



ALLEGATO A

Regione del Veneto. Direzione Difesa del Suolo e della Costa – U.O. Servizio Geologico e Attività Estrattive.

LINEE GUIDA PER L'AGGIORNAMENTO E RIDEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA VALANGA DEI PIANI STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) DELL'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELLE ALPI ORIENTALI PRESENTI NEL TERRITORIO REGIONALE.



Indice

1. Premesse.....	3
2. La pericolosità da valanga nei PAI.....	3
2.1. Criteri per la perimetrazione e classificazione della pericolosità da valanga.....	5
2.2. Procedure per l'aggiornamento della pericolosità nei PAI.	7
3. Schema metodologico dello studio per l'aggiornamento e ridefinizione della pericolosità da valanga.....	8
3.1. Obiettivo dello studio.	8
3.2. Inquadramento Geografico.	9
3.3. Assetto Geologico e Geomorfologico dell'area di studio.	10
3.4. Analisi storica del sito valanghivo.....	11
3.5. Definizione delle aree di distacco delle valanghe.	11
3.6. Nivometeorologia.....	14
3.7. Altezza di distacco.	15
3.8. Modellazione matematica.	16
4. Perimetrazione e classificazione della pericolosità.....	17
4.1. Zona a pericolosità molto elevata – P4.	18
4.2. Zona a pericolosità elevata - P3.....	19
4.3. Zona a pericolosità media - P2.	19
4.4. Zona a pericolosità moderata - P1.	20
5. Considerazioni conclusive.	21
Bibliografia	25



1. Premesse.

Come previsto dal Testo Unico in materia ambientale, D.lgs. 152/2006 il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) contiene una valutazione delle condizioni di pericolosità idraulica, geologica e valanghiva del territorio, attraverso la perimetrazione delle aree interessate dai fenomeni naturali e l'attribuzione di classi di pericolosità. Il PAI costituisce un sistema di riferimento organico di conoscenze e di norme attraverso le quali persegue gli obiettivi generali di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico, al fine di consentire una pianificazione adeguata e compatibile rispetto ai fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

Il presente documento, linee guida per l'aggiornamento e ridefinizione della pericolosità da valanga dei Piani stralcio di Assetto Idrogeologico, nasce dall'esigenza di indicare ai soggetti pubblici e privati i contenuti tecnici necessari per aggiornare la pericolosità da valanga nei PAI che interessano il territorio regionale, secondo le procedure rappresentate nell'art. 6 delle Norme di Attuazione dei PAI nel Distretto delle Alpi Orientali (Pai 4 bacini, 2014; Pai Livenza, 2017; Pai Adige, 2019).

Fin dall'entrata in vigore dei PAI, la disciplina del citato art. 6 è stata utilizzata numerose volte per l'aggiornamento della pericolosità geologica e idraulica e nel tempo gli approcci metodologici per la valutazione della pericolosità a scala di sito specifico, sono stati affinati e sono consolidati. In tale contesto è emersa la necessità di individuare un percorso metodologico anche per la valutazione della pericolosità da valanga, soprattutto per quanto riguarda la pericolosità residua conseguente alla progettazione e realizzazione di opere di mitigazione.

2. La pericolosità da valanga nei PAI.

La metodologia per l'individuazione e classificazione delle aree sottoposte a pericolo da valanga è imperniata sui contenuti della Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (di seguito CLPV) e su alcune relazioni assimilabili in linea tecnica ai Piani di Zone Esposte a Valanga (di seguito PZEV). Quest'ultimi sono degli studi specifici a scala locale finalizzati alla progettazione delle opere di mitigazione, in quanto gli eventi valanghivi occorsi nel passato hanno coinvolto/lambito nuclei abitati o importanti infrastrutture viarie.

La CLPV è stata redatta dalle Regioni e dalle Province Autonome dell'arco alpino su coordinamento dell'Associazione Interregionale Neve e Valanghe (AINEVA) a partire dal 1983. La CLPV ha il notevole pregio di coprire tutto il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali, inoltre la regia svolta da AINEVA nella fase di redazio-



ne da parte delle Amministrazioni Regionali e Provinciali, ha dato origine ad una cartografia omogenea sia per i contenuti che per la veste grafica.

La CLPV è una carta tematica di base, su cartografia in scala 1:25.000 (successivamente trasferita in scala 1:10.000 su base Carta Tecnica Regionale), che riporta i siti valanghivi individuati attraverso la raccolta di informazioni storiche e di inchiesta sul territorio o attraverso la fotointerpretazione. Si tratta pertanto di una carta che riporta solamente le zone soggette a caduta valanghe, ma non dà indicazione sulle caratteristiche dinamiche (pressione del fronte di valanga) e di frequenza dei singoli eventi (tempo di ritorno/frequenza di accadimento).

Va ricordato pertanto che la cartografia non dà alcuna indicazione di tipo previsionale, cioè del grado di magnitudo e di frequenza, ma riporta la localizzazione di siti valanghivi interessati nel passato da eventi registrati e di quei siti che per caratteristiche geomorfologiche e di uso del suolo possono essere stati sede di fenomeni valanghivi.

Ancorché carente delle informazioni sulla dinamica e cinematica del processo valanghivo, la CLPV rappresenta comunque un valido documento informativo soprattutto perché consente un'acquisizione immediata e generalizzata della realtà valanghiva in un determinato contesto territoriale e presenta importanti punti di rispondenza con le linee guida tracciate nella normativa di riferimento per la redazione dei PAI. La CLPV riporta anche le opere di mitigazione installate sul territorio e gli impianti di risalita.

I tematismi riportati nella cartografia in colore arancione derivano da fotointerpretazione. Hanno lo scopo di riportare le tracce fisiche lasciate dalle valanghe e la propensione del territorio al verificarsi di fenomeni di valanga in funzione delle caratteristiche morfologiche (pendenza, esposizione, irregolarità topografiche, elementi vegetazionali). Tale approccio conoscitivo è previsto dal DPCM 29 settembre 1998, recante "atto di indirizzo e coordinamento concernente l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui ai commi 1 e 2 del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, con legge 3 agosto 1998, n. 267, quest'ultima conosciuta come legge Sarno.

I tematismi riportati nella cartografia di colore viola rappresentano i risultati dell'analisi storica, condotta attraverso la raccolta di testimonianze, di tutti i dati utili e in special modo sulla geometria della valanga.

In seguito alla convenzione – quadro stipulata in data 09.11.2005 tra ARPAV e l'ex Autorità di Bacino dei Fiumi dell'Alto Adriatico per lo svolgimento di attività conoscitive riguardanti temi di interesse comune quali la difesa del suolo, il risanamento e l'uso razionale



delle risorse idriche e la tutela degli aspetti ambientali, in data 22.12.2007 è stato sottoscritto fra le Parti medesime l' "Atto aggiuntivo" alla convenzione in argomento. L'Allegato 3 "Disciplinare tecnico" dell' "Atto aggiuntivo" ha affidato ad ARPAV la realizzazione di un Sistema Informativo Valanghe anche mediante l'informatizzazione delle Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe relative a 18 comuni della zona nord-orientale della Provincia di Belluno.

