



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Università
degli Studi di
Messina

Missione 4 Istruzione e Ricerca

ATHENA

A novel approach Towards the management of building materials of particular Historical-artistic interest: assessment of the radon Exhalation and the radiological risk due to Natural radioActivity content

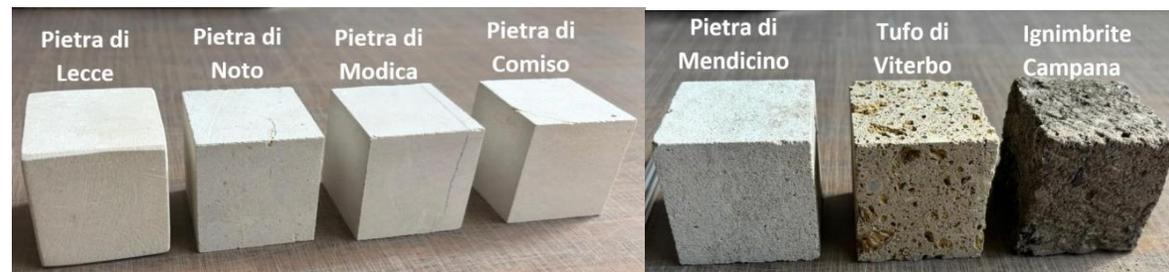
(PNRR - Missione 4, Componente 2,
Investimento 1.1 - Bando Prin 2022 PNRR -
Decreto Direttoriale n. 1409 del 14-09-2022)

CUP J53D23014560001 - codice identificativo
P2022CPA2K



Quale obiettivo?

Definire un protocollo innovativo per la caratterizzazione sistematica di materiali da costruzione utilizzati in edifici di particolare interesse storico-artistico, in particolare in termini di tasso di esalazione del gas radon.



Perché è importante ciò che facciamo

Lo sviluppo di tecniche e protocolli ad-hoc per la valutazione quantitativa del contenuto di radioattività naturale nei materiali da costruzione, pre- e post-trattamento (invecchiamento, consolidamento) può svolgere un ruolo fondamentale nel campo dei beni culturali, considerando che materiali potenzialmente arricchiti di radionuclidi di origine naturale sono stati utilizzati, in passato, per costruire monumenti di particolare interesse storico-artistico.

Il gruppo di ricerca

Unità 1 – Università degli Studi di Messina (68.707 Euro)

Caridi Francesco (P.I.) <https://unime.unifind.cineca.it/get/person/026777>

Venuti Valentina <https://unime.unifind.cineca.it/get/person/010171>

Majolino Domenico <https://unime.unifind.cineca.it/get/person/009121>

Unità 2 – Università “Mediterranea” di Reggio Calabria (56.077 Euro)

Faggio Giuliana (responsabile di unità) https://www.unirc.it/scheda_persona.php?id=50430

Messina Giacomo Domenico Savio https://www.unirc.it/scheda_persona.php?id=101

Unità 3 – Università degli Studi di Salerno (31.663 Euro)

Guida Michele (responsabile di unità) <https://rubrica.unisa.it/persona?matricola=001295>

Unità 4 – Università della Calabria (21.336 Euro)

Ruffolo Silvestro Antonio (responsabile di unità) <https://www.unical.it/storage/teachers/silvestro.ruffolo/>

Ponte Maurizio <https://www.unical.it/storage/teachers/maurizio.ponte/>

Unità 5 – Università degli Studi di Cagliari (28.966 Euro)

Da Pelo Stefania (responsabile di unità) https://web.unica.it/unica/page/it/stefania_dapelo

Chiriu Daniele https://web.unica.it/unica/page/it/daniele_chiriu



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Università
degli Studi di
Messina

Competenze

Le cinque unità di ricerca (RU), coinvolte nel progetto ATHENA, costituiscono una rete “scientifica” con esperienze complementari.

