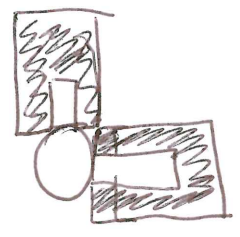


Esercizio no 1

Approssimo la struttura come composta da due steli ed un giunto rotabile.



Il giunto ha raggio $r = 2 \text{ cm}$ come quello di un uomo standard e quindi le dimensioni solo i due steli.

Calcolo il modulo elastico di ossa seno di anero e ulna

Omero

$f_{oss\ sp} = 10\%$ per epifisi $f_{oss\ tot} = 20\%$

$f_{oss\ cor} = 80\%$



ulna

$f_{oss\ sp} = 5\%$ per epifisi $f_{oss\ tot} = 10\%$

$f_{oss\ cor} = 90\%$



Omero

$$E_{xy}^{om} = f_{sp} E_{sp} + f_c E_c = 0.1 + 9.6 = 9.7 \text{ GR}$$

$$E_z^{om} = \frac{E_c f_{sp}}{f_s E_c + f_c E_{sp}} = \frac{17.05}{0.1 \cdot 17 + 0.8 \cdot 0.5} = \frac{8.5}{3.4 + 0.4} = \frac{8.5}{3.8} = 2.24 \text{ GR}$$

ripeto gli stessi conti per l'ulna combinando beniam volendole.

$$E_{xy}^{ulna} = 10.85 \text{ GR}$$

$$E_z^{ulna} = 3.95 \text{ GR}$$

(2)

Per compositore

$$l_{omero} = 50 \text{ cm} \quad r_{omero} = 1 \text{ cm} = r_1$$

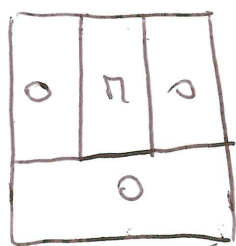
$$l_{ulna} = 50 \text{ cm} \quad r_{ulna} = 0.5 \text{ cm} = r_2$$

in seguito all'impianto

$$l_{omero \text{ reale}} = l_1 = 45 \text{ cm}$$

$$l_{ulna \text{ reale}} = l_2 = 47.5 \text{ cm}$$

Omero



$$V_{TOT} = \pi r_1^2 l_1$$

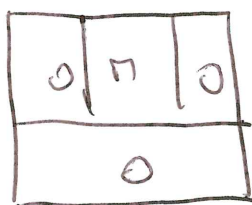
$$V_{NET} = \pi r_{st}^2 l_{st}$$

$$V_{oss. res} = \pi (r_1^2 - r_{st}^2) l_{st} + \pi r_2^2 (l_1 - l_{st})$$

$$f_{NET} = \frac{V_{NET}}{V_{TOT}} = \frac{r_{st}^2 l_{st}}{r_1^2 l_1}$$

$$f_{oss. res.} = \frac{r_1^2 l_1 - r_{st}^2 l_{st}}{r_1^2 l_1}$$

Opplio omogeneità



=



$$f_1 = \frac{l_{st}}{l_1}$$

$$f_2 = \frac{l_1 - l_{st}}{l_1}$$

Scegliere metallo il titolo $F = 110 \text{ GRe}$.

lungo xy

$$E_{oss. res.} = f_1 E_1 + f_2 E_2 = 9.7 \text{ GRe}$$

lungo z

$$E_{oss.} = \frac{E_1 E_2}{f_1 E_1 + f_2 E_2} = 2.24 \text{ GRe}$$

$$E_1 = f_0 E_0 + f_n E_n$$

lungo x

$$E_1^{xy} = \frac{f_0 E_n + f_n E_0}{f_0 E_n + f_n E_0}$$

$$f_0 + f_n = f_1$$

lungo y

$$E_{os}^{xy} = f_1 \frac{E_0 E_n}{f_0 E_n + f_n E_0} + f_2 E_2 = 9.2$$

lungo z

$$E_{oss}^z = \frac{(f_0 E_0 + f_n E_n) E_2}{f_1 E_2 + f_2 (f_0 E_0 + f_n E_n)} = 2.14$$

$$f_2 = 1 - f_1 \quad E_2 = E_0 \text{ rendita} = E_{02} = E_0$$

$$\begin{cases} f_1 \frac{E_0 E_n}{f_0 E_n + f_n E_0} + (1 - f_1) E_{02} = 9.7 \\ \frac{(f_0 E_0 + f_n E_n) E_{02}}{f_1 E_n + (1 - f_1) (f_0 E_0 + f_n E_n)} = 2.14 \end{cases}$$

