



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET, ZAVOD ZA TEHNIČKU MEHANIKU
OTPORNOST MATERIJALA 1

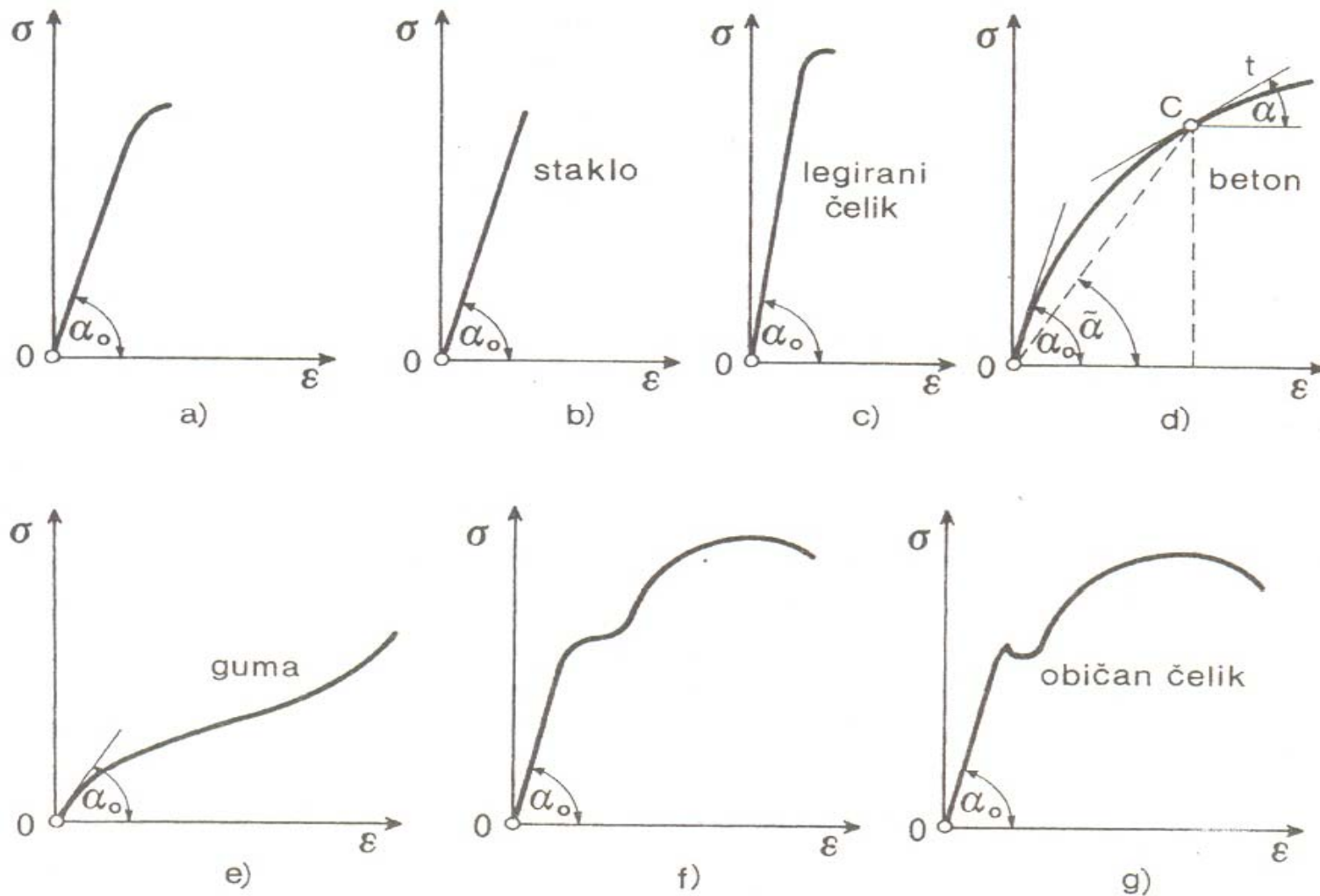
1.LABORATORIJASKA VJEŽBA

ISPITIVANJE ČELIKA RASTEZANJEM

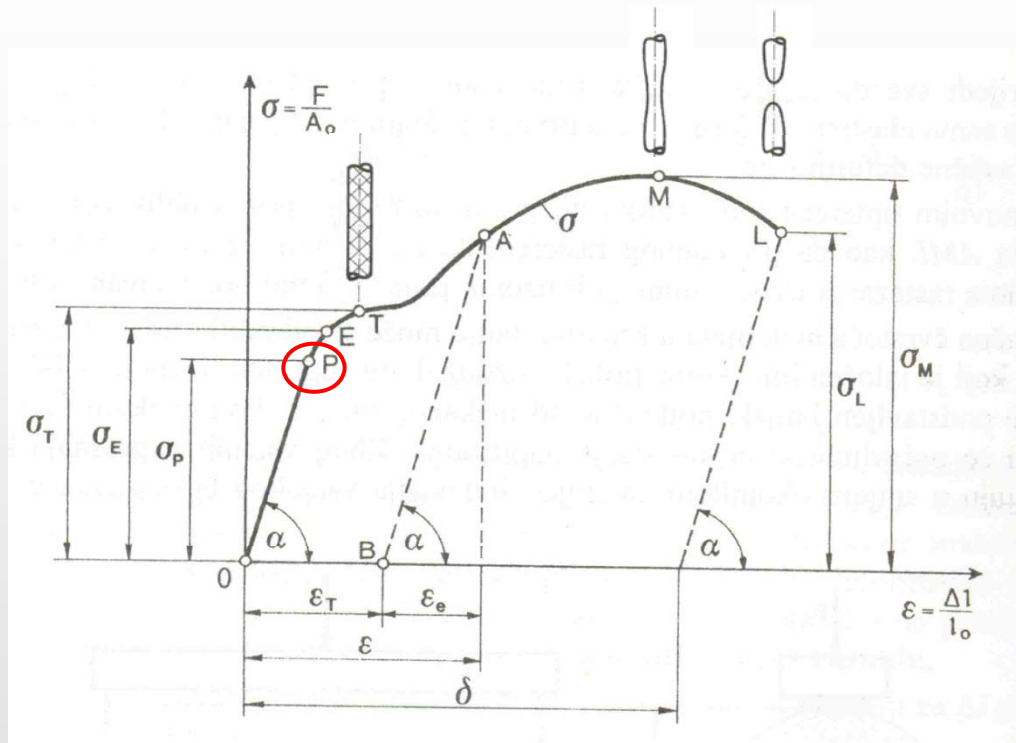
SAINT VENANTOV PRINCIP

1. TEORIJSKI UVOD

Dijagrami naprezanje-relativna deformacija za različite materijale

