

Relazione illustrativa attività di monitoraggio del bostrico *Ips typographus* in Lombardia Anno 2023



Sommario

Premessa	3
Il bostrico dell'abete rosso in Lombardia	3
Tavolo Tecnico Nazionale	3
Prodotti di Regione Lombardia.....	4
Azioni realizzate.....	5
Campagna di monitoraggio del bostrico a scala regionale:.....	5
Produzione cartografia tematica infestazione di Bostrico in Lombardia	6
Definizione di una modellistica previsionale di infestazione del Bostrico	6
Azioni di comunicazione, informazione, formazione.	6
Analisi dei risultati	7
La situazione del danno da bostrico in Regione Lombardia.....	7
La rete di monitoraggio	8
I risultati del monitoraggio	8
IDENTIFICAZIONE DELLE PROBABILI SUPERFICI INFESTATE DA IPS TYPOGRAPHUS IN LOMBARDIA MEDIANTE TELERILEVAMENTO.....	12
Strumenti.....	12
Area di studio.....	12
Workflow	13
Step n°1 - Predisposizione delle immagini satellitari Sentinel-2	14
Step n°2 Calcolo dell'indice NDVI	14
Step n°2 - Supervised Classification delle immagini satellitari.....	15
Step n°2 - Incrocio dati NDVI- Supervised Classification e fotointerpretazione	16
Step n°2 - Integrazione con immagini ad alta risoluzione - periodo T1 (2022)	16
Step n°2 - Integrazione con immagini ad alta risoluzione - periodo T2 (2023)	18
Step n°3 - Change Detection.....	21
Conclusioni e risultati	24
ALLEGATO 1 Analisi dati per Comunità Montana.....	37
PROVINCIA DI BRESCIA	37
PROVINCIA DI SONDRIO	44
PROVINCIA DI COMO	50
PROVINCIA DI LECCO	52

PREMESSA

Come noto, l'evento meteorico di eccezionale intensità passato alla storia con il nome di Tempesta Vaia e verificatosi il 28 ottobre 2018, anche in Lombardia ha arrecato gravi danni, soprattutto ai popolamenti di *Picea abies*, l'abete rosso. La stima ufficiale è riportata anche graficamente sul Geoportale di Regione Lombardia, assomma a 2.400 ettari di bosco schiantato o gravemente danneggiato, per un volume complessivo stimato di 350.000 metri cubi di legname a terra.

Le aree maggiormente colpite si trovano lungo le valli orientali della Regione, in corrispondenza delle province di Brescia, Bergamo e Sondrio che rappresentano anche i territori maggiormente popolati da abete rosso.

IL BOSTRICO DELL'ABETE ROSSO IN LOMBARDIA

Prima della tempesta Vaia da sempre in Lombardia si sono registrati casi di infestazione, più o meno isolati e più o meno dipendenti da svariati motivi, tra cui schianti per eventi meteorici, attività selvicolturali erroneamente condotte o progettate, attività di manutenzione a linee aeree (con rilascio del materiale), ecc., episodi di siccità e morie dovute semplicemente a copertura a *Picea abies* fuori areale. Spesso all'interno di questi popolamenti si interveniva con operazioni di bonifica forestale asportando il legname morto in piedi e circoscrivendo il fenomeno.

Dopo i primi tempi dall'accadimento di Vaia ed in particolare a partire dal 2020, come previsto da numerosi studi scientifici, le popolazioni di bostrico hanno iniziato a crescere in misura straordinaria, uscendo dallo stato di equilibrio ecosistemico, e iniziando il periodo di infestazione epidemica che stiamo conoscendo.

Dopo aver delineato la situazione di infestazione al 2022, con la presente relazione si intendono definire lo stato di avanzamento dei danni da bostrico nel 2023, le azioni intraprese a livello nazionale tramite il Tavolo Tecnico nazionale, e quelle intraprese a livello regionale sia per quanto riguarda la campagna di monitoraggio che, per quanto riguarda le azioni di lotta.



TAVOLO TECNICO NAZIONALE

Il tavolo tecnico nazionale si è ritrovato per 7 volte. durante le riunioni (17/03, 02/05, 11/05, 18/07, 21/09, 24/10, 20/12) sono state definite le linee di azione per l'anno in corso, varie tematiche relative all'utilizzo di prodotti fitosanitari e prospettive future nella gestione dei boschi bostricati. Sono inoltre state prodotte le linee guida nazionali di lotta al bostrico (documento tecnico n. 30).

PRODOTTI DI REGIONE LOMBARDIA

Nel corso del 2023 si è ritenuto necessario sviluppare una collaborazione con ERSAF per incrementare il numero dei punti trappola presenti sul territorio regionale, ottimizzare la gestione del monitoraggio, realizzare una reportistica ad hoc, sia essa in forma cartografica specifica e basata su dati georeferenziati che su base tabellare e statistica, riassuntiva della campagna 2023.

In particolare, e a questo scopo è stato redatto ed approvato con Decreto 7703 del 24/05/2023 il “Piano per la gestione del bostrico per l’annualità 2023”, per un importo complessivo di euro 231.387,00.

Sono state individuate quattro linee di azione, di seguito elencate:

- Azione 1 - Implementazione rete di monitoraggio Bostrico 2023
- Azione 2 - Supporto alle attività di monitoraggio della rete di trappole 2023
- Azione 3 - Produzione cartografia tematica infestazione di Bostrico in Lombardia
- Azione 4 - Supporto attività amministrativa.

- Sono state invece direttamente realizzate dal Servizio Fitosanitario:

- le azioni di comunicazione e divulgazione della tematica; tramite realizzazione e posa o affissione di poster, leaf-lets, video, per un importo assegnato pari a € 90.000.
- la Raccolta segnalazioni bostrico a livello regionale (*shapefile dagli Enti territoriali competenti*);

Nel corso dei primi mesi dell’anno sono stati richiesti i dati di copertura dei danni da bostrico agli Enti Territoriali regionali, comprensivi in molti casi di azioni di bonifica eseguite o in corso di esecuzione. Di seguito le fonti di trasmissione e la tipologia dei dati trasmessi.

ENTI TERRITORIALI	Tipologia dati	Tipologia dati	note
CM Valtrompia	Shape		
CM Sebino bresciano	Shape		
CM Valcamonica	shape	Report pdf	
CM Vallesabbia		Report pdf	
CM Valle di Scalve	Shape		
CM Valle Seriana	Shape		
CM Valle Brembana	Shape	Pdf	
CM dei Laghi Bergamaschi	shape		
CM Valle Imagna	shape	tiff	
CM Triangolo Lariano		Pdf, xlsx	
ERSAF	shape	pdf	
CM Oltrepo Pavese	shape		
CM Parco dei Fiori	Shape		
CM Valchiavenna	Shape		
CM Valtellina di Morbegno	Shape		
CM Valtellina di Sondrio	Shape		
CM Valtellina di Tirano	Shape		
CM Alta Valtellina	Shape		

AZIONI REALIZZATE

Campagna di monitoraggio del bostrico a scala regionale:

Anche per il 2023 sono stati contattati gli Enti territoriali al fine di dimensionare la necessità del monitoraggio in funzione della diffusione del danno e della presenza di personale coinvolgibile nelle azioni di controllo periodico; è stato riproposto un breve documento – vademecum operativo illustrativo delle azioni di posa e controllo delle trappole;

sono state acquistate n. 75 trappole per la cattura del bostrico, modello Theysohn; a queste si sommano le 65 trappole consegnate nel 2022, per una cifra complessiva di trappole pari a n.140.

Inoltre, sono state acquistate e distribuite n. 500 unità di attrattivi ferormonici da parte del Servizio Fitosanitario regionale.

Di seguito il numero di trappole sistemate e utilizzate da ciascun Ente/Comunità Montana durante l'annata 2023.

enti	n. trappole 2023	n. trappole complessive	note
CM Sebino bresciano	6	14	
CM Vallesabbia	6	14	
CM Valle di Scalve	5	5	
CM Valle Seriana	10	14	
CM Valle Brembana	15	18	
CM laghi bergamaschi		4	
ERSAF	6	8	
CM Val Sassina	3	3	
CM Valchiavenna	3	9	
CM Valtellina di Sondrio	4	9	
CM Valtellina di Morbegno	5	7	
CM Valtellina di Tirano	5	11	
CM Alta Valtellina	5	12	
CM Vallecamonica			n. 67 trappole acquistate e gestite autonomamente
CM Valle Trompia		10	

Le trappole sono state distribuite sul territorio direttamente dal personale degli EETT individuando le localizzazioni in collaborazione con il personale del SFR. La posa e la localizzazione georeferenziata sono state completate per tutte le trappole durante la prima decade di maggio. La campagna di raccolta dati è proseguita fino alla fine del mese di settembre.

Il personale impegnato nelle operazioni di controllo a terra e restituzione del dato in ambiente operativo dedicato (app. Field Maps) è raggruppabile tra tecnici delle Comunità Montane, Personale in forza ai Comuni, Personale tecnico afferente ai consorzi Forestali, personale volontario (Guardie Ecologiche Volontarie).

nell'ambito dell'incarico assegnato ad ERSAF è stata assunta una unità di personale (contratto UNCEM) adeguatamente qualificata e formata e direttamente impegnata al supporto nella raccolta dei dati, nella formazione al personale degli Enti territoriali e come interfaccia istituzionale e logistica con i medesimi Enti. Si è proseguito con l'utilizzo dell'applicativo dedicato Field Maps, grazie al quale l'operatore poteva inserire direttamente le informazioni concernenti il posizionamento delle trappole, il dato di cattura settimanale degli insetti, eventuali note riguardanti anche per esempio le condizioni della trappola o il giorno di cambio del pacchetto feromoni. Le informazioni confluivano in tempo reale nell'applicativo dedicato ArcGIS online, a licenza multipla regionale, in cui si possono visualizzare cartograficamente e analizzare in forma tabellare (anche in ambiente Excel) tutti i dati pervenuti. Con il medesimo applicativo/software si è potuto anche evidenziare in forma poligonale o puntuale la presenza di danni da bostrico, anche se questa funzione è stata poco utilizzata.

Produzione cartografia tematica infestazione di Bostrico in Lombardia

A seguito della collaborazione con ERSAF e grazie all'opera dei tecnici coinvolti, si è dapprima proceduto alla raccolta delle informazioni GIS provenienti dagli EETT coinvolti, aggiornando le cartografie già prodotte nel corso del 2022.

Tali cartografie sono state poi integrate e confrontate con la sovrapposizione di:

- fotointerpretazione di immagini satellitari liberamente disponibili (Sentinel), maglia 10x10metri;
- fotointerpretazione con immagini da ortofoto (Google, Bing, Esri) maglia 1x1 metro;
- fotointerpretazione di immagini satellitari ad alta risoluzione su aree campione (maglia 50x50cm)
- interpretazione di immagini da volo con drone (un'area localizzata).

Ciò ha portato alla costruzione di una mappa tematica accurata e validata da numerosi parametri di confronto, relativa all'infestazione di bostrico, che di seguito viene raffigurata. Si riporta altresì in appendice la relazione conclusiva del lavoro svolto da ERSAF.

Definizione di una modellistica previsionale di infestazione del Bostrico

Nell'ambito dell'incarico ERSAF si è ritenuto opportuno dotarsi di uno strumento previsionale di tipo fenologico, basato sulla temperatura dell'aria e sulla radiazione solare registrate nel sito di studio.

Regione Lombardia ha deciso di seguire il modello previsionale già esistente PHENIPS, sviluppato dall'Università di BOKU – Vienna, e a cui partecipano anche i colleghi delle province autonome di Trento e Bolzano.

È possibile consultare l'andamento delle previsioni stagionali di attività del bostrico al seguente link: https://ifff-server.boku.ac.at/wordpress/index.php/phenips-online-monitoring/phenips_italy/guide/.

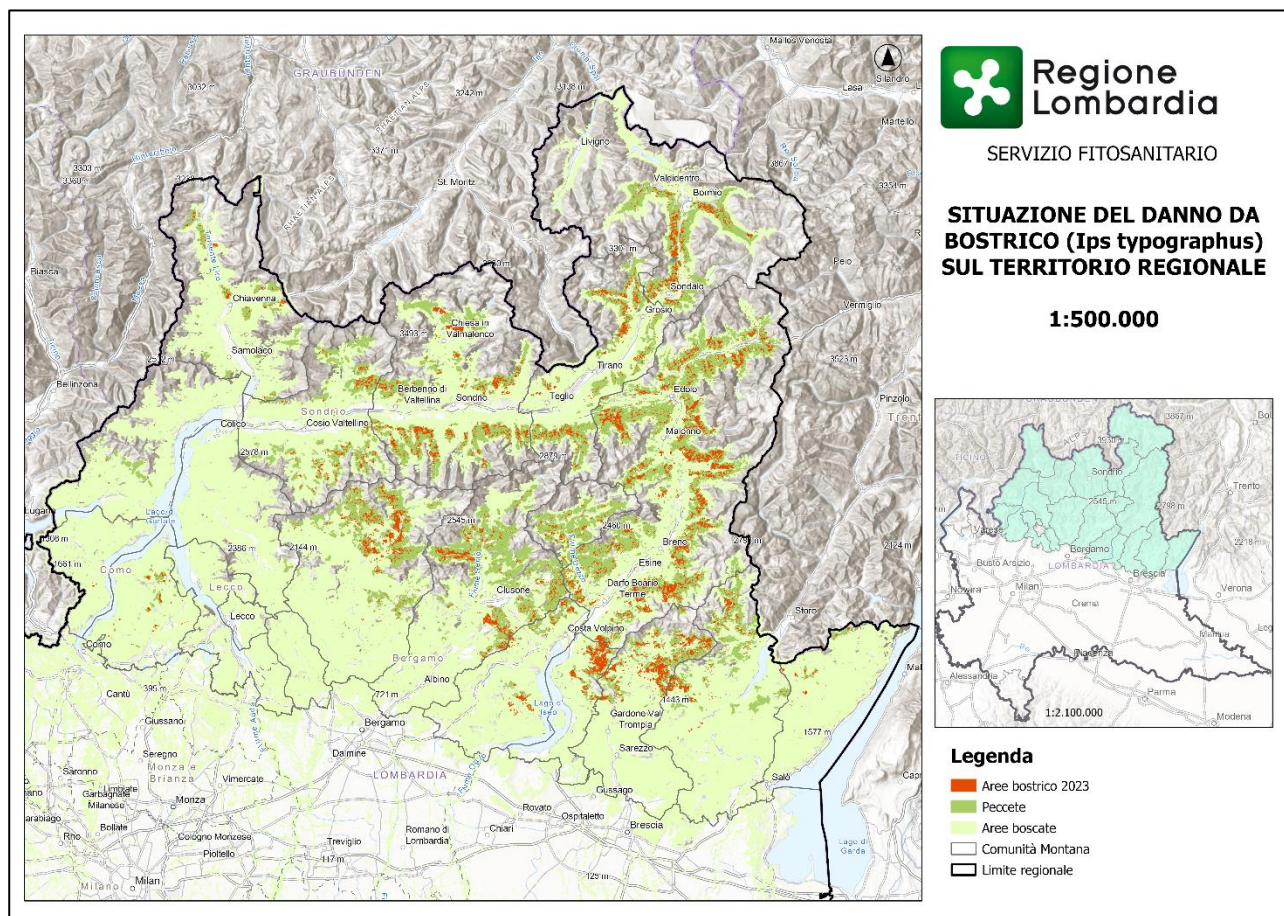
Azioni di comunicazione, informazione, formazione.

Gli interventi relativi alla comunicazione sono stati eseguiti direttamente da Regione Lombardia tramite appalto ad un'Agenzia che ha provveduto alla realizzazione di 200 poster 70X100 in forex, con relativi sostegni, 30.000 volantini (di cui 10000 in lingua inglese), 1 video, affissioni lungo percorsi stradali di grandi città e località turistiche.

Tutto il materiale cartaceo è stato distribuito e posato autonomamente (Affissioni stradali) o tramite gli Enti territoriali (Poster, volantini) nei luoghi di maggior impatto, al fine di rendere edotta la popolazione residente e non residente (turisti) del problema e delle azioni introdotte dalle istituzioni regionali lombarde.

ANALISI DEI RISULTATI

La situazione del danno da bostrico in Regione Lombardia



COMUNITA' MONTANA	AREA INDIVIDUATA 2022 ha.	AREA INDIVIDUATA 2023 ha.
ALTA VALTELLINA	120.26	207.39
ALTO GARDA BRESCIANO	11.45	17.82
LAGHI BERGAMASCHI	45.24	75.89
LARIO INTELVESE	1.62	2.91
SEBINO BRESCIANO	173.36	277.89
TRIANGOLO LARIANO	21.27	25.38
VALCHIAVENNA	46.71	61.22
VALLE BREMBANA	207.06	323.92
VALLE CAMONICA	614.02	1111.32
VALLE DI SCALVE	23.49	38.44
VALLE SABBIA	95.40	122.45
VALLE SERIANA	158.77	224.45
VALLE TROMPIA	214.00	340.16
VALLI DEL LARIO E DEL CERESIO	1.37	1.64
VALLI DEL VERBANO	8.52	10.77
VALTELLINA DI MORBEGNO	45.58	67.87
VALTELLINA DI SONDRIO	210.69	342.61
VALTELLINA DI TIRANO	91.59	152.36
ESTERNE ALLE COMUNITA' MONTANE	27.11	34.83
TOTALE	2117.50	3439.31

Fig. 1: la situazione del danno da Bostrico (*Ips typographus*), in blu, in Lombardia alla fine del 2023. Dati raccolti dalla fotointerpretazione satellitare. In rosso la localizzazione delle aree bostricate nel 2023. In tabella confronto tra superfici colpite individuate nel 2022 e nel 2023.

La rete di monitoraggio

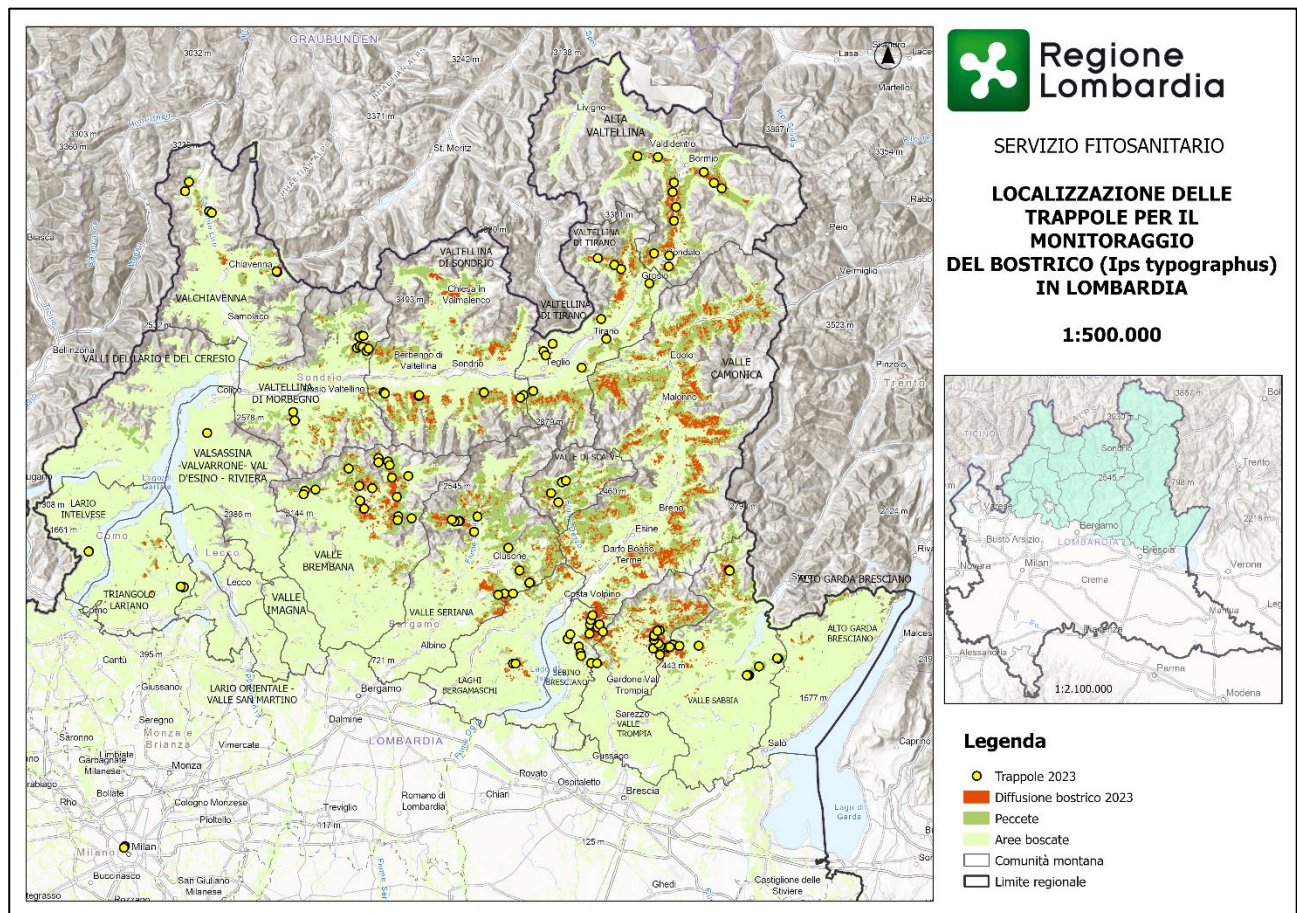


Fig. 2: localizzazione delle trappole per il monitoraggio di bostrico in Lombardia, anno 2023.

I risultati del monitoraggio

Di seguito vengono riportati grafici e tabelle risultato dell'elaborazione dei dati. Nei grafici seguenti sono prese in considerazione unicamente i dati provenienti dalla rete regionale.

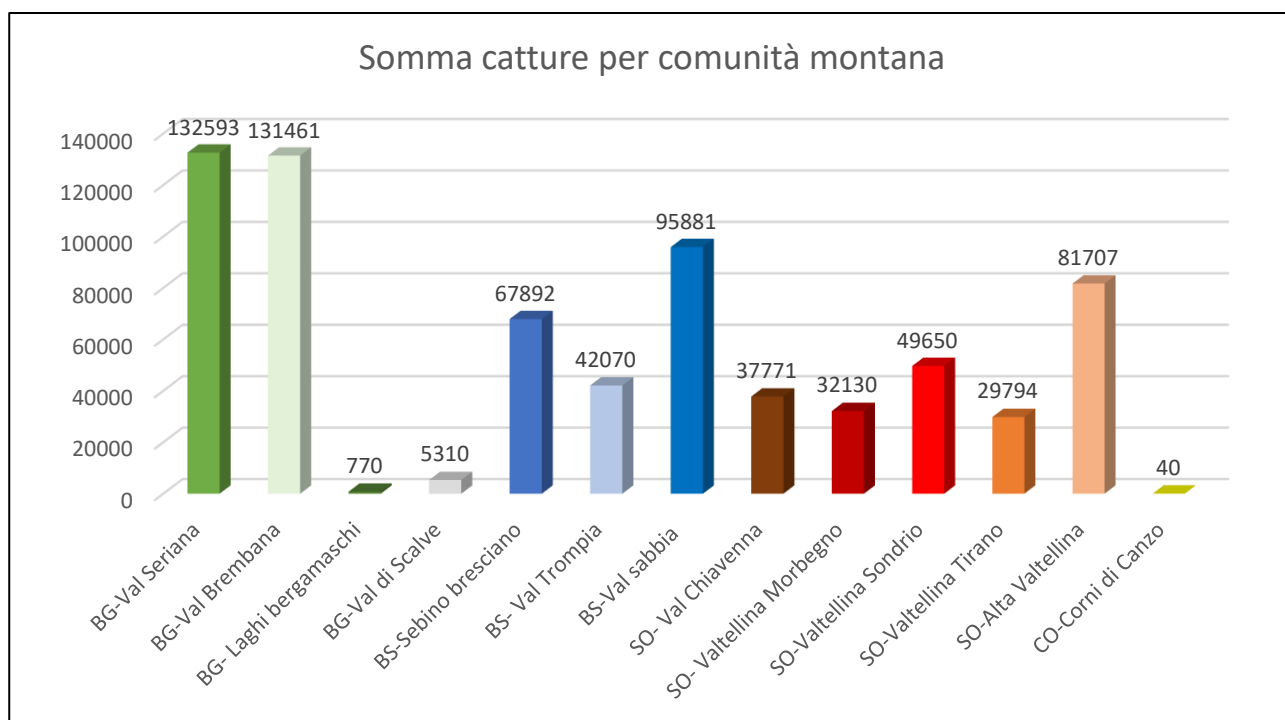


Fig. 3: somma cumulata delle catture, per Comunità Montana.

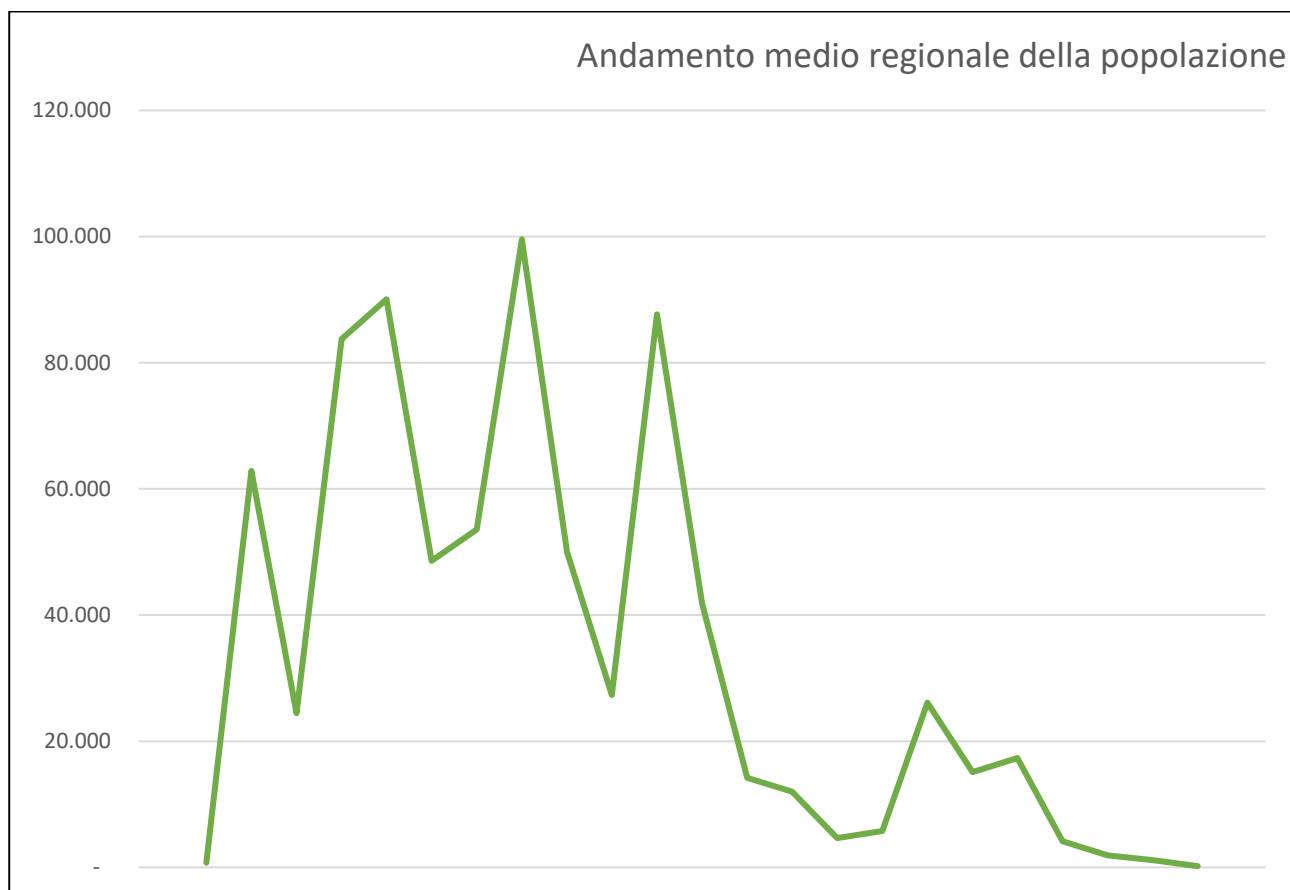


Fig. 4: Andamento della popolazione. Si nota un picco principale tra la metà maggio e inizio giugno.