~~Per risolvere questo sistema si ottengono~~

~~due equazioni~~

Per risolvere questo sistema si ottengono f_0 e f_n che in base ai dati forniti di un caso standard sono $f_n = 0.055$ e $f_0 = 0.945$

(4)

In base alle formule delle penei ideate ho

$$h_{st} = 10 \text{ cm} \quad r_{st} = 3 \text{ mm per l'intero}$$

~~per l'intero~~

Per la parte ulnare ho lo stesso sistema cambia solo i dati di modulo
 l'angolo dell'osso col alto penei ed ho che.

$$f_{a}^{ucl} = 0.04 \quad f_{osso}^{ucl} = 0.96$$

$$h_{st} = 12 \text{ cm} \quad r_{st} = 2 \text{ mm.}$$

l'abb,

l'aggiunta del gancio fa perdere di simmetria al sistema per ottenere
 le dimensioni del penei ho

- 1) raggio interno dello radiografo
- 2) raggio esterno o spessore con l'equazione di Casten.

Esercizio 3

Vedi appunti in rete.

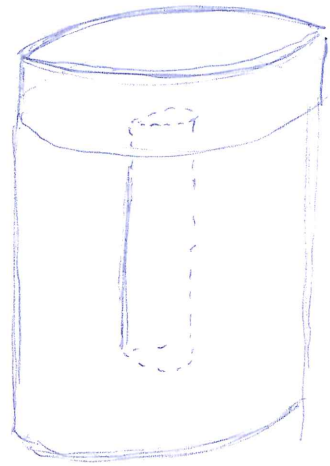
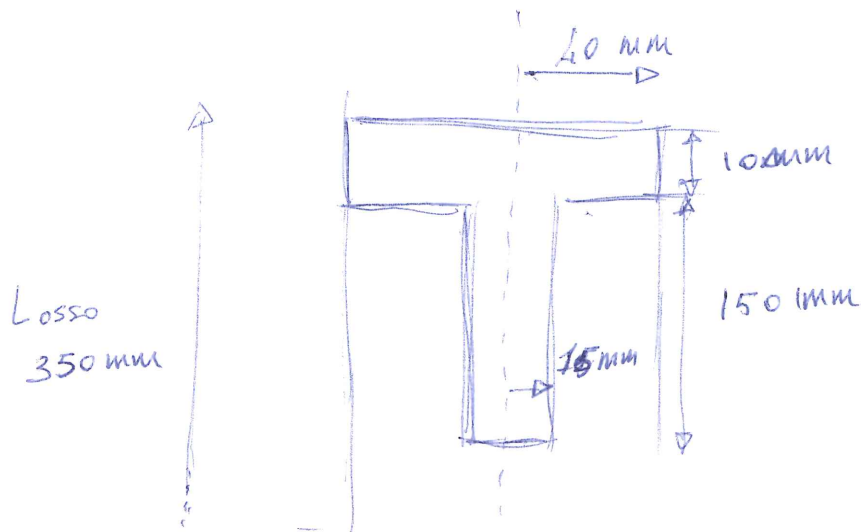
Esercizio 1.

TIPO DI ANALISI:

- EQUAZIONI: MECCANICA STRUTTURALE
- APPROSSIMAZIONE CON ANALISI IN STATO STAZIONARIO

~~GEOMETRIA~~ GEOMETRIA

- LA COMPONENTE TIBIALE DI UNA PROTESI È APPROSSIMABILE CON UNA FIGURA ASSIALSIMMETRICA COSTITUITA DAL PIATTO TIBIALE E DALL'OSTEO

