

Rumore ambientale nell'interferometro Virgo

Maria C. Tringali a nome del gruppo Environmental

PID - Programma INFN per Docenti

14 - 18 Ottobre, 2024 - European Gravitational Observatory





Il gruppo ENV



Irene Fiori (EGO)

Maria C. Tringali (EGO)

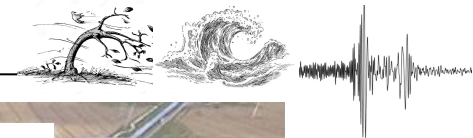
Federico Paoletti (INFN Pisa)

Il compito del gruppo ENVironmental è lo studio del rumore ambientale **sismico**, **acustico** e **magnetico** e l'impatto sull'interferometro Virgo.

Stretta collaborazione con gli altri gruppi della collaborazione Virgo.



Sorgenti di rumore ambientale



L'interferometro Virgo è immerso nel **rumore!!!**

Sorgenti naturali

Mare, vento, terremoti, fulmini, raggi cosmici, campi magnetici terrestri



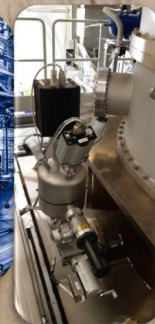
Sorgenti antropiche

Traffico automobilistico, treni, elicotteri, turbine eoliche, metanodotti...



Sorgenti infrastrutturali

Impianti di aria condizionata, impianti da vuoto, impianti elettrici, apparati sperimentali per il funzionamento di Virgo ...



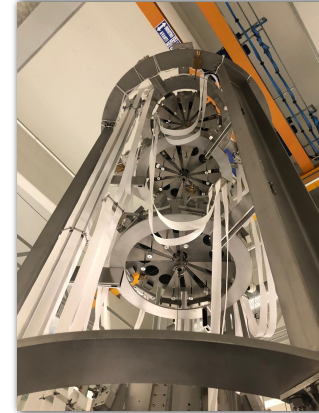
I rumori ambientali influenzano l'interferometro Virgo.

Accoppiamento con l'interferometro



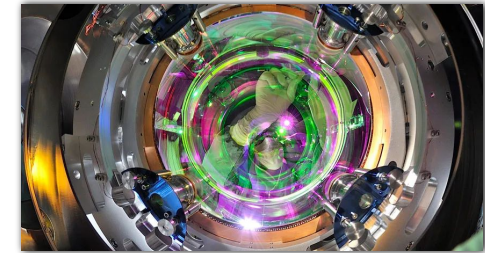
Sorgenti di rumore sismico e acustico

- Banchi ottici sono sospesi in vuoto per ridurre il rumore di vibrazione rispetto al suolo e l'impatto del rumore acustico.



Sorgente di rumore magnetico

- I campi magnetici si accoppiano ai magneti dello specchio, esercitando così una forza di spostamento (sistema di attuazione bobina-magnete per il controllo angolare e longitudinale dello specchio).





La nostra missione



- Caccia al rumore (sismico, acustico e magnetico) in stretta sinergia con gli altri gruppi di Virgo.
- Identificare le sorgenti e i percorsi del rumore che influenzano il rivelatore.
- Implementare e convalidare le soluzioni di mitigazione.
- Quantificare l'accoppiamento del rumore ambientale al rivelatore utilizzando tecniche di iniezione di rumore e produrre stime del loro impatto sulla sensibilità.
- Preservare il sito dall'influenza dalle sorgenti di rumore esterno (es. aerei, turbine eoliche, gasdotto etc).





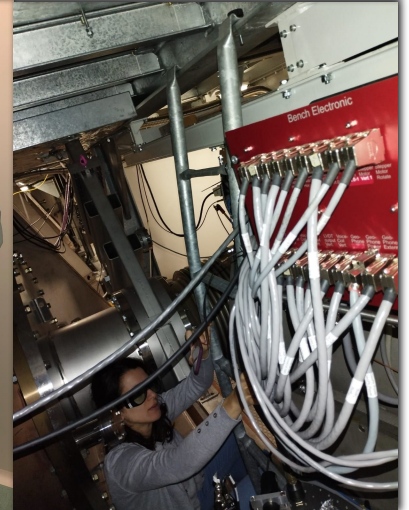
Caccia al rumore: che cos'è?



