Simulazione dell'evento di colata detritica avvenuta il 29 ottobre 2018 nel bacino del Rio Toèl Lench (Canazei, TN) mediante il modello "D.F.R.M.".

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea in Riassetto del Territorio e Tutela del Paesaggio

Relatore Dott. Martino Bernard

Laureanda Maria Giulia Doda

09/10/2024

ANNO ACCADEMICO 2023 – 2024

RIASSUNTO TESI

La tesi affronta lo studio e la simulazione di un evento di colata detritica verificatosi il 29 ottobre 2018 nel bacino del Rio Toèl Lench, in località Alba di Canazei (Val di Fassa, Trento), durante la tempesta Vaia. L'obiettivo principale del lavoro è stato quello di ricostruire l'evento, a partire dai dati di pioggia e mediante una analisi statistico – probabilistica, e analizzare la risposta del bacino mediante l'applicazione di un modello numerico.

È stato utilizzato il modello "D.F.R.M." (*Debris Flow Rheological Model*), sviluppato dal dipartimento TESAF dell'Università di Padova per simulare la propagazione di colate detritiche in ambiente alpino. Il modello è stato utilizzato come *plugin* all'interno del software QGIS e ha permesso di valutare il comportamento della colata in diverse condizioni di pioggia e configurazioni morfologiche, con e senza la presenza di opere di difesa idraulica.

Le colate detritiche rappresentano uno dei processi geomorfologici più distruttivi e pericolosi nelle aree montane, poiché si originano in modo improvviso e sono in grado di mobilitare grandi volumi di materiale solido-liquido lungo i versanti e si depositano nelle zone abitate. Si tratta di flussi bifase costituiti da una miscela di acqua e sedimenti di varia granulometria che scorrono lungo i canali naturali sotto l'azione della gravità. La loro formazione è favorita dalla presenza di materiale detritico incoerente, forti pendenze e precipitazioni intense, spesso concentrate in brevi periodi di tempo.

La dinamica di questi fenomeni comprende tre fasi principali:

1. l'innesco, legato all'apporto idrico e alla disponibilità di materiale mobilizzabile;
2. la propagazione, durante la quale la corrente solido-liquida aumenta di velocità e di energia erosiva nel canale principale (chiamato canale collettore);
3. la fase di deposito, che si manifesta nei tratti di minore pendenza dove l'energia del flusso si dissipa e corrisponde alle zone abitate di montagna, ovvero il fondovalle.

L'analisi di tali processi è fondamentale per la pianificazione territoriale, in questo esempio a carico della Provincia Autonoma di Trento e del Comune di Canazei, e la prevenzione del rischio idrogeologico nelle aree alpine.

Il bacino del Rio Toèl Lench si trova nella frazione di Alba del Comune di Canazei, in Val di Fassa, ed è caratterizzato da una piccola superficie (0,161 km²) e da una morfologia fortemente incisa, caratteristiche tipiche dei piccoli bacini montani predisposti alla formazione di colate detritiche. La pendenza media del bacino oggetto di studio raggiunge i 34°, con valori superiori al 40° nel canale principale, mentre la quota varia dai 2325 m s.l.m. della zona di innesco ai 1492 m s.l.m. della sezione di chiusura (per una completa panoramica delle caratteristiche geomorfologiche del bacino, cfr. capitolo 2.5 Parametri morfometrici del bacino).

Dal punto di vista geologico, il bacino è composto prevalentemente da formazioni miste del Monte Fernazza e da depositi postglaciali, con elevata fratturazione e abbondante materiale sciolto.

L'assenza di una copertura vegetale significativa nella parte alta del bacino, unita alla forte pendenza, favorisce l'instabilità dei versanti e la disponibilità di sedimento mobilizzabile in caso di precipitazioni intense. Anche i parametri morfometrici, come il numero di Melton (pari a 2,1), indicano una predisposizione elevata allo sviluppo di colate detritiche.