Nel periodo 2008-2018 ARPAV, nell'ambito della propria attività istituzionale con proprie risorse finanziarie e di personale, ha realizzato, attraverso alcuni stralci funzionali, il completamento del lavoro di informatizzazione della CLPV per tutto il territorio regionale veneto. Il lavoro di informatizzazione della CLPV ha previsto anche l'inserimento, utilizzando una campitura di colore verde, delle nuove valanghe verificatesi a partire dall'anno successivo alla realizzazione e stampa delle CLPV, permettendo così il puntuale aggiornamento della cartografia valanghe.

La Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia già nella fase di predisposizione del progetto di Piano ha messo a disposizione dell'Autorità di bacino il sistema informativo valanghe contenete tutti gli elementi dello standard CLPV georiferiti nel sistema cartografico regionale.

La Regione del Veneto, nell'ambito della predisposizione del Piano straordinario approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 8 del 10 novembre 1999, ai sensi del D.L. n. 180/98 convertito nella Legge n. 267/98 e successive modifiche ed integrazioni, ha proposto tra l'altro l'inserimento di n. 7 schede che rappresentavano le situazioni di maggiore rischio da valanga presenti nella regione. Tali schede erano state elaborate dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione dell'Ambiente del Veneto (ARPAV) attraverso il Centro Valanghe di Arabba e considerato lo specifico profilo tecnico delle relazioni il Comitato Tecnico, nella seduta del 09.07.2003, ha ritenuto di assimilarle a un Piano di Zone Esposte a Valanga, mantenendo le classi di pericolosità/rischio ad esse assegnate.

Le sopraccitate schede sono quindi state inserite nella cartografia che rappresenta la pericolosità da valanga nel Piano per l'Assetto Idrogeologico dei bacini dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione (PAI 4 bacini).

2.1. Criteri per la perimetrazione e classificazione della pericolosità da valanga.

Il limite dei siti valanghivi riportati nella CLPV costituisce di per sé la perimetrazione delle aree sottoposte a pericolo da valanga, siano essi elementi geometrici areali (valanghe in-



canalate e di versante) che lineari (scaricamenti lungo colatoi stretti). La combinazione dei due tematismi disponibili nella CLPV, permette una valutazione del livello di pericolosità presente in una determinata area. Attraverso tale operazione si possono individuare sostanzialmente due livelli di pericolosità. Il primo con grado di pericolosità maggiore è rappresentato dalle aree in cui predisposizione geomorfologica e indicazione storica si sovrappongono, il secondo con grado di pericolosità inferiore in cui vi è o predisposizione geomorfologica o dato storico e non è presente alcuna sovrapposizione.

Nella valutazione della pericolosità, non si è tenuto conto delle opere di difesa riportate nella CLPV, in quanto l'efficienza dell'opera è strettamente legata al grado di manutenzione e all'evoluzione morfologica e forestale del versante.

I criteri applicativi per l'individuazione delle aree e la classificazione in termini di pericolosità sono riassumibili nei seguenti punti:

1. La Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe è formalmente parte integrante dei Piani per l'Assetto Idrogeologico, per quanto riguarda la perimetrazione e classificazione della pericolosità da valanga; sono fatte salve le cartografie relative alle perimetrazioni di cui al punto 2.

2. Nelle aree in cui esistano specifici studi con la redazione del "Piano di Zone Esposte a Valanghe" (PZEV), le perimetrazioni derivanti dalla CLPV vengono sostituite da quest'ultimo Piano di dettaglio. In particolare le perimetrazioni di pericolosità/rischio predisposte dalla Regione del Veneto e inserite nel Piano Straordinario del 10.11.1999 e riprese integralmente nel Progetto di Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Piave, licenziato dal Comitato Tecnico il 09.07.2003, essendo basate su studi specifici e di dettaglio, assimilabili a un Piano di Zone Esposte a Valanga, mantengono le classi di pericolosità/rischio ad esse già assegnato. I comuni interessati da tale specifica casistica sono:

- Cencenighe Agordino (località Martin);
- Livinallongo del Col di Lana (località P.sso di Campolongo, Ornella e Alfauro);
- S. Tomaso Agordino (località Pian Molin);
- Taibon Agordino (località Col di Prà);
- Zoldo Alto (località Gavaz).

3. Le aree, in cui la CLPV riporti la sovrapposizione della perimetrazione su base storica con quella effettuata su base fotointerpretativa (viola/verde sovrapposto ad arancione), sono classificate a pericolosità elevata P3.



4. Le aree in cui la CLPV riporti elementi grafici, siano essi lineari o areali, senza sovrapposizione, sono classificate a pericolosità moderata P2.

5. Le opere di difesa esistenti e riportate nella CLPV non determinano riduzione del livello di pericolosità.

Le tavole allegate ai PAI riportano in legenda esempi dei criteri di applicazione delle classi di pericolosità.

2.2. Procedure per l'aggiornamento della pericolosità nei PAI.

Come anticipato in premessa, i PAI vigenti, in virtù di quanto disposto dall'art. 6 delle Norme di Attuazione, possono essere sempre aggiornati, purché si tratti di integrazioni localizzate. Infatti, il comma 1 del citato art. 6, prevede che le previsioni del Piano possono essere oggetto di aggiornamenti, integrazioni puntuali e circoscritte, in conseguenza di:

- A.** meri errori materiali, carenze e/o imprecisioni;
- B.** realizzazione di adeguati interventi di mitigazione;
- C.** nuove conoscenze a seguito di studi o indagini di dettaglio;
- D.** nuove situazioni di dissesto.

In relazione alle procedure previste per i sopraccitati punti B e C, ovvero realizzazione di adeguati interventi di mitigazione e nuove conoscenze a seguito di studi o indagini di dettaglio, è opportuno disporre di apposite linee guida da fornire ai professionisti per una corretta redazione di studi specifici di settore finalizzati alla ridefinizione della pericolosità che soddisfino pienamente i requisiti per discriminare, allo stato dell'arte, il reale pericolo valanghivo. Trattandosi di studi di dettaglio a scala locale i suddetti studi avranno caratteristiche equiparabili ai Piani di Zona Esposta a Valanga e pertanto integrano le determinazioni della CLPV e costituiscono riferimento per quanto riguarda la rappresentazione della pericolosità.

