



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea magistrale in Scienze Forestali e Ambientali

*Analisi del comportamento idrologico-idraulico
di aree terrazzate nella zona DOCG del
Prosecco Superiore (Provincia di Treviso)*

Relatore:

Prof. Vincenzo D'Agostino

Correlatore:

Dott. Francesco Bettella

Laureando:

Davide Gomiero

Matricola n.

1130372

ANNO ACCADEMICO 2016 - 2017

RIASSUNTO

Questa tesi si propone di affrontare e analizzare il comportamento idrologico-idraulico di alcune aree terrazzate, inserite nel contesto vitivinicolo trevigiano della zona DOCG del Prosecco Superiore. Tale ambito collinare, caratterizzato da varie fragilità territoriali, è sempre più interessato dall'allevamento della vite a Prosecco, ritenuta, oggi più di ieri, un'elevata fonte di reddito. Tali investimenti territoriali stanno conducendo negli ultimi anni a un cambiamento dell'uso del suolo, portando verso una maggiore presenza di aree vitate nelle colline trevigiane.

L'attuale espansione dell'allevamento della vite, ricade in un contesto già fortemente modellato, nel corso dei secoli, da tale coltura. Quello che va a cambiare, infatti, non è tanto l'estensione stessa dell'area vitata dell'Alta Marca Trevigiana, la quale nel passato era per certi aspetti vicina all'attuale, quanto, piuttosto, la tipologia delle sistemazioni agrarie applicate all'allevamento della vite.

Questa tesi, dopo aver esaminato il quadro territoriale e culturale in cui va a inserirsi, si propone di analizzare idrologicamente due aree terrazzate, realizzate da poco con una sistemazione agraria di recente introduzione denominata "a traverso" (o "alla trentina"). L'introduzione di questa tipologia di sistemazione in un contesto fortemente improntato da altre tipologie considerate storiche e tipiche del luogo, porta a interpellarsi su quali possano essere gli effetti idrogeologici di questo nuovo modello, applicato spesso anche a terreni a elevata pendenza.

Si utilizzerà quindi il modello bi-dimensionale Flo-2d per eseguire alcune simulazioni idrologico-idrauliche, volte a studiare i deflussi superficiali e le problematiche di erosione e perdita di suolo fertile. Verranno inoltre prodotte, sulla base di questi dati, delle mappe, realizzate tramite l'ausilio di un software GIS, utili alla rappresentazione sintetica di tali fenomeni.

Lo studio sull'erosione porterà a conoscere i valori di suolo fertile che possono essere persi durante l'accadimento di eventi precipitatori di diversa entità e caratterizzati da tempi di ritorno differenti.

ABSTRACT

The aim of this dissertation is to investigate the hydrological and hydraulic behavior of some terraced areas of the DOCG area dedicated to the production of the Prosecco Superiore variety of wine. This area, characterized by its famous hills, is more than ever affected by the plantation of the Prosecco grapevine which is considered to be an important source of income. As a result, this area has also been subjected to constant investments which are nowadays leading to a change in the use of the soil and to a more widespread presence of vineyards in the area of the well known “colline trevigiane”, that is to say the hills in the Treviso district.

The current development of the plantation of the grapevine is taking place in an area already characterized by this cultivation in the past. In fact, what has actually changed, is not the extension of the area of the Alta Marca Trevigiana territory dedicated to the production of wine, which is nowadays similar to the one of the past, but the type of terraces adopted for the plantation of the grapevine.

This dissertation, after having analyzed the territorial and cultural topic it deals with, aims at investigating hydrologically two terraced areas which have been recently realized through a new agricultural type of terrace denominated “a traverso”. The introduction of this type of terraces in a context already characterized by other historical and traditional slope farming, lead us to the investigation of the possible hydrological consequences of this new model, which is currently being applied also to highly leaning grounds.

This analysis will be held through the employment of the Flo-2d two-dimensional model to carry out some hydrological and hydraulic simulations; these will be performed to examine the superficial outflows and the problems arising from the erosion of the soil and from the loss of fertile soil. Through these data, some maps will also be developed, realized through the employment of a GIS software, very useful for a synthetic representation of these phenomena.

Studies about erosion will get to know how much fertile soil has been lost during precipitations, characterized by different times of return.

INDICE

1. INTRODUZIONE	4 -
1.1 Importanza del settore vitivinicolo	4 -
1.2 Intensificazione dei versanti coltivati a vigneto	6 -
1.2.1 Rapida analisi multi-temporale.....	6 -
1.2.2 Tipologie di <i>sistemazioni</i>	11 -
1.3 Indagine condotta e scopo della tesi	24 -
2. AREA STUDIO	26 -
2.1 Inquadramento territoriale	26 -
2.1.1. Il sistema a Hogback	28 -
2.2 Orografia, clima, geologia	30 -
2.2.1 Orografia	30 -
2.2.2 Fattori meteo-climatici.....	36 -
2.2.3 Analisi d'area delle precipitazioni	36 -
2.2.4 Geologia, suoli ed erosione.....	42 -
2.3 Vincoli/norme	51 -
3. MATERIALI E METODI.....	54 -
3.1 Il rilievo in campo.....	55 -
3.2 Analisi delle piogge	56 -
3.2.1 Le stazioni pluviometriche di riferimento e la loro importanza generale ..	56 -
3.2.2 Procedimento. I dati pluviometrici.....	57 -
3.2.3 Procedimento. Altezze di pioggia	58 -
3.2.4 Procedimento. Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP)	59 -
3.2.5 Costruzione del pluviogramma a “blocchi alterni”	62 -

3.3 Elaborazioni in ambito GIS (Geographical Information System)	66 -
3.3.1 Analisi idrologiche in ambito GIS	67 -
3.3.2 Assegnazione della scabrezza idraulica e del Curve Number	70 -
3.4 Il modello di simulazione Flo-2d	73 -
3.4.1 Parametri di input	75 -
3.4.2 Procedimento. Simulazioni e implementazione del modello	79 -
4. RISULTATI E LORO DISCUSSIONE	81 -
4.1 Simulazioni idrologico-idrauliche con flo-2d	81 -
4.1.1 Determinazione delle sezioni di chiusura	81 -
4.1.2 Idrogrammi di piena	83 -
4.1.3 Analisi sulle altezze di flusso	94 -
4.1.4 Analisi delle velocità dei deflussi	101 -
4.1.5 Considerazioni sul pericolo di erosione	108 -
4.1.6 Considerazioni sulle perdite di suolo	113 -
5. CONCLUSIONI	117 -
6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	122 -
6.1 Bibliografia	122 -
6.2 Sitografia	124 -

1. INTRODUZIONE

1.1 Importanza del settore vitivinicolo

Grazie al D. M. 17 luglio 2009¹, l'importanza del ben noto vino denominato "*Prosecco*", sta assumendo in termini economici sempre maggiore rilievo a livello nazionale e internazionale. La qualità del vitigno (ora il "*Glera*"), l'apprezzabilità e la notorietà che questo *brand* ormai ha assunto, stanno portando imprenditori agricoli e non solo a investire sempre di più nella sua produzione. Il D. M. sopra citato ha innalzato enormemente le potenzialità economiche della coltivazione di questi vitigni, assicurando una visibilità, una garanzia e un'unicità del prodotto superiore a prima.

