

Nuovo Esperimento	Gruppo
Eliosismologia	2

Struttura
ROMA I

Rappresentante Nazionale: Alessandro Cacciani

Struttura di appartenenza: Roma1

Ricercatore responsabile locale: Alessandro Cacciani

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

PROGRAMMA DI RICERCA

A) INFORMAZIONI GENERALI

Linea di ricerca	Eliosismologia e neutrini
Laboratorio ove si raccolgono i dati	
Acceleratore usato	
Fascio (sigla e caratteristiche)	
Processo fisico studiato	Onde "p" e "g" nell'interno solare
Apparato strumentale utilizzato	Filtro magneto-ottico (MOF)
Sezioni partecipanti all'esperimento	Roma1, Pisa, Teramo, Milano
Istituzioni esterne all'Ente partecipanti	Università Nizza, Tashkent, Instabul
Durata esperimento	un ciclo solare, 11 anni

B) SCALA DEI TEMPI: piano di svolgimento

PERIODO	ATTIVITA' PREVISTA
	vedere: "Proposta di nuovo esperimento" e allegato1 "Introduzione"

Nuovo Esperimento	Gruppo
Eliosismologia	2

Struttura
ROMA I

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	Incontri con i collaboratori di Pisa, Milano, Teramo					5	5	
	Estero	Istallazione e istruzione d'uso dei MOF all'estero					30	30	
Materiale Consumo	Parti ottiche, calciti, cristalli liquidi, celle spettroscopiche MOF, elettronica e meccanica					20	20		
Trasp.e facch.									
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro	10	10		
	5				5				
Affitti e manutenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile	CCD, sistema acquisizione immagini					50	50		
Costruzione Apparati	2 MOFs					50	50		
Totale							165		
Note:									

Nuovo Esperimento	Gruppo
Eliosismologia	2

Struttura
ROMA I

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	5	30	20		10		50	50	165
2002		25	20		10		20	50	125
2003		25	20		10		20	50	125
2004	5	30	20		10		20	20	105
2005	5	30	20		10		20	20	105
2006	5	30	20		10		20	20	105
2007	5	30	20		10		20	20	105
2008	5	30	20		10		20	20	105
2009	5	30	20		10		20	20	105
2010	5	30	20		10		20	20	105
TOTALI	40	290	200		100		230	290	1150

Note:

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

Mod. EN. 3

(a cura del responsabile locale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
Eliosismologia	2

Struttura
ROMA I

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	5	30	20		10		50	50	165
2002		25	20		10		20	50	125
2003		25	20		10		20	50	125
2004	5	30	20		10		20	20	105
2005	5	30	20		10		20	20	105
2006	5	30	20		10		20	20	105
2007	5	30	20		10		20	20	105
2008	5	30	20		10		20	20	105
2009	5	30	20		10		20	20	105
2010	5	30	20		10		20	20	105
TOTALI	40	290	200		100		230	290	1150

Note: identico al modulo EN3 in quanto le altre sedi hanno solo spese trascurabili di CPU.

Nuovo Esperimento	Gruppo
Eliosismologia	2

Struttura
ROMA I

PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO

ELIOSISMOLOGIA

(Alessandro Cacciani)

Introduzione:

Questa ricerca e' presentata per la prima volta ufficialmente all'INFN. Non è però la prima volta che viene posta la domanda se sia opportuno concedere finanziamenti. Vi sono diversi ordini di ragioni per cui questa proposta trova difficoltà ad essere accolta: per rispondere alle quali ho fatto un paio di presentazioni alla Sezione di Romal e sono disponibile a farne altre più dettagliate. Ma ora, avendo realizzato che il problema del modello solare è erroneamente dato per acquisito (o non rilevante per il calcolo del flusso neutrino) e trovando difficoltà ad essere creduto in prima persona, ho concepito questa introduzione in modo, a mio avviso, più efficace. Ho collezionato cioè qualche messaggio ricevuto dai massimi esperti di modelli solari, sia teorici (J.Christensen-Dalsgaard) che sperimentali-osservativi (G.Isaak, leader del network BISON; E.Fossat, leader del network IRIS che ospiterà il mio strumento MOF). C'è anche un messaggio di uno stretto collaboratore di Roger Ulrich (noto per aver lavorato sui modelli solari insieme a J.Bahcall ed ora impegnato nell'analisi dei dati eliosismologici dall'esperimento GOLF su SOHO) che elenca i motivi per continuare lo sforzo eliosismologico.

