

Lezione propedeutica al laboratorio

Nicoletta Protti

Università di Pavia, Dipartimento di Fisica &
INFN, sezione di Pavia



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

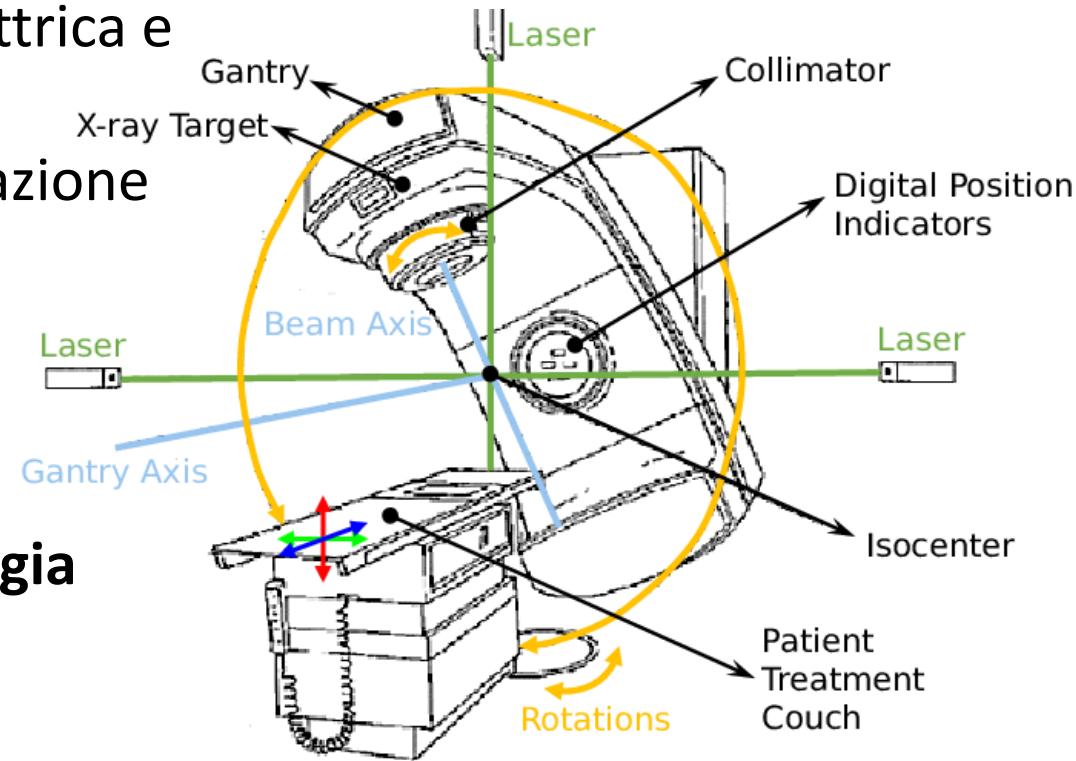


Radioterapia convenzionale

- Impiega fotoni: senza massa, assenza di carica elettrica e sempre in movimento alla velocità della luce
- Energia dipende dalla frequenza, non dall'accelerazione

Come li produciamo? Accelerando gli elettroni!

- Gli elettroni accelerati colpiscono un bersaglio
- Gli elettroni perdono energia nel fenomeno di *bremssstrahlung* = **emissione di fotoni di alta energia**
- *gantry*: muove la sorgente intorno al paziente
- lettino: muove il paziente



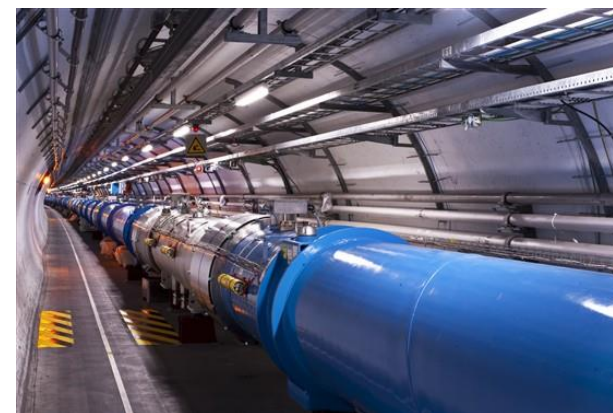
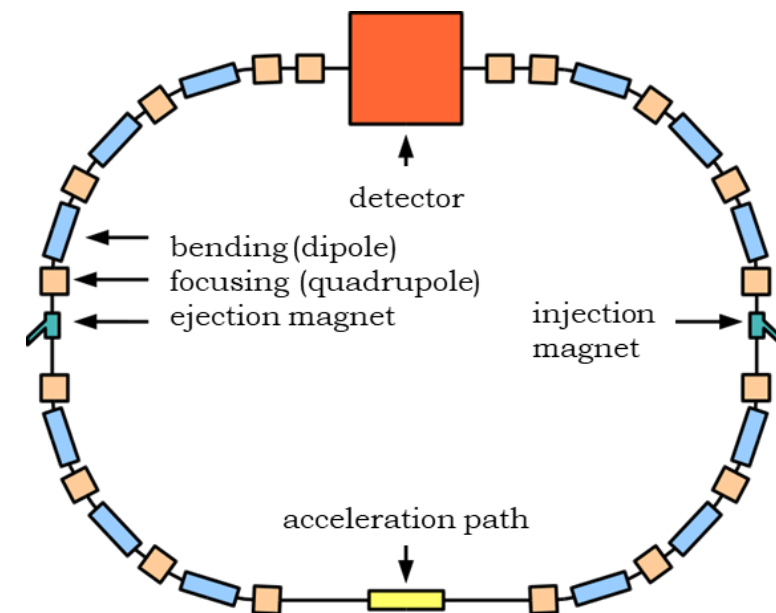
UNIVERSITÀ
DI PAVIA



Terapia con particelle – acceleratori di particelle

Come produciamo protoni o ioni di alta energia?

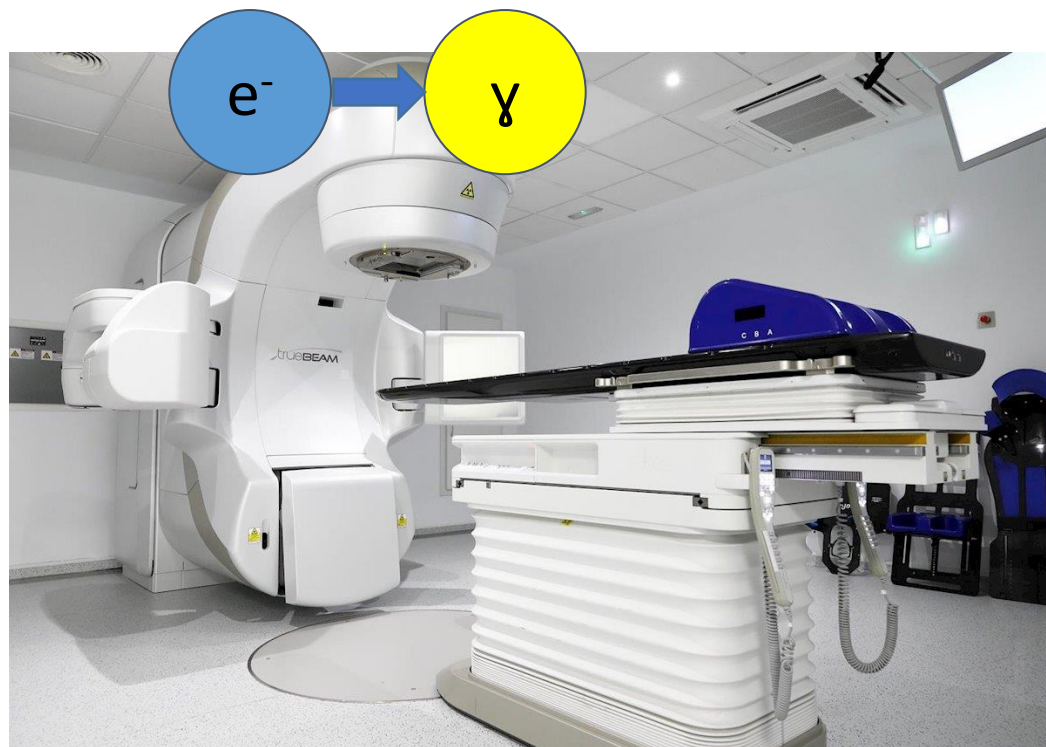
- Acceleriamo con campi elettrici
- Macchine lineari o circolari
(in base all'energia finale richiesta)
e.g. Large Hadron Collider LHC (@CERN)
- Più grande è la massa della particella,
maggiore è l'energia, la potenza e la taglia necessarie
alla sua accelerazione
- Sono richieste macchine grandi e costose



