

MANIFOLD

Multidimensional nANodevice architectures
For low-perturbation single-ion Detection

Proposta di nuovo esperimento CSN5

Informazioni generali

- Sigla: **Multidimensional nANodevice architectures For lOw-perturbation singLe-ion Detection (MANIFOLD)**
- Durata proposta: **3 ANNI**
- Area di ricerca: **RIVELATORI**
- Responsabile nazionale: Francesco Rossella, associato INFN sezione di Pavia, rtdB Università di Modena e Reggio Emilia (0.6 FTE)
- Unità partecipanti: **PAVIA** (PV, 1.7 FTE), Laboratori Nazionali di **LEGNARO** (LNL, 1.1 FTE), **TOR VERGATA** (RM2, 1.7 FTE), Laboratori Nazionali del **GRAN SASSO** (LNGS, 1 FTE)
- Enti/laboratori esterni (endorsement letter): Center for Nanotechnology Innovation@NEST, ISTITUTO ITALIANO DI TECNOLOGIA, Pisa (2D Materials Engineering, Camilla Coletti) & ISTITUTO NANOSCIENZE-CNR, Pisa (nanowire growth, Lucia Sorba)

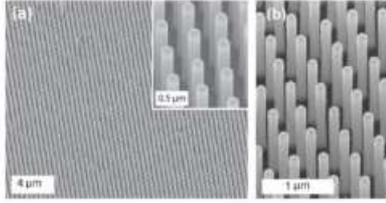
Contesto

- Rivelazione di fasci ionici (^1H , ^4He , 200-2000 keV)
- sfida#1: rivelare fasci ionici rarefatti ($<10^3$ p/s) senza perturbarli
- sfida#2: risolvere spazialmente il fascio ionico con errore $<1\mu\text{m}$
- Potenziale impatto scientifico su interessi Ente:
 - particle counter risolto spazialmente
 - deterministic implantation/precision targeting (singoli ioni/dopanti)
 - creazione di array di difetti localizzati in nuovi materiali (solid state QT, Q-sensing)

Obiettivi

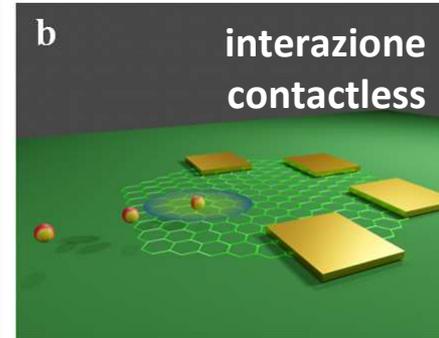
- I. sviluppare rivelatori non-perturbanti o a perturbazione trascurabile di fasci ionici rarefatti ($\ll 1\text{pA}$)
- II. sviluppare rivelatori di fasci ionici con risoluzione spaziale $<1\mu\text{m}$ e accettanze compatibili con i fasci esistenti
- III. Conseguire simultaneamente obiettivi I&II: sviluppare **rivelatori non-perturbanti di fasci rarefatti con risoluzione spaziale $<1\mu\text{m}$**
- IV. Estendere gli obiettivi I-II-III al caso di fasci ionici ultra-rarefatti ($<10^3$ p/s), virtualmente al **singolo ione**

Metodologia



**PV, RM2
LNL,
LNGS**

**Dispositivi: strutture
multidimensionali
di nanomateriali**



**LNGS,
RM2,
PV**

INTERACTION MODELING, DEVICE DESIGN

- ✓ Nonlinear electro-optical effects
- ✓ nanoplasmonics

MAT. ENGINEERING, DEVICE FABRICATION

- ✓ III-V semiconductor nanowires
- ✓ Multi-walled carbon nanotubes
- ✓ CVD multilayered 2D-nanomaterials

**LNL,
PV**



**Integrazione dispositivo-
acceleratore**

BEAM MANIPULATION & DETECTION

- ✓ from 1pA to single ion
- ✓ Non perturbing detection



Risultati attesi

- I. Sviluppo di nuovi rivelatori di fasci ionici rarefatti, non-perturbanti o a perturbazione trascurabile
- II. Sviluppo di nuovi rivelatori di fasci ionici con risoluzione spaziale $<1\mu\text{m}$
- III. Sviluppo di nuovi rivelatori di fasci ionici rarefatti, non-perturbanti e con risoluzione spaziale $<1\mu\text{m}$
- IV. Protocollo per estensione risultati I-III al singolo ione

