

Nuovo Esperimento	Gruppo
TOCO	5

Struttura ROMA I
Gr. coll. SANITA'

Rappresentante Nazionale: F. Rustichelli

Struttura di appartenenza: Gr. Coll. Sanità

Ricercatore responsabile locale: Franco Rustichelli

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

PROGRAMMA DI RICERCA

A) INFORMAZIONI GENERALI

Linea di ricerca	Microtomografia a contrasto di fase
Laboratorio ove si raccolgono i dati	Istituto di Scienze Fisiche Università di Ancona Dipartimento di Fisica Università di Bologna; ESRF-Grenoble
Acceleratore usato	ESRF
Fascio (sigla e caratteristiche)	
Processo fisico studiato	Analisi microstrutturale mediante tomografia con radiazione X monocromatica
Apparato strumentale utilizzato	Diffrattometro a raggi X, telecamere poer raggi X ad alta risoluzione spaziale
Sezioni partecipanti all'esperimento	RM1-ISS, BO
Istituzioni esterne all'Ente partecipanti	ESRF
Durata esperimento	3 anni

B) S C A L A D E I T E M P I : piano di svolgimento

PERIODO	ATTIVITA' PREVISTA
2000	Implementazione diffrattometro a raggi X di Ancona con tavole micrometriche per rotazione campione e adattamento del software sviluppato a Bologna alla telecamera Proxitronic già esistente ad Ancona.
2001	Miglioramento del sistema in modo da poter investigare campioni a maggior risoluzione e di maggiori dimensioni: il sistema di rivelazione di Ancona preesistente verrà sostituito con un nuovo ottimizzato a tale scopo.
2002	Ottimizzazione della tecnica e suo adattamento allo studio di campioni di interesse biomedico e tecnologico.

Mod. EN. 1

(a cura del rappresentante nazionale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
TOCO	5

Struttura ROMA I
Gr. coll. SANITA'

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	Collaborazioni e misure tra le Sezioni partecipanti		3			
	Estero	Collaborazioni con gruppi di ricerca russi, misure presso ESRF, partecipazione a conferenze internazionali		10			
Materiale Consumo	Sviluppo software Tubi raggi X Lastre raggi X		8	8			
Trasp.e facch.							
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro		
Affitti e manutenz. apparecchiati.							
Materiale Inventariabile							
Costruzione Apparati	Implementazione diffrattometri di Ancona con tavole micrometriche per rotazioni tomografiche		30	30			
Totale				51			
Note:							

Nuovo Esperimento	Gruppo
TOCO	5

Struttura ROMA I
Gr. coll. SANITA'

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	3	10	8					30	51
2001	3	10	8					30	51
2002	3	10	8						21
TOTALI	9	30	24					60	123

Note:

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

Mod. EN. 3

(a cura del responsabile locale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
TOCO	5

Struttura ROMA I
Gr. coll. SANITA'

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
2000	5	14	18					30	67
2001	5	14	18					30	67
2002	5	15	13						33
TOTALI	15	43	49					60	167

Note:

Nuovo Esperimento	Gruppo
TOCO	5

Struttura ROMA I

Gr. coll. SANITA'

PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO

Vedi allegato progetto "Sviluppo di una tecnica di microtomografia a raggi X basata sulla radiografia a contrasto di fase" già presentato alla Commissione Scientifica nel 1999.

La ripresentazione è come d'accordo con i referees Prof. R. Cherubini e Prof. T. Pinelli.

Codice	Esperimento	Gruppo
	TOCO	5

Struttura ROMA I
Gr. coll. SANITA'

REFEREES DEL PROGETTO

Cognome e Nome	Argomento
Cherubini Roberto	
Pinelli T.	

MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001

Data completamento	Descrizione
Aprile	Progetto esecutivo di implementazione del diffrattometro di Ancona
Giugno	Acquisizione di offerte da parte di ditte fornitrici
Settembre	Sviluppo del software per acquisizione di immagini adatto a telecamere digitali
Dicembre	Adattamento del SW alla telecamera PROXITRONIC (installata durante il progetto SARD) e ottimizzazione della strumentazione

COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE

Riteniamo che il progetto sia competitivo a livello internazionale in quanto recentemente è stato accettato da BIOMATERIALS, con un giudizio estremamente lusinghiero, un nostro lavoro sui biomateriali mediante radiografie a contrasto di fase (2 dimensioni). E' ovvio che la microtomografia a contrasto di fase sarebbe ancor più competitiva fornendo immagini a 3 dimensioni.

LEADERSHIPS NEL PROGETTO

Cognome e Nome	Funzioni svolte
Rustichelli Franco	Coordinamento del progetto (Ancona)
Casali Franco	Coordinamento del progetto (Bologna)
Romanzetti Sandro	Attività sperimentale (Ancona)
Rossi Massimo	Supervisione software (Bologna)

Sviluppo di una tecnica di microtomografia a raggi X basata sulla radiografia a contrasto di fase

Uno dei problemi più significativi nell'utilizzo dei raggi X come strumento per la visualizzazione delle caratteristiche interne di materiali costituiti da elementi leggeri è la carenza di contrasto nelle immagini registrate. La causa di tale carenza è dovuta al tipo di interazione su cui normalmente si basano le tecniche radiografiche convenzionali e cioè sull'assorbimento. In particolare quando effettuiamo una radiografia di un qualsiasi oggetto, ciò che vediamo è la proiezione bidimensionale della distribuzione spaziale degli elementi più assorbenti. In altre parole, i fotoni registrati dal rivelatore sono solo quelli che riescono ad attraversare tutto il campione senza essere assorbiti.

Recentemente, grazie allo sforzo di alcuni gruppi di ricerca tra i quali il nostro gruppo di Ancona [1-6], è stato mostrato che la rifrazione dei raggi X alle interfacce interne dell'oggetto può essere usata vantaggiosamente per la formazione di un elevato contrasto nelle immagini. La tecnica, denominata Phase Contrast Imaging, offre delle caratteristiche essenziali di novità. Infatti, mentre nella radiografia convenzionale un fotone è rivelato nella lastra fotografica solo quando non è assorbito, nella nuova tecnica il fotone viene rivelato solo se non è né assorbito né deviato dal campione. Ciò comporta un netto miglioramento nella risoluzione spaziale e nella qualità delle immagini, dovuto in particolare al fatto che alle interfacce interne si hanno effetti di riflessione totale, e che in presenza di oggetti a facce non parallele si ha un effetto prisma. In realtà entrambi questi fenomeni producono deviazioni angolari nei fasci fotonici, che nella nuova tecnica esaltano i contrasti. Nella nuova tecnica si invia la radiazione su di un cristallo perfetto monocromatore, quindi sul campione, quindi su un altro cristallo perfetto parallelo al primo, ed infine sulla lastra fotografica. Nei due cristalli, rigorosamente paralleli, i fotoni X subiscono la diffrazione: i fotoni devianti dal campione non vengono diffratti dal secondo cristallo, dando così luogo ad un forte contrasto anche in presenza di campioni sottili e/o poco assorbenti.

La tecnica del Phase Contrast Imaging ha quindi apportato un notevole miglioramento nelle immagini. In particolare, nel corso del progetto SARD sono stati studiati (durante campagne di misura condotte presso le linee GILDA, ID19 e ID22 dell'ESRF di Grenoble e presso il nostro laboratorio) numerosi campioni sottili per osservare i miglioramenti che la nuova tecnica radiografica riesce ad apportare. Tra i vari campioni facciamo notare una farfalla [7], una membrana per la cura di tessuti gengivali sottoposti ad interventi chirurgici [8] ed un campione di tessuto uterino [9]. Tali campioni possedendo un elevato contenuto di carbonio determinano un basso assorbimento. Le immagini ottenute attraverso la radiografia convenzionale (fig. 1) sono sostanzialmente prive di dettagli strutturali. Utilizzando il contrasto di fase, cioè introducendo un cristallo analizzatore dopo il campione, è possibile vedere chiaramente la struttura interna del campione (fig. 2) ed in special modo la conformazione delle interfacce presenti all'interno del campione stesso. In definitiva l'adozione della tecnica di imaging a contrasto di fase ha comportato un impressionante miglioramento della risoluzione spaziale e della qualità delle immagini.

