

Nuovo Esperimento	Gruppo
EBLA	5

Struttura
L.N.L.

Rappresentante Nazionale: V. PALMIERI

Struttura di appartenenza: LNL

Ricercatore responsabile locale: PALMIERI Vincenzo

Posizione nell'I.N.F.N.: Primo Ricercatore

PROGRAMMA DI RICERCA

A) INFORMAZIONI GENERALI

Linea di ricerca	SPUTTERING NIOBIO SU CAVITA' A QUARTO D'ONDA D'ALLUMINIO
Laboratorio ove si raccolgono i dati	L.N.L., NAPOLI
Acceleratore usato	ALPI-LINAC
Fascio (sigla e caratteristiche)	IONI PESANTI
Processo fisico studiato	FATTIBILITA' DELL'UTILIZZAZIONE DELL'ALLUMINIO AD ALTA PUREZZA COME SUBSTRATO PER LO SPUTTERING IN CAVITA'.
Apparato strumentale utilizzato	APPARATO DA SPUTTERING , CRIOSTATO BANCO IN RADIOFREQUENZA, PRESSA DA ESTRUSIONE
Sezioni partecipanti all'esperimento	LNL, NA
Istituzioni esterne all'Ente partecipanti	Moscow Institute for Steel and Alloys China Institute for Atomic Energy CERN Jefferson Lab.
Durata esperimento	3 Anni

B) SCALA DEI TEMPI: piano di svolgimento

PERIODO	ATTIVITA' PREVISTA
2001	Costruzione cavita' alluminio per ostrusione inversa Sputtering Niobio su cavita' tornita Misura impedenza superficiale campioni Ricerca di basse temperature di sputtering
2002	Studio chimica ed elettrochimica dell'alluminio e barrel finishing sulle proprieta' superconduttive del ricoprimento. Test su cavita' e misure imp. sup. campioni
2003	Introduzione cavita' QWR Nb/Ae su fascio

Mod. EN. 1

(a cura del rappresentante nazionale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
EBLA	5

Struttura
L.N.L.

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 Trasferta NA-LNL, Lavorazioni ditte esterne	4	4	
	Estero Contatti CERN, Estrusione cavita', Conferenza	15	15	
Materiale Consumo	Prodotti chimica ed elettrochimica alluminio	6	97	
	Smaltimento reflui	8		
	Alluminio 99.999 meccaniche	32		
	Lavorazioni esterne	30		
	Lavorazioni esterne a estrusione	21		
Trasp.e facch.				
Spese Calcolo	Consorzio			
	Ore CPU			
	Spazio Disco			
	Cassette			
	Altro			
Affitti e manutenz. apparecchiati.				
Materiale Inventariabile	Pompe chimiche per prodotti alluminio	6	28	
	Sistema regolazione temperature durante sputtering	16		
	Variatz. trifase per	6		
Costruzione Apparati				
Totale			144	
Note:				

Nuovo Esperimento	Gruppo
EBLA	5

Struttura
L.N.L.

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	4	15	97				28		144
2002	4	15	70				35	12	136
2003	4	12	75				16	20	127
TOTALI	12	42	242				79	32	407

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. EN. 3

(a cura del responsabile locale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
EBLA	5

Struttura
LNL

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	7	15	104				28		154
2002	10	21	90				75	12	208
2003	10	18	95				16	20	159
TOTALI	27	54	289				119	32	521

Note:

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Nuovo Esperimento	Gruppo
EBLA	5

Struttura
L.N.L.

PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO

Codice	Esperimento	Gruppo
	EBLA	5

Struttura
L.N.L.

