



**Congresso Nazionale**  
**La radioprotezione nell' ambiente, nell'industria, nella ricerca e  
nella sanità**

**LA RADIOATTIVITÀ NATURALE IMPROPRIA DEL  
TERRITORIO: I NORM DELLE INDUSTRIE CHIMICHE.  
VALUTAZIONE E ASPETTI DELLA RADIOPROTEZIONE**

***CENTRO CONGRESSI***  
***AULA MAGNA "BENIAMINO ANDREATTA"***  
***Università della Calabria***  
***Rende, 16 - 17 ottobre 2017***

**[s.procopio@arpacal.it](mailto:s.procopio@arpacal.it)**



Dipartimento di Catanzaro  
Laboratorio fisico  
*Ettore Majorana*

- la misura della radioattività;*
- gas radon: aria, acqua, suolo;*
- campi elettromagnetici a bassa e alta frequenza;*
- agenti fisici nei luoghi di lavoro: microclima, illuminamento  
irradianza*

# TERRITORIO CONTAMINATO DA NORM E TENORM

**Area dichiarata SIN (sito di interesse nazionale) DM 468 del 18 09 2001**

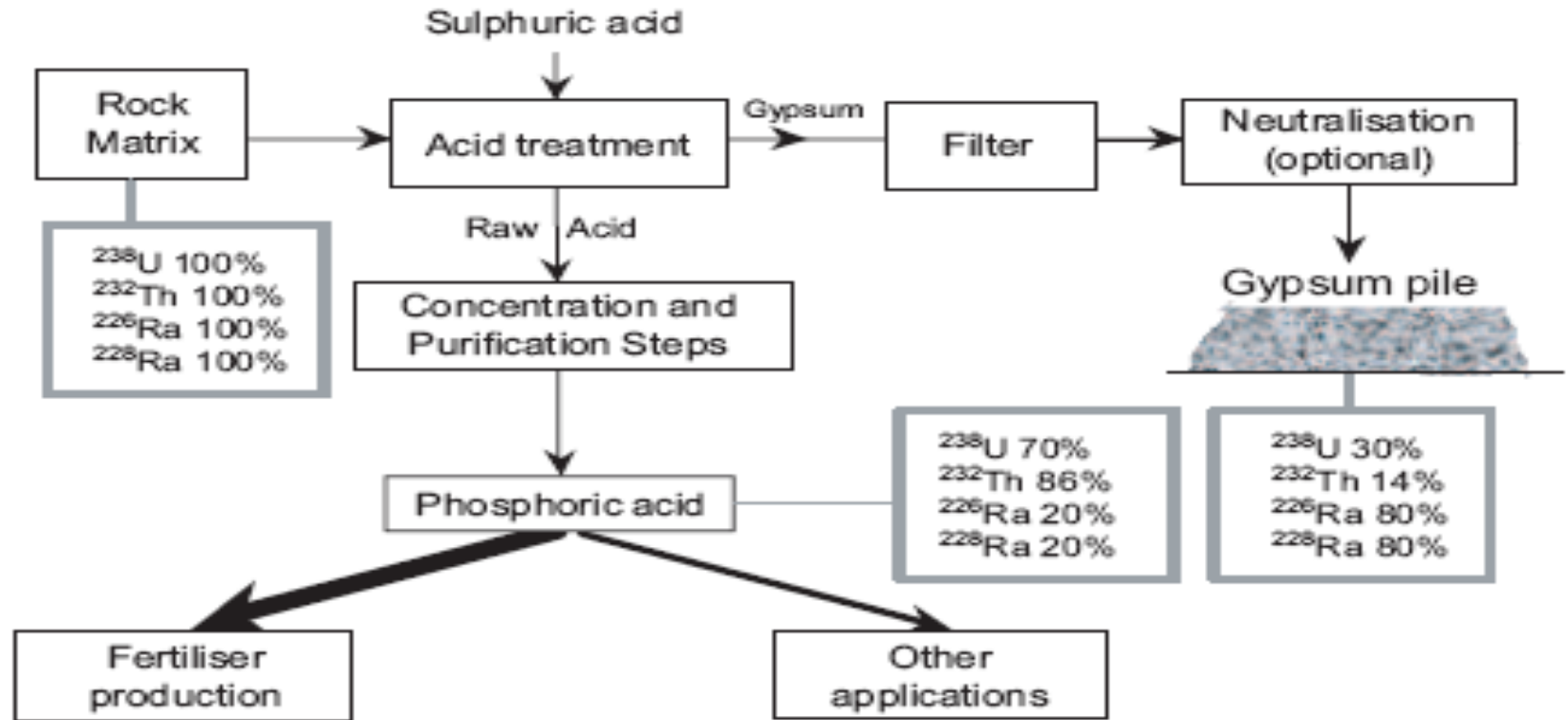
- ❑ 530 ha su terraferma;
- ❑ 1452 ha a mare;
- ❑ Siti civili fuori dal Sin

SIN = tre aree industriali, una discarica (ufficialmente per i rifiuti archeologica prospiciente l'area