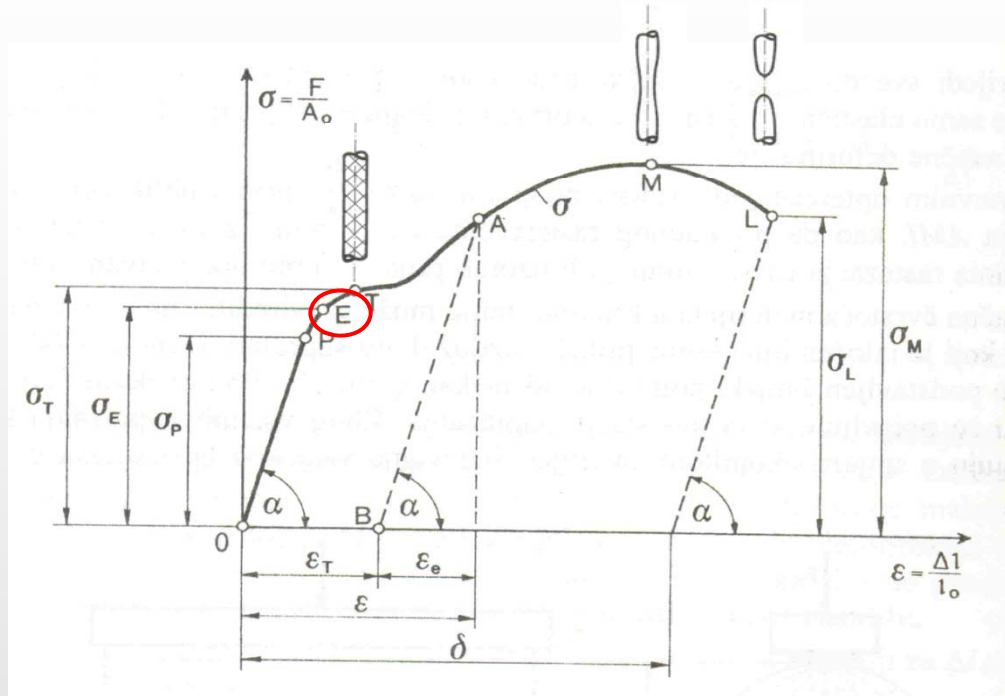


Dijagram naprezanje-relativna deformacija za mekani čelik



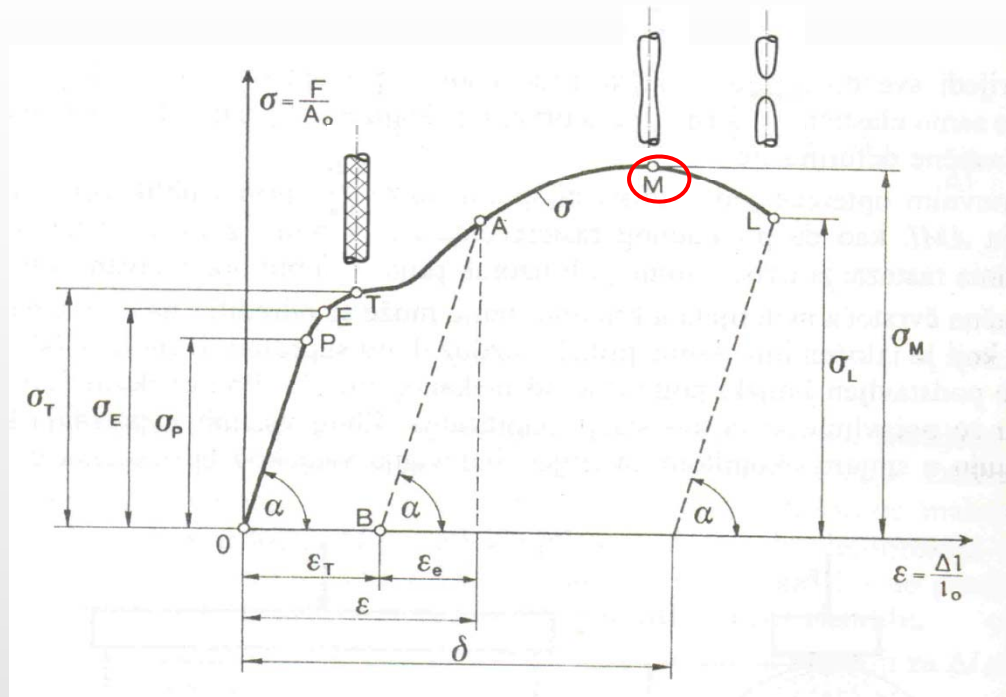
GRANICA PROPORCIONALNOSTI - σ_p

- fizikalno značenje: Granično naprezanje do kojeg su relativne deformacije linearno ovisne o naprezanju. Nema trajnih deformacija, ako se sila otpusti
- praktično određivanje: Granično naprezanje kod kojeg se pojavi odstupanje od linearnosti veće od 10%