Richiesta finanziaria

SEZIONE (FTE)	3y (provv.) Budget	1y (2024) Budget
PV (1.70)	87	71
LNL (1.10)	105	65
RM2 (1.70)	71	41
LNGS (1.00)	6	2
Tot. (5.50)	269	179

FTE RM2

RICHIESTE FINANZIARIA

ANNO 2023		BILANCIO 3 ANNI MANIFOLD (PRELIMINARE)										
	MANIFOLD	INVENTARIO			CONSUMO			MISSIONI			TOTALI	
	CSN V	2024	2025	2026	2024	2025	2026	2024	2025	2026		
	(FTE)	TV	24			14	14	10	3	3	3	71
	1.70											
Fabio De Matteis	RL											
Andrea Salamon												
Manuela Angela Scarselli												
Luca Persichetti												
Luca Camilli												
Matteo Salvato												

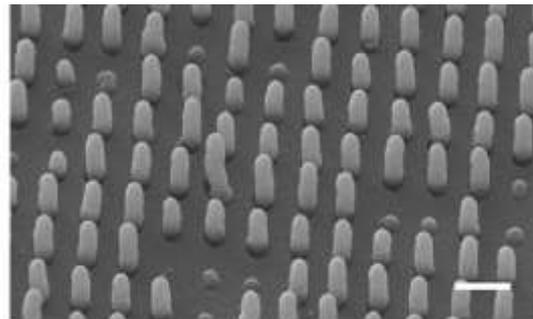
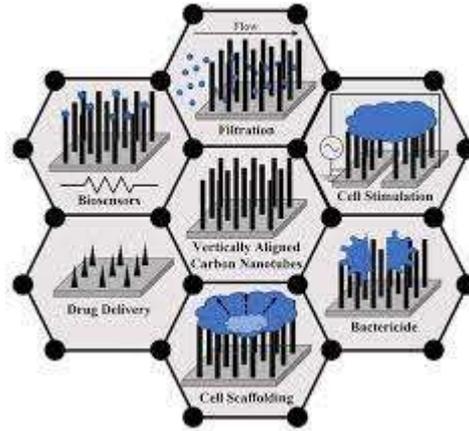
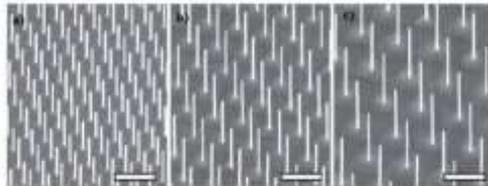
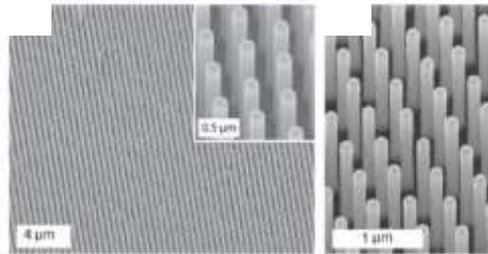
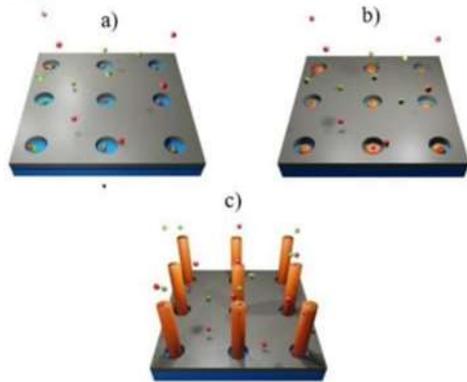
2024 –RM2: 41 k€

WP1 - MATERIAL ENGINEERING AND DEVICE MANUFACTURING

(WP leader: **PV**; WP co-leader: **RM2**; other units involved: LNGS, LNL).