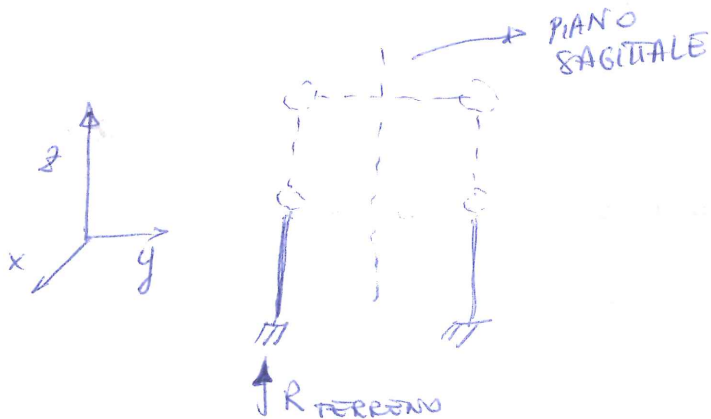


- ANCHE L'OSTEO PUÒ ESSERE APPROSSIMATO AD UN CILINDRO

- LA GEOMETRIA È ASSIALSIMMETRICA!
LA POSSIBILITÀ DI UTILIZZARE LA MODELLAZIONE ASSIALSIMMETRICA DIPENDERÀ DAI CARICHI

CASO A

ATTERRAGGIO A GAMBE DRETTE DA 1 m



APPROSSIMATIVAMENTE

METÀ DEL PESO

CORPOREO (MENO IL

PESO DELLA GAMBA)

SI SCARICA ATRAVERO

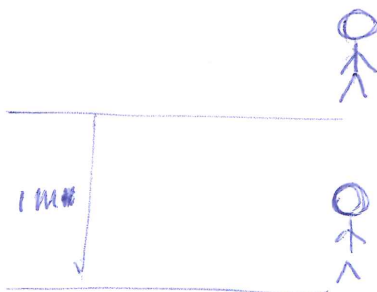
IL GINOCCHIO

→ IL SISTEMA È SIMMETRICO
RISPETTO AL PIANO SAGITTALE

→ SULLA TIBIA AGISCE SOLO UNA
FORZA LUNGO Z
UGUALE E CONTRARIA RISPETTO A R_{TERRENO}

⇒ CARICO SIMMETRICO
RISPETTO ALL'ASSE Z
⇒ ASSIALE SIMMETRIA

→ STIMA DEI CARICHI ATRAVERO
LA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA
ED IL TEOREMA DELL'IMPULSO



$$mgh = -\frac{1}{2}mv^2$$

↳ VELOCITÀ
ALL'IMPATTO

$$V = \sqrt{2gh}$$

→ ALL'IMPATTO CI SARÀ UNA VARIAZIONE
DELLA QUANTITÀ DI MOTO (\vec{p}) DA mv A ZERO

→ massa delle persone = 70 kg

$$\Delta \vec{p} = \int_{t_0}^{t_1} R_{\text{TERRENO}} dt \approx \Delta p = F \Delta t$$

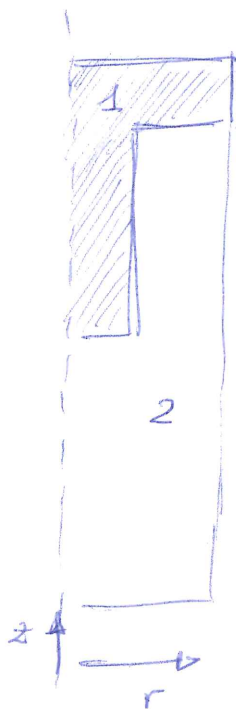
$$\rightarrow \text{se } \Delta t = 0.1 \text{ s}$$

$$g \approx 10 \text{ m/s}^2$$

$$R_T = \frac{m \sqrt{2gh}}{\Delta t} = \frac{70 \times \sqrt{2 \times 10}}{0.1} = 3.1 \text{ kN}$$