Il settore vitivinicolo italiano ricopre fama notevole tanto quanto considerevole è il suo valore nell'economia nazionale e locale. La sola produzione da vite da vino della regione veneto nel 2011 (ISTAT), ha costituito circa il 18,5% dell'intera produzione nazionale. Il che fa del territorio veneto un ambito produttivo di particolare rilievo. Analizzando più nel dettaglio si riscontra che, sempre nel 2011, la provincia veneta con la superficie vitata di maggior estensione risulta essere Treviso, con ben il 37,8% della superficie vitata regionale (Figura 2). Treviso rappresenta infatti indubbiamente il cuore del territorio del *Glera* ed è qui che vi è la maggiore estensione di superficie coltivata con questo pregiato vitigno (Figura 3). Intorno a esso gravita un potenziale economico e lavorativo ragguardevole. Nel 2015 vi erano impiegati ben 3364 viticoltori con 5549 addetti al settore, e si è raggiunto un fatturato del DOCG Conegliano Valdobbiadene pari a 445,7 milioni di euro, mentre l'export totale dello spumante DOCG ha raggiunto il 40,86% del totale. (Rapporto annuale CIRVE, 2016).

Questa "corsa" all'investimento sta portando alcune modificazioni nell'assetto territoriale del trevigiano, portando a un cambiamento più o meno intenso, per certi

¹ Riconoscimento della denominazione di origine controllata dei vini «Prosecco», riconoscimento della denominazione di origine controllata e garantita dei vini «Conegliano Valdobbiadene - Prosecco» e riconoscimento della denominazione di origine controllata e garantita dei vini «Colli Asolani - Prosecco» o «Asolo - Prosecco» per le rispettive sottozone e approvazione dei relativi disciplinari di produzione. (09A08700) (GU Serie Generale n.173 del 28-07-2009).

aspetti positivo e per altri negativo, del “paesaggio tipico locale”. Il cambiamento di uso del suolo e delle tecniche agricole, legato a processi meteo-climatici di recente evoluzione verso fenomeni più estremi e di maggior severità, potrebbero avere numerosi impatti sul territorio, in particolare a livello di dissesto idrogeologico e della problematica di erosione dei suoli.

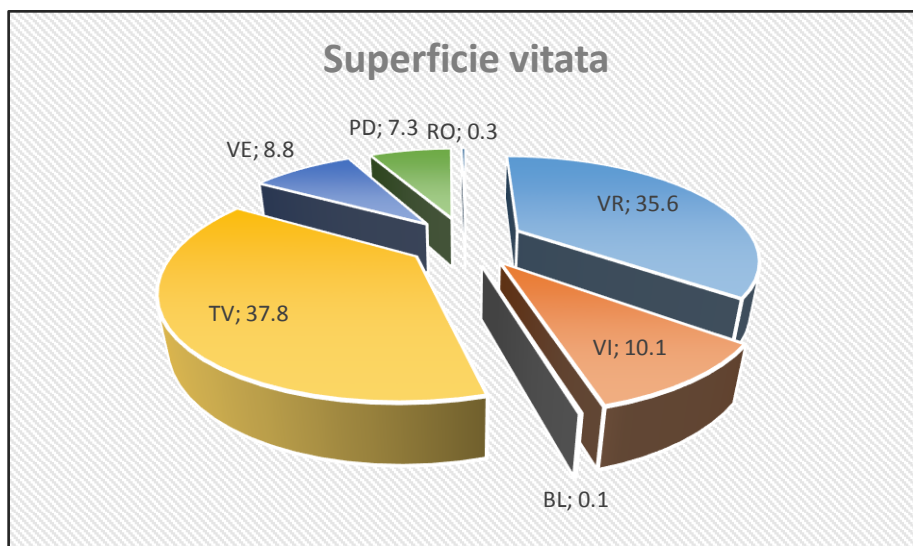


Figura 2. Superficie vitata per provincia in Veneto. Elaborazioni dati ISTAT, 2011

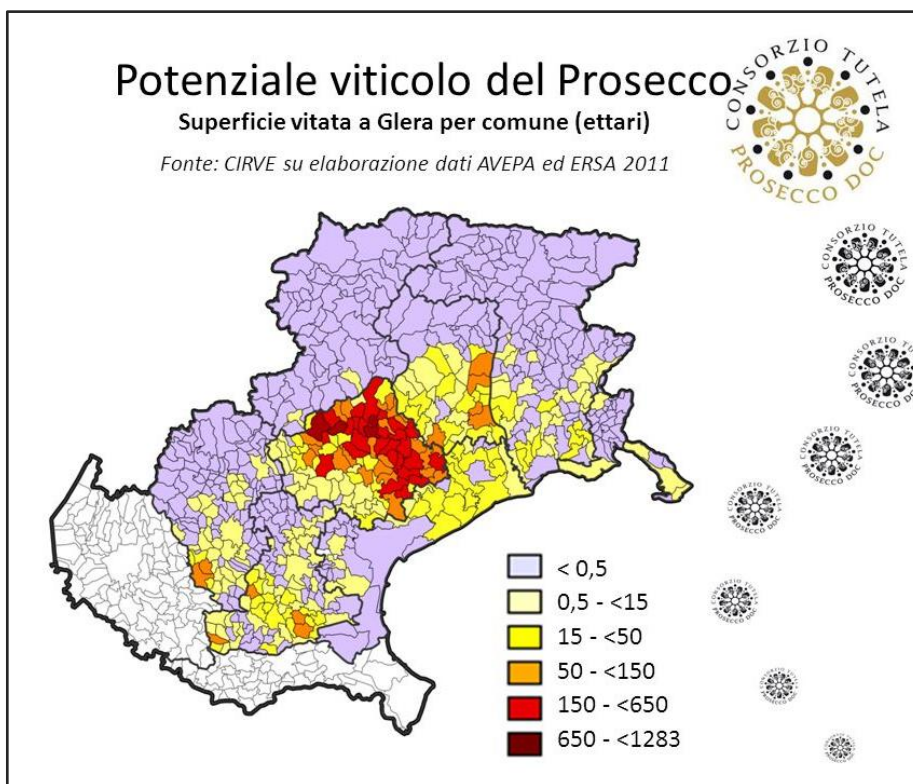


Figura 3. Superficie vitata a Glera per comune in ettari. CIRVE su elaborazione dati AVEPA ed ERSa, 2011

