


# A Mátrai Gravitációs és Geofizikai Laboratórium és kutatási programja

Ván Péter

 **Wigner** Fizikai Kutatóközpont, Részecske és Magfizikai Intézet

Visznek, TÖK, 2016. július 4.

- 1 Bevezetés: a kövekről
- 2 Gravitációs hullámok interferometrikus detektálása: a zaj
- 3 A Mátrai Gravitációs és Geofizikai Laboratórium

# A puha kövek I



## A puha kövek II

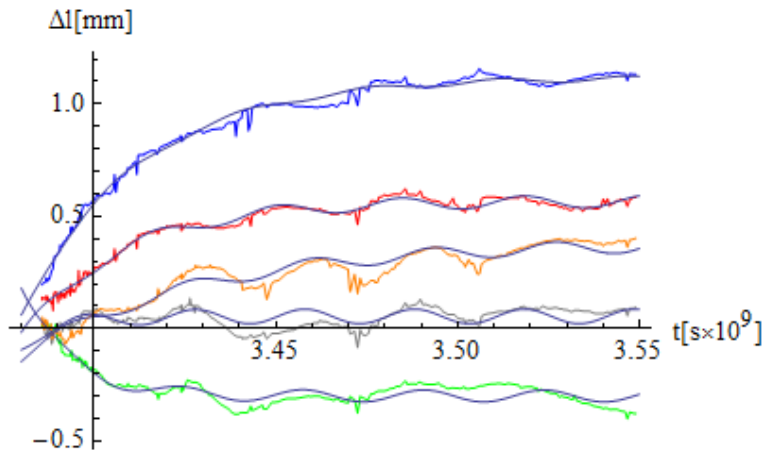


# A puha kövek III

A kanadai Földalatti  
Kutatólaboratórium (Underground  
Research Laboratory) "Mine by"  
kísérlete:  
420m mélyen, ép "Lac du Bonnett"  
gránitba robbantás nélkül fúrt 3.5 m  
átmérőjű kör keresztmetszetű alagút  
néhány év után.



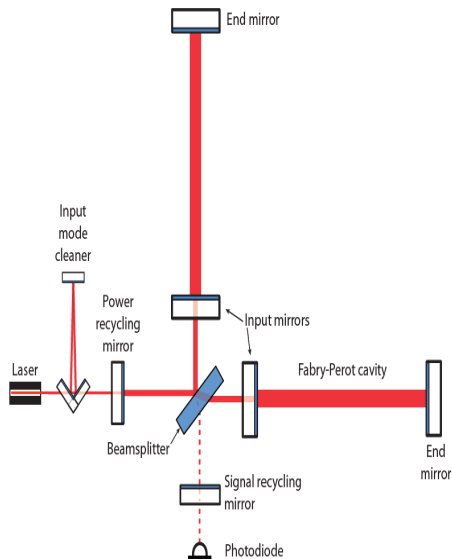
## A puha kövek IV



A bátaapáti atomhulladéklerakó egyik extenzométerének adatai. A berendezés különböző hosszúságú mérőszálainak hosszváltozása az idő függvényében. Konvergencia sebessége néhány mm/év, a hullámzás az éves hőmérsékletingadozás hatásait mutatja.

# Michelson interferométerek érzékenységének fejlődése

- Első gravitációs hullám detektor:  
Kalifornia 1971. Karhossz 8.5 m,  
érzékenység  $\sim 10^{-16} 1/\sqrt{\text{Hz}}$
- Technikai újítások:
  - összehangolt karhossz ("dark fringe" működés),
  - teljesítmény recirkuláció,
  - Fabry-Perot karüregek,
  - bemeneti módus tisztítás,
  - jel újrafelhasználás
- Ma LIGO: karhossz 4000 m,  
érzékenység  $\sim 10^{-23} 1/\sqrt{\text{Hz}}$ .  
VIRGO: karhossz 3000 m,  
érzékenység  $\sim 4 \times 10^{-23} 1/\sqrt{\text{Hz}}$ .