Il passo immediatamente successivo, nonché oggetto del presente progetto, consiste nello sviluppo, presso l'Università di Ancona, di una nuova tecnica per microtomografia a raggi X basata sulla radiografia a contrasto di fase. In realtà tale tecnica costituisce un passo in avanti perché consente, tramite l'adozione di opportuni algoritmi di ricostruzione, di ottenere immagini tridimensionali partendo dalle proiezioni radiografiche registrate in corrispondenza di piccole rotazioni del campione rispetto ad un asse perpendicolare al fascio. Inoltre essa promette enormi vantaggi, come dimostrato in alcuni recenti lavori [10-11], rispetto alla microtomografia convenzionale poiché le strutture di campioni poco assorbenti, che non forniscono contrasto ad assorbimento, si possono osservare utilizzando il contrasto di fase con tutti i vantaggi

che ne derivano e che sono stati messi da noi in evidenza nei già citati lavori sui materiali sottili [7-9].

Nel corso del 2000 si prevede di implementare il sistema per l'acquisizione di radiografie a contrasto di fase, sviluppato presso l'Università di Ancona durante il passato progetto SARD, con i necessari dispositivi ancillari al fine di ottenere un sistema per la realizzazione di microtomografie a contrasto di fase (Azione 1). In particolare si prevede di acquistare un sistema di tavole micrometriche per la realizzazione del supporto rotante per il campione, in modo da poter effettuare, per un dato campione, un migliaio di radiografie in corrispondenza ad altrettante orientazioni del campione e un sistema laser per l'allineamento ottico dei cristalli perfetti. Le caratteristiche delle tavole micrometriche devono essere tali da garantire la massima accuratezza nella rotazione del campione di fronte al fascio X e, allo stesso tempo, devono poter essere sincronizzate con il software di acquisizione delle immagini radiografiche. Inoltre, le tavole dovranno garantire la gestione dei campioni sia da un punto di vista del loro peso che delle loro dimensioni.

Per questo, le caratteristiche essenziali devono essere:

- risoluzione angolare e accuratezza fino a 0,001 gradi
- carico fino a qualche hg per la gestione di campioni quali ad esempio piccoli frammenti di materiali compositi o tessuti umani ottenuti tramite collaborazioni con le Cliniche dell'Università di Ancona.
- velocità fino a diversi gradi per secondo in modo da garantire l'intera rotazione del campione in un tempo limitato;
- controllo remoto del motore di rotazione tramite apposito indexer interfacciabile tramite RS422 (o altro) al personal computer dedicato all'acquisizione dei dati;

In parallelo all'azione 1 nel corso del 2000 si procederà all'adattamento del software sviluppato dal gruppo di Bologna (esperto in tomografia con radiografia convenzionale ad assorbimento a basse ed alte energie; si veda l'allegata produzione scientifica) alla telecamera Proxitronic già esistente ad Ancona (Azione 2). L'acquisizione delle immagini tramite la telecamera proposta richiede l'utilizzo di un frame grabber. In tal senso presso il Dipartimento di Fisica di Bologna (gruppo Casali) sono già stati sviluppati codici in linguaggio C per la gestione dell'intero processo di acquisizione delle immagini tramite frame grabber per personal computer.

Tali programmi sono stati sviluppati per l'acquisizione, memorizzazione ed elaborazione delle immagini radiografiche digitali per altri tipi di telecamere e pertanto è richiesto un certo lavoro di adattamento di tale software per utilizzarlo con la telecamera Proxitronic. Inoltre, il software andrà modificato in modo da implementare anche delle routine che consentano il pre-processamento delle immagini per la successiva fase di ricostruzione tomografica.

Le caratteristiche del rivelatore attualmente esistente ad Ancona sono tali da consentire l'analisi radiografica e tomografica ad alta risoluzione solo per campioni di limitate dimensioni. In tal senso, durante il secondo anno di attività è prevista una fase di upgrade del sistema in modo da poter poi investigare campioni a maggiore risoluzione e/o di dimensioni maggiori.

