



CLUB ALPINO ITALIANO

IL BOLLETTINO

COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE
PERIODICO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

APRILE 2023





CLUB ALPINO ITALIANO

IL BOLLETTINO

**COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE
PERIODICO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA**

APRILE 2023





CLUB ALPINO ITALIANO
Via Petrella, 19 - 20124 Milano

COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE

© 2023 - CAI - Comitato Scientifico Centrale

ISBN 978 88 7982 141 4

Proprietà letteraria riservata
Riproduzione vietata senza l'autorizzazione scritta da parte del CAI

Comitato di redazione:
Piero Carlesi, Luca Pellicoli, Giovanni Margheritini

Consulenza e revisione editoriale:
Alessandra Demonte

Progettazione grafica e impaginazione:
Giovanni Margheritini

Il Comitato Scientifico Centrale ringrazia, per aver effettuato la lettura critica degli articoli contenuti in questo Bollettino, la prof.ssa Assunta Fiorenzano - Università di Modena e Reggio, il dott. Marco Peresani - Università di Ferrara, il dott. Andrea Piotti - Istituto di Bioscienze e Biorisorse del Consiglio Nazionale delle Ricerche, la dott.ssa Giovanna Barbieri - Università di Modena e Reggio, il dott. Luca Pellicoli - Ph. D. Specializzato in patologia della selvaggina, il dott. Ivan Borroni - medico veterinario

Publicato sul sito www.csc.cai.it in aprile 2023
in pdf scaricabile gratuitamente



COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE (periodo 2023 - 2025)

Presidente

Vice Presidente

Componenti

Segretario esterno

Referenti CC e CDC

- Consigliere Centrale
- Incaricato speciale dal PG

Piero Carlesi

Luca Pellicoli

Milena Merlo Pich

Luigi Iozzoli

Francesco Meneguzzo

Marco Peresani

Giovanni Margheritini

Antonino Gullotta

Amedeo Locatelli

Gian Carlo Nardi



SOMMARIO

7 EDITORIALE

ARTICOLI SCIENTIFICI

- 11 Enrico Croce, Diego E. Angelucci, Jacopo Armellini, Federico Confortini, Francesco Dordoni, Chiara Rossi, Diego Veneziano, Laura Vezzoni, Stefania Casini
Archeologia di montagna alle sorgenti del Brembo
- Antonio Gelati
- 31 **Avvelenamento da piombo in fenicotteri rosa (*Phoenicopterus roseus*) rinvenuti nel Parco Regionale Veneto del Delta del Po**
- Anna Corli, Rita Baraldi, Luisa Neri
- 39 **I composti organici volatili biogenici e i loro effetti sulla salute umana durante i percorsi di Terapia Forestale**
- Giovanna Barbieri
- 45 **Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico al Monte Cimone - Appennino settentrionale - Report del terzo anno del progetto con focus sul *Geranium argenteum***
- Fulvio Ducci
- 63 **Gli antichi rifugi glaciali degli alberi forestali nell'Appennino settentrionale**
- Giancarlo Sani
- 93 **Le rocce dei Pennati - Sulle tracce delle rocce sacre dei Liguri Apuani nelle Alpi Apuane**

INDICE PER ARGOMENTI

I composti organici volatili biogenici e i loro effetti sulla salute umana durante i percorsi di Terapia Forestale

di Anna Corli¹, Rita Baraldi¹, Luisa Neri¹

1 - Istituto di Bioeconomia del CNR - Bologna

Riassunto:

I composti organici volatili (VOC) vengono emessi sia da fonti antropogeniche che dalle piante e, in misura minore, dal suolo. Tuttavia, se i primi hanno effetti negativi sulla salute umana, i VOC di origine biogenica (BVOC) giocano un ruolo fondamentale per la funzionalità ecosistemica, per la qualità dell'aria, e hanno anche effetti benefici sulla salute umana. I BVOC vengono rilasciati in abbondanza nei contesti forestali, dove sono stati identificati più di mille composti diversi, costituiti principalmente da isoprene e monoterpeni. Considerato che le foreste italiane occupano quasi il 40% del territorio nazionale nelle composizioni più diversificate, il Club Alpino Italiano (CAI) in collaborazione l'Istituto per la BioEconomia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IBE-CNR) ha svolto una ampia indagine sperimentale a partire dal 2020 per perfezionare i protocolli di Terapia Forestale in 31 siti del territorio forestale italiano. Sono state svolte 37 sessioni di Terapia Forestale, in associazione alla caratterizzazione della qualità dell'aria di ogni sito.