$$R_T \gg \text{forza peso} = 70 \times 10 = 700 \text{ N}$$

\rightarrow geometria modello agli elementi finiti



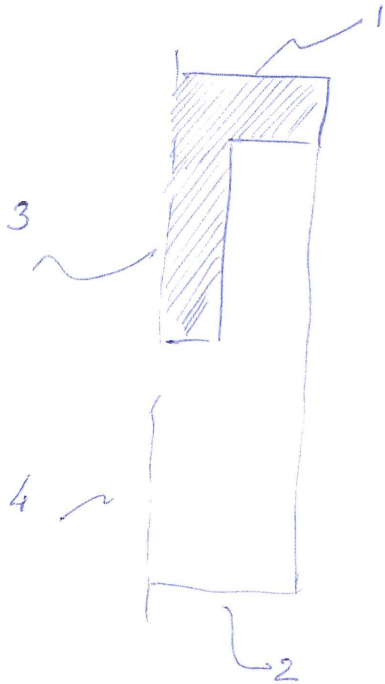
① PROTESI

② OSSO

DEFINIZIONE DEI SOTTODOMINI

#	DESCR.	E	ν
1	PROTESI (LEGA CoCr)	~ 250 GPa	0.3
2	OSSEO (composito)	matrice rig. osso	0.45

CONDIZIONI AL CONTORNO



3, 4 ASSIAL SIMMETRIA

2 SPOSTAMENTO NULLO

1 CARICO
(ESPRESSO COME
FORZA/AREA)

\Rightarrow ~~PROBLEMA~~

$$= \frac{R_T}{2} \cdot \frac{1}{(40 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \pi} =$$

$$\approx -308 \text{ kPa}$$

ALTRI = SPOSTAMENTO LIBERO
NO CARICHI

\rightarrow IL PASSAGGIO SUCCESSIVO

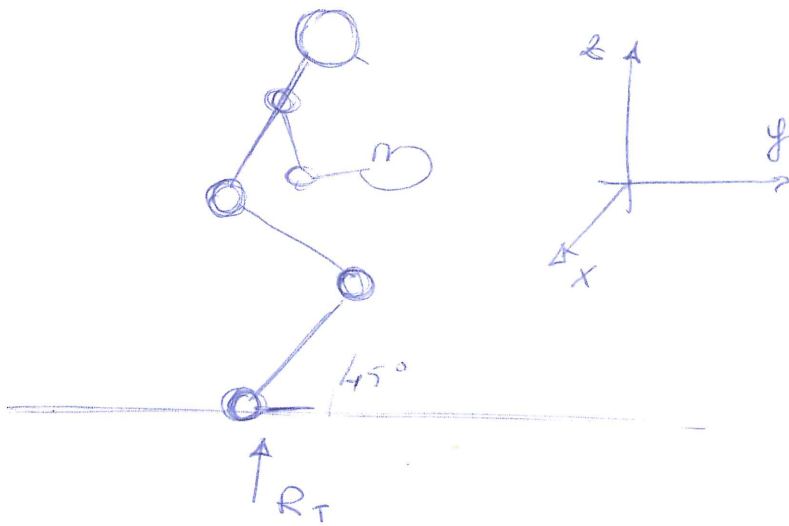
È DISCRETIZZARE LA GEOMETRIA (MESH),

RISOLVERE IL MODELLO E VISUALIZZARE

LE SOLUZIONI

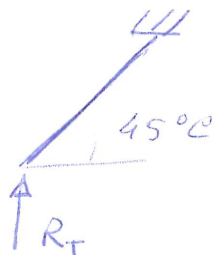
CASO B

ATTERRAGGIO IN POSIZIONE DI SQUAT



il valore "assoluto" di R_T non cambia (3.1 kN)
ma cambia il modo in cui si distribuisce
sul ginocchio.

→ facendo un'analisi che trascura le
azioni muscolari ed immaginando
l'articolazione del ginocchio come
bloccata, lo schema di calcolo
diventa



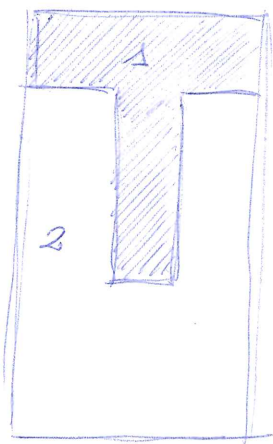
Il conico non è fin'ora assai simmetrico

→ ~~da~~ è possibile individuare nel piano xy un piano di simmetria.

→ Si sceglie comunque un'analisi di tipo plane-stress

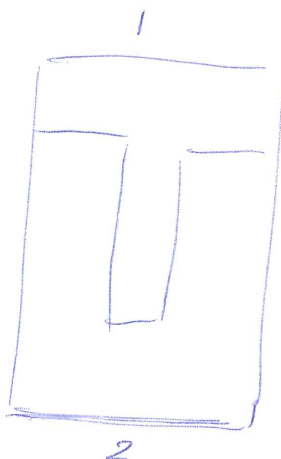
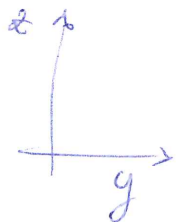
→ Il piano di simmetria sarebbe "reintegro" come condizione al contorno nel caso di modello 3D

→ geometrie e sottodomini



LA DEFINIZIONE DEI
SOTTODOMINI È ANALOGA
A QUELLA DEL CASO A.