**Matrici inquinate: suolo e acque**  
**Inquinanti: Solfati, Manganese e NO<sub>x</sub>**

**Siti civili: fuori dal sito di interesse nazionale**



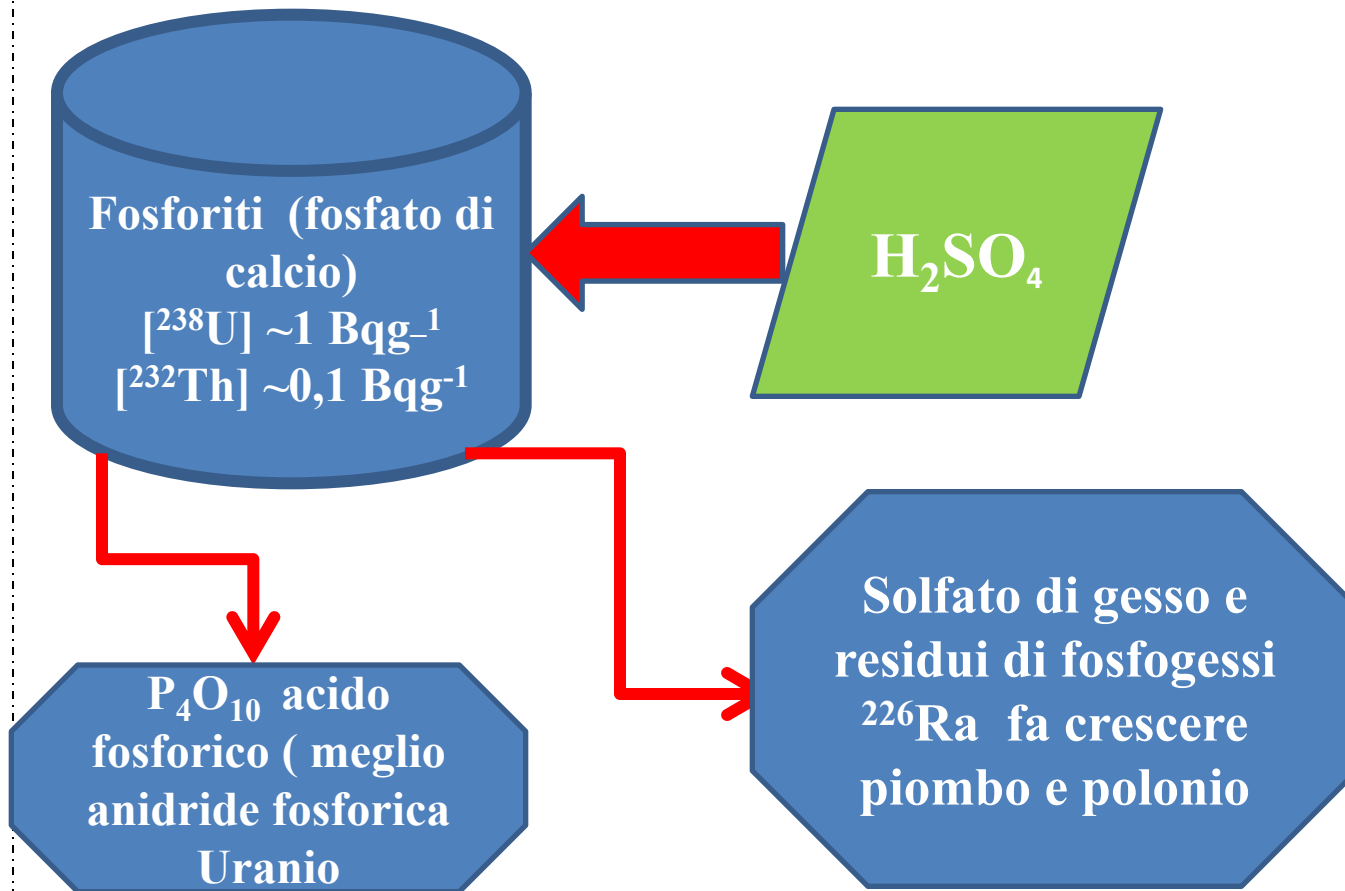


UNSCEAR 2000

*Flow diagram of the sulphuric acid phosphorus extraction process.*



# Acido fosforico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) per via umida





# RADIONUCLIDI NEI RESIDUI



➤  $^{226}\text{Ra}$  precipita nel gesso, incrostazioni e fanghi.

$$A_{^{226}\text{Ra}} \sim 1 \text{ Bqg}^{-1};$$

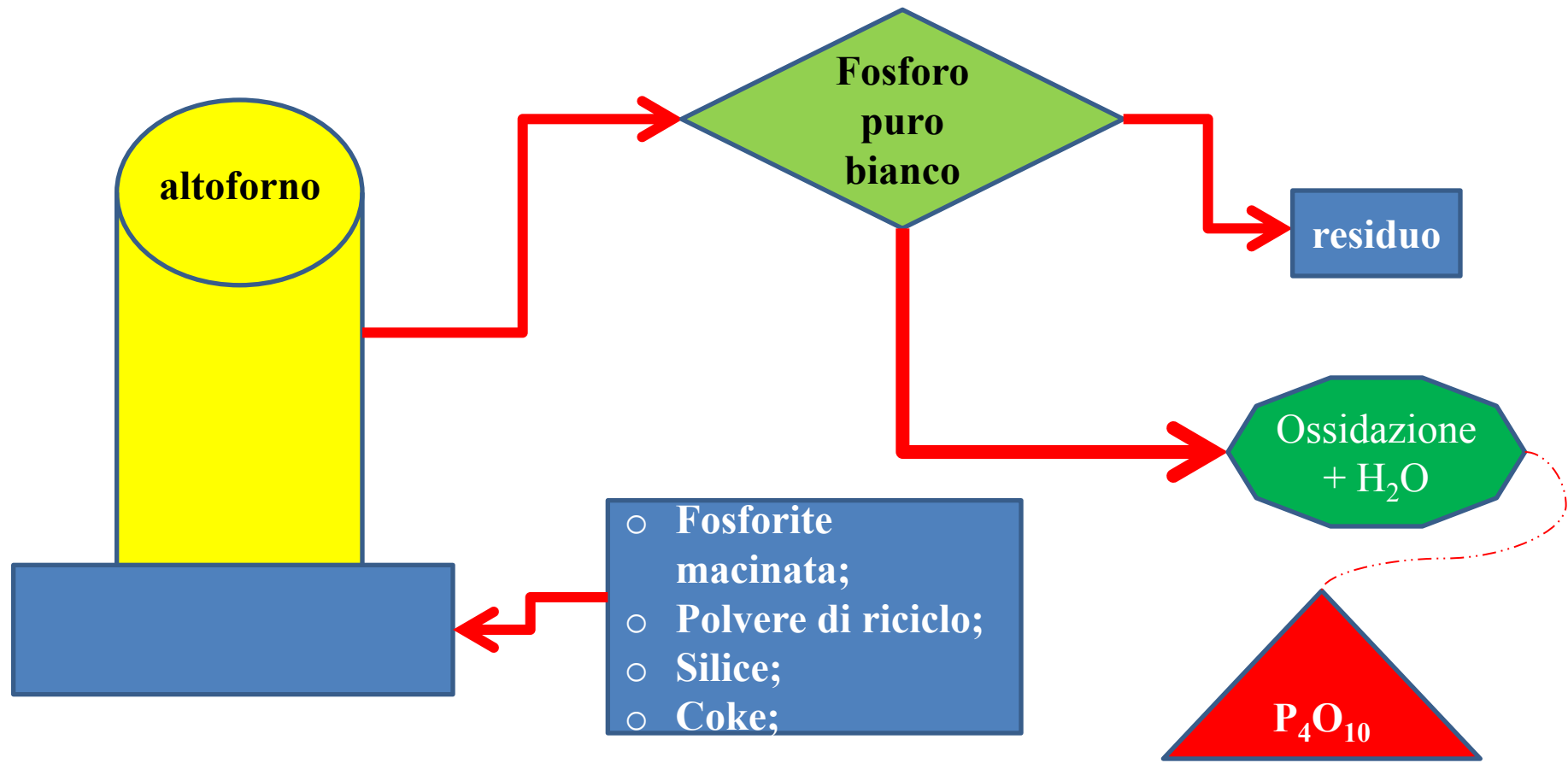
➤  $^{210}\text{Pb}$  cresce per la presenza di radio ;

