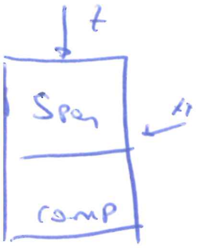
Esercizio 1

Calcolo modulo Elastico di osso sano



$$E_0^z = \frac{E_s \cdot E_c}{f_s E_c + f_c E_s} = 1,56 \text{ GPa}$$

$$E_0^{xy} = f_s E_s + f_c E_c = 3,55 \text{ GPa}$$

Visto che ho solo lo stelo del femore che quindi sarà infisso in diafisi + 1 epifisi

$$V_{femore\ impiantato} = V_{diafisi} + V_{epifisi} = \pi r^2 h + \frac{2}{3} \pi r^3 = 628 + 16.75 = 644,75 \text{ cm}^3$$

$r_{fem} = 2$ cm

$h_{fem} = 50$cm

$$V_{stelo} = \pi r^2 h = 62,8 \text{ cm}^3$$

$$f_{stelo} = \frac{V_{stelo}}{V_{femore\ impiantato}} = 9,74\ \%$$

Con stelo il modello diventa

$$E_{os\,res}^z = E_0^z (1 - f_{stelo})^5 = 0,93 \text{ GPa}$$

$$E_{os\,res}^{xy} = E_0^{xy} (1 - f_{stelo})^5 = 3,12 \text{ GPa}$$

$$f_{os\,res} = 1 - f_{st} = 0,9026$$

$$E_T^z = \frac{E_p E_{os_{res}}^z}{f_p E_{os_{res}}^z + f_{os} E_p} = \boxed{1,03 \ GPa}$$

$$E_T^{xy} = E_p f_p + E_{os_{res}}^{xy} f_{os} = \boxed{25,08 \ GPa}$$

Il comportamento meccanico non è simile a quello di osso sano e si mobilizzerà.

b) Sezione circolare stelo (*)

Sezione circolare cava (**)

Sezione quadrata di lato 1 cm (***)

$$(*) \quad I^* = \frac{\pi r^4}{4} = 0,75 \ cm^4 = 0,785 \cdot 10^{-8} \ m^4$$

$$(**) \quad I^{**} = \frac{\pi}{4}\left(R_{est}^4 - R_{int}^4\right) = 0,463 \ cm^4 = 0,463 \ 10^{-8}$$

$$(***) \quad I^{***} = \frac{\pi}{12} l^4 = 0,26 \ cm^4 = 0,26 \cdot 10^{-8}$$

Lungo z si ha un bending dovuto alla forza R_z

$$\sigma_{ben} = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{R_z \cdot R^2}{I}$$

Calcolo le forze in manopolchia

$R_z = -P - M \sin\alpha = -P(1 - K\sin\alpha)$

$R_{xy} = -M\cos\alpha = -KP\cos\alpha$

$M = KP \qquad K = 10$

$|R_z| = 1270\,N$

$|R_{xy}| = 7728\,N.$

$(*)\quad \sigma_{bending} = \dfrac{R_z R^2}{J^*} = 1{,}61\ GPa$

$(**)\quad \sigma_{bending} = \dfrac{R_z z^2}{J^{**}} = 2{,}74\ GPa$

$(***)\quad \sigma_{bending} = \dfrac{R_z z^2}{J^{***}} = 4{,}88\ GPa$

Valori oltre la rottura del materiale probab.

