



Implementazione delle nuove tecnologie

Dr. Domenico Mola

**Struttura S. di Fisica Sanitaria
Direzione Medica Presidio Ospedaliero Centrale
– ASL Taranto**

*10 anni
di Radioterapia
a Taranto*

Presidente: Giovanni Silvano



*Taranto, 15 dicembre 2012
Hotel Mercure Delfino*

La storia

L'evoluzione delle tecnologie installate nel corso dei 10 anni della Radioterapia a Taranto ha cercato di seguire, più o meno al passo, l'evoluzione delle conoscenze nell'ambito dei trattamenti radianti e dei relativi sistemi di Controllo della Qualità.

La comunque sempre limitata disponibilità di risorse economico-finanziarie ha obbligato ad una importante razionalizzazione delle scelte, cercando di privilegiare quei sistemi che permettessero da un lato un trattamento radioterapico allineato agli standard e dall'altro che fossero in grado di fornire un controllo sul trattamento erogato al fine scongiurare, o comunque ridurre e controllare, possibili errori sul trattamento stesso.

Per quest'ultimo fine sono stati quindi adottati, sin dal suo avvio, sistemi computerizzati che permettessero un efficace controllo del trattamento (Record & Verify) e un sistema computerizzato per la gestione della cartella clinica e dell'agenda appuntamenti.

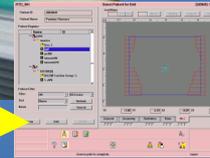
I sistemi originari: 2002



**Cartella Elettronica
(Nucletron)**

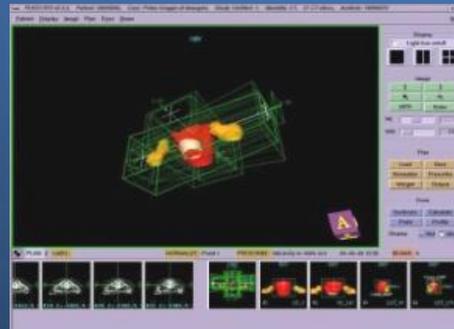


**LINAC
(ELEKTA Sli
Precise)**



**RT
DESKTOP**

**Simulix
(Nucletron)**



**TPS
(Nucletron PLATO)**



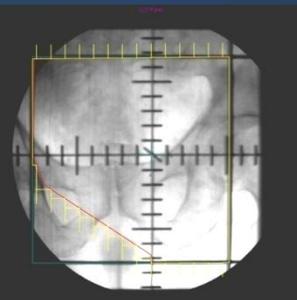
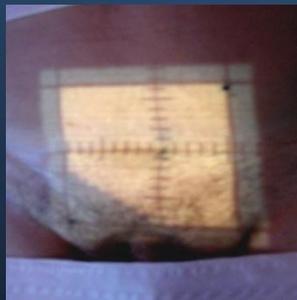
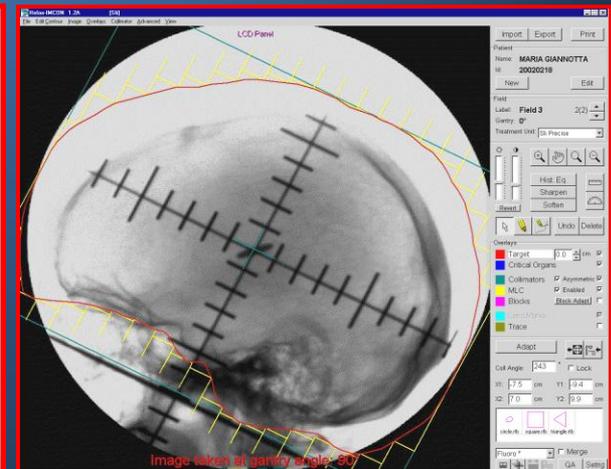
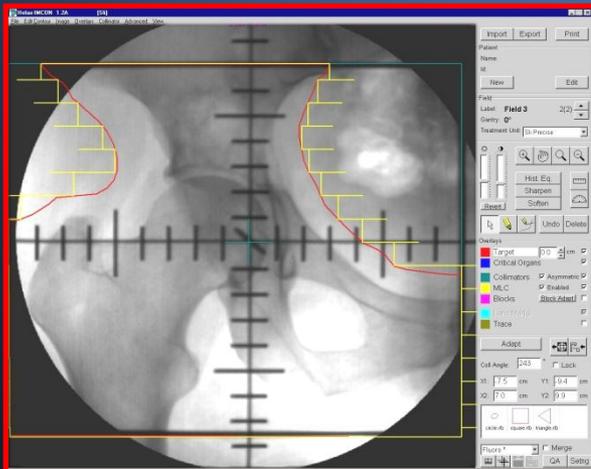
IMCON

- Pianificazione 3D con TPS PLATO (tranne alcuni trattamenti sintomatico-paliativi)
- PLATO è stato uno dei primi TPS con pianificazione 3D ed elaborazione delle DRR
- Algoritmo di calcolo Pencil Beam (elevata incertezza all'interfaccia di strutture a differente densità e approssimato per Elettroni)
- Flusso dati del piano di trattamento via DICOM al SIMULIX.
- Simulatore tradizionale con IB. Dotato sin da subito del sistema IMCON.
- Simulazione del piano di trattamento elaborato dal TPS con possibilità di modificare la conformazione del collimatore multilamellare o di eventuali blocchi.

IMCON permetteva anche la simulazione in 2D di quei piani di trattamento non pianificabili o non pianificati in 3D con la possibilità di conformare campi irregolari su un "target" disegnato sulle immagini fluoroscopiche di simulazione.

Ampiamente utilizzato per trattamenti WB, WP, metastasi vertebrali, ecc., con la possibilità di schermare organi a rischio senza la necessità della pianificazione in 3D.

Il calcolo dose viene comunque effettuato tramite il TPS ma su fantoccio digitale acqua-equivalente appositamente di volta in volta costruito.



Dosimetria e Controlli di Qualità

Per la caratterizzazione del Linac è stata acquistata la strumentazione necessaria che consiste in:

- Fantoccio ad acqua
- Camere a ionizzazione
- Array di camere
- Software Mephisto



CONTROLLI DI QUALITA' GIORNALIERI

QC 6 Plus (sistema con 1 camera centrale, 4 camere periferiche e 1 in profondità)

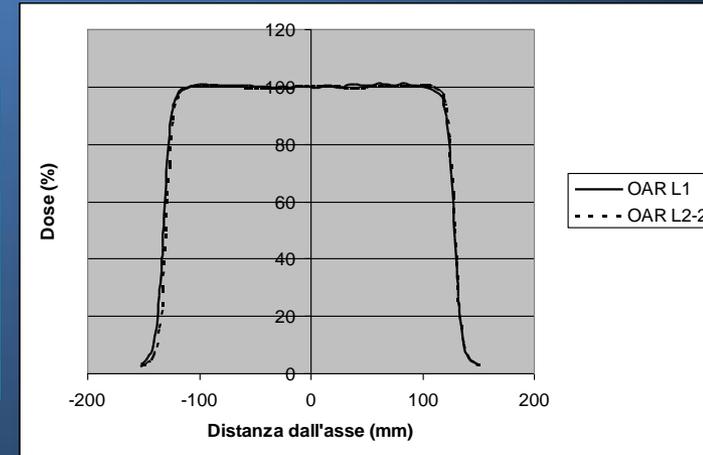
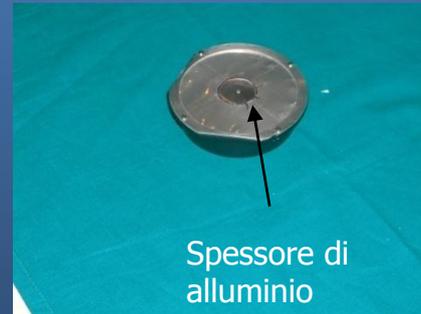
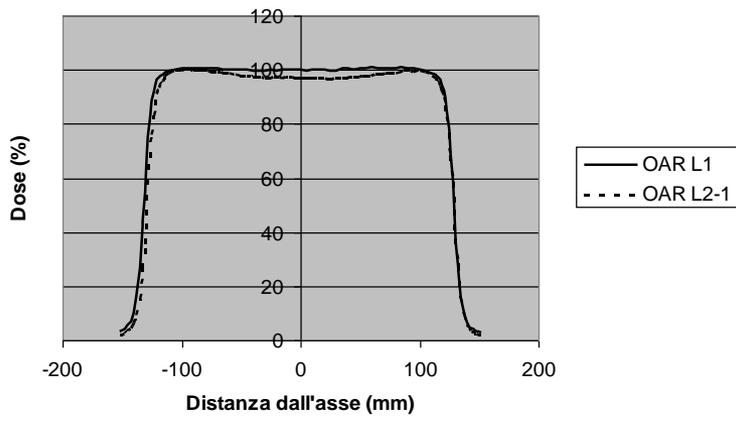
- Valutazione della dose al build-up
- Omogeneità e simmetria
- Qualità del fascio



I sistemi originari: 2003

Installazione del LINAC 2

Al fine di ottimizzare la gestione dei pazienti e anche per ridurre le incertezze o gli errori di trattamento si è scelto di installare e ottimizzare il 2° linac “matchandolo” al primo, ovvero con caratteristiche meccaniche, d'erogazione energetica, di conformazione dei fasci (omogeneità e simmetria), nonché del cuneo installato, praticamente identiche (entro l'1,5 %).



Per il controllo del trattamento erogato e la gestione dei pazienti sui 2 Linacs si è abbandonato il R&V RTDesktop per passare al sistema VISIR che permetteva la registrazione dei trattamenti erogati e il controllo della corretta impostazione dei dati del trattamento stesso. L'interfaccia di questo sistema con la cartella clinica elettronica implementata, ONCENTRA, permetteva di acquisire i dati demografici dei pazienti dalla cartella ed il trasferimento dei dati di trattamento sulla cartella stessa.

