



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

Corso di laurea magistrale in Scienze forestali e ambientali

Effetto sulla accessibilità e fattibilità di esbosco a
seguito degli interventi di miglioramento della
viabilità forestale per l'utilizzazione del legname
danneggiato da vento e bostrico in Agordino

Relatore

Prof. Stefano Grigolato

Correlatore

Dott. Luca Marchi

Laureando

Alessandro Cordella

Matricola n.

2078152

ANNO ACCADEMICO 2024/2025

*«Leggete, studiate e lavorate sempre con etica e con passione.
Ragionate con la vostra testa e imparate a dire dei no. Siate
ribelli per giusta causa e difendete la natura e i più deboli.
Non siate conformisti e non accodatevi al carro del vincitore.
Siate forti e siate liberi, altrimenti quando sarete vecchi e
deboli rimpiangerete le montagne che non avete salito e le
battaglie che non avete combattuto.»*

MARIO RIGONI STERN

Sommario

Riassunto.....	3
Abstract.....	4
1 Introduzione.....	5
1.1 La viabilità silvo-pastorale in Veneto.....	5
1.2 Sistemi di lavoro e sistemi di esbosco	8
1.3 Legislazione in materia di viabilità forestale, Piano della viabilità silvo-pastorale.....	17
1.4 Nuova viabilità e vincoli.....	20
1.5 Tempesta Vaia, schianti da vento e infestazione di <i>Ips typographus</i> L.....	21
1.6 Boschi di protezione	25
2 Materiali e metodi.....	30
2.1 Descrizione dell'area di studio: Agordino	30
2.2 Metodi e flusso di lavoro	39
2.2.1 Inventario	39
2.2.2 Elaborazione delle mappe dei sistemi di esbosco	40
2.2.3 Calcolo delle sovrapposizioni tra sistemi di esbosco	42
2.2.4 Creazione database layer e acquisizione dati	42
2.2.5 Definizioni.....	43
2.3 Indici di accessibilità.....	44
3 Risultati	47
3.1 Risultati a livello di Unione Montana	47
3.2 Risultati di dettaglio.....	49
3.2.1 Superficie boscata comunale.....	50
3.2.2 Categorie forestali	52
3.2.3 Schianti Vaia.....	54
3.2.4 Superfici infestate da bostrico	56
3.2.5 Aree valanghive.....	58
3.2.6 Aree protette.....	60
4 Discussione.....	62

4.1	Variazioni e stato di accessibilità e fattibilità di esbosco al 2021	62
4.2	Indici	66
4.3	Effetti economici.....	70
5	Conclusioni.....	72
6	Bibliografia.....	73
	Allegati.....	77
	Ringraziamenti.....	91

Riassunto

La viabilità forestale è l'infrastruttura fondamentale su cui si basano le utilizzazioni forestali e l'accesso al bosco. Nel Triveneto, il cataclisma Vaia ha causato alle superfici forestali un danno senza precedenti, in modo sia diretto, col vento, che indiretto, con l'innesco della pullulazione di *Ips typographus* L. (bostrico tipografo). L'entità del danno è stata tale che si può parlare, e si parla, di una distinzione netta tra le condizioni pre Vaia e post Vaia disgiunte da un repentino cambio di tempo. La tempesta Vaia ha avuto forti ripercussioni sulla viabilità forestale, dal deterioramento delle strade esistenti che ha richiesto interventi di ripristino, all'estensione della rete con nuovi tratti, dettata dall'esigenza di utilizzare il legname danneggiato, schiantato e/o bostricato. In aggiunta, la viabilità ha dovuto sopportare il trasporto verso valle dei grandi quantitativi di legname esboscati, che ne hanno accelerato il deterioramento manifestando l'urgenza di interventi manutentivi. Questo è avvenuto anche in Agordino, dove l'estensione e la distribuzione della viabilità di interesse forestale è, di base, già buona. La costruzione di nuovi tratti e il miglioramento di quelli esistenti hanno modificato l'accessibilità al bosco e, di conseguenza, le possibilità di esbosco nelle superfici forestali soggette ad utilizzazione, con variazioni nelle superfici servite.

L'obiettivo della tesi è la valutazione degli effetti che gli interventi eseguiti alla viabilità di interesse forestale hanno avuto sull'accessibilità alle superfici forestali dell'Agordino (Unione Montana Agordina). L'accessibilità è stata valutata attraverso indici (densità viabile, spaziatura, quota parte di superficie servita ecc.) che esprimono la consistenza e la distribuzione delle strade; ciò ha consentito di verificare se e dove vi sono state variazioni di accessibilità e di quantificarne l'entità. La potenza sintetica degli indici, d'altro canto, non lascia spazio ad elaborazioni e analisi più dettagliate, utili alla progettazione e alla pianificazione delle utilizzazioni forestali. Per questo motivo sono state generate le mappe dei potenziali sistemi di esbosco, al fine di valutare le variazioni delle superfici servite. La valutazione è stata condotta entro la superficie boscata complessiva, entro le aree schiantate da vento e infestate da bostrico, entro le superfici boscate ricadenti in siti valanghivi e in area protetta. Nonostante l'elaborazione delle mappe dei potenziali sistemi di esbosco sia stata eseguita su tutto l'Agordino, urge evidenziare che le operazioni forestali previste nelle aree analizzate non sono univoche. Al di là dei boschi utilizzati in modo ordinario, i boschi danneggiati dovranno essere ricostituiti sul lungo periodo, con cure colturali ed eventuali rimboschimenti, e nei boschi in area valanghiva e in area protetta è prevista una gestione speciale, o comunque non ordinaria, finalizzata al mantenimento della funzione protettiva e al rispetto del vincolo naturalistico. Le mappe dei sistemi di esbosco costituiscono pertanto un'indicazione di massima delle possibilità di esbosco che ben esprime le limitazioni tecniche presenti sul campo (pendenza e prossimità alla strada). L'applicazione pratica dei sistemi di esbosco, infatti, deve essere adattata alle esigenze selvicolturali, alle caratteristiche ecologico-stazionali del bosco, alle caratteristiche fisiche del sito e all'assetto dell'impresa forestale incaricata dell'utilizzazione.

Abstract

Forest road infrastructure is a fundamental element for forest operations and access to woodland areas. In the Triveneto region, Storm Vaia caused unprecedented damage to forest areas, both directly – due to strong winds – and indirectly – by triggering a mass outbreak of *Ips typographus* L. (European spruce bark beetle). The extent of the damage was so severe that caused a clear distinction between pre-Vaia and post-Vaia conditions, with a sudden and drastic change in the landscape. Storm Vaia had a significant impact on forest road infrastructures, from the deterioration of existing roads – which required restoration work – to the expansion of the network with new road sections. This expansion was driven by the need to extract damaged, windthrown, and/or beetle-infested timber. Additionally, the increased transportation of large volumes of harvested timber further accelerated road deterioration, highlighting the urgent need for maintenance. This situation also occurred in the Agordino area, where the extent and distribution of forest road infrastructures were already relatively well-developed. The construction of new road sections and the improvement of existing ones have altered forest accessibility, consequently affecting timber extraction possibilities in managed forest areas and leading to changes in the served forested surfaces.

The objective of this thesis is to assess the effects of interventions on forest road infrastructure in the Agordino area concerning accessibility to forested areas. Accessibility was evaluated through indicators (such as road density, spacing, and the proportion of served surface) that reflect the extent and distribution of the road network. This analysis allowed for the identification and quantification of accessibility changes. However, the synthetic nature of these indicators does not permit more detailed analyses, which are crucial for forest management planning. For this reason, maps of potential harvesting systems were generated to evaluate changes in served surfaces. The assessment was conducted within four main contexts: i) the overall forested area (also by forest species), ii) areas affected by windthrow and bark beetle infestations, iii) forested areas within avalanche-prone zones and iv) protected natural areas. Although the mapping of potential harvesting systems was carried out across the entire Agordino region, it is important to note that forest operations in the analyzed areas are not uniform. Beyond the regularly managed forests, damaged forests will require long-term restoration through cultural ops and, if necessary, reforestation. In avalanche-prone zones and protected natural areas special management – rather than conventional logging – is implemented to maintain protective functions and to comply with environmental conservation constraints. The harvesting system maps provide a general indication of timber extraction possibilities, effectively representing the technical limitations in the field (such as slope and proximity to roads). However, the practical application of these systems must be adapted to silvicultural needs, site-specific ecological and physical characteristics, and to the asset and operational capacity of the forest enterprise responsible for logging activities.

1 Introduzione

1.1 La viabilità silvo-pastorale in Veneto

La viabilità silvo-pastorale è l'infrastruttura di base della gestione forestale. Un'adeguata rete viabile riduce lo stato di abbandono dei boschi, riduce la fascia dei complessi a macchiatico negativo e consente l'impiego di meccanizzazione per ridurre i costi di utilizzazione (Bortoli, 1982). Nella pianificazione e nella progettazione delle utilizzazioni forestali entro un'area boscata è indispensabile conoscere le caratteristiche della viabilità in termini di sviluppo planimetrico dei tracciati e di criteri costruttivi. Questa conoscenza consente di prendere decisioni opportune per conciliare il tipo di intervento previsto (e.g. dal piano di assestamento), le esigenze della selvicoltura naturalistica, l'economicità dell'intervento unita ai mezzi forestali potenzialmente impiegabili e il minimo danno al bosco.

Al fine di una razionale pianificazione e progettazione di cui sopra, è indispensabile disporre di una classificazione della viabilità. La classificazione più diffusa e utilizzata è quella proposta da Hippoliti (1976) che identifica una rete principale (a fondo artificiale; camionabili principali e secondarie, trattorabili principali) e una rete secondaria (piste di strascico su fondo naturale principali e secondarie, linee di avvallamento e linee di gru a cavo). Nei contesti montani a noi noti, le strade camionabili principali sono assimilabili alle strade pubbliche statali, provinciali e comunali, pertanto, si può adottare una versione semplificata di questa classificazione, costituita dalla viabilità forestale principale (strade forestali camionabili e strade trattorabili su fondo artificiale) e dalla viabilità forestale secondaria (piste di strascico principali e secondarie) (Bortoli, 1989).

Pur essendo la classificazione dell'Hippoliti (1976) molto dettagliata sotto l'aspetto delle caratteristiche tecniche e quindi valida per la pianificazione delle utilizzazioni forestali, essa non fornisce indicazioni dettagliate circa la percorribilità delle varie categorie (Cavalli et al., 2013). Con l'evoluzione dei mezzi forestali e la necessità di pianificare anche altri aspetti come, ad esempio, l'antincendio boschivo (AIB) o l'accesso legato alla fruizione turistico-ricreativa del patrimonio forestale, si è manifestata la necessità di estendere la classificazione ad una scala più ampia, tenendo conto della viabilità pubblica non strettamente forestale e della percorribilità. Si parla così di viabilità di interesse forestale, in cui il termine "interesse" riguarda le strade non strettamente forestali, ma comunque utili alla gestione del patrimonio forestale nei suoi vari aspetti. Cavalli et al. (2013) hanno proposto una classificazione basata su classi funzionali (Tab. 1.1) e classi di percorribilità (Tab. 1.2); in questo modo è possibile considerare tutte le strade e dedurre quali mezzi possono passarvi (Fig. 1). Nell'ambito della ricerca che ha portato alla definizione di tale classificazione, è stato elaborato anche un protocollo di raccolta e archiviazione dei dati. La viabilità è così censita e identificata in una banca dati georiferita che ne contiene la classificazione, le caratteristiche tecnico-costruttive ed eventuali

note descrittive (Allegato A). La classificazione di Cavalli et al. (2013) sarà adeguata agli standard introdotti dal Decreto viabilità forestale (GU n° 286 del 01/12/2021; v. § 1.3).

Tab. 1.1. Classificazione funzionale della viabilità proposta da Cavalli et al. (2013).

Classe	Funzione	Descrizione
O	Ordinaria lunga percorrenza	Rete di strade extraurbane principali – Strade statali e regionali
C	Collegamento/accesso	Rete di strade e tratti (pubblici e privati) che consentono il collegamento e l'accesso a centri/nuclei abitativi o a centri/aree produttive (incluse le strade provinciali). Questa rete di strade e tratti, se fuori dalle aree urbane e industriali, può in casi eccezionali essere utilizzata per attività di interesse produttivo o turistico legate all'ambito agro-silvo-pastorale
MF	Locale a multi-funzione	Rete di strade e tratti (pubblici e privati) che consentono il collegamento e l'accesso a centri/nuclei abitativi o a centri/aree produttive. Questa rete di strade e tratti si caratterizza per la possibilità di essere utilizzata regolarmente per attività di interesse produttivo o turistico legate all'ambito agricolo e/o silvo-pastorale.
FOR	Forestale o silvo-pastorale	Rete di strade e tratti permanenti che consentono l'accesso e la percorrenza di aree silvo-pastorali. Questi tratti possono ricadere nelle strade forestali ad accesso disciplinato in base alla LR n° 14 del 31/03/1992 (presenza di cartello con o senza sbarra) o essere strade e tratti non disciplinati in proprietà pubbliche e private con evidente funzione silvo-pastorale.
NC	Non classificato	Rete di strade e tratti (sentieri, tracciati e mulattiere) limitate a percorrenze non motorizzate (percorrenza a piedi/cavallo/bici – sentieri). In questa classe funzionale possono rientrare anche le piste di esbosco temporanee (P) o tratti di strade forestali abbandonate da tempo di cui il tracciato non è identificabile.

Tab. 1.2. Classi di percorribilità con esempi nell'ambito delle utilizzazioni forestali e AIB proposta da Cavalli et al. (2013).

Classe	Descrizione	Utilizzazioni forestali	AIB
1	Bassa mobilità e alta possibilità di carico	Tutti i mezzi	Autocisterna (kilolitrica) (1a) Autobotte pesante (1b)
2	Bassa mobilità e media possibilità di carico	Autocarro	Autobotte 4x2 (2a) Autobotte 4x4 (2b)
3	Elevata mobilità e media possibilità di carico	Forwarder o trattore con rimorchio forestale	Minibotte 4x4 passo lungo (3a) 4x4 passo lungo/corto con sistema modulare carrellato (3b)
4	Elevata mobilità e ridotta possibilità di carico	Trattore con rimorchio monoasse	4x4 passo corto (4a) Quad allestito (4b)
0	Non percorribile con automezzi		

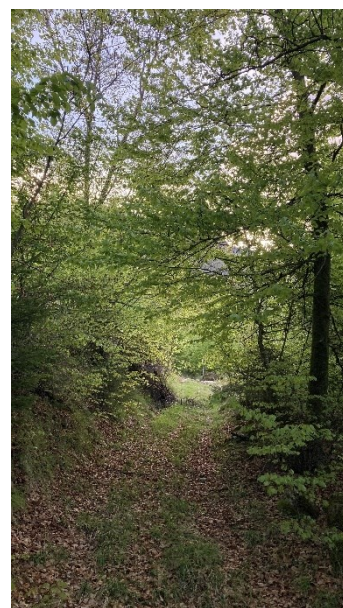


Fig. 1 – Viabilità forestale e silvo-pastorale con diversa percorribilità e con diversi criteri tecnici costruttivi. Le strade con buona percorribilità (sopra e sotto a sinistra) permettono il passaggio di gran parte dei mezzi, e.g. forwarder e trattore con rimorchio forestale. Le strade a scarsa percorribilità limitano il transito a poche categorie di mezzi, e.g. trattore con rimorchio monoasse (sotto al centro e a destra). Il fondo stradale può essere migliorato con massicciata di materiale reperito in loco (sopra e sotto al centro) o proveniente da cave (sotto a sinistra). Le piste forestali (sotto a destra) presentano fondo naturale. La larghezza della carreggiata, il raggio di curvatura delle curve/tornanti e la pendenza sono i principali fattori che condizionano la percorribilità (fonte: scrivente).

1.2 Sistemi di lavoro e sistemi di esbosco

Le operazioni di utilizzazione tradizionalmente si suddividono in taglio di abbattimento, allestimento o depezzatura¹, concentramento ed esbosco all'imposto. La sequenza e la modalità con cui vengono eseguite le singole operazioni definiscono il sistema di lavoro. Sulla base delle caratteristiche del cantiere forestale (viabilità e accessibilità, tipo di assortimenti ricavabili, morfologia, mezzi impiegabili) le operazioni di utilizzazione possono susseguirsi in modi diversi e materializzarsi in luoghi diversi, dando forma a diversi sistemi di lavoro.

In generale si possono identificare i seguenti sistemi di lavoro:

- a. Sistema del legname corto (*Short wood system*, SWS o *Cut to lenght*, CTL). L'abbattimento e l'allestimento (sramatura, depezzamento ed eventuale scorzatura) vengono eseguiti sul letto di caduta per piede d'albero. Il legname da esboscare è già assortimentato, di misura (1-2 m per le latifoglie e 4 m per le conifere) e pronto per essere depositato all'imposto;
- b. Sistema del legname lungo (*Tree lenght system*, TLS). L'abbattimento e la sramatura avvengono sul letto di caduta, mentre la depezzatura o viene eseguita parzialmente (in via eccezionale) solo per i fusti troppo lunghi o grossi e terminata all'imposto oppure viene eseguita completamente all'imposto, mentre la scortecciatura può essere eseguita all'imposto o direttamente in segheria;
- c. Sistema intermedio SWS-TLS o del "legname mezzo lungo"². Il sistema è derivato dal TLS e differisce da esso in quanto vi è una parziale depezzatura dei fusti che viene completata all'imposto. I fusti depezzati hanno lunghezza differente (4 m e 8-12 m);
- d. Sistema dell'albero intero (*Whole/Full tree system*, WTS/FTS). L'abbattimento è seguito direttamente dall'esbosco della pianta intera (inclusa la chioma) e l'allestimento avviene in strada o all'imposto;
- e. Sistema intermedio SWS-WTS. Il sistema deriva dal WTS e consiste in abbattimento, parziale sramatura e depezzamento (con ricavo di 1-2 tronchi a misura) ed esbosco. L'allestimento della parte restante dell'albero viene completato all'imposto.

I macchinari e la manodopera impiegati nelle operazioni di utilizzazione definiscono il livello di meccanizzazione. Il livello di meccanizzazione può essere: i) iniziale (utilizzo di mezzi forestali a basso investimento, produttività bassa, la manodopera incide per l'80-90% sui costi di lavoro); ii) avanzato (mezzi forestali che richiedono investimento iniziale, produttività media e manodopera che incide per 60-80% sui costi di lavoro); iii) spinta (mezzi forestali che richiedono grosso investimento ma riducono i costi aumentando la produttività ad elevata, la manodopera incide per il 40-60% sui costi di lavoro) (Bortoli, 1989). Si riporta di seguito una schematizzazione dei sistemi di lavoro (Tab. 1.3).

¹ Operazione costituita da svettatura, sramatura, marcatura dei tronchi, troncatura ed eventuale scorzatura.

² Bortoli (1989).

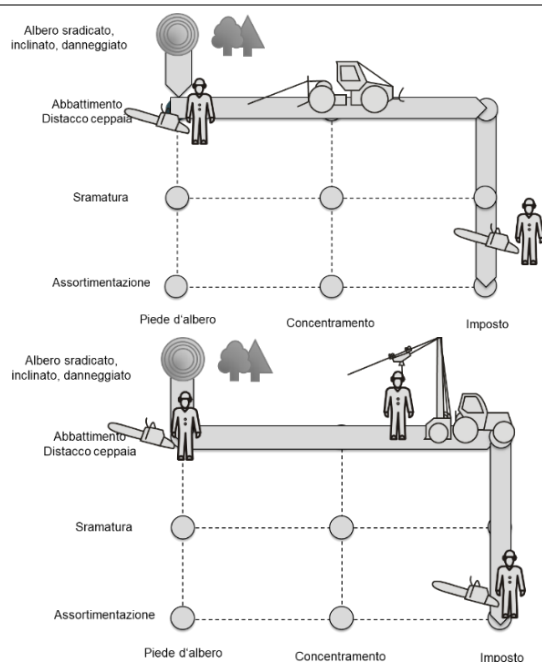
Tab. 1.3. Schematizzazione dei principali sistemi di lavoro applicabili nelle utilizzazioni forestali, riadattata da Forst Holz Papier (2017).

Sistema	Descrizione	Immagine
Sistema del legname corto (SWS) via terra <i>Sistema tradizionale</i> <i>Semi-meccanizzato</i>	Il legname viene assortimentato su letto di caduta con la motosega per piede d'albero ed esboscato con trattore e verricello (sopra) o con forwarder (sotto).	
Sistema del legname lungo (TLS) via terra <i>Sistema tradizionale</i> <i>Semi-meccanizzato</i>	L'albero viene allestito su letto di caduta, esboscato per strascico con trattore e verricello e assortimentato all'imposto.	

**Sistema dell'albero
intero (WTS/WFS) via
terra o via aerea**

*Sistema tradizionale
Semi-meccanizzato*

L'albero viene abbattuto
ed esboscato tale per
strascico con skidder
(sopra) o con gru a cavo
(sotto). L'allestimento
viene eseguito totalmente
all'imposto con motosega

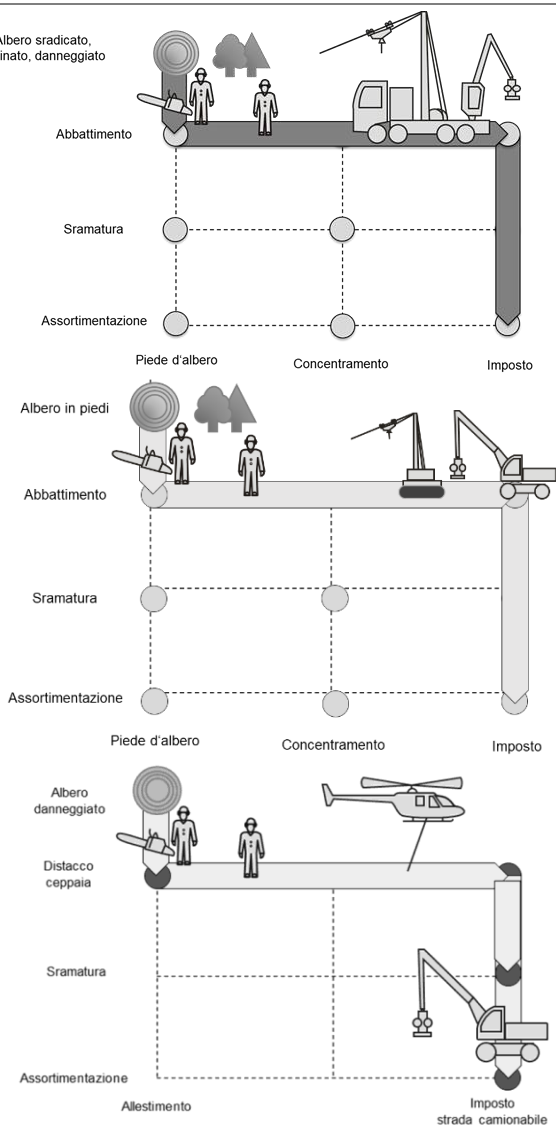


**Sistema dell'albero
intero (WTS/WFS) via
aerea**

*Sistema avanzato
Completamente semi-
meccanizzato*

L'albero viene abbattuto
ed esboscato tale con gru
a cavo o con elicottero.
L'allestimento e
l'assortimentazione
vengono eseguite da un
processore integrato alla
gru a cavo (sopra) oppure
attaccato ad un
escavatore (mezzo e
sotto).

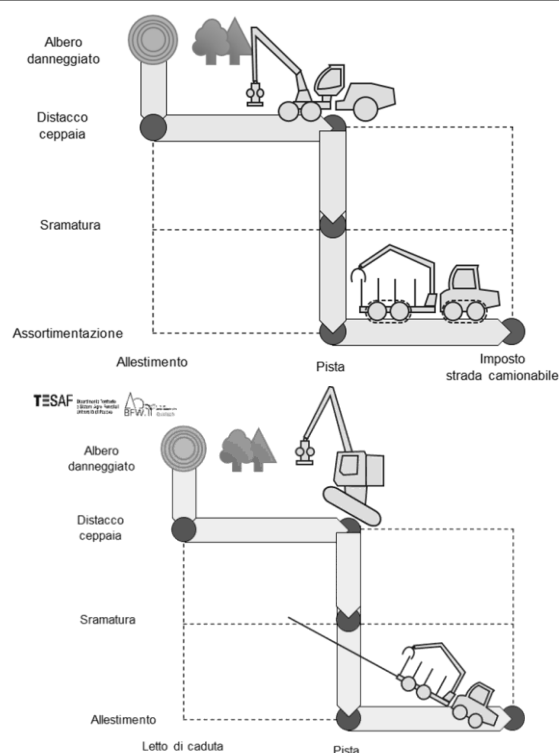
La gru a cavo può essere
leggera o pesante,
installata su carrello,
semovente o installata su
autocarro.



Sistema del legno corto (SWS) via terra

*Sistema avanzato
Completamente
meccanizzato*

L'albero viene abbattuto, allestito, concentrato in bosco in prossimità delle piste con harvester ed esboscato con forwarder. Si possono impiegare mezzi convenzionali adatti a terreni pianeggianti e a pendenza medio-bassa (sopra) oppure mezzi specializzati per terreni acclivi, con argano o trazione assistita (sotto).



Un sistema di esbosco è un modello di utilizzazione forestale caratterizzato da un sistema di lavoro e da un certo livello di meccanizzazione, che può essere impiegato su superfici forestali con determinati requisiti tecnici (limitazioni tecniche). Pucher et al. (2023) hanno definito otto sistemi di esbosco con limitazioni tecniche relative a pendenza, prossimità alla viabilità silvo-pastorale, suolo, specie forestali e relativo diametro a petto d'uomo (Tab. 1.4). La scelta del sistema di esbosco dipende da un insieme di fattori modificabili, che influenzano l'efficienza e l'economicità delle operazioni forestali, e non modificabili, che riguardano le caratteristiche del sito (Bortoli, 1989). I fattori non modificabili sono: i) pendenza e accidentalità del terreno; ii) suolo; iii) materiale da utilizzare³; iv) tipo di selvicoltura, governo e trattamento; v) intensità del taglio; vi) la presenza o assenza di strade. I fattori modificabili sono: i) preparazione del personale; ii) organizzazione del lavoro; iii) mezzi e attrezzature; iv) rete viabile. Sui fattori modificabili si possono ottenere dei cambiamenti nel breve-medio periodo, viceversa, sui fattori non modificabili i cambiamenti sono impossibili o ottenibili solo nel medio-lungo periodo.

³ Dimensione e specie forestale

Tab. 1.4. Sistemi di esbosco individuati da Pucher et al. (2023). Per ogni sistema di esbosco sono state fissate delle limitazioni tecniche che condizionano l'applicabilità del sistema stesso: per la pendenza e la prossimità alla viabilità forestale consistono in valori di soglia massimi; per il suolo e la specie forestale viene indicata la presenza di limitazioni (e.g. impatti che un sistema di esbosco può causare al suolo, applicabilità del sistema alla specie forestale); per il DBH vengono forniti i valori massimi, specifici per singola specie, che l'harvester e il processore possono accettare.

	Sistema di esbosco	Limitazioni tecniche				Diametro a petto d'uomo (DBH) (*)
		Pendenza	Suolo	Prossimità alla viabilità forestale	Specie forestale	
1	Motosega e skidder Sistema di lavoro: TLS Parzialmente meccanizzato	< 30%	-	≤ 100 m	-	-
2	Motosega e forwarder Sistema di lavoro: CTL Parzialmente meccanizzato	< 30%	Limitazioni	≤ 1000 m	-	-
3	Harvester e forwarder Sistema di lavoro: CTL Completamente meccanizzato	< 30%	Limitazioni	≤ 1000 m	Limitazioni	Specie specifico
4	Motosega e forwarder (trazione assistita) Sistema di lavoro: CTL Parzialmente meccanizzato	< 60%	Limitazioni	≤ 300 m	-	-
5	Harvester (trazione assistita) e forwarder (trazione assistita) Sistema di lavoro: CTL Completamente meccanizzato	< 60%	Limitazioni	≤ 300 m	Limitazioni	Specie specifico
6	Harvester specializzato su terreni pendenti e gru a cavo Sistema di lavoro: CTL Completamente meccanizzato	< 60%	Limitazioni	≤ 600 m	Limitazioni	Specie specifico
7	Motosega e gru a cavo Sistema di lavoro: CTL Parzialmente meccanizzato	< 100%	-	≤ 600 m	-	-
8	Motosega e gru a cavo con processore integrato o attaccato a escavatore Sistema di lavoro: WTS Altamente meccanizzato	< 100%	-	≤ 600 m	Limitazioni	Specie specifico

(*) per i valori soglia di DBH si rimanda a Pucher et al. (2013).

Altri fattori di cui si tiene conto nella scelta del sistema sono la possibilità di danneggiamento del legname da esboscare, gli impatti sull'ecosistema forestale, l'asportazione della biomassa.

Nell'organizzazione del lavoro in bosco, se il legname è di scarsa qualità (e.g. legna da ardere o biomasse) si presterà più attenzione all'aspetto economico e all'efficienza del cantiere; per il materiale di qualità (legno da opera o legno di risonanza) si presterà più attenzione a non danneggiare il legname stesso. Il danno minimo al materiale legnoso si ha per sistemi senza strascico in cui si fa utilizzo del forwarder o del trasporto aereo. Viceversa, l'esbosco con trattore e verricello può inficiare la qualità del legname, specialmente su terreni morfologicamente complessi e/o accidentati.

L'impatto che l'utilizzazione ha sull'ecosistema forestale, in particolare su suolo, ciclo idrologico, fauna, vegetazione, aria e paesaggio, è un fattore di primaria importanza nella progettazione del

cantiere forestale. Una valutazione puntuale del sito e dei sistemi ivi potenzialmente impiegabili consente di contenere l'impatto su tali elementi.

Il suolo è l'elemento che subisce gli impatti con maggiore evidenza, tra cui in particolare compattazione, rimescolamento degli orizzonti, erosione, ristagni idrici (Fig. 2). Un elevato numero di viaggi in terreni pendenti può causare la rimozione di suolo con formazione di canali di ruscellamento che raccolgono il deflusso superficiale e sotto-superficiale, determinando un maggiore rischio di erosione (Grigolato, 2024). Per limitare questo tipo di impatti, si può valutare in anticipo la capacità portante del suolo, o *ground bearing capacity* (GBC), sulla base del tipo di suolo e sul suo contenuto di umidità. L'indice GBC viene determinato sulla base di tre sottoindici: indice di penetrazione, resistenza al taglio e modulo di deformazione. In generale, suoli argillosi e limosi presentano una scarsa capacità portante e si deformano anche con basse pressioni, viceversa, suoli sabbiosi o ghiaie presentano buona capacità portante, offrendo maggiore resistenza al passaggio dei mezzi. Queste conoscenze possono essere integrate dall'utilizzo delle nuove tecnologie (GIS, droni) e dai modelli digitali del terreno ad alta risoluzione per ottenere informazioni precise sui siti, come le *depth to water map* (DTW) elaborate da Di Marzio et al. (2024), al fine progettare interventi di utilizzazione con impatti limitati, specialmente nel caso di cantieri con transito di grandi quantitativi di legname che possono compromettere la funzionalità originaria del suolo (Grigolato, 2024).