La caccia al rumore è definita come il processo di identificazione delle sorgenti di rumore, dei percorsi di accoppiamento dell'interferometro e di mitigazione dei loro effetti.

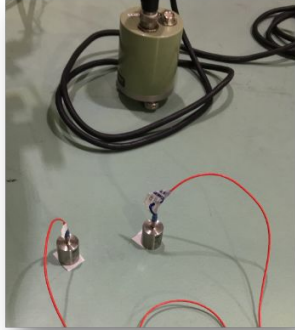
Cosa mi serve per la caccia al rumore?

- sensoristica
- metodi di analisi
 - data mining
- metodi sperimentali





Strumentazione sperimentale



Rumore sismico
→ sismometro

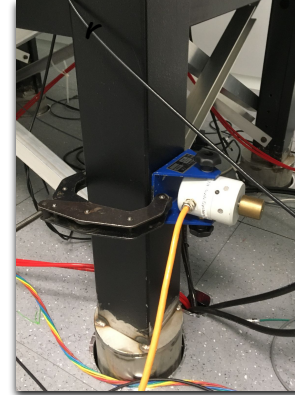


Rumore magnetico
→ magnetometro



Rumore acustico
→ microfono

Shake



Bobina

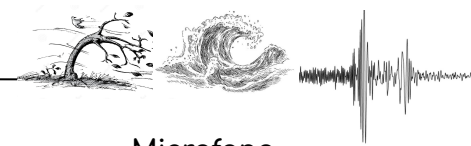


Casse acustiche





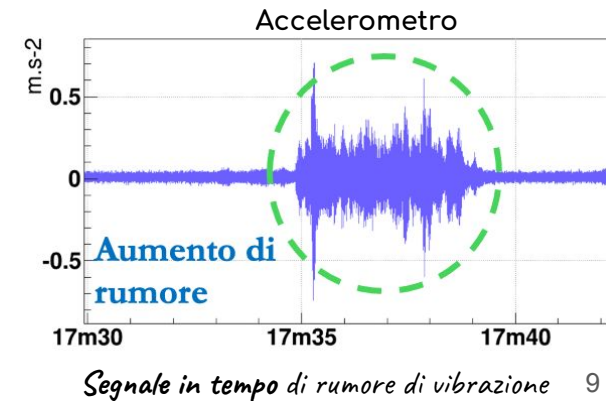
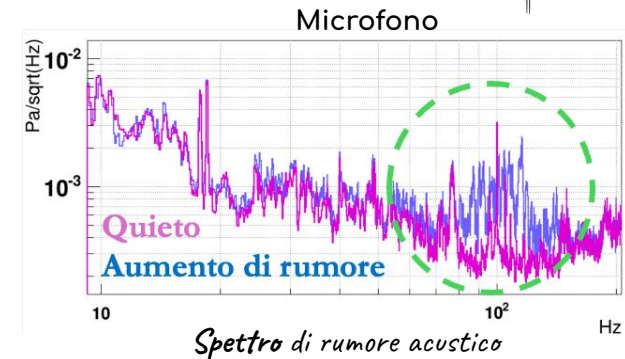
Data mining



Attenta ispezione delle caratteristiche di rumore nel segnale mediante l'analisi dei diagrammi tempo-frequenza (spettrogrammi) e spettri di potenza.

Cosa cerchiamo?

- Modifica delle caratteristiche del rumore spettrale (es., linee o bump).
- Controllo del logbook di Virgo per trovare coincidenza con azioni svolte sull' interferometro e considerate innocue.
- Ricerca delle caratteristiche di rumore correlate in altri canali (ambientali e non).





