

**ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**Rappresentante Nazionale:** G. CUTTONE

Struttura di appartenenza: LNS

Posizione nell'I.N.F.N.: I RIC.

Ricercatore responsabile locale: **Cuttone Giacomo****INFORMAZIONI GENERALI**

<b>Linea di ricerca</b>	RIVELATORI
<b>Laboratorio ove si raccolgono i dati</b>	L.N.S., LNL , Sez. Fi., ISS, Dip. Fisiopat.. Clinica Univ. Fi. , Univ. Cattolica Roma
<b>Sigla dello esperimento assegnata dal Laboratorio</b>	CANDIDO
<b>Acceleratore usato</b>	TANDEM e C.S. LNS
<b>Fascio (sigla e caratteristiche)</b>	Protoni 30 - 70 MeV elettroni 22 MeV
<b>Processo fisico studiato</b>	Studio delle proprietà fisico-chimiche del diamante per la dosimetria clinica con fasci di protoni.
<b>Apparato strumentale utilizzato</b>	
<b>Sezioni partecipanti all'esperimento</b>	LNS,LNL, Sez. FI, Gruppo coll. Sanità
<b>Istituzioni esterne all'Ente partecipanti</b>	
<b>Durata esperimento</b>	3 anni

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO**
**2001**
**In ML**

VOCI DI SPESA	DESCRIZIONE DELLA SPESA					IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale	
						Parziali	Totale Compet.		
Viaggi e missioni	Interno	Contatti scientifici all'interno dell'esperimento					10	<b>10</b>	
	Estero	Partecipazione a congresso e visita PSI					10	<b>10</b>	
Materiale Consumo	Diamanti commerciali on-line .					4	<b>14</b>		
	Materiale di consumo per elettronica					10			
Trasp.e facch.									
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro				
Affitti e manutenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile	Elettronica di lettura dosimetro on-line 16-32 canali					40	<b>40</b>		
Costruzione Apparati									
<b>Totale</b>							<b>74</b>		
Note:									

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

**Struttura**

L.N.S.

**ALLEGATO MODELLO EC 2**

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE**  
**PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO**

**In ML**

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	10	10	14				40		74
<b>TOTALI</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>14</b>				<b>40</b>		<b>74</b>

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

**Mod. EC. 3**

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**PREVENTIVO GLOBALE PER L'ANNO 2001****In ML**

Struttura	A CARICO DELL' I.N.F.N.									A carico di altri Enti
	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp. e Facch.	Spese Calc.	Affitti e Manut. Appar.	Mater. inventar.	Costruz. appar.	TOTALE Compet.	
FIRENZE	12	20	40				35		<b>107</b>	<b>0</b>
L.N.L.	7	8	30						<b>45</b>	<b>0</b>
L.N.S.	10	10	14				40		<b>74</b>	<b>0</b>
ROMA1	10	10	18						<b>38</b>	<b>0</b>
<b>TOTALI</b>	<b>39</b>	<b>48</b>	<b>102</b>				<b>75</b>		<b>264</b>	<b>0</b>

NB. La colonna **A carico di altri Enti** deve essere compilata **obbligatoriamente**

Note:

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**A) ATTIVITA' SVOLTA NELL'ANNO 2000**

vedi relazione allegata  
[http://Insammpc2.Ins.infn.it/preventivi2001/LNS\\_allegati/candidoduemila.pdf](http://Insammpc2.Ins.infn.it/preventivi2001/LNS_allegati/candidoduemila.pdf)

**B) ATTIVITA' PREVISTA PER L'ANNO 2001**

vedi relazione allegata  
[http://Insammpc2.Ins.infn.it/preventivi2001/LNS\\_allegati/candidoduemila.pdf](http://Insammpc2.Ins.infn.it/preventivi2001/LNS_allegati/candidoduemila.pdf)

**C) FINANZIAMENTI GLOBALI AVUTI NEGLI ANNI PRECEDENTI**

In ML

Anno Finanziario	Missioni interno	Missioni estero	Materiale di consumo	Trasp. e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e Manut. Apparec.	Materiale inventar.	Costruz. apparati	TOTALE
1999	23	16	73				51	4	<b>167</b>
2000	25	16	88				30		<b>159</b>
<b>TOTALE</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>161</b>				<b>81</b>	<b>4</b>	<b>326</b>

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

## PREVISIONE DI SPESA

### Piano finanziario globale di spesa

**In ML**

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Materiale di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	39	48	102				75		<b>264</b>
<b>TOTALI</b>	<b>39</b>	<b>48</b>	<b>102</b>				<b>75</b>		<b>264</b>

Note:



Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)**

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Denaro Letizia Relatore	<input type="radio"/> SI	<input checked="" type="radio"/> NO	Dosimetri con camere a diamante naturale
Valastro Lucia Relatore	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	Studio risposta materiali termoluminescenti in fasci di protoni
Arcidiacono Cristiana Relatore	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	Studio della risposta termoluminescente in fasci di elettroni
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	

Denominazione	mesi-uomo	<b>SERVIZI TECNICI</b> Annotazioni

**INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)**

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA
De Beers	Diamanti sintetici CVD

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
L.N.S.

<b>REFEREES DEL PROGETTO</b>	
Cognome e Nome	Argomento

<b>MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001</b>	
Data completamento	Descrizione
30 giugno 2001	caratterizzazione dosimetrica on-line diamante CVD in fasci di convenzionali
31 dicembre 2001	caratterizzazione dosimetrica on-line diamante CVD in fasci di protoni

<b>COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE</b>

<b>LEADERSHIPS NEL PROGETTO</b>	
Cognome e Nome	Funzioni svolte

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>LAUREATI</b>		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Laurea in		
<b>DOTTORI di RICERCA</b>		
Dott in		
<b>PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI</b>		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo
S. Sciortino	Characterization of CVD Diamond Dosimeters in on-line configuration	SAMBA- Siegen (D)
: Bruzzi	Characterization of CVD Diamond films as radiation detectors for dosimetric applications	IEEE 99-Seattle (USA)

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

**SIGNIFICATIVE VARIAZIONI DI BILANCIO**

Capitolo	Variazione (ML)	Motivazione
Missioni Interne	.....	
Missioni Estere	.....	
Consumo	.....	
Trasporti e Facchinaggio	.....	
Spese Calcolo	.....	
Affitti e Manutenzioni	.....	
Materiale Inventariabile	.....	
Costruzione Apparati	.....	
Totale storni	.....	

**CONFERENZE, WORKSHOP e SCUOLE ORGANIZZATE in ITALIA**

Data	Titolo	Luogo

**SIGNIFICATIVE COMMESSE E RELATIVO IMPORTO**

ANAGRAFICA FORNITORE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA	IMPORTO (ML)

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>MILESTONES RAGGIUNTE</b>	
<b>Data completamento</b>	<b>Descrizione</b>
31 dicembre 1999	caratterizzazione materiale. studio risposta dosimetrica TSC. Studio risposta diamante naturale
30 giugno 2000	caratterizzazione materiale. Studio risposta TL. Primi studi risposta on-line
<b>Commento al conseguimento delle milestones</b>	

<b>SVILUPPO DI STRUMENTAZIONE INNOVATIVA</b>

<b>Ricadute su altri gruppi, sul sistema industriale e su altre discipline</b>
Dosimetria clinica in radioterapia con fasci esterni.

Codice	Esperimento	Gruppo
1216	Candido	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.S.</b>

**Elenco delle pubblicazioni anno 1999/2000**

Vd relazione

## CANDIDO

Il progetto CANDIDO è stato approvato dalla commissione nazionale scientifica V dell'INFN per il triennio 99-01 come collaborazione fra LNS, LNL, sezione di Firenze e gruppo collegato di Sanità. CANDIDO ha come obiettivo lo studio delle proprietà fisico-chimiche e dosimetriche di rivelatori a diamante sintetici cresciuti con tecniche di tipo CVD (Chemical Vapour Deposition). Lo studio dosimetrico viene compiuto sia impiegando tecniche di misura on-line che off-line in termoluminescenza (TL) e corrente termicamente stimolata (TSC). I risultati ottenuti fino a giugno 2000 sono di seguito riportati.

Sono stati acquisiti dai LNS e dalla sezione di Firenze campioni di diamanti cresciuti in CVD delle dimensioni di 5 x 5 x 0.3 mm prodotti dalla DeBeers. Le metallizzazioni per i contatti sono state realizzate presso la DRUKKER.