Fig. 2 – Ormaie formatesi in seguito al passaggio di forwarder. In suoli sottili con scheletro (sinistra) il passaggio causa asportazione del suolo, in suoli profondi argilloso-limosi (destra) l'effetto maggiore è il rimescolamento degli orizzonti (fonte: Grigolato, 2024).

Come accennato sopra, nella scelta del sistema di lavoro è importante tenere conto anche del luogo dove vengono eseguite le operazioni di scortecciatura e sramatura, dato che queste operazioni comportano il rilascio di sostanza organica. Le operazioni possono avvenire in bosco, all'imposto o, limitatamente alla scortecciatura, in segheria. Sarebbe sempre auspicabile, quando possibile, che la sostanza organica venisse rilasciata in bosco scegliendo sistemi di lavoro in cui la scortecciatura viene effettuata entro il sito di utilizzazione.

Si riportano di seguito alcune immagini dei sistemi di esbosco più diffusi nelle Alpi italiane (Fig. 3, 4, 5).



Fig. 3 – Esempi di sistemi di esbosco utilizzati nelle Alpi orientali italiane. Le gru a cavo montate su motrice possono disporre di un processore integrato (sopra a destra: Konrad Mounty 5000 a Malga Ciapela, BL; fonte: scrivente) oppure possono essere abbinate ad un escavatore con processore (sopra a sinistra: Valentini V1500 su Astra a P.sso Manghen, TN; fonte: scrivente). Le gru a cavo più contenute devono essere abbinate ad un processore montato su escavatore (sotto a sinistra: Valentini V600; fonte: Valentini Teleferiche). I sistemi più tradizionali prevedono l'utilizzo di trattore forestale allestito con verricello forestale (sotto a destra: verricello Tajfun 2x55 kN; fonte: Tajfun).



Fig. 4 – Harvester specializzati per pendenze elevate e terreni accidentati: Konrad Highlander (sopra, Alto Adige) e Tigercat (sotto). Rispetto agli harvester convenzionali questi si muovono con maggiore agilità nelle zone più difficili (fonte: Forest Machine Magazine).



Fig. 5 – Sistema di esbosco completamente meccanizzato con harvester che esegue taglio di abbattimento, allestimento e concentramento e forwarder che si occupa dell’esbosco trasportando all’imposto il legname. In questo sistema non è previsto un operatore con motosega, con un maggiore livello di sicurezza sul lavoro (fonte: Di Marzio et al., 2024).

I sistemi di esbosco presentano diversi costi unitari (Tab. 1.5) che dipendono da vari fattori, in particolare dagli investimenti effettuati per l’acquisto/noleggio dei mezzi, dai costi di manutenzione e dai tempi di allestimento del cantiere. Rispetto ai mezzi tradizionali (motosega, trattore, verricello), i moderni mezzi forestali (harvester, forwarder, gru a cavo su motrice combinata con processore) richiedono investimenti maggiori ma allo stesso tempo hanno una produttività maggiore. Nei cantieri forestali in cui si applicano i mezzi moderni, pertanto, vi sono costi di utilizzazione elevati e, dunque, costi orari elevati. L’utilizzo di questi sistemi, tuttavia, è giustificato dalla lavorazione di grandi quantitativi di legname che compensino gli elevati costi.

Tab. 1.5. Costi di esbosco unitari (€m⁻³) dei principali sistemi di esbosco applicati nelle Alpi orientali italiane (Tesaf, 2020).

Descrizione	Costo (intervallo) €m ⁻³
Allestimento manuale ed esbosco con trattore e verricello/skidder	25-34
Harvester e forwarder convenzionali	25-35
Harvester e forwarder specializzati in terreni pendenti	30-40
Gru a cavo di tipo mobile abbinata con escavatore con testa sramatrice-allestitrice	40-50
Gru a cavo di tipo mobile integrata con braccio idraulico allestito con testa sramatrice-allestitrice Lunghezza della linea < 400 m	
Gru a cavo di tipo mobile abbinata con escavatore con testa sramatrice-allestitrice	45-55
Gru a cavo di tipo mobile integrata con braccio idraulico allestito con testa sramatrice-allestitrice Lunghezza della linea 400-800 m	
Esbosco con elicottero	60-80

1.3 Legislazione in materia di viabilità forestale, Piano della viabilità silvo-pastorale

La viabilità silvo-pastorale è intrinsecamente legata al contesto normativo e amministrativo. Le leggi che regolano la materia sono definite a livello regionale (Tab. 1.6). Fino a pochi anni fa la viabilità non godeva di un contesto normativo che le conferisse l'importanza dovuta; l'avvento prima del Testo Unico in materia di foreste e filiere forestali (TUFF) nel 2018 e poi del Decreto viabilità forestale nel 2021, rappresentano il primo passo verso il riconoscimento della viabilità come elemento costitutivo ineludibile dei comprensori forestali e pascolivi (Comino, 2022).

Le Comunità Montane devono dotarsi di un Piano della viabilità silvo-pastorale (art. 6 LR n° 14 del 31/03/1992) la cui durata massima stabilita è di dieci anni (art. 3 DGR n° 341 del 06/03/2012). Il Piano è un censimento delle strade silvo-pastorali costituito da una banca dati georiferita in cui le strade, esistenti e in progetto, sono identificate da un codice e dalla propria denominazione, generalmente derivata dalla toponomastica. Assieme alla banca dati, concorrono alla costituzione del Piano l'analisi dell'accessibilità (esigenze di servizio e delimitazione delle zone servite) e le proposte di intervento finalizzate al miglioramento della rete viabile (Cielo et al., 2003).

Tab. 1.6. Riferimenti legislativi in materia di viabilità forestale e silvo-pastorale per la Regione del Veneto.

Nome	Riferimento ⁴	Punti salienti
Disciplina della viabilità silvo-pastorale	LR n° 14 del 31/03/1992	Circolazione dei veicoli nelle strade silvo-pastorali; delegazione alle Comunità Montane dell'individuazione delle strade silvo-pastorali e della redazione del Piano della viabilità silvo-pastorale.
Nuove direttive per l'applicazione della "Disciplina della viabilità silvo-pastorale"	DGR n° 341 del 06/03/2012	Struttura e durata massima decennale del Piano della viabilità silvo-pastorale; segnaletica stradale e contrassegni per il transito.
Testo unico in materia di foreste e filiere forestali (TUFF)	DL n° 34 del 03/04/2018	La completa attuazione richiede l'approvazione di nove decreti attuativi ministeriali su settori specifici del mondo forestale: 1. Strategia forestale nazionale 2. Pianificazione forestale 3. Aree abbandonate e di neoformazione 4. Linee guida di gestione forestale 5. Esonero dagli interventi compensativi della trasformazione del bosco 6. Viabilità forestale 7. Equiparazione imprenditori agricoli 8. Albi regionali 9. Formazione
Decreto viabilità forestale	GU n° 286 del 01/12/2021	Decreto attuativo del punto 6 TUFF; i tratti di viabilità forestale e silvo-pastorale permanente e temporanea non interrompono la continuità del bosco e sono assimilati alla definizione di bosco; primo strumento legislativo dotato di classificazione propria con valori numerici dimensionali relativi ai criteri costruttivi.

⁴ Le sigle significano legge regionale (LR), deliberazione della giunta regionale (DGR), decreto-legge (DL), gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana (GU).

La rete viabile per sua natura intrinseca può servire diversi proprietari, sia pubblici che privati, anche tra Comuni diversi e spesso lo fa in modo contemporaneo. Lo sviluppo dei tracciati viabili si deve adattare alle caratteristiche geomorfologiche del territorio (cfr. § 4.1 in Cielo et al., 2003) e avendo uno sviluppo lineare necessariamente interessa ampie superfici. Da ciò scaturisce la necessità di uno strumento di pianificazione a livello più ampio di singola proprietà. Il Piano della viabilità, pertanto, si colloca ad un livello sovra-aziendale, ovvero al di sopra della singola azienda intesa come proprietà e unità produttiva (e.g. un proprietario collettivo o singolo, pubblico o privato) (Bagnaresi et al., 1986; Cielo et al., 2003). Un Piano in questa posizione consente una gestione trasparente, razionale ed economica della viabilità che ha valenza pubblica nonostante sia di proprietà privata, permettendo il presidio e la protezione del territorio (Cielo et al., 2003).

Gli interventi di miglioramento e di nuova viabilità si definiscono rispettivamente “proposte di intervento” e “proposte di nuova viabilità” (Fig. 6). Le proposte di intervento per la viabilità forestale sono la manutenzione straordinaria, il ripristino e l’adeguamento. La manutenzione straordinaria ha scadenza almeno quinquennale e consiste negli interventi di consolidamento o rifacimento degli elementi strutturali della strada (opere d’arte e opere di sostegno). Se si verificano dissesti e frane che impediscono l’utilizzazione della strada (cedimento della sede stradale o delle opere di sostegno, asportazione della massicciata) si interviene con il ripristino, che è frequente nelle situazioni emergenziali. L’adeguamento riguarda gli interventi finalizzati al miglioramento della percorribilità e quindi al passaggio della strada ad una classe di percorribilità superiore (aumento del raggio di curvatura dei tornanti, allargamento della carreggiata, riduzione della pendenza, miglioramento del fondo stradale ecc.). La manutenzione ordinaria (e.g. pulizia delle canalette) non viene inclusa nel Piano in quanto viene effettuata su una scala temporale più breve, ovvero, in linea teorica, annualmente. Le proposte di nuova viabilità sono il frutto di un’analisi (possibilmente approfondita) dello stato di fatto dell’accessibilità al bosco, delle caratteristiche del bosco, della fattibilità tecnica (morfologia e geologia), dell’influenza che la nuova opera può avere su aree protette o ad alto valore naturalistico. L’attenta analisi dovrebbe avere lo scopo di favorire la realizzazione di viabilità che massimizzi il rapporto benefici/costi, intesi sia a livello economico che di impatto ambientale e che la nuova viabilità sia effettivamente necessaria (Cavalli et al., 2010).



Fig. 6 – Proposte di intervento e di nuova viabilità. In situazioni emergenziali di dissesto idrogeologico, la viabilità forestale può essere seriamente compromessa (sopra a sinistra: strada forestale distrutta dalla Tempesta Vaia in Valle di Gares, BL; fonte: Archivio Radio+ Emittente Agordina) richiedendo interventi di ripristino (sotto a sinistra: ripristino di un tratto di strada forestale nell'UDF di Primiero, TN; fonte: AA. VV., 2022). In alcuni casi gli standard dei vecchi criteri tecnici costruttivi non sono idonei al passaggio dei moderni mezzi forestali e si manifesta la necessità di intervenire con interventi di adeguamento (sopra a destra: rifacimento di un tornante per rendere una strada forestale transitabile da autotreni in Carinzia, AUT; fonte: Grigolato et al., 2019). In altri casi si manifesta la necessità di costruire un nuovo tratto di viabilità forestale/silvo-pastorale per migliorare il servizio al bosco e, dunque favorire le utilizzazioni forestali, o per eseguire un intervento più specifico di protezione del territorio, come strade tagliafuoco, sistemazioni idraulico-forestali ecc. (sotto a destra: nuovo tratto stradale nel Comune di Moena, TN; fonte: AA. VV., 2022).

1.4 Nuova viabilità e vincoli

Nella progettazione e nella pianificazione della viabilità silvo-pastorale si possono riscontrare vincoli di tipo naturalistico, idrogeologico, urbanistico e paesaggistico. La realizzazione di un nuovo tratto di viabilità richiede un articolato iter burocratico per il rilascio delle autorizzazioni necessarie. Il Testo unico per l'edilizia identifica i quattro tipi di intervento citati nel § 1.3, ovvero, interventi di manutenzione ordinaria, interventi di manutenzione straordinaria, interventi di restauro (ripristino) e interventi di nuova costruzione (art. 3 DPR n° 380 del 06/06/2001). Ogni proposta è caratterizzata da un proprio percorso progettuale e burocratico.

Il vincolo urbanistico viene istituito a livello comunale dal Piano Regolatore Generale (PRG), uno strumento urbanistico di pianificazione territoriale che regola e norma l'evoluzione urbanistica di un comune. In Veneto la legge che regola la pianificazione urbanistica è la LR n° 11/2004, la quale stabilisce che il PRG è composto dal Piano di Assetto del Territorio (PAT), di durata decennale, e dal Piano degli Interventi (PI), di durata quinquennale. Il PAT è il documento che contiene l'analisi conoscitiva del territorio comunale in tutte le sue componenti (ambientale, geologica, idrogeologica, socioeconomica, storica e architettonica), identificando le specificità e gli elementi di pregio. Il PI, invece, è lo strumento attuativo che individua gli interventi di nuova costruzione, trasformazione e recupero edilizio. Altri documenti di pianificazione urbanistica, a livello superiore rispetto al PRG, sono il Piano Territoriale Regionale di Coordinamento (PTRC) e il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP). Il vincolo idrogeologico venne istituito con il RD n° 3267 del 30/12/1923 (Legge Serpieri) con l'obiettivo di contrastare il dissesto idrogeologico (dovuto a perdita di stabilità e denudazione del suolo, turbamento del ciclo idrologico) limitando l'uso dei terreni boscati in zone collinari e montane dove l'assenza del vincolo stesso potrebbe causare fenomeni di dissesto. Il vincolo paesaggistico viene istituito dal DL n° 42 del 2004 (Codice Rutelli o dei beni culturali e del paesaggio) che ha lo scopo di tutelare il paesaggio attraverso la redazione dei piani paesaggistici, la tutela di immobili (ville, giardini) e coni visuali di pregio paesaggistico. L'art. 142 contiene la Legge Galasso (DL n° 431/1985) che tutela un insieme di categorie morfologiche, tra cui i territori compresi entro 150 m dai corsi d'acqua e i territori montani alpini sopra i 1600 m s.l.m. Il vincolo naturalistico viene istituito per tutelare le aree ad alta valenza ecologica e naturalistica. In origine, con questo proposito, vennero istituiti i Parchi Nazionali e i Parchi Regionali, con l'intento di delimitare un'area entro cui le attività antropiche fossero regolamentate. La maggiore conoscenza del funzionamento degli ecosistemi ha reso evidente che questa configurazione a "isole protette" non era sufficiente a perseguire gli obiettivi di conservazione prefissati, aprendo così la strada al concetto di rete ecologica. Il punto di forza di una rete ecologica è consentire l'interazione tra le aree tutelate e concorrere alla formazione di un sistema che riduce l'isolamento. La rete ecologica Natura 2000, sorta con questo intento, è composta dai siti individuati con la Direttiva Habitat (92/43/CEE) e la Direttiva Uccelli (2009/147/CE). La Direttiva Habitat mira alla conservazione delle specie vegetali e animali

attraverso la conservazione dei relativi habitat, mentre la Direttiva Uccelli mira alla protezione dei siti di nidificazione, alimentazione e riproduzione dell'avifauna. Queste due Direttive danno luogo rispettivamente alle Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e alle Zone di Protezione Speciale (ZPS). L'iter per istituire una ZSC è complesso perché richiede il passaggio intermedio a sito di interesse comunitario (SIC) e monitoraggi sulle specie per una durata di sei anni. Viceversa, le ZPS richiedono un iter più breve e, una volta approvate, entrano direttamente a far parte della Rete. Dato l'intento della Rete Natura 2000 di integrare le aree protette già esistenti, i siti Natura 2000 e i Parchi possono sovrapporsi. Il DGR n° 2229/2014 stabilisce che, se un intervento interessa un'area Natura 2000, deve essere redatta una Valutazione di Incidenza Ambientale (VINCA) affinché l'intervento venga valutato e successivamente autorizzato o bocciato.

1.5 Tempesta Vaia, schianti da vento e infestazione di *Ips typographus* L.

Nell'ottobre del 2018 il Triveneto è stato investito da un'importante fase di maltempo battezzata col nome di "Tempesta Vaia" che si è manifestata con venti di scirocco molto forti e precipitazioni estremamente abbondanti, causando estesi schianti da vento, colate detritiche (e di fango) e dissesti idrogeologici. In quei giorni (26 ottobre – 30 ottobre) il regime meteorologico delle Alpi è passato rapidamente ad una configurazione "di blocco", tipica delle situazioni alluvionali del nord Italia, indotta dalla contrapposizione di un campo di alta pressione sull'Europa orientale e un campo di bassa pressione (saccatura atlantica) sull'Europa occidentale, che hanno determinato la persistenza di intensi flussi d'aria meridionali (Fig. 7) (AA. VV., 2020). Nel pomeriggio di lunedì 29 ottobre alcune stazioni meteo Arpav del Bellunese hanno registrato delle intensità di precipitazione di 30-50 mmh⁻¹. I venti sciroccali erano presenti già da inizio evento e hanno segnato valori straordinari di raffiche e venti medi, sia in quota che nei fondovalle. Ad esempio, sono state registrate raffiche di 149 kmh⁻¹ sul P.sso Valles, 141 kmh⁻¹ sulla Piana del Cansiglio, 140 kmh⁻¹ a Perarolo di Cadore e 132 kmh⁻¹ a Caprile. Secondo la scala Beaufort il vento medio ha raggiunto le classi di "tempesta violenta" e "uragano" (Arpav, 2022).

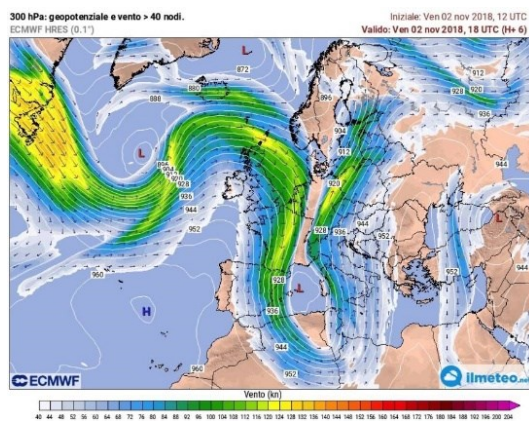


Fig. 7 – Principali campi di vento della tempesta Vaia (fonte: Chirici et al., 2019).

Il danno al patrimonio forestale causato dalla tempesta Vaia in Italia è pari a 8.5 milioni di m³ e riguarda le regioni del Veneto, Trentino Alto-Adige, Lombardia, Friuli-Venezia Giulia, Piemonte e Valle d'Aosta (Chirici et al., 2019). Il disastro Vaia è stato l'evento di disturbo da vento più forte dell'epoca recente nel versante sud delle Alpi e ha preparato l'infestazione da bostrico (*Ips typographus* L.) che, ad oggi, si stima sia arrivata a causare un danno paragonabile a quello di Vaia. La consecutività dei due disturbi mette in luce una relazione di effetto cascata, o “*cascade effect*”, secondo cui una forma di disturbo può facilitare l'arrivo di un'altra forma di disturbo, tanto che si parla di disturbi composti (Wohlgemuth et al., 2022). In questo caso, il materiale legnoso schiantato è risultato fortemente attrattivo per il bostrico e ha originato consistenti pullulazioni che di conseguenza sono dilagate anche sui soprassuoli ancora intatti (Fig. 8). Nei due anni successivi a Vaia, nelle Alpi orientali, il bostrico ha causato un danno sulle piante in piedi pari al 20% rispetto a Vaia stessa (più di 1.6 milioni di m³; v. Tab. 1.7) e ha compromesso il valore commerciale di quello schiantato non esboscato (Faccoli et al., 2022). A contribuire all'espansione incontrollata dell'infestazione di bostrico si sono aggiunti anche i periodi siccitosi che hanno indebolito gli alberi di abete rosso, rendendolo più attrattivo, e quindi suscettibile all'attacco dello scolitide, come accaduto nel 2022, annata particolarmente calda e siccitosa, in cui si è manifestata la vera esplosione degli attacchi su vaste superfici.



Fig. 8 – Gli schianti da vento causati da Vaia sono risultati molto attrattivi per il bostrico e hanno esposto all'infestazione anche le piante rimaste in piedi a margine degli schianti. Il “salto epidemico” del bostrico ha quindi interessato le vaste superfici sopravvissute al vento della tempesta. Nell'immagine si può apprezzare l'effetto cascata dal basso verso l'alto (fonte: Regione del Veneto).

Il bostrico, scolitide fisiologicamente presente nelle foreste di abete rosso, è passato quindi da una fase endemica, in cui ad essere attaccati sono piccoli gruppi di alberi, ad una fase epidemica, in cui l'infestazione si espande nei soprassuoli a macchia d'olio. Il "salto epidemico" del bostrico non è una novità: lo stesso comportamento si era già manifestato dopo la depauperazione e distruzione dei boschi che avvenne durante la Prima Guerra Mondiale (Fig. 9). Nell'Altopiano di Asiago, nel 1919, i danni alle fustaie, distrutte o danneggiate, vennero stimati per 13860 ettari e a partire dalla primavera del 1921 iniziò la pullulazione di bostrico che si espanse su 14000 ettari (Zovi, 2016).



Fig. 9 – Il bosco dell'Altopiano di Asiago venne quasi completamente raso al suolo durante la Prima Guerra Mondiale e negli anni seguenti si innescò una pullulazione di bostrico dell'abete rosso che pareggiò le superfici distrutte dalla Grande Guerra (fonte: Corà e Passarin, 2014).

Sempre nell'onda del concetto di "*cascade effect*", gli schianti da vento di Vaia hanno generato potenziali nuove aree valanghive, che sono state successivamente perimetrate, cartografate e bonificate con l'installazione di opere di difesa (reti, ponti, rastrelliere, treppiedi; v. § 1.6). La stima dei volumi attaccati negli anni 2022, 2023 e 2024 è ancora in corso. Tuttavia, nel 2024, a sei anni da Vaia, si è osservato che, in tutte le zone colpite dalla pullulazione, il numero di catture nelle trappole per il bostrico è in netto calo: ciò permette di presumere una riduzione della pullulazione nei prossimi anni, fino al ritorno della fase endemica entro qualche anno (Fig. 10) (Torreggiani, 2024).

Tab. 1.7. Andamento dell’infestazione di bostrico tipografo nel periodo post Vaia (2018-2021) nel Triveneto, area più colpita dalla tempesta (Faccoli et al., 2022). I dati esprimono i metri cubi di abete rosso intaccati dall’epidemia. I volumi relativi agli anni 2022, 2023 e 2024 non sono stati ancora pubblicati.

Regione o Provincia	2018 (m³)	2019 (m³)	2020 (m³)	2021(*) (m³)	Totale (m³)	2022, 2023, 2024
Veneto	n.d.	3300	11800	288860	303960	n.d.
Friuli-Venezia Giulia	13891	8814	36960	71702	131367	n.d.
Trentino	10218	52455	167643	393054	623370	n.d.
Alto Adige	110284	342341	66968	39706	559299	n.d.
Totale	134393	406910	283371	793322	1617996	n.d.

(*) Dati sottostimati perché mancano i monitoraggi invernali sulla seconda generazione svernante.



Fig. 10 – Rinnovazione di abete rosso che si fa strada tra gli aghi caduti in una pecceta seccata dal bostrico a Livinallongo del Col di Lana (BL) (fonte: scrivente).

1.6 Boschi di protezione

Le foreste erogano servizi ecosistemici di produzione, protezione, turismo-ricreazione e supporto (MEA, 2005). L'azione dell'uomo, in passato, ha profondamente alterato e modificato le foreste delle Alpi abbassando il limite superiore del bosco per creare aree pascolive, modificando la composizione specifica naturale del bosco favorendo determinate specie⁵, modificando la naturale struttura del bosco con utilizzazioni e cure colturali e sfruttando in modo indiscriminato il bosco a fini produttivi (Motta e Haudemand, 1999). La funzione produttiva delle foreste ha rivestito nel corso dei secoli (e riveste tuttora) un ruolo fondamentale nello sviluppo socioeconomico delle comunità alpine, basti pensare alle necessità di sopravvivenza (fonte energetica, legno da opera ecc.), alla raccolta di lettiera per gli animali, alle attività artigianali, all'attività mineraria o all'intensivo sfruttamento delle foreste durante i periodi bellici (Regione Autonoma Valle d'Aosta - Regione Piemonte, 2006). Altrettanto importante è la funzione protettiva dai pericoli naturali, per la quale l'uomo giova nelle sue attività e nei suoi insediamenti. Le foreste che erogano tale funzione assumono l'appellativo di "boschi di protezione", ma sono numerose le terminologie con cui vengono identificate in funzione delle parlate locali. La funzione protettiva era già nota nell'antichità e le veniva associata una particolare importanza, tanto da diventare oggetto di leggi, prescrizioni e pene già dal XIV secolo. I boschi su cui gravavano dei vincoli, dovuti appunto alla funzione protettiva o produttiva (come nel caso del bosco da remi del Cansiglio o della Vizza di San Marco – Foresta di Somadida per la Repubblica Serenissima di Venezia), erano denominati boschi banditi, bandite storiche o vizzate⁶ nella montagna bellunese (Fig. 11). Queste venivano istituite dalle comunità locali o dai governi in seguito a eventi calamitosi oppure per garantirsi lo sfruttamento del legname.

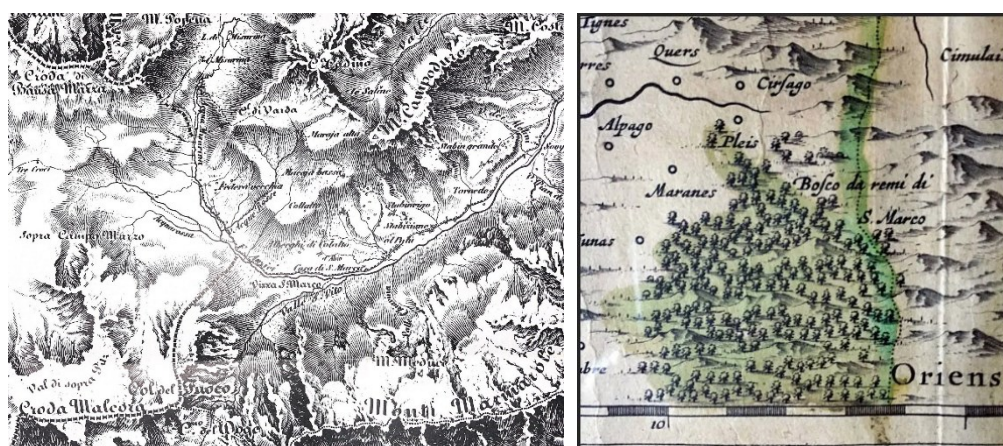


Fig. 11 – Bandita storica della Vizza di San Marco in Cadore (sinistra, in centro alla foto, fonte: Carta Topografica del Regno Lombardo-Veneto del 1856) e del Bosco del Cansiglio in Alpago (destra, fonte: Carla Sitran) in Provincia di Belluno.

⁵ Ad esempio, il larice (*Larix decidua* Mill.) per il pascolo e l'abete rosso (*Picea abies* (L.) Karst.) per la produzione di legname, a scapito di abete bianco (*Abies alba* Mill.) e pino cembro (*Pinus cembra* L.).

⁶ Vizza è il termine utilizzato nella montagna bellunese per indicare un bosco di proprietà comunale o regoliera, rigoglioso, con un'accezione che rimanda al bosco di protezione. Pellegrini (1977) ipotizza che il termine derivi dal longobardo «wiffa», cioè 'segno di possesso', e riporta pure l'etimo tradizionale suggerito dal Pallabazzer dall'antico alto tedesco «wizi» 'punizione'.

Se la funzione protettiva è svolta da tutte le foreste, questa non assume lo stesso significato e la stessa importanza in tutti i soprassuoli forestali. Si possono identificare due livelli di protezione offerta dalle foreste: la protezione generica (conservazione del suolo, regimazione delle acque, qualità dell'aria) e la protezione diretta da fattori di pericolo naturale come valanghe (Fig. 12), caduta massi (Fig. 15), colate detritiche/laviche e frane, nei confronti di strutture, edifici o insediamenti antropici (Motta e Haudemand, 1999). Queste ultime vengono definite foreste di protezione diretta (FPD). La necessità di mantenere in modo continuo ed efficiente la funzione protettiva erogata dalle FPD richiede l'applicazione di una selvicoltura attiva e adeguata fatta di interventi diretti; l'abbandono va evitato, in quanto la libera evoluzione non è ritenuta compatibile con la funzione protettiva (Motta, 1998).



Fig. 12 – Il bosco esercita un effetto di protezione attiva nei confronti delle valanghe (fonte: Bruce Tremper).

Se in origine era impedito ogni tipo di intervento (divieto assoluto di taglio e forti limitazioni all'esercizio del pascolo), oggi si interviene con una gestione speciale, ovvero, una selvicoltura che persegue popolamenti stabili e resilienti (struttura, tessitura, composizione specifica), in cui l'obiettivo finale della stessa, ovvero la protezione da calamità naturali, diventa più importante della produzione di legname, che passa in secondo piano (Fig. 13). L'obiettivo, dunque, non è il prelievo in termini volumetrici ma il rilascio di alberi che conferiscano stabilità e resilienza al popolamento nei confronti dei pericoli naturali (Regione Autonoma Valle d'Aosta - Regione Piemonte, 2006).

Gli interventi selvicolturali applicati nei popolamenti forestali con finalità protettiva si definiscono "cure minime per le foreste protettive", termine utilizzato per la prima volta nella legge forestale svizzera del 1996 (Frehner et al., 2005). In generale si tende ad imitare le dinamiche naturali,

garantendo una quota di copertura forestale permanente (almeno 50%) e favorendo nuclei di rinnovazione (con composizione specifica idonea alla stazione) su piccole superfici. Le utilizzazioni, finalizzate all'insediamento della rinnovazione, devono creare aperture di dimensioni inferiori a quelle critiche per i vari pericoli naturali, tenendo conto anche di forme e orientamenti del taglio. Il legname abbattuto spesso viene rilasciato in foresta, posizionato in diagonale o impiegato per la costruzione di strutture di difesa (come tripodi, cavalletti, rastrelliere). L'esbosco del materiale legnoso può avvenire se il macchiatico è positivo, non vengono procurati danni diretti e/o indiretti al popolamento, si vuole prevenire l'attacco di scolitidi e/o ridurre il rischio di incendio. Il rilascio del materiale in foresta aumenta la rugosità (promuovendo la funzione protettiva) e favorisce l'insediamento della rinnovazione trattenendo umidità, calore e proteggendola dagli ungulati (Regione Autonoma Valle d'Aosta - Regione Piemonte, 2006). Ad ogni modo bisogna sottolineare che le esigenze di protezione non sono facili da ottenere, sia in termini temporali (lenti tassi di crescita, specialmente alle alte quote) che spaziali (distribuzione omogenea su tutta la superficie). Le modifiche strutturali e di composizione possono essere efficaci ai fini protettivi solo nel medio-lungo termine (Regione Autonoma Valle d'Aosta - Regione Piemonte, 2006), inoltre, sono spesso a macchiatico negativo e onerose (Motta e Haudemand, 1999). Una delle sfide principali nella gestione dei boschi di protezione è la creazione di un popolamento strutturalmente adeguato al pericolo naturale da fronteggiare e in grado di erogare in modo continuo la funzione protettiva.

