

UrgentShake: un sistema HPC per la modellazione rapida dei terremoti

Zuccolo Elisa, Bolzon Giorgio, Sciortino Vittorio,
Pitari Fabio, Rodriguez Munoz Lucia, Scaini Chiara



La Biodola, 26 Maggio 2025

Workshop sul Calcolo nell'INFN





Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



terabit

TERABIT NETWORK FOR RESEARCH ACADEMIC BIG DATA IN ITALY

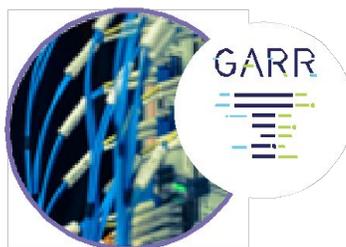
FEDERAZIONE DI TRE INFRASTRUTTURE DI RICERCA

HPC infrastructure



The Italian node of European infrastructure PRACE

High-speed Network

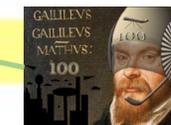
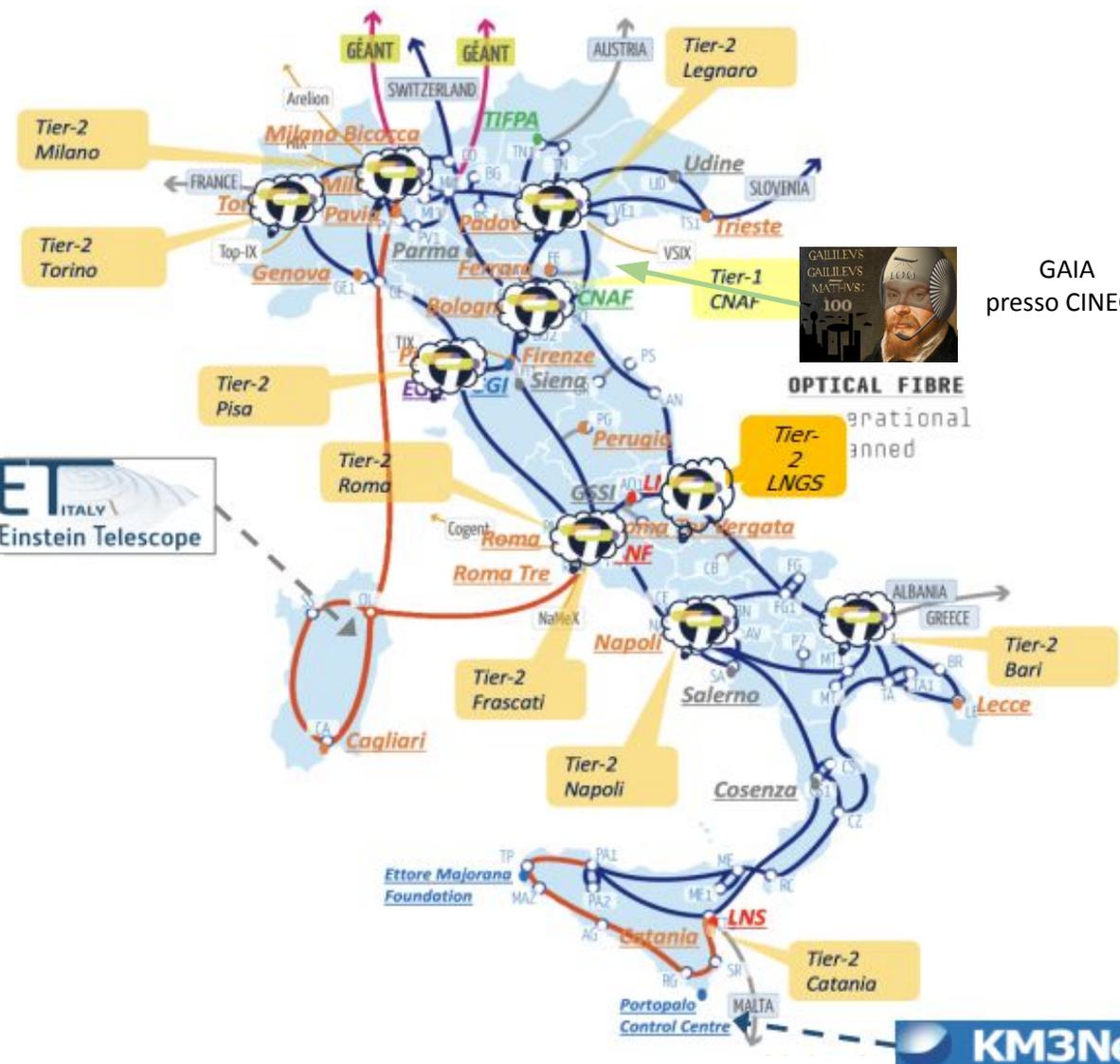


GARR, the Italian Education & Research Network

Cloud edge for Big Data and AI



The INFN distributed computing infrastructure



OPTICAL FIBRE

GAIA presso CINECA



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



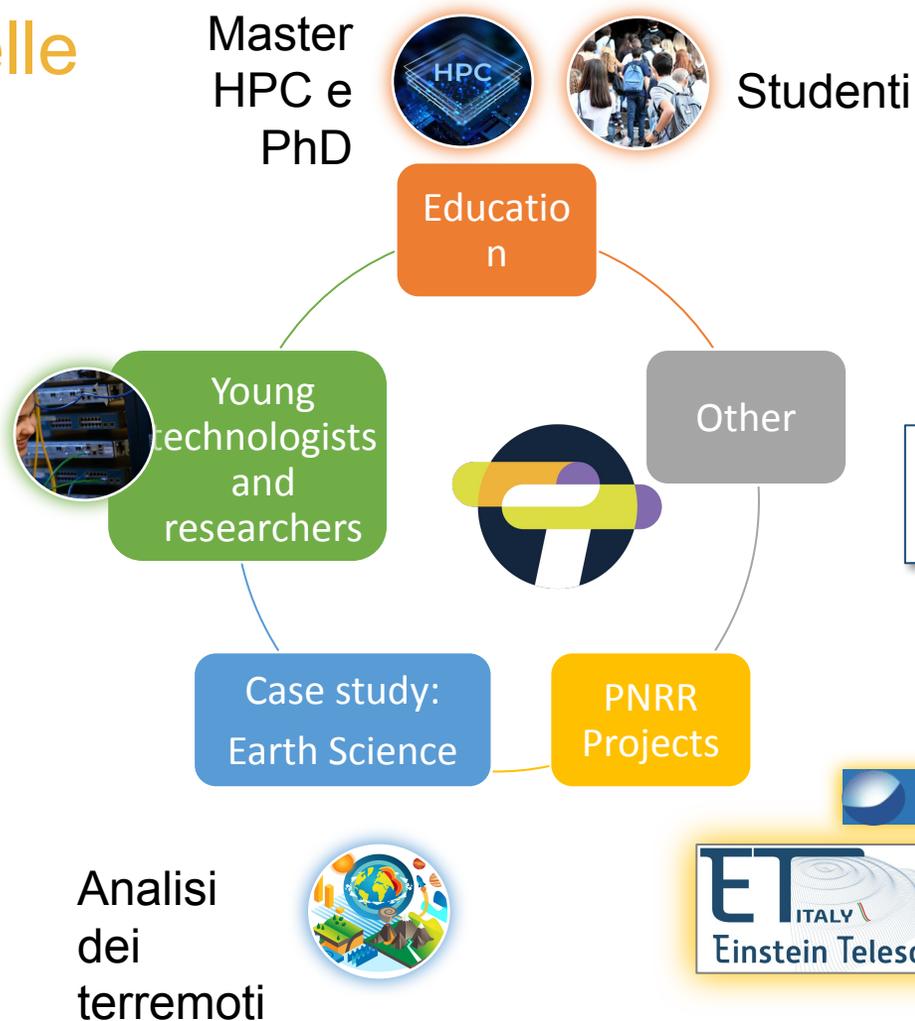
Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Un progetto che cresce nelle comunità della ricerca, un nuovo tipo di 'use case'