➤  $^{210}\text{Po}$  cresce per la presenza di radio;

➤  $\nabla$  anidride fosforica  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  si producevano  
4 parti di gesso



# Fosforo elementare e acido fosforico via termica



# RESIDUI

**METASILICATI DI CALCIO;**

**FERRO – FOSFORO;**

**FANGHI, INCROSTAZIONI;**

**POLVERI CAMINO;**

**PRESENZA DI  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$**

5 x10<sup>3</sup> tonnellate di  
fosfogessi

< 5x10<sup>3</sup> metasilicati di  
color grigio azzurro



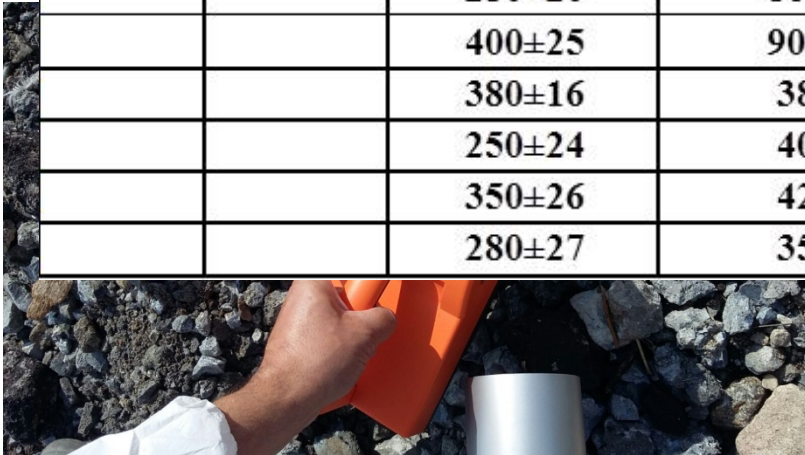
- Scuole;
- edifici pubblici;
- abitazioni private;
- barriere frangiflutti;
- zona industriale;
- banchine del porto;