Da questi allegati si evince che:

1. è necessario conoscere meglio il core termonucleare del sole per il calcolo del flusso dei neutrini;
2. la tecnica da usare non è necessariamente solo quella spaziale;
3. lo strumento proposto dal sottoscritto (il Filtro Magneto-Ottico, MOF) e' apprezzato e conosciuto per questo scopo.

Oltre agli allegati, la ricerca viene presentata da una pagina in inglese (Summary + Description) tratta da una precedente proposta di finanziamento inoltrata all'INTAS.

Il progredire della ricerca, se finanziata, prevede: tre anni di produzione (copie) del MOF, già esistente, per essere dislocato nelle varie sedi del network;

dal quarto anno in poi, e per un ciclo solare, misure "ridondanti", cioè fatte simultaneamente da più stazioni con l'intenzione di ottenere un segnale pulito attraverso la cross-correlazione tra di essi. Questa tecnica, approvata anche dai PI di BISON e IRIS è la vincente per rendere la qualità dei dati da terra assimilabili a quelli provenienti dallo spazio, almeno per i modi di basso grado di armonica sferica (come sono i modi "g" da rivelare). Le misure vengono ulteriormente pulite prendendo vantaggio dal fatto che il MOF è uno strumento ad immagine, capace cioè di misurare simultaneamente anche il campo magnetico solare che è una sorgente di noise importante per i modi "g".

Durante questa seconda fase sarà anche utilizzato il software per l'inversione dei dati eliosismologici in modo da costruire un modello del core termonucleare attendibile per il calcolo del flusso dei neutrini. A questo scopo abbiamo la collaborazione di alcuni teorici (vedasi elenco dei partecipanti).

SUMMARY

One of the principal aims of helioseismology is to determine the structure of the inner solar core of the sun. This is of fundamental importance for our general understanding of stellar structure. Moreover, for the understanding of the significance of solar neutrino measurements it is also essential to know quite precisely the conditions under which the thermonuclear reactions are taking place. In other words, the hydrostatic and thermal stratification of the energy generating core of the sun should be accurately ascertained. The only known way to do this is seismologically, using the low degree modes that penetrate into the very central regions of the sun. Another property of importance that can be addressed seismologically is the distribution of angular velocity through the solar interior. Knowledge of this is necessary for understanding the internal dynamic of the sun and the solar cycle, also relevant to neutrino production.

Helioseismology has already led to some precise determinations of certain aspects of the solar interior. We propose the use of a more powerful instrument, the Magneto-Optical Filter, which seems to be suitable even in asteroseismology.

DESCRIPTION

Inferring the internal structure of the sun has resulted from a very close interaction between observers and theorists such as the group of Cambridge who invert the data. But none of the observations, mainly from the USA, has yielded low-degree frequencies of sufficient accuracy to measure the solar core.

The Magneto-Optical Filter is able to give a far lower noise level in comparison with other instruments and, in addition, provides imaging capability.