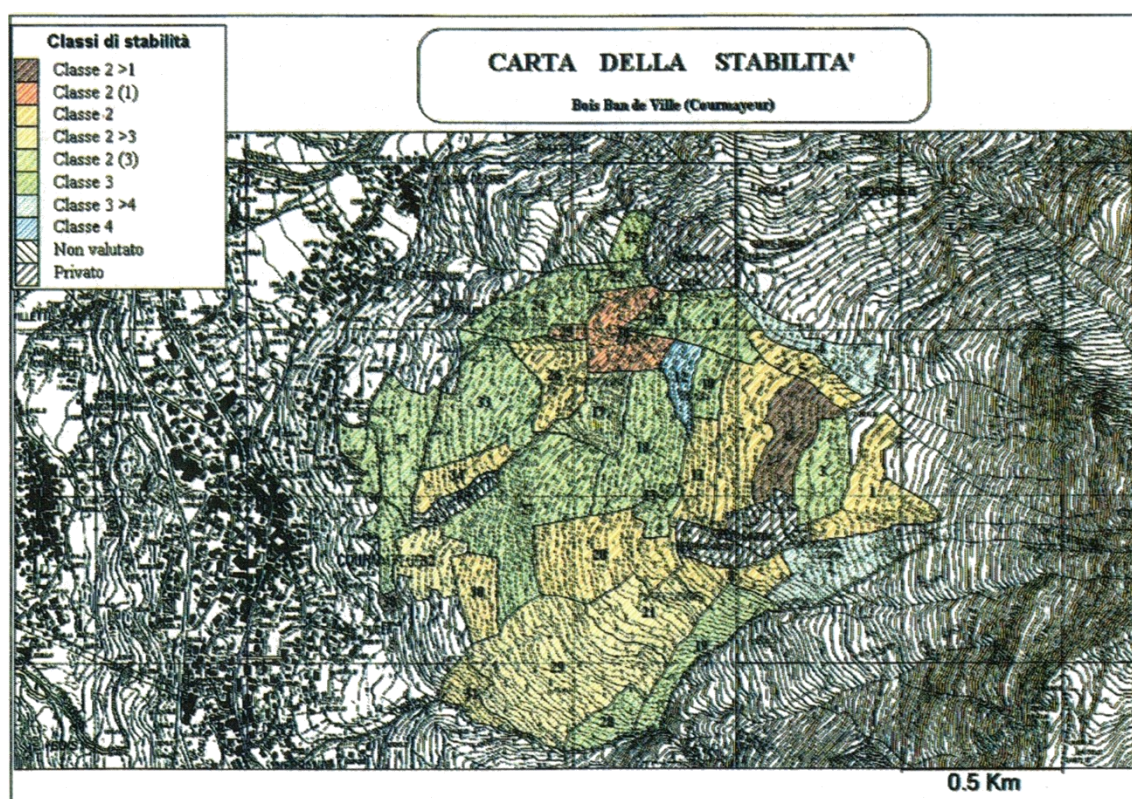


Fig. 13 – Carta della stabilità del bosco “Ban de Ville” di Courmayeur (AO). La stabilità del popolamento è stata valutata sulla base di criteri qualitativi e quantitativi attraverso l’assegnazione di un punteggio. Sono state individuate quattro classi di stabilità da 1 (ottima stabilità) a 4 (elevata instabilità) e classi intermedie individuate dal segno “>”, che indica tendenza, e “(n)”, che indica presenza di nuclei interni attribuibili a diversa classe di stabilità (fonte: Motta e Haudemand, 1999).

Molte delle superfici forestali danneggiate dalla tempesta Vaia e dall'infestazione di bostrico avevano una funzione protettiva. La gestione degli schianti e del materiale bostricato successiva alla tempesta è stata caratterizzata da due correnti di pensiero: il recupero completo del legname danneggiato e l'approccio del non intervento (Fig. 14). Nel post Vaia si è osservato che la funzione protettiva del legname danneggiato viene mantenuta verso valanghe e caduta massi, in misura maggiore, e verso frane superficiali, in misura minore (Lingua et al., 2022). Se nelle foreste di produzione lo sgombero del legname è stato quasi sempre economicamente utile e opportuno, nelle foreste di protezione, dove si è intervenuto con l'asportazione totale del legname, si è anche dovuto realizzare costose opere ingegneristiche a tutela di edifici e infrastrutture, quando in molti siti sarebbe stato sufficiente affidarsi alla residua capacità protettiva delle piante schiantate e bostricate, che è sostanzialmente immutata rispetto alle piante integre (Crosignani, 2022). Viceversa, nei casi in cui l'efficacia protettiva delle piante danneggiate, a causa della decomposizione, decade prima che vi sia un recupero del soprassuolo (finestra di suscettibilità o "*protection gap*"⁷) allora è utile intervenire con opere ingegneristiche di difesa.



Fig. 14 – Il recupero del legname in molti casi ha reso necessaria la costruzione di opere fermaneve artificiali. Il costo di realizzazione delle opere in questo caso (Monte Mulat, Predazzo, TN) è stato molto maggiore rispetto al ricavo ottenuto dalla vendita del legname. Inoltre, l'asportazione dei tronchi atterrati (che trattengono umidità e calore) non favorisce l'insediamento della rinnovazione naturale (fonte: Crosignani, 2022).

I boschi di protezione sono individuati nei piani di assestamento, che tuttavia, comprendono solo le proprietà assestate. Per avere un quadro più completo, gli enti pubblici di competenza redigono dei documenti appositi con relativa cartografia per identificare la presenza dei pericoli naturali in una certa

⁷ Si definisce finestra di suscettibilità il periodo ecologico e temporale in cui l'effetto protettivo del bosco è compromesso, che si estende dall'accadimento del disturbo naturale fino alla comparsa del nuovo popolamento (Lingua et al., 2022).

area. Per quanto riguarda le valanghe, la perimetrazione delle aree è riportata nelle “Carte di localizzazione probabile delle valanghe” (CLPV), carte tematiche in scala 1:25000 che riportano i siti valanghivi desunti da rilievo diretto di eventi occorsi o per fotointerpretazione, in seguito all’analisi di parametri permanenti che rendono una zona incline alla formazione di valanghe (pendenza, morfologia ecc.). L’elaborazione delle carte per le aree montane e pedemontane del Veneto è datata al periodo 1980-1997 per un totale di 6022 valanghe testimoniate, 32 tavole e 566293 ettari di superficie interessata. In aggiunta ai siti individuati dalle CLPV, la tempesta Vaia, in corrispondenza di alcune superfici forestali schiantate dal vento, ha generato nuove aree che possono potenzialmente generare fenomeni valanghivi. In Veneto sono stati individuati dall’Agenzia regionale per la prevenzione e protezione ambientale del Veneto (Arpav) più di 100 nuovi potenziali siti di distacco valanghe (Lingua, 2021). Per il Veneto le CLPV e i nuovi siti valanghivi Vaia sono resi disponibili dal Centro valanghe di Arabba (Arpav) nel WebGis-Valanghe⁸.



Fig. 15 – Bosco di protezione diretta nei confronti della caduta massi. Il masso ha impattato contro la pianta stroncandola a livello della ceppaia e atterrandola. L’impatto ha dissipato quasi tutta l’energia cinetica del masso che ha proseguito ancora per alcuni metri appoggiandosi, temporaneamente, ad una pianta in piedi (fonte: scrivente).

⁸ <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/neve/webgis-valanghe>

2 Materiali e metodi

2.1 Descrizione dell'area di studio: Agordino

L'Agordino è un'unità geografica, storica e culturale della parte nord-occidentale della Provincia di Belluno, nella Regione del Veneto. Si estende in senso verticale e confina con la Valbelluna a sud, la Val di Zoldo e il Cadore a est, Cortina d'Ampezzo a nord-est, mentre a nord e ad ovest confina con le Province Autonome di Bolzano e Trento (rispettivamente Val Badia e Val di Fassa, Primiero). Pur essendo trattato come un'unità territoriale, l'Agordino presenta delle sfumature sotto aspetti che riguardano cultura e tradizioni, il tessuto socioeconomico, la struttura degli insediamenti, le attività agro-silvo-pastorali. Il contesto in cui si cala è tipicamente alpino e caratterizzato da rilievi montuosi dolomitici. Attualmente l'Agordino è costituito da sedici Comuni (Tab. 2.1) e da sei Regole, antiche forme di proprietà collettiva sul patrimonio agro-silvo-pastorale tipiche della montagna veneta (Occhipinti e Zangrando, 2020). In Agordino originariamente le Regole erano ventidue, suddivise in Soprachiusa⁹ (dieci) e Sottochiusa (dodici) (De Col, 2006). Con la caduta della Repubblica Serenissima di Venezia nel 1797, nella maggior parte dei Comuni il patrimonio silvo-pastorale delle antiche Regole, e la sua gestione, venne trasferito alle amministrazioni comunali (Tomasella, 2000). La LR n° 26/1996 prevede la possibilità di ricostituire le Regole mentre, laddove ciò non avviene, permane l'uso civico (Tab. 2.1).

Tab. 2.1. Comuni dell'Unione Montana Agordina con relativa superficie e presenza di uso civico o proprietà collettiva.

Comune	Superficie (km ²) ISTAT 2024	Uso civico (u.c.) o Regola (R.) (Occhipinti e Zangrando, 2020)
Agordo	23.96	u.c.
Alleghe	29.40	u.c.
Canale d'Agordo	46.40	u.c.
Cencenighe Agordino	18.40	u.c.
Colle Santa Lucia	15.22	R. di Posalz, R. Grande, R. di Mezzo
Falcade	53.19	u.c.
Gosaldo	48.67	u.c.
La Valle Agordina	48.67	u.c.
Livinallongo del Col di Lana	99.97	u.c.
Rivamonte Agordino	22.87	u.c.
Rocca Pietore	73.89	u.c.
San Tomaso Agordino	19.64	u.c.
Selva di Cadore	33.79	R. di Pescul, R. delle Quattro Regole, R. di Selva e Pescul
Taibon Agordino	89.90	u.c.
Vallada Agordina	12.56	u.c.
Voltago Agordino	23.52	u.c.
Unione Montana Agordina	660.05	u.c. e R.

⁹ La Chiusa è posta geograficamente a Listolade, Taibon Agordino.

Dal punto di vista climatico, l'area di studio ricade nella fascia temperato fresca nel fondovalle (500-1200 m s.l.m.), temperato fredda nella fascia altimetrica 1200-1800 m s.l.m., fredda nella fascia altimetrica 1900-2500 m s.l.m., mentre il clima glaciale si trova sopra il limite della vegetazione arborea, oltre i 2500 m s.l.m. L'estensione del territorio unitamente alla varietà climatica, danno ragione d'essere a molteplici regioni forestali. Le regioni forestali caratterizzanti, immaginando di risalire l'asta del Cordevole, sono: esalpica centro-orientale, esomesalpica, mesalpica, endalpica. Questa varietà, necessariamente, si traduce in un dettagliato mosaico di tipi forestali (Tab. 2.2 e Fig. 17), dalle formazioni più termofile degli orno-ostrieti e delle pinete di pino silvestre fino alle formazioni più microterme dei lariceti e larici-cembreti. Le categorie forestali più consistenti nell'area sono le peccete (31.4%), formazioni particolarmente apprezzate nei secoli scorsi per l'aspetto tecnologico e per il carattere adattativo del peccio (Fig. 16). Alle peccete si aggiungono le formazioni antropogene (4%; prevalentemente di abete rosso). Seguono i lariceti e i larici-cembreti (28.6%) che sono diffusi in maniera piuttosto omogenea in tutto il territorio. Le faggete (9.7%) e i piceo-faggeti (6.1%) sono diffusi specialmente nei comuni del Medio-Basso Agordino dove le correnti più calde e umide della Valbelluna rendono il clima di stampo più oceanico, molto apprezzato dal faggio (Allegato K).



Fig. 16 – Pecceta altimontana dell'Alto Agordino con rinnovazione pronta e diffusa di abete rosso e larice (fonte: scrivente).

Tab. 2.2. Ripartizione percentuale (%) della superficie boscata nelle categorie forestali per Comune.

	Categoria forestale												Superficie boscata (ha)
	Abieteti	Aceri-frassineti e aceri-tiglieti	Alnete	Faggete	Formazioni antropogene	Lariceti e larici-cembreti	Mughete	Orno-ostrieti e ostrio-querceti	Peccete	Piceo-faggeti	Pinete di pino silvestre	Saliceti e altre formazioni riparie	
Agordo	0.0	6.1	0.0	16.2	17.3	9.6	10.3	1.6	9.4	27.8	0.0	1.7	1548
Alleghe	0.4	2.6	3.6	0.0	0.0	32.1	14.9	0.0	44.5	1.7	0.0	0.3	1975
Canale d'Agordo	0.5	1.3	8.1	0.7	0.0	23.3	4.6	0.0	49.0	10.8	0.2	1.6	2443
Cencenighe Agordino	0.0	0.6	4.1	12.9	1.4	45.8	8.9	0.0	4.0	20.6	0.0	1.7	1376
Colle Santa Lucia	0.0	3.3	5.7	0.0	0.0	29.0	0.0	0.0	61.4	0.3	0.2	0.0	799
Falcade	0.2	0.0	5.3	0.1	0.0	42.4	1.3	0.0	47.8	1.5	0.0	1.2	2290
Gosaldo	0.0	1.2	0.2	40.0	6.1	14.5	13.3	3.4	14.5	3.2	3.1	0.4	3522
La Valle Agordina	2.4	4.1	0.0	9.1	4.2	20.3	14.6	3.8	21.5	6.1	11.8	2.0	3380
Livinallongo del Col di Lana	0.3	0.3	7.2	0.0	0.0	42.7	3.7	0.0	45.6	0.0	0.0	0.1	4567
Rivamonte Agordino	0.0	13.6	0.0	16.6	22.2	11.9	25.1	0.8	7.0	0.0	2.3	0.4	1941
Rocca Pietore	0.0	1.9	11.6	0.9	0.0	37.0	4.2	0.0	40.9	2.7	0.8	0.2	4065
San Tomaso Agordino	0.0	1.1	3.0	6.2	0.0	14.1	3.2	0.0	46.0	24.9	0.6	1.0	1490
Selva di Cadore	0.0	1.2	3.8	0.0	0.0	42.5	0.9	0.0	51.6	0.0	0.0	0.0	2120
Taibon Agordino	0.0	2.4	2.9	13.0	6.7	32.3	20.4	0.2	6.9	7.3	7.0	0.8	4799
Vallada Agordina	1.0	2.5	0.0	1.1	0.0	10.2	3.0	0.0	68.7	12.4	0.2	0.9	998
Voltago Agordino	0.0	3.4	1.0	31.7	10.9	19.2	3.5	0.0	27.1	2.8	0.0	0.4	1602
Superficie boscata (ha)	133	988	1578	3761	1571	11140	3641	297	12206	2368	939	292	38914

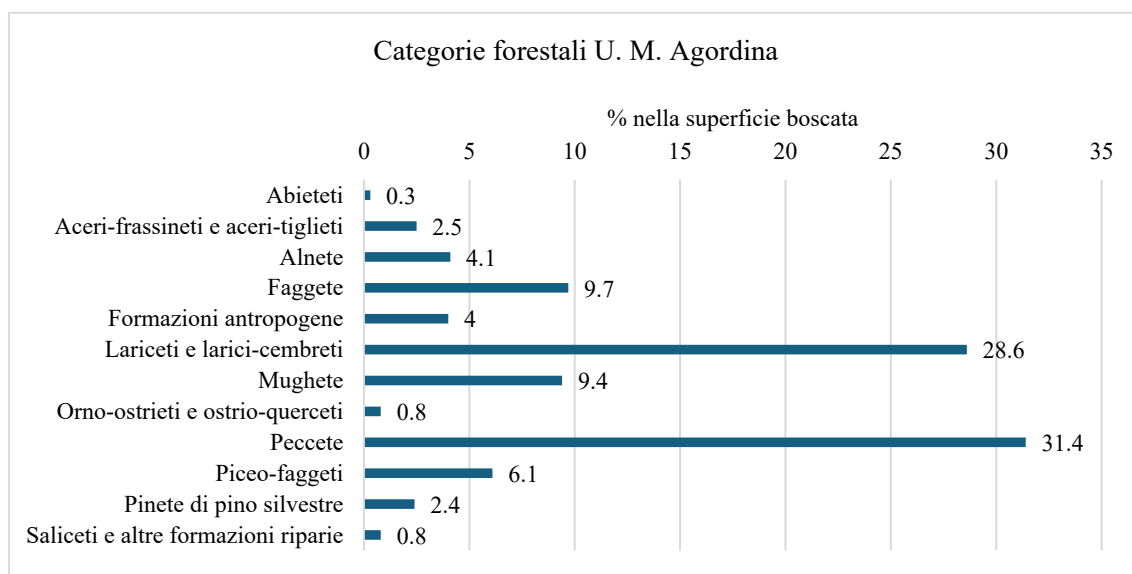


Fig. 17 – Ripartizione percentuale delle categorie forestali nella superficie boscata dell'U. M. Agordina.

La viabilità nell'area di studio è costituita da una rete piuttosto estesa di strade. La banca dati del 2011, secondo la classificazione di Cavalli et al. (2013), conta una lunghezza complessiva delle strade di 2323.4 km (Tab. 2.3 e Fig. 18). La classe funzionale “ordinaria a lunga percorrenza” è costituita dalla SR 203 “Agordina” e dalla SR 48 “Dolomiti” (70.83 km), mentre le classi di “collegamento/accesso e “multi-funzione” identificano le principali strade provinciali e comunali (ca. 250 km). La lunghezza complessiva delle strade forestali e silvo-pastorali è di 460 km, mentre nel complesso la maggior parte dei chilometri riguarda i tratti non classificati (1287 km) che includono le piste forestali e anche buona parte di tracce e sentieri.

La situazione emergenziale causata dalla tempesta Vaia ha portato allo stanziamento di fondi pubblici per la viabilità forestale e silvo-pastorale, che sono stati impiegati in manutenzione straordinaria, ripristino, adeguamento e costruzione di nuovi tratti stradali (Ordinanza del capo della protezione civile (OCDPC) n° 558 del 15 novembre 2018), al fine di mettere in sicurezza strade e versanti e per il recupero del legname danneggiato dal vento.

Tab. 2.3. Lunghezza (km) della viabilità suddivisa per classe funzionale nei Comuni dell'U. M. Agordina (aggiornamento 2011).

	Classe funzionale					Totale complessivo (km)
	Collegamento e accesso (km)	Forestale o silvo- pastorale (km)	Locale a multi- funzione (km)	Non classificato (km)	Ordinaria lunga percorrenza (km)	
Agordo	17.96	16.14	12.36	55.72	4.26	106.44
Alleghe	10	20.29	9.63	78.88	11.21	130.01
Canale d'Agordo	5.94	43.92	18.38	82.41	0	150.64
Cencenighe Agordino	10.63	8.39	8.5	37.97	5.03	70.51
Colle Santa Lucia	21.34	24.41	10.69	52.96	2.57	111.98
Falcade	34.28	12	18.07	129.01	0	193.36
Gosaldo	27.12	23.68	24.54	58.56	0	133.89
La Valle Agordina	10.83	27.5	19.54	98.58	6.64	163.1
Livinallongo del Col di Lana	18.28	95.86	42.48	267.58	33.88	458.09
Rivamonte Agordino	11.81	21.81	15.6	30.93	0	80.16
Rocca Pietore	24.61	28.53	29.1	158.74	0.02	240.99
San Tomaso Agordino	9.02	17.56	10.72	47.59	2.93	87.83
Selva di Cadore	16.4	29.4	4.25	41.98	0	92.02
Taibon Agordino	10.36	52.79	14.32	76.29	4.29	158.06
Vallada Agordina	9.55	18.16	5.81	22.56	0	56.08
Voltago Agordino	15.5	19.49	7.72	47.54	0	90.24
U. M. Agordina	253.61	459.95	251.7	1287.31	70.83	2323.4

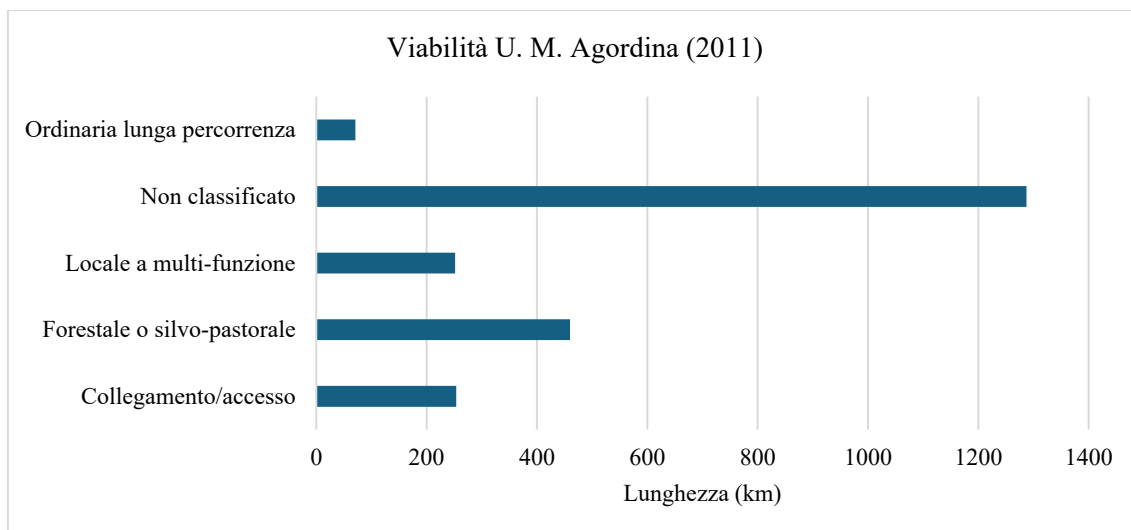


Fig. 18 – Consistenza al 2011 della viabilità dell’U. M. Agordina secondo la classificazione di Cavalli et al. (2013).



Fig. 19 – Pecceta servita da una strada a funzione forestale. Si osservino gli estesi nuclei di bostrico e una piazzola di scambio/sosta sulla destra (fonte: scrivente).

Dal punto di vista geomorfologico l'Agordino presenta tutte le caratteristiche tipiche dell'ambiente montano di tipo dolomitico. Si trovano substrati calcarei e dolomitici e, in alcune zone ben delimitate, substrati di origine vulcanica. La morfologia del territorio Agordino è caratterizzata da una certa severità rispetto ad altri comprensori limitrofi bellunesi e trentini. Le classi di pendenza più frequenti sono comprese tra il 40% e il 60%: insieme costituiscono quasi il 24% della superficie totale e il 27% della superficie boscata. La pendenza media è del 69% e la mediana del 57% (Fig. 19).

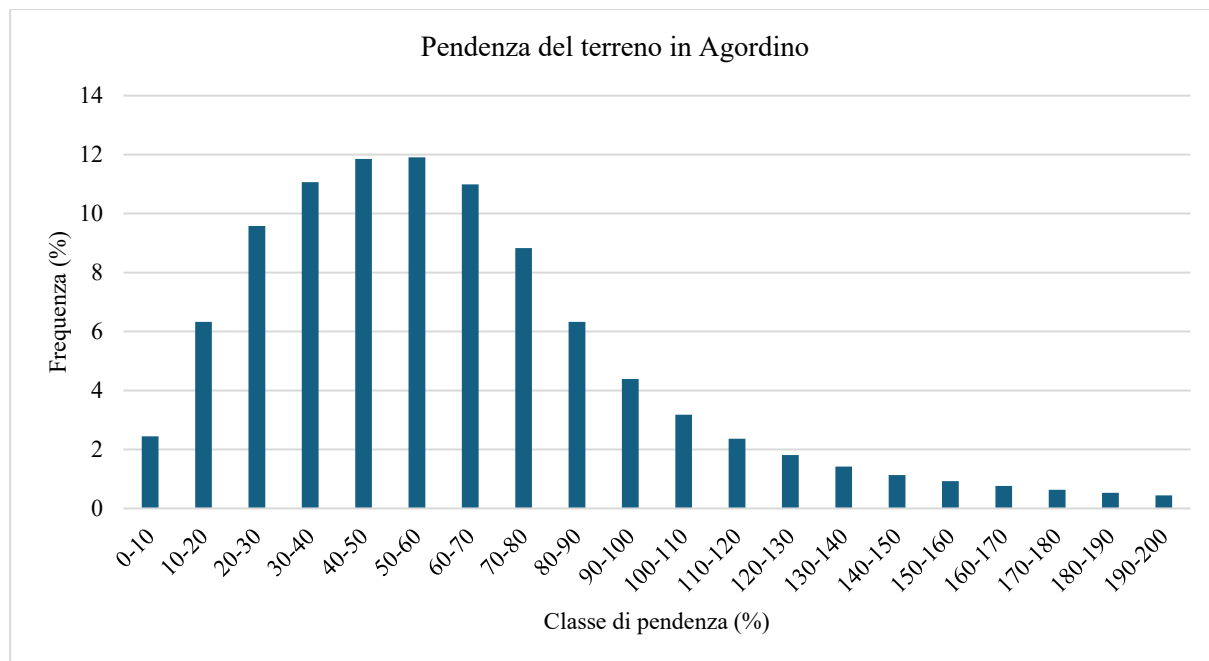


Fig. 20 – L'Agordino è caratterizzato da elevate escursioni altimetriche che si materializzano in pendenze quasi sempre elevate (sopra). I ripidi pendii boscati sono frequenti nella maggior parte delle valli (sotto: Pieve di Livinallongo del Col di Lana, BL; fonte: Arabba Fodom Turismo). Nell'immagine di Pieve si possono osservare anche le diverse matrici geologiche: calcari (Marmolada a sinistra), dolomie (Piz Boè a destra) e rocce magmatiche (catena del Padon in primo piano al centro).

A testimonianza delle proprie valenze naturalistiche, nel territorio agordino ricadono molte aree protette della Rete Natura 2000 (Fig. 21) e una parte del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi (Tab. 2.4 e 2.5). I siti comprendono i principali gruppi dolomitici e l'area umida denominata "Torbiere di Lac Torond" (quest'ultima nei comuni di Voltago Agordino e, in minor misura, Gosaldo). I comuni di San Tomaso Agordino e Vallada Agordina non sono interessati da alcuna area protetta.



Fig. 21 – Veduta autunnale del Sasso Todesco (sinistra) e dei Campanili di Lastei (destra), propaggine più settentrionale della catena delle Pale di San Martino ricadente nella sua totalità nel sito Natura 2000 IT3230043, da Malga Stia (Canale d'Agordo, BL; fonte: scrivente).

Tab. 2.4. Siti Natura 2000 presenti in Agordino.

Denominazione sito	Codice sito	Tipo di protezione	Superficie totale sito (ha)
Civetta - Cime di San Sebastiano	IT3230084	ZSC, ZPS	6598
Col di Lana - Settsas - Cherz	IT3230086	ZPS	2350
Dolomiti feltrine e bellunesi (Parco Nazionale Dolomiti Bellunesi)	IT3230083	ZSC, ZPS	31384
Gruppo del Sella	IT3230003	ZSC	449
Gruppo Marmolada	IT3230005	ZSC	1305
Monte Pelmo - Mondeval - Formin	IT3230017	ZSC	11113
Pale di San Martino: Focobon, Pape - San lucano, Agner Croda Granda	IT3230043	ZSC, ZPS	10910
Torbiere di Lac Torond	IT3230063	ZSC	38

Tab. 2.5. Ripartizione percentuale (%) della superficie dei siti Natura 2000 nei Comuni agordini e percentuale di superficie comunale ricadente in area protetta.

Ripartizione percentuale (%) della superficie dei siti Natura 2000 nei comuni									
	superficie comunale in area protetta (%)	Civetta - Cime di San Sebastiano	Col di Lana - Settsas - Chertz	Dolomiti feltrine e bellunesi	Gruppo del Sella	Gruppo Marmolada	Monte Pelmo - Mondeval - Formin	Pale di San Martino: Focobon, Pape - San lucano, Agner Croda Granda	Torbiera di Lac Torond
Agordo	15.7	5.6	0	0	0	0	0	0	0
Alleghe	23.5	10.6	0	0	0	0	0	0	0
Canale d'Agordo	78.1	0	0	0	0	0	0	33.1	0
Cencenighe Agordino	12.1	0	0	0	0	0	0	2	0
Colle Santa Lucia	31.4	0	0	0	0	0	4.3	0	0
Falcade	26.8	0	0	0	0	4.1	0	12.5	0
Gosaldo	49.4	0	0	6.7	0	0	0	2.6	64.4
La Valle Agordina	23.6	7.8	0	2	0	0	0	0	0
Livinallongo del Col di Lana	29	0	99.9	0	100	0	0.9	0	0
Rivamonte Agordino	59.7	0	0	4.4	0	0	0	0	0
Rocca Pietore	16.9	0	0	0	0	95.9	0	0	0
San Tomaso Agordino	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Selva di Cadore	37.2	0	0	0	0	0	11.1	0	0
Taibon Agordino	74.9	25.5	0	0	0	0	0	46.6	0
Vallada Agordina	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Voltago Agordino	15.4	0	0	0	0	0	0	3.1	35.1
Extra U.M. Agordina	50.5	0	86.9	0	0	0	83.7	0	0

Il territorio agordino è caratterizzato da una massiccia presenza di siti valanghivi, individuati in banche dati dalle CLPV e dai siti valanghivi generati dagli schianti Vaia (v. § 1.6). Si riporta un inquadramento generale dei siti valanghivi per i Comuni dell'Unione Montana Agordina (Tab. 2.6).

Tab. 2.6. Aree valanghive nell'U. M. Agordina. Si riportano le superfici dei siti individuati dalle CLPV e le superfici dei nuovi siti Vaia (WebGIS-Valanghe, Centro Valanghe Arabba – Arpav).

Siti valanghivi nella superficie comunale dell'U. M. Agordina									
	CLPV			siti Vaia (*)			Totale complessivo (CLPV e siti Vaia)		
	% s.c.	ha	n°	% s.c.	ha	n°	% s.c.	ha	n°
Agordo	17	403	33	0	5	2	17	408	35
Alleghe	42	1236	133	1	40	6	43	1276	139
Canale d'Agordo	64	2952	164	0	9	1	64	2961	165
Cencenighe Agordino	35	645	64	0	1	3	35	646	67
Colle Santa Lucia	55	842	199	8	125	8	64	967	207
Falcade	33	1770	224	0	6	1	33	1776	225
Gosaldo	30	1446	124	1	32	8	30	1478	132
La Valle Agordina	33	1629	141	0	2	1	34	1631	142
Livinallongo del Col di Lana	48	4767	699	3	290	39	51	5057	738
Rivamonte Agordino	33	761	64	0	8	5	34	769	69
Rocca Pietore	66	4874	393	3	257	14	69	5131	407
San Tomaso Agordino	42	820	104	0	7	8	42	827	112
Selva di Cadore	42	1429	175	0	0	0	42	1429	175
Taibon Agordino	51	4547	326	1	58	4	51	4605	330
Vallada Agordina	36	453	50	0	0	0	36	453	50
Voltago Agordino	28	668	49	0	0	0	28	668	49
U. M. Agordina	44	29241	2942	1	839	100	46	30080	3042

(*) Nella tabella i siti valanghivi CLPV e quelli generati da Vaia sono trattati separatamente, ma spesso i siti Vaia si collocano in aree già precedentemente individuate dalle CLPV sovrapponendosi ad esse. Di questo è stato tenuto conto nell'elaborazione (v. § 2.2.4).