Specialmente nei mesi caldi le conifere sempreverdi sono risultate le maggiori emettitrici di BVOC, seguite da specie sempreverdi diverse quali leccio e da specie decidue quali faggio e quercia. Lo studio ha dimostrato che i migliori effetti della Terapia Forestale si riscontrano in assetti forestali misti, aperti e luminosi, con una significativa riduzione di stati di ansia grazie all'inalazione dei monoterpeni, in particolare l' α -pinene. Nuovi percorsi di Terapia Forestale sono in fase di pianificazione per portare i benefici dell'immersione in natura alla portata di tutti.

Abstract: Biogenic volatile organic compounds and their effects on human health during Forest Therapy sessions

Volatile organic compounds (VOC) are emitted both from anthropogenic sources as well as from plants and, to a lesser extent, soil. However, if the former have negative effects on human health, biogenic volatile organic compounds (BVOC) play a crucial role for ecosystem functionality and air quality, with beneficial effects for human beings. BVOC are largely released in forest ecosystems, where more than a thousand of different compounds have been identified, mainly consisting of isoprene and monoterpenes.

Italian forests cover almost 40% of the national territory in highly diversified compositions: thus the Italian Alpine Club (CAI), in collaboration with the Institute for Bioeconomy of the National Research Council (IBE-CNR), from 2020 has carried out an extensive experimental study to refine forest therapy protocols in 31 sites throughout the Italian forests. 37 sessions of forest therapy were carried out together with the characterization of air quality of each site.

Mainly during the warm season, evergreen conifers were the major emitters of BVOC, followed by different evergreen species such as holm oak and deciduous species such as beech and oak. The study demonstrated forest therapy to be most effective in open, bright and mixed forest arrangements, and monoterpenes, particularly α -pinene, were seen to lead to a significant reduction in anxiety. New forest therapy sessions are being planned to bring the benefits of immersion in nature within everyone's reach.

I composti organici volatili (VOC) sono composti formati da carbonio, idrogeno e ossigeno appartenenti a varie classi chimiche immessi in atmosfera da un'ampia varietà di fonti.

Quelli di origine antropogenica (AVOC) sono inquinanti che derivano dalle attività antropiche, principalmente dall'utilizzo dei combustibili fossili, e hanno effetti negativi noti e scientificamente dimostrati sulla salute umana.

Diversamente i VOC di origine biogenica (BVOC) vengono rilasciati dalle specie vegetali ma anche dal suolo a seguito della decomposizione microbica dei residui vegetali e del carbonio organico (Tang et al., 2019), e giocano un ruolo fondamentale sia per la funzionalità ecosistemica che per la composizio-

ne chimica dell'atmosfera, per la qualità dell'aria e per la salute umana (Neri & Baraldi, 2022).

I BVOC, alcuni dei quali percepiamo come i "profumi" delle piante, sono metaboliti secondari rilasciati dalle piante principalmente per comunicare con altre piante e organismi. Attraverso i BVOC le specie vegetali attraggono infatti gli impollinatori mediante il profumo dei fiori, attuano rapporti di mutualismo con insetti e batteri alleati, innescano meccanismi di difesa contro infezioni e/o predatori mediante repellenza, comunicano con altre piante per avvisare ad esempio di situazioni di pericolo, e richiamano i predatori dei propri parassiti come meccanismo di difesa.

L'emissione di BVOC è costitutiva oppure può essere



Figura 2 - Bosco di Betulle - Etna - Sicilia - ph Luisa Neri

indotta in risposta a stress ambientali ed è stata scoperta diversi decenni fa, quando gli scienziati hanno iniziato a studiare l'origine della "foschia blu" osservata in contesti forestali (Went, 1960; Zhang, 2009), poiché questi composti sono reattivi in atmosfera e possono formare aerosol per ossidazione.