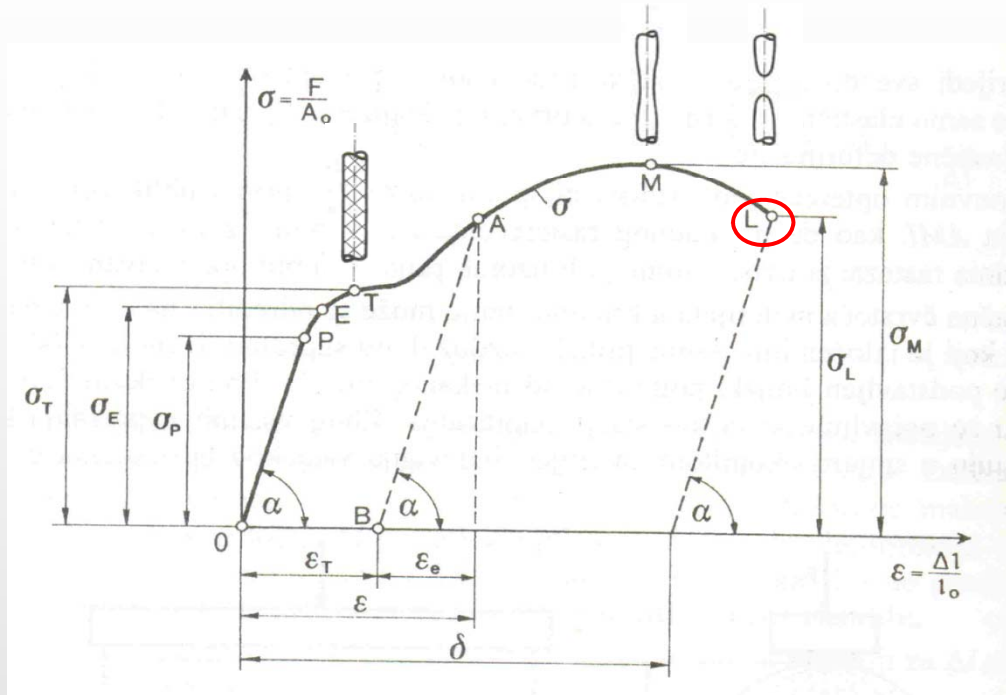
GRANICA ELASTIČNOSTI - σ_e

- fizikalno značenje: Granično naprežanje do kojeg se materijal ponaša još elastično
- praktično određivanje: Granično naprežanje kod kojeg su trajne deformacije veće od 0,01 % ili apsolutno za mjernu bazu $l_0=200\text{mm}$, $\Delta l=20\mu\text{m}$ (0,02 mm)



