

## Metodologie fisiche ed isotopiche per i beni ambientali, culturali e per la tracciabilità di prodotti alimentari

### ISOTOPIC METHODOLOGIES FOR ENVIRONMENTAL AND CULTURAL HERITAGE AND FOR ANALYSIS OF FOOD TRACEABILITY

**Responsabile scientifico:** PROF. CARMINE LUBRITTO

**Componenti strutturati:** PROF. STEFANIA PAPA, PROF. BATTIPAGLIA GIOVANNA

**Assegnisti e dottorandi:** DOTT.SSA SIMONA ALTIERI, DOTT.SSA PAOLA RICCI, FRANCESCO NICCOLI

#### DESCRIZIONE DELLA TEMATICA SCIENTIFICA (obiettivi e linee di ricerca)

Il gruppo di ricerca ha come tematica specifica l'applicazione di metodologie fisiche ed isotopiche e di analisi di elementi in traccia, per la caratterizzazione di processi ambientali, per la diagnostica di beni culturali, per la valutazione degli inquinanti antropici e del loro effetto sulle persone e sui beni culturali, e per lo studio della qualità e della tracciabilità di alimenti. L'attività di ricerca è inoltre focalizzata nello sviluppo di nuove metodologie, protocolli e "facilities" sperimentali utili alla preparazione dei campioni da analizzare.

#### PRINCIPALI LINEE DI RICERCA

##### Linea 1

**Titolo: Metodologie isotopiche per i beni ambientali.** (Responsabile: Carmine Lubritto-Giovanna Battipaglia, altri partecipanti: Simona Altieri, Paola Ricci)

Utilizzo di metodologie fisiche ed isotopiche (convenzionali, laser e con acceleratore) per lo studio di processi naturali e della loro evoluzione nel corso del tempo, misure e monitoraggi di inquinanti in atmosfera, analisi di effetti antropici sull'ambiente attraverso indagini su differenti matrici ambientali (vegetali, suolo, aria, acqua, sedimenti), indagini di ricostruzione cronologica di contesti marini o costieri.

##### Linea 2

**Titolo: Ecofisiologia e dinamiche spaziali e temporali degli ecosistemi forestali: applicazione della dendro-ecologia, anatomica del legno e analisi isotopiche** (Responsabile Giovanna Battipaglia, altri partecipanti: Francesco Niccoli, Simona Altieri, Carmine Lubritto)

**Obiettivo 2.1** - Analisi degli effetti dei cambiamenti climatici sulla produttività e efficienza delle risorse dei sistemi agro-forestali: ricostruzioni passate, analisi del presente e prospettive future.

**Obiettivo 2.2** - Valutazione degli effetti di incendi naturali e fuoco prescritto sulla crescita e sull'ecofisiologia di specie arboree mediterranee.

**Obiettivo 2.3** - Analisi di serie storiche climatiche e dati dendrocronologici per la ricostruzioni degli estremi climatici degli ultimi 1000 anni e la modellizzazione di scenari climatici futuri.

##### Linea 3

**Titolo: Metodologie isotopiche per i beni culturali.** (Responsabile: Carmine Lubritto, altri partecipanti: Paola Ricci, Simona Altieri)

Utilizzo di metodologie fisiche ed isotopiche (convenzionali e con acceleratore) per indagini di datazione, di ricostruzione di paleo ambienti, studi paleo nutrizionali e di analisi di reperti marmorei. Messa a punto di metodologie innovative per analisi di spettrometria di massa

isotopica convenzionale e con acceleratore. Misure e monitoraggi di inquinanti in atmosfera e analisi del loro impatto sui beni culturali

### **Linea 4**

**(Nutrizione minerale e risposta degli organismi agli inquinanti. Biomonitoraggio ambientale. Qualità dei prodotti ortofrutticoli e analisi di tracciabilità di alimenti.**