È proprio nelle foreste che si registra la più alta emissione di BVOC e svariati studi hanno identificato più di 1.000 composti diversi, chiaramente non rilasciati tutti nello stesso sito, ma variabili in base alle specie presenti e alle condizioni ambientali.

Si tratta per lo più di molecole lipofile a basso peso molecolare, appartenenti a diverse classi chimiche ma costituiti principalmente da isoprenoidi, in particolare isoprene (ca. 50% delle emissioni totali) e monoterpeni come α e β -pinene, β -ocimene, d-limonene, sabinene, β -mircene e canfene (circa il 35-40% delle emissioni totali), con quantità minori di omoterpeni e sesquiterpeni (Neri & Baraldi, 2022). Sono presenti, anche se in quantità più bassa e con minor frequenza, molecole derivanti dall'acido shikimico (come l'eugenolo) oltre a composti a basso peso molecolare come metanolo e acetaldeide (Niinemets & Monson, 2013).

L'emissione di queste sostanze è specie-specifica e dipende dalla luce e/o dalla temperatura, per cui il profilo dei BVOC ha normalmente un andamento diurno, con un picco di concentrazioni a mezzogiorno, relativamente coerente tra vari ambienti (Niinemets & Monson, 2013; Ciccioli et al., 2023).

Le foreste italiane occupano una superficie di 11,4 milioni di ettari, pari a quasi il 40% del territorio nazionale; prevalgono le foreste (circa il 90%), costituite da formazioni pure di latifoglie, mentre i boschi puri di conifere e quelli misti di conifere e latifoglie rappresentano poco più del 10% della superficie forestale nazionale, a eccezione delle regioni prettamente alpine in cui prevalgono i boschi di conifere (Gasparini et al., 2022). Il 50% del volume forestale è rappresentato da tre specie di latifoglie (faggio, castagno e cerro) e una di conifere (abete rosso); la quota del 75% del volume forestale complessivo è superata con l'aggiunta di altre sette specie (larice, roverella, carpino nero, leccio, abete bianco, pino nero e pino silvestre). Le specie arboree citate sono emettitrici di isoprene e monoterpeni, in particolare di α -pinene, sabinene e β -pinene, con una maggiore concentrazione rilasciata principalmente da roverella, rovere, farnia, leccio, sughera e faggio (Pacheco et al., 2014; Ciccioli et al., 2023).

Perché parlare di BVOC? Perché i profumi che percepiamo entrando in foresta, diversi e unici per ogni sito, sono parte integrante dell'esperienza in natura, non solo da un punto di vista olfattivo o edonistico. Infatti numerosi studi scientifici recenti effettuati in contesti forestali in Italia e all'estero stanno dimostrando proprio come i BVOC, e in particolare i monoterpeni, contribuiscano attivamente a rendere le foreste un ambiente benefico per la salute umana.

Dal punto di vista olfattivo, l'inalazione di BVOC quali α - e β -pinene, β -mircene, canfene e d-limonene, fa della foresta una vera e propria dispensatrice di aromaterapia naturale, con un'azione non solo balsamica sulle vie respiratorie ma anche ansiolitica, antidepressiva, analgesica, antiossidante e antinfiammatoria, a seconda degli specifici BVOC presenti.

In generale i BVOC hanno dimostrato effetti positivi sulla salute mentale, con notevoli miglioramenti dell'umore e dei sintomi depressivi, diminuzione dell'ansia e dei livelli di stress, una riduzione del rischio di malattie psicosociali, così come un miglioramento delle capacità relazionali, comportamentali, stili di vita e benessere spirituale. L'inalazione di BVOC è dunque parte integrante nei percorsi di terapia forestale (Zabini et al., 2022).

I benefici della Terapia Forestale sono stati recentemente riconosciuti dall'ONU anche nell'ambito della ripresa "verde" dalla pandemia da Covid-19, che sostiene tra l'altro che "stare in foresta o nei parchi alberati offre una miriade di benefici per la salute umana, fisica, mentale e spirituale".

