

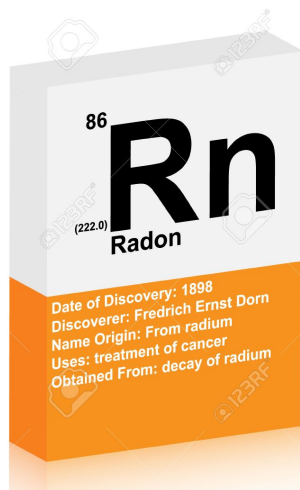
Istituto Nazionale di  
Geofisica e Vulcanologia



# Long term continuous radon monitoring in Italy

Valentina Cannelli\*, Antonio Piersanti, Gianfranco Galli  
INGV

101° CONGRESSO NAZIONALE DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA, Roma, 21-25 Settembre 2015



- Gas nobile radiativo
- $^{222}\text{Rn}$  isotopo più stabile:  $t_{1/2}$  3,8 giorni (catena decadimento U – emissione  $\alpha$ )
- Inodore e incolore a T e P standard
- Solubile in acqua
- **OMS** agente cancerogeno Gruppo 1, **US\_EPA** 2° fattore di rischio tumore al polmone

## PERCHE':

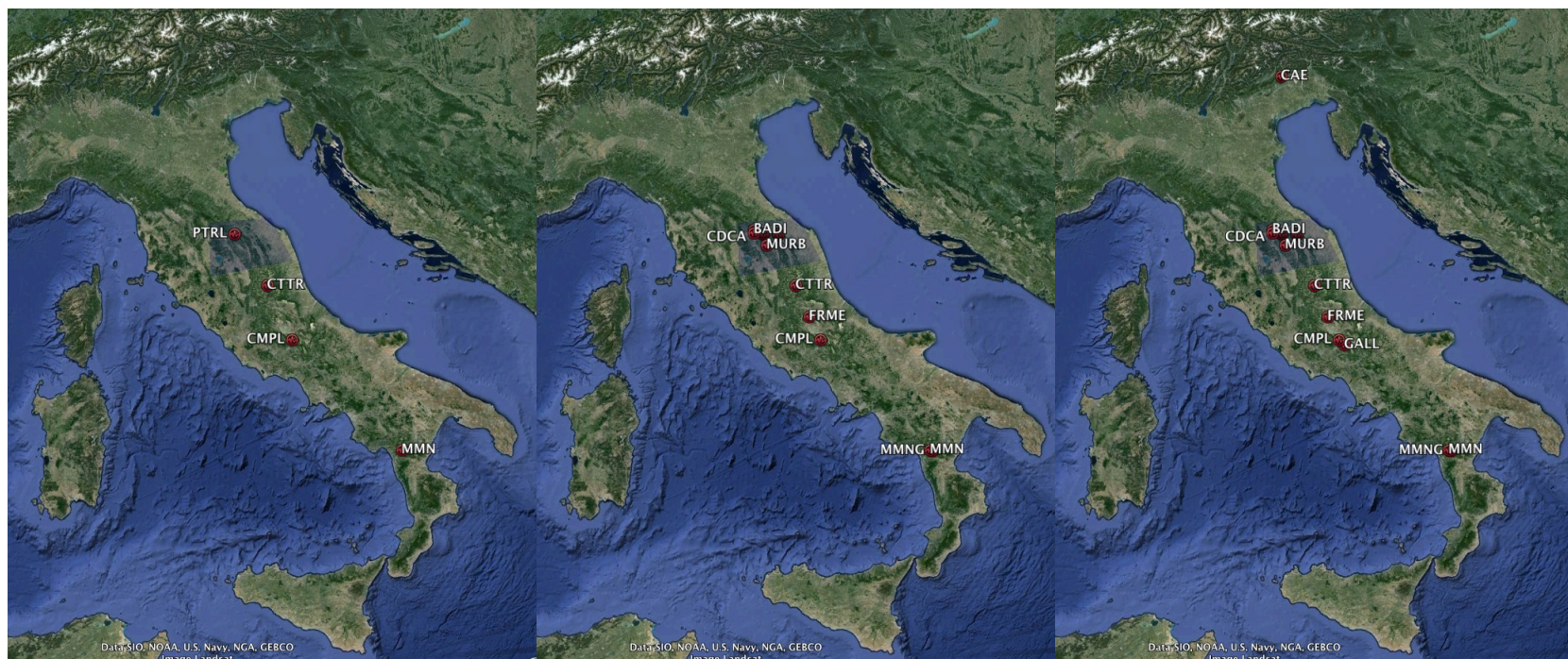
- considerato un **potenziale indicatore** di stato di stress geochimico/idrologico – **monitoraggio** in zone sismicamente attive