Tab. 2.7. Sintesi delle principali superfici a inquadramento dell'U. M. Agordina.

Superficie	Sup. boscata/totale	ha
Superficie totale U. M. Agordina		66005
Superficie boscata totale		38914
Superficie schiantata da Vaia		3715
Superfici infestate da bostrico dopo Vaia (2018-2023)		1723
Aree valanghive	Superficie totale	30080
	Superficie boscata	9282
Aree protette	Superficie totale	24250
	Superficie boscata	10841

2.2 Metodi e flusso di lavoro

L'obiettivo della tesi è stato perseguito attraverso una serie di elaborazioni software partendo da un insieme di basi di dati (Allegato B). Le elaborazioni sono state condotte con il software open-source QGIS v. 3.28.11 "Firenze" LTR e i dati ivi acquisiti sono stati elaborati con fogli di calcolo Excel. Si riporta una sintesi del flusso di lavoro (Fig. 24).

2.2.1 *Inventario*

Per poter condurre le elaborazioni è stato necessario costruire la banca dati fondamentale per tutto il lavoro, ossia, l'inventario vettoriale della viabilità. A questo proposito, si è partiti dall'ultimo aggiornamento disponibile per l'Unione Montana Agordina (2011) e, utilizzando i Piani della viabilità silvo-pastorale forniti dall'Ufficio Tecnico della stessa, è stato eseguito l'aggiornamento inserendo le nuove strade realizzate e correggendo eventuali scostamenti rispetto al supporto disponibile. Il censimento è il frutto dell'integrazione e dell'incrocio di più fonti per le quali si è proceduto con la tecnica della fotointerpretazione (ortofoto regionali, carta tecnica 1:10000, catasto, modello digitale del terreno – DTM con risoluzione 0.5 m).

La fotointerpretazione si può definire come il processo di identificazione, delimitazione e denominazione di porzioni di territorio omogenee, continue e giustapposte attraverso strumenti informatici GIS. L'interpretazione di un qualsiasi oggetto telerilevato si basa su quattro fasi (Mantovani e Marcolongo, 1992):

a. Individuazione

L'oggetto si può definire come un'entità spaziale-spettrale con determinate caratteristiche proprie che lo rendono discriminabile da una scena più ampia e differenziata. Nel caso della viabilità sono il colore del fondo stradale (massicciata, fondo naturale, ormaie) e larghezza della carreggiata; si possono avere dei problemi nell'individuazione dei tratti stradali quando sono in ombra o sotto copertura forestale.

b. Identificazione

L'oggetto viene identificato grazie alla sua risposta spettrale, ovvero, la reazione verso le diverse porzioni dello spettro elettromagnetico viene registrata dai sensori satellitari e rappresentata sull'immagine con "aspetto" diverso (tonalità, struttura, tessitura, forma e grandezza). Il procedimento di identificazione ha lo scopo di attribuire un'identità all'oggetto percepito sull'immagine in base alle "chiavi interpretative" definite con la propria esperienza e con un lavoro di campagna.

c. Classificazione

Gli oggetti che presentano caratteristiche comuni vengono riuniti in categorie. Per la viabilità è stato necessario classificare i tratti stradali in classi funzionali e di percorribilità.

d. Deduzione

Il processo di deduzione riguarda oggetti non direttamente visibili e identificabili nell'immagine, stabilendo una serie di corrispondenze tra elementi strutturali e spettrali dell'immagine e gli oggetti di studio. Nel caso della viabilità in ombra o sotto copertura forestale, per capire dove fosse localizzata la strada, è stato necessario individuare i tratti scoperti (e unirli), incrociare più fonti (carta tecnica, sentieri, catasto, carte storiche, DTM 0.5 m) e confrontare il tracciato con la pendenza calcolata dal DTM.

Infine, l'incrocio delle informazioni, in particolare le ortofoto, ha reso possibile distinguere quali strade erano già presenti prima di Vaia (2018) e quali sono state costruite dopo Vaia (2021). In questa fase si è operato sulle strade di categoria forestale/silvo-pastorale e multi-funzione (v. Tab. 1.1 § 1.1). La cartografia dell'inventario è riportata nell'Allegato H.

2.2.2 Elaborazione delle mappe dei sistemi di esbosco

I sistemi di esbosco utilizzati nel presente lavoro sono stati adattati dai sistemi di Pucher et al. (2023) (Tab. 2.8 e Tab. 2.9; v. § 1.2).

Tab. 2.8. Sistemi di esbosco impiegati nell'elaborazione delle mappe con le relative limitazioni tecniche (pendenza e prossimità alla viabilità di interesse forestale).

	Sistema	Pendenza (%)	Distanza da strada (m)	Ordine
MTS	Motosega e trattore con verricello (o skidder)			
	Metodo di raccolta: albero intero (WTS/FTS)	$\leq 30\%$	≤ 100 m	1
	Livello di meccanizzazione: parzialmente meccanizzato			
HF	Harvester e forwarder			
	Metodo di raccolta: legno corto (SWS)	$\leq 30\%$	≤ 600 m	10
	Livello di meccanizzazione: completamente meccanizzato			
HFW	Harvester e forwarder per terreni pendenti (trazione assistita)			
	Metodo di raccolta: legno corto (SWS)	$\leq 60\%$	≤ 300 m	100
	Livello di meccanizzazione: completamente meccanizzato			
MGP	Motosega (abbattimento) e gru a cavo con processore integrato o attaccato ad escavatore			
	Metodo di raccolta: metodo dell'albero intero (WTS/FTS)	$\leq 100\%$	≤ 600 m	1000
	Livello di meccanizzazione: altamente meccanizzato			

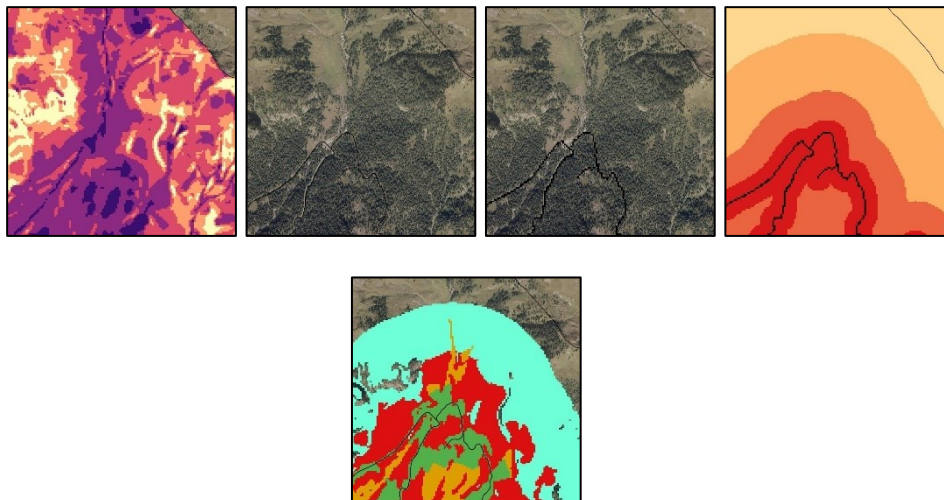
Tab. 2.9. Quadro generale dell'applicabilità dei sistemi di esbosco utilizzati per l'elaborazione delle mappe, in relazione a pendenza e prossimità alla viabilità forestale.

Pendenza (%)	100	MGP	MGP	MGP
	60	MGP HFW	MGP HFW	MGP
	30	MGP HFW HF MTS	MGP HFW HF	MGP HF
	0	100	300	600
Prossimità alla viabilità forestale (m)				

Partendo dalla banca dati vettoriale della viabilità (pre e post Vaia) e dal raster del modello digitale del terreno (DTM) con risoluzione 10 metri, sono state elaborate le mappe dei sistemi di esbosco pre Vaia (2018) e post Vaia (2021). Si ritiene che la pianificazione e la progettazione delle utilizzazioni forestali si possa effettuare sulla viabilità di classe forestale/silvo-pastorale, multi-funzione e collegamento/accesso. Pertanto, la rete viabile di input per l'elaborazione è costituita da queste classi. L'elaborazione consiste in una serie di passaggi di calcolo raster (Fig. 22):

- calcolo della pendenza (espressa in %) e prossimità
- rasterizzazione della rete viabile
- calcolo dei sistemi di esbosco (tool *r.cost* di GRASS QGIS e *raster calculator*).

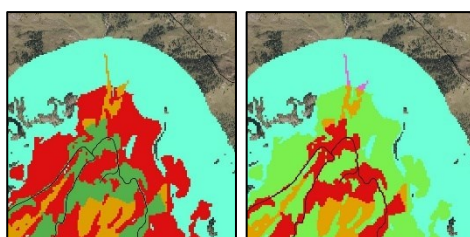
Fig. 22 – Flusso di elaborazione: pendenza, inventario della viabilità (layer vettoriale), rasterizzazione della viabilità e calcolo della prossimità (sopra, da sinistra a destra) per ottenere le mappe dei sistemi di esbosco (sotto).



2.2.3 Calcolo delle sovrapposizioni tra sistemi di esbosco

Per definizione i sistemi di esbosco si possono sovrapporre, ciò significa che nelle mappe elaborate ci sono delle superfici su cui si possono impiegare tutti i sistemi di esbosco oppure uno solo, o due, e così via. Per dare evidenza di ciò, è stato condotto un calcolo delle sovrapposizioni con il “calcolatore raster” (sia per il 2018 che per il 2021), partendo dalle mappe dei sistemi di esbosco (Fig. 23). Si è scelto di procedere con la somma cumulativa dei sistemi, dopo aver riempito le celle *Nodata* con il tool *riempi celle noData*. La somma è stata eseguita per i valori “Ordine” (v. Tab. 2.8 in § 2.2.2); in questo modo nel raster finale (che è la somma di tutti i quattro sistemi) ogni cella “servita” ha un codice che identifica la combinazione di sistemi in essa presente (Tab. 2.10). Lo shapefile è stato salvato come foglio di calcolo Excel per valutare le variazioni di accessibilità. Le mappe dei sistemi di esbosco sono riportate nell’Allegato F (2018: pre Vaia) e Allegato G (2021: post Vaia).

Fig. 23 – Calcolo delle sovrapposizioni: a partire dalle mappe dei sistemi di esbosco (sinistra) si ottiene un solo nuovo layer raster in cui ogni cella contiene un digital number pari alla somma dell’ordine di ogni sistema presente (destra).



Tab. 2.10. Combinazioni individuate dal calcolo delle sovrapposizioni delle mappe dei sistemi di esbosco e relativo codice somma identificativo.

Ordine	Sistemi				Codice somma
	1	10	100	1000	
Sistemi di esbosco combinati	1	MTS	HF	HFW	111
	2		HF		1010
	3		HF	HFW	1110
	4	MTS	HF	HFW	1111
	5			HFW	1100
	6				1000

2.2.4 Creazione database layer e acquisizione dati

Per analizzare gli attuali sistemi di esbosco e analizzare le variazioni dell’accessibilità alla foresta è stato necessario costruire un database vettoriale (QGIS) contenente tutti gli attributi necessari all’analisi. Gli elementi di interesse sono i confini comunali, le categorie forestali, l’infestazione di bostrico, gli schianti causati da Vaia, le aree protette (rete Natura 2000 e Parchi) e le aree valanghive. Il database è stato costruito a partire da dati regionali, scaricati dal geoportale regionale sottoforma di layer vettoriale. Se alcuni layer erano già pronti all’utilizzo, per il bostrico e le aree valanghive è stata

necessaria una preparazione del dato, illustrata di seguito. Le superfici infestate da bostrico sono state costruite a partire dai monitoraggi eseguiti dalla Regione del Veneto negli anni 2021, 2022 e 2023 tramite il tool “fusione dei layer”; nell’elaborazione rientrano dunque tutte le superfici bostricate a partire dall’inizio della pullulazione innescata da Vaia. Il dato per le aree valanghive, reso disponibile da Arpav, contiene tutti gli eventi accaduti in passato; l’analisi condotta nel presente lavoro di tesi si concentra su un’area molto più estesa rispetto ad un singolo evento di valanga, pertanto, è stato creato un layer senza distinzioni tra i siti. Nelle aree valanghive, inoltre, i siti Vaia spesso si sovrappongono ai siti CLPV, dunque, onde evitare il doppio conteggio delle superfici con conseguente sovrastima delle stesse, si è tenuto conto dell’intersezione.

Il processo di creazione del database vettoriale, di cui sopra, è di tipo iterativo: per ogni elemento si ripete la sequenza “differenza”, “intersezione”, “fondi vettore”. In tal modo la banca dati andrà arricchendosi degli attributi ad ogni ciclo.

Una volta completata la banca dati, sono stati acquisiti i dati dal raster sovrapposizione delle mappe dei sistemi di esbosco. Si è utilizzato il tool “istogramma zonale” che consente di conteggiare il numero di celle univoche di un raster selezionato rientranti in ogni geometria del vettore in ingresso. Si genera così una banca dati completa degli attributi di interesse insieme alla relativa accessibilità. Lo shapefile è stato salvato come foglio di calcolo Excel, dove successivamente sono stati elaborati i dati con tabelle pivot. Il valore del numero di celle è stato trasformato in superficie (ettari) con la seguente:

$$superficie (ha) = \frac{n^{\circ} \text{ celle} \times 100}{10000}$$

2.2.5 Definizioni

Ai fini della tesi si definiscono:

- a. “Sistemi di esbosco combinati” l’insieme di sistemi di esbosco (combinazione) che tecnicamente possono essere impiegati su una stessa superficie (v. § 2.2.3);
- b. “Superficie servita” la superficie accessibile dai sistemi di esbosco (n° di sistemi da uno a quattro);
- c. “Bosco difficilmente accessibile” la superficie boscata non raggiunta da alcun sistema di esbosco (calcolata come differenza tra superficie boscata e superficie servita). L’utilizzazione in tali aree può essere tecnicamente difficile e a macchiatico negativo (e.g. esbosco con elicottero) o impossibile.

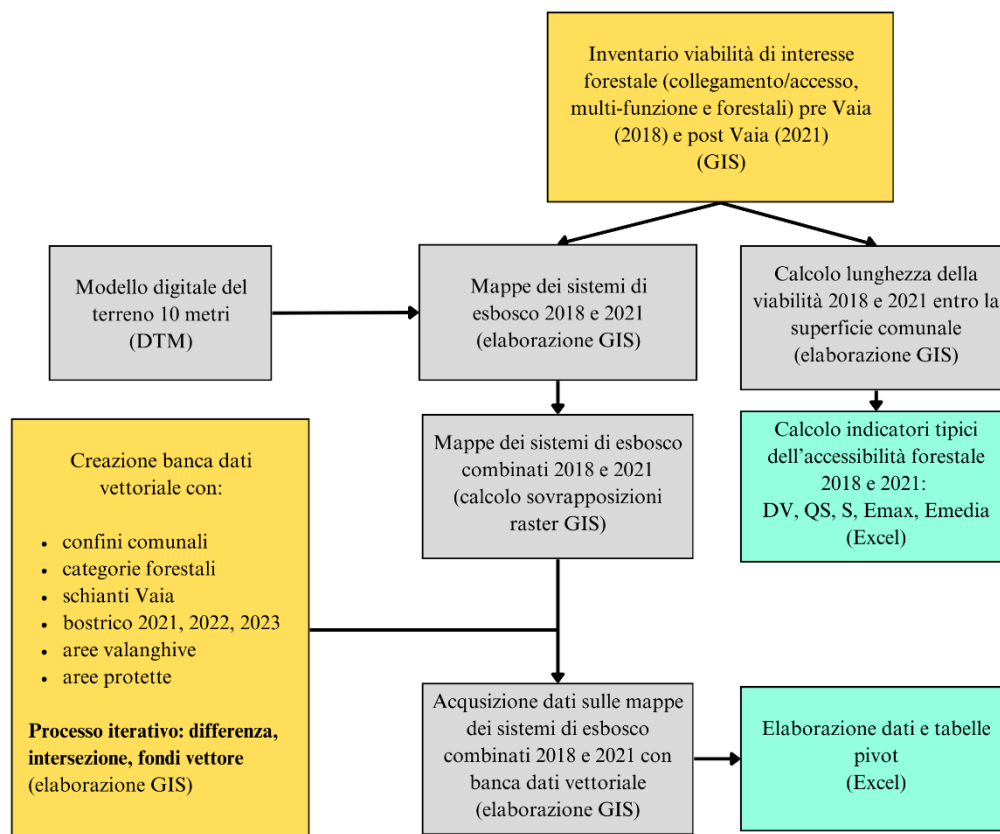


Fig. 24 – Diagramma di flusso utilizzato per la valutazione della variazione di accessibilità al bosco dopo gli interventi di miglioramento alla viabilità di interesse forestale nel periodo post Vaia (2018-2021). Il flusso è caratterizzato da stadi di creazione dei database (giallo) e di calcolo raster/vettoriale (grigio) eseguiti su GIS e stadi di elaborazione dati attraverso calcoli su Excel (verde acqua).

2.3 Indici di accessibilità

Per descrivere la viabilità in un dato territorio ci si avvale di indici che esprimono la quantità e la distribuzione dei tratti stradali e che, confrontati con valori di letteratura, consentono di dedurre se il livello di viabilità è scarso, buono o ottimo. In questo paragrafo vengono riportati i principali indici di accessibilità quali densità viabile, spaziatatura, distanza massima e media di esbosco e la quota parte di superficie servita.

La densità viabile (DV) generalmente viene utilizzata per esprimere il livello di servizio per comprensori di dimensioni medio-grandi, da poche centinaia a molte migliaia di ettari di superficie boscata come un'intera valle alpina (Cielo et al., 2003). L'indice, pertanto, si presta bene per l'unità organizzativa della Comunità Montana. Nelle zone alpine i valori ottimali per questo indice variano tra 20 e 35 mha⁻¹ (contando solo la viabilità principale; Tab. 2.11). Nel presente lavoro, per il calcolo della

densità viabile è stata impiegata la viabilità di interesse forestale¹⁰, utilizzata anche nell'elaborazione delle mappe dei sistemi di esbosco e ritenuta valida per la progettazione e la pianificazione delle utilizzazioni forestali. L'indice si calcola con la seguente:

$$DV \left(\frac{m}{ha} \right) = \frac{\text{lunghezza viabilità (m)}}{\text{superficie (ha)}}$$

Cielo et al. (2003) distinguono tra DV_{totale} e $DV_{\text{silvo-pastorale}}$ in relazione alle classi funzionali della viabilità impiegate nel calcolo dell'indice. In questo lavoro si fa riferimento alla $DV_{\text{int. forestale}}$ (classi funzionali di collegamento/accesso, multi-funzione e forestale/silvo-pastorale) per mantenere omogeneità con i risultati uscenti dall'analisi dell'accessibilità condotta sulle mappe dei sistemi di esbosco.

Altri tre indici comunemente utilizzati sono la spaziatura (S), che è la minima distanza fra due strade misurata sul piano orizzontale perpendicolarmente alle curve di livello, la distanza massima di esbosco (E_{max}) e la distanza media di esbosco (E_{media}). Queste ultime due esprimono rispettivamente la distanza massima e media dalla viabilità forestale più vicina. Il calcolo di questi tre indici non può prescindere dall'utilizzo di un modello teorico a strade parallele, in cui la viabilità reale entro una certa zona viene "trasformata", in un modello immaginario, in linee parallele. Facendo base su questo modello gli indici S, E_{max} ed E_{media} si possono calcolare partendo dalla DV (Cielo et al., 2003) con le seguenti:

$$S(m) = \frac{10000}{DV}$$

$$E_{\text{max}} = \frac{S}{2} = \frac{5000}{DV}$$

$$E_{\text{media}} = \frac{S}{4} = \frac{2500}{DV}$$

La distanza media teorica di esbosco è valida solo nel caso in cui si possa esboscare sia da monte che da valle e che le linee di esbosco siano perpendicolari ad essa. Il valore calcolato va poi maggiorato moltiplicandolo per un coefficiente di correzione "k" poiché la rete viabile principale e secondaria della realtà non corrisponde al modello teorico ideale a maglie quadre: il coefficiente assume valori inferiori a 1.3 per situazioni favorevoli e maggiori a 2 per condizioni sfavorevoli, ovvero, strade distribuite non uniformemente nel bosco (Dietz et al., 1984). Per l'Unione Montana Agordina si è scelto un valore di $k = 1.3$, data la relativa omogeneità della rete viabile nei comuni.

La quota parte di superficie servita (QS) è formalmente definita come la parte di superficie forestale servita rispetto al totale della superficie sottoposta a gestione attiva. Il calcolo di questo indice richiede

¹⁰ Come spiegato nel § 1.1, la viabilità di interesse forestale è costituita dalle classi di collegamento/accesso, multi-funzione e forestale/silvo-pastorale proposte da Cavalli et al. (2013).

prima un'elaborazione cartografica GIS per determinare le superfici servite dalla viabilità esistente in funzione della pendenza dell'area. L'indice esprime molto bene il livello di servizio di una zona esaminata (Cielo et al., 2003) e rappresenta la realtà in modo accurato. I valori ottimali di QS oscillano tra il 60% e il 70% (Tab. 2.11), ma va considerato anche il tipo di intervento selvicolturale previsto nella zona: per prelievi frequenti, come nel caso di diradamenti o ceduzione, valori di QS del 70% sono adeguati, viceversa, per boschi a lento accrescimento con piccoli prelievi e bassa frequenza di intervento sono sufficienti valori del 50% (Cielo et al., 2003).

Tab. 2.11. Valori ottimali di accessibilità al bosco (Cielo et al., 2003).

Valori ottimali			
DV	Range		
	20 – 35 mha ⁻¹		
QS	Bosco scarsamente servito	Bosco mediamente servito	Bosco ben servito
	< 60%	60% – 70%	> 70%

3 Risultati

3.1 Risultati a livello di Unione Montana

L'analisi della viabilità silvo-pastorale viene condotta in modo più efficace su ampia scala a livello sovra-aziendale (v. § 1.3), pertanto, in questo paragrafo vengono riportati i risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati (v. § 2.2 e § 2.3) a scala di Unione Montana Agordina, per definire un quadro generale dell'area. La rete viabile di interesse forestale nel periodo considerato ha subito un incremento pari a 52 nuovi tratti stradali per un totale di 40.28 km; l'estensione della rete ha riguardato solo la viabilità strettamente forestale (Tab. 3.1). I tratti stradali sottoposti a intervento di adeguamento (v. § 1.3) sono pari a 12. Sono stati inoltre quantificati i principali parametri di accessibilità per la viabilità di interesse forestale (DV, S, E_{max} , E_{media} , QS forestale, v. § 2.3) nelle situazioni pre Vaia (2018) e post Vaia (2021) (Tab. 3.1 e 3.2). Le distanze di esbosco massima e media sono state maggiorate moltiplicandole per il coefficiente $k = 1.3$, visto che a livello di Unione Montana le strade sono, in media, distribuite uniformemente dimostrando una condizione favorevole (v. § 2.3) (Dietz et al., 1984).

Tab. 3.1. Variazioni alla viabilità di interesse forestale dal 2018 al 2021 in lunghezza (km), densità viabile (DV), spaziatura (S), distanze di esbosco massima e media.

	Lunghezza viabilità di interesse forestale			Nuova viabilità di interesse forestale	
	Accesso	Multi-funzione	Forestale		
		km		n° strade	km
Pre vaia (2018)	253.61	265.94	682.00	52	40.28
Post vaia (2021)	253.61	265.94	722.28		
	DV	S	E _{massima} (k = 1.3)	E _{media} (k = 1.3)	
	mha ⁻¹	m	m	m	
Pre vaia (2018)	30.77	324.99	211.25	105.63	
Post vaia (2021)	31.80	314.47	204.41	102.20	

L'estensione della rete viabile ha incrementato la superficie servita di 110.2 ha rispetto alla situazione pre Vaia (2018) e, viceversa, la superficie di bosco difficilmente accessibile si è ridotta di 110.2 ha, pari allo 0.28% della superficie boscata totale.

Tab. 3.2. Variazioni di superficie servita e di bosco difficilmente accessibile (in ettari e percentuale) per l'U. M. Agordina.

	Superficie servita		Bosco difficilmente accessibile	
	ha	%* (QS)	ha	%*
Pre Vaia (2018)	29117	74.82	9798	25.18
Post Vaia (2021)	29227	75.11	9687	24.89
Variazione	+ 110.2	+ 0.28	- 110.2	- 0.28

(*) calcolato sulla superficie boscata totale dell'U.M. Agordina

Dai risultati dell'acquisizione dei dati sulle mappe dei sistemi di esbosco è stata calcolata la ripartizione percentuale della superficie boscata nei potenziali sistemi e la percentuale di bosco difficilmente accessibile (Tab. 3.3). Si riportano le superfici in ettari servite dai singoli sistemi di esbosco indipendentemente dalle sovrapposizioni: la tabella va letta in modo isolato per singolo sistema (Tab. 3.3).

Tab. 3.3. Ripartizione percentuale della superficie boscata e superfici servite sulla base dei potenziali sistemi di esbosco nell'U. M. Agordina.

Ripartizione percentuale (%) delle superfici boscate							
	Sistemi di esbosco combinati						Bosco difficilmente accessibile
	MTS						
	HF	HF	HF	HF			
	HFW		HFW	HFW	HFW		
		MGP	MGP	MGP	MGP	MGP	
Pre Vaia (2018)	0	0.4	2.9	7.4	25	39.1	25.2
Post Vaia (2021)	0	0.4	2.9	7.6	25.3	38.9	24.9

Superficie servita (ha)					
	Sistemi di esbosco				Bosco difficilmente accessibile
	MTS	HF	HFW	MGP	
Pre Vaia (2018)	2888	4166	13736	29103	9798
Post Vaia (2021)	2976	4229	13945	29213	9687

3.2 Risultati di dettaglio

Per avere un quadro più dettagliato dell'accessibilità, è necessario scendere su un livello inferiore, a scala più bassa. Una buona fruibilità dei dati si può ottenere a livello comunale. In questo paragrafo vengono esposti i risultati per superficie boscata comunale, categorie forestali, aree schiantate da Vaia, aree bostricate, aree valanghive e aree protette (v. § 2.2). Inoltre, sono stati calcolati i principali indici di accessibilità per le condizioni pre Vaia (2018) e post Vaia (2021) (Tab. 3.4; v. § 2.3). Le distanze di esbosco massima e media sono state maggiorate moltiplicandole per il coefficiente $k = 1.3$, visto che a livello di Unione Montana le strade sono, in media, distribuite uniformemente dimostrando una condizione favorevole (v. § 2.3) (Dietz et al., 1984).

Tab. 3.4. Principali indici di accessibilità calcolati per singolo Comune per il 2018 (pre Vaia) e il 2021 (post Vaia).

	DV		S		E _{max} (k = 1.3)		E _{media} (k = 1.3)		QS	
	mha ⁻¹		m		m		m		%	
<i>Pre Vaia: 2018</i> <i>Post Vaia: 2021</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Agordo	33.43	34.12	299.13	293.08	194.44	190.50	97.21	95.25	86.09	86.09
Alleghe	30.23	30.97	330.8	322.89	215.02	209.89	107.51	104.94	71.99	72.43
Canale d'Agordo	32.86	33.02	304.32	302.85	197.81	196.86	98.90	98.42	73.66	73.66
Cencenighe Agordino	27.78	28.61	359.97	349.53	233.99	227.20	116.99	113.59	69.6	69.86
Colle Santa Lucia	90.24	91.11	110.82	109.76	72.03	71.34	36.02	35.67	92.9	92.9
Falcade	43.99	43.99	227.32	227.32	147.76	147.76	73.88	73.88	87.62	87.62
Gosaldo	23.75	23.87	421.05	418.94	273.69	272.31	136.84	136.16	60.55	60.55
La Valle Agordina	19.41	20.45	515.2	489	334.88	317.85	167.44	158.93	65.38	65.88
Livinallongo del Col di Lana	46.72	47.75	214.04	209.42	139.13	136.12	69.56	68.07	91.91	91.91
Rivamonte Agordino	28.35	29.66	352.73	337.15	229.28	219.15	114.63	109.58	58.87	58.9
Rocca Pietore	23.22	24.2	430.66	413.22	279.93	268.59	139.97	134.30	71.43	71.44
San Tomaso Agordino	33.06	36.21	302.48	276.17	196.61	179.52	98.31	89.75	80.44	80.66
Selva di Cadore	32.34	33.89	309.21	295.07	200.99	191.80	100.49	95.90	91.77	91.98
Taibon Agordino	16.16	18.06	618.81	553.71	402.23	359.92	201.11	179.96	56.71	57.93
Vallada Agordina	34.47	35.61	290.11	280.82	188.58	182.53	94.29	91.27	87.09	88.53
Voltago Agordino	32.95	34.28	303.49	291.72	197.28	189.62	98.63	94.81	95.84	95.84

3.2.1 Superficie boscata comunale

Si riporta la ripartizione percentuale di superficie boscata comunale nei sistemi di esbosco e la percentuale di bosco difficilmente accessibile pre Vaia (2018) e post Vaia (2021) (Tab. 3.5 A.). La variazione percentuale di accessibilità nella superficie boscata è messa in evidenza dalla Tab. 3.5 B. Nella tabella, la variazione della superficie di un sistema di esbosco non va intesa come guadagno/perdita di superficie servita in termini assoluti, ma come “redistribuzione” della superficie servita nei sistemi; infatti, se si sommano i valori per ogni riga si ottiene zero, dimostrando la “conservazione” della superficie. La variazione di bosco difficilmente accessibile, invece, quantifica la nuova superficie boscata accessibile. Infine, la Tab. 3.5 C. riporta le superfici servite dai singoli sistemi di esbosco; in questo caso le superfici non tengono conto delle sovrapposizioni che si formano tra i sistemi, quindi, la tabella va letta in modo isolato per singolo sistema. I sistemi di esbosco combinati, infatti, sono stati riaggregati per singolo sistema. A titolo di esempio, la superficie servita dal sistema MTS (motosega e trattore con verricello/skidder) è necessariamente servita anche dagli altri sistemi (v. § 2.2.2), quindi gli stessi ettari sono contati in ognuno dei sistemi.

Tab. 3.5. In ordine: A. ripartizione percentuale delle superfici boscate (%) dei Comuni agordini sulla base dei potenziali sistemi di esbosco; B. variazione percentuale dell’accessibilità (%) nella superficie boscata comunale dal 2018 (pre Vaia) al 2021 (post Vaia); C. superficie boscata servita (ha) dai singoli sistemi di esbosco.