1.2 Intensificazione dei versanti coltivati a vigneto

1.2.1 Rapida analisi multi-temporale

Eseguire una veloce analisi multi-temporale sulle dinamiche evolutive della superficie coperta da vigneto, può dare un chiaro contributo alla comprensione globale del contesto rurale in cui andrà a immergersi la presente tesi. Questa analisi altro non è che un raffronto tra diverse immagini satellitari (ortofoto) di differenti soglie storiche, riferite agli ultimi 40 anni. “Solo grazie al confronto con il passato [infatti] è possibile stabilire con esattezza se il paesaggio presente conserva integri, e in che misura, i caratteri del paesaggio storico” (Kamei e Nakagoshi, 2002) o se da tali esso differisce. In questo caso ci limiteremo a osservare l’evoluzione che le aree a vigneto hanno avuto nel corso di questi ultimi anni, verificando la loro presenza tramite l’utilizzo delle ortofoto. Grazie a un analisi multi-temporale realizzata da Santoro (2013) per la zona di Valdobbiadene (analizzati 1152 ettari), possiamo far risalire le seguenti considerazioni fino al 1960. Questo studio ha dimostrato che a tale epoca i due usi del suolo prevalenti erano “vigneti” al 43% e le “aree boscate” al 38%. Da questi dati si evince che già all’epoca il paesaggio storico delle colline trevigiane era fortemente improntato sulla coltura della vite. Lo stesso Santoro fa poi un confronto con l’anno 2007 deducendone un quadro interessante. Un forte processo di forestazione ha portato le aree boscate dal 38% al 48%, aumentate a discapito soprattutto di prati e pascoli, mentre i vigneti hanno subito una “presunta” diminuzione dal 43% al 38%. In realtà questa presunta diminuzione è spiegabile con almeno due fattori differenti. Per prima cosa l’analisi considerava probabilmente l’uso del suolo promiscuo di “seminativi con all’interno vigneto” come parte di tale percentuale. Soprattutto, però, è l’utilizzo della pratica della vite maritata (Figura 4) a tenere alta questa percentuale, senza considerazioni sull’intensità dei filari e il numero di viti a ettaro. Intendendo per “vite maritata” quella forma di allevamento della vite che consocia i tralci ad una pianta (es. salice), in modo tale che quest’ultima ne consenta il sostegno e lo sviluppo in altezza. Ne risulta un quadro di difficile interpretazione se confrontato con la realtà attuale. La pratica della vite maritata infatti, resterà in forte auge e come modalità prevalente almeno sino agli

anni 60 del Novecento. (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015).

Anche all'interno delle analisi eseguite per il Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico (2015), "Le colline di Conegliano Valdobbiadene: paesaggio del Prosecco Superiore", sono state riscontrate in proporzione le stesse variazioni di percentuale di uso del suolo. Il Dossier esamina in un'analisi temporale le stesse soglie temporali di Santoro evidenziando per il 1960 una superficie a "bosco" del 41,01% e a "vigneto" del 31,36% mentre per il 2007 una superficie del 52,06% e del 24,06% rispettivamente per la prima e la seconda categoria. Le differenze con l'analisi di Santoro sono desumibili presumibilmente per diversità di scala tra le due aree prese in esame, essendosi Santoro focalizzato solamente sulla zona di Valdobbiadene mentre il Dossier ha ricoperto tutto il territorio delle colline della Marca Trevigiana. Il risultato desunto comunque è molto simile: una sostanziale diminuzione della superficie vitata e un altrettanto marcato avanzare del bosco principalmente a discapito di vecchi prati e pascoli. Superficie però strettamente connesse a un cambiamento storico molto forte della sistemazione dei versanti, dell'intensità dei filari e del numero di viti a ettaro. Tutto questo almeno fino alla seconda soglia temporale del 2007.

Nella presente tesi si è proceduto esaminando digitalmente 4 soglie distanziate all'incirca 10 anni le une dalle altre, per un'area di circa 50 ettari che comprende una delle zone oggetto delle successive indagini condotte in questo elaborato: 1980 (Figura 6), 1991 (Figura 7), 2004 (Figura 8), 2016 (Figura 9). Un rapido sguardo basta per confermare le argomentazioni precedenti: il bosco infatti ha ricoperto diverse superfici prima lasciate a prato e pascolo e, vecchi vigneti per età e tipologia, hanno lasciato posto ad altri di "nuova generazione". Colpisce invece un nuovo fattore: la semplificazione e uniformità del mosaico paesaggistico. Gli appezzamenti a vigneto sono di più grande estensione e di forte intensità colturale con impatti probabilmente più elevati sul territorio e le sue dinamiche. In più sembra esserci una graduale crescita nell'ultima decina d'anni delle superfici vitate (Figura 5). Infatti, se nel 1980 la superficie si attesta attorno al 26.5% e nel 1991 decresce fino al 20.4%, dal 2004 in poi riparte a crescere attestandosi nello stesso anno attorno al 21.2% e nel 2016 vicino al 28.4%, divenendo

maggiore rispetto alla prima soglia storica. Per confermare ciò sarebbe però auspicabile un'analisi spaziale a più vasta scala territoriale. Tuttavia non è questo lo scopo di tale tesi e i fattori chiave da comprendere restano legati a quanto già detto. Infatti le modificazioni territoriali a livello di cambiamento della sistemazione dei versanti, a cui può conseguire una maggiore intensità di viti a ettaro, potrebbero causare nuove dinamiche di impatti territoriali, soprattutto dal punto di vista del dissesto idrogeologico.



Figura 4. A sinistra: estratto della Kriegskarte rappresentante i colli in località Arfanta (Tarzo) nella quale sono indicate le diverse modalità di coltura della vite maritata in pianura e in collina: in pianura questa è più fitta e non rappresenta ampi spazi a seminativo. Fonte: dal libro Rorato G. *Civiltà della vite nel trevigiano e nel veneziano*, Acelum, Asolo, 1990; Kriegskarte 1798-1805.

A destra: Vigneto a vite maritata intervallato da ampi spazi prativi [Fonte: FAST e Dossier di candidatura al Registro Nazionale del Paesaggio Rurale Storico: "Le colline di Conegliano Valdobbiadene: paesaggio del Prosecco Superiore."].

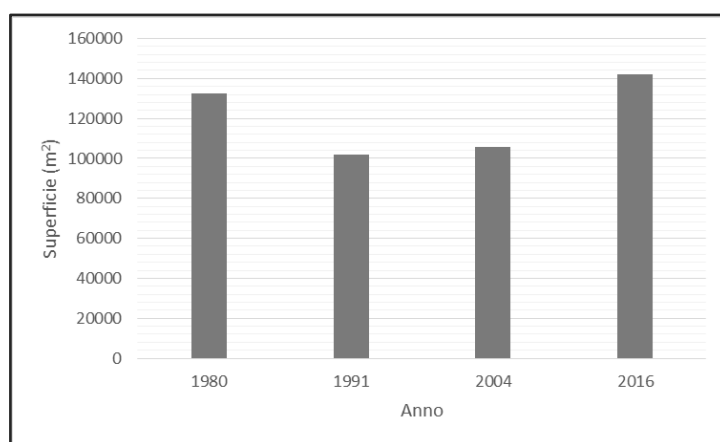


Figura 5. Superficie vitata su soglie storiche in località Arfanta (confronto su circa 50 ha).



Figura 6. Foto aerea anno 1980. Località Arfanta (Tarzo); in rosso sono evidenziate le aree a vigneto.



Figura 7. Foto aerea anno 1991. Località Arfanta (Tarzo).



Figura 8. Foto aerea anno 2004. Località Arfanta (Tarzo).



Figura 9. Foto aerea anno 2016. Località Arfanta (Tarzo).

1.2.2 Tipologie di *sistemazioni*

Per secoli l'allevamento della vite in collina e in montagna ha visto un susseguirsi di diverse "strategie" più o meno efficaci di sistemazione dei versanti acclivi. Queste pratiche di gestione colturale e organizzativa del vigneto in pendenza, hanno finito per affermarsi in diverse tipologie, legate per lo più a fattori locali come il grado di acclività, le caratteristiche dei suoli, la cultura agricola tipica del luogo, ecc. Quasi in tutti i paesaggi viticoli italiani, infatti, è possibile riconoscere un'impronta tipica che contraddistingue il territorio locale, ne aumenta il valore culturale e paesaggistico e che influenza in diverso modo le dinamiche dei processi naturali.