## OBIETTIVI:

- Progettazione e sviluppo di una **rete permanente di monitoraggio in continuo** della concentrazione di Radon
- Progettazione e implementazione di un **database interoperabile** dove raccogliere i dati acquisiti con procedure automatizzate
- **Analisi comparate** di serie temporali di Radon (algoritmi numerici)



# Italian Radon Monitoring Network



2009



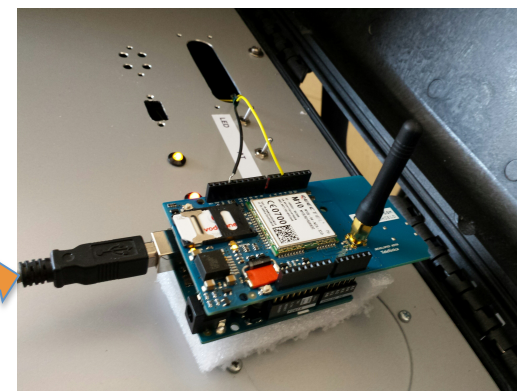
2015

**12 stazioni permanenti**

MIUR Premiale (2012-2015) *“Studio multidisciplinare della fase di preparazione di grandi terremoti”*

MIUR Premiale (2013-2016) *“PLUTO: Potenziamiento di un Laboratorio natUrale per lo studio multi-disciplinare del TerremotO*