A tal fine alcune possibili soluzioni possono essere:

1. sostituzione del taper di fibre 1:1 con un taper magnificante 1:3 (o più) in modo da poter disporre di un campo di rivelazione di alcuni cm.;
2. sostituzione della telecamera intensificata con un CCD 1024x1024 o 2048x2048 in modo da aumentare considerevolmente la risoluzione spaziale del sistema a parità di campo investigato;
3. utilizzo della telecamera al punto 2 e del taper al punto 1 per ottenere un sistema di maggior campo e maggiore risoluzione;

Nei primi due anni, in parallelo all'implementazione del diffrattometro di Ancona, verranno eseguiti degli esperimenti presso l'ESRF di Grenoble.

Durante il terzo anno di attività si prevede di procedere ad una ottimizzazione generale della tecnica, tenendo conto anche dei risultati ottenuti a Grenoble e continuando

comunque la sperimentazione presso le linee dell'ESRF. Inoltre la tecnica di microtomografia basata sul contrasto di fase verrà applicata allo studio di diverse problematiche di interesse biomedico, coinvolgenti tessuti umani patologici in particolare nel campo dell'odontoiatria e della ginecologia, dove già la semplice tecnica di radiografia a contrasto di fase ha prodotto dei risultati molto interessanti. In parallelo verranno analizzate le diverse possibili applicazioni della tecnica in campo tecnologico con particolare riferimento alle problematiche della piccola e media impresa. In particolare dei contatti sono stati stabiliti con una piccola impresa interessata all'analisi di strati metallici su supporto di materiale plastico da utilizzare nella produzione di condensatori.

Una estrema cura verrà dedicata alla determinazioni microstrutturali in materiali compositi (ad esempio le interfacce tra la matrice e le fibre di rinforzo) ed in particolare in quelli base di fibre di carbonio, che trovano un campo variegato di applicazioni industriali, dai divertori per reattori a fusione termonucleare all'impiego per manufatti sportivi (racchette da tennis, telai di biciclette, ecc.) e nel campo dei trasporti sia aeronautico che automobilistico. Infatti tali materiali tendono a sostituire l'acciaio, grazie al loro minor peso ed alle elevate proprietà meccaniche.

I gruppi proponenti intendono presentare un progetto all'Unione Europea

Nell'ambito del programma INCO-COPERNICUS in collaborazione con colleghi russi interessati allo stesso argomento.

Bibliografia

1. Rustichelli, E.A. Beliaevskaya, M. Gambaccini, V.N. Ingal, A.A. Manushkin, S.Sh. Shilstein, *Physica Medica*, 14, N.1, 19 (1998)
2. Ingal, E.A. Beliaevskaya, *Tech. Phys.* 42 (1), 59 (1997)
3. T.J. Davis, D. Gao, T.E. Gureyev, A.W. Stevenson and S.W. Wilkins, *Nature* 373, 595 (1995)
4. Wilkins, T.E. Gureyev, D. Gao, A. Pogany, A.W. Stevenson, *Nature* 384, 335 (1995).
5. Baruchel, P. Cloetens, M. Schlenker, M. Pateyron-Salome, J.Y. Buffiere, G. Peix, F. Peyrin, *J. Appl. Phys.* 81, 9 (1997)
6. A. Snigirev, I. Snigireva, V. Kohn, S. Kuznetsov, I. Schelokov, *Rev. Sci. Instrum.* 66, 12 (1995)
7. S. Romanzetti, F. Rustichelli, S. Colonna, F. D'Acapito, S. Mobilio, S. Onori, Phase Contrast Imaging of very low Absorbing samples by X-ray synchrotron radiation, (1999) sottomesso
8. Romanzetti, F. Rustichelli, J. Baruchel, S. Bertini, Phase Contrast Imaging of thin Biomaterials, sottomesso a Biomaterials - accettato il 6/6/2000
9. S. Romanzetti, F. Rustichelli, A. Ciavattini, G. Garzetti, in preparazione
10. Raven, A. Snigirev, I. Snigireva, P. Spanne, A. Souvorov, V. Kohn, *Appl. Phys. Lett.* 69 (13), 1826 (1996)
11. P. Spanne, C. Raven, I. Snigireva, A. Snigirev, *Phys. Med. Biol.* 44, 741 (1999)