I sistemi originari: 2003

Nello stesso anno il centro si dota del sistema ERGO per trattamenti stereotassici cranici e extracranici

Hardware

➤ Coni: (\emptyset : 10, 15, 20, 25, 30 cm)



➤ Micro Multi Leaf Dinamico:

◆ Lamelle 24 coppie

◆ Campo max all'isocentro 9,90 cm x 11,45 cm



Dimensione effettiva lamella all'isocentro 0,48 cm

I sistemi originari: 2003

Software

➤ TPS: ERGO

◆ Dynamic MLC (Modalità Micro MLC)

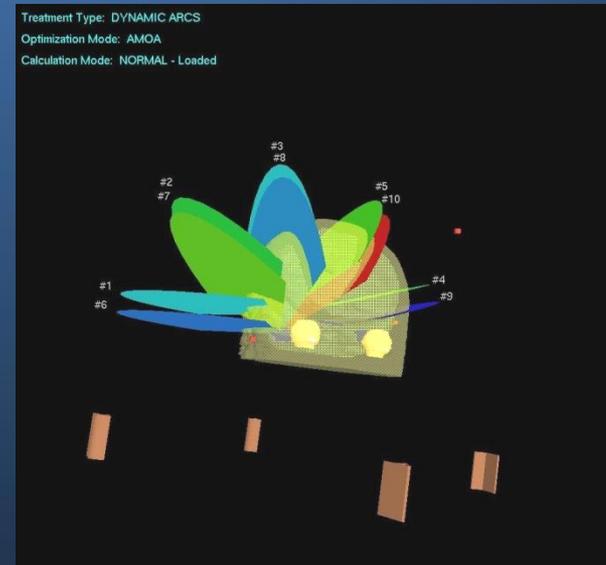
◆ Radiosurgery (Modalità Coni)

➤ Image Fusion

Terapia ad archi non complanari



AMOA Software



Immobilizzatori e centratori stereotassici

➤ Head frame



➤ Body frame



Nell'utilizzo del collimatore μ ML la necessità di definire una metodica per il riposizionamento

↳ Definizione e applicabilità della "COLLISION TABLE"
(vincolata dall'impatto del μ MLC con il lettino)



Definizione di una procedura per la verifica delle collisioni mediante simulazione del trattamento.

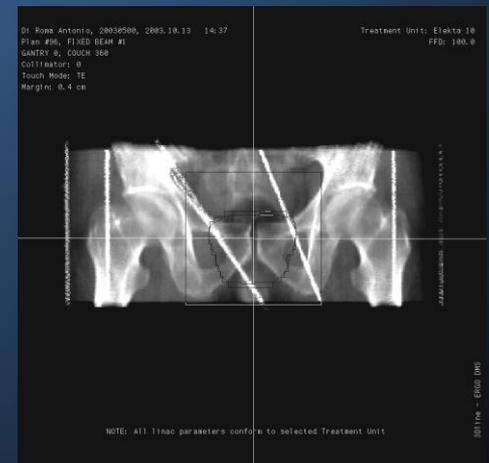
Commissioning: interconnessione e compatibilità software

- Connessione ERGO-R&V (Visir)
 - Trasferimento piano di trattamento
(Automatica al μ MLC la conformazione del campo)
(Inizialmente manuale poi DICOM su VISIR il set-up geometrico)

Implementazione di una procedura per l'inserimento e la verifica della prescrizione nonché di controllo nell'erogazione del trattamento

- Connessione DICOM ERGO- iView (trasferimento DRR per verifiche)

Per il trattamento body definizione di una procedura per l'estrazione dal piano di trattamento ad archi di 2 campi statici a 0° e 90° (ove possibile) con elaborazione delle DRR per la verifica su LINAC del corretto centraggio del paziente.



- Connessione con EPF (Nessuna informazione sulla conformazione μ MLC)

Calibrazioni

LINAC (Ridefinizione e verifica delle tolleranze)

Criticità delle tarature:

Cross Wire (centraggio coni stereotassici, verifica stabilità isocentro)



Angolo di Gantry (Corrispondenza tra readout LINAC e readout controller ERGO)

LASER (Corretta localizzazione isocentro, perfetta orizzontalità e verticalità)



Adattamento protocolli dei Controlli di Qualità alle nuove necessità

Dosimetria

Accettazione

Strumentazione

Fantoccio ad acqua
Camera Pin-Point



Misure

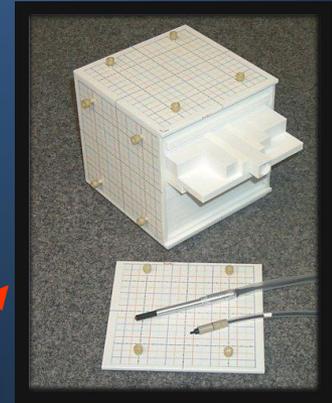
PDD, OAR, OF
Verifiche di Leakage
Controlli geometrici (rotazione isocentrica del sistema,
dimensioni lamella all'isocentro)



Verifiche del TPS

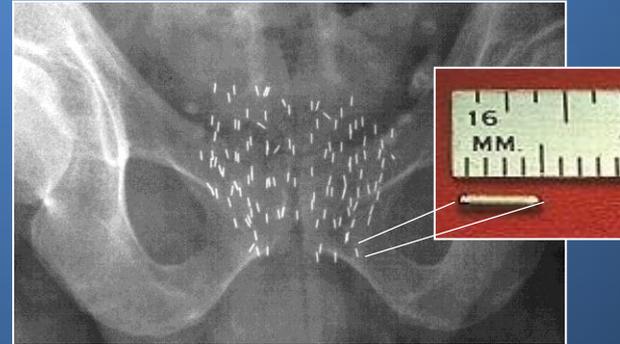
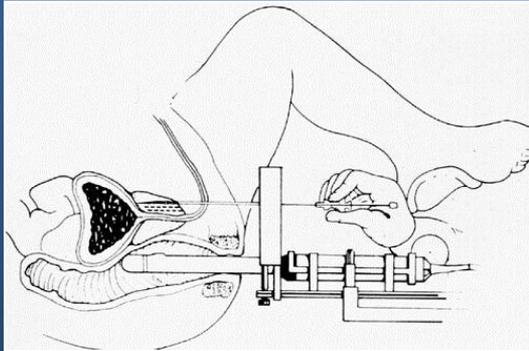
Strumentazione

Fantoccio RW3 (solo per body frame)
Fantoccio autolocalizzante Easy Cube
Camere Pin-Point – Semiflex (solo per campi $> 3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$)



Brachiterapia prostatica

Transperineale LDR: 2005



I-125

28 KeV

60 giorni

Pd-103

21 KeV

17 giorni

Energia media

$T_{1/2}$

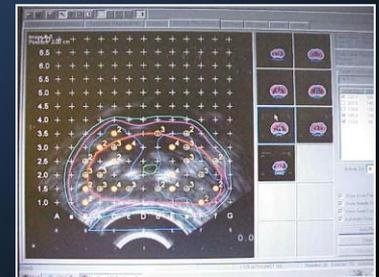
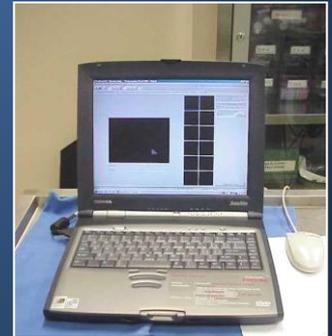
Pre-planning intraoperatorio

Circa 2-3 settimane prima dell'impianto

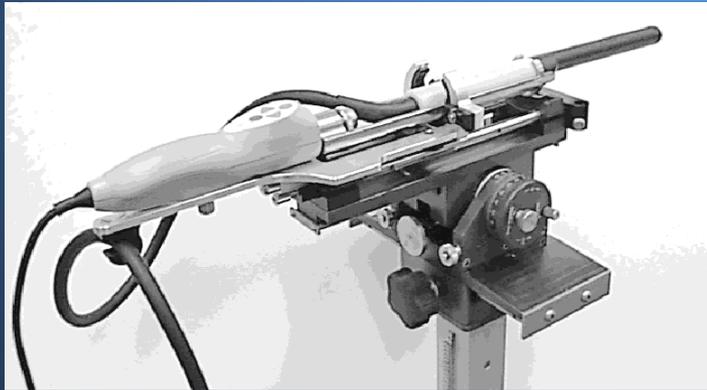
- studio volumetrico previsionale (TRUS)
- ordine semi

Impianto

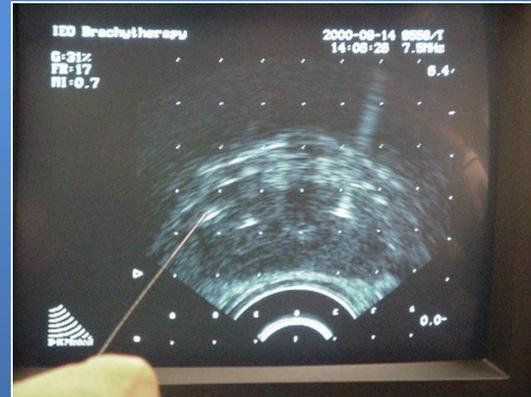
- studio volumetrico dopo anestesia e ancoraggio
- preparazione piano di cura
- inserimento sorgenti