# Mit mérnek?

A méter pontossága SI-ben:  $\frac{\Delta l}{l} \sim 10^{-14}$

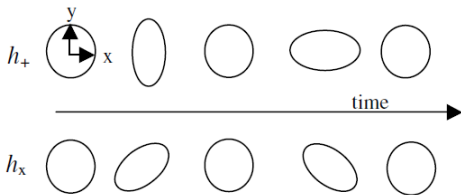
Az interferrometrikus detektorok pontossága:  $\frac{\Delta l}{l} \sim 10^{-23}$

Hogy lehet ez?

Távolságmérés = időmérés, mert a fénysebesség az SI-ben pontos érték.

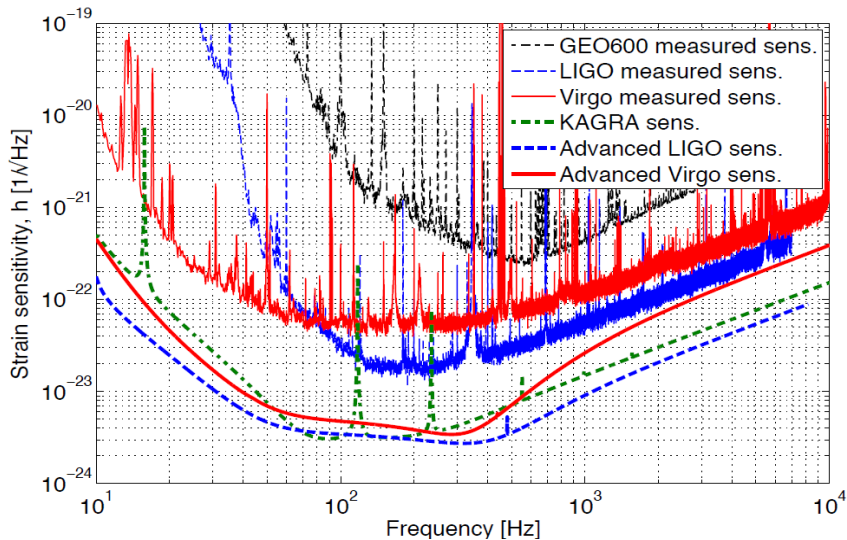
Távolságmérés pontossága = a legpontosabb atomórák pontossága.

Itt: elliptikus polarizáció, relatív karhosszváltozás. Egyformaságeltérés.