Produzione Scientifica Sezione Di Bologna

1. P. Chirco, P. Partemi, M. Zanarini, G. Baldazzi, G. Guidi, E. Querzola, M. Rossi, M.G. Scannavini, F. Casali, A. Garagnani, R. Rosa, A. Festinesi: "A Neutron Tomographic System Developed at THE Rome Research Reactor" *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research*, Vol. A353 p.145-148, Elsevier Science Publisher, Amsterdam (Olanda), 1994.
2. Rossi, E. Querzola, P. Chirco, M. Zanarini, F. Casali et al.: "A RADIATION DETECTION SYSTEM FOR A HIGH-ENERGY COMPUTERIZED TOMOGRAPH USING CdZnTe DETECTORS". *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Vol. 42, N. 4, p.575-579, 1995.

3. Zanarini, P. Chirco, M. Rossi, E. Querzola, F. Casali et al.: "Evaluation of Hydrogen content in metallic samples by neutron computed tomography". IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 42, N. 4, p.580-584, 1995.
4. Casali, P. Chirco, M. Zanarini: "ADVANCED IMAGING TECHNIQUES: A NEW DEAL FOR NEUTRON PHYSICS". La Rivista del Nuovo Cimento, Vol. 18, No. 10, Editrice Compositori, Bologna, 1995.
5. Chirco, M. Zanarini, F. Casali, A. Festinesi: "NEUTRON COMPUTED TOMOGRAPHY: STATE OF THE ART IN ITALY". Proceedings of 3rd Meeting of the European Neutron Radiography Working Group, pp.29-32, Budapest, (Ungheria), 27-29 settembre 1995.
6. Casali, P. Chirco, M. Zanarini, E. Querzola, M. Rossi et al.: "TOMOGRAFIA CON RAGGI X DI ALTA ENERGIA". "Atti della Conferenza Nazionale delle Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica", 8° Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana Prove non Distruttive, pp. 433-439, Torino 17-19 Ottobre 1995.
7. Rossi, E. Querzola, P. Chirco, M. Zanarini, F. Casali et al.: "HIGH ENERGY TOMOGRAPHY USING CADMIUM ZINC TELLURIDE DETECTORS" Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, Vol. A380, p.419-422, Elsevier Science Publisher, Amsterdam (Olanda), 1996.
8. Chirco, M. Zanarini, C. Valeriani, G. Zambelli, M. Rossi, E. Querzola, F. Casali: "A multipurpose detection system for advanced tomographic testings". "SPIE Proceedings Volume #2859": "1996 SPIE International Symposium on Optical Science, Engineering and Instrumentation: Hard X-Ray/Gamma Ray and Neutron Optics, Sensors and Applications", 1996.
9. F.Casali, M. Rossi, E. Querzola, M. Giacometti, P. Chirco, M. Zanarini: "TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA TRIDIMENSIONALE APPLICATA AI BENI CULTURALI". Il Giornale delle Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica, Anno XVII, numero 4, pp. 35-39, 1996.
10. Casali, M. Rossi, E. Querzola, M. Giacometti, P. Chirco and M. Zanarini: "THREE DIMENSIONAL X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY APPLIED TO CULTURAL HERITAGES" Proceedings "5th International Conference on Non-Destructive Testing, Analytical Methods and Environmental Evaluation for Study and Conservation of Works of Art", Budapest 23-28 Settembre 1996.
11. Giacometti, E. Querzola, M. Rossi, P. Chirco, M. Zanarini, F. Casali: "TOMOGRAFIA TRIDIMENSIONALE CON SORGENTI DI RAGGI X A GEOMETRIA CONICA". LXXXII Congresso Nazionale SIF, Verona 23-28 Settembre 1996.
12. Chirco, M. Zanarini, C. Valeriani, G. Zambelli, M. Rossi, E. Querzola, F. Casali: "Neutron computed tomography: a tool for the testing of advanced materials", in International Conference: Neutrons in Research and Industry, G. Vourvopoulos, Editor, Proc. SPIE 2867, pp.339-342, 1997.
13. Chirco, M. Zanarini, G. Zambelli, M. Rossi, E. Querzola, F. Casali et al.: "high resolution neutron computed tomography for the study of the hydrogen distribution in metallic samples". Fifth World Conference on Neutron Radiography Proceedings Edited by C.O. Fischer, J.Stade, W.Bock, pp.84-90; Deutsche Gesellschaft Fur Zerstorungsfreie Profung, Berlino (Germania), 1997.
14. Chirco, F. Casali, G. Baldazzi, E. Querzola, M. Rossi, M. Zanarini: "HIGH ENERGY X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY USING SEMICONDUCTOR DETECTORS" CP392, Application of Accelerators in Research and Industry Edited by J.L. Duggan and I.L.Morgan, pp.891-894; American Institute of Physics, Woodbury, NY (USA), 1997.
15. Casali, P. Chirco, M. Giacometti, E. Querzola, M. Rossi, M. Zanarini et al.: "ADVANCED NEUTRON IMAGING TECHNIQUES". Conference Proceedings "Nuclear Data for Science and Technology", pp.1728-1731 (1997),G.Reffo, A.Ventura and C.Grandi Eds. SIF Bologna 1997.
16. Rossi, E. Querzola, P. Chirco, M. Zanarini, F. Casali et al.: "ANALISI DI CAMPIONI METALLICI MEDIANTE TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA 3D". In "Atti della Conferenza Nazionale delle Prove non Distruttive Monitoraggio