# Italian Radon Monitoring Network



Arduino-Based  
DAQ Prototype

## Sistema di misurazione attiva: Cella di Lucas

# Italian Radon Monitoring Network

## 5 su Near Fault Observatory (Umbria-Marche)



**CDCA**



**shelter**

**PTRL**

scuola dell'infanzia di pietralunga



via venanzio gabriotti

**indoor**

**MURB**



**pozzetto**

**Differenti tipologie di installazione**

# Italian Radon Monitoring Network

**BADI1**



**picchetto**

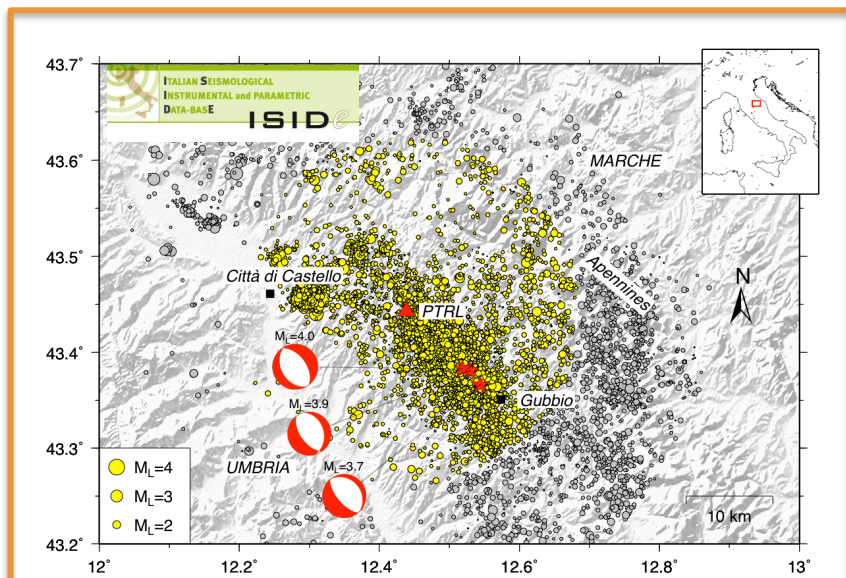
**BADI2**



**shelter**

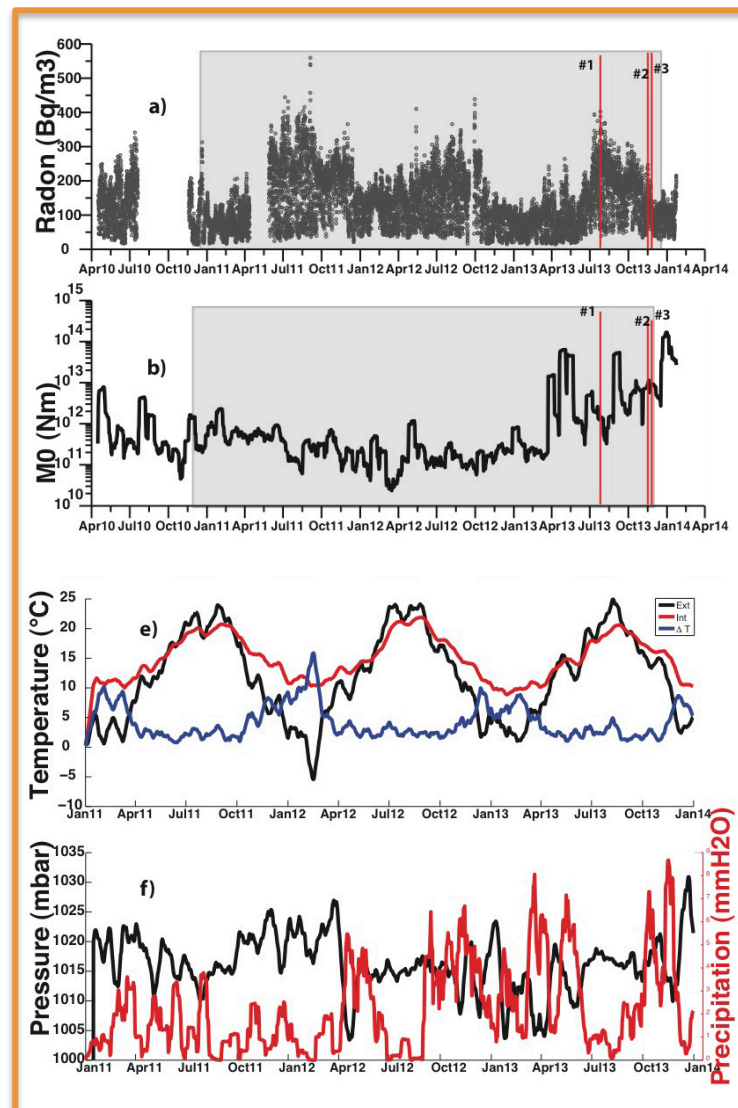
**Esempio di twin stations**

# PTRL: Dati, approccio di analisi, risultati



(Piersanti et al 2015)

- Gennaio 2011 – Dicembre 2013
- Radon raw > 400 Bq/m<sup>3</sup>
- Numero EQ ≈ 8,000 (DB ISIDe)



Rn  
(Bq/m<sup>3</sup>)

M0  
(Nm)

T  
(°C)

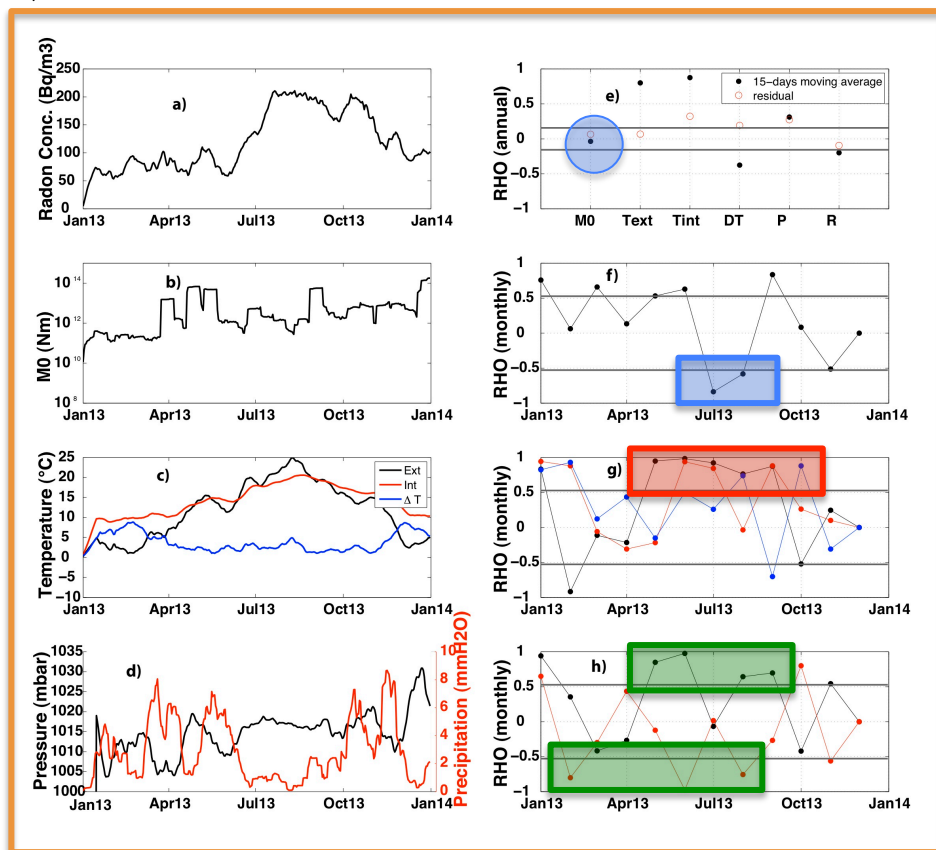
P, R  
(mbar  
mmH<sub>2</sub>O)