Responsabili: Stefania Papa, Carmine Lubritto, altri partecipanti: Paola Ricci, Simona Altieri)

Analisi di elementi essenziali e metalli in traccia su campioni di frutta e verdura che entrano nella normale dieta mediterranea al fine di stimare il loro contributo nell'assunzione giornaliera tipo. Analisi di tracciabilità di alimenti mediante misure isotopiche

### PROGETTI

#### PROGETTI EUROPEI E COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

Caratterizzazione isotopica delle fluttuazioni di densità in specie arboree. Giovanna Battipaglia e Martin De Luis (University of Zaragoza, Spain), responsabili scientifici. COST Action FP1106 “STReESS: Studying Tree Responses to extreme Events: a Synthesis” (chair Ute Sass-Klaassen-University of Wageningen, The Netherlands). 2011- ad oggi.

#### PROGETTI EUROPEI E COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

2011-2016 Progetto COST Action FP1106 “STReESS: Studying Tree Responses to extreme Events: a Synthesis”- Studio dei fattori genetici e ambientali che determinano la formazione dei cosiddetti falsi anelli o fluttuazioni di densità in specie arboree. Coordinatore: Ute Sass-Klaassen. Partecipante Giovanna Battipaglia

2017-oggi **Responsabile di Unità**. Progetto di Ricerca Wood isotopic carbon analysis ( $\delta^{13}\text{C}$ ) as a tool for tracing past climates, resources and human/environment interaction. AAPG ANR 2017 Coordinatore: Isabelle Thery\_Parisot CNRS Francia.

2015-oggi **Responsabile scientifico**. Progetto di Ricerca “Underburn short- and medium term effects on Pinus trees and understory shrub” finanziato dal Ministerio de economia y competitividad (Spagna) BES-2013-065031.

-2016-oggi Working group “List of wood anatomical expertise” dell’International Association of Wood Anatomists (IAWA) Partecipante Giovanna Battipaglia

- 2012-2016 **PI** del Working group “IADfs and isotope” nell’ambito del UE – COST Action FP1106 STReESS - Studying Tree Responses to extreme Events: a Synthesis

Accordo di collaborazione con Università dei Paesi Baschi (resp Carmine Lubritto) dal 2012 ad oggi

Sub unità del progetto europeo ERC Advanced 2014 “Origini di una nuova unione economica (VII-XII sec.): risorse, paesaggi e strategie politiche nel Mediterraneo” (C. Lubritto, P. Ricci, S. Altieri)

Accordi di collaborazione con Musei della Moldavia (resp C . Lubritto)

Accordo di collaborazione con il SUMAS Research Group (Sustainable Use And Management Soil), Department of Agricultural Chemistry and Soil Science, Faculty of Science-University of Córdoba – UCO - Agrifood Campus of International Excellence, Córdoba Spagna, dal 2014 ad oggi

#### PROGETTI E COLLABORAZIONI NAZIONALI

Progetto di ricerca “Metodologie fisiche innovative per la tracciabilità di prodotti alimentari” finanziato dalla Regione Campania – su progetti di Ricerca Scientifica ai sensi della L.R. N.5 del 28.03.2002(C. Lubritto, P. Ricci, S. Altieri) 2016-2017

Progetto “Analisi isotopiche e geocronologiche su campioni marini e analisi statistica e stratigrafica integrata” con l’Istituto per l’Ambiente Marino Costiero (IAMC) CNR;

Progetto “UTILIZZO DELLE ANALISI ISOTOPICHE (DI C, N, O, H) PER LA CARATTERIZZAZIONE DI ALIMENTI” bando LR 5

2016 - ad oggi **Partecipante** Gruppo di lavoro SISEF: GESTIONE DEGLI INCENDI BOSCHIVI

**PRIN 2018-** The Italian TreeTalker network- Giovanna Battipaglia responsabile unità.

### CONVEZIONI

2016-2017 **Responsabile task gestione produttiva del vitigno.** Convenzione di Ricerca finanziata da Cantine Astroni s.r.l. per il monitoraggio della fenologia e della morfologia, e la caratterizzazione di alcuni parametri morfo-biometrici e biochimici delle foglie quali indicatori dell'equilibrio vegeto-produttivo e della funzionalità di piante di vite del vitigno Piediroso innestate e franche di piede, allevate presso i siti in Tenuta Jossa (località Camaldoli, Napoli). Responsabile Scientifico: Veronica De Micco.