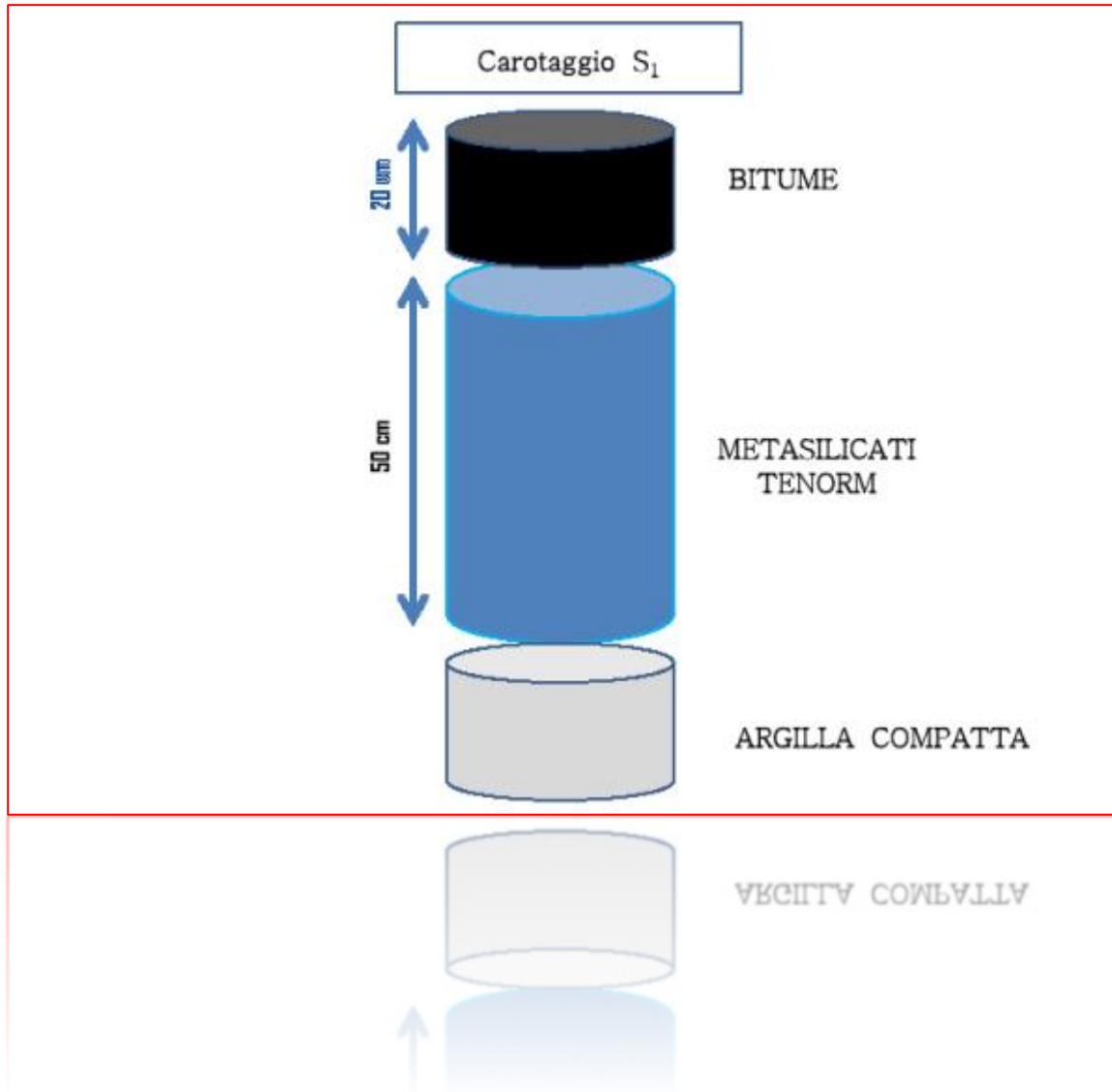






| Coordinate |         | Dose gamma in aria a 1 m | contaminazione beta | Tempo di conteggio |
|------------|---------|--------------------------|---------------------|--------------------|
| X[E]       | Y[N]    | nGyh-1                   | cps                 | s                  |
| 682053     | 4329784 | 90±5                     | 10±2                | 600                |
|            |         | 250±20                   | 86±14               | 120                |
|            |         | 400±25                   | 90±15               | 120                |
|            |         | 380±16                   | 38±5                | 120                |
|            |         | 250±24                   | 40±3                | 120                |
|            |         | 350±26                   | 42±2                | 120                |
|            |         | 280±27                   | 35±3                | 120                |







□ *Area Portuale: Molo Giunti*

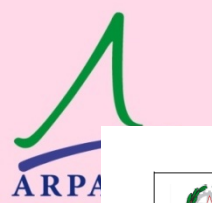


□ *Ex Ciapi: stabile pubblico*



□ *Mary's House: modello di simulazione*





# BIBLIOGRAFIA NORM



**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale  
Dipartimento nucleare, rischio tecnologico e industriale

**MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE**  
Direzione per le valutazioni ambientali

Convenzioni tra ISPRA e ARPA, APPA, l'ENEA-INMRL,CRI, ISS nell'ambito della Convenzione del 29.12.2006 MATTM-ISPRA avente per oggetto "Supporto tecnico alla DSA all'elaborazione di linee guida ed indirizzi metodologici", linea di attività "Prevenzione dai rischi dell'esposizione a radiazioni ionizzanti", tematica "Implementazione di un sistema nazionale di monitoraggio della radioattività ambientale"

**Task n 03.02.01.**  
**VALUTAZIONE DI IMPATTI RADIOLOGICI DA NORM**

| Soggetti partecipanti        | Verifica Coordinatore task (data e firma) | Approvazione (ISPRA) (data e firma) |
|------------------------------|---|-------------------------------------|
| ARPA Veneto                  | 15/06/2015                                | 15/06/2015                          |
| ARPA Friuli Venezia Giulia   | Flavio Trotti                             | Giancarlo Torri                     |
| ARPA Lombardia               | (ARPA Veneto)                             | (ISPRA)                             |
| ARPA Piemonte                |   |                                     |
| ARPA Toscana                 |   |                                     |
| ARPA Puglia                  |   |                                     |
| ISPRA                        | <i>Flavio Trotti</i>                      | <i>Giancarlo Torri</i>              |
| Istituto Superiore di Sanità |   |                                     |
| ENI                          |   |                                     |



European Commission

## Radiation protection 122

### Practical use of the concepts of clearance and exemption

#### Part II

#### Application of the concepts of exemption and clearance to natural radiation sources

la Po  
dire  
S)  
ing,

## CARATTERIZZAZIONE RADIOMETRICA DEL MOLO GIUNTI - PORTO INDUSTRIALE

Obiettivo: stima del livello di contaminazione di alcuni “hot spot” della città di Crotona dove è presente un’elevata concentrazione di residui dell’industria chimica contenenti NORM e soggetti all’azione degli agenti atmosferici.

La contaminazione è stata valutata attraverso la caratterizzazione radiometrica dell’area.

Sulla base di questi dati sono state effettuate:

- stime dosimetriche per la popolazione e i lavoratori nell’area di interesse;
- valutazioni radioprotezionistiche sulla fattibilità ed efficacia di eventuali azioni di rimedio.



