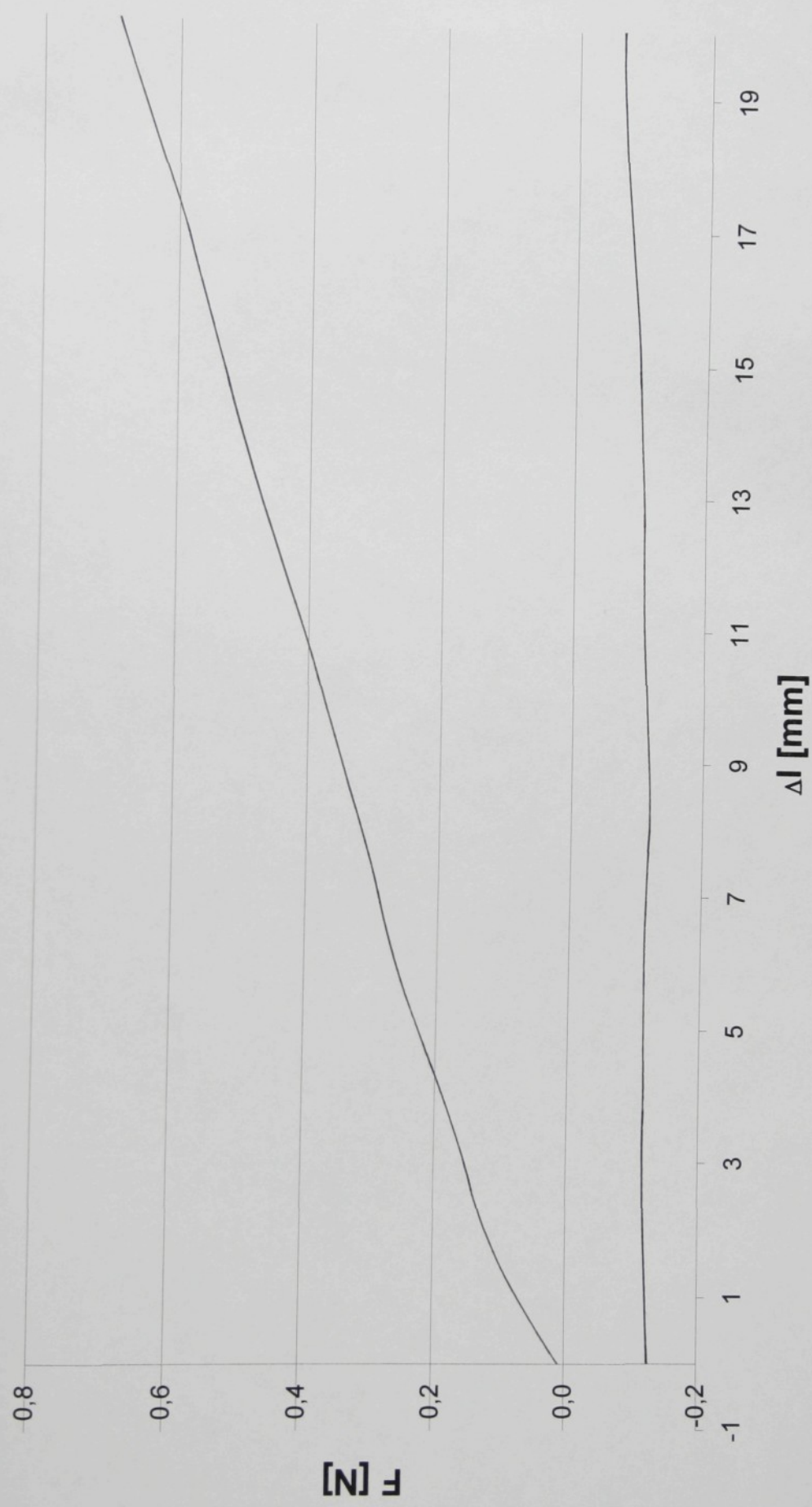
graf č. 22 ZJH "po řádku" modelová pletenina



graf č. 23 ZJH "po sloupku" modelová pletenina



graf č. 24 ZJH "po řádku" průměr z grafů 14,15,16



graf č. 25 ZJH "po sloupku" průměr z grafů 17,18,19