Il team è ben assortito in quanto unisce le competenze del PI del progetto ATHENA nel campo della valutazione del rischio radiologico dovuto al contenuto di radioattività in campioni ambientali, a quelle degli altri partecipanti, esperti, tra l'altro, in:

- prodotti e procedure per la conservazione di materiali lapidei appartenenti al Built Heritage;
- valutazione dell'esposizione al gas radon e del tasso di esalazione del radon nel contesto del patrimonio culturale;
- caratterizzazione strutturale e fisico-chimica di materiali, anche di particolare interesse storico-artistico.



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Università
degli Studi di
Messina

Le nostre milestones

MILESTONE 1

Valutare ogni possibile rischio radiologico per la salute umana legato all'esposizione esterna ai raggi gamma emessi dai radionuclidi presenti nei materiali da costruzione.

MILESTONE 2

Identificare il più efficace agente consolidante a lunga stabilità che minimizzi il tasso di esalazione del radon mantenendo un'elevata compatibilità con il substrato.

MILESTONE 3

Chiarire la correlazione tra le proprietà fondamentali delle pietre naturali analizzate e i tassi calcolati di esalazione del radon.



Milestone 1

ACTIVITY	ASSIGNED TO	I year						II year						
		BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	BIM. 5	BIM. 6	BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	BIM. 5	BIM. 6	
Sampling	RUFFOLO S	X	X											
Mineralogy and radiological risk assessment due to the natural radioactivity content	CARIDI F FAGGIO G			X	X	X	X	X	X					

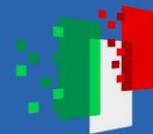
La **milestone 1** del progetto ATHENA, **da raggiungere entro il 16° mese del progetto** (Febbraio 2025), è associata ai seguenti deliverables:

Deliverable 1.1: Misurazione dell'attività specifica degli elementi radioattivi naturali Ra-226, Th-232 e K-40, contenuti nei materiali da costruzione analizzati, utilizzando la spettrometria gamma al germanio iperpuro (HPGe) e valutazione di ogni possibile rischio radiologico per gli esseri umani attraverso il calcolo dei seguenti indici: indice di concentrazione di attività, indice alfa, rateo di dose gamma assorbita, attività equivalente del radio, indici di rischio, dose efficace annuale.

Una relazione tecnica sui risultati ottenuti sarà prodotta entro il 16° mese del progetto ATHENA.

Deliverable 1.2: Identificazione dei principali minerali contenenti i radionuclidi naturali nei campioni analizzati, attraverso misure di diffrazione di raggi X (XRD) e di micro-Raman Scattering (MRS).

Una relazione tecnica sui risultati ottenuti sarà prodotta entro il 16° mese del progetto ATHENA.



Milestone 2

ACTIVITY	ASSIGNED TO	I year						II year					
		BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	BIM. 5	BIM. 6	BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	BIM. 5	BIM. 6
Sampling	RUFFOLO S	x	x										
Assessment of the radon exhalation rate before treatment	GUIDA M DA PELO S		x	x	x	x							
Accelerated aging, treatment with consolidant and evaluation of the radon exhalation	GUIDA M RUFFOLO S DA PELO S			x	x	x	x	x	x	x	x	x	

La **milestone 2** del progetto ATHENA, **da raggiungere entro il 22° mese del progetto** (Settembre 2025), è associata ai seguenti deliverables:

Deliverable 2.1: Valutazione del tasso di esalazione del radon per i materiali da costruzione non trattati, utilizzando il metodo della camera chiusa (CCM).

Una relazione tecnica sui risultati ottenuti è stata prodotta entro il 9° mese (Agosto 2024) del progetto ATHENA.

Deliverable 2.2: Valutazione dell'esalazione del radon mediante CCM dopo i trattamenti in laboratorio dei materiali investigati, ossia prove di invecchiamento accelerato e consolidamento mediante l'uso di diversi consolidanti selezionati disponibili in commercio.

Una relazione tecnica sui risultati ottenuti sarà prodotta entro il 22° mese del progetto ATHENA.