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA

RICERCATORI								TECNOLOGI							
N	Cognome e Nome	Qualifica				Affer. al Gruppo	Percentuale	N	Cognome e Nome	Qualifica			Percentuale		
		Dipendenti		Incarichi						Dipendenti		Incarichi			
		Ruolo	Art. 23	Ricerca	Assoc.					Ruolo	Art. 23	Ass. Tecnol.			
1	PALMIERI Vincenzo	I Ric				5	30	1	BONGIOVANNI Stefano			Bors.	100		
2	WANG GUO Bao				Bors.	5	40	2	KULYK ILLYA			Tecn	40		
								3	PORCELLATO A.M.	ITecn			35		
								Numero totale dei Tecnologi					3,0		
								Tecnologi Full Time Equivalent					1,8		
TECNICI															
N	Cognome e Nome	Qualifica				Affer. al Gruppo	Percentuale	N	Cognome e Nome	Qualifica				Percentuale	
		Dipendenti		Incarichi						Dipendenti		Incarichi			
		Ruolo	Art. 15	Collab. tecnica	Assoc. tecnica					Ruolo	Art. 15	Collab. tecnica	Assoc. tecnica		
1	BADAN Luigi	Cter						1	BADAN Luigi	Cter			40		
2	BERTAZZO Livio	Cter						2	BERTAZZO Livio	Cter			20		
3	CHIURLOTTO Francesca	Cter						3	CHIURLOTTO Francesca	Cter			20		
4	PRECISO Renato	Cter						4	PRECISO Renato	Cter			30		
5	STIVANELLO Fabrizio	Cter						5	STIVANELLO Fabrizio	Cter			30		
								Numero totale dei Tecnici					5,0		
								Tecnici Full Time Equivalent					1,4		
Numero totale dei Ricercatori											2,0				
Ricercatori Full Time Equivalent											0,7				

Codice	Esperimento	Gruppo
	EBLA	5

Struttura
L.N.L.

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
RONCOLATO C. Relatore PALMIERI V.	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	Nuove cavita' superconduttrici
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	SERVIZI TECNICI Annotazioni
1	O.Meccan.	3	
			Si richiede la collaborazione del sig. R. Preciso

INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA
CERCA	Sono interessati all'acquisto del brevetto INFN qualora un laboratorio estero acquisti cavita' a QWR

Codice	Esperimento	Gruppo
	EBLA	5

Struttura
L.N.L.

REFEREES DEL PROGETTO	
Cognome e Nome	Argomento
	Cavita', sputtering, superconduttivita'

MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001	
Data completamento	Descrizione
Giugno 2001	Estrusione cavita' QWR alluminio
Dicembre 2001	Sputtering of cavities
Giugno 2002	Tests of different surface treatments of Al cavities
Dicembre 2002	Sputtering of best cavities
Dicembre 2003	Tests on the Beam

COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE
<p>Vari acceleratori di ioni pesanti devono utilizzare strutture a QWR. Inoltre le strutture RF per alte intensita' non possono usare rame come substrato. Cavita' in alluminio possono facilmente entrare nel mercato e fornire una risposta ai problemi insorti nello studio delle strutture RF per alta intensita'.</p> <p>Il gruppo dei LNL e' l'unico al mondo che puo' studiare sputtering Nb/Al su QWR.</p>

LEADERSHIPS NEL PROGETTO	
Cognome e Nome	Funzioni svolte
PALMIERI V.	Sputtering, cavita'
PORCELLATO A.M.	Radiofrequenza
ANDREONE A.	Misure RF su campioni

ESPERIMENTO EBLA

Motivazione per l'esperimento

Se il Rame sputterato e' l'unica alternativa in termini di costi, stabilita' termica e meccanica al Niobio bulk, gli acceleratori superconduttivi ad alta intensita' non accettano cavita' di Rame sputterato in Niobio, a causa della possibile interazione di aloni o del fascio stesso con il Rame.

A tal fine pertanto sono state proposte cavita' a film sottile di Niobio su substrato di Alluminio o di Grafite. Tralasciando i problemi che comporterebbe la fabbricazione di cavita' in Grafite, e' da notare che se viene utilizzato Alluminio 99.999 come substrato, si guadagna quasi un ordine di grandezza in conducibilita' termica rispetto al Rame.