Presso la sezione di Firenze (Dipartimento di Energetica DEF) è stato realizzato un nuovo sistema di sintesi progettato per produrre film di diamante con alta purezza composizionale e bassa densità di difetti strutturali. E' attualmente in corso l'ottimizzazione del processo CVD al fine di ottenere prototipi di dosimetri prodotti all'interno della collaborazione. Il sistema di deposizione sviluppato in CANDIDO è innovativo rispetto al primo sistema sviluppato presso la sezione di Firenze e realizzato nell'ambito dell'esperimento IDDD, e presenta le seguenti novità: il sistema è stato realizzato per alto vuoto, dotato di flussimetri in grado di controllare piccole percentuali (0.1 %) di metano in idrogeno, dotato di un alimentatore stabilizzato in grado di trasferire alla scarica una potenza dell'ordine di 7-8 kW. Per quanto riguarda la prima innovazione, essa è resa necessaria dal fatto che la realizzazione di film di alta purezza richiede una estrema pulizia della camera di deposizione. Il sistema è progettato e realizzato in modo da poter procedere ad uno stadio, preparatorio alla deposizione, di riscaldamento (150 C) delle pareti della camera di deposizione in condizioni di alto vuoto, realizzate da una pompa turbomolecolare (10<sup>-8</sup> Torr) in serie con una pompa primaria. In questo modo si ottiene il distacco dei gas adsorbiti alle pareti interne e le condizioni necessarie di pulizia delle stesse.

L'utilizzo di flussimetri elettronici consente di arrivare a basse concentrazioni (frazioni del percento) di metano in idrogeno, che è la condizione necessaria per ottenere film di diamante in cui siano assenti fasi di carbonio grafite (legame  $sp^2$ ) e quindi sia alta la qualità elettrica del materiale prodotto.

Inoltre la concentrazione delle specie attive chimicamente è maggiore tanto maggiore è la potenza trasferita ai gas reagenti. Si è partiti con una scarica tra gli elettrodi del sistema di deposizione di 2.5 A per una tensione di 1 kV. In queste condizioni sono stati sintetizzati film di diamante a diverse concentrazioni di metano in idrogeno (1-4%) che sono stati successivamente caratterizzati come dosimetri on-line ed off-line. Recentemente si è portato la potenza della scarica a circa 5kW e si prevede in tempi brevi di raggiungere valori di 7kw circa, tramite modifiche al sistema di alimentazione. Oltre questo ultimo valore di potenza si è limitati dalla possibilità di raffreddamento del substrato su cui cresce il diamante (montato sull'anodo). Infatti mentre la temperatura dei gas reagenti deve essere la massima possibile (dell'ordine di 5000 K), il substrato deve essere mantenuto a circa 1000 C in condizioni ottimali. La maggiore efficienza dovuta agli aumenti di potenza consentirà di diminuire la concentrazione di metano e di ottenere quindi film di qualità migliore. La risposta termoluminescente dei campioni verrà studiata al variare dei parametri di deposizione.

Si prevede anche l'automatizzazione del sistema, resa necessaria dal fatto che i campioni di più alta qualità sono ottenuti a concentrazioni di metano molto basse e quindi a bassa velocità di crescita. Per deposizioni della durata di qualche giorno occorre utilizzare un sistema di controllo dei flussimetri regolato da un trasduttore capacitivo di pressione. Tale sistema aggiusta il flusso del gas variandolo continuamente, in modo da mantenere la pressione totale in camera costante e quindi la temperatura e la potenza trasferita alla scarica, ottenendo in questo modo condizioni di lavoro stabili. Sarà inoltre necessario dotarsi di un leak-detector adeguato alla verifica delle condizioni di alto vuoto necessarie alla procedura di pulizia della camera di deposizione. Tale strumento verrà impiegato per le deposizioni di più alta qualità insieme alle guarnizioni in rame ad alta tenuta. Per le deposizioni di prova si continuerà ad utilizzare guarnizioni in Viton per le flange del sistema.

Inoltre si prevede di studiare la risposta termoluminescente con il drogaggio con boro, mediante l'aggiunta di una linea di flusso per il diborano (B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>). L'effetto del drogaggio con il boro come verrà spiegato nel seguito, sembra quello di aumentare linearità e sensibilità della risposta termoluminescente.

Sono stati caratterizzati mediante Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS), presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Padova, campioni di film di diamante preventivamente studiati come dosimetri termoluminescenti. Lo scopo era quello di determinare la presenza in traccia di azoto e boro, che sono i droganti principali del diamante ed hanno un ruolo importante nel fenomeno della termoluminescenza. Per la realizzazione di queste misure sono stati trattati dei diamanti mediante impiantazione ionica di boro e di azoto in modo da rendere quantitativa l'analisi elementale SIMS. Le misure della concentrazione di azoto sono attualmente in corso, quelle sul boro hanno permesso di determinare una concentrazione dell'ordine di 1 ppma in uno dei campioni esaminati.

Tale campione risulta uno dei più efficienti termoluminescenti tra quelli del gruppo studiato, fornito dalla De Beers Industrial Diamonds (UK) ltd. La presenza del boro migliora la linearità della risposta termoluminescente del diamante e ne aumenta l'intensità perché il boro compensa i livelli profondi all'interno del bandgap dovuto ad impurezze di azoto che sono deleterie per la risposta termoluminescente. Lo studio svolto ed in corso d'opera è quindi fondamentale per una miglior comprensione del ruolo delle impurezze nel funzionamento dei dosimetri off-line.

#### *Caratterizzazione Dosimetrica On-Line Diamante naturale*

Abbiamo effettuato la caratterizzazione di alcuni dosimetri a diamante naturale della PTW ai fasci di protoni di bassa energia disponibili presso il LNS, al fascio terapeutico di protoni da 60 MeV del CCO (Clatterbridge, UK) ed a fasci convenzionali (fotoni ed elettroni) presso l'Ospedale di Catania ed il Careggi di Firenze.

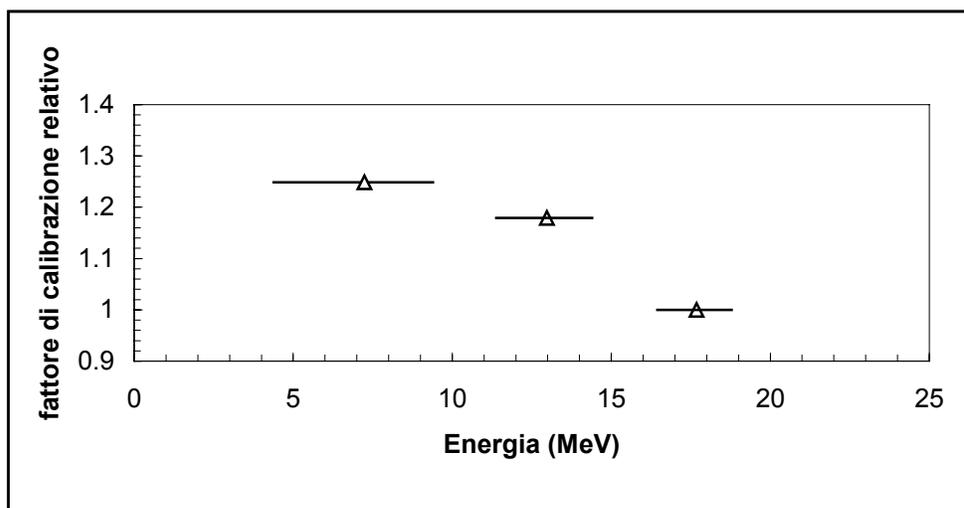
## **Protoni fino a 27 MeV**

Il diamante utilizzato ha uno spessore del volume sensibile di 260  $\mu\text{m}$ , che corrispondono a circa 1 mm di acqua. I parametri in studio sono stati: linearità, riproducibilità, dipendenza dal rateo di dose, dipendenza dal LET, influenza delle dimensioni. Le misure sono state eseguite sia in un fantoccio ad acqua progettato e realizzato presso la Sanità che in aria. Abbiamo utilizzato fasci di protoni con energia variabile fra 8.3 e 21.5 MeV alla superficie del rivelatore. Come dosimetro di riferimento è stata utilizzata una camera a ionizzazione piatta Markus.

Nell'intervallo (1-6) Gy la risposta del diamante è risultata lineare con scarti inferiori all'1%. La riproducibilità, valutata come coefficiente di variazione di più misure ripetute in irraggiamenti successivi alla stessa dose, è risultata inferiore all'1%. Tale valore è sicuramente idoneo per misure in fasci terapeutici. Si è evidenziata una leggera dipendenza dal rateo di dose pari a circa 1.5% nel range (1-6) Gy/min.