- Diagnostica", 9° Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana Prove non Distruttive, pp. 464-473, Padova 25-27 Settembre 1997.
17. Rossi, F. Casali, P. Chirco, E. Querzola, M. Zanarini et al.: "STUDIO DI REPERTI ARCHEOLOGICI IN BRONZO MEDIANTE TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA 3D A RAGGI X". LXXXIII Congresso Nazionale SIF, Como 27-31 Ottobre 1997.
 18. Rabini, F. Casali, P. Chirco, M. Giacometti, E. Querzola, M. Rossi, G. Zambelli, M. Zanarini: "IMPIEGO DI UN RIVELATORE A FIBRE OTTICHE SCINTILLANTI PER RADIOGRAFIA DIGITALE". LXXXIII Congresso Nazionale SIF, Como 27-31 Ottobre 1997.
 19. M.Rossi, E.Querzola, M.Giacometti, T.DiDonato, D.Vernelli, P.Chirco, M.Zanarini, F.Casali: "HIGH RESOLUTION 3D COMPUTED TOMOGRAPHY OF SMALL ARCHEOLOGICAL SCULPTURES". Proceedings 7th European Conference on Non-Destructive Testing, pp.409-415, Copenhagen 26-29 May 1988
 20. M.Rossi, F.Casali, P.Chirco, M.P.Morigi, E.Nava, E.Querzola, M.Zanarini: "X-RAY 3D COMPUTED TOMOGRAPHY OF BRONZE ARCHEOLOGICAL SAMPLES", accepted for publication on IEEE Trans. Nucl. Sci. (Toronto 1998).