Cavita' in alluminio puro sono inoltre fabbricabili a basso costo per estrusione inversa, etching chimico e sputtering, utilizzando l'esperienza acquisita con lo sputtering di Niobio su Rame.

E' da dire che le cavita' sputterate in Niobio su Rame per quanto funzionino stabilmente ed a campi acceleranti anche di 7.5 MV/m, comunque piu' che doppi di quelli ottenuti con il Piombo su Rame, non sono la soluzione adottata da altri laboratori internazionali. Infatti, per quanto economico lo sputtering di cavita' in Niobio su Rame viene visto come il risultato di una ricerca di laboratorio che non da' le stesse garanzie che si possono ottenere da un'industria.

D'altro canto grazie all' R&D degli anni passati finanziato dal Gruppo V, lo sputtering su Rame e' un prodotto gia' ingegnerizzato ed addirittura prodotto per l'acceleratore ALPI.

Cavita' in Niobio su Alluminio possono essere ancora di piu' a basso costo e l'eventuale commercializzazione di queste cavita' da parte della ditta CERCA (con cui siamo in atto di formalizzazione di accordi di collaborazione) puo' dissipare gli ultimi dubbi della comunita' internazionale, portando questo prodotto sul mercato dei laboratori internazionali presso cui sono in costruzione acceleratori per ioni pesanti.

Quali materiali studiare

La conducibilita' termica a basse temperature:

Qualora la superficie della cavita' presenti un difetto sulla superficie, sempre piu' potenza viene assorbita localmente ed il superconduttore circostante si scalda ad una temperatura piu' alta di quella media della cavita'. Poiche' la potenza assorbita aumenta quadraticamente con il campo accelerante, la temperatura del difetto aumenta progressivamente fino a che il campo magnetico critico dell' area circostante viene superato. L'area del superconduttore circostante passa allo stato normale e questo ad una improvvisa perdita dell'energia elettromagnetica accumulata. La letteratura che analizza questo effetto (quench) indica che in prima approssimazione la situazione puo' essere analizzata sulla base di pure considerazioni termodinamiche. Per un dato materiale superconduttore, la temperatura di operazione, l'area del difetto, il cambio di quench aumenta circa proporzionalmente alla radice della conducibilita' termica della cavita'.

Sulla base di questi argomenti, la purezza del niobio e' stata sistematicamente aumentata nel corso degli ultimi 15 anni tramite vari processi di purificazione col risultato di un aumento dell' RRR da circa 40 a 1000. RRR vuol dire Residual

Resistivity Ratio ed e' il rapporto fra il valore di resistivita' a temperatura ambiente ed il valore misurato alla temperatura di transizione per i superconduttori o a 4.2 per i metalli normali. In prima approssimazione un aumento in RRR corrisponde ad un aumento di conducibilita' termica. Migliorare la conducibilita' termica del materiale quindi permette una piu' alta stabilita' termica rispetto al quench e quindi piu' alti campi acceleranti.

L'adozione del sistema Rame Niobio in cavita' a QWR oltre al vantaggio di essere una soluzione a basso costo, ed a quello di alta stabilita' meccanica, interfaccia le proprieta' superconduttrici del niobio con quelle di alta stabilita' termica del Rame. Ma il rame non e' il materiale migliore per questa applicazione.

Nella tabella che segue sono riportati i valori di conducibilita' termica di alcuni buoni conduttori a 4.2 LK, ed a 9 K (vicino la transizione del Niobio). La motivazione dei 9 K e' coseguente al fatto che il collo di bottiglia per la propagazione del calore e' localizzato in prossimita' del difetto dove viene raggiunta la temperatura critica. Di conseguenza una stima della stabilita' contro il quench puo' essere ottenuta comparando i valori di K a temperature di poco piu' piccole di quella di transizione allo stato normale.