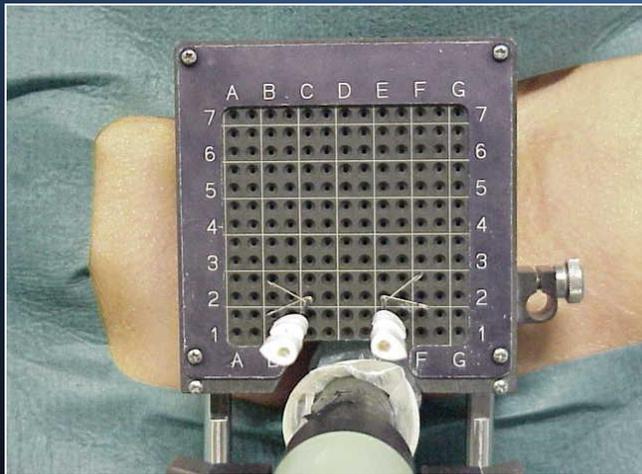
Apparecchiature per l'impianto



Sonda ecografica biplanare



Sistema computerizzato di planning connesso all'ecografo

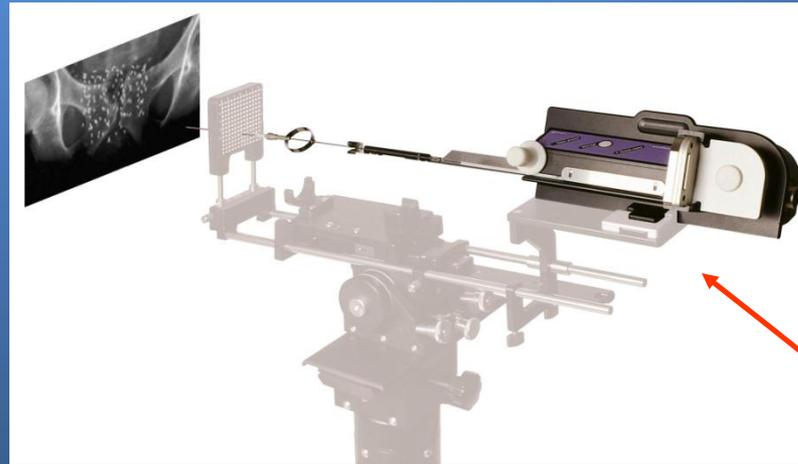


Template per l'infissione degli aghi

Il sistema

F I R S T

Fully
Integrated
Rreal-time
Sseed
Treatment



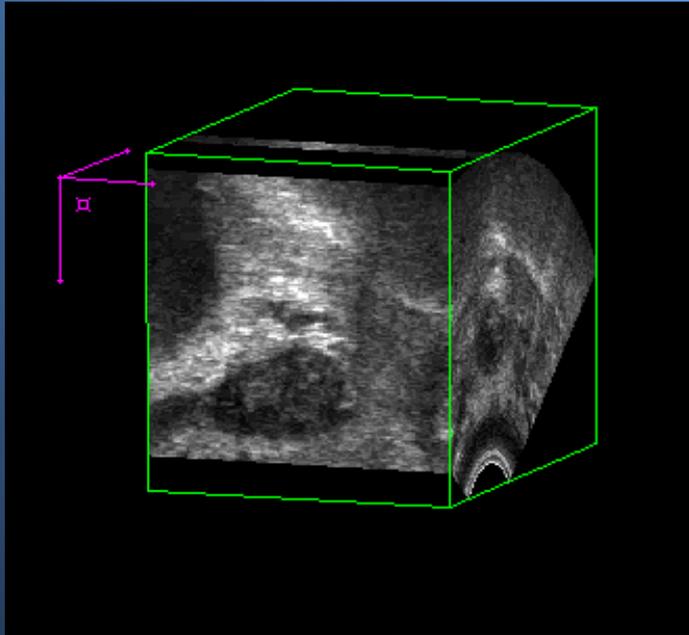
Sistema di delivery



Cartucce di semi e spaziatori sigillate e schermate

IMPIANTO

Ricostruzione 3D delle immagini ecografiche



Target:

Dose prescrizione: 145 Gy

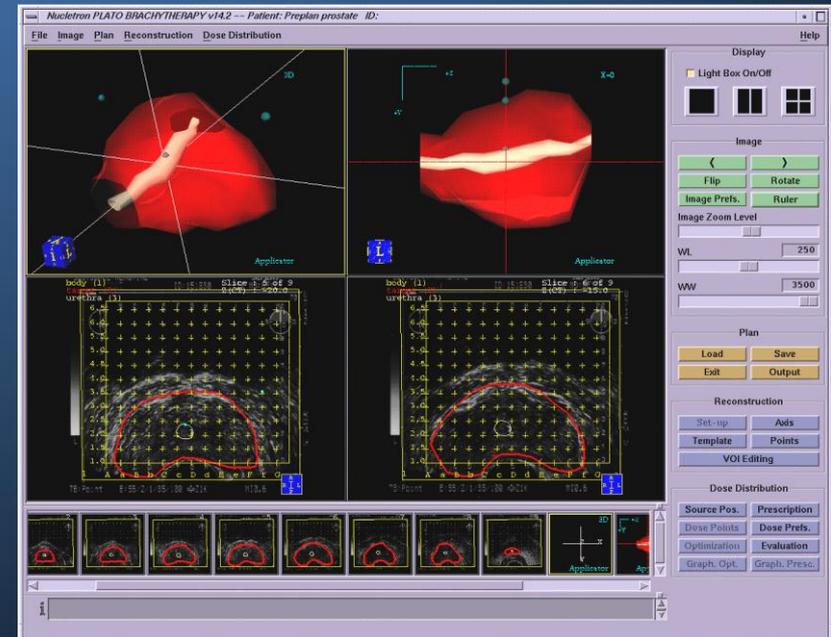
Copertura: >95%

Dose minima: 120 Gy

OAR:

Dose max uretra <220 Gy

Retto: D2cc <145 Gy



IMPIANTO

PLANNING INTERATTIVO

Nucletron Sonographic Planning of Oncology Treatment - SPOT Version 1.15.7

140.00 Gy
210.00 Gy
280.00 Gy

140.00 Gy
210.00 Gy
280.00 Gy

DISPLAY
 Show Light Box

IMAGE
Image
Ruler
Brightness: 196
Contrast: 0

IMAGE VIEW
Print View Save View List Views

Live-Planning Control
Number of Seeds Available:
Number of Activated Seeds: 76
Number of Activated Needles: 21
Dose Grid Size (mm): 3.0

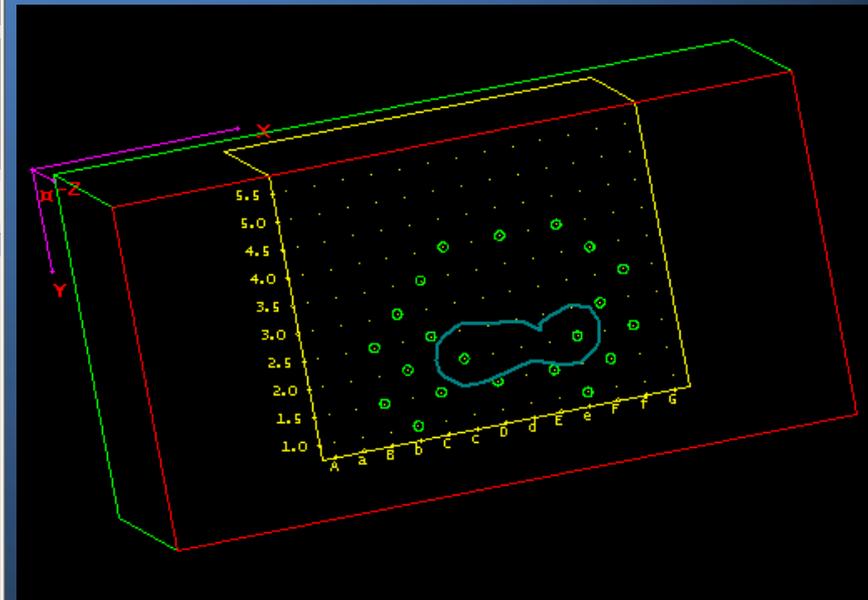
SEEDS
Add Seed Del Seed

NEEDLES
Add Delete Move
Copy Activate Deactivate
Activate All Select Deact. All
Tag as Actual Update

Scanning
Help OK

Patient: S. Fourth ID: Sample4 Scan: Sample4NId1 Template: UMC template Source: I-125 type 6711 point source Plan: Sample4ORplan2 Version: 1

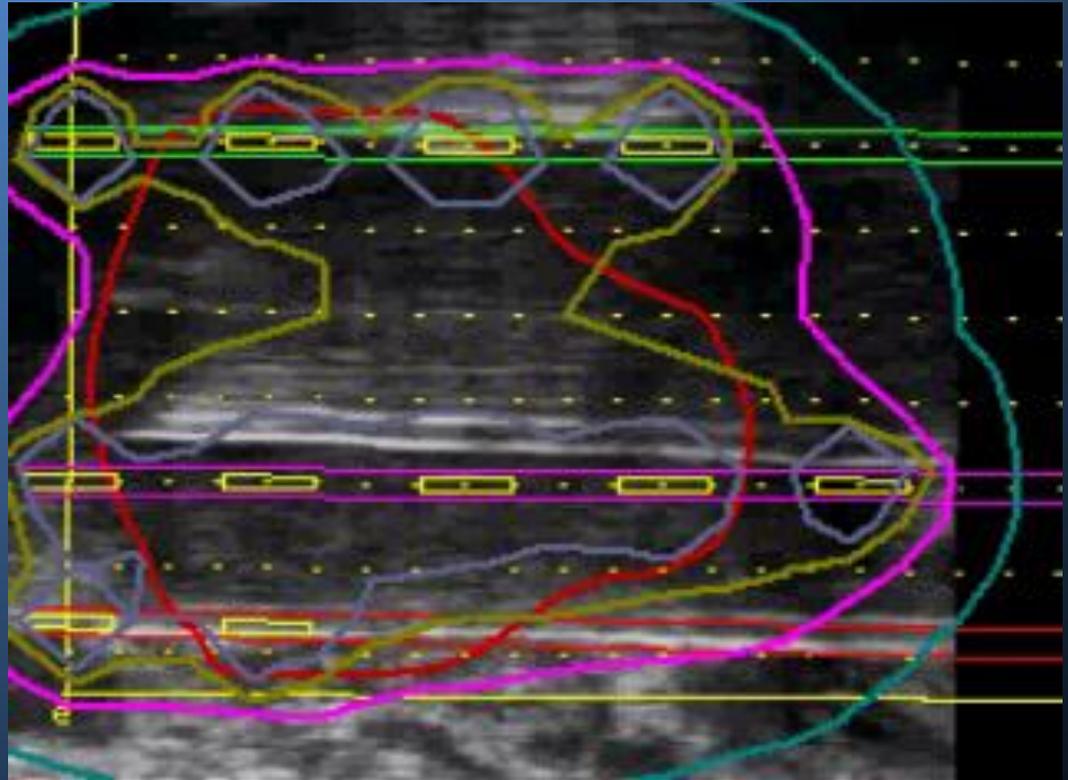
Retr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4 C/1.5	5	●	●	●	●	●																								
5 D/1.5	5	●	●	●	●	●																								
6 E/1.5	5	●	●	●	●	●																								
7 F/1.5	5	●	●	●	●	●																								
8 b/2.0	5	●	●	●	●	●																								



