

La protezione dei boschi secondo RockTheAlps: *manuale operativo*



ROCKtheALPS

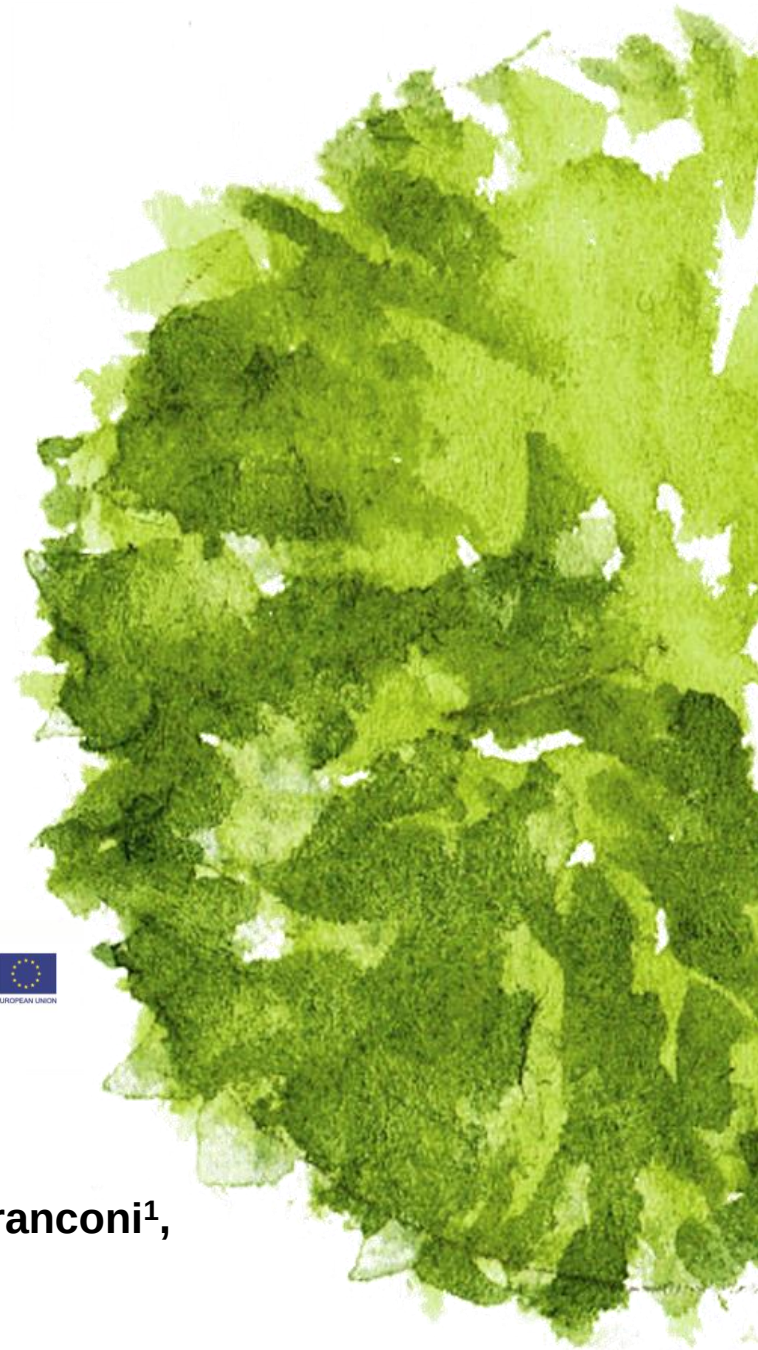
Alpine Forests are Rock Stars!



**Paolo Frattini¹, Giovanni Crosta¹, Camilla Lanfranconi¹,
Gianluca Sala¹, Bruna Comini²**

¹Università degli Studi di Milano - Bicocca

²ERSAF Lombardia



I BOSCHI DI PROTEZIONE

Con il termine **bosco di protezione** ci si riferisce alla superficie boscata che, per la propria speciale ubicazione, svolge una funzione di protezione diretta di persone, beni e infrastrutture da pericoli naturali tra i quali la caduta massi, impedendone o mitigandone l'effetto. Le foreste sono infatti in grado di: (i) ridurre l'intensità dei bocchi in frana a seguito di impatti con gli alberi, (ii) ridurre la probabilità di propagazione e quindi (iii) la frequenza di occorrenza per un dato elemento a rischio.

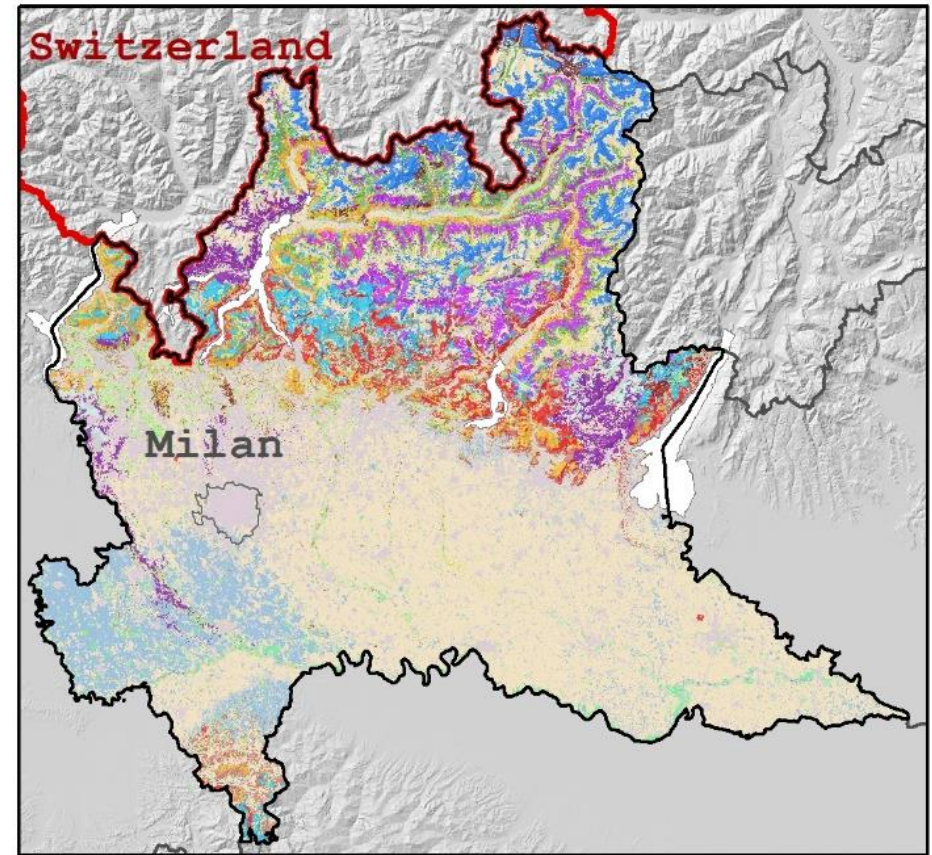
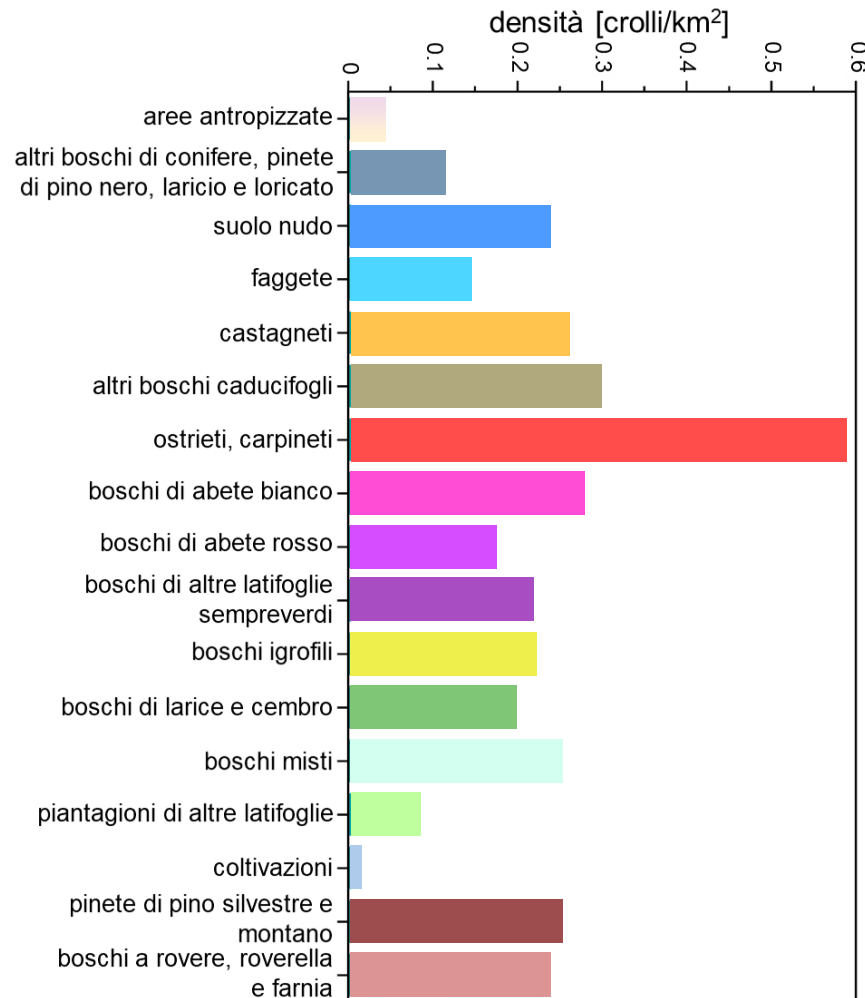
La valutazione dell'efficienza del bosco e il suo possibile impiego come **opere di difesa passiva** sono temi attuali, soprattutto in quelle zone alpine dove l'installazione di strutture artificiali per la mitigazione del rischio risulta di difficile applicazione o non sostenibile economicamente; in alcuni casi, il livello di protezione offerto dalle foreste è infatti in grado di rendere non necessaria l'adozione complementare di misure di protezione di tipo ingegneristico.