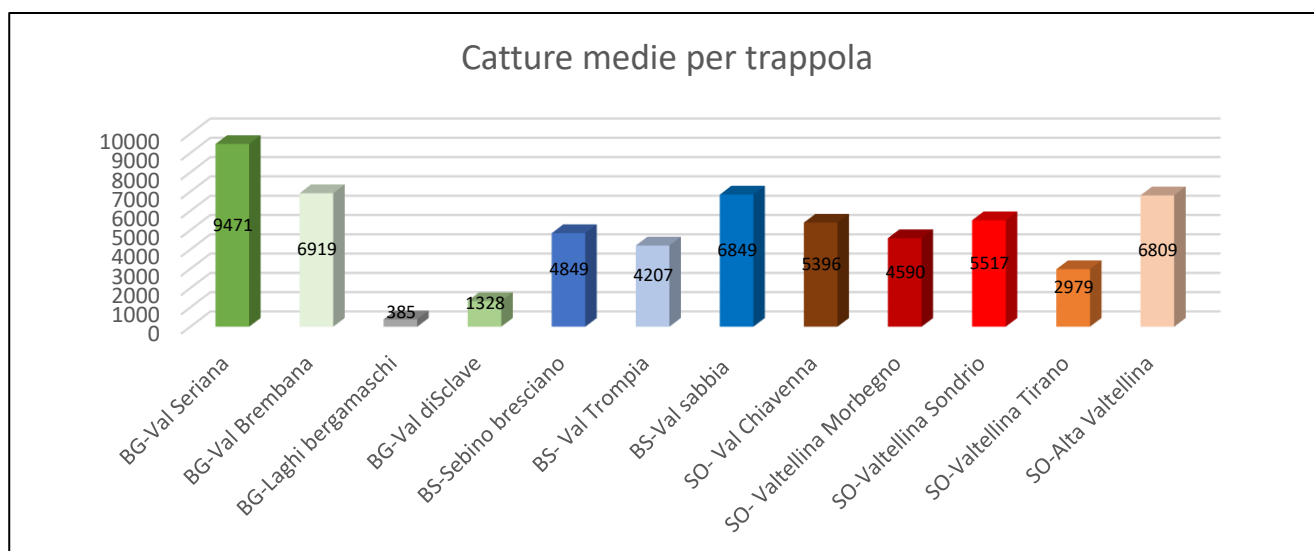


Fig. 5: Catture medie per Comunità Montana. Si può notare il picco di catture per la CM di valle Seriana, valle Brembana, Val Sabbia e alta Valtellina.

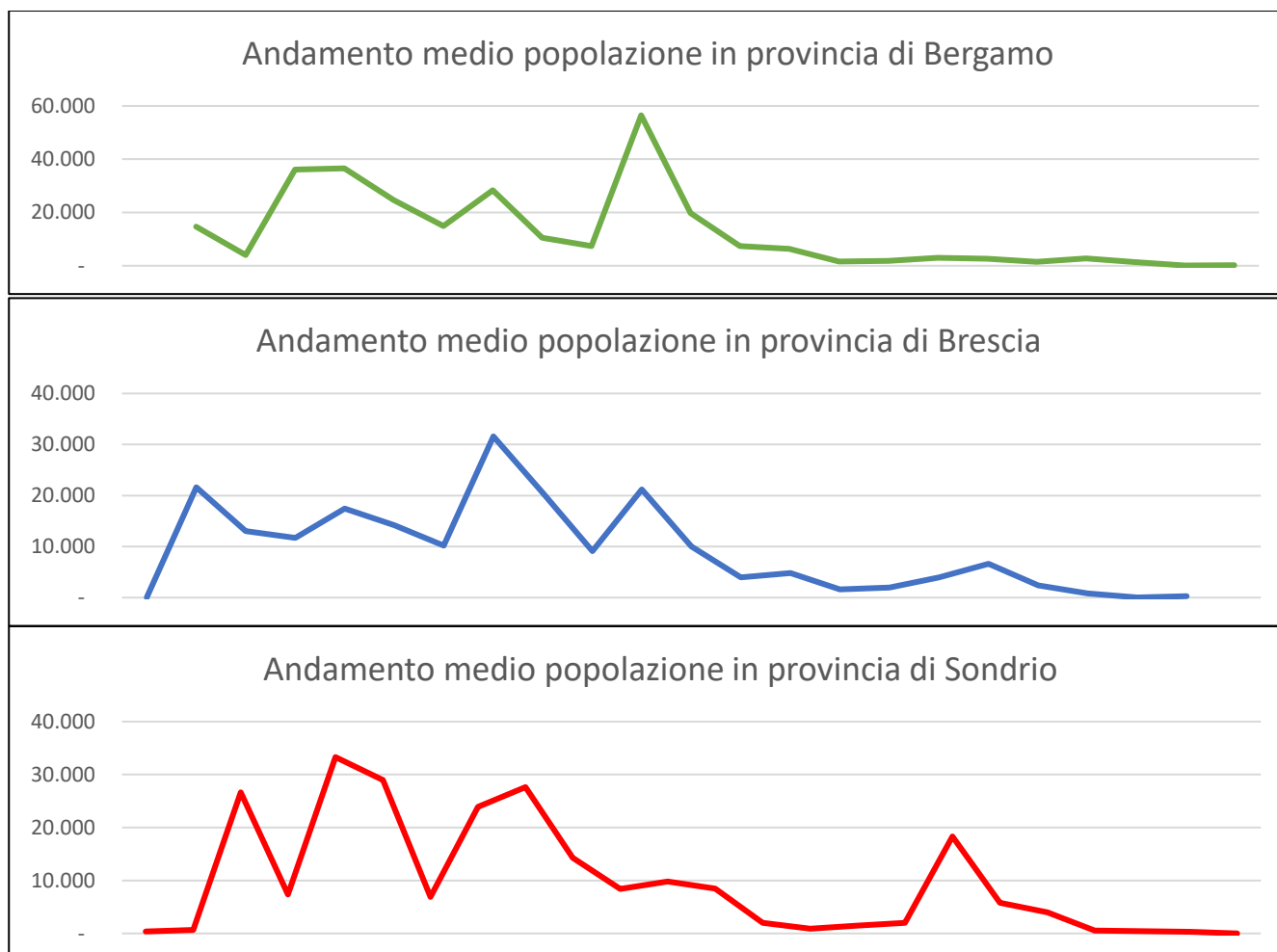
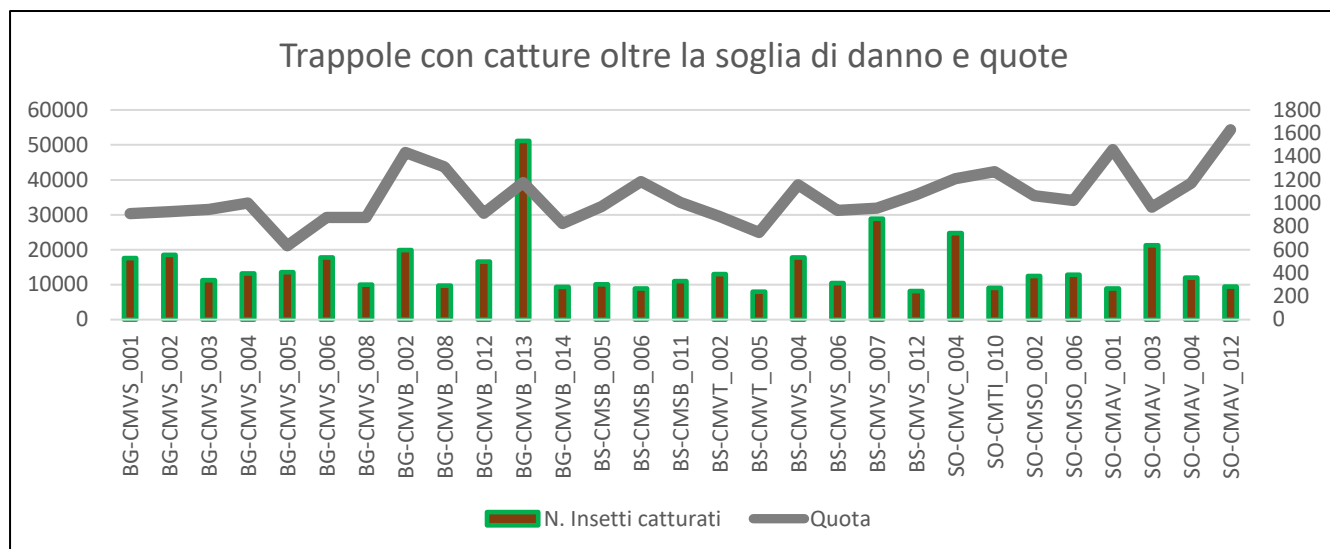


Fig. 6: andamento medio delle popolazioni dell'insetto nelle tre principali province colpite dal fenomeno. I dati si riferiscono alle catture effettuate da maggio a settembre.



Cod. trappola	N. Insetti catturati	Quota
BG-CMVS_001	17590	909
BG-CMVS_002	18510	927
BG-CMVS_003	11310	947
BG-CMVS_004	13248	1002
BG-CMVS_005	13560	634
BG-CMVS_006	17760	876
BG-CMVS_008	9960	876
BG-CMVB_002	19875	1434
BG-CMVB_008	9716	1312
BG-CMVB_012	16634	914
BG-CMVB_013	51121	1177
BG-CMVB_014	9347	824
BS-CMSB_005	10089	970
BS-CMSB_006	8905	1186
BS-CMSB_011	11032	1006
BS-CMVT_002	13062	886
BS-CMVT_005	8000	747
BS-CMVS_004	17765	1158
BS-CMVS_006	10459	938
BS-CMVS_007	28893	957
BS-CMVS_012	8212	1071
SO-CMVC_004	24738	1210
SO-CMTI_010	9055	1269
SO-CMSO_002	12450	1065
SO-CMSO_006	12850	1022
SO-CMAV_001	8930	1459
SO-CMAV_003	21305	966
SO-CMAV_004	12005	1171
SO-CMAV_012	9450	1630

Fig. 7: Trappole con catture oltre la soglia di danno (8000 insetti catturati per trappola/anno) con quote di posizionamento.

In allegato sono riportati i dati rilevati suddivisi per Comunità Montana

IDENTIFICAZIONE DELLE PROBABILI SUPERFICI INFESTATE DA IPS TYPOGRAPHUS IN LOMBARDIA MEDIANTE TELERILEVAMENTO¹

In seguito alla tempesta Vaia (29 ottobre 2018) e agli effetti legati ai cambiamenti climatici (tempeste, temperature oltre la norma, periodi siccitosi), le popolazioni del Bostrico dell'Abete Rosso (*Ips typographus* L.) sono cresciute in modo straordinario, in particolare dal 2020 il Bostrico dell'Abete Rosso è uscito dallo stato di equilibrio ecosistemico iniziando la fase di infestazione epidemica su tutto l'arco alpino e ben oltre. L'ampia diffusione dello scolitide in aree anche poco accessibili ostacola e rende complesse e costose le campagne di monitoraggio sul campo fondamentali per la creazione di misure di governance atte a prevenire e mitigare e limitare gli effetti. Inoltre, il conteggio delle catture di scolitidi dalle trappole a ferormone non sempre non sempre può fornire indicazioni esaustive sull'evoluzione e la dinamica dell'infestazione.

Il telerilevamento può aiutare a superare tali limiti in quanto non solo fornisce dati frequenti e spazialmente continui ma anche informazioni sulle condizioni della vegetazione sfruttando la riflettanza della canopy delle piante nelle differenti bande dell'infrarosso. Grazie a ciò è possibile realizzare una mappatura del probabile danno e dello stato di diffusione del Bostrico.

Una valutazione dei danni su scala regionale è fondamentale per pianificare qualsiasi misura di governance per contenere, monitorare la diffusione, per lo stanziamento e la distribuzione di risorse economiche e misure compensative. L'azione di monitoraggio su vasta scala sarà sempre più importante, considerando che si prevede che in futuro i disturbi abiotici e biotici si verificheranno con una frequenza crescente a causa degli impatti dei cambiamenti climatici.

L'obiettivo del presente studio è quindi l'identificazione delle probabili aree bostricate presenti nel territorio lombardo valutando anche immagini telerilevate di diversa risoluzione, la loro quantificazione ed evoluzione a partire dal 2018 per le stagioni 2022 e 2023.

Strumenti

Immagini satellitari:

- Immagini satellitari multispettrali (MSI) acquisite dai satelliti della missione Sentinel-2 Level 2A del programma Copernicus (Global Monitoring for Environment and Security) dell'Agenzia Spaziale Europea;
- Immagini satellitari multispettrali Pléiades 0,5 m;
- Ortofoto della Regione Lombardia 2021;
- Immagini Google;
- Immagini Bing;
- Immagini acquisite da drone.

Software GIS:

- ArcGIS Pro versione 3.0.3;
- ArcMap versione 10.8.

Area di studio

L'area di studio è stata inizialmente individuata utilizzando le aree classificate come "Piceo-Faggete" e "Peccete" all'interno dei Piani di indirizzo Forestali.

¹ ATTIVITÀ REALIZZATA DA ERSAF A SEGUITO DELL'APPROVAZIONE DEL DECRETO N. 7703 DEL 24/05/2024 PIANO PER LA GESTIONE DEL BOSTRICO PER L'ANNUALITÀ 2023

In seguito ad analisi visive ci si è resi conto che l'Abete Rosso e quindi anche le probabili aree infestate si estendono anche al di fuori delle aree selezionate. Vi sono inoltre vaste aree di *Pinus Sylvestris* colpite da Bostrico (es. Valmalenco). Per questi motivi l'area di studio è stata successivamente allargata sino a comprendere tutte le aree boscate regionali, utilizzando la classificazione DUSAF 7: categoria 3 del 1° livello ("territori boscati e ambienti seminaturali") e categoria 1 del 2° livello (aree boscate).

Workflow

Al fine di individuare e mappare le aree probabilmente colpite da infezione da Bostrico è stato impiegato il metodo Change Detection. Partendo da un modello T0, rappresentato dalle immagini pre-Vaia del 2018, si sono confrontate le variazioni nel tempo T1 (anno 2022) e T2 (anno 2023) delle aree prive di vegetazione o con uno stato unhealthy della copertura vegetale individuate mediante indici vegetazionali (NDVI) e Supervised Classification.

Il risultato è una sequenza temporale di aree sulla quale vi è stata un'alterazione dello stato della vegetazione e dei popolamenti forestali che include sia gli stadi dell'infezione dello scolitide (fase verde, grigia e rossa), ma anche schianti dovuti a tempeste, alberi morti o alterazioni antropiche del bosco. Al fine di restringere il più possibile i risultati alle sole aree colpite dal Bostrico sono stati effettuati controlli visivi e sono state escluse dalle analisi tutte le zone che rientrano nel layer "Boschi_danneggiati_Tempesta_Vaia_2018" scaricato dal Geoportale di Regione Lombardia (<https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>) (Fig. 1-2).

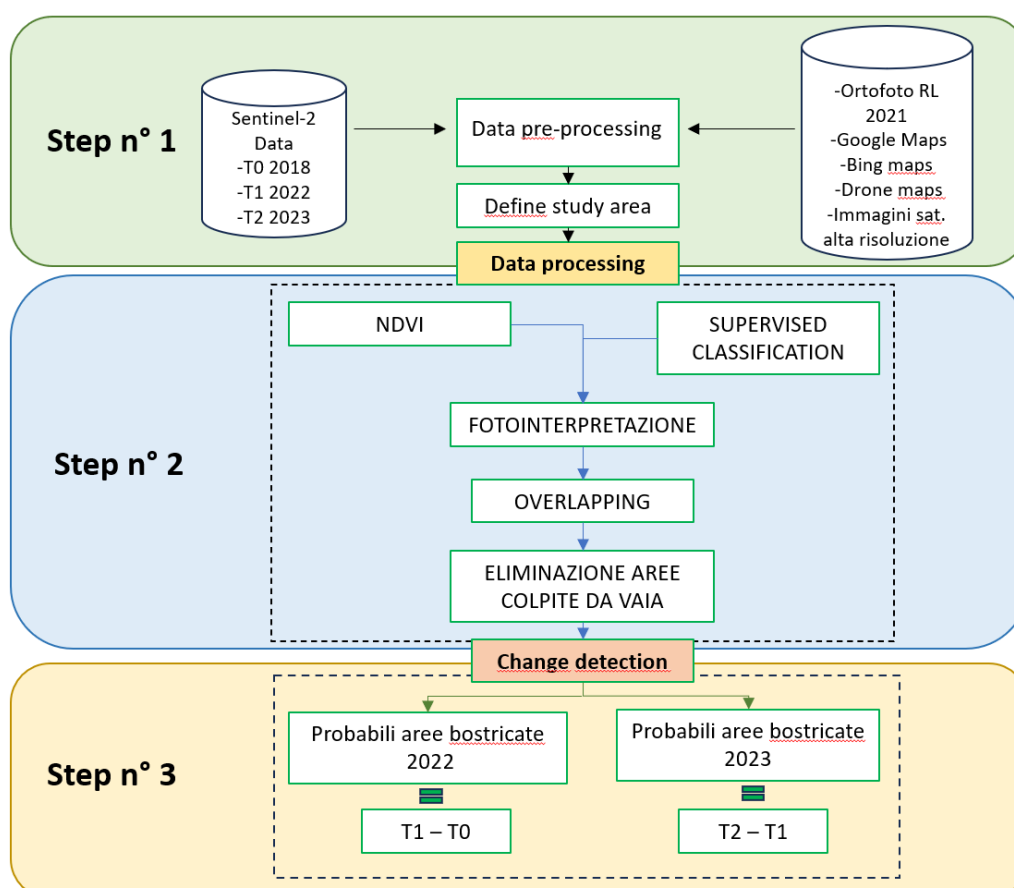


Figura 1 Schema che illustra il work flow utilizzato per individuare le probabili aree bostricate mediante impiego di immagini satellitari.



Figura 2 Periodi temporali studiati, T0 → fotografia dell'area di studio pre-evento Vaia, T1 → post estate 2022, T2 post estate 2023

Step n°1 - Predisposizione delle immagini satellitari Sentinel-2

Sono state utilizzate immagini Sentinel-2 level 2A, nello specifico le bande 2-3-4-8 con risoluzione spaziale 10 metri. Le immagini sono reperibili gratuitamente al portale dedicato <https://dataspace.copernicus.eu/>.

Le immagini sono state selezionate all'interno del periodo che va da inizio settembre a metà ottobre corrispondente all'ipotetico termine del ciclo fenologico del Bostrico ovvero alla sua massima diffusione areale. Oltre il mese di ottobre la declinazione del sole causa l'allungamento delle ombre nelle immagini rendendole meno fruibili, inoltre la presenza di gruppi di latifoglie che sono già nella fase fenologica di perdita dell'apparato fogliare crea alterazioni negli indici vegetazionali di cui bisognerà tenere conto. Al contrario nei mesi estivi le immagini risultano essere mediamente più luminose con minore presenza di ombre. All'interno di questa finestra temporale sono state individuate le immagini caratterizzate da una minore copertura nuvolosa, in particolare:

- per l'anno 2018, immagini acquisite in data 24 settembre 2018;
- per l'anno 2022, immagini acquisite in data 13 settembre 2022;
- per l'anno 2023, sono state identificate immagini acquisite in due differenti date: 13 ottobre 2023, per la zona alpina a nord della Valtellina, e 8 ottobre 2023 per l'area restante.

Le immagini del set di dati scaricato sono state mosaicate all'interno di un singolo raster per ognuna delle bande di interesse:

- Banda 02-blue (centro banda a 490 nm);
- Banda 03- verde (centro banda a 560 nm);
- Banda 04-rosso (centro banda a 665 nm);
- Banda 08-infrarosso vicino (centro banda 842 nm).

Dalle singole bande sono state derivate le seguenti composizioni:

- TCI (True Color Image), costruita con le bande nello spettro del visibile: Banda 02, Banda 03 e Banda 04;
- FCI (False Color Image), costruita con le bande: Banda 03, Banda 04 e Banda 08;

Step n°2 Calcolo dell'indice NDVI

Dalle immagini in banda 4 e 8 è stato calcolato l'indice di vegetazione NDVI (Normalized Vegetation Index). Tale indice è utilizzato per valutare l'attività fotosintetica. Esso mette in relazione lo spettro del rosso, in cui la clorofilla assorbe radiazione, con quello del vicino infrarosso, in cui la vegetazione riflette la radiazione.

La formula per il calcolo dell'indice è la seguente:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

In cui: NIR è il vicino infrarosso (banda 8) e R è il rosso (banda 4).

Il valore dell'indice NDVI varia tra -1 e 1. Valori negativi o vicini allo zero identificano zone in cui vi è assenza di vegetazione (es. roccia) o una copertura vegetale stressata, mentre valori prossimi all'1 indicano un'area

con vegetazione densa e sana. Diversi studi (Fernandez-Carrillo et al. 2020) evidenziano che i cambiamenti nell'attività fotosintetica sono correlati all'infestazione da scolitidi già nella fase di attacco verde.

L'NDVI ha permesso quindi di effettuare una prima panoramica sullo stato della vegetazione e una prima ricognizione delle aree in cui l'attività fotosintetica potrebbe essere compromessa. In particolare, sono state selezionate le aree con NDVI compreso tra 0,1 e 0,2. Questo range è stato ricavato dalle aree identificate visivamente come sicuramente colpite da Bostrico.

All'interno di questo intervallo, tuttavia, sono incluse superfici non colpite da bostrico, ad esempio zone di vegetazione rada o molto stressata, oppure superfici non vegetate, ad esempio i margini delle strade forestali o versanti in ombra (Fig. 3).

In una prima fase dello studio si è provato ad individuare le probabili aree bostricate mediante la comparazione dell'indice NDVI al tempo T0, T1 e T2. Nuove aree caratterizzate da valori bassi di NDVI avrebbero dovuto indicare piante morte, tagliate o malate. Tuttavia, la siccità che ha caratterizzato il 2022 ha determinato condizioni di stress alla vegetazione con diffusi valori di NDVI fortemente inferiori a quelli del 2018. Per queste ragioni il solo indice vegetazionale non è stato sufficiente a discretizzare le sole aree infestate.

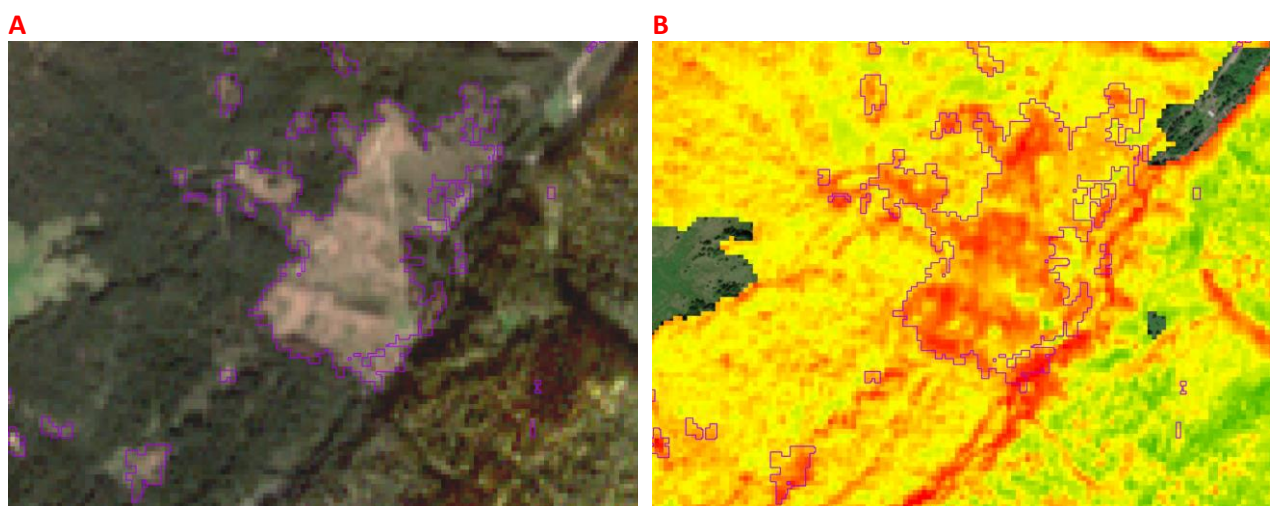


Figura 3 **A** Immagine TCI Sentinel-2B acquisita il 13/10/2023, delimitata in viola l'area probabilmente bostricata individuata dal modello. **B** Mappa dell'indice NDVI, le colorazioni rosse e gialle indicano anomalie nella copertura vegetale in viola l'area probabilmente bostricata individuata dal modello, si nota come l'indice viene influenzato dalle zone d'ombra.

Step n°2 - Supervised Classification delle immagini satellitari

Ad integrazione dello studio dell'indice NDVI le immagini satellitari sono state processate mediante classificazione semi-automatica. La Supervised Classification è una tecnica del telerilevamento che si basa sulla conoscenza a priori delle informazioni che si vogliono estrarre, per questo motivo vengono utilizzate delle aree campione caratteristiche (training area). Successivamente i valori di Digital Number dei pixel in esse ricadenti vengono utilizzati per classificare l'intera scena. Il software compara la firma spettrale di ciascun pixel dell'immagine con la firma delle aree training. Se le firme sono simili, allora il pixel verrà aggregato a quella classe, altrimenti verrà scartato.

L'addestramento del software per il modello T1 (2022) è stato fatto mediante 233 training area individuate visivamente sulle immagini all'interno delle aree segnalate dalle Comunità Montane mentre per il T2 (2023) sono stati impiegati gli output del modello T1.

La Supervised Classification è stata applicata sull'intera area di interesse al tempo T0, T1, T2, sia sulle immagini TCI che FCI integrando quindi anche le informazioni della banda del vicino infrarosso più sensibile alle alterazioni prodotte nelle piante dal Bostrico rispetto alle bande del visibile. Esiste infatti una variazione

significativa in riflettanza del near infrared delle aree danneggiate dagli scolitidi rispetto ai valori di riflettanza di popolamenti forestali sani. (Candotti, A. et All; Un quadro di monitoraggio multitemporale basato su Sentinel-2 per il rilevamento del vento e degli scarabei della corteccia e la mappatura dei danni. *Remote Sensing* 2022, 14 , 6105. <https://doi.org/10.3390/rs14236105>) (Fig. 4).