# PTRL: Dati, approccio di analisi, risultati

$$\text{Pearson Corr: } \text{RHO}_{XY} = \frac{\text{cov}_{XY}}{\text{cov}_X \text{ cov}_Y}$$

(Piersanti et al 2015)

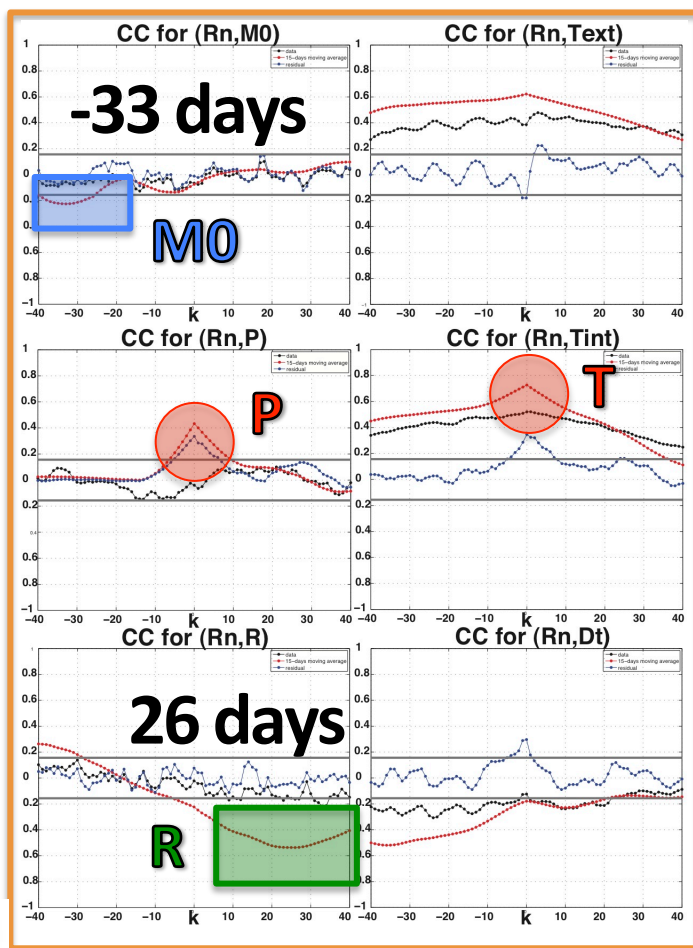


- **RHO(Rn,T)** sempre molto alto (0,6÷0,9)
- **RHO(Rn,P) e RHO(Rn,R)** < RHO(Rn,T) ma ancora significativi
- **RHO(Rn,MO)** non significativo su base annua globale, significativo nei mesi di riattivazione della sequenza

# PTRL: Dati, approccio di analisi, risultati

Lagged Corr:

$$CC_{XY}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X^*(\tau) \cdot Y(t + \tau) d\tau$$

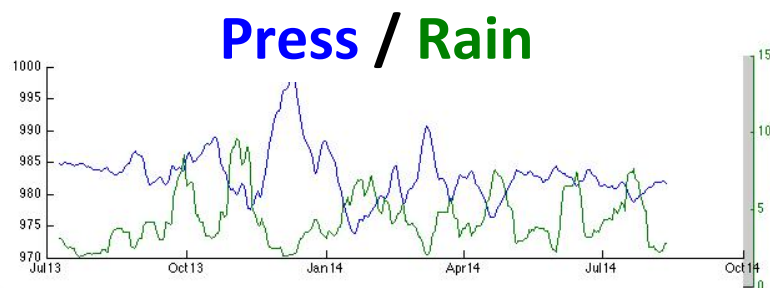
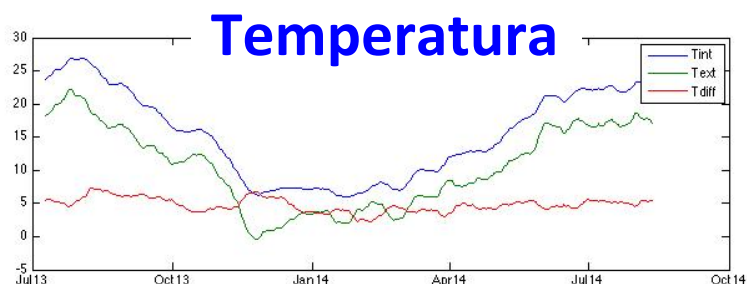


(Piersanti et al 2015)