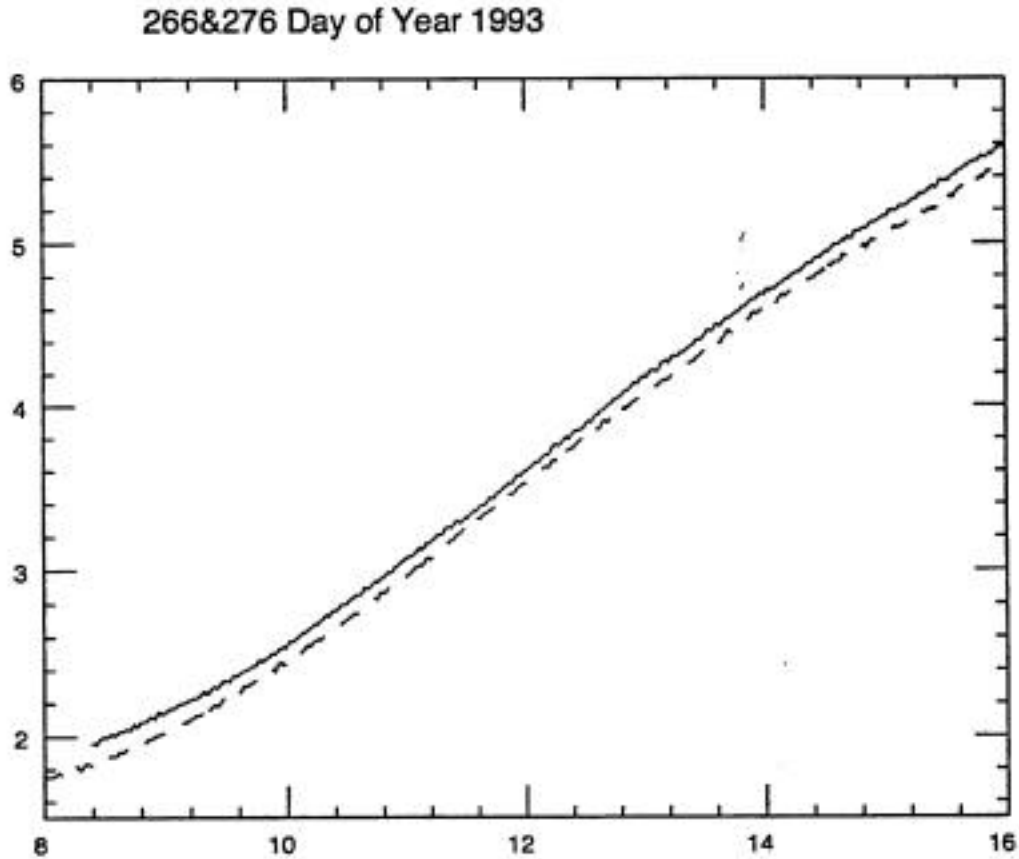
The last performance is very important, if not mandatory, considering the mode line widths, to measure the rotational splitting at the lower l -values.

Indeed the mode line widths are of the same order as the rotational splitting, so that the separation of the splitted component is not complete and the evaluation of the numerical amount is definitely uncertain using current non imaging techniques.

Recently we have demonstrated the capability of the Magneto-Optical Filter to detect low-order modes of solar oscillations (down to $l=0$) using a CCD camera, that is without losing image information. This is a very important achievement since it allows us to separate the rotationally splitted component of each solar frequency in the usual way currently adopted for high l -values.

THE REASON WHY NO OTHER INSTRUMENT HAS BEEN ABLE SO FAR TO DETECT LOW- l ROTATIONAL SPLITTING FROM IMAGE DATA (particularly interesting are the modes with $l=1,2,3$ and 4) IS THE LOW SIGNAL TO NOISE RATIO ONE CAN GET FROM LOW l -VALUES.

OUR TECHNOLOGY (namely th Magneto-Optical Filter) IS ABLE TO OVERCOME



THIS DIFFICULTY AND TWO DAYS OF INTEGRATED DISK OBSERVATION IS SHOWN IN THE FIGURE.

We plan to develop multi-station network to cover most of the 24 hours in a day, for years.

A first station is available in California and should be combined with similar ones at the Euro-Asian longitudes. A new station is being tested in Antarctica in order to cover the unfavorable season at our latitudes.

An important requirement to accomplish our project is to have the capability of analysing and interpreting the acquired data. Both the Crimean Astrophysical Observatory and the Institute of Astrophysics in Cambridge U.K., have been intensively and successfully active in theoretical studies in Helioseismology.

