

## ALLEGATO 3 C

### PROTOCOLLO PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE FUNZIONALI DI RADIOLOGIA - ORTOPANTOMOGRAFI DIGITALI COMBINATI 2D/3D COME BEAM



## INDICE

1	Oggetto e scopo .....	3
2	Oggetti test/phantom .....	3
3	Indicazioni preliminari .....	3
4	GBX (Consip spa) .....	4
	Caratteristiche generali e finalità dell'oggetto test .....	4
4.1	Struttura dell'oggetto test .....	4
4.1.1	Disco A.....	5
4.1.2	Disco B.....	5
4.1.3	Disco C.....	6
4.1.4	Disco D .....	7
4.1.5	Disco E.....	8
4.1.6	Disco di supporto e fissaggio .....	9
4.2	Appendice: Specifiche costruttive e materiali .....	11
4.2.1	Dischi A ed E .....	11
4.2.2	Disco B.....	12
4.2.3	Disco C.....	14
4.2.4	Disco di supporto e fissaggio .....	17
4.2.5	Standard jaw curve .....	18
5	Condizioni operative e phantom per l'esecuzione delle prove A, B, C e D .....	19
6	Acquisizione dell'immagine digitale.....	19
6.1.1	PROVA A – DISTORSIONE GEOMETRICA SUL PIANO ASSIALE.....	19
6.1.2	PROVA B – DISTORSIONE GEOMETRICA SUL PIANO TOMOGRAFICO .....	20
6.1.3	PROVA C – LINEARITÀ .....	20
6.1.4	PROVA D – UNIFORMITÀ .....	21
7	Oggetto test Sedentex CT .....	22
7.1	Caratteristiche generali e finalità dell'oggetto test.....	22
7.2	POSIZIONAMENTO DELL'OGGETTO TEST .....	24
8	Condizioni operative e phantom per l'esecuzione delle prove E, F, G e H .....	27
9	Acquisizione delle immagini digitali.....	28
9.1	Prova E - Risoluzione spaziale sul piano x-y.....	28
9.2	Prova F - Risoluzione spaziale sull'asse z .....	30
9.3	Prova G - Risoluzione contrasto-dettaglio .....	31
9.4	Prova H - Artefatti da inserti metallici.....	32



## 1 Oggetto e scopo

Il presente documento descrive le procedure di misura e le modalità di presentazione dei dati dei parametri funzionali delle apparecchiature per ortopantomografia Cone Beam CT.

## 2 Oggetti test/phantom

Per l'esecuzione ottimale delle misure descritte nel presente protocollo si farà uso dei seguenti oggetti test:

1. **GBX** (Consip S.p.A.);
2. **Sedentex CT**, prodotto dall'azienda Leeds Test Objects Ltd. ([www.leedstestobjects.com](http://www.leedstestobjects.com)).

## 3 Indicazioni preliminari

- L'apparecchiatura dovrà essere regolata da un tecnico nominato dal Fornitore, sotto la sua esclusiva responsabilità, secondo i parametri relativi alle condizioni operative previste;
- l'esposizione potrà essere attivata dal tecnico del fornitore dopo il posizionamento dell'oggetto test da parte del tecnico del laboratorio individuato da Consip S.p.A.;
- l'immagine prodotta durante la prova dovrà essere salvata in CD o DVD del fornitore concorrente in formato DICOM;
- all'interno del CD o DVD dovrà essere presente solo l'immagine della prova funzionale, in una cartella identificata con il nome dell'Azienda concorrente;
- l'elaborazione dei dati verrà effettuata dal tecnico del laboratorio individuato da Consip S.p.A.;
- le operazioni effettuate presso la sede indicata dal Fornitore sono limitate alla sola acquisizione dell'immagine. L'elaborazione dei dati da parte del laboratorio avverrà in separata sede.

L'esecuzione delle prove avverrà secondo le modalità di seguito indicate:

- l'acquisizione dell'immagine sarà eseguita solo ed esclusivamente in presenza di un tecnico incaricato del Fornitore concorrente;
- alle prove funzionali, peraltro, sarà consentito l'accesso di un solo tecnico incaricato dal concorrente sulla cui apparecchiatura devono essere compiute le prove;
- il tecnico nominato dal concorrente dovrà procedere personalmente alla regolazione dell'apparecchiatura secondo i parametri relativi alle condizioni operative previste;
- per l'elaborazione dei dati relativi alle prove A, B, C e D verrà utilizzata una sola immagine acquisita all'inizio delle prove;
- alle prove funzionali potranno essere presenti uno o più referenti Consip;



- le prove avverranno sul campione installato e funzionante presso la sede, indicata dal Fornitore nell'offerta tecnica, ubicata sul territorio italiano;
- il campione dovrà restare disponibile fino al termine delle procedure di gara cioè all'aggiudicazione definitiva.

Il laboratorio ha la facoltà di interrompere le prove limitatamente al tempo necessario per risolvere eventuali problematiche tecniche e/o logistiche che dovessero presentarsi durante l'esecuzione delle stesse.

Non sono ammesse registrazioni audio e video e non è ammesso l'uso dei telefoni cellulari.

Al termine delle prove il laboratorio concorderà con la Commissione la modalità di invio dei moduli predisposti (Allegato 3 C bis e Allegato 3 C ter) e compilati con la relativa documentazione allegata.

## **4 GBX (Consip spa)**

### **CARATTERISTICHE GENERALI E FINALITÀ DELL'OGGETTO TEST**

L'oggetto test per ortopantomografia digitale, nel seguito indicato per brevità "GBX", è concepito per la determinazione quantitativa dei principali parametri di qualità di immagine ritenuti significativi per la valutazione delle prestazioni di un sistema radiografico per esami dentali panoramici.

Le principali caratteristiche dell'oggetto test sono le seguenti:

- materiale di base composto da polimetilmetacrilato (PMMA);
- possibilità di utilizzo con parametri di esposizione sovrapponibili a quelli di uso clinico;
- geometria di tipo antropomorfo;
- struttura modulare, composta da elementi combinabili liberamente a seconda delle misure da eseguire.

Il materiale utilizzato come base dell'oggetto test è polimetilmetacrilato. Il valore tipico di assorbimento è pari a 120 HU +/- 10 HU.

#### **4.1 STRUTTURA DELL'OGGETTO TEST**

L'oggetto test è composto da sei dischi di PMMA del diametro di 180 mm e dello spessore di 10 mm. In ciascuno di questi dischi sono presenti degli alloggiamenti di caratteristiche, forma e dimensioni diverse, destinati ad accogliere inserti di varia natura e materiali diversi, finalizzati alla determinazione quantitativa di uno specifico parametro di qualità.

Un settimo disco, di dimensioni identiche ai precedenti, rappresenta un elemento di supporto dei dischi suddetti, nonché come elemento di fissaggio ad uno stativo regolabile per il corretto posizionamento dell'oggetto test stesso.

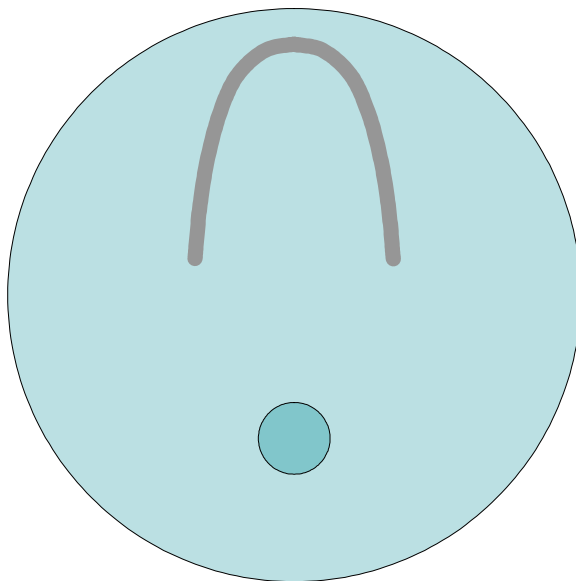
Nel seguito si riporta una descrizione delle caratteristiche di ciascun disco.



#### 4.1.1 Disco A

Su tale disco è ricavata una traccia in rame, di spessore pari a 0,1 mm, disposta lungo una “standard jaw curve”.

Tale traccia realizza un riferimento a quota costante sul piano assiale che, in combinazione con l’analogo riferimento presente sul disco E, consente di determinare eventuali distorsioni geometriche che si determinano sul piano tomografico a seguito del movimento coordinato tubo-detettore.