ČVRSTOĆA - σ_m

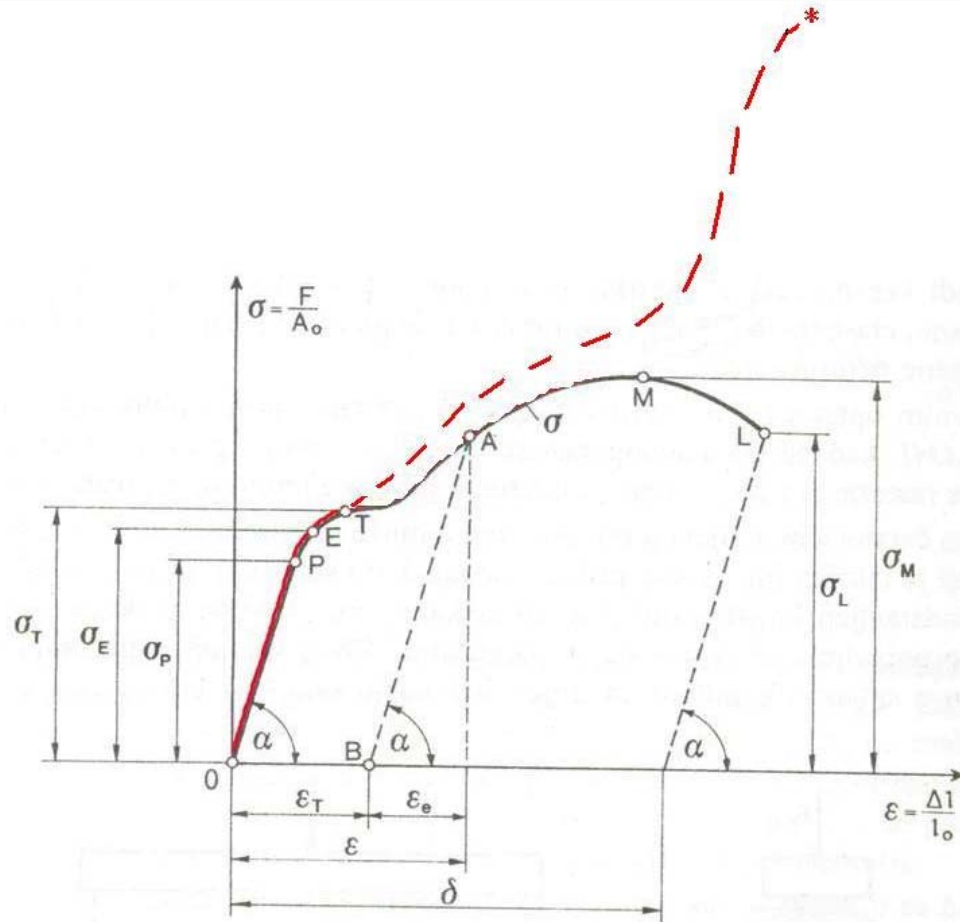
- fizikalno značenje: Granično maksimalno naprezanje, koje može izdržati materijal, a zove se vlačna ili rastezna čvrstoća.
- praktično određivanje: Granično maksimalno naprezanje, maksimum na radnom dijagramu, izražen kao omjer maksimalne sile i početne površine poprečnog presjeka uzorka.



RASKIDNO NAPREZANJE - σ_l

- fizikalno značenje: Granično napreznanje u trenutku loma materijala
- praktično određivanje: Granično napreznanje koje odgovara maksimalnoj relativnoj deformaciji

$$\sigma_0 = \frac{F}{A_0} \quad \text{realno naprezanje} \quad \sigma_L^* = \frac{F_{lom}}{A_{lom}}$$



U dijagramu naprezanje-relativna deformacija se naprezanje dobije tako da se izmjerena sila izrazi na jedinicu početnog poprečnog presjeka, jer se tijekom razvlačenja ne mjeri promjena početnog presjeka. Čelik je materijal, koji ima znatnu promjenu površine poprečnog presjeka tijekom istežanja i to naročito kad nastaju plastične deformacije, pa treba naprezanje računati preko stvarne površine poprečnog presjeka. Takvo naprezanje naziva se, stvarno ili realno naprezanje. Stvarni presjek uzorka može se mjeriti samo prije istežanja i kad se uzorak slomi.



2. EKSPERIMENT

NORMA HRN EN 10002-1

HZN - GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
 Račun br.: 20110630 • 2011-03-24
 Zabranjeno umnožavanje u bilo kojem obliku i na bilo koji način bez pisane dozvole HZN-a. HRN EN ISO 6892-1:2010

EUROPEAN STANDARD
 NORME EUROPÉENNE
 EUROPÄISCHE NORM

EN ISO 6892-1
 August 2009

ICS 77.040.10 Supersedes EN 10002-1:2001

English Version

Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature (ISO 6892-1:2009)

Matériaux métalliques - Essai de traction - Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante (ISO 6892-1:2009)

Metallische Werkstoffe - Zugversuch - Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2009)

This European Standard was approved by CEN on 13 March 2009.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