→ condizione al contorno



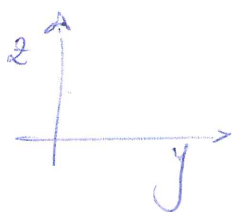
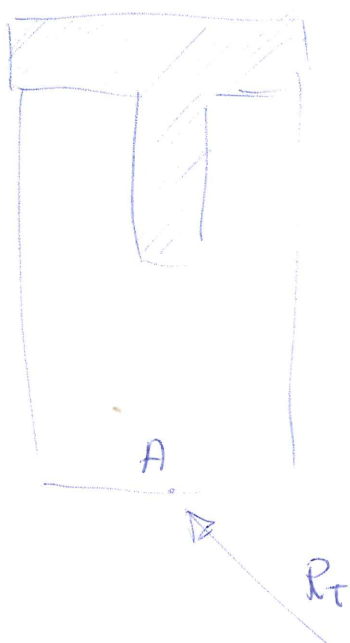
1 → spostamento nullo

~~nessuna condizione~~
~~libera~~

Altri → nessuna condizione
⇒ spostamento libero
e cenro nullo

Boundary interni → continuità.

→ condizioni sui punti



A = carico espresso
come forza

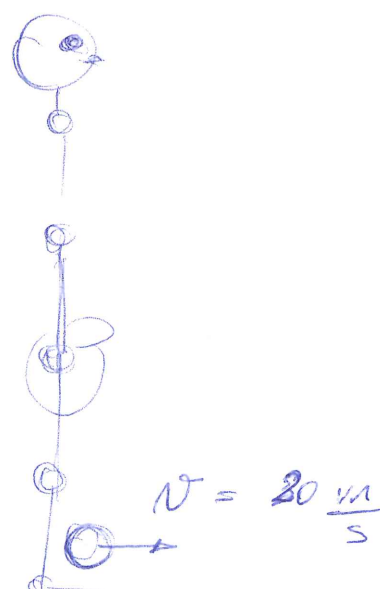
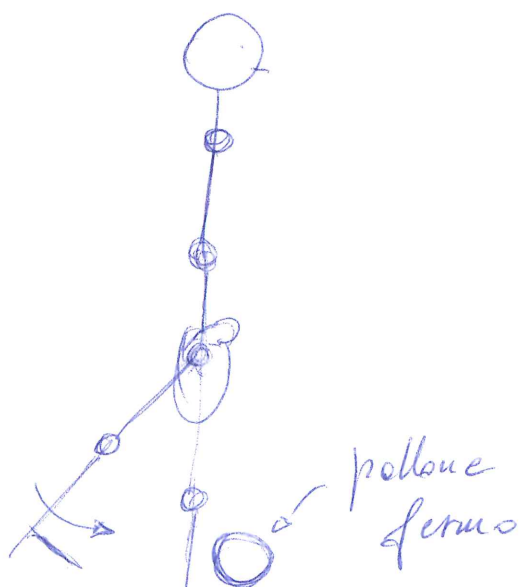
$$F_x = R_x \cos 45^\circ$$

$$F_y = R_x \sin 45^\circ$$

IL PASSAGGIO SUCCESSIVO È DISCRETIZZARE
LA GEOMETRIA (MESH), RISOLVERE IL MODELLO
E VISUALIZZARE LE SOLUZIONI

CASO C

CALCIO AD UN PALLONE



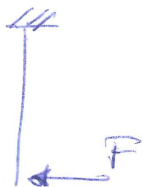
ANCHE IN QUELLO CASO, PER STIMARE
LA FORZA CON LA QUALE È STATO
CALCIATO IL PALLONE È POSSIBILE
RICORRERE AL TEOREMA DELL'IMPULSO

$$\Delta t = 0.1 \quad m_{\text{pallone}} = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg}$$

$$\Delta p = 20 * 0.5 = 10 \text{ kg m/s}$$

$$\rightarrow F \approx \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{10}{0.1} = 100 \text{ N}$$

→ scheme di calcolo



n.b. il peso del
corpo si scarica
sull'altra gamba

→ A queste forze andrebbero
aggiunte

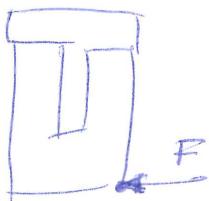
- 1) le forze muscolari,
- 2) le forze inerziali

→ sono state trascurate
per visualizzare l'effetto
del calcio

→ Il sistema non è assialsimmetrico

→ Geometria, sottodomini e condizioni
al contorno sono equivalenti al caso B

→ CAMBIANO LE CONDIZIONI SUL PUNTO



→ Il passaggio successivo è
quindi discretizzare la geometria
(mesh), risolvere il modello
e visualizzare le soluzioni

Sereno 4.