**Figura 1:** struttura schematica del Disco A



**Figura 2:** aspetto esteriore del disco

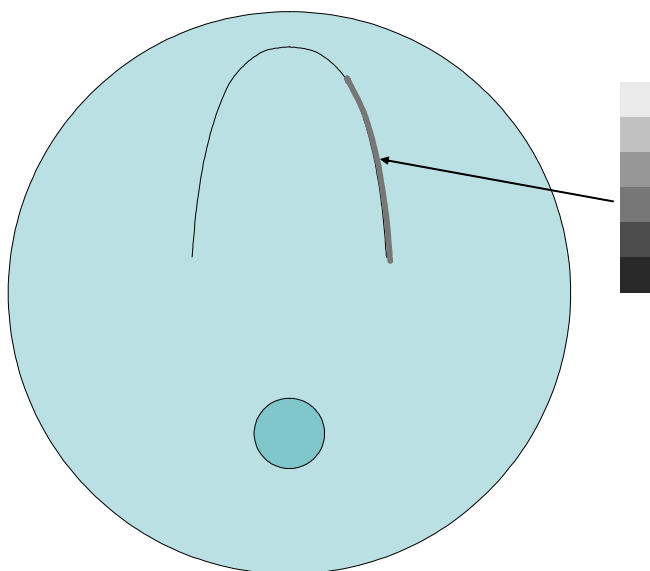
#### 4.1.2 Disco B

Su tale disco è inserita una scala di assorbimento calibrata realizzata con 6 elementi in rame di spessore variabile, ciascuno di dimensioni 10x10 mm. Tali elementi sono disposti sul piano tomografico, lungo la “standard jaw curve”.



Gli spessori degli elementi sono i seguenti: 0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm, 0.5 mm, 0.6 mm.

Con tale scala calibrata di assorbimento è possibile determinare quantitativamente le caratteristiche di linearità di esposizione del sistema ortopantomografico.



**Figura 3:** struttura schematica del Disco B



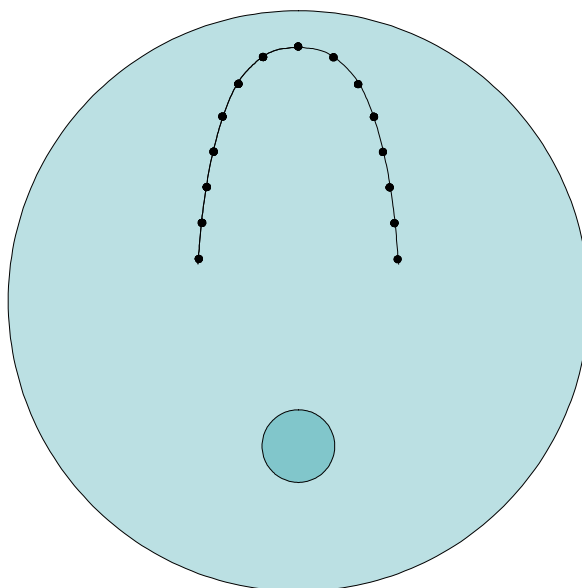
**Figura 4:** aspetto esteriore del disco

#### **4.1.3 Disco C**

Su tale disco sono posizionati 15 inserti lineari (“rods”) in acciaio, di lunghezza pari a 10mm e diametro 0.4 mm.

Gli inserti sono disposti sul piano tomografico, lungo la “standard jaw curve”, a distanza costante di 10 mm l’uno dall’altro.

Tali inserti consentono di determinare le eventuali distorsioni di immagine generate sul piano assiale dal movimento coordinato tubo-detettore.



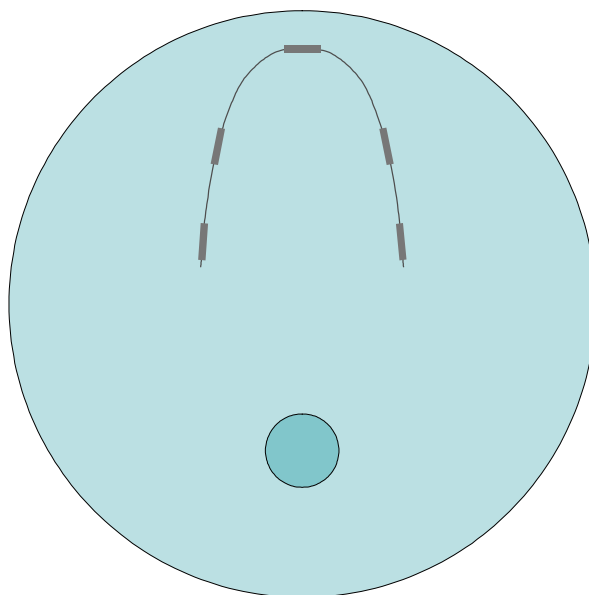
*Figura 5: struttura schematica del Disco C*



*Figura 6: aspetto esterno del disco*

#### **4.1.4 Disco D**

Su tale disco sono posizionati 5 inserti calibrati di assorbimento, realizzati con elementi in rame di spessore pari a 0.3 mm, ciascuno di dimensioni 10x10 mm. Tali elementi sono disposti sul piano tomografico, lungo la “*standard jaw curve*”. Con tali elementi calibrati di assorbimento è possibile determinare quantitativamente le caratteristiche di uniformità di esposizione del sistema ortopantomografico.



*Figura 7: struttura schematica del Disco D*

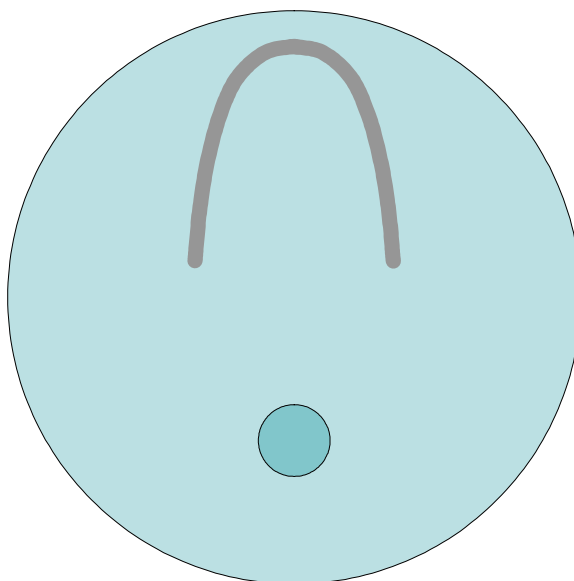


*Figura 8: aspetto esterno del disco*

#### **4.1.5 Disco E**

Tale disco è identico al disco A.





**Figura 9:** struttura schematica del Disco E



**Figura 10:** aspetto esteriore del disco

#### **4.1.6 Disco di supporto e fissaggio**

Questo disco ha la finalità di supportare i dischi A - F in precedenza descritti e di consentirne il fissaggio al treppiede regolabile per il corretto posizionamento dell'oggetto test.