UNIVERSITÀ
DI PAVIA



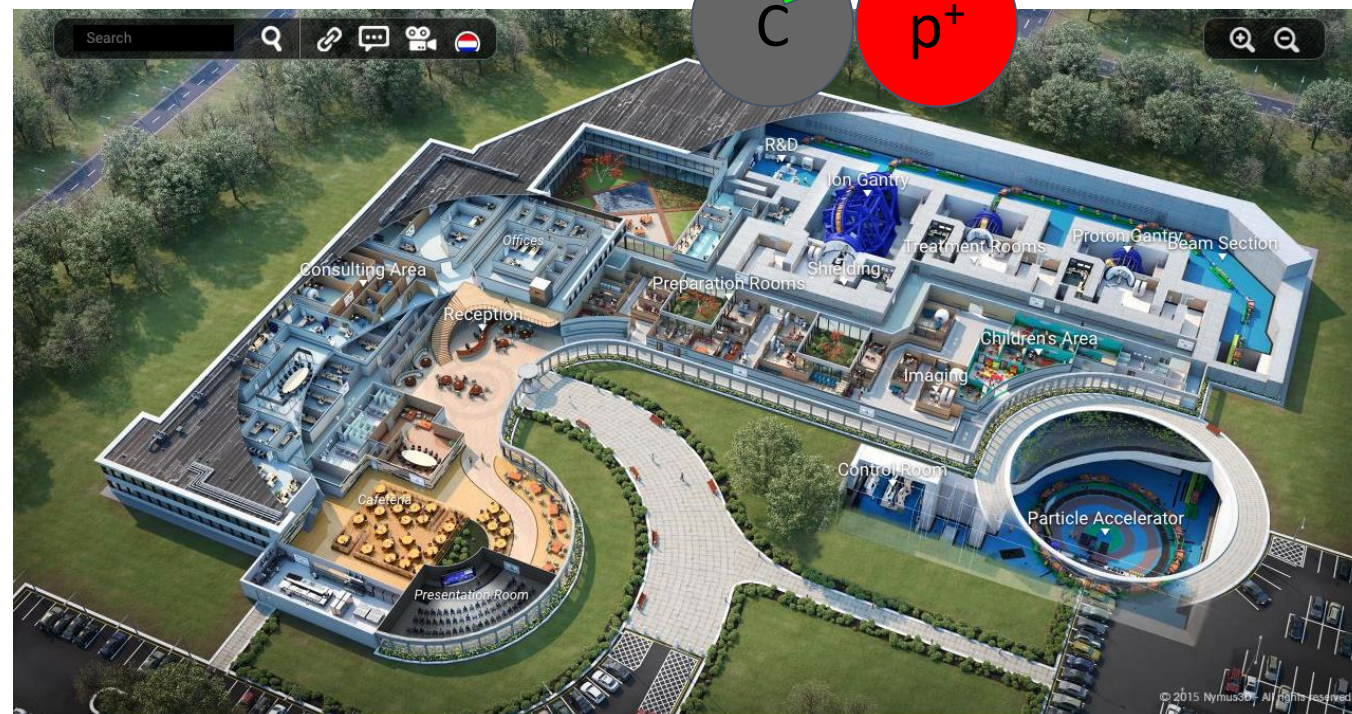
Acceleratori



LINAC – Linear accelerator

\$\$\$

Ioni pesanti



Acceleratori circolari

\$\$\$\$\$\$



UNIVERSITÀ
DI PAVIA



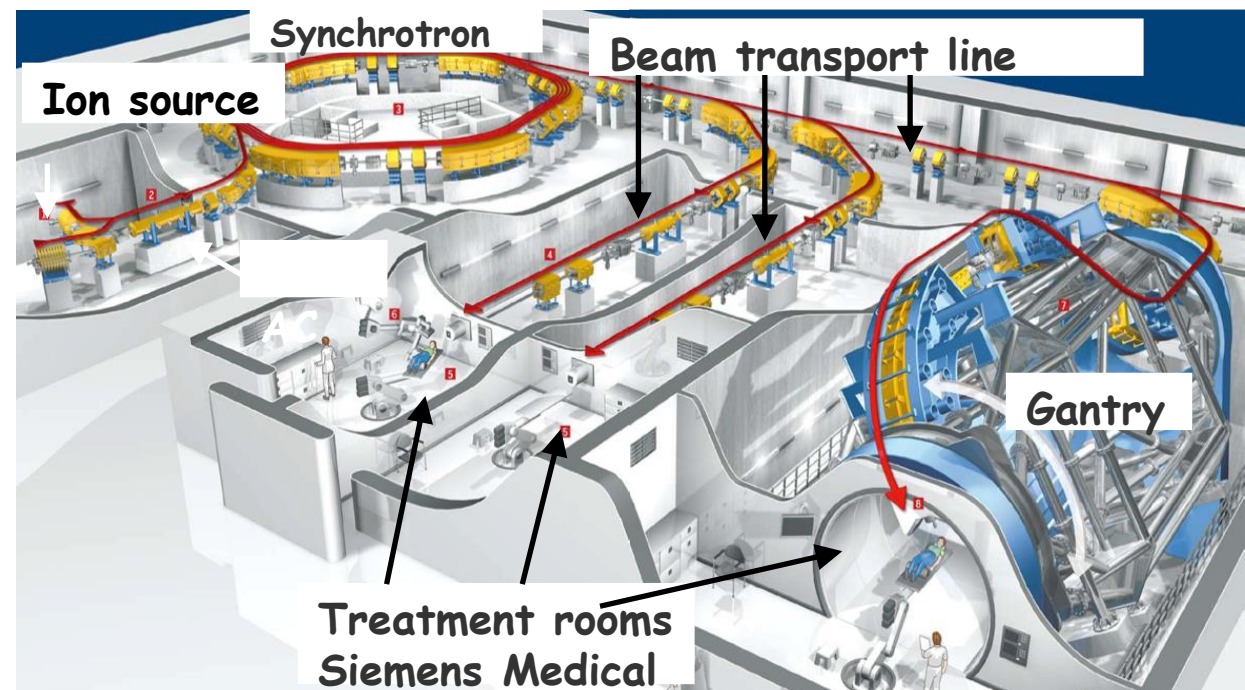
Acceleratori

Tutti i centri di particle therapy possiedono dei fasci statici

Alcuni hanno in aggiunta dei gantries rotanti (abbastanza diffusi per i protoni, solo 2 al mondo in grado di lavorare con gli ioni carbonio).

Il centro del sistema di riferimento viene di norma posto al centro del tumore (**isocentro**).

Heidelberg Ion-Beam Therapy Center (HIT)

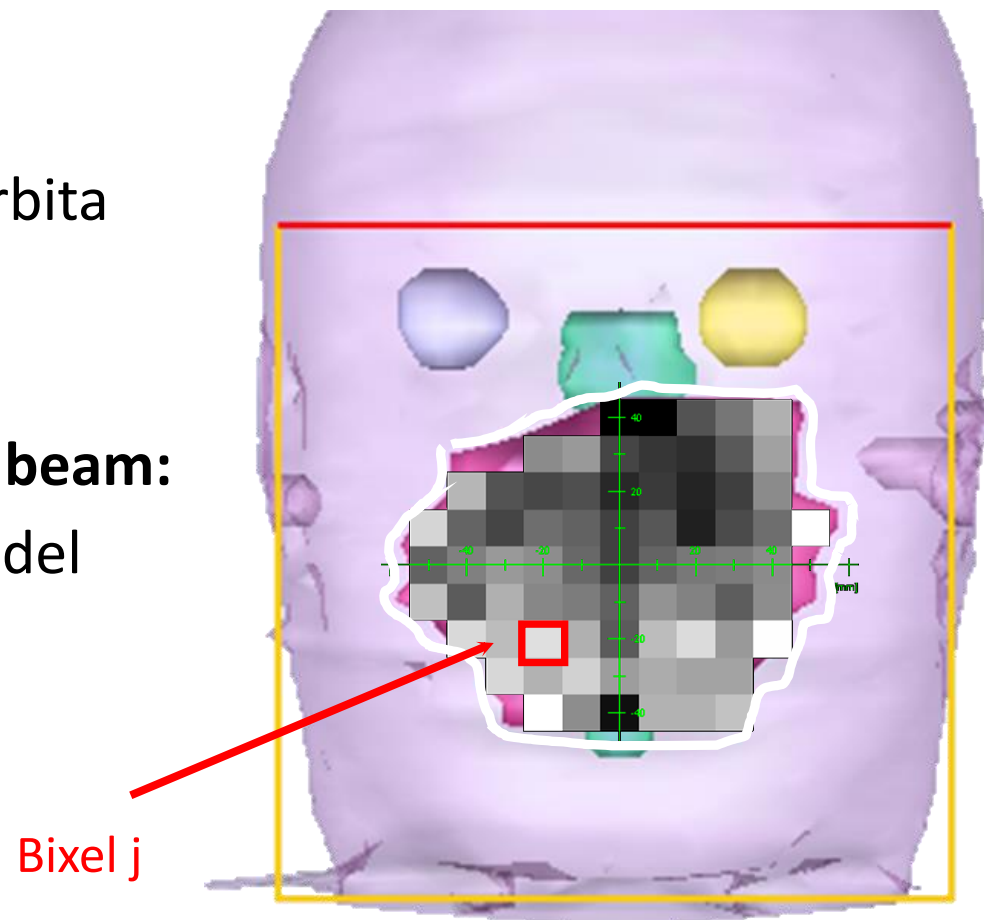


UNIVERSITÀ
DI PAVIA



Alcuni concetti fondamentali

- **Dose (assorbita):** energia (di ionizzazione) assorbita dall'unità di massa.
Viene misurata in Gray ($1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Gy}$).
- **Modulazione di intensità per fotoni con pencil beam:**
i pencil beam formano dei "pixel" nella sezione del fascio = "bixel" (**B**eam + **P**ixel)
- Si pesano i vari pencil beam (cioè più o meno fotoni) in maniera diversa



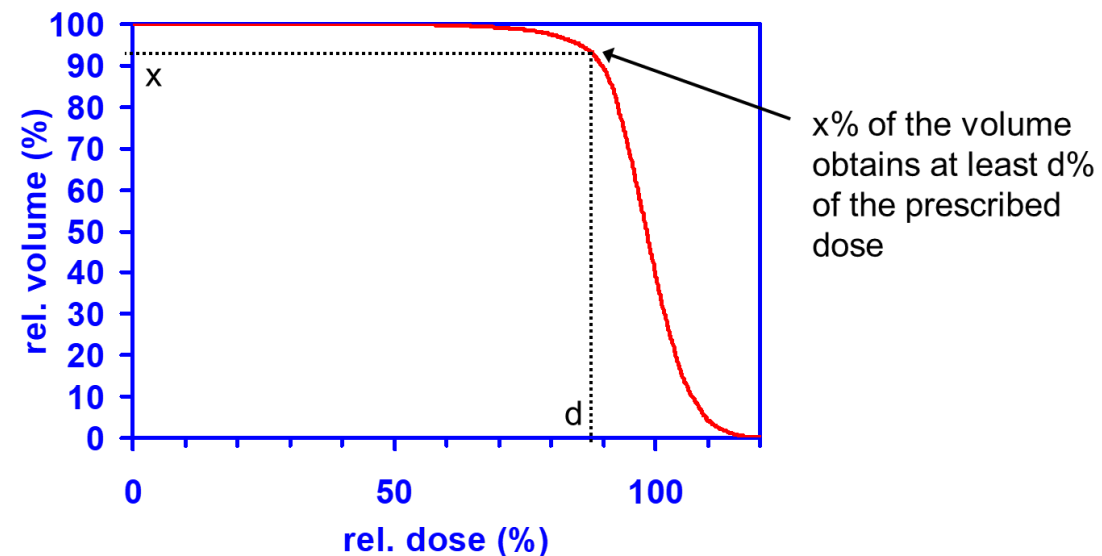
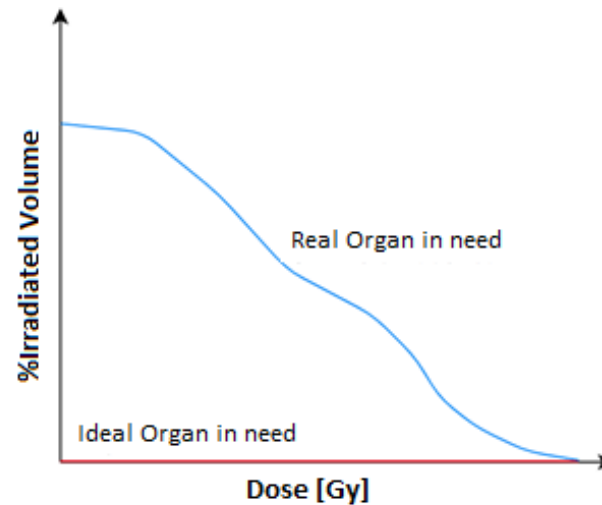
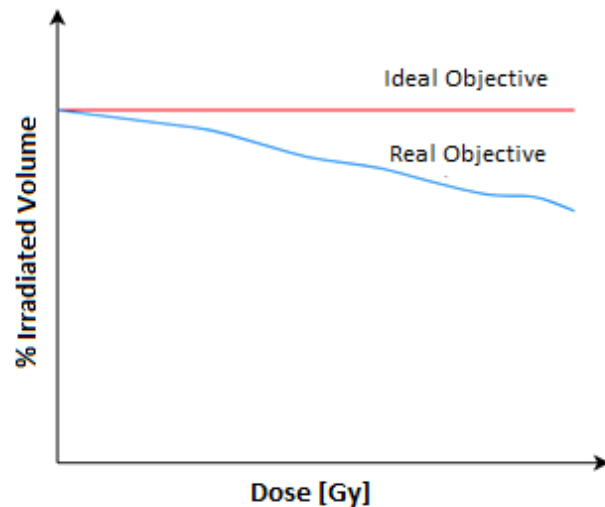
UNIVERSITÀ
DI PAVIA