Va evidenziato che per il pericolo valanghivo, le variazioni delle condizioni al contorno influiscono drammaticamente sulla probabilità di accadimento del fenomeno. In particolare i quantitativi cumulati di neve al suolo, il tipo e la densità di vegetazione diventano discriminanti per la presenza o meno di una valanga in un determinato sito. Va tenuto quindi in considerazione che durante il lavoro di fotointerpretazione che ha portato alla redazione della CLPV, così come per alcune testimonianze su valanghe storiche, la situazione al contorno poteva essere differente da quella attuale. In particolare si è registrato negli ultimi decenni un sempre più graduale abbandono delle attività agro-forestali in ambiente mon-



tano. Questo ha portato ad un aumento della vegetazione arborea su tutti i tipi di versante con una conseguente diminuzione delle aree suscettibili al distacco delle valanghe in corrispondenza di boschi caratterizzati dalla fitta presenza di alberi ad alto fusto, specie se sempreverdi. Allo stesso tempo si registra un aumento della probabilità di distacco di valanghe a lastroni, in corrispondenza di particolari condizioni climatiche, laddove il versante sia stato colonizzato prevalentemente da vegetazione di tipo arbustivo. Infine, fenomeni che portano ad un'importante e repentina distruzione di porzioni di foresta di protezione, per determinate condizioni topografiche, come accaduto in occasione della tempesta "Vaia", possono dare origine a nuovi potenziali siti valanghivi anche di grandi dimensioni.

3. Schema metodologico dello studio per l'aggiornamento e ridefinizione della pericolosità da valanga.

Il presente capitolo traccia uno schema per la predisposizione di uno studio di dettaglio, assimilabile ad un PZEV, che permetta di aggiornare gli attuali contenuti rappresentati nei PAI in conformità a quanto previsto dall'art. 6 delle Norme di Attuazione.

Di seguito vengono descritti i parametri e le modalità di analisi che uno studio deve contenere al fine di proporre l'aggiornamento e la ridefinizione della pericolosità da valanga nel caso in cui vengano previste opere di mitigazione (lettera B1, comma 1 art. 6) o per la valutazione di opere esistenti (lettera B2, comma 1 art. 6), ma anche nel caso di puntuali valutazioni sull'assetto geomorfologico del versante e degli altri parametri che possono influenzare l'insacco e la propagazione del fenomeno valanghivo (lettera C, comma 1 art. 6).

I dati e i parametri caratteristici del sito di analisi dovranno essere acquisiti dai competenti uffici territoriali. La fonte del dato dovrà conseguentemente essere riportata nello studio.

3.1. Obiettivo dello studio.

Nelle premesse dello studio è opportuno vengano esplicitati gli obiettivi, che possono essere orientati alla ridefinizione della pericolosità sulla base di nuovi eventi o nuovi dati, oppure nel caso in cui vengano progettate o siano presenti opere di mitigazione della pericolosità.

Concettualmente le perimetrazioni delle aree soggette a valanga hanno carattere temporaneo, in base all'aumento delle informazioni disponibili potranno essere previste verifiche ed eventuali aggiornamenti della zonizzazione della pericolosità. In particolare sarà possibile procedere all'aggiornamento dei perimetri quando:



- emergano delle informazioni storiche non considerate nella stesura della perimetrazione, che possano portare a modifiche significative della stessa;
- si verifichino nuovi eventi valanghivi (ovvero valanghe in aree non censite come valanghive nelle CLPV o nei catasti), o eventi valanghivi che, seppur noti, si manifestino con caratteri di estensione o intensità non conosciute e/o non previste;
- si verifichino modifiche (naturali e/o artificiali) del contesto territoriale ed ambientale che comportino un aumento o una riduzione del grado di esposizione al pericolo di valanga (quali ad esempio la deforestazione o la riforestazione delle zone di distacco);
- vengano progettate e realizzate opere di mitigazione della pericolosità.

3.2. Inquadramento Geografico.

Lo studio deve contenere un inquadramento geografico e territoriale dell'area nella quale si vuole determinare la nuova classificazione di pericolosità in cui siano evidenziate:

- Latitudine e longitudine della zona di studio nel sistema geografico WGS84 (EPSG 4326). Coordinate est ed ovest nel sistema cartografico nazionale Gauss-Boaga fuso ovest o fuso est (EPSG 3003 o EPSG 3004) e nel sistema cartografico RDN2008 zona 32 o zona 33 (EPSG 6707 o EPSG 6708);
- Le quote minime e massime della zona di studio;
- Esposizione del versante del sito valanghivo e la toponomastica principale presente nell'area;
- Comune e Provincia di appartenenza dell'area oggetto di studio;
- Breve descrizione delle principali vie di comunicazione ed elementi vulnerabili potenzialmente interessati da fenomeni valanghivi nell'area oggetto di studio;
- Codice delle sezioni della Carta Tecnica Regionale in cui ricade l'area oggetto di studio;
- Corografia alla scala 1:25.000;
- Inquadramento topografico alla scala 1:10.000;
- Ortofoto ad una scala sufficientemente dettagliata utile a evidenziare gli elementi vulnerabili e il sito valanghivo in oggetto.



3.3. Assetto Geologico e Geomorfológico dell'area di studio.

Per lo studio della pericolosità di un sito valanghivo è estremamente importante partire da un rilievo geomorfologico del versante su cui insistono i fenomeni da analizzare, in quanto tale aspetto può condizionare notevolmente sia la suscettibilità al dissesto valanghivo, sia la dinamica della valanga una volta innescata.

Elementi come l'angolo d'inclinazione del versante (comunemente nota come pendenza), così come la sua esposizione e la forma più o meno convessa, infatti, sono fondamentali nella determinazione delle aree di distacco delle valanghe, così come la macro rugosità del terreno o la presenza di rotture del versante con importanti "salti" in roccia possono modificare la dinamica della valanga aumentandone, il primo l'attrito radente e favorendo, il secondo, la formazione di valanghe a componente anche polverosa.

La carta geomorfologica e la corrispondente nota descrittiva dovranno quindi contenere:

- le morfologie riconducibili ai fenomeni valanghivi (canali di valanga, zone di deposito, ecc..), le morfologie riconducibili ai fenomeni gravitativi attivi e quiescenti (coronamenti di frana, corpi di frana, falde detritiche, ecc..), le morfologie connesse ai processi fluvio-glaciali (conoidi detritiche ed alluvionali, fenomeni erosivi, depositi morenici, ecc...);
- mappa delle inclinazioni, mettendo in particolare evidenza le porzioni del versante con angoli di inclinazione compresi tra i 28° e i 55° essendo questo l'intervallo che maggiormente favorisce il distacco delle valanghe;
- Descrizione delle eventuali pareti rocciose subverticali presenti nel sito valanghivo;

Particolare attenzione dovrà essere posta nella descrizione dei suddetti punti negli intorni delle zone di distacco, scorrimento e accumulo delle valanghe. Nella descrizione geomorfologica dovranno, inoltre, essere messi in evidenza eventuali depositi riconducibili a fenomeni valanghivi o misti.

Per quanto riguarda gli aspetti geologici, dovranno essere messi in evidenza la tipologia e la distribuzione spaziale dei depositi di copertura e delle rocce del substrato presenti nell'area di studio. Inoltre, la puntuale descrizione degli eventuali fenomeni franosi presenti nell'area di studio, riveste estremo interesse al fine di orientare e supportare la progettazione delle opere di mitigazione delle valanghe, nonché valutare gli interventi di manutenzione e ripristino sulle opere esistenti.