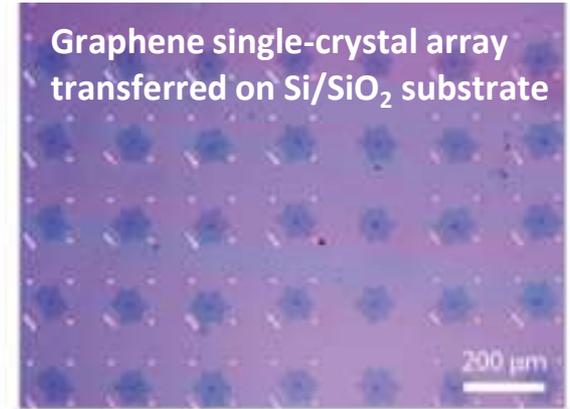
- Ingegnerizzazione di **strutture multidimensionali di nanomateriali** (es. array di nanostrutture) ad-hoc

ORDERED ARRAYS OF VERTICALLY ALIGNED NANOWIRES AND NANOTUBES

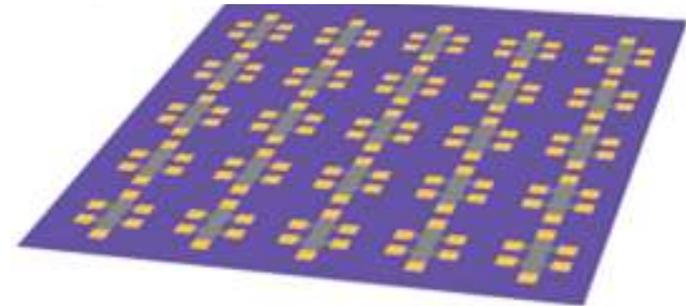


PLANAR ARRAYS OF 2D CRYSTALS

Graphene single-crystal array transferred on Si/SiO₂ substrate



2D-nanomaterials transfer

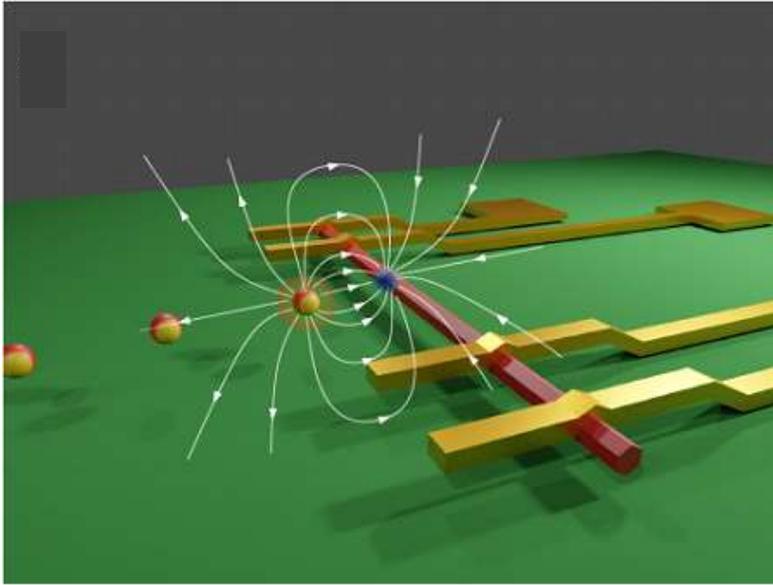


WP2 - MODELING OF THE INTERACTION AND OPTIMIZATION OF DEVICE DESIGN

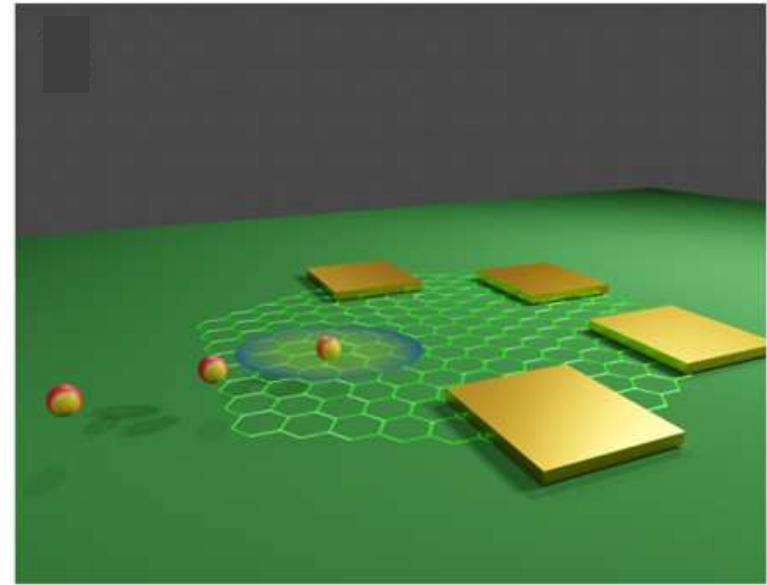
(WP leader: LNGS; WP co-leader: PV; other units involved: LNL, RM2).