*Figura 11: disco di supporto e fissaggio*



*Figura 12: l'oggetto test assemblato e fissato al supporto*

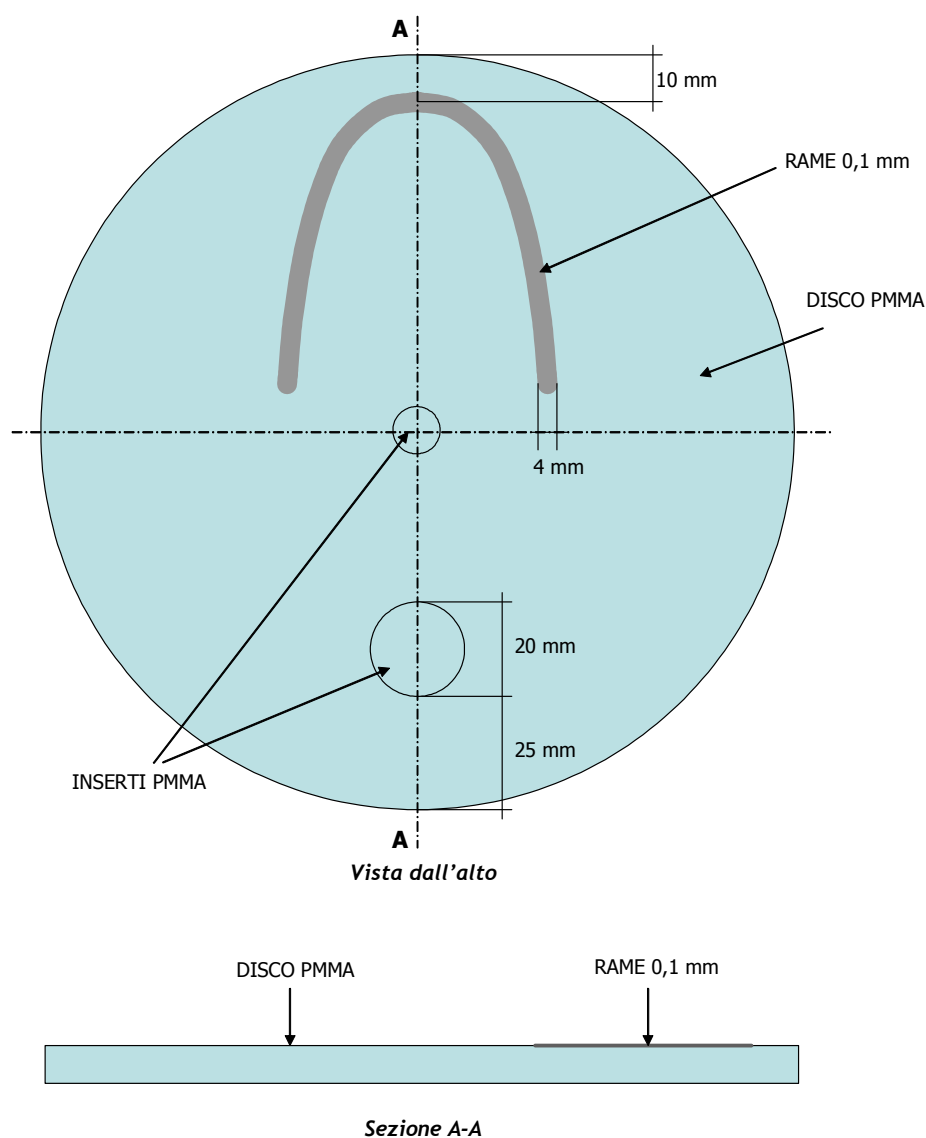


## 4.2 APPENDICE: SPECIFICHE COSTRUTTIVE E MATERIALI

### 4.2.1 Dischi A ed E

#### Materiali:

- disco di PMMA, diametro 180 mm, spessore di 10 mm
- inserti di PMMA, diametro 10 mm e 20 mm, spessore 10 mm
- foglio in rame, spessore 0,1 mm

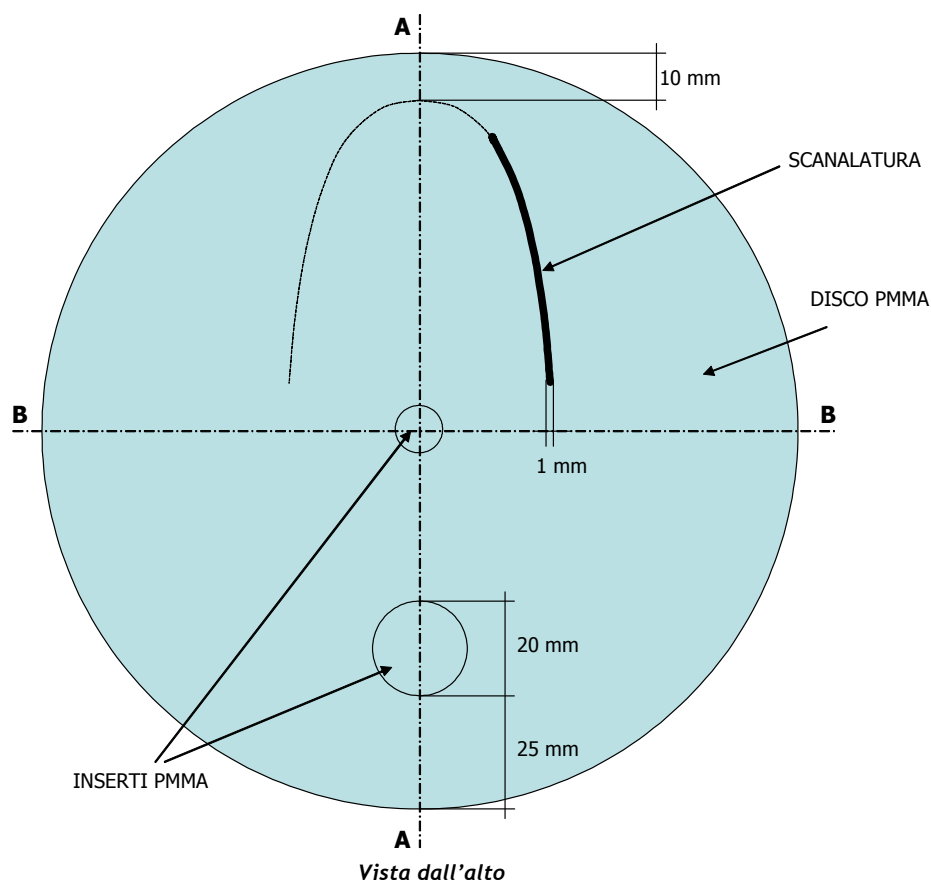


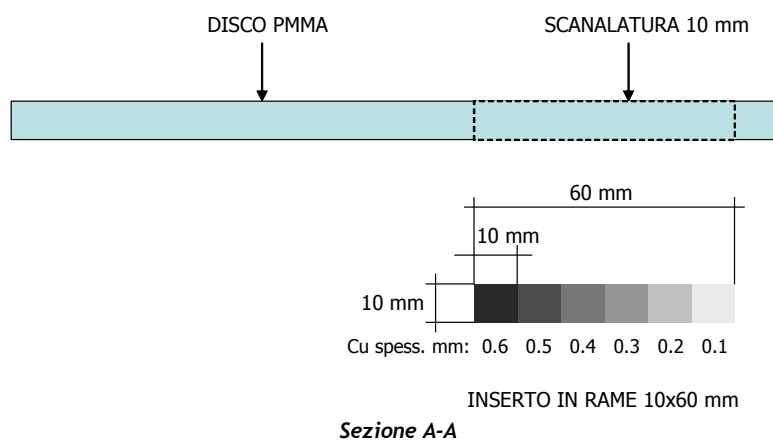


#### 4.2.2 Disco B

Materiali:

- disco di PMMA, diametro 180 mm, spessore di 10 mm
- inserti di PMMA, diametro 10 mm e 20 mm, spessore 10 mm
- foglio in rame, spessore 0,1- 0,6 mm



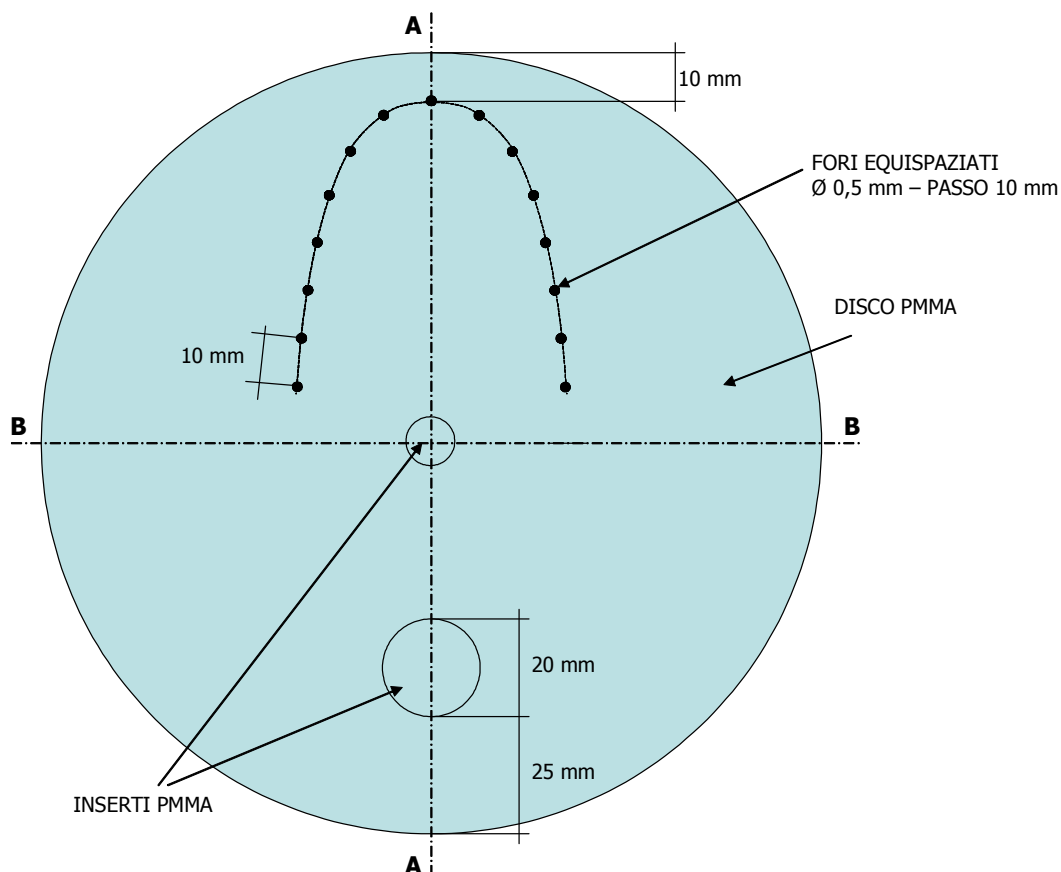




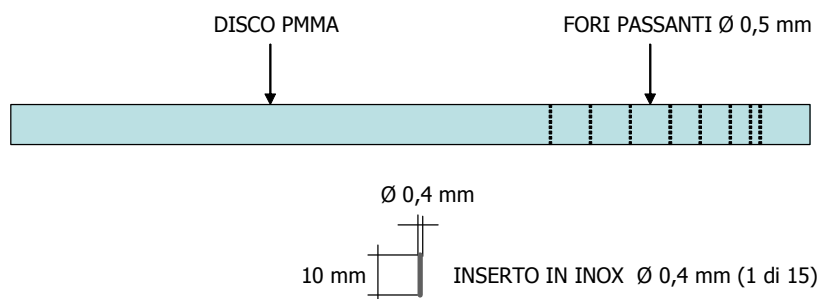
#### 4.2.3 Disco C

##### Materiali:

- disco di PMMA, diametro 180 mm, spessore di 10 mm
- inserti di PMMA, diametro 10 mm e 20 mm, spessore 10 mm
- spine cilindriche in acciaio inox, diametro 0,4 mm, lunghezza 10 mm