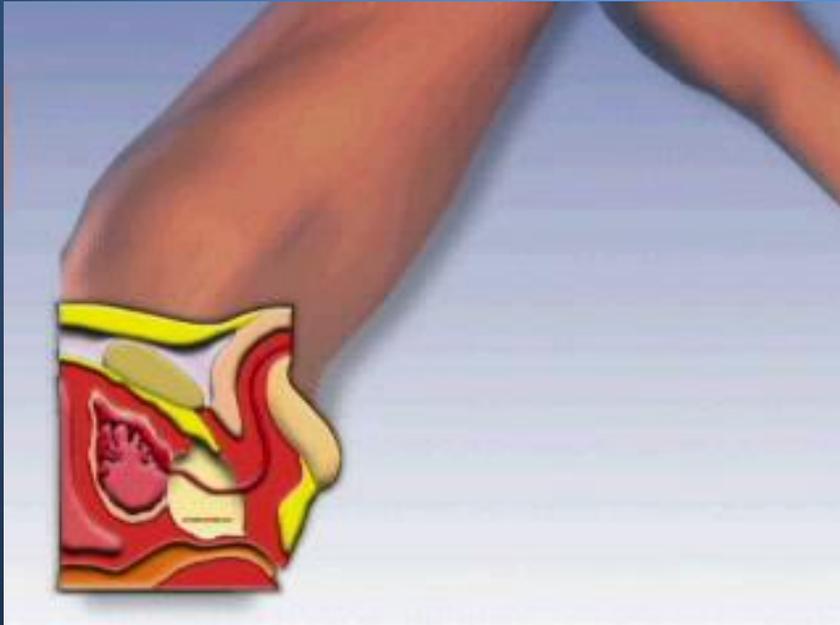
IMPIANTO

PLANNING INTERATTIVO

Continuo update del
piano di cura sulla base
della reale posizione
di **ogni ago**

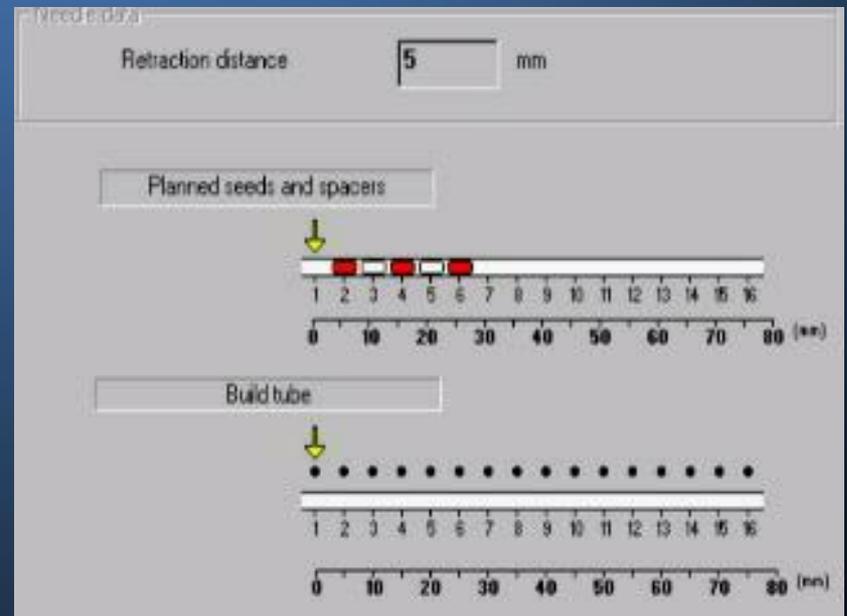


IMPIANTO - Delivery

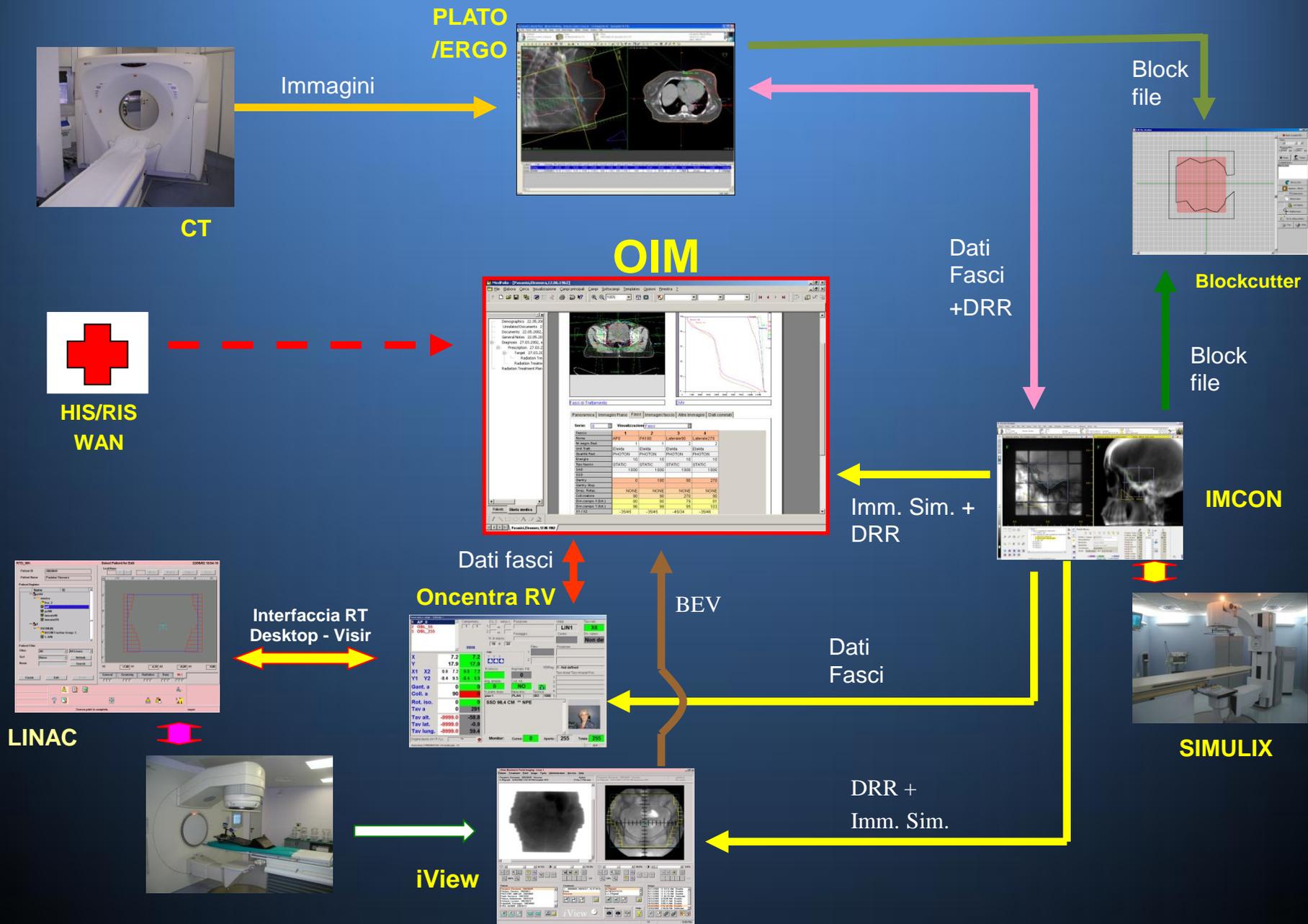


← Delivery

Verifica treno di semi



Attivazione OIM - Flusso dati: 2005

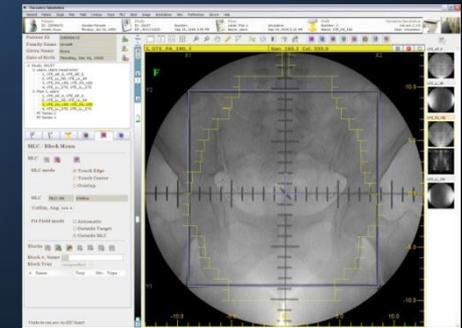
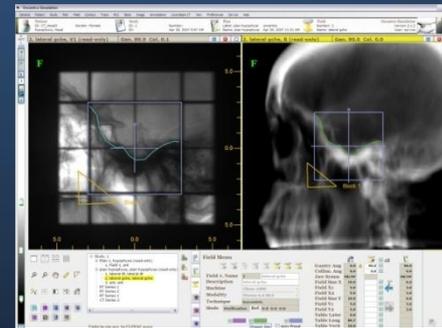
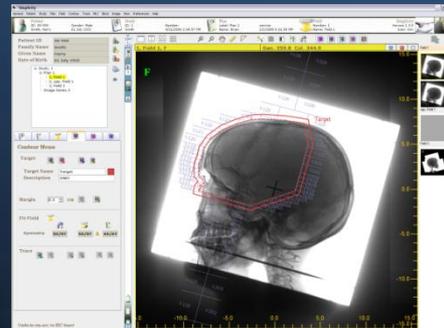
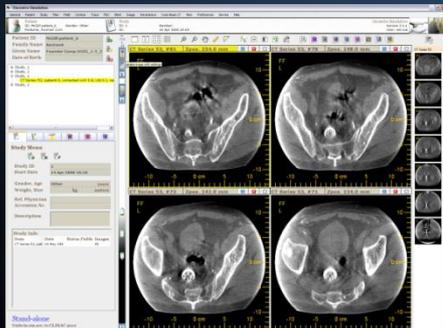