Alcuni concetti fondamentali

- **DVH:** dose-volume histogram = istogramma dose-volume.

CASO IDEALE: SOLO IL TUMORE VIENE IRRAGGIATO SENZA IL COINVOLGIMENTO DI ALTRI TESSUTI (SANI).



UNIVERSITÀ
DI PAVIA



Alcuni concetti fondamentali

- **RBE:** efficacia biologica relativa. Fattore che confronta l'efficacia biologica (cioè il danno biologico prodotto) di una certa radiazione (e.g. radiazione particellare) all'efficacia biologica di una radiazione di riferimento (e.g. radiazione elettromagnetica).
- **Voxel:** volume pixel. Il voxel è l'elemento di volume. E' il mattone fondamentale con cui si fa una descrizione volumetrica di un oggetto ("gioco dei lego").
- **VOI:** volume di interesse.
- **OAR:** organo a rischio, praticamente tutti quegli organi che sono più radiosensibili del tessuto sano generico.

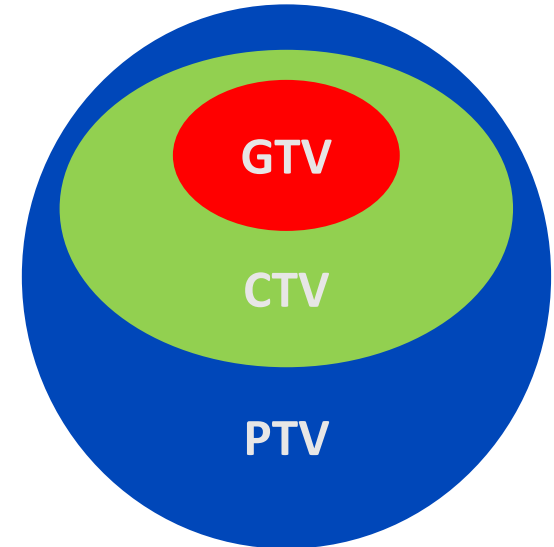


UNIVERSITÀ
DI PAVIA



Alcuni concetti fondamentali

- **Gross Tumour Volume (GTV).**
 - Volume tumorale visibile nell'immagine diagnostica.
- **Clinical Target Volume (CTV).**
 - Volume che include il GTV e le regioni in cui ci si aspetta del tessuto tumorale non visibile in diagnostica.
- **Planning Target Volume (PTV).**
 - Include il GTV e il CTV così come un margine di sicurezza per considerare le incertezze.



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

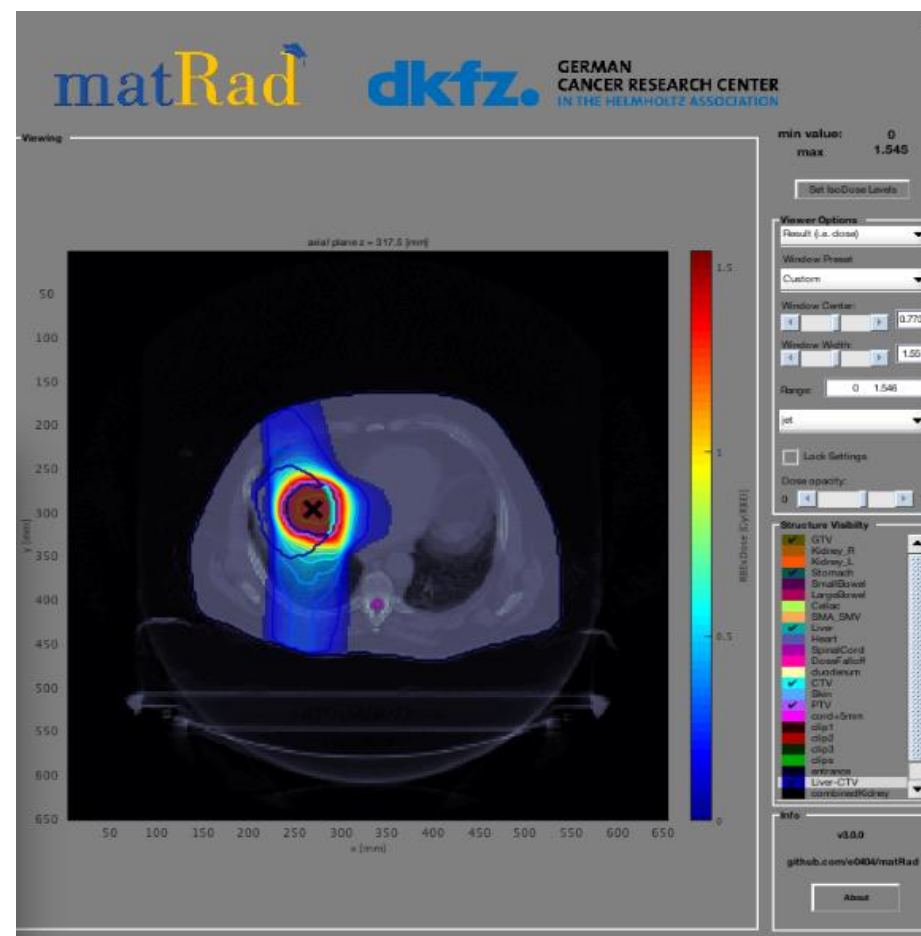
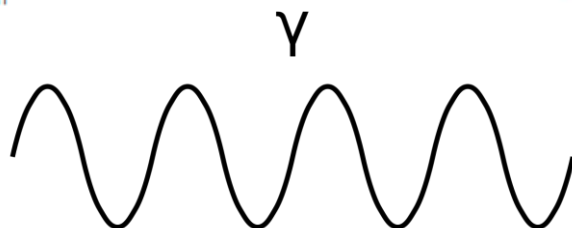
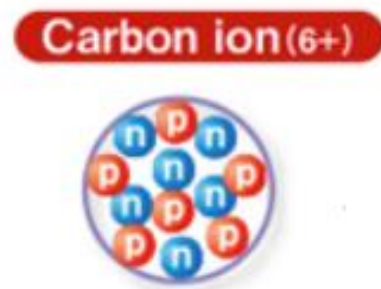
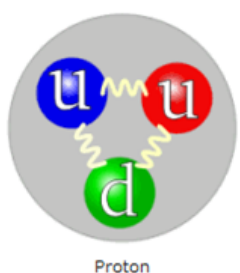


Cos'è matrad?



