

Autori

Giancarlo Papitto¹, Claudia Cindolo¹, Enrico Calvo², Stefano Minerbi³, Mauro Confalonieri⁴, Cristina Salvadori⁵, Elena Gottardini⁶, Nicola La Porta⁶, Renzo Motta⁷, Fabio Meloni⁷

Affiliazione

¹ Arma dei Carabinieri (CUFA), Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari SM – Ufficio Progetti, Convenzioni, Educazione Ambientale, Via G. Carducci n. 5, 00187 Roma, Italia.

² ERSAF – Ente Regionale per i Servizi all’Agricoltura e alle Foreste. Regione Lombardia.

³ Forest Department of South Tyrol. Bozen, Italy.

⁴ Provincia autonoma di Trento – Servizio Foreste e fauna, Trento.

⁵ Fondazione E. Mach – Centro Trasferimento Tecnologico, S. Michele a/Adige (TN).

⁶ Fondazione E. Mach – Centro Ricerca e Innovazione, S. Michele a/Adige (TN).

⁷ Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco, To.

DEIMS.ID: <https://deims.org/ede67a31-079a-4db5-b3a2-83b22054c661>

Referente Macrosito: Ten. Col. Giancarlo Papitto, App. sc. Claudia Cindolo

Tipologia di ecosistema: terrestre, foreste alpine.

Siti di ricerca:

Val Masino, IT02-001-T

Renon BOL1, IT02-002-T

Passo Lavazè TRE1, IT02-003-T

Tarvisio FRI2, IT02-004-T

Valbona, IT02-005-T



Descrizione del macrosito e delle sue finalità

Il Macrosito comprende cinque Siti di cui quattro rappresentati da aree incluse nella Rete di Monitoraggio forestale permanente del Programma CONECOFOR (CONtrollo ECOSistemi FORestali), coordinato dal 2017 dal Comando Unità Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare dell'Arma dei Carabinieri (CUFAA) – Ufficio Studi e Progetti e da una stazione di ricerca all'interno della Foresta Demaniale di Paneveggio (“Riserva Forestale della Valbona” nel Parco Naturale Paneveggio – Pale di S. Martino, Trento). I cinque siti sono diffusi dalla Lombardia al Friuli V. Giulia e sono principalmente caratterizzati da foreste primarie e secondarie a *Picea abies*, tra 800 e 1800 m. s.l.m.. Nel caso di Paneveggio, alle quote più elevate, si trovano popolamenti misti di abete rosso, larice e cembro.

Il Programma CONECOFOR è incluso nella Rete europea ICP Forests di monitoraggio delle foreste, istituita nell'ambito della Convenzione sull'inquinamento transfrontaliero a lunga distanza (CLRTAP) del 1979. Le stazioni di Val Masino (IT02-001-T), Passo Lavazè (IT02-003-T) e Tarvisio (IT02-004-T) sono aree permanenti della Rete Nazionale CONECOFOR dal 1995; quella di Renon (IT02-002-T) è un'area permanente della Rete della Provincia di Bolzano dal 1995, incorporata nella Rete Nazionale CONECOFOR dal 2000. Ad eccezione del Sito di Tarvisio (FRI2, IT02-004-T), ciascuna area è gestita in modo autonomo dagli Enti riportati nelle descrizioni dei siti di ricerca.

Le aree permanenti CONECOFOR, come da protocollo ICP Forest, sono costituite da un quadrato recintato di 50 m di lato, all'interno del quale si possono trovare campionatori per la raccolta delle deposizioni atmosferiche di inquinanti, centraline meteorologiche automatiche, campionatori per la raccolta delle soluzioni circolanti nei suoli. Vi si svolgono, inoltre, l'analisi dei nutrienti fogliari, il rilevamento dell'accrescimento degli alberi, la valutazione delle chiome e della biodiversità vegetale. Tutte le ricerche hanno serie storiche piuttosto lunghe che hanno permesso di sviluppare studi e ricerche aventi come oggetto di indagine gli effetti delle attività antropiche sulle foreste, la biodiversità forestale, i cambiamenti climatici e le maggiori minacce che l'ambiente forestale si trova oggi costretto ad affrontare.

Purtroppo, il monitoraggio forestale ha un costo piuttosto elevato che, negli anni di crisi, non si è riusciti a fronteggiare con i soli fondi nazionali. Per questo motivo, si è dovuta operare una selezione all'interno delle aree di monitoraggio che ha portato, allo stato attuale, alcune di esse in condizioni di “sospensione delle ricerche”, in cui sono garantite esclusivamente alcune attività di base e la manutenzione delle aree. Grazie al progetto LIFE “Smart4Action” (dal 2014 al 2018), coordinato dal CUFAA Carabinieri con la partecipazione di CNR, CREA, UNIFI, UNICAM e *Terradata env.*, è stato dimostrato che è possibile ottimizzare il sistema di monitoraggio forestale riducendo i costi del 40% senza intaccare la qualità delle ricerche e dei dati raccolti (<http://www.carabinieri.it/arma/oggi/organizzazione/organizzazione-per-la-tutela-forestale-ambientale-e-agroalimentare/progetti-life>). Nell'ambito del progetto sono stati sviluppati:

- un webGIS on line (<http://smart4action.ise.cnr.it>) che consente di visualizzare su mappa i punti e tutte le aree di monitoraggio e gli andamenti dei parametri studiati;
- due *App* per *Smartphone* disponibili su *Google Play* e *iTunes* (**“Smart4Action Citizen Involvement”** e **“Smart4Action Reporting”**), per la consultazione rapida dei dati e la segnalazione di danni forestali eventualmente rilevati in campo;

Solo il mantenimento di una rete di monitoraggio a lungo termine attiva e funzionante potrà consentire di comprendere realmente le evoluzioni e i processi che interessano i preziosi ecosistemi forestali.

La foresta di Paneveggio è stata sede di ricerche di ecologia forestale da lunghissimo tempo; qui è disponibile il primo piano di Assestamento forestale redatto nel 1847. La riserva della Valbona è uno dei 6 siti italiani inseriti nel 2004 nell'European Network for long-term Forest Ecosystem and Landscape Research. Per questo sito sono disponibili: dati climatici (rilevamento in continuo), biomassa legnosa (prelievo periodico), attività selvicolturale (nella Riserva), impatto degli ungulati selvatici sulla rinnovazione forestale (225 punti di campionamento permanenti nel Parco Naturale Paneveggio-Pale di S. Martino), censimenti faunistici (ungulati e tetraonidi). Inoltre, vi si svolgono inventari periodici (10 anni) di

incremento, natalità, mortalità, variazioni strutturali in 7 aree permanenti di 1 ha con mappe e carote incrementali dei singoli alberi (oltre 3000).

Le collaborazioni in atto avvengono con: Ente Regionale per lo Sviluppo Agricolo e Forestale della Regione Lombardia (ERSAF) (stazione di Val Masino), Provincia Autonoma di Bolzano (stazione di Renon), Provincia Autonoma di Trento (stazione di Passo Lavazè e Valbona), Parco Naturale di Paneveggio-Pale di s. Martino, CNR, CREA, Università di Camerino, Terradata environmetrics, Università di Firenze, Università di Pavia,

Università di Trieste, Università di Bologna, Università di Parma, Fondazione “E. Mach” S. Michele all’Adige, Università di Padova, Università della Basilicata, Centre for Bio-Archaeology and Ecology, Institut de Botanique, Università di Montpellier, France (produzione di seme in larice e pino cembro e sul ruolo dei disturbi naturali nelle foreste del piano subalpino).

Abstract

The LTER site IT02-000-T – Forests of the Alps includes four permanent monitoring plots belonging to CONECOFOR Programme (National Programme for Intensive Monitoring of Forest Ecosystems), located on the Italian Alps, covered by primary or secondary *Picea abies* dominated forests, ranging from 800 to 1800 m a.s.l. and one research station inside the Paneveggio-Pale di S. Martino Provincial Park mainly formed by pure Norway spruce stands. In the upper part of this forest Norway spruce is mixed with Swiss stone pine and larch.

The CONECOFOR Program is included in the European ICP Forests Monitoring Network, established under the 1979 Convention on Long Distance Transboundary Pollution (CLRTAP). The Val Masino, Passo Lavazè and Tarvisio stations are permanent areas of the National Network CONECOFOR since 1995; Renon is a permanent area of the Network of the Province of Bolzano since 1995, incorporated into the CONECOFOR National Network since 2000. Each area is independently managed by the Bodies listed in the descriptions of the sites.

The permanent CONECOFOR sites, following the ICP Forest protocol, consist of a fenced square of 50m on each side. Inside, samplers for the collection of atmospheric pollutant depositions, automatic meteorological stations, samplers for collecting circulating solutions in soils can be found. Furthermore, foliar nutrient analysis, tree growth assessment, crown evaluation and vegetation diversity are carried out. All the researches have rather long historical series that have allowed to develop studies and researches having as object of investigation the status of forestry biodiversity, the climatic changes and the greater threats that the forest environment is forced to face. Unfortunately, forest monitoring has a rather high cost which, in the years of crisis, has not been able to cope with national funds alone. For this reason, it was necessary to make a selection within the monitoring areas which led, at present, to some of them in conditions of “suspension of research”, in which only certain basic activities and maintenance of the areas.

The Paneveggio forest has been home to forest ecology research for a very long time. The Valbona reserve is one of 6 Italian sites included in 2004 in the European Network for long-term Forest Ecosystem and Landscape Research. For this site are available: climatic data (continuous survey), woody biomass (periodic sampling), silvicultural activity (in the Reserve), impact of wild ungulates on forest renewal (225 permanent sampling points in the Paneveggio-Pale di S. Natural Park Martino), fauna censuses (ungulates and tetraonids). Furthermore, periodic inventories (10 years) of increase, birth rate, mortality, structural changes in 7 permanent areas of 1 ha are carried out with maps and incremental cores of the single trees (over 3000).

Autore

Enrico Calvo¹

Affiliazione

¹ ERSAF – Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste. Regione Lombardia

Sigla: IT02-001-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/68a5673c-9172-48cc-88e5-b9408b203309>

Responsabile sito: Enrico Calvo, Italo Buzzetti¹

Area geografica

Bagni di Masino, Val Masino (Sondrio)

Lat.: 046° 14' 16" N

Long.: 009° 33' 16" E

Alt.: 1190 m s.l.m.

Esposizione: 20° WNW

T media/annua: 8°C

P medie/annue: 1300 mm

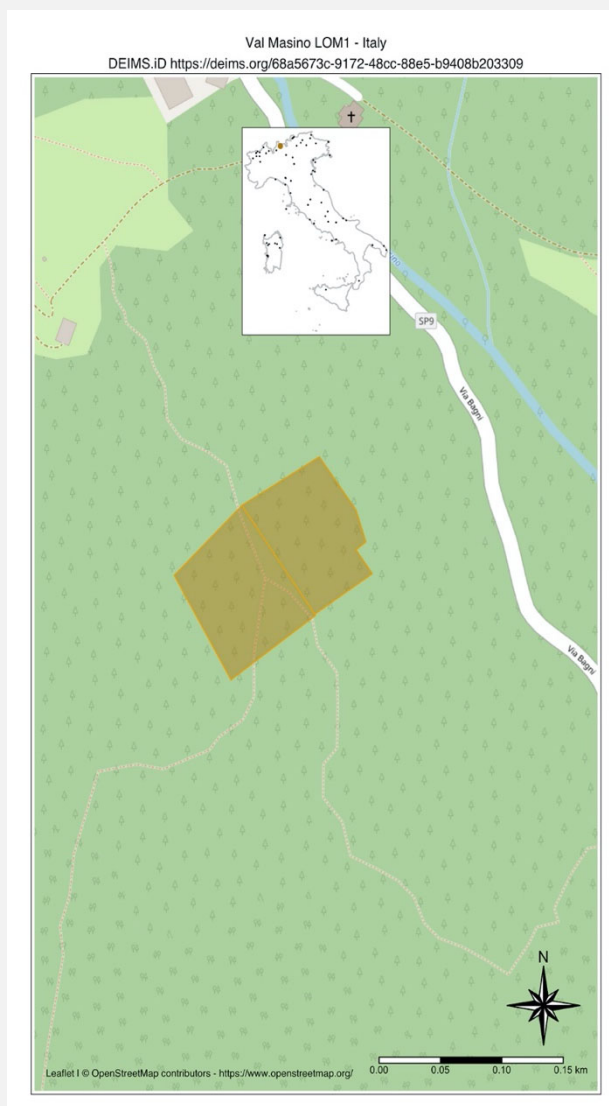
Substrato: graniti

Suolo: *Humic cambisols*

Associazione vegetale: *Veronico urticifoliae – Piceetum* (ELLEMBERG & KLOTZLI 1972)

EUNIS: G3.1 Fir and Spruce woodland

Status di protezione: zona SIC: IT2040019 e ZPS: IT2040601



Descrizione del sito e delle sue finalità



Fig. 1 - Area boschiva in Val Masino

selezionate entrambe in un'area omogenea più vasta dove è posizionata una stazione meteo *open field*.

Nel 2013 a fianco del sito è stata installata un'area di monitoraggio forestale rientrante nel programma delle Riserve Forestali Alpine, gestita dal Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università di Torino, costituita da due plot di mq 1.050 cad., uno recintato e uno non recintato.

Breve cenno storico

A partire dalla metà degli anni '90, nell'ambito di progetti nazionali attivati dal Ministero Agricoltura e Foreste, sono state installate in regione Lombardia tre aree di rilevamento dello stato di salute delle foreste rispetto alle deposizioni acide.

Inizialmente le aree erano solo di osservazione delle condizioni delle chiome, ma successivamente sono state strutturate per svolgere diversi livelli di attività di studio e monitoraggio secondo una metodologia internazionalmente riconosciuta e condivisa, quella dell'ICP-Foreste "International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests".

Tali attività sono state sviluppate direttamente con finanziamenti del Ministero e finanziamenti integrativi di Regione Lombardia, partecipando anche a progetti nazionali (Programma CON.ECO.FOR, la rete nazionale integrata per il controllo degli ecosistemi forestali, dal 1998 al 2011) e a progetti internazionali (ECAFO "Effetti della contaminazione atmosferica sugli ecosistemi forestali" dal 1995 al 1996; ESPERIME "Esperimenti sul terreno per migliorare le conoscenze sull'inquinamento atmosferico", 1997; FUTMON "Further Development and Implementation of an EU-level Forest Monitoring System" dal 2009 al 2012. I finanziamenti sono stati poi negli ultimi anni sostenuti direttamente da ERSAF.

Dal 2002 l'area LOM1 (Val Masino) appartiene anche alla Rete Italiana per le Ricerche Ecologiche di Lungo Termine (LTER Italia, www.lter-europe.net/networks/italy) che a sua volta è inclusa nella rete europea LTER-Europe (www.lter-europe.net/) e dal 2006 fa parte della Rete Internazionale LTER (ILTER www.ilternet.edu/).

L'area LOM 1 Val Masino è gestita direttamente da ERSAF in quanto inserita nella Foresta demaniale regionale Val Masino.

Nell'ambito delle aree le attività vengono svolte direttamente da ERSAF, con proprio personale, da personale del Comando Unità Forestali dell'Arma dei Carabinieri per alcune indagini e dall'Istituto di Ricerca sulle Acque-CNR di Brugherio per le analisi sulle deposizioni e le soluzioni circolanti.

Purtroppo negli ultimi anni, la mancanza di fondi nazionali e finanziamenti internazionali hanno portato ad una drastica riduzione delle ricerche.

Serie storica delle osservazioni (banca dati ICP Forest dal 1995)

I dati raccolti dal 1995 venivano inviati con format standardizzato a livello europeo e validati, quindi immagazzinati nella banca dati europea di ICP Forest e, a validazione avvenuta, restituiti al National Focal Centre nazionale.

Tipologia di dati raccolti (biotici, abiotici, fisici)

Tutte le analisi di dettaglio vengono eseguite secondo le modalità previste dai protocolli internazionali. In tale sito sono presenti campionatori per le deposizioni atmosferiche sottochioma e in campo aperto, stazione meteo, campionatori per la soluzione circolante nel suolo e in essa vengono svolte annualmente o periodicamente analisi, prelievi e valutazioni delle condizioni dell'ecosistema secondo i protocolli internazionali delle reti in cui è inserita.

Le ricerche in corso sono: meteorologia, chimica delle deposizioni atmosferiche, condizione delle chiome, vegetazione, fenologia degli alberi, accrescimenti arborei, struttura forestale, caratteristiche fisico-chimiche dei suoli e soluzioni circolanti.

L'area fa parte della Rete ICP-Forest "International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests" che opera nell'ambito dell'"UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution".

Nella tabella, le ricerche svolte nell'area e gli anni di riferimento delle serie storiche di dati.

Per le metodologie di rilevamento, vengono applicati i protocolli di monitoraggio ICP Forests utilizzati per il monitoraggio forestale nelle aree CONECOFOR di II Livello.

ATTIVITA'	Condizioni chiome	Soluzione nei suoli	Deposizioni atmosferiche	Meteo OF	Meteo IP
ENTE-REFERENTE	CUFAA	CNR	CNR	CREA	CREA
RICERCHE	Dati dal 1996	Dati dal 1999	Dati dal 1995	Dati dal 1998	Dati dal 1998
FREQUENZA CAMPIONAMENTO	annuale	bisettimanale	settimanale	settimanale	settimanale

In particolare si evidenzia:

- deposizioni atmosferiche: i campionamenti delle deposizioni atmosferiche nell'area LOM1 vengono settimanalmente effettuati e regolarmente inviati tramite corriere al laboratorio IRSA-CNR di Brugherio (MI), che opera per conto del CNR – Istituto per lo Studio degli Ecosistemi di Pallanza.
I campioni sono raccolti mediante campionatori di pioggia collocati sia in zone forestate (sottochioma e throughfall) che in quelle adiacenti prive di alberi (openfield).
- soluzioni nei suoli: il campionamento avviene mediante lisimetri a suzione posizionati a differenti profondità del suolo.
I campionamenti vengono prelevati con frequenza bisettimanale e opportunamente miscelati ottenendo tre campioni integrati, uno relativo alla profondità di 15 cm, uno di 40 cm e uno di 70 cm. Viene eseguito il campionamento dell'acqua d'infiltrazione con frequenza bisettimanale.
- dati delle centraline meteorologiche: i dati vengono inviati all'indirizzo: conecofor.rps@entecra.it.