Materiale	Purezza	RRR	K [W/m K]	
			4 K	9 K
OFHC Cu	99.995	103	6.5	14.2
Al	99.99	88	3.5	8
Al	99.999	2000	78	140
Ag	99.95	160	10.5	22
Au	99.95	130	6	12
Nb		250	0.4 (0.9)	3.5 (6)
Nb		400	0.7 (1)	5 (8)
Nb		1000	1.6	9

La prima circostanza da mettere in evidenza e' che il Rame OFHC migliore utilizzato per lo sputtering delle QWR di UGARIT ha una conducibilita' a 9 K circa 4 volte piu' alta di quella del Niobio con RRR 250. E circa doppia di quella con RRR 1000. L'alluminio puro 99.99 e' equivalente al Rame OFHC non certificato e cosi' l'oro e l'argento. La cosa sorprendente pero' e' che usare alluminio 99.999 l'aumento di conducibilita' termica e' di un ordine di grandezza.

Considerazioni sulla stabilita' meccanica:

Le caratteristiche meccaniche dell' alluminio puro sono una variabile importante da tenere in conto. I materiali estremamente purificati sono estremamente teneri e a maggior ragione l'alluminio.

La tavola seguente riporta i parametri da tenere in conto per il dimensionamento della cavita'.

Materiale	Purezza	Max elongabilita'	Modulo di Young	Limite Elastico σ_{02} [N/mm ²]
OFHC Cu	99.995	45 %	128 000	80
Al	99.999	55 %	67 000	15
Ag	99.95	50 %	71 000	54

L'evidenza sperimentale comunque insegna che uno spessore di parete della QWR di 2 cm e' piu' che sufficiente ad evitare problemi di eccessiva deformabilita' della cavita'.

La plasticita' dell' alluminio verra' poi molto utile se si considera il problema delle vibrazioni microfoniche introdotte dalle variazioni di pressione dell' elio liquido. Problema questo, presente per le cavita' in Niobio bulk a doppia intercapedine e gia' inesistente per le cavita' in Rame Sputterato.

Sempre nell' ambito di considerazioni di ordine meccanico, invece estrema attenzione dovra' essere mantenuta a tenere sempre il risonatore in posizione verticale, dopo ogni annealing allo scopo di evitare che il bastone centrale si disassi. Inoltre bisognera' tenere conto che cavita' in Alluminio dovranno essere allineate con cura se poste su fascio, perche' le contrazioni termiche del materiale sono piu' alte di quelle del rame nell' intervallo da 300 K a 4.2 K.