The infrastructure of the Crimean Astrophysical Observatory (CRAO) is ideally suited for the project, which requires the presence of both skilled observers and technicians in order to insure that the equipment remains operational, and that the data will be suitable for merging with those from the other two stations. The 25-Meter Solar Tower at the CRAO with built-in

guiding system, has a location for a light beam which can be provided to this project from sunrise to sunset on every available observing day. Radio frequency Universal Time receivers will be employed to synchronize the daily observations at the different stations. The staff of the CRAO has good experience in both observational and theoretical studies of solar oscillations and helioseismology. One of the first helioseismology projects to observe global oscillations of the Sun has been running at the Observatory for about 20 years. The data have been analysed in cooperation with Stanford Solar Observatory, University of Nice and Birmingham University; and some interesting results on long-period solar oscillations and their variations with solar cycle have been obtained.

However, it has become clear that further progress in this subject is possible only with new-generation instruments of higher sensitivity, like the unique Magneto-Optical Filter, developed by A. Cacciani, and with multi-site observational network to provide uninterrupted series of data. Theoretical work at the CRAO has been conducted in close collaboration with D.O. Gough and his Solar Group at the University of Cambridge. As a result of it, various techniques and computer programs have been developed for helioseismic data analysis. They will be used in the proposed project.

We feel that this collaboration will provide a unique combination of theoretical and instrumental skills in the extended Europe that include the New Independent States of the former Soviet Union.

Date: Mon, 12 Jun 2000 21:09:02 +0200 (CEST)
From: "J. Christensen-Dalsgaard" <jcd@ifa.au.dk>
To: Alessandro.Cacciani@romal.infn.it
Subject: MOF

Dear Alessandro,

Thank you for your mail concerning the Magneto-Optical Filter and the continued efforts to develop and utilize it. I am sorry that I only respond so late, and very briefly at that: I have just returned from a short vacation in Paris, and I have a meeting in Copenhagen tomorrow. Later in the week I should certainly be happy to provide further details.

I wholeheartedly support the statements made by George Isaak on this matter.

The ground-based observations are essential for further progress on low- and moderate-degree helioseismology, and we are still far from understanding the solar core, to the study of which these modes are essential. The determination of the solar sound speed becomes uncertain in the inner 10 % of the solar radius; in particular, different independent observations yield results which are inconsistent at a level which is certainly astrophysically interesting. For solar rotation the situation is even more uncertain, only fairly coarse and uncertain determinations of the average rotation rate having been obtained for the inner 15 – 20 % of the Sun. Interestingly, the best determinations of rotational splittings are based on ground-based observations.

The MOF has played a very important role in these observations. I share Isaak's concern that too little credit has been given to your contributions to these efforts, which have indeed been absolutely essential. The availability of further instruments of this nature would be of very great value to the continuing development of helioseismology, in parallel with the efforts of the GONG project and the instruments on the SOHO spacecraft; it should of course be kept in mind that the SOHO instruments likely have a fairly limited lifetime, compared with the relevant timescales, as a result of both technical and financial issues.

Thus I very much hope that means can be obtained for you to continue your crucial work, for the benefit of the solar physics and astrophysical communities.

With my best regards

Joergen

Date: Wed, 14 Jun 2000 18:10:47 +0200 (CEST)
From: "Eric.FOSSAT" <fossat@taloa.unice.fr>
To: Alessandro Cacciani <Alessandro.Cacciani@romal.infn.it>
Subject: IRIS

Dear Alessandro,

As you know, we are now completely refurbishing the Iris network for full disk helioseismology. Since 1989, this network has been operated with an increased number of stations from 1 at the beginning to 6 after 1994. Now, the new network, including a modernized version of our own instrument, plans to deploy only 4 stations after 2002.

The "only" 4 stations is because we have now agreements with several other groups for sharing data, so that the IRIS-2000 network will be an extended network including IRIS and also partner instruments.

Among these partners, we definitely count on at least one of your own instruments to be set at Tashkent. It is for this reason that we have obtained our european INTAS grant, and that our uzbek colleague Shuhrat Ehgamberdiev has obtained for you a grant from the italian embassy for the travel and installation costs.

I understand now that you are facing some difficulty to finalise the construction of this instrument. I hope this difficulty will find a quick solution because the all construction of this new Iris network takes your instrument into account. And I don't have to insist on the necessary redundancy between several ground based instruments to make it possible to obtain ground based data as good as space data.