2016-2017 **Responsabile task dendro-forestale.** Convenzione Operativa Monitoraggio della biodiversità vegetale e valutazione di indicatori dell'impatto delle polveri sulla crescita delle piante nel territorio del Parco Nazionale del Vesuvio (BIO-IND-2). Coordinatore: Veronica De Micco.

2016-oggi **Responsabile Scientifico.** Attività formativa per la realizzazione di un laboratorio territoriale per l'occupabilità nell'ambito del piano nazionale per la scuola digitale (PNSD) “Agricoltura 2.0”.

2018 **Responsabile Scientifico** Convenzione Innova per “attività dendrocronologica e datazione Querce dell'isola di Vivara”

2019-oggi **Responsabile Scientifico** Protocollo di Intesa “Tutela e conoscenza delle aree a verde di pertinenza del Reale sito di Carditello”

ATTIVITÀ' FORMATIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN LABORATORIO TERRITORIALE PER L'OCCUPABILITA'

NELL'AMBITO DEL PIANO NAZIONALE PER LA SCUOLA DIGITALE (PNSD).  
Giovanna Battipaglia Responsabile Scientifico. Carmine Lubritto, Simona Altieri,  
partecipanti 2016-2019. Ente Finanziatore Ministero dell'Istruzione e Ricerca

Partecipazione al Programma di Sviluppo Rurale Puglia, Calabria e Piemonte PSR 2014-2020 Sottomisura 16.1: "Sostegno per la costituzione e la gestione dei Gruppi Operativi del PEI in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura" Titolo: "Controllo dell'origine nella filiera lattiero-casearia - (C. Lubritto, S. Altieri)

Accordo di collaborazione scientifica con il Parco Archeologico di Pompei

Accordi di collaborazione scientifica per analisi isotopiche con: Università La Sapienza (2019), Università del Molise (2019), Università di Siena, Università di Sassari, Comune di Cesena, Università di Pisa.

### PUBBLICAZIONI

Numero totale pubblicazioni sul triennio 2016-2018 con IF: 42 pubblicazioni

#### Publicazioni anno 2018

1. Ricci, P., García-Collado, M.I., Narbarte Hernández, J., Grau Sologestoa, I., Quirós Castillo, J.A., Lubritto, C. Chronological characterization of Medieval Villages in Northern Iberia: A multi-integrated approach - *European Physical Journal Plus*, 133 (9), art. no. 375
2. Garcia Collado M.I., Ricci P., Catalan Ramos R., Altieri S., Lubritto C., Quirós Castillo J.A., Palaeodietary reconstruction as an alternative approach to poorly-preserved early medieval human bone assemblages: the case of Boadilla (Toledo, Spain), *Archaeological and Anthropological Sciences* p.1-18
3. Oddo M.E., Ricci P., Angelici D., Fantino F., Sibilìa E., Alberghina M.F., Schiavone S., Grifa C., Mercurio M., Germinario C., Izzo F., Grimaldi C., Langella A., Massa E., Bracci S., Magrini D., Costa R., Lubritto C., Results of diagnostic campaign promoted by AIAR in the deposits of the Archaeological Museum of Paestum, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 364 (1), art. no. 012002 DOI: 10.1088/1757-899X/364/1/012002
4. Crocitti, M., Sulpizio, R., Insinga, D.D., De Rosa, R., Donato, P., Iorio, M., Zanchetta, G., Barca, D., Lubritto, C. On ash dispersal from moderately explosive volcanic eruptions: Examples from Holocene and Late Pleistocene eruptions of Italian volcanoes *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.
5. Lubritto, C., Ricci, P., Germinario, C., Izzo, F., Mercurio, M., Langella, A., Cuenca, V.S., Torres, I.M., Fedi, M., Grifa, C. Radiocarbon dating of mortars: Contamination effects and sample characterisation. The case-study of Andalusian medieval castles (Jaén, Spain) *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 118, pp.362-371
6. **Papa S.**, Bartoli G., Rivezzi G., Álvarez-Romero M., Dal Piaz F., De Tommasi N, Rivezzi G, Manduca P., 2019. Exposure to environmental contamination in women living in Naples and Caserta provinces (South Italy): hair trace metals analysis, first data. *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 28 – No. 3/2019 pag. 2321-2327
7. **Papa S.**, Bartoli G., Altieri S., Álvarez-Romero M., Lubritto C., 2019. Evaluation of trace elements content in buffalo mozzarella produced in Italian dairy farms: first data.