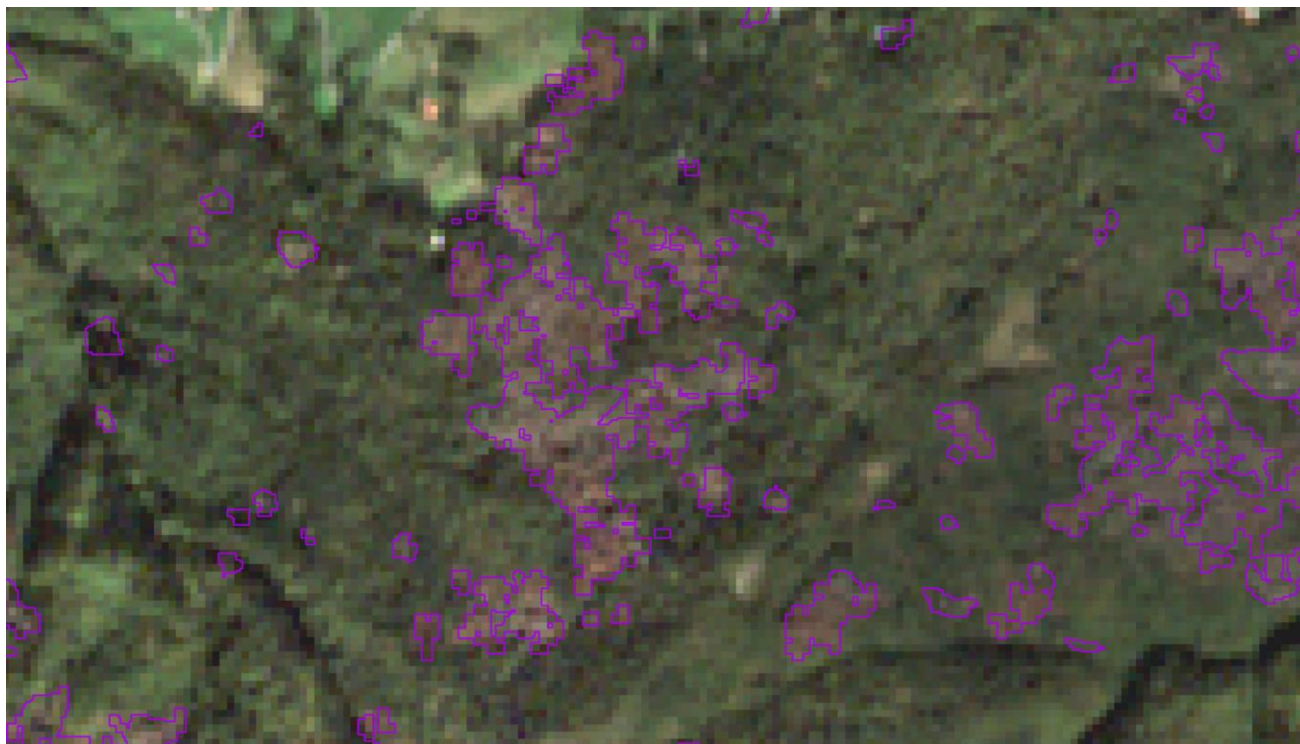


Figura 4 Immagine Sentinel-2B TCI acquisita il 13/10/2023 con risoluzione spaziale di 10 m, in viola le aree bostricate (2023) individuate mediante Supervised Classification.

Step n°2 - Incrocio dati NDVI- Supervised Classification e fotointerpretazione

Al fine di ottenere una mappatura il più possibile obiettiva, precisa e attendibile, i risultati ottenuti dall'indice NDVI e dalla Supervised Classification sono stati tra loro incrociati mediante processo di overlapping spaziale. Il procedimento ha consentito di eliminare gran parte dei pixel ricadenti in zone d'ombra, nuvole o in aree dell'immagine sovraesposte o comunque poco attendibili.

Le rimanenti aree non correttamente classificate dai modelli sono state eliminate mediante fotointerpretazione.

Step n°2 - Integrazione con immagini ad alta risoluzione - periodo T1 (2022)

Le aree individuate dal modello come potenziali bostricate al tempo T1, anno 2022, sono state integrate da un processo di fotointerpretazione delle immagini Google e Bing (2019-2022), dall'ortofoto di Regione Lombardia (2021) e dalle ortofoto (2022) derivate da volo drone in Val Ardesio.

L'impiego di queste immagini con risoluzioni inferiori ai 50 cm ha permesso non solo di individuare un grande numero di attacchi che purtroppo a causa della minore risoluzione non erano visibili nelle immagini Sentinel-2 ma anche di correggere alcune aree classificate in modo non corretto poiché, ad esempio, il singolo pixel ricade sia sul bosco che su una superficie non vegetata come una strada (Fig. 5-6).



Figura 5 Confronto tra immagine Sentinel-2 TCI acquisita il 13/10/2023 **A** e immagine legata ad acquisizione Lidar Valgrigna autunno 2022 **B**. In azzurro l'area probabilmente bostricata individuata dal modello. Si noti come nell'immagine A le aree bostricate sono scarsamente visibili.

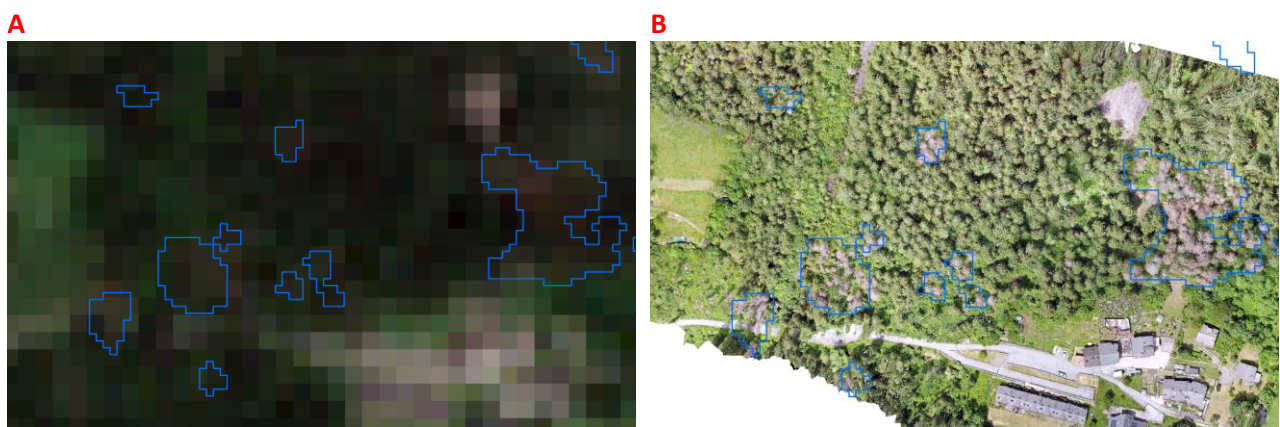


Figura 6 Confronto tra immagine Sentinel-2 TCI acquisita il 13/10/2023 **A** e immagine acquisita da drone in Val Ardesio **B**. In azzurro l'area probabilmente bostricata individuata dal modello.

Step n°2 - Integrazione con immagini ad alta risoluzione - periodo T2 (2023)

Le aree individuate dal modello come potenziali bostricate al tempo T2, anno 2023, sono state integrate da un processo di analisi e fotointerpretazione basato su 3 immagini satellitari multispettrali Pléiades con risoluzione 50 cm. catturate tra il 22 agosto 2023 e il 29 settembre 2023. Le scene coprono parte delle seguenti comunità montane (Fig. 7):

- Alta Valtellina;
- Valtellina di Tirano;
- Valle Camonica;
- Valle Trompia;
- Valle Sabbia;
- Valle Brembana;
- Valle Seriana.



Figura 7 Aree coperte dalle immagini satellitari ad alta risoluzione Pléiades risoluzione 50 cm.

L'intero dataset è stato valutato mediante calcolo dell'indice vegetativo NDVI e Supervised Classification. Il processo ha permesso una migliore definizione, perimetrazione e correzione delle aree trovate dal modello basato su immagini Sentinel-2 e l'individuazione di ulteriori superfici in particolare modo quelle inferiori ai 50 m². in molti casi anche una mappatura a livello di singola pianta e la distinzione delle fasi green, grey e red attack (Fig. 8-9-10-11).

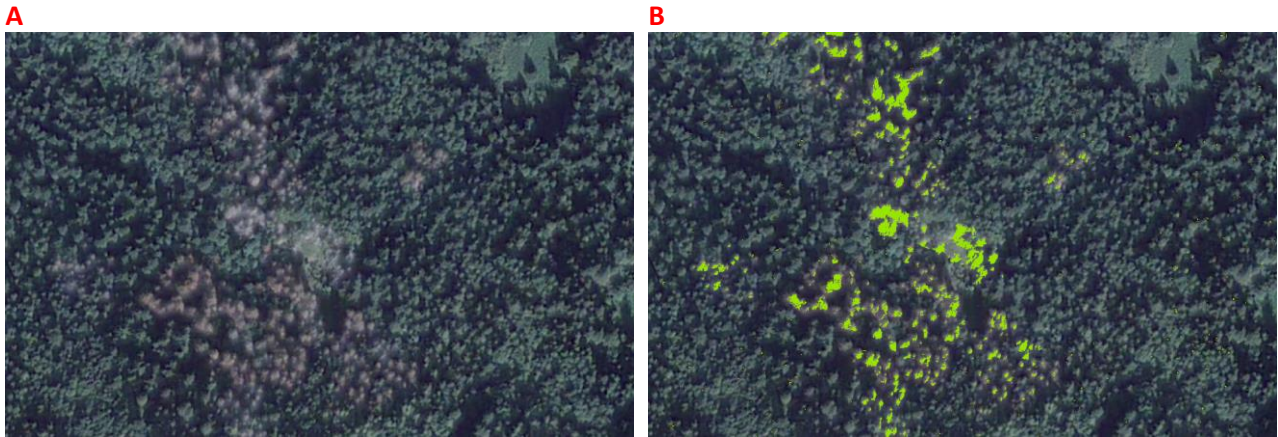


Figura 8 Immagine **A** Pléiades risoluzione 50 cm. mostra le differenti fasi dell'infezione nello specifico quella rossa e quella grigia, L'immagine **B** mostra in verde il risultato del processo della Supervised Classification, che ha permesso l'individuazione dei singoli alberi.

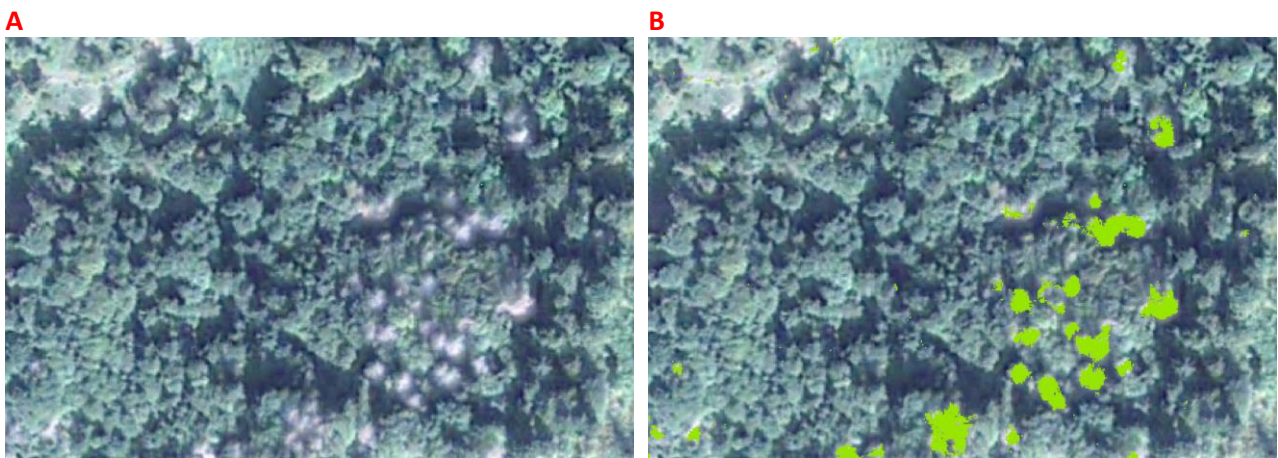


Figura 9 Immagine **A** Pléiades risoluzione 50 cm. L'immagine **B** mostra in verde il risultato del processo della Supervised Classification, che ha permesso l'individuazione dei singoli alberi.



Figura 10 Confronto tra immagine Sentinel-2 TCI acquisita il 13/10/2023 **A** e l'immagine Pléiades risoluzione 50 cm **B**. in giallo l'area probabilmente bostricata non riconoscibile da immagini Sentinel-2.

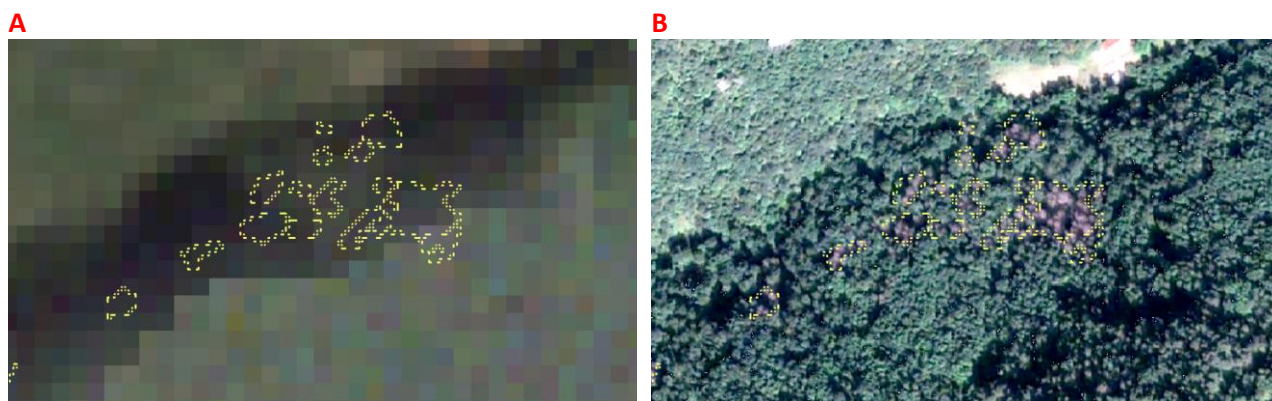


Figura 11 Confronto tra immagine Sentinel-2 TCI acquisita il 13/10/2023 **A** si nota una vasta fascia buia dovuta a ombre che rende impossibile l'identificazione di aree bostricate e l'immagine Pléiades risoluzione 50 cm **B**. in giallo l'area probabilmente bostricata riconosciuta.

Ad integrazione è stata analizzata una quarta immagine satellitare ad altissima risoluzione 30 cm. acquisita il 25 giugno 2023 ricadente all'interno della comunità montana Alta Valtellina (Fig. 12) e in gran parte sovrapponibile alle immagini Pléiades.



Figura 12 Area coperta dall'immagine satellitare ad altissima risoluzione 30 cm.

La sovrapposizione tra i 2 differenti dataset ad alta risoluzione acquisiti a 3 mesi di distanza tra loro ha consentito di valutare l'evoluzione dell'infezione durante il breve arco temporale confermando l'elevata velocità di propagazione degli attacchi (Fig. 13).

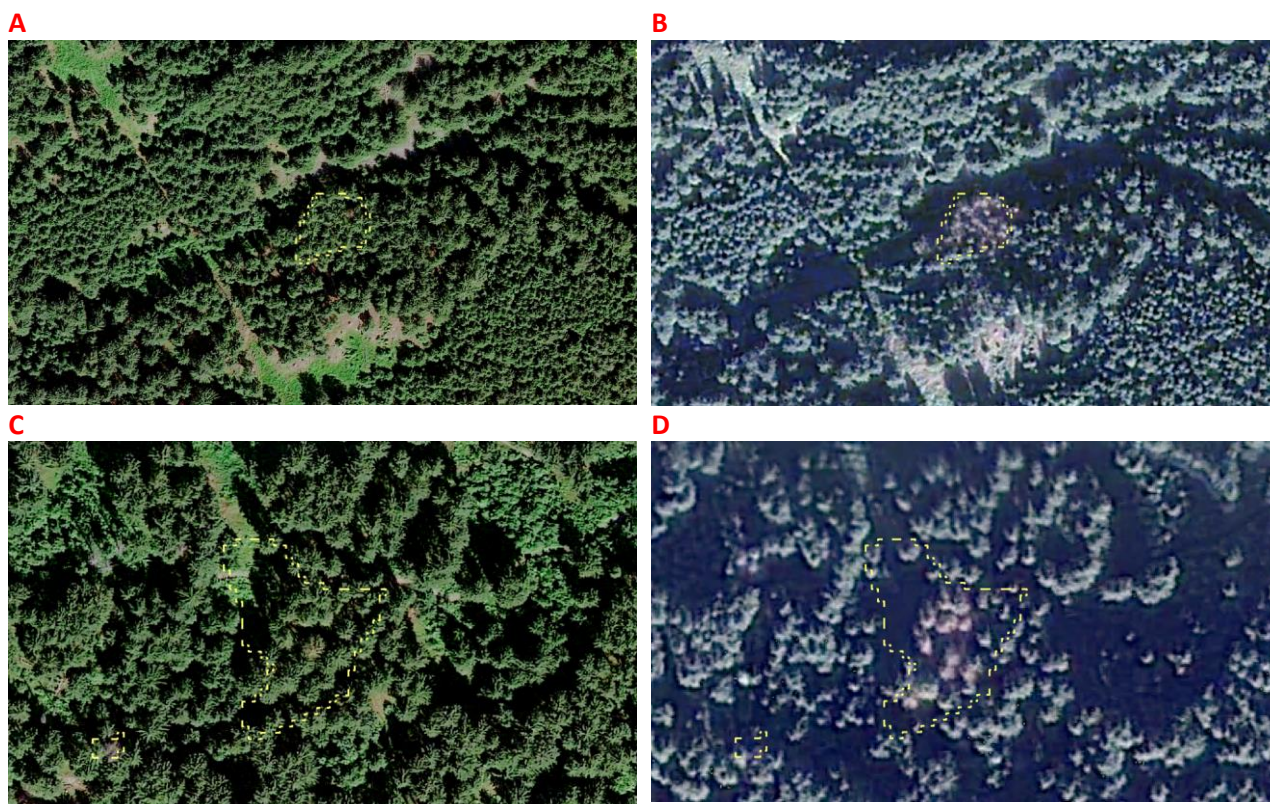


Figura 13 Immagini A-C acquisite il 25 giugno 2023 all'interno dell'area evidenziata in giallo si vede una sola pianta in fase red attack. Immagini B-D acquisite il 29 settembre 2023 le piante in fase red attack riempiono l'intera area evidenziata in giallo.

Step n°3 - Change Detection

La mappatura finale delle aree danneggiate dal Bostrico ha richiesto un approccio multi-temporale (Fig. 16). L'immagine del 24 settembre 2018 è stata considerata come T0, tutte le modifiche successive al tempo T0 avvenute alla copertura vegetativa evidenziate dagli indici vegetazionali, dalla Supervised Classification e verificate da fotointerpretazione sono state considerate come zone probabilmente infestate. Al contrario aree con assenza di vegetazione o in uno stadio unhealthy già presenti al tempo T0 non sono state prese in considerazione.

Questo approccio ha il limite di assimilare le zone infestate con aree, ad esempio, dove vi è stata una modifica antropica del bosco o schianti dovuti a tempeste. Nel controllo visivo si è cercato per quanto possibile di correggere questa situazione. Inoltre, ai risultati, sono state sottratte tutte le aree danneggiate dalla tempesta Vaia contenute all'interno del layer "Boschi_danneggiati_Tempesta_Vaia_2018" scaricato dal Geoportale di Regione Lombardia (<https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>). Da controlli visivi e solo in alcune aree, il layer non rappresenta però in modo corretto gli schianti dovuti alla tempesta del 2018 poiché copre aree di dimensioni maggiori che oggi invece presentano piante ancora in piedi o colpite da Bostrico. Viceversa sono state notate alcune aree con schianti che sembrerebbero non collegate a cluster di Bostrico ma probabilmente dovute a Vaia (Fig. 14-15).

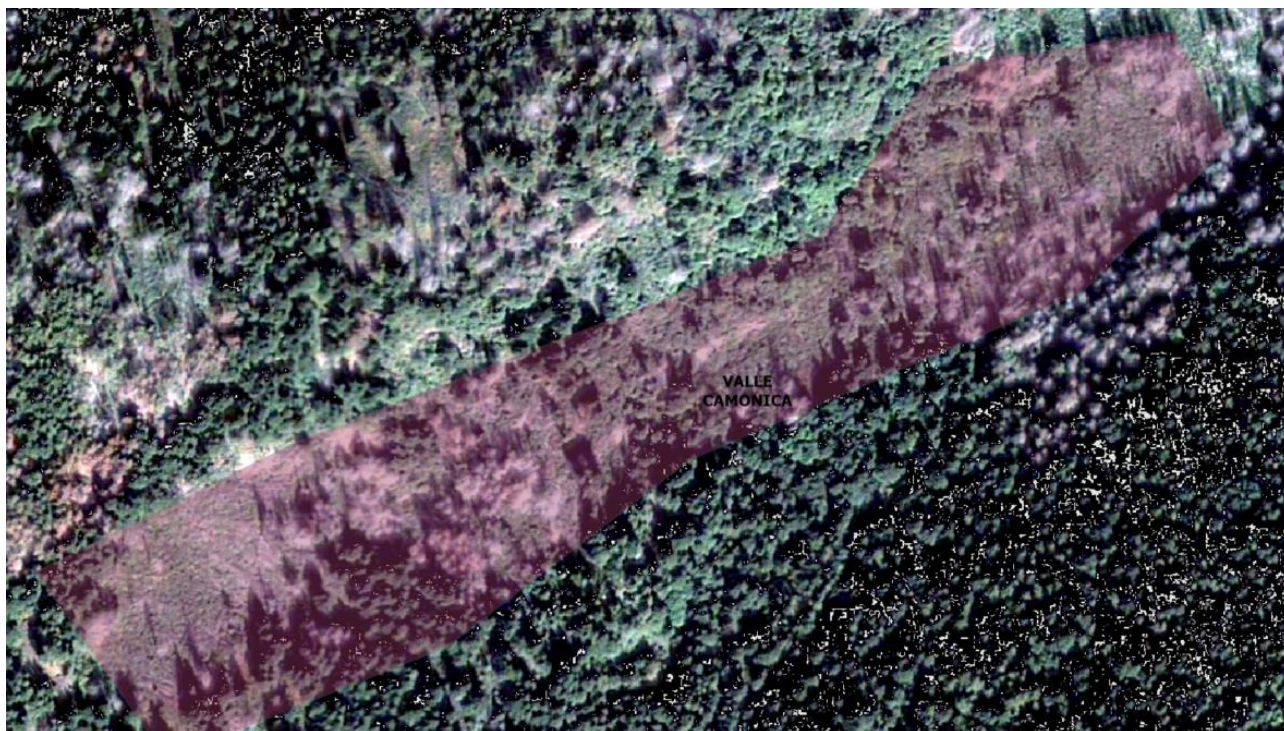


Figura 14 In viola il dataset “Boschi_danneggiati_Tempesta_Vaia_2018”, come si può notare al suo interno vi sono sia piante in buona salute che colpite da Bostrico. Basemap immagine Pléiades risoluzione 50 cm 29/09/2023.

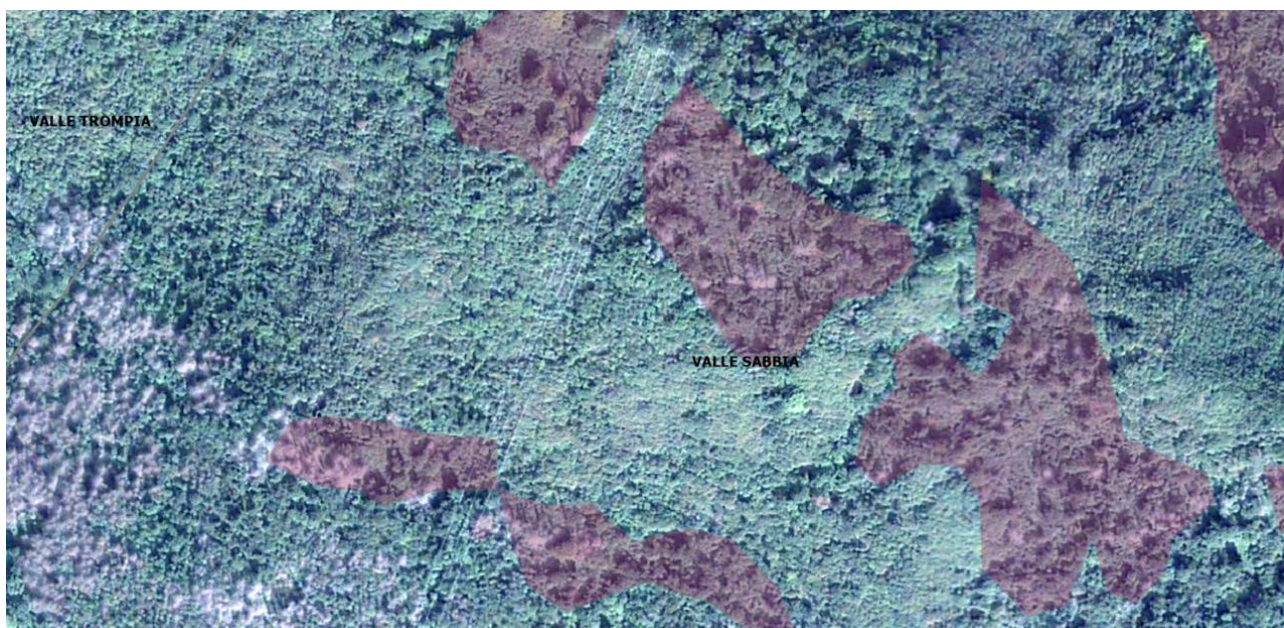


Figura 15 In viola il dataset “Boschi_danneggiati_Tempesta_Vaia_2018”, come si può notare al suo interno vi sono sia piante in buona salute che colpite da Bostrico. Basemap immagine Pléiades risoluzione 50 cm 29/09/2023.