- $CC(Rn, T)$  e  $CC(Rn, P)$  significativa e con lag=0
- $CC(Rn, R)$  positiva: il radon segue la pioggia
- $CC(Rn, M0)$  negativa: il radon precede le variazioni di momento sismico

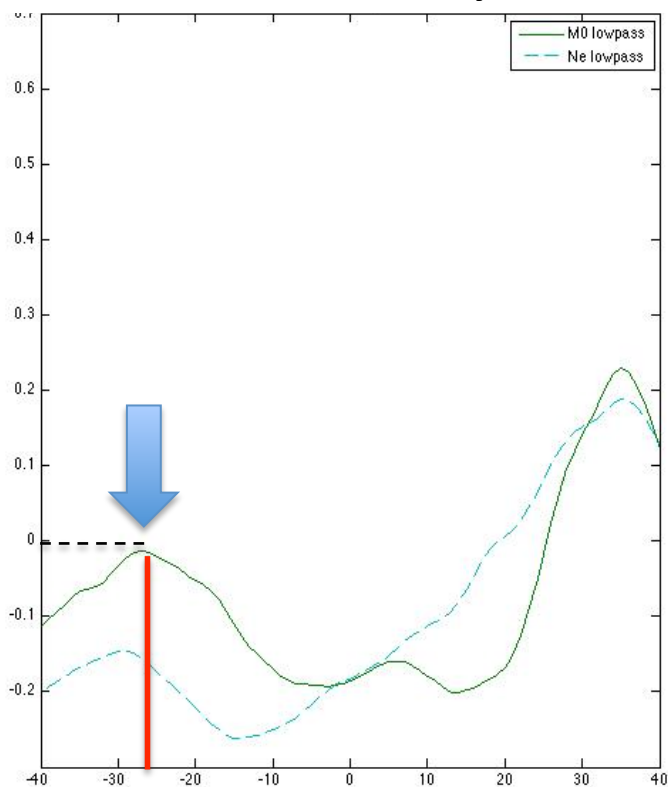
# MURB: Dati, approccio di analisi, risultati

- Luglio 2013 – Ottobre 2014
- Radon raw > 150 Bq/m<sup>3</sup>
- Numero EQ ≈ 12,000 (DB ISIDe)