L'evoluzione dei sistemi: 2007

Il primo sistema ad essere aggiornato è IMCON che viene sostituito con il sistema ONCENTRA SIMULATION (OCS):

Caratteristiche migliorative:

- migliore gestione delle connessioni DICOM
- acquisizione e gestione serie TC, DRR, MPR
- migliore gestione delle serie, piani e immagini di trattamento
- Automatica correzione delle deformazioni del sistema di acquisizione immagini

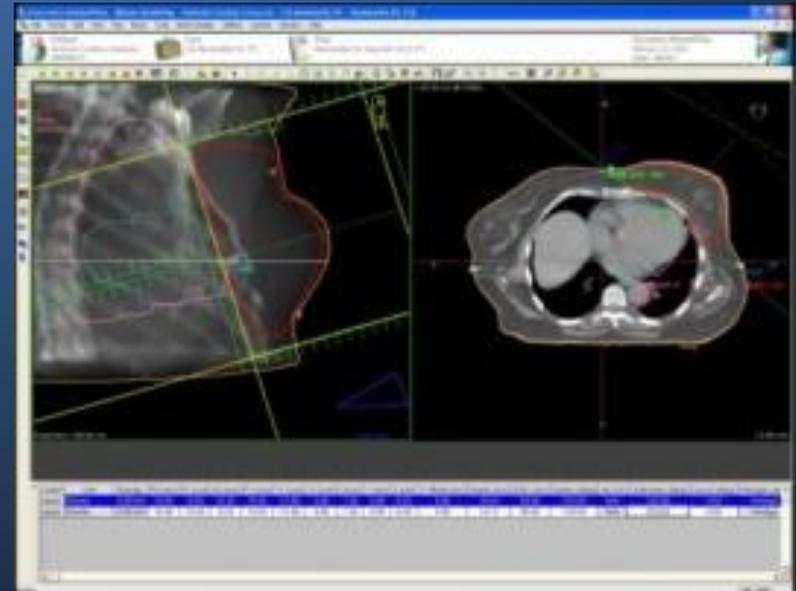


L'evoluzione dei sistemi: 2008

Nel 2008 viene sostituito il TPS PLATO con il nuovo ONCENTRA MASTERPLAN

Caratteristiche migliorative:

- algoritmo di calcolo Collapsed Cone (più preciso nel calcolo di dose nel caso di interfaccia di tessuti a densità differente ad. Esempio nel caso dei polmoni)
- Algoritmo di calcolo MonteCarlo per elettroni.
- Gestione DICOM di tutte le immagini ricostruite quali DRR, MPR



L'evoluzione dei sistemi: 2012

UPGRADE dei LINAC per permettere erogazione
trattamenti IMRT dinamica e VMAT

Sostituzione Iview1 da piastra ai fosfori a
sistema al silicio amorfo

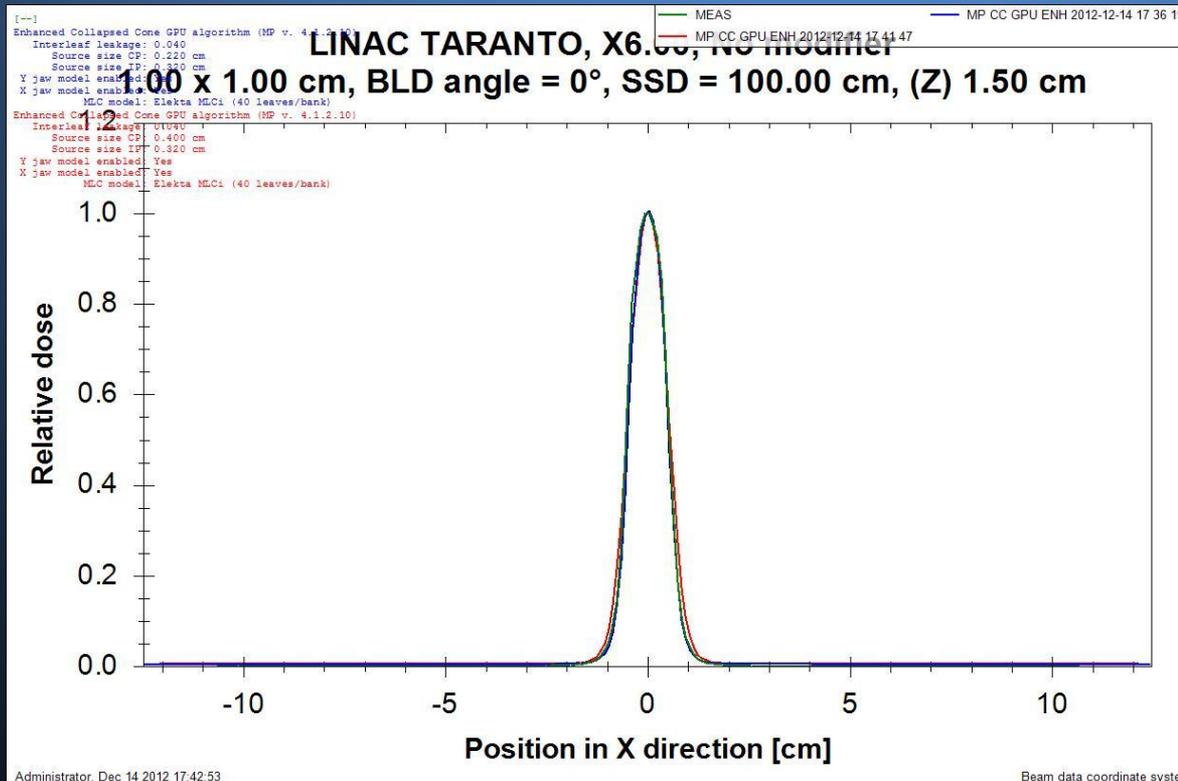
Sostituzione R&V con il sistema MOSAIQ

Sostituzione cartella OIM con MOSAIQ clinic

Caratterizzazione dei sistemi

Nuova caratterizzazione dosimetrica LINACs upgradati con specifiche misure dosimetriche (output factors) su campi piccoli con microcamera e diodo

Implementazione fasci su TPS Masterplan per VMAT



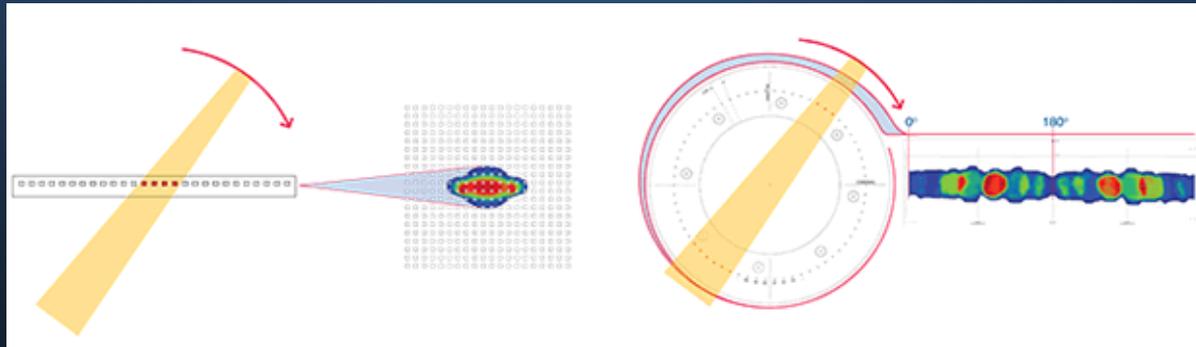
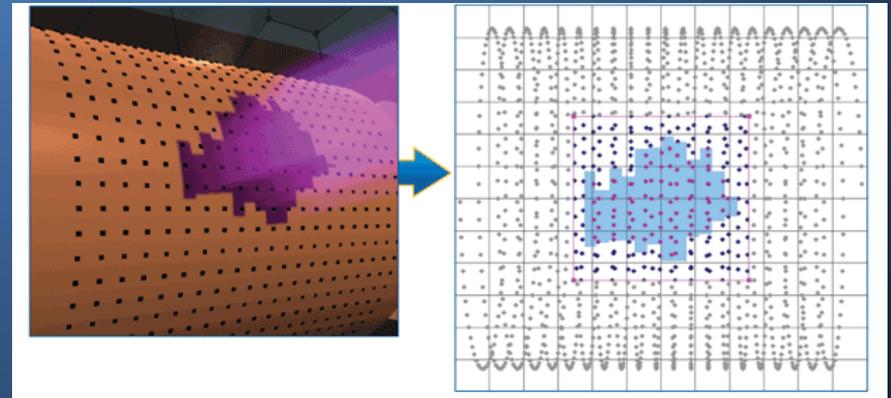
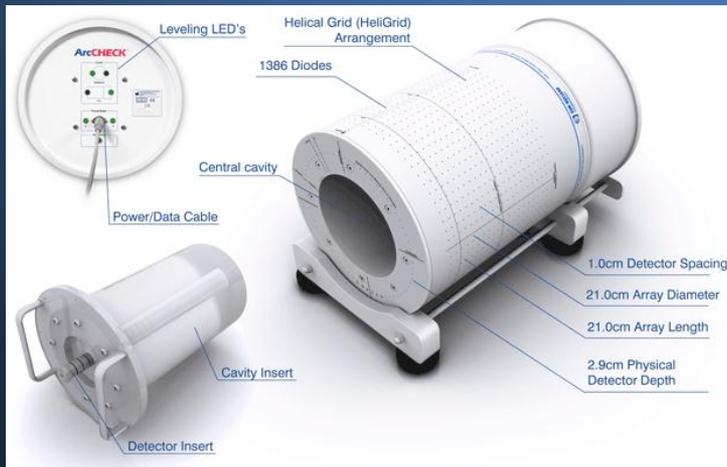
Determinazione
corretta
dimensione
macchia focale
e Interleaf leakage