A.															
Sistemi di esbosco combinati (%)														Bosco difficilmente accessibile (%)	
MTS						MTS									
HF		HF		HF		HF									
HFW				HFW		HFW		HFW							
		MGP		MGP		MGP		MGP		MGP					
Pre Vaia: 2018 Post Vaia: 2021		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Agordo	0	0	0.7	0.7	1.8	1.8	5.4	5.5	32.7	32.9	45.4	45	13.9	13.9	
Alleghe	0.1	0.1	0.2	0.2	2.7	2.7	5.1	5.2	21.2	21.3	42.7	43	28	27.6	
Canale d'Agordo	0	0	0	0	1.6	1.6	13.6	13.6	19.2	19.3	39.2	39.2	26.3	26.3	
Cencenighe Agordino	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7	0.6	4.5	4.6	17.8	17.9	46.5	46.6	30.4	30.1	
Colle Santa Lucia	0.1	0.1	0	0	0.6	0.6	8.6	8.6	35.6	35.6	47.9	47.9	7.1	7.1	
Falcade	0	0	0.2	0.2	4	4	11.1	11.1	32.7	32.7	39.6	39.6	12.4	12.4	
Gosaldo	0	0	0.1	0.1	2.6	2.5	6.4	6.5	26.7	26.7	24.8	24.8	39.4	39.4	
La Valle Agordina	0	0	0.1	0.1	1.8	1.8	5.2	5.4	19.2	21	39.1	37.6	34.6	34.1	
Livinallongo del Col di Lana	0.1	0.1	1.6	1.6	5.4	5.4	9.2	9.5	33.2	33.1	42.4	42.3	8.1	8.1	
Rivamonte Agordino	0	0	0	0	1.6	1.6	6	6.2	24.8	24.8	26.4	26.2	41.1	41.1	
Rocca Pietore	0.1	0.1	0.3	0.3	3.2	3.2	4.6	4.7	17.4	17.5	45.8	45.7	28.6	28.6	
San Tomaso Agordino	0.1	0.1	0	0	0.5	0.4	3.8	4.3	18.8	19.1	57.3	56.8	19.6	19.3	
Selva di Cadore	0	0	0.5	0.2	4.7	4.8	9	9.4	36.7	37.6	40.8	39.9	8.2	8	
Taibon Agordino	0	0	0.4	0.4	3.1	2.8	6.9	7.3	15.8	16.6	30.5	30.7	43.3	42.1	
Vallada Agordina	0	0	0	0	2.1	2.1	10.1	10.2	21.7	23.3	53.1	52.8	12.9	11.5	
Voltago Agordino	0	0	0	0	4.4	4.2	10.5	11.3	44.5	44.1	36.4	36.2	4.2	4.2	

B.

Sistemi di esbosco combinati (%)							Bosco diff. accessibile (%)
MTS				MTS			
HF	HF	HF	HF				
HFW		HFW	HFW	HFW			
	MGP	MGP	MGP	MGP	MGP		
Agordo	0	0	0	0.1	0.2	-0.4	0
Alleghe	0	0	0	0.1	0.1	0.3	-0.4
Canale d'Agordo	0	0	0	0	0.1	0	0
Cencenighe Agordino	0	0	-0.1	0.1	0.1	0.1	-0.3
Colle Santa Lucia	0	0	0	0	0	0	0
Falcade	0	0	0	0	0	0	0
Gosaldo	0	0	-0.1	0.1	0	0	0
La Valle Agordina	0	0	0	0.2	1.8	-1.5	-0.5
Livinallongo del Col di Lana	0	0	0	0.3	-0.1	-0.1	0
Rivamonte Agordino	0	0	0	0.2	0	-0.2	0
Rocca Pietore	0	0	0	0.1	0.1	-0.1	0
San Tomaso Agordino	0	0	-0.1	0.5	0.3	-0.5	-0.3
Selva di Cadore	0	-0.3	0.1	0.4	0.9	-0.9	-0.2
Taibon Agordino	0	0	-0.3	0.4	0.8	0.2	-1.2
Vallada Agordina	0	0	0	0.1	1.6	-0.3	-1.4
Voltago Agordino	0	0	-0.2	0.8	-0.4	-0.2	0

C.

	Sistemi di esbosco (ha)								Bosco diff.	
	MTS		HF		HFW		MGP		accessibile (ha)	
<i>Pre Vaia: 2018</i> <i>Post Vaia: 2021</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Agordo	84.2	86.3	123.7	125.8	618.7	624.1	1332.4	1332.4	215.5	215.5
Alleghe	101.8	103	159.3	160.5	573.5	576.2	1420.8	1429.5	553.2	544.5
Canale d'Agordo	332.8	332.9	372	372.1	842	842.6	1799.3	1799.3	643.4	643.4
Cencenighe Agordino	62.2	64	73.5	73.9	317.1	318.8	957	960.6	418.3	414.7
Colle Santa Lucia	69.6	70.2	74.8	75.4	359.2	359.5	740.9	740.9	56.7	56.7
Falcade	253.4	253.4	350	350	1094.1	1094.1	2006.3	2006.3	283.6	283.6
Gosaldo	225.3	228.3	319.8	319.8	1255.3	1256.4	2131.8	2131.8	1389.3	1389.3
La Valle Agordina	175.3	183	239.3	247.1	884.1	953.4	2208.6	2225.5	1169.9	1153.1
Livinallongo del Col di Lana	422.9	437.1	742.6	754.6	2187	2195.7	4195.2	4195.2	369.5	369.5
Rivamonte Agordino	117.4	121.5	149	153.3	630.8	635.5	1142.6	1142.6	798.5	798
Rocca Pietore	191.5	194.5	333.7	336.3	1030.9	1034.5	2900.9	2901.3	1161.3	1161
San Tomaso Agordino	58.1	65.3	65.3	71.7	344.8	356	1197.3	1200.5	291.4	288.1
Selva di Cadore	191.8	200.6	301.6	306.3	1070.3	1099.6	1945.5	1949.9	174.4	170
Taibon Agordino	332.7	352.2	501.2	509.5	1238.8	1287.1	2721.2	2779.3	2077.2	2019.1
Vallada Agordina	101.1	102.3	122.3	123.6	338.5	356.1	868.6	882.9	128.8	114.4
Voltago Agordino	168.2	181.4	238.3	249.3	951.3	955.9	1535.1	1535.1	66.7	66.7

3.2.2 Categorie forestali

Si riporta la ripartizione percentuale della superficie boscata, suddivisa per categoria forestale, nei sistemi di esbosco e la percentuale di bosco difficilmente accessibile pre Vaia (2018) e post Vaia (2021) (Tab. 3.6 A.). La variazione percentuale di accessibilità è messa in evidenza dalla Tab. 3.6 B. Infine, si riportano le superfici boscate in ettari servite dai singoli sistemi di esbosco (Tab 3.6 C.). Per la lettura delle tabelle si faccia riferimento alle indicazioni già spiegate nel § 3.2.1.

Tab. 3.6. In ordine: A. ripartizione percentuale delle superfici boscate delle categorie forestali (%) sulla base dei potenziali sistemi di esbosco; B. variazione percentuale dell'accessibilità (%) nelle categorie forestali dal 2018 (pre Vaia) al 2021 (post Vaia); C. superficie boscata servita (ha) dai sistemi di esbosco.

A.														
Sistemi di esbosco combinati (%)													Bosco diff. accessibile (%)	
MTS								MTS						
HF		HF		HF		HF								
HFW				HFW		HFW		HFW						
		MGP		MGP		MGP		MGP		MGP				
Pre Vaia: 2018 Post Vaia: 2021		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
Abieteti	0.1	0.1	0	0	0.7	0.7	7	7	50.5	50.5	37.3	37.3	4.5	4.5
Aceri-frassineti e aceri-tiglieti	0	0	0.2	0.2	6.2	5.9	21.7	22.3	44.6	44.6	25.2	25	2.1	2.1
Alnete	0	0	0.3	0.3	1.3	1.3	3.1	3.1	14	14	38.8	38.9	42.5	42.5
Faggete	0	0	0.3	0.3	1.6	1.5	4.8	4.9	27.9	28.2	38.4	38	27	26.9
Formazioni antropogene	0	0	0.2	0.2	3.4	3.5	9.1	9.3	34.3	34.6	38.4	37.9	14.6	14.5
Lariceti e larici-cembreti	0	0	0.7	0.7	3.5	3.4	5.3	5.4	23.7	23.8	39.3	39.5	27.5	27.1
Mughete	0	0	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	4.1	4.1	20.5	20.7	74	73.9
Orno-ostrieti e ostrio-querceti	0.4	0.4	0	0	0.3	0.3	2.3	2.3	6.9	6.9	37.4	37.3	52.8	52.8
Peccete	0.1	0.1	0.2	0.1	3.3	3.3	10.7	11.1	30.3	31	45.2	44.5	10.3	9.9
Piceo-faggeti	0	0	0.3	0.3	2.4	2.4	7.8	7.9	31	31.5	48.7	48.1	9.8	9.8
Pinete di pino silvestre	0.1	0.1	0	0	1.8	1.3	4.8	5.5	10.8	11	35	35.3	47.5	46.8
Saliceti e altre formazioni riparie	0	0	1.8	1.7	16.8	16.8	44.2	44.4	22.8	23.3	12.6	12.4	1.9	1.5

B.

	Sistemi di esbosco combinati (%)						Bosco diff. accessibile (%)
	MTS					MTS	
	HF	HF	HF	HF			
	HFW		HFW	HFW	HFW		
		MGP	MGP	MGP	MGP	MGP	
Abieteti	0	0	0	0	0	0	0
Aceri-frassineti e aceri-tiglieti	0	0	-0.3	0.6	0	-0.2	0
Alnete	0	0	0	0	0	0.1	0
Faggete	0	0	-0.1	0.1	0.3	-0.4	-0.1
Formazioni antropogene	0	0	0.1	0.2	0.3	-0.5	-0.1
Lariceti e larici-cembreti	0	0	-0.1	0.1	0.1	0.2	-0.4
Mughete	0	0	0	0	0	0.2	-0.1
Orno-ostrieti e ostrio-querceti	0	0	0	0	0	-0.1	0
Peccete	0	-0.1	0	0.4	0.7	-0.7	-0.4
Piceo-faggeti	0	0	0	0.1	0.5	-0.6	0
Pinete di pino silvestre	0	0	-0.5	0.7	0.2	0.3	-0.7
Saliceti e altre formazioni riparie	0	-0.1	0	0.2	0.5	-0.2	-0.4

C.

	Sistemi di esbosco (ha)								Bosco diff. accessibile (ha)	
	MTS		HF		HFW		MGP			
<i>Pre Vaia: 2018</i> <i>Post Vaia: 2021</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Abieteti	9.5	9.5	10.3	10.3	77.4	77.4	126.8	126.8	5.9	5.9
Aceri-frassineti e aceri-tiglieti	215	220.7	277.9	280.4	716.1	718.9	967	967	20.3	20.3
Alnete	49	49	74.1	74.2	290	290.7	906.6	907.9	671.6	670.3
Faggete	181.5	186.8	252.8	256.1	1288	1305	2745.5	2747.1	1014.5	1012.8
Formazioni antropogene	142.6	146.5	199.8	203.7	735.4	744.1	1342.3	1342.3	228.6	228.3
Lariceti e larici-cembreti	590.8	607.9	1058.2	1068.8	3612.7	3638.2	8073.6	8115.5	3064.9	3022.9
Mughete	20.3	20.3	49.4	49.4	187.6	188	945.6	952.1	2695.7	2689.2
Orno-ostrieti e ostrio-querceti	8	8	8.9	8.9	29.3	29.4	139	139	156.5	156.5
Peccete	1311.4	1356.8	1739.9	1777.5	5414.7	5548.9	10943	10992.5	1255.8	1206.1
Piceo-faggeti	185.7	188.4	248.5	251.7	976.8	990.8	2135	2136	232	231
Pinete di pino silvestre	45.2	52.3	62.6	64.4	163.4	167.2	492.1	498.7	446.3	439.6
Saliceti e altre formazioni riparie	129.2	129.8	183.6	183.7	245	246.9	287	288.1	5.5	4.4

3.2.3 Schianti Vaia

Si riporta la ripartizione percentuale della superficie boscata nei sistemi di esbosco e la percentuale di bosco difficilmente accessibile pre Vaia (2018) e post Vaia (2021) nelle aree schiantate da Vaia (Tab. 3.7 A.). La variazione percentuale di accessibilità è messa in evidenza dalla Tab. 3.7 B. Infine, si riportano le superfici boscate in ettari servite dai singoli sistemi di esbosco (Tab 3.7 C.). Per la lettura delle tabelle si faccia riferimento alle indicazioni già spiegate nel § 3.2.1. Per le superfici schiantate da Vaia si veda Allegato C e Allegato J.

Tab. 3.7. In ordine: A. ripartizione percentuale delle superfici boscate (%) schiantate da Vaia sulla base dei potenziali sistemi di esbosco; B. variazione percentuale dell'accessibilità (%) nelle aree schiantate dal 2018 (pre Vaia) al 2021 (post Vaia); C. superficie boscata schiantata da Vaia (ha) servita dai sistemi di esbosco.

A.															
Sistemi di esbosco combinati (%)															
		MTS				MTS								Bosco diff. accessibile (%)	
		HF		HF		HF		HF							
		HFW				HFW		HFW		HFW					
				MGP		MGP		MGP		MGP		MGP			
Pre Vaia: 2018 Post Vaia: 2021		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Agordo		0	0	1.8	1.8	0.3	0.3	4.4	5.3	44.4	43.8	48.9	48.8	0	0
Alleghe		0.2	0.2	0	0	1.6	1.6	3.9	4.4	23.3	23.4	63.2	62.6	7.8	7.8
Canale d'Agordo		0	0	0	0	0.9	0.9	17.2	17.2	22.7	22.7	56.9	56.9	2.3	2.3
Cencenighe Agordino		0	0	0	0	0.2	0.2	4.6	4.7	26.5	26.4	45.3	45.2	23.4	23.4
Colle Santa Lucia		0.2	0.2	0	0	0.1	0.1	9.5	9.5	22.3	22.3	56.9	56.8	11.1	11.1
Falcade		0	0	0	0	0	0	2.2	2.2	39.7	39.7	56.2	56.2	1.9	1.9
Gosaldo		0	0	0	0	7	5.9	14.6	15.7	49.9	50.3	27.1	26.6	1.5	1.5
La Valle Agordina		0	0	0.7	0.6	1	1	3.7	4.3	15.4	20.7	59	53.8	20.2	19.6
Livinallongo del Col di Lana		0	0	0	0	2.2	1.9	8.1	9.1	30.5	30	52.8	52.6	6.3	6.3
Rivamonte Agordino		0	0.1	0	0	5.2	5.2	14.1	14.8	53.3	53.5	25.6	24.7	1.7	1.6
Rocca Pietore		0	0	0.6	0.6	2.9	2.9	5.5	5.8	18.9	18.8	54.9	54.8	17.1	17
San Tomaso Agordino		0.1	0.1	0	0	0.6	0.6	3.8	5.4	21.6	22.3	64.5	62.2	9.4	9.4
Selva di Cadore		0	0	0	0	0.9	0.9	10.8	10.8	57.1	57.1	31.2	31.2	0	0
Taibon Agordino		0	0	0	0	2.3	2	9.2	10	19.1	22.5	37.9	36.5	31.5	28.9
Vallada Agordina		0	0	0	0	0.4	0.4	4.4	5.6	7.5	31.2	73.1	60.8	14.7	2
Voltago Agordino		0	0	0	0	4.3	5.2	10.1	15.1	63.7	58.1	21.9	21.6	0	0

B.

	Sistemi di esbosco combinati (%)						Bosco diff. accessibile (%)
	MTS						
	HF	HF	HF	HF			
	HFW		HFW	HFW	HFW		
		MGP	MGP	MGP	MGP	MGP	
Agordo	0	0	0	0.9	-0.6	-0.1	0
Alleghe	0	0	0	0.5	0.1	-0.6	0
Canale d'Agordo	0	0	0	0	0	0	0
Cencenighe Agordino	0	0	0	0.1	-0.1	-0.1	0
Colle Santa Lucia	0	0	0	0	0	-0.1	0
Falcade	0	0	0	0	0	0	0
Gosaldo	0	0	-1.1	1.1	0.4	-0.5	0
La Valle Agordina	0	-0.1	0	0.6	5.3	-5.2	-0.6
Livinallongo del Col di Lana	0	0	-0.3	1	-0.5	-0.2	0
Rivamonte Agordino	0.1	0	0	0.7	0.2	-0.9	-0.1
Rocca Pietore	0	0	0	0.3	-0.1	-0.1	-0.1
San Tomaso Agordino	0	0	0	1.6	0.7	-2.3	0
Selva di Cadore	0	0	0	0	0	0	0
Taibon Agordino	0	0	-0.3	0.8	3.4	-1.4	-2.6
Vallada Agordina	0	0	0	1.2	23.7	-12.3	-12.7
Voltago Agordino	0	0	0.9	5	-5.6	-0.3	0

C.

	Sistemi di esbosco (ha)								Bosco diff. accessibile (ha)	
	MTS		HF		HFW		MGP			
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Pre Vaia: 2018										
Post Vaia: 2021										
Agordo	3	3.6	4.5	5.1	33.5	33.6	68.2	68.2	0	0
Alleghe	6	6.8	8.4	9.2	42.7	43.7	135.8	135.8	11.6	11.6
Canale d'Agordo	18	18	18.9	18.9	42.7	42.7	102.2	102.2	2.4	2.4
Cencenighe Agordino	3.8	4	4	4.2	26.2	26.2	63.9	63.9	19.5	19.5
Colle Santa Lucia	18.4	18.5	18.6	18.7	61.1	61.1	169.1	169.1	21.1	21.1
Falcade	0.5	0.5	0.5	0.5	8.7	8.7	20.3	20.3	0.4	0.4
Gosaldo	34.6	37.3	51.1	51.2	169.1	170.2	233.1	233.1	3.5	3.5
La Valle Agordina	6.4	7.3	9.2	10.1	34.3	44.4	136.1	137.3	34.6	33.4
Livinallongo del Col di Lana	61.7	69	78.8	83.6	308.1	309.8	706.4	706.4	47.4	47.4
Rivamonte Agordino	30.1	31.8	41.3	43	155.2	157.4	210	210	3.7	3.5
Rocca Pietore	36.2	37.9	58.9	60.6	178.3	179.3	539	539.3	111.1	110.8
San Tomaso Agordino	8	11.3	9.3	12.5	54.1	58.7	187.6	187.6	19.5	19.5
Selva di Cadore	2	2	2.2	2.2	12.8	12.8	18.6	18.6	0	0
Taibon Agordino	65.3	71	81.6	85.6	216.7	245.1	485.2	503.2	222.8	204.7
Vallada Agordina	1.3	1.7	1.5	1.8	3.7	11.3	26	29.9	4.5	0.6
Voltago Agordino	11.1	16.5	15.8	22.3	88.2	88.5	112.2	112.2	0	0

3.2.4 Superfici infestate da bostrico

Si riporta la ripartizione percentuale della superficie boscata nei sistemi di esbosco e la percentuale di bosco difficilmente accessibile pre Vaia (2018) e post Vaia (2021) nelle aree infestate da bostrico (Tab. 3.8 A.). La variazione percentuale di accessibilità è messa in evidenza dalla Tab. 3.8 B. Infine, si riportano le superfici boscate in ettari servite dai singoli sistemi di esbosco (Tab 3.8 C.). Per la lettura delle tabelle si faccia riferimento alle indicazioni già spiegate nel § 3.2.1. Per le superfici infestate da bostrico conseguenti a Vaia si veda Allegato C e Allegato J.

Tab. 3.8. In ordine: A. ripartizione percentuale delle superfici boscate bostricate (%) sulla base dei potenziali sistemi di esbosco; B. variazione percentuale dell'accessibilità (%) nelle aree bostricate dal 2018 (pre Vaia) al 2021 (post Vaia); C. superficie boscata bostricata (ha) servita da sistemi di esbosco.

A.															
Sistemi di esbosco combinati (%)															
														Bosco diff. accessibile (%)	
		MTS				MTS									
		HF		HF		HF		HF							
		HFW				HFW		HFW		HFW					
				MGP		MGP		MGP		MGP		MGP			
<i>Pre Vaia: 2018</i> <i>Post Vaia: 2021</i>		<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Agordo	0	0	0	0	1.3	1.3	4.6	5.3	60.8	61.1	33.3	32.2	0	0	
Alleghe	0.2	0.2	0	0	1.5	1.5	2.5	2.5	20.5	20.6	66.7	66.6	8.6	8.6	
Canale d'Agordo	0	0	0	0	1.1	1.1	8.8	8.8	25.5	25.5	50.3	50.3	14.3	14.3	
Cencenighe Agordino	0	0	0	0	0.4	0.4	2.2	2.2	12.3	12.3	74.2	74.2	11	10.9	
Colle Santa Lucia	0.2	0.2	0	0	0	0	8.1	8.1	28.6	28.6	54.1	54.1	8.8	8.8	
Falcade	0	0	0.1	0.1	2.5	2.5	9	9	44.9	44.9	41.5	41.5	1.9	1.9	
Gosaldo	0	0	0	0	8.2	5.7	17	19.6	47.2	47.9	27.6	26.9	0	0	
La Valle Agordina	0	0	0	0	1.2	1.2	5.9	7.7	39.7	52.4	50.1	36	3.1	2.7	
Livinallongo del Col di Lana	0.1	0.1	0.3	0.2	1.4	1.4	9.2	9.4	36.6	36.6	49	48.7	3.5	3.5	
Rivamonte Agordino	0.1	0.1	0	0	3.8	3.8	17.1	17.1	54.1	54.1	24.7	24.7	0.3	0.3	
Rocca Pietore	0.1	0.1	0	0	4.9	4.8	4.3	4.6	21.1	20.9	58.1	58	11.5	11.5	
San Tomaso Agordino	0	0	0	0	0.1	0.1	6.1	7.9	28.5	27.7	61.7	60.8	3.5	3.5	
Selva di Cadore	0	0	0.3	0	1.5	1.7	4	4.2	25.3	31.3	63.8	57.7	5.2	5.1	
Taibon Agordino	0	0	0.1	0.1	7.3	7.3	11	12.3	35.4	38.3	32.7	30	13.6	12	
Vallada Agordina	0.1	0.1	0	0	1.6	1.6	7.4	7.6	19.9	22.3	55	54	16	14.5	
Valtogo Agordino	0	0	0	0	10	9.5	11.7	13.3	67.2	66.7	11.1	10.6	0	0	

B.

	Sistemi di esbosco combinati (%)						Bosco diff. accessibile (%)
	MTS	MTS					
	HF	HF	HF	HF			
	HFW		HFW	HFW	HFW		
		MGP	MGP	MGP	MGP	MGP	
Agordo	0	0	0	0.7	0.3	-1.1	0
Alleghe	0	0	0	0	0.1	-0.1	0
Canale d'Agordo	0	0	0	0	0	0	0
Cencenighe Agordino	0	0	0	0	0	0	-0.1
Colle Santa Lucia	0	0	0	0	0	0	0
Falcade	0	0	0	0	0	0	0
Gosaldo	0	0	-2.5	2.6	0.7	-0.7	0
La Valle Agordina	0	0	0	1.8	12.7	-14.1	-0.4
Livinallongo del Col di Lana	0	-0.1	0	0.2	0	-0.3	0
Rivamonte Agordino	0	0	0	0	0	0	0
Rocca Pietore	0	0	-0.1	0.3	-0.2	-0.1	0
San Tomaso Agordino	0	0	0	1.8	-0.8	-0.9	0
Selva di Cadore	0	-0.3	0.2	0.2	6	-6.1	-0.1
Taibon Agordino	0	0	0	1.3	2.9	-2.7	-1.6
Vallada Agordina	0	0	0	0.2	2.4	-1	-1.5
Voltago Agordino	0	0	-0.5	1.6	-0.5	-0.5	0

C.

	Sistemi di esbosco (ha)								Bosco diff. accessibile (ha)	
	MTS		HF		HFW		MGP			
<i>Pre Vaia: 2018</i> <i>Post Vaia: 2021</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Agordo	0.7	0.8	0.8	0.9	9.6	9.8	14.3	14.3	0	0
Alleghe	2.8	2.8	4.4	4.4	25.6	25.7	94.7	94.7	8.9	8.9
Canale d'Agordo	13	13	14.6	14.6	52	52	125.8	125.8	20.9	20.9
Cencenighe Agordino	0.6	0.6	0.6	0.6	3.8	3.8	22.6	22.7	2.8	2.8
Colle Santa Lucia	5	5	5.1	5.1	22.3	22.3	54.7	54.7	5.3	5.3
Falcade	15.6	15.6	20.1	20.1	97.1	97.1	168.7	168.7	3.3	3.3
Gosaldo	8	9.2	11.8	11.8	34.2	34.5	47.1	47.1	0	0
La Valle Agordina	2.2	2.9	2.7	3.3	17.4	22.8	36.1	36.2	1.2	1
Livinallongo del Col di Lana	34.9	35.7	41.2	41.9	177.5	178.6	362	362	13	13
Rivamonte Agordino	2.4	2.4	2.9	2.9	10.4	10.4	13.8	13.8	0	0
Rocca Pietore	13.8	14.7	29.1	29.7	94.4	94.6	274.7	274.7	35.7	35.7
San Tomaso Agordino	4.3	5.6	4.4	5.6	24.5	25.2	67.9	67.9	2.5	2.5
Selva di Cadore	4.9	5.2	7.1	7.3	37.8	45.7	116.4	116.6	6.4	6.2
Taibon Agordino	8.4	9.5	14.1	15.1	41.3	44.6	66.5	67.7	10.5	9.3
Vallada Agordina	5.9	6.1	7.2	7.3	22.9	24.9	66.3	67.5	12.6	11.4
Voltago Agordino	8	9	14.8	15.4	61	61.3	68.5	68.5	0	0

3.2.5 Aree valanghiva

Si riporta la ripartizione percentuale della superficie boscata nei sistemi di esbosco e la percentuale di bosco difficilmente accessibile pre Vaia (2018) e post Vaia (2021) nei siti valanghivi (Tab. 3.9 A.). La variazione percentuale di accessibilità è messa in evidenza dalla Tab. 3.9 B. Infine, si riportano le superfici boscate in ettari servite dai singoli sistemi di esbosco (Tab 3.9 C.). Per la lettura delle tabelle si faccia riferimento alle indicazioni già spiegate nel § 3.2.1. Per le superfici dei siti valanghivi in Agordino (dopo Vaia) si vedano Allegato D e Allegato E.

Tab. 3.9. In ordine: A. ripartizione percentuale della superficie boscata in area valanghiva (%) sulla base dei potenziali sistemi di esbosco; B. variazione percentuale dell'accessibilità (%) nelle aree valanghiva dal 2018 (pre Vaia) al 2021 (post Vaia); C. superficie boscata in area valanghiva (ha) servita da sistemi di esbosco.

A.															
Sistemi di esbosco combinati (%)															
														Bosco diff. accessibile (%)	
		MTS				MTS									
		HF		HF		HF		HF							
		HFW				HFW		HFW		HFW					
				MGP		MGP		MGP		MGP		MGP			
Pre Vaia: 2018 Post Vaia: 2021		Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Agordo		0	0	1.3	1.3	0.6	0.6	1.3	1.5	7.8	8.3	49.1	48.3	40	40
Alleghe		0.1	0.1	0.1	0.1	1	1	2.8	2.9	14.6	14.7	43.3	43.4	38.2	37.9
Canale d'Agordo		0	0	0	0	1.3	1.3	6.5	6.5	9.6	9.6	39.2	39.2	43.5	43.5
Cencenighe Agordino		0.1	0.1	0	0	0.4	0.2	1.9	2.1	6.3	6.7	34.7	34.9	56.6	56
Colle Santa Lucia		0.1	0.1	0	0	0.1	0.1	4.9	5	26.2	26.2	59.9	59.9	8.7	8.7
Falcade		0	0	0.1	0.1	4.2	4.2	7.5	7.5	16.5	16.5	44.3	44.3	27.4	27.4
Gosaldo		0	0	0.3	0.3	0.4	0.4	1.1	1.1	7.9	7.9	20.4	20.4	69.9	69.9
La Valle Agordina		0	0	0	0	0.6	0.6	1.5	1.5	5.8	5.8	23.8	24	68.3	68.1
Livinallongo del Col di Lana		0.1	0.1	0.2	0.2	1.5	1.3	4.3	4.5	27.1	27	56.9	56.9	10	10
Rivamonte Agordino		0	0	0	0	0.1	0.1	0.8	0.8	2.8	2.8	21.4	21.4	74.8	74.8
Rocca Pietore		0	0	0.1	0.1	1.3	1.3	2.6	2.6	12.2	12.1	46	46	37.7	37.7
San Tomaso Agordino		0	0.1	0	0	0.2	0.2	2.2	2.2	9.6	9.7	53	53.4	35	34.4
Selva di Cadore		0	0	0	0	1.2	1.2	2.7	2.7	20.7	20.8	53.9	54.6	21.4	20.7
Taibon Agordino		0	0	0.7	0.7	1.3	1.2	2.8	3	9.4	10	26.6	28.2	59.2	56.9
Vallada Agordina		0	0	0.1	0.1	1.1	1.1	3.3	3.6	14.1	16.8	60.1	61.1	21.3	17.4
Voltago Agordino		0	0	0	0	1.7	1.7	3	3	15.7	15.7	58.7	58.7	20.9	20.9

B.

Sistemi di esbosco combinati (%)							Bosco diff. accessibile (%)
MTS				MTS			
HF	HF	HF	HF				
HFW		HFW	HFW	HFW			
	MGP	MGP	MGP	MGP	MGP		
Agordo	0	0	0	0.2	0.5	-0.8	0
Alleghe	0	0	0	0.1	0.1	0.1	-0.3
Canale d'Agordo	0	0	0	0	0	0	0
Cencenighe Agordino	0	0	-0.2	0.2	0.4	0.2	-0.6
Colle Santa Lucia	0	0	0	0.1	0	0	0
Falcade	0	0	0	0	0	0	0
Gosaldo	0	0	0	0	0	0	0
La Valle Agordina	0	0	0	0	0	0.2	-0.2
Livinallongo del Col di Lana	0	0	-0.2	0.2	-0.1	0	0
Rivamonte Agordino	0	0	0	0	0	0	0
Rocca Pietore	0	0	0	0	-0.1	0	0
San Tomaso Agordino	0.1	0	0	0	0.1	0.4	-0.6
Selva di Cadore	0	0	0	0	0.1	0.7	-0.7
Taibon Agordino	0	0	-0.1	0.2	0.6	1.6	-2.3
Vallada Agordina	0	0	0	0.3	2.7	1	-3.9
Voltago Agordino	0	0	0	0	0	0	0

C.