Enti coinvolti nelle attività di ricerca del sito

- ERSAF. Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste – Ufficio Operativo di Morbegno (SO). www.ersaf.lombardia.it
- Arma dei Carabinieri, Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari, <http://www.carabinieri.it/arma/oggi/organizzazione/organizzazione-per-la-tutela-forestale-ambientale-e-agroalimentare>
- Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA-CNR) Unità operativa di supporto – Brugherio, Via del Mulino 19 I-20047 Brugherio, Milano www.irsa.cnr.it

I principali risultati scientifici ottenuti in relazione alle osservazioni a lungo termine

I risultati ottenuti in Val Masino dall'analisi di diverse componenti ambientali (deposizioni atmosferiche in campo aperto e sottochioma, la soluzione circolante e il torrente) hanno consentito, a lungo termine, di ottenere una visione integrata del ciclo biogeochimico degli elementi che è indispensabile per avere informazioni riguardo allo stato globale dell'ecosistema. In particolare i risultati ottenuti nel 2011 e 2012 confermano che la maggior parte dell'azoto inorganico disponibile nella soluzione circolante del suolo viene completamente utilizzato e ciò suggerisce che nella porzione di bacino occupato da foreste non vi sia una condizione di azoto saturazione.

Le concentrazioni dei solfati e di azoto nitrico nelle deposizioni atmosferiche presentano trend in diminuzione, statisticamente significativi, rispettivamente del 5.15% e del 1.17% l'anno. Al calo di queste specie acidificanti, è associato un trend in aumento dello 0.85% annuo per i valori di pH nelle precipitazioni. La diminuzione dei flussi di SO₄ e N-NO₃ nelle deposizioni è dovuta alla riduzione delle emissioni in atmosfera di SO_x e NO_x, che si è registrata in Italia come in molte regioni europee. Diversamente accade per le deposizioni atmosferiche e le emissioni di azoto ammoniacale, per le quali non vi sono trend in diminuzione.

Parallelamente agli studi chimici, presso la stazione di Bagni di Masino viene condotto un monitoraggio dello stato di salute della vegetazione. Per quanto riguarda il sito, il trend per il periodo 2002-2011 relativo alla defoliazione della specie *Picea abies* è in diminuzione, indicando un miglioramento dello stato di salute della vegetazione.

L'importanza delle ricerche a lungo termine è anche maggiore per gli ambienti alpini, che essendo caratterizzati da una maggiore sensibilità, si comportano come campanelli d'allarme dei cambiamenti globali. Per questi motivi il mantenimento dei siti di monitoraggio a lungo termine resta fondamentale. In particolare, la stazione di Bagni di Masino (LOM1) è l'unica della Lombardia per il programma CON.ECO.FOR: in una regione caratterizzata da un elevato numero di distretti industriali come quella lombarda, questa riveste un ruolo importante per la valutazione di un eventuale impatto delle emissioni antropiche sulle aree remote.

Le serie storiche permettono di individuare una situazione “di partenza”, senza la quale sarebbe impossibile qualsiasi considerazione e consente di registrare eventi eccezionali spesso cruciali per comprendere determinati fenomeni.

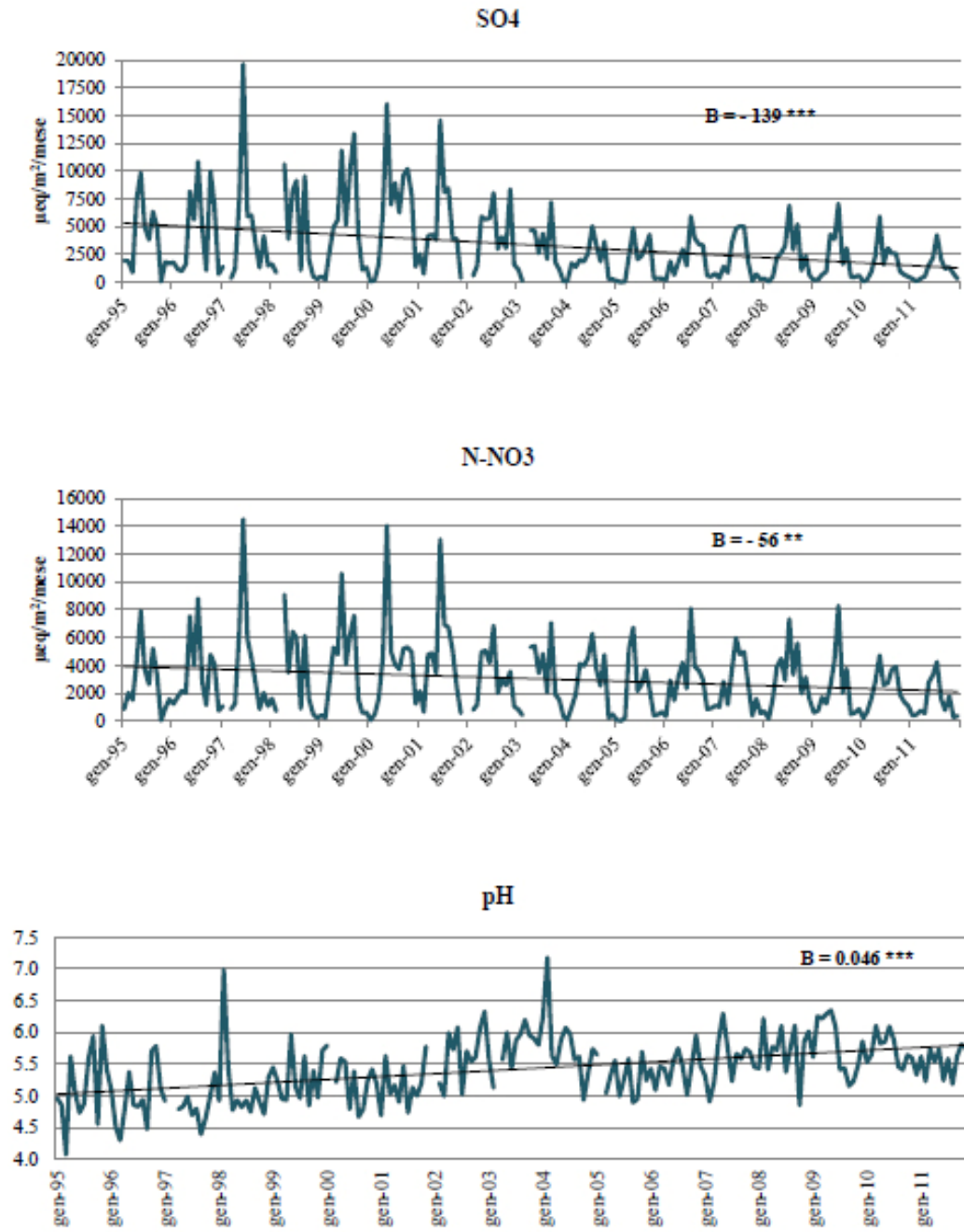


Fig. 2 - Trend dei carichi di deposizione di SO₄, N-NO₃ e del pH in campo aperto, dal 1995 al 2011

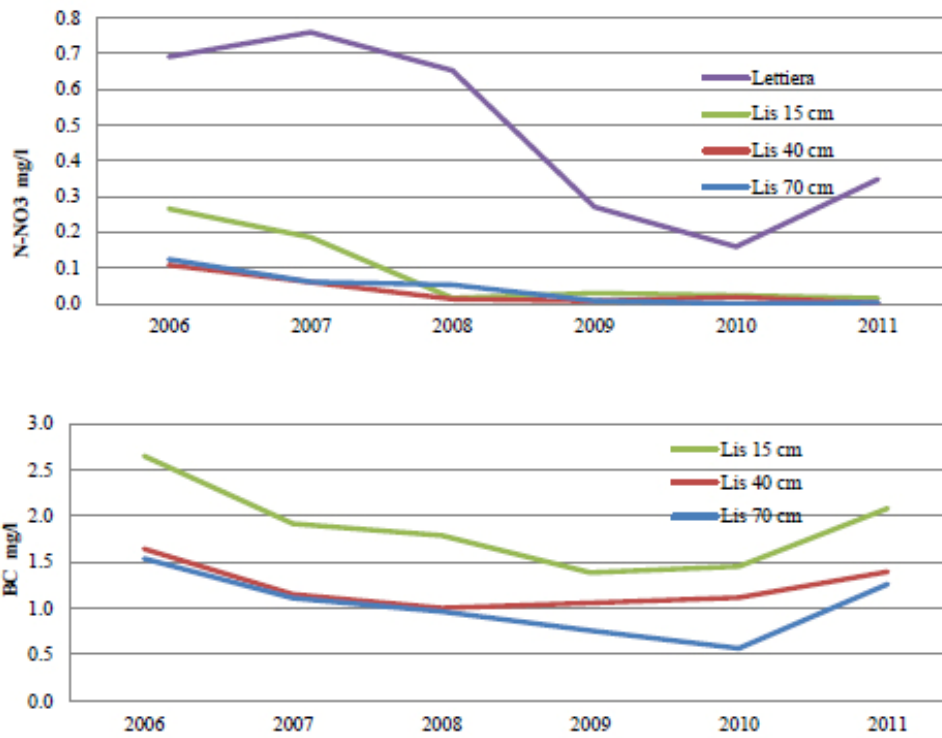


Fig. 3 - Concentrazioni medie annuali (mg/l) dei nitrati e dei cationi basici nella lettiera e nei lisimetri

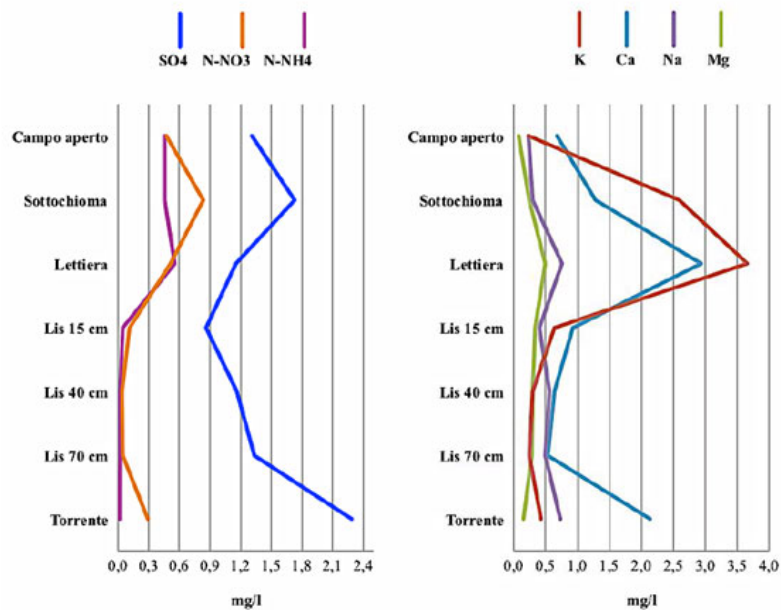


Fig. 4 - Concentrazioni medie di alcune specie chimiche misurate nei diversi comparti ambientali

Divulgazione e formazione

Il sito è interessato da percorsi di formazione scolastica ed educazione ambientale svolti nell'ambito della foresta regionale "Val Masino", nonché dalle iniziative di aggiornamento tecnico per professionisti e funzionari pubblici.

Tali attività sono state previste dal "Contratto di Foresta Val Masino" un accordo territoriale tra i diversi soggetti della valle per valorizzare le risorse locali, ed in particolare i risultati delle ricerche in atto essendo l'area interessata non solo dal sito CONECOFOR, ma anche dalla Riserva Forestale e da un vicino martellodromo.

Prospettive future

La rilevanza scientifica del sito, integrato nella rete L-TER, è certamente confermata dalle previsioni dell'Ente gestore, tuttavia la difficoltà a reperire risorse per garantire la continuità annuale delle indagini, garanzia del successo e della validità di molti processi monitorati, costituisce la prima e principale criticità.

Più nello specifico è certamente necessario prevedere una manutenzione ed aggiornamento della strumentazione anche attrezzando il sito con sensori più moderni e capaci di inviare i dati da remoto in via automatica.

Altresì è necessario valorizzare in modo più frequente i dati oggetto di monitoraggio, anche integrando le indagini con le attività che a scala regionale vengono svolte da ARPA Lombardia, in modo da riconoscere valore pubblico alle attività in essere.

Allo stesso modo i dati dovrebbero essere meglio utilizzati anche per il settore forestale nell'ambito del Rapporto annuale sullo Stato delle Foreste.

Abstract

Secondary *Picea abies* dominated forest with *Abies alba* Mill. ☞ *Vaccinium myrtillus* L. Belonging since 1995 to CONECOFOR Programme included in the ICP Forest European network. This site is located in the Central Alps and it's grouped with FRI2; TRE1; BOL1.

In the site are carried out studies on climate, vegetation, crown conditions, tree phenology, soil and soil solutions, leaves chemistry, forest structure, tree growth, atmospheric depositions, ozone effects, biodiversity.

Autori

Stefano Minerbi¹

Affiliazione

¹ Forest Department of South Tyrol, Bozen, Italy.

Sigla: IT'02-002-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/5d32cbf8-ab7c-4acb-b29f-600fec830a1d>

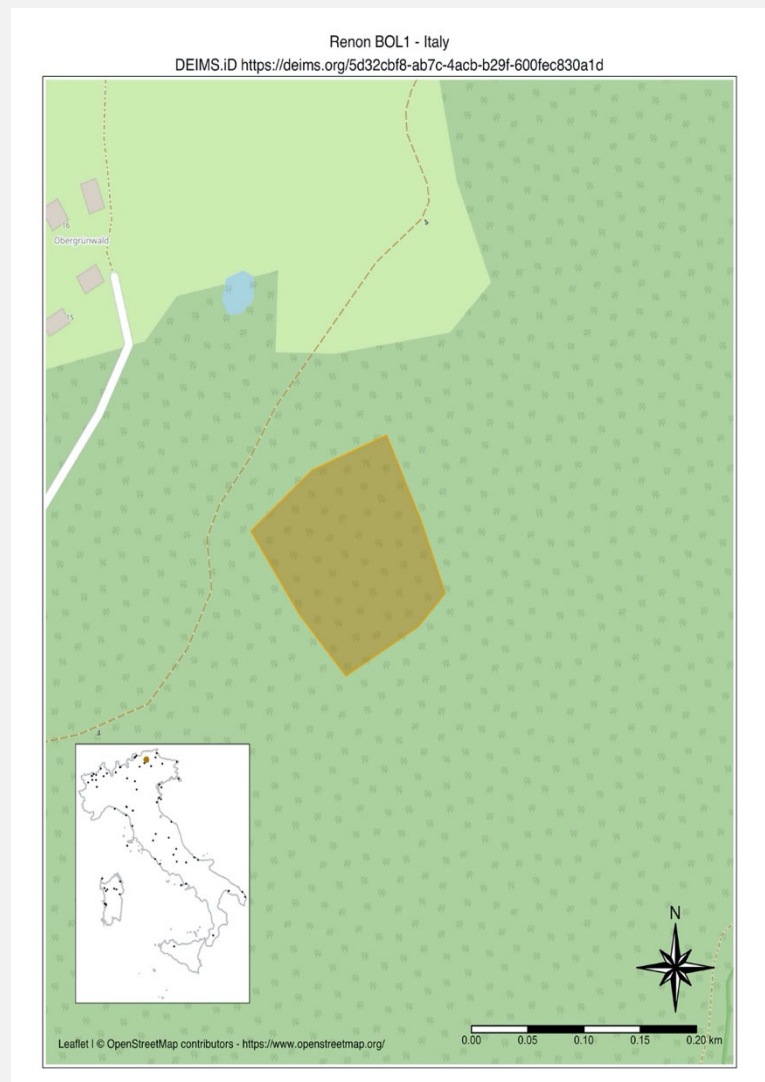
Responsabile sito: Stefano Minerbi.

Area geografica: Renon – Selva Verde (BZ);

lat. 46.5869;

long. 11.4337;

alt. 1735 m s.l.m.



Descrizione del sito e delle sue finalità

Sull'area di saggio permanente di Renon-Selva Verde (1.730 m.s.l.m.) sono stati rilevati nel periodo 1992-2010 nell'ambito dell'“International Cooperative Programme on Integrated Monitoring (ICP-IM)” numerosi parametri fisici, chimici, biometrici con specifico riguardo alla bioindicazione.

In particolare:

Meteorologia, Chimica Precipitazioni, Chimica Aria, Chimica Organi Fogliari, Chimica Suolo, Chimica acqua nel Suolo, Chimica Acqua di Chioma, Stem-Flow, Rilievo Stato delle Chiome, Microbiologia del Suolo ed Enzimatica, Vegetazione, Flora Lichenica, Parametri del Suolo, Dendrocronologia, Macromiceti, Meso – e Macrofauna, Vertebrati, Ectomicorrize e Sistema radicale fine, censimenti faunistici e floristici (biodiversità).

Risultanze e pubblicazioni sono scaricabili dai siti:

- <http://www.provincia.bz.it/agricoltura-foreste/bosco-legno-malghe/difesa-boschiva/pubblicazioni.asp>
- https://data.lter-europe.net/deims/site/lter_eu_it_029

Nel 2010, causa le note restrizioni burocratiche e finanziarie a carico della pubblica amministrazione, l'attività di *long term monitoring* è stata sospesa.