Tuttavia, il più o meno recente sviluppo economico e gestionale che ha riguardato il settore vitivinicolo, sta conducendo sempre di più verso una forte meccanizzazione agricola, a una viticoltura specializzata e di tipo intensivo. A questo consegue ovviamente un impatto diverso sul territorio e su alcuni processi naturali come la regimazione delle acque e i fenomeni erosivi. A seconda delle tipicità del luogo si dovrà quindi mettere in campo la *sistemazione idraulico-agraria per terreno in pendenza* più adatta. Intendendo per quest'ultima tutte quelle opere e interventi necessari al miglioramento della regimazione delle acque piovane e non, presenti in eccedenza sul terreno, in modo da garantire deflussi non dannosi in tema di erosione del suolo e la prevenzione da fenomeni di dissesto idrogeologico.

Di fatto, l'obiettivo di una buona sistemazione dovrebbe portare, oltre a quanto già detto, all'ottimizzazione dell'infiltrazione dei deflussi superficiali, oltre che il rallentamento della loro velocità e della loro quantità. Inoltre dovrebbe assicurare maggiore stabilità ai versanti e allo stesso orizzonte superficiale del suolo, evitando irreversibili perdite di fertilità per ruscellamento. Infine, anche se per i terreni in pendenza è un caso assai più raro di quelli in piano, la sistemazione dovrebbe anche eliminare quelle situazioni di ristagno idrico (superficiale e sotterraneo) così dannose per la vite.

Nel passato, invece, le sistemazioni erano fortemente legate alla tipologia colturale della vite. Nelle colline trevigiane in particolare, quest'ultima "era allevata maritandola (Figura 10) a un tutore vivo, a comporre dei filari ai bordi delle proprietà o a dividerle in

appezzamenti il più possibile regolari, destinati a colture cerealicole (mais e frumento in primis) o al prato [intervallati spesso sullo stesso terreno nel corso degli anni]. Questo modo di allevare la vite prendeva il nome di alberata, quando vi era un singolo albero su cui far crescere una o più viti, o piantata, quando veniva realizzato, con la stessa tecnica, una sorta di filare” (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015). La promiscuità di colture, il basso sesto d’impianto, l’impiego della vite non come monocoltura prevalente, il sostegno vivo e la bassa intensità della coltura, chiaramente avevano effetti in parte diversi sull’assetto idrogeologico e sul mantenimento della fertilità dell’orizzonte organico. La sola presenza ad esempio di una seppur “rada” copertura arborea, consentiva di stabilizzare tramite chiome e radici una parte del suolo superficiale.

“In funzione della morfologia del sito (pendenza dell’appezzamento) la viticoltura dell’epoca era caratterizzata da tre diversi sistemi colturali (Figura 11): il ronco arborato vitato (o vigna arborata in banche), tipico delle zone a maggior pendenza; l’aratorio arborato vitato (talvolta zappativo arborato vitato), con gli alberi orientati parallelamente al lato maggiore del campo (girapoggio), per favorire la lavorazione della parte seminata, e infine il prato arborato vitato. Questi ultimi due erano più diffusi nelle zone a minor pendenza o mediamente pianeggianti.” (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015). Pertanto, era spesso l’economia familiare di una volta che imponeva (al di là della pendenza, dei fattori stagionali e della conoscenza tecnica dell’epoca) un uso del suolo promiscuo di più colture, garantendo una diversità strutturale sia in senso verticale che orizzontale, già nello stesso appezzamento.

Il complesso mosaico paesaggistico dell’Alta Marca Trevigiana di qualche decennio o secolo fa, doveva quindi apparire per certi versi ben diverso da quanto vediamo oggi. Nel sistema collinare i filari seguivano un orientamento posto trasversale alla linea di massima pendenza ed erano sostenuti dalla realizzazione di scarpate atte a contrastare l’acclività. La sistemazione a ritocchino non era quasi mai adottata.

“In passato erosioni e frane erano un problema minore grazie all’accuratissima gestione delle acque, favorita dagli appezzamenti di dimensioni medio-piccole e dal fatto che il suolo non aveva subito modifiche importanti” (Morando e Lavezzaro, 2013).

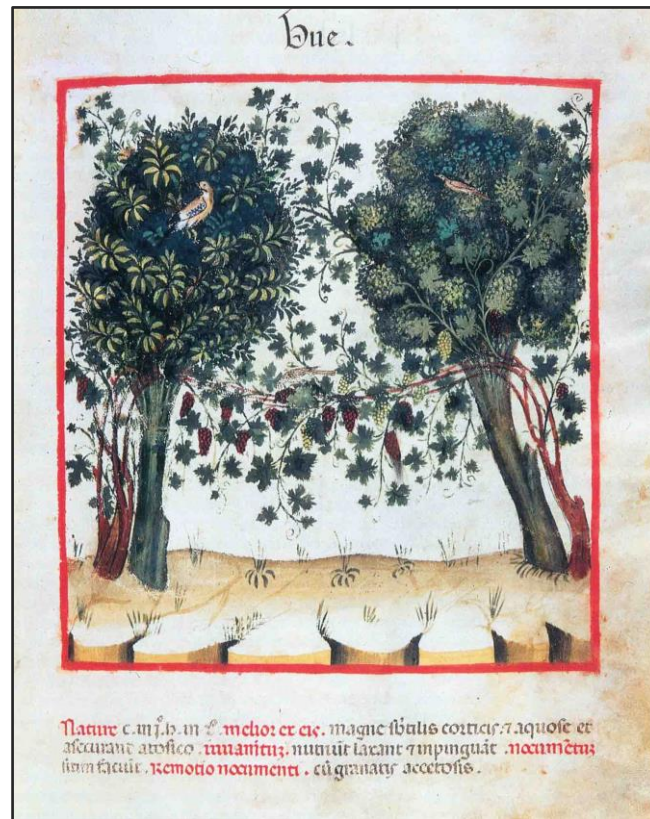


Figura 10. Vite “maritata” agli alberi, tirando i tralci da un tronco all’altro, secondo il metodo della “piantata padana” in uso già presso gli Etruschi. Miniatura tratta da UBUCHASYM DE BALDAH (XI sec.), *Theatrum Sanitatis*, sec. XIV, ms 4182 (Roma, Biblioteca Casanatense).