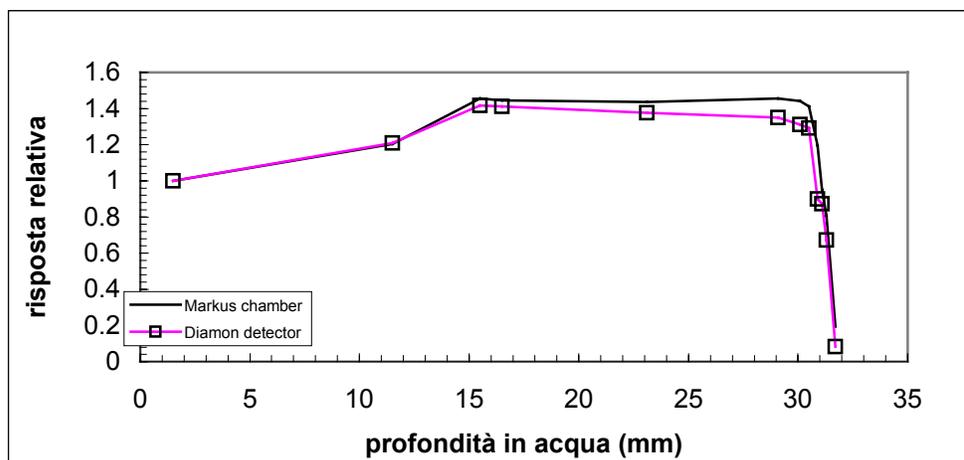
Le misure di dose in profondità sono state eseguite in acqua con un fascio da 21.5 MeV. I dati sono stati confrontati con misure con camera Markus. Si evidenziano uno spostamento del picco ed una sua modifica di forma così come una sottostima della dose. Gli effetti osservati sono dovuti sia alle dimensioni del rivelatore (che è troppo spesso rispetto al range dei protoni) che alla dipendenza dal LET del diamante. I due effetti sono intimamente connessi in questo tipo di misure ed i due contributi non possono essere valutati separatamente.

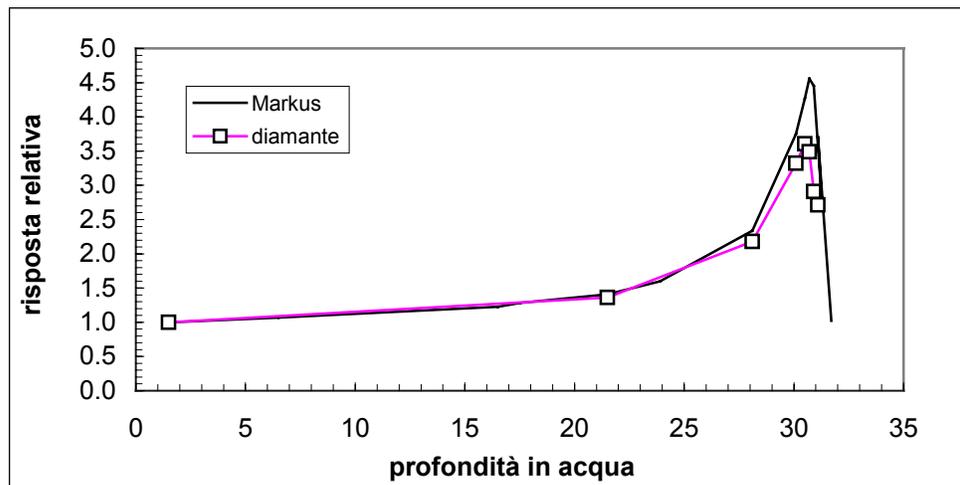
Per mettere in evidenza la dipendenza dal LET le misure sono state effettuate in aria con il campione posto in un opportuno alloggiamento senza materiali interposti. In questo modo il rivelatore è posto essenzialmente nella zona di plateau del picco e gli effetti delle dimensioni possono essere, in prima approssimazione, trascurati. In queste condizioni è stato determinato il fattore di taratura del diamante in funzione dell'energia dei protoni.



### Protoni, fascio terapeutico

Le misure sono state eseguite presso il CCO utilizzando lo stesso diamante usato al LNS. Sono state eseguite misure di linearità a diverse profondità in acqua in fascio non modulato per determinare il fattore di calibrazione del diamante a diverse energie dei protoni nell'intervallo 15-60 MeV. Sono state inoltre effettuate misure di picchi modulati e non e confrontati con la camera di **riferimento Markus**.





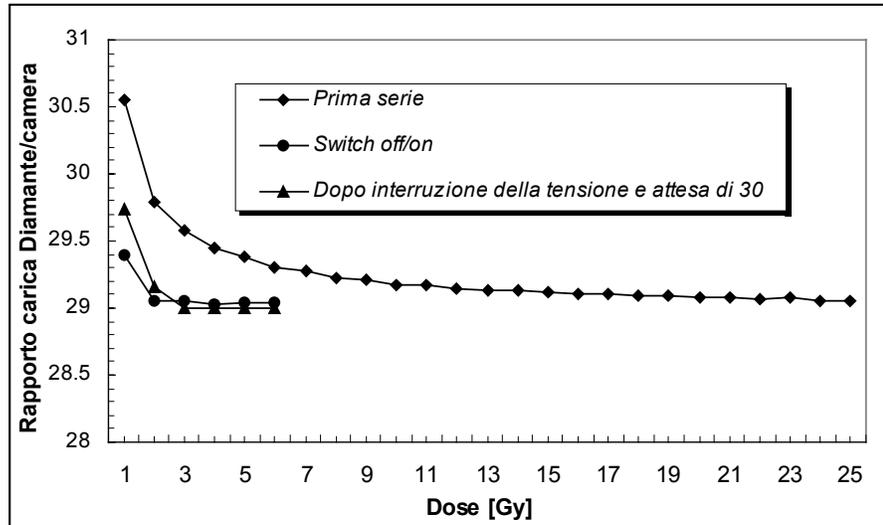
A causa dell'aumento del fattore di calibrazione con l'energia dei protoni, si è evidenziata una sottostima della dose al picco. E' in corso di elaborazione un formalismo dosimetrico che consenta misure di dose con diamante PTW attraverso l'uso di opportuni fattori correttivi.

### **Fasci terapeutici convenzionali**

E' stato effettuato uno studio estensivo delle proprietà del diamante naturale confrontando la risposta di due diversi diamanti PTW a fasci di fotoni nel range 5-25 MV e a fasci di elettroni nel range 4-22 MeV. L'obiettivo era non solo quello di analizzare le proprietà del diamante naturale ma anche quello di verificare l'omogeneità di risposta dei diamanti PTW che provengono da una rigorosa selezione di qualità.

E' di fondamentale importanza per la determinazione dell'incertezza nella misura di dose, conoscere la stabilità di risposta del rivelatore. E' stata infatti evidenziata una diminuzione iniziale della risposta all'aumentare della dose assorbita di circa il 10% fino a raggiungere un plateau a 5 Gy per un rivelatore e di circa il 20% per una dose di 15 Gy per l'altro. In entrambi i rivelatori, dopo che questi sono stati stabilizzati con un

irraggiamento preliminare alle dosi richieste, la stabilità del segnale è eccellente essendo dell'ordine dello 0.1 - 0.2%. E' necessario fornire la dose iniziale di stabilizzazione ogni volta che viene tolta l'alimentazione al rivelatore.



La risposta del rivelatore è risultata lineare per tutti i fasci e le energie utilizzate, ma è stata messa in evidenza una leggera perdita di sensibilità all'aumentare del rateo di dose. L'utilizzo del diamante in fasci diversi e di diversa energia richiede la conoscenza dell'efficacia relativa rispetto al fascio di calibrazione. Le misure fin qui effettuate non hanno evidenziato alcuna differenza nella risposta per fotoni di alta energia. Sono ancora

in corso misure su fasci di elettroni. Le misure preliminari disponibili non evidenziano alcuna dipendenza dall'energia del fascio.

Per un determinato rateo di dose, la corrente del rivelatore dipende dalla temperatura a cui questo si trova. Le misure effettuate nell'intervallo 10-40 °C evidenziano una diminuzione del segnale con la temperatura di circa 0.5%/ °C.

Infine, sono state fatte una serie di misure per studiare le variazioni di risposta del rivelatore al variare dell'angolo di incidenza del fascio. Non si sono evidenziate variazioni per rotazioni trasversali all'asse del rivelatore, mentre si sono riscontrate variazioni fino al 2 % per rotazioni nel piano dell'asse.

#### CARATTERIZZAZIONE PRELIMINARE DIAMANTE CVD

I LNS e il gruppo collegato di Sanità hanno avviato lo studio dell'elettronica di lettura on-line per il rivelatore a diamante sintetico CVD. Al fine di conoscerne le caratteristiche elettriche, LNS e sezione di Firenze hanno effettuato delle misure preliminari su un campione De Beers dotato di una singola metallizzazione studiandone la risposta su fasci di elettroni da 20 MeV, presso il Dipartimento di Fisiopatologia Clinica (DFC) dell'Università di Firenze e protoni da 62 MeV presso il Clatterbridge Center for Oncology di Clatterbridge (UK). Tali misure sono propedeutiche allo studio dosimetrico dettagliato che sarà eseguito su campioni commerciali dotati di una matrice di contatti. Tali campioni sono già disponibili presso i Laboratori Nazionali del Sud dov'è in corso lo sviluppo dell'elettronica di lettura.

#### A) MISURE *ON-LINE* SU FASCI DI ELETTRONI E PROTONI

Il rivelatore a diamante viene posto in un apposito portacampione di PMMA. Esso è stato irraggiato con elettroni da 20 MeV con un rateo di dose di 2 e 4 Gy/min e con fotoni e protoni con diversi valori del rateo di dose da 1 Gy/min a 11 Gy/min.