- Ingegnerizzazione di strutture multidimensionali di nanomateriali (es. array di nanostrutture) ad-hoc
- Si sfrutta l'**interazione contactless** tra il «flying ion» e l'array di nanomateriali come meccanismo alla base della rivelazione

FLYING ION INTERACTING WITH A NANOWIRE/NANOTUBE

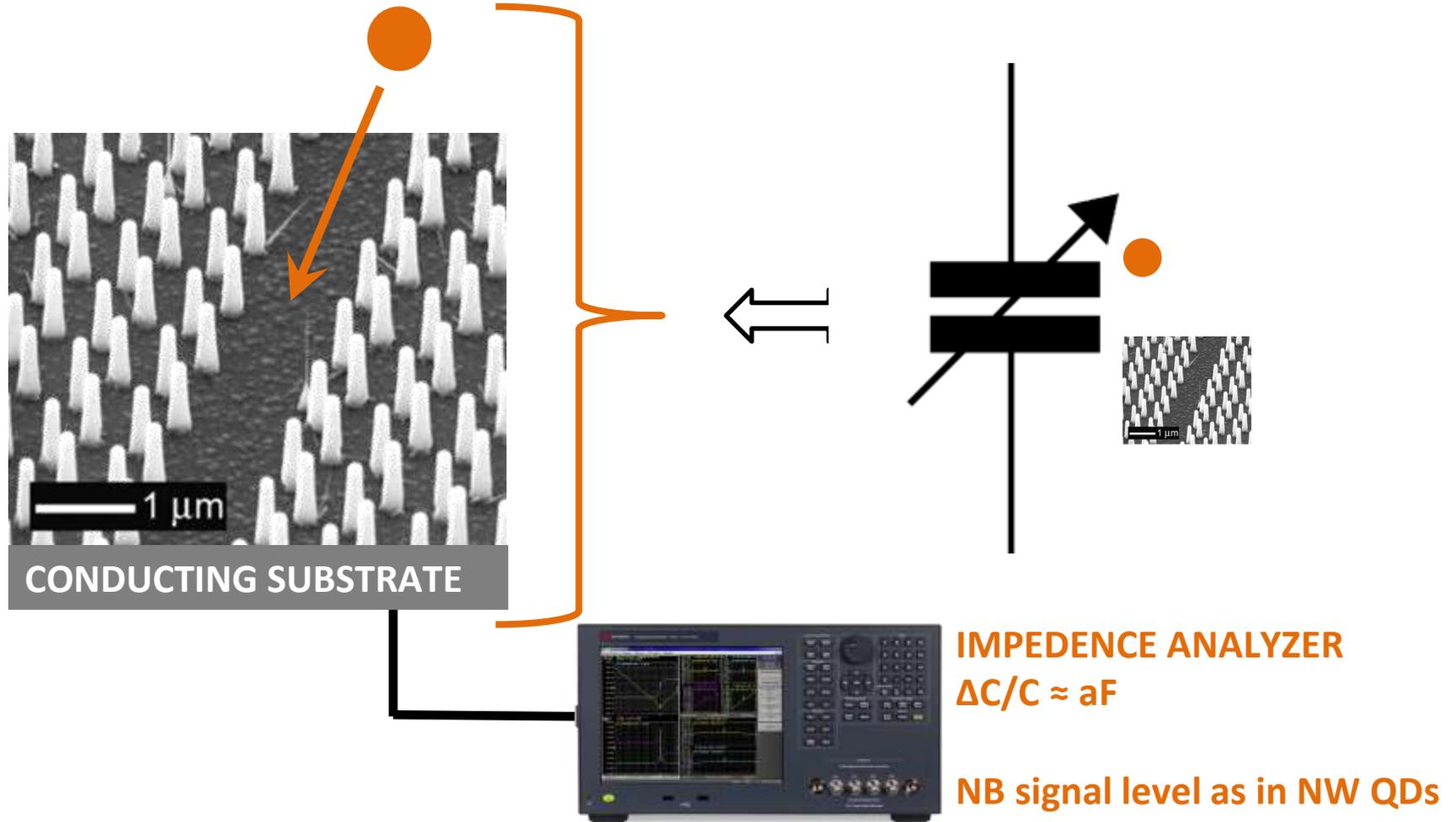


FLYING ION INTERACTING WITH A 2D CRYSTALS



- diluted ion beams explore the space around a nanoelectronic device based on a semiconductor nanowire/nanotube or a 2D crystal.
- **plasmonic / non-linear electro-optical coupling** with the nanomaterial is detected electrically in the device

THE NW ARRAY DETECTOR WORKING PRINCIPLE (NAIVELY)