Dallo studio effettuato dall'Università degli Studi di Milano - Bicocca sono emerse le **categorie forestali più interessate da eventi di crollo**, è stato quantificato il loro **effetto di protezione** sia con un approccio empirico sia con un approccio modellistico; sono stati definiti, tramite un'analisi parametrica, i **parametri** che concorrono maggiormente all'effettivo ruolo di protezione svolto dalle foreste (individuando quindi le categorie forestali più efficienti durante gli eventi di caduta massi) e sono stati individuati i **volumi attesi** specifici delle litologie presenti in Lombardia; sono state realizzate delle **carte tematiche** dei boschi di protezione dalla caduta massi e dalle valanghe e, in ultimo, sono stati analizzati gli effetti degli **incendi**.



CADUTA MASSI: LE CATEGORIE FORESTALI PIÙ COLPITE

Le tipologie forestali presenti sul territorio lombardo sono state riclassificate in macro-categorie unendo la carta dei tipi forestali fornita da Regione Lombardia, quella dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio (INFC) e quella Corine Land Cover (CLC 2012):



La carta delle categorie forestali così ottenuta è stata incrociata con gli eventi di caduta massi presenti nell'inventario GeoIFFI di Regione Lombardia, implementato dall'Università di Milano – Bicocca, riuscendo così ad individuare le categorie più interessate da questi eventi franosi, tra le quali quella degli **ostrieti e carpineti** ha la maggiore densità di crolli.

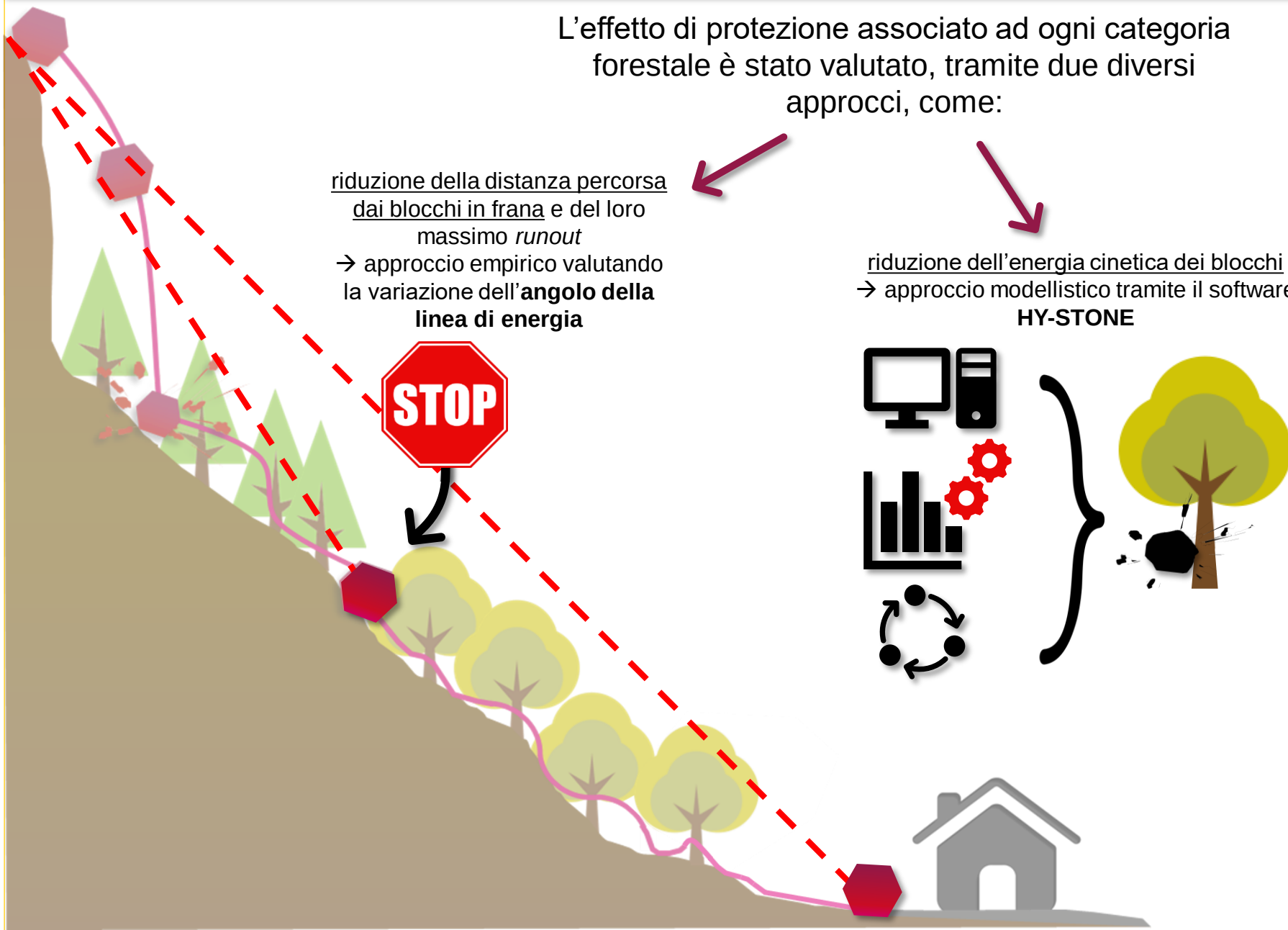


CADUTA MASSI: VALUTAZIONE DELL'EFFETTO DI PROTEZIONE

L'effetto di protezione associato ad ogni categoria forestale è stato valutato, tramite due diversi approcci, come:

riduzione della distanza percorsa dai blocchi in frana e del loro massimo *runout*
→ approccio empirico valutando la variazione dell'**angolo della linea di energia**

riduzione dell'energia cinetica dei blocchi
→ approccio modellistico tramite il software **HY-STONE**