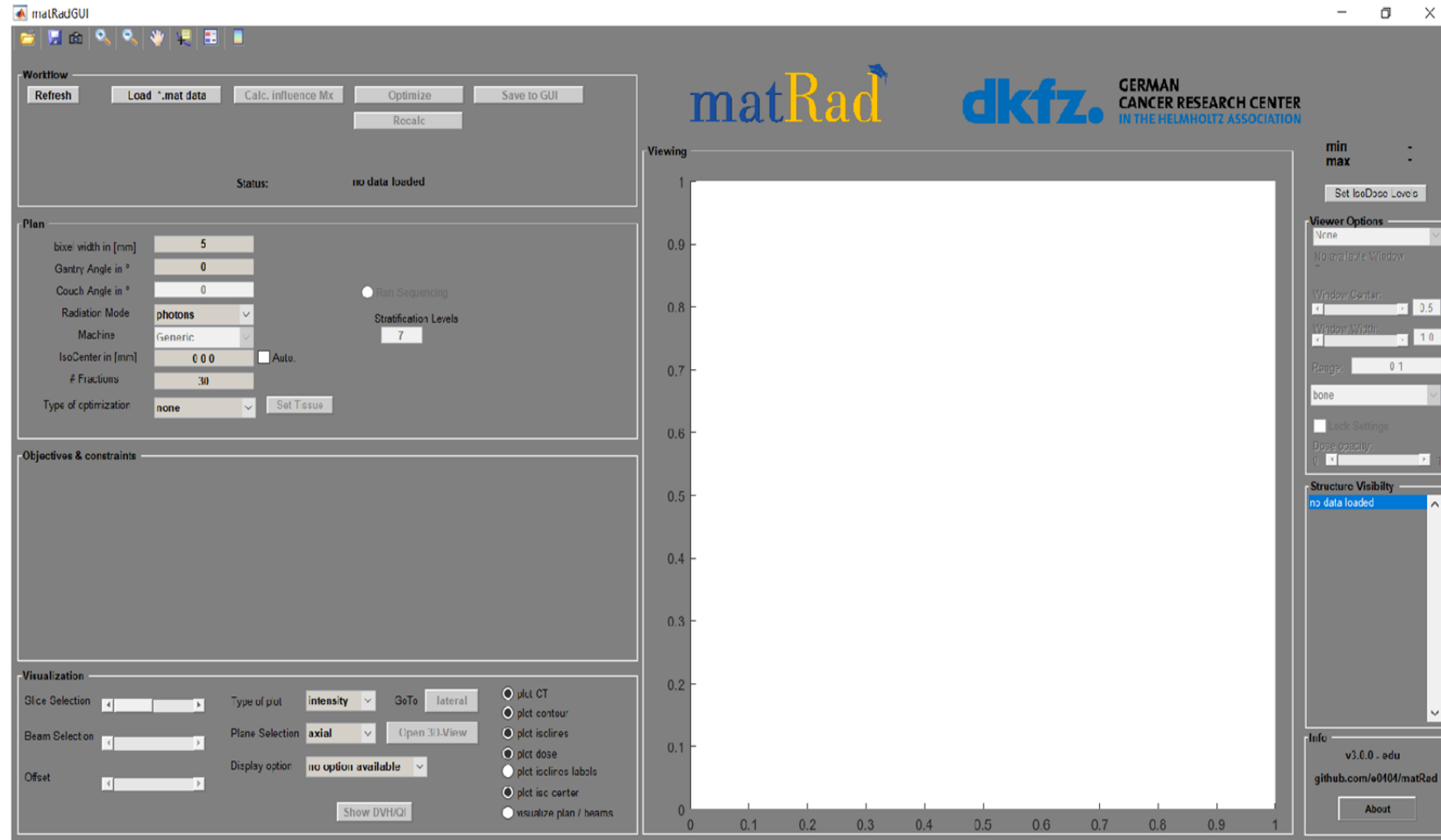
matRad è un tool kit che permette l'ottimizzazione dei piani di trattamento con fotoni, protoni e ioni (C) a scopo educativo e di ricerca. Download gratuito da: <https://github.com/e0404/matRad/releases/tag/v2.10.1> (versione «Blaise» che utilizzeremo questo pomeriggio)

matRad è stato sviluppato dal German Cancer Research Center (DKFZ)



Per iniziare: l'interfaccia di matRad

Quando si avvia matRad viene visualizzato il pannello di avvio composto in pratica da 5 sezioni.



I parametri del piano

- **Dimensione de bixel width:** sezione quadrata.
- **Angoli del gantry e del lettino:** si forniscono coppie ordinate di valori che impostano gli angoli del gantry e i rispettivi angoli del lettino => se imposto 5 valori per il gantry, DEVO dare 5 angoli del lettino (compresi tra 0° e 359°).
- **Tipo di radiazione:** seleziona la particella da usare.
- **Isocentro:** verificare che l'impostazione "Auto" sia attivata.
- **Frazioni:** il numero di ripetizioni del trattamento.
- **Run sequenziale:** usato per collimare il fascio.

Plan

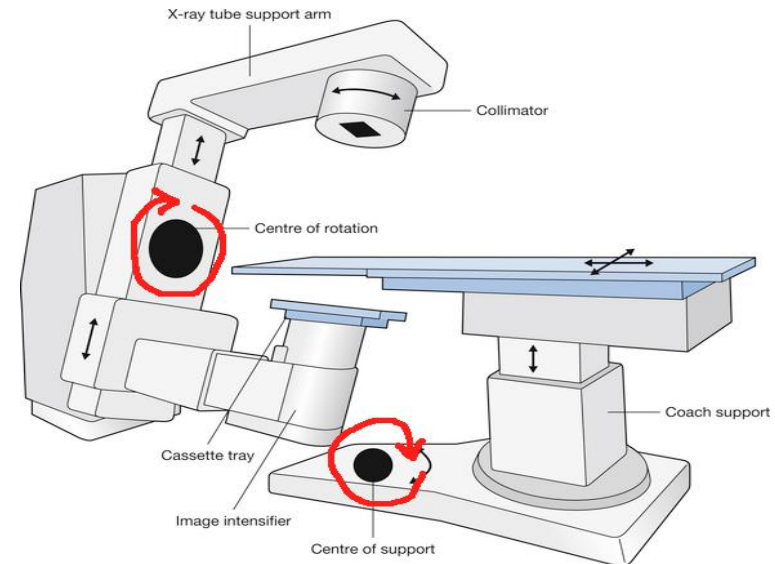
bixel width in [mm]	5
Gantry Angle in °	0 72 144 216 288
Couch Angle in °	0 0 0 0 0
Radiation Mode	photons
Machine	Generic
IsoCenter in [mm]	251.3 236.4 162.6 ☒ Auto.
# Fractions	30
Type of optimization	none

☐ Run Sequencing

Stratification Levels

7

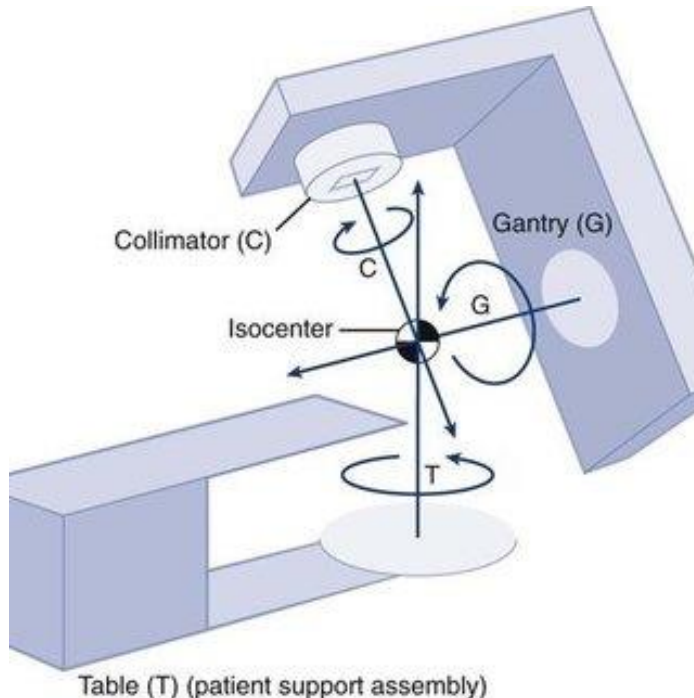
Get Tissue



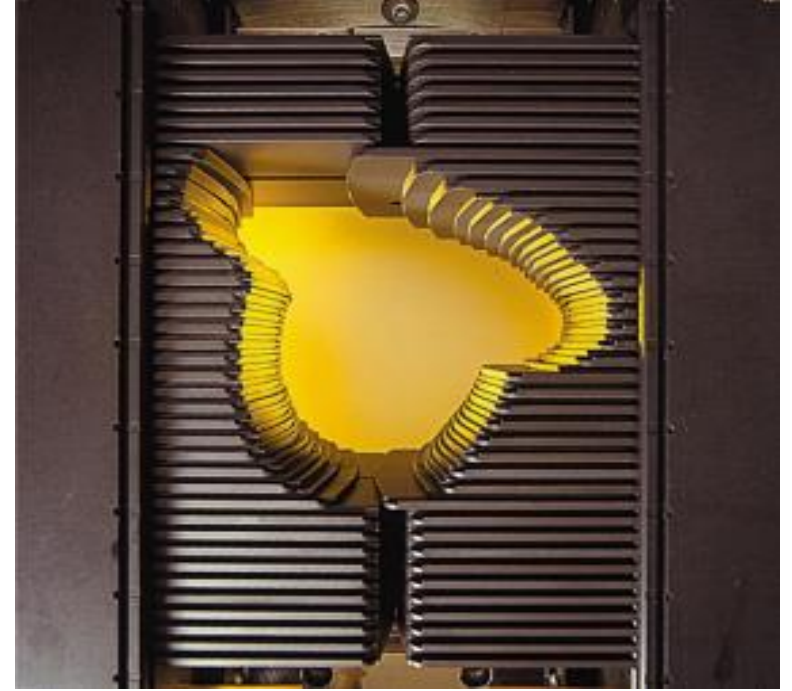
I parametri del piano

Il collimatore da una forma specifica alla sezione del fascio in modo che coincida con il profilo del volume obiettivo che deve essere irraggiato.

Noi lavoreremo sempre con l'opzione disattivata.

