

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEAREPreventivo per l'anno **2001**

Nuovo Esperimento	Gruppo
MUNES	5

Struttura ROMA I
Gr. coll. SANITA'

Rappresentante Nazionale: Del Giudice Paolo

Struttura di appartenenza: Gr. coll SANITA'

Ricercatore responsabile locale: Del Giudice Paolo

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

PROGRAMMA DI RICERCA**A) INFORMAZIONI GENERALI**

Linea di ricerca	Realizzazione elettronica di un sistema multi-chip ibrido, costituito da chip analogici VLSI neuromorfi e colture neuronali su "multi-electrode attays"
Laboratorio ove si raccolgono i dati	
Acceleratore usato	
Fascio (sigla e caratteristiche)	
Processo fisico studiato	
Apparato strumentale utilizzato	
Sezioni partecipanti all'esperimento	Gruppo Collegato di Sanità, Roma2
Istituzioni esterne all'Ente partecipanti	INI (Istituto di neuroinformatica), ETH, Zurigo Università di Berna (Istituto di Fisiologia)
Durata esperimento	2 anni

B) SCALA DEI TEMPI: piano di svolgimento

PERIODO	ATTIVITA' PREVISTA
	VEDI ALLEGATO n. 1, 2, 3

Mod. EN. 1

(a cura del rappresentante nazionale)

Nuovo Esperimento	Gruppo
MUNES	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	Missioni interno	2	2		
	Estero	Circa 30 giorni/uomo a Zurigo e Berna Partecipazione di 2 persone al workshop di Telluride Presentazioni a congressi	10 5 3	18		
Materiale Consumo	Componenti elettronici e circuiti stampati	20	20			
Trasp.e facch.						
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette		Altro
Affitti e manutenz. apparecchiati.						
Materiale Inventariabile	Programmatore di EPROM	2	4			
	Upgrade PC	2				
Costruzione Apparati						
Totale			44			
Note:						

Nuovo Esperimento	Gruppo
MUNES	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
2001	2	18	20				4		44
2002	2	20	20						42
TOTALI	4	38	40				4		86

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
MUNES	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
2001	2	28	60				6		96
2002	2	30	70						102
TOTALI	4	58	130				6		198

Note:

Nuovo Esperimento	Gruppo
MUNES	5

Struttura ROMA I

Gr. coll. SANITA'

PROPOSTA DI NUOVO ESPERIMENTO

VEDI ALLEGATO 1 - 2 -3

Codice	Esperimento	Gruppo
	MUNES	5

Struttura ROMA I
Gr. coll. SANITA'

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI 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	SERVIZI TECNICI Annotazioni

INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA
AMS/Fraunhofer (fonderia VLSI in ambito Europractice)	

Codice	Esperimento	Gruppo
	MUNES	5

Struttura ROMA I
Gr. coll. SANITA'

REFEREES DEL PROGETTO	
Cognome e Nome	Argomento

MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001	
Data completamento	Descrizione
	VEDI ALLEGATO n.4

COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE
<p>L'esperimento verrà condotto in stretta e paritetica collaborazione con due centri di eccellenza nel settore. L'INI è oggi l'indiscusso centro di riferimento per lo sviluppo di hardware neuromorfo in Europa, mentre l'Istituto di Fisiologia dell'Università di Berna sta svolgendo un ruolo pionieristico nello studio di vere e proprie reti di neuroni in vitro attraverso i multi-electrode arrays. La collaborazione del gruppo I.N.F.N. proponente in questo ambito è già stabilizzata da collaborazioni passate e presenti; questo è testimoniato, tra l'altro, dal fatto che presso l'INI svolge attualmente la sua tesi di dottorato una persona che ha svolto la sua tesi di laurea all'interno del gruppo proponente, nell'ambito dell'esperimento NALS, mentre un'altra, attualmente in forze al gruppo di Berna, ha completato un art., 36 I.N.F.N. presso la sezione di Roma1 nello stesso contesto.</p>

LEADERSHIPS NEL PROGETTO	
Cognome e Nome	Funzioni svolte

Proposta di progetto:

MUNES: MUlti-chip NEuromorphic System

L'esperimento proposto si colloca nel settore del cosiddetto 'hardware neuromorfo'. Si intende con questo termine (coniato una decina di anni fa da Carver Mead) lo sviluppo di dispositivi elettronici direttamente ispirati alla struttura ed ai principi di funzionamento di sistemi neuronali con specifiche funzioni sensoriali e/o elaborative. Dal punto di vista realizzativo si tratta prevalentemente di dispositivi VLSI analogici full custom, caratterizzati da elevato parallelismo, consumi molto bassi, velocità basse ed elevata 'robustezza' rispetto alla variabilità tra i (molti) elementi dinamici costitutivi.