Milestone 3

ACTIVITY	ASSIGNED TO	I year						II year						
		BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	BIM. 5	BIM. 6	BIM. 1	BIM. 2	BIM. 3	BIM. 4	BIM. 5	BIM. 6	
Sampling	RUFFOLO S	X	X											
Laboratory-treated samples characterization	CARIDI F RUFFOLO S			X	X	X	X	X	X	X	X	X		

La **milestone 3** del progetto ATHENA, **da raggiungere entro il 22° mese del progetto** (Settembre 2025), è associata ai seguenti deliverables:

Deliverable 3.1: Valutazione della porosità, della rugosità, della profondità di penetrazione dei prodotti consolidanti e di altre caratteristiche petrografiche e strutturali dei materiali da costruzione trattati in laboratorio attraverso la microscopia elettronica a scansione (SEM), associata anche alla spettroscopia a raggi X a dispersione di energia (EDX). Una relazione tecnica sui risultati ottenuti sarà prodotta entro il 18° mese (Maggio 2025) del progetto ATHENA.

Deliverable 3.2: Caratterizzazione dei materiali da costruzione trattati in laboratorio su scala elementare e molecolare attraverso la spettroscopia e la micro-spettroscopia IR, XRF e Raman. Una relazione tecnica sui risultati ottenuti sarà prodotta entro il 22° mese del progetto ATHENA.

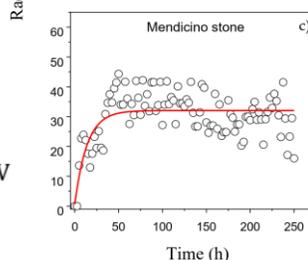
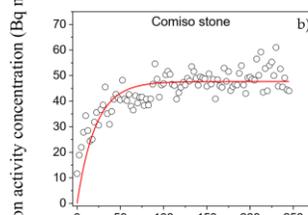
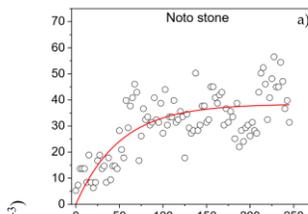
Le attività da svolgere sono raggruppate in 6 WP, sviluppati in accordo con il seguente Gantt diagram:

	Activity	Role of each RU	Duration (months)																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
WP1 Leader: RU1-UniME	Administration	RU1-UniME/RU2-UniRC/RU3-UniSA/RU4-UniCS/RU5-UniCA	i) Overall project management, financial management, steering group/consortium meetings and formal reporting																							
WP2 Leader: RU4-UniCS	Sampling	RU4-UniCS	i) Collection of cultural heritage building materials																							
WP3 Leader: RU3-UniSA	Assessment of the radon exhalation rate	RU3-UniSA RU5-UniCA	i) Measurement of the radon exhalation rate																							
WP4 Leader: RU1-UniME	Mineralogy and radiological risk assessment due to the natural radioactivity content	RU1-UniME	i) Characterization by HPGe gamma spectrometry and radiological risk assessment																							
		RU2-UniRC	ii) Characterization by μ Raman																							
WP5 Leader: RU4- UniCS	Accelerated aging, treatment with consolidant, samples characterization and evaluation of the radon exhalation	RU4-UniCS	i) Accelerated aging																							
		RU4-UniCS	ii) Treatment with consolidants																							
		RU4-UniCS	iii) Characterization by SEM, SEM-EDX																							
		RU1-UniME RU3-UniSA RU5-UniCA	i) Characterization by IR, XRF and Raman																							
WP6 Leader: RU1-UniME	Dissemination	RU1-UniME/RU2-UniRC/RU3-UniSA/ RU4-UniCS/RU5-UniCA	i) Brochure/flyer, educational material, posters																							
			ii) Web-site																							
			iii) Scientific publications																							
			iv) Strategic planning of communication, meetings among the partners, final plenary meeting																							
			v) Seminars, ex-cathedra and e-learning program																							