CADUTA MASSI: VARIAZIONE DELL'ANGOLO DELLA LINEA DI ENERGIA

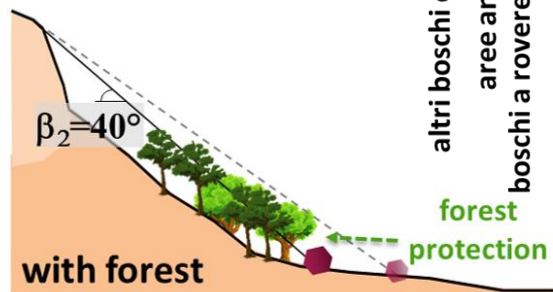
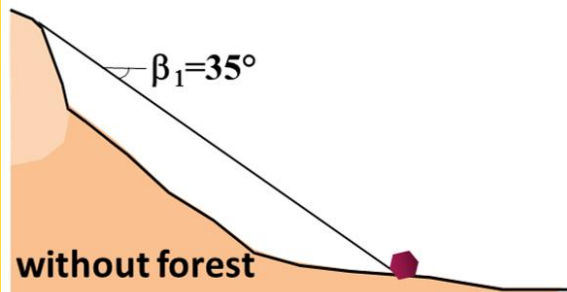
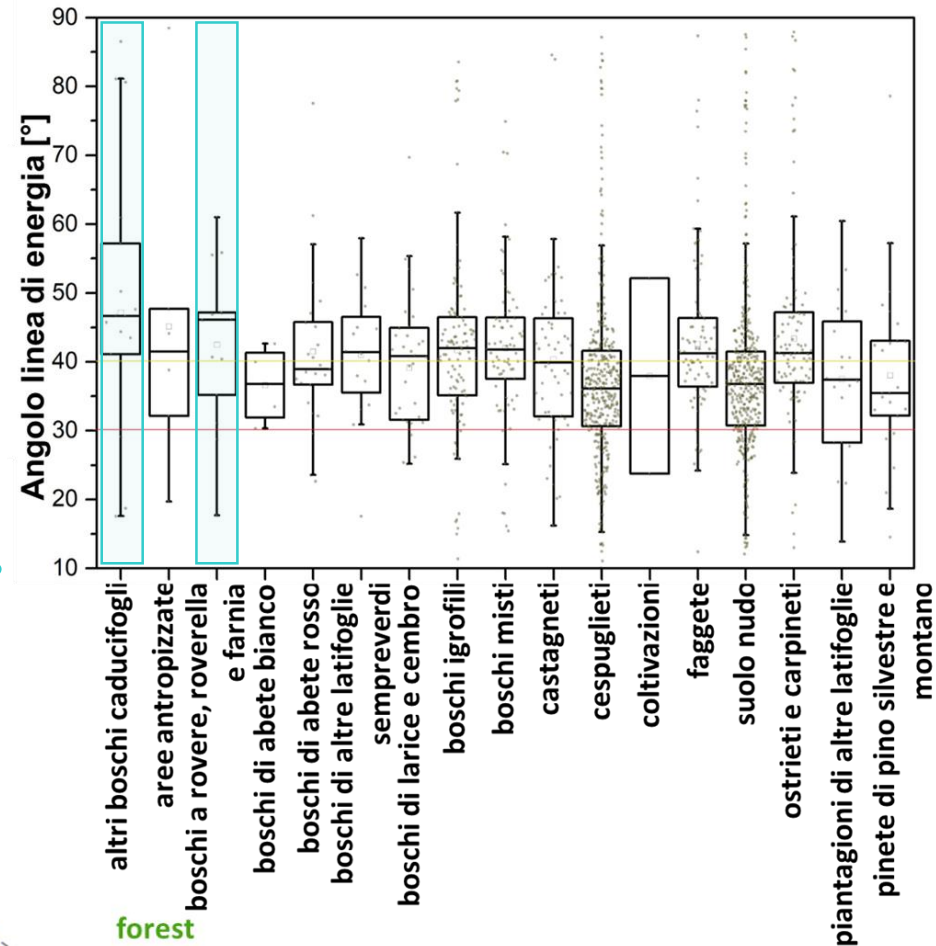
Tramite lo studio della relazione che lega la linea di energia alle categorie forestali, è possibile fare una prima valutazione dell'effetto di protezione. Con il termine **linea di energia** si identifica l'angolo tra una linea teorica orizzontale e la linea che collega il punto sorgente con il punto in cui il blocco, che ha percorso la distanza maggiore, si è fermato:

$$\text{linea di energia} = \arccos \frac{\text{distanza reale}}{\text{distanza in pianta}}$$

⚠ *Tanto maggiore è l'angolo della linea di energia, tanto maggiore è l'effetto di riduzione della massima distanza percorsa dai blocchi*



Le categorie forestali che permettono un maggiore smorzamento della distanza secondo questo **approccio empirico** sono gli **altri boschi caducifogli** e i **boschi a rovere, roverella e farnia**.



CADUTA MASSI: ANALISI PARAMETRICA E RIDUZIONE DELL'ENERGIA CINETICA

La quantificazione dell'effetto protettivo di ogni categoria forestale è stato studiato tramite un **approccio modellistico**, simulando degli scenari di caduta massi con il software sviluppato dall'Università degli Studi di Milano–Bicocca **HY-STONE**, per valutare la riduzione dell'energia cinetica dei blocchi a seguito degli **impatti** con gli alberi.

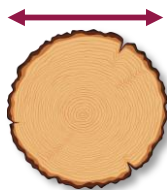
I parametri di sito che determinano maggiormente la capacità di protezione sono sia legati alle singole **categorie forestali**, sia ad alcuni **parametri forestali**, sia alla **morfologia del versante** che alla **litologia** dei blocchi in frana:



Parametri forestali

1. DBH

minimo
medio
massimo



2. Densità forestale

Bassa

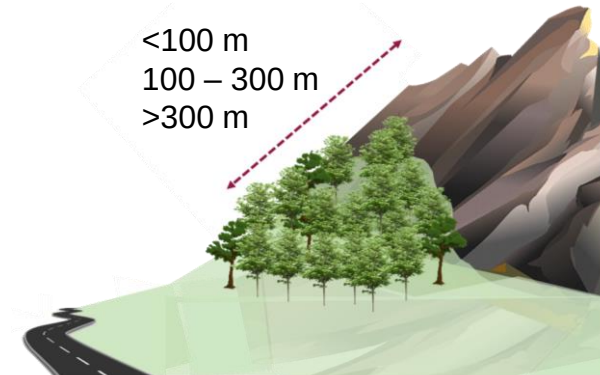
Media

Alta



3. Lunghezza del bosco

<100 m
100 – 300 m
>300 m



4. Posizione del bosco rispetto alla sorgente del crollo

prossimale

mediana

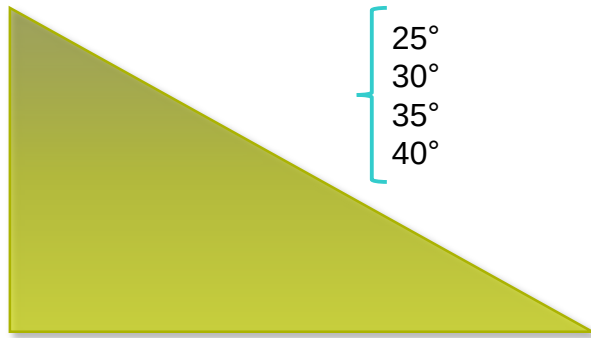
distale



CADUTA MASSI: ANALISI PARAMETRICA E RIDUZIONE DELL'ENERGIA CINETICA

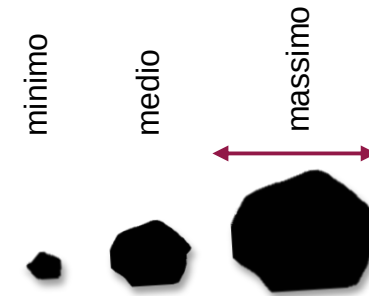
Parametri morfologici

5. Inclinazione del versante



Parametri litologici

6. Diametro del blocco



Risultati (1/2)