Sviluppi in stretta collaborazione con





Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca

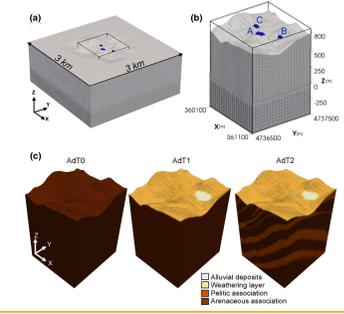
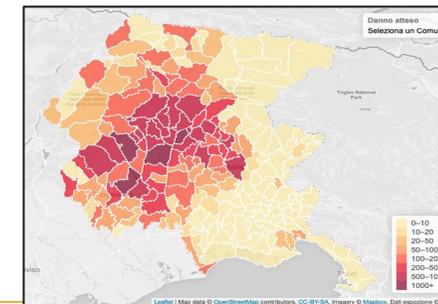
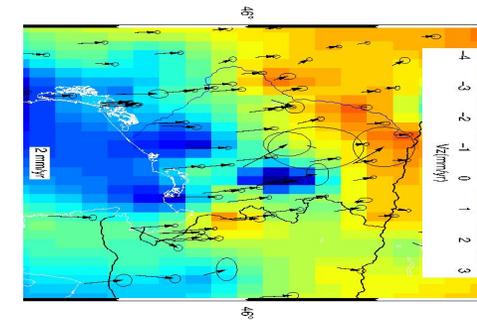
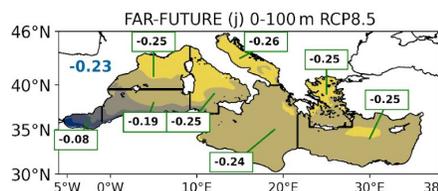
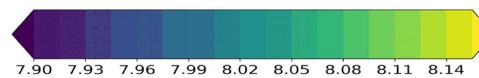
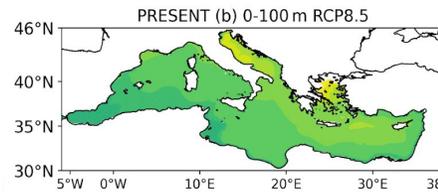
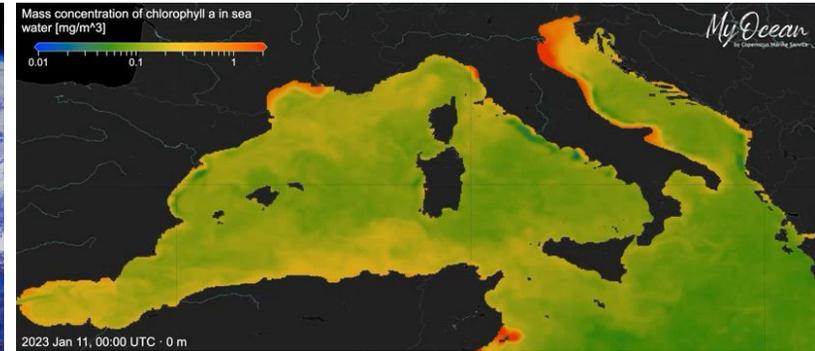
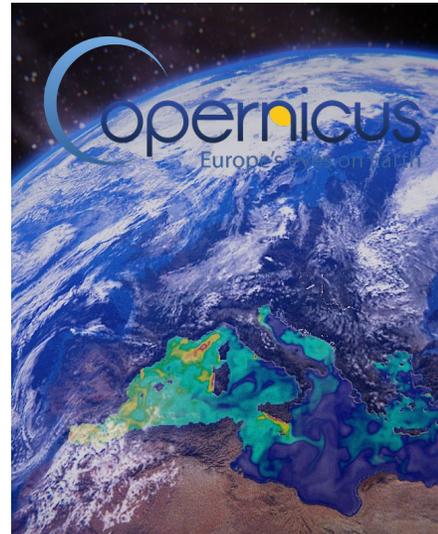


Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



OGS utente TeRABIT

- Oceanografia operativa e digital twin nel Mar Mediterraneo e nel Nord Adriatico nel contesto del servizio EU Copernicus
- Scenari di cambiamento climatico ed effetti multi-scala sugli ecosistemi marini, costieri e lagunari
- Modellazione del sistema terrestre per l'analisi del ciclo del carbonio
- Monitoraggio sismico regionale (anche tramite elaborazione dati GNSS), valutazione probabilistica del rischio e produzione di scenari di danno
- Simulazione 3D della propagazione delle onde sismiche in strutture geologiche complesse





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Il terremoto del Friuli del 1976



- 989 VITTIME
 - CIRCA 100.000 EDIFICI DISTRUTTI
 - CIRCA 200.000 PERSONE SFOLLATE
- NEL 1976: UN SOLO SISMOMETRO (TS)



RISPOSTA DURANTE LE EMERGENZE
STIMA RAPIDA DEI DANNI
CONOSCENZA DEI RISCHI



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



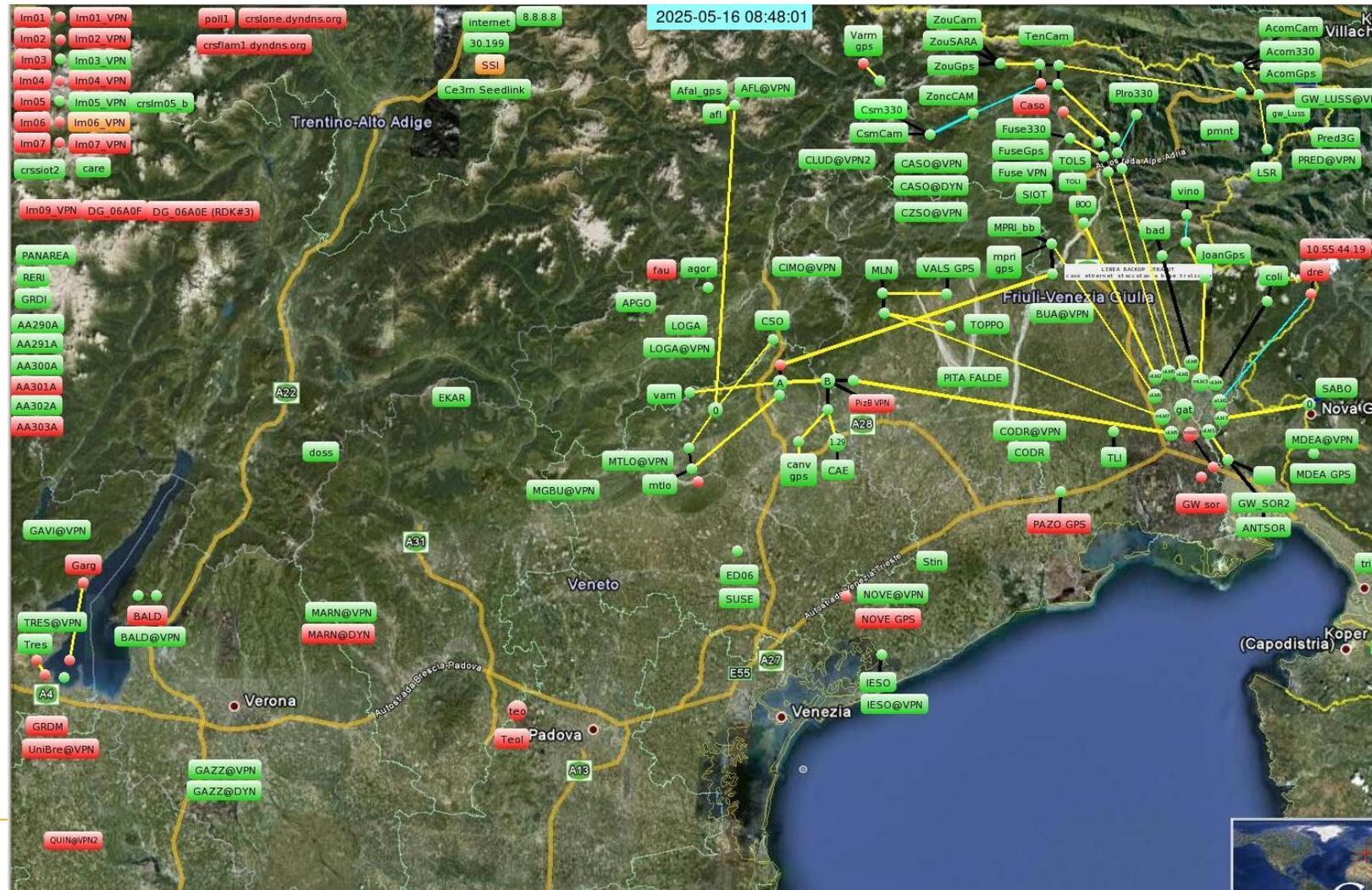
Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



La rete di sensori sismometrici SMINO del CRS di OGS





Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca

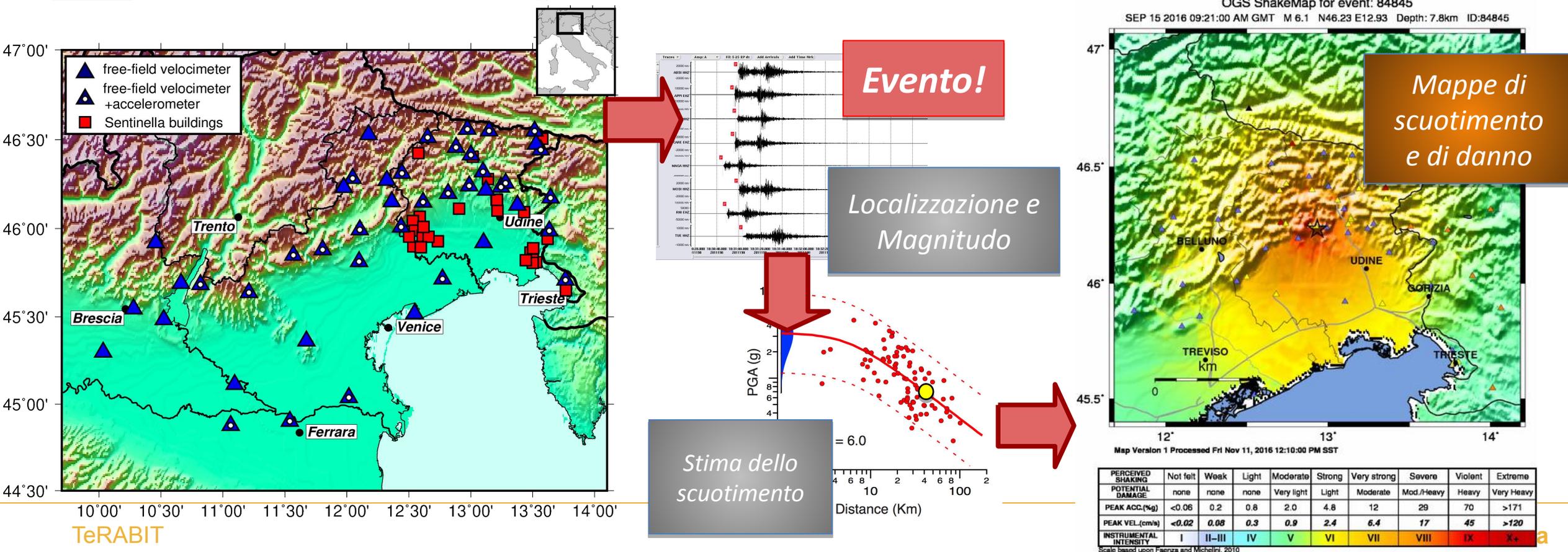


Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Valutazione dello scuotimento del terreno

PIÙ DI 50 SENSORI CONVENZIONALI, PIÙ DI 300 COST-EFFECTIVE: LOCALIZZARE I TERREMOTI, RILASCIARE ALLERTE E STIME DI DANNO ATTESO ALLA PROTEZIONE CIVILE IN TEMPO QUASI-REALE.





Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



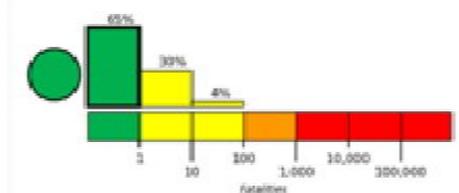
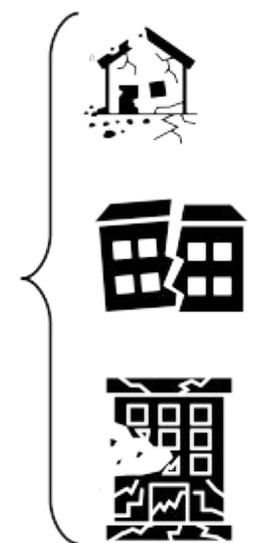
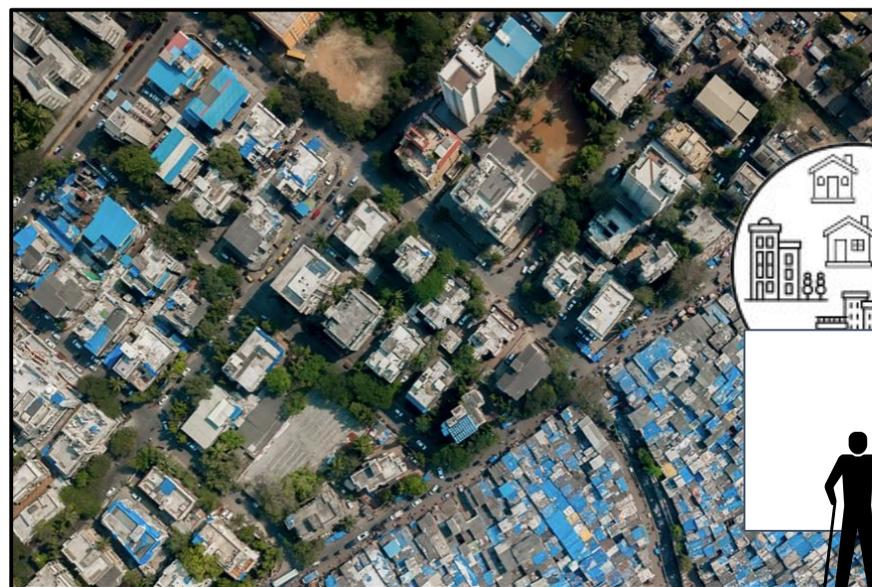
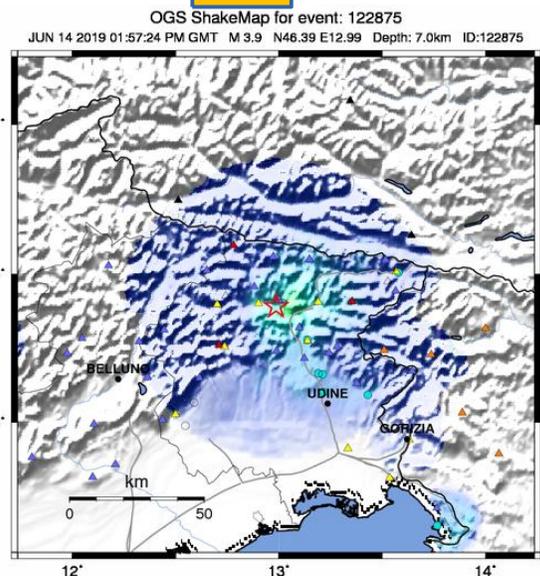
Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Dallo scuotimento al danno



Created by Gan Khoon Lay from Noun Project

Danno su edifici, ma non solo: ci sono le persone (con diverse vulnerabilità)
Stimare i danni è importante perché a valle ci sono le azioni di protezione civile



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



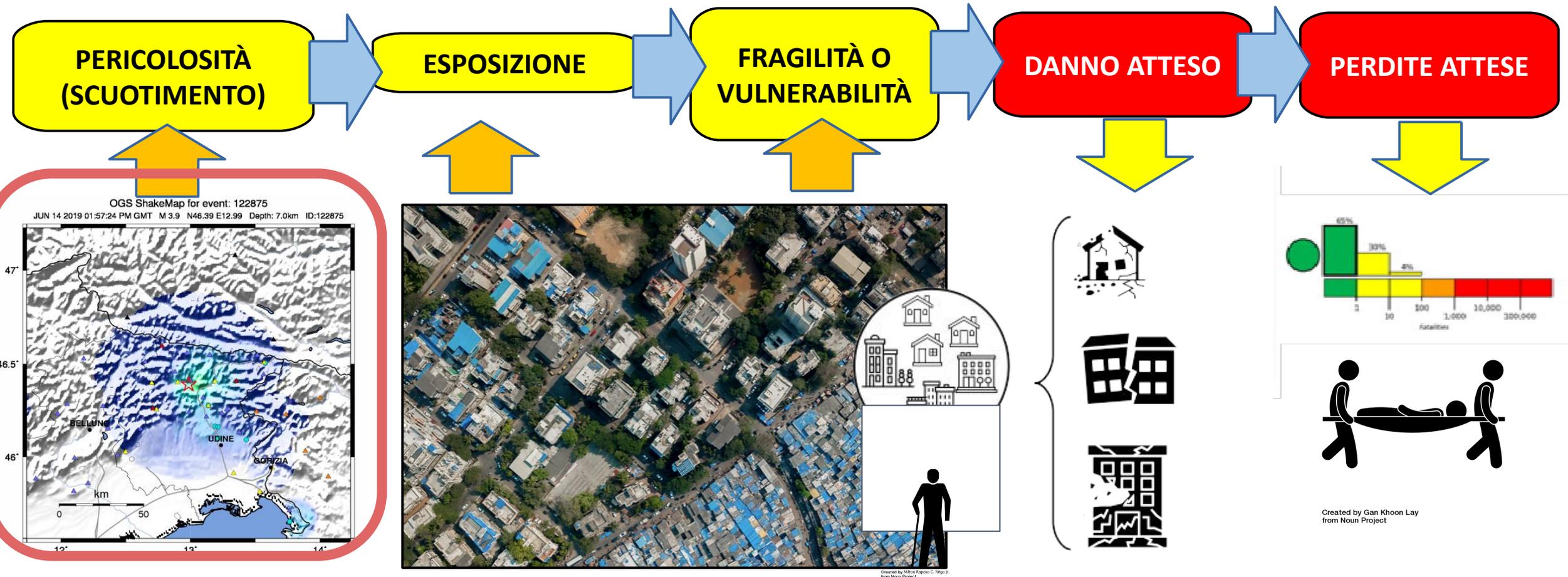
Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Dallo scuotimento al danno