La proposta di esperimento MUNES rappresenta il punto di convergenza delle linee di ricerca di tre gruppi nell'ambito dell' 'hardware neuromorfo':

1. Il gruppo INFN proponente ha maturato negli ultimi anni una solida esperienza nella formulazione teorica, nella progettazione, nella realizzazione e nei test di chip neuromorfi con un numero elevato di neuroni impulsanti che comunicano attraverso sinapsi plastiche in regimi dinamici di feedback elevato. Questa esperienza si è resa possibile grazie all'esperimento NALS (1998-2000), ideato e coordinato dal prof. D. Amit.
2. Presso l'Istituto di Fisiologia dell'Università di Berna è attivo un gruppo interdisciplinare, la cui attività è soprattutto focalizzata sullo studio sperimentale 'in vitro' dei fenomeni di plasticità sinaptica, sia a breve che a lungo termine, unitamente allo sviluppo di modelli teorici dei dati sperimentali raccolti. In particolare questo gruppo si sta specializzando nell'utilizzo, pionieristico, dei cosiddetti 'Multi-Electrode-

Arrays' (MEA). Si tratta di dispositivi (sviluppati presso il Politecnico di Losanna) in grado di ospitare campioni di tessuto nervoso di apprezzabili dimensioni (ordine 3000-4000 neuroni) in condizioni di vitalità, e di stimolare/registrazione l'attività neuronale attraverso una matrice di alcune decine di elettrodi extra-cellulari. La strategia sperimentale resa possibile da questi dispositivi è radicalmente innovativa rispetto alle tecniche tradizionali di sperimentazione 'in vitro', perché nel caso di quest'ultime, se da un lato si ha un notevole controllo sulle condizioni sperimentali (condizioni di 'patch clamp'), la relativa registrazione intra-cellulare limita la vita dei neuroni osservati a poche ore. Per questo motivo l'osservazione di fenomeni di modificazione sinaptica, indotti dalla attività neuronale, caratterizzati da lunghe scale di tempi in condizioni naturali, richiede negli esperimenti l'adozione di protocolli di stimolazione del tutto innaturali, con rischiose implicazioni per la significatività dei risultati. L'utilizzo dei MEA apre la strada verso una sperimentazione degli effetti di plasticità sinaptica in condizioni di stimolazione neuronale molto più realistiche.

3. L'Istituto di Neuroinformatica (INI) dell'Università di Zurigo è un centro di ricerca leader a livello europeo, e di riconosciuta eccellenza a livello mondiale, nel settore dello sviluppo di hardware neuromorfo. In particolare l'INI è oggi diventato il punto di accumulazione degli sforzi più avanzati per la costruzione e l'ingegnerizzazione di dispositivi neuromorfi in grado di trovare applicabilità anche immediata (come nel caso di dispositivi per la guida autonoma di piccoli robot in un ambiente variabile).

Il progetto MUNES, concepito come iniziativa congiunta dei tre gruppi sopra menzionati, si propone di esplorare, nel corso di due anni, la fattibilità di una completa, sebbene semplice, catena di elaborazione di dati sensoriali.

Nelle nostre intenzioni, si vorrebbe costruire un sistema eterogeneo costituito dai seguenti 'blocchi' di elaborazione:

1. retina(e) di silicio: questi dispositivi, tra i primi originariamente proposti dal Caltech come concreti esempi di sensori neuromorfi, hanno

raggiunto in questi anni un discreto livello di 'stabilita' tecnologica, grazie agli sforzi compiuti in gran parte presso l'INI. Sebbene le loro proprieta' in termini di "visione" siano ancora primitive, posseggono caratteristiche incoraggianti, prima fra tutte la capacita' di adattamento dinamico alle variazioni di luminositaa', con il conseguente sfruttamento ottimale del limitato range dinamico.