	Sistemi di esbosco (ha)								Bosco diff. accessibile (ha)	
	MTS		HF		HFW		MGP			
<i>Pre Vaia: 2018</i> <i>Post Vaia: 2021</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Agordo	1.1	1.2	2.6	2.8	8	8.6	49.6	49.6	33	33
Alleghe	15.3	15.9	21	21.5	97.8	98.7	327.1	328.4	202	200.7
Canale d'Agordo	47.1	47.1	56.4	56.4	125.4	125.4	408.2	408.2	314	314
Cencenighe Agordino	6.8	7.7	8.2	8.3	30.3	31.6	152	154	198.6	196.6
Colle Santa Lucia	15.2	15.5	15.3	15.6	94	94.2	273.3	273.3	26.1	26.1
Falcade	30.4	30.4	47.8	47.8	114.1	114.1	293.7	293.7	110.6	110.6
Gosaldo	5	5	8.1	8.1	43.4	43.4	139.3	139.3	323.7	323.7
La Valle Agordina	8.5	8.5	11.8	11.8	44.6	44.7	178.3	179.9	385.2	383.7
Livinallongo del Col di Lana	61.9	64.9	86	86.9	468.3	468.5	1279.9	1279.9	142.1	142.1
Rivamonte Agordino	3.5	3.6	3.9	4	15.9	16	106.1	106.1	315.7	315.7
Rocca Pietore	39.1	40.2	61.4	62.4	241.3	242	932.4	932.4	564.7	564.6
San Tomaso Agordino	7.9	8	8.6	8.7	42.6	43.2	231.1	233.1	124.6	122.6
Selva di Cadore	10.7	10.7	15.7	15.7	98.5	98.8	313.9	316.7	85.4	82.5
Taibon Agordino	36.7	39.2	62.3	64	175.5	185.7	530.6	561.8	771.6	740.5
Vallada Agordina	6.5	7	8.9	9.4	36.6	42.4	155.5	163.3	42.1	34.3
Voltago Agordino	3.7	3.7	5.7	5.7	24.7	24.7	95.8	95.8	25.3	25.3

3.2.6 Aree protette

Si riporta la ripartizione percentuale della superficie boscata nei sistemi di esbosco e la percentuale di bosco difficilmente accessibile pre Vaia (2018) e post Vaia (2021) nelle superfici boscate soggette a vincolo naturalistico (Tab. 3.10 A.). La variazione percentuale di accessibilità è messa in evidenza dalla Tab. 3.10 B. Infine, si riportano le superfici boscate in ettari servite dai singoli sistemi di esbosco (Tab 3.10 C.). Per la lettura delle tabelle si faccia riferimento alle indicazioni già spiegate nel § 3.2.1.

Tab. 3.10. In ordine: A. ripartizione percentuale della superficie boscata in area protetta (%) sulla base dei potenziali sistemi di esbosco; B. variazione percentuale dell'accessibilità (%) nelle aree protette dal 2018 (pre Vaia) al 2021 (post Vaia); C. superficie boscata in area protetta (ha) servita da sistemi di esbosco.

A.														
Sistemi di esbosco combinati (%)														
	MTS										Bosco diff. accessibile (%)			
	HF		HF		HF		HF		HF					
	HFW				HFW		HFW		HFW					
			MGP		MGP		MGP		MGP		MGP			
Pre Vaia: 2018 Post Vaia: 2021	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Agordo	0	0	1.2	1.2	0.1	0.1	3.5	3.5	19.3	19.3	40.5	40.5	35.4	35.4
Alleghe	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1	1.1	4.2	4.2	94.7	94.7
Canale d'Agordo	0	0	0	0	1.4	1.4	12.1	12.1	14.1	14.1	37.3	37.3	35.2	35.2
Cencenighe Agordino	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	23.3	23.3	75.2	75.2
Colle Santa Lucia	0	0	0	0	0.4	0.4	7.4	7.5	41.6	41.6	48	47.9	2.6	2.6
Falcade	0	0	0	0	1.4	1.4	6.2	6.2	17.4	17.4	41.9	41.9	33	33
Gosaldo	0	0	0	0	0.5	0.5	1	1	2.9	2.9	11.9	11.9	83.6	83.6
La Valle Agordina	0	0	0	0	1.5	1.5	3.3	3.3	19.6	19.6	15	15	60.7	60.7
Livinallongo del Col di Lana	0	0	2.4	2.4	6.5	6.5	7.8	7.8	24.3	24.3	46.8	46.8	12.3	12.3
Rivamonte Agordino	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0.8	1	4.3	4.4	27.9	27.6	66.8	66.8
Rocca Pietore	0	0	1	1	0.3	0.3	0.4	0.4	4.4	4.4	42.9	42.9	51	51
Selva di Cadore	0	0	1	0	3.4	3.7	4.7	5.7	27.2	28.1	48.3	47.2	15.5	15.3
Taibon Agordino	0	0	0.6	0.6	3.1	2.9	6.6	7	12.6	13.7	29.9	30.3	47.2	45.5
Voltago Agordino	0	0	0	0	19.1	19.1	0	0	43.3	43.3	14.3	14.3	23.3	23.3

B.

Sistemi di esbosco combinati (%)							Bosco diff. accessibile (%)
MTS					MTS		
HF	HF	HF	HF				
HFW		HFW	HFW	HFW			
	MGP	MGP	MGP	MGP	MGP		
Agordo	0	0	0	0	0	0	0
Alleghe	0	0	0	0	0	0	0
Canale d'Agordo	0	0	0	0	0	0	0
Cencenighe Agordino	0	0	0	0	0	0	0
Colle Santa Lucia	0	0	0	0.1	0	-0.1	0
Falcade	0	0	0	0	0	0	0
Gosaldo	0	0	0	0	0	0	0
La Valle Agordina	0	0	0	0	0	0	0
Livinallongo del Col di Lana	0	0	0	0	0	0	0
Rivamonte Agordino	0.1	0	0	0.2	0.1	-0.3	0
Rocca Pietore	0	0	0	0	0	0	0
Selva di Cadore	0	-1	0.3	1	0.9	-1.1	-0.2
Taibon Agordino	0	0	-0.2	0.4	1.1	0.4	-1.7
Voltago Agordino	0	0	0	0	0	0	0

C.

	Sistemi di esbosco (ha)								Bosco diff. accessibile (ha)	
	MTS		HF		HFW		MGP			
<i>Pre Vaia: 2018</i> <i>Post Vaia: 2021</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Agordo	3.3	3.3	4.5	4.5	21.7	21.7	61.3	61.3	33.6	33.6
Alleghe	0	0	0	0	1.8	1.8	8.8	8.8	156.4	156.4
Canale d'Agordo	215.5	215.6	239.9	240	490.4	491	1155.6	1155.6	627.4	627.4
Cencenighe Agordino	0	0	0	0	2.1	2.1	34.6	34.6	104.6	104.6
Colle Santa Lucia	20.5	20.8	21.6	21.9	136.5	136.8	269.2	269.2	7.1	7.1
Falcade	38.9	38.9	47.9	47.9	156.2	156.2	418.3	418.3	206.2	206.2
Gosaldo	16.4	16.4	24.4	24.4	69.3	69.3	251	251	1280.4	1280.4
La Valle Agordina	16.1	16.1	23.2	23.2	117.9	117.9	190.3	190.3	293.7	293.7
Livinallongo del Col di Lana	63.7	63.7	136.7	136.7	315.3	315.3	717.4	717.4	100.3	100.3
Rivamonte Agordino	8.8	12.2	10.3	13.7	58.7	63	370.6	370.6	747	746.6
Rocca Pietore	0.7	0.7	3.1	3.1	9	9	85.4	85.4	88.8	88.8
Selva di Cadore	24.5	29.9	47.4	49.7	185.6	197.4	444.8	445.9	81.5	80.4
Taibon Agordino	204	215.3	318.4	324.2	688.1	726.6	1627.5	1678.7	1454.3	1403.1
Valtago Agordino	0	0	4.4	4.4	14.5	14.5	17.8	17.8	5.4	5.4

4 Discussione

4.1 Variazioni e stato di accessibilità e fattibilità di esbosco al 2021

L'Agordino gode di una lunga tradizione agro-silvo-pastorale e fino alla metà del secolo scorso la sua economia era fondata su attività agricole, pascolive e forestali. L'assetto degli insediamenti nella zona voleva che le attività agricole, colture e prati, fossero di pertinenza alle case concentrate nel fondovalle, mentre le utilizzazioni forestali e il pascolo/fienagione fossero collocati in media e alta montagna. Agli inizi del Novecento in Agordino erano in funzione ben 34 segherie a testimonianza dello sviluppo del commercio di legname e dell'importanza che le utilizzazioni forestali avevano nella zona (Casanova Borca, 2000). Il tessuto viabile silvo-pastorale, di accesso al bosco e ai pascoli, nel corso dei secoli ha avuto quindi modo di consolidarsi, grazie anche all'uso capillare che gli antenati facevano del territorio.

I risultati ottenuti per gli indici di accessibilità denotano che la viabilità di interesse forestale in Agordino è ben sviluppata: sull'intero territorio la densità viabile aggiornata al 2021 è pari a 31.80 mha⁻¹, un valore ritenuto buono da Cielo et al. (2003) che reputano una zona ben servita se presenta valori compresi tra 20 e 35 mha⁻¹. La stessa informazione si deduce dalla quota parte di superficie forestale servita (QS) aggiornata al 2021, che è pari a 75.11%, valore che sempre secondo Cielo et al. (2003) indica un buon grado di servizio (> 70%). Anche i valori di spaziatura (314.47 m) e distanza di esbosco massima (204.41 m) dimostrano in media un buon livello di servizio e suggeriscono, a primo avviso, una buona flessibilità nella scelta del sistema di esbosco; se non che, si osserva che la percentuale di area boscata servita dai sistemi MGP e HFW, MGP è molto consistente, rispettivamente 38.9% e 25.3% per un totale complessivo di 64.2% al 2021 (Tab. 3.3).

È importante sottolineare che i valori si riferiscono all'intera rete di infrastrutture, senza distinguere le tipologie di percorribilità dei mezzi. Sebbene si affermi che la presenza di infrastrutture sia complessivamente buona, permane la necessità di migliorare la transitabilità dei mezzi sulle strade esistenti, per garantire un trasporto agevole del legname.

Questo significa che, nonostante l'area sia ben servita secondo una prospettiva planimetrica, bisogna tenere conto dell'aspetto morfologico della pendenza che in Agordino si materializza in modo severo: la pendenza media è pari a 69% e più del 30% della superficie presenta pendenze comprese tra 60% e 100%, proprie solo del sistema MGP (cfr. Fig. 20 al § 2.1 e Allegato I). Andrich et al. (2001) hanno elaborato le mappe dei sistemi di esbosco per l'Alto Bellunese¹¹ e la percentuale delle aree servite da gru a cavo è sensibilmente maggiore rispetto agli altri sistemi¹², per l'Agordino pari al 60% (Alto

¹¹ Comunità Montana Agordina, Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldano, Comunità Montana Centro Cadore, Comunità Montana Val Boite, Comunità Montana Comelico Sappada.

¹² I sistemi di esbosco considerati da Andrich et al. (2001) sono: trattore agricolo o avvallamento manuale, trattore forestale, gru a cavo.

Bellunese 52%). Le aree servite da gru a cavo, inoltre, si sovrappongono a quelle servite dagli altri sistemi, il che significa che installando una linea di gru a cavo si può intervenire su una superficie maggiore includendo le aree servite dagli altri sistemi (Allegato F e Allegato G). Allo stesso tempo, nel caso di strade transitabili da piccoli mezzi, l'impiego di gru a cavo può facilitare l'utilizzazione o gli interventi fitosanitari in aree non servite da queste strade, purché nei limiti di distanze di esbosco ritenute tecnicamente fattibili.

Nel periodo 2018-2021, in Agordino sono stati realizzati 52 nuovi tratti stradali per un totale complessivo di 40.28 km. Dall'elaborazione delle mappe dei sistemi di esbosco emerge che la variazione di accessibilità è stata in linea di massima esigua, infatti, la superficie boscata servita è aumentata di 110.2 ha, cioè dello 0.28%.

Il piccolo aumento è comunque in linea con l'avvenuto prolungamento della rete viabile ed è dovuto al fatto che gran parte delle strade sono state costruite in zone già servite da almeno un sistema (in particolare il sistema MGP). Questo suggerisce che, oltre a ricercare la variazione nel valore di superficie servita in assoluto e, in modo complementare, nella riduzione del bosco difficilmente accessibile, bisogna anche valutare come è cambiata la ripartizione dei sistemi di esbosco all'interno della superficie servita stessa – ossia la variazione delle superfici servite dai singoli sistemi di esbosco – oltre alla maggiore facilità di trasporto del legname con autocarri, che determina l'aumento dell'efficienza e la riduzione di costi ed emissioni unitarie per metro cubo di legname.

Questo aspetto viene considerato nel paragrafo seguente, ad un livello di dettaglio maggiore, ma si osserva in generale un aumento delle superfici servite da sistemi di esbosco altamente meccanizzati (MGP) e completamente meccanizzati (HFW e HF). Quindi c'è stato un aumento delle superfici servite da gru a cavo e inoltre una parte delle superfici già servite da gru a cavo sono diventate accessibili anche ad harvester e forwarder propri dei sistemi HFW (30-60% e 0-300 m) e, in minor misura, HF.

Va fatta una nota per le superfici servite dalle combinazioni dei sistemi MTS, HF, HFW e HF, MGP che sono molto ridotte e prossime allo 0%. La combinazione MTS, HF, HFW è stata generata dall'elaborazione ed è costituita da celle della rete viabile quindi, secondo il modello, non propriamente aree servite da un sistema; questo è confermato dal fatto che la combinazione paradossalmente non può esistere, poiché il sistema MGP è sempre presente (v. Tab. 2.9 al § 2.2.2). La combinazione HF, MGP invece può esistere e si trova in terreni pianeggianti (< 30%) ad elevate distanze dalla viabilità (300-600 m), condizione che, vista la morfologia del territorio agordino, non si verifica spesso; tant'è che anche la variazione è pressoché nulla.

Come accennato sopra, un aspetto di cui non si tiene conto nell'elaborazione è la classe di percorribilità delle strade forestali, informazione piuttosto complessa da integrare in un modello. La classe di percorribilità è un aspetto che dovrebbe essere valutato tratto per tratto

con misurazioni (pendenze, raggi di curvatura, larghezza della carreggiata ecc.) che possono essere effettuate su modelli digitali del terreno e ortofoto utilizzando software di analisi di dati spaziali (e.g. QGIS) ma non con la stessa accuratezza di un sopralluogo in campo (magari integrato dall'utilizzo di droni o con la tecnologia LIDAR) che rivela con assoluta certezza la reale classe di percorribilità dei tratti ed eventuali punti critici che, oltretutto, possono essere passaggi obbligati (dimensioni e portata dei ponti, passaggi in mezzo alle case, strettoie ecc.).

La determinazione della percorribilità in modo assoluto come informazione costituente della banca dati della viabilità, pertanto, sarebbe onerosa in termini temporali ed economici e, vista anche volubilità nel tempo di questa caratteristica, sarebbe più opportuna una sua valutazione in modo localizzato e al momento del bisogno, dettata, ad esempio, dalla pianificazione e dalla progettazione forestale (utilizzazioni forestali, attività di prevenzione di antincendio boschivo, cure colturali di rimboschimenti, interventi di sistemazione idraulico-forestale e/o di prevenzione dal dissesto idrogeologico ecc.).

Fatta questa premessa, risulta evidente che nell'esiguo incremento di superficie servita non vengono contati gli effetti migliorativi del disporre di una strada con classe di percorribilità bassa¹³ che permette il passaggio di mezzi a bassa mobilità e alta capacità di carico. Gli effetti sono la riduzione dei tempi e dei costi di trasporto, la potenziale estensione dell'utilizzo di sistemi ad alto livello di meccanizzazione (e.g. gru a cavo integrate con processore e allestite su autocarro, harvester e forwarder con verricello integrato, trasporto di legname con autocarro e rimorchio) che comunque vanno correlati alle effettive necessità imposte dall'utilizzazione forestale. In generale, sulla base del tipo di intervento e del soprassuolo forestale si assume una maggiore necessità di viabilità nelle comprese costituite da boschi cedui o popolamenti giovani dove le dimensioni ridotte del legname ritraibile o il tipo di tagli previsti limitano la scelta dei sistemi di esbosco e incidono negativamente sui costi di utilizzazione, mentre nei boschi ad alto fusto la rete viabile può essere meno densa poiché è ipotizzabile, per ragioni tecniche ed economiche, un impiego diffuso delle gru a cavo (Cielo et al., 2003).

Come detto sopra, la classe di percorribilità è un'informazione difficile da integrare nell'elaborazione ma resta un elemento di centrale importanza poiché detta le possibilità di passaggio con i mezzi e di conseguenza la fattibilità tecnica e l'economicità, oltre che la sicurezza, degli interventi selvicolturali e la fruibilità turistico-ricreativa (Grigolato et al., 2015). Gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria spesso sono vincolati dalla limitata disponibilità di risorse economiche delle amministrazioni che sono costrette a prediligere determinati tratti stradali su altri (Pellegrini et al., 2013).

¹³ Si fa riferimento alla classificazione proposta da Cavalli et al. (2013) di cui al § 1.1.

Un altro aspetto da considerare quando si parla di percorribilità è il nesso tra lo stato d'avanzamento tecnologico dei mezzi forestali e delle capacità costruttive (manodopera compresa) e gli standard dei criteri tecnici costruttivi.

Molti tratti della rete viabile, infatti, sono stati progettati nel passato con criteri tecnici specifici per il transito di mezzi forestali, con ingombro e capacità di carico più contenuti rispetto ai moderni, oppure specifici per lo sforzo bellico, in particolar modo durante la Prima Guerra Mondiale (Cavalli et al., 2012). Questo significa che molte strade realizzate in passato, che nel tempo non siano state oggetto di manutenzione straordinaria o adeguamento, oggi risultano poco o per nulla adatte al passaggio dei moderni mezzi forestali. Sono infatti frequenti episodi di cedimento o deformazione del piano viabile su strade trattorabili di vecchia costruzione dovuti al transito di harvester, forwarder o di gru a cavo/escavatori integrate/i con processore (Grigolato et al., 2015). Lo sviluppo delle tecniche di lavoro e della tecnologia delle macchine per la raccolta, lavorazione e trasporto del legno può richiedere variazioni significative dei parametri geometrici e costruttivi anche in un arco temporale dell'ordine di 15-20 anni (Cielo et al., 2003).

Per ricongiungere il discorso a quanto detto sopra per i sistemi di esbosco, risulta evidente che nella scelta e applicazione del sistema di esbosco e nell'utilizzo dei moderni mezzi forestali, bisogna fare i conti anche con la percorribilità.

Ad ogni modo, note le pendenze severe dell'Agordino, il sistema MGP resta ancora il sistema più estesamente applicabile, ad eccezione di alcuni comprensori. Dall'elaborazione delle mappe, dal 2018 al 2021, emerge un incremento delle possibilità di impiego del sistema HFW. La fattibilità di esbosco con il sistema HFW dovrebbe essere comunque valutata in relazione alla capacità di spostamento nel bosco di harvester e forwarder a trazione assistita di fronte all'accidentalità del terreno e ai repentini cambi di pendenza. Se si osserva la mappa dei sistemi, infatti, si osserva che le aree servite da HFW spesso presentano zone di discontinuità più dovute alla pendenza che alla prossimità alla strada. Inoltre, bisogna valutare anche gli impatti che l'esbosco via terra può avere sul suolo.

4.2 Indici

Indici di accessibilità

Gli indici di accessibilità a livello comunale dimostrano un buon grado di servizio, tranne qualche eccezione, a conferma di quanto già discusso a livello di Unione Montana. Anche in questo caso si rammenta che, nonostante la consistenza della rete viabile sia buona, **gli indici sono dei potenti strumenti di sintesi che esprimono solo l'aspetto quantitativo e non quello qualitativo**, come la distribuzione nello spazio delle strade e la percorribilità, che può condizionare in modo significativo il passaggio dei mezzi e la fattibilità tecnica ed economica delle utilizzazioni forestali.

Confrontando i valori di densità viabile e QS al 2021 si osserva che i comuni vicini o sotto al limite inferiore dei valori ottimali sono Gosaldo ($DV = 23.87 \text{ mha}^{-1}$, $QS = 60.55\%$), La Valle Agordina ($DV = 20.45 \text{ mha}^{-1}$, $QS = 65.88\%$) e Taibon Agordino ($DV = 18.06 \text{ mha}^{-1}$, $QS = 57.93\%$). In questi comuni, lo scarso servizio delle superfici boscate è dovuto all'assenza di strade in zone circoscritte, per motivi morfologici o per lo scarso interesse di tipo produttivo verso alcune formazioni forestali.

Risultano ottimamente serviti tutti gli altri comuni con dei picchi a Colle Santa Lucia ($DV = 91.11 \text{ mha}^{-1}$, $QS = 92.9\%$), Falcade ($DV = 43.99 \text{ mha}^{-1}$, $QS = 87.62\%$) e Livinallongo del Col di Lana ($QS = 47.75 \text{ mha}^{-1}$, $QS = 91.91\%$). I picchi possono essere spiegati dall'impiego di tutta la viabilità di interesse forestale nel calcolo dell'indice (classi funzionali di collegamento/accesso, multi-funzione e forestale/silvo-pastorale) e da altri motivi specifici per ogni censuario, di seguito illustrati.

A Falcade e a Colle Santa Lucia sono considerate strade con funzione di collegamento e accesso la SP 25 del P.sso Valles, SP 246 del P.sso San Pellegrino e la SP 638 del P.sso Giau che, data la loro lunghezza, pesano sul calcolo degli indici facendone aumentare il valore. A Colle Santa Lucia, in ogni caso, la componente viabile a funzione forestale è molto consistente (Tab. 2.3 al § 2.1) e considerando la limitata superficie boscata (799 ha) gli indici calcolati risultano elevati. A Livinallongo del Col di Lana, invece, l'estensione e la conformazione del territorio (comune più esteso dell'Agordino con una valle ampia ma profonda e zone pianeggianti in quota) determinano la presenza di strade forestali molto lunghe che si snodano per chilometri nei boschi e a quote diverse, assolvendo anche la funzione silvo-pastorale. Queste strade, infatti, collegano il fondovalle con i prati e i pascoli in quota, dove si monticano gli animali e si pratica la fienagione, attività molto importanti per la zona sia oggi che in passato. Inoltre, il turismo invernale legato allo sci alpino è molto sviluppato nella zona di Arabba, quindi molte strade silvo-pastorali fungono da piste da sci (art. 2 LR n° 14/1992). Questi fattori contribuiscono a generare elevati valori di densità viabile e QS.

I valori di spaziatura sono per lo più compresi tra i 200 m e i 560 m che, in linea teorica, permettono l'applicazione di tutti i sistemi di esbosco previsti, fatto salvo per la pendenza, come descritto nel paragrafo precedente.

Le variazioni dal 2018 al 2021 sono tangibili, seppur ridotte, per San Tomaso Agordino ($\Delta DV = + 3.15 \text{ mha}^{-1}$ e $\Delta QS = + 0.22\%$), Taibon Agordino ($\Delta DV = + 1.9 \text{ mha}^{-1}$ e $\Delta QS = + 1.22\%$), Selva di Cadore

($\Delta DV = + 1.55 \text{ mha}^{-1}$ e $\Delta QS = + 0.21\%$) e Voltago Agordino ($\Delta DV = + 1.33 \text{ mha}^{-1}$). L'aumento massimo di QS è avvenuto per Vallada Agordina, a seguito della costruzione della strada forestale in località "Pezza" ($\Delta QS = + 1.44\%$).

Sistemi di esbosco nelle aree schiantate da Vaia e infestate da bostrico

Come descritto in precedenza, si osserva che dal 2018 al 2021 l'effetto maggiore ottenuto in seguito agli interventi effettuati sulla viabilità forestale è l'estensione delle superfici su cui è possibile effettuare l'esbosco in via aerea con gru a cavo e via terra con forwarder specializzati su pendenze elevate, e la conseguente riduzione delle superfici boscate non servite. Come era prevedibile, l'effetto è enfatizzato nelle aree schiantate e in quelle bostricate poiché l'estensione della rete viabile oggetto di indagine del presente lavoro è stata la conseguenza della necessità, e volontà, di recuperare il legname danneggiato dal vento e dal bostrico.

Nel comune di Vallada Agordina le superfici schiantate da Vaia difficilmente accessibili si sono ridotte del 12.7% mentre le aree servite da MGP e HFW sono aumentate del 23.7%; in questo caso, confrontando le superfici in ettari, si è verificato un piccolo aumento delle superfici servite solo da gru a cavo e un buon aumento di quelle servite da sistemi con mezzi forestali a trazione assistita. Va comunque ricordato che in queste aree la funzione produttiva è sospesa per il tempo necessario alla ricostituzione del soprassuolo, ma sono comunque raggiungibili per eventuali rimboschimenti e/o cure colturali. Nei comuni di La Valle Agordina e Taibon Agordino la redistribuzione delle superfici servite ricalca quella avvenuta per Vallada Agordina, ma con valori percentuali inferiori (v. Tab. 3.7 al § 3.2.3).

La stessa redistribuzione di superficie (estensione delle aree servite da MGP e HFW) si riscontra nelle superfici bostricate, in particolar modo a La Valle Agordina (+ 12.7%), Selva di Cadore (+ 6%), Taibon Agordino (+ 2.9%) e Vallada Agordina (+ 2.4 %).

Nonostante gli interventi effettuati alle infrastrutture forestali si osserva ancora una certa percentuale di aree schiantate difficilmente accessibili nei comuni di Cencenighe Agordino (23.4%), La Valle Agordina (19.6%) e Taibon Agordino (28.9%). Le percentuali più elevate di aree bostricate difficilmente accessibili, invece, si riscontrano per Canale d'Agordo (14.3%), Vallada Agordina (14.5%) e Taibon Agordino (12%). Queste aree non sono raggiungibili nemmeno con gru a cavo e trovandosi in zone ripide e impervie hanno senz'altro una funzione di protezione. Tralasciando l'impossibilità di recarsi in loco con i mezzi forestali, il recupero del legname sarebbe a macchiatico negativo e assolverebbe le funzioni protettive nei confronti di eventuali disturbi naturali, quali valanghe e caduta massi, che i soprassuoli schiantati e bostricati comunque conservano, come insegnato dalle esperienze di gestione del materiale danneggiato post Vaia (Lingua et al., 2022).

Sistemi di esbosco nelle categorie forestali

Si osserva un buon grado di servizio nelle principali formazioni a vocazione produttiva, con diverse percentuali di bosco difficilmente accessibile (al 2021): lariceti e larici-cembreti (27.1%), faggete (26.9%), peccete (9.9%), piceo-faggeti (9.8%) e abieteti (4.5%). Le percentuali di lariceti, larici-cembreti e faggete sono elevate poiché molte di queste formazioni si trovano in aree remote e impervie, e in particolare i larici e larici-cembreti fungono da boschi di protezione. Restano largamente non servite le alnete (42.5%), le pinete di pino silvestre (46.8%), gli orno-ostrieti e orno-querceti (52.8%) e le mughete (73.9%). Qui la valutazione dell'accessibilità non è finalizzata alle utilizzazioni forestali, dato lo scarso interesse per queste formazioni ai fini produttivi, ma può tornare utile per valutare l'impatto delle attività antropiche su aree di pregio naturalistico per flora e fauna, anche sottoposte a vincolo. In particolare, le mughete e le alnete, un tempo osteggiate dalle attività apicole, hanno un elevato valore naturalistico e vengono lasciate a libera evoluzione (Del Favero, 2004).

La variazione di accessibilità nelle categorie forestali nel periodo 2018-2021 vede riconfermarsi la modalità di redistribuzione delle superfici di cui sopra e gli effetti maggiori si sono manifestati per le pinete di pino silvestre, le peccete e per i lariceti e larici-cembreti (v. Tab. 3.6 al § 3.2.2).

Sistemi di esbosco nella superficie boscata in area valanghiva

Confrontando la ripartizione percentuale dei sistemi di esbosco nelle superfici boscate in area valanghiva, si possono fare tre considerazioni. In primo luogo, questi boschi sono spesso inaccessibili ai sistemi considerati, come nei comuni di Rivamonte Agordino (74.8%), Gosaldo (69.9%) e La Valle Agordina (68.1%). In secondo luogo, il sistema di esbosco più esteso è la gru a cavo con processore, in particolare per i comuni di Vallada Agordina (61.1%), Colle Santa Lucia (59.9%), Voltago Agordino (58.7%), Livinallongo del Col di Lana (58.7%) e Selva di Cadore (54.6%). Infine, le variazioni di accessibilità dal 2018 al 2021 sono pressoché nulle, ad eccezione dei comuni di Vallada Agordina e Taibon Agordino in cui si è verificata una riduzione delle aree difficilmente accessibili rispettivamente di -3.9% e -2.3% in favore del sistema con harvester e forwarder a trazione assistita (per Vallada Agordina +2.7%) e del sistema con gru a cavo e processore (per Taibon Agordino +1.6%).

Gli indirizzi gestionali per le foreste di protezione diretta escludono la libera evoluzione del popolamento forestale, poiché non permetterebbe il raggiungimento di un soprassuolo sufficientemente resistente e resiliente, e indicano l'esecuzione delle cure minime (v. § 1.6). Dai risultati ottenuti sembra che in Agordino sia difficile, se non quasi impossibile, applicare questo tipo di gestione. Tuttavia, bisogna trattare i risultati con la dovuta cautela, dando le giuste interpretazioni. Innanzitutto, nell'elaborazione sono state considerate tutte le categorie forestali, comprese le formazioni arbustive (e.g. mughete, alnete) – non interessate dalle cure minime – che si trovano molto

frequentemente nelle zone di distacco, scorrimento e deposito delle valanghe poiché, a differenza delle specie a portamento arboreo, presentano una maggiore resistenza e resilienza al passaggio della valanga. In secondo luogo, le aree valanghive considerate sono frutto di rilevamenti ed elaborazioni condotte dal Centro Valanghe di Arabba (BL) che si basano su eventi valanghivi avvenuti in passato o su analisi morfologiche del terreno e non sulla presenza di particelle forestali a funzione protettiva soggette a pianificazione. Una parte dei boschi qui considerati, infatti, esula da proprietà forestali pianificate, in cui i boschi con funzione di protezione diretta sono già effettivamente gestiti con i piani di assestamento forestale. D'altro canto, vi sono delle particelle di protezione che non sono ordinariamente utilizzate poiché localizzate in aree non accessibili.

Ad ogni modo, è opportuno ricordare che tutte le foreste hanno una funzione di protezione generica (difesa del suolo, regimazione idrica, qualità dell'aria ecc.) ma solo una parte di esse ha funzione di protezione diretta nei confronti di manufatti, edifici o infrastrutture (v. § 1.6). Laddove i fenomeni valanghivi non interessano le attività antropiche e il passaggio della valanga non rappresenta alcun rischio per l'uomo, non vi è la necessità di intervenire sul soprassuolo.