Gli stadi temporali analizzati nel presente studio sono:

T0→24 settembre 2018

T1→13 settembre 2022

T2→8/13 ottobre 2023

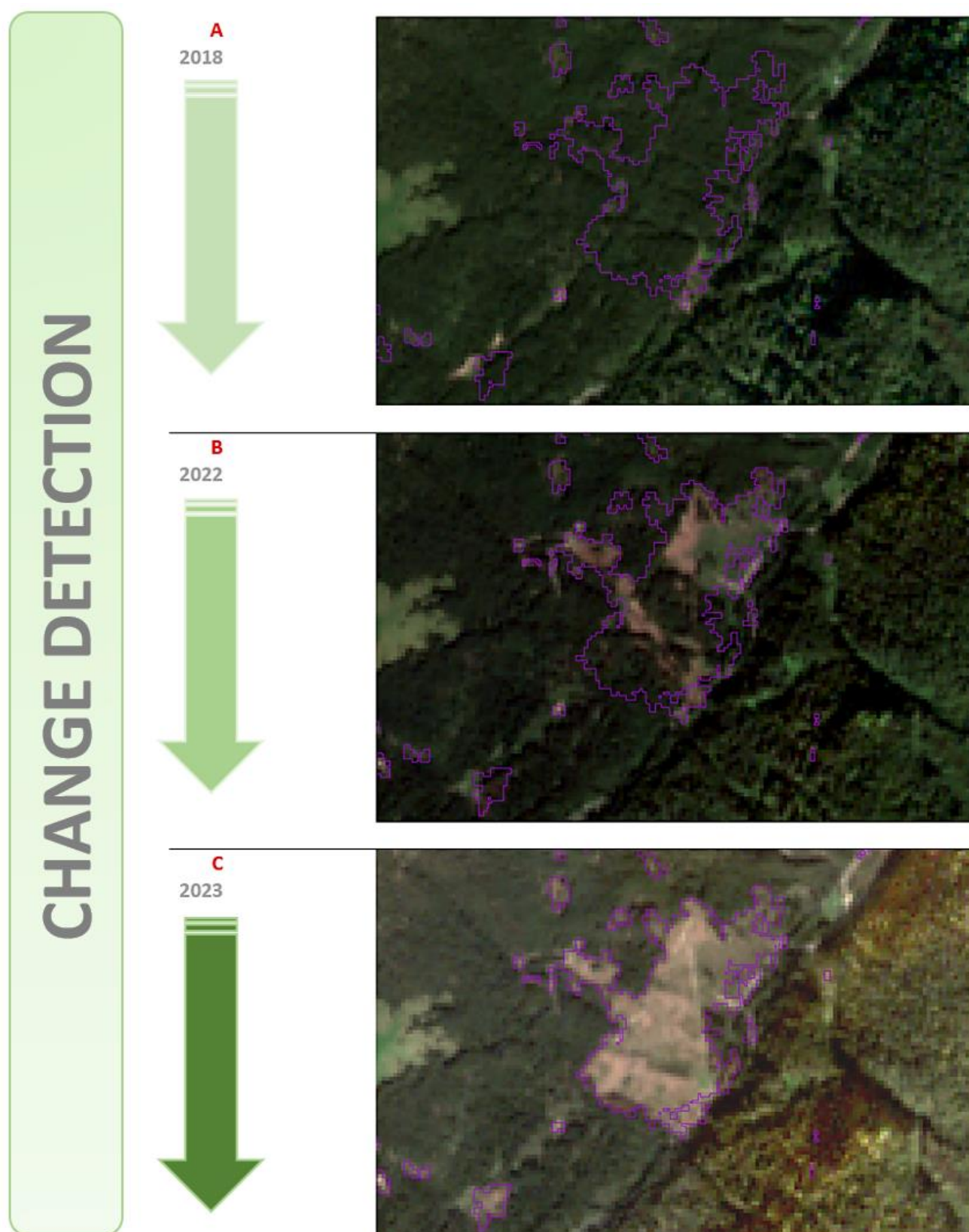


Figura 16 Change Detection, confronto tra immagini Sentinel-2B TCI al tempo: T0 (**A** 2018) - T1 (**B** 2022) - T2 (**C** 2023). in viola le aree probabilmente bostricate individuate dal modello.

Conclusioni e risultati

L'impiego delle immagini Sentinel-2 grazie alla loro disponibilità temporale, consente un'ampia scelta di immagini, aspetto importante poiché le aree montane in tarda estate sono spesso coperte da nuvole. Inoltre, il sensore multispettrale permette di acquisire le informazioni al di fuori del campo del visibile, in particolare nel vicino infrarosso, permettendo di rilevare le differenze di riflettanza rispetto ai popolamenti forestali sani già quando non ci sono cambiamenti visibili al livello del suolo. In alcuni casi la differenza spettrale rilevata non è direttamente collegabile alla prima fase di attacco, ciò nonostante, rappresenta una preziosa informazione poiché può essere correlata alla debolezza e allo stress, che rendono gli alberi vulnerabili alla selezione e quindi all'infestazione. Non per ultimo le immagini Sentinel-2 sono prive di costi in quanto prodotti accessibili gratuitamente.

Per questi motivi il loro utilizzo in questo studio si è rivelato uno strumento potente per l'individuazione, la mappatura e il monitoraggio a media e grande scala di tutte le alterazioni dei popolamenti forestali a differenti scale temporali.

Tuttavia, la risoluzione a 10 metri delle immagini Sentinel-2 rappresenta un fattore limitante per indagini più accurate e precise come, ad esempio, l'individuazione di piccoli nuclei o il monitoraggio dell'evoluzione nel breve periodo dell'infezione per le quali rimangono fondamentali le immagini satellitari ad alta risoluzione o acquisizioni da drone. Immagini con risoluzioni più spinte rappresentano inoltre un importante strumento per la correzione dei falsi positivi assieme ad accurate indagini sul campo imprescindibili per una visione più corretta dell'attuale situazione fitosanitaria dei boschi.

Complessivamente l'utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione ha permesso di riconoscere 56 ha. di aree potenzialmente bostricate in più, il 6% della superficie mappata e di correggere 11 ha. circa 1% di falsi positivi dovuti a zone d'ombra, strade o radure (Fig 17).

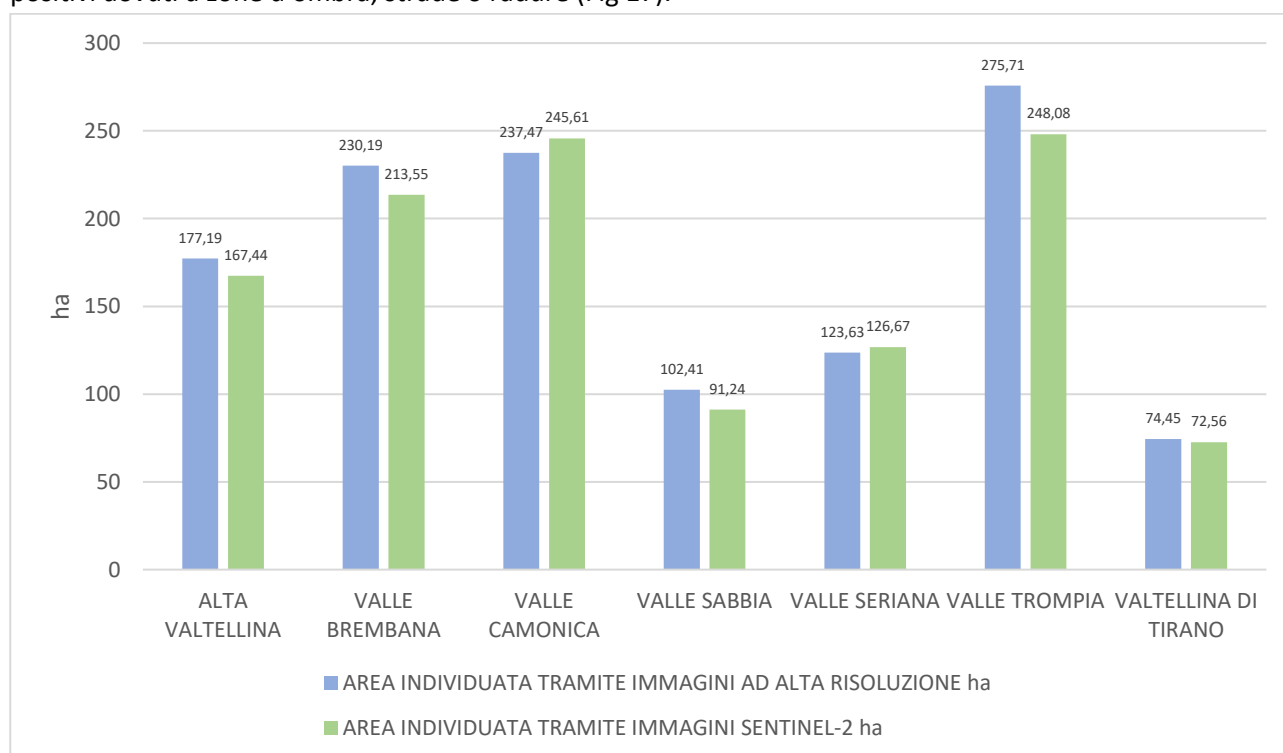


Figura 17 Confronto tra le aree potenzialmente bostricate individuate mediante immagini Sentinel-2 (verde) e immagini ad alta risoluzione (azzurro) nelle sole zone coperte da entrambi i dataset.

Le maggiori criticità emerse nello studio delle immagini satellitari sono legate alla presenza di ombre, tipicamente nei versanti esposti a nord che impediscono l'acquisizione delle firme spettrali necessarie. In

queste aree, in particolar modo utilizzando le sole immagini Sentinel-2, non è stato possibile effettuare una mappatura dettagliata ed esaustiva dello stato e dell'evoluzione dell'infestazione. Tuttavia, queste aree sono quelle meno esposte e suscettibili agli attacchi dell'*Ips typographus* L. rispetto ai versanti esposti a sud e a ovest a causa delle temperature superficiali inferiori e ad una minore esposizione alla luce solare (Wermelinger, B. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—A review of recent research. For. Ecol. Manag. 2004, 202, 67–82) (Abdullah, H.; Skidmore, A.K.; Darvishzadeh, R.; Heurich, M. Sentinel-2 Accurately Maps Green-Attack Stage of European Spruce Bark Beetle (*Ips typographus*, L.) Compared with Landsat-8. Remote Sens. Ecol. Conserv. 2019, 5, 87–10).

Un'ulteriore difficoltà riscontrata nell'individuazione degli attacchi da remote sensing è rappresentato dalla densità del bosco e dalla sua composizione. Boschi radi che includono radure e boschi misti hanno spesso determinato dei falsi positivi.

In questo studio è stato proposto un metodo per mappare i probabili danni da Bostrico partendo da analisi di dati telerilevati come input dai quali sono stati costruiti tre modelli multitemporali T0, T1 e T2. Il primo modello è stato applicato per mappare le aree prive di vegetazione e le anomalie nella copertura vegetale per l'anno 2018, il secondo e il terzo per mappare i danni da scoltidi e le alterazioni alle popolazioni forestali post Vaia rispettivamente nelle annate 2022 e 2023.

Le analisi hanno evidenziato che le fasi dell'infestazione più facilmente classificate dai modelli sono quella grigia e rossa dove quindi i danni sono già moderati e gravi. L'individuazione dei singoli alberi colpiti risulta essere molto difficile da immagini con risoluzione a 10 metri mentre è possibile con scene caratterizzate da risoluzioni più spinte 30 cm. che consentono anche di analizzare lo stato evolutivo dell'infezione anche a brevi distanze temporali. Nella tabella seguente (Fig. 18) sono riportate le superfici individuate dai modelli analitici multi-temporali T1 e T2 all'interno di ciascuna comunità montana:

COMUNITA' MONTANA	AREA INDIVIDUATA 2022 ha.	AREA INDIVIDUATA 2023 ha.	INCREMENTO 2022-2023 ha.	INCREMENTO 2022- 2023 %
ALTA VALTELLINA	120.26	207.39	87.12	72.45
ALTO GARDA BRESCIANO	11.45	17.82	6.37	55.66
LAGHI BERGAMASCHI	45.24	75.89	30.65	67.75
LARIO INTELVESE	1.62	2.91	1.29	79.89
SEBINO BRESCIANO	173.36	277.89	104.53	60.30
TRIANGOLO LARIANO	21.27	25.38	4.10	19.29
VALCHIAVENNA	46.71	61.22	14.51	31.07
VALLE BREMBANA	207.06	323.92	116.86	56.44
VALLE CAMONICA	614.02	1111.32	497.30	80.99
VALLE DI SCALVE	23.49	38.44	14.96	63.68
VALLE SABBIA	95.40	122.45	27.05	28.36
VALLE SERIANA	158.77	224.45	65.67	41.36
VALLE TROMPIA	214.00	340.16	126.16	58.95
VALLI DEL LARIO E DEL CERESIO	1.37	1.64	0.27	19.88
VALLI DEL VERBANO	8.52	10.77	2.25	26.42
VALTELLINA DI MORBEGNO	45.58	67.87	22.29	48.89
VALTELLINA DI SONDRIO	210.69	342.61	131.93	62.62
VALTELLINA DI TIRANO	91.59	152.36	60.77	66.35
ESTERNE ALLE COMUNITA' MONTANE	27.11	34.83	7.72	28.48
TOTALE	2117.50	3439.31	1321.82	62.42

Figura 18 La tabella mostra le superfici espresse in ettari delle potenziali aree bostricate individuate dai modelli T1 e T2 suddivisi per comunità montana.

I dati mostrano che la comunità montana Valle Camonica risulta avere sia nel 2022 che nel 2023 l'estensione maggiore delle superfici probabilmente colpite dallo scolitide con rispettivamente 614 ha. e 1111 ha. corrispondenti al 29% e 32% del totale delle aree individuate dal modello. Seguono sia nel 2022 che nel 2023, con entrambe il 10% rispetto al totale, le comunità montane Valle Trompia e Valtellina di Sondrio (Fig. 19-20-21-22-23).

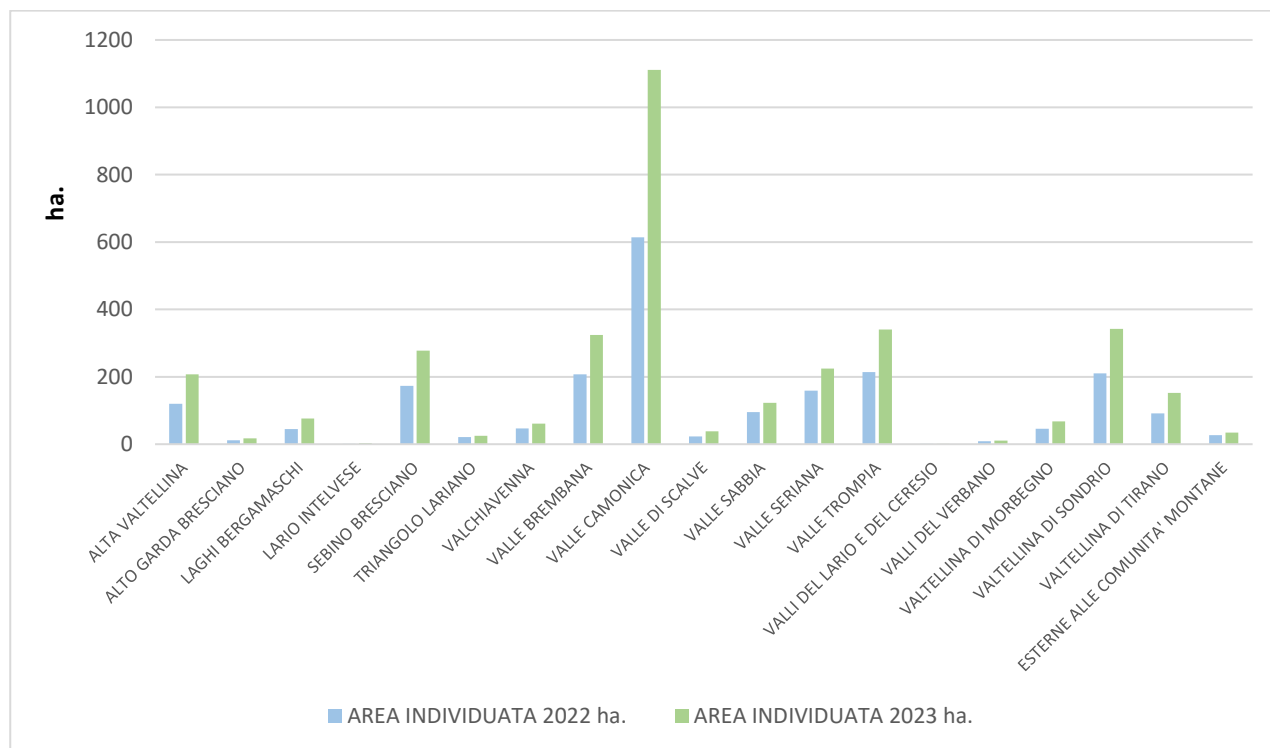


Figura 19 Distribuzione in ha all'interno di ciascuna comunità montana delle aree individuate dal modello nel 2022 azzurro e 2023 verde. È evidente come la Valle Camonica sia il territorio più colpito.

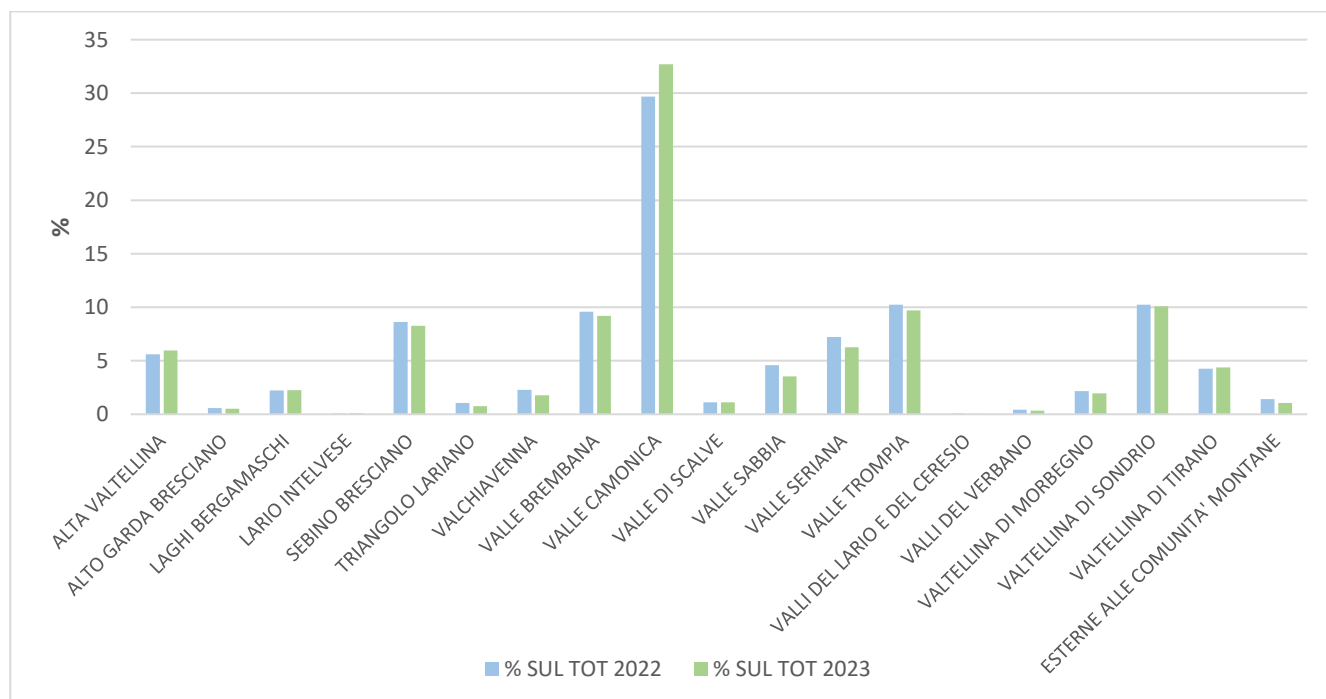


Figura 20 Il grafico mostra la distribuzione in percentuale degli attacchi rispetto al totale delle aree individuate in ciascuna comunità montana per l'anno 2022 in azzurro e verde per il 2023.

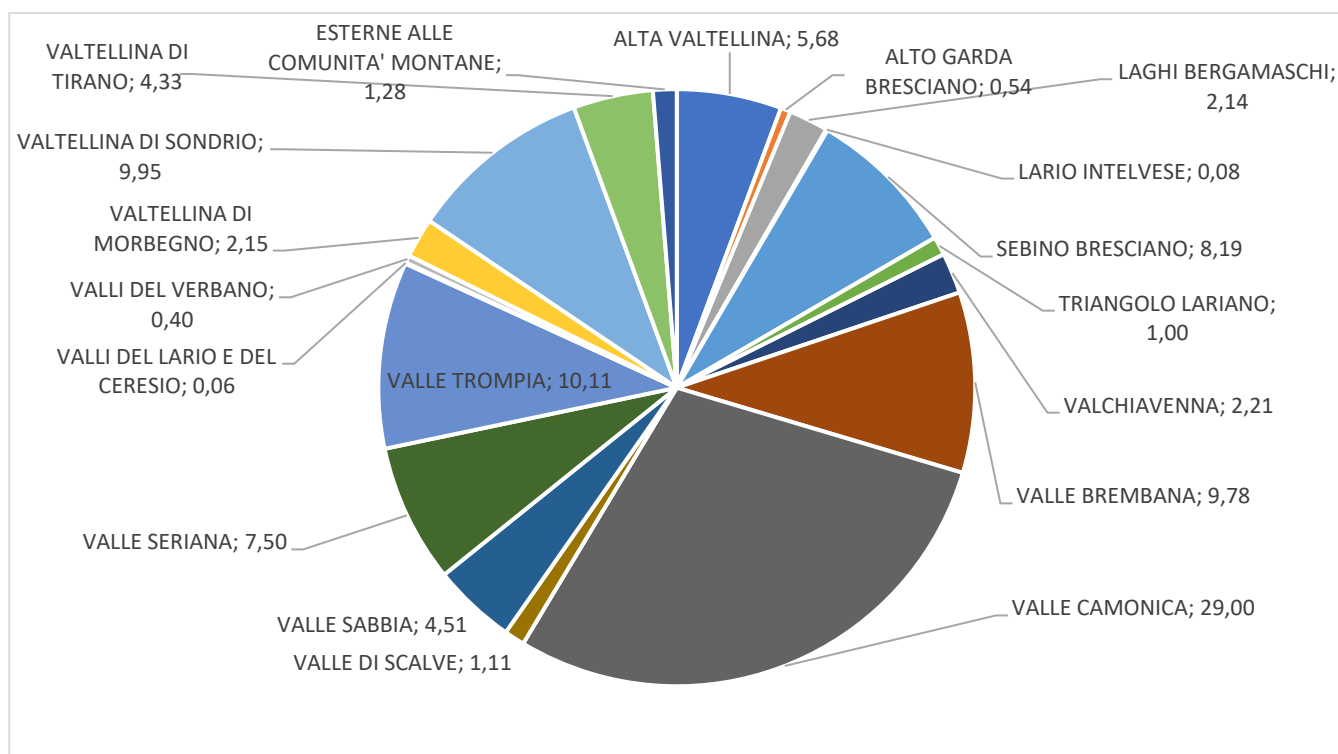


Figura 21 Il grafico mostra la distribuzione espressa in percentuale rispetto al totale delle aree individuate per ciascuna comunità montana relativa all'anno 2022.

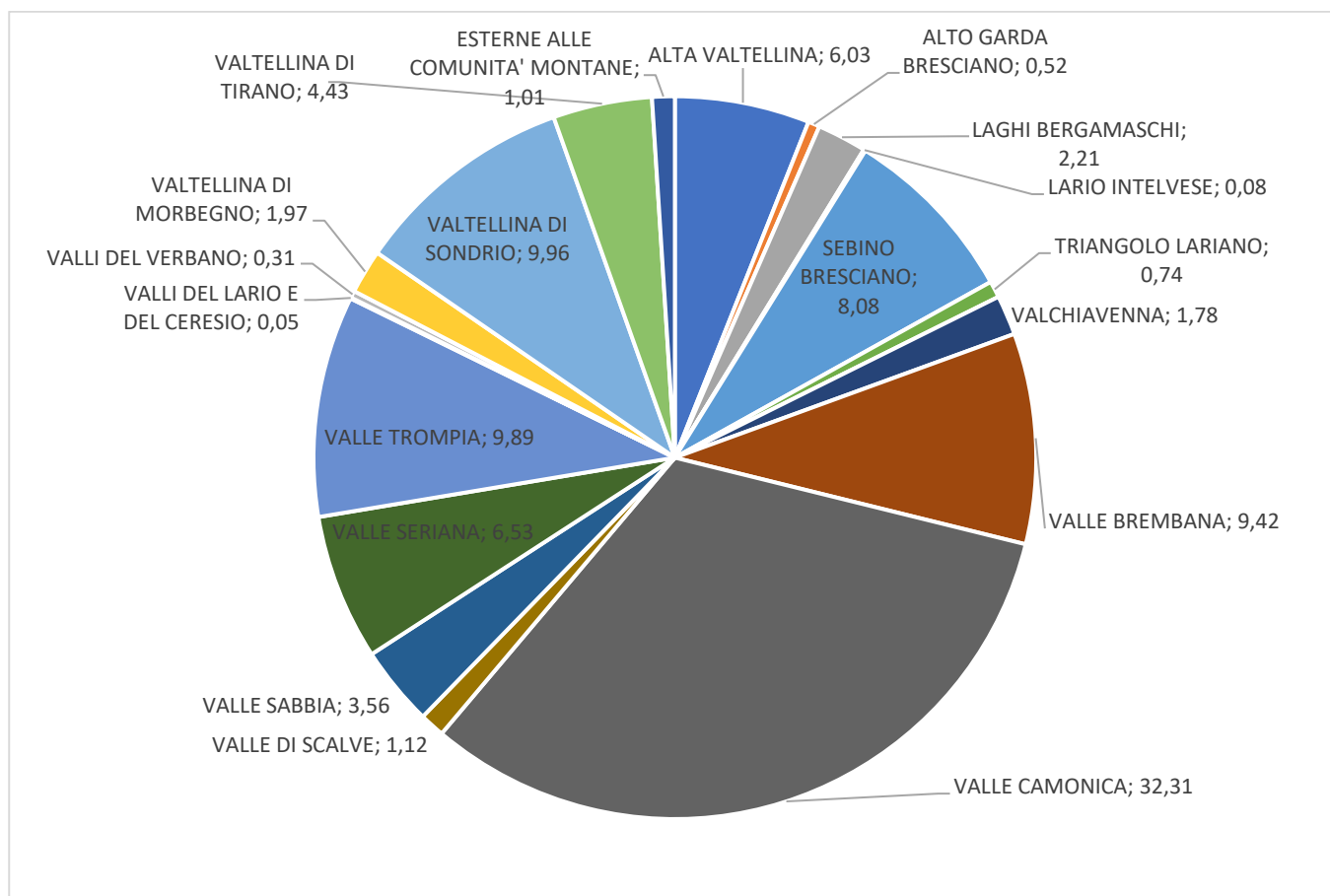


Figura 22 Il grafico mostra la distribuzione espressa in percentuale rispetto al totale delle aree individuate per ciascuna comunità montana relativa all'anno 2023.