2. moduli associativi: si trattera' di uno stadio di elaborazione composto da due elementi: chip neuronali che realizzeranno reti ad attrattori del tipo di quelle sviluppate dal gruppo INFN proponente nell'ambito dell'esperimento NALS (con alcune probabili modifiche della dinamica neuronale), e moduli MEA, ai cui neuroni le reti su chip offriranno un contesto dinamico (forniranno cioe' un feedback realistico in tempo reale). In questo stadio di elaborazione il sistema dovrebbe essere in grado di 'riconoscere' se lo stimolo codificato nel primo stadio 'sensoriale' e' o meno "familiare": se cioe' e' stato presentato un numero sufficiente di volte nel passato affinche' la struttura sinaptica della rete, plastica su lunghe scale di tempo, ne conservi memoria. Nel caso di uno stimolo familiare, l'attivita' neuronale nei moduli associativi convergera' ad un regime stabile (attrattore) che codifica il "riconoscimento" dello stimolo.
3. moduli "decisionali": affinche' l'eventuale riconoscimento dello stimolo in ingresso possa essere efficacemente utilizzato da stadi successivi di elaborazione (o da moduli effettori, per esempio motori) la rappresentazione distribuita realizzata dal pattern di attivita' riverberante nei moduli associativi necessita di una qualche forma di 'compressione' dell'informazione. Moduli "decisionali" saranno dedicati a questa funzione, ricevendo in ingresso il pattern di attivita' dei moduli associativi, e producendo in uscita una rappresentazione semplice della eventuale classificazione associata a quel pattern. Il gruppo proponente INFN ha nel passato studiato un problema in parte analogo nel contesto di una rete (LANN27) ad elementi discreti e della relativa "rete di output" che fu sviluppata. E' da sottolineare che quest'ultimo stadio di elaborazione, relativamente semplice in condizioni di "supervisione" esterna, risulta di difficile implementazione se si richiede che l'associazione tra la risposta "motoria" e lo stato dei moduli associativi venga "appresa"

in modo completamente non supervisionato.

Elemento di grande rilevanza e' la gestione delle comunicazioni tra gli elementi di un tale sistema. Malgrado la notevole diversita', funzionale e costitutiva, dei moduli di elaborazione descritti, essi condividono l'"alfabeto" elementare di comunicazione, costituito semplicemente da sequenze di impulsi. Gia' da diversi anni, nella comunita' scientifica di riferimento, e' in corso una discussione sulla definizione di un bus e di un protocollo standard di comunicazione ottimale in relazione alla peculiare natura (puntuale e asincrona) degli eventi di comunicazione da gestire. Questa discussione ha condotto alla proposta di un protocollo convenzionalmente denominato AER (Address Event Representation). Nell'ambito dell'esperimento NALS fu gia' affrontato il problema di progettare dei dispositivi multi-chip adottando l'AER come standard di comunicazione. Le ipotesi esplorate (in particolare attraverso una tesi di laurea all'interno del gruppo), basate sull'utilizzo di DSP per la gestione della comunicazione, non si sono rivelate idonee. Nella attuale fase finale dell'esperimento NALS, abbiamo ripreso questo problema da un diverso punto di vista, anche come conseguenza di una piu' diretta interazione con il gruppo di Zurigo, e ne e' nato il progetto di una interfaccia tra il bus AER e il bus standard PCI, con l'obiettivo di realizzare una interfaccia standard per tutti i dispositivi neuromorfi con il PCI. Questo costituisce una premessa necessaria per un efficace ulteriore sviluppo di sistemi neuromorfi complessi, fornendo l'effettiva possibilita' di controllo programmato del sistema.

L'elettronica di interfaccia e' attualmente in una fase embrionale, anche se la prima versione, a funzionalita' limitata, della scheda ha dato risultati molto positivi; a testimonianza di questo in un meeting recente negli Stati Uniti molti gruppi hanno proposto di adottare fin d'ora questa interfaccia come standard per i dispositivi neuromorfi.

La rilevanza di questi dispositivi di interfaccia, evidente di per se', risulta in modo particolare dalla considerazione della natura dei 'test' dei dispositivi neuromorfi. In genere, ultimato il progetto, comunque complicato, di un chip, la fase di test consiste essenzialmente nella verifica che le specifiche di progetto siano state rispettate, e che non vi siano effetti elettronici spuri non previsti dai simulatori. La situazione nel caso dei chip neuromorfi e'

radicalmente diversa. In questo caso si tratta di verificare la correttezza del comportamento di un sistema dinamico, implementato sul chip, a molti gradi di liberta', in cui il rumore, lungi dall'essere una caratteristica spuria da rimuovere, e' parte integrante del 'motore' dinamico del sistema. I test di un tale dispositivo non possono quindi che essere prevalentemente statistici, e la fase di test assomiglia molto piu' a un vero e proprio 'esperimento' che a una semplice verifica progettuale. Questo fatto rende indispensabile disporre di una interfaccia programmabile con il dispositivo, in modo da permettere, per esempio, di adottare dei protocolli di stimolazione della rete su chip con proprieta' statistiche volute, per saggiare specifiche caratteristiche dinamiche del sistema.