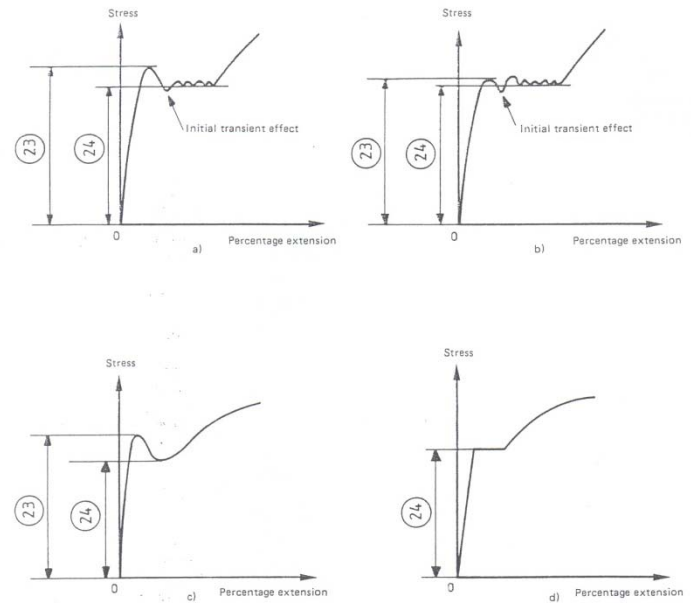
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
 COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
 EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2009 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. EN ISO 6892-1:2009: E

EN 10 002 Part 1 Page 6



NOTE: See table 1 for explanation of reference numbers.

Figure 2. Definitions of upper and lower yield strength for different types of curve

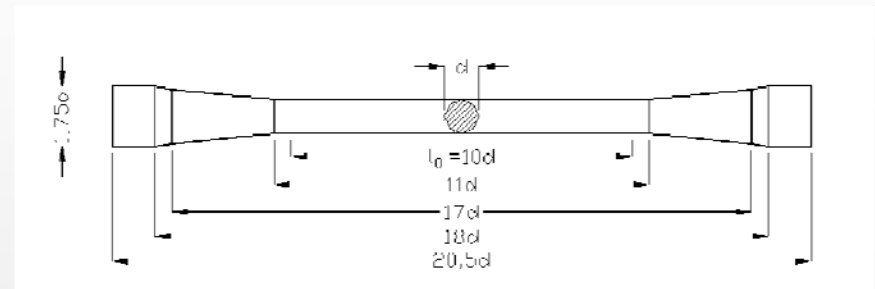
OBLIK I DIMENZIJE UZORAKA PREMA STAROJ NORMI HRN C. A4.002

ŠTAP KRUŽNOG POPREČNOG PRESJEKA

a) Normalni dugi štap – $l_0 = 10 \cdot d$

b) Normalni kratki štap – $l_0 = 5 \cdot d$

l_0 – mjerna duljina



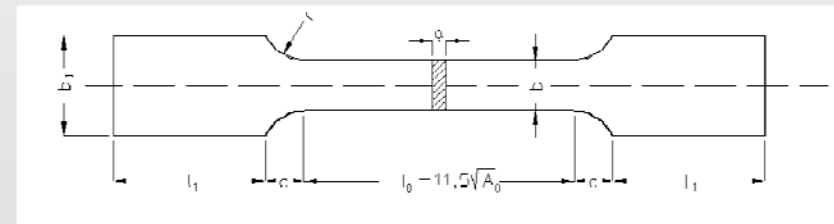
ŠTAP PRVOKUTNOG POPREČNOG PRESJEKA

a) Normalni dugi štap – $l_0 = 11,5 \cdot \sqrt{A_0}$

$$A_0 = a \cdot b$$

Veličine c , l_1 , b_1 i r ovise o odnosu a/b
 koji može maksimalno iznositi $a/b = 1/4$