WP3 - BEAM MANIPULATION AND DETECTION

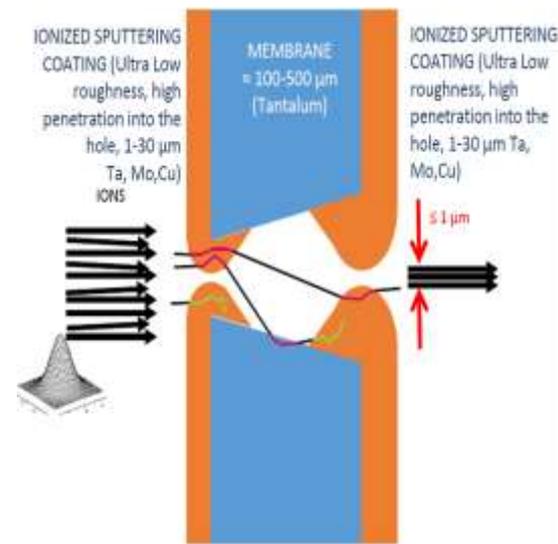
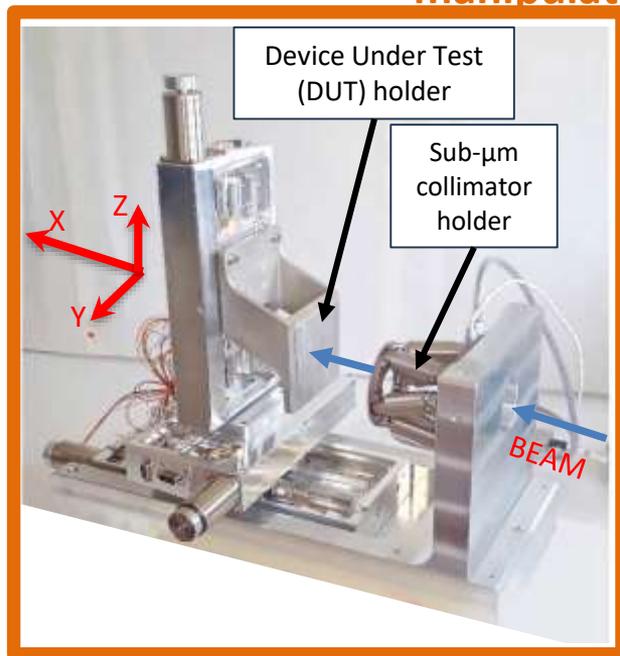
(WP leader: LNL, unit involved: PV)

- Ingegnerizzazione di strutture multidimensionali di nanomateriali (es. array di nanostrutture) ad-hoc
- Si sfrutta l'interazione contactless tra il «flying ion» e l'array di nanomateriali come meccanismo alla base della rivelazione
- **Integrazione** dei nuovi rivelatori con lo stato dell'arte delle **macchine acceleratrici** compatibili con fasci ionici rarefatti a bassa energia (AN2000)



camera di irraggiamento ASIDI (AN2000 - 0° beam-line) per fasci collimati (sub)micrometrici