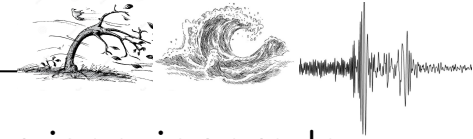
Metodi sperimentali



I metodi di indagine sperimentale più utilizzati sono:

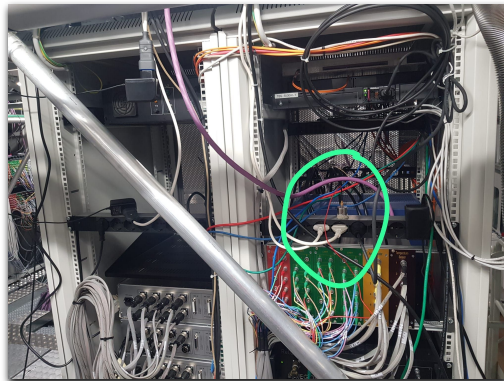
- “sniffing”
- test di spegnimento
- iniezioni di rumore

Sniffing

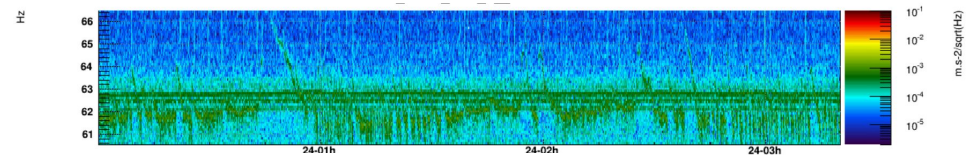


Utilizzo di sonde magnetiche, sismiche e acustiche portatili per ispezionare le aree sperimentali.

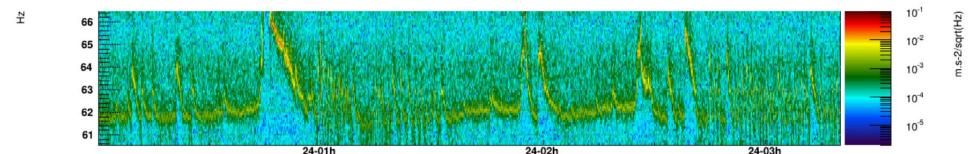
- Sensori ausiliari posizionati in prossimità della sorgente di rumore sospetta.
- Analisi dei dispositivi sospetti mediante la sonda portatile al fine di trovare le caratteristiche specifiche del rumore identificate nella fase precedente di "data mining".



Accelerometro sulla flangia



Accelerometro di sniffing



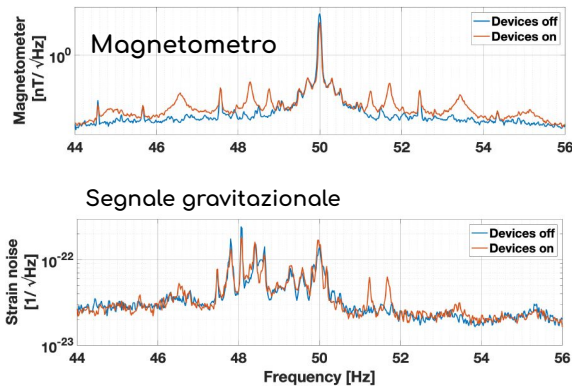
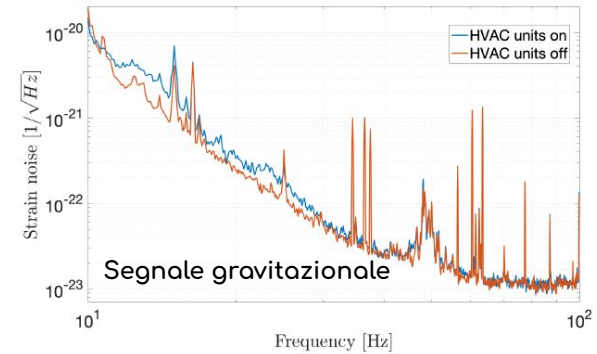


Test di spegnimento



Spegnimento selettivo dei sorgenti di rumore sospette al fine di eliminare l'accoppiamento del rumore dal segnale gravitazionale.

- Spegnimento temporaneo degli impianti di aria condizionata dell'edificio centrale durante il run O3.
- Riduzione del rumore acustico e miglioramento della sensibilità dell'interferometro



- Bande laterali a 1.7 Hz attorno alla 50 Hz (frequenza della rete elettrica) identificate durante il run O3.



Iniezione di rumore



Generazione di rumore controllato (acustico, magnetico, sismico) nelle sale sperimentali al fine di stimare l'accoppiamento dell'interferometro al rumore ambientale.