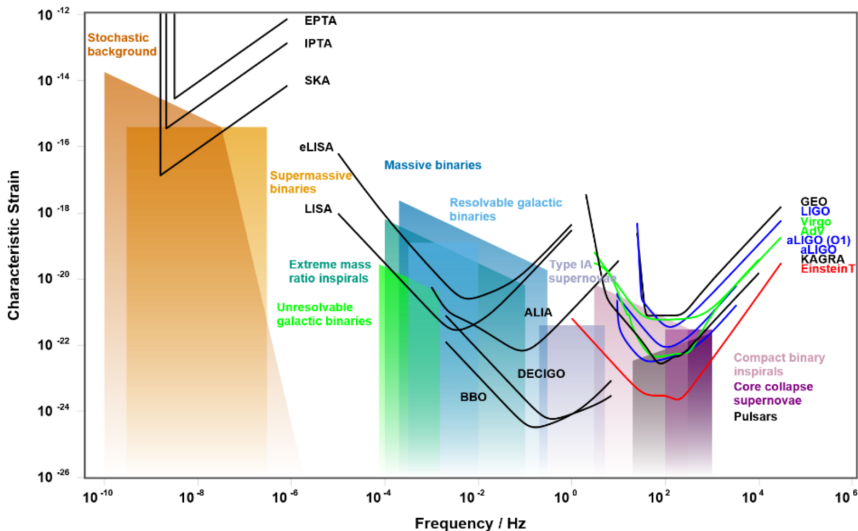


# Érzékenységek

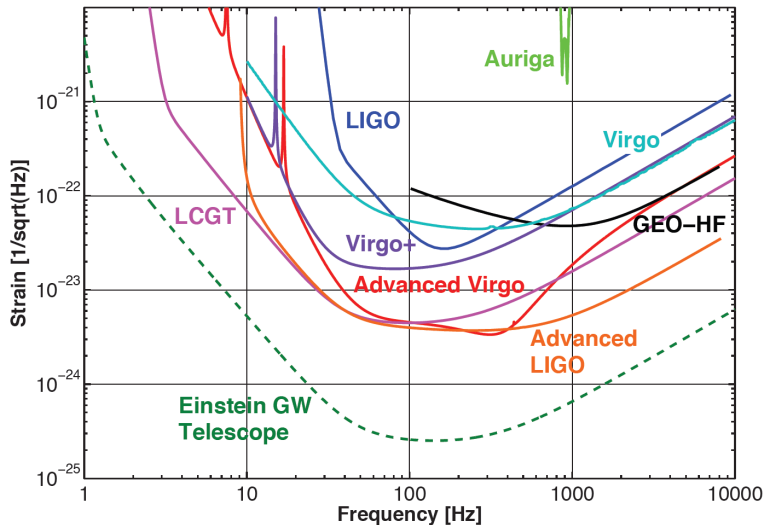


rezonanciák: 50Hz EU, 60Hz USA, ...

## Gravitational Wave Detectors and Sources



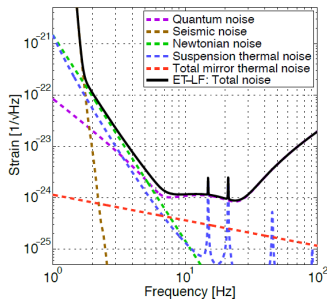
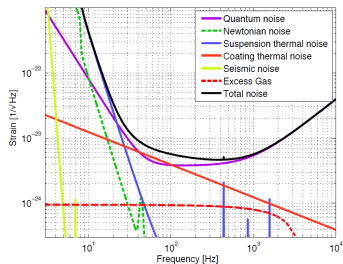
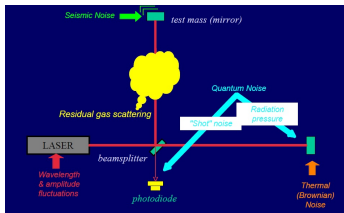
# Érzékenységek ++



LCGT = Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope = KAGRA

# Zajforrások – fejlett Virgo és Einstein Teleszkóp

- Foton sörétzaj + Sugárnyomás zaj  
→ standard kvantumzaj
- Newtoni zaj
- Termikus zaj: felfüggesztés és bevonat
- Szeizmikus zaj
- Maradék gázon szóródás

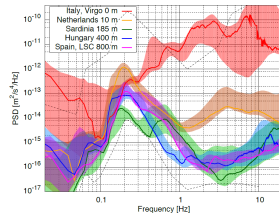


# Zajalapok

- Kisebb zajt kevésbé kell csillapítani
- Alacsony frekvencián civilizációs és környezeti zajok
- 20Hz felett passzív alatta aktív csillapítás.
- Kompakt kettősök, összeolvadási idő:

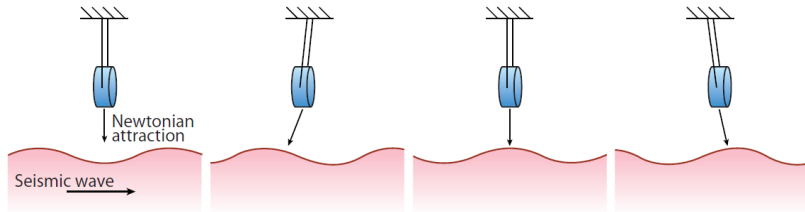
$$\tau_0 \sim f_0^{-8/3}$$

$f_0$  – kezdeti keringési frekvencia



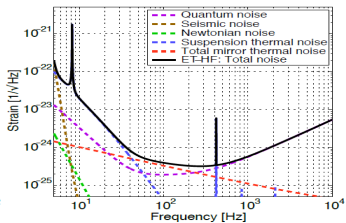
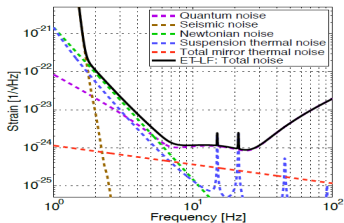
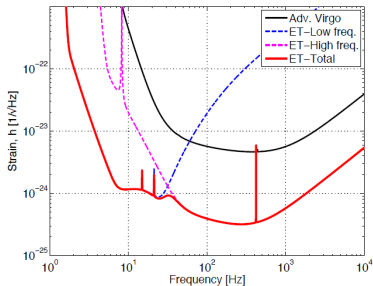
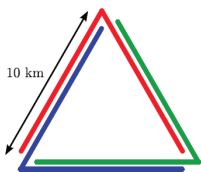
# Newtoni zaj: közvetlen csatolás

Szeizmikus forrás: P-S és Rayleight hullámok



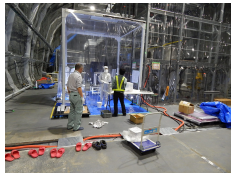
Aktív szűrés: közelemélet és mért átviteli függvények.

# Harmadik generáció: Einstein Teleszkóp (európai álm)



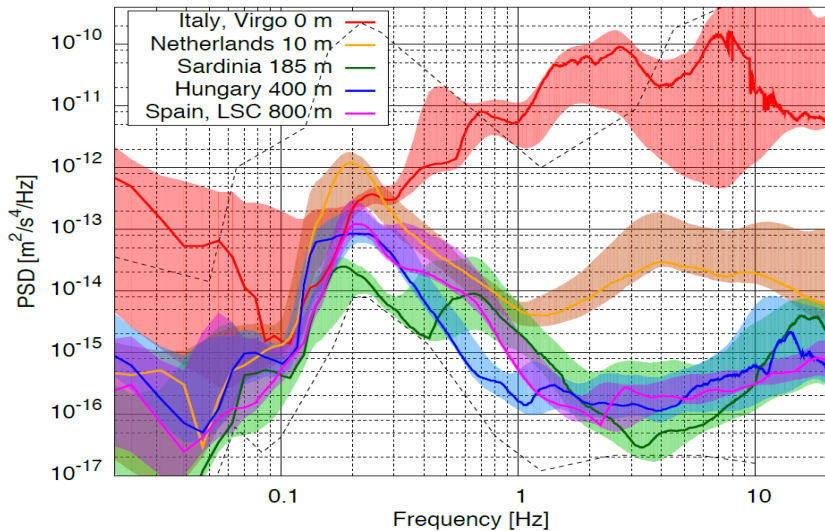
Érzékenysége 10-szerese a 2. generációnak: 1000-szer több esemény.

# KAGRA

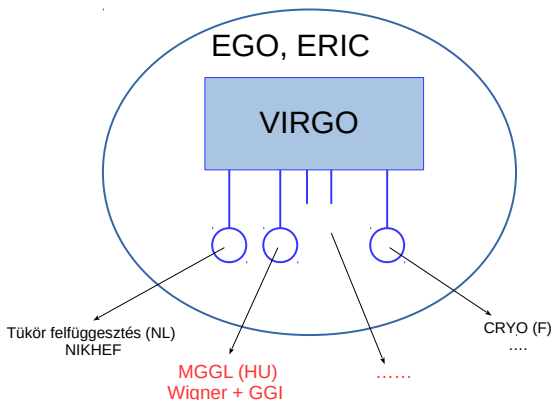


Hűtött tükrök a föld alatt. Fővizsgáló: Takaaki Kajati-san (0.5 Nobel 2015)