Sistemi di esbosco nella superficie boscata in area protetta

Le aree protette in Agordino sono molto estese ma spesso relegate ai rilievi dolomitici e situate nell'intorno del limite superiore del bosco, tranne alcune eccezioni. Vengono qui di seguito illustrati i casi più emblematici; per questo aspetto si faccia riferimento all'Allegato L.

La Valle di Garés, a Canale d'Agordo, ricade per la totalità nel sito Natura 2000 ZSC e ZPS "Pale di San Martino: Focobòn, Pape - San Lucano, Agner Croda Granda". Nella valle si trovano estese peccete, piceo-faggeti e lariceti che sono inserviti per il 35.2%; la restante parte, nel fondovalle è servita da tutti i sistemi (12.1%), sui versanti mediamente pendenti è servita da sistemi con gru a cavo e con harvester/forwarder a trazione assistita (14.1%) e sui versanti più pendenti è servita solo da gru a cavo (37.3%).

A Colle Santa Lucia le superfici boscate sottoposte a vincolo naturalistico (sito ZSC Natura 2000 "Monte Pelmo - Mondeval - Formin") sono quasi interamente accessibili con almeno un sistema (97.4%), in misura maggiore dai sistemi con gru a cavo e harvester/forwarder a trazione assistita (89.5%). Qui i boschi sono costituiti prevalentemente da peccete, lariceti, larici-cembreti e, al limite superiore del bosco, da alnete. La vicina Selva di Cadore presenta una situazione analoga a Colle – il sito Natura 2000 e le categorie forestali ricadenti sono gli stessi – ma si osserva una percentuale di superficie servita da gru a cavo e da harvester/forwarder a trazione assistita complessivamente pari a 75.3% e una superficie boscata non servita pari al 15.3%.

In questi tre comuni, nella progettazione e pianificazione delle utilizzazioni nelle particelle forestali, sarà necessario scegliere il sistema di esbosco più adatto per contenere il disturbo e gli impatti sull'ecosistema (flora, fauna, suolo, acqua ecc.), tenendo in considerazione tempi, periodo e luogo di

permanenza nel bosco delle operazioni di utilizzazione (Masutti e Battisti, 2007). Vanno inoltre rispettate le misure di conservazione previste e gli obiettivi di conservazione prefissati dai Piani di Gestione (se redatti), finalizzati al mantenimento della funzionalità e dell'efficienza ecologica del bosco (Corona et al., 2019).

Le porzioni meridionali dei comuni di Rivamonte Agordino e Gosaldo sono caratterizzate da estese superfici boscate con una certa varietà di categorie forestali che ricadono nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi. In queste aree si diramano numerosi sentieri escursionistici ma la viabilità forestale è praticamente assente, di conseguenza, la percentuale di bosco difficilmente accessibile in queste zone risulta elevata.

La variazione di superficie boscata servita nelle aree protette dal 2018 al 2021 nel territorio agordino è pressoché nulla, con l'eccezione di Taibon Agordino dove si registra un aumento del bosco servito (+1.7%), principalmente nei sistemi di esbosco con gru a cavo e con harvester/forwarder a trazione assistita, come conseguenza della costruzione della strada forestale a servizio della Foresta Regionale di Malgonera, finalizzata alla gestione post Vaia del soprassuolo forestale.

Osservando i risultati ottenuti si può dunque concludere che, in seguito agli interventi sulla viabilità di interesse forestale, l'accessibilità nei boschi già serviti è migliorata, viceversa, la consistenza della nuova accessibilità è più limitata poiché le strade hanno interessato boschi già parzialmente serviti. I boschi già serviti, tuttavia, sono percorsi da viabilità con scarse caratteristiche dimensionali e l'adeguamento e la costruzione di nuove strade ha certamente un effetto benefico sulle utilizzazioni forestali.

4.3 Effetti economici

Come detto in precedenza, l'accessibilità alle superfici boscate ha subito delle variazioni nel periodo 2018-2021 in seguito all'estensione della rete viabile di interesse forestale. Secondo il modello applicato, dall'elaborazione risulta un lieve aumento delle superfici (già estese) in cui vi è la possibilità di applicare sistemi di esbosco ad alto livello di meccanizzazione, in particolare harvester e forwarder specializzati per le pendenze elevate (trazione assistita) e motosega con gru a cavo e processore. Questi sistemi specializzati a lavorare in terreni pendenti sono adatti alle condizioni morfologiche dell'Agordino. Osservando i costi di esbosco unitari (v. Tab. 1.5 al § 1.2) si deduce che l'impiego di questi sistemi presenta un costo orario elevato che, tuttavia, è compensato dalle potenziali elevate produttività da cui, all'atto di compravendita del legname, deriva un costo unitario a metro cubo competitivo. In linea generale, il sistema HFW presenta dei costi di esbosco leggermente inferiori rispetto alla gru a cavo (30-40 €/m³ vs. 45-55 €/m³). Da un punto di vista prettamente economico, tenendo conto di questo aspetto, si può ipotizzare che la maggiore possibilità di applicare

sistemi di esbosco di tipo HFW potrebbe favorire la realizzazione di cantieri forestali con costi di utilizzazione, seppur di poco, più contenuti. Bisogna comunque tenere conto della fattibilità tecnica e del tempo di permanenza in bosco che il sistema di esbosco impone, in relazione al tipo di intervento selvicolturale previsto.

Sotto l'aspetto economico, ad ogni modo, l'effetto maggiore dell'estensione e dei miglioramenti di percorribilità avvenuti sulla viabilità forestale è da ricercare nei costi di trasporto verso valle del legname, data la possibilità di utilizzare mezzi con capacità di carico più elevata, nei tempi di trasporto e nella maggiore sicurezza durante il tragitto.

5 Conclusioni

Nella presente tesi sono stati quantificati e valutati gli effetti sull'accessibilità e sulla fattibilità di esbosco che hanno avuto gli interventi di miglioramento e di estensione della rete viabile di interesse forestale nel territorio dell'Agordino dal 2018 (pre Vaia) al 2021 (post Vaia), per il recupero del legname danneggiato dal vento e dal bostrico.

Da una parte, si è osservato un effetto maggiore dovuto all'estensione delle superfici servite da sistemi di esbosco completamente meccanizzati con harvester e forwarder specializzati alle pendenze elevate (HFW) nelle superfici già servite. Dall'altra si è osservato un effetto minore dovuto all'aumento complessivo della superficie servita, che ha introdotto nuova accessibilità, riducendo le superfici boscate difficilmente accessibili.

Il modello utilizzato non tiene conto della percorribilità dei tratti stradali e, pertanto, degli effetti migliorativi dovuti alla possibilità di percorrere una strada forestale con criteri tecnici costruttivi basati sui moderni standard, come l'impiego di mezzi forestali ad alta capacità di carico, minori costi di trasporto, minori emissioni per metro cubo di legname utilizzato, maggiore sicurezza durante il tragitto e possibilità di progettare e pianificare interventi di protezione del territorio con maggiore efficacia.

Lo sviluppo delle mappe dei sistemi di esbosco dell'Agordino, ha confermato che, in questa zona, è necessario impiegare mezzi forestali adatti a pendenze elevate e brevi distanze dalla viabilità di interesse forestale: l'Agordino, infatti, è caratterizzato da un assetto geomorfologico severo. Sono dunque necessari sistemi di lavoro che impiegano gru a cavo mobili con processore integrato (montati su motrice) o su escavatore e combinate con operatori forestali dotati di motosega (MGP), alternativamente, harvester e forwarder specializzati alle pendenze elevate.

L'estensione delle aree servite dai sistemi HFW potrebbe consentire in futuro la realizzazione di cantieri forestali più economici rispetto ai sistemi MGP, dato il minore costo orario dei primi, nonostante l'applicabilità dei sistemi MGP resti ancora la più largamente diffusa nei comuni agordini. In ogni caso, nella scelta del sistema di esbosco resta necessario valutare di caso in caso la fattibilità tecnica ed economica, ricercando una conciliazione equa tra le esigenze selvicolturali e le esigenze di utilizzazione.

6 Bibliografia

- AA. VV. (2020). *Piano di Azione Vaia in Trentino. L'evento, gli interventi, i risultati*.
- AA. VV. (2022). *Stato di attuazione del Piano d'Azione per la gestione degli interventi di esbosco e ricostituzione dei boschi danneggiati dalla Tempesta Vaia – Report finale*.
- Andrich, O., Frescura, C., Menegus, G. (2001). Metodologia sperimentale per la determinazione e mappatura dei sistemi di esbosco nel territorio dell'Alto Bellunese. In *Programma Leader II GAL Alto Bellunese. Azione n.9: Valorizzazione della produzione e commercializzazione della risorsa legno*. (pp. 31–42). Pieve di Cadore: Tipografia Tiziano di Pieve di Cadore.
- Arpav. (2022). Maltempo in Veneto: pioggia e vento eccezionali. Centro meteorologico di Teolo.
- Bagnaresi, U., Bernetti, G., Cantiani, M., Hellrigl, B. (1986). *Nuove metodologie nella elaborazione dei piani di assestamento dei boschi*. Bologna: Istituto per lo sviluppo economico dell'Appennino centro-settentrionale (ISEA).
- Bortoli, P. L. (1982). *Criteri tecnici generali per la programmazione, progettazione ed esecuzione della viabilità forestale*. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia. Direzione regionale delle foreste.
- Bortoli, P. L. (1989). *Pianificazione della viabilità e delle utilizzazioni forestali*. Presentato a: Corso post-laurea in pianificazione e gestione forestale, Tolmezzo.
- Casanova Borca, M. (2000). *Il lavoro nei boschi. La tradizione ladina dell'Alto Bellunese*. S. Vito di Cadore: Grafica Sanvitese.
- Cavalli, R., Cappellari, E., Grigolato, S. (2010). Metodologia per la valutazione delle esigenze di viabilità silvo-pastorale in un contesto montano. *L'Italia Forestale e Montana AISF*, 313–330.
<https://doi.org/10.4129/ifm.2010.3.04>
- Cavalli, R., Grigolato, S., Pellegrini, M. (2012). The evolution of a mountain road network from its original use during the First World War to meeting today's forestry needs: current management. *Journal of Agricultural Engineering*, 43(3), 19.
<https://doi.org/10.4081/jae.2012.149>

- Cavalli, R., Grigolato, S., Pellegrini, M., Ciesa, M., Albergucci, M., Cappellari, E. (2013). *La viabilità silvopastorale in Veneto. Stato dell'arte e prospettive future*. Mestre: Regione del Veneto, Unità di Progetto Foreste e Parchi. Università di Padova, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (Tesaf).
- Chirici, G., Giannetti, F., Travaglini, D., Nocentini, S., Francini, S., D'Amico, G., ... Marchetti, M. (2019). Stima dei danni della tempesta "Vaia" alle foreste in Italia. *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale*, 16(1), 3–9. <https://doi.org/10.3832/efor3070-016>
- Cielo, P., Gottero, F., Morera, A., Terzuolo, P. (2003). *La viabilità agro-silvopastorale: elementi di pianificazione e progettazione*. IPLA - Regione Piemonte.
- Comino, R. (2022). Viabilità forestale: considerazioni per il recepimento delle Regioni. *Sherwood*, 257(28 (1)), 11.
- Corà, V., Passarin, M. (Eds.). (2014). *Guerra sull'Altopiano*. Sommacampagna, Verona: Cierre edizioni.
- Corona, P., Barbati, A., Ferrari, B., Portoghesi, L. (2019). *Pianificazione ecologica dei sistemi forestali*. (2 ed). Arezzo: Compagnia delle foreste.
- Croignani, B. (2022). La funzione protettiva degli schianti per evitare opere inutili. *Sherwood. Foreste Ed Alberi Oggi*. Link: <https://www.rivistasherwood.it/t/servizi-ecosistemici/la-funzione-protettiva-degli-schianti-per-evitare-opere-inutili.html>
- De Col, T. (2006). Agordino: appunti di storia.
- Del Favero, R. (2004). *I boschi delle regioni alpine italiane: tipologia, funzionamento, selvicoltura*. Padova: Cleup.
- Di Marzio, N., Imperiali, D., Giovannini, A., Santi, F., Grigolato, S. (2024). Estensione delle piste d'esbosco. Studio in cantieri Vaia ad elevata meccanizzazione. *Sherwood*, 272(38 (5)), 27–30.
- Dietz, P., Knigge, W., Löffler, H. (1984). *Walderschliessung*. Verlag Paul Parey - Hamburg und Berlin.
- Faccoli, M., Finozzi, V., Andriolo, A., Bernardinelli, I., Salvadori, C., Deganutti, L., Battisti, A. (2022). Il bostrico tipografo sulle Alpi orientali. Evoluzione, gestione e prospettive future dopo Vaia. *Sherwood*, 257(28 (1)), 23–26.

- Forst Holz Papier (FHP). (2017). *Holzernte im Schleppergelände. Arbeitsgestaltung 1 und Planung 2*.
- Frehner, M., Wasser, B., Schwitter, R. (2005). *Continuità nel bosco di protezione e controllo dell'efficacia (NaiS). Istruzioni per le cure nei boschi con funzione protettiva, Ambiente Esecuzione*. CH-3003 Berna: Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP).
- Grigolato, S., Marchi, E., Laschi, A., Cavalli, R. (2019). Considerations on forest road networks and related works to support the implementation of the operative guidelines of the consolidate law on forests and forest chains. *Forest@ - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale*, 16(5), 49–55. <https://doi.org/10.3832/efor3175-016>
- Grigolato, S. (2024). Cantieristica “Vaia” e “bostrico”. Problemi, opportunità e prospettive per il futuro. *Sherwood*, 272(38 (5)), 22–23.
- Grigolato, S., Pezzin, F., Panizza, S., Pellegrini, M., Cavalli, R. (2015). Nuova viabilità silvo-pastorale nell'arco alpino. Costi e criteri costruttivi. *Sherwood*, 209(21 (2)), 5–9.
- Hippoliti, G. (1976). Sulla determinazione delle caratteristiche della rete viabile forestale. *L'Italia Forestale e Montana*, 31(6), 241–255.
- Lingua, E. (2021). Tempesta Vaia in Veneto. Emergenza e attività di ripristino. *Rapporto Sullo Stato Delle Foreste e Del Settore Forestale in Veneto 2020*, 16–19.
- Lingua, E., Costa, M., Faes, L., Marangon, D. (2022). Bostrico e foreste di protezione. La funzione protettiva residua e gli interventi per migliorarla. *Sherwood*, 257(28 (1)), 32–35.
- Mantovani, F., Marcolongo, B. (1992). *Fotogeologia. Il telerilevamento nelle scienze della terra*. Roma: NIS.
- Masutti, L., Battisti, A. (2007). *La gestione forestale per la conservazione degli habitat della Rete Natura 2000*. Venezia: Regione del Veneto, Accademia Italiana di Scienze Forestali.
- MEA. (2005). *A Report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press, Washington DC.
- Motta, R. (1998). Protection forests in the European Alps: sustainability of non-intervention and minimal tending measures. In *Proceedings of IUFRO Inter-Divisional Seoul Conference, October 12-17* (pp. 224–231). Seoul (Korea).

- Motta, R., Haudemand, J.-C. (1999). Selvicoltura nelle foreste di protezione diretta delle Alpi. Il bosco “Ban de Ville” di Courmayeur (AO). *Monti e Boschi*, 50, 5–14.
- Occhipinti, S., Zangrando, E. (2020). Usi civici e Regole in Regione del Veneto. Direzione Enti Locali e Servizi Elettorali. Regione del Veneto.
- Pellegrini, M., Grigolato, S., Cavalli, R. (2013). Spatial Multi-Criteria Decision Process to Define Maintenance Priorities of Forest Road Network: an Application in the Italian Alpine Region. *Croat. j. for. Eng.*, 34(1), 31–42.
- Pellegrini, S. (1977). *I nomi locali della Val del Biois*. Firenze: Leo S. Olschki Editore.
- Pucher, C., Erber, G., Hasenauer, H. (2023). Europe’s Potential Wood Supply by Harvesting System. *Forests*, 14(2), 398. <https://doi.org/10.3390/f14020398>
- Regione Autonoma Valle d’Aosta - Regione Piemonte. (2006). *Selvicoltura nelle foreste di protezione. Esperienze e indirizzi gestionali in Piemonte e Valle d’Aosta*. Arezzo: Compagnia delle Foreste.
- Tesaf. (2020). Relazione interna.
- Tomasella, E. (2000). *Aspetti pubblicistici del regime dei beni regolieri*. Belluno: Istituto Bellunese di Ricerche Sociali e Culturali.
- Torreggiani, L. (2024). In anteprima al Congresso SISEF i nuovi dati sul bostrico: un danno simile a Vaia, ma nel 2024 c’è stato un netto calo dell’infestazione. *Sherwood. Foreste Ed Alberi Oggi*.
Link: <https://www.rivistasherwood.it/t/gestione/dati-bostrico-2024-tavola-rotonda-sisef.html>
- Wohlgemuth, T., Jentsch, A., Seidl, R. (2022). *Disturbance Ecology* (Vol. 32). Springer.
- Zovi, D. (2016). Boschi dell’Altopiano di Asiago: una storia di distruzione e rinascita. *L’Italia Forestale e Montana AISF*, 71(5), 275–280.

Sitografia

- Forest Machine Magazine. <https://forestmachinemagazine.com/>
- Tajfun Forestry Machinery. <https://tajfun.com/logging-winchess>
- Valentini Teleferiche. <https://www.valentini-teleferiche.it/it#section-solutions>

Allegati

Allegato A – Struttura della banca dati utilizzata per l’inventario della viabilità dell’Agordino (da Cavalli et al., 2013).

Campo	Elementi	Descrizione	Formato	Note
Nome (Nome)	Testo	Riporta l’area a cui si riferisce il tratto	Testo (80 posizioni)	In questo caso, Comunità Montana Agordina
Comune (Comune)	Testo	Riporta il comune in cui il tratto si colloca per la maggior parte della sua estensione	Testo (25 posizioni)	Comune in cui la strada si estende per la maggior parte del suo tracciato (per i tracciati già presenti in CTR si ricava automaticamente con procedura GIS)
Toponimo (Toponimo)	Testo	Riporta il toponimo	Testo (50 posizioni)	Si riferisce al toponimo del luogo dove passa la strada
Presenza di lucchetto (Lch)	SI/NO	Presenza di sbarra o simile con lucchetto	Testo (2 posizioni)	
Accesso (Acc)	P	Pubblico (descrizione opzionale e riferita ai tratti silvo-pastorali)	Testo (4 posizioni)	Riporta, se verificato con il rilievo in campo, se l’accesso al tratto è aperto o regolamentato
	RA	Presenza di cartello che indica la regolamentazione della strada senza la presenza di sbarra o cancello		
	RS	Presenza di cartello che indica la regolamentazione della strada con la presenza di sbarra o cancello		
	NC	Non classificato		
Funzione (Funz)	O	Strada ordinaria extraurbana	Testo (5 posizioni)	Classificazione della funzione del tratto
	C	Viabilità di collegamento o accesso		
	MF	Viabilità locale a multi-funzione		
	FOR	Esclusive silvo-pastorali		
	P	Pista forestale (opzionale)		
	S	Sentiero (opzionale)		
	NC	Non classificato (opzionale)		
Percorribilità (Perc)	1	Tutti i mezzi	Testo (4 posizioni)	Classificazione della percorribilità del tratto
	2	Autocarro		
	3	Forwarder o trattore con rimorchio forestale		
	4	Trattore con rimorchio monoasse		
	0	Non percorribile con mezzi meccanici		
	NC	Non classificato		
Tipo di fondo (T_fondo)	AS	Asfalto	Testo (4 posizioni)	Riporta la tipologia di fondo prevalente
	A	Altro (e.g. lastricato)		
	C	Cemento		
	M	Migliorato con massiciata o riporto di materiale inerte. Fondo anche naturale ma con presenza di scheletro sufficiente a garantire una buona stabilità		
	N	Naturale (fondo naturale prevalentemente terroso)		
	NC	Non classificato		
Condizione del fondo (C_fondo)	R	Regolare (percorrenza regolare)	Testo (4 posizioni)	
	PD	Parzialmente dissestato (percorrenza a tratti impegnativa)		
	D	Dissestato (percorrenza impegnativa/impossibile)		
	NC	Non classificato		

Larghezza (Largh)	metri (0 se non rilevata)		Numerico
Pendenza (Pend)	% (0 se non rilevata)		Numerico
Raccolta e smaltimento acque (OpA)	SI/NO	Riporta la presenza di opere per la raccolta e lo smaltimento delle acque (canalette longitudinali e trasversali, cunette, tombini, tomboni)	Testo (2 posizioni)
Osservazioni su raccolta e smaltimento acque (OOpA)	Testo (120 posizioni)		
Opere di sostegno (OpS)	SI/NO	Riporta la presenza di sostegno (scogliere, arce, gabbionate, muri di sostegno)	Testo (2 posizioni)
Osservazioni su opere di sostegno (OOpS)	Testo (120 posizioni)		
AIB	Opzionale – riporta la classificazione di percorrenza in relazione ai mezzi AIB		
Note (Note)	Testo (255 posizioni)		
Note aggiuntive (Note2)	Testo (255 posizioni)		
Rilevatore (Ril)		Riporta l'origine dell'informazione. Se le caratteristiche del dato sono rilevate si assegna un identificativo di riconoscimento	Testo (20 posizioni)
Data	gg/mm/aaaa	Riporta la data di aggiornamento dell'informazione del tratto	Testo
Lunghezza del tratto (Lenght)	metri	Riporta la lunghezza del tratto	Numerico

Allegato B – Basi di dati utilizzate nell’elaborazione e relativa fonte.

Base dati	Descrizione	Fonte
Viabilità forestale Comunità Montana Agordina (2011)	Banca dati della viabilità ad interesse silvo-pastorale aggiornata al 2011. (layer vettoriale)	Geoportale Regione del Veneto
Piano della viabilità silvo- pastorale	Banca dati della viabilità forestale regolamentata (LR n° 14 del 31/03/1992) esistente e in progetto. Ogni Comune è dotato del suo Piano (layer vettoriale)	Ufficio Tecnico Unione Montana Agordina
Schianti Vaia	Perimetrazione delle superfici boscate schiantate dalla tempesta Vaia (layer vettoriale)	Geoportale Regione del Veneto
Monitoraggio infestazione da bostrico 2021, 2022, 2023	Banca dati delle superfici colpite da bostrico 2021,2022, 2023 (layer raster)	Geoportale Regione del Veneto
Aree valanghivie	Siti valanghivi perimetrati nelle CLPV (layer vettoriale)	WebGIS-Valanghe del Centro Valanghe di Arabba (ARPAV) https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/neve/webgis-valanghe
Aree protette	Siti della Rete Natura 2000 (layer vettoriale)	Geoportale Regione del Veneto
Ortofoto Regione del Veneto 2018, 2021	Risoluzione 10 cm, pre Vaia (2018) e post Vaia (2021)	Servizi WMS Regione del Veneto tps://idt2-geoserver.regione.veneto.it/geoserver/ows
Carta tecnica Regione del Veneto	Carta tecnica, scala 1:10000 e 1:5000 (solo centri urbani)	Servizi WMS Regione del Veneto https://idt2-geoserver.regione.veneto.it/geoserver/ows
Catasto	Banca dati del catasto (fogli, particelle, fabbricati, strade, acque)	Servizi WMS Agenzia delle Entrate https://wms.cartografia.agenziaentrate.gov.it/inspire/wms/ows01.p hp
Modello digitale del terreno (DTM)	Risoluzione 10 m (layer raster)	Geoportale Regione del Veneto

Allegato C – Superficie boscata schiantata da Vaia e infestata da bostrico (monitoraggi 2021, 2022, 2023), in ettari e in percentuale (% s.b. indica la percentuale di superficie danneggiata sul totale di superficie boscata).

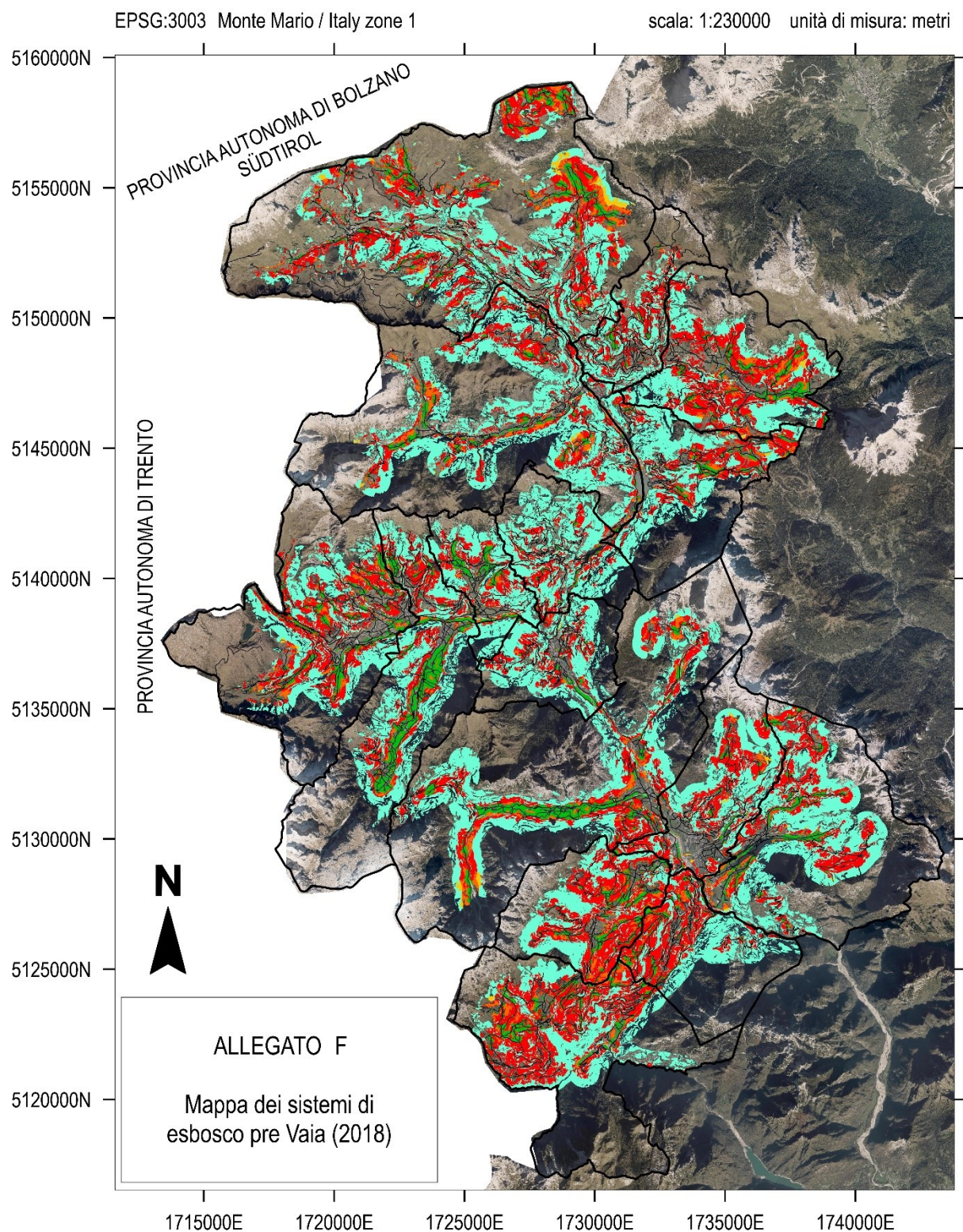
	Superficie boscata	Superfici schiantate da Vaia		Superficie boscata infestata da bostrico	
		ha	% s.b.	ha	% s.b.
Agordo	1548	68	4	14	1
Alleghe	1975	148	7	104	5
Canale d'Agordo	2443	105	4	147	6
Cencenighe Agordino	1376	84	6	25	2
Colle Santa Lucia	799	190	24	60	8
Falcade	2290	21	1	172	8
Gosaldo	3522	237	7	47	1
La Valle Agordina	3380	171	5	37	1
Livinallongo del Col di Lana	4567	754	17	375	8
Rivamonte Agordino	1941	214	11	14	1
Rocca Pietore	4065	650	16	311	8
San Tomaso Agordino	1490	207	14	70	5
Selva di Cadore	2120	19	1	123	6
Taibon Agordino	4799	708	15	77	2
Vallada Agordina	998	31	3	79	8
Voltago Agordino	1602	110	7	68	4
U. M. Agordina	38914	3715	10	1723	4

Allegato D – Superficie boscata in area valanghiva per Comune (in ettari). Spesso i siti Vaia si collocano in aree già precedentemente individuate dalle CLPV sovrapponendosi ad esse (v. § 1.6).

	Aree valanghive				Aree non valanghive	Totale complessivo
	CLPV	CLPV e Vaia	Vaia	Totale parziale		
	ha				ha	ha
Agordo	78.1	0.0	4.4	82.5	1466.0	1548.5
Alleghe	484.7	5.8	38.9	529.4	1445.7	1975.1
Canale d'Agordo	713.7	1.0	7.6	722.3	1720.6	2442.8
Cencenighe Agordino	349.5	0.0	1.3	350.8	1025.3	1376.1
Colle Santa Lucia	185.1	16.6	98.2	299.9	498.9	798.8
Falcade	398.8	1.2	4.3	404.3	1885.8	2290.0
Gosaldo	431.7	0.3	31.1	463.1	3058.7	3521.8
La Valle Agordina	561.9	0.0	1.9	563.8	2815.9	3379.7
Livinallongo del Col di Lana	1141.3	70.9	210.6	1422.8	3144.1	4567.0
Rivamonte Agordino	414.4	0.0	7.5	421.9	1519.6	1941.5
Rocca Pietore	1253.6	39.4	204.7	1497.6	2567.2	4064.8
San Tomaso Agordino	349.1	1.1	5.7	355.9	1134.1	1489.9
Selva di Cadore	399.3	0.0	0.0	399.3	1720.8	2120.1
Taibon Agordino	1245.7	11.6	45.1	1302.3	3496.6	4798.9
Vallada Agordina	197.6	0.0	0.0	197.6	799.9	997.5
Voltago Agordino	121.1	0.0	0.0	121.1	1480.7	1601.8
U. M. Agordina	8325.6	147.7	661.2	9134.6	29779.8	38914.3

Allegato E – Superficie boscata in area valanghiva per categoria forestale, in ettari e in percentuale (% s.b. indica la percentuale di superficie ricadente in area valanghiva sul totale della categoria forestale). Spesso i siti Vaia si collocano in aree già precedentemente individuate dalle CLPV sovrapponendosi ad esse (v. § 1.6).