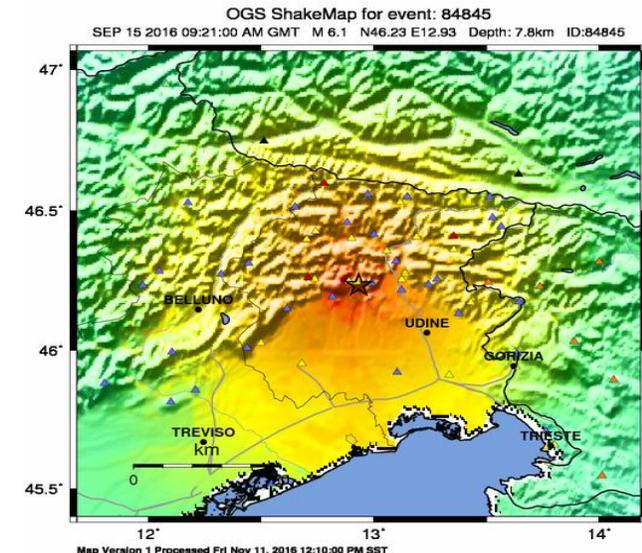
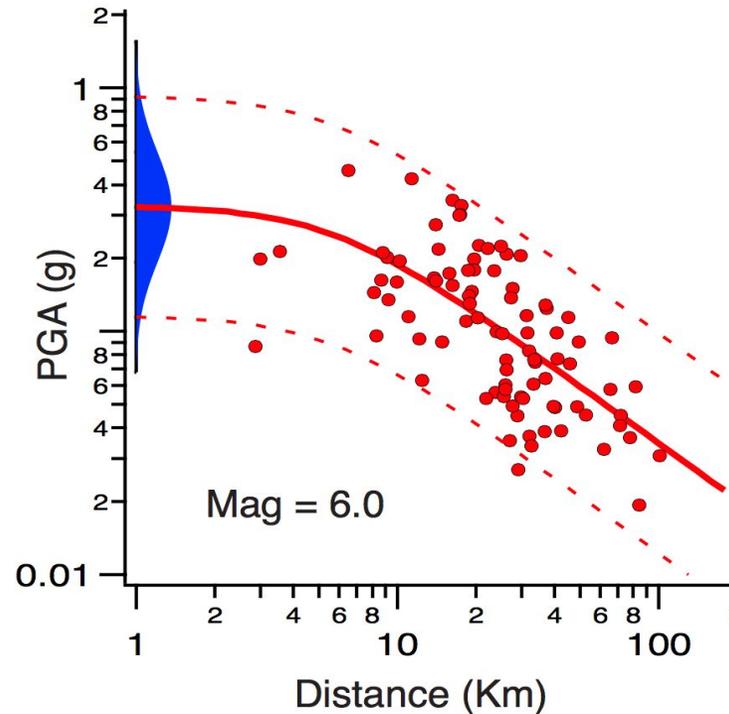
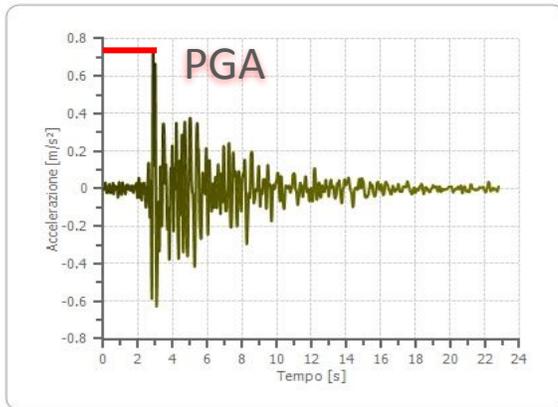


Migliorare lo scuotimento con simulazioni physics-based!



Stima semplificata del moto sismico del terreno

$$PGA = f(\text{Magnitudo, tipo di faglia, Distanza, classe di sito})$$

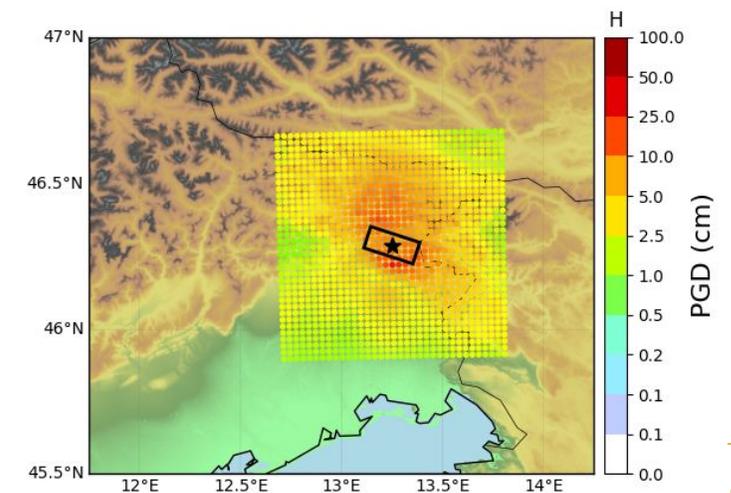
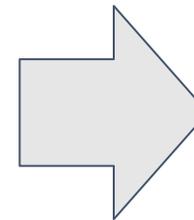
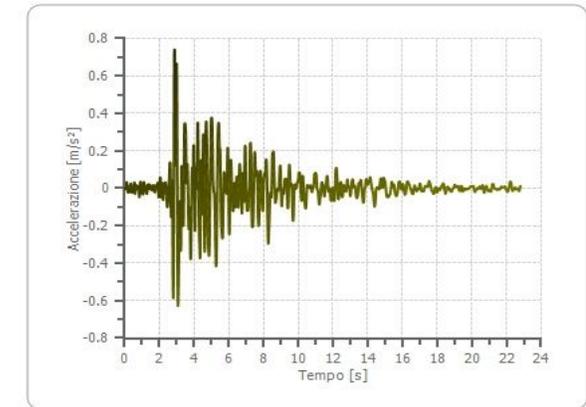
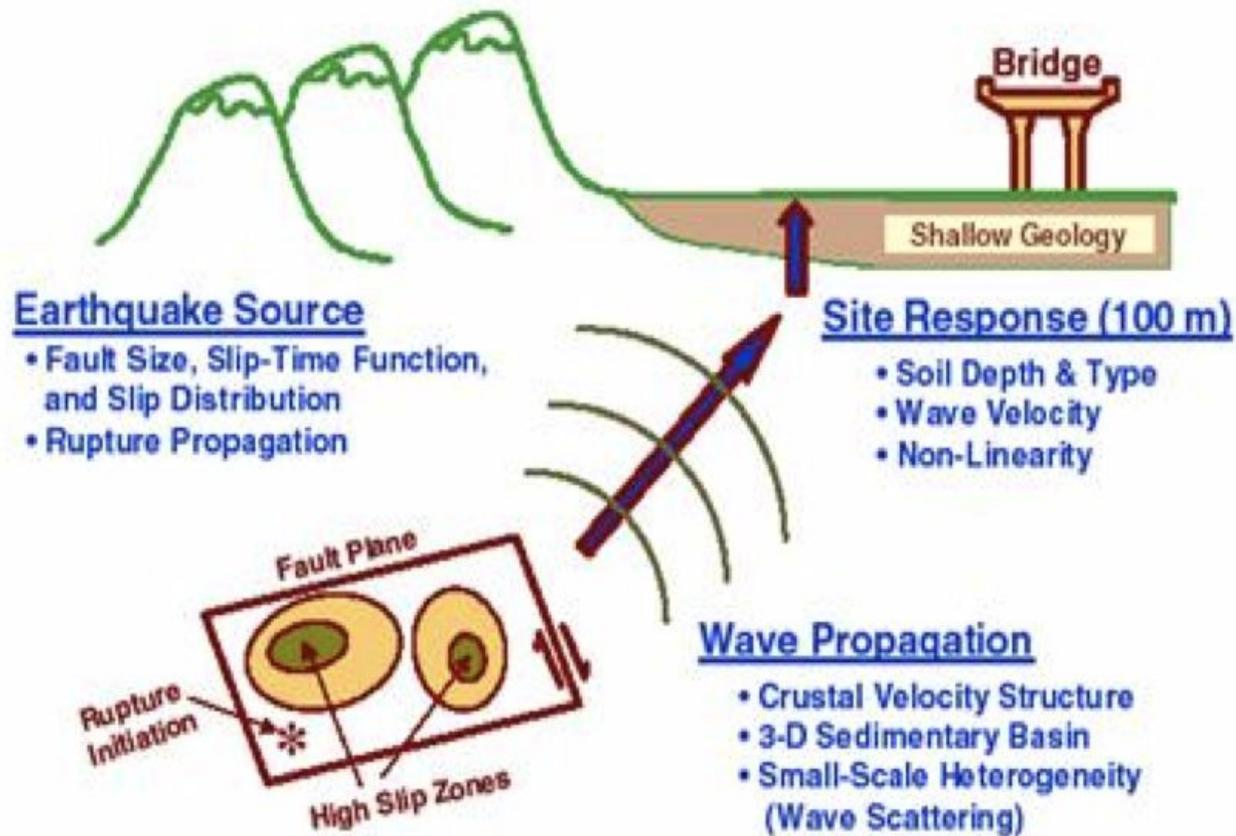


PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<0.06	0.2	0.8	2.0	4.8	12	29	70	>171
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.08	0.3	0.9	2.4	6.4	17	45	>120
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Palermo and Michelini, 2010



Modellazione dei terremoti





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



terabit

Stima del moto sismico del terreno

	<i>sforzo computazionale</i>	<i>tempo di calcolo</i>
Relazioni di attenuazione		
Modellazione dei terremoti		



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

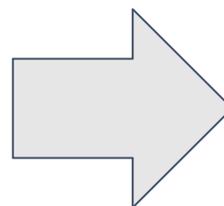


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Modellazione dei terremoti

PROBLEMA SISMOLOGICO



PROBLEMA COMPUTAZIONALE



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



UrgentShake

**COLLABORAZIONE CON ESPERTI E
COMPUTER SCIENTIST**

RISORSE DI CALCOLO

**SUPPORTO PER URGENT
COMPUTING**

*G. Bolzon, V. Sciortino, F. Pitari, Rodriguez
Munoz Lucia, S. Salon, M. Campanella, S.
Calegari, M. Cestari, C. Grandi, G. Donvito,
M. Carboni, C. Battista, V. Poggi*



Zuccolo et al. (2025). Advancing Rapid Response to Earthquakes with Tiered Physics-Based Ground Shaking Simulations: The UrgentShake System. Seismological Research Letters 2025; doi: <https://doi.org/10.1785/0220240472>



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Urgent Computing

AUTOMAZIONE

- Autenticazione ai supercomputer
- Autorizzazione all'uso delle risorse
- Installazioni
- Licenze



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Urgent Computing

AUTOMAZIONE

- Autenticazione ai supercomputer
- Autorizzazione all'uso delle risorse
- Installazioni
- Licenze
- Workflow computazionale automatico



RAPID input for physics-based
ground shaking **S**imulations
Zuccolo (2024)

RAPIDS: input for programma 1

programma 1

RAPIDS: input for programma 2

programma 2

....