La corrente di fondo del rivelatore a diamante in studio è stata misurata sotto vuoto in funzione della polarizzazione ad esso applicata tra 0V e 400V. Il risultato mostra un andamento abbastanza lineare, indicando la ohmicità dei contatti almeno fino a tensioni non troppo elevate. Dalla pendenza della caratteristica I-V di buio e dalla conoscenza delle dimensioni del rivelatore è possibile risalire al valore della resistività specifica del

cristallo. E' stato ricavato il valore  $\rho = 3.5 \cdot 10^{15} \Omega\text{cm}$  alla temperatura di 24 °C. Tale valore risulta essere confrontabile con quelli ricavati da altri autori per diamanti naturali:  $10^{12} - 10^{14}$  [Fowler 1966],  $10^{14}$ , [Champion F., 1956],  $10^{15}$  [Kozlov S. et al., 1977].

Nella Figura 1 è mostrata la misura della corrente in funzione della tensione nella regione da -1000V a 1000V per il campione commerciale. La misura è stata effettuata durante irraggiamento con elettroni da 20 MeV e rateo di dose di 2 Gy/min. Dalla figura si osserva che l'andamento della corrente è simmetrico per tensioni opposte. Si osserva inoltre che la derivata rispetto alla tensione della funzione I(V) diminuisce all'aumentare di questa fino a circa 300V, corrispondente a un campo elettrico di 0.45 V/ $\mu\text{m}$ , mentre rimane approssimativamente costante per tensioni superiori.

Questo è consistente con la saturazione della velocità dei portatori liberi per questi valori di campo elettrico. Per la caratterizzazione di questo campione come dosimetro *on-line* abbiamo scelto la tensione di 400V, corrispondente alla regione in cui la pendenza della curva caratteristica corrente-tensione assume il valore minimo.

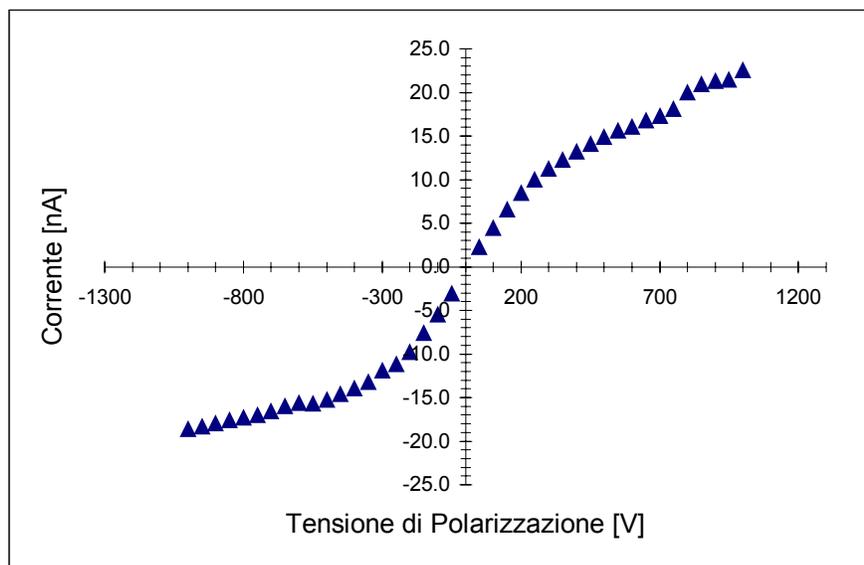


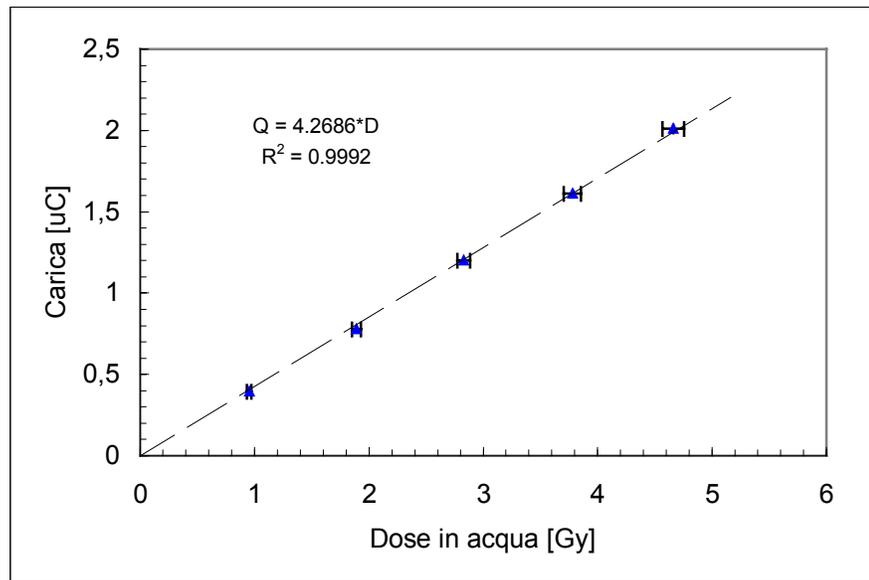
Figura 1: corrente in funzione della tensione per un campione di diamante CVD commerciale

Sono state effettuate misure di preirraggiamento con un fascio di elettroni e rateo di dose di 4 Gy/min. Si osserva che, se il campione ha trascorso un tempo sufficiente lungo senza

essere irraggiato, la corrente cresce all'aumentare della dose assorbita. Dopo un pre-irraggiamento di circa 15 Gy il valore della fotocorrente si stabilizza ad un valore costante di 27.9 nA. Effetti simili sono stati osservati in letteratura durante misure di raccolta di carica (ccd) su rivelatori di particelle al diamante: un irraggiamento preliminare rende maggiore il segnale di circa un fattore due (*effetto pumping*). Questo effetto è stato spiegato considerando che l'irraggiamento preliminare consente di passivare le trappole presenti nel materiale che altrimenti agiscono intrappolando i portatori liberi. Poiché queste trappole sono profonde, per renderle di nuovo attive è necessario un riscaldamento del campione o comunque un prolungato tempo di non irraggiamento.

Tale comportamento osservato per un diamante CVD è completamente opposto a quello che viene riscontrato nel diamante naturale. Per quest'ultimo, nella fase iniziale, la corrente tende infatti a diminuire fino a stabilizzarsi dopo una dose assorbita di circa 10 Gy.

Sono state effettuate misure di corrente in funzione del tempo per il campione commerciale, durante irraggiamento con elettroni e rateo di dose di 3.74 Gy/min, per diversi tempi di esposizione corrispondenti a diversi valori della dose assorbita.



**Figura 2: risposta del film di diamante commerciale in funzione della dose assorbita da elettroni da 20 MeV**

Integrando la carica raccolta agli elettrodi durante ogni fase di irraggiamento, è possibile ricavare l'andamento della risposta del rivelatore, come carica integrata nel tempo, in funzione della dose assorbita. I dati così ottenuti in Figura 2 insieme con la corrispondente curva di regressione lineare e il valore del coefficiente di regressione.

Dai dati ottenuti è possibile ricavare la sensibilità del nostro rivelatore in termini di carica raccolta per unità di dose assorbita e di volume sensibile irraggiato. La sensibilità è risultata essere pari a 426 nC/Gy. Considerando il valore del volume sensibile del campione di 4.6 mm<sup>3</sup> si ottiene una sensibilità specifica di 90 nC/Gymm<sup>3</sup>. E' interessante confrontare questo valore con la sensibilità di una camera a diamante naturale PTW (650 nC/Gymm<sup>3</sup> per elettroni e fotoni) e con quella di una camera a ionizzazione di tipo Farmer (0.033 nC/Gymm<sup>3</sup>).

E' stata studiata per lo stesso campione la dipendenza della corrente indotta dalla radiazione al variare del rateo di dose, nell'intervallo compreso tra 1 Gy/min e 8 Gy/min, per irraggiamento con un fascio di fotoni da 6 MV.

Osservando i risultati si nota una leggera tendenza alla saturazione della risposta man mano che il dose rate aumenta. Tale tendenza è stato osservato da vari autori nella

risposta di diamanti naturali. Non ci sorprende che un comportamento simile sia presente anche in diamanti cresciuti artificialmente.

Per evidenziare questo comportamento è riportato nella stessa Figura 5 la curva di regressione lineare insieme alla sua espressione analitica, calcolata per i primi quattro punti fino al valore di 3.05 Gy/min del dose rate ed estrapolando quindi la stessa fino ai valori più elevati. In questo modo è evidente l'abbassamento dei valori di corrente per dose rate maggiori di 4 Gy/min rispetto l'andamento iniziale a bassi dose rate.