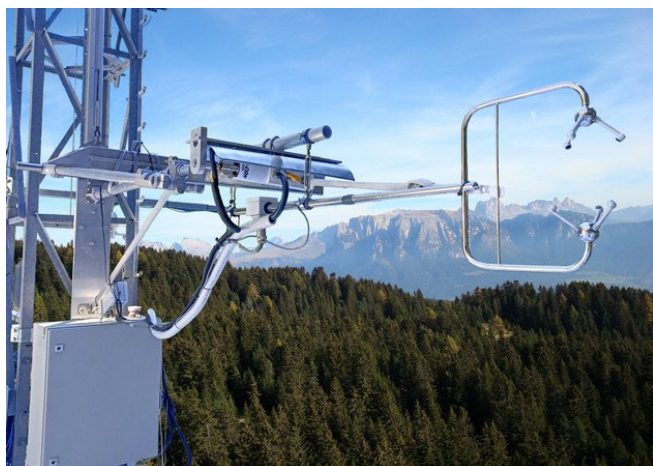


Fig. 5 - Eddy covariance sensors

Attualmente l'attività di ricerca scientifica si limita alla gestione con “personale in proprio” della stazione di misura di CO₂ secondo i protocolli del programma europeo “Integrated Carbon Observation System (ICOS)”.

Più di qualsiasi altro ecosistema terrestre il bosco funge da “serbatoio durevole di carbonio”: con la fotosintesi esso sottrae biossido di carbonio (CO₂) all'atmosfera per accumularlo sottoforma di “biomassa” nel popolamento (legno), ma soprattutto nel suolo.

In virtù di questa antica funzione di contrasto all'incremento del principale gas serra e quindi di mitigazione dei cambiamenti climatici, gli ecosistemi forestali del pianeta assurgono oggi a significativo elemento di interesse scientifico e

strategico per le nazioni dal punto di vista geo-politico ed economico.

A Renon-Selva Verde vengono misurati per questo scopo fin dal 1996 i flussi di biossido di carbonio, vapore acqueo ed energia tra atmosfera ed ecosistema foresta secondo la tecnica della correlazione turbolenta (*eddy covariance* – Fig. 5); in pratica “il respiro del bosco”.

Assieme ad altri 800 siti della rete mondiale, Renon-Selva Verde è partner della rete mondiale FLUXNET (Integrating Worldwide CO₂, Water and Energy Flux Measurements).

I dati di misura afferiscono quindi alle principali banche dati mondiali nell'ambito di programmi di ricerca su clima, effetto serra, impatti ambientali (Helsinki, Max Planck Institute – Jena, Carbon Portal – Lund University Sweden, Università della Tuscia – Viterbo, California-Berkeley, NASA).

Nel 2018 i dati di Renon-Selva Verde sono stati scaricati da centri di ricerca di tutto il mondo ben 481 volte, oltre la metà da università della Repubblica Popolare Cinese ed inoltre utilizzati per numerosi studi sinottici pubblicati su riviste scientifiche internazionali.

La quantità di carbonio fissata durevolmente (STOCK) come biomassa nella pecceta di Renon-Selva Verde ammonta a 250 tC/ha (tonnellate di carbonio per ettaro), di cui 170 tC/ha nel suolo e 80 tC/ha nel soprassuolo.

L'assorbimento medio annuo di carbonio (SINK), è di 3 tC/ha*y, ovvero 11 t CO₂/ha*y (CO₂ sottratto all'atmosfera per ettaro ed anno), pari alle emissioni annue di 7 automobili di media cilindrata.

Mentre la biomassa del soprassuolo soggiace a repentine variazioni in conseguenza di utilizzazioni boschive ovvero di eventi parassitari e climatici, nel suolo essa rimane relativamente costante nel corso dei decenni, sia come sostanza organica morta, sia come ricchezza di pedofauna e flora.

La tutela dei suoli, e del suolo forestale in particolare, in quanto serbatoio di acqua e sostanze nutritive necessarie all'ecosistema foresta, nonché importante serbatoio di CO₂ ai fini della salvaguardia climatica, rappresenta dunque primario per il prossimo futuro: sfida per la selvicoltura, responsabilità per i decisori politici.

Nonostante le fluttuazioni dovute all'andamento stagionale annuo, il 2018 conferma per la pecceta subalpina di Renon il trend in crescita della temperatura media annua (+1,2°C in quasi 30 anni).

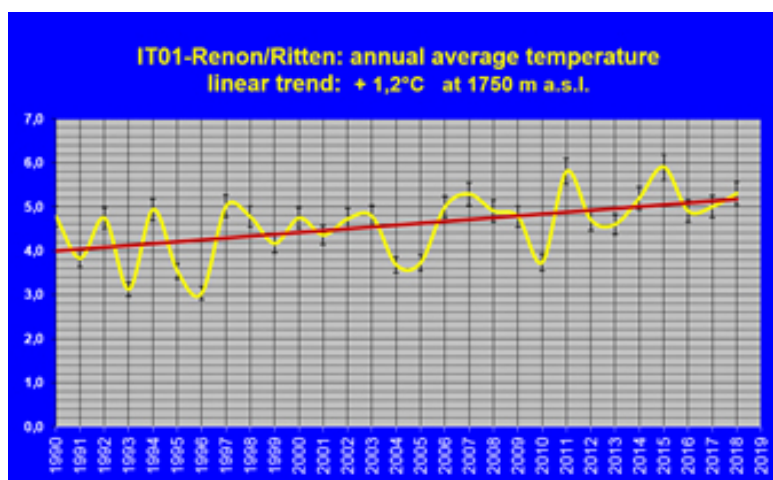


Fig. 6 - Pecceta subalpina di Renon: trend in crescita della temperatura media annua (+1,2°C in quasi 30 anni)

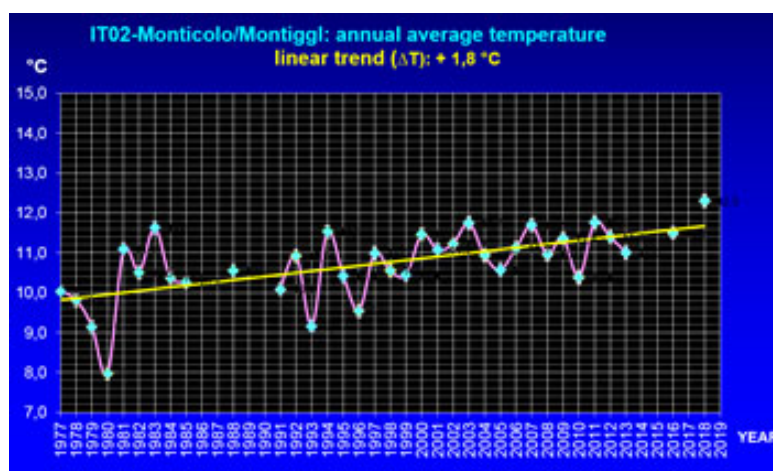


Fig. 7 - Incremento di temperatura confermato con +1,8°C in oltre 40 anni anche dell'analogo sito di monitoraggio integrale nel querceto termofilo ("Quercetum pubescentis") di Monticolo (600 m.s.l.m.) a sud di Bolzano

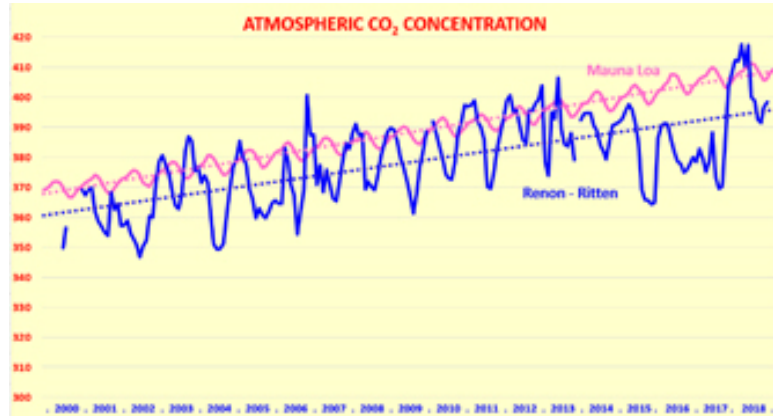


Fig. 8 - Medesimo trend manifesta la concentrazione di CO₂ atmosferica che, come la stazione di riferimento di Mauna Loa alle Hawaii, ha ormai abbondantemente superato il valore soglia di 400 ppm

Ridurre le emissioni di gas serra per contenere l'aumento medio della temperatura mondiale al di sotto di 2°C (1,5°C!?) rispetto ai livelli preindustriali come auspicato dall'accordo di Parigi 2015 sul clima (COP21), appare una “missione impossibile” se consideriamo che le sole emissioni mondiali di CO₂ secondo il Report del Global Carbon Budget 2018 hanno ormai superato i 36 miliardi di tonnellate (36Gt). In media 4,8 tCO₂ per abitante del pianeta: USA 16,2, Cina 7,0, EU28 7,0, India 1,8, tutte assieme responsabili del 60% delle emissioni globali.

È ormai troppo tardi per arrestare i cambiamenti climatici, pure nella improbabile prospettiva di dimezzare le emissioni di gas serra: è comunque già stato superato il “punto di non ritorno”!

Possiamo solo sperare di trovare soluzioni per mitigarne gli effetti.

Risultati

Risultanze e pubblicazioni sono scaricabili dai siti:

- <http://www.provincia.bz.it/agricoltura-foreste/bosco-legno-malghe/difesa-boschiva/pubblicazioni.asp>
- https://data.lter-europe.net/deims/site/lter_eu_it_029

Prospettive future

Per i prossimi anni si prevede oltre alla manutenzione dell'area (recinzione, linee di alimentazione e telefonica, controllo remoto, aggiornamento e manutenzione di strumentazione, hardware e software, etc.) l'attivazione della fibra ottica per migliorare l'accesso e la trasmissione dei dati in upload ai portali di raccolta (vedi ICOS).

Come sito di 2° livello proseguirà il monitoraggio secondo i protocolli ICOS delle seguenti variabili:

- CO₂, H₂O and sensible heat fluxes (eddy covariance)
- CO₂ vertical profile
- LW_in, LW_out, SW_in, SW_out, Net_SW, Net_LW, Canopy temperature
- PAR/PPFD incident
- PAR/PPFD reflected
- Soil Heat flux
- Temperature and Rh profile
- main meteo vars (T_a, Rh, Swin, precipitation)
- Rain precipitation
- Snow height
- Soil Water Content profile
- Soil Temperature profile
- Air Pressure

-
- Groundwater level
 - LAI
 - Above Ground Biomass
 - Soil carbon content
 - Leaf N content
 - C and N import/export by management

Abstract

Picea abies dominated forest, since 1995 included in the ICP Forest European network and in ICP IM network code 01. This site is located in the Central Alps and it's grouped with LOM1; TRE1; FRI2 and Valbona in a cluster of sites called Forest of the Alps. The Renon-Green Wood site is located in the municipality of Renon, at a distance of 12.2 km North-Northeast from the town of Bolzano. Eddy covariance measurements started in the year 1997. The site is placed on a porphyric plateau; the soil is classified as Haplic Podsol following F.A.O. The site vegetation, a subalpine coniferous forest, is of natural origin and is used for wood production. As a result of the traditional harvesting method, which consists of irregular cuttings of 50-80 cubic meters, overall the forest is unevenly aged, but with homogenous groups. The largest group present in the area is growing approximately since the year 1820, after Napoleon wars. The main forest species is spruce (*Picea abies* (L.) Karst., 85% in number) followed by cembran pine (*Pinus cembra* L., 12%) and larch (*Larix decidua* Mill., 3%). In the clearings, covering approximately 15% of the area, the dominant grass species is *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. The canopy is irregular, with maximal height of 29 m. The mean leaf area index (LAI), measured by hemispherical photographs, is 5.1 m² m⁻². The climate is strongly influenced by elevation, with cool summer and moderately cold winter. Annual average temperature 4,6°C, average annual precipitation amount 903 mm. An increase of the annual average temperature by 1,2°C was observed during the period 1990-2018.

Autori

Mauro Confalonieri¹, Cristina Salvadori², Elena Gottardini³, Nicola La Porta³

Affiliazione

¹ Provincia autonoma di Trento – Servizio Foreste e fauna, Trento.

² Fondazione E. Mach – Centro Trasferimento Tecnologico, S. Michele a/Adige (TN).

³ Fondazione E. Mach – Centro Ricerca e Innovazione, S. Michele a/Adige (TN).

Sigla: IT02-003-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/2356671d-683c-436a-a959-f5b3b086ae5b>

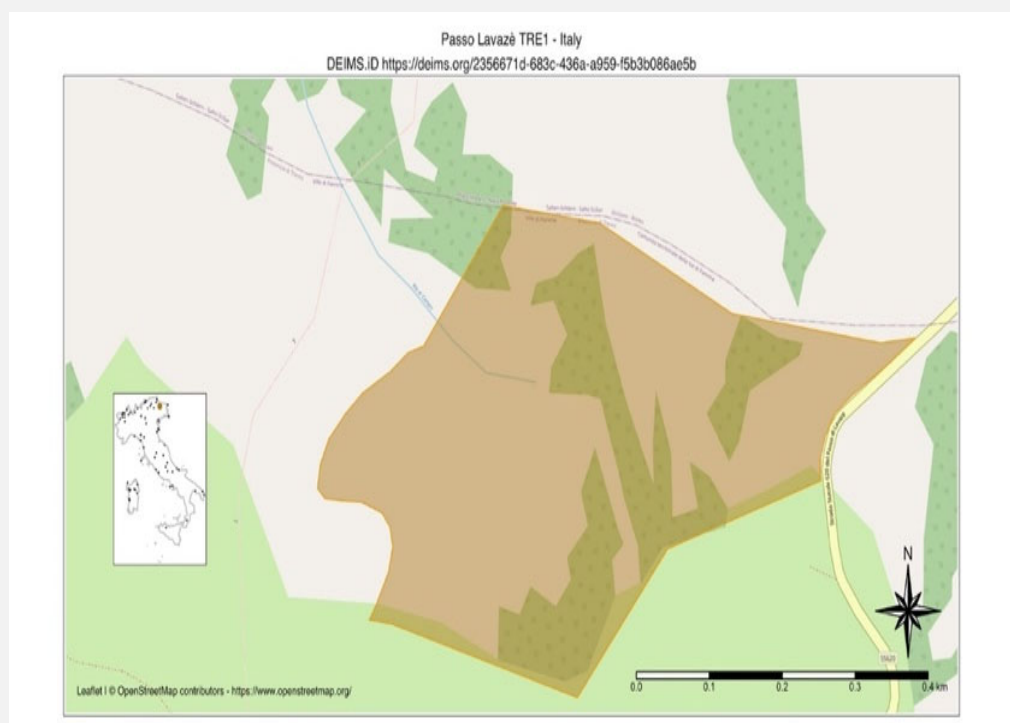
Responsabile sito:

Mauro Confalonieri – Provincia autonoma di Trento – Servizio Foreste e fauna.

Area geografica

Comune amministrativo Varena – Provincia Autonoma di Trento, Proprietà Comune di Daiano. 1780 m s.l.m.

lat., long. UTM WGS84 046° 21' 37,78" N; 011° 29' 38,69" E



Descrizione del sito e delle sue finalità

L'area permanente TRE1 – Passo Lavazè era caratterizzata da una pecceta subalpina particolarmente interessante perché sensibile ai cambiamenti ambientali anche lievi, in quanto vicina ai limiti della vegetazione. Questa foresta ad alto fusto è prevalentemente caratterizzata da *Picea excelsa* L. e poco *Pinus cembra* L. ed è situata nei pressi del Passo Lavazè (circa 1800 m slm).



Fig. 9 - Area Passo Lavazè PRIMA di Vaia

Si tratta di una foresta disetanea di origine naturale, a rinnovazione naturale nei gaps prodotti dai tagli. Il sottobosco è per lo più costituito da *Vaccinium myrtillus* L., *Rhododendron ferrugineum* L., *Fragaria vesca* L., *Pyrola minor* L.. Sono disponibili Piani di Gestione dal 1950.

Istituita nel 1992 nella rete ICP Forests – ICP IM, entrata nella Rete CONECOFOR nel 1995 e poi nella rete LTER, vi si svolgono attività di monitoraggio forestale e ricerca.

La Provincia Autonoma di Trento ne cura alcune ricerche e la gestione. Nell'area vengono

condotte ricerche per comprendere le interazioni tra inquinamento atmosferico, cambiamenti climatici ed ecosistemi forestali. L'area è stata inclusa nel Progetto LIFE+ “FutMon” 2009-2010 e nel Progetto Europeo “EnvEurope” 2010-2013. Le attività e le altre ricerche in corso sono svolte in collaborazione con Fondazione E. Mach di S. Michele all'Adige (TN).

Altre ricerche: ICP Forests (CONECOFOR) – FUTMON – ICP IM: analisi meteorologiche, deposizioni atmosferiche, condizione delle chiome, analisi della vegetazione, fenologia degli alberi, struttura forestale, caratteristiche fisico-chimiche dei suoli (ogni 10 anni) e soluzioni circolanti, contenuto chimico delle foglie (ogni 2 anni), danni da ozono, accrescimenti.



Fig. 10 - DOPO “Vaia” del 29 ottobre 2018

Singole campagne faunistiche su: Aranei, Isopodi, Diplopodi, Chilopodi, Collemboli, Ortoteri, Eteroteri, Omoteri, Ditteri, Lepidotteri, Coleotteri, Micromammiferi, nonché licheni epifiti e legno morto.

Monitoraggio forestale continuo dal 1995 al 2018 con, da ultimo, dati minimi garantiti per clima (*in the plot – open field*), deposizioni atmosferiche, chiome, vegetazione, accrescimenti arborei, fenologia.

Progetto pilota ForestBIOTA, 2005: approfondimento su alcuni gruppi di insetti, licheni epifiti, vegetazione, tipologia forestale, paesaggio. Rilevamenti faunistici, macromiceti.

Progetto Ozono EFFORT, 2007-2011: Effetti dell'Ozono sulle foreste in Trentino.

Progetto LIFE MOTTLES, 2016-2020: Monitoraggio dei danni da Ozono per definire nuovi livelli critici per la protezione delle foreste in uno scenario di cambiamenti climatici.

Progetto LIFE13 SMART4Action, 2014-2018: Monitoraggio sostenibile e reportistica per informare consapevolmente sulla protezione della foresta e dell'ambiente. Monitoraggio delle chiome, accrescimenti, andamento nel tempo delle deposizioni atmosferiche, deposizione azotate.