I will meet you next week in Colorado, at our annual Iris workshop, where we will discuss the long term political and collaboration issues. I do hope that you will have good news to tell us about the uzbek MOF.

Very sincerely, with my warmest regards

Eric

++++
Eric Fossat
UMR 6525 Astrophysique
Universite de Nice Sophia Antipolis
Parc Valrose
F - 06108 Nice Cedex 2

Date: Sat, 10 Jun 2000 19:37:55 +0100 (BST)
From: George Isaak <gri@star.sr.bham.ac.uk>
To: Alessandro Cacciani <Alessandro.Cacciani@romal.infn.it>
Cc: jcd@obs.aau.dk, dgough@solar.stanford.edu, eric.fossat@unice.fr
Subject: Re: a proposal in danger

Dear Alessandro

I am off on holidays for three weeks in a few hours, therefore my reply will be v.v. short.

- (1) The Phoebus collaboration paper, to appear in ApJ in July, shows that (our) ground based data are as good as MDI, and would be better if we had overlap and cross correlation, as you suggest and as I tried to argue for, in the UK, for years and years during the days when I and Roxburgh had a deciding role in funding: of course we did not get it because all know, particularly theoreticians, that space is better, no point in telling them otherwise, never mind the facts.
- (2) Space measurements are not required for low I and, very likely, for intermediate I measurements.
- (3) Ground equipment is cheap, can be serviced, can be upgraded etc.etc AND can be used in cross correlation mode whereas it would require SEPARATE SPACE PLATFORMS to achieve the same.

As you know, Alessandro, I am a physicist and believe in the philosophy which physics has been practicing for generations ... an experimentalist/observer ideally conceives, designs, builds, tests, deploys, measures, analyses and tries to interpret he/she should get credit for the apparatus, because otherwise there would be no data to analyse.....

The moment we reach a situation where the apparatus is left to engineers or technicians, little innovation in the topic will ensue. A look at optical telescopes between 100 and 1970 demonstrates this

You ought to have got credit for the contribution you made to the MOF. It is outrageous that you are not on the papers, not only one paper.....

We, in Birmingham, have in the past been trying to give credit for this: without the McLeods, the News or the Isaaks there would have been no instruments and no BISON to provide data to be looked at.....

I wish you success in persuading your funding bodies, because you deserve much better than you have fared

George

++++
+++

Prof. George Isaak
School of Physics and Astronomy
University of Birmingham

Tel. 0121-414-4575
Fax. 0121-414-4577

Date: Tue, 6 Jun 2000 10:38:23 -0700 (PDT)
From: Luca Bertello <bertello@astro.UCLA.EDU>
To: Alessandro.Cacciai@romal.infn.it
Subject: Re: richiesta

Caro Alessandro,

Coloro che pensano che ormai tutto sia stato fatto sono chiaramente wrong ! Ho scritto il seguente di getto, quindi lo stile non è proprio dei migliori ... E' impossibile riassumere tutto in una frase. Spero che i seguenti due paragrafi ti possano essere di aiuto. Ovviamente sei libero di riorganizzarli a tuo piacimento.

A presto

Luca

In questi ultimi anni, per merito soprattutto dei risultati ottenuti dagli esperimenti a bordo di SOHO, è risultato chiaro che le ipotesi utilizzate nel modello solare standard non sono sufficienti per spiegare la struttura attuale dell' interno del Sole. Le questioni ancora aperte sono ad esempio:

- 1) gli effetti della rotazione e del campo magnetico;
- 2) la storia del momento angolare;
- 3) il modo in cui la convezione effettivamente opera;
- 4) l'inspiegabile ridotta abbondanza fotosferica del Litio;
- 5) la presenza di mixing a differenti strati all'interno del Sole.

Inoltre, i risultati ottenuti sia da SOHO che dai ground networks hanno dimostrato che esiste una differenza significativa tra il quadrato della velocità del suono "osservato" nel Sole (per mezzo delle tecniche di inversione dei dati heliosismologici) e quella dedotta dal modello standard. Il lavoro di A.S. Brun, S. Turck-chieze and J.P. Zahn (ApJ 525, 1032-1041) describe in più dettagli quanto ho riportato sopra.