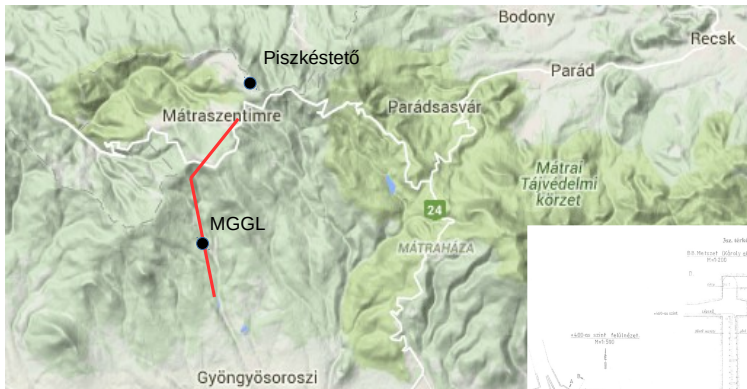




- MTA, Wigner FK Piszkéstetői telephelye → Gyöngyösorszi,
- EGO: European Gravitational Observatories,
- EGO ERIC: European Res. Infrastructure Cons., 2016 őszén,
- IGRAINE: H2020 pályázat az ERIC megalakítására



# MGGL - Hol van?



Mátrai Gravitációs és Geofizikai Laboratórium:

Gyöngyösoroszi bánya (ólom és cink), rekultiváció alatt

Károly táró: befelé 1275m, 70m mély.



A mátraszentimrei aknalejárát

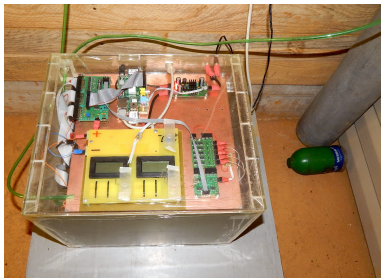


A Károly táró bejárata

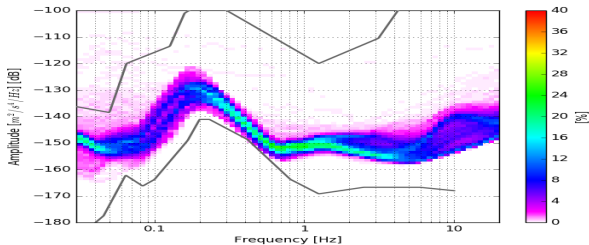
# MGGL - Mi van benne?



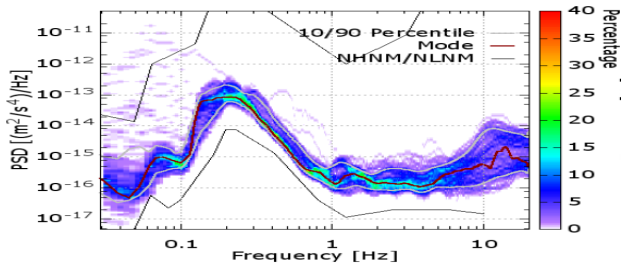
# MGGL - műszerek



# Előzetes eredmények



Mátra 2016, 70m.



Mátra 2007, 400m.

- A kövek lassan puhák
- GH detektálás jövője: az alacsony frekvenciák fontosak
- Fő korlátok: szeizmikus és Newtoni zaj
  
- MGGL zajmérések:
  - a Mátra szeizmikus, elektromágneses feltérképezése,
  - speciális infrahang detektorok és szeizmográfok bemérése
  - Newtoni zaj: kőzet átviteli függvény mérés
- MGGL kőzetmérések: általános kontinuumelmélet, kőreológia, atomhulladék, hővezetés, in situ feszültségek (ASR), ...

