



# Principi di bioingegneria

## Lezione 15

### Esercitazione caratterizzazione meccanica

Gabriele Maria Fortunato

[gabriele.fortunato@unipi.it](mailto:gabriele.fortunato@unipi.it)



# Esercizio prova di trazione

- Sono forniti i dati di Forza (N) e spostamento (mm) di 3 tipologie di campioni a sezione rettangolare a base di cheratina e gelatina (3x)
- Lunghezza, larghezza e spessore iniziale sono noti
- Per ciascuna tipologia di campione tracciare i diagrammi sforzo(kPa) deformazione (%) dopo aver 'ripulito' i dati grezzi
- Determinare visivamente il tratto lineare e calcolare il modulo elastico
- Confronto regressione lineare (stima  $R^2$  ed errore massimo) vs coefficiente angolare estremi
- Determinare sforzo a snervamento, sforzo massimo, deformazione a massimo sforzo, sforzo a rottura, massima elongazione
- Calcolare resilienza e tenacità a rottura (*trapz* vs formula)
- Riportare i dati su un grafico a barre come  $media \pm deviazione\ standard$

# Regressione lineare

- La regressione lineare è una tecnica di modellazione statistica utilizzata per descrivere una variabile di risposta continua in funzione di una o più variabili (predittori).
- Può contribuire a comprendere e a prevedere il comportamento di sistemi complessi, nonché ad analizzare dati sperimentali, finanziari e biologici.
- Le tecniche di regressione lineare vengono usate per creare un modello lineare. Il modello descrive la relazione tra una variabile dipendente  $y$  (chiamata anche “risposta”) in funzione di una o più variabili indipendenti  $X_i$  (chiamate anche “predittori”).  
L'equazione generale per un modello di regressione lineare è la seguente:

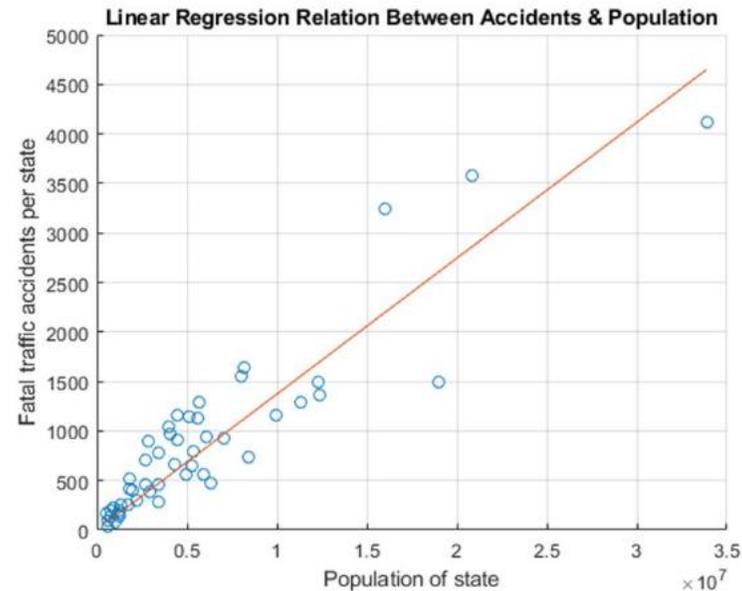
$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \epsilon_i$$

- dove  $\beta$  rappresenta le stime per i parametri lineari da calcolare e  $\epsilon$  rappresenta i termini di errore.