RAPIDS: post-processing



Urgent Computing

**STRATEGIE PER
RIDURRE I TEMPI
DI CALCOLO**

**Profiling del
codice**

**Parallelizzazione dei
codici**

**Test di
scalabilità**

**Pre-calcolo di alcune
parti legate al modello
cristallo**

**Esecuzioni
ridondanti (i.e.
Leonardo, G100,
ReCaS)**



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



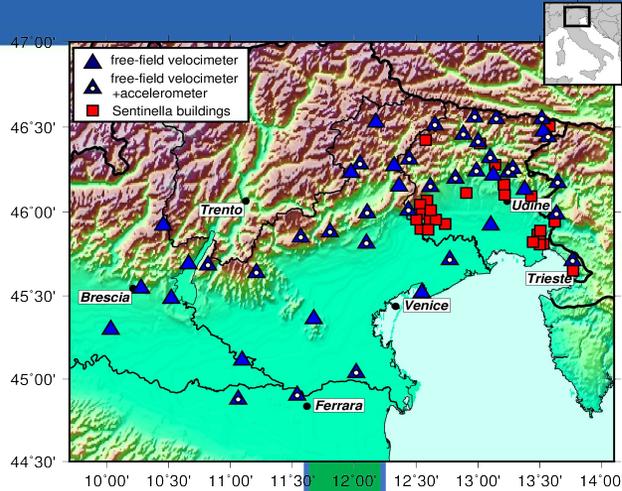
Ministero dell'Università e della Ricerca



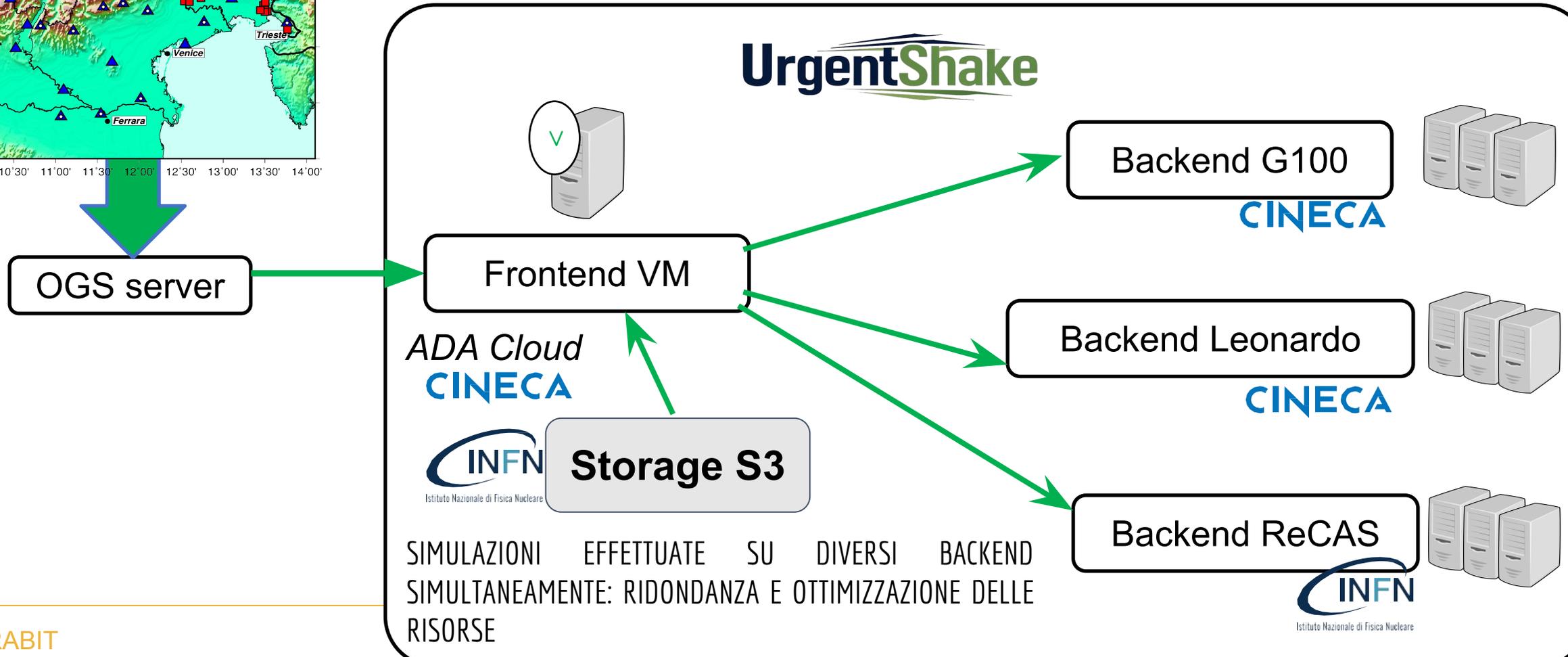
Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



terabit



Infrastruttura di calcolo di UrgentShake





Urgent Computing

**STRATEGIE PER
RIDURRE I TEMPI
DI CALCOLO**

**Profiling del
codice**

**Parallelizzazione dei
codici**

**Test di
scalabilità**

**Pre-calcolo di alcune
parti legate al modello
cristallo**

**Esecuzioni
ridondanti (i.e.
Leonardo, G100,
ReCaS)**

**Scenari con livelli
crescenti di
accuratezza**



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

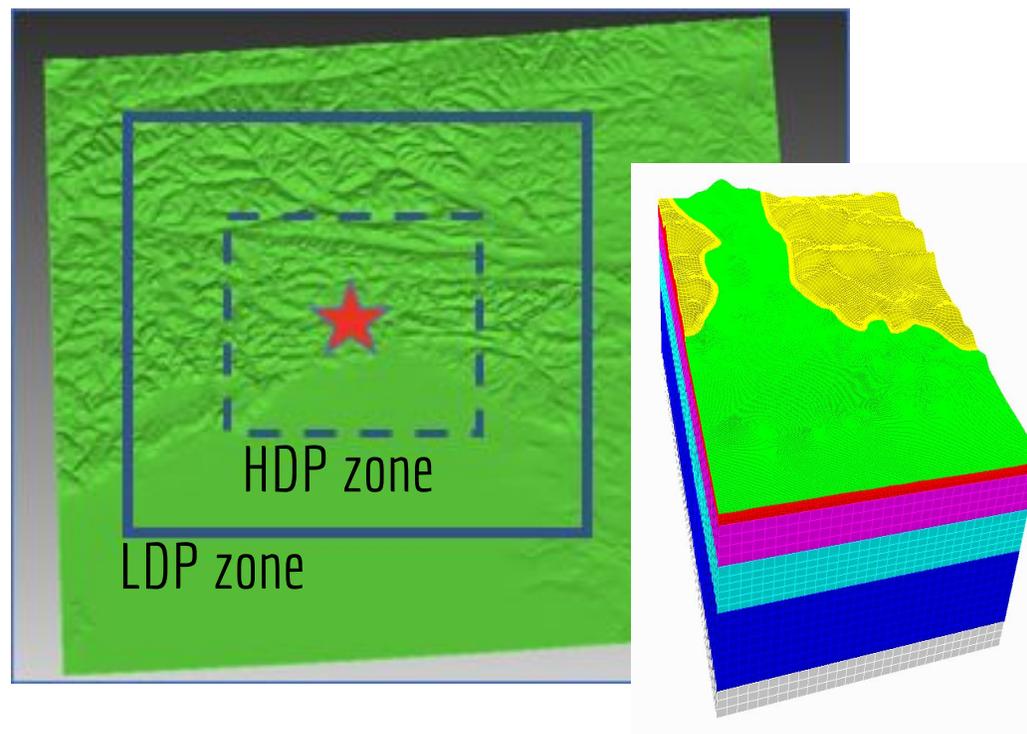


terabit

UrgentShake: scenari di scuotimento multi-livello

Tempo origine

INPUT: MAGNITUDO, LOCALIZZAZIONE, MECCANISMO FOCALE (Es. Friuli, 1976)



SCENARIO BASE

10 min

SCENARIO INTERMEDIO

30 min

SCENARIO DETTAGLIATO

2.5 ore

Tempo impiegato



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



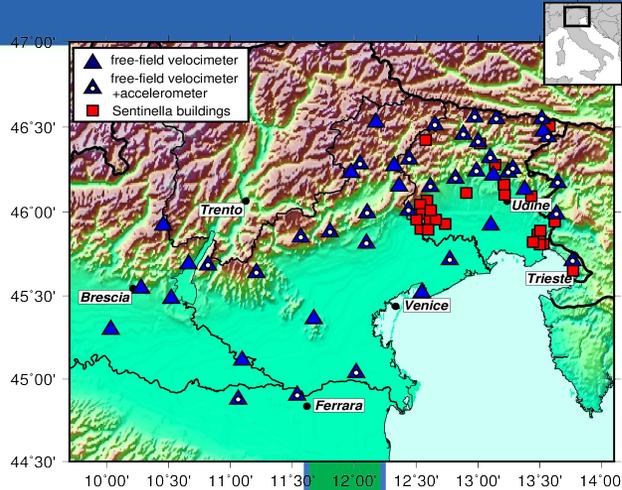
Ministero dell'Università e della Ricerca