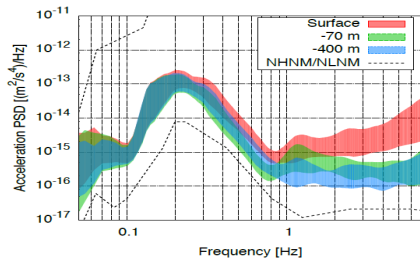
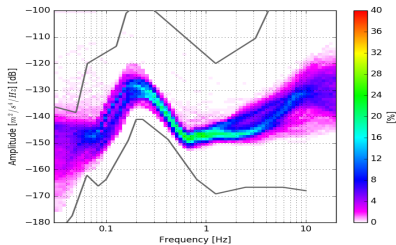
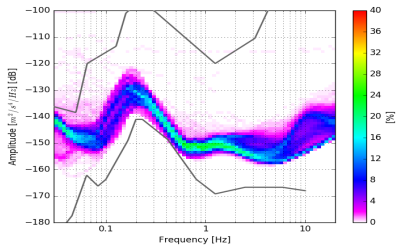




# Köszönöm a figyelmet!

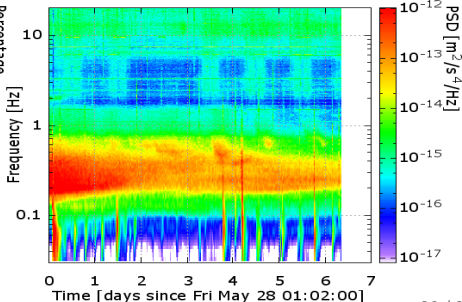
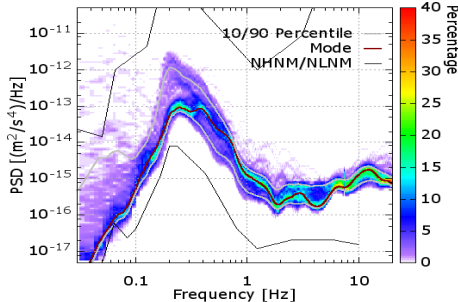
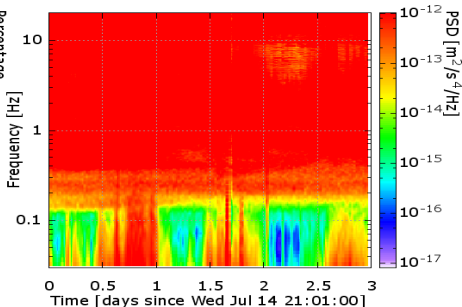
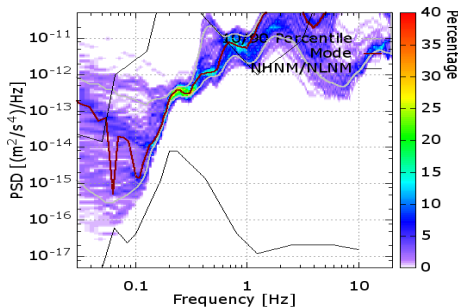
Az előadásban felhasználtam a Virgo kollaboráció és főleg M.G Beker számos ábráját.