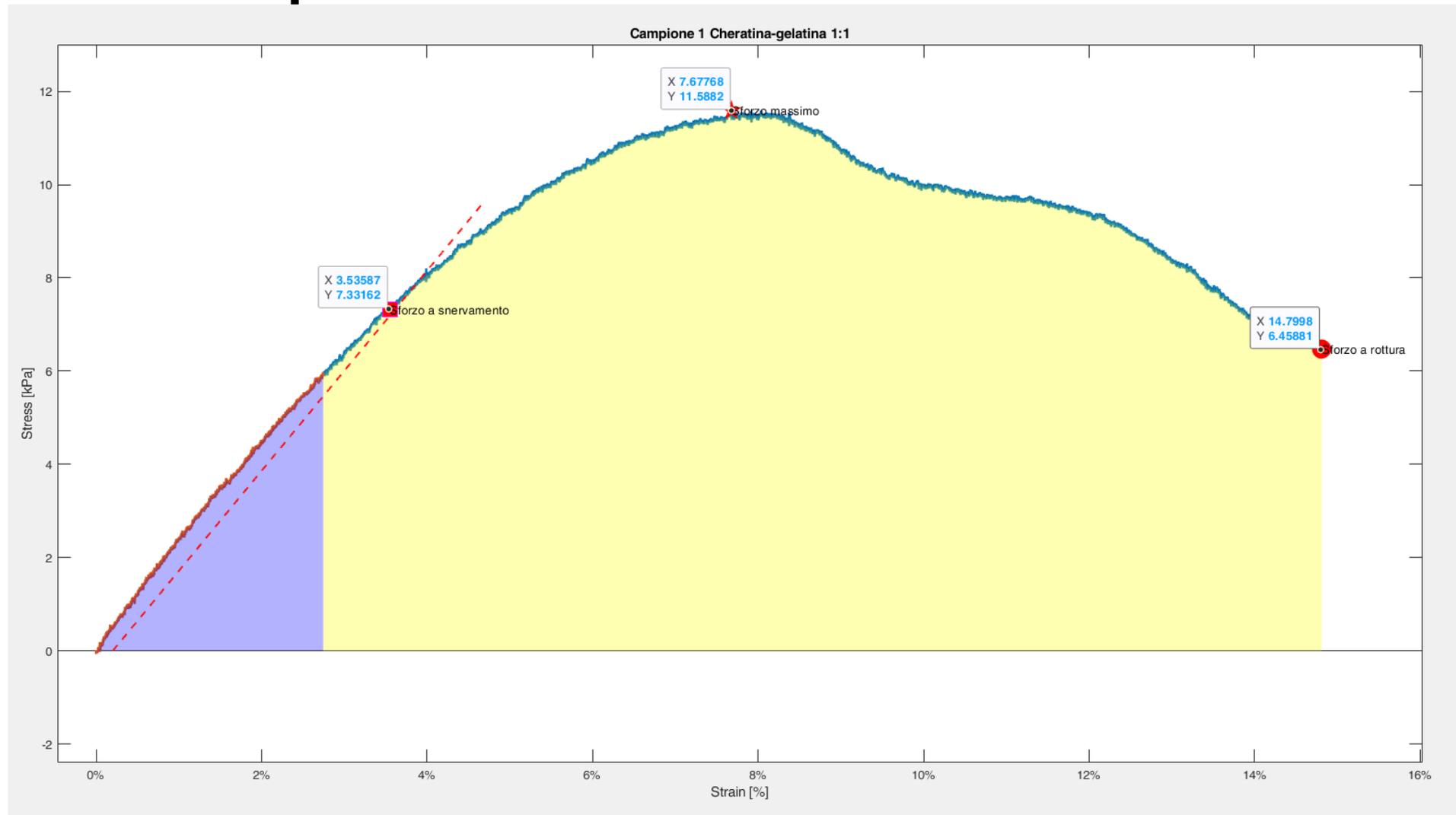
# Regressione lineare

- Regressione lineare semplice: modelli che usano un solo predittore. L'equazione generale è la seguente:

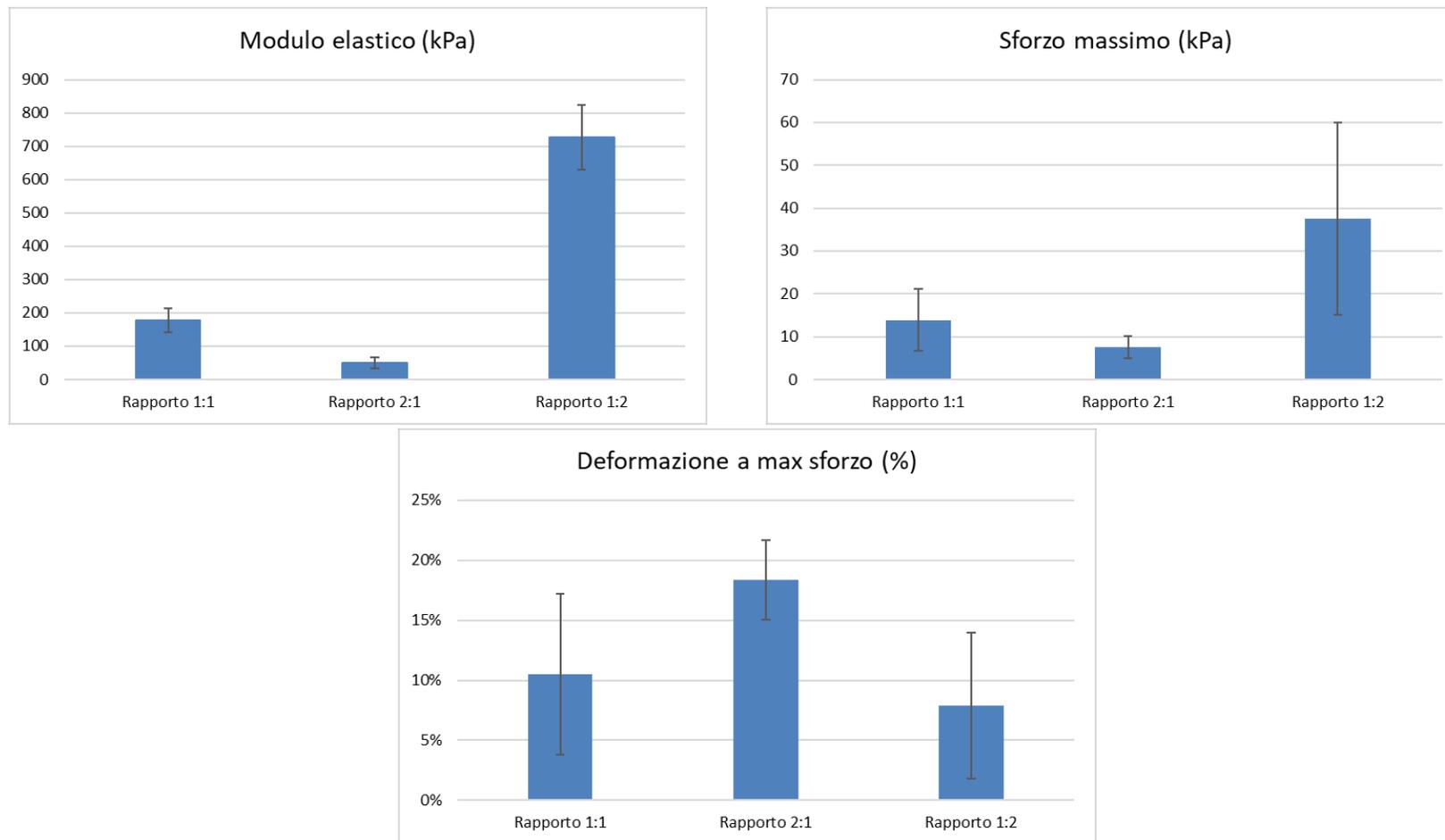
$$Y = \beta_0 + \beta_i X + \epsilon_i$$



# Esercizio prova di trazione



# Esercizio prova di trazione



# Comandi utili

- `force1=rmmissing(force1);` %elimina NaN dal vettore
- `linearCoefficients = polyfit(x, y, 1);` % fitting lineare
  - `E1=linearCoefficients(1);` % coeff angolare retta
  - `yfit = polyval(linearCoefficients, x);` % Estimated Regression Line
  - `SStot = sum((y-mean(y)).^2);` % devianza totale
  - `SSres = sum((y-yfit).^2);` % devianza residua
  - `Rsqr = 1-SSres/SStot;` % R2
- `xtickformat('percentage')` % aggiunge simbolo percentuale
- `area(a,b)` % plot area sotto la curva
- `text(x,y,'testo')` % aggiunge label con testo nel punto x,y
- `datatip(x,y)` % aggiunge valore numerico nel punto x,y

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS},$$

dove:

- $RSS = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$
- $TSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$  è la devianza
- $y_i$  sono i dati osservati;
- $\bar{y}$  è la loro media;
- $\hat{y}_i$  sono i dati stimati dal modello.