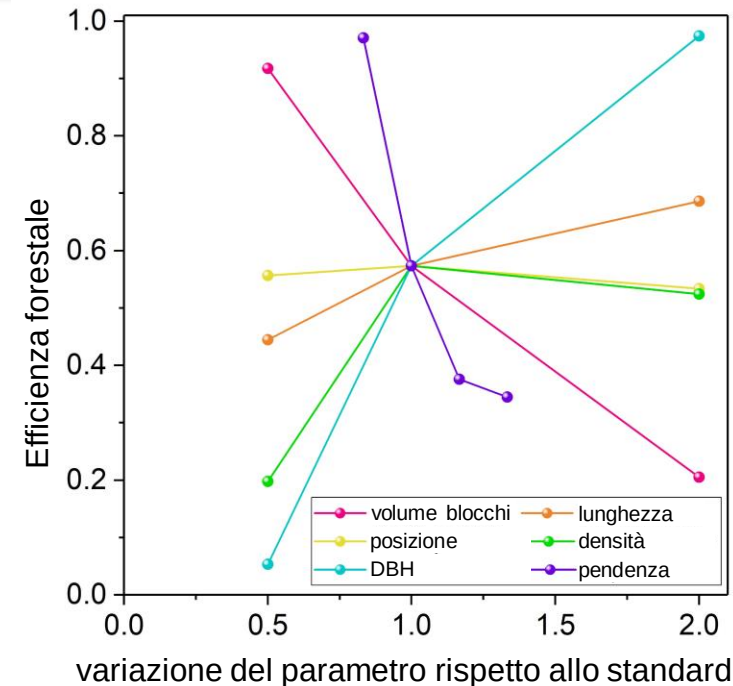
Tra i **parametri** forestali, morfologici e litologici analizzati i più influenti sono risultati:

- il **diametro** e quindi il volume dei blocchi
 - l'**inclinazione** del versante

*all'aumentare del valore, l'efficienza del bosco di protezione **diminuisce***

- il **DBH** delle piante
- la **densità** forestale

*all'aumentare del valore, l'efficienza del bosco di protezione **aumenta***



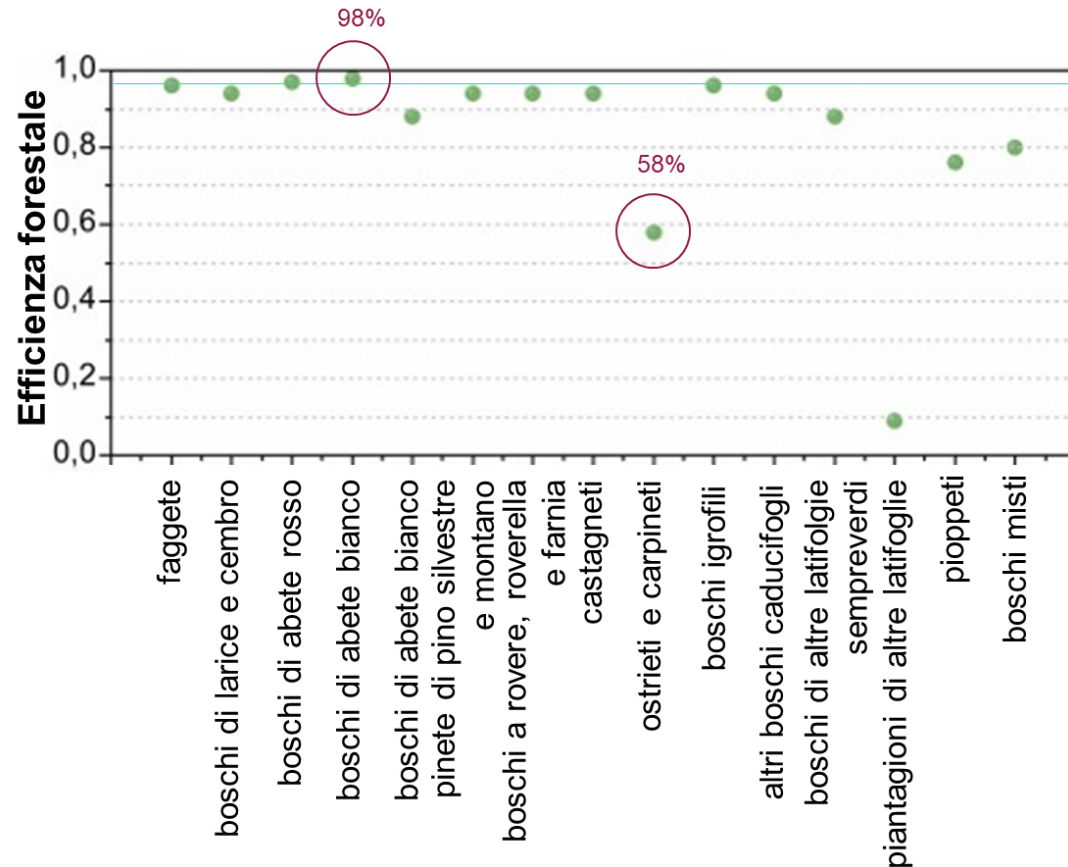
CADUTA MASSI: ANALISI PARAMETRICA E RIDUZIONE DELL'ENERGIA CINETICA

Risultati (2/2)

Tra le **categorie forestali** analizzate la più resistente e quindi in grado di ridurre maggiormente le energie cinetiche dei blocchi in frana è risultata quella delle **boschi di abete bianco**



La categoria invece intermedia come efficienza forestale è risultata quella degli **ostrieti e carpineti**