Sistemi di iniezione

RUMORE DI VIBRAZIONE

- Shaker

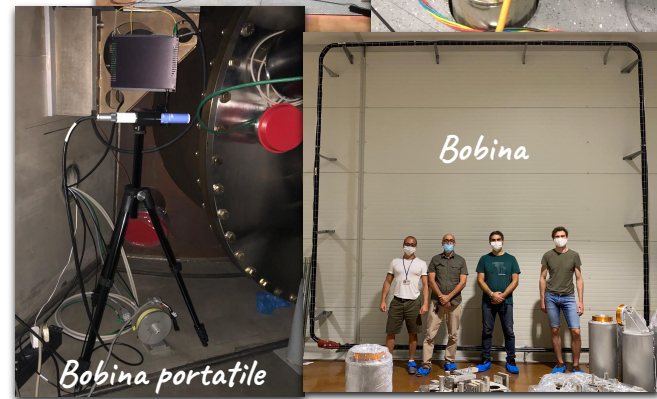
RUMORE ACUSTICO

- Cassa acustica installato nell'edificio centrale

RUMORE MAGNETICO

- Bobina (4mx4m) percorsa da corrente installata nell'edificio centrale e nei due edifici terminali
- Bobina portatile (iniezioni in campo vicino)
 - localizzazione di un accoppiamento anomalo ai campi magnetici da parte degli elementi sensibili dell'interferometro