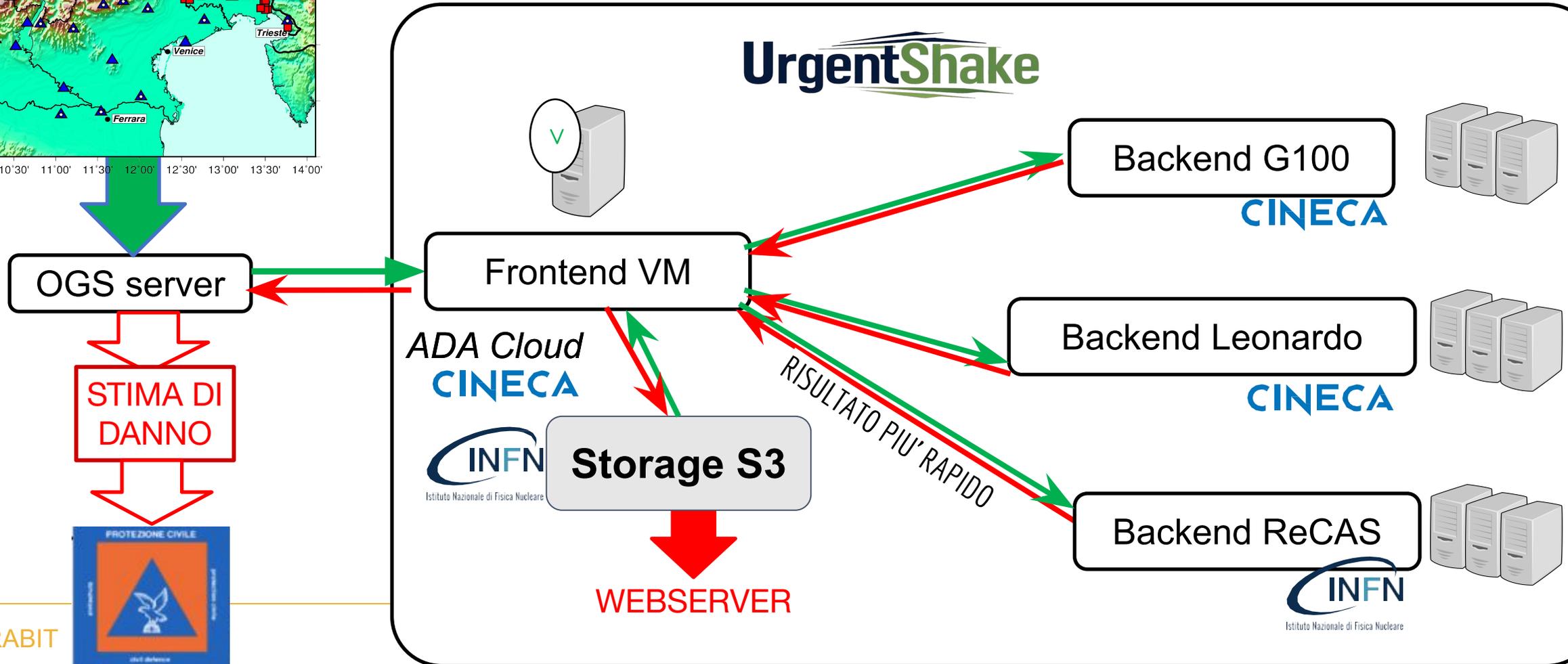
Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



terabit



Infrastruttura di calcolo di UrgentShake





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



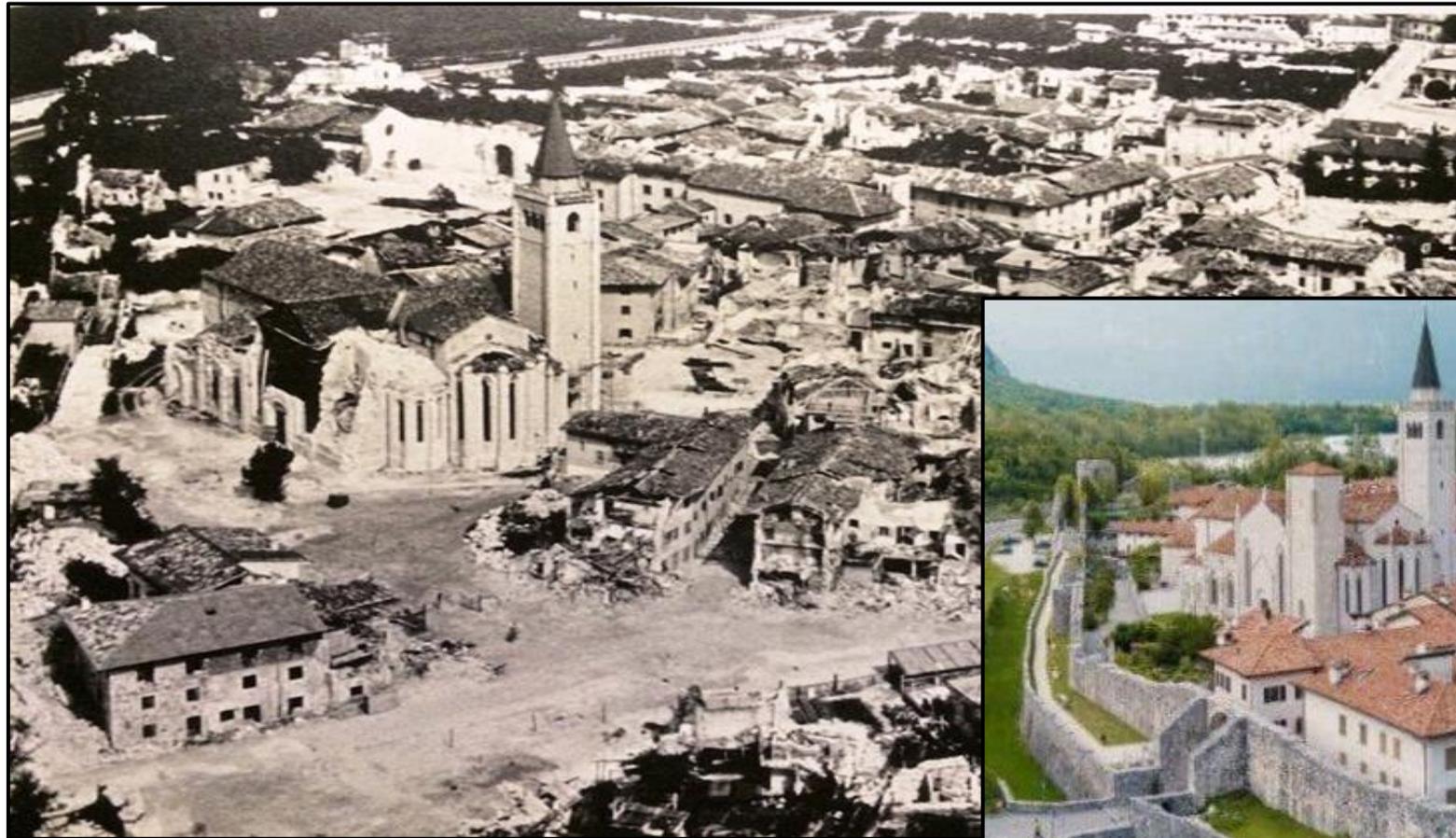
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Società più resilienti e
preparate



Venzone (UD) dopo il terremoto del 1976 e oggi





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Grazie. Domande ?

For information:

- ezuccolo@ogs.it,
- cscaini@ogs.it





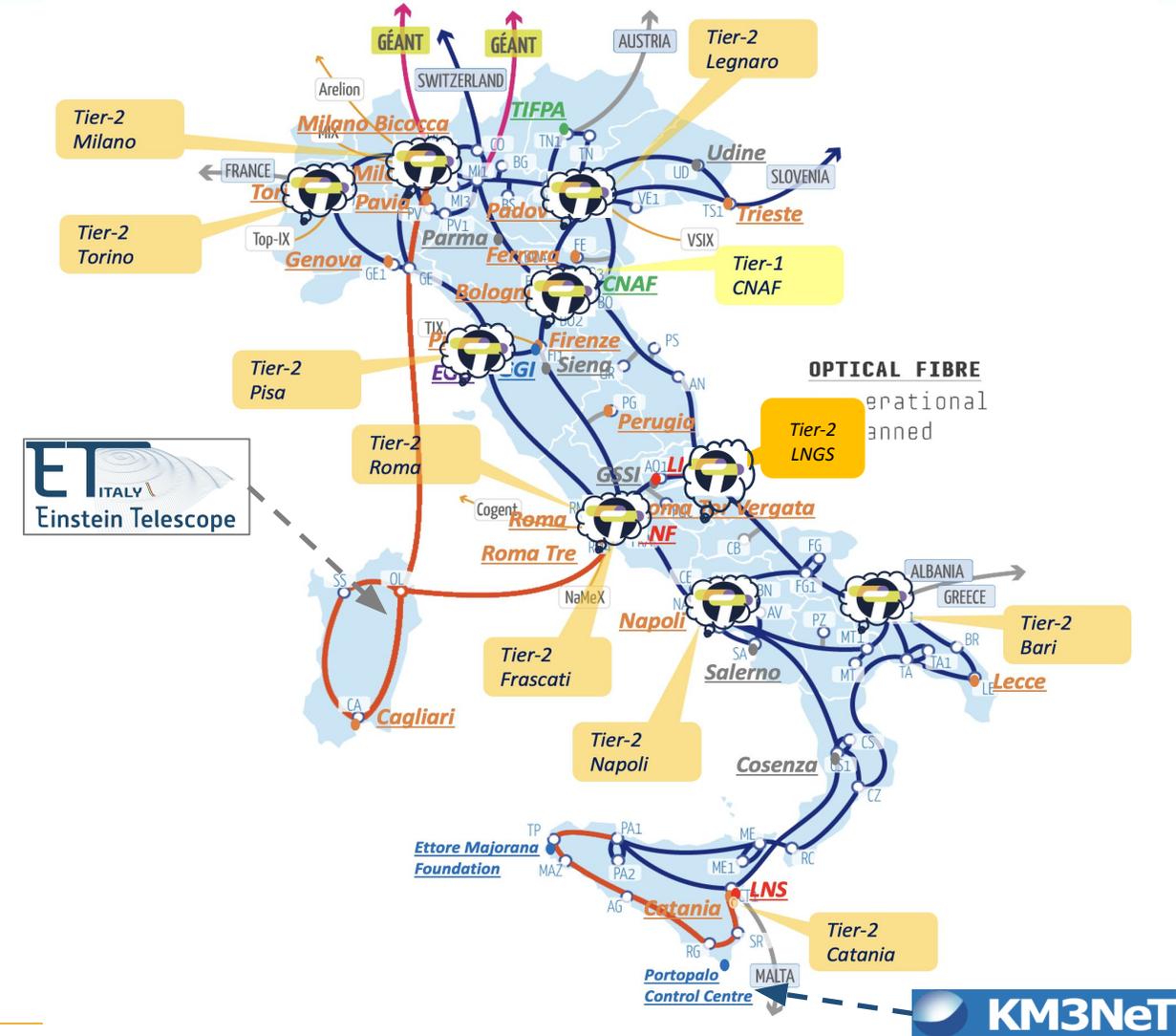
L'IR TERABIT

L'immagine mostra la sovrapposizione prevista delle topologie fisiche combinate di tutte le tre IR a fine progetto:

- GARR-T con (in rosso) le nuove fibre (isole)
- HPC-BD-AI con i siti delle HPC-Bubbles
- PRACE-Italy con il potenziamento di GALILEO100 presso il CINECA

Gli sviluppi sono in sinergia con ICSC

L'estensione della rete di TeRABIT darà supporto ad altre IR, p.es. ET (onde gravitazionali) e KM3NeT (neutrini)





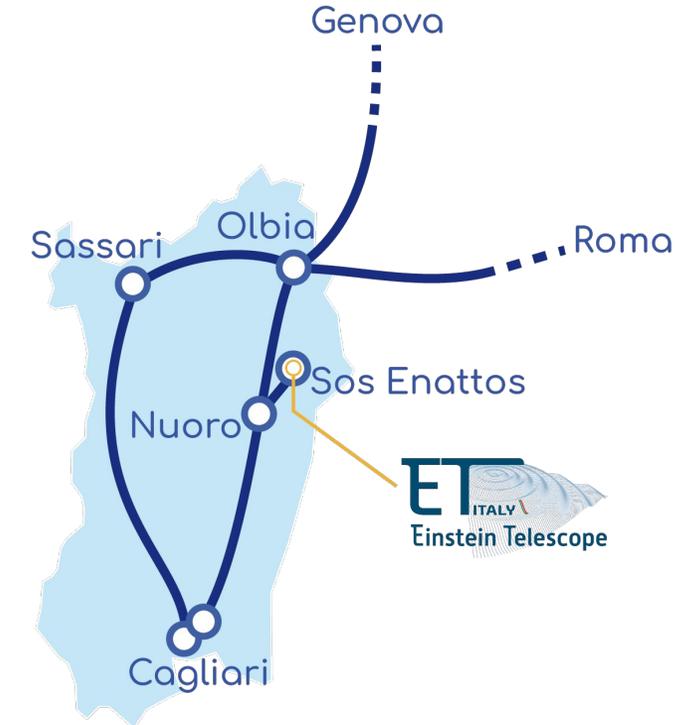
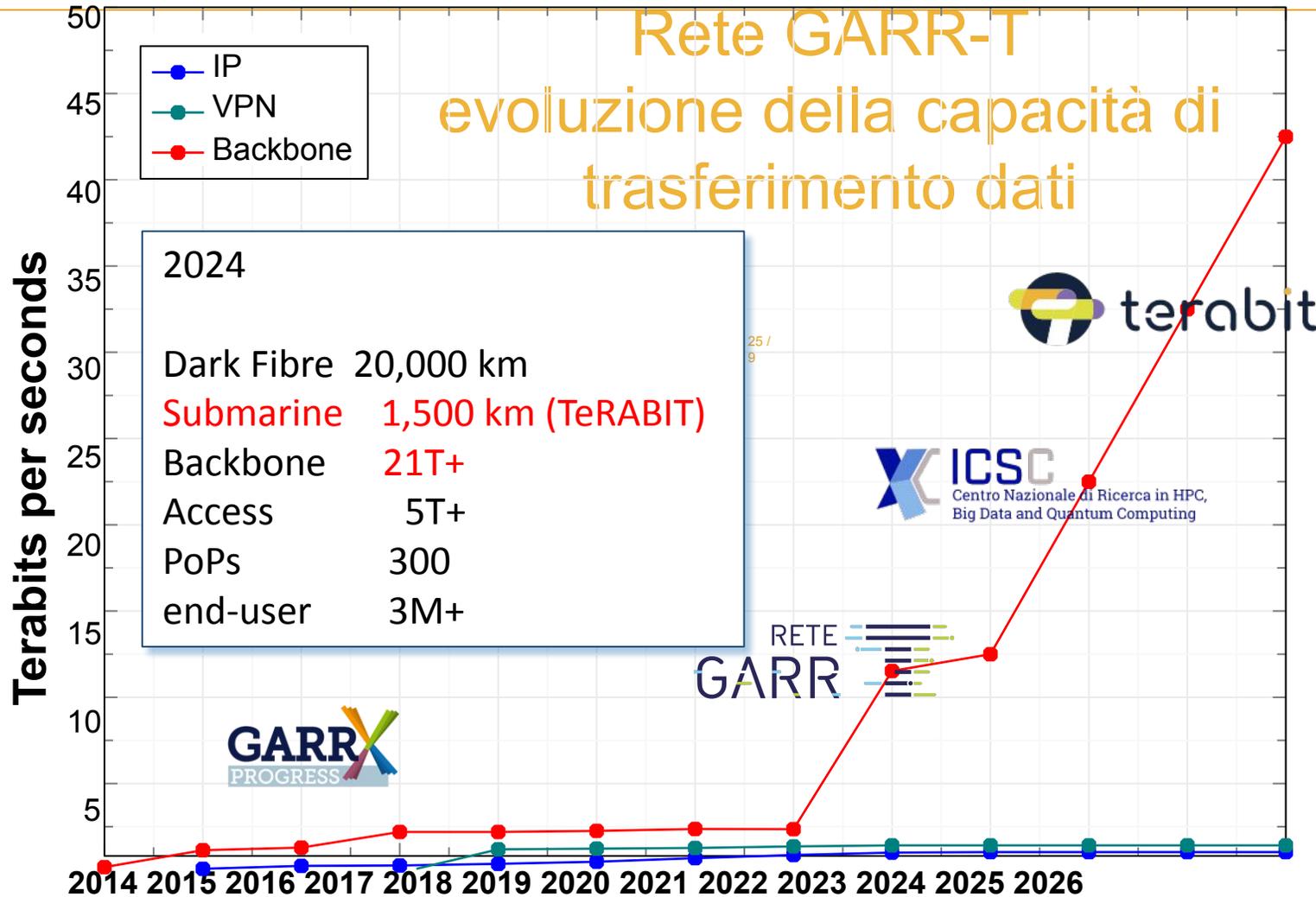
Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA





Evoluzione di HPC-BD-AI

Le HPC-Bubbles  si aggiungono alla IR cloud distribuita di INFN, come nodi di calcolo molto compatti ma potenti e caratterizzati da diverse tipologie HW

Nodi: Tipo 1 : CPU (192 cores)
Tipo 2 : CPU + GPU (4x NVIDIA H100)
Tipo 3 : CPU + FPGA