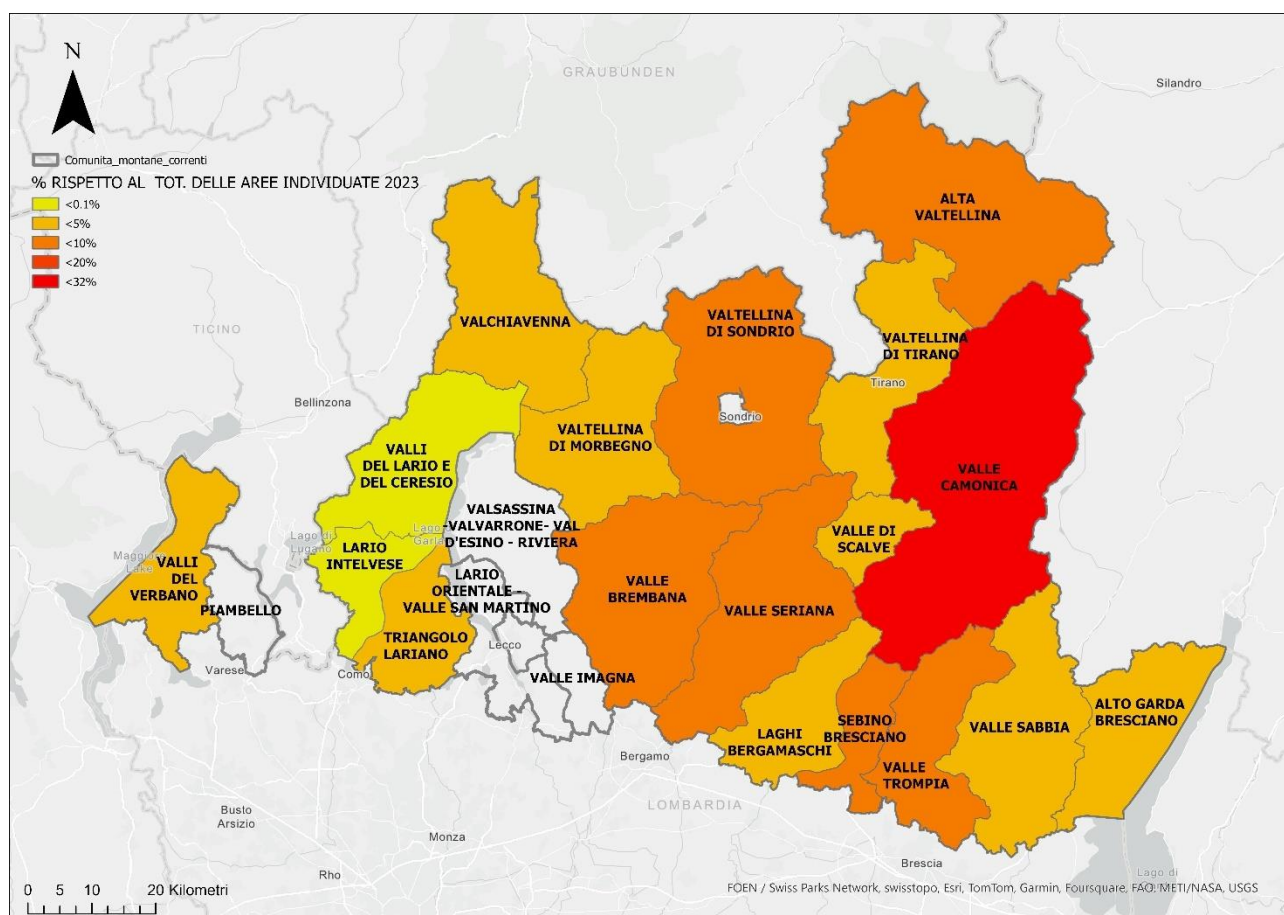


Figura 23 la mappa mostra la distribuzione espressa in percentuale rispetto al totale delle aree individuate per ciascuna comunità montana relativa all'anno 2023.

Differente è il quadro se si analizzano le percentuali delle superfici prodotte dai modelli rispetto alle sole aree con soprassuolo forestale che rientrano all'interno di tutte le tipologie di bosco della carta forestale. In questo caso le comunità montane più colpite in entrambi i periodi analizzati sono: quella del Sebino Bresciano 3,14% (2023) 1,96% (2022), Valle Camonica 1,72% (2023) 0,95% (2022) e la Valle Trompia 1,24% (2023) 0,78% (2022) (Fig. 24-25-26-27-28).

COMUNITA' MONTANA	AREA CARTA FORESTALE ha.	AREA INDIVIDUATA 2023 ha.	% AREA COINVOLTA 2023	AREA INDIVIDUATA 2022 ha.	% AREA COINVOLTA 2022
ALTA VALTELLINA	22048	207	0.94	120	0.55
ALTO GARDA BRESCIANO	21774	18	0.08	11	0.05
LAGHI BERGAMASCHI	17277	76	0.44	45	0.26
LARIO INTELVESE	11582	3	0.03	2	0.01
SEBINO BRESCIANO	8860	278	3.14	173	1.96
TRIANGOLO LARIANO	15346	25	0.17	21	0.14
VALCHIAVENNA	20931	61	0.29	47	0.22
VALLE BREMBANA	40245	324	0.80	207	0.51
VALLE CAMONICA	64798	1111	1.72	614	0.95
VALLE DI SCALVE	6503	38	0.59	23	0.36
VALLE SABBIA	38401	122	0.32	95	0.25
VALLE SERIANA	34841	224	0.64	159	0.46
VALLE TROMPIA	27356	340	1.24	214	0.78
VALLI DEL LARIO E DEL CERESIO	22407	2	0.01	1	0.01
VALLI DEL VERBANO	17464	11	0.06	9	0.05
VALTELLINA DI MORBEGNO	26225	68	0.26	46	0.17
VALTELLINA DI SONDRIO	33419	343	1.03	211	0.63
VALTELLINA DI TIRANO	21011	152	0.73	92	0.44

Figura 24 La tabella mostra le superfici espresse in ettari delle potenziali aree bostricate individuate dai modelli T1 e T2 suddivisi per comunità montana e il loro rapporto espresso in percentuale rispetto alle aree della carta forestale comprendente tutte le tipologie di bosco.

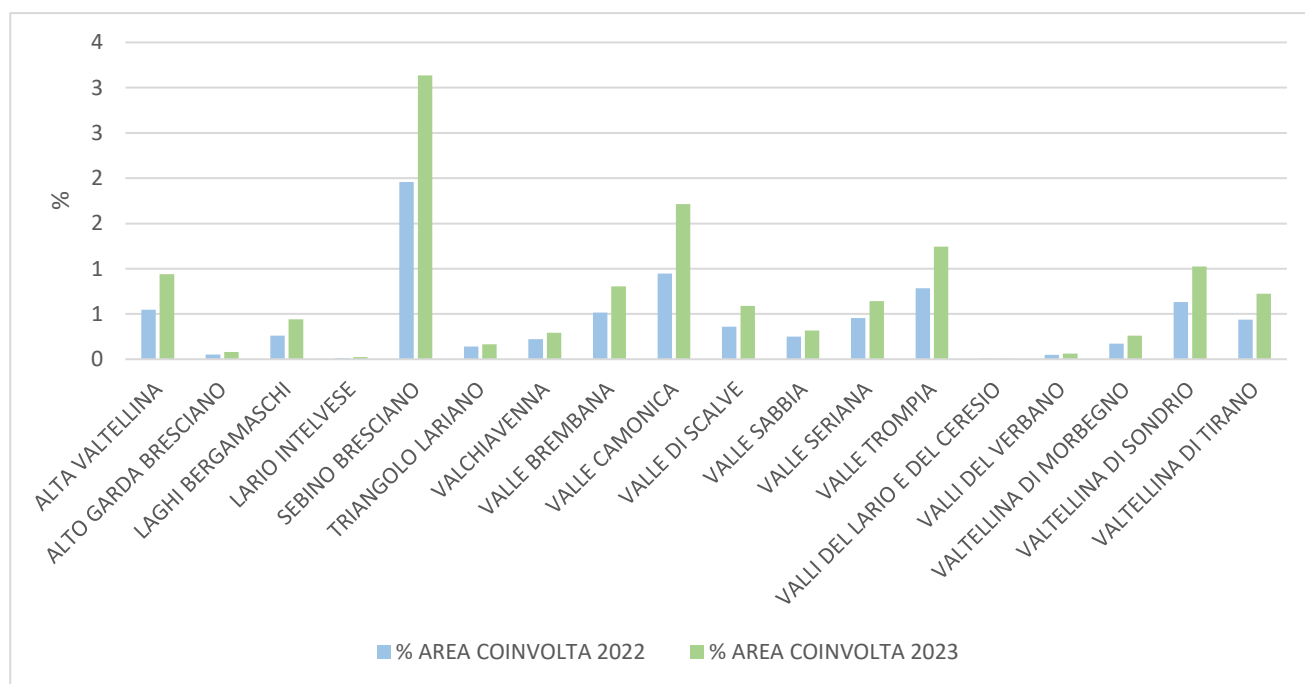


Figura 25 Il grafico mostra il rapporto in percentuale delle aree individuate nel 2022 e nel 2023 in ciascuna comunità montana rispetto alle superfici della carta forestale.

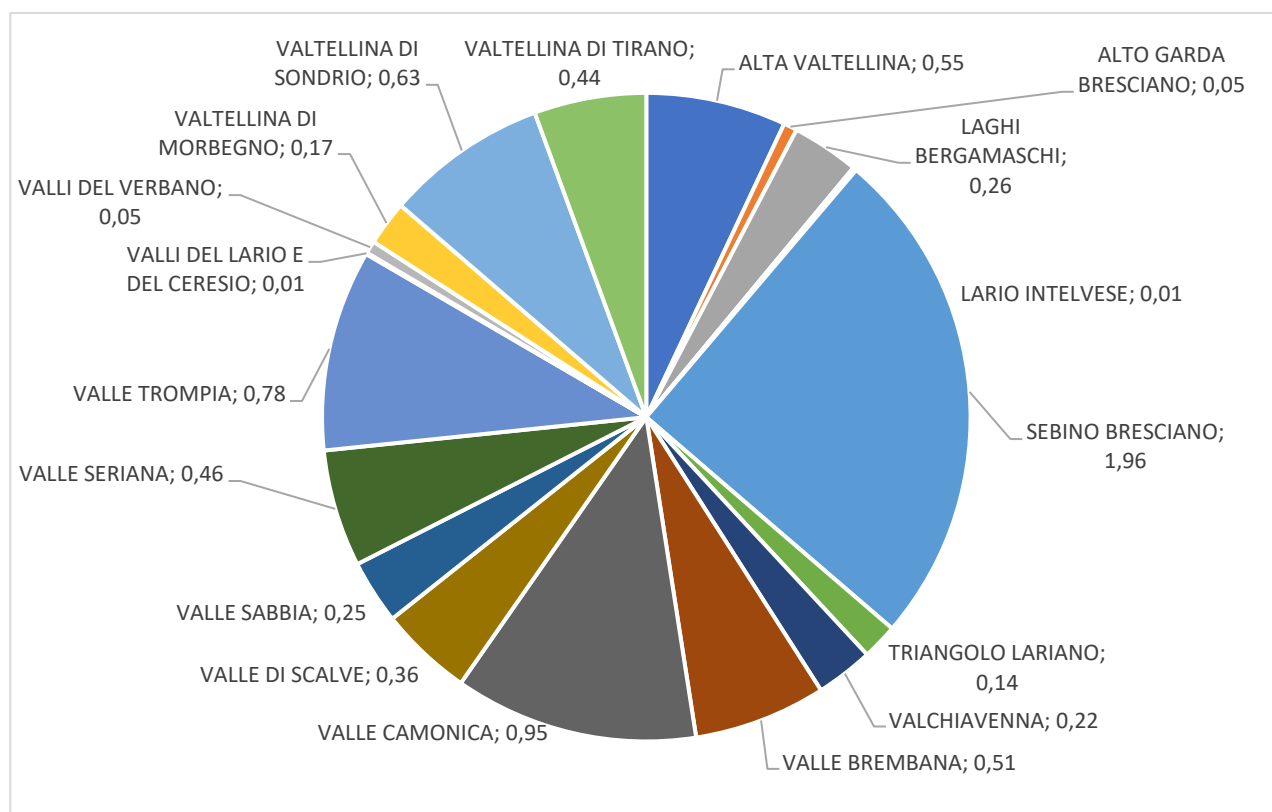


Figura 26 Il grafico mostra il rapporto in percentuale delle aree individuate nel 2022 in ciascuna comunità montana rispetto alle superfici della carta forestale.

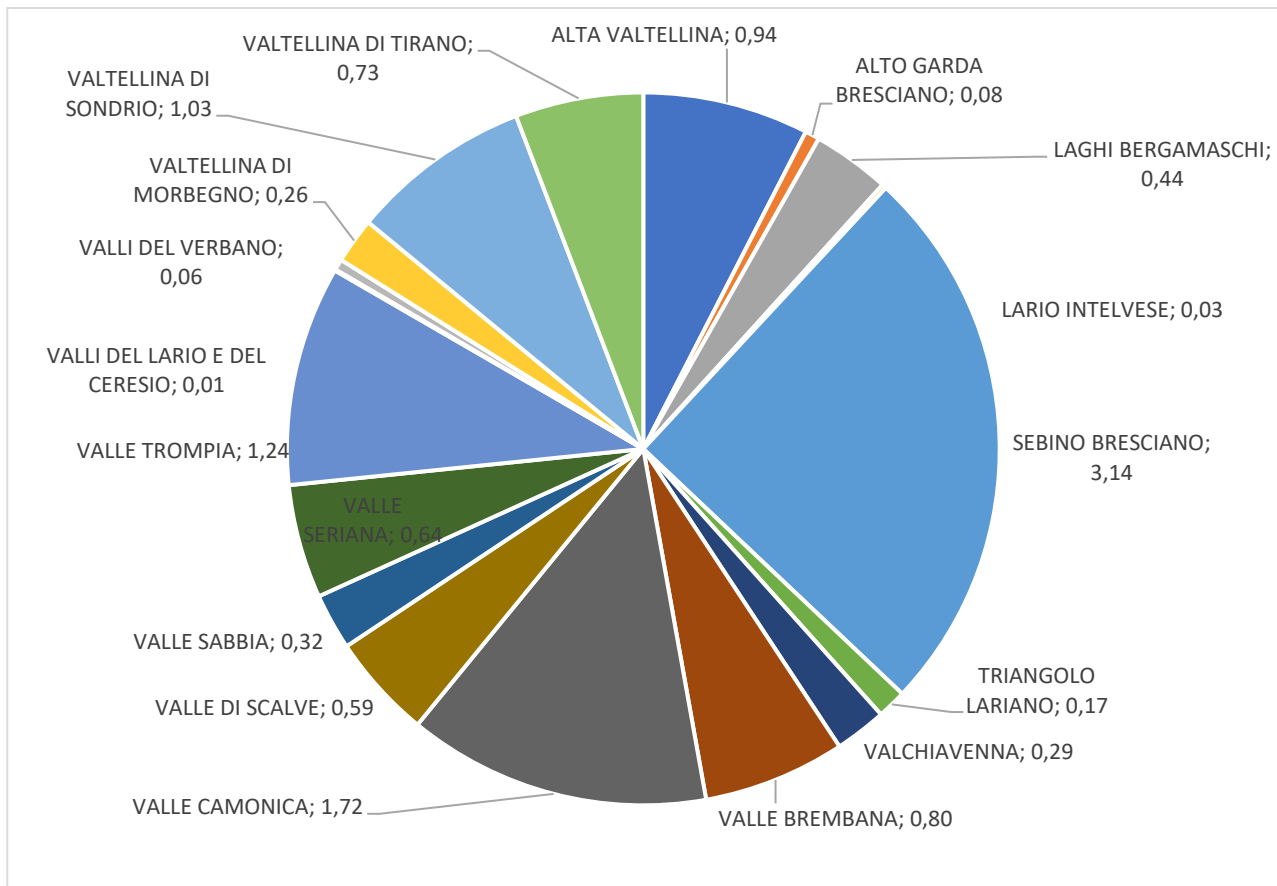


Figura 27 Il grafico mostra il rapporto in percentuale delle aree individuate nel 2023 in ciascuna comunità montana rispetto alle superfici della carta forestale.

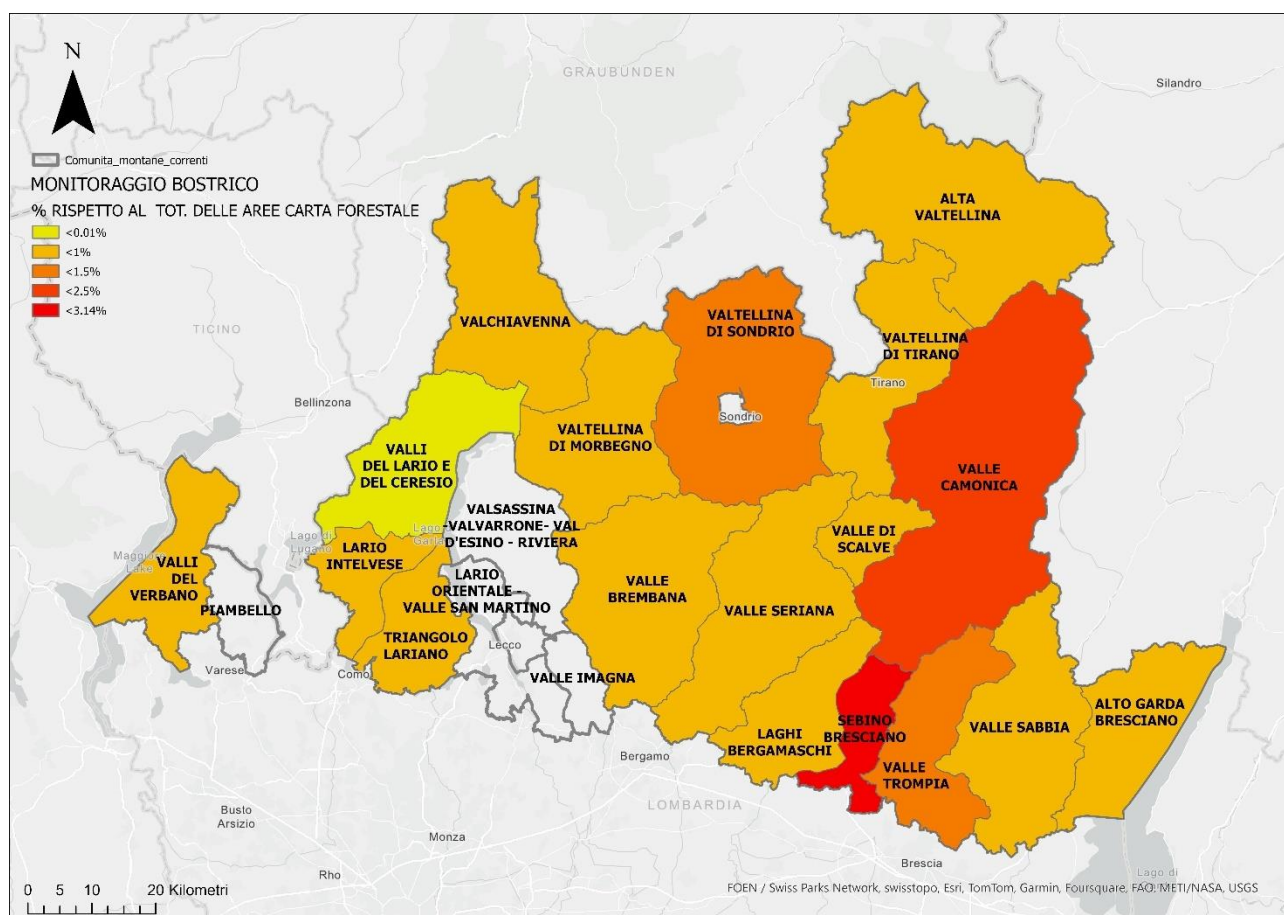


Figura 28 La mappa mostra il rapporto in percentuale delle aree individuate nel 2023 in ciascuna comunità montana rispetto alle superfici della carta forestale.

Complessivamente, i dati mostrano un aumento tra il 2022 e il 2023 delle potenziali aree infestate che passano rispettivamente da 2117 ha. a 3439 ha. +62%. L'espansione più marcata si riscontra nelle comunità montane Valle Camonica +80%, Lario Intelvese +80% e Alta Valtellina +72% (Fig. 29-30).

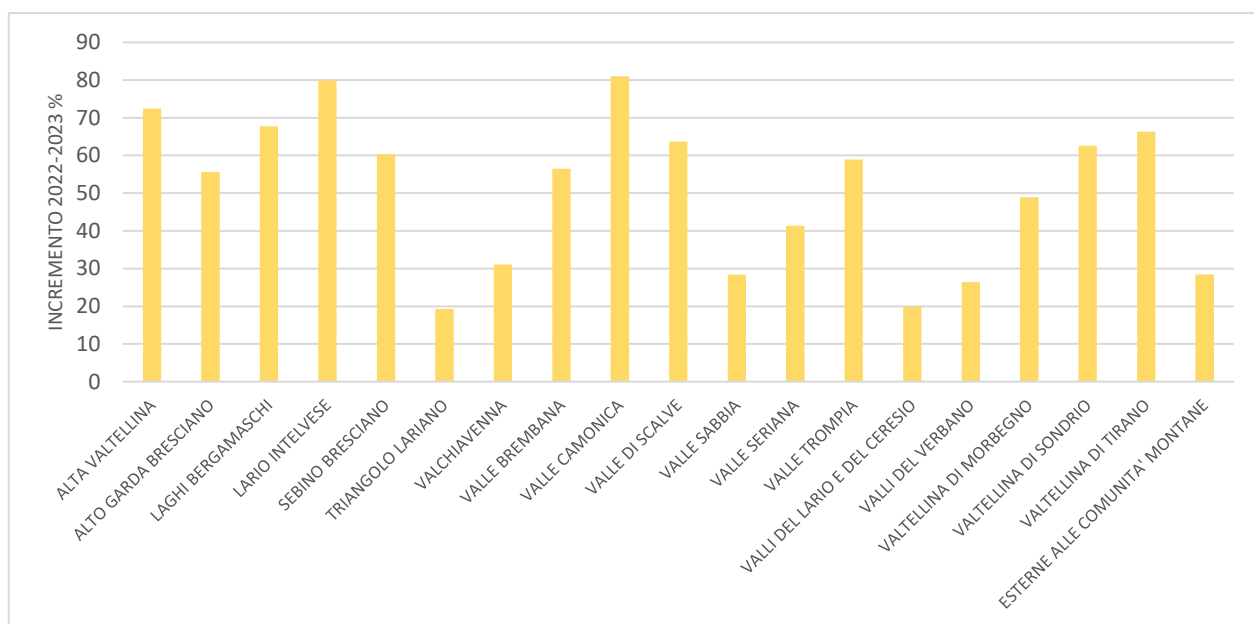


Figura 29 Il grafico mostra gli incrementi osservati tra il 2022 e il 2023 espressi in percentuale rispetto al totale delle aree individuate per ciascuna comunità montana.

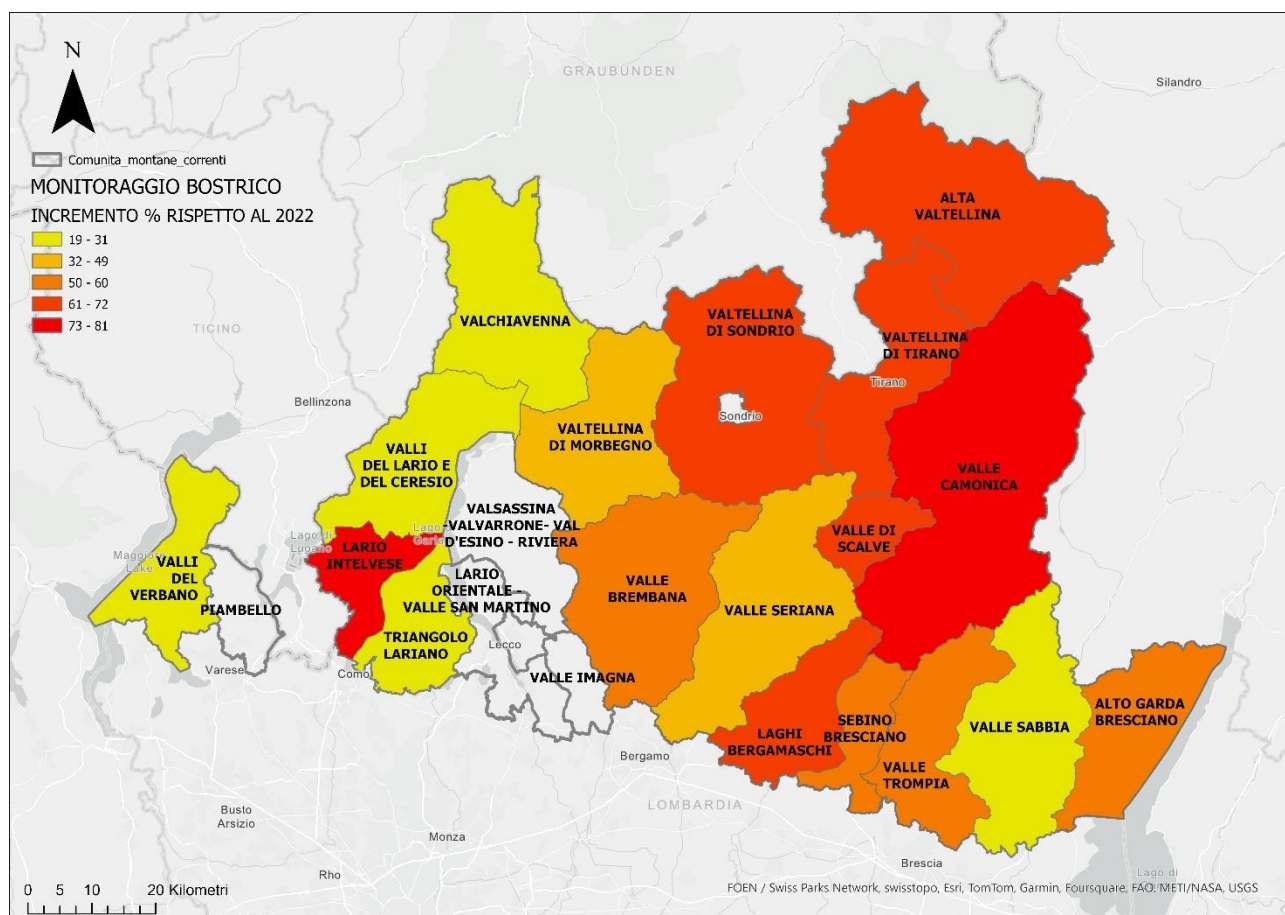


Figura 30 La mappa mostra gli incrementi osservati tra il 2022 e il 2023 espressi in percentuale rispetto al totale delle aree individuate per ciascuna comunità montana.

Si osserva inoltre una maggiore velocità di espansione dell'infezione all'interno delle Peccete monospecifiche sia con l'espansione dei vecchi nuclei d'infestazione, che con la formazione di piccoli nuovi cluster rispetto a

formazioni miste dove in molti casi si constata una situazione identica al 2022 od una lieve espansione dei vecchi nuclei.