Il problema dei neutrini solari è direttamente connesso con le ipotesi assunte dal modello solare utilizzato. Se le ipotesi non sono adeguate, allora anche il conteggio ne risulta affetto. E' importante quindi avere un modello solare che riesca a spiegare le osservazioni ottenute per mezzo sia dei satelliti e sia dei ground networks. Il modello solare standard che utilizziamo oggi è chiaramente inadeguato. Da questo punto di vista, la ridondanza delle osservazioni rappresenta l'unico strumento che abbiamo per migliorare la nostra conoscenza dell'interno del Sole. Il potenziamento che molti ground networks (e.g. GONG e IRIS) stanno attuando in questi anni risponde proprio all'esigenza di ottenere dati di più elevata qualità da essere utilizzati per migliorare il modello solare attuale.

Lista dei partecipanti

SPERIMENTALI

Alessandro Cacciani.....Roma1	50%
Vincenzo Di Martìno.....Roma1	50%
Paolo Rapex.....Roma1	75%
AbertoMacchia.....Fisico, collaboratore esterno	25%
G.Giacomo Spinucci.....Fisico, collaboratore esterno	25%

TEORICI

Vittorio Castellani.....Pisa	20%
Scilla Degl'Innocenti.....Pisa	20%
Oscar Straniero.....Teramo	15%
Mauro Dolci.....Teramo	15%
Roberto Dolcetta.....Roma1	15%
Elio Antonello.....Milano	10%

Pubblicazioni scientifiche più significative del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

1. **CACCIANI**, *THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE MAGNETO-OPTICAL FILTER*, (1991), JPL D#1190
2. **RHODES, CACCIANI**, *CONFIRMATION OF SOLAR CYCLE DEPENDENT INTERMEDIATE DEGREE P-MODE FREQUENCY SHIFTS*, (1993), *ASTROPHYSICAL JOURNAL* (1993) VOL 406 PG. 714-722
3. **CACCIANI**, *L = 1 ROTATIONAL SPLITTING DETECTED FROM A 69 DAY RUN USING THE MAGNETO-OPTICAL FILTER.*, (1995), *FOURTH SOHO WORKSHOP IN HELIOSEISMOLOGY*, ESA SP-376, VOL2M PG 345
4. **CACCIANI**, *DOPPLER OBSERVATION OF THE IMPACT OF COMET P/SL9, FRAGMENT A*, (1995), *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL 22, NO 17, PG 2437-2440
5. **CACCIANI**, *MEASURING DOPPLER AND MAGNETIC FIELDS SIMULTANEOUSLY*, (1997), *SOLAR PHYSICS*, 1997; VOL 174, PG. 115-128

Altri finanziamenti disponibili o promessi

- MURST cofinanziamento 1998 , 52 MI di cui 20 disponibili
- ASI 100 MI di cui 30 disponibili
- PNRA 100 MI NON disponibili

Esperimento

gruppo

Rappresentante nazionale

Struttura res. naz

nuovo continua

Eliosismologia

2

Alessandro Cacciani

Roma1

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
ROMA1	Personale												
	Ricercatori		1,0	Tecnologi		1,0	Tecnici					Servizi mesi uomo	
	FTE		0,5	FTE		0,5	FTE						
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori			0,50			Ricercatori+Tecnologi			0,50			
	Eliosismolo	5		30	20				10		50	50	165
	di cui sj												
	Totali	5		30	20				10		50	50	165
	di cui sj												
	Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)			165,00									
	TOTALI												
Totali	5		30	20				10		50	50	165	
di cui sj													
Confronto con il modello EC4													
Mod. EC4 dati													
Totali-Dati EC4	5,0		30,0	20,0				10,0		50,0	50,0	165,0	
Personale													
Ricercatori		1,0	Tecnologi		1,0	Tecnici						Servizi mesi uomo	
FTE		0,5	FTE		0,5	FTE							
Rapporti (FTE/numero) Ricercatori			0,50			Ricercatori+Tecnologi			0,50				
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)			165,00										