Publicazioni

1. F. Caridi, D. Chiriu, S. Da Pelo, G. Faggio, M. Guida, G. Messina, M. Ponte, S.A. Ruffolo, D. Majolino, V. Venuti
Radon exhalation rate, radioactivity content and mineralogy assessment of building materials of particular historical-artistic interest
Applied Sciences, submitted



Sample	²²² Rn exhalation rate (Bq h ⁻¹ kg ⁻¹)
Noto stone	0.013 ± 0.003
Comiso stone	0.040 ± 0.006
Mendicino stone	0.030 ± 0.010

Sample	Activity concentration		
	C _{Ra} (Bq kg ⁻¹)	C _{Th} (Bq kg ⁻¹)	C _K (Bq kg ⁻¹)
Noto stone	14.5 ± 1.6	0.99 ± 0.16	6.2 ± 0.8
Comiso stone	21.9 ± 1.9	1.8 ± 0.3	3.2 ± 0.4
Mendicino stone	8.6 ± 0.7	9.4 ± 0.8	169 ± 23

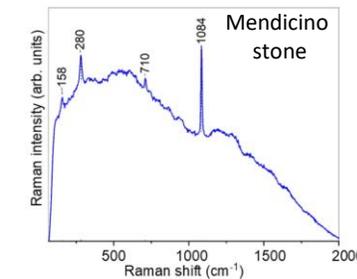
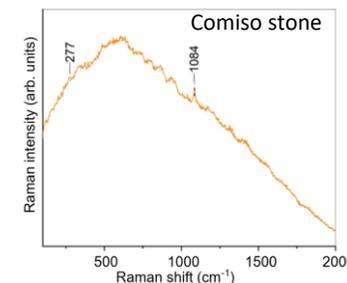
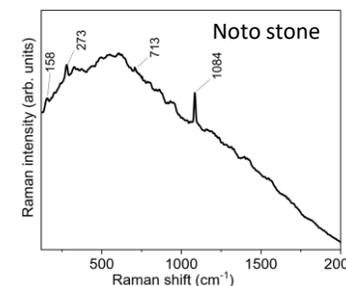
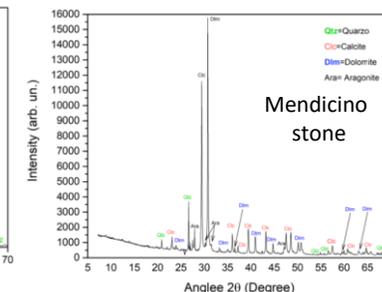
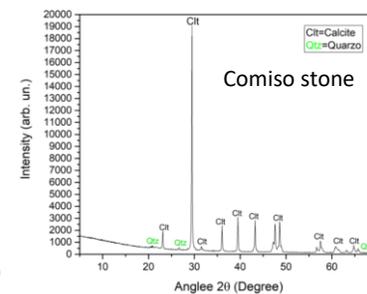
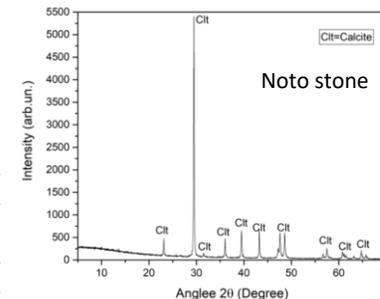
Sample	D (nGy h ⁻¹)	AEDE (μSv y ⁻¹)	ACI	I _α
Noto stone	14.9	73.2	0.06	0.07
Comiso stone	22.4	110	0.08	0.11
Mendicino stone	31.8	156	0.13	0.04

$$D \text{ (nGy h}^{-1}\text{)} = 0.462C_{Ra} + 0.604C_{Th} + 0.0417C_K$$

$$AEDE = D \times 8760 \text{ h} \times 0.7 \text{ Sv Gy}^{-1} \times 0.8 \times 10^{-6}$$