*Vista dall'alto*



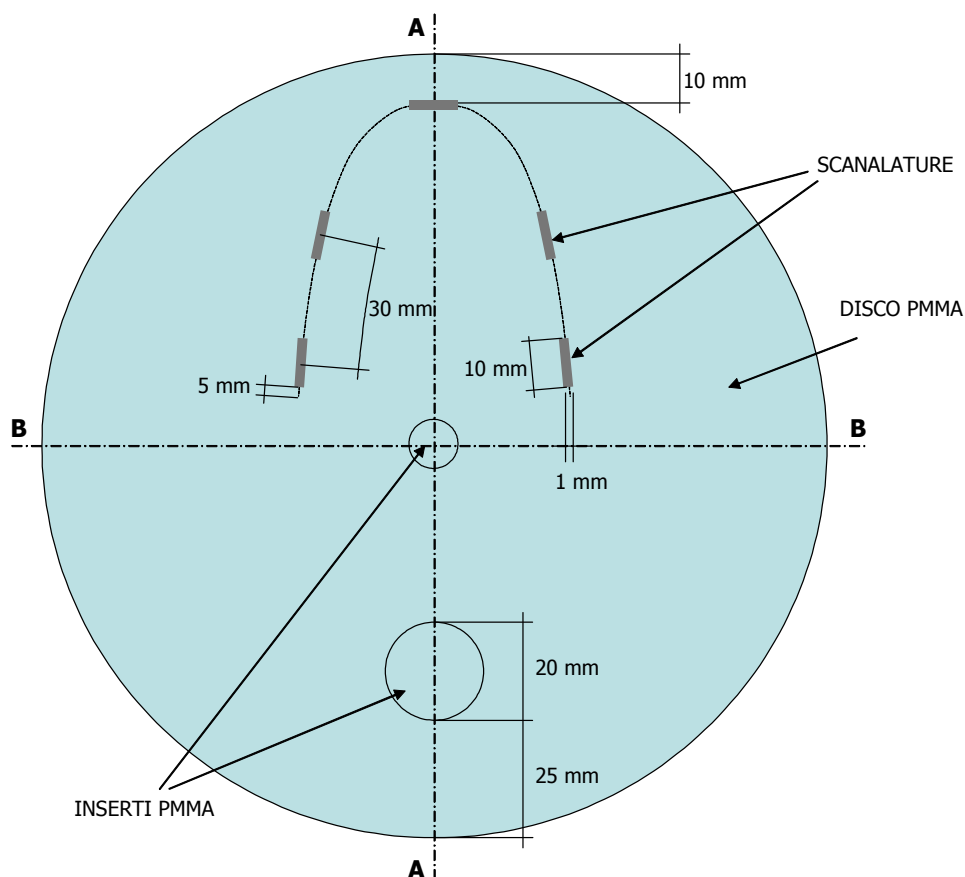
*Sezione A-A*



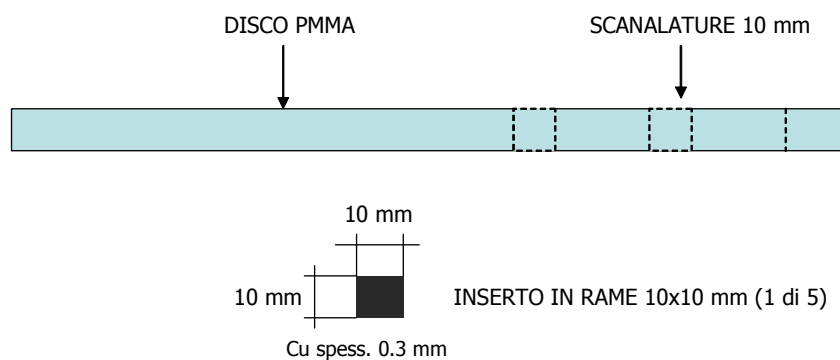
## Disco D

### Materiali:

- disco di PMMA, diametro 180 mm, spessore di 10 mm
- inserti di PMMA, diametro 10 mm e 20 mm, spessore 10 mm
- foglio in rame, spessore 0,3 mm



*Vista dall'alto*





*Sezione A-A*

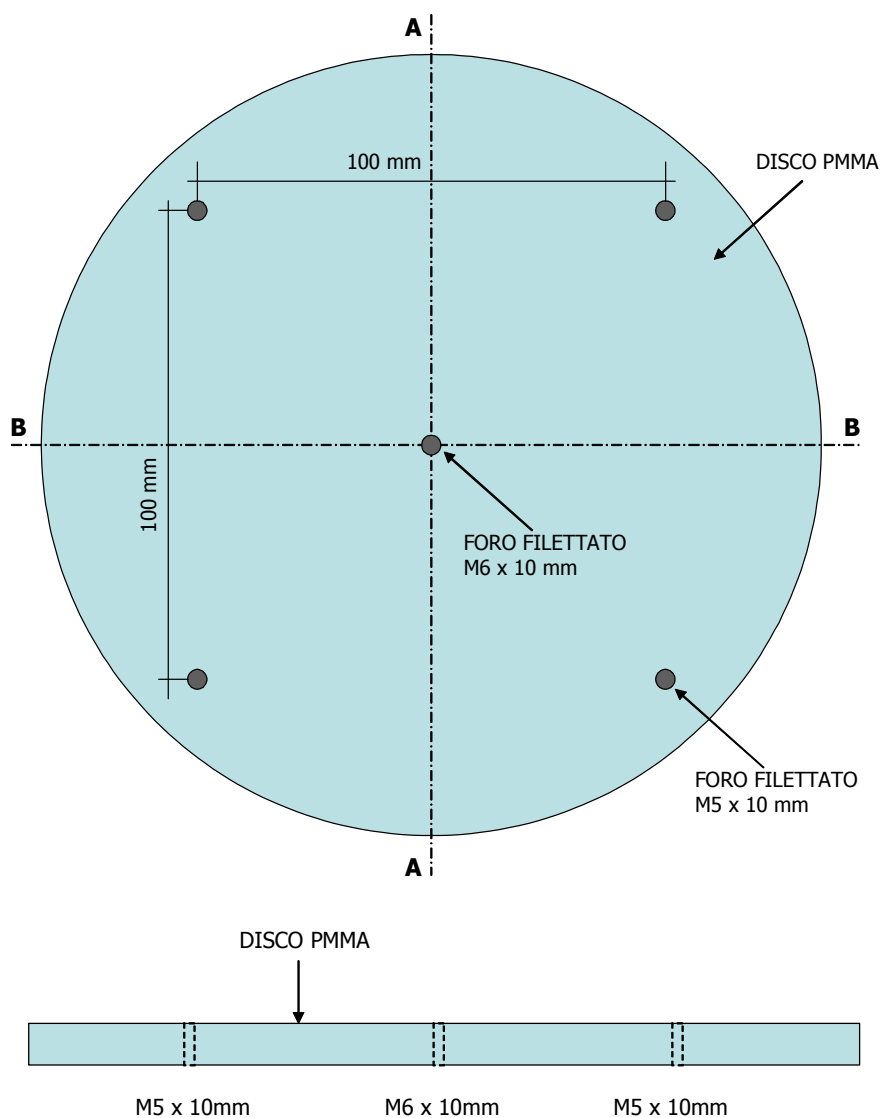




#### 4.2.4 Disco di supporto e fissaggio

Materiali:

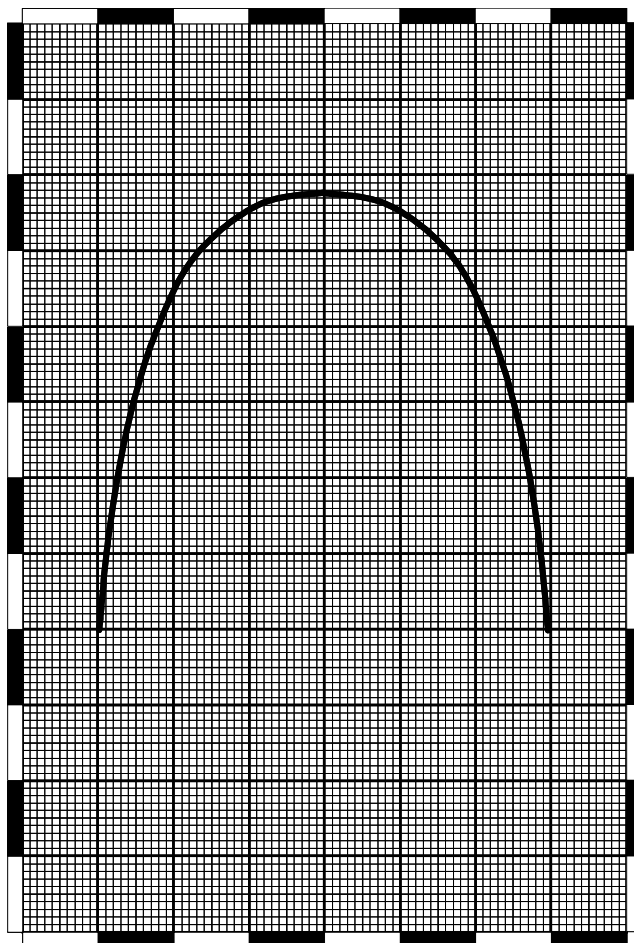
- disco di PMMA, diametro 180 mm, spessore di 10 mm





#### 4.2.5 *Standard jaw curve*

La curva jaw da utilizzare nella realizzazione dell'oggetto test è riportata nella figura seguente.