Actual beam manipulation



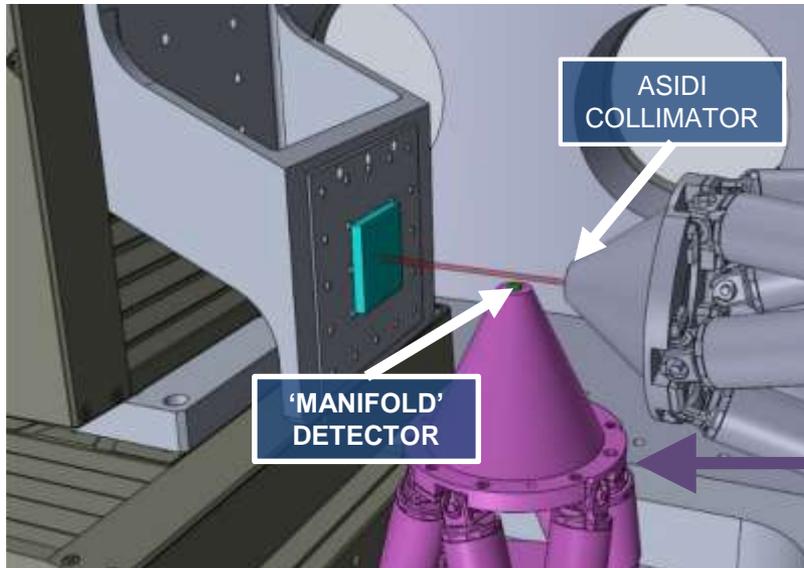
ASIDI double micro-collimator

NUOVA CONFIGURAZIONE:

integrazione di un secondo nano-posizionatore (cinematica parallela, 6 gradi di libertà)



allineamento real-time di MANIFOLD al fascio collimato



SISTEMA DI NANOPOSIZIONAMENTO DEL RIVELATORE AD ARRAY DI NANOMATERIALI

Travel Range (X, Y, Z): ± 17 , ± 16 , ± 6.6 mm
Min. incremental motion (X, Y, Z): 0.2, 0.2, 0.08 μm

Angular Range (θ_x , θ_y , θ_z): $\pm 21^\circ$, $\pm 10^\circ$, $\pm 10^\circ$
 $\Delta\theta_x$, $\Delta\theta_y$, $\Delta\theta_z$: ± 2 , ± 2 , ± 3 μrad

FTE PV

RICHIESTE FINANZIARIA

ANNO 2023		BILANCIO 3 ANNI MANIFOLD (PRELIMINARE)										
	MANIFOLD	INVENTARIO			CONSUMO			MISSIONI			TOTALI	
	CSN V	2024	2025	2026	2024	2025	2026	2024	2025	2026		
	(FTE)	PV	53	0	0	14	5	5	4	3	3	87
	1.70											
Francesco Rossella RN	0.60											
Andrea Fontana	0.30											
Vittorio Bellani	0.20											
Cosimo Lacava	0.30											
Domenic Prete	0											
Valerio Vitali	0											
Valeria Demontis	0.30											

2024 –PV: 71 k€

Richieste

Serv. elettronica: 1 mese/uomo (disegno/realizzazione circuiti adattamento impedenza)

FTE LNL

RICHIESTE FINANZIARIA

ANNO 2023		BILANCIO 3 ANNI MANIFOLD (PRELIMINARE)										
	MANIFOLD	INVENTARIO			CONSUMO			MISSIONI			TOTALI	
	CSN V	2024	2025	2026	2024	2025	2026	2024	2025	2026		
	(FTE)	LNL	52	21	0	10	7	6	3	3	3	105
	1.1											
Valentino Rigato RL	0.15											
Carlo Roncolato	0.45											
Oleksandr OMELNYK	0.50											

2024 –LNL: 65 k€

Richieste

Serv. Utenti: 1 mese/uomo (cablaggi beam-line, PLC)

UT-OM: 1.5 mesi /uomo (prog. & real. particolari di precisione per setup sperimentale)

FTE LNGS

RICHIESTE FINANZIARIA

ANNO 2023		BILANCIO 3 ANNI MANIFOLD (PRELIMINARE)									
	MANIFOLD	INVENTARIO			CONSUMO			MISSIONI			TOTALI
	CSN V	2024	2025	2026	2024	2025	2026	2024	2025	2026	
	(FTE)	LNG						2	2	2	6
	1										
Andrea Marini RL	0.5										
Carino Ferrante	0.5										

2024 –LNGS: 2 k€