Fresenius Environmental Bulletin, Volume 28 – No. 3/2019 pag. 2328-2334.

8. Del Buono A., D'Orta A., Tarro G., Rossi P., **Papa S.**, Iodice L., Abbadessa G., Montano L., Portale G., Berretta M., DI FRANCIA R., 2018. Terra dei fuochi, the starting point". The role of prevention and complementary medicine in the clinical practice. *World Cancer Research Journal*, 5 (3): 1-7.
9. Fioretto A., Innangi M., De Marco A., Menta C., **Papa S.**, Pellegrino A., Virzo De Santo A, 2018. Discriminating between Seasonal and Chemical Variation in Extracellular Enzyme Activities within Two Italian Beech Forests by Means of Multilevel Models. *Forests*, 9(4), 219; <https://doi.org/10.3390/f9040219>
10. Zalloni E, Battipaglia G, Cherubini P, Saurer M, De Micco V. 2018. Contrasting physiological responses to Mediterranean climate variability are revealed by intra-annual density fluctuations in tree rings of *Quercus ilex* L. and *Pinus pinea* L. *Tree Physiology*, 38: 1213-1224 doi:10.1093/treephys/tpy061
11. Zalloni E, Battipaglia G, Cherubini P, De Micco V. 2018. Site conditions influence the climate signal of intra-annual density fluctuations in tree rings of *Q. ilex* L. *Annals of Forest Science*, 65: 68-79. DOI: 10.1007/s13595-018-0748-0
12. Balzano A., Čufar K., Battipaglia G., Merela M., Prislán P., Aronne G., De Micco V. 2018. Xylogenesis reveals the genesis and ecological signal of IADFs in *Pinus pinea* L. and *Arbutus unedo* L. *Annals of Botany*, 121: 1231-1242. DOI: 10.1093/aob/mcy008
13. De Micco V., Zalloni E., Battipaglia G., Erbaggio A., Scognamiglio P., Caputo R., Cirillo C. 2018. Rootstock effect on tree-ring traits in grapevine under a climate change scenario. *IAWA Journal*, 39: 145-155
14. Castagneri D., Battipaglia G., von Arx G., Pacheco A., Carrer M. 2018. Tree-ring anatomy and carbon isotope ratio show both direct and legacy effects of climate on bimodal xylem formation in *Pinus pinea*" *Tree physiology*, 38(8); 1098-1109
15. Conte E., Lombardi F., Battipaglia G., Palombo C., Altieri S., La Porta N., Marchetti M., Tognetti R. 2018. Growth dynamics, climate sensitivity and water use efficiency in pure vs. mixed pine and beech stands in Trentino (Italy), *Forest Ecology and Management*, 409, 707-718.
16. Audiard B., Blasco T., Brossier B., Fiorentino G., Battipaglia G., Thery-Parisot I. 2018. D13C referential in three *Pinus* species for a first archaeological application to Paleolithic contexts: "Between intra- and inter-individual variation and carbonization effect" *Journal of Archaeological Science: Reports*. 20, 775-783.
17. Aus Der Au R., Awada T., Hiller J., Battipaglia G., Saurer M., Cherubini P. 2018. Tree rings of *Pinus ponderosa* and juniperous *virginiana* show different responses to stand density and water availability in the Nebraska Grasslands. *The American Midland Naturalist*, 180 (1): 18-36