*Standard jaw curve*



## 5 Condizioni operative e phantom per l'esecuzione delle prove A, B, C e D

Si riportano di seguito l'elenco delle prove e le relative condizioni operative per l'acquisizione dell'immagine. Si precisa che le condizioni operative impostate sull'apparecchiatura devono essere alla minima esposizione disponibile (mA), compatibilmente con gli intervalli di tolleranza sottoriportati.

PROVE		Phantom	Condizioni operative
A	Distorsione geometrica sul piano assiale	GBX	<b>73 kV <math>\pm</math> 3 kV</b> <b>14 mA <math>\pm</math> 4 mA</b>
B	Distorsione geometrica sul piano tomografico	GBX	
C	Linearità	GBX	
D	Uniformità	GBX	

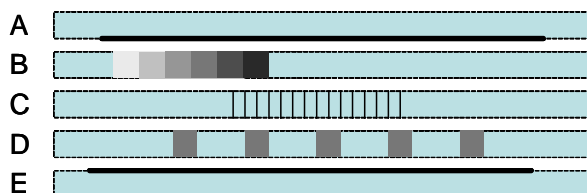
## 6 Acquisizione dell'immagine digitale

### A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative previste

### A cura del tecnico del laboratorio:

Acquisire un'immagine con l'oggetto test predisposto con la seguente configurazione delle sezioni dall'alto verso il basso:



### Documentazione

N. 1 immagine digitale

Il file di immagine così acquisito andrà salvato su un CD/DVD identificato come di seguito: Nome azienda; ad esempio: azienda POLO.

Possibilmente il file di immagine dovrà essere denominato attraverso il nome dell'azienda; ad esempio: Immagine\_nome azienda. Il CD/DVD sarà firmato dal tecnico del fornitore e dal tecnico del laboratorio.

### 6.1.1 PROVA A - DISTORSIONE GEOMETRICA SUL PIANO ASSIALE

#### Elaborazione dei dati (a cura del laboratorio)



Sulla sezione C misurare la distanza in pixel tra ciascun inserto ed il successivo. Individuare il valore minimo  $D_{\min}$  e il valore massimo  $D_{\max}$  tra quelli misurati.

**Dati**

Calcolare il valore di distorsione DA con la seguente formula:

$$DA = D_{\min} / D_{\max}$$

**Documentazione**

Elaborazione dell'immagine contenente i valori misurati.

### 6.1.2 PROVA B - DISTORSIONE GEOMETRICA SUL PIANO TOMOGRAFICO

Elaborazione dei dati (a cura del laboratorio)

Eeguire N° tre misurazioni tra le sezioni A ed E:

- $M_1$  distanza verticale tra le due linee di riferimento misurata in corrispondenza del punto di simmetria centrale dell'oggetto test
- $M_2$  e  $M_3$  distanza verticale tra le due linee di riferimento misurata in corrispondenza del punto estremo destro e sinistro

Individuare il valore minimo  $M_{\min}$  e il valore massimo  $M_{\max}$  tra quelli misurati.

**Dati**

$$DT = M_{\min} / M_{\max}$$

**Documentazione**

Elaborazione dell'immagine contenente i valori misurati.

### 6.1.3 PROVA C - LINEARITÀ

Elaborazione dei dati (a cura del laboratorio)

Calcolare il valore medio dei livelli di grigio su sei ROI ( $LGM_i$ ) ciascuna di dimensioni massime contenute all'interno di ciascun inserto di assorbimento della sezione B .

**Dati**

$$\Delta_{LG} = (LGM_6 - LGM_1) / 5$$

Dove:

$LGM_1$  = livello di grigio dell'inserto di minimo assorbimento

$LGM_6$  = livello di grigio dell'inserto di massimo assorbimento

Calcolare:

$$LGT_1 = LGM_1$$

$$\text{Per } 2 \leq i \leq 6 : LGT_i = LGT_{i-1} + \Delta_{LG}$$

Calcolare:

$$CL_i = 1 - \text{ABS} [(LGM_i - LGT_i) / LGT_i]$$

$$CL = \text{MIN} (CL_i)$$

**Documentazione**

Elaborazione dell'immagine contenente i valori misurati.

**6.1.4 PROVA D - UNIFORMITÀ**

**Elaborazione dei dati** (a cura del laboratorio)

Calcolare il valore medio dei livelli di grigio ( $LG_1$ ,  $LG_2$ ,  $LG_3$ ,  $LG_4$ ,  $LG_5$ ) in n° 5 ROI ciascuna di dimensioni massime poste all'interno degli inserti della sezione D.

**Dati**

Individuare il valore minimo  $LG_{\min}$  ed il valore massimo  $LG_{\max}$  tra  $LG_1$ ,  $LG_2$ ,  $LG_3$ ,  $LG_4$ ,  $LG_5$

$$IU = 1 - (LG_{\max} - LG_{\min}) / LG_{\max}$$

**Documentazione**

Elaborazione dell'immagine contenente i valori misurati



## 7 Oggetto test Sedentex CT

### 7.1 Caratteristiche generali e finalità dell'oggetto test

L'oggetto test Sedentex CT è progettato per l'impiego su apparecchiature diagnostiche digitali del tipo Cone Beam.

L'oggetto è stato sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca comunitario "Safety and Efficacy of a New and Emerging Dental X-ray Modality" con la collaborazione di numerosi istituti di ricerca europei.

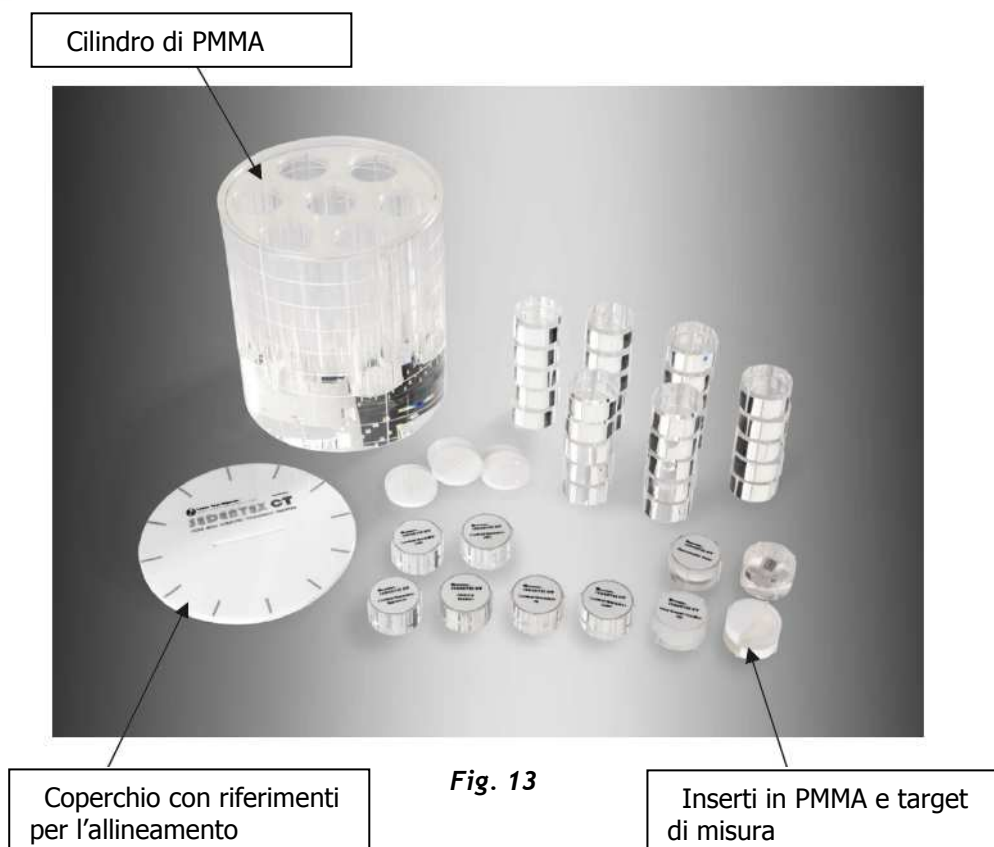
L'oggetto test è composto da una struttura cilindrica in materiale acrilico PMMA, del diametro di 160 mm ed altezza di 176mm, dotato di 7 fori assiali di diametro 35mm atti a contenere inserti di varia tipologia e struttura interna, finalizzati alla misura di vari parametri qualitativi del sistema CBCT.