Risultati

I rilievi sulle condizioni delle chiome sono stati eseguiti secondo i protocolli dell'ICP-IM dall'inclusione del sito nella rete Con.Eco.For. (1995) fino al 2018. Durante il periodo di indagine i valori medi dei parametri defoliazione e discolorazione, riferiti a un campione di trenta alberi, non hanno mai raggiunto livelli considerati dannosi per le piante. Il loro andamento è stato piuttosto costante, mantenendosi sempre sotto la soglia del 10%, a conferma del fatto che il bosco nel sito godeva di buona salute e relativa stabilità. Gli agenti di danno abiotici e biotici interessavano generalmente solo poche piante, senza provocare danni manifesti e apparendo spesso in relazione con l'andamento meteorologico.

Analogamente anche le indagini sugli accrescimenti, eseguite ogni anno fino al 2018 con cadenza quindicinale su un campione di piante all'interno del sito, hanno evidenziato un ritmo di crescita abbastanza stabile negli anni e piuttosto elevato (circa 0,2 cm/anno di accrescimento diametrico), soprattutto se rapportato all'altitudine del sito (1800 m s.l.m.).

La valutazione qualitativa e quantitativa di una serie di parametri chimico-fisici nelle precipitazioni raccolte settimanalmente, ha permesso di valutare i fenomeni di assorbimento e rilascio dei vari elementi tra le precipitazioni e la vegetazione, con raccolta dei campioni a cielo aperto, sotto chioma o lungo i tronchi. Evidenti erano le differenze di caratteristiche chimiche delle acque raccolte tra le varie tipologie di campioni.

Il pH delle precipitazioni a cielo aperto che arrivano al suolo ha un andamento piuttosto costante nel tempo con valori di pH variabili tra 4,3 e 6,6. Anche il contenuto delle due forme principali di azoto inorganico (nitrati – ammoniaca) mostra un andamento simile nel corso dell'anno, con valori maggiori nei periodi primaverili ed estivi (nitrati e ammoniaca circa 28 microEq/l) e valori notevolmente più bassi in inverno (nitrati 13 microEq/l – ammoniaca 8 microEq/l).

Il contenuto di cationi basici delle piogge (calcio e magnesio) mostra grandi oscillazioni annuali, da un minimo di 5 microEq/l a massimi di circa 90 microEq/l per il calcio e 30 per il magnesio.

Nell'ambito del progetto OzonoEFFORT (Gottardini *et al.* 2012), dati di esposizione all'ozono troposferico (AOT40) e di flussi stomatici (POD0) sono stati calcolati sulla base di misure di concentrazione di ozono effettuate nel periodo 1996-2009 con campionatori passivi presso l'area aperta di TRE1. I dati sono stati messi in relazione con stato di salute (defogliazione) ed accrescimento (incremento area basimentrica) delle piante ed altre variabili ambientali del sito di monitoraggio intensivo TRE1. Sebbene i valori di ozono siano risultati superiori ai livelli definiti per la protezione della vegetazione, non è emersa una relazione significativa tra questo inquinante e lo stato di salute ed accrescimento delle piante, che invece sono risultati essere in relazione con altri fattori quali la presenza di agenti di danno, lo stato nutrizionale e fattori stagionali (Ferretti *et al.* 2018).

In rilievi sulla vegetazione arborea ed arbustiva del Lavazè effettuati dal 2008 al 2011 applicando il metodo ICP Forests (https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2016/ICP_Manual_2016_01_part08.pdf), non sono mai stati osservati sintomi fogliari specifici attribuibili all'ozono (Gottardini *et al.* 2018).

Nell'ambito del progetto MACROFUNGI sono state visitate e campionate a cadenza settimanale (esclusi i periodi di copertura nevosa), tre parcelle forestali situate a ca. 100 m di distanza reciproca a Passo Lavazè. Il periodo di campionamento va dal 1993 ininterrottamente fino al presente, per un periodo di 26 anni. Durante questo periodo sono stati raccolti oltre 17.000 campioni fungini appartenenti a 456 specie e 88 generi diversi. Tutti questi campioni, separati per parcella di appartenenza, sono stati 1) identificati morfologicamente; 2) contati come singoli corpi fruttiferi e 3) seccati a 40°C per poter ottenere il dato del peso secco della biomassa. Sono state rilevate significative variazioni annuali in relazione soprattutto ai fattori climatici, ma anche variazioni reciproche tra le specie saprotrofe con quelle micorriziche. Inoltre durante il periodo considerato si è osservata una tendenza all'allungamento stagionale del periodo di produzione fungina, con precoci produzioni primaverili e, soprattutto, tardive produzioni autunnali. Alcune analisi dei dati sono riportati nelle pubblicazioni riportate in bibliografia (La Porta *et al.* 2002, 2003, 2005, 2008).

Prospettive future



Fig. 11 - L'area TRE1 di passo Lavazè devastata dall'uragano "Vaia" del 29 ottobre 2018

L'area TRE1 di passo Lavazè è stata completamente devastata dall'uragano "Vaia" del 29 ottobre 2018: nella sola area principale, degli oltre 100 abeti rossi di diametro medio intorno ai 45-50 cm, sono rimasti in piedi solamente uno o due soggetti.

Tutta la strumentazione esistente (Meteo in the plot, sensori del progetto Mottles, campionatori delle deposizioni, ecc.) è rimasta sepolta sotto un'enorme massa di tronchi e rami e ceppaie, assolutamente inaccessibile, presumibilmente distrutta.

Si tratta ora di valutare se, pur con un significativo bagaglio storico di dati, tale area è idonea per la prosecuzione delle ricerche, necessariamente di tipo diverso, lasciando la situazione ad una estremamente lenta evoluzione naturale. Peraltro, l'ente proprietario ha espressamente richiesto di prelevare il legname schiantato, per lui di valore significativo, e quindi bisognerà valutare, a seguito dell'utilizzazione, se l'area

si rivela ancora idonea alla ricerca e in quale forma, tenendo conto anche della forte valenza turistica sia invernale, sia estiva, dell'area limitrofa.

Abstract

The permanent area TRE1 – Passo Lavazè is characterised by a subalpine spruce wood which is particularly interesting because sensitive to even slight environmental changes, as it is close to the limits of the vegetation. This tall forest is mainly characterized by *Picea excelsa* L. and a little *Pinus cembra* L. and is located near the Lavazè Pass (about 1800 m asl).

It is an uneven-aged forest of natural origin, with natural regeneration in the gaps produced by the cuts. The undergrowth is mostly made up of *Vaccinium myrtillus* L., *Rhododendron ferrugineum* L. *Fragaria vesca* L., *Pyrola minor* L.. Management Plans are available since 1950.

Established in 1992 in the ICP Forests – ICP IM network, which joined the CONECOFOR network in 1995 and then in the LTER network, forest monitoring and research activities are carried out there. The Autonomous Province of Trento is responsible for some research and management. Research is carried out in the area to understand the interactions between atmospheric pollution, climate change and forest ecosystems. The area has been included in the LIFE+ Project “FutMon” 2009-2010 and in the European Project “EnvEurope” 2010-2013. The activities and other ongoing research are carried out in collaboration with Fondazione E. Mach di S. Michele all’Adige (TN).

Autori

Giancarlo Papitto¹, Claudia Cindolo¹

Affiliazioni

¹ Arma dei Carabinieri (CUFA), Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari SM - Ufficio Progetti, Convenzioni, Educazione Ambientale, Via G. Carducci n. 5, 00187 Roma, Italia

Sigla: IT02-004-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/5907d0b6-7b4d-4260-a669-4bc0f61d1696>

Responsabile sito: Ten. Col. Giancarlo Papitto

Area geografica

Rutte (Udine – Friuli Venezia Giulia)

Altitudine: 820 m s.l.m.

Esposizione: 10°NW

Coordinate geografiche: UTM-WGS8446° 29' 22" N; 13° 35' 36" E.

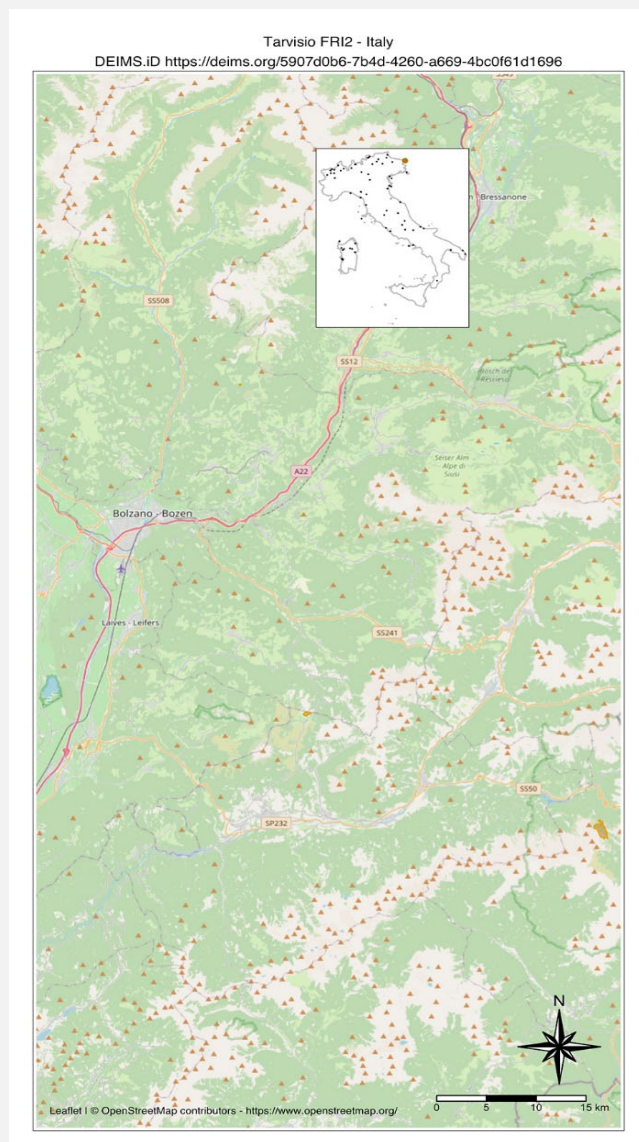
Temperatura media annua: 8°C

Precipitazione media annua: 1500mm

Substrato: rocce metamorfiche

Suolo: *Haplic luvisols*

Associazione vegetale: Pecceta montana



Descrizione del sito e delle sue finalità

Breve cenno storico

Il sito dal 1995 è un'area permanente di monitoraggio forestale della Rete nazionale di Livello II del CONECOFOR ed incluso nella Rete internazionale ICP Forest (<http://icp-forests.net/>). La rete CONECOFOR fino al 2016 è stata coordinata dal Corpo forestale dello Stato e, dal 2017 in applicazione del Decreto Lgs n. 177/2016 è passata sotto la competenza del Comando Unità Forestale, Ambientali ed Agroalimentari dell'Arma dei Carabinieri.



Fig. 12 - Strumentazione in campo presso il sito di Tarvisio. (Foto: Mar. Ord. Gino Gobbo – Raggruppamento Carabinieri Biodiversità – Reparto Biodiversità di Tarvisio)

evidenti nel suo aspetto paesaggistico. La Foresta è ricca di habitat naturali, la sua flora ospita pregevoli endemismi e la presenza di grandi predatori europei. Nei suoi boschi si trova il celebre abete rosso di risonanza, da cui si ricavano importanti strumenti musicali a corda.

Fino al 2013 vi si sono svolte molteplici attività di monitoraggio e ricerca finanziate da fondi nazionali ed europei. L'area è stata inclusa nei progetti LIFE "FutMon" dal 2009-2010 e nel Progetto LIFE "EnvEurope" 2010-2013 e Smart4Action 2013-2018. Purtroppo negli ultimi anni, la mancanza di fondi nazionali e finanziamenti internazionali hanno portato ad una drastica riduzione delle ricerche e ad una impossibilità di manutenzione della strumentazione attiva all'interno.

Il sito LTER FRI2 è stato interessato già nell'anno 2013 da un primo attacco di Bostrico tipografo (*Ips typographus*) in seguito al quale sono state eliminate alcune piante che erano in contatto con un focolaio ubicato esternamente all'area. Purtroppo il parassita ha continuato ad espandersi in tutto il versante, a causa anche delle alte temperature e dei fenomeni estremi distruttivi causati dai cambiamenti climatici. Nel giugno 2019 è stato effettuato un taglio sanitario che ha portato alla rimozione di tutto il soprassuolo arboreo. Attualmente nell'area si sta insediando una cospicua rinnovazione di Faggio (*Fagus sylvatica*) e Abete bianco (*Abies alba*) (fonte Mar. ord. Gino Gobbo – Reparto Biodiversità di Tarvisio).

Serie storica delle osservazioni (banca dati ICP Forest dal 1995)

I dati raccolti dal 1995 venivano inviati con format standardizzato a livello europeo e validati, quindi immagazzinati nella banca dati europea di ICP Forest e, a validazione avvenuta, restituiti al National Focal Centre nazionale (ex CFS ora CUFAA Carabinieri).

Tipologia di dati raccolti (biotici, abiotici, fisici)

Nella tabella, le ricerche svolte nell'area e gli anni di riferimento delle serie storiche di dati.

ATTIVITÀ	Chiome	Accrescimenti Arborei
ENTE-REFERENTE	CUFAA	CREA
RICERCHE	ATTIVA (dati 1996 – 2018)	ATTIVA (dati 1996 – 2014)
FREQUENZA CAMPIONAMENTO	annuale	ogni 5 anni

Per le metodologie di rilevamento, vengono applicati i protocolli di monitoraggio ICP Forests utilizzati per il monitoraggio forestale nelle aree CONECOFOR di II Livello.

Negli ultimi anni, nell'area FRI2, a causa della mancanza di fondi, molte delle ricerche sono state interrotte. Permangono le attività di valutazione dello stato delle chiome e degli accrescimenti arborei che forniscono informazioni su eventuali alterazioni della qualità dell'ambiente e sulle condizioni di crescita di quest'ultimo.

Tra gli Enti coinvolti nelle attività di ricerca del sito vanno ricordati: Arma dei Carabinieri (CUFAA), CNR; CREA; Università di Camerino; Università di Firenze; Terradata environmetrics.

Risultati

Nel monitoraggio forestale nelle aree CONECOFOR di II Livello vengono applicati i protocolli di monitoraggio ICP Forests che forniscono una valida base di dati per ulteriori e più approfondite analisi integrate dei dati raccolti.

Grazie al Progetto LIFE Smart4action (www.carabinieri.it/arma/oggi/organizzazione/organizzazione-per-la-tutela-forestale-ambientale-e-agroalimentare/progetti-life) è stato possibile realizzare un Web GIS delle aree CONECOFOR di Livello I e II con la possibilità di scaricare i grafici e le serie storiche per ciascun punto o area <http://smart4action.ise.cnr.it/smart4action/>. Di seguito alcuni esempi di serie temporali per alcuni dei parametri rilevati nel sito FRI2.

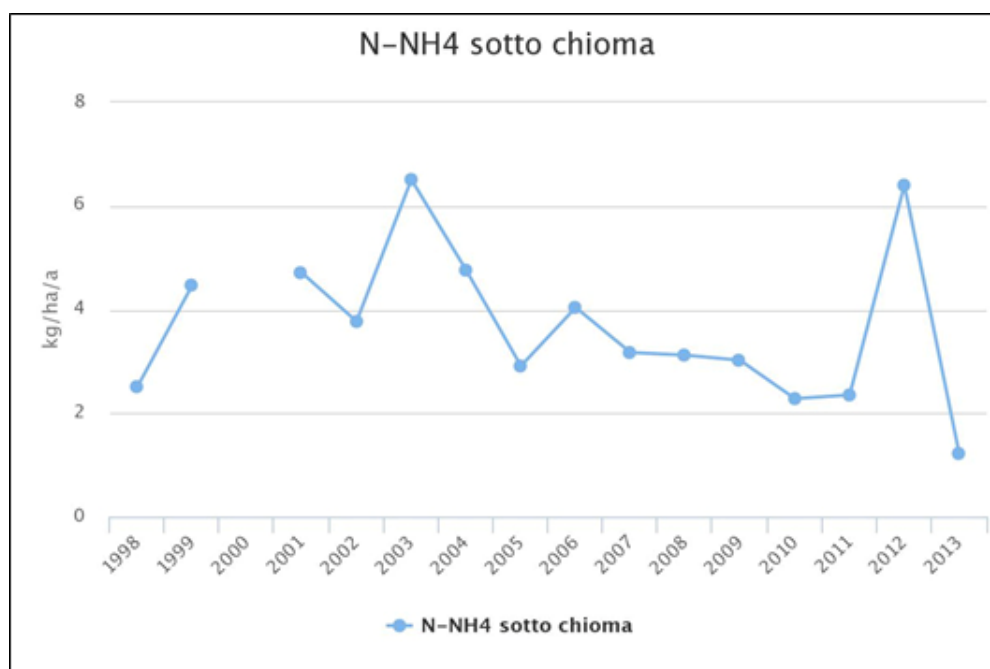


Fig. 13 - Andamento dello ione ammonio. Questo si forma dall'ammoniaca emessa dalle attività agricole e zootecniche. Può stimolare la crescita degli alberi, anche in modo eccessivo.
(Fonte A. Marchetto CNR, Pallanza)