**Il sito è più interessante rispetto ad altri già noti poiché il materiale è in grande quantità (circa 2500 m<sup>3</sup>), omogeneo e di pezzatura regolare**





## MATERIALI E METODI

Il metodo per caratterizzare il sito, valutare l'impatto radiologico e fornire elementi utili per le fasi di messa in sicurezza ha compreso:

- il campionamento di 5 aliquote di residui solidi da 1 kg + 500 g di erba per analisi radiometriche in laboratorio;
- la georeferenziazione dei punti di prelievo all'interno delle maglie (25x25 cm<sup>2</sup>) in cui è stata suddivisa l'area;
- il monitoraggio dell'aria con un campionatore ad alto volume su filtro di quarzo (3,5 m dal piano di campagna 20 m dal sito, flusso 240 l/min);
- le misure in campo di **rateo equivalente di dose e contaminazione beta.**



## MATERIALI E METODI

È stata determinata la dose efficace:

$$E = E_{\text{est}} + \sum_j [ h(g)_{j,\text{ina}} J_{j,\text{ina}} + h(g)_{j,\text{ing}} J_{j,\text{ing}} ]$$

$t_e = 450$  h;

assorbimento polmonare di tipo **M**,  $f_1 = 0,1$ ;

$\Phi = 5 \mu\text{m}$  e rateo di respirazione  $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ;

coefficiente conversione dose assorbita - efficace = **0,7**  $\text{SvGy}^{-1}$

## RISULTATI

| Campione           | <sup>40</sup> K<br>[Bq/kg] | <sup>226</sup> Ra<br>[Bq/kg] | <sup>214</sup> Pb<br>[Bq/kg] | <sup>214</sup> Bi<br>[Bq/kg] | <sup>232</sup> Th<br>[Bq/kg] |
|--------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| X <sub>1molo</sub> | 51±5                       | 1212±54                      | 716±12                       | 1010±20                      | 48±5                         |
| X <sub>2molo</sub> | 34±4                       | 888±65                       | 1070±15                      | 1030±21                      | 45±3                         |
| X <sub>3molo</sub> | 43±6                       | 768±59                       | 1080±17                      | 1090±23                      | 48±4                         |
| X <sub>4molo</sub> | 140±4                      | 1116±71                      | 1150±15                      | 854±25                       | 46±6                         |
| X <sub>5molo</sub> | 217±3                      | 1110±99                      | 529±16                       | 725±26                       | 48±4                         |

**<sup>226</sup>Ra=1196±61 Bq/kg**

**<sup>222</sup>Rn =25±5 Bq/m<sup>3</sup>**



**Misure di radon outdoor  
 in continuo  
 Tempo di campionamento  
 10 ore e F =0,6**



## RISULTATI

Nell' area  $\dot{D} = 495 \pm 40$  nGyh<sup>-1</sup>  $\longrightarrow$   $347 \pm 28$  nSv h<sup>-1</sup>

$$E_{est} = 0,2 \text{ mSv}$$

$$E_{inalazione} = 0,012 \text{ mSv}$$

$$E_{radon} = 0,02 \text{ mSv}$$

La dose efficace totale stimata

$$E = 0,23 \text{ mSv}$$



## RISULTATI

$$D(\text{nGyh}^{-1}) = 0,462(\text{nGyh}^{-1} \text{ Bqkg}^{-1}) \times {}^{238}\text{U}(\text{Bqkg}^{-1}) + 0,604(\text{nGyh}^{-1} \text{ Bqkg}^{-1}) \times {}^{232}\text{Th}(\text{Bqkg}^{-1}) + 0,0417(\text{nGyh}^{-1} \text{ Bqkg}^{-1}) \times {}^{40}\text{K}(\text{Bqkg}^{-1}) \text{ [UNSCAER]}$$

Usati i valori medi delle concentrazioni dei radionuclidi per calcolare il **rateo di dose gamma** in aria a 1 m dal suolo

$548 \pm 45 \text{ nGyh}^{-1}$

- buon **campionamento**;
- ipotesi di geometria e composizione del sito **corrette**

Rateo di dose misurato  
 $590 \pm 39 \text{ nGyh}^{-1}$

## INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA IN EMERGENZA (MISE)

Per ridurre i livelli di radioattività, le autorità di controllo hanno disposto un Tipo intervento di MISE **diverso rispetto al datore di lavoro scelto in base al risparmio e di modesta efficacia;**

**teli in plastica ad alta densità e sacchetti di sabbia silicea spessi 15 cm per schermare e ancorare i teli.**





## L'EFFICACIA DEL MISE

| MOLO                                 | Rateo di dose prima del MISE [nGyh <sup>-1</sup> ] | Rateo di dose dopo il MISE [nGyh <sup>-1</sup> ] | Fattore di riduzione di dose [%] | Contaminazione beta prima del MISE [Bq/cm <sup>2</sup> ] | Contaminazione beta dopo il MISE [Bq/cm <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------------|--|--|----------------------------------|--|--|
| valore ad 1 m nel punto della frana  | 590±38   | 472±23   | 20                               | 2,7±0,7  | 0,75±0,09  |
| valore a contatto nel punto di frana | 997±44   | 489±15   | 50                               | 4,9±1,7  | 1,9±0,3  |

**RIDUZIONE DEL 20% DELLA DOSE IN ARIA  
 OVVIAMENTE + ADEGUATO PER LE β  
 PROBLEMA: EFFICACIA DELL'INTERVENTO NEL TEMPO**

## CONCLUSIONI

La caratterizzazione del molo ha confermato la presenza di residui contenenti NORM del tipo prodotti dalle industrie presenti nel territorio, in particolare quelle del  $H_3PO_4$ .

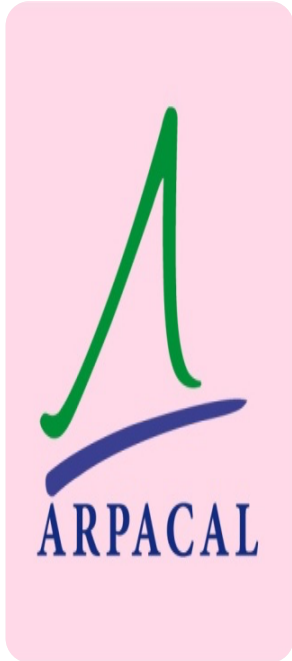
L'intervento di messa in sicurezza non ha esposto i lavoratori a dosi superiori a 0,3 mSv.

Dose per la popolazione trascurabile: inoltre l'accesso all'area è stato interdetto da mare e da terra.

La zona al di fuori della recinzione presenta valori di dose gamma confrontabile con il fondo ambientale.