	Superfici in area valanghiva					Superfici non valanghiva	Superfici non valanghiva	Totale
	CLPV	CLPV e siti Vaia	siti Vaia	Totale parziale	Totale parziale			
	ha	ha	ha	ha	% s.b.	ha	% s.b.	ha
Abieteti	7.4			7.4	5.6	125.5	94.4	132.9
Aceri-frassineti e aceri-tiglieti	58.1	2.4	8.5	68.9	7	918.8	93	987.7
Alnete	988.8	2.2	0.6	991.6	62.8	586.8	37.2	1578.4
Faggete	499.8	1.7	24.1	525.6	14	3235.2	86	3760.9
Formazioni antropogene	117.0		16.2	133.2	8.5	1437.9	91.5	1571.2
Lariceti e larici-cembreti	2623.1	5.5	19.8	2648.4	23.8	8491.9	76.2	11140.3
Mughete	1881.5			1881.5	51.7	1759.8	48.3	3641.3
Orno-ostrieti e ostrio-querceti	27.4			27.4	9.2	269.2	90.8	296.6
Peccete	1701.3	123.3	541.2	2365.8	19.4	9840.0	80.6	12205.8
Piceo-faggeti	237.9	2.8	18.4	259.1	10.9	2108.9	89.1	2368.0
Pinete di pino silvestre	155.8	9.8	31.0	196.6	20.9	742.2	79.1	938.9
Saliceti e altre formazioni riparie	27.4		1.5	28.9	9.9	263.5	90.1	292.5
Totale complessivo	8325.6	147.7	661.2	9134.5	23.5	29779.8	76.5	38914.3



Legenda

Sistemi di esbosco

Tutti i sistemi

MTS + HF + HFW

HF + MGP

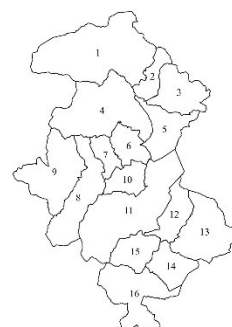
HF + HFW + MGP

HFW + MGP

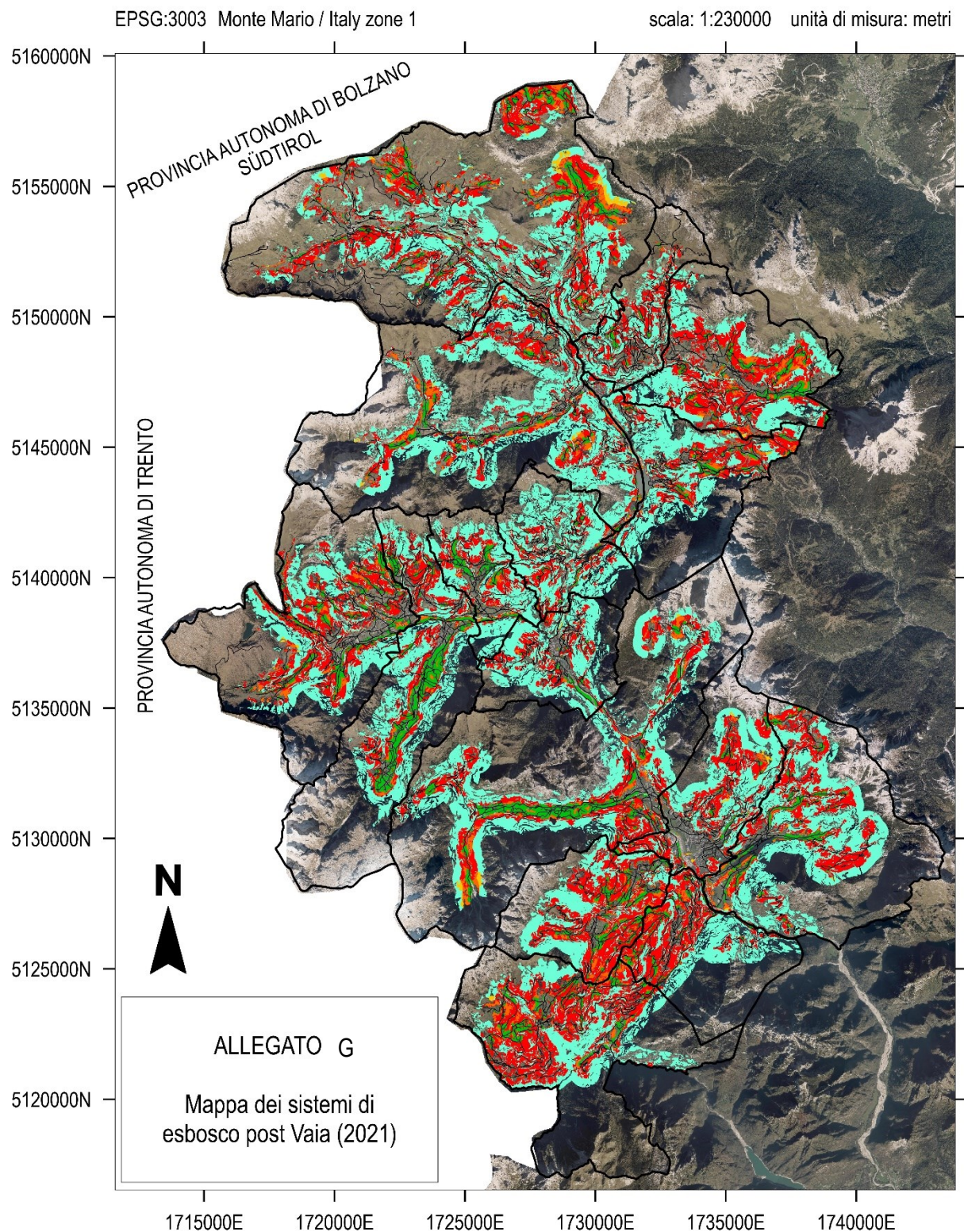
MGP

Limiti amministrativi

Viabilità di interesse
forestale pre Vaia (2018)



1. Livinallongo del Col di Lana
2. Colle Santa Lucia
3. Selva di Cadore
4. Rocca Pietore
5. Alleghe
6. San Tomaso Agordino
7. Vallada Agordina
8. Canale d'Agordo
9. Falcade
10. Cencenighe Agordino
11. Taibon Agordino
12. Agordo
13. La Valle Agordina
14. Rivamonte Agordino
15. Voltago Agordino
16. Gosaldo



Legenda

Sistemi di esbosco

Tutti i sistemi

MTS + HF + HFW

HF + MGP

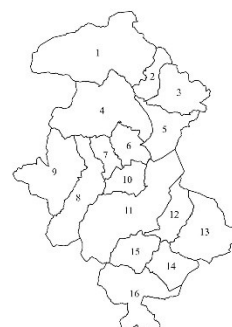
HF + HFW + MGP

HFW + MGP

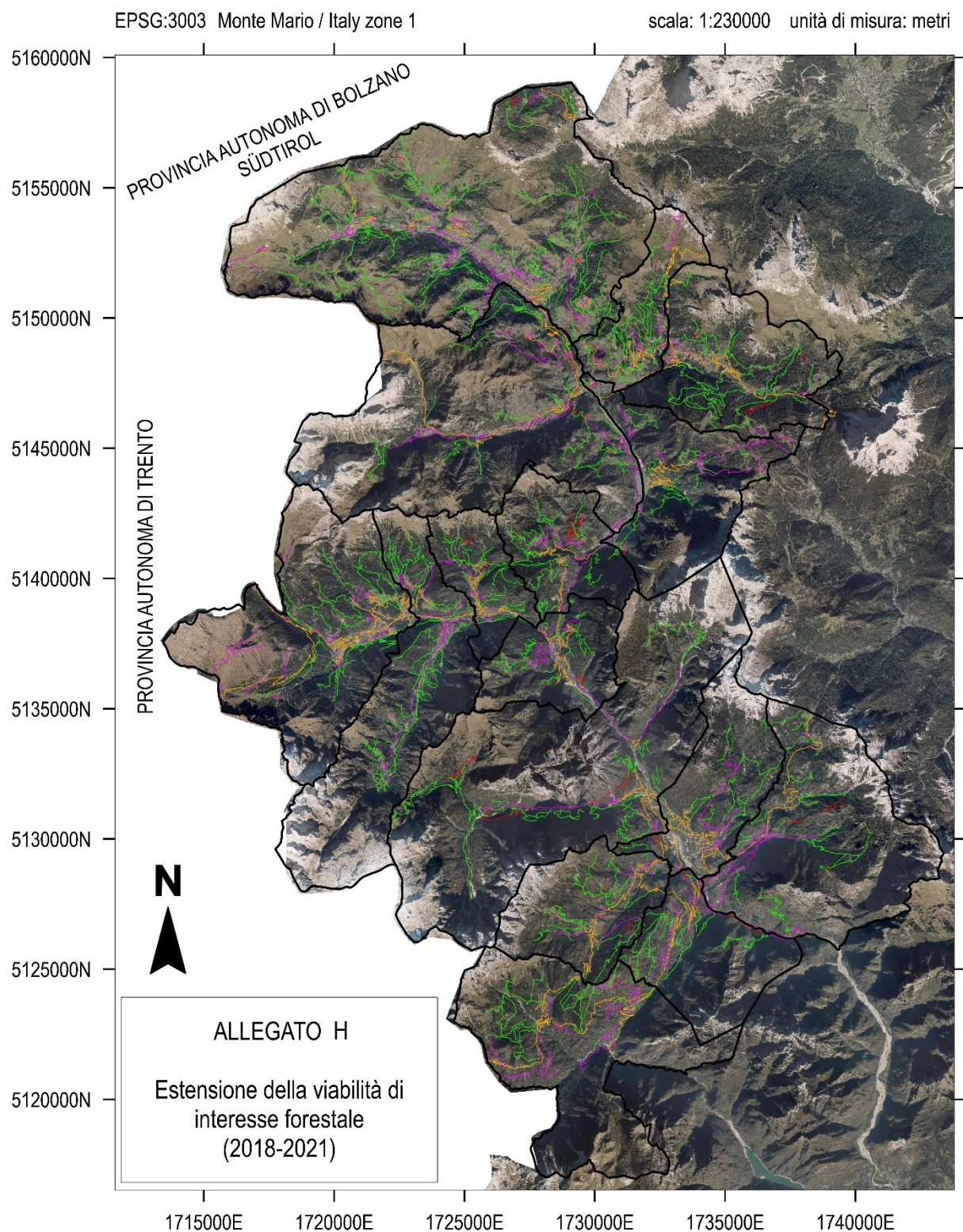
MGP

Limiti amministrativi

Viabilità di interesse
forestale post Vaia (2021)



1. Livinallongo del Col di Lana
2. Colle Santa Lucia
3. Selva di Cadore
4. Rocca Pietore
5. Alleghe
6. San Tomaso Agordino
7. Vallada Agordina
8. Canale d'Agordo
9. Falcade
10. Cencenighe Agordino
11. Taibon Agordino
12. Agordo
13. La Valle Agordina
14. Rivamonte Agordino
15. Voltago Agordino
16. Gosaldo



Legenda

Limiti amministrativi

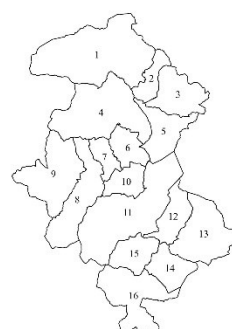
Nuovi tratti di viabilità a funzione forestale/silvo-pastorale post Vaia (2021)

Viabilità di interesse forestale pre Vaia (2018)

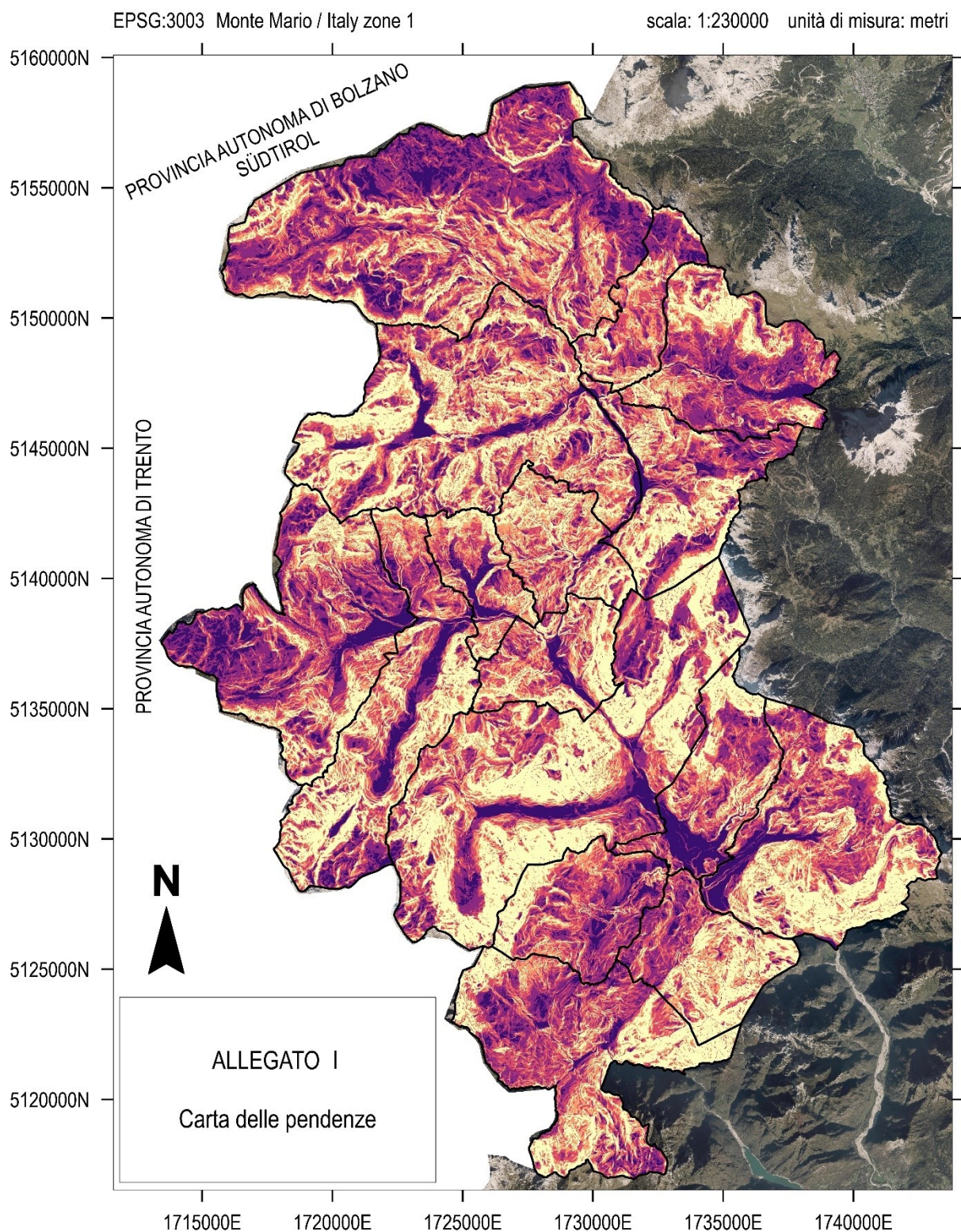
Forestale/silvo-pastorale

Multi-funzione

Collegamento/accesso



1. Livinallongo del Col di Lana
2. Colle Santa Lucia
3. Selva di Cadore
4. Rocca Pietore
5. Alleghe
6. San Tomaso Agordino
7. Vallada Agordina
8. Canale d'Agordo
9. Falcade
10. Cencenighe Agordino
11. Taibon Agordino
12. Agordo
13. La Valle Agordina
14. Rivamonte Agordino
15. Voltago Agordino
16. Gosaldo



Legenda

Pendenza (%)

Classi di Hippoliti (1976)

I - ≤ 20.0000

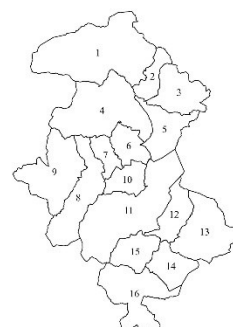
II - 20.0000 - 40.0000

III - 40.0000 - 60.0000

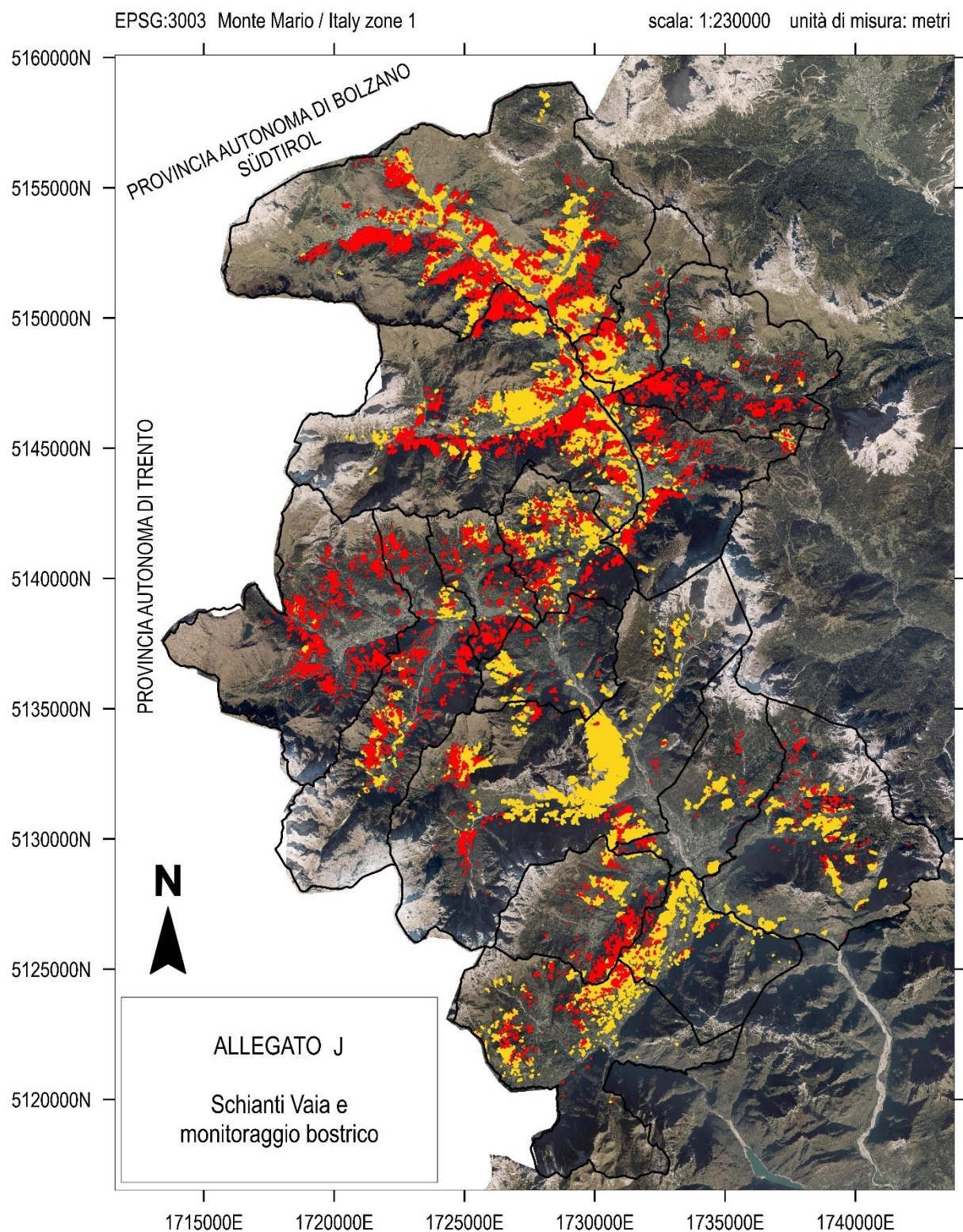
IV - 60.0000 - 80.0000

V - > 80.0000

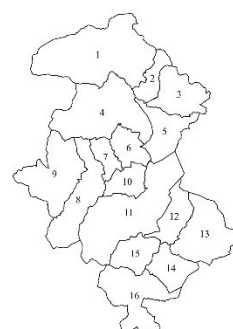
Limiti amministrativi



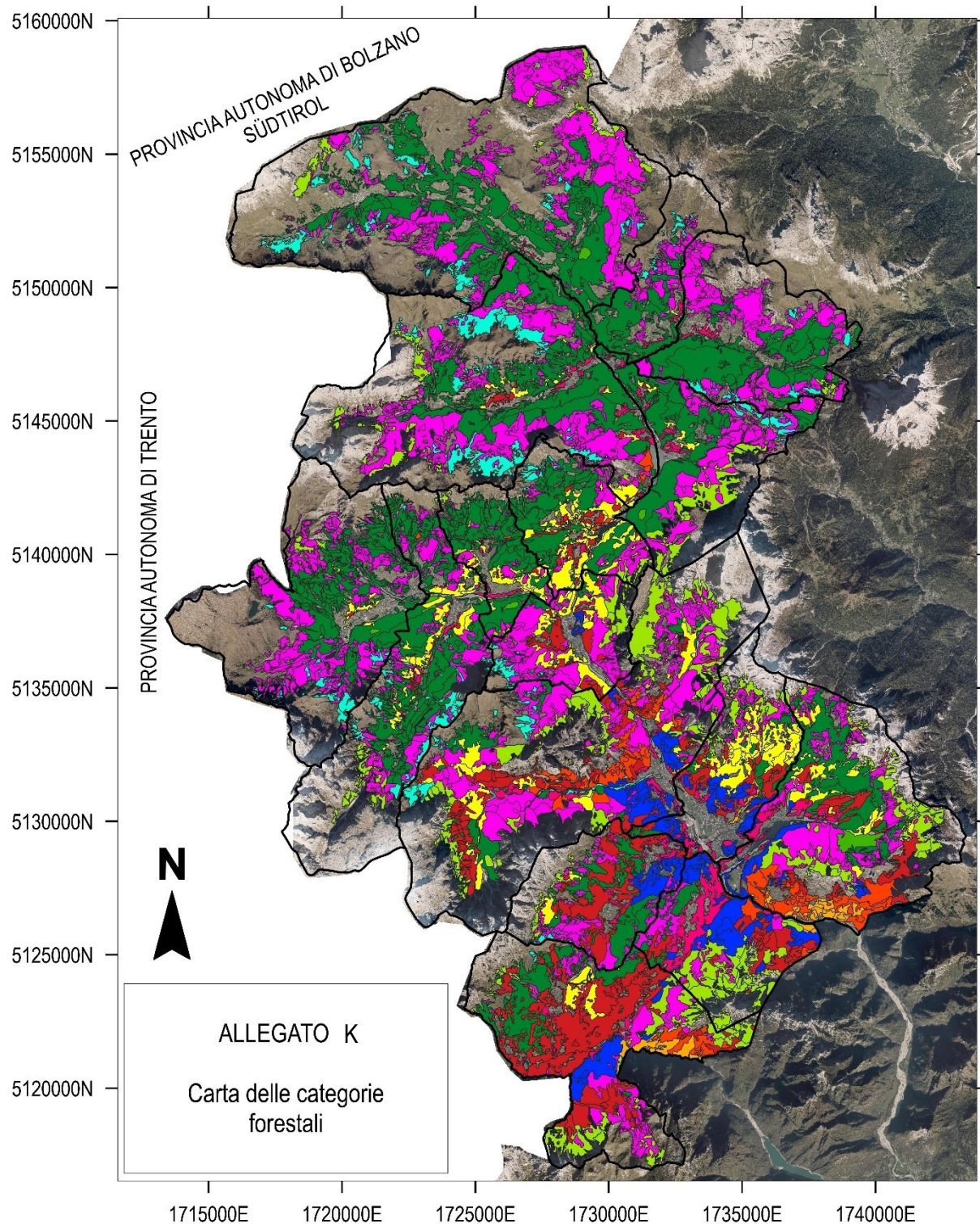
1. Livinallongo del Col di Lana
2. Colle Santa Lucia
3. Selva di Cadore
4. Rocca Pietore
5. Alleghe
6. San Tomaso Agordino
7. Vallada Agordina
8. Canale d'Agordo
9. Falcade
10. Cencenighe Agordino
11. Taibon Agordino
12. Agordo
13. La Valle Agordina
14. Rivamonte Agordino
15. Voltago Agordino
16. Gosaldo



- Legenda**
- Limiti amministrativi
 - Schianti Vaia (2018)
 - Superfici infestate da bostrico (2021-2023)



1. Livinallongo del Col di Lana
2. Colle Santa Lucia
3. Selva di Cadore
4. Rocca Pietore
5. Alleghe
6. San Tomaso Agordino
7. Vallada Agordina
8. Canale d'Agordo
9. Falcade
10. Cencenighe Agordino
11. Taibon Agordino
12. Agordo
13. La Valle Agordina
14. Rivamonte Agordino
15. Voltago Agordino
16. Gosaldo



Legenda

Limiti amministrativi

Categorie forestali

- Aceri-frassineti e aceri-tiglieti
- Orno-ostrieti e ostrio-querceti
- Formazioni antropogene
- Saliceti e altre formazioni riparie
- Pinete di pino silvestre

Alnete

Mughete

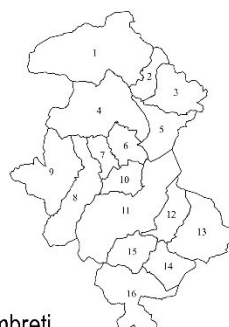
Faggete

Abieteti

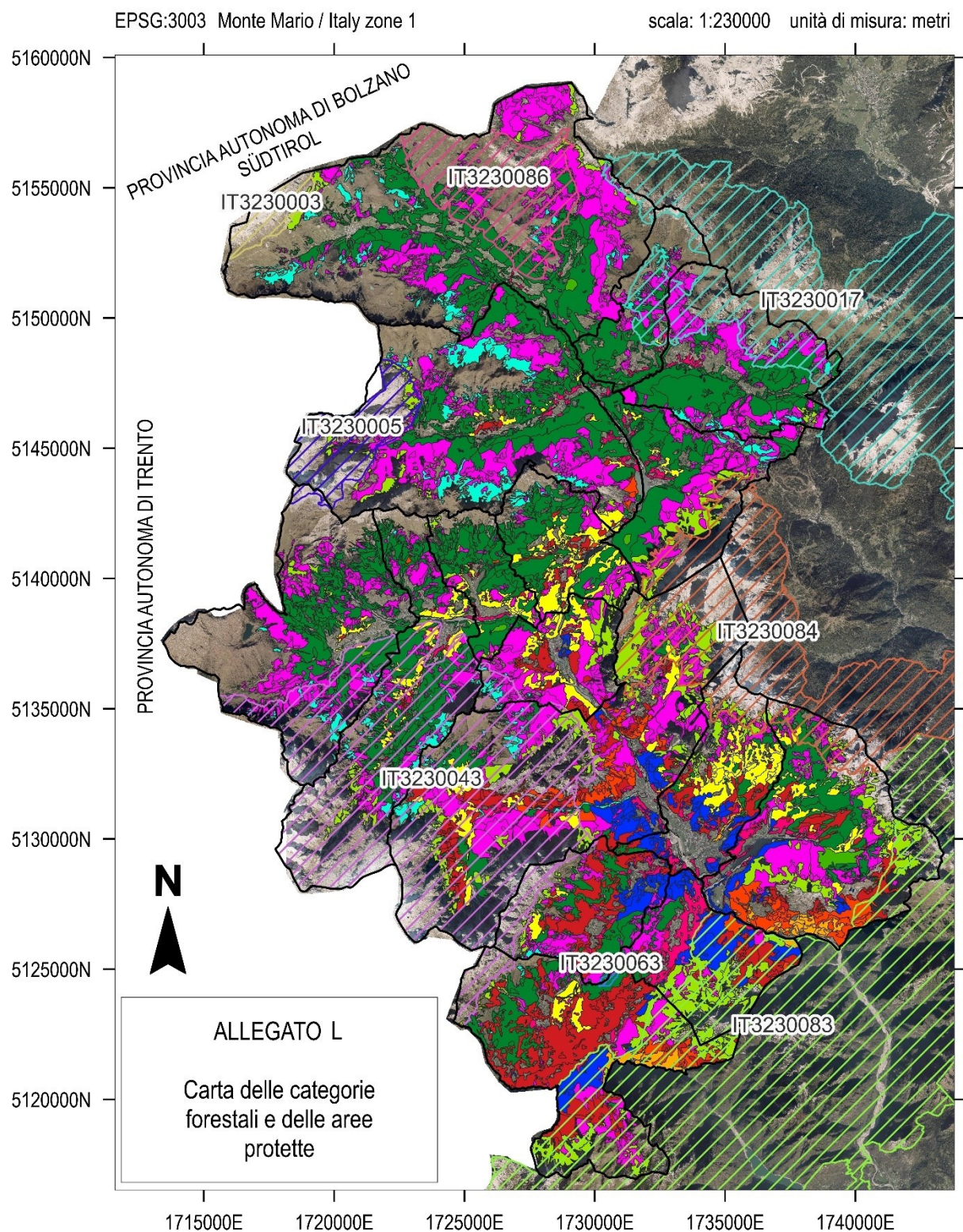
Peccete

Piceo-faggeti

Lariceti e larici-cembreti



1. Livinallongo del Col di Lana
2. Colle Santa Lucia
3. Selva di Cadore
4. Rocca Pietore
5. Alleghe
6. San Tomaso Agordino
7. Vallada Agordina
8. Canale d'Agordo
9. Falcade
10. Cencenighe Agordino
11. Taibon Agordino
12. Agordo
13. La Valle Agordina
14. Rivamonte Agordino
15. Voltago Agordino
16. Gosaldo



Legenda

Limiti amministrativi

Categorie forestali

- Aceri-frassineti e aceri-tiglieti
- Orno-ostrieti e ostrio-querzeti
- Formazioni antropogene
- Saliceti e altre formazioni riparie
- Pinete di pino silvestre

Alnete

Mughete

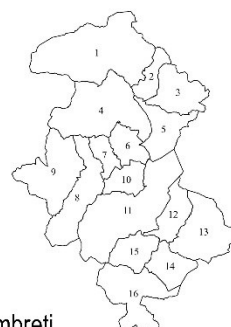
Faggete

Abieteti

Peccete

Piceo-faggeti

Lariceti e larici-cembreti



1. Livinallongo del Col di Lana
2. Colle Santa Lucia
3. Selva di Cadore
4. Rocca Pietore
5. Alleghe
6. San Tomaso Agordino
7. Vallada Agordina
8. Canale d'Agordo
9. Falcade
10. Cencenighe Agordino
11. Taibon Agordino
12. Agordo
13. La Valle Agordina
14. Rivamonte Agordino
15. Voltago Agordino
16. Gosaldo

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Prof. Grigolato e il Dott. Marchi per la collaborazione instaurata, che ha portato alla realizzazione di questa tesi. Un ringraziamento al Dott. For. Orazio Andrich per i testi del Bortoli che mi ha prestato. Ringrazio Loris De Col, responsabile dell'Ufficio Tecnico dell'Unione Montana Agordina, per i riferimenti legislativi in materia di viabilità forestale che mi ha indicato.

A tutti gli amici che ho conosciuto durante questa magistrale, ripenserò a questi due anni con un pizzico di nostalgia ricordando quanto ci siamo divertiti... non poteva capitarci annata migliore!

Agli amici con cui vado in montagna, grazie per la leggerezza che avete portato durante gli ultimi mesi di università!

Ai miei genitori e a mia sorella, grazie.