Tra il 2022 e il 2023 il numero complessivo di focolai è passato da 18377 a 22299 (+21%), tutte le classi di cluster suddivise sulla base delle estensioni, hanno avuto un incremento, se però si rapporta il loro conteggio rispetto al numero totale, si riscontra un calo di quelli caratterizzati dalle estensioni più piccole, inferiori a 0,1 ha. (nuovi nuclei) mentre sono aumentate in modo significativo i cluster appartenenti alle dimensioni medie tra 0,1 e 1 ha. Anche l'incremento della frequenza di ciascuna classe tra il 2022 e il 2023 mostra che i nuclei con le estensioni maggiori sono quelli con un'evoluzione più significativa (Fig. 31-32). Ciò potrebbe indicare non solo che, probabilmente, la diffusione dell'epidemia tra il 2022 e il 2023 è avvenuta soprattutto per l'ampiamiento di vecchi nuclei ma anche che la risoluzione delle immagini Sentinel-2 non è sempre adeguata all'individuazione di nuovi attacchi. Per tale motivo sarebbe opportuno uno studio delle classi dei nuclei d'infestazione in aree dove sono disponibili per entrambi i periodi temporali analizzati immagini ad alta risoluzione.

Al fine di provare a realizzare un sistema di Early Warning sarebbe interessante analizzare gli indici vegetativi nelle date antecedenti e nelle aree dove sono stati individuati i nuovi focolai. L'analisi delle possibili correlazioni potrebbe essere d'aiuto per la costruzione di modelli previsionali, strumenti utili per la stesura di piani fitosanitari ad hoc nei quali l'individuazione precoce degli alberi infestati e il loro immediato abbattimento ed esbosco costituiscono la forma più efficace di lotta contro il coleottero.

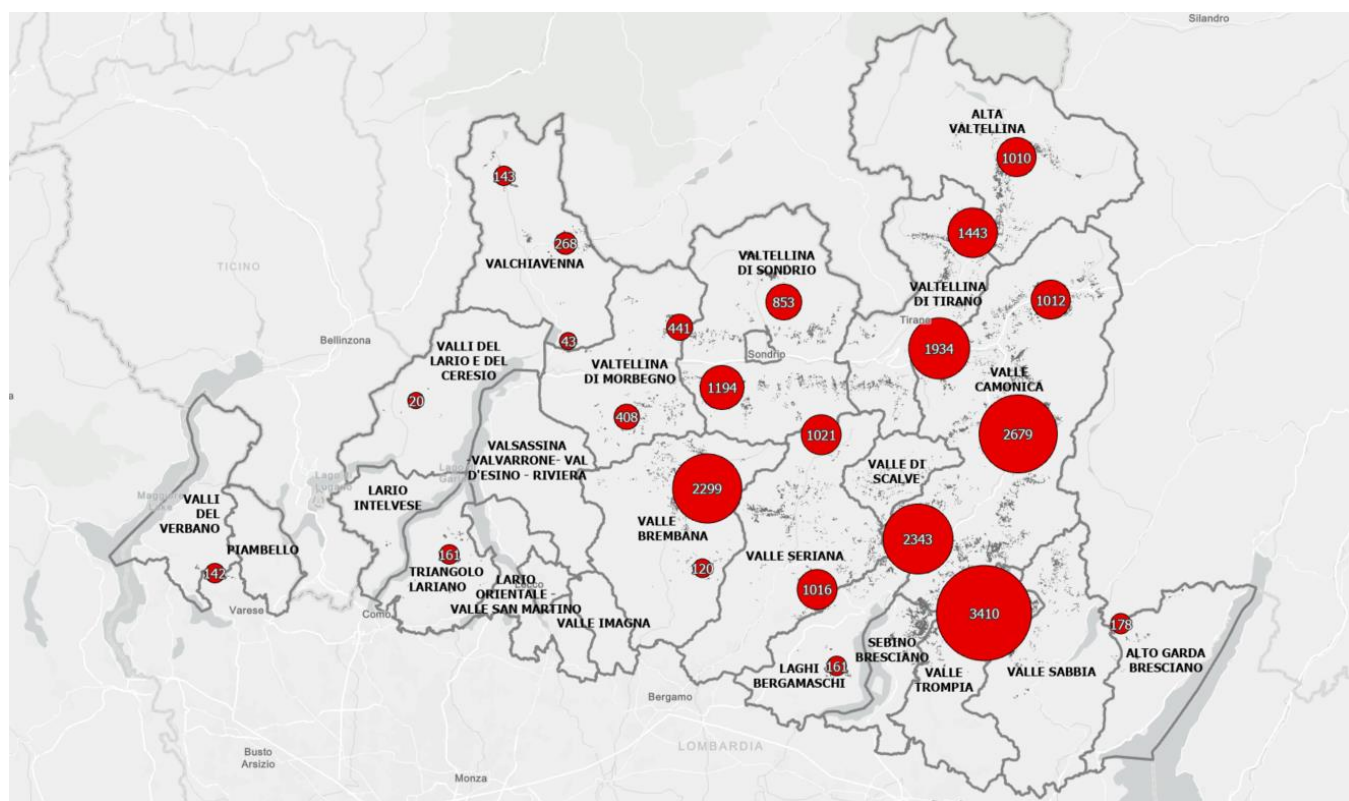


Figura 31 La mappa mostra la distribuzione dei nuclei d'infestazione del Bostrico individuati nel 2023.

CLASSE	DIMENSIONE CLUSTER	CONTEGGIO 2022	CONTEGGIO % SUL TOT. 2022	CONTEGGIO 2023	CONTEGGIO % SUL TOT. 2023	DELTA % 2022-2023	INCREMENTO 2022-2023 IN %
1	ha <= 0.01	2577	14.02	2628	11.79	-2.24	1.98
2	ha >0.01 ha <= 0.05	8173	44.47	9829	44.08	-0.40	20.26
3	ha >0.05 ha <= 0.1	3275	17.82	3969	17.80	-0.02	21.19
4	ha >0.1 ha <= 0.5	3654	19.88	4674	20.96	1.08	27.91
5	ha >0.5 ha <= 1	415	2.26	675	3.03	0.77	62.65
6	ha >1 ha <= 2.5	216	1.18	374	1.68	0.50	73.15
7	ha >2.5 ha <= 5	49	0.27	103	0.46	0.20	110.20
8	ha >5 ha <= 10	15	0.08	29	0.13	0.05	93.33
9	ha >10 ha <= 30	3	0.02	16	0.07	0.06	433.33
10	ha >30 ha <= 63	0	0	2	0.01	0.01	
TOTALE		18377		22299			21.34

Figura 32 La tabella mostra il conteggio del numero di nuclei d'infestazione del Bostrico individuati nel 2022 e nel 2023 suddivisi per classe dimensionale e il rispettivo incremento.

Dalle prime analisi emerge inoltre che sia nel 2022 che nel 2023 i nuclei d'infestazione che sono ad una distanza inferiore o pari a 200 metri dalle aree individuate dallo strato informativo "Boschi_danneggiati_Tempesta_Vaia_2018" rappresentano il 20% e che la mediana della distanza è pari a 1023 m.

Analizzando il reticolato stradale formato dall'unione dei dataset "Infrastrutture della mobilità" e "Strade agrosilvopastorali" entrambi scaricati dal Geoportale della Lombardia rispettivamente dai seguenti link:

- https://www.geoportale.regione.lombardia.it/metadati?p_p_id=detailSheetMetadata_WAR_gptmetadataportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_detailSheetMetadata_WAR_gptmetadataportlet_identifier=r_lombar%3A3417cfea-5192-467e-a388-947bdd7a85f2&_jsfBridgeRedirect=true
- https://www.geoportale.regione.lombardia.it/metadati?p_p_id=detailSheetMetadata_WAR_gptmetadataportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_detailSheetMetadata_WAR_gptmetadataportlet_identifier=r_lombar%3Aa8b185ec-4980-4c21-8a3c-f9371bbff142&_jsfBridgeRedirect=true

si osserva che nel 2023 il 61% dei nuclei d'infestazione si trova ad una distanza in linea d'aria pari o minore a 200 m. da strade o VASP. Percentuale che sale al 73% per una distanza pari o minore a 300 m. solamente il 2,4% si trova ad una distanza pari o superiore al kilometro.

Considerando le quote altimetriche dei focolai sia per il 2022 che per il 2023 le fasce più colpite vanno dai 900 m. s.l.m. ai 1500 m. s.l.m. particolari trend si evidenziano nella fascia 0-299 m. s.l.m. e 2100-2399 m. s.l.m. quest'ultima è però la più soggetta alla problematica dell'identificazione di falsi positivi collegati a formazioni forestali con bassa densità da analisi di immagini a bassa risoluzione (Fig. 33)

FASCIA ALTIMETRICA	AREA INDIVIDUATA 2022 ha.	AREA INDIVIDUATA 2023 ha.	VARIAZIONE 2022-2023 ha.	VARIAZIONE 2022-2023 IN %
0-299	0.20	0.43	0.23	115.33
300-599	21.99	33.45	11.45	52.08
600-899	159.32	252.54	93.22	58.51
900-1199	726.76	1155.50	428.73	58.99
1200-1499	746.05	1272.68	526.63	70.59
1500-1799	401.83	613.58	211.75	52.70
1800-2099	61.09	108.40	47.30	77.43
2100-2399	0.24	2.73	2.49	1046.47
Totale complessivo	2117.50	3439.31	1321.82	62.42

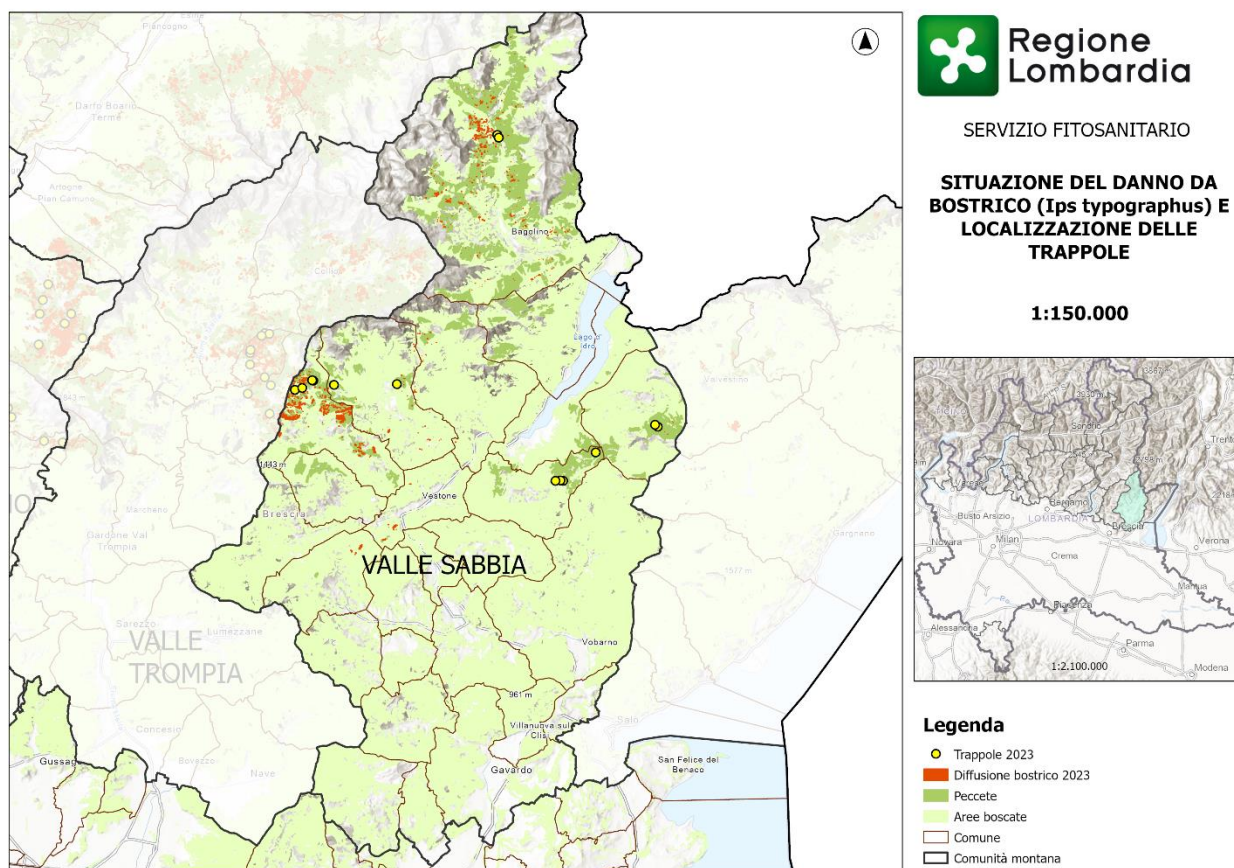
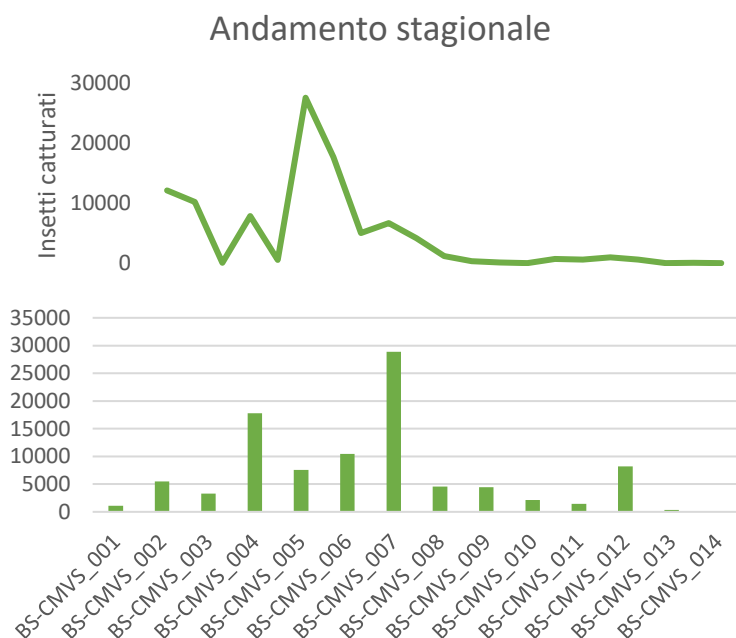
Figura 33 La tabella mostra la distribuzione dei focolai individuati dal modello nel 2022 e nel 2023 in base alle differenti fasce altimetriche.

ALLEAGTO 1 ANALISI DATI PER COMUNITÀ MONTANA

PROVINCIA DI BRESCIA

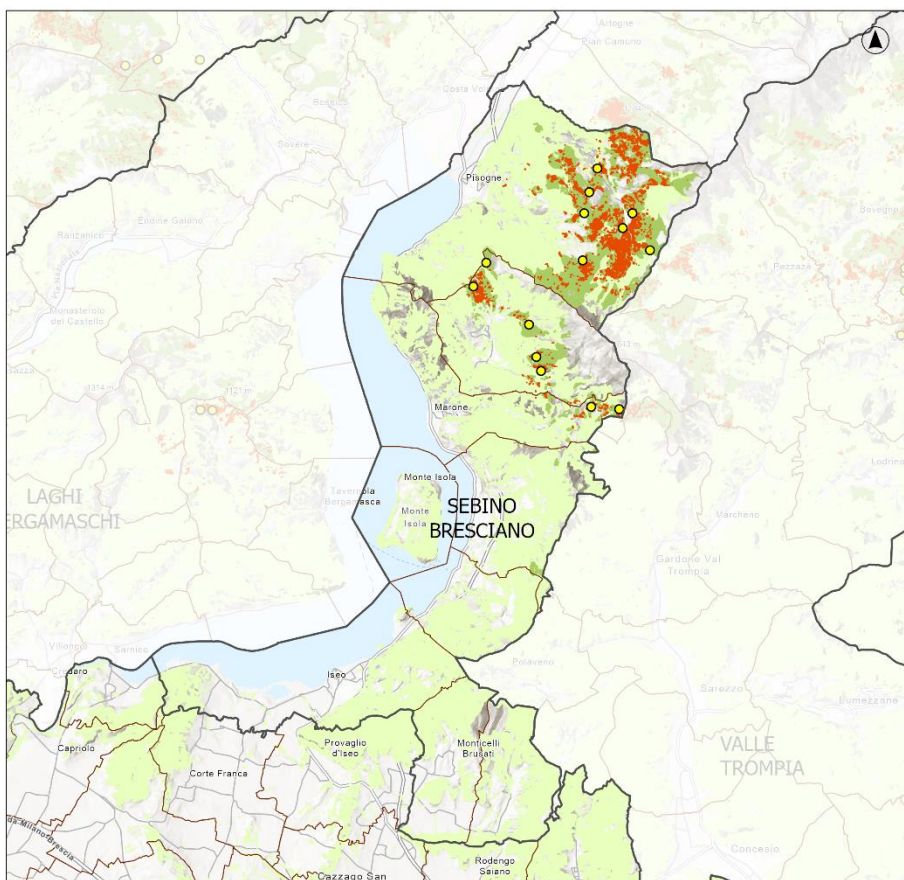
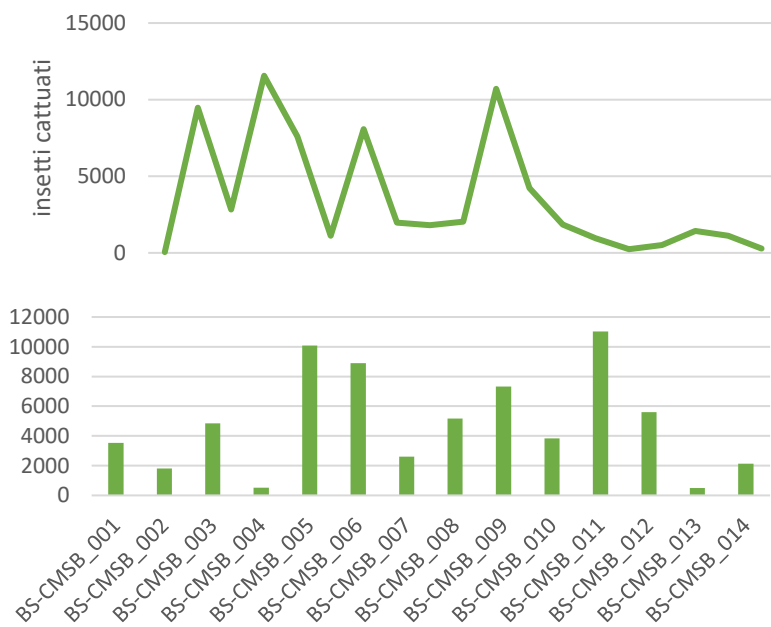
COMUNITA' MONTANA VALLE SABBIA

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
BS-CMVS_001	PERTICA ALTA	1148
BS-CMVS_002	PERTICA ALTA	1152
BS-CMVS_003	PERTICA ALTA	1164
BS-CMVS_004	PERTICA ALTA	1158
BS-CMVS_005	PERTICA BASSA	1100
BS-CMVS_006	PERTICA BASSA	938
BS-CMVS_007	TREVISO BRESCIANO	957
BS-CMVS_008	TREVISO BRESCIANO	963
BS-CMVS_009	TREVISO BRESCIANO	951
BS-CMVS_010	TREVISO BRESCIANO	1042
BS-CMVS_012	CAPOVALLE	1071
BS-CMVS_011	CAPOVALLE	1058
BS-CMVS_013	BAGOLINO	1084
BS-CMVS_013	BAGOLINO	1084
BS-CMVS_014	BAGOLINO	1070



COMUNITA' MONTANA SEBINO BRESCIANO

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
BS-CMSB_001	MARONE	1231
BS-CMSB_002	MARONE	1149
BS-CMSB_003	ZONE	1019
BS-CMSB_004	ZONE	1015
BS-CMSB_005	ZONE	970
BS-CMSB_006	PISOGNE	1186
BS-CMSB_007	ZONE	1041
BS-CMSB_008	PISOGNE	1192
BS-CMSB_009	PISOGNE	1287
BS-CMSB_010	PISOGNE	1194
BS-CMSB_011	PISOGNE	1006
BS-CMSB_012	PISOGNE	1080
BS-CMSB_013	PISOGNE	1156
BS-CMSB_014	PISOGNE	1337

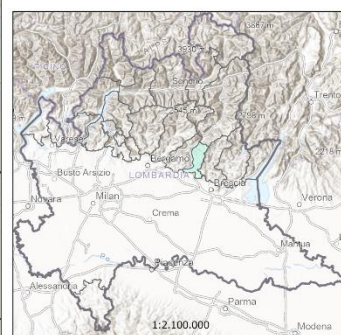
Andamento stagionale

**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

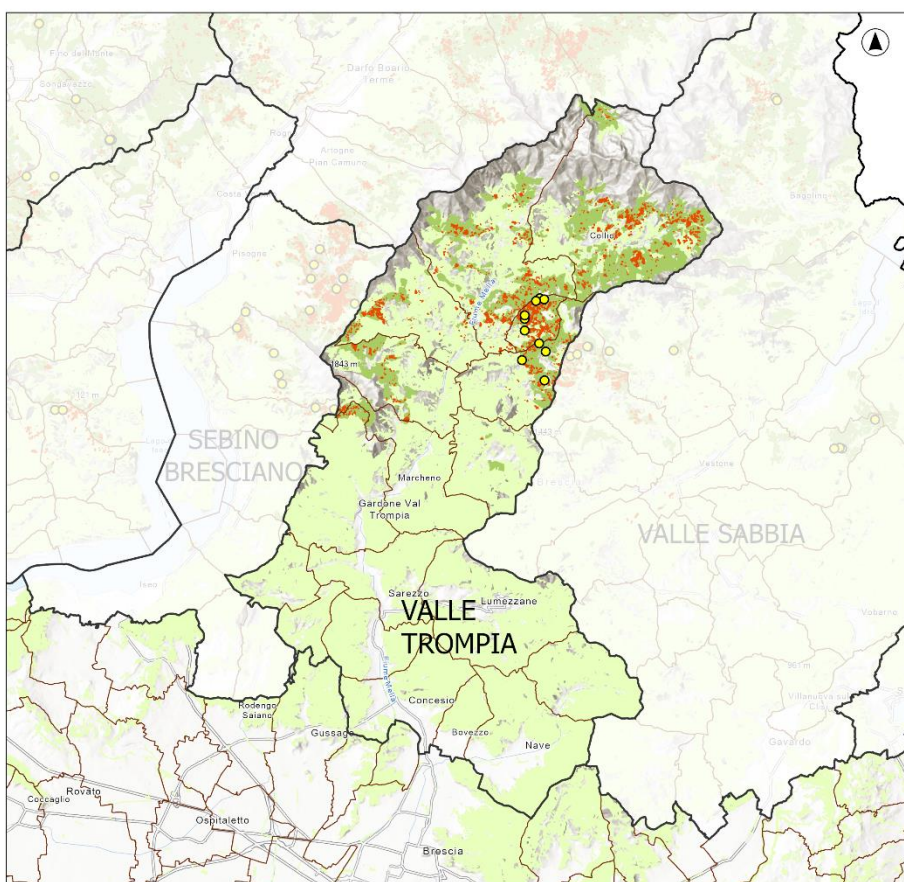
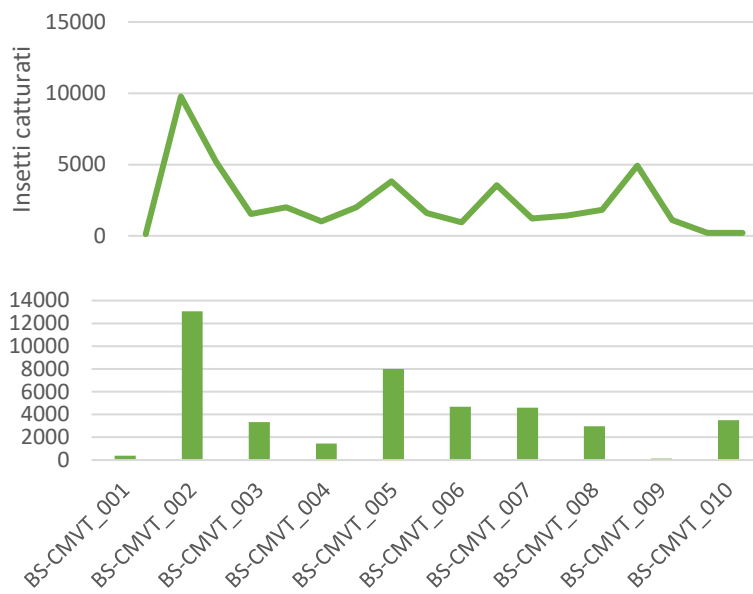
1:100.000

**Legenda**

- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

COMUNITA' MONTANA VAL TROMPIA

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
BS-CMVT_001	MARMENTINO	932
BS-CMVT_002	MARMENTINO	886
BS-CMVT_003	MARMENTINO	1113
BS-CMVT_004	MARMENTINO	1121
BS-CMVT_005	IRMA	747
BS-CMVT_006	IRMA	857
BS-CMVT_007	IRMA	930
BS-CMVT_008	IRMA	1314
BS-CMVT_009	IRMA	1348
BS-CMVT_010	IRMA	1263