# Előzetes eredmények: 2016 Piszkés+MGGL - 2007 mind

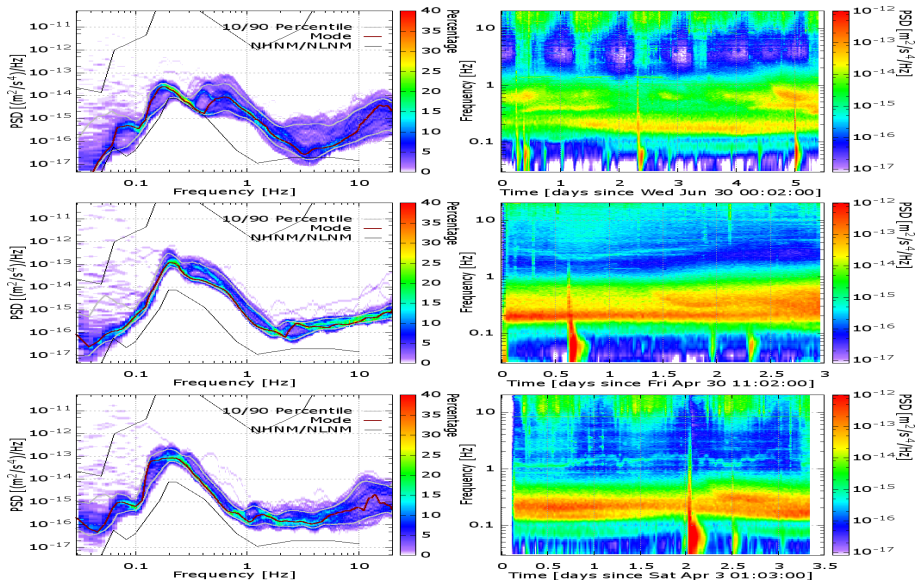


- Puha kövek zajonganak: mikroszeizmológia
- Folyékonyság időskála: atomhulladék
- Feszültségek a mélyben: bányászat és mélyépítés, Anelastic Strain Recovery
- Kőzetmérések, általános kontinuumelmélet?

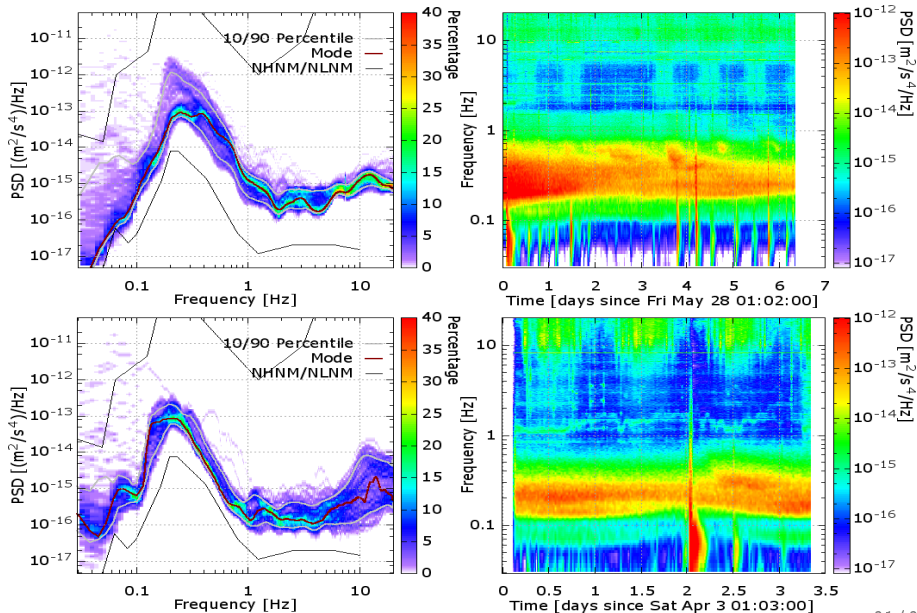
# Virgo-Kagra (Kamioka, 1000m)



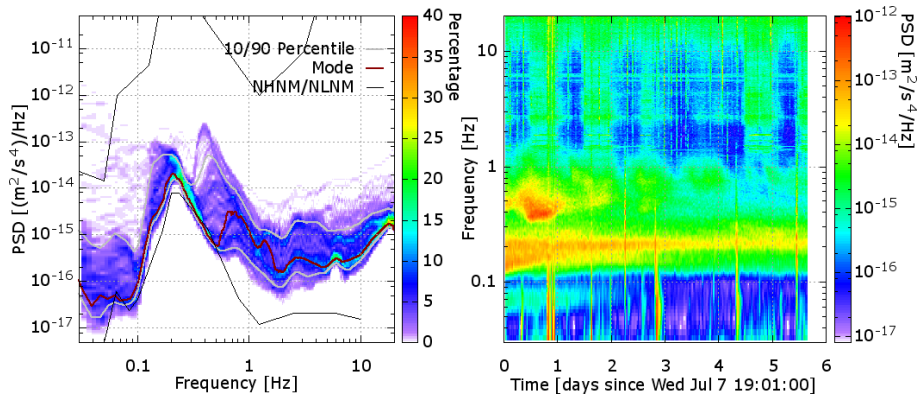
# Szardínia (189m) - Pireneusok (900m) - Mátra (400m)