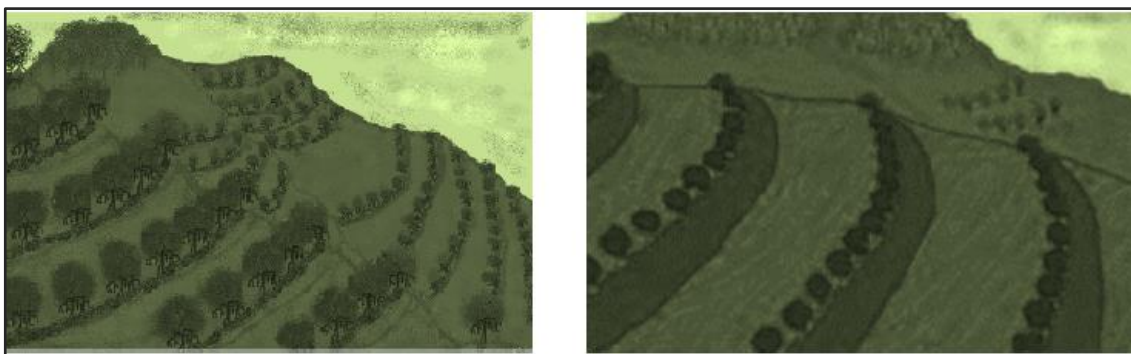


Figura 11. A sinistra è visibile una collina coltivata con un sistema a “ronco arborato vitato”. A destra troviamo ricostruito un sistema ad “aratorio o zappativo arborato vitato”. L’aratorio era utilizzato su pendenze più lievi mentre il zappativo aveva un sistema di alzate inerbite che consentiva di superare la pendenza.
Fonte: Tomasi D., Dalla Celeste M., Tempesta T. (a cura di) *I paesaggi vitati del Conegliano Valdobbiadene, delle pianure del Piave e del Livenza, CRA-VIT, Conegliano, 2007.*

A partire dagli anni Sessanta del secolo scorso iniziarono a cambiare fortemente le modalità con cui veniva affrontata la viticoltura, sostenendo spesso dapprima una fase di transizione, la quale era legata comunque all'uso del tutore vivo e a cui veniva aggiunto un maggiore infittimento dei filari. L'introduzione dei pali a secco, l'intensificazione dei filari a ettaro, la maggiore estensione degli appezzamenti e l'avvento di una maggiore specializzazione e meccanizzazione, portarono a quella struttura tipica che vediamo tutt'oggi e che ha fatto scomparire in parte la fisionomia e morfologia del territorio data dai precedenti sistemi.

Da questo periodo rivoluzionario e dalle tipiche pratiche storiche locali, nonché dai moderni bisogni del comparto vitivinicolo, risultano diverse tipologie di *sistemazioni* che è possibile scorgere all'interno dell'ambito italiano e, in parte, all'interno dell'area studio di questa tesi. Non è quasi più la forma di allevamento a contraddistinguere i fattori che diversificano i vigneti, quanto, piuttosto, il disegno dei filari rispetto alle curve di livello. Queste diverse tipologie di sistemazioni possono contenere in sé numerose varianti e similarità che vanno spesso a sovrapporsi le une con le altre, rendendo piuttosto simili alcune sistemazione e molto differenti altre.

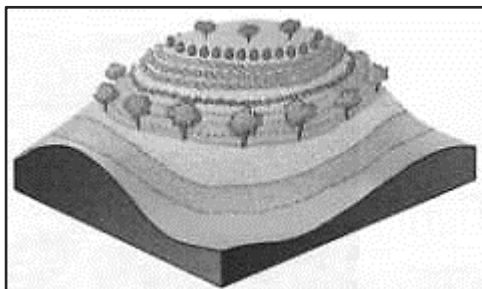
Vediamo ora le principali sistemazioni:

GIRAPOGGIO

Sistemazione tipica e storica dell'area delle colline trevigiane (e non solo), quasi del tutto scomparsa con l'avvento della nuova viticoltura. Essa era pensata principalmente per favorire il lavoro manuale in pendenza e per facilitare il traino animale. L'attuale meccanizzazione non è di per sé compatibile con questa pratica.

In essa i "terrazzi" seguono le curve di livello e la loro conformazione curvilinea permette di mantenere una pendenza del piano terrazzato pressoché pianeggiante. La sezione del terrazzo si presenta con un'inclinazione verso valle generalmente del 3-10% in modo da consentire una laminazione il più possibile uniforme dei flussi verso il basso. Ci sono casi in cui la pendenza del piano è stata rivolta verso monte su di una scolina, ma sono in numero ridotto perché comportano un maggiore obbligo di manutenzione e una più complessa opera di convogliamento delle acque. È una sistemazione che controlla

abbastanza bene il problema dell'erosione essendo le pendenze ridotte e i deflussi sufficientemente distribuiti.



*Figura 12. Disegno sistemazione a Girapoggio
Fonte. Anonima*



Figura 13. Girapoggio in colline trevigiane. Fonte: foto di Diego Tommasi

CAVALCAPOGGIO

I filari assumono una conformazione rettilinea trasversale alla linea di massima pendenza e sono svincolati dalle curve di livello, in cui si alternano tratti in discesa, in piano e in salita. È una sistemazione che si instaura su versanti anche irregolari ed è tradizionalmente impiegata su pendii molto ripidi da lavorare a mano (oltre al 35%) – (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015).

I movimenti di terra sono pochi non essendoci particolari livellamenti. La meccanizzazione ha qualche difficoltà ma è in parte praticabile. La problematica principale è che l'erosione è favorita nei punti di avvallamento e il ruscellamento potrebbe causare danni anche nelle zone più in pendenza dei terrazzi. È opportuno quindi garantire un adeguato sistema di drenaggio e convogliamento dei deflussi.

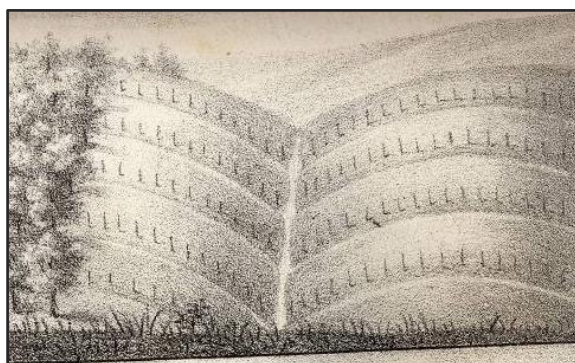


Figura 14. Cavalcapoggio. Fonte: Dal Nuovo Dizionario di Agricoltura di Francesco Gera (1838)



Figura 15. Cavalcapoggio in colline trevigiane. Fonte: Foto di Diego Tomasi

TRAVERSO (alla "trentina")

“È un tipo di sistemazione introdotta recentemente [nelle colline trevigiane] su imitazione di interventi eseguiti in Trentino. Prevede la formazione di filari rettilinei che tagliano trasversalmente il versante che viene comunque “terrazzato”. Unisce alcuni vantaggi del ritocchino con alcuni altri del terrazzamento.” (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015). Richiede però grandi movimenti di terra e una doverosa predisposizione di un buon drenaggio e gestione delle acque. Si può attuare anche su pendenze piuttosto elevate con filari molto stretti (addirittura la larghezza di libero transito può essere inferiore al metro). I terrazzamenti infatti hanno un’ampiezza minore rispetto ad altri tipi di sistemazioni. Nonostante questo però non sono particolarmente limitanti per la meccanizzazione perché sfruttano, come punto di forza, l’utilizzo di una particolare tipologia di mezzo agricolo che è in grado di muoversi su ripide pendenze e, soprattutto, in spazi angusti per altri mezzi. Questo piccolo trattore (Figura 17) è stato sviluppato in Trentino e sta piano piano conquistando i

vigneti più impervi della Marca Trevigiana. Il mezzo consente di passare su “larghezze di transito estremamente ristrette [dell’ordine di circa 1 metro e supera la] necessità di dover effettuare manovre di svolta su capezzagne anguste, spesso caratterizzate da pendenze superiori al 60%” (Mazzetto, 2013). Un altro vantaggio che viene dato dall’utilizzo di questo veicolo è che non essendo un cingolato (anche se ha prestazioni del tutto simili), non si presta troppo alla rovina del cotico erboso, diminuendo così la creazione di solchi e ormaie che altrimenti verrebbero più facilmente creati.