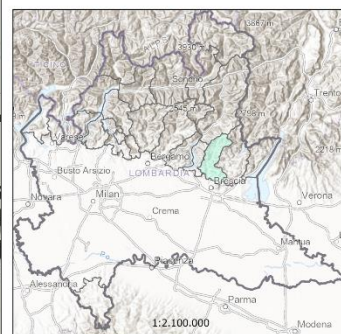
Andamento stagionale

**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

1:150.000

**Legenda**

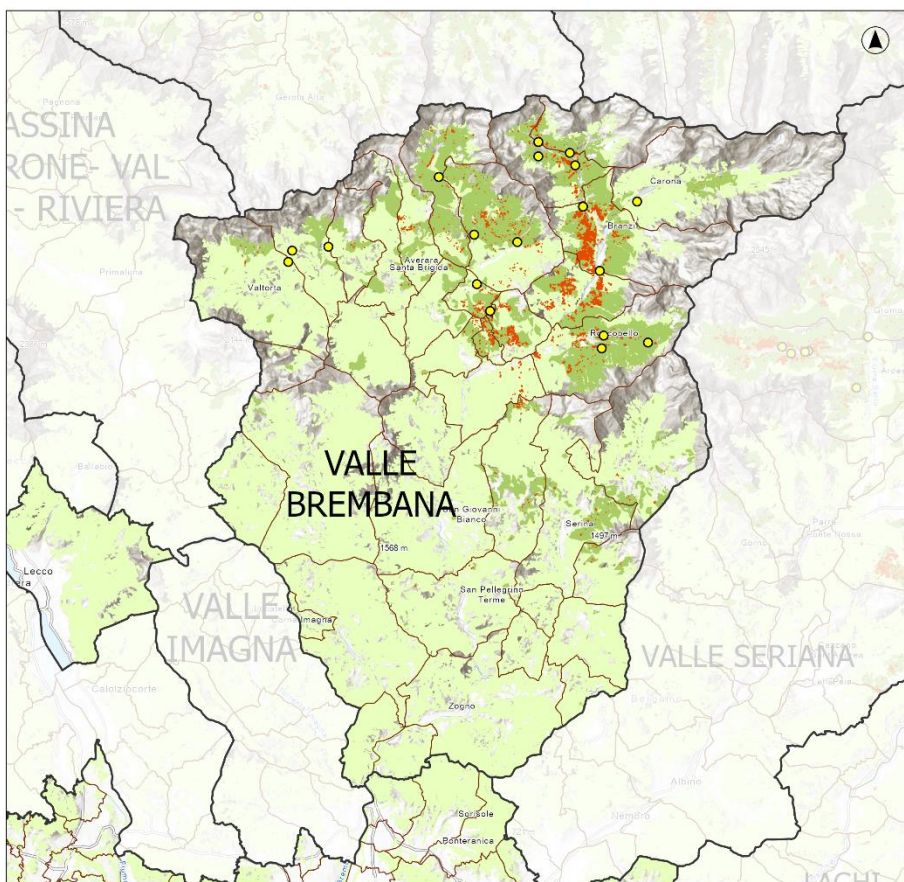
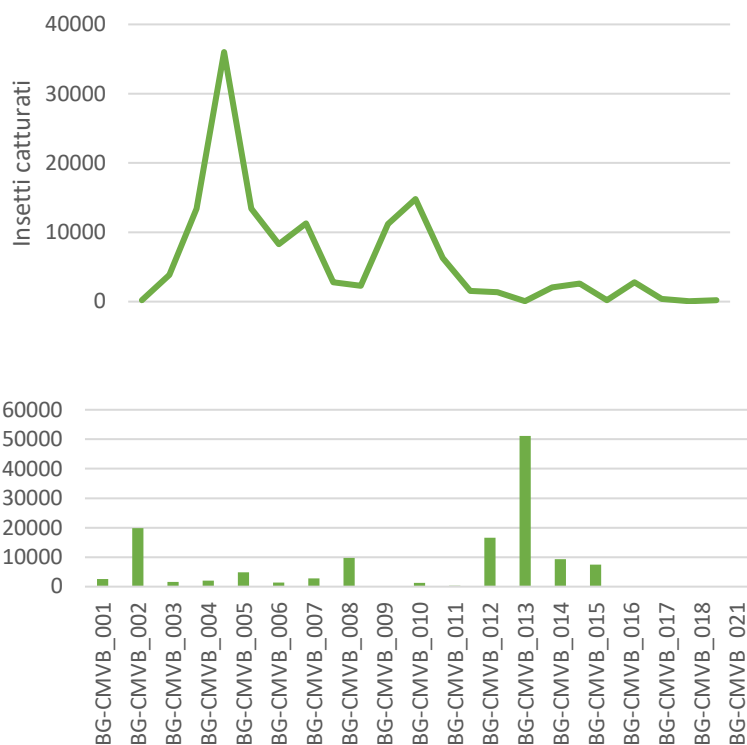
- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

PROVINCIA DI BERGAMO

COMUNITA' MONTANA VALLE BREMBANA

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
BG-CMVB_001	VALLEVE	1400
BG-CMVB_002	FOPPOLO	1434
BG-CMVB_003	VALLEVE	1455
BG-CMVB_004	VALLEVE	1264
BG-CMVB_005	BRANZI	1153
BG-CMVB_006	CARONA	1129
BG-CMVB_007	BRANZI	827
BG-CMVB_008	VALNEGRA	1312
BG-CMVB_009	RONCOBELLO	1234
BG-CMVB_010	RONCOBELLO	1242
BG-CMVB_011	RONCOBELLO	1127
BG-CMVB_012	PIAZZOLO	914
BG-CMVB_013	PIAZZATORRE	1177
BG-CMVB_014	PIAZZATORRE	824
BG-CMVB_015	MEZZOLDO	1173
BG-CMVB_016	ORNICA	1200
BG-CMVB_017	ORNICA	1325
BG-CMVB_018	VALTORTA	1401

Andamento stagionale

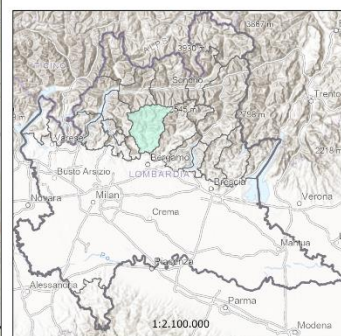


**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

1:150.000

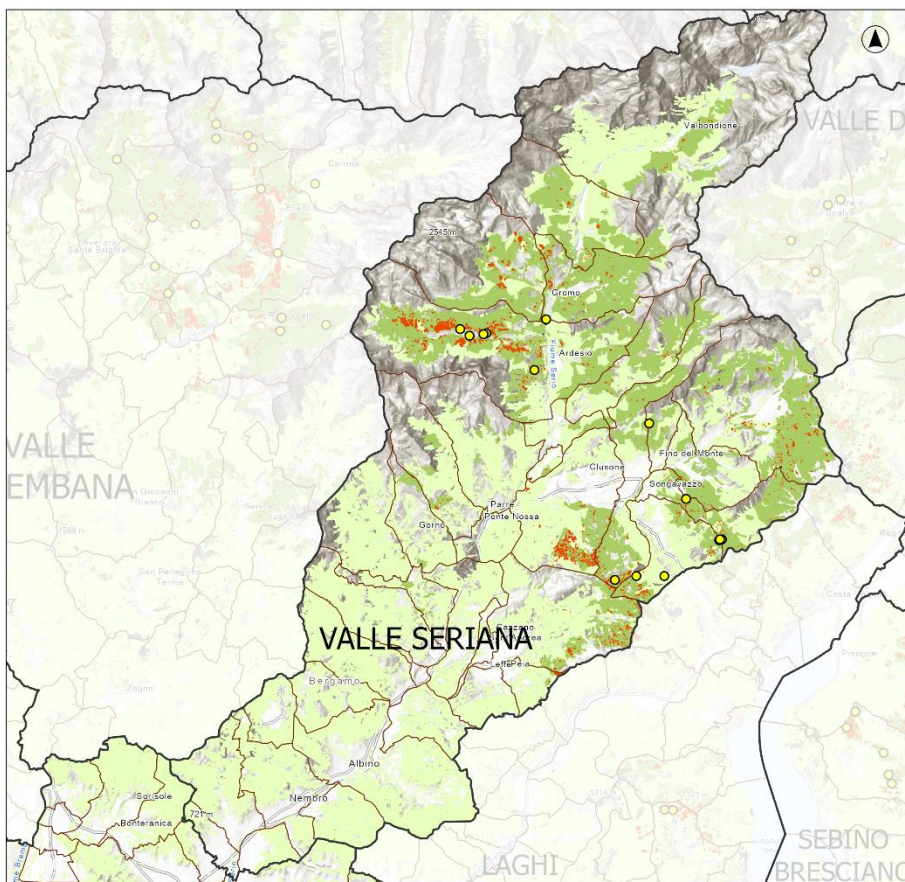
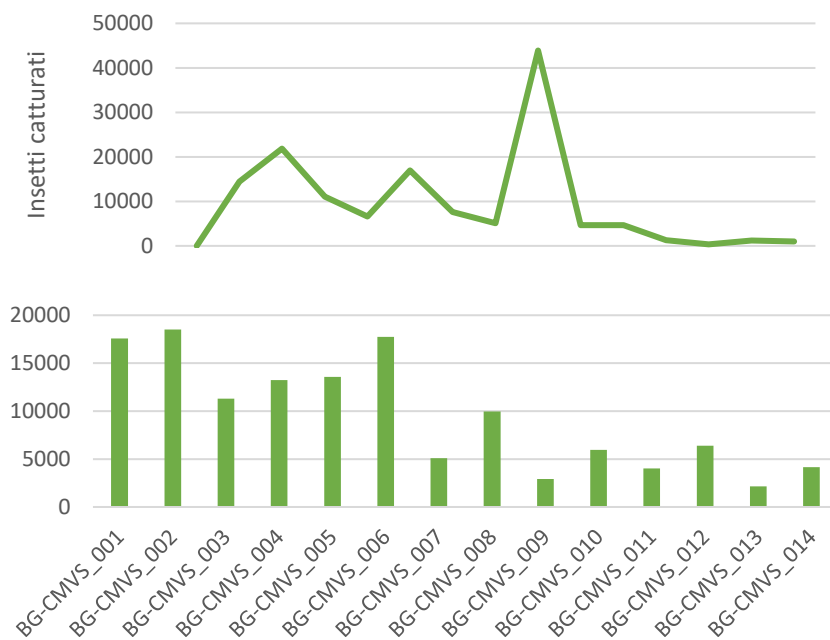


Legenda

- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

COMUNITA' MONTANA VALLE SERIANA

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
BG-CMVS_001	ARDESIO	909
BG-CMVS_002	ARDESIO	927
BG-CMVS_003	ARDESIO	947
BG-CMVS_004	ARDESIO	1002
BG-CMVS_005	GROMO	634
BG-CMVS_006	ARDESIO	876
BG-CMVS_007	CERETE	571
BG-CMVS_008	SONGAVAZZO	884
BG-CMVS_009	SONGAVAZZO	1187
BG-CMVS_010	FINO DEL MONTE	1032
BG-CMVS_011	CERETE	990
BG-CMVS_012	ROVETTA	1226
BG-CMVS_013	CERETE	1180

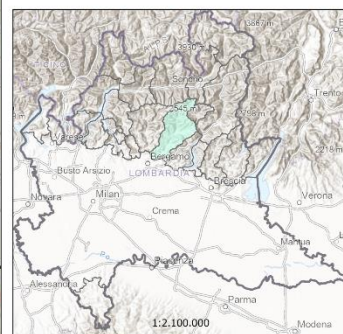
Andamento stagionale

**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

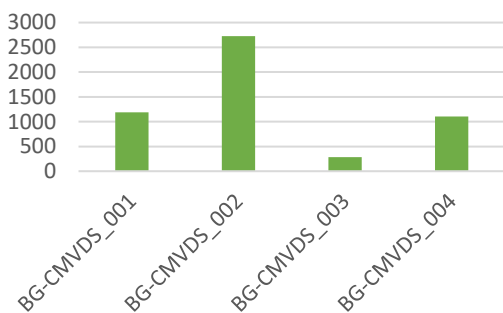
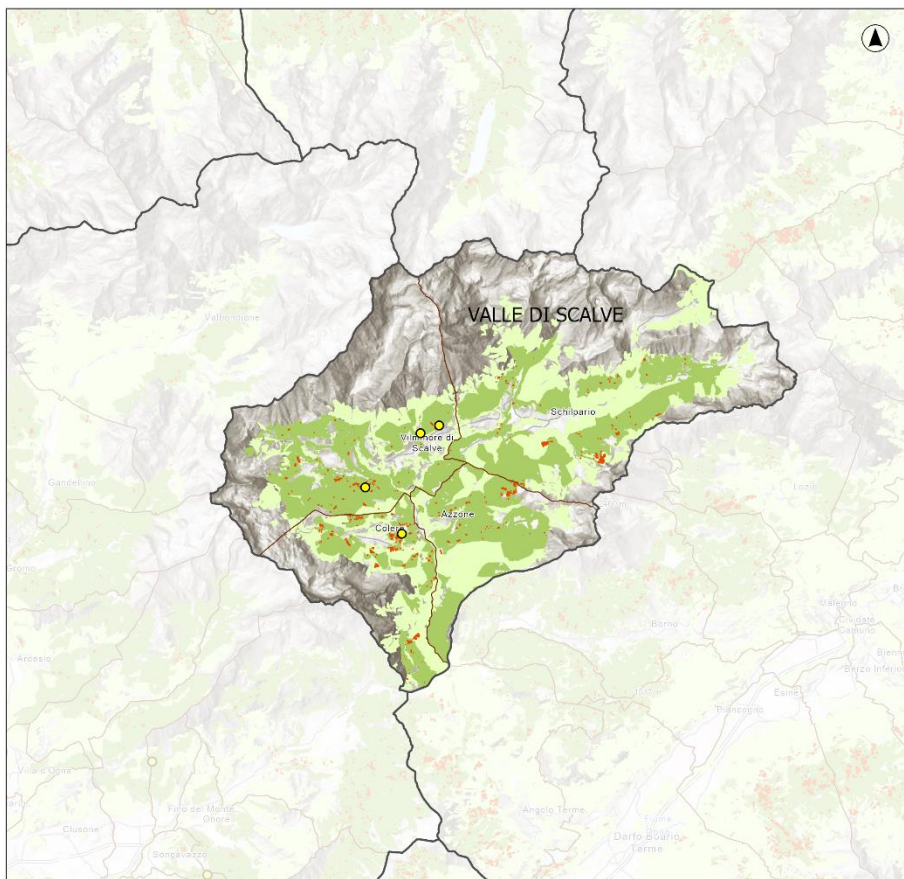
1:150.000

**Legenda**

- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

COMUNITA' MONTANA VALLE DI SCALVE

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
BG-CMVDS_001	VILMINORE DI SCALVE	1158
BG-CMVDS_002	VILMINORE DI SCALVE	1185
BG-CMVDS_003	COLERE	819
BG-CMVDS_004	VILMINORE DI SCALVE	927

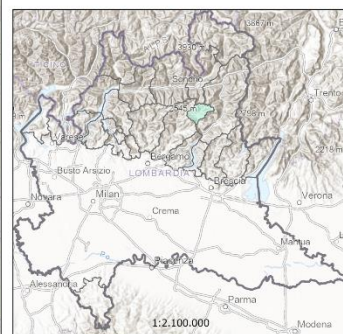
**Andamento stagionale**

**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

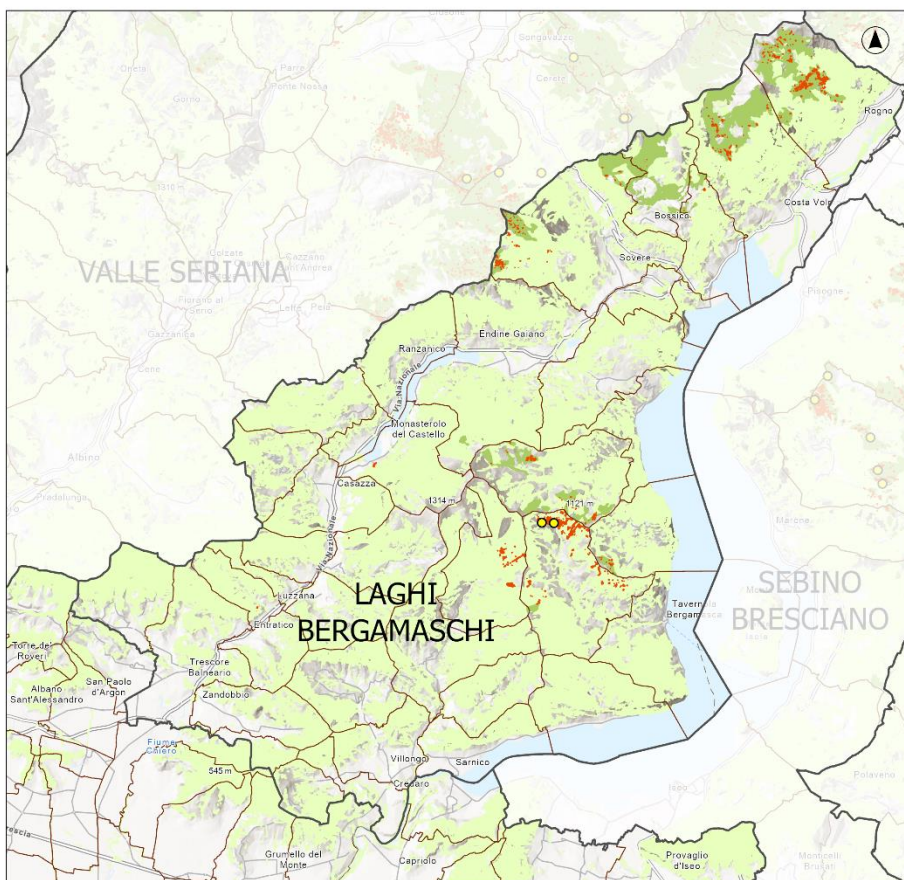
1:100.000

**Legenda**

- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

COMUNITA' MONTANA LAGHI BERGAMASCHI

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
BG-CMLB_001	VIGOLO	883
BG-CMLB_002	VIGOLO	831

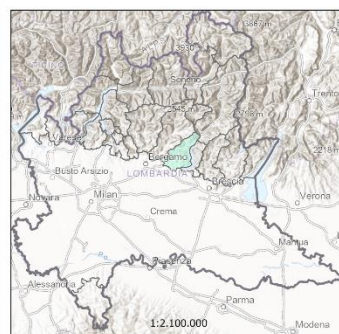
Andamento stagionale (solo luglio e agosto)

**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

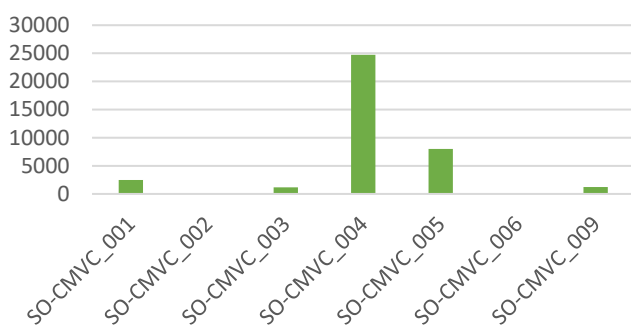
1:100.000

**Legenda**

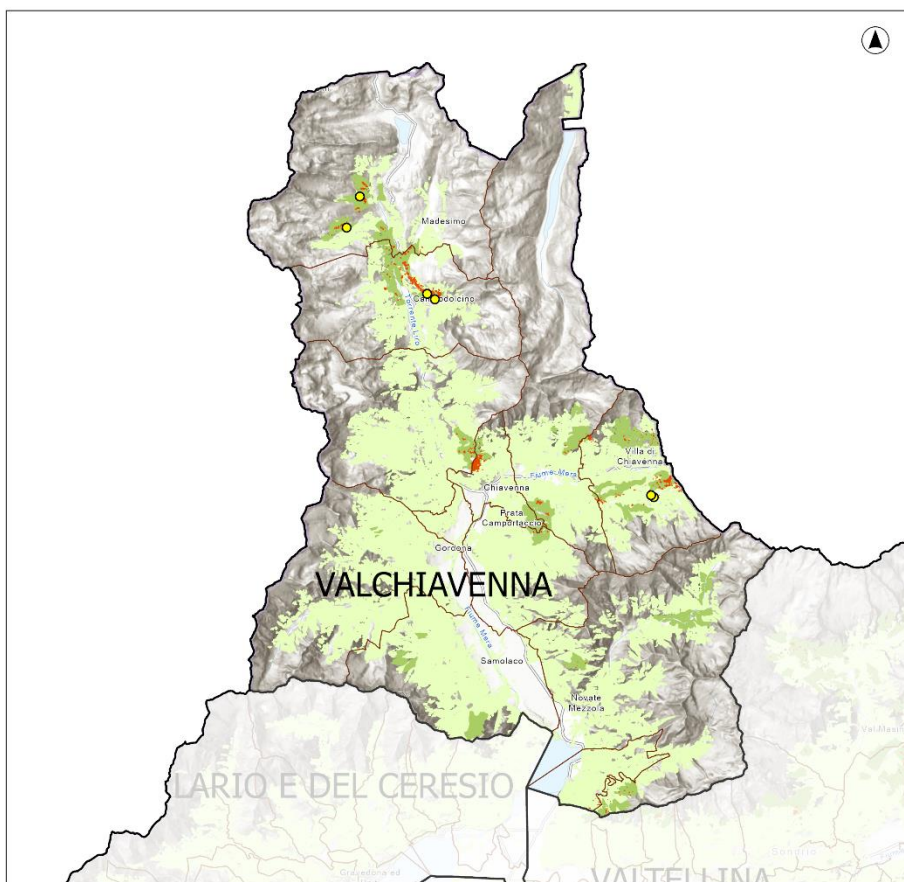
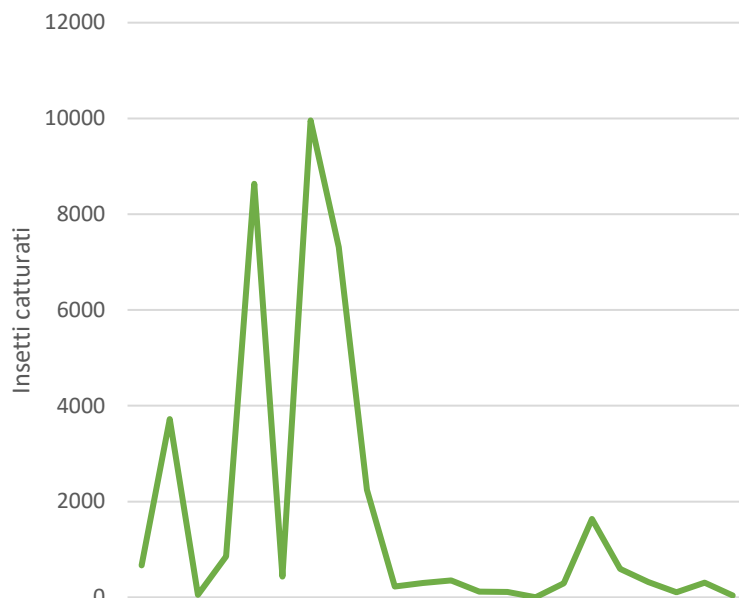
- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

PROVINCIA DI SONDRIO
COMUNITA' MONTANA VAL CHIAVENNA

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
SO-CMVC_001	CAMPODOLCINO	1533
SO-CMVC_002	CAMPODOLCINO	1375
SO-CMVC_003	MADESIMO	1533
SO-CMVC_004	VILLA DI CHIAVENNA	1210
SO-CMVC_005	VILLA DI CHIAVENNA	1109
SO-CMVC_006	MADESIMO	1677



Andamento stagionale

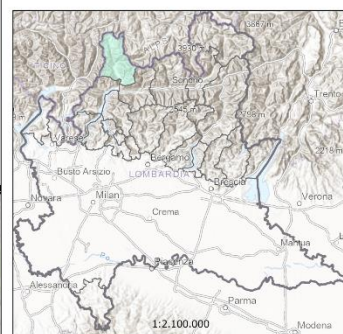


**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

1:150.000



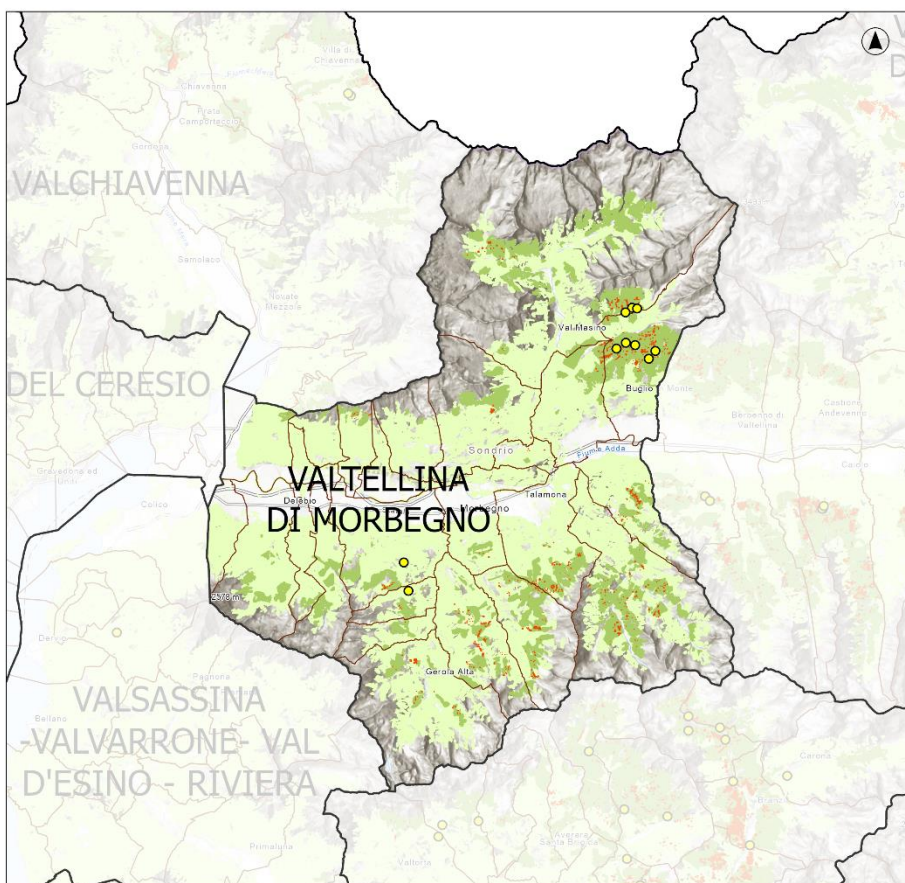
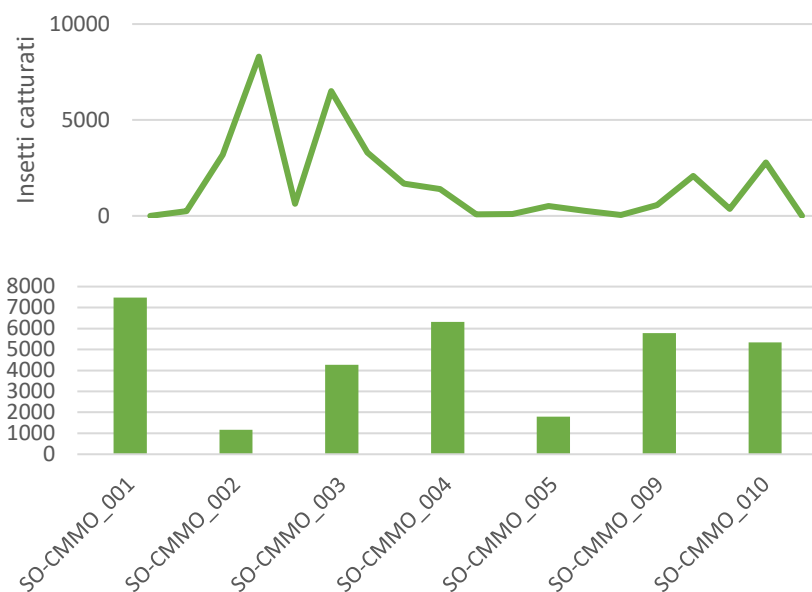
Legenda

- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

COMUNITA' MONTANA VALTELLINA DI MORBEGNO

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
SO-CMMO_001	VAL MASINO	1515
SO-CMMO_002	VAL MASINO	1543
SO-CMMO_003	VAL MASINO	1454
SO-CMMO_004	COSIO VALTELLINO	1272
SO-CMMO_005	RASURA	1182
SO-CMMO_006	BUGLIO IN MONTE	1738
SO-CMMO_007	BUGLIO IN MONTE	1739
SO-CMMO_008	BUGLIO IN MONTE	1710
SO-CMMO_009	BUGLIO IN MONTE	1307
SO-CMMO_010	BUGLIO IN MONTE	1383