# Mátra (400m) - Kamioka (1000m)

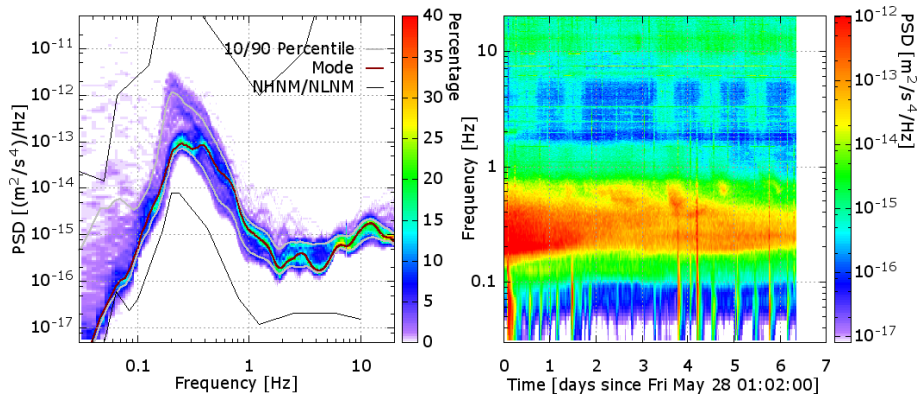


# Gran Sasso, 1400m

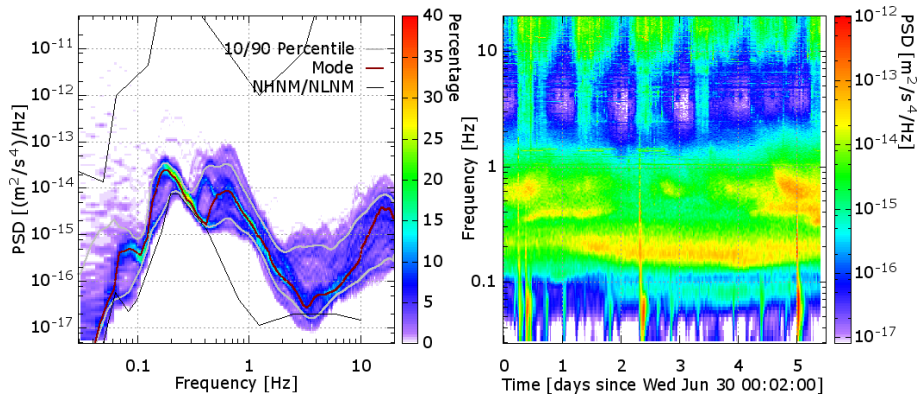




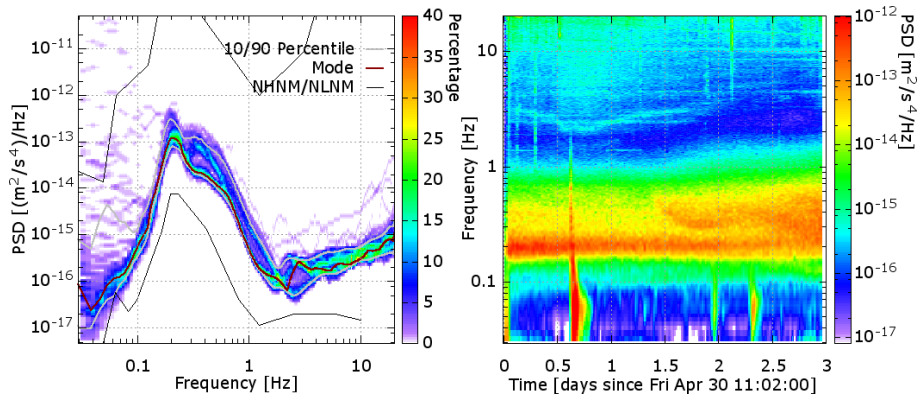
# KAGRA, Kamioko, Japan



# Szardínia



# Pireneusok, Spanyolország, Canfrac



# Gyöngyösroszsi