**L'intervento di confinamento e schermatura radiologica del materiale NORM è inadeguato e non resistente all'azione degli agenti atmosferici.** (In primis soluzione non condivisa)





REGIONE



CALABRIA





# ECCO PERCHÈ OGGI IL SITO SI PRESENTA COSÌ





# II ° ESEMPIO IL COMPLESSO CIAPI I RESIDUI FOSFORICI



NORM



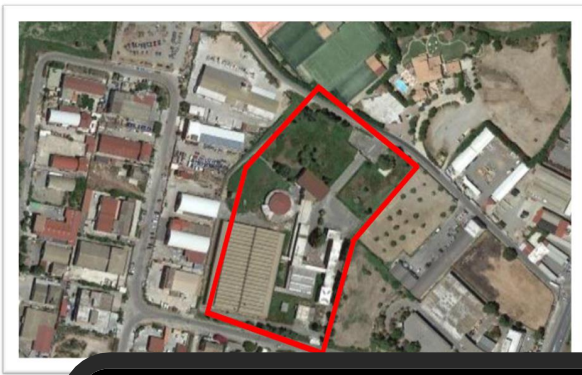


ARPA CAL

## INTERVE

Il sito è  
messa in  
viene pr  
radiologi

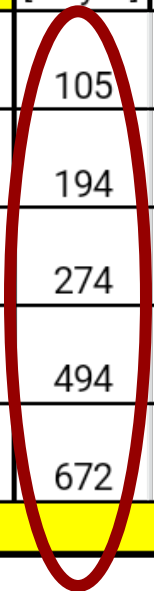




# RISULTATI

TAB.1: AREA CONTAMINATA

| Complesso ex Ciapi                    | $\bar{X}$<br>[nGy/h] | $\sigma_H$<br>[nGy/h] |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Fondo ambientale<br>682024 432756     | 105                  | 11                    |
| Area parcheggio sud<br>682024 432837  | 194                  | 14                    |
| Area parcheggio sud<br>682091 432910  | 274                  | 19                    |
| Area parcheggio nord<br>682120 432915 | 494                  | 35                    |
| Area parcheggio nord<br>682098 432925 | 672                  | 81                    |



| Complesso ex Ciapi                    | $\bar{X}$<br>[nGy/h] | $\sigma_H$<br>[nGy/h] | $E$<br>[keV] | Fattore di<br>trasmissione | spessore<br>[cm] |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|----------------------------|------------------|
| Area parcheggio sud<br>682091 432910  | 274                  | 19                    | 200          | 0,35                       | 3                |
| Area parcheggio nord<br>682098 432925 | 672                  | 81                    | 186          | 0,14                       | 15               |

TAB.2: DOSE - SPESSORI





## RISULTATI E CONCLUSIONI

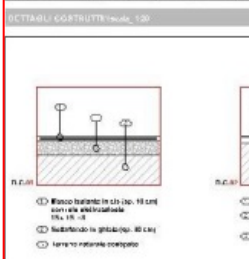
TAB.1: AREA CONTAMINATA

### CONCLUSIONI

Al fine di ripristinare il fondo ambientale e contenere gli aumenti di dose da inalazione e da irradiazione su circa il 70% della superficie complessiva,  $5 \cdot 10^3 \text{ m}^2$ , verrà realizzata una

- barriera in calcestruzzo con uno spessore di 15 cm e nella restante quota lo spessore sarà di 3 cm.

L'intervento di messa in sicurezza in emergenza e la caratterizzazione in una delle aree più centrali della città, considerata la proprietà del sito, rappresenta un'altra tappa importante verso la decontaminazione del territorio crotonese.





# MARY'S HOUSE CONTAMINATA DA TENORM

**Università della Calabria**

***Rende, 17 ottobre 2017***

## SCOPO DELLO STUDIO

- stimare la concentrazione di radon originato dalla presenza di TENORM all'interno di un volume noto - vespaio di un'abitazione riprodotta in scala, con materiale opportuno e con le stesse tecniche costruttive degli anni '70 - '90;
- valutare la trasparenza al  $^{222}\text{Rn}$ , del calcestruzzo impiegato per la copertura del vespaio.

**Ipotesi: silicati fosforosi contenenti NORM ed impiegati per la costruzione di ambienti di vita possano aumentare la dose efficace alla popolazione e ai lavoratori per l'irraggiamento esterno ma anche per inalazione del radon generato.**



# IL DISEGNO DI ESPERIMENTO

## COSTRUZIONE MARY'S HOUSE

Involucro edilizio con tecniche costruttive tipiche, spessore dei muri, camere d'aria, intonaci.....:

- le fondazioni;
- il vespaio e il massetto pavimentazione;
- la tompagnatura;
- il solaio di copertura;
- il tetto;

calcestruzzo  $\gamma = 23 \div 23,5 \text{ kN/m}^3$  ;

vespaio riempito con **61 kg** di residui fosforosi con  $\rho = 1220 \text{ kg/m}^3$ ;

3 cm di pavimentazione con malta cementizia;