### Publicazioni anno 2017

1. Lubritto, C., Garcia-Collado, M. I., Ricci, P., Altieri, S., Sirignano, C., QuirÃ³s Castillo, J. A. (2017). New Dietary Evidence on Medieval Rural Communities of the Basque Country (Spain) and Its Surroundings from Carbon and Nitrogen Stable Isotope Analyses: Social Insights, Diachronic Changes and Geographic Comparison. *INTERNATIONAL JOURNAL OF OSTEOARCHAEOLOGY*, vol. 27, p. 984-1002, ISSN: 1047-482X, doi: 10.1002/oa.2610
2. Buonincontri, M.P., Pecci, A., Di Pasquale, G., Ricci, P., Lubritto, C. Multiproxy approach to the study of Medieval food habits in Tuscany (central Italy) *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9 (4), pp. 653-671.

3. Papa S., Bartoli G., Alvarez-Romero M., Barbato G., Vitale A., Ferrante C., Fioretto A., - 2017 - Trace metals accumulation and their translocation in *Phragmites australis* (Cav.) collected along the Sarno River. *Fresenius Environmental Bulletin* 26 (1): 467-474
4. Cosentino, C., Molisso, F., Scopelliti, G., Caruso, A., Insinga, D.D., Lubritto, C., Pepe, F., Sacchi, M. Benthic foraminifera as indicators of relative sea-level fluctuations: Paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction of a Holocene marine succession (Calabria, south-eastern Tyrrhenian Sea) (2017) *Quaternary International*, 439, pp. 79-101
5. Curcio E., Danise T., Innangi M., Coppola E., Alvarez-Romero M., Fioretto A., Papa S., - 2017 - Soil characterization and comparison of organic matter quality and quantity of two stands under different vegetation cover on monte Faito (Campania, S-Italy) *Fresenius Environmental Bulletin* 26 (1): 8-18
6. Papa S., Bartoli G., Alvarez-Romero M., Mottola S., Fioretto A., - 2017 - Trace metals accumulation in *Fragaria ananassa* and its possible use as a bioaccumulator. *Fresenius Environmental Bulletin* 26 (1):475-482
7. Leonelli, G., Coppola, A., Salvatore, M. C., Baroni, C., Battipaglia, G., Gentilesca, T., Ripullone, F., Borghetti, M., Conte, E., Tognetti, R., Marchetti, M., Lombardi, F., Brunetti, M., Maugeri, M., Pelfini, M., Cherubini, P., Provenzale, A., and Maggi, V. 2017. Climate signals in a multispecies tree-ring network from central and southern Italy and reconstruction of the late summer temperatures since the early 1700s, *Climat of the Past*, 13, 1451-1471, <https://doi.org/10.5194/cp-13-1451-2017>.
8. Battipaglia G., Pelleri F., Lombardi F., Altieri S., Vitone A., Conte E., Tognetti R. 2017. Effects of associating *Quercus robur* L. and *Alnus cordata* Loisel. on plantation productivity and water use efficiency, *Forest Ecology and Management* 391, 1 106-114
9. Gea-Izquierdo G., Nicault A., Battipaglia G., Dorado-Liñán I., Gutiérrez E., Ribas M., Guiot, J. 2017. Risky future for Mediterranean forests unless they undergo extreme carbon fertilization. *Global Change Biology*. 23 (7), pp. 2915-2927 doi:10.1111/gcb.13597
10. Leonelli G., Battipaglia G., Cherubini P., Saurer M., et al. 2017. *Larix decidua*  $\delta^{18}O$  tree-ring cellulose mainly reflects the isotopic signature of winter snow in a high-altitude glacial valley of the European Alps, *Science of The Total Environment* 579, 230-237.
11. Colangelo M., Camarero J.J., Battipaglia G., Borghetti M., De Micco V., Gentilesca T., Ripullone F. 2017. A multi-proxy assessment of dieback causes in a Mediterranean oak species. *Tree Physiology*. 37 (5), pp. 617-631 doi: 10.1093/treephys/tpx002
12. Battipaglia G. Tognetti R., Valesse E., Ascoli D., De Luca PF., Basile S., Ottaviano M., Mazzoleni S., Marchetti M., Esposito A. 2017. 2017. Incendi 2017: un'importante lezione *Forest@* 14: 231-236 [URL: <http://www.sisef.it/forest@/contents/?id=efor0076-014>