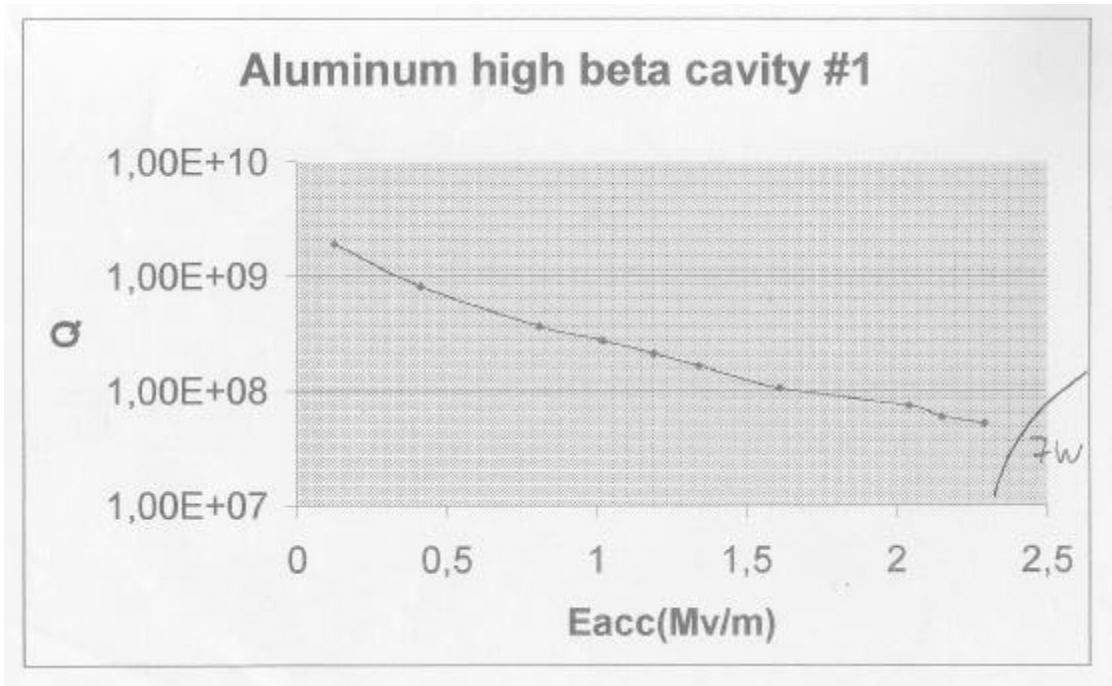
Risultati preliminari

Il sistema Niobio alluminio che si viene a formare all' interfaccia del film sputterato e' un sistema complesso, su cui e' stato scritto di aumenti inaspettati della diffusivita' dell' alluminio attraverso il bordo di grano del Niobio, disconfermati poi dagli studi seguenti. E' comunque vero che l'affinita' di Niobio ed Alluminio e' piu' elevata di quella Niobio Rame.

La Plasticita' dell' Alluminio rende piu' economico e piu' facile la estrusione inversa delle cavita'. Inoltre la chimica dell' alluminio e' piu' semplice di quella del Rame. Non e' cosi' per l'elettrochimica che va invece eseguita a 70 C piuttosto che a freddo, ma nel corso dell' esperimento si cerchera' di limitare il trattamento chimico al semplice etching. Ad ogni modo questo verra' valutato soprattutto grazie alle misure di impedenza superficiale su campioni svolte presso la sezione INFN di Napoli.

Il problema piu' importante pero' da tenere in conto e' la bassa temperatura di fusione dell' Alluminio

Una cavita' di Alluminio puro e' stata costruita per tornitura da una billetta ed e' stata sputterata per verificare la fattibilita' della presente proposta di esperimento. Il risultato e' estremamente positivo ed e' riportato di seguito.



E' da tenere conto che le cavit  in Niobio sputterato su Rame raggiungono 7.5 MV/m a 7 watt. Questa cavit  raggiunge solo un terzo del campo di specifica, ma va tenuto conto che lo spessore depositato era giusto di un terzo quello normalmente depositato. A nostro avviso questa non   una coincidenza ed il motivo   che il fattore di merito a basso campo   molto alto addirittura $3e+09$.

La causa di uno spessore ridotto   che la temperatura del substrato aumenta con il tempo di sputtering e l'alluminio ha un punto di fusione pi  basso di quello del Rame.

Scopo dell' esperimento infatti   proprio quello di cercare di ridurre la temperatura di deposizione di sputtering, eventualmente introducendo la cavit  e relativa configurazione da sputtering entro il solenoide utilizzato per il magnetron dell' Esperimento KHAMSA.

Programma

Il programma che si intenderebbe seguire   il seguente:

Per il 2001 si intende costruire i substrati in alluminio 99.999 per estrusione inversa da billetta. Si intende proseguire con lo sputtering nella cavit  tornita da massello ed utilizzata per la prova di fattibilit . Si intender  far ricerca sulle possibilit  di abbassare la temperatura di deposizione, sia tramite raffreddamento del palo interno, sia tramite layer multipli di film, sia andando in regime magnetron con l'uso di un solenoide esterno. Questo pero' porter  probabilmente al vantaggio dell' alto rate, ama allo svantaggio dell' inutilit  del bias a meno che non viene avvicinato al catodo da sputtering. Questo studio dovr  essere condotto di pari passo con le campagne di studio su campioni a Napoli dove verr  misurata l'impedenza superficiale dei campioni prodotto a Legnaro. Questo studio si estender  forzatamente anche per **parte del 2002** che verr  dedicato allo studio della chimica e dell' elettrochimica dell' alluminio e quindi alla correlazione delle proprieta'

superconduttive del film in relazione al trattamento del substrato (sia misurando direttamente cavita' che misurando campioni).