Figura 16. Sistemazione a “Traverso” in colline trevigiane. Fonte: foto di Diego Tomasi



Figura 17. Trattore specializzato in azione in un vigneto con filari molto stretti. Fonte: Mazzetto, 2013.

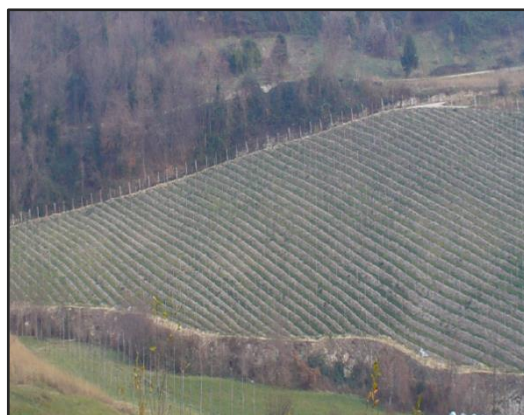


Figura 18. Vigneto con sistemazione a Traverso. Fonte: Lucchetta, 2016.

RITOCCHINO

I filari vengono disposti lungo la linea di massima pendenza in pendii non troppo acclivi. Se la pendenza fosse troppo elevata, infatti, si avrebbero tutti quei fenomeni di erosione diffusa e concentrata dati dal veloce e incontrollato deflusso delle acque, con conseguente perdita di suolo fertile oltre che di danneggiamento della superficie agricola. L’importante in queste sistemazioni è evitare di raggiungere quelle soglie di

pendenza che sarebbero pericolose per la stabilità del versante. In questa tipologia il movimento terra per la strutturazione del versante può essere di diverse entità. L'obiettivo è comunque quello di avere una livellazione uniforme e delle pendenze omogenee su tutto il pendio. Il vantaggio più grande della sistemazione a ritocchino è che consente la forte meccanizzazione, abbattendo così l'utilizzo di forza lavoro; d'altro canto l'impiego massiccio di queste pesanti macchine di certo non favorisce il mantenimento del cotico erboso e la stabilizzazione superficiale che esso garantisce. "Negli ultimi 25 anni è diventata la tipologia permanente nelle zone meno acclivi e che meglio si prestano alla meccanizzazione delle attività agricole" (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015).



Figura 19. Sistemazione a Ritocchino.
Fonte: anonimo



Figura 20. Sistemazione a Ritocchino. Fonte: anonimo



Figura 21. Erosione diffusa e concentrata in un vigneto a sistemazione a Ritocchino. Fonte: Lucchetta, 2016.

SISTEMAZIONE A SPINA

“La sistemazione a spina consente di avere filari rettilinei e sempre alla stessa quota, cioè in piano. Presuppone però un’adeguata sistemazione del terreno. Con le capezzagne come linee di compluvio, dotate di fognature e tombini, è possibile regimare le acque superficiali.

Nel disegno schematico dimostrativo (Figura 22) si noti: la sovrapposizione delle fosse delimitanti i campi, alle curve di livello [...]; le linee di spina aperte e chiuse e la loro corrispondenza agl'impluvi e ai compluvi [disposti lungo le linee di massima pendenza]. Al centro, un esempio di vigna specializzata che consente lavori meccanizzati...” (Scalabrelli, 2013).

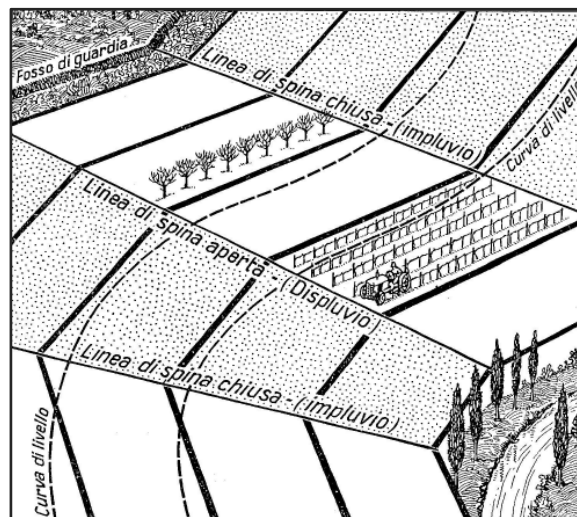


Figura 22. Schema sistemazione a Spina. Fonte: Scalabrelli, 2013.



Figura 23. Vigneto in sistemazione a Spina. Fonte: Scalabrelli, 2013.

TERRAZZAMENTO (a "muro")

La sistemazione a "terrazzamento" presenta numerose declinazioni realizzative legate alla cultura locale che la vedono assumere componenti a volte differenti anche nello stesso territorio. Dominano serie di muretti (a secco o non) che danno forma e funzionalità a un versante coltivato e/o gestito dall'uomo in pendenza, che permettono la creazione di piattaforme chiamate comunemente terrazzi. "L'intervento è rappresentato da una serie di terrapieni costruiti ortogonalmente alla direzione di massima pendenza, al fine di intercettare il deflusso, convogliarlo in uscita a una velocità tale da evitare fenomeni erosivi e di ridurre complessivamente la pendenza del versante." (Perlotto, 2014).

L'ampiezza dei terrazzi e l'altezza degli stessi sono date in funzione della pendenza. Inoltre, alle stesse piattaforme, può venire data a sua volta una lieve pendenza verso valle o monte. Questa tipologia di sistemazione ha il vantaggio di poter permettere le coltivazioni su pendii molto acclivi, anche se generalmente non supera il 45% di pendenza (Figura 24), e di contenere fortemente i processi franosi ed erosivi, grazie soprattutto all'azione permeabile dei muretti edificati a secco e del sistema di drenaggio.

Oltre a ciò i terrazzamenti, a seconda delle necessità locali, posso invece essere sfruttati come un elaborato sistema volto a immagazzinare l'acqua piovana e aumentare la ritenzione idrica del suolo, necessaria alle colture.

Questa sistemazione non è generalmente adatta all'utilizzo di macchinari pesanti e di grandi dimensioni. Non si trovano particolari tracce di questa tipologia nell'area delle colline trevigiane non essendo necessaria per la coltivazione.

Tab. 12.3 Terrazzamento: larghezza dei ripiani in m (da Oliva, 1938).

Pendenza della pendice (%)	Altezza del muro (m)		
	alt. 1,50	alt. 2,00	alt. 2,50
25	5,80	8,15	9,80
30	4,80	6,45	8,15
35	4,15	5,35	6,90
40	3,55	4,80	6,05
45	3,15	4,15	5,35

Figura 24. Larghezza dei ripiani terrazzati in funzione della pendenza. Fonte: Oliva, 1938).



Figura 25. Terrazzamento con vigneto su pergola. Fonte: Schiapparelli M. G.