b) Normalni kratki štap – $l_0 = 5,65 \cdot \sqrt{A_0}$



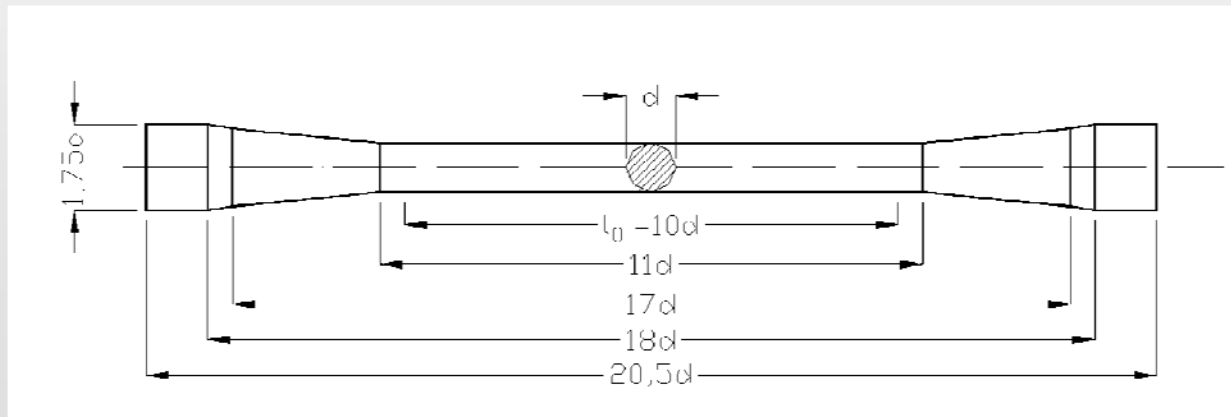


Dimenzije uzorka za ispitivanje – kružni poprečni presjek – tip a

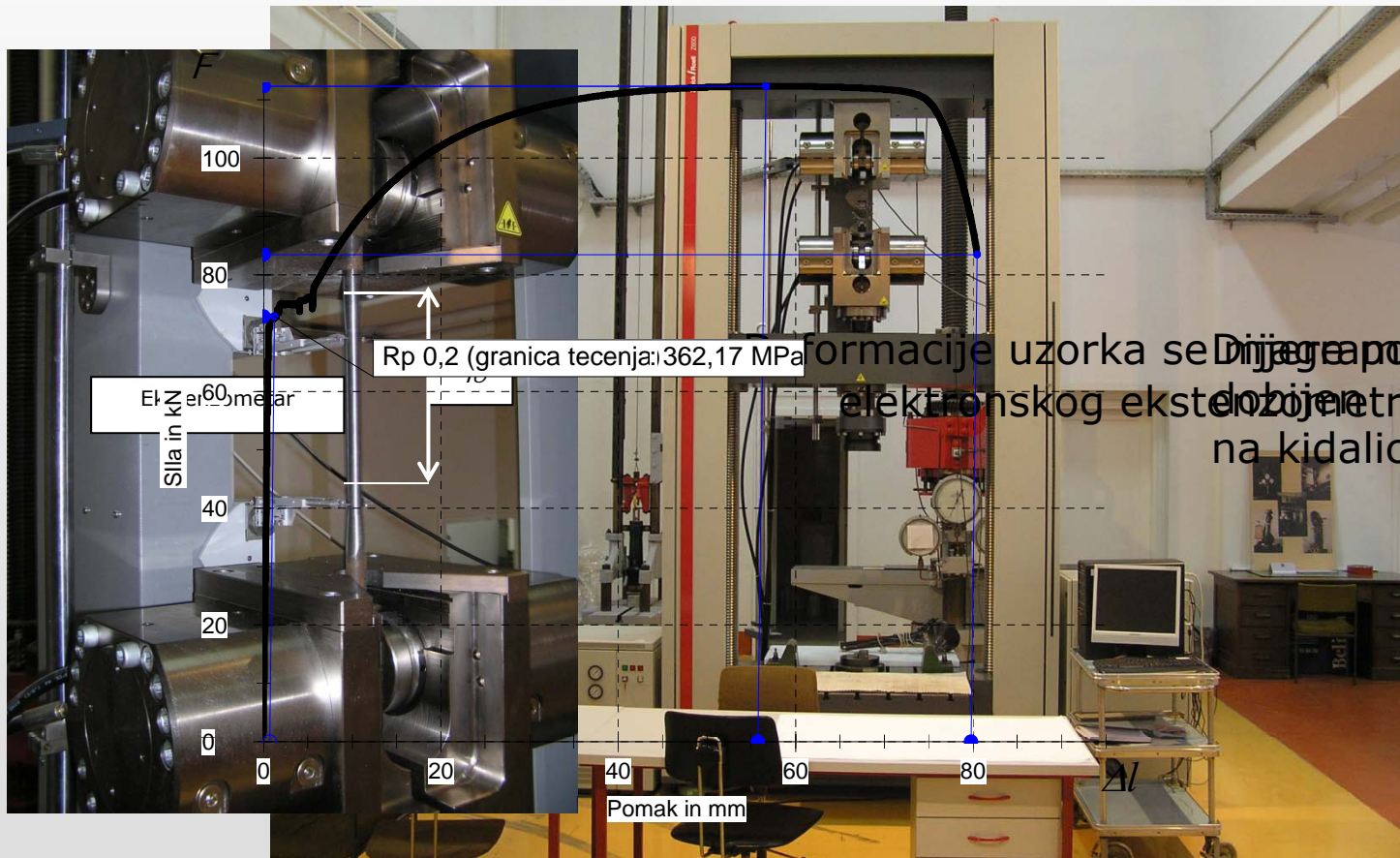
promjer - $d_0 = 20 \text{ mm}$

površina poprečnog presjeka - $A_0 = 314,16 \text{ mm}^2$

mjerna duljina – $l_0 = 10d = 200 \text{ mm}$

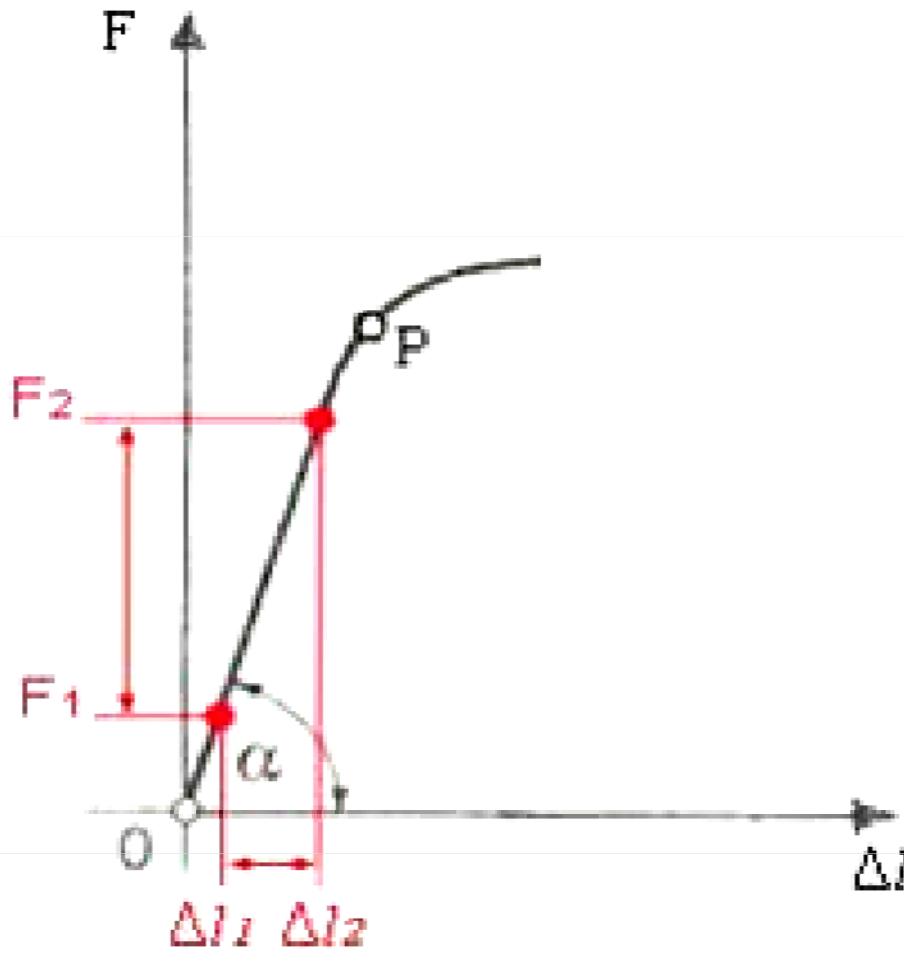


UREĐAJ ZA MJERENJE ISTEZANJA JE UNIVERZALNA TLAČNO- VLAČNA KIDALICA KAPACITETA ± 600 kN, UPRAVLJANA ELEKTRONIČKIM RAČUNALOM.



Deformacije uzorka se određuju pomoću pomak elektronskog ekstenziometra ispitivanjem na kidalici

Određivanje modula elastičnosti - E



Hooke-ov zakon:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{za } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \text{ i } \sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$E = \frac{\Delta F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l}$$

$$\Delta F = F_2 - F_1$$

$$\Delta l = \Delta l_2 - \Delta l_1$$

Modul elastičnosti računa se iz početnog linearnog dijela dijagrama, tako da se odaberu točke $F_1 < F_p$ i $F_2 < F_p$ i pripadne apsolutne deformacije Δl_1 i Δl_2



Određivanje: - maksimalnog relativnog produljenja (%)

$$\delta = \frac{l_{lom} - l_0}{l_0} \cdot 100 = \frac{\Delta l_{lom}}{l_0} \cdot 100$$

- kontrakcije poprečnog presjeka (%)

$$\psi = \frac{A_0 - A_{lom}}{A_0} \cdot 100$$

- stvarnog naprezanja u trenutku loma (MPa)