$$ACI = (C_{Ra}/300 + C_{Th}/200 + C_K/3000)$$

$$I_{\alpha} = C_{Ra}/200$$

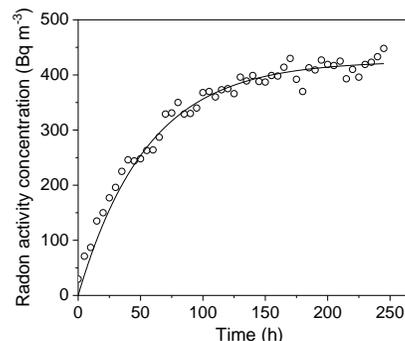
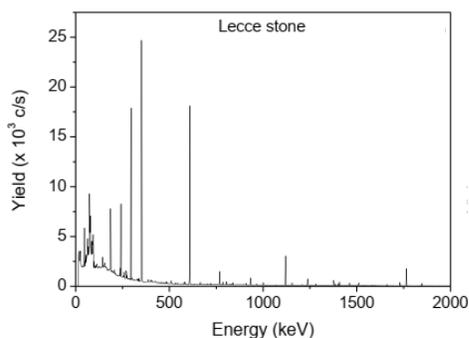


$$C \text{ (Bq kg}^{-1} \text{ d. w.)} = \frac{N_E}{\epsilon_E t_d M}$$

$$E = \frac{(C - C_0 e^{-\lambda T}) / m}{1 - e^{-\lambda T}} \lambda V$$

2. F. Caridi, D. Majolino, V. Venuti, D. Chiriu, S. Da Pelo, G. Faggio, G. Messina, M. Guida, M. Ponte, S.A. Ruffolo Assessment of the radon exhalation and the radiological risk due to natural radioactivity content in the “Pietra di Lecce” building material: a case study

WSEAS Transactions on Environment and Development, in press



$$C \text{ (Bq kg}^{-1} \text{ d. w.)} = \frac{N_E}{\varepsilon_E \gamma_d M}$$

$$E = \frac{(C - C_0 e^{-\lambda T}) / m}{1 - e^{-\lambda T}} \lambda V$$

$$D \text{ (nGy h}^{-1}\text{)} = 0.462C_{Ra} + 0.604C_{Th} + 0.0417C_K$$

$$AEDE_{out} \text{ (mSv y}^{-1}\text{)} = D \text{ (nGy h}^{-1}\text{)} \times 8760 \text{ h} \times 0.7 \text{ Sv Gy}^{-1} \times 0.2 \times 10^{-6}$$

$$AEDE_{in} \text{ (mSv y}^{-1}\text{)} = D \text{ (nGy h}^{-1}\text{)} \times 8760 \text{ h} \times 0.7 \text{ Sv Gy}^{-1} \times 0.8 \times 10^{-6}$$