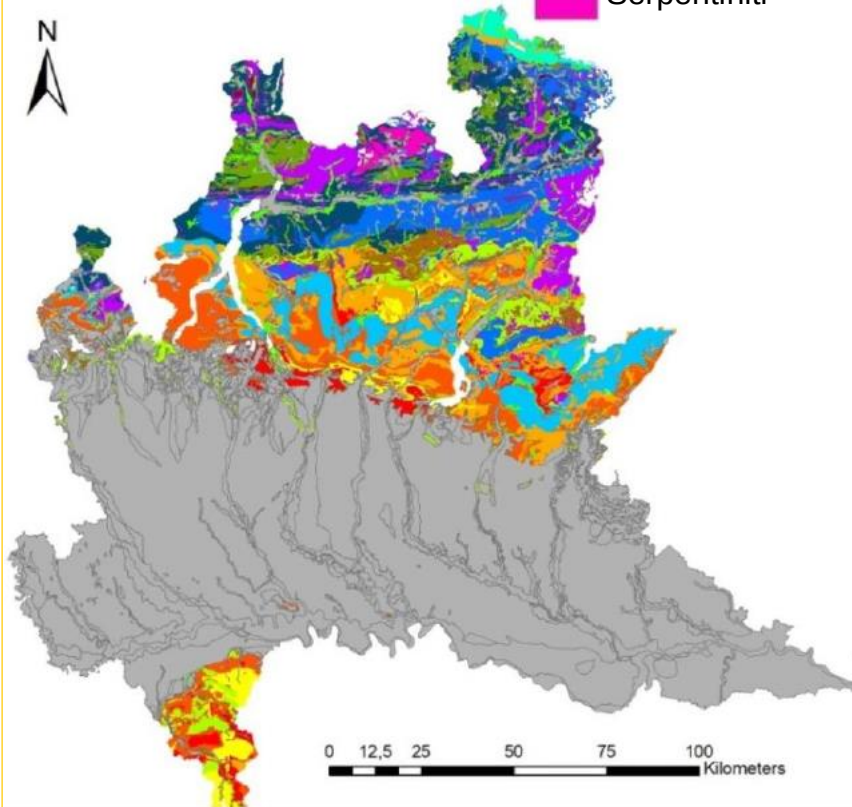


Il risultato ottenuto da questa analisi definisce i *boschi di abete bianco* come categoria forestale più efficiente in termini di protezione dalla caduta massi, in contrasto con l'analisi precedente della linea di energia dalla quale risultavano più efficienti le categorie *altri boschi caducifogli* e *boschi a rovere, roverella e farnia*. Questa contraddizione tra conifere e latifoglie si spiega con l'incertezza relativa alle caratteristiche dei boschi e alle loro diverse posizioni in cataloghi DUSAF differenti, e con la qualità dei dati disponibili, in quanto gli eventi di caduta massi riportati dalle cronache si riferiscono in maggioranza a crolli che hanno coinvolto edifici o infrastrutture, solitamente a quote inferiori e popolate da latifoglie.

CADUTA MASSI: VOLUMI ATTESI

Le litologie presenti in Lombardia sono state riclassificate in 12 macro-classi:

 Arenarie	 Filladi
 Argilliti e marne	 Granitoidi
 Calcari	 Marmi
 Calcari stratificati	 Mix
 Conglomerati	 Ortogneiss
 Detriti	 Paragneiss
 Dolomia Principale	 Quarziti
 Dolomie	 Quaternario
	 Serpentiniti



In base alla classe litologica di appartenenza, è possibile associare ad ogni sorgente di crollo delle stime di volumi di blocchi attesi, in particolare i volumi associati al 5° percentile della loro distribuzione:

litologia	volume del blocco associato al 5° percentile [m³]
Dolomia Principale	0.34
calcari stratificati	0.57
paragneiss	0.57
filladi	0.61
calcari	0.95
conglomerati	1.03
arenarie	1.11
serpentiniti	1.12
dolomie	1.13
marmi	1.13
granitoidi	1.74
ortogneiss	2.27

Il 95% dei blocchi in frana avrà quindi un volume **inferiore** a quello indicato in tabella

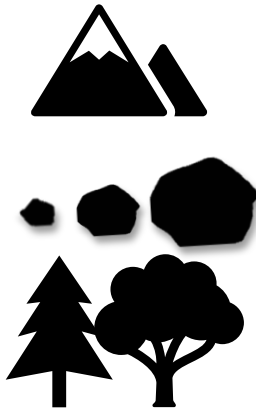
CADUTA MASSI: RACCOLTA DATI E SCHEDA SPEDITIVA

Il ruolo del *tecnico forestale* è di fondamentale importanza soprattutto circa la raccolta dei dati e delle informazioni degli avvenimenti di crollo: le difficoltà di reperimento di informazioni dettagliate e precise dai dati bibliografici e di archivio rappresentano, infatti, un ostacolo alla ricerca scientifica: la **posizione** e le **caratteristiche dell'evento** sono informazioni indispensabili per lo studio della caduta massi, per il raggiungimento di stime sempre più precise dell'efficienza forestale e per lo studio della pericolosità.

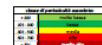


In particolare sarà importante raccogliere i dati relativi a:

- posizione delle **sorgenti** di crollo
- i **volumi** coinvolti
- i parametri **forestali**



utilizzo della **Scheda speditiva di valutazione della pericolosità a scala di versante**

[illegible]

livello di indagine	sotto-livello di indagine	macro-categorie	peso categoria		categorie	peso classe	classe	punteggi parziali
I	I	silent witness di eventi di crollo pregressi	10		presenza di blocchi nell'area di saggio	0	no	0
			10			5	<10 [n° blocchi/400 m²]	
			10			10	>10 [n° blocchi/400 m²]	
			6			0	no blocchi	
			6			3	2R < 0.5 m	
			6			6	0.5 < 2R < 1.5 m	
			6			10	2R > 1.5 m	
			6			0		
			5			0	no	
			5			10	sì	
II	II	versante	10		cicatridi su alberi / presenza di corridoi nella foresta	0	no	0
			10			10	sì / eventi storici	
			10			0	no	
			10			10		
			10			10		
			10			10		
			10			10		
			10			10		
			10			10		
			10			10		
III	III	parete rocciosa	6		grado di fratturazione	3	basso	0
			6			6	medio	
			6			10	alto	
			6					
			6					
			6					
			6					
			6					
			6					
			6					
IV	IV	bosco	3		lunghezza a monte dell'elemento a rischio	0	no bosco	0
			3			-3	<100 m	
			3			-6	100 - 300 m	
			3			-10	>300 m	
			3					
			3					
			3					
			3					
			3					
			3					
V	V	opere esistenti	4		densità	0	no bosco	0
			4			-5	< 2.5 alberi in un quadrato di 5x5 m	
			4			-10	> 2.5 alberi in un quadrato di 5x5 m	
			4					
			4					
			4					
			4					
			4					
			4					
			4					
VI	VI	opere esistenti	4		rapporto tra la dimensione modale dei diametri dei tronchi DBH e la dimensione modale del diametro dei blocchi	0	no bosco	0
			4			-5	meno della metà	
			4			-10	più della metà	
			4					
			4					
			4					
			4					
			4					
			4					
			4					
VII	VII	opere esistenti	4		cono d'ombra del blocco estremo (più a valle) = stima efficienza bosco	0	<27°	0
			4			-5	27° - 33°	
			4			-10	>33° [presenza di foresta]	
			4					
			4					
			4					
			4					
			4					
			4					
			4					
punteggio totale								0