3.4. Analisi storica del sito valanghivo.

L'analisi storica degli eventi valanghivi e dei loro effetti, condotta attraverso la consultazione di dati d'archivio, monografie, articoli di giornale d'epoca, e interviste dirette ai testimoni sul territorio, permette di stimare il ripetersi degli eventi valanghivi e discriminarli anche, per quanto qualitativamente, per la loro magnitudo. È quindi questa una fase imprescindibile di un qualsiasi studio di approfondimento su un sito valanghivo ed è ancora più importante svolgerla correttamente nel cercare di identificare le valanghe di progetto per quanto riguarda la classificazione della pericolosità. Base di partenza fondamentale per l'analisi storica del sito valanghivo per il territorio regionale veneto è il "*Sistema Informativo Valanghe del Veneto*" disponibile in forma webgis nel sito di ARPAV, che integra e aggiorna la Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe e dal quale è possibile estrarre, qualora presenti, tutti i dati necessari ad identificare la tipologia, la frequenza e la magnitudo delle valanghe censite oltre alla localizzazione e descrizione delle opere di difesa.

Tutti i dati così raccolti parteciperanno alla definizione, come detto, dei parametri indispensabili per definire la valanga di progetto al fine di discriminare col miglior grado di approssimazione la reale pericolosità del sito valanghivo.

3.5. Definizione delle aree di distacco delle valanghe.

Ogni qualvolta si debba valutare il pericolo valanghe, l'area di distacco è uno dei parametri fondamentali da determinare correttamente. Il problema, di per sé complicato se non supportato da notizie storiche esaustive, diventa ancor più complesso se si vuole correlare il dimensionamento di una zona di distacco con un determinato tempo di ritorno.

Vanno quindi valutati i seguenti parametri:

- 1) area di distacco della valanga sulla base delle caratteristiche topografiche del terreno;
- 2) estensione dell'area di distacco per un determinato tempo di ritorno.

La definizione delle aree di distacco si basa sui parametri topografici, sulla vegetazione e sulle osservazioni fatte in campo. L'utilizzo di strumenti GIS applicati al modello digitale del terreno (DEM) rendono tale compito molto più semplice. È possibile trovare in letteratura diversi metodi, più o meno esaustivi, per la determinazione delle zone di distacco da valanga (PRA - Possible Release Areas), ma tutti tengono in considerazione gli elementi che possono essere predisponenti il fenomeno valanghivo. Per la corretta interpretazione delle PRA si dovranno quindi produrre mappe che tengano conto di:



- Mappa della copertura forestale: l'uso del bosco come protezione attiva delle valanghe è noto e molte ricerche sono state fatte negli anni per identificare le caratteristiche che esso deve avere per assumere una funzione protettiva (Barrel A., Pittana E. 2015; McClung, Schaerer. 1996);
- Mappa delle pendenze: l'angolo d'inclinazione del versante è il più importante parametro topografico nella valutazione dei terreni propensi al distacco di valanghe. L'identificazione sistematica dei valori d'inclinazione critici rappresenta il passaggio fondamentale per individuare le zone di distacco delle valanghe;
- Mappatura delle principali creste: le creste sono importanti elementi topografici che separano bacini differenti, anche di piccole dimensioni, o aree che presentano diversa esposizione. La loro importanza è legata al fenomeno dello *snow-drift*, ovvero all'erosione e trasporto eolico. Il vento, infatti, contribuisce alla distribuzione della neve ed è spesso determinante per il distacco delle valanghe. Tale mappa dovrà poi essere messa in relazione allo studio dei venti dominanti della zona. Le creste principali servono altresì come elemento separatore di diverse aree di distacco;
- Curvatura: la curvatura, sia essa planare o longitudinale, determina la distribuzione dello stress nel manto nevoso, oltre che la diversa propensione di un versante di contenere la neve di precipitazione. In letteratura sono presenti numerosi lavori che tengono conto della curvatura del versante sulle zone di distacco delle valanghe. Nelle elaborazioni che si dovranno fare per l'identificazione delle PRA sarà però opportuno fare valutazioni su larga scala (almeno 50 metri), poiché i cambiamenti della curvatura a scala minore non sono in grado di separare adiacenti aree di distacco;
- Raccolta dei testimoni muti: per meglio definire l'area di distacco di una valanga è necessario svolgere un attento lavoro di campagna per la raccolta di tutti quegli elementi morfologici e vegetazionali che testimoniano con la loro presenza un'attività valanghiva più o meno intensa o ripetuta. Tali elementi prendono il nome di "testimoni muti", e se ne elencano, di seguito, alcuni che generalmente vengono utilizzati per lo studio di un sito valanghivo:
 - Alberi sciabolati o curvi alla base;
 - Alberi ribaltati, sradicati o schiantati lungo la massima pendenza, spesso traslocati verso valle e accumulati contro ostacoli naturali o gruppi di alberi stabili;
 - Alberi i cui rami sul lato di monte presentano danni o risultano mancanti. Le piante possono presentare rotture del cimale;



- Fasce di vegetazione arboreo-arbustiva di giovane età, o comunque in ampi gruppi coetanei (per grandi valanghe periodiche), disposte lungo la massima pendenza, in impluvi o su versanti uniformi;
- Rinnovazione della vegetazione all'interno di impluvi e colatoi, solo laddove protetta da ostacoli al deflusso del manto nevoso;
- Tracce di vecchi accumuli o depositi in coni di deiezione;
- Blocchi trasportati e ridepositati dalle valanghe.

L'analisi dei testimoni muti può, inoltre, contribuire a fornire ulteriori e utili informazioni sulla magnitudo degli eventi pregressi. I danni subiti da strutture preesistenti, così come quelli distribuiti su un campione di vegetazione significativo possono essere correlati sia alla tipologia di valanga, sia alle pressioni di impatto e all'altezza di flusso. Esistono, infatti, in letteratura diverse tabelle di comparazione tra pressione d'impatto della valanga e i danni potenziali (McClung and Schaerer 1996, Rapin 2002, Burkard and Salm 1992).

Per quanto i testimoni muti siano più frequentemente riscontrabili lungo la zona di scorrimento e la zona di accumulo di una valanga, sono essi tuttavia un utilissimo e imprescindibile ausilio per determinare a monte di queste la corretta zona di distacco delle valanghe.

I testimoni muti possono essere altresì utilizzati per determinare, qualitativamente, il tempo trascorso dall'ultima valanga occorsa. In letteratura, infatti, è possibile trovare diverse correlazioni tra tipo e altezza della nuova vegetazione e intervallo di tempo dall'ultima valanga registrata (McClung and Schaerer 1996).

Il dimensionamento della zona di distacco in funzione del tempo di ritorno, prevede l'applicazione di uno studio statistico ai dati delle aree di distacco delle valanghe avvenute in passato. Tale metodo utilizza i dati storici, che sono generalmente registrati nei Sistemi Informativi Valanghe gestiti dalle amministrazioni competenti, oppure possono essere dedotti da altre fonti di informazione. Spesso, purtroppo, i dati relativi alla zona di distacco sono scarsi e riguardano in genere la larghezza della zona e non l'area nella sua interezza. In tal caso si assume che l'area di distacco sia direttamente proporzionale alla larghezza e quindi si applica la statistica a quest'ultima variabile. Si rimanda, comunque, alla nutrita bibliografia scientifica per cercare di correlare le dimensioni della superficie di distacco con il tempo di ritorno.