### Publicazioni anno 2016

1. De Micco V, Balzano A, Cufar K, Aronne G, Gricar J, Merela M, **Battipaglia G.** (2016). Timing of false ring formation in *Pinus halepensis* and *Arbutus unedo* in Southern Italy: outlook from an analysis of xylogenesis and tree-ring chronologies. **Frontiers in Plant Science**, 7/ 705 DOI:10.3389/fpls.2016.00705
2. Voelker S L, Brooks JR, Meinzer F C, Anderson R, Bader M K-F, Battipaglia G, et al.

- (2016) A dynamic leaf gas-exchange strategy is conserved in woody plants under changing ambient CO<sub>2</sub>: evidence from carbon isotope discrimination in paleo and CO<sub>2</sub> enrichment studies. *Global Change Biology*, 22: 889–902. doi:10.1111/gcb.13102
3. Ricci P., Sirignano C., Altieri S., Pistillo M., Santoriello A., Lubritto C. Paestum dietary habits during the Imperial period: archaeological records and stable isotope measurement, (2016) *Acta IMEKO*, - 5(2), pp. 26-31
  4. Margaritelli, G., Vallefucio, M., Di Rita, F., Capotondi L., Bellucci, L.G., Insinga, D.D., Petrosino, P., Bonomo, S., Cacho, I., Cascella, A., Ferraro, L., Florindo, F., Lubritto, C., Lurcock, P.C., Magri, D., Pelosi, N., Rettori, R., Lirer, F. Marine response to climate changes during the last five millennia in the central Mediterranean Sea - *Global and Planetary Change*, 142 (1), pp. 53-72.
  5. De Marco A., Fioretto A., Giordano M., Innangi M., Menta C., Papa S., Virzo De Santo A., - 2016 - C stocks in forest floor and mineral soil of two mediterranean beech forests. *FORESTS* 7 (8):1-20
  6. Guarino G., Carotenuto C., Di Cristofaro F., Papa S., Morrone B., Minale M., 2016. Does the C/N ratio really affect the bio-methane yield? A three years investigation of buffalo manure digestion. *Chemical Engineering Transactions* 49:463-468
  7. De Micco V., Balzano A., Cufar K., Aronne G., Gricar J., Merela M., Battipaglia G. 2016. Timing of false ring formation in *Pinus halepensis* and *Arbutus unedo* in Southern Italy: outlook from an analysis of xylogenesis and tree-ring chronologies. *Frontiers in Plant Science*, 7/ 705 DOI:10.3389/fpls.2016.00705
  8. Battipaglia G., Campelo F., Vieira J., Grabner M., De Micco V., Nabais C., Cherubini P., Carrer M., Braeuning A., Cufar K., Di Filippo A., García-González I., Koprowski M., Klisz M., Kirilyanov A. V., Zafirov N., De Luis M. 2016. Structure and Function of Intra–Annual Density Fluctuations: Mind the Gaps. *Frontiers in Plant Science*, 7/595 DOI: 10.3389/fpls.2016.00595
  9. Zalloni E., de Luis M., Campelo F., Novak K., De Micco V., Di Filippo A., Vieira J., Nabais C., Rozas V., Battipaglia G. 2016. Climatic signals from intra-annual density fluctuation frequency in Mediterranean pines at a regional scale. *Frontiers in Plant Science*, 7/579 DOI: 10.3389/fpls.2016.00579
  10. De Micco V., Campelo F., De Luis M., Bräuning A., Grabner M., Battipaglia G., Cherubini P. 2016. Intra annual density fluctuations in tree rings: how, when, where, and why? *IAWA Journal* 37(2) :232-259
  11. Battipaglia G., Savi T., Ascoli D., Castagneri D., Esposito A., Mayr S., Nardini A. 2016. Effects of prescribed burning on ecophysiological, anatomical and stem hydraulic properties in *Pinus pinea* L. *Tree Physiology* , 36, 1019-1031. doi: 10.1093/treephys/tpw034
  12. Voelker S. L., Brooks J.R., Meinzer F. C., Anderson R., Bader M. K-F, Battipaglia G., et al. 2016. A dynamic leaf gas-exchange strategy is conserved in woody plants under changing ambient CO<sub>2</sub>: evidence from carbon isotope discrimination in paleo and CO<sub>2</sub> enrichment studies. *Global Change Biology*, 22: 889–902. doi:10.1111/gcb.13102
  13. De Micco V., Battipaglia G., Balzano A., Cherubini P., Aronne G. 2016. Are wood fibres as sensitive to environmental conditions as vessels in tree rings width intra-annual density fluctuation (IADFs) in Mediterranean species? *Trees*, 30 (3) 971-983 doi: 10.1007/s00468-015-1338-5