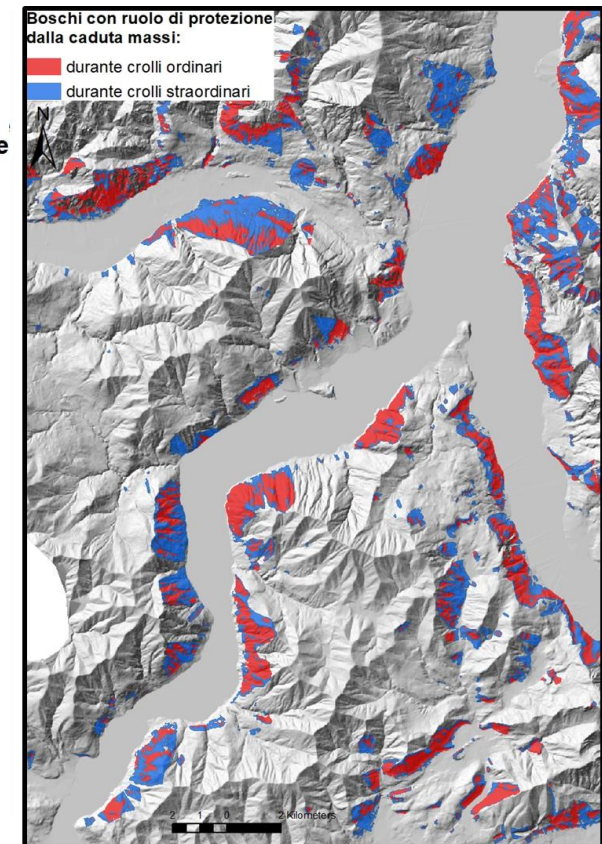
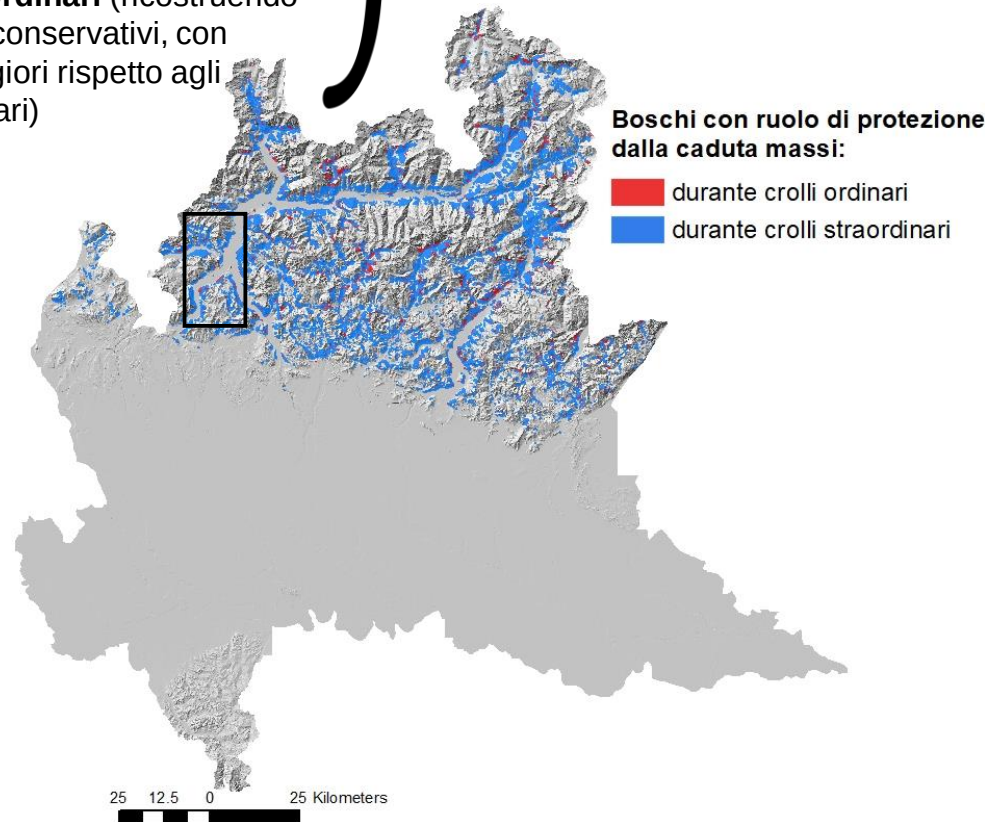
classe di pericolosità associata:	
< 100	molto bassa
100 - 300	bassa
300 - 500	media
500 - 700	alta
> 700	media alta

CARTA DEI BOSCHI DI PROTEZIONE PER LA CADUTA MASSI

È stata realizzata una carta dei boschi di protezione dalla caduta massi, che permette così di quantificare la superficie boscata con effettivo ruolo di protezione per ferrovie, strade e centri abitati, in grado di deviare e stoppare le traiettorie dei blocchi in frana. L'area lombarda occupata dai boschi di protezione rappresentati nella carta risultante, è stata suddivisa in:

- **boschi con ruolo di protezione durante eventi di crollo ordinari** (ottenuti a seguito di simulazioni di crollo a scala regionale, calibrate su 25 eventi reali)
- **boschi che svolgono ruolo di protezione durante eventi di crollo straordinari** (ricostruendo scenari più conservativi, con *runout* maggiori rispetto agli eventi ordinari)

entrambe le categorie di boschi sono state ottenute a partire da simulazioni di caduta massi effettuate con il software dell'Università degli Studi di Milano – Bicocca **HY-STONE**



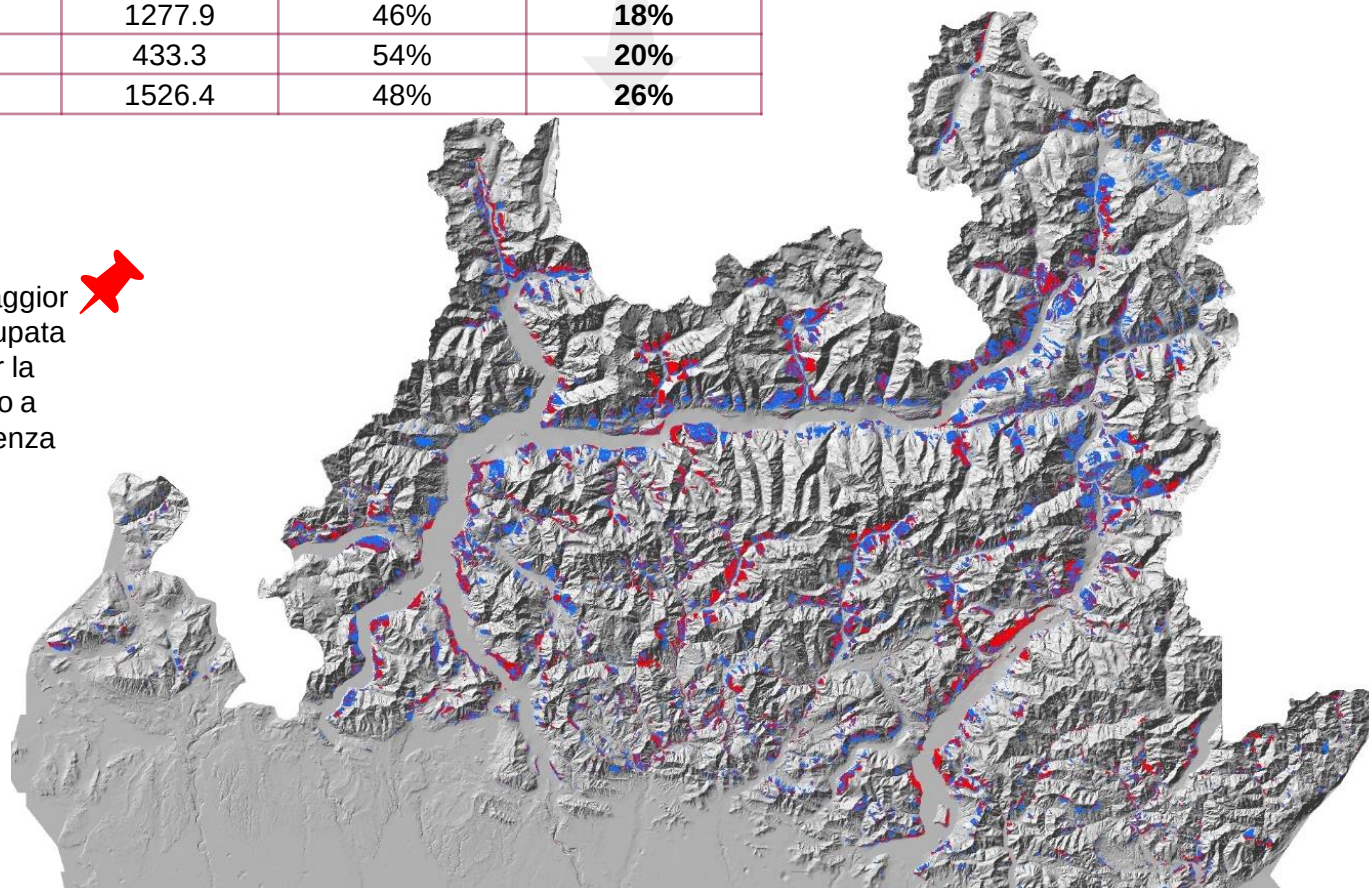
CARTA DEI BOSCHI DI PROTEZIONE PER LA CADUTA MASSI

Rispetto alla superficie totale della Lombardia, la superficie boscata occupa il 46% del totale, e di questa il **17%** è occupata dai boschi che svolgono un servizio di protezione per la caduta massi.