3.6. Nivometeorologia.

Prima di fare qualsiasi considerazione sulla pericolosità, per dimensionare una qualsivoglia valanga di progetto, è necessario effettuare uno studio sulle condizioni nivometeorologiche tipiche della zona, al fine di determinare, per diversi tempi di ritorno, i quantitativi di neve al suolo nella zona di distacco. Per la determinazione di questi parametri sono a disposizione i dati provenienti dalle stazioni nivometeorologiche delle reti regionali, che raccolgono e archiviano in continuo i dati relativi alle precipitazioni, temperature e vento dei territori di competenza da alcuni decenni. Per la Regione del Veneto questi parametri sono messi a disposizione da ARPAV che tramite il Centro Valanghe di Arabba li elabora al fine di rendere fruibile all'utenza un dato correttamente spazializzato per i diversi tempi di ritorno.

È importante sottolineare che, nella pratica, l'interpolazione dei dati nivometeorologici acquisiti nelle stazioni di misurazione si rivela difficile per varie ragioni:

- In generale le stazioni di misura nivologiche e pluviometriche sono situate abbastanza lontano dalle zone di distacco delle valanghe. È quindi necessario utilizzare metodi di interpolazione adatti alla forte eterogeneità spaziale dei dati;
- Le stazioni possono essere situate a quote più basse delle zone di studio ed è quindi necessario tenere conto di un gradiente orografico per stimare l'ammontare delle precipitazioni o eventualmente l'altezza massima di neve al suolo alla quota corrispondente dell'ipotetico distacco;
- Devono essere caratterizzate le altezze massime della neve al suolo (HS_{max}) e le altezze massime della neve registrate per tre giorni di precipitazioni consecutive (HN_{3gg}), quindi è necessaria l'applicazione di metodi statistici ai valori estremi che permettano di estrapolare oltre i massimi osservati. Il valore HS_{max} sarà poi parametro indispensabile anche per il dimensionamento delle opere di difesa.

L'analisi climatica e nivologica deve tenere conto dei tempi di ritorno che saranno poi considerati nelle simulazioni per la verifica della pericolosità e quindi relativi a Tr 30 anni; Tr 100 anni e Tr 300 anni.

L'analisi nivometeorologica deve prevedere uno studio specifico sui venti dominanti nell'area di studio. È noto, infatti, che il trasporto della neve ad opera del vento inizia ad una velocità di circa 4m/s (circa 15 km/h) nella neve a scarsa coesione e circa a 10 m/s (35 km/h) sulla neve più compatta. Generalmente l'accumulo di neve ventata cresce al cubo della velocità del vento. Se la velocità del vento raddoppia, la quantità di neve ventata



aumenta di 8 volte. Il processo di accumulo è massimo quando il vento raggiunge i 50-80 km/h, perché oltre questo limite la capacità di erosione da parte del vento diminuisce. La neve, in seguito all'azione di trasporto dal vento, si va a depositare prevalentemente nelle zone sottovento in forma di accumulo eolico. La neve ventata ha la caratteristica di essere soffice (lastroni di neve soffice) e coesa al tempo stesso (lastroni duri e compatti). In questo modo, in presenza di neve ventata, di norma si verificano un'accentuazione delle tensioni con conseguente aumento dell'instabilità del manto nevoso. Gli accumuli eolici più spessi ed estesi si formano di solito durante o immediatamente dopo una nevicata. In generale va ricordato che nelle regioni alpine si ha spesso a che fare con l'azione del vento.

Sarà quindi necessario identificare sia tramite l'ausilio delle stazioni nivometeorologiche, sia tramite attente indagini di campagna e ricerca storica, se l'area di studio è ubicata in modo tale da essere esposta all'azione di erosione da parte del vento, o, al contrario, in zona di accumulo eolico. In letteratura vengono fornite indicazioni quali-quantitative sull'apporto di neve dovuta al trasporto eolico da aggiungere in una determinata area in funzione del tempo di ritorno considerato, tali indicazioni vengono riportate nel paragrafo successivo.

3.7. Altezza di distacco.

Una volta caratterizzata l'area di distacco ed effettuata l'analisi nivometeorologica del sito per i diversi tempi di ritorno, è possibile ipotizzare l'altezza del distacco delle valanghe di progetto.

L'altezza di distacco di una valanga (D_S) è rappresentata dallo spessore del manto nevoso instabile misurato perpendicolarmente al pendio. Tale altezza deve essere mediata, nell'area di interesse, in base a particolari condizioni topografiche.

Tra le varie formule che identificano l'altezza di distacco di una valanga, per diverse pendenze, quella di Salm et alii del 1990 è sicuramente la più utilizzata nella comunità scientifica internazionale, tanto da essere inserita nelle normative svizzere di riferimento e nelle linee guida per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe di AINEVA (2005).

La formula recita:

$$D_S(T; z) = [DH_{3gg}(T, z) \cdot \cos 28^\circ + H_{sd}(T)] f(\theta)$$

dove:

T = tempo di ritorno;



z = quota media di distacco;

DH_{3gg} = incremento di altezza del manto nevoso su tre giorni consecutivi di precipitazione (misurato verticalmente su una superficie orizzontale e stimabile da misure nivometriche come differenza tra l'altezza del manto nevoso al giorno i e quella al giorno $i-3$);

H_{sd} = altezza di neve trasportata dal vento;

$f(\theta)$ = fattore correttivo (slope factor) funzione decrescente dell'angolo d'inclinazione medio (θ) della zona di distacco con $\theta \geq 28^\circ$

Considerando che le zone di distacco si individuano su terreni con acclività compresa tra i 28° e i 55° si ipotizza che su un pendio a 28° si depositi tanta neve quanta se ne deposita su un terreno orizzontale.

Il fattore di correzione $f(\theta)$ è definito per ogni valore di inclinazione del versante dalla seguente formula:

$$f(\theta) = 0.291/\text{sen}\theta - 0.202\text{cos}\theta$$

Per comodità si riporta di seguito una tabella del fattore correttivo $f(\theta)$ per alcuni valori caratteristici dell'angolo d'inclinazione medio del versante nella zona di distacco:

θ	28°	30°	32.5°	35°	37.5°	40°	45°	50°	55°
$f(\theta)$	1	0.9	0.79	0.71	0.65	0.60	0.52	0.46	0.41

Come espresso nel paragrafo precedente, il trasporto eolico della neve deve sempre essere considerato se presente. Sempre Salm 1990 indica di aggiungere un valore variabile tra i 30 e i 50 cm in funzione del tempo di ritorno che si considera. Nello specifico si sommano:

Tr	30 anni	50 anni	>100 anni
Apporto di neve	30 cm	40 cm	50 cm

3.8. Modellazione matematica.

Nella perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanga oggetto delle presenti linee guida, è fondamentale l'utilizzo di modelli di calcolo per la caratterizzazione della valanga di progetto.