TPS Monaco (dosimetria in fase di implementazione)

Le ultime tecnologie: ARCCHECK

Attivazione VMAT => acquisto strumentazione specifica per verifica piani di trattamento

E' stato acquistato ARCCHECK che si è ritenuto il sistema migliore per la verifica di trattamenti rotazionali. Cylindrical 4D detector array (diodi)



Le ultime tecnologie

File Setup Help

Analysis Types

Full Arc Sub Arc

Full Arc Definition

Composite

Every 4 CPs

Analysis Criteria

% 3.0 RD AD

mm 3.0 DTA Y

TH 10.0

COMPARE

Current Dose Difference Result

% Pass 91.57

Pass 163

Fail 15

Total 178

Detectors Dose Map Colonwash Plan Dose Failed Points All Points

Couch coordinate axes: X Y Z
Start Angle = 244.0°, End Angle = 260.0°

Couch coordinate axes: X Y Z
Start Angle = 244.0°, End Angle = 260.0°

ArcCHECK

Plan

Arc with start angle = 244°, end angle = 260°
Hot points = 6, Cold Points = 9

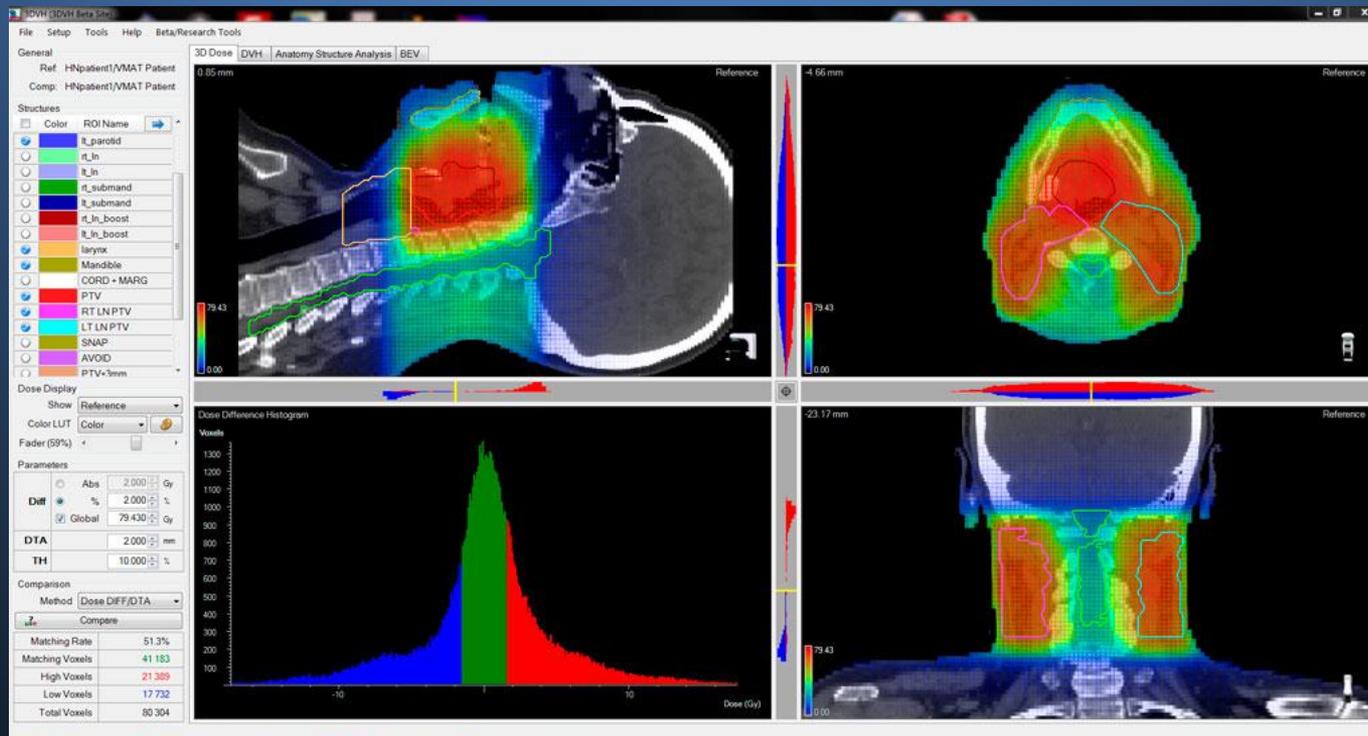
Dose Difference Histogram

Control Point Analysis

High
Pass
Low

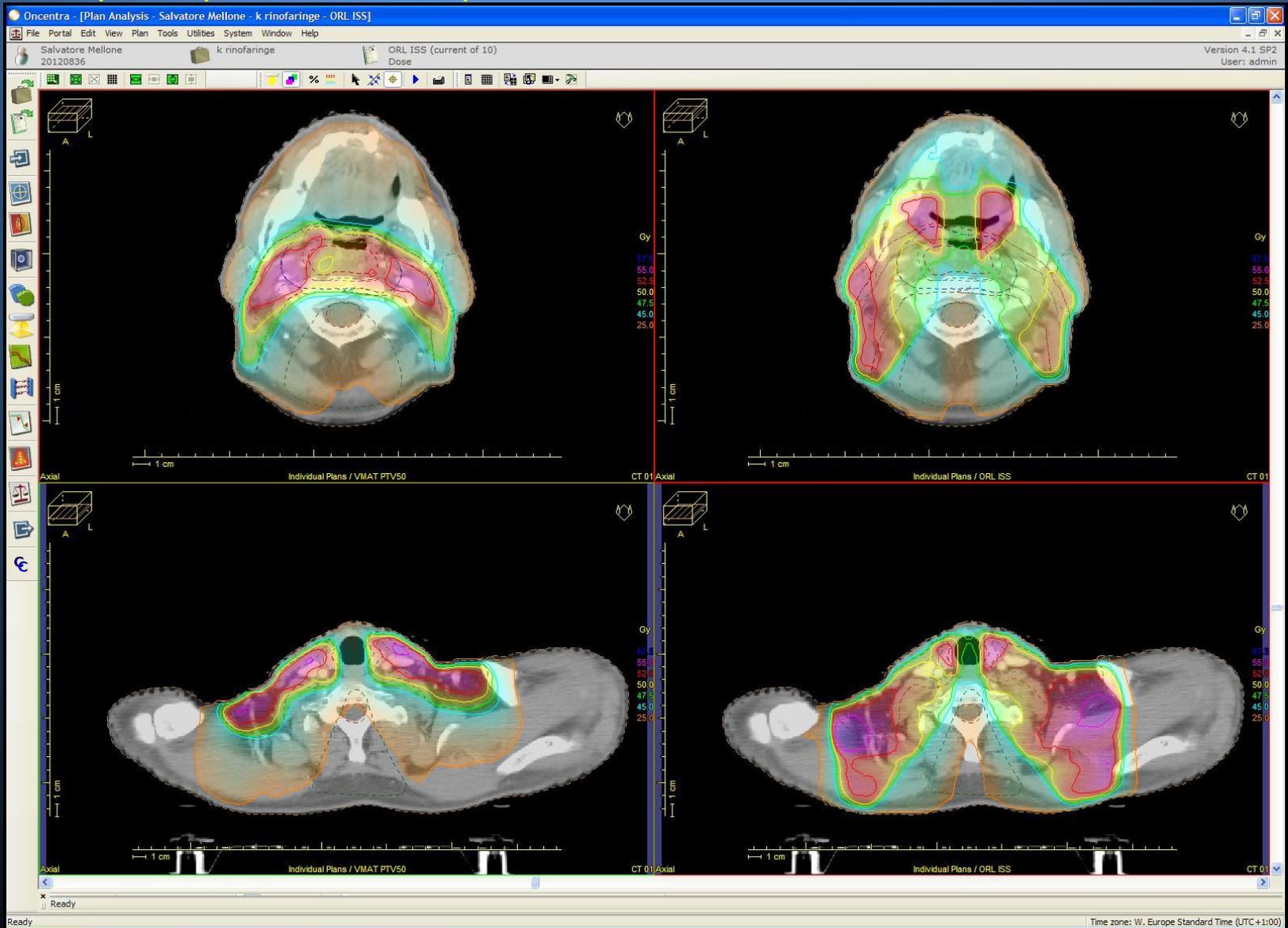
Le ultime tecnologie: 3DVH

- Dalla verifica effettuata, il software 3DVH elabora una matrice di perturbazione dei fasci la quale, applicata ai fasci di trattamento sul paziente, corregge la distribuzione di dose e quindi il relativo DVH.
- E' possibile così ottenere informazioni sulla reale distribuzione della dose erogata.