<i>provincia</i>	superficie _{tot} provinciale [km ²]	superficie boscata [km ²]	% di bosco su superficie _{tot} provinciale	% di bosco costituente i boschi di protezione
VARESE	1201.5	579.7	48%	2%
COMO	1280.1	717.1	56%	11%
BRESCIA	4780.7	1943.6	41%	14%
BERGAMO	2758.7	1277.9	46%	18%
LECCO	802.6	433.3	54%	20%
SONDRIO	3197.6	1526.4	48%	26%



Sondrio è la provincia con maggior percentuale di superficie occupata da boschi di protezione per la caduta massi (26%) rispetto a quella occupata da boschi senza ruolo di protezione.

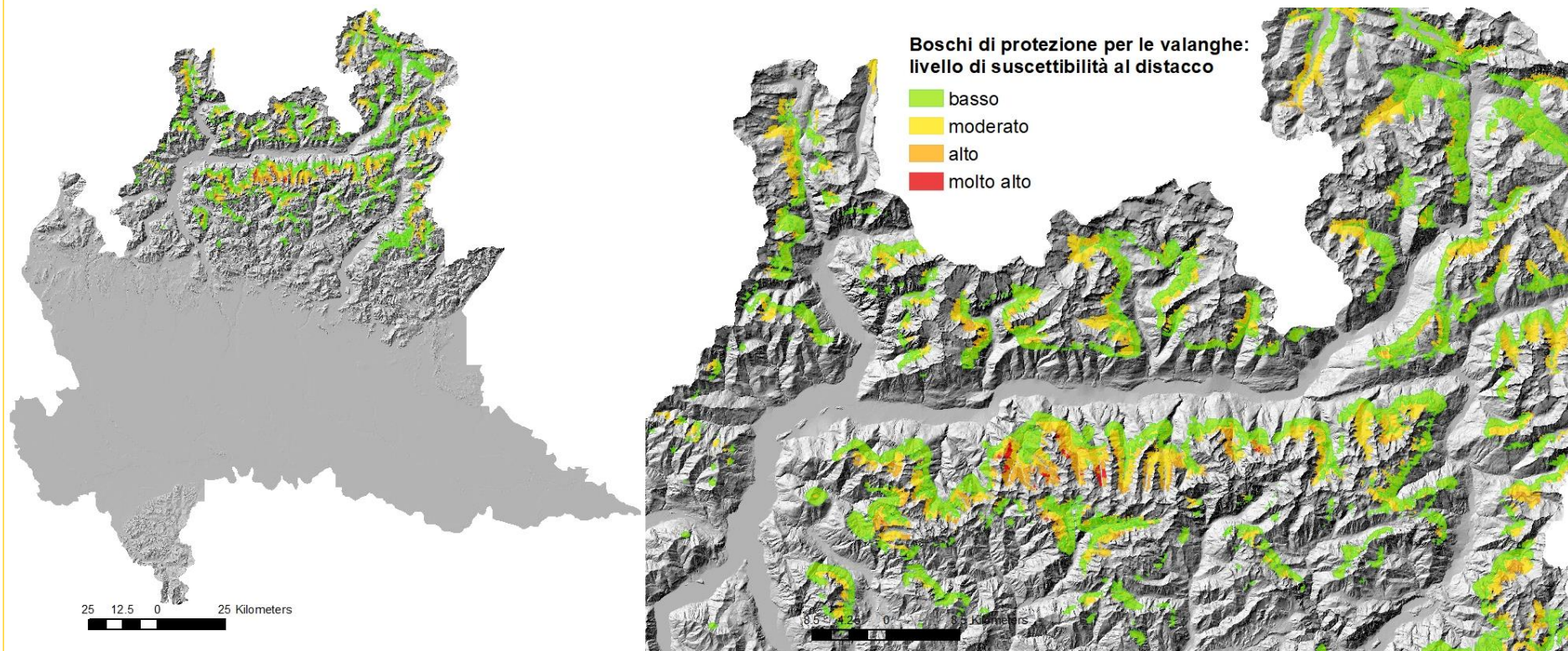


CARTA DEI BOSCHI DI PROTEZIONE PER LE VALANGHE

È stata realizzata una carta dei boschi di protezione e mitigazione dalle valanghe, che permette così di quantificare la superficie boscata con effettivo ruolo di protezione in un'ottica di salvaguardia futura delle foreste, per mitigare i possibili distacchi riducendone la probabilità di innesco.

Per individuare le aree suscettibili a distacco sono state analizzate: la **pendenza** del terreno, le **temperature** medie mensili e le **precipitazioni** medie mensili, assegnando un punteggio specifico ad ognuno di questi parametri e riuscendo così a determinarne l'indice di pericolosità.

la **Carta dei boschi di protezione per le valanghe** rappresenta le zone boscate presenti in aree di probabile distacco, indicando un livello di suscettibilità al distacco pari a: *basso*, *moderato*, *alto* e *molto alto*.

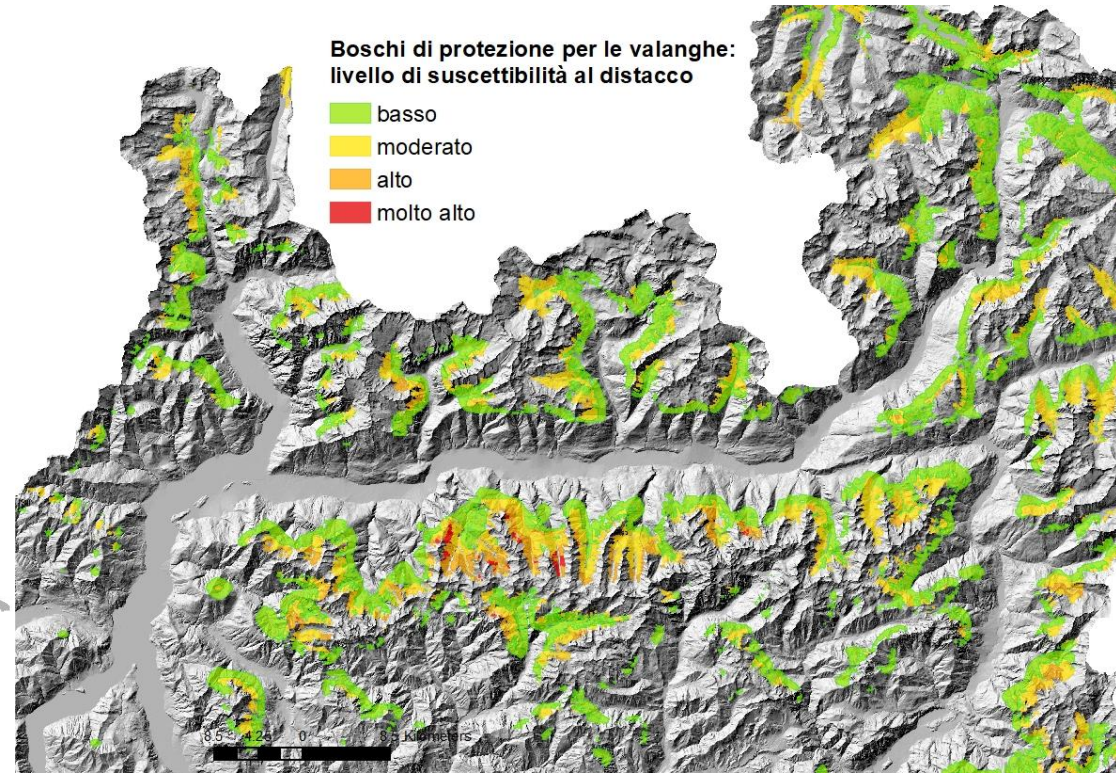
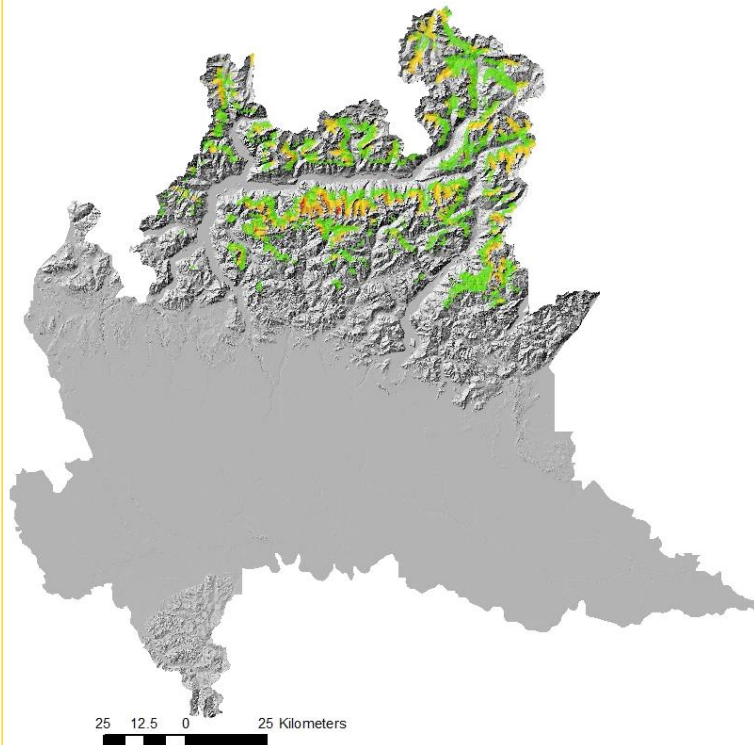