Lungo xy ho torsione

$\tau = \dfrac{T \cdot z}{J}$

$(*)\quad J^* = \dfrac{\pi z^4}{4} = 1{,}57 \cdot 10^{-8}\ m^2$

$(**)\quad J^{**} = \dfrac{\pi}{2}\left(R_{est}^4 - R_{int}^4\right) = 0{,}93\ 10^{-8}\ m^2$

$(***)\quad J^{***} = \dfrac{\pi}{6}\ell^4 = 0{,}52\ 10^{-8}\ m^2$

Calcolo la tensione di torsione

$$\tau = \frac{R_{xy} \cdot ??}{J}$$

$$(*) : \tau^{*} = 4,9 \text{ GPa} = \frac{R_{xy} ??}{J^{*}}$$

$$(**) : \tau^{**} = 8,3 \text{ GPa} = \frac{R_{xy} ??}{J^{**}}$$

$$(***) : \tau^{***} = 14,76 \text{ GPa} = \frac{R_{xy} \cdot ??}{J^{***}}$$

oltre i carichi di rottura di acciaio solo

:) Col carico assiale non cambia nulla

Esercizio 2

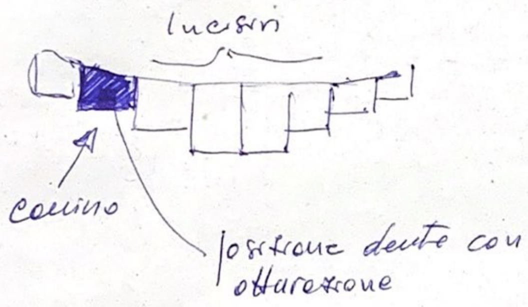
Vedere appunti in rete

Modello agli elementi finiti per la stima del profilo di temperatura all'interno della corona dentaria durante il raffreddamento di una otturazione cilindrica in un canino superiore sx, che si trova a 52.5°C al termine della polimerizzazione

→ ANALISI TERMICA TRANSIENTE

Equazioni del trasporto di calore per via diffusiva

ANALISI DELLA GEOMETRIA

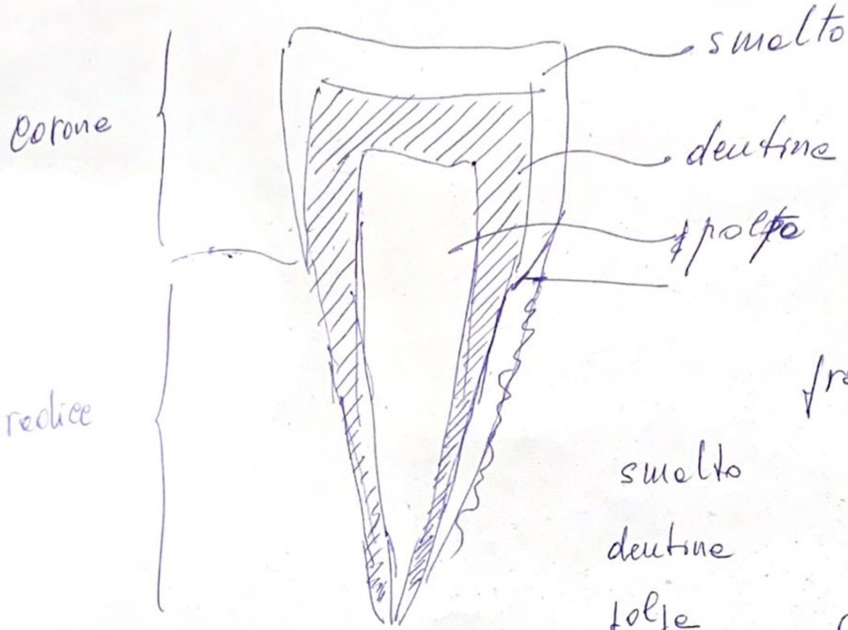


n.b. il dente si trova generalmente a contatto ~~per~~ sia con i denti adiacenti sia con l'aria

⇒ per semplificare la trattazione si ipotizza che ci sia spazio tra i denti (cioè i denti non sono a contatto) e che quindi il denti sia circondato da aria