Figura 26. Terrazzamento a secco. Fonte: anonimo

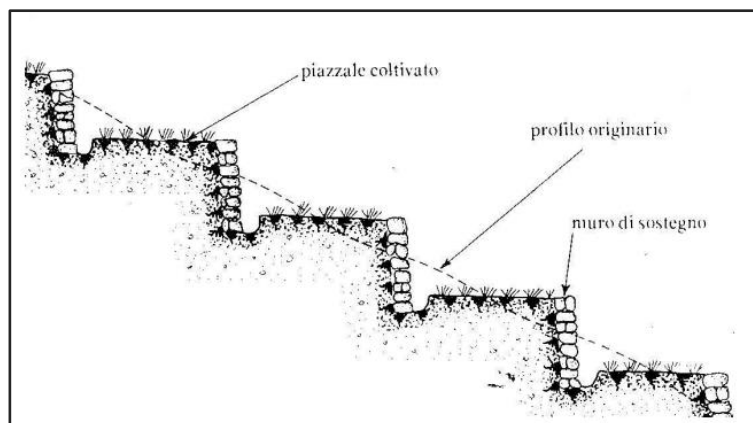


Figura 27. Schema di terrazzamento. Fonte: Bulgarelli G.

CIGLIONAMENTO

Il ciglionamento è di per sé differenziabile dal terrazzamento “vero e proprio” dalla sostituzione del muro a secco da parte di una scarpata inerbita permanente, chiamata ciglione. È una sistemazione che si impiega solitamente nei terreni più sciolti.

Il ciglionamento comporta una maggiore incidenza delle tare di coltivazione, ma viene preferito per la riduzione dei costi di produzione (Bulgarelli, 2004-2005). La sua applicabilità è legata solitamente a una pendenza massima inferiore a quella che può caratterizzare una sistemazione terrazzata.

Tab. 12.2 Ciglionamento: larghezza dei ripiani in m (da OLIVA, 1938).

Pendenza della pendice (%)	Altezza e scarpata dei ciglioni (m)		
	alt. 1,00 sc. 0,40	alt. 1,50 sc. 0,60	alt. 2,00 sc. 0,80
15	6,25	9,40	11,70
20	4,60	7,10	9,20
25	3,60	5,65	6,90
30	2,90	4,40	5,85
35	2,45	3,75	4,75

Figura 28. Larghezza dei ciglioni in funzione della pendenza. Fonte: Oliva, 1938).

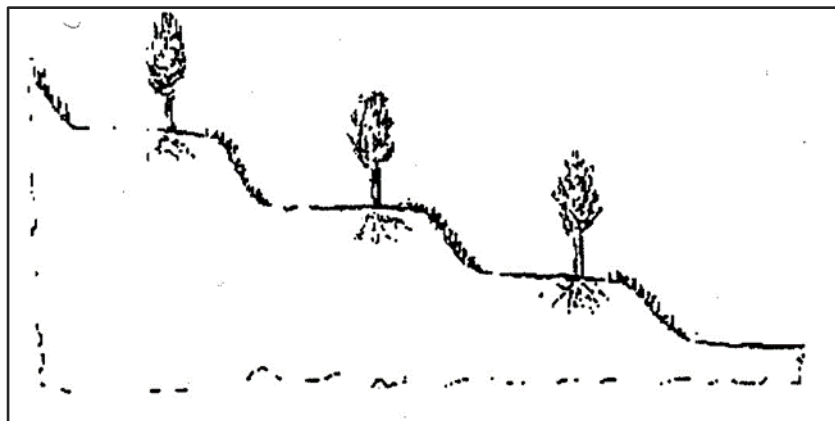


Figura 29. Ciglionamento. Fonte: anonimo.

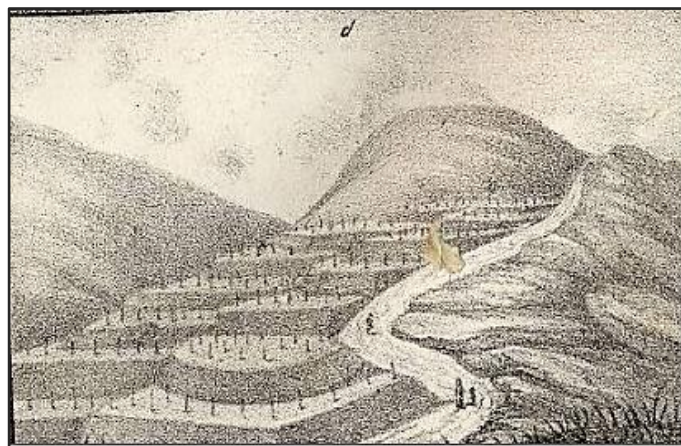


Figura 30. Lavorazioni a Ciglioni. Fonte: Dal Nuovo Dizionario di Agricoltura di Francesco Gera (1838).

Oltre alle sistemazione già enunciate possiamo ritrovare in Italia anche altre tipologie più o meno simili: gradonamento, ripiani raccordati, ripiani ciglionati, a onde, tramite lunette, fosse livellari, ecc. Nell'area studio di questa tesi però, le sistemazioni prevalenti sono o sono state il girapoggio, il cavalcapoggio, il traverso (alla "trentina") e il ritocchino. "La natura del sottosuolo, formato da conglomerato o da marne, nel passato non ha mai reso necessarie particolari cure alla formazione delle terrazze, dei gradoni o delle strette banchine in quanto in grado di sostenersi da soli. Da ciò deriva la sostanziale assenza dei muretti a secco nei vigneti e come detto anche di una tradizione nelle sistemazioni collinari." (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015).

Concludendo si è passati quindi da una coltura estensiva storica, formata da medio-piccoli appezzamenti, con quasi sempre promiscuità di colture a basso sesto di impianto, a sistemazioni via via più intensive che si fondano sui principi del girapoggio (ora quasi del tutto abbandonato) e del cavalcapoggio, fino ad arrivare agli ultimi anni in cui l'estensione dei singoli vigneti è considerevolmente aumentata e si utilizzano il più possibile sistemazioni sempre più meccanizzabili come il traverso (alla "trentina") e, soprattutto e dove possibile topograficamente, il ritocchino.

Questo graduale cambiamento ha portato ad avere un paesaggio ben diverso dall'epoca della vite maritata, con differenti dinamiche e impatti (positivi e negativi) sul territorio e sui processi naturali. "Le grandi estensioni [ora presenti, hanno] l'effetto dell'aumento di deflusso e [lo stesso] trasporto solido viene amplificato." (Lucchetta, 2016). Ogni

differente tipo di sistemazione comunque unisce pregi e difetti che possono aiutare o meno il sistema territoriale a rispondere positivamente a tutte quelle problematiche, pericolose e degradative per il territorio, quali il dissesto idrogeologico e l'erosione dei suoli affrontate in questa tesi. "Per quanto riguarda il rischio di erosione, sia di tipo laminare che incanalato, la disposizione del vigneto è determinante: a parità di pendenza una disposizione a rittochino ha il doppio di rischio rispetto a una disposizione a girapoggio, meglio se terrazzata. Un terreno nudo ha un coefficiente di deflusso doppio rispetto allo stesso terreno inerbito.

L'insieme delle due condizioni porta a concludere che la disposizione di filari a rittochino è da escludere per pendenze superiori al 18% ma sarebbe da limitare alle pendenze comprese tra 10% e 15%. Per pendenze fino al 10% la disposizione dei filari rispetto al pendio è praticamente influente (se c'è copertura erbosa) e quindi dovrebbe avere la priorità l'esposizione oppure la forma dell'appezzamento." (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015).