Andamento stagionale

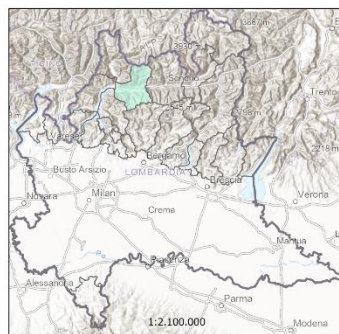


**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

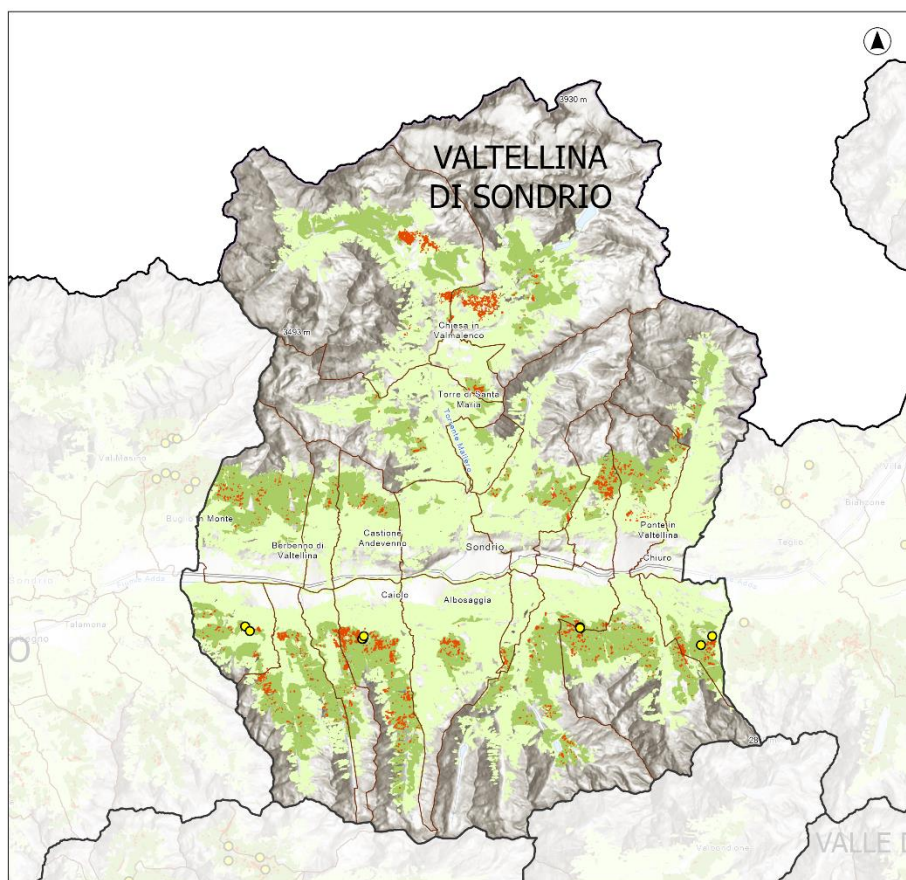
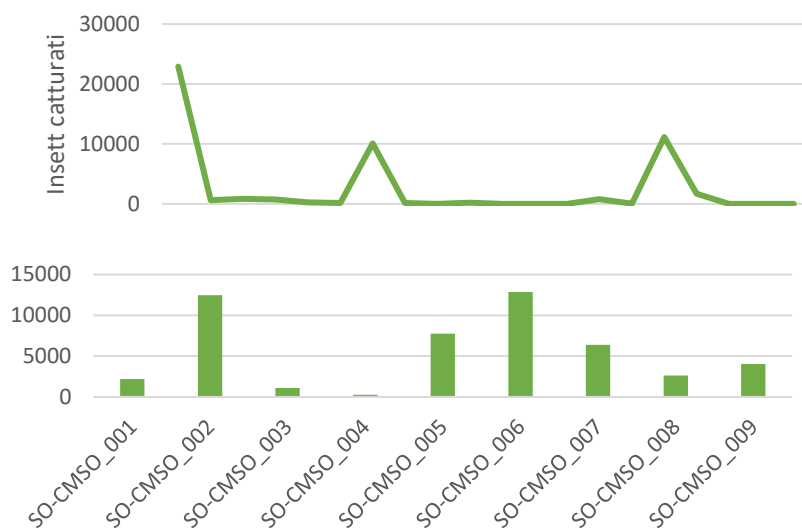
1:150.000

**Legenda**

- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

COMUNITA' MONTANA VALTELLINA DI SONDRIO

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
SO-CMSO_001	CASTELLO DELL'ACQUA	1305
SO-CMSO_002	CASTELLO DELL'ACQUA	1065
SO-CMSO_003	CAIOLO	1157
SO-CMSO_004	CAIOLO	1156
SO-CMSO_005	CAIOLO	1077
SO-CMSO_006	PIATEDA	1022
SO-CMSO_007	PIATEDA	1038
SO-CMSO_008	COLORINA	880
SO-CMSO_009	COLORINA	970

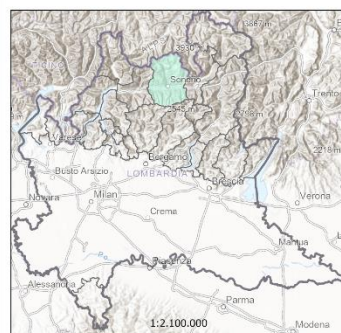
Andamento stagionale

**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

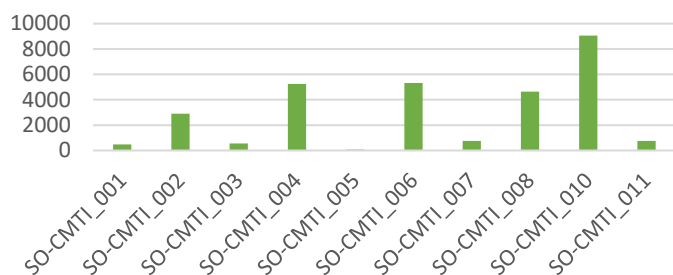
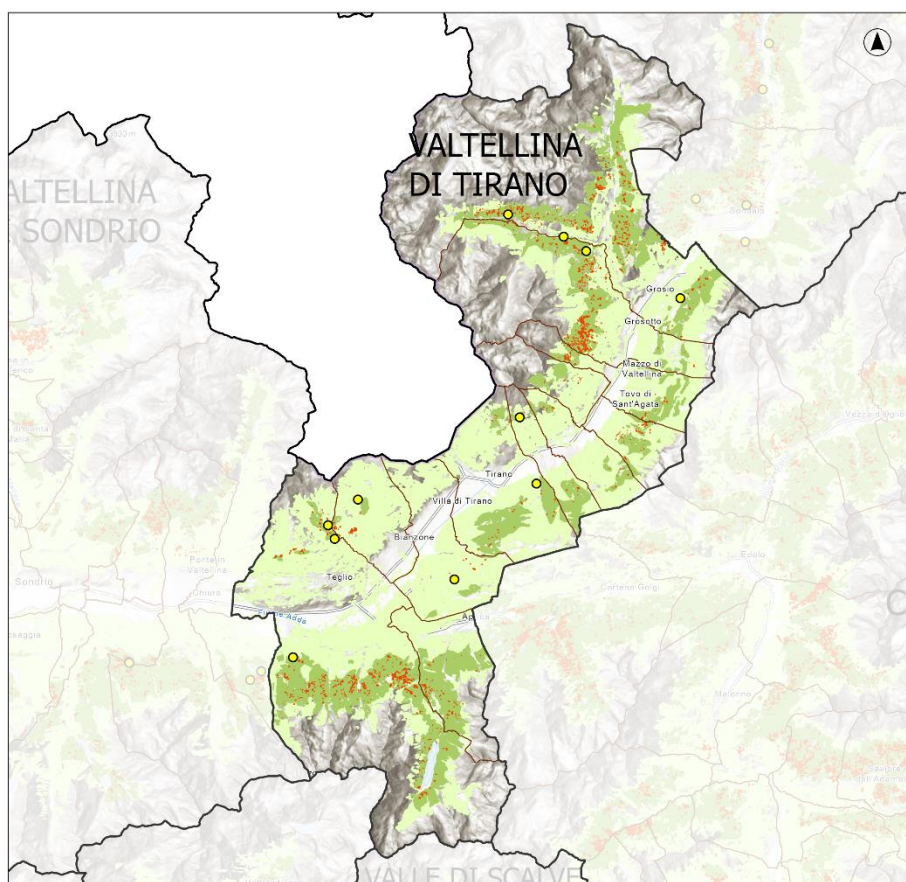
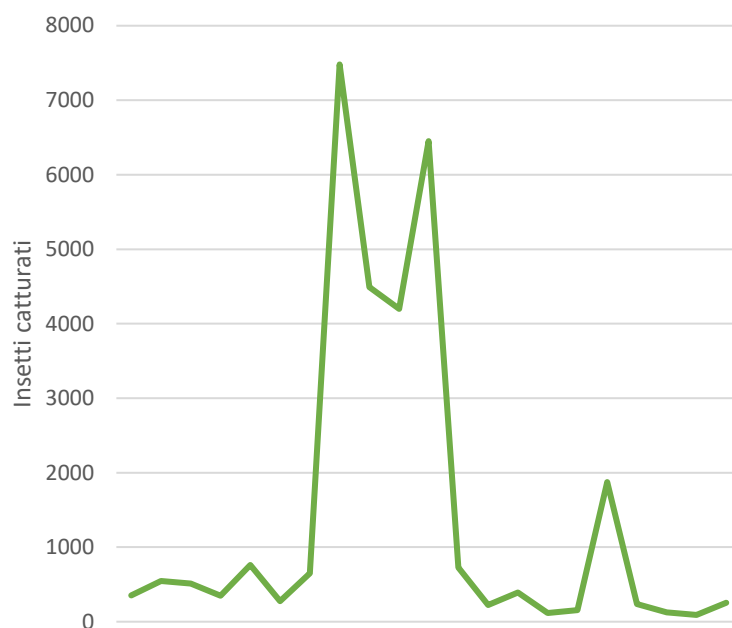
1:150.000

**Legenda**

- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

COMUNITA' MONTANA VALTELLINA DI TIRANO

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
SO-CMTI_001	SERNIO	1522
SO-CMTI_002	GROSIO	1280
SO-CMTI_003	GROSIO	1139
SO-CMTI_004	GROSIO	1660
SO-CMTI_005	GROSOTTO	1380
SO-CMTI_006	TIRANO	904
SO-CMTI_007	VILLA DI TIRANO	1144
SO-CMTI_008	TEGLIO	775
SO-CMTI_009	TEGLIO	1128
SO-CMTI_010	TEGLIO	1269
SO-CMTI_011	BIANZONE	1461

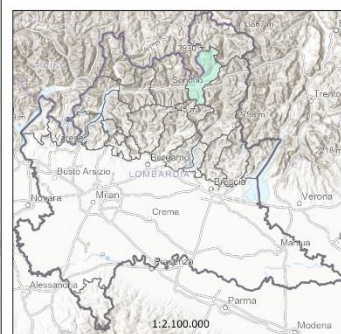
**Andamento stagionale**

**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

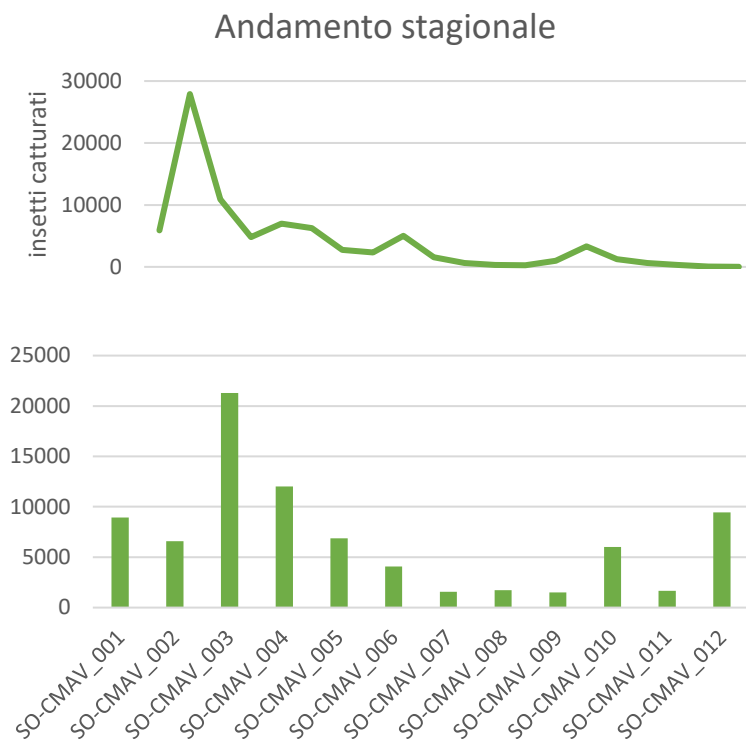
1:150.000

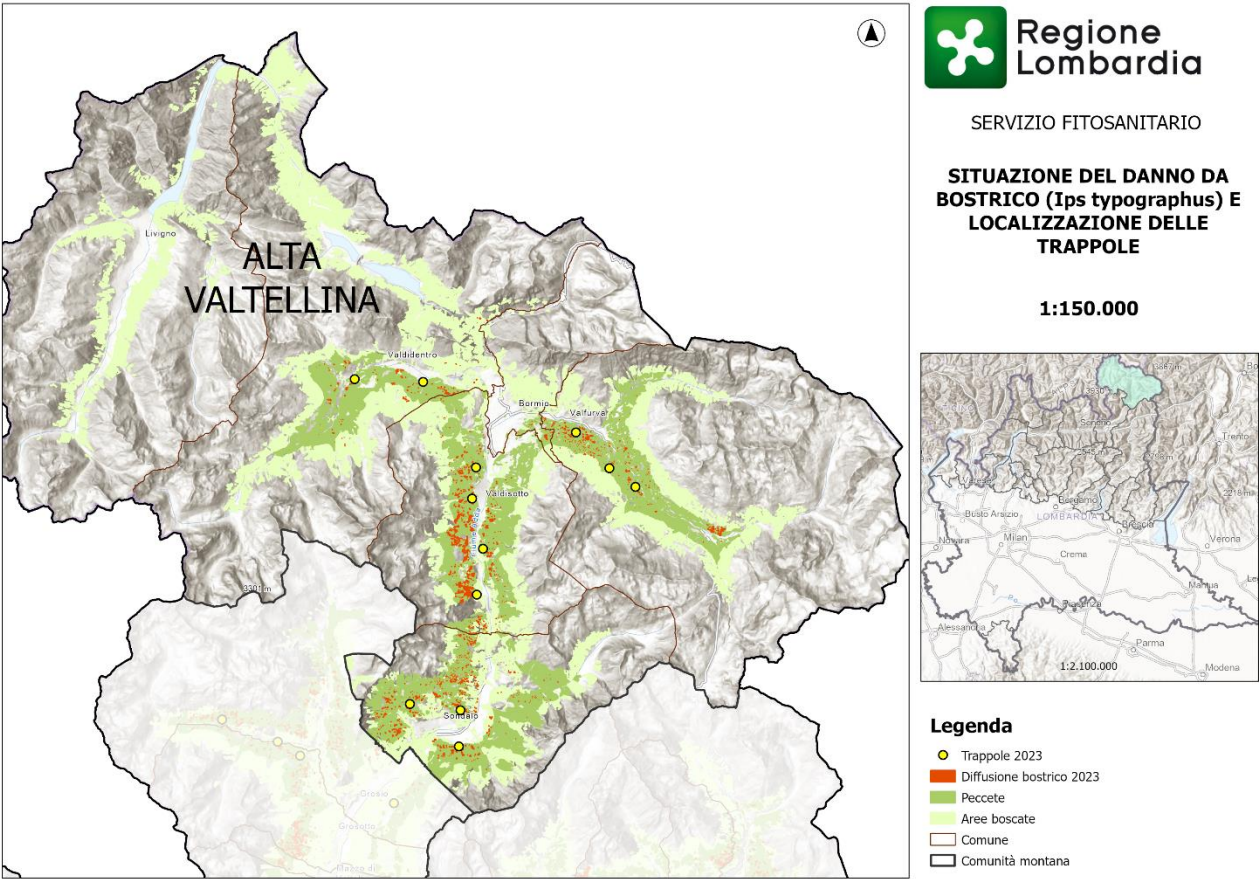
**Legenda**

- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

COMUNITA' MONTANA ALTA VALTELLINA

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
SO-CMAV_001	SONDALO	1459
SO-CMAV_002	SONDALO	1238
SO-CMAV_003	SONDALO	966
SO-CMAV_004	VALDISOTTO	1171
SO-CMAV_005	VALDISOTTO	1162
SO-CMAV_006	VALDISOTTO	1291
SO-CMAV_007	VALDISOTTO	1397
SO-CMAV_008	VALDIDENTRO	1402
SO-CMAV_009	VALDIDENTRO	1392
SO-CMAV_010	VALFURVA	1552
SO-CMAV_011	VALFURVA	1708
SO-CMAV_012	VALFURVA	1630

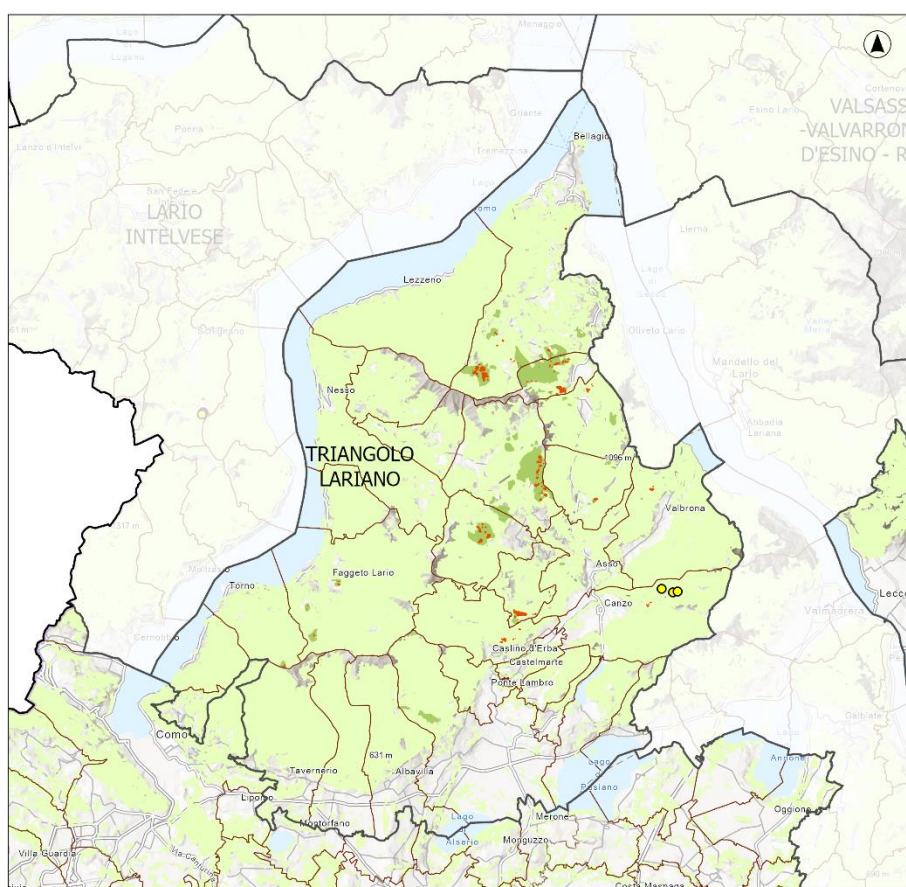
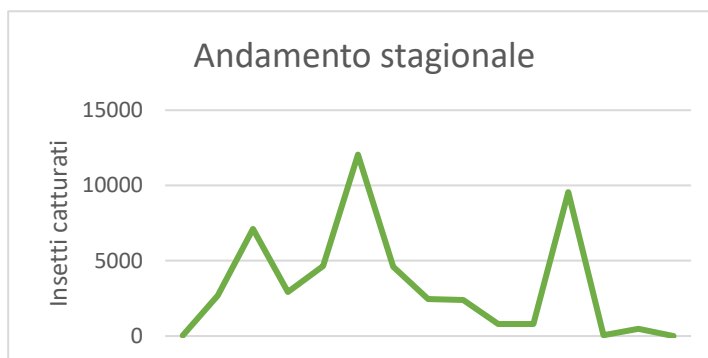




PROVINCIA DI COMO

COMUNITA' MONTANA TRIANGOLO LARIANO (corni di Canzo-ERSAF)

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
CO-ERSA-01	CANZO	825
CO-ERSA-02	CANZO	802
CO-ERSA-03	CANZO	805

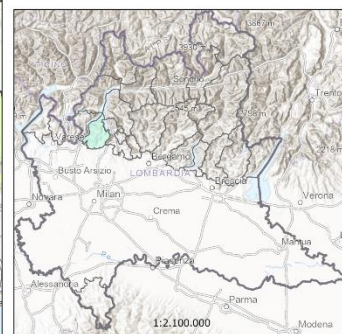


Regione
Lombardia

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (Ips typographus) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

1:100.000

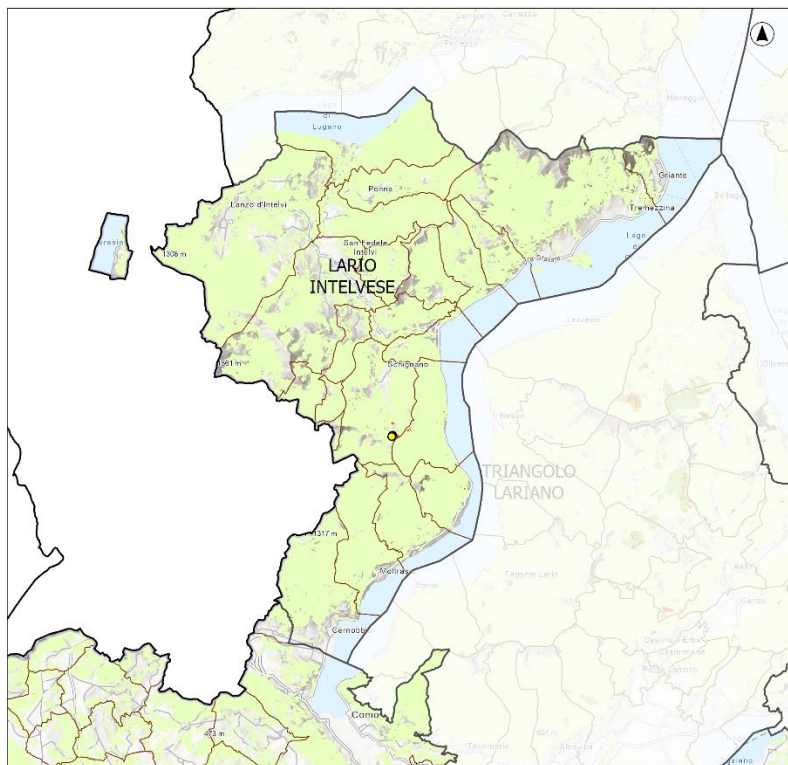


Legenda

- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana

COMUNITA' MONTANA LARIO INTELVESE (ERSAF)

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
CO-ERSA-04	SCHIGNANO	1076
CO-ERSA-05	SCHIGNANO	1092
CO-ERSA-06	SCHIGNANO	1113

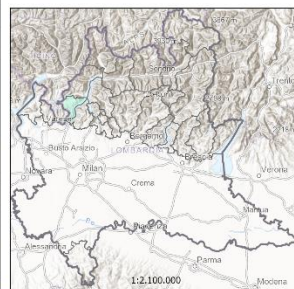


**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

1:100.000

**Legenda**

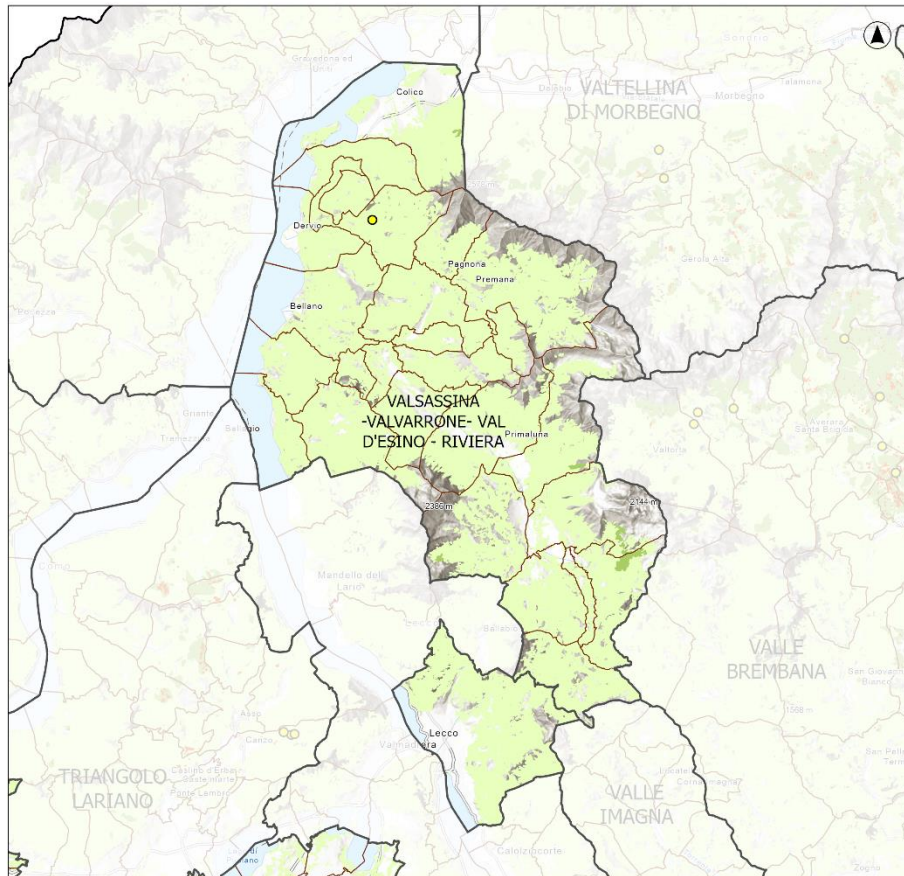
- Trappole 2023
- Diffusione bostrico 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana



**Regione
Lombardia**
Servizio Fitosanitario

PROVINCIA DI LECCO
COMUNITA' MONTANA VALSASSINA

COD_TRAPPOLA	COMUNE	QUOTA
LC-CMVS_001	VALVARRONE	1130

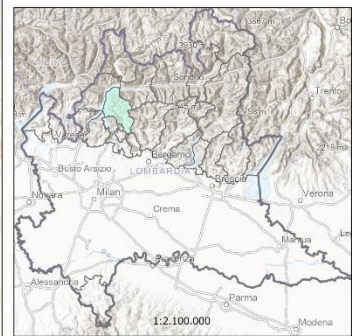


**Regione
Lombardia**

SERVIZIO FITOSANITARIO

**SITUAZIONE DEL DANNO DA
BOSTRICO (*Ips typographus*) E
LOCALIZZAZIONE DELLE
TRAPPOLE**

1:150.000



Legenda

- Trappole 2023
- Diffusione bostriko 2023
- Peccete
- Aree boscate
- Comune
- Comunità montana



Servizio Fitosanitario Regionale Lombardia

Marco Bazzoli

Enea Inverardi

ERSAF - Ente Regionale Servizi Agricoltura e Foreste

Dante Fasolini

Paolo Gallo

Tommaso Porro

Ringraziamenti:

Il personale tecnico delle Comunità Montane e dei
Consorzi Forestali

Le Guardie Ecologiche Volontarie