I dati sperimentali completi possono essere ben fittati utilizzando una funzione di regressione semi empirica della forma esponenziale:

$$I = I_{\text{dark}} + R \cdot D_r^\Delta \quad \text{Eq. 1}$$

Questa funzione di regressione ha un significato fisico chiaro legato al fattore  $\Delta$  che compare nell'esponenziale e che esprime la deviazione dalla linearità dei punti sperimentali. Un valore di  $\Delta$  maggiore di uno esprime una sovrilinearità della risposta, minore di uno, come nel nostro caso, una sottolinearità e quindi un andamento verso la saturazione. Il coefficiente  $I_{\text{dark}}$  della Equazione 1 dà il valore della corrente che il diamante, polarizzato, produce anche in assenza di radiazione. La curva di regressione espressa dalla (1) è mostrata ancora in Figura 5 insieme alla sua espressione analitica e al valore del coefficiente di correlazione lineare corrispondente.

Il valore trovato per il parametro  $\Delta$  è in accordo con quello ricavato da altri autori. In Tabella 1 sono riportati alcuni dei risultati trovati in proposito

RADIAZIONE	AUTORE	RIVELATORE	$\Delta$
<b>Elettroni 20 MeV</b>	<b>Laub U, 1999</b>	<b>Diamante naturale</b>	<b>0.963</b>
<b>Fotoni 20 MV</b>	<b>Laub U., 1997</b>	<b>Diamante naturale</b>	<b>0.963</b>
<b>Fotoni 6 MV</b>	<b>Hoban W.</b>	<b>Diamante naturale</b>	<b>0.92</b>
<b>Fotoni 20 MV</b>	<b>Planskoy B.</b>	<b>Diamante naturale</b>	<b>0.98</b>

<b>Fotoni 6 MV</b>	<b>Nostre misure</b>	<b>Diamante sintertico</b>	<b>0.980</b>
<b>Fotoni 6 MV</b>	<b>Nostre misure</b>	<b>Diamante naturale</b>	<b>0.979</b>
<b>Fotoni 6 MV</b>	<b>Nostre misure</b>	<b>Diamante naturale</b>	<b>0.988</b>

**Tabella 1: confronto dei valori del coefficiente  $\Delta$  tra il campione in studio e dati di letteratura per diamanti naturali**

## **B) MISURE SU *ON-LINE* FASCI DI PROTONI**

Una analisi della risposta *on-line* dello stesso campione è stata condotta utilizzando un fascio di protoni da 62 MeV.

Come nel caso delle altre radiazioni, è stata innanzi tutto verificata, dopo un preliminare irraggiamento e polarizzando il campione a 400 V, la stabilità della risposta in corrente del rivelatore. Sono state acquisite dieci curve I-t, ciascuna corrispondente alla dose assorbita di 1 Gy, e su ognuna è stata valutata la corrente media e la deviazione standard che è risultata essere dello 0.8 %. Dallo stesso set di misure è stato possibile valutare la riproducibilità a breve termine della risposta del diamante, intesa come riproducibilità nella carica raccolta in ogni irraggiamento a parità di dose: per essa è stato stimato un valore dell'0.9%. A questo punto è stata acquisita una curva di caratteristica I-V variando la tensione di polarizzazione tra -800 V e +800 V. Tale curva ha un andamento del tutto simile a quella ottenuta per fasci di elettroni. Anche qui non è presente una zona piatta e la zona di minor gradiente è raggiunta intorno ai 400 V che è la tensione che abbiamo scelto a questo punto per effettuare le restanti misure.

Tutte queste misure sono state effettuate con un dose rate del fascio di protoni pari a 4,73 Gy/min

Siamo dunque passati alla misura della risposta del campione al variare della dose assorbita da 0.7 Gy a 11.36 Gy e al dose rate costante di 9.47 Gy/min.

Gli errori sulla dose sono del 2%.

Il valore della sensibilità, in termini di carica per unità di dose assorbita, è risultato essere 264 nC/Gy. Tale valore è circa la metà di quello ottenuto con i fasci di elettroni. Tale diminuzione di sensibilità, non è purtroppo imputabile direttamente all'utilizzo di radiazioni differenti. Al momento della misura con protoni, infatti, la metallizzazione su una delle superfici del campione risultava abbondantemente rovinata: la superficie utile alla raccolta delle cariche era dunque minore e quindi più bassa risulta la sensibilità del rivelatore. Al momento di tale misura la superficie della metallizzazione era circa la metà di quella originaria; il volume sensibile del rivelatore corrispondente a tale superficie è  $2.28 \text{ mm}^3$  e la sensibilità specifica risulta essere pari a circa  $100 \text{ nC/Gy mm}^3$ , molto vicina a quella ottenuta con gli elettroni. D'altro canto elettroni da 20 MeV e protoni da 62 MeV presentano praticamente lo stesso LET, e non ci si aspetterebbero quindi, almeno in linea teorica, grosse differenze nella risposta del diamante.

L'andamento della risposta in corrente dello stesso campione che è stata ottenuta variando il dose rate del fascio di protoni da 2.2 Gy/min a 9.47 Gy/min. Anche in questo caso si nota una tendenza alla saturazione quando il dose rate della radiazione incidente supera il valore di 4 Gy/min.

Effettuando la regressione dei dati con la funzione data dall'Equazione 1 ricaviamo il valore del fattore  $\Delta$  che misura il grado di sublinearità della risposta: abbiamo trovato  $\Delta = 0.971$  confrontabile con quello ottenuto per i fotoni.

### **C) CARATTERIZZAZIONE DOSIMETRICA OFF-LINE**

Presso la sezione di Firenze è stata effettuata la modifica del lettore TL per la lettura di diamanti sintetici CVD commerciali.

L'analisi in TL dei campioni è stata effettuata utilizzando un lettore di tipo Harshaw 5500 (presso l'Azienda Ospedaliera Careggi): l'intervallo di temperature considerato è compreso tra 50 °C e 350 °C con una rampa lineare di riscaldamento di 2 °C/s. L'integrale totale della curva di emissione è stato considerato come segnale TL.

Questa fase della ricerca ha comportato la caratterizzazione dosimetrica di campioni di diamante sintetico CVD commerciale (De Beers Industrial Diamond Division) e di diamante CVD realizzato presso il Dipartimento di Energetica con tecnica propria.

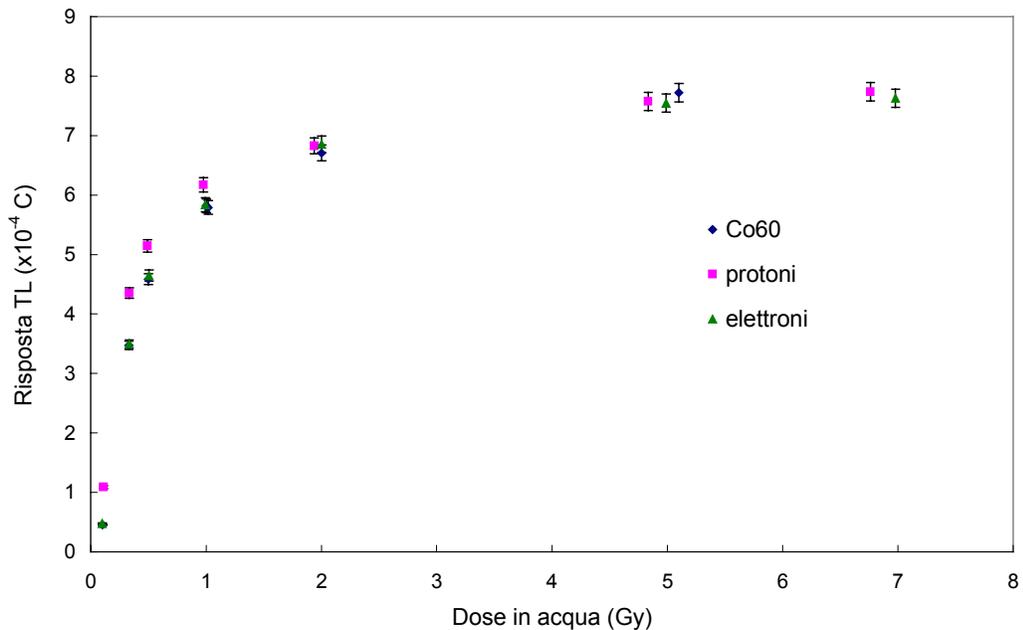
Per quanto riguarda lo studio della risposta in termoluminescenza sono stati utilizzati due lettori Harshaw 2000 e 3500, rispettivamente disponibili presso il Dipartimento di Fisiopatologia Clinica dell'Università degli Studi di Firenze ed i Laboratori Nazionali del Sud (INFN, Catania). E' stato infatti abbandonato l'utilizzo del lettore Harshaw 5500, utilizzato nella fase precedente, in quanto essendo uno strumento usato per la routine dosimetrica dei LiF, non consente la modifica di alcun parametro di funzionamento e neppure dell'alloggiamento per i campioni.