Il quadro delineato e' certamente molto ambizioso, e nell'arco dei due anni previsti per l'esperimento l'obiettivo raggiungibile e' un concreto studio di fattibilita' di una catena di elaborazione in tempo reale come quella descritta, in vista di un (auspicabile) bersaglio finale, certamente di lungo periodo.

E' pero' da sottolineare il fatto che la struttura di collaborazione internazionale proposta appare fin d'ora adeguata e ben equilibrata riguardo alla distribuzione di competenza e responsabilita'.

Versioni preliminari di molti degli elementi fondamentali che dovranno connettersi per l'allestimento del sistema di elaborazione in tempo reale sono stati gia' realizzati dai gruppi proponenti, e il programma di lavoro che ci siamo prefissi sembra poggiare su basi concrete e solide.



University of Bern

Dr. Walter Senn
Institute of Physiology
Bühlplatz 5
CH-3012 Berne

Email: wsenn@cns.unibe.ch
Tel: +41 31 631 87 21
Fax: +41 31 631 46 11
<http://www.cns.unibe.ch/>

Paolo del Giudice
Physics Laboratory
Istitute Superiore die Sanità
Viale Regina Elena, 299
00161 Roma

Berne, 12. 7. 2000

Collaboration between the Physiological Institute and the INFN (MUNES experiment)

The main motivation of our collaboration with the INFN and the INI-ETH is to understand the basic principles of working memory formation. Our group investigates cellular and network mechanisms by means of *in vitro* experiments which could subserve the process of learning and, on the long run, of working memory. In particular, we investigate questions of short-term and long-term synaptic plasticity, pyramidal cell transfer functions and the formation of Hebbian assemblies. These questions are addressed by patch-clamp recordings from single and synaptically connected cells, by field stimulations and intracellular recordings, and by multielectrode array (MEA) recordings/stimulations from neocortical slices of the rat.

With regard to the hypothesis underlying working memory, our goal is to experimentally prove the functional relevance of synaptic plasticity in the formation of spatial activity patterns in the neocortical slice. While patch-clamp techniques for recording single cell activities are well established, MEA techniques for tracing the activity of neural populations in cortical slices have yet to be developed. In our lab, MEA recordings will be combined with extracellular field stimulations and patch-clamp recordings from single cell in the same preparation. Recent experiments reveal Hebbian stimulation protocols which induce long-term modifications in synaptic connections projecting onto a specific layer 5 pyramidal cell. Other experiments characterize the transfer function of a pyramidal cell with respect to Gaussian current injected into the soma. These experiments allow the construction of building blocks to characterize the network behavior in the cortical slice as well as in our simulations.

The MUNES experiment will perform the first steps towards merging neural populations in cortical slices (through the MEA technique) with networks of neurons on neuromorphic chips. A 'realistic', real-time massive feedback on the chip is a requisite to emulate the functional properties of the cortical dynamics

observed in the slice. Advances in optimally managing the asynchronous communication of spikes in multi-chips systems will be a needed technological step to accomplish such a real-time, heterogeneous system.

On the experimental side the group in Berne consists of one postdoctoral and two doctoral students working together with Prof. H.-R. Lüscher on three completely equipped setups (with three IR-DIC microscopes and hardware/software from multichannel systems, total manpower of 350%). The experiments are supported by theoretical analysis and simulations performed by two doctoral students in Computational Neuroscience, supported by the staff members Dr. S. Fusi (Physics) and myself (Mathematics, with a total manpower of 300%).