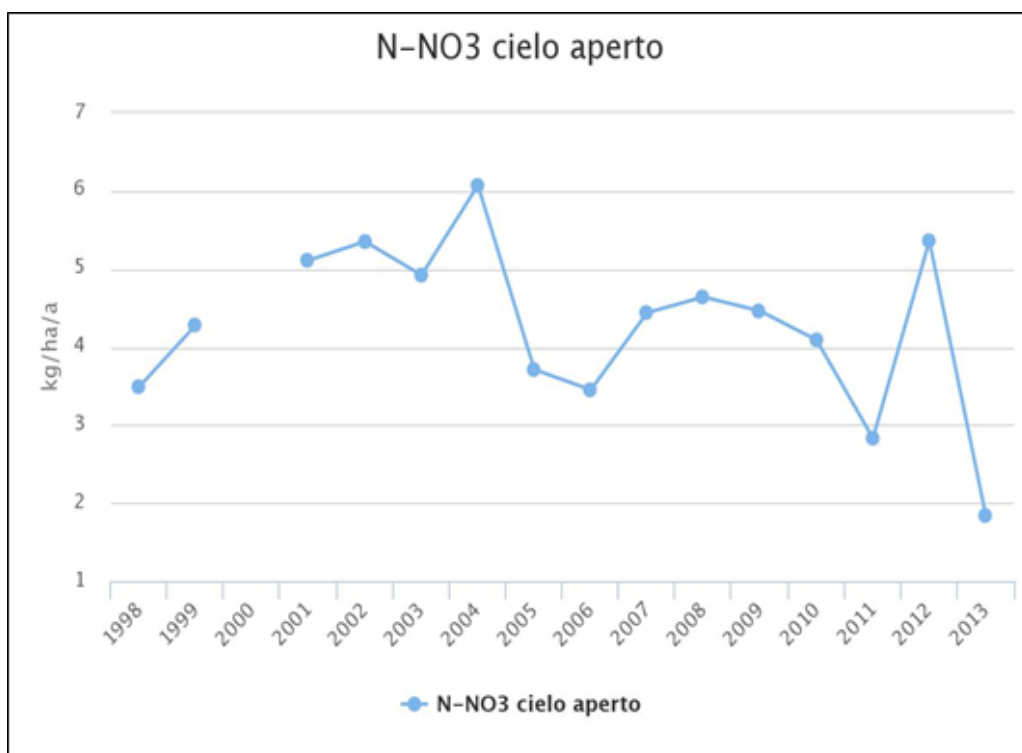


Fig. 14 - Andamento dello ione nitrato. Esso deriva dall'acido nitrico che si forma a partire dagli ossidi di azoto emessi durante le combustioni, urbane e industriali e dal traffico veicolare. Può causare acidificazione del suolo, e può stimolare la crescita degli alberi, anche in modo eccessivo. (Fonte A. Marchetto CNR, Pallanza)

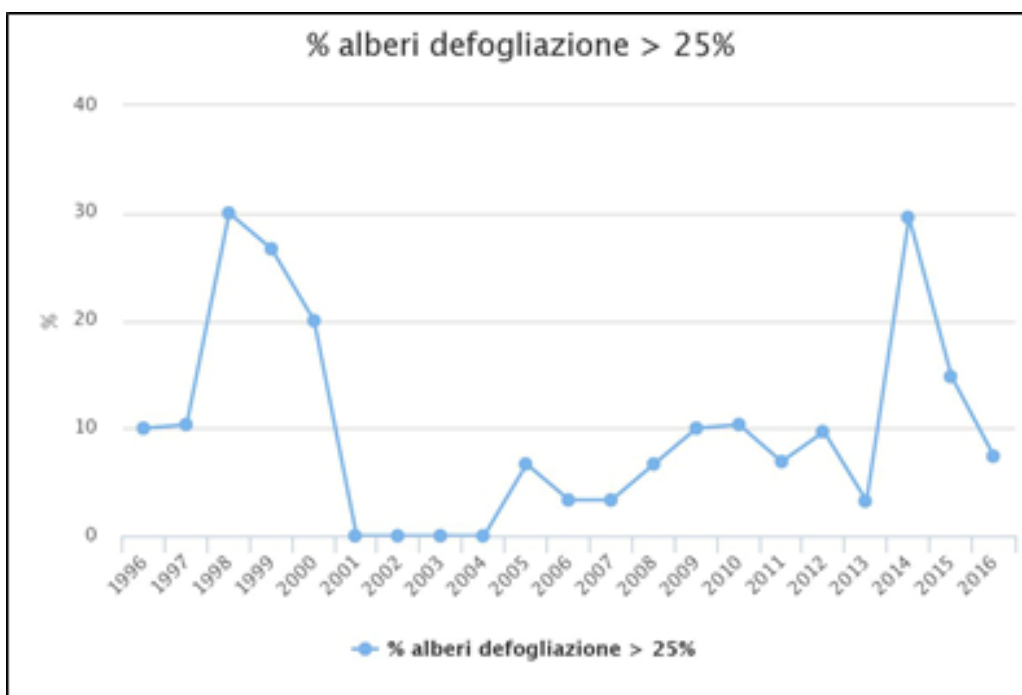


Fig. 15 - Andamento della percentuale di alberi con defogliazione superiore al 25%

Prospettive future

Il sito IT02-004-T Tarvisio (FRI2) sarà oggetto di azioni necessarie al ripristino della piena attività scientifica e di monitoraggio che vedrà anche l'organizzazione di eventi di divulgazione e coinvolgimento della cittadinanza. È in valutazione un nuovo progetto per l'ampliamento ed il miglioramento della rete NEC Italia per la valutazione degli impatti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi terrestri e acquatici in attuazione della Direttiva comunitaria National Emission Ceiling "NEC". In tale ottica si auspica di integrare e riattivare alcune delle ricerche attualmente sospese.

Abstract

The site since 1995 is a permanent forest monitoring area of the national Level II Network of CONECOFOR and included in the international ICP Forest Network (<http://icp-forests.net/>). The CONECOFOR network up to 2016 was coordinated by the State Forestry Corps and, from 2017 in application of Legislative Decree n. 177/2016 came under the jurisdiction of the Forestry, Environmental and Agri-food Unit Command of the Carabinieri Corps.

The monitoring plot consists of a fenced square area of 50X50m plus a control parcel, both selected in a larger area with homogeneity characteristics.

The area consists of a mountain spruce (*Picea excelsa*) with a tall stalk placed in the Tarvisio State Forest. The area currently managed by the Carabinieri Biodiversity Department of Tarvisio is located at the extreme eastern end of Italy, on the border with Austria and Slovenia. The splendid Tarvisio Forest has been the scene of historical and managerial events from far away, and more recent eras, which have left evident traces in its landscape aspect. The Forest is rich in natural habitats, its flora is home to valuable endemisms and the presence of large European predators. In its woods is the famous resonance spruce, from which important stringed musical instruments are obtained.

Until 2013, multiple monitoring and research activities were carried out, funded by national and European funds. The area was included in the LIFE "FutMon" projects from 2009-2010 and in the LIFE Project "EnvEurope" 2010-2013 and Smart4action 2013-2018. Since the last years, the lack of national funds and international funding have led to a drastic reduction in research and to the impossibility of maintenance of the active equipment inside.

Historical series of observations (ICP Forest database since 1995)

The data collected since 1995 were sent with standardized format at European level and then validated stored in the European database of ICP Forest and, once validated, returned to the national National Focal Center (formerly CFS now CUFAA Carabinieri).



Fig. 16 - Sottobosco del sito di Tarvisio. (Foto: Mar. Ord. Gino Gobbo – Raggruppamento Carabinieri Biodiversità – Reparto Biodiversità di Tarvisio)

Autori

Renzo Motta¹, Fabio Meloni¹

Affiliazione

¹Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, e Alimentari (DISAFA) Università degli Stuti di Torino, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco, To.

Sigla: IT02-005-T

DEIMS.ID: <https://deims.org/2b587e26-4550-4841-a032-ab3c93ced8a0>

Responsabile sito: Renzo Motta

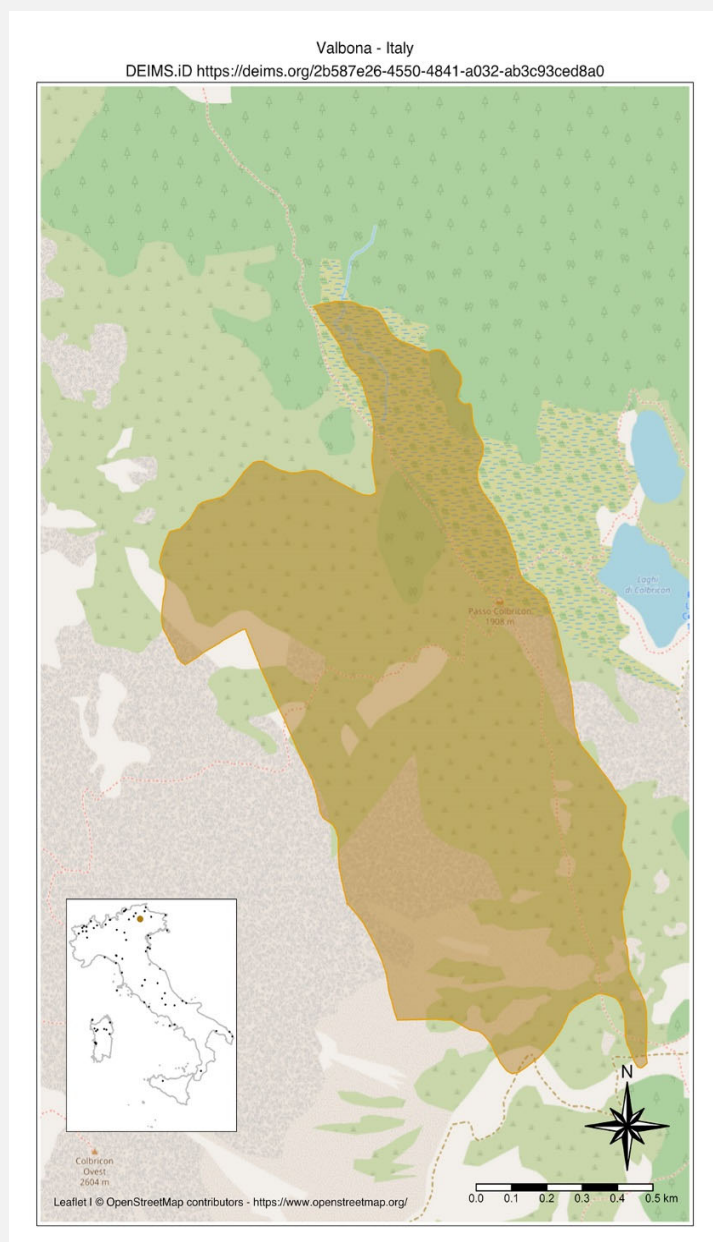
Area geografica

Lat. 46.2949

Lon. 11.7588

Comuni amministrativi: Siror e Predazzo (TN)

Proprietà: Prov. Aut. di Trento



Descrizione del sito e delle sue finalità

Tutta la riserva è inserita nel territorio del Parco naturale provinciale di Paneveggio Pale di S. Martino. Quota 1560-1880 m s.l.m. Precipitazione media annua: 1204 mm T. media annua: 4,5°C Tipo di suolo: Podzol.

Tipologia forestale pecceta subalpina alle quote inferiori, larici-cembreto e mugheta alle quote più elevate. Area della Riserva: 123 ha

Breve cenno storico

La Riserva della Valbona si trova nella Foresta Demaniale di Paneveggio. La foresta appartiene alla Provincia Autonoma di Trento ed è localizzata all'interno del Parco Naturale di Paneveggio-Pale di S. Martino. La foresta Demaniale di Paneveggio ha una superficie di 3491 ha ed è estesa tra 1400 m s.l.m. e 2700 m s.l.m. nel bacino del torrente Travignolo in Val di Fiemme. Le precipitazioni annuali variano tra 1207 mm a Paneveggio (1508 m s.l.m.), e 1316 mm a Passo Rolle (2002 m s.l.m.) e la temperatura media annua a Passo Rolle è di 2.4°C.

L'ecologia e la selvicoltura dell'abete rosso sono state studiate a Paneveggio già a partire dalla metà del 19° secolo. Più recentemente le ricerche sono state riprese negli anni '50 con una descrizione della



Fig. 17 - Foresta Demaniale di Paneveggio con sullo sfondo il gruppo delle pale di S. Martino

pedologia della foresta effettuata da Mancini (1959) e poi, a partire dal 1960, con una serie di indagini sullo stato della rinnovazione, sulla produzione di seme, sulle condizioni microambientali e con esperimenti rivolti a chiarire il ruolo del substrato e della radiazione solare sulla nascita e la crescita dei semenzali da parte di Piussi. Quest'ultimo gruppo di indagini è proseguito senza interruzioni fino al giorno d'oggi. Per la Foresta di Paneveggio è inoltre disponibile una delle più lunghe serie di Piani di Assestamento forestale per

le Alpi italiane: il primo piano di Assestamento forestale è stato infatti redatto nel 1847 (anche se il primo attualmente disponibile è del 1874) ma documenti relativi alle modalità di gestione forestale praticate a Paneveggio sono già disponibili per l'inizio del 19° secolo.

Serie storica delle osservazioni

Proprio al fine di valorizzare la lunga tradizione della ricerca, in occasione della revisione del Piano d'Assestamento della Foresta di Paneveggio avvenuta nel 1990 è stata istituita una Riserva Forestale nella valle del torrente Valbona (Dellagiacoma *et al.* 1996). La riserva ha una superficie di 123 ha ed è estesa tra i 1560 m s.l.m. ed i 1880 m s.l.m. Di questa Riserva circa il 65% (73,7 ha) è stato destinato a Riserva Integrale, con l'esclusione di qualsiasi intervento selvicolturale ed il monitoraggio dell'evoluzione naturale dei popolamenti forestali, mentre la restante parte è stata destinata a Riserva speciale per la ricerca ecologico-selvicolturale. All'interno della Riserva Integrale, ed in parte al suo esterno, sono state definite

6 aree di monitoraggio per lo studio delle dinamiche forestali passate, dell'influenza antropica sulle attuali strutture e di monitoraggio intensivo della dinamica forestale. All'interno della Riserva la vegetazione forestale è costituita da peccete pure (*Picea abies* (L.) Karst.) con sporadica presenza di altre specie fino a circa 1900 m s.l.m. descritte come *Homogyno-Piceetum subalpinum myrtilletosum*. Al di sopra dei 1900 m l'abete rosso è più frequentemente accompagnato da larice (*Larix decidua* Mill.) e pino cembro (*Pinus cembra* L.) fino a formare popolamenti misti ascrivibili all'associazione *Calamagrostio villosae-Pinetum cembrae piceetosum*. In questi settori altitudinali sono presenti anche alcuni popolamenti di pino mugo (*Pinus mugo* Turra) in purezza o con sporadica presenza di larice.

Tipologia di dati raccolti (biotici, abiotici, fisici)

La produzione quantitativa di seme di abete rosso viene monitorata annualmente con trappole disposte in 32 siti in tre settori altitudinali all'interno della Foresta. Il monitoraggio della produzione di seme (quantità, qualità e grado di germinazione) è iniziato nel 1962 e rappresenta la più lunga serie di dati quantitativi attualmente disponibile al mondo. L'impatto degli ungulati selvatici sulla rinnovazione forestale (1995-2005) è monitorato nell'intero Parco Naturale Paneveggio-Pale di S. Martino mediante 225 punti di campionamento permanenti. Il Parco effettua ricerche e censimenti faunistici sulle specie ungulate e ricerche sui tetraonidi (ed in particolare sul gallo cedrone). Nella Riserva sono presenti 7 aree di monitoraggio intensivo (ciascuna di circa 1 ha di superficie) gli alberi con diametro maggiore di 7.5 cm a 130 cm di altezza sono mappati (oltre 3000 individui) e sono realizzati inventari periodici (1994; 2004, 2015). Sono effettuate misure di incremento, natalità, mortalità, variazioni strutturali (altezza, proiezione delle chiome), legno morto (tipo, quantità e grado di decomposizione), rinnovazione (numero di individui, vitalità, presenza di danni).

Il sito è di proprietà della Provincia Autonoma di Trento ed è gestito dall'Agenzia per le foreste demaniali (<http://www.forestedemaniali.provincia.tn.it>). Attualmente le attività di ricerca su seme di abete rosso ed aree permanenti sono coordinate dal Dipartimento DISAFA dell'Università degli studi di Torino. Gli studi sull'impatto degli ungulati selvatici sulla rinnovazione forestale e sull'habitat del gallo cedrone sono svolti sempre Dipartimento DISAFA dell'Università degli studi di Torino per conto del Parco naturale di Paneveggio-Pale di S. Martino (<https://www.parcopan.org>). Le principali collaborazioni di ricerca attualmente in atto sono le seguenti: Università di Milano (seme, clima, modellizzazione), Università di Pavia (dendrocronologia), Università di Liverpool (seme, dendrocronologia)

Risultati

Le ricerche effettuate nella Riserva hanno permesso di raccogliere importanti dati su dinamica forestale delle peccete e dei larici cembreti, rinaturalizzazione delle foreste sottratte alla gestione ordinaria, ecologia dell'abete rosso, ruolo dei disturbi naturali, impatto degli ungulati sulla rinnovazione forestale, competizione all'interno di popolamenti monospecifici, indicatori di naturalità (licheni).

Divulgazione

Nella foresta di Paneveggio vengono svolte annualmente diverse attività di divulgazione sia da parte della Agenzia delle foreste demaniali e sia da parte del Parco naturale di Paneveggio - Pale di San Martino (<https://www.parcopan.org/le-attivita/didattica-ed-educazione-ambientale/proposte-didattiche-e-di-soggiorno-per-le-scuole/>; <https://www.parcopan.org/vivere-il-parco/eventi-ed-iniziativa/>). La foresta è stata attraversata nel 2016 dal cammino LTER: Il racconto del viaggio del legno dalle foreste alla laguna (<http://www.lteritalia.it/cammini2016/terramare3>).

Prospettive future

Negli ultimi 5 anni l'area è stata interessata da diversi disturbi naturali di cui il più intenso è stata la tempesta Vaia nell'autunno 2018. Già a partire dal 2015 alcune linee di monitoraggio di lungo periodo (produzione strobili) sono state abbandonate perché gli alberi oggetto di studio sono stati schiantati dal vento. La tempesta Vaia ha avuto un impatto rilevante su tutta la superficie del Parco: nel 2019 è previsto il monitoraggio dei danni provocati dagli ungulati selvatici ma sarà necessario verificare le condizioni e l'accessibilità delle 223 aree di controllo. La tempesta Vaia ha avuto un impatto rilevante anche nella foresta di Paneveggio (Fig. 3 e Fig. 4) provocando decine di ettari di schianti da vento.