**$35 \pm 12 \text{ Bq/m}^3$**  [ $^{222}\text{Rn}$ ] media annua luogo che ospita la Mary's House



# PARTICOLARI COSTRUTTIVI MARY'S HOUSE



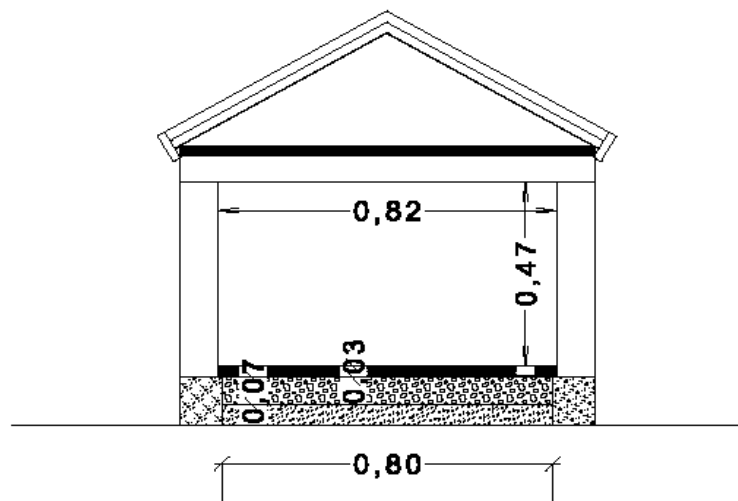
CONGLOMERATO CEMENTIZIO



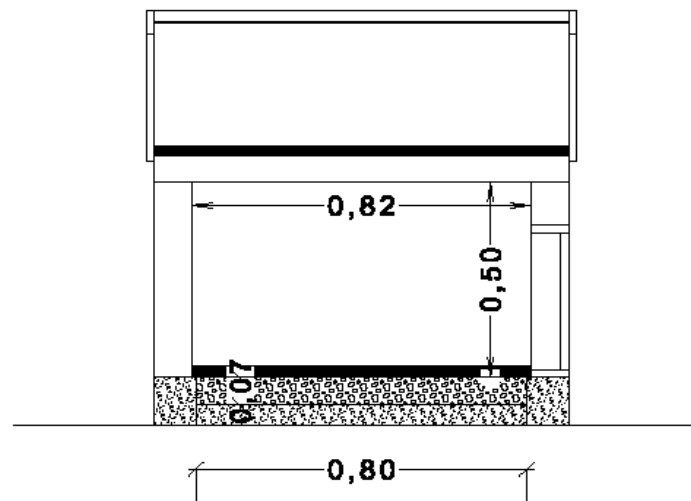
MASSETTO PAVIMENTAZIONE



FOSFORITI



SEZIONE A-A



SEZIONE B-B

# EDIFICARE CON GLI LSU

УКБVCVT





# MARY'S HOUSE



**NORM**





# I RESIDUI FOSFORICI

**Campioni (61): silicati fosforosi prelevati Scuola ex Ciapi - Crotona**

|  | <b>ICP- Massa<br/>[Bq/kg]</b> | <b>Spettrometria<br/>Gamma<br/>[Bq/kg]</b> |
|--|-------------------------------|--|
|--|-------------------------------|--|

|   |          |        |
|---|----------|--------|
| Concentrazione di attività $^{238}\text{U}$ | 1253±182 | 940±45 |
|---|----------|--------|

|  |      |      |
|--|------|------|
| Concentrazione di attività $^{232}\text{Th}$ | 30±4 | 10±2 |
|--|------|------|

NORM





Concentrazioni di attività di uranio e torio in alcuni tipi di roccia [Unsear, 1977]

| <b>Tipo di roccia</b>    | <b><math>^{238}\text{U}</math> [Bqkg<sup>-1</sup>]</b> | <b><math>^{232}\text{Th}</math> [Bqkg<sup>-1</sup>]</b> | <b><math>^{40}\text{K}</math> [Bqkg<sup>-1</sup>]</b> |
|--------------------------|--|---|---|
| Rocce ignee acide        | 59,2   | 81,4  | 999   |
| Rocce ignee intermedie   | 22,9   | 32,6  | 703   |
| Rocce ignee mafiche      | 11,5   | 11,1  | 240,5   |
| Rocce ignee ultrabasiche | 0,4  | 24,4  | 148   |
| Calcari                  | 27,7   | 6,7   | 88,8  |
| Rocce carbonatiche       | 26,6   | 7,8   | -   |
| Arenarie                 | 18,5   | 11,1  | 370   |
| Argillite                | 44,4   | 44,4  | 703   |



## RISULTATI

| Configurazione  | Concentrazione di attività di radon [Bq/m <sup>3</sup> ] | Rateo di dose gamma [nGy/h] |
|---|--|-----------------------------|
| Mary's House con vespaio libero   | 61±13  | 91±8                        |
| Mary's House: vespaio con 61±1 kg di residui uraniferi - silicati fosforosi                     | 102±17   | 421±50                      |
| Mary's House: vespaio con 61±1 kg di residui uraniferi e una copertura con 3 cm di calcestruzzo | 116±17   | 210±24                      |



УКБУСГ

## COMPONENTE RADON FOSFORITE

Mary's House ha una concentrazione di radon più di 3 volte superiore al fondo

Un 'abitazione di  $100 \text{ m}^2$ ;  $V_c = 188 \text{ m}^3$ ;  $V_{\text{fosforite}} = 20 \text{ m}^3$ ;

→  $\sigma = 0,6 \text{ Bq kg}^{-1}$

$[^{222}\text{Rn}]_{Rf}$  ; +  $76 \text{ Bq m}^{-3}$  ;

→  $\sigma = 0,8 \text{ Bq kg}^{-1}$

$[^{222}\text{Rn}]_{Rf}$  ; +  $110 \text{ Bq m}^{-3}$  ;



## DOSE EFFICACE

$$[H_E] = [^{222}\text{Rn}]_{Rf} \cdot E_q \cdot T \cdot 9 \text{ nSv} (\text{Bqhm}^{-3})^{-1}$$

$$[H_E] = \left\{ \begin{array}{l} T, 7000 \text{ h} \\ F = 0,4 \\ 9 \text{ fattore conversione Unsclear 2000} \\ \text{oppure} \\ \text{fattore di conversione d. lgs n. 241 allegato Ibis } 3 \cdot 10^{-9} \end{array} \right\}$$