I modelli matematici sono indispensabili quando non vi siano, in un determinato sito, sufficienti informazioni sulla magnitudo ed estensione di una valanga per determinati tempi di ritorno.

Ogni modello dovrà essere opportunamente tarato sul sito valanghivo oggetto di studio e i parametri di input dovranno essere raccolti come descritto nei paragrafi precedenti. L'applicazione dei modelli di calcolo consente la determinazione quantitativa delle zone di influenza e delle sollecitazioni dinamiche degli eventi simulati.

Lo studio che accompagna la richiesta di revisione del PAI , dovrà contenere un'adeguata descrizione del modello impiegato per i calcoli relativi alla dinamica della valanga. Qualora venissero utilizzati programmi di calcolo commerciali, possono essere sufficienti l'indicazione precisa del programma adottato, ma vanno motivati nel dettaglio i parametri di taratura (coefficienti di attrito, coesione, densità ecc.) e riportati i principali riferimenti bibliografici.

Nel caso di utilizzo di modelli monodimensionali (a traiettoria forzata) si dovrà indicare in planimetria la traccia dei profili modellati e dovranno essere descritti i criteri utilizzati per la delimitazione della zona di arresto.

Tra le modalità di revisione della pericolosità da valanga a seguito di opere di mitigazione, l'utilizzo dei modelli di calcolo riguarda anche la valutazione dell'efficacia delle opere di mitigazione attive e passive.

L'esito dell'attività modellistica dovrà produrre come output, le mappe con valori di pressione della valanga distinte per i tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni. Nel caso in cui il sito di valanga sia caratterizzato anche da fenomeni di tipo nubiforme, dovranno essere predisposte altrettante mappe di pressione riferite a tale tipologia di valanga.

4. Perimetrazione e classificazione della pericolosità.

Lo studio di dettaglio finalizzato all'aggiornamento della pericolosità da valanga si concretizza nella predisposizione di una proposta di aggiornamento della pericolosità da valanga da sottoporre alla valutazione degli uffici Regionali e all'Autorità di bacino distrettuale. Come previsto nelle Norme di Attuazione dei PAI (Pai 4 bacini, 2014; Pai Livenza, 2017; Pai Adige, 2019), in coerenza con quanto indicato nel citato D.lgs. del 28.09.1998, le classi di pericolosità definite sono quattro con grado di pericolo decrescente: molto elevato – P4 , elevato - P3, medio -P2 e moderato – P1.



Come indicato nel documento AINEVA 2005, le grandezze necessarie per definire la pericolosità di una valanga in una determinata porzione del territorio sono, la frequenza e l'intensità degli eventi valanghivi attesi. In particolare queste grandezze saranno espresse tramite:

- Il Tempo di Ritorno della valanga (T_r). Ovvero il numero di anni che intercorre, mediamente, tra due eventi valanghivi in grado di interessare la zona di studio;
- La Pressione della valanga. Ovvero la forza per unità di superficie esercitata dalla valanga su di un ostacolo piatto, di grandi dimensioni disposto perpendicolarmente rispetto alla traiettoria di avanzamento della massa nevosa. La pressione deve essere determinata con riferimento sia alle componenti di sollecitazione dinamica sia a quelle statiche.

I criteri indicati di seguito per la delimitazione delle zone a differente pericolosità riprende quanto descritto nelle "linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe" redatte da AINEVA nel 2005, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale dell'Università degli Studi di Pavia. In particolare si è ritenuto di adottare i "criteri pratici di delimitazione delle aree pericolose" indicati nel documento AINEVA 2005, in quanto ritenuti più cautelativi a fronte dei margini di aleatorietà insiti nell'approccio modellistico.

4.1. Zona a pericolosità molto elevata – P4.

Sono classificate P4 (pericolosità molto elevata), rappresentate graficamente in colore rosso, le porzioni di territorio che possono essere interessate o con una certa frequenza da valanghe, anche con un modesto potenziale distruttivo, o più raramente da valanghe altamente distruttive.

Per quanto riguarda le valanghe dense si indica che a una porzione di territorio è attribuita la zona rossa P4 quando esiste la possibilità che in essa si producano:

- Valanghe "frequenti", per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni;
- Valanghe "poco frequenti", per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni, che esercitano una pressione pari o superiore a 15 kPa.

Una sola di queste due condizioni è sufficiente per attribuire il valore di P4 alla porzione di territorio in esame.



Per quanto riguarda le valanghe polverose non è possibile applicare gli stessi criteri di semplificazione di cui sopra, ed è quindi indispensabile determinare tutte le pressioni d'impatto, comprese quelle dinamiche legate al soffio della valanga, al fine di identificare:

- Valanghe “frequenti”, per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni con una soglia di pressione pari o superiore a 3 KPa;
- Valanghe “poco frequenti”, per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni, che esercitano una pressione pari o superiore a 15 kPa.

Una sola di queste due condizioni è sufficiente per attribuire il valore di P4 alla porzione di territorio in esame.

4.2. Zona a pericolosità elevata - P3.

Per quanto riguarda le valanghe dense, la zona viene classificata P3 (pericolosità elevata), rappresentata graficamente in colore arancione, quando in essa si verificano:

- Valanghe “rare”, per le quali si assume convenzionalmente un tempo di riferimento pari a 100 anni.

Per quanto riguarda le valanghe polverose il limite della zona classificata P3 coincide, invece, con:

- Valanghe “frequenti”, per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni;
- Valanghe “rare”, per le quali si assume convenzionalmente un tempo di riferimento pari a 100 anni, che esercitano una pressione superiore o pari ai 3 KPa

Una sola di queste due condizioni è sufficiente per attribuire il valore di P3 alla porzione di territorio in esame.

4.3. Zona a pericolosità media - P2.

Sono classificate P2 (pericolosità media), rappresentate graficamente in colore giallo, le porzioni di territorio che possono essere interessate dagli effetti residuali di valanghe dense ad accadimento estremamente raro, qui definite come “eccezionali”. In particolare una porzione di territorio è attribuita alla zona gialla quando esiste la possibilità che in essa si verifichino:

- Valanghe “eccezionali”, per le quali si assume convenzionalmente un tempo di riferimento pari a 300 anni.



Relativamente alle valanghe polverose si deve, sempre per tenere conto anche delle pressioni dinamiche legate al soffio della valanga, procedere alla classificazione in P2 quando:

- Valanghe “rare”, per le quali si assume convenzionalmente un tempo di riferimento pari a 100 anni, che esercitano una pressione superiore o pari ai 0.5 KPa;
- Valanghe “eccezionali”, per le quali si assume convenzionalmente un tempo di riferimento pari a 300 anni

Una sola di queste due condizioni è sufficiente per attribuire il valore di P2 alla porzione di territorio in esame.