Dr. Walter Senn

Date: Tue, 11 Jul 2000 20:29:11 +0200
From: Rodney Douglas <rjd@ini.phys.ethz.ch>
To: paolo@ibmtera.iss.infn.it
Subject: Re: Proposal for joint project

Dear Prof Del Giudice

This email serves to confirm our intent to collaborate with you in the context of your application to the Italian National Institute for Nuclear Research (INFN) for funding of a 2 year research project focused on the development of multi-chip neuromorphic devices, and asynchronous communications among the components of such multi-chip systems ("MUNES" experiment).

regards

Prof. Rodney Douglas

Institute of Neuroinformatics
University/ETH Zurich
Winterthurerstrasse 190
Zurich 8057, Switzerland

Tel : +41 1 635 3052
Fax : +41 1 635 3053
rjd@ini.phys.ethz.ch
www.ini.unizh.ch

ALLEGATO n.4 - Esperimento MUNES

Responsabile nazionale Del Giudice Paolo

Milestones per il 2001:

- Gennaio:** Completamento e invio in fonderia chip TLANN (RM2)
- Marzo:** Realizzazione versione 1 della scheda AER-PCI (Sanità)
Completamento software (driver linux/win + interfaccia utente) per scheda AER-PCI (Sanità + Zurigo)
- Marzo /Giugno:** Sistema LANN128 + TLANN + AER-PCI (RM2 + Sanità + Zurigo + Berna) (LANN128 completata in ambito NALS nel 2000)
Interfacciamento retina artificiale - scheda AER-PCI (Sanità + Zurigo)
- Giugno - Ottobre:** Test sistema retina + LANN128 + TLANN + AER-PCI (RM2 + Sanità + Zurigo + Berna)
- Giugno - Dicembre:** Progetto e fusione chip misto analogico/digitale LANN50, con implementazione AER on chip. (RM2)
- Gennaio - Dicembre:** Esperienza con i multi-electrode arrays (MEA) (Berna)

Programma di massima per il 2002

- Nuova versione scheda AER-PCI
- Prime esperienze di interfacciamento di MEA con AER-PCI
- Nuova versione del chip TLANN, verso MEA
- Allestimento sistema completo retina +LANN128 + MEA + TLANN + AER-PCI

Codice	Esperimento	Gruppo
1156	MUNES	5

Struttura
ROMA II

 Ricercatore responsabile locale:
Salina G.
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				
	Estero	20 giorni/uomo a Zurigo e Berna Congressi (Telluride + congresso)	6 4	10	
Materiale Consumo		Produzione chip Tlann (AMS 0,6 CUP ~ 24 mm2)	18	40	
		Produzione chip misto Lann50 (AMS 0,6 CUP ~ 26 mm2)	20		
		Componemti Elettronici	2		
Trasp.e facch.					
Spese Calcolo		Consorzio			
		Ore CPU			
Spese Calcolo		Spazio Disco			
		Cassette			
Spese Calcolo		Altro			
Affitti e manutenz. apparecchiati.					
Materiale Inventariabile		Upgrade PC	2	2	
Costruzione Apparati					
Totale				52	
Note:					

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
1156	MUNES	5

Struttura
ROMA II

ALLEGATO MODELLO EC 2

Codice	Esperimento	Gruppo
1156	MUNES	5

Struttura
ROMA II

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	40				2		52
2002		10	50						60
TOTALI		20	90				2		112

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
1156	MUNES	5

Struttura
ROMA II

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Deandregiovanni M. Relatore G. Salina e D.J. Amit	<input type="radio"/> SI	<input checked="" type="radio"/> NO	Reti A-Vlsi Neuromorfe
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

INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA
AMS/Fraunhofer	Produzione dispositivi VLSI

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	
ROMA2	Personale													
	Ricercatori		2,0		Tecnologi					Tecnici		1,0	Servizi mesi uomo	
	FTE		0,5		FTE					FTE		0,3		
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori				0,25				Ricercatori+Tecnologi				0,25	
	MUNES				10		40						2	52
	di cui sj													
	Totali				10		40						2	52
	di cui sj													
	Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)				104,00									
	SANITA	Personale												
Ricercatori			2,0		Tecnologi					Tecnici		1,0	Servizi mesi uomo	
FTE			1,0		FTE					FTE		1,0		
Rapporti (FTE/numero) Ricercatori				0,50				Ricercatori+Tecnologi				0,50		
MUNES			2		18		20					4		44
di cui sj														
Totali			2		18		20					4		44
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)				44,00										
TOTALI														
Totali		2		28		60						6	96	
di cui sj														
Confronto con il modello EC4														
Mod. EC4 dati														
Totali-Dati EC4		2,0		28,0		60,0						6,0	96,0	
Personale														
Ricercatori		4,0		Tecnologi						Tecnici		2,0	Servizi mesi uomo	
FTE		1,5		FTE						FTE		1,3		
Rapporti (FTE/numero) Ricercatori				0,38				Ricercatori+Tecnologi				0,38		
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)				64,00										