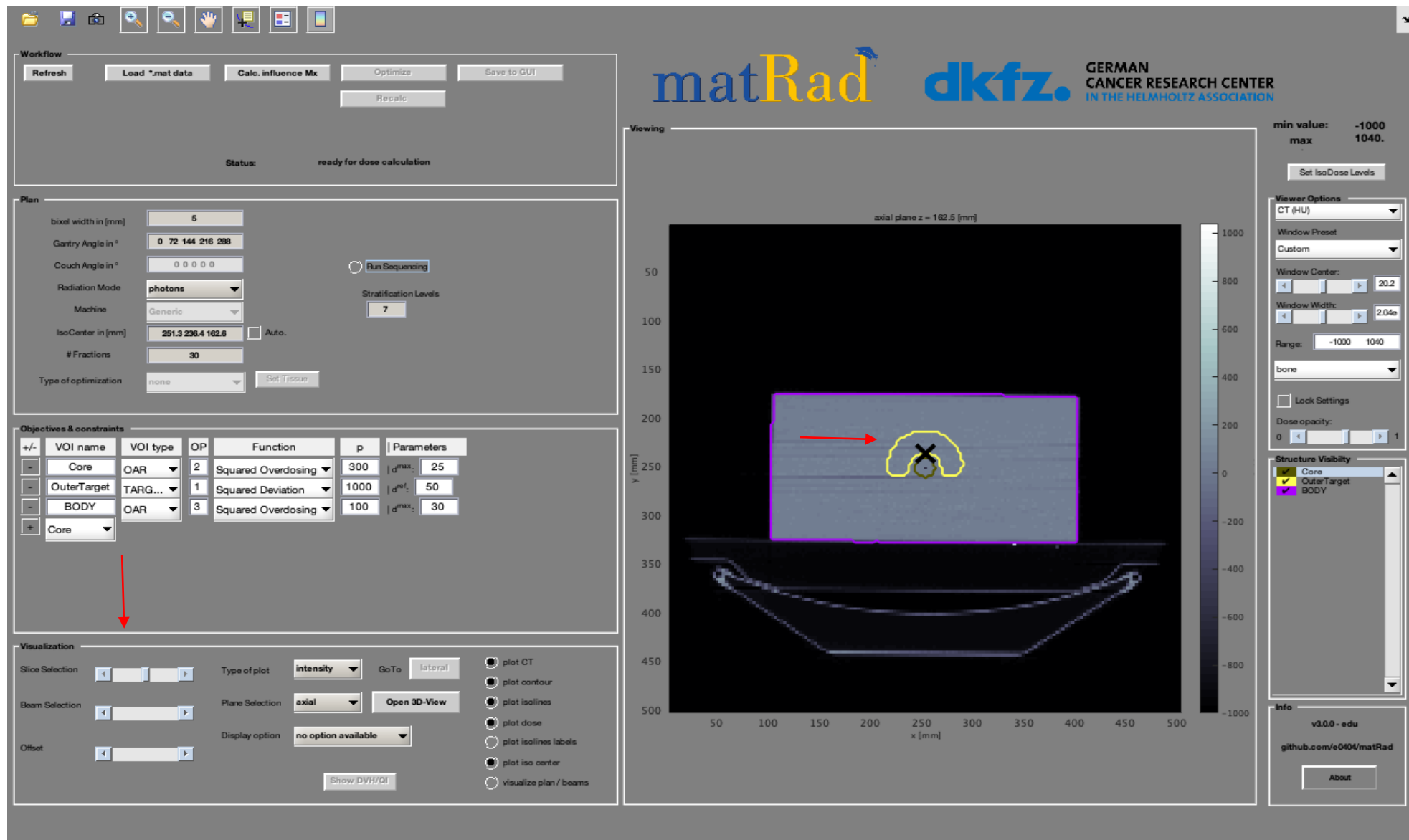


Collimator and target shaping



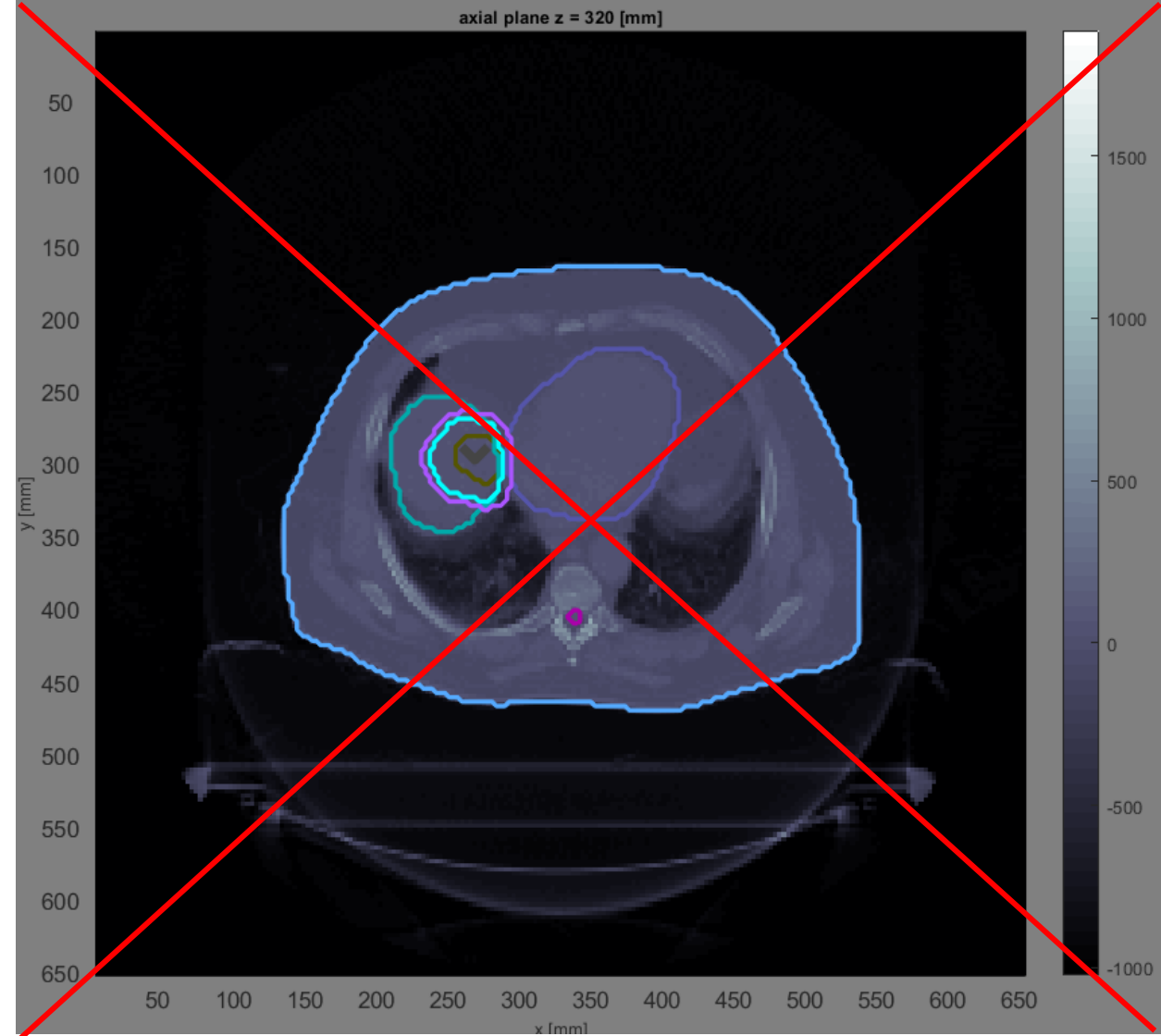
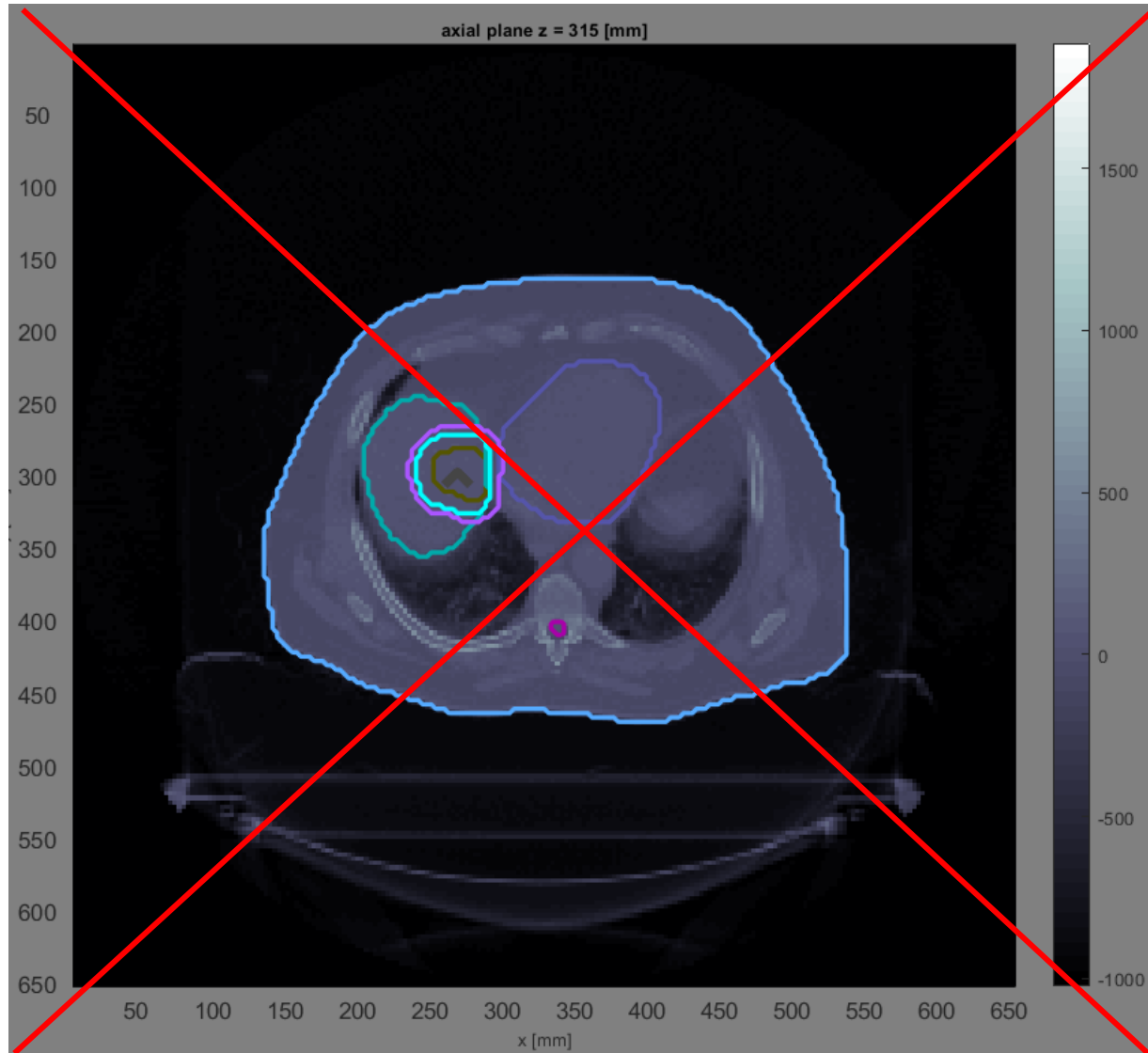
L'isocentro è il punto attraverso cui passa il centro del fascio (a qualunque inclinazione).

Per semplicità gli sviluppatori della versione demo che useremo consigliano di non dare angoli diversi da 0 al lettino.