**LABORATORI AFFERENTI AL GRUPPO:**

- 1. LABORATORIO DI SPETTROMETRIA DI MASSA ISOTOPICA  $i^{13}\text{C}^{18}\text{O}^{15}\text{Na}$** 
  - A. Spettrometro di massa Thermo
  - B. Sistema GC-IRMS: gascromatografo accoppiato a spettrometro di massa
  - C. Sistema TC- EA- IRMS: pirolizzatore accoppiato a spettrometro di massa
  - D. Analizzatore Elementare CHNS
  
- 2. LABORATORIO BIOMONITORAGGIO AMBIENTALE:**
  - A. Spettrometro ad assorbimento atomico (SPECTRA AA, Varian)
  - B. Analizzatore elementare (CHNS Elemental Analyser NA 1110 Thermoquest)
  - C. Sistema di purificazione acqua mediante elettro-deionizzazione (Sistema Elix Advantage – Millipore)
  
- 3. LABORATORIO DI PREPARAZIONE CAMPIONI PER PER ANALISI ISOTOPICHE E PER LA FISICA AMBIENTALE**
  - A. Linee di preparazione campioni per estrazione di materiale organico
  - B. Linee di preparazione campioni per analisi isotopiche convenzionali e con acceleratore.
  - C. Centraline di misura di parametri ambientali (termo igrometrici, inquinanti chimici, particolato) indoor ed outdoor

**CATEGORIE ISI WEB DI RIFERIMENTO (DA 1 A 10):** SCIENZE FISICHE, ECOLOGIA, SCIENZE AMBIENTALI, ARCHEOMETRIA. SCIENZA DEL SUOLO E DELLE PIANTE, AGRICOLTURA MULTIDISCIPLINARE

**SETTORI ERC:** PE4, PSH6\_1 PE10, LS8, LS9

**SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI DI RIFERIMENTO:** FIS/07, BIO/07, AGR/05