Anche in questo caso non tutte le aree di studio sono state al momento controllate (siti di raccolta seme ed aree permanenti). La tempesta ha avuto un impatto limitato all'interno della Riserva forestale dove si



Fig. 19 - Aree interessate da schianti da vento della tempesta Vaia nella foresta di Paneveggio

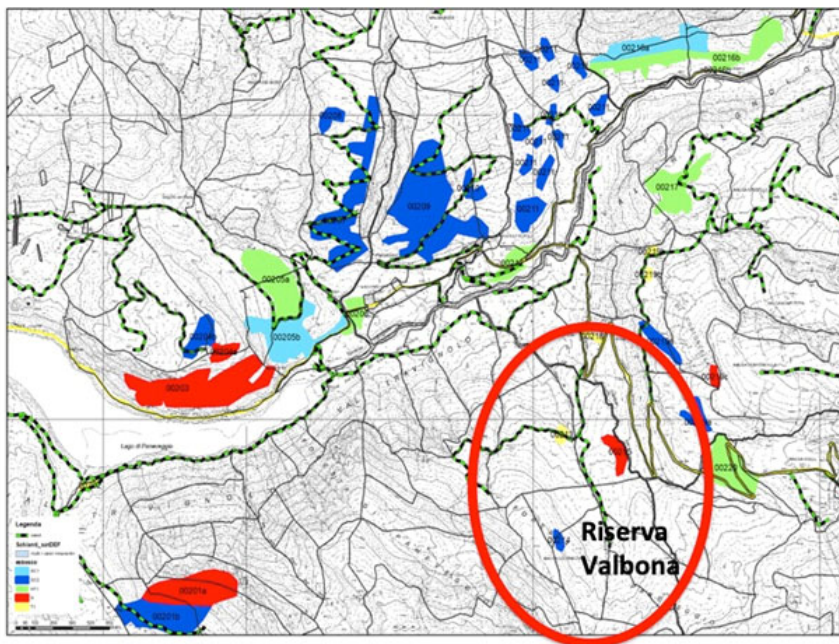


Fig. 18 - Aree interessate dagli schianti da vento nella foresta di Paneveggio: La zona della Riserva è interessata marginalmente da schianti estesi su tutto il popolamento forestale ma presenta molti schianti diffusi il cui impatto all'interno delle aree di monitoraggio permanente non è ancora stato quantificato, (mappa fornita dall'Agenzia delle Foreste demaniali della PAT)

sono osservati degli schianti sporadici all'interno dei popolamenti forestali. Nell'estate 2019 occorrerà verificare la situazione all'interno di tutte le aree permanenti. Con l'occasione di Vaia si prevede però di insediare una nuova area di studio sulle dinamiche naturali di decomposizione del legno morto, insediamento della rinnovazione nelle aree schiantate. È in corso una verifica complessiva della situazione con l'Agenzia delle foreste demaniali della PAT e con il Parco di Paneveggio-Pale di S. Martino.

Abstract

The Valbona forest reserve joined the LTER Italian network in 2006. In 1962 the field monitoring of Norway spruce seed production was established. In 1994 began the inventory of ungulate damages on forest regeneration and the establishment of permanent plots in the forests inside and near the Forest Reserve. Up today six long-term 1 ha ecological permanent plots have been established. The first step of the research was carried out using biological (tree rings) and historical archives and using GIS and remote sensing. The simultaneous analysis of multiple lines of evidence permitted speculation about the origin of stands and allowed us to identify the major disturbances undergone by each stand. The results supported the recognition of the importance of land-use history and its legacies: the presence of human activity necessitates intensive investigations of the multiple lines of evidence provided by written records and biological archives. The results confirmed also that long-term ecological research is particularly valuable for understanding dynamics over long time periods and placing these dynamics in a regional context. Besides these plots are a valuable support for research towards effective sustainable management of mountain forests and natural resources.

Sitografia

<http://icp-forests.net/>

<http://smart4action.ise.cnr.it/smart4action/>

<http://www.carabinieri.it/arma/oggi/organizzazione/organizzazione-per-la-tutela-forestale-ambientale-e-agroalimentare/progetti-life>

[http://www.carabinieri.it/arma/oggi/organizzazione/organizzazione-per-la-tutela-forestale-ambientale-e-agroalimentare/utcb-e-le-130-riserve-naturali/utcb-di-tarvisio/foresta-di-tarvisio-\(cucco-e-rio-bianco\)](http://www.carabinieri.it/arma/oggi/organizzazione/organizzazione-per-la-tutela-forestale-ambientale-e-agroalimentare/utcb-e-le-130-riserve-naturali/utcb-di-tarvisio/foresta-di-tarvisio-(cucco-e-rio-bianco))

<http://www.lteritalia.it/>

<http://www.ersaf.lombardia.it/>

Prodotti del macrosito. Ultimi 10 anni

Riviste ISI

- Ascoli D., Maringer J., Hackett-Pain A., Conedera M., Drobyshch I., Motta R., Cirolli M., Kantorowicz W., Zang C., Schueler S., Croisé L., Piussi P., Berretti R., Palaghianu C., Westergren M., Lageard J.G.A., Burkart A., Gehrig Bichsel R., Thomas P.A., Beudert B., Övergaard R., Vacchiano G. (2017). Two centuries of masting data for European beech and Norway spruce across the European continent. *Ecology*, n/a-n/a.
- Aubinet M., Feigenwinter Ch., Bernhofer Ch., Canepa E., Lindroth A., Montagnani L., Rebmann C., Sedlak P. and Van Gorsel E. (2010). Direct advection measurements do not help to solve the nighttime CO₂ closure problem: Evidence from three different forests. *Agricultural and Forest Meteorology*. DOI: 10.1016/j.agrformet.2010.01.016.
- Bagnara M., Sottocornola M., Cescatti A., Minerbi S., Montagnani L., Gianelle D., Magnani F. (2014). Bayesian optimization of a light use efficiency model for the estimation of daily gross primary productivity in a range of Italian forest ecosystems – Online publication complete: 8-OCT-2014, DOI: information: 10.1016/j.ecolmodel.2014.09.021.
- Balestrini R., Delconte C.A., Buffagni A., Fumagalli A., Freppaz M., Buzzetti I., Calvo E. (2019). Dynamic of nitrose and dissolved organic carbon in an alpine forested catchment: atmospheric deposition and soil solution trends. In: Mazzocchi M.G., Capotondi L., Freppaz M., Luglié A., Campanaro A. (eds) Italian Long-Term Ecological research for understanding ecosystem diversity and functioning. Case studies from aquatic, terrestrial and transitional domains. *Nature Conservation* 34, 2019. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.34.30738>.
- Balestrini R., Arese C., Freppaz M., Buffagni A. (2013). Catchment features controlling nitrogen dynamics in running waters above the tree line (central Italian Alps) *Hydrology and Earth System Sciences*, Volume 17, Issue 3, pp. 989-1001.
- Balzarolo M., Anderson K., Nichol C., Rossini M., Vescovo L., Arriga N., Wohlfahrt G., Calvet J.-C., Carrara A., Cerasoli S., Cogliati S., Daumard F., Eklundh L., Elbers J.A., Evrendilek F., Handcock R.N., Kaduk J., Klumpp K., Longdoz B., ..., Martín M.P. (2011). Ground-Based Optical Measurements at European Flux Sites: A Review of Methods, Instruments and Current Controversies. *Sensors*, 11(8), 7954-7981. <https://doi.org/10.3390/s11087954>.
- Bascietto M., De Cinti B., Matteucci G., Cescatti A. (2012). Biometric assessment of aboveground carbon pools and fluxes in three European forests by Randomized Branch Sampling. *Forest Ecology and Management* 267, 172-181.

- Bebi P., Seidl R., Motta R., Fuhr M., Firm D., Krumm F., Conedera M., Ginzler C., Wohlgemuth T., Kulakowski D. (2017). Changes of forest cover and disturbance regimes in the mountain forests of the Alps. *Forest Ecology and Management* 388, 43-56.
- Carvalho N., Forkel M., Khomik M., Bellarby J., Jung M., Migliavacca M., Mu M., Saatchi S., Santoro M., Thurner M., Weber U., Ahrens B., Beer C., Cescatti A., Randerson J.T. & Reichstein M. (2014). Global covariation of carbon turnover times with climate in terrestrial ecosystems. *Nature*, 514(7521), 213-217. <https://doi.org/10.1038/nature13731>.
- Cescatti A., Marcolla B., Vannan S.K.S., Pan J.Y., Román M.O., Yang X., ... & Schaaf C. B. (2012). Intercomparison of MODIS albedo retrievals and in situ measurements across the global FLUXNET network. *Remote Sensing of Environment* 121, 323-334.
- Chevallier F., Wang T., Ciais Ph., Maignan F., Bocquet M., Arain A., Cescatti A., Chen J., Dolman A., Law B., Margolis H., Montagnani L., Moors E. (2012). What eddy-covariance measurements tell us about prior land flux errors in CO₂-flux inversion schemes – Global Biogeochem. Cycles, 26, GB1021, DOI: 10.1029/2010GB003974.
- Collalti A., Perugini L., Santini M., Chiti T., Nole A., Matteucci G., Riccardo Valentini (2016). Validation of 3D-CMCC Forest Ecosystem Model (v.5.1) against eddy covariance data for 10 European forest sites – Geosci. Model Dev., 9, 1-26. DOI: 10.5194/gmd-9-1-2016.
- Cristofori A., Bacaro G., Confalonieri M., Cristofolini F., Frati L., Geri F., Gottardini E. *et al.* (2014). Estimating ozone risks Using forest monitoring Networks – results for Science, policy and society. *Annals of Forest Science (AFSC)*. INRA F 2014. ISSN 1286-4560.
- De Vos B., Cools N., Ilvesniemi H., Vesterdal L., Vanguelova E., Carnicelli S. (2015). Benchmark values for forest soil carbon stocks in Europe: Results from a large scale forest soil survey, *Geoderma*, 251-252, 33-46.
- Desai A.R., Wohlfahrt G., Zeeman M.J., Katata G., Eugster W., Montagnani L., Gianelle D., Mauder M., Schmid H.P. (2016). Montane ecosystem productivity responds more to global circulation patterns than climatic trends – *Environ. Res. Lett.* 11 024013, DOI: 10.1088/1748-9326/11/2/024013.
- Melaas E.K., Richardson A.D., Friedl M.A., Dragoni D., Gough C.M., Herbst M., Montagnani L., Moors E. (2013). Using FLUXNET data to improve models of springtime vegetation activity onset in forest ecosystems – *Agricultural and Forest Meteorology* 171-172 46-56.
- Feigenwinter C., Montagnani L. and Aubinet M. (2010). Plot-scale vertical and horizontal transport of CO₂ modified by a persistent slope wind system in and above an alpine forest. *Agricultural and Forest Meteorology*. DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.05.009.
- Fernández-Martínez M., Vicca S., Janssens I.A., Ciais P., Obersteiner M., Bartrons M., Sardans J., Verger A., Canadell J.G., Chevallier F., Wang X., Bernhofer C., Curtis P.S., Gianelle D., Grünwald T., Heinesch B., Ibrom A., Knohl A., Laurila T., Law B.E., Limousin J.M., Longdoz B., Loustau D., Mammarella I., Matteucci G., Monson R.K., Montagnani L., Moors E.J., Munger J.W., Papale D., Piao S.L., Peñuelas J. (2017). Atmospheric deposition, CO₂, and change in the land carbon sink – *Scientific Reports* 7:9632, DOI: 10.1038/s41598-017-08755-8.
- Ferrara C., Marchi M., Fares S., Salvati L. (2017). Sampling strategies for high quality time-series of climatic variables in forest resource assessment. *iForest* 10, pp. 739-745.
- Ferretti M., Marchetto A., Arisci S., Bussotti F., Calderisi M., Carnicelli S., Cecchini G., Fabbio G., Bertini G., Matteucci G., De Cinti B., Salvati L., Pompei E. (2014). On the tracks of Nitrogen deposition effects on temperate forests at their southern European range – an observational study from Italy. *Global Change Biology* (20): 3423-3438.
- Ferretti M., Bacaro G., Brunialti G., Confalonieri M., Cristofolini F., Cristofori A., Frati L., Finco A., Gerosa G., Maccherini S., Gottardini E. (2018). Scarce evidence of ozone effect on recent health and

productivity of alpine forests: a case study in Trentino, N. Italy. *Environmental Science And Pollution Research International*, 25 (9): 8217-8232. DOI: 10.1007/s11356-018-1195-z handle: <http://hdl.handle.net/10449/40138>.

- Fleischer K., Rebel K.T., van der Molen M.K., Erisman J.W., Wassen M.J., van Loon E.E., Montagnani L., Gough C.M., Herbst M., Janssens I.A., Gianelle D. and Dolman A.J. (2013). The contribution of nitrogen deposition to the photosynthetic capacity of forests – *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 27, 1-13, DOI: 10.1002/gbc.20026, 2013.
- Franz D., Acosta M., Altimir N., Arriga N., Arrouays D., Aubinet M., Aurela M., Ayres E., López-Ballesteros A., Barbaste M., Berveiller D., Biraud S., Boukir H., Brown T., Brümmer C., Buchmann N., Burba G., Carrara A., Cescatti A., Ceschia E., Clement R., Cremonese E., Crill P., Darenova E., Dengel S., D’Odorico P., Gianluca F., Fleck S., Fratini G., Fuß R., Gielen B., Gogo S., Grace J., Graf A., Grelle A., Gross P., Grünwald T., Haapanala S., Hehn M., Heinesch B., Heiskanen J., Herbst M., Herschlein C., Hörtnagl L., Hufkens K., Ibrom A., Jolivet C., Joly L., Jones M., Kiese R., Klemmedtsson L., Kljun N., Klumpp K., Kolari P., Kolle O., Kowalski A., Kutsch W., Laurila T., De Ligne A., Linder S., Lindroth A., Lohila A., Longdoz B., Mammarella I., Manise T., Marañón-Jimenez S., Matteucci G., Mauder M., Meier P., Merbold L., Mereu S., Metzger S., Migliavacca M., Mölder M., Montagnani L., Moureaux C., Nelson D., Nemitz E., Nicolini G., Nilsson M., Op de Beeck M., Osborne B., Ottosson Löfvenius M., Pavelka M., Peichl M., Peltola O., Pihlatie M., Pitacco A., Pokorný R., Pumpanen J., Ratić C., Schrumpf M., Sedláč P., Serrano Ortiz P., Siebicke L., Šigut L., Silvennoinen H., Simioni G., Skiba U., Sonntag O., Soudani K., Soulé P., Steinbrecher R., Tallec T., Thimonier A., Tuittila E., Tuovinen J., Vestin P., Vincent, C. Vincke, D. Vitale, P. Waldner, P. Weslien, L. Wingate, G. Wohlfahrt, M. Zahniser G., Vesala T. (2018). Towards long-term standardised carbon and greenhouse gas observations for monitoring Europe’s terrestrial ecosystems: a review, *International Agrophysics*, 32, 439-455, DOI: 10.1515/intag-2017-0039.
- Fu Z., Stoy P.C., Luod Y., Chen J., Sun J., Montagnani L., Wohlfahrt G., Rahman A.F., Rambal S., Bernhofer C., Wang J., Shirkey G., Niu S. (2017). Climate controls over the net carbon uptake period and amplitude of net ecosystem production in temperate and boreal ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.05.009>.
- Gottardini E., Cristofolini F., Cristofori A., Ferretti M. (2018). In search for evidence: combining ad hoc survey, monitoring, and modeling to estimate the potential and actual impact of ground level ozone on forests in Trentino (Northern Italy). *Environmental Science and Pollution Research International*, 25 (9): 8206-8216. DOI: 10.1007/s11356-017-9998-x handle: <http://hdl.handle.net/10449/39095>.
- Groenendijk M., Dolman A.J., Ammann C., Arneth A., Cescatti A., Dragoni D., Gash J.H.C., Gianelle D., Gioli B., Kiely G., Knohl A., Law B.E., Lund M., Marcolla B., van der Molen M.K., Montagnani L., Moors E., Richardson A.D., Rouspard O., Verbeeck H. and G. Wohlfahrt (2011). Seasonal variation of photosynthetic model parameters and leaf area index from global Fluxnet eddy covariance data, *J. Geophys. Res.*, 116, G04027. DOI: 10.1029/2011JG001742.
- Hacket-Pain A., Ascoli D., Berretti R., Mencuccini M., Motta R., Nola P., Piussi P., Ruffinatto F., Vacchiano G. (2019). Temperature and masting control Norway spruce growth, but with high individual tree variability. *Forest Ecology and Management* 438, 142-150.
- Hacket-Pain A.J., Ascoli D., Vacchiano G., Biondi F., Cavin L., Conedera M., Drobyshev I., Liñán I.D., Friend A.D., Grabner M., Hartl C., Kreyling J., Lebourgeois F., Levanič T., Menzel A., Maaten E., Maaten-Theunissen M., Muffler L., Motta R., Roibu C.-C., Popa I., Scharnweber T., Weigel R., Wilmking M., Zang C.S. (2018). Climatically controlled reproduction drives interannual growth variability in a temperate tree species. *Ecology Letters* 21, 1833-1844.
- Haeni M., Zweifel R., Eugster W., Gessler A., Zielis S., Bernhofer C., Carrara A., Grünwald T., Havránková K., Heinesch B., Herbst M., Ibrom A., Knohl A., Lagergren F., Law B.E., Marek M., Matteucci G., McCaughey J.H., Minerbi S., Montagnani L., Moors E., Olejnik J., Pavelka M., Pilegaard