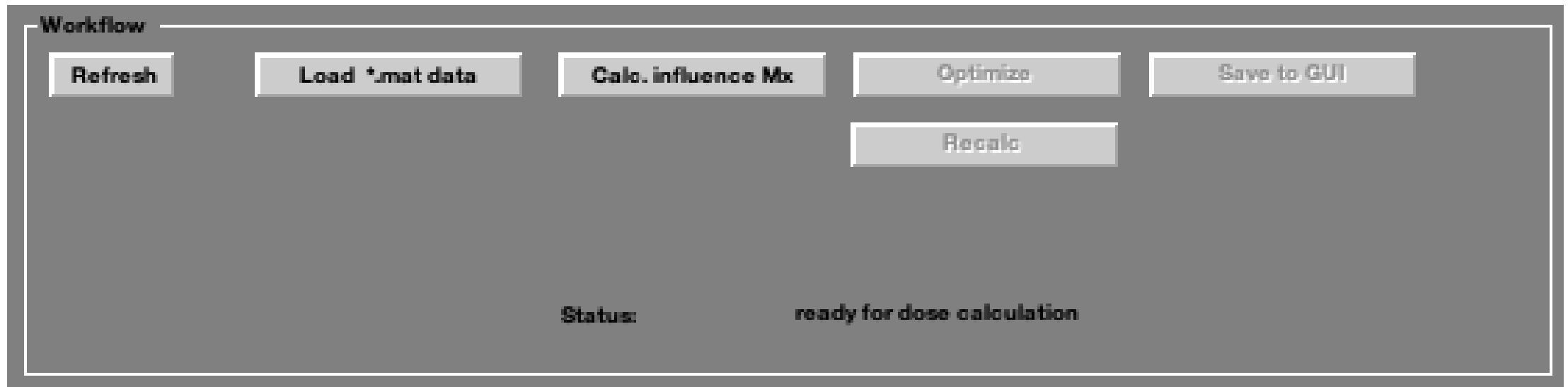
ATTENZIONE: in ogni simulazione ricordarsi di visualizzare il segno dell'isocentro (X), muovendovi da una sezione all'altra nel pannello di visualizzazione.

Assenza del simbolo dell'isocentro: cattiva visualizzazione



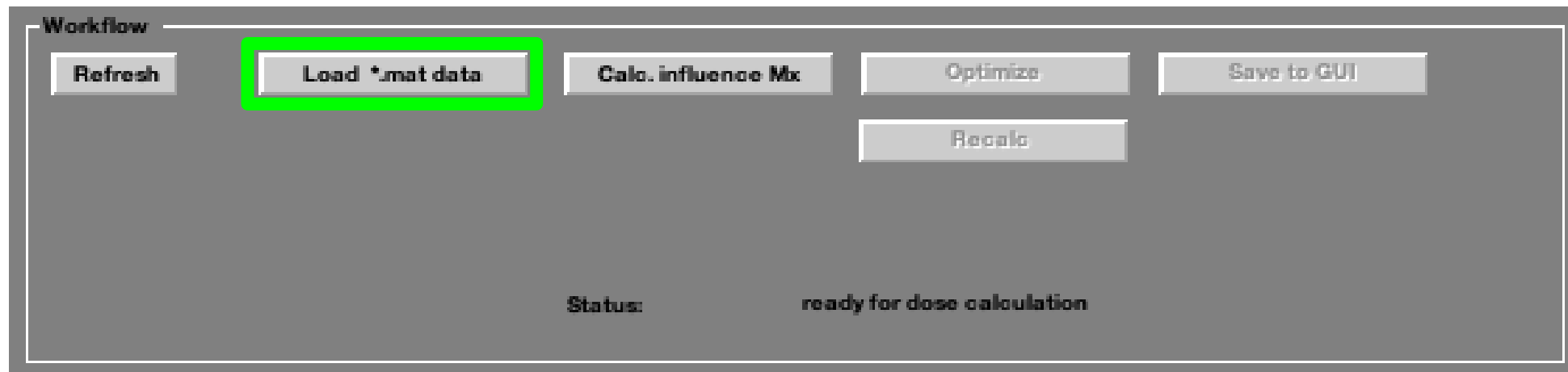
Il workflow della simulazione

Il primo pannello si chiama “workflow” e presenta delle opzioni (tasti) che attivano i vari comandi lungo cui procede la simulazione.



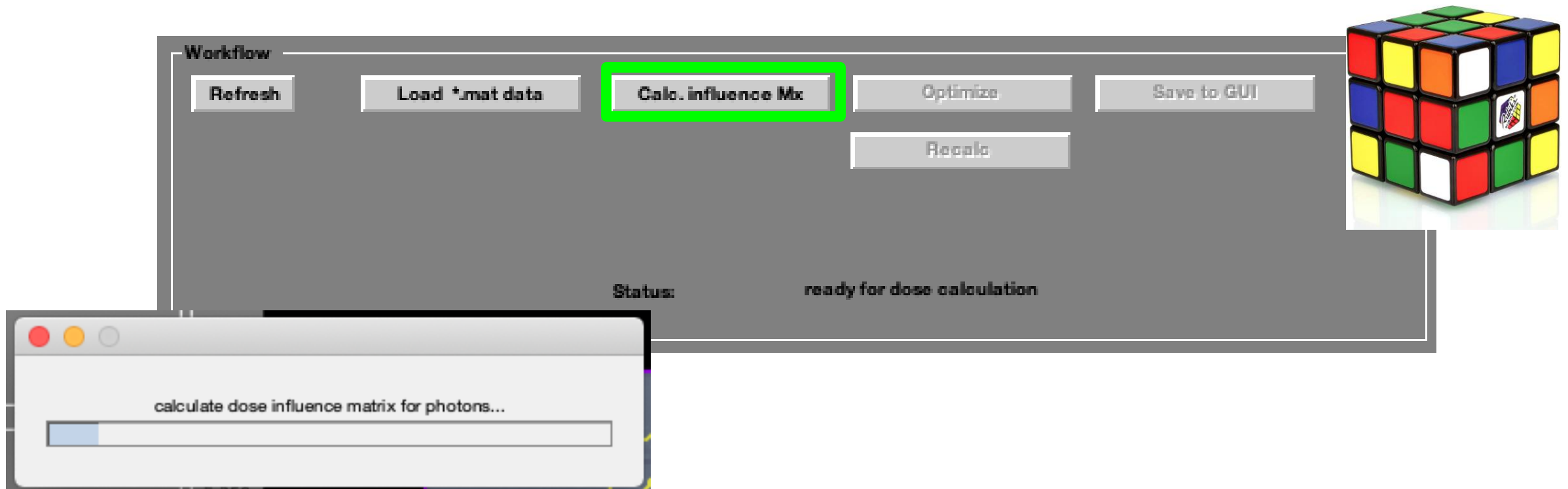
Il workflow della simulazione

Load *.mat data: carica i dati (immagini CT) per ogni caso disponibile. Gestisce informazioni relative al tessuto del target così come dei tessuti sani circostanti e copre una porzione estesa del corpo umano. Tutto ciò viene mostrato nel pannello grande a destra.



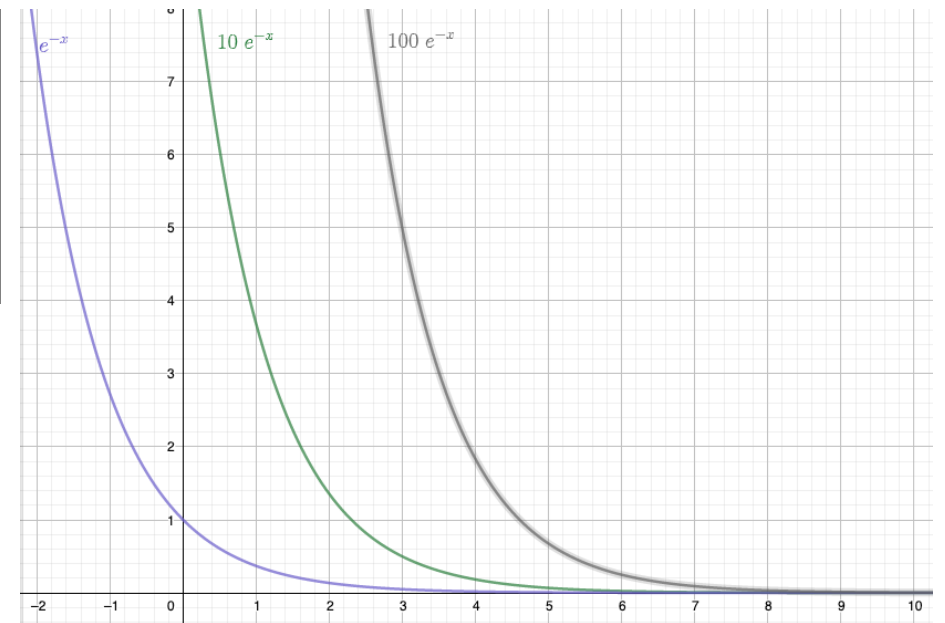
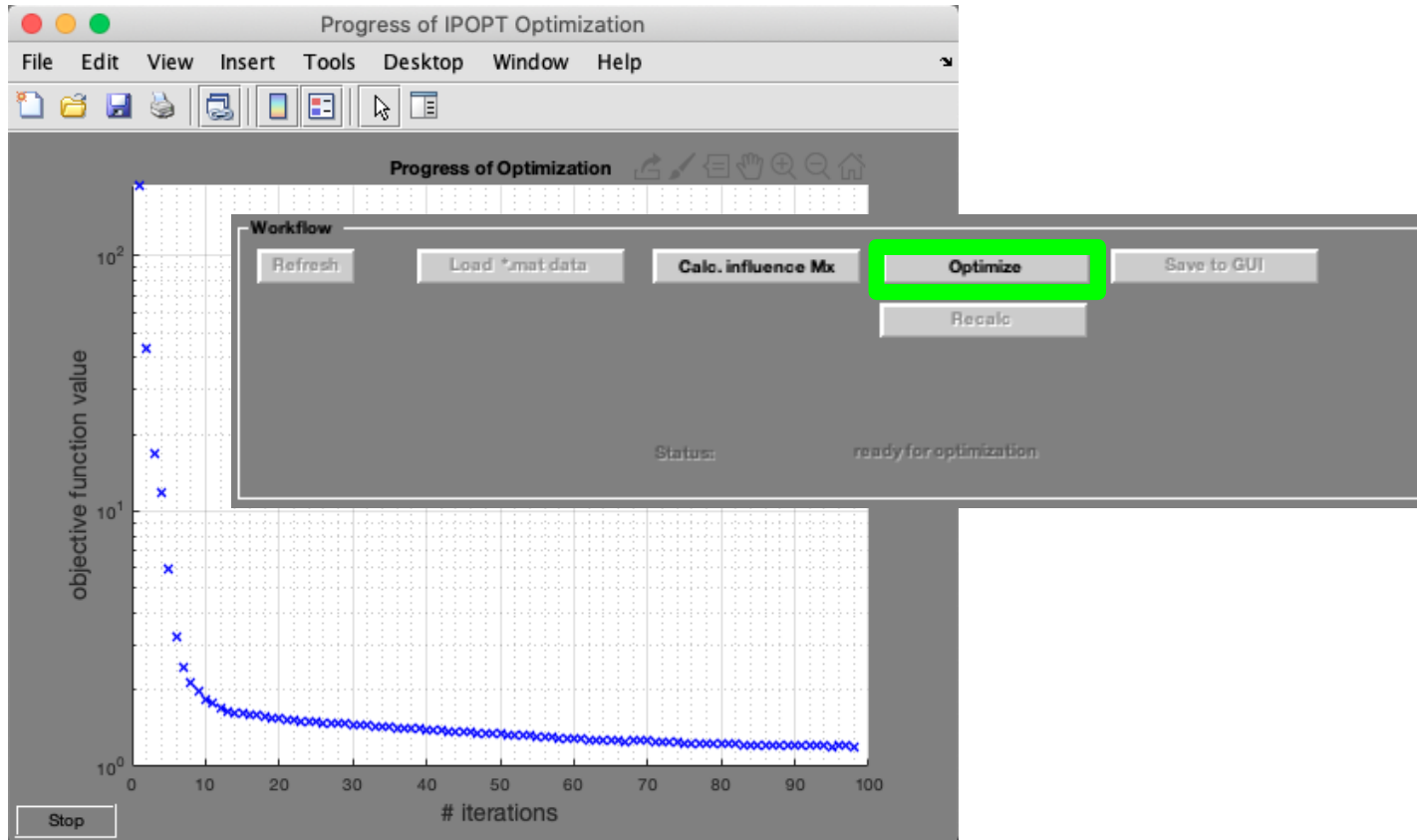
Il workflow della simulazione