Siti: CNAF, Bari, LNGS, Milano Bicocca, Napoli, Padova, Pisa, Roma 1, Torino

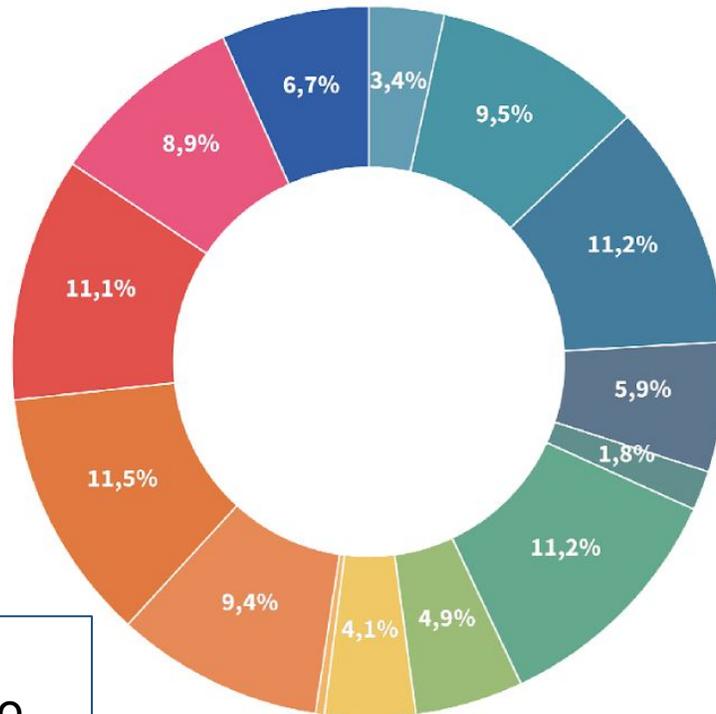
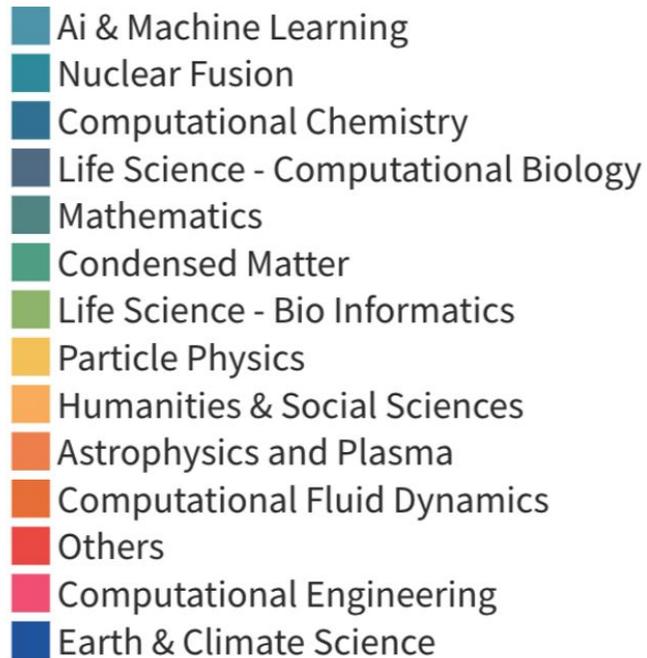
Storage aggiuntivo:
Mass storage : CNAF
Storage ad alte prestazioni : CNAF,
Bari





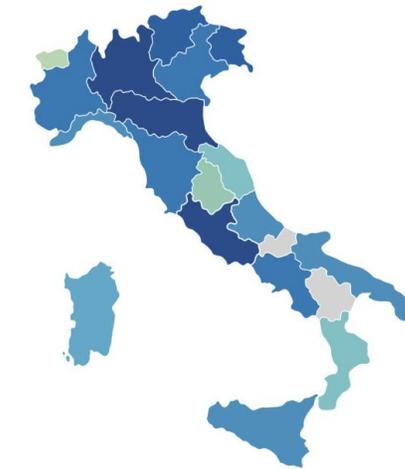
Scientific domains

Scientists use Cineca computational resources within all scientific disciplines. The most represented three are Computational Chemistry, Condensed Matter Physics and Computational Fluid Dynamics, with about 11% each, followed by Nuclear Fusion (10%), Computational Engineering, Astrophysics, and Plasma Physics with more than 9% each.



Nel 2022, dopo una rigorosa revisione, le risorse allocate sono state del 110%

Uso e potenziamento di PRACE-Italy



TeRABIT upgrade	AUMENTO
Capacità HPC (n. nodi)	~ x 5.0
Storage	~ x 2.5

...sulla base delle richieste degli utenti



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

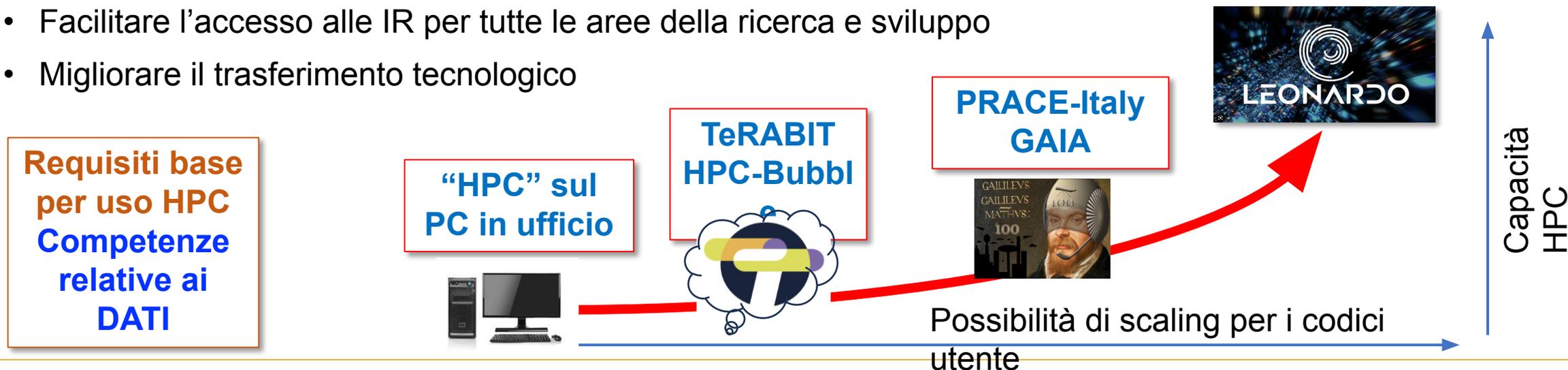


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Obiettivi - Innovazione - Impatti

- Potenziamento delle IR per rispondere alle esigenze di scalabilità e alle nuove esigenze della ricerca
- Maggiore integrazione tra servizi di rete, dati e HPC con servizi comuni e federati
- Servizi HPC innovativi ("Bubbles"), e capacità HPC/AI modulare e crescente tra l'"edge", dove si trovano gli utenti e i loro dati, e PRACE-Italy, in sinergia con ICSC (Leonardo)
- Federazione e comunicazione fra infrastrutture HPC in stretta collaborazione con altri centri nazionali e internazionali (via GÉANT) come PRACE e i siti di EuroHPC
- Facilitare l'accesso alle IR per tutte le aree della ricerca e sviluppo
- Migliorare il trasferimento tecnologico





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



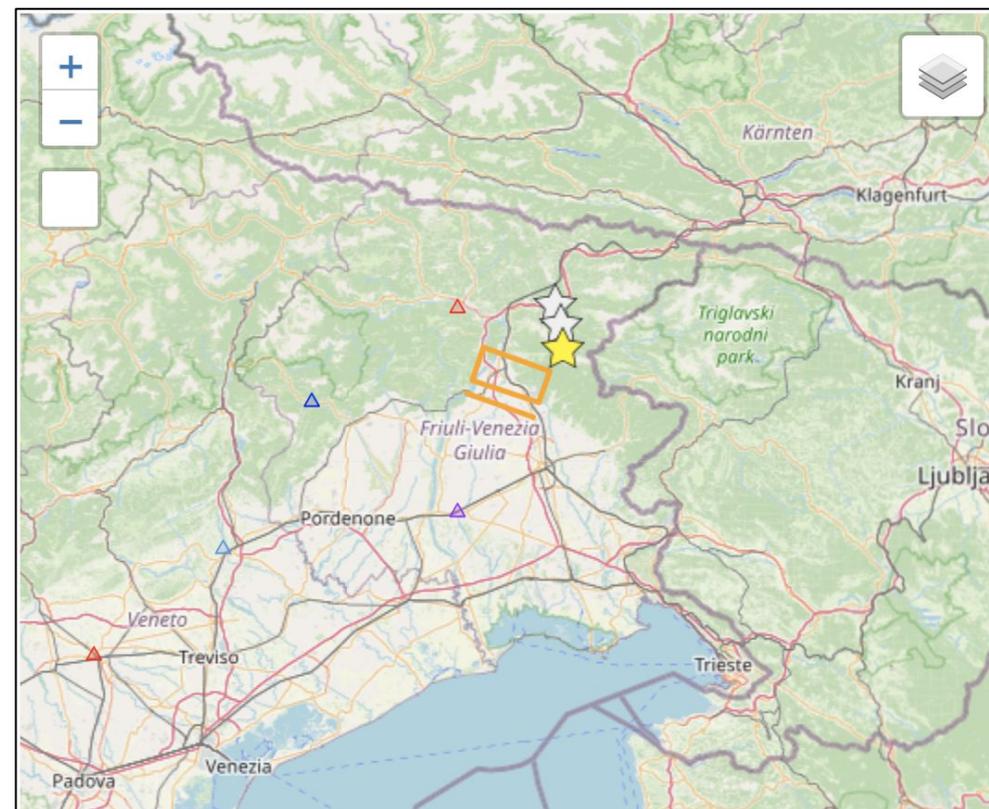
Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Il terremoto del Friuli del 1976



- 989 VITTIME
- CIRCA 100.000 EDIFICI DISTRUTTI
- CIRCA 200.000 PERSONE SFOLLATE





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