$$\sigma_{lom}^* = \frac{F_{lom}}{A_{lom}}$$



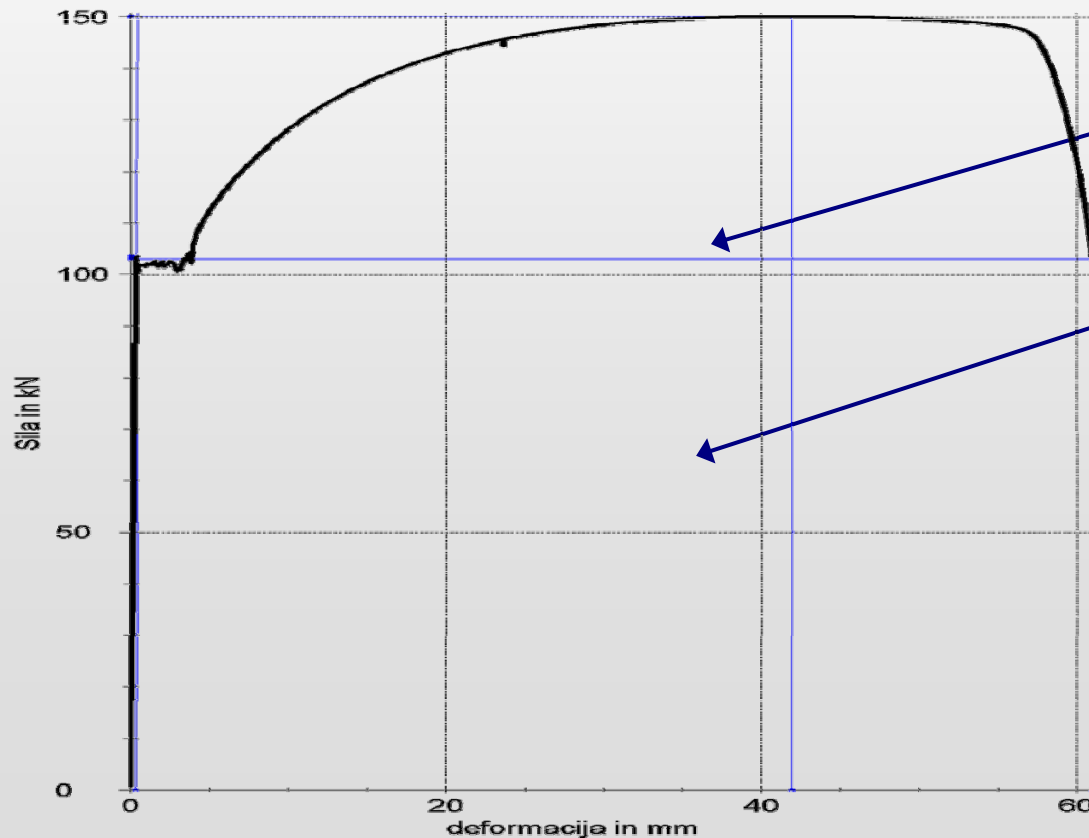
Određivanje ukupne radnje do prekida (površina ispod radnog, $F-\Delta l$ dijagrama u Nmm)

točno:

$$W_{lom} = \int_0^{\Delta l} F \cdot dl$$

približno:

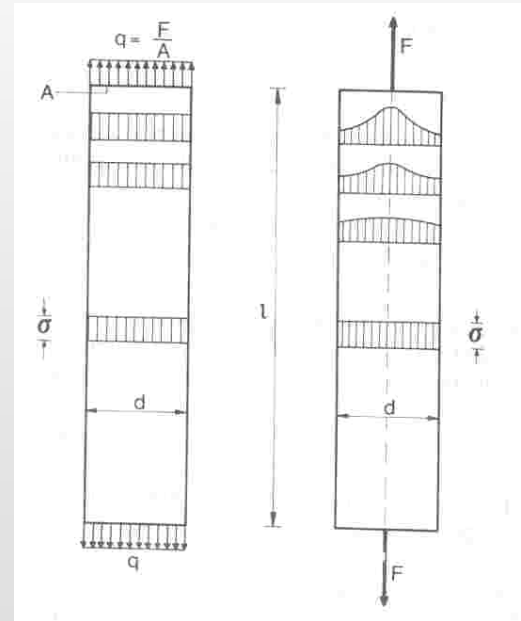
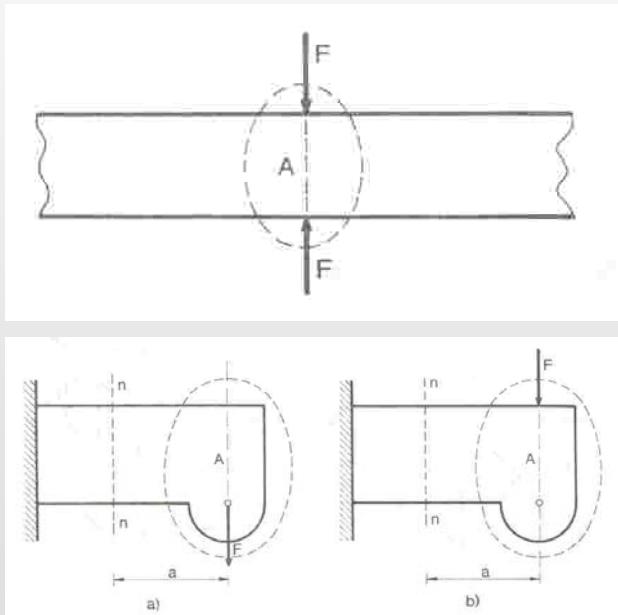
$$W = F_T \cdot \Delta l_{lom} + (F_m - F_T) \cdot \frac{2}{3} \Delta l_{lom}$$



$$\Delta l_T \ll \Delta l_{lom}$$

SAINT VENANTOV PRINCIP

Raspodjela naprezanja i deformacija, u elastičnom tijelu, različita je u blizini mjesta djelovanja statički ekvivalentnih sila, ali na mjestima koja su dovoljno udaljena ta je razlika mala pa se može zanemariti.



Eksperimentalno, Saint Venantov princip pokazuje se na optičkom uređaju za promatranje fotoelastičnosti.