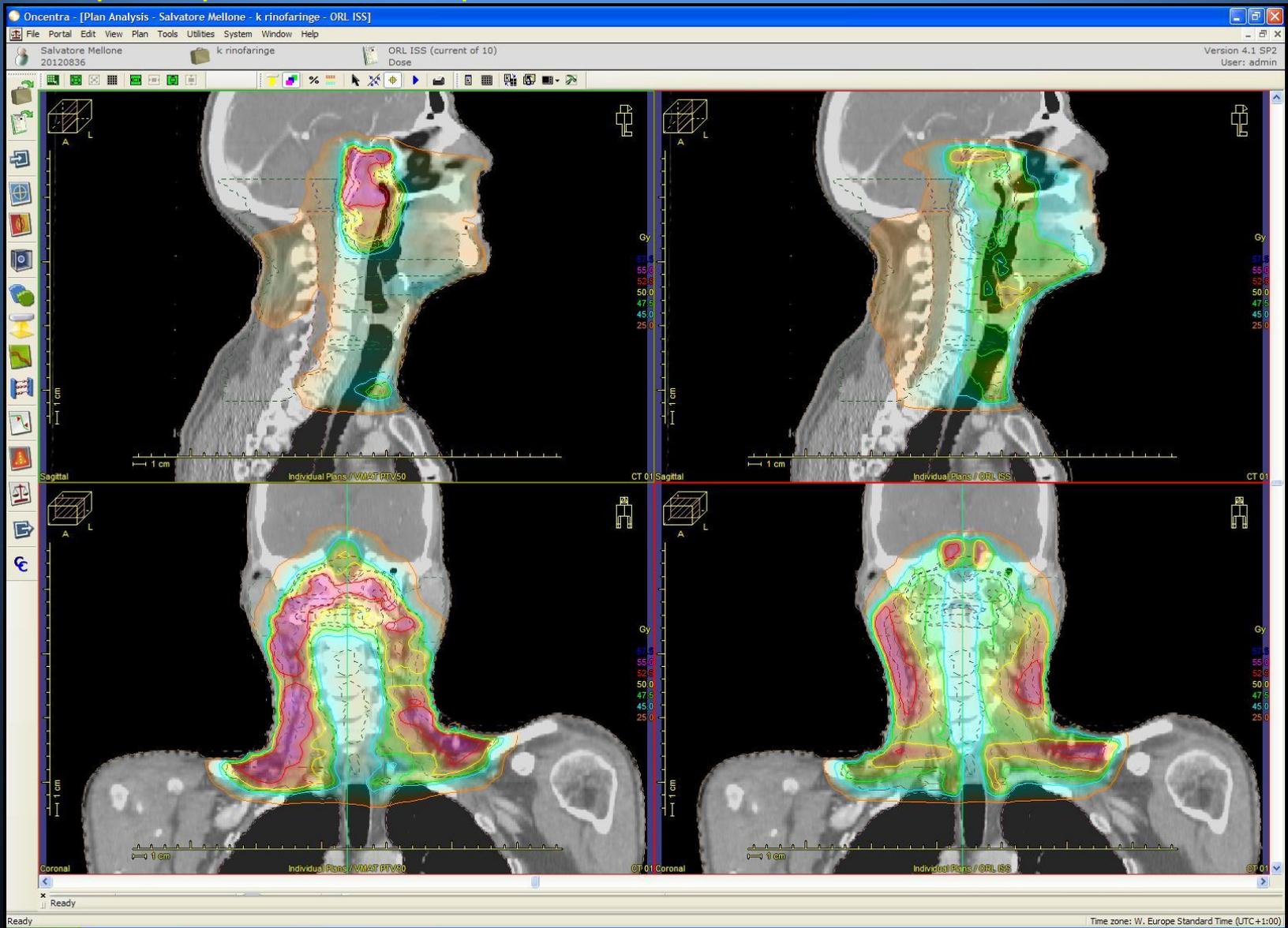
VMAT vs 3D-CRT

- Esempio di piano VMAT rispetto a 3DCRT



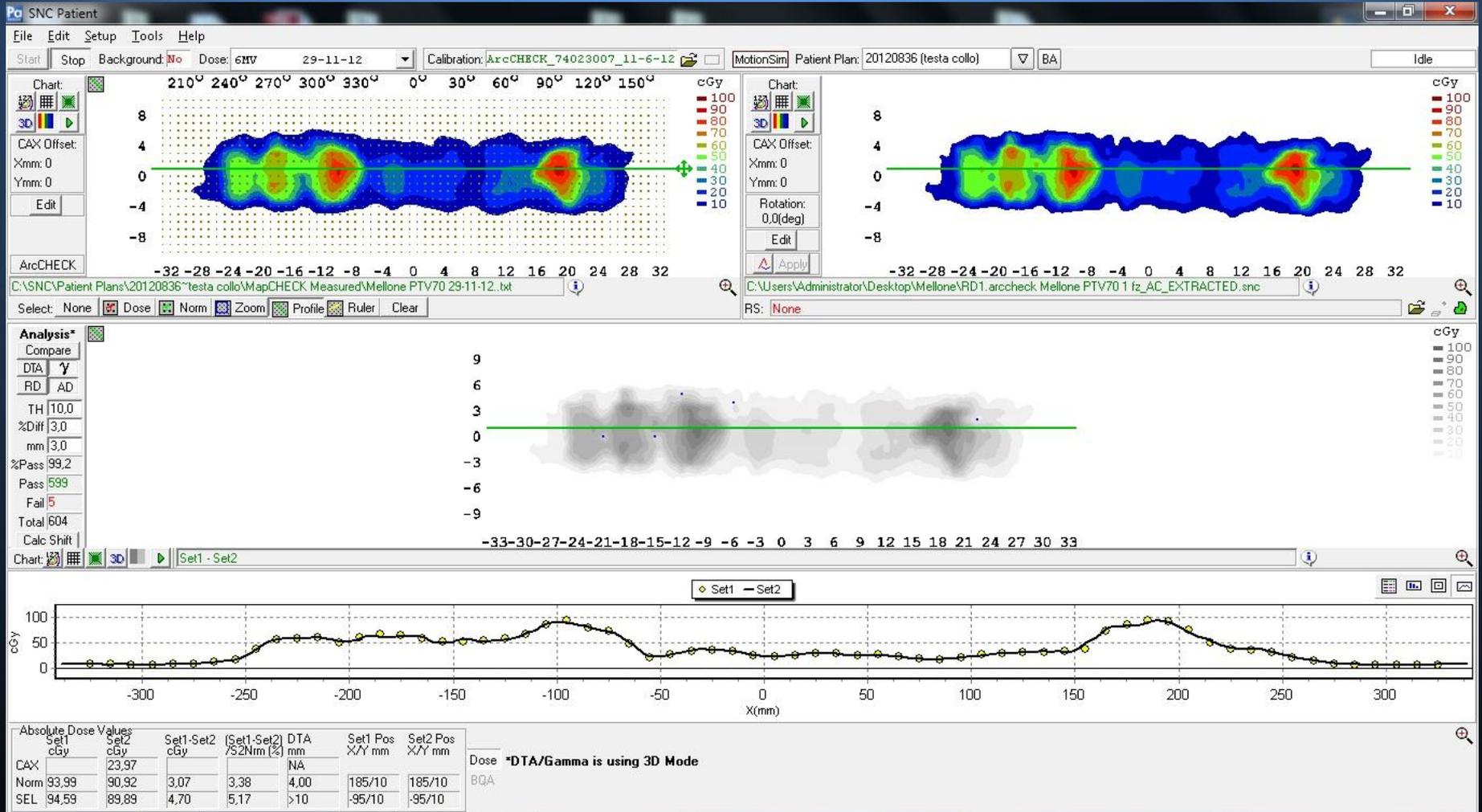
VMAT vs 3D-CRT

- Esempio di piano VMAT rispetto a 3DCRT



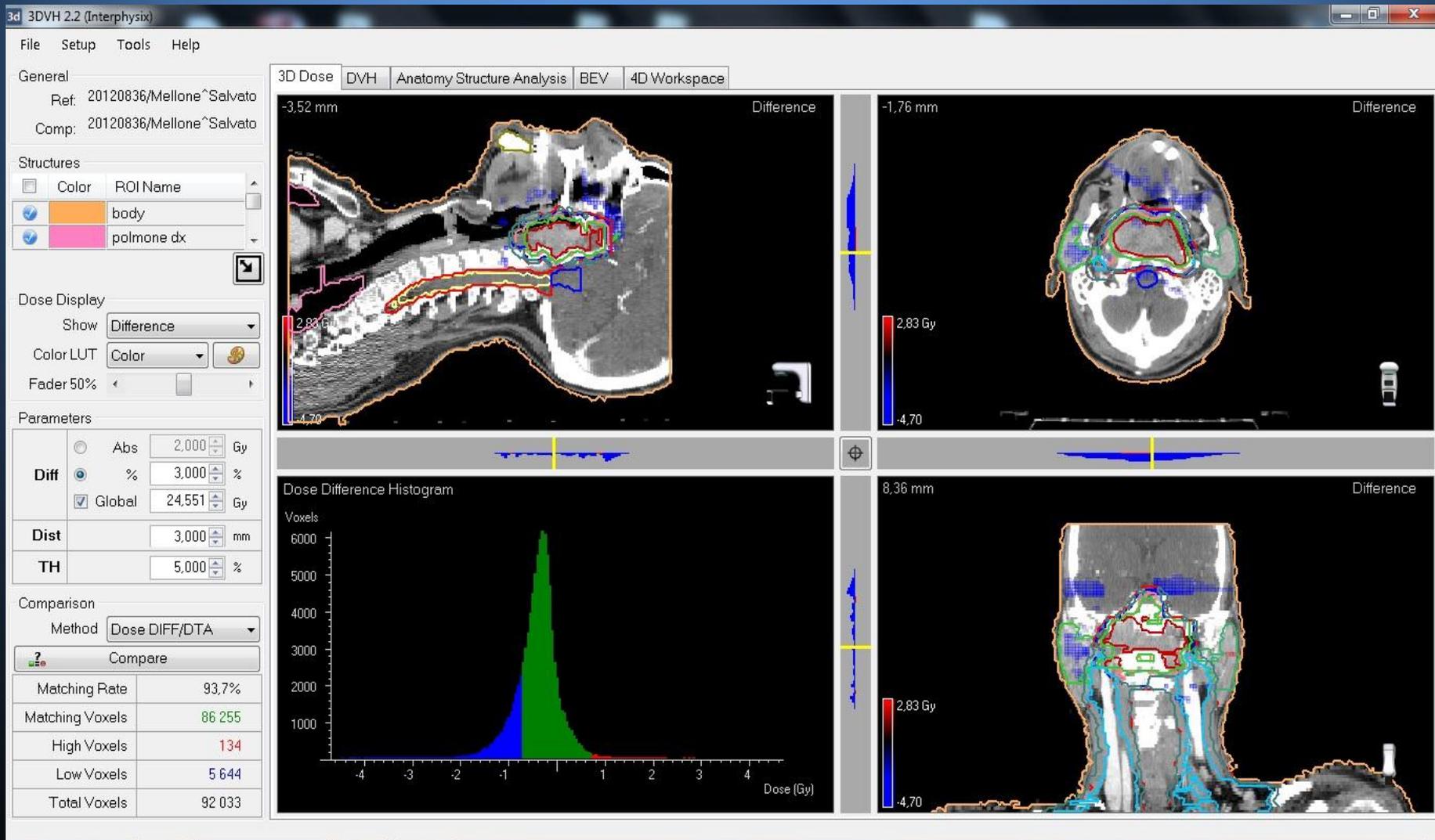
VERIFICA ARCCHECK

- Verifica dosimetrica di un Boost VMAT



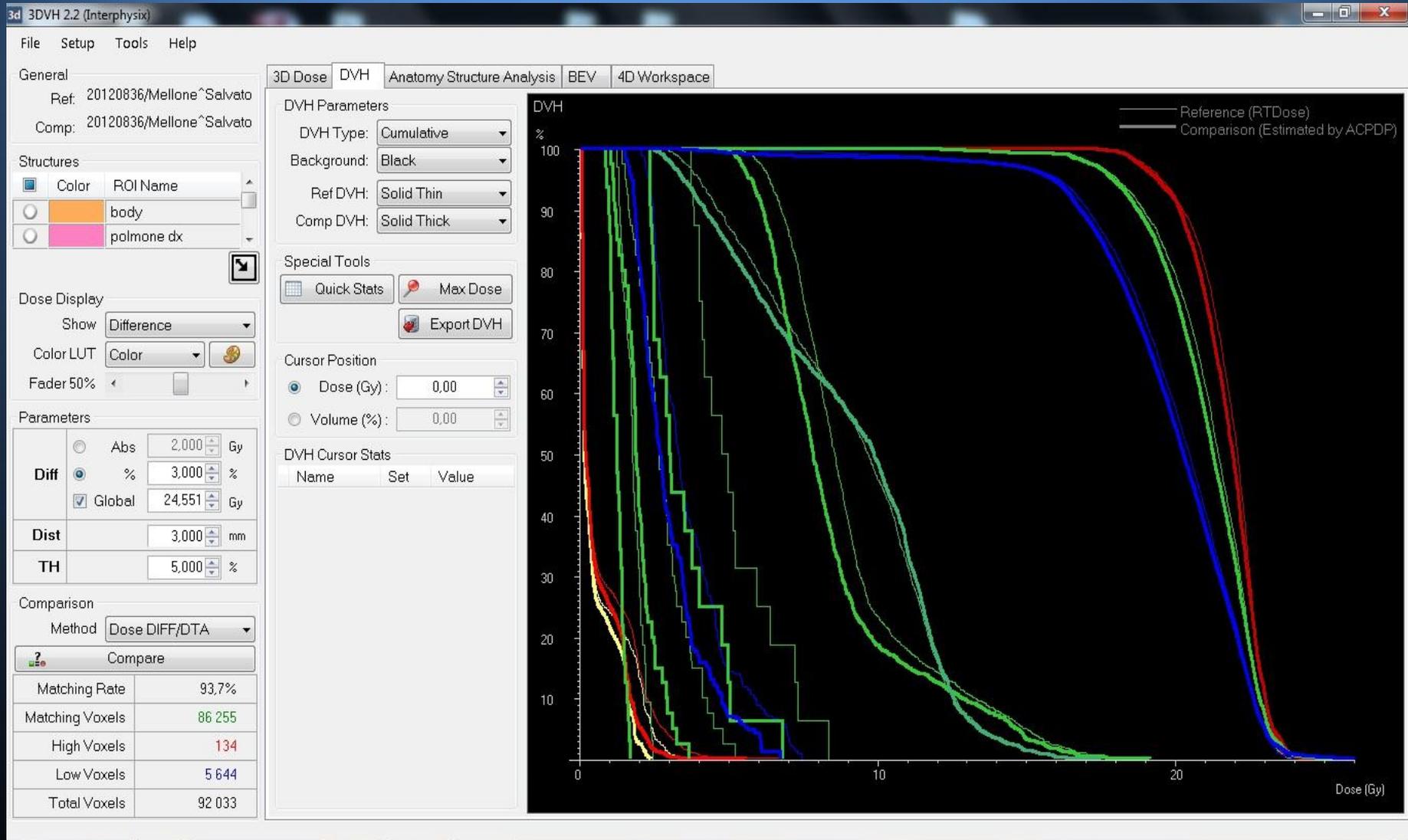
Analisi 3DVH

- Analisi con 3DVH con evidenza differenza dose tra il pianificato e realizzato



Analisi 3DVH

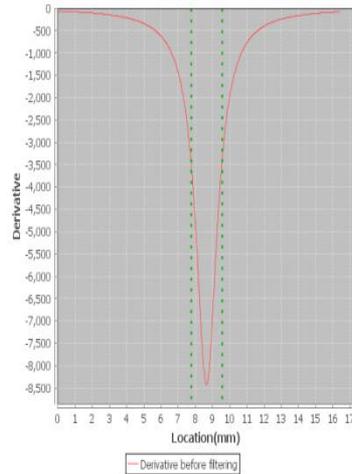
- Comparazione del DVH tra il calcolato e il misurato



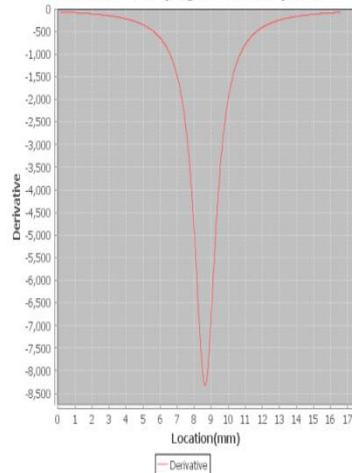
Sistema CQ EPID: QUALIFORMED

Spatial res. Edge

Horizontal - Derivative (angle =356.58°) X10

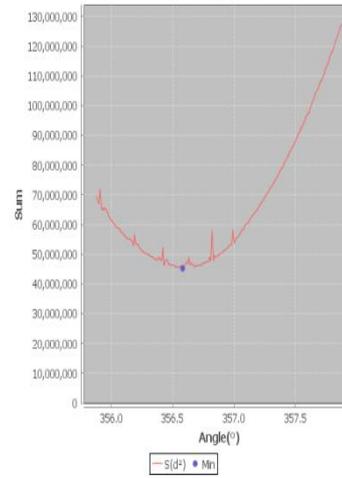