Il 2003 invece verra' concentrato sulla introduzione in linea su fascio di un criostato con 4 cavita' in Niobio sputterato su alluminio.

Interesse industriale

La ditta CERCA del gruppo Framatome sta cercando di pubblicizzare le cavita' a QWR a film sottile, presso i laboratori che hanno in cantiere progetti di acceleratori a ioni pesanti (Canada, India, Michigan, Canberra).

Gli accordi con la ditta sono che questa acquistera' il brevetto una volta acquisito un ordine.

Codice	Esperimento	Gruppo
	EBLA	5

Struttura
NAPOLI

 Ricercatore responsabile locale:
Antonello Andreone
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	Missioni INFN Napoli - INFN Legnaro e viceversa					3	3	
	Estero								
Materiale Consumo	Elio liquido Connettori microonde					7	7		
Trasp.e facch.									
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro				
Affitti e manutenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile									
Costruzione Apparati									
Totale							10		
Note:									

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	EBLA	5

Struttura
NAPOLI

ALLEGATO MODELLO EC 2

Codice	Esperimento	Gruppo
	EBLA	5

Struttura
NAPOLI

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	3	0	7				0		10
2002	6	6	20				40		72
2003	6	6	20				0		32
TOTALI	15	12	47				40		114

Note:

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

Presso la sezione di Napoli i tecnici afferiscono ai Servizi della Sezione, per cui non viene indicato un elenco nominativo delle partecipazioni ai singoli esperimenti.

La disponibilità assicurata dai servizi della Sezione è riportata nel mod.EC/EN 7a.

Mod. EC. 3

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	EBLA	5

Struttura
NAPOLI

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Di Gennaro Emiliano Relatore Antonello Andreone	<input type="radio"/> SI	<input checked="" type="radio"/> NO	Misure di impedenza di superficie di film superconduttivi mediante risonatori caricati dielectricamente
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	SERVIZI TECNICI Annotazioni

INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA
CERCA (gruppo FRAMATOME)	Produzione industriale di cavita QWR in Al a film sottile

EBLA

5

V. PALMIERI

LNL

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	
L.N.L.	Personale													
	Ricercatori		2,0	Tecnologi		3,0	Tecnici		5,0	Servizi mesi uomo				
	FTE		0,7	FTE		1,8	FTE		1,4	3,0				
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori					0,35					Ricercatori+Tecnologi			0,49
	EBLA		4		15	97						28		144
	di cui sj													
	Totali		4		15	97						28		144
	di cui sj													
	Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)					58,78								
	NAPOLI	Personale												
Ricercatori			5,0	Tecnologi			Tecnici			Servizi mesi uomo				
FTE			1,0	FTE			FTE							
Rapporti (FTE/numero) Ricercatori					0,20					Ricercatori+Tecnologi			0,20	
EBLA			3			7								10
di cui sj														
Totali			3			7								10
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)					10,00									
TOTALI														
Totali		7		15	104						28		154	
di cui sj														
Confronto con il modello EC4														
Mod. EC4 dati														
Totali-Dati EC4		7,0		15,0	104,0						28,0		154,0	
Personale														
Ricercatori		7,0	Tecnologi		3,0	Tecnici		5,0	Servizi mesi uomo					
FTE		1,7	FTE		1,8	FTE		1,4	3,0					
Rapporti (FTE/numero) Ricercatori					0,24					Ricercatori+Tecnologi			0,35	
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)					44,64									