⇒ ipotesi semplificativa

Riepilogo sulle strutture di un dente

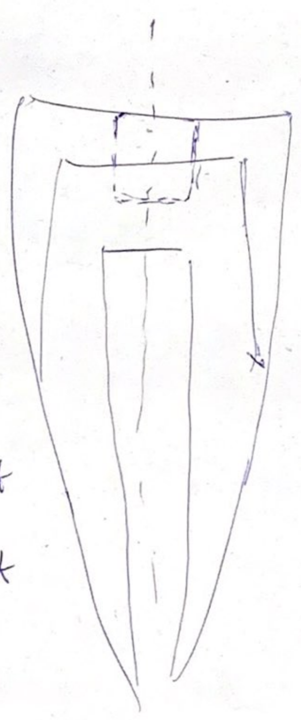


(spessore $\simeq 1$ mm)

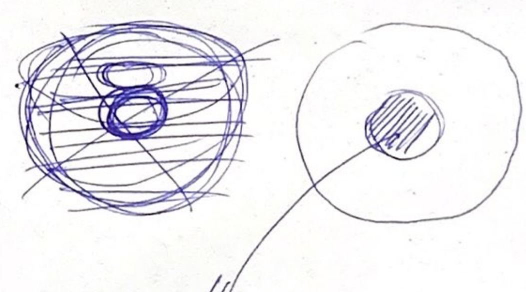
proprietà termiche

	k (W/mK)	c_p (10^{+3} J/kgK)	ρ (kg/m^3)
smalto	0.9	0.7	2900
dentina	0.6	1.0	2100
polpa	0.6	4.2	1000

nel caso di otturazione (cilindrica, simmetrica)



→ vista dall'alto



PMMA

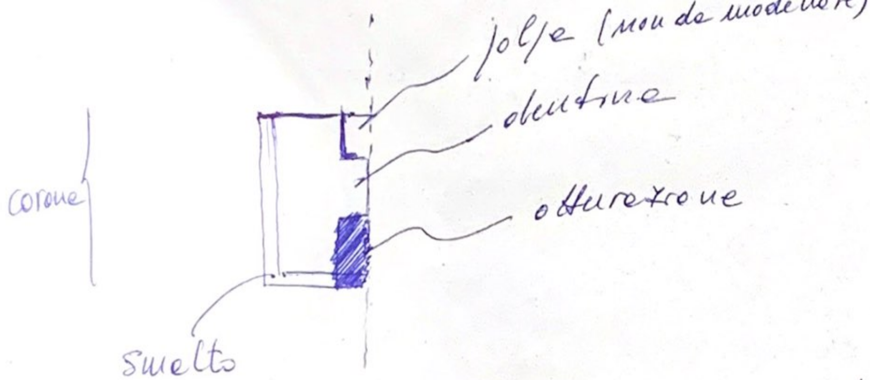
$\rho = 1200$ kg/m^3

$c_p = 1.4$ kJ/kgK

$k = 0.19$ W/mK

n.b. l'otturazione è a contatto con l'aria

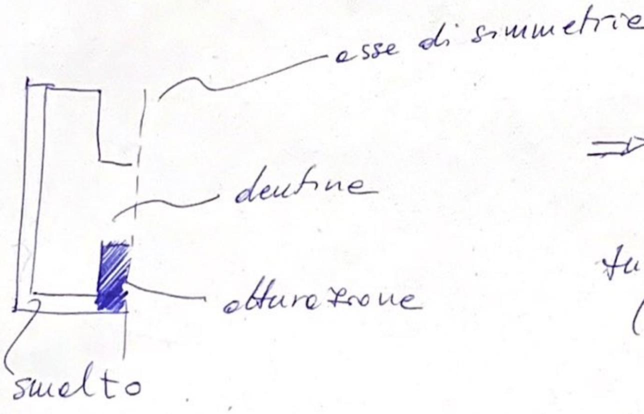
Valutando la struttura del dente, e utilizzando l'ipotesi semplificativa che non c'è contatto tra denti e dente, il modello è assialsimmetrico perché la geometria è assialsimmetrica e le condizioni al contorno ed iniziali sono ~~simmetr~~ assialsimmetriche