4.4. Zona a pericolosità moderata - P1.

Per zone classificate P1 (pericolosità moderata), rappresentate graficamente in colore verde, si intendono tutte le aree precedentemente mappate con pericolosità da valanga ma difese da opere di mitigazione totalmente efficaci. Le aree dovranno essere verificate anche per gli eventi con tempo di ritorno pari a 300 anni.

In analogia ai criteri di zonizzazione della pericolosità adottati da tempo per i dissesti geologici, nelle aree P1 sopra descritte vengono escluse le fasce poste a valle delle opere di mitigazione di larghezza pari ad almeno 5 m, e comunque in relazione alla morfologia dell'area, al fine di assicurare lo spazio funzionale a garantire le attività di manutenzione e possibile integrazione delle opere di mitigazione stesse. Dette fasce, poste al piede delle opere di mitigazione, verranno classificate riducendo di un grado la pericolosità individuata a monte dell'opera.



Quanto sino ad ora espresso viene sintetizzato nella seguente tabella:

	Criterio per valanghe dense	Criterio per valanghe polverose
P4	Il limite inferiore coincide con la linea di arresto dell'evento trentennale o, se più cautelativo, con la soglia di pressione pari a 15 kPa per l'evento centennale	Il limite inferiore coincide la soglia di pressione pari a 3 kPa dell'evento trentennale o, se più cautelativo, con la soglia di pressione pari a 15 kPa per l'evento centennale
P3	Il limite inferiore coincide con la linea di arresto dell'evento centennale	Il limite inferiore coincide con la linea di arresto dell'evento trentennale o, se più cautelativo, con la soglia di pressione pari a 3 kPa per l'evento centennale
P2	Il limite inferiore è riferibile al limite massimo di espansione di eventi a carattere "eccezionale" o se più cautelativo la linea di arresto dell'evento con $Tr = 300$ anni	Il limite è dato dalla soglia di pressione pari a 0.5 kPa per l'evento centennale o se più conservativo il limite dato dalla perimetrazione di valanghe polverose ultracentenarie.
P1	Tutte le aree precedentemente mappate con pericolosità da valanga ma ora difese da opere di mitigazione totalmente efficaci. Le aree dovranno essere verificate anche per l'evento con $Tr = 300$ anni	Tutte le aree precedentemente mappate con pericolosità da valanga ma ora difese da opere di mitigazione totalmente efficaci. Le aree dovranno essere verificate anche per l'evento con $Tr = 300$ anni

5. Considerazioni conclusive.

Le presenti linee guida sono state redatte, in accordo con quanto indicato dall'Associazione Interregionale Neve e Valanghe (AINEVA 2005), con lo scopo di fornire una metodologia per l'aggiornamento e revisione della pericolosità da valanga contenuta nei Piani di Assetto Idrogeologico del Distretto delle Alpi Orientali che interessano il territorio veneto.

Per l'aggiornamento della pericolosità da valanga a seguito della progettazione e realizzazione di opere di mitigazione, è necessario l'utilizzo di modelli matematici. In questo caso, le analisi devono portare alla definizione della pericolosità in assenza di opere e con le opere inserite. I criteri da utilizzare sono quelli descritti nelle presenti linee guida.

I parametri nivometeorologici descritti sono quelli utili e necessari per una corretta zonizzazione della pericolosità da valanga e non per il dimensionamento delle opere di difesa da valanga per le quali si rimanda alla bibliografia esistente e alla normativa di settore.



Nei casi in cui il sito valanghivo sia sottoposto a fenomeni di valanga densa e polverosa, la zonizzazione della pericolosità viene definita considerando i limiti più cautelativi rappresentati dai due scenari tipologici.

Ogni tipologia di opera va opportunamente descritta e il suo contributo in termini di mitigazione della pericolosità va estesamente motivato.

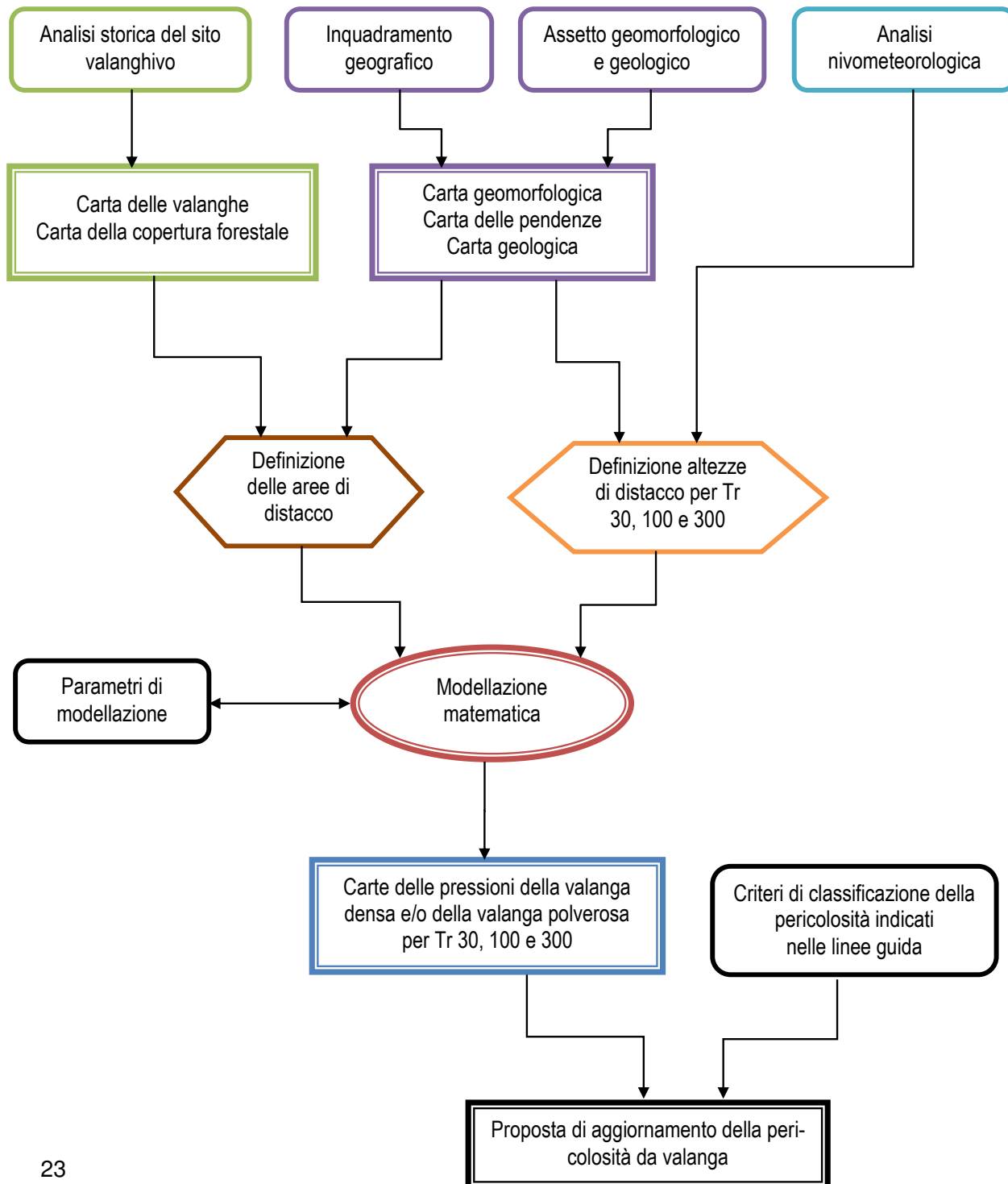
Quale sintesi dei passaggi descritti nelle presenti linee guida, viene riportato di seguito lo schema a blocchi del flusso di lavoro.