Al contempo, in Europa, tra i servizi ecosistemici offerti dagli ambienti forestali, hanno preso il via numerose iniziative volte a promuovere il benessere umano attraverso la frequentazione dei boschi, e proprio la terapia forestale è stata riconosciuta come servizio socioculturale degli ambienti forestali nella Strategia Forestale Nazionale 2020.

In base a queste evidenze scientifiche il Club Alpino Italiano (CAI), con la collaborazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), sta sviluppando una rete nazionale di stazioni di Terapia Forestale qualificate per ottimizzare i benefici generati dalla frequentazione delle aree forestali e quindi garantire un'offerta sempre più capillare sia per i frequentatori abituali delle foreste e delle montagne sia per pazienti indirizzati alla Terapia Forestale da operatori e strutture sanitarie. Sono state dunque svolte indagini preliminari nell'Appennino settentrionale nel 2020. In questa occasione i ricercatori dell'Istituto per la BioEconomia del CNR (IBE-CNR) hanno raccolto le informazioni scientifiche, in particolare rispetto alla distribuzione nello spazio e nel tempo della concentrazione di BVOC, necessarie a caratterizzare la vocazione di specifici ambienti e percorsi forestali rispetto ai potenziali benefici per la salute.

Nel 2021 è iniziata una campagna sperimentale particolarmente estesa e intensa che ha interessato 31 siti in diversi ambienti forestali (dall'alta montagna alla collina e ai parchi urbani fino a una storica pineta costiera) per un totale di 37 sessioni di Terapia Forestale condotte in due anni (2021-2022) da maggio a ottobre, in prevalenza presso Rifugi CAI o lungo sentieri CAI, dalle Alpi all'Appennino settentrionale e centrale. In contemporanea alle sessioni di terapia forestale, è stata caratterizzata la qualità dell'aria con analisi non solo sulla concentrazione totale di composti volatili, ma anche sulla

tipologia e la concentrazione dei singoli composti presenti, sia biogenici (emessi da piante e suolo) che antropogenici (alcuni dei principali inquinanti nocivi alla salute come benzene e toluene).

La qualità e la concentrazione dei VOC sono state determinate campionando l'aria dei siti forestali interessati alla Terapia Forestale con pompe portatili collegate a tubi di acciaio contenenti materiale adsorbente per intrappolare i VOC (Figura 3).

Successivamente i tubi campionati sono stati analizzati in laboratorio con uno strumento analitico sofisticato come il gascromatografo associato allo spettrometro di massa (GC-MS) che permette l'individuazione e la quantificazione dei singoli VOC.

Lo studio ha dimostrato come per la Terapia Forestale sia determinante la composizione della vegetazione ma, indipendentemente dalle specie, sono consigliabili assetti forestali sufficientemente aperti e luminosi.

Per quanto riguarda l'emissione di BVOC, lo studio scientifico ha confermato l'unicità dei singoli percorsi, dovuta proprio alla presenza di specie diverse con profili specifici di emissione (Pacheco et al., 2014; Ciccioli et al., 2023). Infatti, limitandosi ad alcune tra le specie più rappresentative delle foreste italiane, le conifere sempreverdi sono risultate le

maggiori emettitrici di composti dotati delle migliori attività biologiche quali α - e β -pinene e d-limonene (pino nero, pino silvestre, abete rosso, abete bianco, pino marittimo, elencati in ordine decrescente di emissioni di BVOC). Seguono poi le specie sempreverdi diverse dalle conifere (leccio, cisto marino, lentisco, alloro) e le decidue come faggio, castagno, larice, betulla, quercia (Meneguzzo et al., 2022).

I dati ottenuti hanno confermato che andrebbero privilegiati percorsi in foreste miste con significativa presenza di conifere, per esempio sentieri montani immersi in foreste di faggio e abete (Meneguzzo et al., 2022). Per massimizzare gli effetti delle proprietà bioattive dell'aria inoltre è consigliabile frequentare le foreste a scopi terapeutici nel semestre caldo, il primo mattino e il primo pomeriggio, o anche il solo primo pomeriggio nei mesi più freddi. Un risultato recente e molto interessante di questa sperimentazione ha confermato un effetto specifico dei monoterpeni, in particolare dell' α -pinene, sui livelli di ansia dei partecipanti alla Terapia Forestale (Donelli et al., 2022). Questi studi proseguiranno per maggiori approfondimenti; stiamo infatti pianificando la caratterizzazione di altri percorsi sempre in relazione al benessere psico-fisico per poter portare i benefici dell'immersione in natura alla portata di tutti!