La compliance è definita come

$$C = \frac{\Delta r}{r_0} \cdot \frac{1}{\Delta P}$$

→ Il grafico fornito rappresenta la relazione $\Delta r - \Delta P$

⇒ Trasformazione in $\Delta P - \Delta r/r_0$
espressi rispettivamente in Pa , ed in modo adimensionale

→ quindi.

→ CALCOLO DELLA PENDENZA DEL PRIMO
TRATTO LINEARE

→ LA PENDENZA PUO' ESSERE STIMATA
ATTRAVERSO UNA REGRESSIONE AI
MINIMI QUADRATI

(USANDO AD ESEMPIO IL METODO
MATRICIALE)

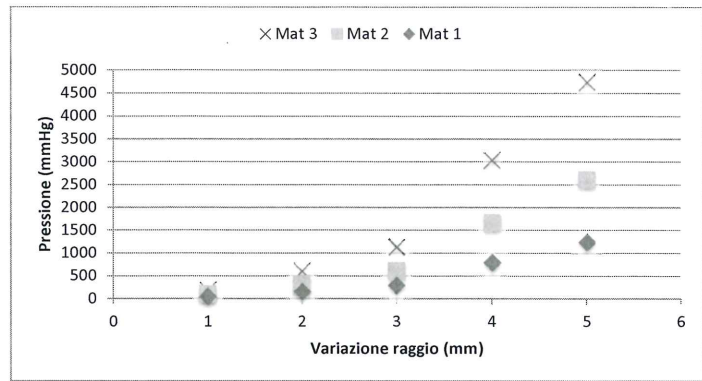
$$C = [\bar{P}^T * \bar{P}]^{-1} \bar{P}^T \cdot \left[\frac{\Delta r}{r_0} \right]$$



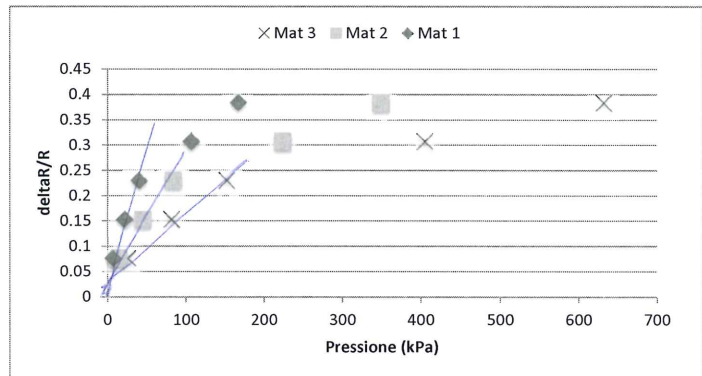
→ AI FINI DELLA VALUTAZIONE POSITIVA
DELL'ESERCIZIO ERA SUFFICIENTE
(ANCHE SE NON FORMALMENTE CORRETTO)
STIMARE LA PENDENZA DELLA RETTA
PASSANTE PER DUE PUNTI.

R= 13 mm

	Mat 1	Mat 2	Mat 3
1	50	105	190
2	160	336	608
3	300	630	1140
4	800	1680	3040
5	1250	2625	4750



deltaR/R	Mat1 (Pa)	Mat2(Pa)	Mat3(Pa)
0.076923077	6650	13965	25270
0.153846154	21280	44688	80864
0.230769231	39900	83790	151620
0.307692308	106400	223440	404320
0.384615385	166250	349125	631750



	Mat1	Mat2	Mat3
compliance (1/Pa)	4.60485E-06	2.19E-06	1.21E-06
errore	3.19033E-07	1.52E-07	8.4E-08
r^2	0.99522293	0.995223	0.995223

↳ CALCOLO DELLA PENDENZA
 DELLA RETTA PASSANTE
 PER I PRIMI 3 PUNTI
 → COMANDO REGR. LIN