SCHEMA 1

Metodologia per l'aggiornamento della pericolosità da valanga a seguito di studi di dettaglio ai sensi dell'art. 6, comma 1, lettera C della Norme di attuazione del PAI

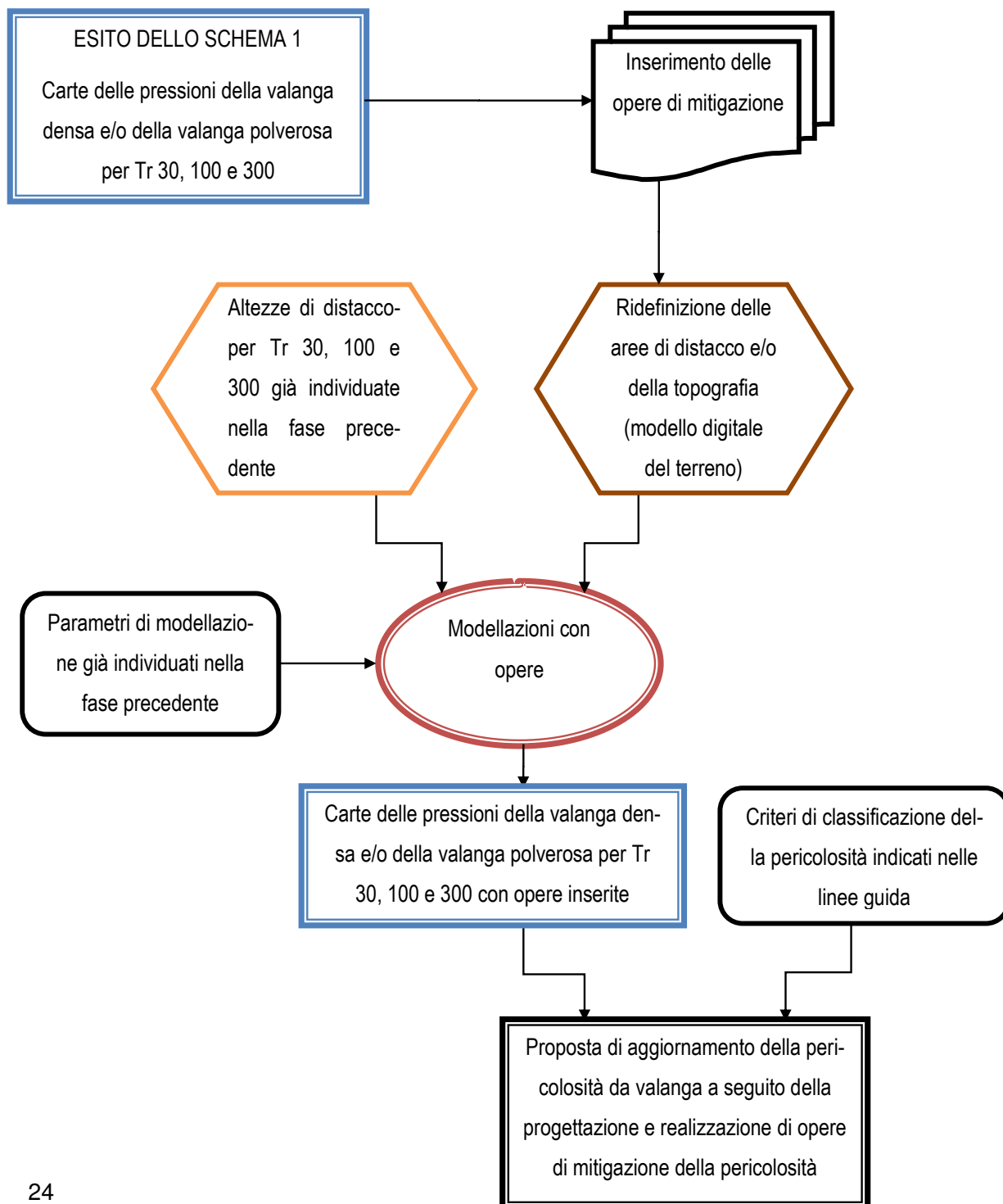
(Pai 4 bacini, 2014; Pai Livenza, 2017; Pai Adige, 2019)



SCHEMA 2

Metodologia per l'aggiornamento della pericolosità da valanga a seguito della progettazione e realizzazione di opere per la mitigazione ai sensi dell'art. 6, comma 1, lettera B della Norme di attuazione del PAI.

(Pai 4 bacini, 2014; Pai Livenza, 2017; Pai Adige, 2019)



Bibliografia

Barbolini M., Natale L., Ticilla G., and Cordola M. *Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe*. AINEVA. (2005)

Barrel A., Pittana E. *La manutenzione del territorio. Indicazioni tecniche per la gestione delle aree rurali*. GAL alta Valle d'Aosta. Tipografia La Vallè, pp128 (2015)

Burkard A. and Salm B. *Estimation de l'épaisseur moyenne de déclenchement pour le calcul des avalanches denses*. SLF Internal Bericht No. 668, 18 pp. (1992)

Distretto Idrografico delle Alpi Orientali. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione (PAI-4 bacini). Approvato con D.P.C.M. 21.11.2013. G.U. Serie Generale n.97 del 28.04.2014

Distretto Idrografico delle Alpi Orientali. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino idrografico del fiume Livenza - Prima variante. Approvato con D.P.C.M. 28.06.2017. G.U. Serie Generale n.252 del 27.10.2017

Distretto Idrografico delle Alpi Orientali. Progetto di 3^ Variante al Piano Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del fiume Adige, adottato ai sensi dell'articolo 68 del D. Lgs. 152 del 2006, a seguito della delibera CIP n.5 del 18.11.2019

McClung D., Schaerer P. *Manuale delle valanghe. Formazione. Dinamica ed effetti. Prevenzione e sicurezza. Soccorso*. Zanichelli editore, pp 248 (1996)

Rapin F. *A new scale for avalanche intensity*. International Snow Science Workshop, September 29 - October 4, Penticton (BC) (2002)

Salm B., Burkard A. and Gubler H. U. *Berechnung von Fliesslawinen: ein Anleitung für Praktiker mit Beispielen (Calcul des avalanches: une méthode pour le praticien avec des exemples)*. Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches, n.47 (1990)