Il bacino drena verso il torrente Avisio, attraversando un'area antropizzata e prossima a infrastrutture di alta importanza turistica. Il bacino si trova poco distante dalle piste e impianti di risalita del comprensorio sciistico Dolomiti Superski ed è una frazione altamente residenziale con diverse attività del terzo settore. Gli elementi presenti nel territorio, già fragile perché in territorio montano, aumentano la rilevanza del rischio associato a una colata detritica il che aumenta la rilevanza del rischio associato.

Durante la tempesta Vaia, avvenuta tra il 27 e il 30 ottobre 2018, precipitazioni eccezionali e venti intensi causarono numerosi dissesti idrogeologici nel Triveneto (Veneto, Trentino – Alto Adige e Friuli Venezia Giulia). Nel pomeriggio del 29 ottobre, nel Rio Toèl Lench si verificò una colata detritica che mobilitò un volume stimato tra 2500 e 3000 m³ di materiale, raggiungendo la Strada Statale 641 e danneggiando alcune abitazioni nella frazione di Alba di Canazei.

L’evento, pur non causando vittime, mise in evidenza la vulnerabilità e fragilità del territorio e la conseguente necessità di interventi di difesa e programmazione territoriale da parte delle Pubbliche Amministrazioni In seguito all’evento, fu realizzata un’opera idraulica di consolidamento nella parte terminale del bacino, costituita da una piazza di deposito e da una briglia filtrante, con l’obiettivo di intercettare i futuri fenomeni detritici e proteggere le aree abitate e le infrastrutture.

Per comprendere meglio l’eccezionalità dell’evento e simulare le condizioni di pioggia responsabili dell’innesco, è stata condotta un’analisi statistico-probabilistica (con regolarizzazione statistica secondo Gumbel e probabilità di Hazen, test statistico di Matalas) delle precipitazioni registrate presso la stazione meteo di Pian Fedaia, quale stazione pluviometrica più prossima all’area di studio e attiva da diversi anni.

Lo studio condotto è iniziato attraverso l’analisi delle ore di massima intensità di precipitazione durante l’evento Vaia (picco di precipitazione dalle 17:30 alle 20:30 del 29/10/2018, con altezza cumulata di 61.4 mm), e proceduto con l’analisi dei massimi di precipitazione annuali (analisi storica dal 2009 al 2023). Ho potuto quindi determinare le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) per diversi tempi di ritorno (TR), calcolando i valori di pioggia attesi per ciascun intervallo di tempo e identificando l’intensità dell’evento del 2018. L’evento di precipitazione che ha scatenato la colata detritica (intervallo di tempo di 3 ore) nel bacino oggetto di studio ha avuto un tempo di ritorno stimato di 15 anni, mentre di 71 anni per una durata di 3 giorni (72 ore) corrispondente all’evento Vaia. Si dimostra che, pur l’evento scatenante sia stato di breve durata, il tempo di ritorno complessivo, unito alle caratteristiche geomorfologiche del territorio, è stato elevato e tale da comportare dissesti idrogeologici. Queste informazioni sono state utilizzate per la costruzione dell’idrogramma solido-liquido, necessario alla simulazione numerica della colata mediante il modello a celle per la propagazione delle colate D.F.R.M.

Il modello D.F.R.M. è stato applicato al bacino di studio per analizzare la propagazione della colata e la distribuzione dei depositi, utilizzando una rappresentazione spaziale a celle regolari. Il modello risolve le equazioni del moto bifase acqua-sedimento attraverso uno schema numerico semplificato, in cui la propagazione dipende da parametri idraulici e reologici come la resistenza al moto, la viscosità e i processi di erosione e deposito. In questa tesi, le simulazioni sono state condotte senza includere formule analitiche ma concentrandosi sugli aspetti qualitativi e quantitativi dei risultati ottenuti. Le simulazioni hanno riguardato quattro scenari principali:

1. evento Vaia del 29 ottobre 2018
2. evento Vaia del 29 ottobre 2018 in presenza dell’opera di difesa
3. evento di progetto con tempo di ritorno di 200 anni in assenza di opere
4. evento di progetto con tempo di ritorno 200 anni in presenza delle opere di consolidamento

I risultati mostrano che il modello è stato in grado di riprodurre in modo realistico la dinamica della colata del 2018, con una buona corrispondenza tra le aree simulate di erosione e deposito e quelle osservate sul campo. Le mappe di spessore massimo e concentrazione del flusso evidenziano che la colata si è sviluppata principalmente lungo il canale principale, con accumulo di materiale nella parte bassa del bacino. In presenza dell'opera idraulica, la simulazione ha mostrato una significativa riduzione della portata solida a valle e un contenimento efficace dei depositi all'interno della piazza di deposito.

Le simulazioni dell'evento di TR200 hanno evidenziato una maggiore estensione delle aree coinvolte e volumi di trasporto superiori, ma la presenza delle opere ha dimostrato una notevole capacità di mitigazione, riducendo la velocità del flusso e limitando il trasporto solido verso le zone antropizzate. Il confronto tra gli scenari ha quindi confermato la validità dell'intervento strutturale realizzato e la buona performance del modello numerico nella previsione dei fenomeni di propagazione.

In conclusione, lo studio ha permesso di comprendere in modo approfondito le caratteristiche morfologiche e geologiche del bacino del Rio Toèl Lench e di analizzare l'impatto dell'evento del 2018 attraverso una modellazione numerica affidabile. Il modello D.F.R.M. si è dimostrato uno strumento efficace per la simulazione delle colate detritiche e per la valutazione della loro pericolosità in contesti alpini.

I risultati ottenuti evidenziano l'importanza della modellazione numerica nella pianificazione e nella progettazione di opere di difesa, fornendo supporto alle strategie di mitigazione del rischio idrogeologico in ambiente alpino. In questo contesto, il ruolo degli Enti Locali e della Pubblica Amministrazioni è fondamentale, poiché sono chiamati ad utilizzare tali strumenti per pianificare in modo efficace gli interventi di prevenzione e protezione del territorio. Ad esempio, l'Autorità di bacino Distrettuale delle Alpi Orientali mette a disposizione diversi software, tra cui il modello D.F.R.M., a supporto delle Amministrazioni e dei tecnici relativamente ai temi connessi alla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.

L'analisi dell'evento Vaia sottolinea la necessità di un monitoraggio costante e coordinato da parte delle istituzioni territoriali, quali anche comunità montane, al fine di garantire un controllo continuo delle condizioni meteorologiche e geomorfologiche dei bacini montani. In particolare, in presenza di opere idrauliche, come la piazza di deposito e la briglia filtrante nel bacino oggetto di studio, sono fondamentali una accurata manutenzione e pulizia al fine di mantenere la loro funzionalità ed efficienza. Le opere devono essere svuotate dopo ogni evento di colata detritica e la copertura erbacea nel piazzale deve essere assente, così da assicurare la piena capacità di contenimento e filtrazione in occasione degli eventi successivi.

L'applicazione di modelli numerici per la ricostruzione di eventi estremi a scala territoriale, come il D.F.R.M., può e potrà supportare le amministrazioni locali nel migliorare la prevenzione e la gestione del rischio idrogeologico nell'arco alpino – dolomitico, con benefici per la sicurezza dei centri abitati, delle infrastrutture e dell'intera popolazione residente e turistica.

Confrontare il file di tesi originale per:

- testi integrali
- equazioni di calcolo dell'analisi delle precipitazioni e tempi di ritorno
- equazioni di calcolo del modello D.F.R.M.
- immagini dimostrative del luogo oggetto di studio
- immagini dei risultati delle simulazioni ottenute con modello D.F.R.M. elaborate tramite QGIS
- bibliografia