-
- K., Pita G., Rodrigues A., Sanz Sánchez M.J., Schelhaas M.-J., Urbaniak M., Valentini R., Varlagin A., Vesala T., Vincke C., Wu J., Buchmann N. (2017). Winter respiratory C losses provide explanatory power for net ecosystem productivity – *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, 122, 243-260. DOI: 10.1002/2016JG003455.
- Hansen K., Thimonier A., Clarke N., Staelens J., Žilindra D., Waldner P., Marchetto A. (2013). Atmospheric Deposition to Forest Ecosystems. In Marco Ferretti and Richard Fischer, editors: *Developments in Environmental Science*, Vol. 12, Amsterdam, The Netherlands, pp. 337-374. ISBN: 978-0-08-098222-9.
- Hao S., Li L., Eamus D., Huete A., Cleverly J., Tian X., Yu Q., Wang S., Montagnani L., Magliulo V., Rotenberg E., Pavelka M., Carrara A. (2017). Assessing the ability of MODIS EVI to estimate terrestrial ecosystem gross primary production of multiple land cover – *Ecological Indicators* 72, 153-164.
- ICOS eddy covariance flux-station site setup: a review, *International Agrophysics* 32, 471-494, DOI: 10.1515/intag-2017-0044.
- Jung M., Reichstein M., Ciais Ph., Seneviratne S.I., Sheffield J., Goulden M.L., Bonan G., Cescatti A., Chen J., de Jeu R., Dolman A.J., Eugster W., Gerten D., Gianelle D., Gobron N., Heinke J., Kimball J., Law B.E., Montagnani L., Mu Q., Mueller B., Oleson K., Papale D., Richardson A.D., Rouspard O., Running S., Tomelleri E., Viovy N., U. Weber, Williams C., Wood E., Zaehle S., Zhang K. (2010). A recent decline in the global land evapotranspiration trend due to limited moisture supply. *Nature*, 467, 951-954. DOI: 10.1038/nature09396.
- Jung M., Reichstein M., Margolis H., Cescatti A., Richardson A., Arain A., Arneth A., Bernhofer C., Bonal D., Chen J., Gianelle D., Gobron N., Kiely G., Kutsch W., Lasslop G., Law B., Lindroth A., Merbold L., Montagnani L., Moors E., Papale D., Sottocornola M., Vaccari F.P. and C. Williams (2011). Global patterns of land-atmosphere fluxes of carbon dioxide, latent heat, and sensible heat derived from eddy covariance, satellite, and meteorological observations, *J. Geophys. Res.* 116, G00J07. DOI: 10.1029/2010JG001566.
- Kountouris P., Gerbig C., Totsche K.U., Dolman A.J., Meesters A. and G. Broquet (2015). An objective prior error quantification for regional atmospheric inverse applications – *Biogeosciences Discuss.*, 12, 9393-9441, 2015. DOI: 10.5194/bgd-12-9393-2015.
- Kuppel S., Peylin P., Maignan F., Chevallier F., Kiely G., Montagnani L., Cescatti A. (2014). Model-data fusion across ecosystems: from multi-site optimizations to global simulations – *Geosci. Model Dev. Discuss.*, 7, 2961-3011. DOI: 10.5194/gmdd-7-2961-2014.
- Leys B., Carcaillet C. (2016). Subalpine fires: the roles of vegetation, climate and, ultimately, land uses. *Climatic Change*, 1-15.
- Leys B., Carcaillet C., Blarquez O., Lami A., Musazzi S., Trevisan R. (2014). Resistance of mixed subalpine forest to fire frequency changes: the ecological function of dwarf pine (*Pinus mugo ssp mugo*). *Quaternary Science Reviews* 90, 60-68.
- Lin H., Chen Y., Song Q., Fua P., Cleverly J., Magliulo V., Law B.E., Gough C.M., Hörtnagl L., Di Gennaro F., Matteucci G., Montagnani L., Duce P., Shao C., Kato T., Bonal D., Paul-Limoges E., Beringer J., Grace J., Fan Z. (2017). Quantifying deforestation and forest degradation with thermal response, *Science of the Total Environment* 607-608, 1286-1292. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.062>.
- Lorenz R., Davin E.L., Seneviratne S.I. (2012). Modeling land-climate coupling in Europe: Impact of land surface representation on climate variability and extremes – *J. Geophys. Res.*, 117, D20109. DOI: 10.1029/2012JD017755.
- Mahecha M.D., Reichstein M., Carvalhais N., Lasslop G., Lange H, Seneviratne S.I., Vargas R., Ammann Ch., Arain A., Cescatti A., Janssens I.A., Migliavacca M., Montagnani L., Richardson A.D. (2010).

-
- Global convergence in the temperature sensitivity of respiration at ecosystem level. *Science*, 329 (5993) 838-840. DOI: 10.1126/science.1189587.
- Mahecha M.D., Reichstein M., Carvalhais N., Lasslop G., Lange H, Seneviratne S.I., Vargas R., Ammann Ch., Arain A., Cescatti A., Janssens I.A., Migliavacca M., Montagnani L., Richardson A.D. (2011). Response to Comment on “Global Convergence in the Temperature Sensitivity of Respiration at Ecosystem Level”, *Science*, 331, 1265-1266. DOI: 10.1126/science.1197033.
- Marchetto A., Rogora M., Arisci S. (2013). Trend analysis of atmospheric deposition data: A comparison of statistical approaches. *Atmospheric Environment* 64: 95-102.
- Marcolla B., Cobbe I., Minerbi S., Montagnani L., Cescatti A. (2014). Methods and uncertainties in the experimental assessment of horizontal advection – *Agricultural and Forest Meteorology* 198–199 (2014) 62-71.
- Margesin R., Minerbi S., Schinner F. (2014). Long-Term Monitoring of Soil Microbiological Activities in Two Forest Sites in South Tyrol in the Italian Alps – *Microbes Environ.* Vol. 29, No. 3, 277-285, 2014. DOI: 10.1264/jsme2.ME14050.
- Margesin R., Minerbi S., Schinner F. (2016). Litter decomposition at two forest sites in the Italian Alps: a field study – *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, Vol. 48, No. 1, pp. 127-138. DOI: <http://dx.doi.org/10.1657/AAAR0015-012>.
- Masayuki K., Ichii K., Takagi H., Sasakawa M. (2015). Comparison of the data-driven top-down and bottom-up global terrestrial CO₂ exchanges: GOSAT CO₂ inversion and empirical eddy flux upscaling – *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, 120, 1226-1245. DOI: 10.1002/2014JG002866.
- Migliavacca M., Reichstein M., Richardson A.D., Colombo R., Sutton M.A., Lasslop G., Tomelleri E., Wohlfahrt G., Carvalhais N., Cescatti A., Mahecha M.D., Montagnani L., Papale D., Zaehle S., Arain A., Arneth A., Black T.A., Carrara A., Dore S., Gianelle D., Helfter C., Hollinger D., Kutsch W.L., Lafleur P.-M., Nouvellon Y., Rebmann C., Humberto R., Rodeghiero M., Roupsard O., Sebastià M., Seufert G., Soussana J., Michiel K. (2011). Semiempirical modeling of abiotic and biotic factors controlling ecosystem respiration across eddy covariance sites. *Global Change Biology*, 17(1), 390-409.
- Moderow U., Bernhofer C., Aubinet M., Feigenwinter C., Kolle O., Lindroth A., Mölder M., Montagnani L., Rebmann C. (2009). Available energy and energy balance closure at four coniferous forest sites across Europe. *Theor. App. Clim.* DOI: 10.1007/s00704-009-0175-0.
- Montagnani L., Manca G., Canepa E., Georgieva E. (2010). Assessing the method-specific differences in quantification of CO₂ advection at three forest sites during the ADVEX campaign. *Agricultural and Forest Meteorology*. DOI: 10.1016/j.agrformet.2010.01.013.
- Montagnani L., Manca G., Canepa E., Georgieva E., Acosta M., Feigenwinter C., Janous D., Kerschbaumer G., Lindroth A., Minach L., Minerbi S., Mölder M., Pavelka M., Seufert G., Zeri M., Ziegler W. (2009). A new mass conservation approach to the study of CO₂ advection in an alpine forest. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*. 114, D07306. DOI: 10.1029/2008JD010650.
- Montagnani L., Grünwald T., Kowalski A., Mammarella I., Merbold L., Metzger S., Sedláč P., Siebicke L. (2018). Estimating the storage term in eddy covariance measurements: the ICOS methodology. *International Agrophysics* 32, 551-567. DOI: 10.1515/intag-2017-0037.
- Musavi T., Migliavacca M., Janet van de Weg M., Kattge J., Wohlfahrt G., van Bodegom P.M., Reichstein M., Bahn M., Carrara A., Domingues T.F., Gavazzi M., Gianelle D., Gimeno C., Granier A., Gruening C., Havránková K., Herbst M., Hrynkiv C., Kalhori A., Kaminski T., Klumpp K., Kolari P., Longdoz B., Minerbi S., Montagnani L., Moors E., Oechel W.C., Reich P.B., Rohatyn S., Rossi A., Rotenberg E., Varlagin A., Wilkinson M., Wirth C., Mahecha M.D. (2016). Potential and limitations of inferring ecosystem photosynthetic capacity from leaf functional traits – *Ecology and Evolution*, 00: 1-15. DOI: 10.1002/ece3.2479.

- Niu S. *et al.* Luo Y., Fei S., Yuan W., Schimel D., Law B.E., Ammann C., Altaf Arain M., Arneth A., Aubinet M., Barr A., Beringer J., Bernhofer C., Black T.A., Buchmann N., Cescatti A., Chen J., Davis K.J., Dellwik E., Desai A.R., Etzold S., Francois L., Gianelle D., Gielen B., Goldstein A., Groenendijk M., Gu L., Hanan N., Helfter C., Hirano T., Hollinger D.Y., Jones M.B., Kiely G., Kolb T.E., Kutsch W.L., Lafleur P., Lawrence D.M., Li L., Lindroth A., Litvak M., Loustau D., Lund M., Marek M., Martin T.A., Matteucci G., Migliavacca M., Montagnani L., Moors E., Munger J.W., Noormets A., Oechel W., Olejnik J., Paw U K.T., Pilegaard K., Rambal S., Raschi A., Scott R.L., Seufert G., Spano D., Stoy P., Sutton M.A., Varlagin A., Vesala T., Weng E., Wohlfahrt G., Yang B., Zhang Z. and Zhou X. (2012). Thermal Optimality of Net Ecosystem Exchange of Carbon Dioxide and Underlying Mechanisms – *New Phytologist*. 194 (3). 775-783. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04095.x.
- Niu S., Luo Y., Fei S., Montagnani L., Bohrer G., Janssens I.A., Gielen B., Rambal S., Moors E., Matteucci G. (2011). Seasonal hysteresis of net ecosystem exchange in response to temperature change: patterns and causes. *Global Change Biology*, 17, 3102-3114. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02459.x
- Op de Beeck M., Gielen B., Merbold L., Ayres E., Serrano-Ortiz P., Acosta M., Pavelka M., Montagnani L., Nilsson M., Klemedtsson L., Vincke C., De Ligne A., Moureaux C., Marañon-Jimenez S., Saunders M., Mereu S., Hörtnagl L. (2018). Ancillary vegetation measurements at ICOS ecosystem stations, *International Agrophysics* 32, 645-664. DOI: 10.1515/intag-2017-0048.
- Op de Beeck M., Gielen B., Merbold L., Ayres E., Serrano-Ortiz P., Acosta M., Pavelka M., Montagnani L., Nilsson M., Klemedtsson L., Vincke C., De Ligne A., Moureaux C., Marañon-Jimenez S., Saunders M., Mereu S., Hörtnagl L. Ancillary vegetation measurements at ICOS ecosystem stations, 619-631. DOI: 10.1515/intag-2017-004186.
- Op de Beeck M., Gielen B., Acosta M., Altimir N., Buchmann N., Cescatti A., Ceschia E., Fleck S., Hörtnagl L., Klumpp K., Kolari P., Lohila A., Loustau D., Marañon-Jimenez S., Manise T., Matteucci G., Merbold L., Metzger C., Moureaux C., Montagnani L., Nilsson M., Osborne B., Papale D., Pavelka M., Saunders M., Simioni G., Soudani K., Sonnentag O., Tallec T., Tuittila E., Peichl M., Pokorny R., Vincke C., Wohlfahrt G. (2018). Soil-meteorological measurements at ICOS monitoring stations in terrestrial ecosystems. *International Agrophysics* 32, 619-631. DOI: 10.1515/intag-2017-0041.
- Parazoo N.C., Bowman K., Fisher J.B., Frankenberg C., Jones D.B.A., Cescatti A., Perez-Priego O., Wohlfahrt G., Montagnani L. (2014). Terrestrial gross primary production inferred from satellite fluorescence and vegetation models – *Global Change Biology*. DOI: 10.1111/gcb.12652.
- Pavelka M., Acosta M., Kiese R., Altimir N., Brümmer C., Crill P., Darenova E., Fuß R., Gielen B., Graf A., Klemedtsson L., Lohila A., Longdoz B., Lindroth A., Nilsson M., Marañon-Jimenez S., Merbold L., Montagnani L., Peichl M., Pihlatie M., Pumpanen J., Serrano Ortiz P., Silvennoinen H., Skiba U., Vestin P., Weslien P., Janouš D., Kutsch W., (2018). Standardisation of chamber technique for CO₂, N₂O and CH₄ fluxes measurements from terrestrial ecosystems, *International Agrophysics* 32, 569-587. DOI: 10.1515/intag-2017-0045.
- Peltoniemi M., Pulkkinen M., Kolari P., Duursma R., Montagnani L., Wharton S., Lagergren F., Takagi K., Verbeeck H., Christensen T., Vesala T., Falk., Loustau D. and Mäkelä A. (2012). Does canopy mean N concentration explain differences in light use efficiencies of canopies in 14 contrasting forest sites? – *Tree Physiology* 32(2): 200-218. DOI: 10.1093/treephys/tpr140.
- Peltoniemi M., Pulkkinen M., Kolari P., Duursma R.A., Montagnani L., Wharton S., Lagergren F., Takagi K., Verbeeck H., Christensen T., Vesala T., Falk M., Loustau D., Mäkelä A. (2012). Does canopy mean nitrogen concentration explain variation in canopy light use efficiency across 14 contrasting forest sites? – *Tree Physiology* 00, 1-19. DOI: 10.1093/treephys/tpr140.
- Piotti A., Garbarino M., Avanzi C., Berretti R., Motta R., Piovani P., Leonardi S. (2018). Influence of Spatiotemporal Dynamics on the Fine-Scale Spatial Genetic Structure of Differently Managed *Picea abies* Stands. *Forests* 9.

- Puletti N., Giannetti F., Chirici G., Canullo R. (2017). Deadwood distribution in European forests. *Journal of Maps* Vol. 13, N. 2, 733-736.
- Rebmann C., Aubinet M., Schmid H., Arriga N., Aurela M., Burba G., Clement R., De Ligne A., Fratini G., Gielen B., Grace J., Graf A., Gross P., Haapanala S., Herbst M., Hortnagl L., Ibrom A., Joly L., Kljun N., Kolle O., Kowalski A., Lindroth A., Loustau D., Mammarella I., Mauder M., Merbold L., Metzger S., Molder M., Montagnani L., Papale D., Pavelka M., Peichl M., Roland M., Serrano-Ortiz P., Siebicke L., Steinbrecher R., Tuovinen J.-P., Vesala T., Wohlfahrt G. & Franz D. (2018). 'ICOS eddy covariance flux-station site setup: a review', *International Agrophysics*, vol. 32, no. 4, pp. 471-494. <https://doi.org/10.1515/intag-2017-0044>.
- Richardson A.D., Black T.A., Ciais P., Curiel Yuste J., Delbart N., Friedl M.A., Gobron N., Hollinger D.Y., Kutsch W.L., Longdoz B., Luyssaert S., Migliavacca M., Montagnani L., Munger J.W., Moors E., Piao S., Rebmann C., Reichstein M., Saigusa N., Tomelleri E., Vargas R., Varlagin A. (2010). Influence of spring and autumn phenological switches on forest ecosystem productivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 365:3227-3246. DOI: 10.1098/rstb.2010.0102
- Sabbatini S., Mammarella I., Arriga N., Fratini G., Graf A., Hörtnagl L., Ibrom A., Longdoz B., Mauder M., Merbold L., Metzger S., Montagnani L., Pitacco A., Rebmann C., Sedláč P., Šigut L., Vitale D., Papale D. (2018). Eddy covariance raw data processing for CO₂ and energy fluxes calculation at ICOS ecosystem stations. *International Agrophysics* 32, 495-515. DOI: 10.1515/intag-2017-0043.
- Saunders M., Dengel S., Kolari P., Moureaux C., Montagnani L., Ceschia E., Altimir N., López-Ballesteros A., Marañón-Jimenez S., Acosta M., Klumpp K., Gielen B., Op de Beeck M., Hörtnagl L., Merbold L., Osborne B., Grünwald T., Arrouays D., Boukir H., Saby N., Nicolini G., Papale D., Jones M. (2018). Importance of reporting ancillary site characteristics, and management and disturbance information at ICOS stations, *International Agrophysics* 32, 457-469. DOI: 10.1515/intag-2017-0040
- Siles J.A., Cajthaml T., Filipov A., Minerbi S., Margesin R. (2017). Altitudinal, seasonal and interannual shifts in microbial communities and chemical composition of soil organic matter in Alpine forest soils – *Soil Biology & Biochemistry* 112 e 113.
- Siles J.A., Cajthaml T., Minerbi S., Margesin R. (2016). Effect of altitude and season on microbial activity, abundance and community structure in Alpine forest soils – *FEMS Microbiology Ecology*, Volume 92, Issue 3, 1 March 2016, fiw008, doi.org/10.1093/femsec/fiw008.
- Song B., Niu S., Luo R., Luo Y., Chen J., Yu G., Olejnik J., Wohlfahrt G., Kiely G., Noormets A., Montagnani L., Cescatti A., Magliulo V., Law B.E., Lund M., Varlagin A., Raschi A., Peichl M., Nilsson M.B. & Merbold L. (2014). Divergent apparent temperature sensitivity of terrestrial ecosystem respiration. *Journal of Plant Ecology*, 7(5), 419-428. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtu014>.
- Stoy P.C., Mauder M., Foken T., Marcolla B., Boegh E., Ibrom A., Arain A.M., Arneth A., Aurela M., Bernhofer C., Cescatti A., Dellwik E., Duce P., Gianelle D., van Gorsel E., Kiely G., Knohl A., Margolis H., McCaughey H., Merbold L., Montagnani L., Papale D., Reichstein M., Saunders M., Serrano-Ortiz P., Sottocornola M., Spano D., Vaccari F. and Varlagin A. (2014). A data-driven analysis of energy balance closure across FLUXNET research sites: The role of landscape scale heterogeneity –doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.11.004.
- Stoy P.C., Richardson A.D., Baldocchi D.D., Katul G.G., Stanovick J., Mahecha M.D., Reichstein M., Detto M., Arriga N., Campos J., Law B.E., McCaughey J.H., Montagnani L., Paw U K.T., Sevanto S., Wohlfahrt G., Williams M. (2009). Biosphere-atmosphere exchange of CO₂ in relation to climate: a cross-biome analysis at multiple time-scales. *Biogeosciences*, 6, 2297-2312.
- Teuling A.J., Hirschi M., Ohmura A., Wild M., Reichstein M., Ciais P., Buchmann N., Ammann C., Montagnani L., Richardson A.D., Wohlfahrt G. and Seneviratne S.I. (2009). Regional radiation impacts on evapotranspiration trends. *Geophysical Research Letters*. 36, L02404. DOI: 10.1029/2008GL036584.