$$Ra_{eq} \text{ (Bq kg}^{-1}\text{)} = C_{Ra} + 1.43C_{Th} + 0.077C_K$$

$$H_{ex} = (C_{Ra}/370 + C_{Th}/259 + C_K/4810)$$

$$H_{in} = (C_{Ra}/185 + C_{Th}/259 + C_K/4810)$$

$$I = (C_{Ra}/300 + C_{Th}/200 + C_K/3000)$$

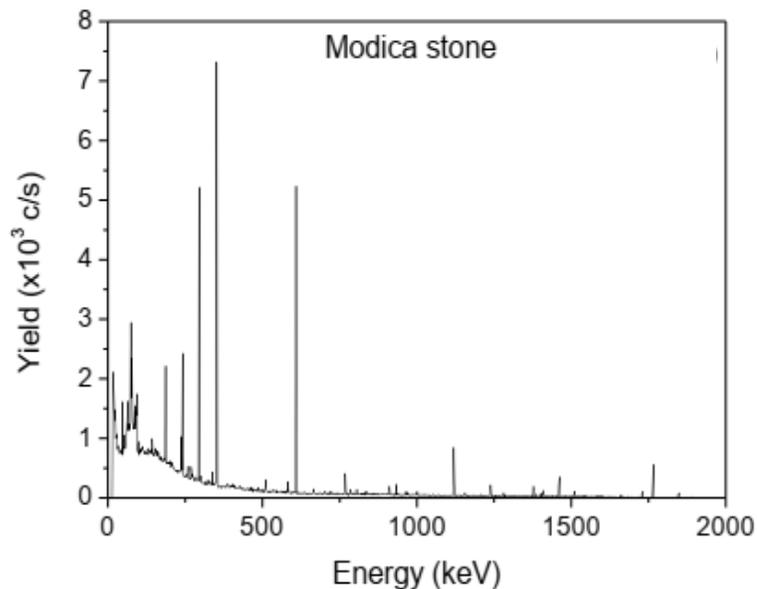
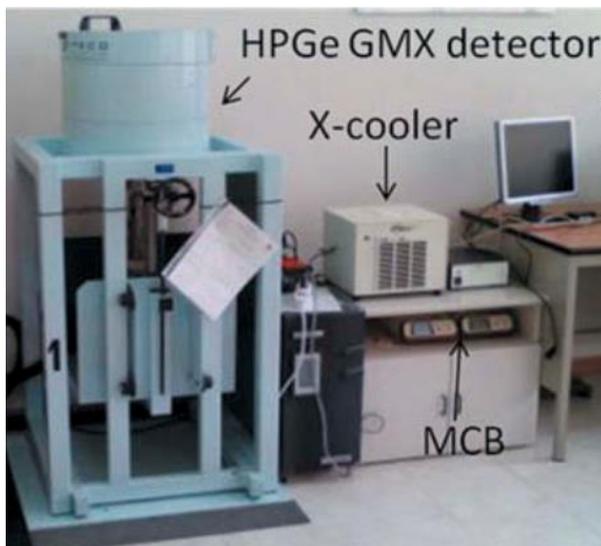


Sample	²²² Rn exhalation rate (Bq h ⁻¹ kg ⁻¹)	Specific activity		
		C _{Ra} (Bq kg ⁻¹ d.w.)	C _{Th} (Bq kg ⁻¹ d.w.)	C _K (Bq kg ⁻¹ d.w.)
Pietra di Lecce	0.156 ± 0.019	163 ± 27	0.9 ± 0.2	22.4 ± 4.6

Sample	D (nGy h ⁻¹)	AEDE _{out} (μSv y ⁻¹)	AEDE _{in} (μSv y ⁻¹)	Ra _{eq} (Bq kg ⁻¹)	H _{ex}	H _{in}	I	I _α
Pietra di Lecce	76.8	94.2	377	166	0.4	0.9	0.6	0.82

3. F. Caridi, D. Chiriu, S. Da Pelo, G. Faggio, M. Guida, D. Majolino, G. Messina, M. Ponte, S.A. Ruffolo, V. Venuti **Natural radioactivity content in the “Pietra di Modica” stone and radiological health risk assessment: a case study**

Proceedings of the «2024 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (METROARCHAEO)»



$$C \text{ (Bq kg}^{-1} \text{ d. w.)} = \frac{N_E}{\varepsilon_E t Y_d M}$$

Sample	Specific activity		
	C_{Ra} (Bq kg ⁻¹ d.w.)	C_{Th} (Bq kg ⁻¹ d.w.)	C_K (Bq kg ⁻¹ d.w.)
Pietra di Modica	36.1 ± 6.1	2.2 ± 0.5	20.2 ± 3.8