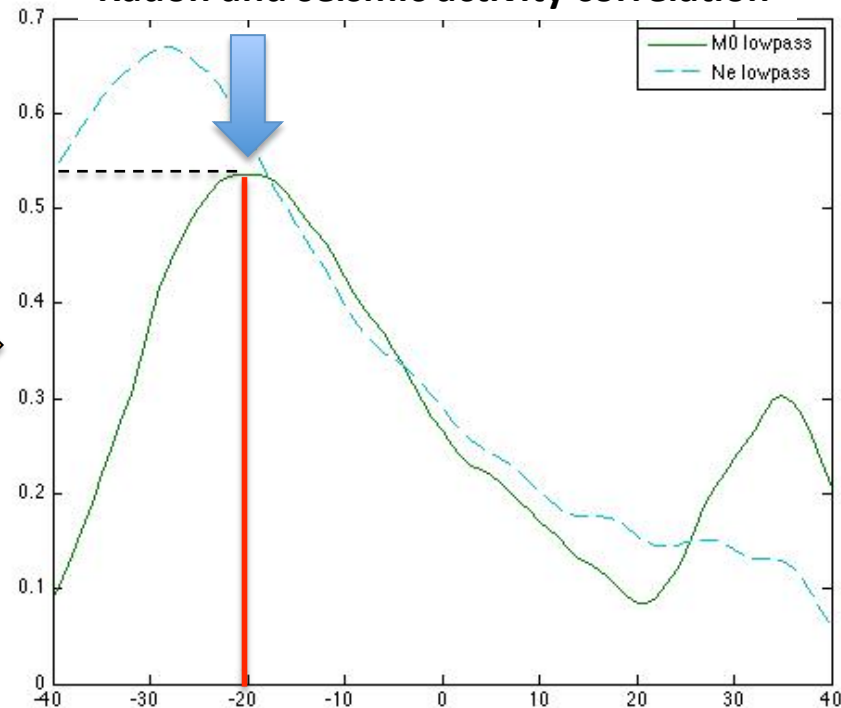


# MURB: Dati, approccio di analisi, risultati

Radon and seismic activity correlation

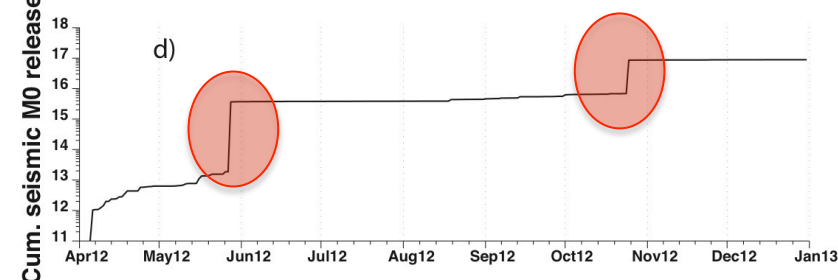
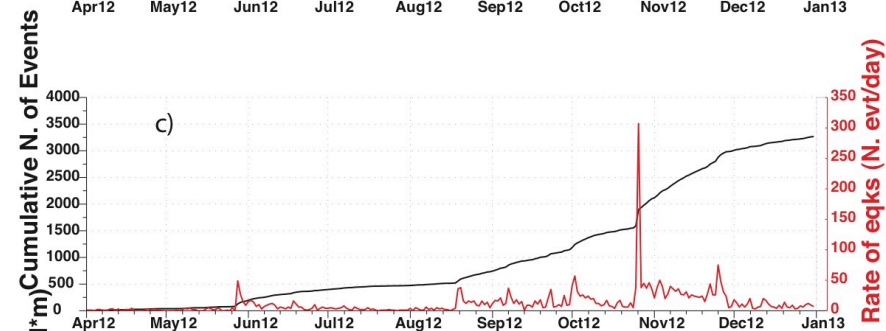
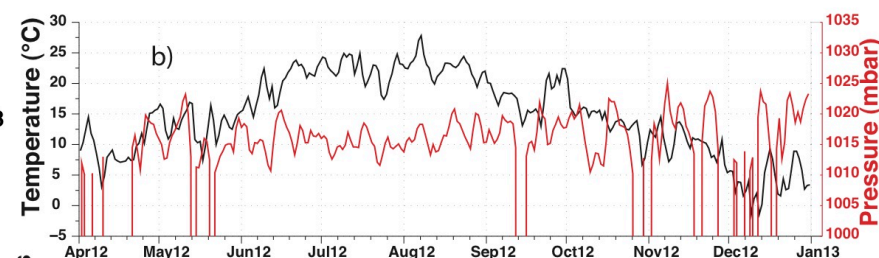
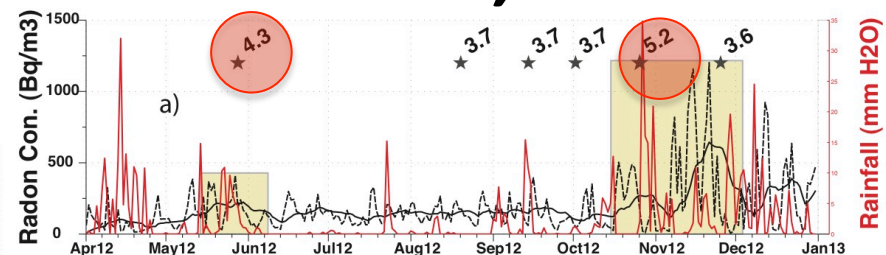
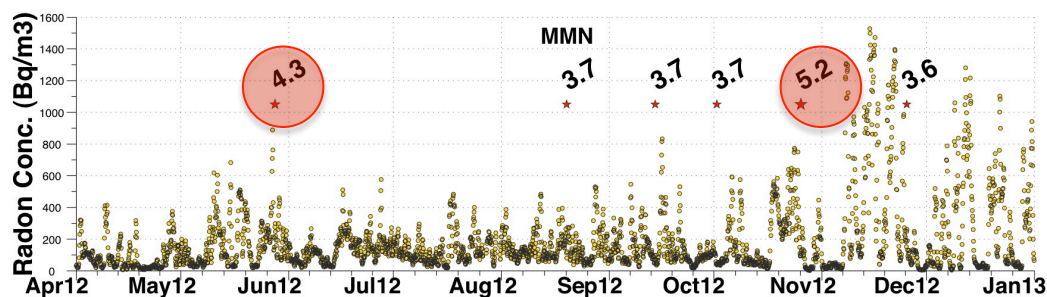