Calc. influence Mx: è il comando che calcola la “influence matrix” della dose da radiazione. I volumi sono composti da cubetti di lato pari al bixel. Quando premuto, viene mostrata una barra di caricamento/progressione.



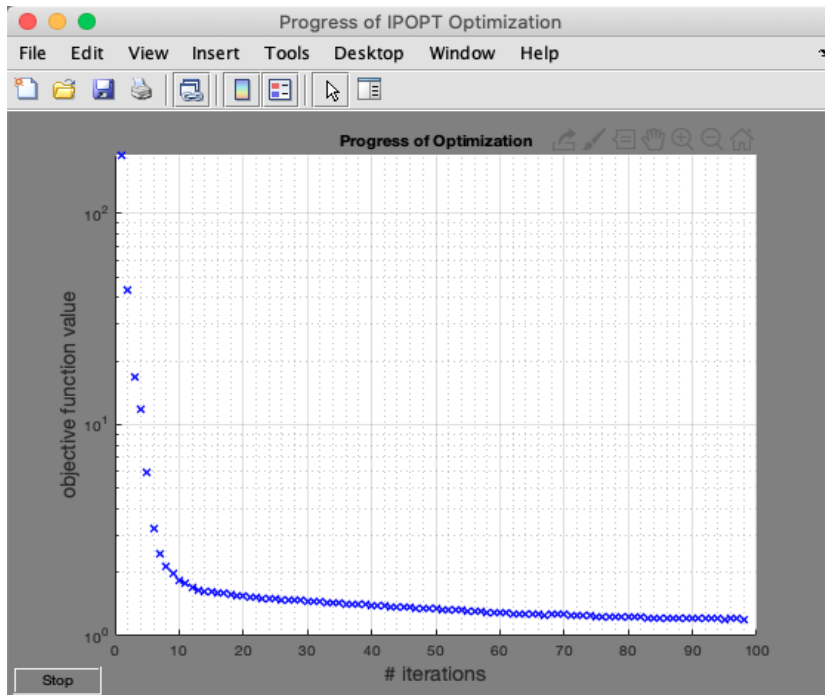
Il workflow della simulazione

Optimize: questo tasto si attiva al termine del calcolo della matrice. A questo punto il simulatore ricerca il flusso minimo di radiazione per bixel. Dopo la pressione, compare una finestra grafica in cui si forma un grafico con un andamento circa esponenziale decrescente.



Il workflow della simulazione – la funzione esponenziale

Il tasto di ottimizzazione ottimizza un problema di ottimizzazione con vincolo non lineare mediante un algoritmo a punto interno. La funzione obiettivo e i vincoli sono costruiti a partire dagli obiettivi fissati nel pannello O&C.

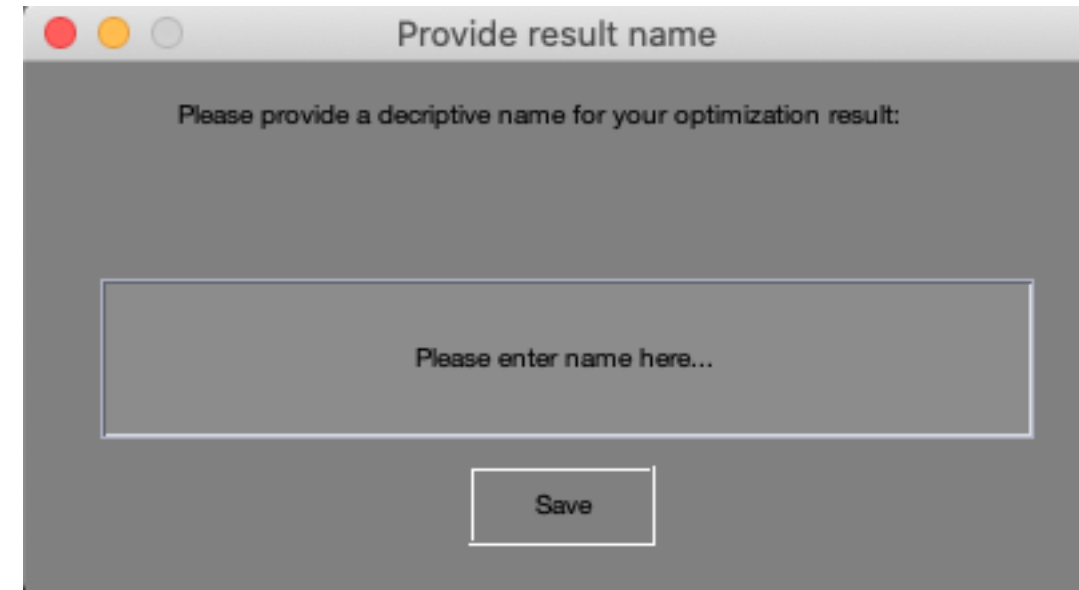
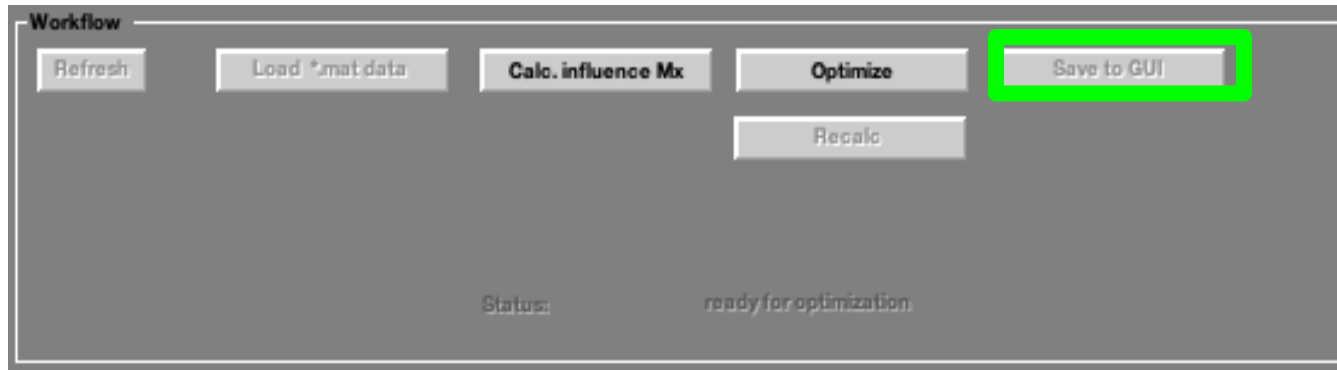


Objectives & constraints						
+/-	VOI name	VOI type	OP	Function	p	Parameters
-	Core	OAR	2	Squared Overdosing	300	d^{max} : 25
-	OuterTarget	TAR...	1	Squared Deviation	1000	d^{ref} : 50
-	BODY	OAR	3	Squared Overdosing	100	d^{max} : 30
+	Core					

O&C includono gli organi di interesse (cioè il volume obiettivo), così come gli organi a rischio (e.g il corpo, il core, etc.) coinvolti nell'irraggiamento e dove non vogliamo distribuire una dose eccessiva.