Figura 3 - Strumenti per il campionamento dell'aria dei siti forestali – ph Francesco Meneguzzo



Figura 4 - Allestimento tipico della strumentazione per il campionamento dell'aria forestale – ph Luisa Neri

Bibliografia

- BUCKLEY R., BROUGH P., HAGUE L., CHAUVENET A., FLEMING C., ROCHE E., SOFIJA E., HARRIS N., 2019. *Economic value of protected areas via visitor mental health*. Nature Communications, 10, 5005. CICCIO- LI P., SILIBELLO C., FINARDI S., PEPE N., CICCIO- LI P., RAPPARINI F., NERI L., FARES S., BRILLI F., MIRCEA M., MAGLIULO E., 2023. *The potential impact of biogenic volatile organic compounds (BVOCs) from terrestrial vegetation on a Mediterranean area using two different emission models*. Agricultural and Forest Meteorology, 328, 109255. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109255>
- DONELLI D., MENEGUZZO F., ANTONELLI M., ARDISSINO D., NICCOLI G., GRONCHI G., BARALDI R., NERI L., ZABINI F., 2022. *Effects of plant-emitted monoterpenes on anxiety: a propensity-matched observational cohort study*. Preprints, 120586. <https://doi.org/10.20944/preprints202212.0586.v1>
- GASPARINI P., DI COSMO L., FLORIS A., DE LAURENTIS D., 2022. *Italian national forest inventory - methods and results of the third survey*. Springer Tracts in Civil Engineering, Springer Cham, ISSN 2366-259X. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-98678-0>
- MENEGUZZO F., ALBANESE L., ANTONELLI M., BARALDI R., BECHERI F.R., CENTRITTO F., DONELLI D., FINELLI F., FIRENZUOLI F., MARGHERITINI G., MAGGINI V., NARDINI S., REGINA M., ZABINI F., NERI L., 2021. *Short-term effects of forest therapy on mood states: a pilot study*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18, 9509. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189509>
- MENEGUZZO F., NARDINI S., REGINA M., 2022. *Terapia Forestale: istruzioni per l'uso*. In, Meneguzzo, F., Zabini F., (Eds.), *Terapia forestale*, volume 1. CNR Edizioni, pp. 77-95
- NERI L., BARALDI R., 2022. *Composti organici volatili: origini, caratteristiche, misure e funzioni*. In, Meneguzzo, F., Zabini F., (Eds.), *Terapia forestale*, volume 2. CNR Edizioni, pp. 43-56
- NIINEMETS Ü., MONSON R.K., 2013. *Biology, controls and models of tree volatile organic compound emissions*. Springer Science & Business Media, ISBN 9789400766068
- PACHECO C.K., FARES S., CICCIO- LI P., 2014. *A highly spatially resolved GIS-based model to assess the isoprenoid emissions from key Italian ecosystems*. Atmospheric Environment, 96, 50-60
- TANG J., SCHURGERS G., RINNAN R., 2019. *Process understanding of soil BVOC fluxes in natural ecosystems: a review*. Reviews of Geophysics, 57(3), 966-986. <https://doi.org/10.1029/2018RG000634>
- WENT F.W., 1960. *Blue hazes in the atmosphere*. Nature, 187, 641-643
- ZABINI F., MENEGUZZO F., ALBANESE L., NOCETTI M., BRUNETTI M., NERI L., BARALDI R., 2022. *Foreste, prevenzione e cura: evidenze scientifiche*. In, Meneguzzo, F., Zabini F., (Eds.), *Terapia forestale*, volume 1. CNR Edizioni, pp. 35-55
- ZHANG R., WANG L., KHALIZOV A.F., ZHAO J., ZHENG J., MCGRAW R.L., MOLINS, L.T., 2009. *Formation of nanoparticles of blue haze enhanced by anthropogenic pollution*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(42), 17650-17654. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910125106>