FIGURE

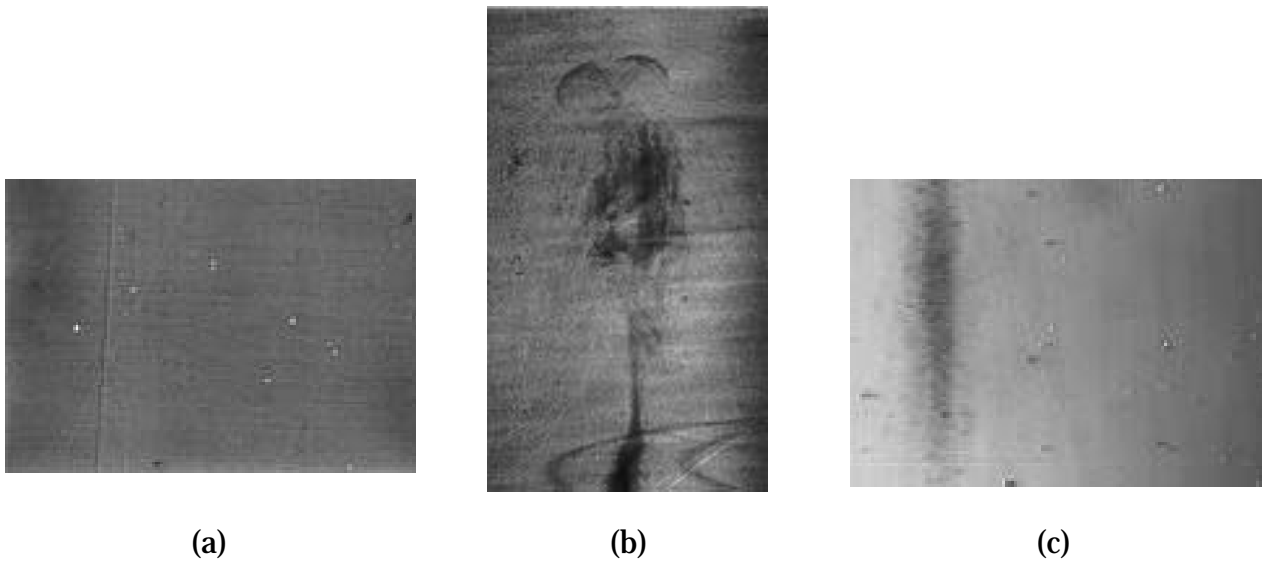


Fig. 1: Radiografie convenzionali della membrana (a), della farfalla (b) e del tessuto uterino (c)