Con riferimento alla Fig. 13, l'oggetto test si compone dei seguenti elementi:

1. Cilindro di PMMA, dotato di fori assiali, atto a contenere gli inserti
2. Coperchio con riferimenti per il posizionamento dell'oggetto test
3. Inserti delle seguenti tipologie:
  - a) PMMA (inserto di riempimento, omogeneo)
  - b) SR-XY (Risoluzione Spaziale - XY)
  - c) SR-Z (Risoluzione Spaziale - Z)
  - d) CR-AL (Risoluzione di Contrasto - Alluminio)
  - e) CR-PTFE (Risoluzione di Contrasto - PTFE)
  - f) CR-DEL (Risoluzione di Contrasto - Delrin)
  - g) CR-LDPE (Risoluzione di Contrasto - LDPE)
  - h) CR-AIR (Risoluzione di Contrasto - aria)
  - i) Artefatti (Titanio)
  - j) LSF (Line Spread Function)
  - k) PSF (Point Spread Function)
  - l) Valore del pixel

Per le finalità del presente protocollo, vengono acquisite immagini relative esclusivamente agli inserti di tipologia a), b), c), d), e), f), g), h), i).

Per la descrizione dettagliata della struttura di ciascun inserto, fare riferimento al manuale d'uso dell'oggetto test.



**Fig. 13**

In ciascuno dei 7 fori assiali, gli inserti possono essere posizionati su 6 differenti livelli, onde realizzare diverse configurazioni di test per l'esecuzione di prove di varia natura. Con riferimento alla Fig 14, si definiscono pertanto  $7 \times 6 = 42$  posizioni diverse per la disposizione degli inserti. Nel presente protocollo, tali posizioni vengono individuate dalla coppia "Xn", dove:

- X: identificativo del foro assiale (A, B, ..., G)
- n: identificativo del livello (1, 2, ..., 6)

Ad esempio, la sigla A2 individua la posizione corrispondente al secondo livello del foro A.

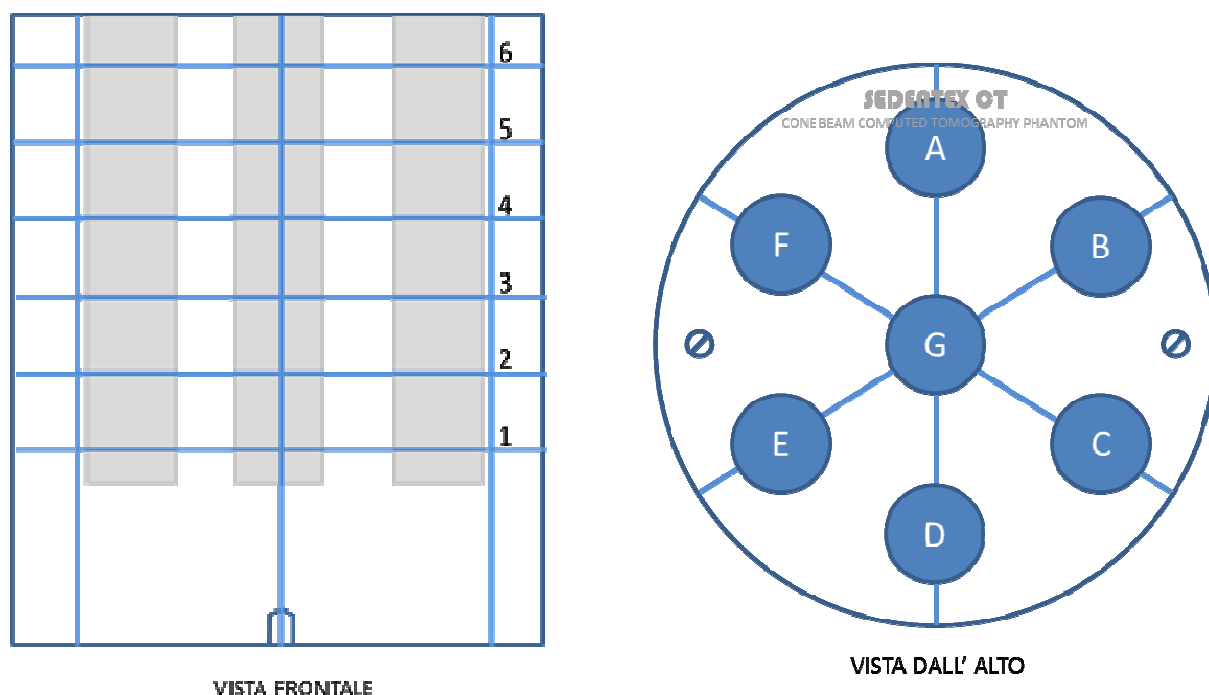


Fig. 14

## 7.2 POSIZIONAMENTO DELL'OGGETTO TEST

L'oggetto test è dotato, nella sua parte inferiore, di un foro filettato, per il fissaggio dello stesso ad un treppiede regolabile. Il treppiede consente il posizionamento dell'oggetto test, nella posizione normalmente occupata dalla testa del paziente, nella maggior parte delle apparecchiature. Nel caso in cui l'utilizzo del treppiede si rivelasse problematico, è eventualmente possibile utilizzare il piano di supporto dell'oggetto di QA solitamente in dotazione dell'apparecchiatura CBCT, appoggiando l'oggetto test su di esso.

Qualunque sia il metodo di posizionamento adottato, è di primaria importanza che, durante l'esecuzione delle prove, l'oggetto test sia in posizione perfettamente orizzontale. A tale scopo, è possibile verificarne il corretto posizionamento con la livella a bolla in dotazione all'oggetto test.

Per l'esecuzione delle prove, si selezionerà un'altezza del volume di scansione (lungo l'asse cranio-caudale) non inferiore a 4 cm, al fine di contenere completamente al proprio interno l'inserto in posizione A1 (vedi Fig. 15).

Soddisfatto tale requisito, per l'ottenimento dei migliori risultati è consigliabile l'adozione di un FOV di acquisizione di dimensioni ridotte (le minime impostabili al di sopra del suddetto limite), centrato sull'inserto in posizione A1.

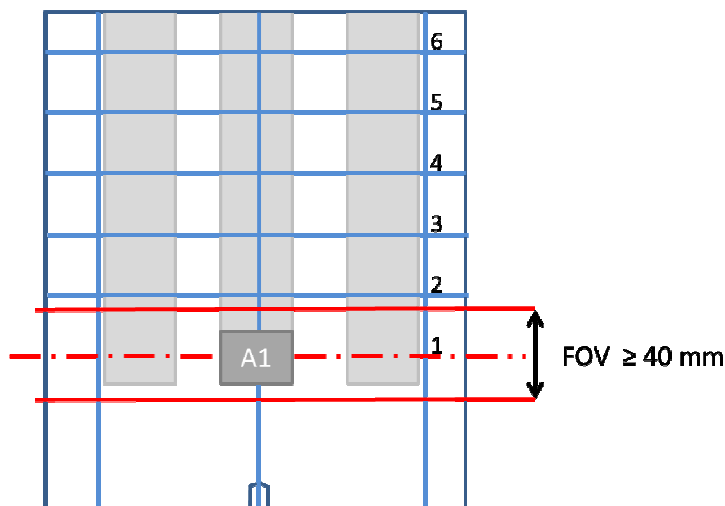
L'oggetto test verrà posizionato sull'apparecchiatura in maniera tale da simulare una scansione dentale, con la colonna A disposta anteriormente, nella posizione normalmente occupata dalla parte anteriore dell'arcata dentaria. (a tal fine, può rendersi necessaria la rimozione dall'apparecchiatura degli accessori normalmente utilizzati per l'immobilizzazione del paziente).

La linea di riferimento orizzontale, corrispondente all'inserto da visualizzare e tracciata sulla superficie esterna dell'oggetto test, verrà assunta come posizione di riferimento del piano mediano di scansione, corrispondente alla posizione normalmente occupata dalla superficie di contatto delle arcate dentarie.