Horizontal - LSF (angle =356.58°) X10

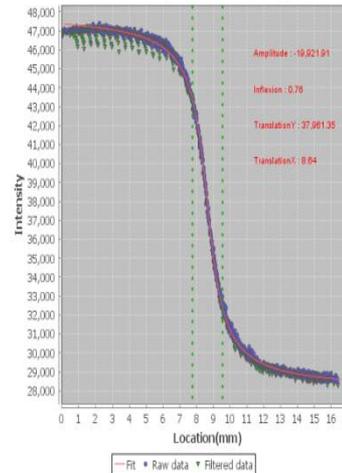


Spatial res. Edge

Horizontal - S(d²) X10

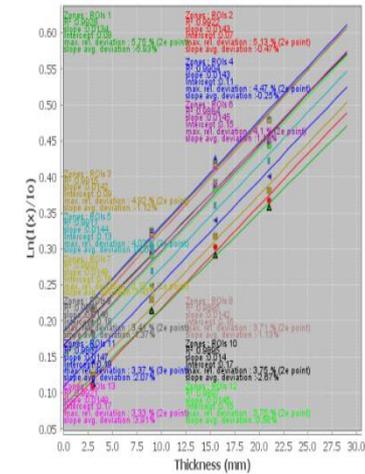


Horizontal - ESF (angle =356.58°) X10

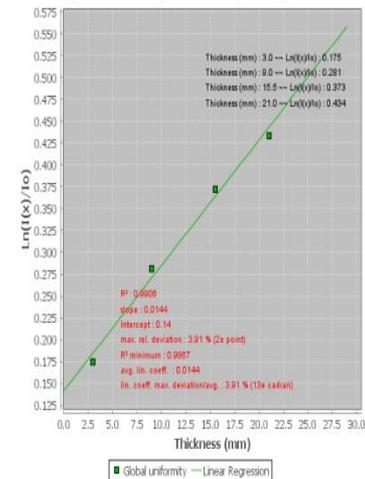


Uniformity of linearity

Signal linearity uniformity X18

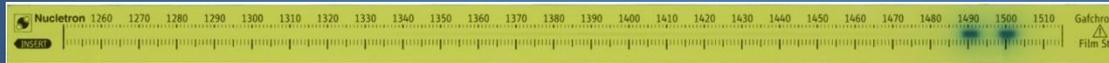


Signal linearity uniformity X18 global



Programmi 2013?

- VMAT a regime
- Attivazione BCT HDR con sistema Microselectron NUCLETRON (ELEKTA)
La fornitura di sistemi ha riguardato
 - ginecologica (sono stati già caratterizzati tutti gli applicatori)



- prostatica
- endocavitaria e endoluminare
- mammella
- pelle (applicatori valencia in fase di caratterizzazione)

*Gravie
dell'attenzione*