1,9  
mSv/y

0,6  
mSv/y



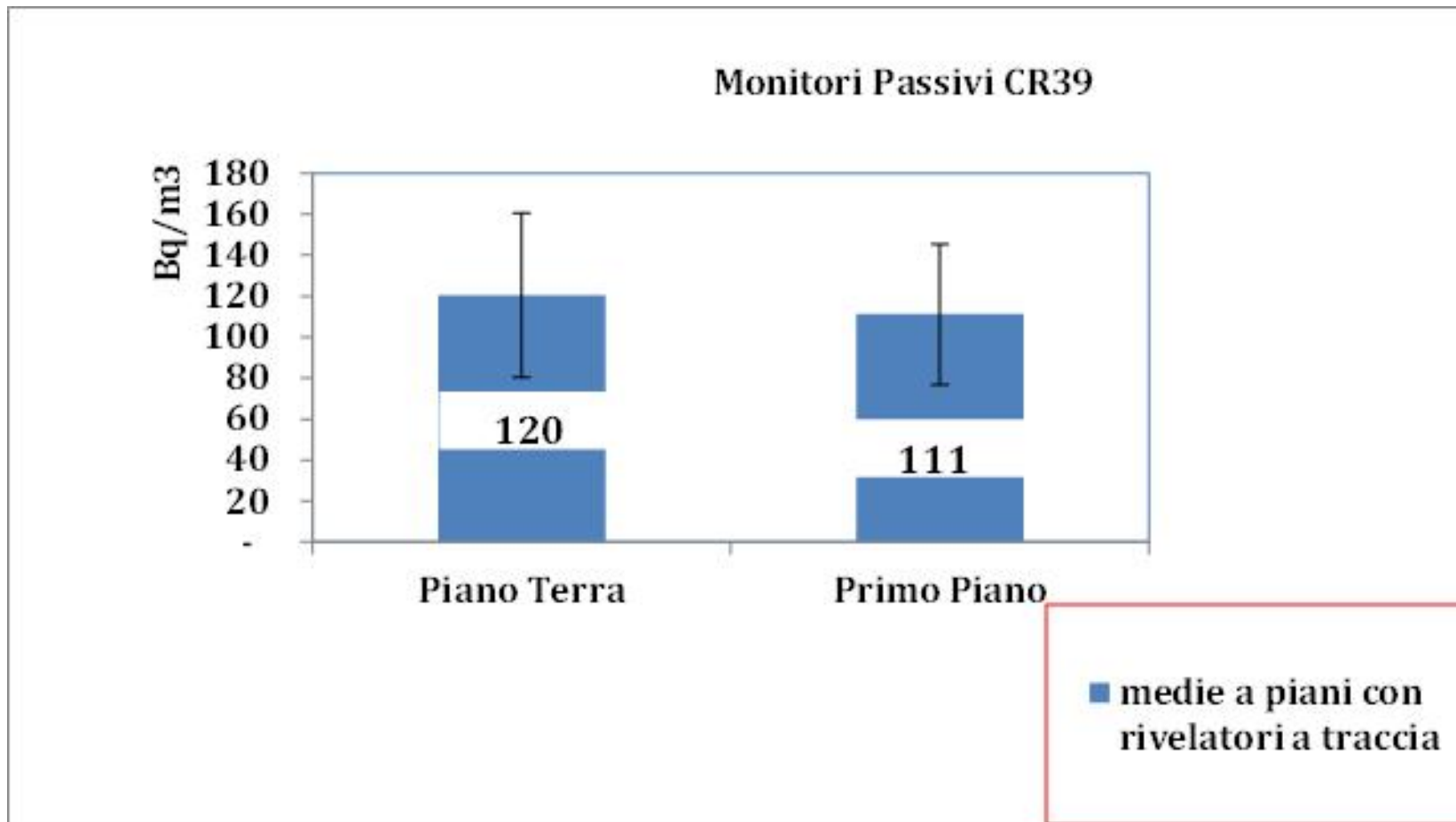


Dose efficace annua a cui può esse sottoposto un individuo [mSv]; [Unsear, 2000]

|                        | <b>Sorgente</b>                | <b>Dose (mSv)</b> | <b>%</b> |                     |             |
|------------------------|--------------------------------|-------------------|----------|---------------------|-------------|
| Esposizione<br>esterna | Raggi gamma<br>terrestri       | 0,5               | 17,80    | 85,5%<br>(2,4 mSv)  | Naturali    |
|                        | Raggi cosmici                  | 0,4               | 14,24    |                     |             |
| Esposizione<br>interna | Inalazione (radon)             | 1,2               | 42,74    |                     |             |
|                        | Ingestione                     | 0,3               | 10,68    |                     |             |
|                        | Diagnostica medica             | 0,4               | 14,24    | 14,5%<br>(0,41 mSv) | Artificiali |
|                        | Test nucleari                  | 0,005             | 0,18     |                     |             |
|                        | Chernobyl                      | 0,002             | 0,07     |                     |             |
|                        | Produzione energia<br>nucleare | 0,002             | 0,07     |                     |             |
|                        | Dose totale /anno              | 2,81              | 100      |                     |             |



# CONCLUSIONI



ati  
gas  
  
sta  
di  
ella  
del  
pi



# Bibliografia

La presentazione è ispirata a lavori pubblicati di seguito riportati di cui si coglie l'occasione per ringraziare i coautorii

**NORM NEL TERRITORIO DI CROTONE:  
STATO DELLA CONTAMINAZIONE, STIME DOSIMETRICHE E VALUTAZIONI  
RADIOPROTEZIONISTICHE**

S. Procopio, C. Nuccetelli – Venezia, Congresso Airp 2012

**LA CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADON IN UN'ABITAZIONE  
CONTAMINATA DA NORM VALUTAZIONE E STIMA DEL RISCHIO**

S. Procopio et al., Chimica e l'Industria Anno XCVIII N°4 Luglio/agosto 2016

**INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DI UN SITO CONTAMINATO DA NORM  
NEL TERRITORIO DI CROTONE: COMPLESSO CIAPI. IL MODELLO DI  
VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO**

S. Procopio et al. – Trieste ,Congresso Airp 2016



Camminando si apre il cammino

GRAZIE