Radon and seismic activity correlation



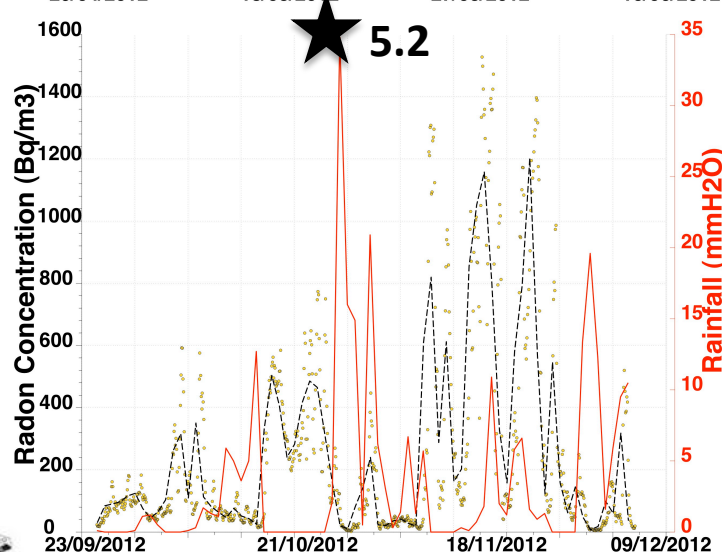
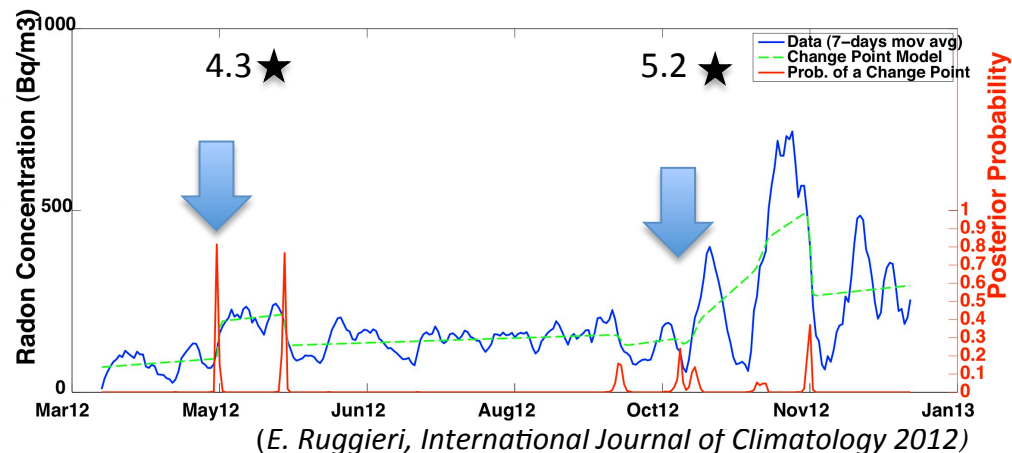
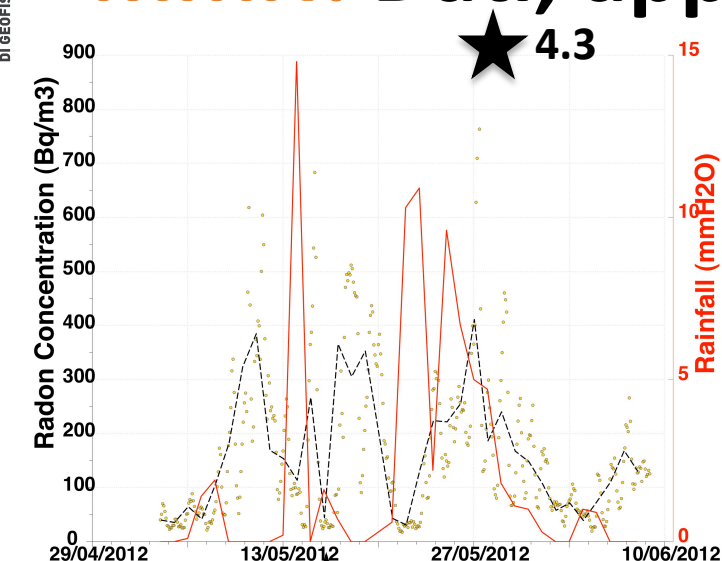
“Correzione” per le variazioni dei parametri meteo (T,P,R)  
 algoritmo empirico

# MMN: Dati, approccio di analisi, risultati



- Dic2011 – Ott2014
- Radon raw > 1000 Bq/m<sup>3</sup>
- Numero EQ ≈ 5,000 (M<3) – DB ISIDe

# MMN: Dati, approccio di analisi, risultati



Change points significativi  $\approx$  20 giorni prima EQ4.3 (inizio sequenza) e EQ 5.2.