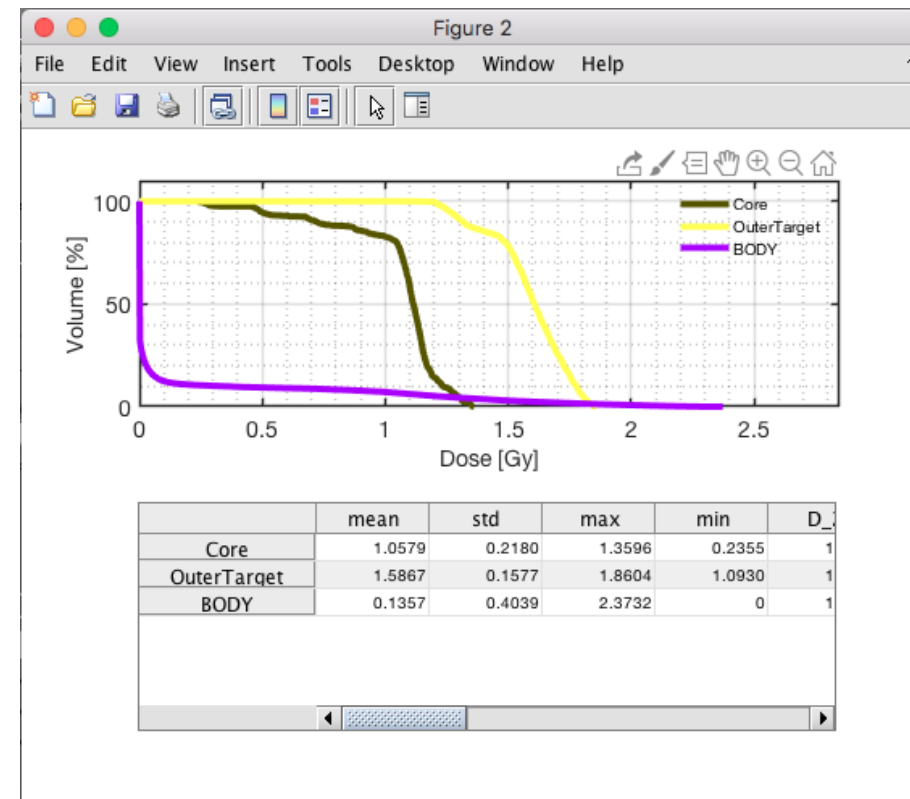
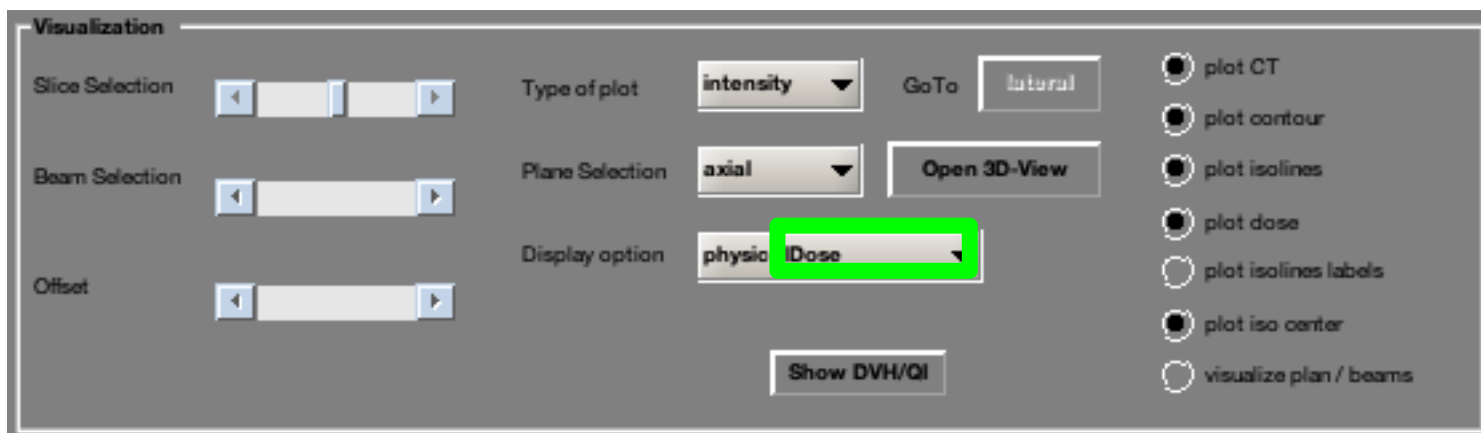
Il workflow della simulazione

Save to GUI: salva il set up di irraggiamento costruito chiedendo di nominare il file.

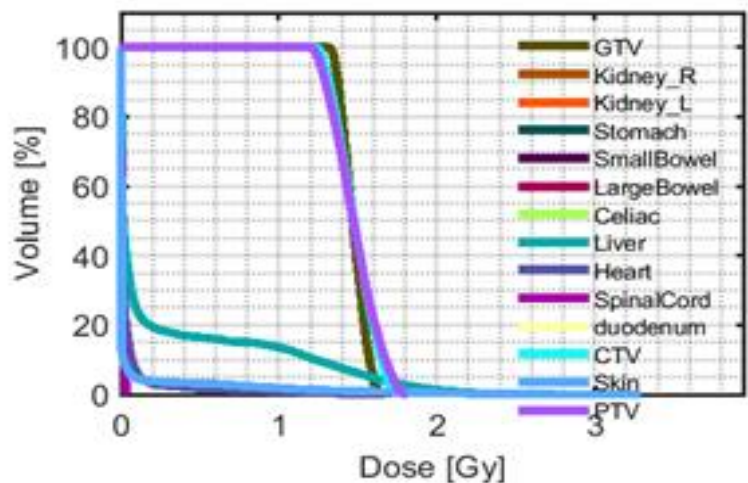


Visualizzazione dei risultati

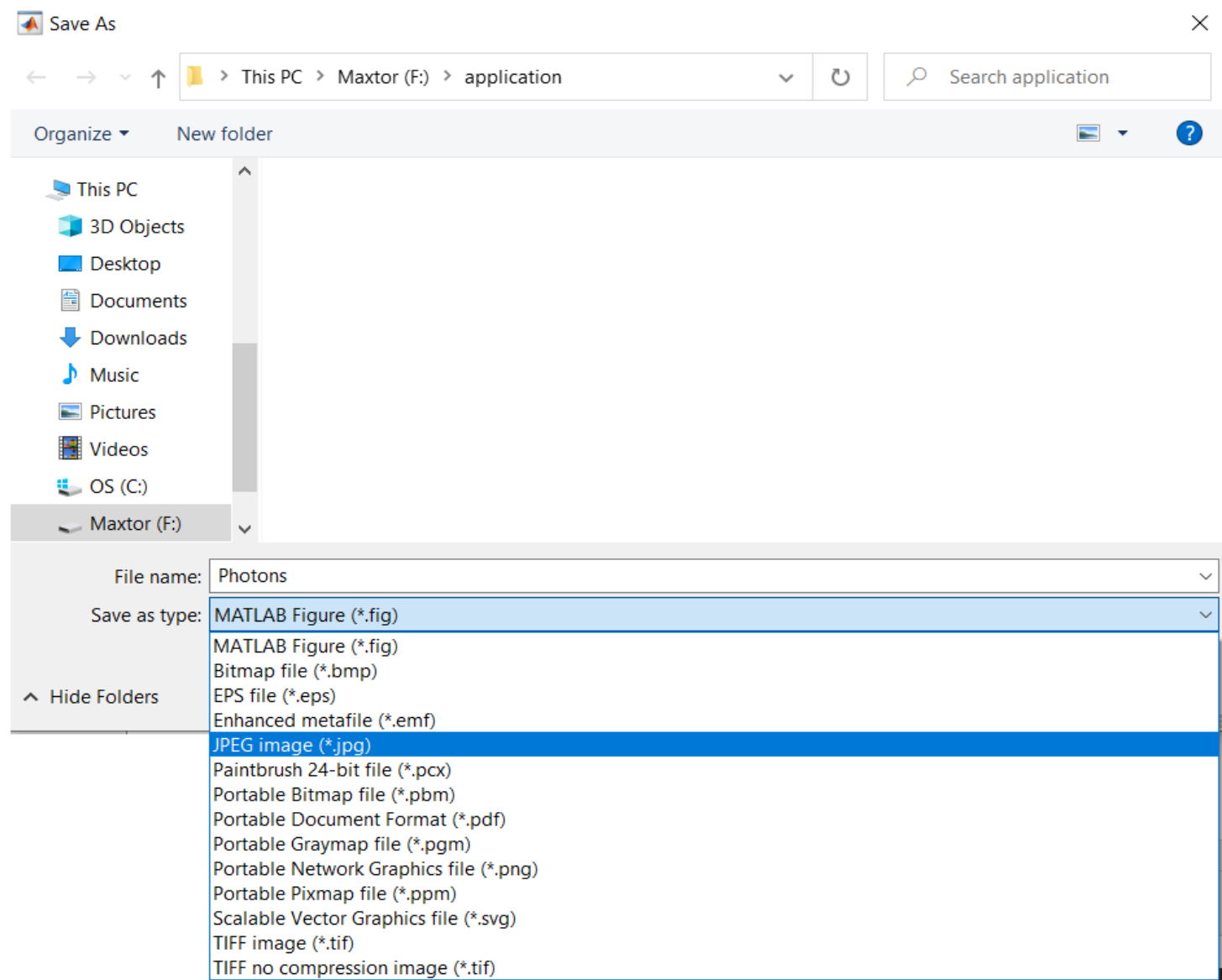
Show DVH/QI: mostra i DVH relativi al piano di trattamento impostato.



Salvataggio del DVH

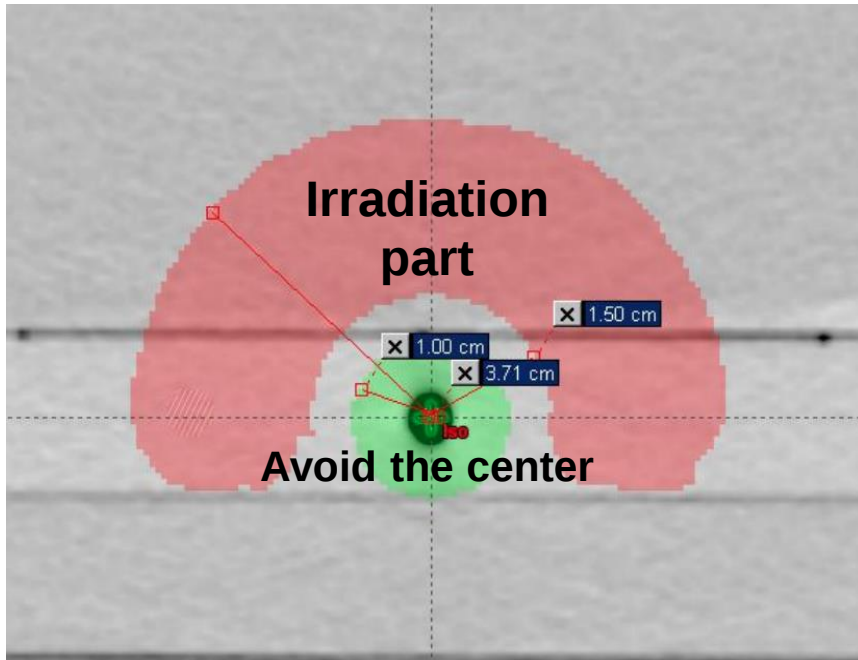


	max	min	mean	
GTV	1.6394	1.3173	1.4714	^
Kidney_R	0	0	0	
Kidney_L	0	0	0	
Stomach	0	0	0	
SmallBowel	0	0	0	
LargeBowel	0	0	0	
Celiac	0	0	0	
Liver	2.6394	0	0.2547	
Heart	1.6706	0	0.0370	
SpinalCord	0.0383	0	0.0053	
duodenum	0	0	0	v



Esempi dell'hands-on

Fantoccio TG119 o C-phantom



Tumore al fegato