E' stato completato lo studio 'off-line' in termoluminescenza dei due campioni commerciali non al meglio dello stato dell'arte, come evidenziato dallo studio in spettroscopia Raman. E' stata quindi confrontata la riproducibilità della risposta TL e il suo andamento con la dose con fasci di elettroni da 20 MeV da Linac e di fotoni da <sup>60</sup>Co. Per entrambi i campioni si osserva un intervallo di linearità fino a circa 3 Gy.

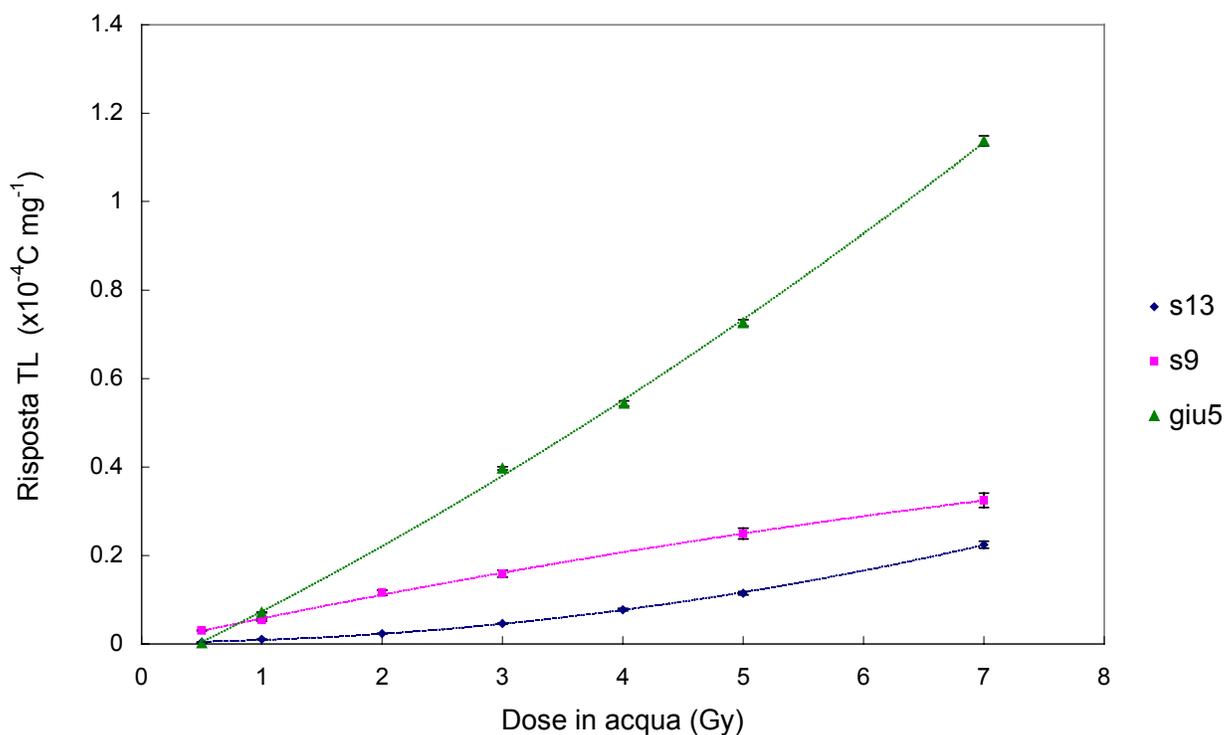
In seguito all'acquisizione di un set di 6 campioni al meglio dello stato dell'arte, è stato condotto lo studio strutturale con spettroscopia Raman, che ne ha confermato le caratteristiche di alta purezza. Sono quindi state eseguite misure sia di riproducibilità della risposta TL tra campioni (scarto massimo 6%) che di ripetibilità per uno stesso campione (standard deviation 2%). E' stato osservato il fading termico a 40 giorni (14%). In questo caso è stato studiato il comportamento della risposta TL vs dose, sia per

elettroni di energia nominale 20 MeV da Linac sia per fotoni da sorgente di  $^{60}\text{Co}$ , sia per protoni di energia 26 MeV da TANDEM. E' stata inoltre studiato l'andamento della sensibilità TL al variare dell'energia degli elettroni dal Linac (4-6-8-10-12-15-18-20-22 MeV) e del tipo di particella: elettroni e fotoni (6MV e 25MV) da Linac, fotoni da  $^{60}\text{Co}$ , protoni da 26 MeV da TANDEM. Non si osserva nessuna variazione della sensibilità TL né tra elettroni e fotoni né tra elettroni di diversa energia, mentre una differenza significativa si riscontra per protoni.

La risposta TL vs dose mostra in ogni caso un andamento superlineare a basse dosi che giunge rapidamente in saturazione senza passare da una zona di linearità.



Andamento della risposta TL di D14 con la dose per fotoni da  $^{60}\text{Co}$ , protoni di energia 22 MeV ed elettroni di energia 20 MeV



Andamento della risposta TL vs dose per elettroni da 20 MeV dei campioni di vecchia acquisizione (S13 S9) e del campione cresciuto all'interno dell'esperimento (GIU5)

E' infine stato studiato il comportamento della sensibilità TL al variare del rateo di dose tra 22 cGy/min a 720 cGy/min con fotoni da 6MV, ed anche in questo caso non si rilevano significative differenze.

Si è infine reso disponibile per una prima analisi in termoluminescenza un campione sintetizzato presso il Dipartimento di Energetica, non ancora ottimizzato dal punto di vista strutturale, sul quale sono state condotte l'analisi di riproducibilità del segnale e di andamento della risposta TL con la dose in seguito ad irraggiamento con elettroni da 20 MeV. La risposta TL del campione paragonabile a quella dei campioni commerciali, risulta lineare con la dose fino a circa 5 Gy.

## LAVORI PRODOTTI NELL'AMBITO DELLA COLLABORAZIONE

- The CANDIDO project: development of a CVD diamond dosimeter for applications in radiotherapy**, G. Cuttone, L. Azario, L. Barone Tonghi, E. Borchì, D. Boscarino, M. Bruzzi, M. Bucciolini, G. A. P. Cirrone, C. De Angelis, G. Della Mea, P. Fattibene, C. Gori, A. Guasti, S. Maggioni, S. Mazzocchi, S. Onori, M. Pacilio, E. Petetti, A. Piermattei, S. Pirollo, A. Quaranta, L. Raffaele, V. Rigato, A. Rovelli, M. G. Sabini, S. Sciortino, G. Zatelli, Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) 78 (1999) 587-591.
- “Dosimetria con rivelatori a diamante: il progetto CANDIDO”**, G. Cuttone, L. Azario, L. Barone Tonghi, E. Borchì, D. Boscarino, M. Bruzzi, M. Bucciolini, G. A. P. Cirrone, C. De Angelis, G. Della Mea, P. Fattibene, C. Gori, A. Guasti, S. Maggioni, S. Mazzocchi, S. Onori, M. Pacilio, E. Petetti, A. Piermattei, S. Pirollo, A. Quaranta, L. Raffaele, V. Rigato, A. Rovelli, M. G. Sabini, S. Sciortino, G. Zatelli, I Congresso Nazionale AIFM, Firenze, Italia, Giugno 1999, 180-182.
- “Characterization of CVD diamond dosimeters in on-line configuration”**, M. Bruzzi, M. Bucciolini, G.A.P. Cirrone, G. Cuttone, S. Mazzocchi, S. Pirollo, S. Sciortino, in press on Proc. SAMBA Conf, Siegen (D)1999
- “Characterization of CVD diamond films as radiation detectors for dosimetric applications”**, M. Bruzzi, M. Bucciolini, G.A.P. Cirrone, G. Cuttone, A. Guasti, S. Mazzocchi, S. Pirollo, M.G. Sabini, S. Sciortino: in press on IEEE Trans. On Nuclear Physics.
- “TL and TSC solid state detectors in proton therapy”**, G.A.P. Cirrone, M.G. Sabini, M. Bruzzi, M. Bucciolini, G. Cuttone, A. Guasti, S. Lo Nigro, S. Mazzocchi, S. Pirollo, L. Raffaele, S. Sciortino: Nuclear and Condensed Matter Physics, 2000 American Institute of Physics, pp 369-372
- “Caratterizzazione di film a diamante CVD come dosimetri off-line”**. E. Borchì, M. Bruzzi, M. Bucciolini, G.A.P. Cirrone, G. Cuttone, A. Guasti, S. Mazzocchi, S. Pirollo, M.G. Sabini, S. Sciortino: Atti del I Congresso Nazionale Associazione Italiana di Fisica in Medicina, 25-26 Giugno 1999, pp. 177-179.

## **PROGRAMMA SINTETICO ANNO 2001**

Per il prossimo anno il programma di sviluppo dell'esperimento si articolerà secondo il seguente programma sintetico:

- Analisi e caratterizzazione materiale
- Preparazione di dosimetri off-line con diamante CVD prodotto a Firenze.
- Caratterizzazione dosimetrica off-line e on-line con fasci di protoni da 70 MeV al LNS e da 250 MeV al PSI
- Caratterizzazione dosimetri commerciali sintetici off-line in TL con protoni fino a 24 MeV al LNS.