Sistema di iniezione di rumore acustico

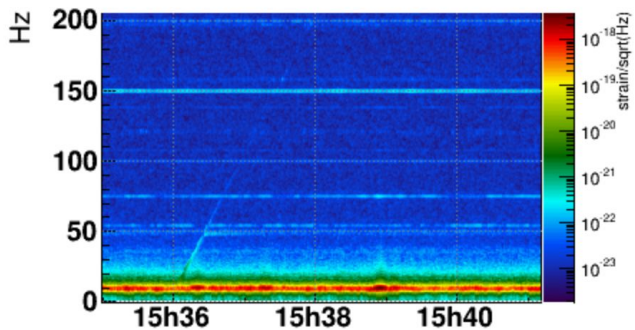




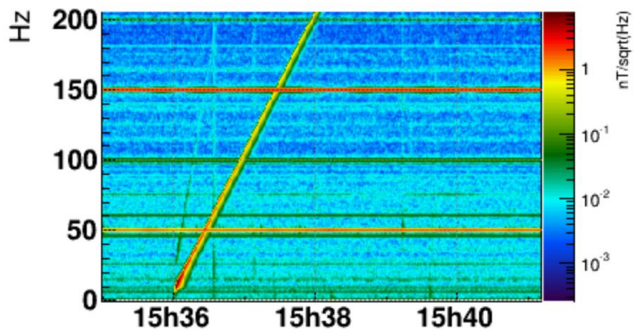
Accoppiamenti



Segnale gravitazionale durante l'iniezione

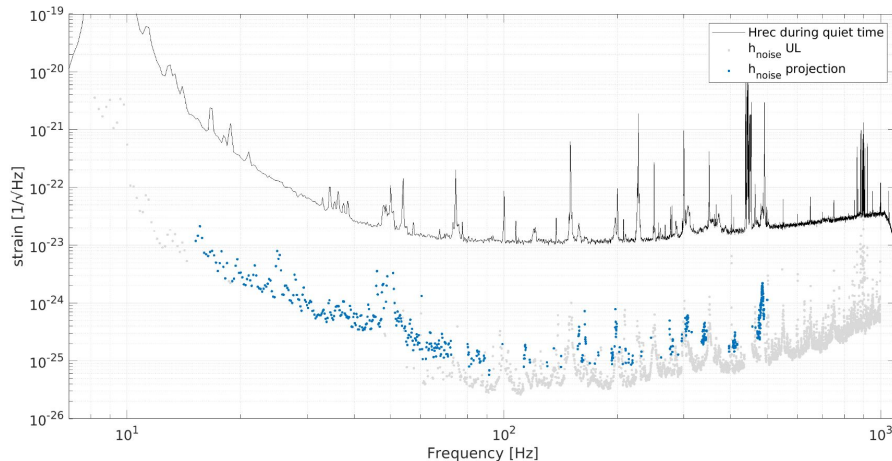


Magnetometro



- Iniezione magnetica nell'intervallo (8-1000) Hz

Proiezione



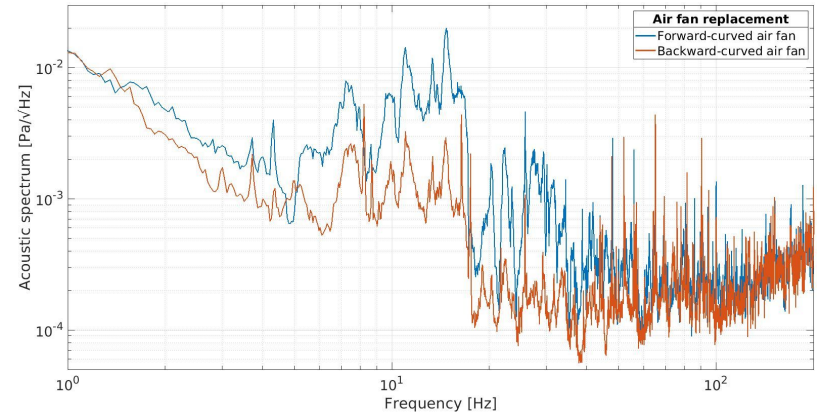


Mitigazioni di rumore

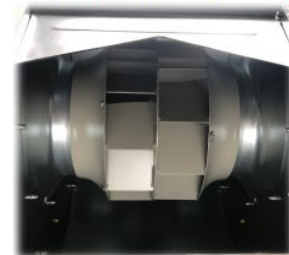


Rumore acustico

- Il principale contributo del sistema di ventilazione al rumore acustico deriva dalla turbolenza dell'aria all'uscita del ventilatore o all'interno dei condotti dell'aria.
- Un flusso d'aria più laminare può ridurre il rumore acustico all'interno delle sale sperimentali.
- La sostituzione del ventilatore d'aria e l'ottimizzazione della sua velocità hanno permesso di ottenere una significativa riduzione del rumore acustico nella banda di frequenza degli infrasuoni (1-50) Hz.



Backward-curved fan



Forward-curved fan

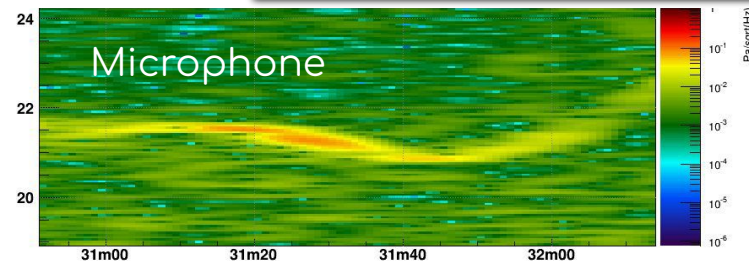
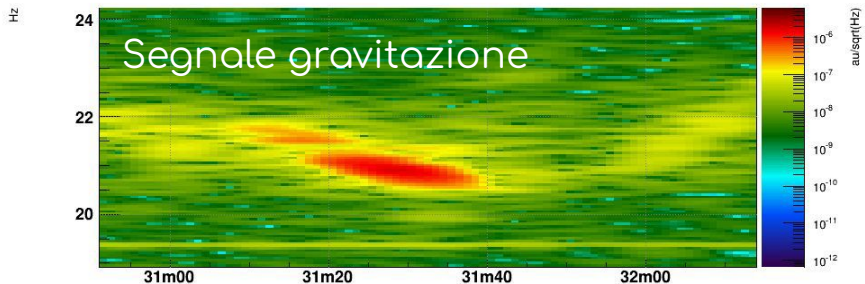




Sorgente di rumore esterno



- Le onde di pressione causate dai veicoli aerei vicino all' interferometro inducono vibrazioni a bassa frequenza nell'intervallo 10-150 Hz sulle pareti degli edifici sperimentali
- Divieto di sorvolo all'interno di volumi cilindrici di 600 m di raggio e di altezza attorno ai tre vertici di Virgo.





Tecniche di mitigazione delle sorgenti di rumore ambientale sismico, acustico e magnetico

Grazie per la gentile attenzione!!!