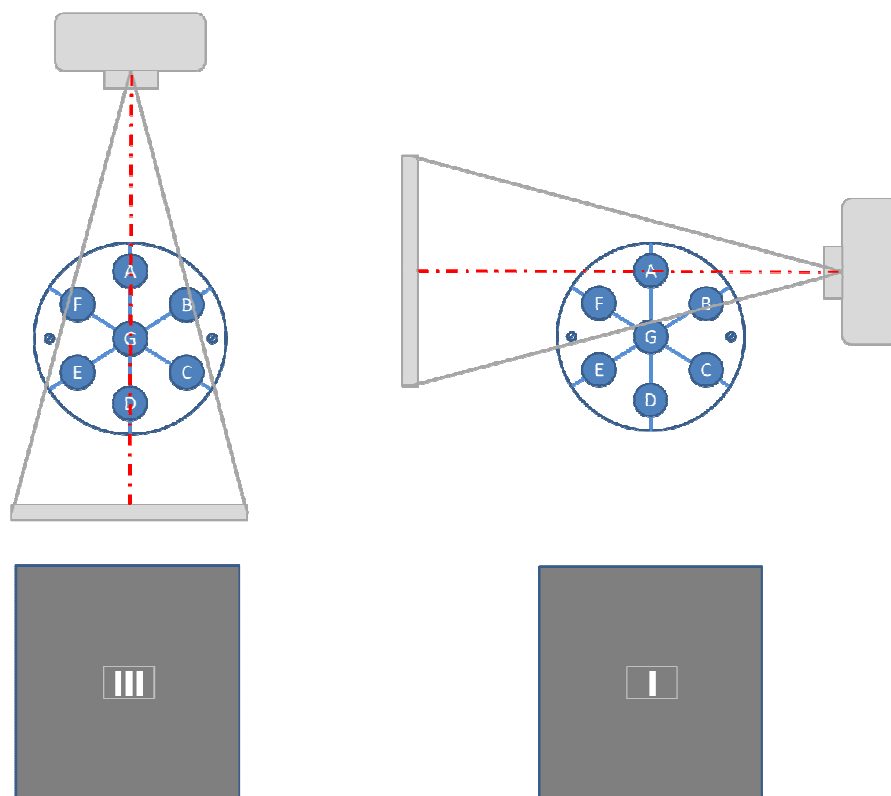


Nella Fig. 15 viene mostrato, a titolo di esempio, il posizionamento del piano mediano di scansione per la corretta visualizzazione dell'inserto situato nella posizione A1.



**Fig. 15**

Come aiuto al posizionamento ottimale nelle direzioni antero-posteriore e latero-laterale, si suggerisce di inserire l'inserto "Artefatti" nella posizione A1 e di acquisire due proiezioni AP e LL, posizionando l'oggetto test in maniera tale che gli inserti in titanio vengano visualizzati al centro delle due proiezioni (vedi Fig. 16).





**Fig. 16**



Per quanto riguarda l'area di ricostruzione dell'immagine tomografica, essa dovrà essere centrata sull'inserto in posizione A1 ed avere dimensioni non inferiori a 50x50 mm (se rettangolare) o 50 mm di diametro (se circolare). Soddisfatto tale requisito, per l'ottenimento dei migliori risultati è consigliabile l'adozione di un'area di ricostruzione di dimensioni ridotte (le minime selezionabili al disopra del suddetto limite, vedi Fig. 17).

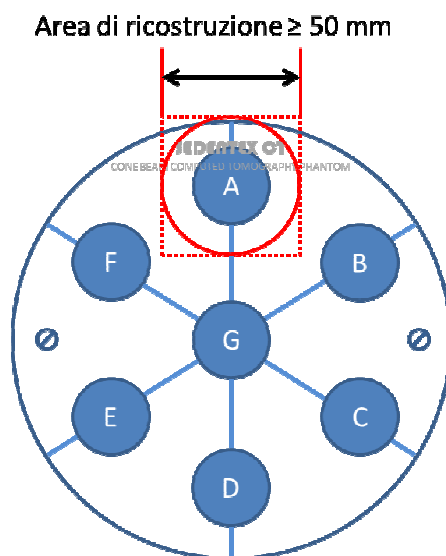


Fig. 17

## 8 Condizioni operative e phantom per l'esecuzione delle prove E, F, G e H

Si riportano di seguito l'elenco delle prove e le relative condizioni operative per l'acquisizione dell'immagine.

PROVE		Phantom	Condizioni operative
E	Risoluzione spaziale sul piano x-y	Sedentex CT	– Acquisizione tomografica CBCT  – FOV come in precedenza definito.  – mAs ≤ 60
F	Risoluzione spaziale sull'asse z	Sedentex CT	
G	Risoluzione contrasto-dettaglio	Sedentex CT	
H	Artefatti da inserti metallici	Sedentex CT	



## 9 Acquisizione delle immagini digitali

### A cura del tecnico del laboratorio:

Acquisire le immagini, secondo quanto specificato nei paragrafi seguenti, con l'oggetto test predisposto con la configurazione degli inserti indicata nella Tabella 1. La posizione A1 (TEST) è quella occupata, di volta in volta, dall'inserto previsto per l'esecuzione della specifica misura, come dettagliato nelle descrizioni operative più avanti riportate.

	A	B	C	D	E	F	G
1	TEST	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA
2	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA
3	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA
4	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA
5	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto
6	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto

*Tab. 1: Predisposizione dell'oggetto test per l'esecuzione delle misure.*

### A cura del tecnico del fornitore:

Impostare le condizioni operative previste.

### 9.1 PROVA E - RISOLUZIONE SPAZIALE SUL PIANO X-Y

#### Acquisizione immagini:

1. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST:
  - SR-XY (Risoluzione Spaziale - XY), posizionato lungo la direzione antero-posteriore (AP)
2. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST:
  - SR-XY (Risoluzione Spaziale - XY), posizionato lungo la direzione latero-laterale (LL)

#### Elaborazione dei dati (a cura del laboratorio):

Per ciascuna immagine:

- Acquisire tre profili dei valori dei pixel su tre segmenti posizionati lungo l'asse dell'inserto di risoluzione, rispettivamente al centro e nelle posizioni intermedie fra il centro ed il bordo (vedi figura 18).
- Al fine di minimizzare gli effetti del rumore, calcolare il profilo medio, come media dei tre profili acquisiti
- Sul profilo medio calcolato, determinare il gruppo di massima risoluzione nel quale la differenza tra ciascun valore massimo ed il successivo valore minimo della curva risulta pari o superiore al 10% del valore massimo (ovvero:  $(MAX-MIN) / MAX \geq 0,10$ ). Il gruppo si intende risolto se tale condizione risulta verificata per tutte e tre le coppie MAX-MIN che compongono il gruppo stesso (vedi figura 19).



- Annotare il valore di risoluzione corrispondente al gruppo di massima risoluzione individuato (1, 2, 3, 4, o 5 pl/mm). Nel caso in cui nessun gruppo soddisfi il criterio definito al punto precedente, tale valore sarà posto uguale a zero.

Dati:

Calcolare il valore di risoluzione sul piano x-y come segue:  $R_{xy} = (R_x + R_y) / 2$

Dove:

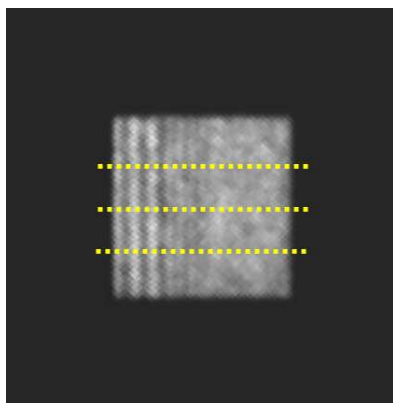
- $R_x$ : valore di risoluzione misurato sull'immagine ad orientamento AP
- $R_y$ : valore di risoluzione misurato sull'immagine ad orientamento LL

Calcolare il fattore normalizzato di risoluzione xy come segue:

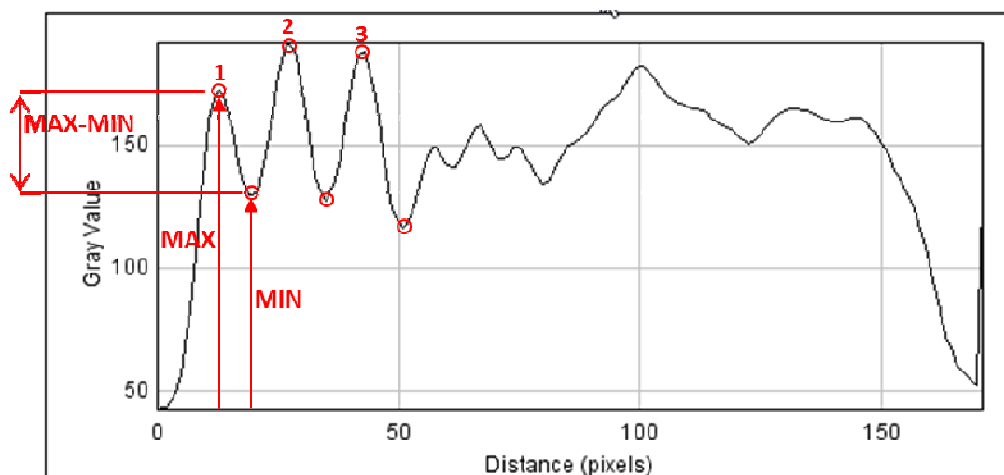
$$RN_{xy} = R_{xy} / 5$$

Documentazione:

Elaborazione dell'immagine contenente i valori misurati.