- Teuling A.J., Seneviratne S.I., Stöckli R., Reichstein M., Moors E., Ciais P., Luysaert S., van den Hurk B., Ammann C., Bernhofer C., Dellwik E., Gianelle D., Gielen B., Grünwald T., Klumpp K., Montagnani L., Moureaux C., Sottocornola M. and Wohlfahrt G. (2010). Contrasting response of European forest and grassland energy exchange to heatwaves *Nature Geoscience*, 3, 722-727. DOI: 10.1038/ngeo950.
- Vacchiano G., Derose R.J., Shaw J.D., Svoboda M., Motta R. (2013). A density management diagram for Norway spruce in the temperate European montane region. *European Journal of Forest Research* 132, 535-549.
- Van Gorsel E., Delpierre N., Leuning R., Black A., Munger J.W., Wofsy S., Aubinet M., Feigenwinter C., Beringer J., Bonal D., Chen B., Chen J., Clement R., Davis K.J., Desai A., Dragoni D., Etzold S., Grünwald T., Gu L., Heinesch B., Hutryra L.R., Jans W.W.P., Kutsch W., Law B.E., Leclerc M.Y., Mammarella I., Montagnani L., Noormets A., Rebmann C., Wharton S. (2009). Estimating nocturnal ecosystem respiration from the vertical turbulent flux and change in storage of CO₂. *Agricultural and Forest Meteorology*. DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.06.020.
- Vargas R., Baldocchi D.D., Querejeta J.I., Curtis P.S., Hasselquist N.J., Janssens I.A., Allen M.F., Montagnani L. (2010). Ecosystem CO₂ fluxes of arbuscular and ectomycorrhizal dominated vegetation types are differentially influenced by precipitation and temperature. *New Phytologist*. 185: 226-236. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.03040.x.
- Verma M., Friedl M.A., Richardson A.D., Kiely G., Cescatti A., Law B.E., Wohlfahrt G., Gielen B., Roupsard O., Moors E.J., Toscano P., Vaccari F.P., Gianelle D., Bohrer G., Varlagin A., Buchmann N., van Gorsel E., Montagnani L., Propastin P. (2014). Remote sensing of annual terrestrial gross primary productivity from MODIS: an assessment using the FLUXNET La Thuile data set – *Biogeosciences*, 11, 2185-2200. DOI: 10.5194/bg-11-2185-2014.
- Waldner P., Thimonier A., Graf Pannatier E., Etzold S., Schmitt M., Marchetto A., Rautio P., Derome K., Maileena Nieminen T., Nevalainen S., Lindroos A.-J., Merilä P., Kindermann G., Neumann M., Cools N., de Vos B., Roskams P., Verstraeten A., Hansen K., Pihl Karlsson G., Dietrich H.-P., Raspe S., Fischer R., Lorenz M., Iost S., Granke O., G. M. Sanders T., Michel A., Nagel H.-D., Scheuschner T., Simončič P., von Wilpert K., Meesenburg H., Fleck S., Benham S., Vanguelova E., Clarke N., Ingerslev M., Vesterdal L., Gundersen P., Stupak I., Jonard M., Potočić N., Minaya M. (2015). Exceedance of critical loads and of critical limits impacts tree nutrition across Europe. *Annals of Forest Science*, 72:929-939.
- Wang T, Brender P., Ciais P., Piao S., Mahecha M.D., Chevallier F., Reichstein M., Ottlé C., Maignan F., Arain A., Bohrer G., Cescatti A., Kiely G., Law B.E., Merbold L., Montagnani L., Moors E., Osborne B., Panferov O., Papale D., Vaccari F. (2012). Systematic errors in a land surface model across biomes inferred from eddy covariance observations on multiple timescales – *Ecological Modelling*, 246: 11-25.
- Wang T., Ciais P., Piao S.L., Ottlé C., Brender P., Maignan F., Arain A., Cescatti A., Gianelle D., Gough C., Gu L., Lafleur P., Laurila T., Marcolla B., Margolis H., Montagnani L., Moors E., Saigusa N., Vesala T., Wohlfahrt G., Koven C., Black A., Dellwik E., Don A., Hollinger D., Knohl A., Monson R., Munger J., Suyker A., Varlagin A. and S. Verma (2011). Controls on winter ecosystem respiration in temperate and boreal ecosystems, *Biogeosciences*, 8, 2009-2025, 2011.
- Wei S., Yi C., Fang W., Hendrey G. (2017). A global study of GPP focusing on light-use efficiency in a random forest regression model – *Ecosphere* 8(5):e01724. 10.1002/ecs2.1724.
- Wenping Y., Cai W., Xia J., Chen J., Liue S., Dong W., Merbold L., Law B., Arain A., Beringer J., Bernhofer C., Black A., Blanken P.D., Cescatti A., Chen Y., Francois L., Gianelle D., Janssens I.A., Jung M., Kato T., Kiely G., Liu D., Marcolla B., Montagnani L., Raschi A., Roupsard O., Varlagin A., Wohlfahrt G. (2014). Global comparison of light use efficiency models for simulating terrestrial

vegetation gross primary production based on the LaThuiledatabase – Agricultural and Forest Meteorology 192-193 (2014) 108-120.

- Xiaocui W., Ju W., Zhou Y., He M., Law B.E., Black T.A., Margolis H.A., Cescatti A., Gu L., Montagnani L., Noormets A., Griffis T.J., Pilegaard K., Varlagin A., Valentini R., Blanken P.D., Wang S., Wang H., Han S., Yan J., Li Y., Zhou B., Liu Y. (2015). Performance of Linear and Nonlinear Two-Leaf Light Use Efficiency Models at Different Temporal Scales – Remote Sens., 7, 2238-2278. DOI: 10.3390/rs70302238.
- Xiyan X., Yi C., Montagnani L., Kutter E. (2018). Numerical study of the interplay between thermotopographic slope flow and synoptic flow on canopy transport processes – Agricultural and Forest Meteorology, 255, 3-16, doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.03.004.
- Yanlian Z., Wu X., Ju W., Chen J.M., Wang S., Wang H., Yuan W., Black T.A., Jassal R., Ibrom A., Han S., Yan J., Margolis H., Roupsard O., Li Y., Zhao F., Kiely G., Starr G., Pavelka M., Montagnani L., Wohlfahrt G., D’Odorico P., Cook D., Arain M.A., Bonal D., Beringer J., Blanken P.D., Loubet B., Leclerc M.Y., Matteucci G., Nagy Z., Olejnik J., Paw U K.T., Varlagin A. (2016). Global parameterization and validation of a two-leaf light use efficiency model for predicting gross primary production across FLUXNET sites – J. Geophys. Res. Biogeosci., 121, 1045-1072. DOI: 10.1002/2014JG002876.
- Yao Y., Liang S., Li X., Zhang Y., Chen J., Jia K., Zhang X., Fisher J.B., Wang X., Zhang L., Xu J., Shao C., Posse G., Li Y., Magliulo V., Varlagin A., Moors E.J., Boike J., Macfarlane C., Kato T., Buchmann N., Billesbach D.P., Beringer J., Wolf S., Papuga S.A., Wohlfahrt G., Montagnani L., Ardö J., Paul-Limoges E., Emmel C., Hörtnagl L.J., Sachs T., Gruening C., Gioli B., López-Ballesteros A., Steinbrecher R., Gielen B. (2017). Estimation of high-resolution terrestrial evapotranspiration from Landsat data using a simple Taylor skill fusion method, Journal of Hydrology. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol>.
- Yi C., Ricciuto D., Li R., Wolbeck J., Xu X., Nilsson M., Aires L., Albertson J.D., Ammann C., Arain M.A., de Araujo A.C., Aubinet M., Aurela M., Barcza Z., Barr A., Berbigier P., Beringer J., Bernhofer C., Black A.T., Bolstad P.V., Bosveld F.C., Broadmeadow M.S.J., Buchmann N., Burns S.P., Cellier P., Chen J.M., Chen J.Q., Ciais P., Clement R., Cook B.D., Curtis P.S., Dail D.B., Dellwik E., DelPierre N., Desai A.R., Dore S., Dragoni D., Drake B.G., Dufrêne E., Dunn A., Elbers J., Eugster W., Falk M., Feigenwinter C., Flanagan L.B., Foken T., Frank J., Fuhrer J., Gianelle D., Goldstein A., Goulden M., Granier A., Grünwald T., Gu L., Guo H., Hammerle A., Han S., Hanan N.P., Haszpra L., Heinesch B., Helfter C., Hendriks D., Hutley L.B., Ibrom A., Jacobs C., Johansson T., Jongen M., Katul G., Kiely G., Klumpp K., Knohl A., Kolb T., Kutsch W.L., Lafleur P., Laurila T., Leuning R., Lindroth A., Liu H., Loubet B., Manca G., Marek M., Margolis H.A., Martin T.A., Massman W.J., Matamala R., Matteucci G., McCaughey H., Merbold L., Meyers T., Migliavacca M., Miglietta F., Misson L., Mölder M., Moncrieff J., Monson R.K., Montagnani L., Montes-Helu M., Moors E., Moureaux C., Mukelabai M.M., Munger J.W., Myklebust M., Nagy Z., Noormets A., Oechel W., Oren R., Pallardy S.G., Paw U K.T., Pereira J.S., Pilegaard K., Pintér K., Pio C., Pita G., Powell T.L., Rambal S., Randerson J.T., von Randow C., Rebmann C., Rinne J., Rossi F., Roulet N., Ryel R.J., Sagerfors J., Saigusa N., Sanz M.J., Scarascia Mugnozza G., Schmid H.P., Seufert G., Siqueira M., Soussana J.F., Starr G., Sutton M.A., Tenhunen J., Tuba Z., Tuovinen J.P., Valentini R., Vogel C.S., Wang J., Wang S., Wang W., Welp L.R., Wen X., Wharton S., Wilkinson M., Williams C.A., Wohlfahrt G., Yamamoto S., Yu G., Zampedri R., Zhao B., Zhao X. (2010). Climate control of terrestrial carbon exchange across biomes and continents, *Environmental Research Letters*, 5. DOI: 10.1088/1748-9326/5/3/034007.
- Yuan W., Liu S., Cai W., Dong W., Chen J., Arain A., Blanken P.D., Cescatti A., Wohlfahrt G., Georgiadis T., Genesio L., Gianelle D., Grelle A., Kiely G., Knohl A., Liu D., Marek M., Merbold L., Montagnani L., Panferov O., Peltoniemi M., Rambal S., Raschi A., Varlagin A. and Xia J. (2013). Are vegetation-

specific model parameters required for estimating gross primary production² – Geosci. Model Dev. Discuss., 6, 5475-5488. DOI: 10.5194/gmdd-6-5475-2013.

Yuan W., Luo Y., Li X., Liu S., Yu G., Zhou T., Bahn M., Black A., Desai A.R., Cescatti A., Marcolla B., Jacobs C., Chen J., Aurela M., Bernhofer C., Gielen B., Bohrer G., Cook D.R., Dragoni D., Dunn A.L., Gianelle D., Grünwald T., Ibrom A., Leclerc M.Y., Lindroth A., Liu H., Marchesini L.B., Montagnani L., Rodeghiero M., Rodrigues A., Starr G., and Stoy P.C. (2011). Redefinition and global estimation of basal ecosystem respiration rate. Global Biogeochem. Cycles, GB4002. DOI: 10.1029/2011GB004150.

Non ISI

Bertini G., Amoriello T., Piovosi M., Fabbio G. (2013). Alcune evidenze dal monitoraggio intensivo delle foreste italiane. L'accrescimento radiale degli alberi come indice di risposta ai disturbi e le sue relazioni con la struttura del soprassuolo. *Forest@* 10: 68-78.

Castagneri D., Cherubini P., Motta R. (2009). Growth response in suppressed trees in a Norway spruce forest. TRACE 2009, Tree rings in Archeology, Climatology and Ecology, 16-19 April 2009, Otocec, Slovenia, Abstract book, pp. 9.

Chirici G., Giannetti F., Travaglini D., Nocentini S., Francini S., Amico G., Calvo E., Fasolini D., Broll M., Maistrelli F., Tonner J., Pietrogiovanna M., Oberlechner K., Andriolo A., Comino R., Faidiga A., Pasutto I., Carraro G., Zen S., Contarin F., Alfonsi L., Wolynski A., Zanin M., Gagliano C., Tonolli S., Zoanetti R., Tonetti R., Cavalli R., Lingua E., Pirotti F., Grigolato S., Bellingeri D., Zini E., Gianelle D., Dalponte M., Pompei E., Stefani A., Motta R., Morresi D., Garbarino M., Alberti G., Valdevit F., Tomelleri E., Torresani M., Tonon G., Marchi M., Corona P., Marchetti M. (2019). Stima dei danni della tempesta “Vaia” alle foreste in Italia. *Forest@ – Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 16, 3-9.

La Porta N., Valentinotti R., Salvadori C., Ambrosi P., Minerbi S., Confalonieri M. (2002). Analisi quantitativa della componente micetica di aree forestali in ambiente alpino. *Gredleriana – Acta Biologica*. 2, 331-336. ISSN 1593-5205.

La Porta N., Valentinotti R., Salvadori C., Minerbi S., Confalonieri M., Ambrosi P. (2003). Relazioni tra deposizioni atmosferiche e macromiceti in ambiente alpino. *LINEA ECOLOGICA*, 35 (6): 43-46. handle: <http://hdl.handle.net/10449/17981>.

La Porta N., Valentinotti R., Salvadori C., Ambrosi P. (2005). Mycobiota monitoring as indicator of forest biodiversity. *International Forestry Review* 7 (5), 36.

La Porta N., Confalonieri M., Donini M., Aiardi A., Floriani M. (2008). Funghi a sentinella: il monitoraggio dei macromiceti come indicatori della biodiversità forestale nelle Alpi. *Natura Alpina*, 59(2) 19-30.

Marchetto A., Arisci S., Tartari G.A., Balestrini R., Tait D. (2014). Stato ed evoluzione temporale della composizione chimica delle deposizioni atmosferiche nelle aree forestali della rete CONECOFOR. *Forest@* 11: 72-85 online 2014-04-22 URL: <http://www.sisef.it/forest@/contents/?id=efor1003-011>.

Minerbi S., Cescatti A. (2015). Tree volume and biomass equations for *Picea abies* and *Larix decidua* in South Tyrol – *Forest Observer* vol. 7, 5 – 34, ISBN: 88-901605-9-4.

Motta R., Berretti R., Castagneri D., Lingua E., Nola P., Vacchiano G. (2009). Development of old-growth characteristics in previously managed subalpine Norway spruce forests. International Conference on spruce in the context of global change, 31 August-3 September 2009 Halmstad, Sweden, Abstract Volume (U. Nilsson, U. Johansson, P. Skovsgaard Eds.), 12.

-
- Motta R., Berretti R., Castagneri D., Lingua E., Nola P., Vacchiano G. (2009). Dynamics of previously managed subalpine Norway spruce forests. International Conference Long-term ecosystem research: understanding the present to shape the future. Zurich, Switzerland, September 7-10 2009, (M. Kaennel Dobbertin Ed.), Abstracts, 44.
- Motta R., Piussi P. (2009). Ricerche ecologiche di lungo periodo (LTER) nella Riserva forestale della Valbona (Paneveggio, TN). Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani. 16-19 ottobre 2008 Taormina (Me), Vol. 1°, 558-563.
- Motta R., Ascoli D., Corona P., Marchetti M., Vacchiano G. (2018). Selvicoltura e schianti da vento. Il caso della “tempesta Vaia”. *Forest@ – Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* 15, 94-98.
- Salvadori C., Maresi G., Confalonieri M., Minerbi S. (2009). Integrated monitoring of forests in Trentino-South Tyrol: results and perspectives after 18 years. Long-term ecosystem research: Understanding the present to shape the future. International conference Zurich (CH) 7-10/09/2009. Abstracts WSL CH-8903 Birmensdorf.
- Vuorenmaa J., Kleemola S., Forsius M., Lundin L., Augustaitis A., Beudert B., de Wit H., Frey J., Indriksone I., Minerbi S., Krám P., Váňa M. (2014). Sulphur and nitrogen input-output budgets at ICP Integrated Monitoring sites in Europe in 1990-2012 – Reports of the Finnish Environment Institute 23 2014, <http://pub.epsilon.slu.se/11879/>.

Libri

- Gottardini E., Cristofolini F., Cristofori A., Confalonieri M., Ferretti M. (editor(s)) (2012). *Ozono e foreste in Trentino: progetto Ozone EEffects on FOREsts in Trentino (Ozone EFFORT): risultati 2007-2011*. San Michele all'Adige (TN): Fondazione Edmund Mach: 144 p. ISBN: 978-88-7843-037-2 handle: <http://hdl.handle.net/10449/21081>.