## **PROGRAMMA DETTAGLIATO PER UNITA' OPERATIVA**

### **Laboratorio Nazionale del Sud:**

- Realizzazione prototipo finale del dosimetro on-line, della sua elettronica
- Caratterizzazione elettronica del prototipo del dosimetro on-line
- Caratterizzazione dosimetrica dosimetro on-line in collaborazione con gruppo collegato Sanità
- Caratterizzazione dosimetrica dosimetro off-line in TL e TSC in collaborazione con Sez. Firenze

### **Laboratori Nazionali di Legnaro**

- Continuazione dello studio delle caratteristiche fisico-chimiche dei materiali sintetici commerciali e non, in collaborazione con sez. di Firenze, misure SIMS.
- Realizzazione prototipi di contatti elettrici a strip e pad per prototipo finale dosimetro on-line

### **Sezione di Firenze**

- Studio delle caratteristiche fisico-chimiche dei materiali sintetici commerciali in collaborazione con LNL
- Studio delle caratteristiche fisico-chimiche dei contatti elettrici in collaborazione con LNL e LNS
- Sintesi dosimetro on-line
- Studio ed ottimizzazione sintesi dosimetro off-line
- Caratterizzazione dosimetro commerciale sintetico in TL con fasci di protoni fino a 24 MeV al LNS

### **Gruppo Collegato Sanità**

- Caratterizzazione dosimetri commerciali sintetici on-line con fasci di protoni fino a 70 MeV al LNS
- Caratterizzazione prototipo finale dosimetri sintetici on-line con fasci di fotoni ed elettroni
- Caratterizzazione prototipo finale dosimetri sintetici on-line con fasci di protoni fino a 70 MeV al LNS e da 250 MeV al PSI

## RICHIESTE ECONOMICHE

### LNS

#### Inventariabile

Elettronica di lettura dosimetro on-line 16-32 canali 40 M£

#### Consumo

n.1 diamanti commerciali on-line 4 M£  
Materiale di consumo per elettronica 10 M£

#### Missioni estere

Partecipazione a congresso e visita al PSI 10 M£

#### Missioni Italia

Contatti scientifici all'interno dell'esperimento 10 M£

**TOTALE 74 M£**

### LNL

**Consumo 30 M£**

#### Per analisi

Standard di calibrazione PIXE, X-ray, EDS,  $\mu$ -beam 8 M£

#### Per deposizione contatti elettrici

target per sputtering di materiali puri 10 M£

gas puri, acidi, solventi per pulizia campioni e preparazione superfici 2 M£

Mascheratura e predisposizione di pad o strip su diamante in collaborazione con CERN 10 M£

<u>Missioni estere</u>	
Studio contatti elettrici e patterns al CERN, part. A congersso internazionale	8 M£
<u>Missioni Italia</u>	
Contatti scientifici all'interno dell'esperimento	7 M£
<b>TOTALE</b>	<b>45 M£</b>

### **SEZ. FIRENZE**

<u>Inventariabile</u>	
Leak detector	10 ML
Sistema di controllo elettronico dei flussimetri guidato da un trasduttore di pressione capacitivo	20 ML
Flussimetro per B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (drogaggio con boro del diamante)	5 ML
<u>Consumo</u>	
Materiali per analisi e sintesi	30 M£
n. 10 diamanti per misure off-line	10 M£
<u>Missioni estere</u>	
Partecipazioni a congressi e visita al PSI	10 M£
Misure da effettuare presso il NIKHEF di Amsterdam	5 ML
Contatti con produttori di diamante commerciale	5 ML
<u>Missioni Italia</u>	
Contatti scientifici all'interno dell'esperimento	12 M£
<b>TOTALE</b>	<b>107 M£</b>

### **Gruppo Collegato Sanità**

<u>Inventariabile</u>	
<u>Consumo</u>	
n. 2 diamanti commerciali per misure on-line	8 M£
Materiale di consumo per fantocci ed elettronica	10 M£
<u>Missioni estere</u>	
Misure PSI	10 M£

Missioni Italia

Contatti scientifici all'interno dell'esperimento

10 M€

**TOTALE**

**38 M€**

**TOTALE RICHIESTE**

**264 M€**

# Partecipanti

## LNS

Cuttone (40%), Cirrone (100%), Raffaele (30%), Rovelli (30%), Sabini (100%)

## Firenze

Borchi (50%), Bruzzi (60%), Sciortino (70%), Pirollo (100%), Bucciolini (50%), Mazzocchi (100%), Guasti (100%), Gori (30%), Romano (30%), Zatelli (30%)

## ISS

S. Onori (50%), C. De Angelis (50%), P. Fattibene (50%), E. Petetti , M. Pacilio (100%), Ranghiasci

## LNL

Della Mea (30%), Rigato (30%), Pieri, Patelli (20%), Vomiero(50%)

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
<b>FIRENZE</b>

Ricercatore responsabile locale:

Mara Bruzzi
**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001**
**In ML**

VOCI DI SPESA		DESCRIZIONE DELLA SPESA					IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale
							Parziali	Totale Compet.	
Viaggi e missioni	Interno	Contatti scientifici all'interno dell'esperimento					12	<b>12</b>	
	Estero	Contatti con produttori di diamante commerciale Misure presso NIKHEP Amsterdam Irraggiamenti al PSI					5 5 10	<b>20</b>	
Materiale Consumo	Materiali per analisi e sintesi n.10 diamanti per misure off-line					30 10	<b>40</b>		
Trasp.e facch.									
Spese Calcolo	Consorzio								
	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro					
Affitti e manutenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile	Leak detector					10	<b>35</b>		
	Flussimetro per B2H6					5			
	Sistema di controllo elettronico dei flussimetri guidato da trasduttore di pressione capacitivo					20			
Costruzione Apparati									
<b>Totale</b>							<b>107</b>		
Note:									

**ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
<b>FIRENZE</b>

**ALLEGATO MODELLO EC 2**

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
<b>FIRENZE</b>

**PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE  
PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO**

**In ML**

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	12	20	40				35		<b>107</b>
<b>TOTALI</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>40</b>				<b>35</b>		<b>107</b>

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

**Mod. EC. 3**

(a cura del responsabile locale)



Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
<b>FIRENZE</b>

**COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)**

<b>LAUREANDI</b> Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	

Denominazione	mesi-uomo	<b>SERVIZI TECNICI</b> Annotazioni

**INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)**

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA
De Beers Ind.	Collaborazione Dosimetri Diamante CVD

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
<b>FIRENZE</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>LAUREATI</b>		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Lombardi Luano Laurea in Ingegneria	Realizzazione di un sistema sperimentale di misura picts per diamante policristallino e analisi dei dati	
Laurea in		
<b>DOTTORI di RICERCA</b>		
Pirollo Silvia Dott in Sci.Tec.Mat.	Effetti della radiazione in Silicio e diamante policristallino	
Dott in		
Dott in		
Dott in		
<b>PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI</b>		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo
Mara Bruzzi	Characterization of CVD diamond films as radiation detectors for dosimetric applications	IEEE NSS 99 Seattle USA
Silvio Sciortino	Characterization of CVD diamond dosimeters in on-line configuration	Symposium on Applic. of particle detectors in Medicine
		Biology, Astrophysics 99; Siegen, Germany
Silvia Pirollo	Photo Induced deep level analysis in undoped CVD diamond films	DIAMOND 99, Praga
Mara Bruzzi	Photo induced current spectroscopy in undoped CVD diamond films	MRS 99 Boston

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
<b>FIRENZE</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

**SIGNIFICATIVE VARIAZIONI DI BILANCIO**

Capitolo	Variazione (ML)	Motivazione
Missioni Interne	_____	
Missioni Estere	_____	
Consumo	_____	
Trasporti e Facchinaggio	_____	
Spese Calcolo	_____	
Affitti e Manutenzioni	_____	
Materiale Inventariabile	_____	
Costruzione Apparati	_____	
Totale storni	_____	

**CONFERENZE, WORKSHOP e SCUOLE ORGANIZZATE in ITALIA**

Data	Titolo	Luogo
28/06/2000	Radiation effects on semiconductor materials detectors and devices	Firenze

**SIGNIFICATIVE COMMESSE E RELATIVO IMPORTO**

ANAGRAFICA FORNITORE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA	IMPORTO (ML)

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
L.N.L.