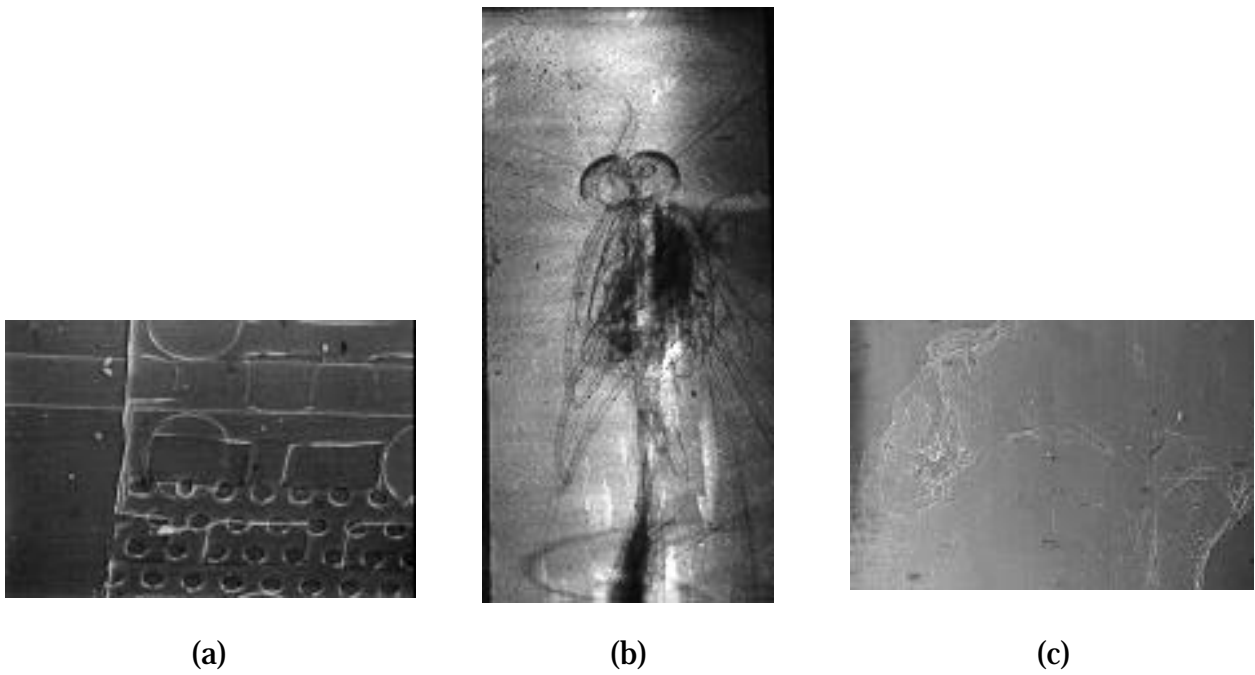


Fig. 2: Radiografie a contrasto di fase della membrana (a), della farfalla (b) e del tessuto uterino (c)

Codice	Esperimento	Gruppo
	TOCO	5

Struttura
BOLOGNA

Ricercatore responsabile locale:
Franco CASALI

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	Collaborazioni e misure tra le sezioni partecipanti					2	2	
	Estero	Partecipazione a conferenze internazionali					4	4	
Materiale Consumo	Sviluppo software					10	10		
Trasp.e facch.									
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro				
Affitti e manutenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile									
Costruzione Apparati									
Totale							16		
Note:									

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	TOCO	5

Struttura
BOLOGNA

ALLEGATO MODELLO EC 2

Codice	Esperimento	Gruppo
	TOCO	5

Struttura
BOLOGNA

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	2	4	10						16
2002	2	4	10						16
2003	2	5	5						12
TOTALI	6	13	25						44

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
	TOCO	5

Struttura
BOLOGNA

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA

N	RICERCATORI Cognome e Nome	Qualifica				Affer. al Gruppo	Percentuale	N	TECNOLOGI Cognome e Nome	Qualifica			Percentuale	
		Dipendenti		Incarichi						Dipendenti		Incarichi		
		Ruolo	Art. 23	Ricerca	Assoc.					Ruolo	Art. 23	Ass. Tecnol.		
1	Brancaccio Rosa				Bors.	5	70							
2	Casali Franco				P.O.	5	40							
3	Daffara Claudia				Dott.	5	50							
4	Morigi Maria Pia				T.U.L.	5	50							
5	Rossi Massimo				Bors.	5	60							
Numero totale dei Tecnologi														
Tecnologi Full Time Equivalent														
N	TECNICI Cognome e Nome	Qualifica				Affer. al Gruppo	Percentuale	N	TECNICI Cognome e Nome	Qualifica			Percentuale	
		Dipendenti		Incarichi						Dipendenti		Incarichi		
		Ruolo	Art. 15	Collab. tecnica	Assoc. tecnica					Ruolo	Art. 15	Collab. tecnica		Assoc. tecnica
Numero totale dei Ricercatori							5,0	Numero totale dei Tecnici						
Ricercatori Full Time Equivalent							2,7	Tecnici Full Time Equivalent						

TOCO

5

F. Rustichelli

Gr. Coll. Sanità nuovo

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	
BOLOGNA	Personale													
	Ricercatori		5,0	Tecnologi			Tecnici					Servizi mesi uomo		
	FTE		2,7	FTE			FTE							
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori			0,54			Ricercatori+Tecnologi			0,54				
	TOCO		2		4		10							16
	di cui sj													
	Totali		2		4		10							16
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)			5,93											
SANITA	Personale													
	Ricercatori		5,0	Tecnologi			Tecnici					Servizi mesi uomo		
	FTE		3,4	FTE			FTE							
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori			0,68			Ricercatori+Tecnologi			0,68				
	TOCO		3		10		8					30		51
	di cui sj													
	Totali		3		10		8					30		51
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)			15,00											
TOTALI														
Totali		5		14		18						30	67	
di cui sj														
Confronto con il modello EC4														
Mod. EC4 dati														
Totali-Dati EC4		5,0		14,0		18,0						30,0	67,0	
Personale														
Ricercatori		10,0	Tecnologi			Tecnici					Servizi mesi uomo			
FTE		6,1	FTE			FTE								
Rapporti (FTE/numero) Ricercatori			0,61			Ricercatori+Tecnologi			0,61					
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)			10,98											