- **Approccio fenomenologico: su basi quantitative**
- **Approccio statistico: analisi change points**

# Database **EPOS** Italian Radon Monitoring Network

EUROPEAN PLATE OBSERVING SYSTEM

```
mysql>
mysql>
mysql> select * from stations;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| stacode | network | loco | birth      | death      | lat      | lon      | alt | place                                     | sens_Radon | sens_Tint |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| CDCA   | IV      | 00   | 2014-01-22 | 2038-01-18 | 43.45840 | 12.23360 | 50  | CittaDiCastello(PG,Umbria)              | RNM_03_01 | EL-USB   |
| MURB   | IV      | 00   | 2013-07-04 | 2038-01-18 | 43.26300 | 12.52460 | 845 | MonteUrbino(PG,Umbria)                  | RNM_02_04 | TinyTag  |
| PTRL   | IV      | 00   | 2010-04-16 | 2038-01-18 | 43.44297 | 12.43875 | 750 | Pietralunga(PG,Umbria)                   | H146      | TinyTag  |
| SSFR   | IV      | 00   | 2013-10-09 | 2038-01-18 | 43.43628 | 12.78225 | 750 | Montelago-fr.Sassoferato(AN,Marche)     | RNM_02_03 | EL-USB   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql> select * from meas_instrument;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| ID_instr | type      | background | efficiency | samp_rate | calib_err |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1        | H146      | 1.4         | 0.07       | 115       | 0.03      |
| 2        | RNM_02_03 | 1.4         | 0.0621     | 115       | 0.0009    |
| 3        | RNM_02_04 | 0.62        | 0.0627     | 115       | 0.0009    |
| 4        | RNM_03_01 | 0.3         | 0.051      | 115       | 0.03      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql> select * from installation;
+-----+-----+
| type      | type_install |
+-----+-----+
| indoor    | 1            |
| shelter   | 2            |
| pozzetto  | 3            |
| picchetto | 4            |
+-----+-----+
4 rows in set (0.13 sec)

mysql>
```

- Progettazione, sviluppo e implementazione
- Piattaforma **MySQL**
- Risultati di analisi preliminari
- Disseminazione portali web istituzionali

## CONCLUSIONI:

- **Italian Radon Monitoring Network**  
**12 stazioni permanenti** in piena fase evolutiva  
*(potenziamento copertura rete + sviluppo tecnologia innovativa di acquisizione)*
- **Database**  
conservazione dei dati presso un **centro di acquisizione** per disseminazione e interoperabilità attraverso **web services** in formati standard internazionali
- **Primi risultati**  
approcci di analisi diversi applicati su stazioni e contesti sismotettonici diversi convergono sul fatto che:
  - caratteristiche del segnale registrato sono **site-dependent**  
*(in particolare: ruolo rilevante dei parametri meteorologici nella modulazione dei livelli di radon emanati)*
  - massima correlazione tra emissione radon e rilascio di momento sismico con **time-shift ricorrente di 20-30 giorni**



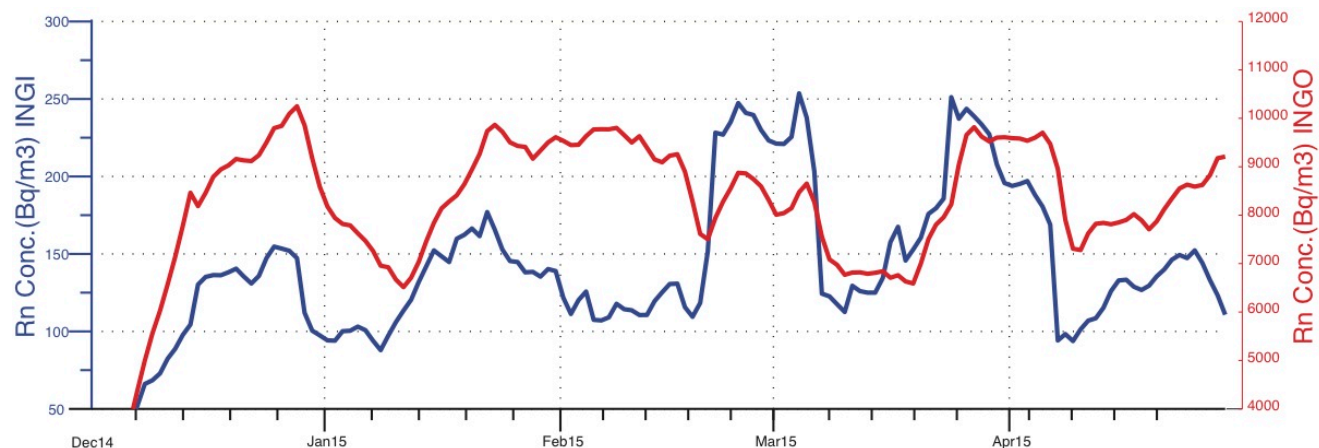


**GRAZIE!**

# Italian Radon Monitoring Network

**INGO**
  
**picchetto**

**INGI**
  
**shelter**



**Esempio di twin stations INGV-Roma**