Per le ~~caratt~~ caratteristiche fisiche dei domini vedere le pagine precedenti

k, c_p, ρ

→ n.b. la polpa non è da modellare in quanto è un tessuto altamente vascolarizzato e pertanto mantenuto a 37°C dal sangue

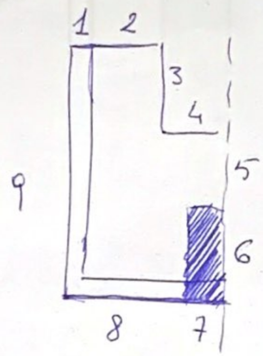


⇒ condizioni iniziali

tutti i tessuti (dentina e smalto) sono a 37°C

l'otturazione si trova a 52.5°C

Condizioni al contorno



1, 2, 3, 4:
Temperatura = 37°C
(per questo motivo possiamo permetterci di modellare solo la corona e trascurare la radice)

5, 6:
asse di simmetria

7, 8, 9:
flusso di calore
con $h = 2 \ W/m^2K$
$T_{inf} = 37°C$

altri:
continuità

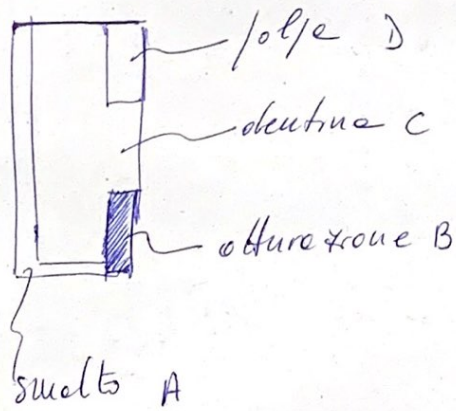
Modello in grado di stimare il campo di spostamento del dente con l'otturazione

→ ~~cons~~ Analisi strutturale stazionaria

→ considerando le ipotesi semplificative che non ci sia contatto con i denti adiacenti, e valutato il tipo di carico il modello è assialsimmetrico

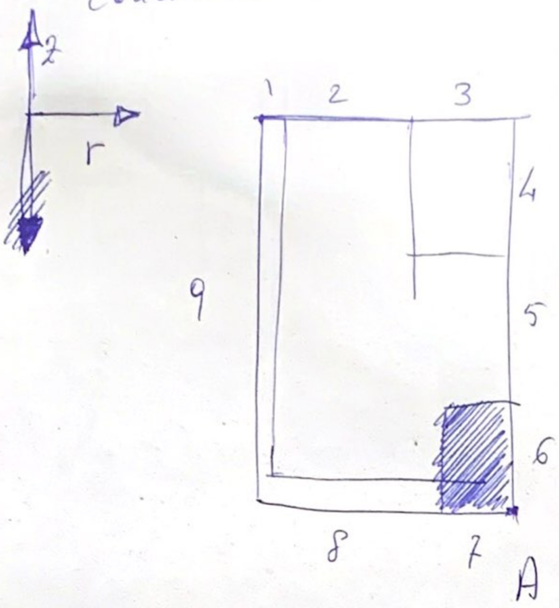
n.b. : il campo di spostamento include anche una possibile traslazione rigida del dente,

→ come ipotesi semplificativa immaginiamo che il dente sia solidale all'osso, e che viene ~~quindi possa essere~~ considerato come fisso in questo modello (⇒ implica che ci sia un legamento paradontale sano)



	E (MPa)	ρ (kg/m³)	ν
A	$80*10^3$	2900	0.45
B	$3*10^3$	2200	0.4
C	$10*10^3$	2100	0.4
D	$2*10^{-3}$	1000	0.48

Condizioni al contorno e sui punti



1, 2, 3
spostamento nullo

4, 5, 6
assialsimmetria

altri
nessun vincolo

A ; carico puntuale in direzione $\hat{z}$
pari a 10 N (stimato)