CARTA DEI BOSCHI DI PROTEZIONE PER LE VALANGHE

Rispetto alla superficie totale della Lombardia, la superficie boscata occupa il 46% del totale, e di questa il **16%** è occupata dai boschi che svolgono un servizio di protezione e mitigazione del rischio valanghe.

provincia	superficie _{tot} provinciale [km ²]	superficie boscata [km ²]	% di bosco su superficie _{tot} provinciale	% di bosco costituente i boschi di protezione
COMO	1280.2	717.1	56%	1%
BERGAMO	2758.7	1277.9	46%	7%
LECCO	802.6	433.3	54%	11%
BRESCIA	4780.7	1943.6	41%	13%
LOMBARDIA	12819.7	5898.3	46%	16%
SONDRIO	3197.6	1526.4	48%	37%

Sondrio è la provincia con maggior percentuale di superficie occupata da boschi di protezione per le valanghe (37%) rispetto a quella occupata da boschi senza ruolo di protezione.



INCENDI: VALUTAZIONE EFFETTI

Gli incendi hanno incidenza sia nei fenomeni di crollo stessi sia nel grado di protezione offerto dalle foreste.

Gli effetti degli incendi sono stati valutati con due approcci diversi:

come **riduzione dell'efficienza forestale**

come causa di **rimobilitazione dei blocchi** già presenti sul versante

1. Diminuzione dell'efficienza forestale

Per valutare il ruolo degli incendi boschivi e la loro incidenza nei fenomeni di crollo e nel grado di protezione delle foreste sono state eseguite delle simulazioni di caduta massi (tramite HY-STONE), in cui gli incendi sono stati simulati introducendo aree a densità forestale nulla all'interno della porzione boscata del versante:

- in posizione prossimale
 - in posizione distale
- } rispetto alla sorgente del crollo

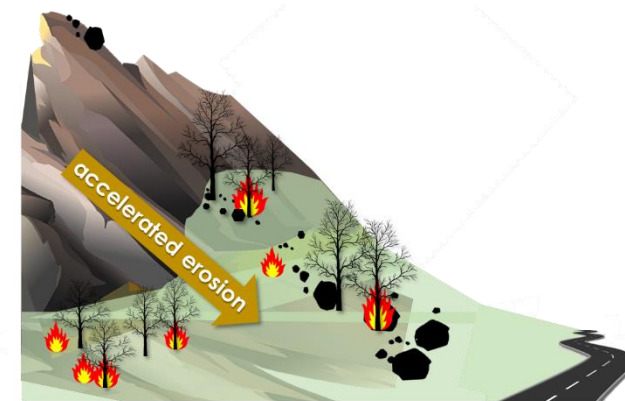


 In tutti gli scenari di bosco simulati, l'occorrenza di incendi nella zona più **prossimale** alla parete è risultata essere la più **dannosa** per quanto riguarda l'efficienza forestale: l'assenza di alberi equivale a una diminuzione di ostacoli durante la discesa verso valle dei blocchi in frana, determinando così un aumento delle energie cinetiche di questi, che non riescono più ad essere trattenuti e/o arrestati dalla porzione di bosco residua (nella zona più distale rispetto alla parete).

2. Rimobilitazione dei blocchi

Tra gli effetti degli incendi boschivi rientrano anche:

- la destabilizzazione e **rimobilitazione** dei blocchi precedentemente arrestatesi all'interno del bosco
- i possibili **distacchi di nuovo materiale** dalla parete rocciosa
- l'aumento **dell'erosione del suolo**



tra i tre scenari di incendio valutati (incendio dell'intera foresta, incendio della porzione di bosco prossimale alla parete e incendio della porzione di bosco distale) il **peggiore** è risultato quello di incendio dell'**intero** bosco, seguito dallo scenario di incendio dell'area più **distale**, in quanto la rimobilitazione interessa i blocchi dalle volumetrie maggiori che, non incontrando ostacoli, possono raggiungere gli elementi a rischio posti al di sotto del versante boscato. 



CONCLUSIONI

Le ricerche effettuate durante il progetto **ROCKTHEALPS** hanno permesso la realizzazione di due carte tematiche, relative ai boschi che svolgono ruolo di protezione durante la caduta massi e ai boschi che svolgono ruolo di protezione e mitigazione dalle valanghe, e lo studio approfondito degli effetti legati alla presenza dei boschi di protezione durante questi eventi, introducendo il concetto di *efficienza forestale* come riduzione delle energie cinetiche dei blocchi in frana.

- ❖ Le categorie forestali più colpite dai fenomeni di caduta massi e che quindi svolgono un importante ruolo di difesa sono gli **ostrieti e carpineti**, gli **altri boschi caducifogli** e i **boschi di abete bianco**.
- ❖ Analizzando l'effetto di protezione offerto dai boschi tramite l'approccio empirico della linea di energia, le categorie forestali che permettono una maggiore riduzione del massimo *runout* sono gli **altri boschi caducifogli** e i **boschi a rovere, roverella e farnia**.
- ❖ Analizzando invece l'effetto di protezione tramite l'approccio modellistico di HY-STONE, la categoria forestale più resistente è quella dei **boschi di abete bianco**.
- ❖ A partire da questi due risultati apparentemente contrastanti in termini di *latifoglie VS conifere*, è stata effettuata una seconda analisi, parametrica: in aggiunta allo studio dell'efficienza forestale delle singole categorie, sono stati analizzati i parametri forestali, morfologici e litologici che più determinano la pericolosità degli eventi di caduta massi, e i più influenti sono risultati il **diametro** dei blocchi, l'**inclinazione** del versante, il **DBH** delle piante e la **densità** forestale.
- ❖ Le classi litologiche a cui sono associati i volumi attesi maggiori sono gli **ortogneiss** e i **granitoidi**.
- ❖ Come supporto all'attività di raccolta dati e allo studio della pericolosità, si propone l'utilizzo della *Scheda speditiva di valutazione della pericolosità a scala di versante*.
- ❖ In caso di incendi, il danneggiamento dei boschi di protezione avrà come effetti: la riduzione dell'efficienza forestale (particolarmente elevata in caso di incendio della zona di bosco più prossima alla parete) e la rimobilitazione dei blocchi già presenti sul versante (particolarmente dannosa in caso di incendio dell'intero bosco o della sua area più distale rispetto alla parete).