 Ricercatore responsabile locale:  
DELLA MEA Gianantonio
**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001**
**In ML**

VOCI DI SPESA		DESCRIZIONE DELLA SPESA	IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale			
			Parziali	Totale Compet.				
Viaggi e missioni	Interno	Contatti Scientifici all'interno della collaboraz. (CT,FI,Roma) Missioni presso Universita'di Trento, Modena, Parma, Brescia per caratterizzazioni strutturali e ottiche dei campioni e dei prototipi.	7	7				
	Estero	CERN (Studio contatti elettrici e patterns su Diamante)	8	8				
Materiale Consumo		Mater.per analisi; standard per calibr. PIXE, X-Ray, EDS;Mat. per miscroscopia elettronica. Mater.puri per deposizione contatti elettrici (target per sputtering, gas) Acidi,solventi per preparaz.superficiale, mater.per prod.,pads e strips.	8	30				
			10					
			12					
Trasp.e facch.								
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette		Altro		
Affitti e manutenz. apparecchiati.								
Materiale Inventariabile								
Costruzione Apparati								
<b>Totale</b>				<b>45</b>				
Note:								

**ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
L.N.L.

**ALLEGATO MODELLO EC 2**

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
<b>L.N.L.</b>

**PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE**  
**PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO**

**In ML**

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2000	5	4	28						<b>37</b>
2001	7	8	30						<b>45</b>
<b>TOTALI</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>58</b>						<b>82</b>

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

Il supporto richiesto e' compatibile con le risorse della struttura

**Mod. EC. 3**

(a cura del responsabile locale)



Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
L.N.L.

**COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)**

<b>LAUREANDI</b> Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	

Denominazione	mesi-uomo	<b>SERVIZI TECNICI</b> Annotazioni

**INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)**

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
L.N.L.

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>LAUREATI</b>		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
PATELLI Alessandro Laurea in FISICA	Proprieta' di stati sottili a basso coefficiente di attrito.	
VOMIERO Alberto Laurea in FISICA	Studio delle proprieta' di nanoaggregati metallici in vetro prodotti per R-F magnetron sputtering.	
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
<b>DOTTORI di RICERCA</b>		
BOSCARINO Diego Dott in FISICA	Sputter depositron of silice composited containing silver nanoclusters.	
Dott in		
Dott in		
Dott in		
<b>PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI</b>		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura</b>
L.N.L.

**Consuntivo anno 1999/2000**

**SIGNIFICATIVE VARIAZIONI DI BILANCIO**

Capitolo	Variazione (ML)	Motivazione
Missioni Interne	_____	
Missioni Estere	_____	
Consumo	_____	
Trasporti e Facchinaggio	_____	
Spese Calcolo	_____	
Affitti e Manutenzioni	_____	
Materiale Inventariabile	_____	
Costruzione Apparati	_____	
Totale storni	_____	

**CONFERENZE, WORKSHOP e SCUOLE ORGANIZZATE in ITALIA**

Data	Titolo	Luogo

**SIGNIFICATIVE COMMESSE E RELATIVO IMPORTO**

ANAGRAFICA FORNITORE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA	IMPORTO (ML)

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura ROMA I</b>
<b>Gr. coll. SANITA'</b>

 Ricercatore responsabile locale:  
**Sandro Onori**
**PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001**
**In ML**

VOCI DI SPESA		DESCRIZIONE DELLA SPESA	IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale	
			Parziali	Totale Compet.		
Viaggi e missioni	Interno	Contatti scientifici all'interno dell'esperimento e misure presso L.N.S.	10	<b>10</b>		
	Estero	Partecipazione a congresso e misure PSI	15	<b>15</b>		
Materiale Consumo	Materiale di consumo per fantocci ed elettronica		10	<b>10</b>		
Trasp.e facch.						
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette		Altro
Affitti e manutenz. apparecchiati.						
Materiale Inventariabile						
Costruzione Apparati						
<b>Totale</b>				<b>35</b>		
Note:						

**ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura ROMA I</b>
<b>Gr. coll. SANITA'</b>

**ALLEGATO MODELLO EC 2**

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura ROMA I</b>
<b>Gr. coll. SANITA'</b>

**PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE**  
**PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO**

**In ML**

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	10	15	10						<b>35</b>
<b>TOTALI</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>10</b>						<b>35</b>

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:  
 L'esperimento non utilizza le risorse della sezione.

**Mod. EC. 3**

(a cura del responsabile locale)



Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura ROMA I</b>
<b>Gr. coll. SANITA'</b>

**COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)**

<b>LAUREANDI</b> Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	

Denominazione	mesi-uomo	<b>SERVIZI TECNICI</b> Annotazioni

**INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)**

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura ROMA I</b>
<b>Gr. coll. SANITA'</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

<b>LAUREATI</b>		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Laurea in		
<b>DOTTORI di RICERCA</b>		
Dott in		
<b>PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI</b>		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo

Codice	Esperimento	Gruppo
	CANDIDO	5

<b>Struttura ROMA I</b>
<b>Gr. coll. SANITA'</b>

**Consuntivo anno 1999/2000**

**SIGNIFICATIVE VARIAZIONI DI BILANCIO**

Capitolo	Variazione (ML)	Motivazione
Missioni Interne	_____	
Missioni Estere	_____	
Consumo	_____	
Trasporti e Facchinaggio	_____	
Spese Calcolo	_____	
Affitti e Manutenzioni	_____	
Materiale Inventariabile	_____	
Costruzione Apparati	_____	
Totale storni	_____	

**CONFERENZE, WORKSHOP e SCUOLE ORGANIZZATE in ITALIA**

Data	Titolo	Luogo

**SIGNIFICATIVE COMMESSE E RELATIVO IMPORTO**

ANAGRAFICA FORNITORE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA	IMPORTO (ML)

Esperimento

gruppo

Rappresentante nazionale

Struttura res\_naz

nuovo continua

**CANDIDO**

5

G. CUTTONE

LNS

continua

STR.	ESPERIM.	Missioni interno	Inviti ospiti stran.	Missioni estero	Mater. di Cons.	Spes Sem	Tras. e Fac.	Pub. Scien.	Spese Calc	Aff. e Manut. App.	Mater. invent.	Costruz. apparati	TOTALE	
FIRENZE	Personale													
	Ricercatori		10,0	Tecnologi			Tecnici			Servizi mesi uomo				
	FTE		5,1	FTE			FTE							
	<b>Rapporti (FTE/numero) Ricercatori</b>					<b>0,51</b>					<b>Ricercatori+Tecnologi</b>			<b>0,51</b>
	CANDIDO	12		20	40							35		107
	di cui sj													
	Totali	12		20	40							35		107
di cui sj														
<b>Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)</b>					<b>20,98</b>									
L.N.L.	Personale													
	Ricercatori		2,0	Tecnologi			2,0	Tecnici			1,0	Servizi mesi uomo		
	FTE		0,5	FTE			0,8	FTE			0,3			
	<b>Rapporti (FTE/numero) Ricercatori</b>					<b>0,25</b>					<b>Ricercatori+Tecnologi</b>			<b>0,33</b>
	CANDIDO	7		8	30									45
	di cui sj													
	Totali	7		8	30									45
di cui sj														
<b>Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)</b>					<b>34,62</b>									
L.N.S.	Personale													
	Ricercatori		6,0	Tecnologi			1,0	Tecnici			Servizi mesi uomo			
	FTE		4,9	FTE			0,3	FTE						
	<b>Rapporti (FTE/numero) Ricercatori</b>					<b>0,82</b>					<b>Ricercatori+Tecnologi</b>			<b>0,74</b>
	Candido	10		10	14							40		74
	di cui sj													
	Totali	10		10	14							40		74
di cui sj														
<b>Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)</b>					<b>14,23</b>									
SANITA	Personale													
	Ricercatori		4,0	Tecnologi			Tecnici			2,0	Servizi mesi uomo			
	FTE		2,0	FTE			FTE			1,0				
	<b>Rapporti (FTE/numero) Ricercatori</b>					<b>0,50</b>					<b>Ricercatori+Tecnologi</b>			<b>0,50</b>
	CANDIDO	10		15	10									35
	di cui sj													
	Totali	10		15	10									35
di cui sj														
<b>Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)</b>					<b>17,50</b>									

EsperimentogruppoRappresentante nazionaleStruttura res. naznuovo continua**CANDIDO**

5

G. CUTTONE

LNS

continua

STF.	ESPERIM.	Missioni interno	Inviti ospiti stran.	Missioni estero	Mater. di Cons.	Spes Sem	Tras. e Fac.	Pub. Scien.	Spese Calc	Aff. e Manut. App.	Mater. invent.	Costruz. apparati	TOTALE
<b>TOTALI</b>													
	Totali	39		53	94						75		261
	di cui sj												
<b>Confronto con il modello EC4</b>													
	Mod. EC4 dati	39		48	102						75		264
	<b>Totali-Dati EC4</b>			5,0	-8,0								-3,0
<b>Personale</b>													
	Ricercatori	<b>22,0</b>		Tecnologi	<b>3,0</b>		Tecnici	<b>3,0</b>					Servizi mesi uomo
	FTE	<b>12,5</b>		FTE	<b>1,1</b>		FTE	<b>1,3</b>					
	<b>Rapporti (FTE/numero) Ricercatori</b>			<b>0,57 Ricercatori+Tecnologi</b>									<b>0,54</b>
	<b>Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)</b>			<b>19,19</b>									