$$I = (C_{Ra}/300 + C_{Th}/200 + C_K/3000)$$

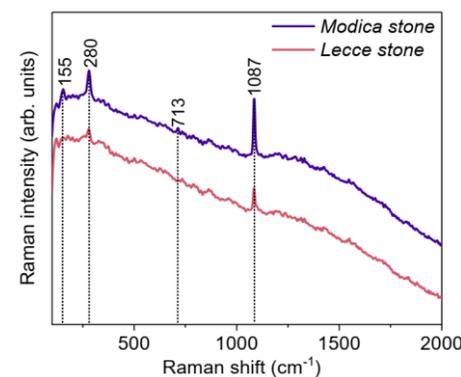
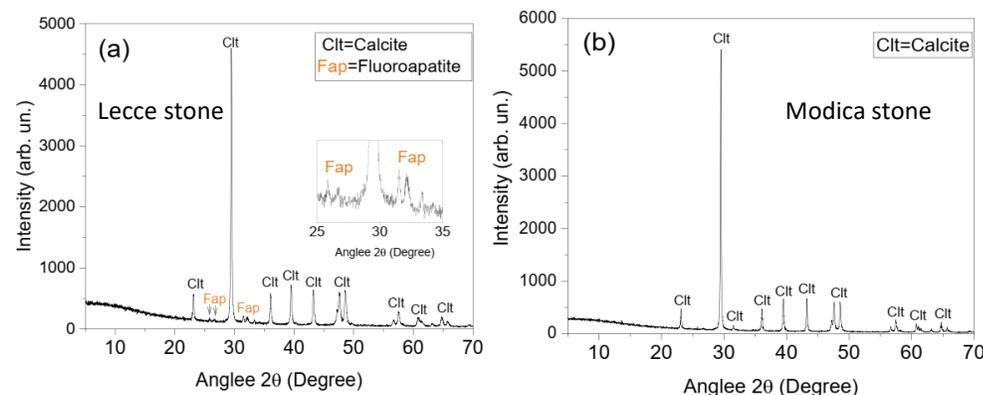
$$Ra_{eq} \text{ (Bq kg}^{-1}\text{)} = C_{Ra} + 1.43C_{Th} + 0.077C_K$$

$$H_{ex} = (C_{Ra}/370 + C_{Th}/259 + C_K/4810)$$

$$H_{in} = (C_{Ra}/185 + C_{Th}/259 + C_K/4810)$$

Sample	I	Ra_{eq} (Bq kg ⁻¹)	H_{ex}	H_{in}
Pietra di Modica	0.14	41	0.11	0.21

4. G. Faggio, G. Messina, D. Chiriu, S. Da Pelo, M. Guida, D. Majolino, M. Ponte, S.A. Ruffolo, V. Venuti, F. Caridi
Comprehensive Analysis of Lecce and Modica Stones Using X-Ray Diffraction and Raman Spectroscopy
Proceedings of the «2024 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (METROARCHAEO)»

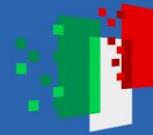




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Università
degli Studi di
Messina

Partecipazione a congressi

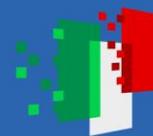
1. 4th International Workshop on "MOdelling, Simulation and Data Analysis in Engineering and Physics Applications" (MOSIDA 2024) within The International Conference on Applied Physics, Simulation and Computing (APSAC 2024).
Invited talk "Assessment of the radon exhalation and the radiological risk due to natural radioactivity content in the "Pietra di Lecce" building material: a case study"
Roma, 20 – 22 Giugno 2024
2. 2024 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (MetroArchaeo).
Talk "Natural radioactivity content in the "Pietra di Modica" stone and radiological health risk assessment: a case study"
Talk "Comprehensive Analysis of Lecce and Modica Stones Using X-Ray Diffraction and Raman Spectroscopy"
Poster "Comparison of the Radon Exhalation Rate of building materials of particular historical and artistic interest: preliminary results on Ignimbrite Campana, Modica stone and Mendicino stone"
Valletta Campus, Malta, 07-09 Ottobre 2024



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Università
degli Studi di
Messina

<https://athena.unime.it/>

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero dell'Università e della Ricerca

Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

Università degli Studi di Messina

HOME IL GRUPPO RICERCA PUBBLICAZIONI LINK +

ATHENA

A novel approach Towards the management of building materials of particular Historical-artistic interest: assessment of the radon Exhalation and the radiological risk due to Natural radioActivity content (PNRR - Missione 4, Componente 2, Investimento 1.1 - Bando Prin 2022 PNRR - Decreto Direttoriale n. 1409 del 14-09-2022)