**Fig. 18:** Posizionamento dei segmenti per l'ottenimento dei profili dei livelli dei pixel.



**Fig. 19:** Media dei tre profili acquisiti e determinazione dei valori minimi e massimi (l'esempio si riferisce al primo gruppo di risoluzione da 1 pl/mm).



## 9.2 PROVA F - RISOLUZIONE SPAZIALE SULL'ASSE Z

### Acquisizione immagini:

1. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST:
  - SR-Z (Risoluzione Spaziale - Z)

### Elaborazione dei dati (a cura del laboratorio):

Sull'immagine acquisita:

- Acquisire tre profili dei valori dei pixel su tre segmenti posizionati lungo l'asse dell'inserto di risoluzione, rispettivamente al centro e nelle posizioni intermedie fra il centro ed il bordo (vedi figura 18).
- Al fine di minimizzare gli effetti del rumore, calcolare il profilo medio, come media dei tre profili acquisiti
- Sul profilo medio calcolato, determinare il gruppo di massima risoluzione nel quale la differenza tra ciascun valore massimo ed il successivo valore minimo della curva risulta pari o superiore al 10% del valore massimo (ovvero:  $(MAX-MIN) / MAX \geq 0,10$ ). Il gruppo si intende risolto se tale condizione risulta verificata per tutte e tre le coppie MAX-MIN che compongono il gruppo stesso (vedi figura 19).
- Annotare il valore di risoluzione corrispondente al gruppo di massima risoluzione individuato (1, 2, 3, 4, o 5 pl/mm). Nel caso in cui nessun gruppo soddisfi il criterio definito al punto precedente, tale valore sarà posto uguale a zero.

### Dati:

Calcolare il fattore normalizzato di risoluzione z come segue:

$$RN_z = Rz / 5$$

### Documentazione:

Elaborazione dell'immagine contenente il valore misurato.



### 9.3 PROVA G - RISOLUZIONE CONTRASTO-DETTAGLIO

#### Acquisizione immagini:

1. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST:
  - CR-AL (Risoluzione di Contrasto - Alluminio)
2. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST:
  - CR-PTFE (Risoluzione di Contrasto - PTFE)
3. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST:
  - CR-DEL (Risoluzione di Contrasto - Delrin)
4. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST:
  - CR-LDPE (Risoluzione di Contrasto - LDPE)
5. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST:
  - CR-AIR (Risoluzione di Contrasto - aria)

#### Elaborazione dei dati (a cura del laboratorio):

Per ciascuna immagine:

- Posizionare cinque ROI circolari centrate sui cinque elementi contrasto/dettaglio, aventi diametro pari al diametro degli elementi stessi (rispettivamente 1, 2, 3, 4, 5 mm), e determinare per ciascuna di esse il valore medio dei livelli dei pixel  $VM_i$  (vedi figura 20).
- Posizionare una ROI circolare di diametro 5 mm al centro dell'inserto e determinare il valore medio dei livelli dei pixel al suo interno  $VM_{ref}$
- Per ciascuno dei cinque elementi, calcolare il rapporto  $|VM_i - VM_{ref}| / VM_{ref}$
- Determinare l'elemento di minime dimensioni per il quale il rapporto sopra definito, in valore assoluto, risulta maggiore o uguale a 0,10 (differenza di contrasto rispetto al background superiore al 10%) ed annotarne la dimensione (1, 2, 3, 4, o 5 mm)

#### Dati:

Calcolare il valore di risoluzione sul piano x-y come segue:

$$CR = (0,05 / CR-AL) + (0,2 / CR-PTFE) + (0,5 / CR-DEL) + (0,2 / CR-LDPE) + (0,05 / CR-AIR)$$

Dove:

CR-AL, CR-PTFE, CR-DEL, CR-LDPE, CR-AIR: dimensioni dei minimi elementi con contrasto rispetto al background superiore al 10%, come determinate, per ciascun inserto, nella fase di elaborazione dei dati

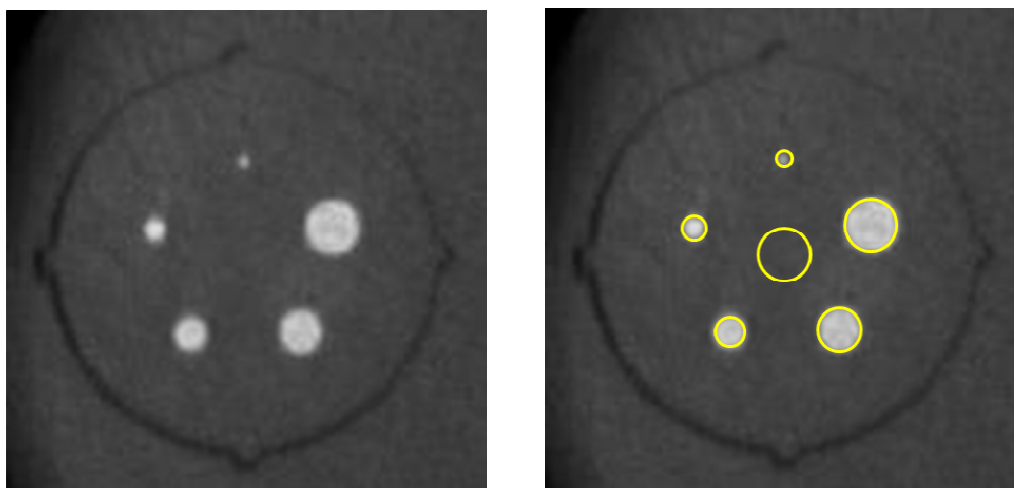
#### **NOTA:**

Nel caso in cui, per un dato inserto, nessun elemento risultasse visibile, il corrispondente fattore nella sommatoria sopra riportata verrà posto uguale a zero. Ad esempio: nel caso in cui nessun elemento degli inserti CR-PTFE, CR-DEL, CR-LDPE risultasse visibile, la sommatoria diventa:  $CR = (0,05 / CR-AL) + (0,05 / CR-AIR)$



Documentazione:

Elaborazione delle immagini contenenti i valori misurati.



*Fig. 20: Immagine di uno degli inserti per la risoluzione di contrasto e posizionamento delle sei ROI.*

#### 9.4 PROVA H - ARTEFATTI DA INSERTI METALLICI

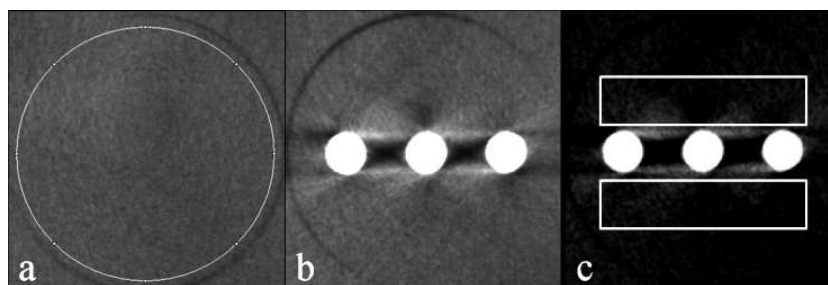
Acquisizione immagini:

1. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST, con i tre elementi in titanio in esso contenuti orientati lungo la direzione latero-laterale (LL):
  - Artefatti (Titanio)
2. Acquisire un'immagine con il seguente inserto nella posizione TEST:
  - PMMA

Elaborazione dei dati (a cura del laboratorio):

- Sull'immagine acquisita con l'inserto PMMA, calcolare ed annotare il valore  $MVV_{PMMA}$  come media dei valori dei pixel su una ROI circolare di massime dimensioni contenuta all'interno dell'inserto (vedi Fig. 21-a).
- Sottrarre il valore  $MVV_{PMMA}$  ai valori dei pixel dell'immagine acquisita con l'inserto "Artefatti".
- Sull'immagine sottratta, selezionare due ROI rettangolari, di dimensioni massime, contenute all'interno dell'inserto "Artefatti" ma tali da non includere gli elementi in Titanio (vedi Fig. 21-c).
- Determinare ed annotare il valore  $MVV_{ART}$  come media dei valori dei pixel all'interno della ROI rettangolare di cui al punto precedente.





**Fig. 21: Fasi di analisi del target “Artefatti”:**  
**a) immagine PMMA, b) immagine target, c) ROI sull’immagine sottratta.**

**Dati:**

Calcolare il valore di intensità degli artefatti come segue:

$$IA = MVV_{PMMA} / ( MVV_{ART} + MVV_{PMMA} )$$

**Documentazione:**

Elaborazione delle immagini contenenti i valori misurati.