1.3 Indagine condotta e scopo della tesi

Dopo aver affrontato nei capitoli iniziali l'importanza del settore vitivinicolo (in particolare per quanto riguarda il Prosecco), l'evoluzione territoriale inerente la storia colturale delle vite nelle colline trevigiane e le principali tipologie di sistemazione agraria tipiche o meno del luogo, si procederà ora allo sviluppo specifico di un'analisi su due appezzamenti terrazzati a con il sistema "a traverso" (in località Arfanta e Duca di Dolle) condotta, in particolare, sulla simulazione del loro comportamento idrogeologico durante eventi di pioggia importanti.

Il seguente capitolo, relativo all'inquadramento territoriale, serve per comprendere meglio le condizioni generali che regolano le due aree terrazzate oggetto di studio, analizzate in primo luogo dal punto di vista dell'orografia, della situazione meteo-climatica, geologica e giuridica. Successivamente, nel capitolo "Materiali e Metodi", verranno presentati i principali strumenti utilizzati e alcune delle analisi ed elaborazioni svolte in via preliminare. A seguire, nel capitolo "Risultati e loro discussione", verranno

illustrati i risultati scaturiti da tale percorso. Infine, si trarranno alcune conclusioni sui risultati conseguiti di maggiore rilievo.

In sintesi questa tesi si propone di analizzare le dinamiche idrologico-idrauliche proprie della sistemazione agraria “a traverso” (alla “trentina”), in vista della sua sempre maggiore introduzione all’interno del contesto vitivinicolo delle colline trevigiane.

Gli effetti idrogeologici che possono derivare dall’applicazione di questa sistemazione, richiedono necessariamente di essere studiati, quando essa è adottata su terreni a forte pendenza e a rischio di erosione, e in vista degli attuali cambiamenti climatici.

Ci si domanda, quindi, se tale sistemazione sia idonea nel prevenire e contenere il dissesto idrogeologico o se, invece, ne incentiva il fenomeno.

2. AREA STUDIO

2.1 Inquadramento territoriale

Questa tesi si propone di analizzare due aree studio localizzate nel medesimo contesto. La prima è situata in località Arfanta, una frazione del comune di Tarzo (TV) di appena 69 abitanti (ISTAT, 2015). La seconda area studio è posta nelle vicinanze della frazione di Rolle, all'interno del comune di Cison di Valmarino (TV), confinante a Est con Tarzo. L'area studio di Arfanta verrà da ora in poi denominata in tal modo ("Arfanta") per semplificare la lettura del testo; così come per la seconda area studio che verrà chiamata "Duca di Dolle", nome attribuito alla società agricola che ne governa l'uso.

Entrambe sono situate nel profondo del territorio delle colline trevigiane "dell'Alta Marca", a un'altitudine media per la prima di 455 metri s.l.m. e per la seconda di 318 metri s.l.m.. Le due superfici a vigneto, con sistemazione a traverso (alla "trentina") entrambe, sono anch'esse circa della medesima estensione con pressappoco 18.000 m² l'appezzamento di Arfanta e 15.000 m² quello di Duca di Dolle (porzione di un'area gestita a vigneto molto più estesa).

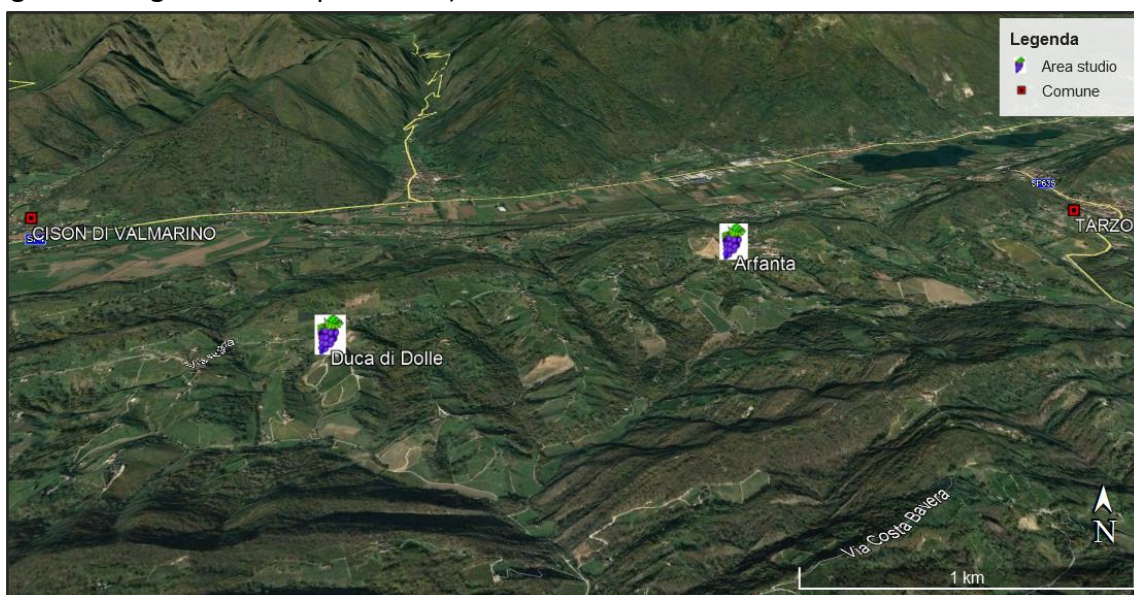


Figura 31. Veduta aerea inquadramento territoriale vigneti "Arfanta" e "Duca di Dolle"

L'Alta Marca Trevigiana rientra per D.G.R. n.372 del 17 Febbraio 2009 del PTRC Veneto (sua adozione), nell'Atlante Ricognitivo come ambito n°16: "Prealpi e Colline Trevigiane". L'Atlante suddivide il territorio veneto in trentanove ambiti di paesaggio.

Per ognuno di essi presenta una scheda, la quale descrive una serie di caratteri tipici del paesaggio (intenso in senso lato) a essa connesso; dando una lettura della fisiografia e un inquadramento normativo generale, una descrizione propria dei caratteri paesaggistici e delle dinamiche di trasformazione in atto e fornendo infine degli obiettivi e indirizzi di qualità paesaggistica. L'ambito n°16, di cui fanno parte le due aree studio, si presenta quindi peculiare per un'omogeneità tipica locale, derivante da molteplici aspetti antropici e naturali, e da tutte le dinamiche interconnesse che hanno edificato nel corso dei secoli la tipicità di questo territorio. Si desume pertanto che, per certi processi e contesti presenti in quest'area, tali dinamiche siano piuttosto simili e che possano dunque essere riferibili e traslocabili in realtà affini, all'interno dell'intero comprensorio dell'Alta Marca Trevigiana.

Nell'ambito n°16 sono riconosciute, per il sistema collinare e in particolare per l'area in oggetto di studio, ampie formazioni boscate presenti soprattutto sui versanti esposti a nord, con prevalenza di ostriro-querceti e castagneti con tracce di robinia–pseudo acacia. “L'ambito è caratterizzato da una elevata presenza di aree coltivate, tenute a vigneto nella parte collinare e a seminativo nella parte di alta pianura” (Atlante Ricognitivo, 2009) e la presenza antropica è ritenuta molto forte, sia in termini di espansione del sistema insediativo che delle pratiche agricole-rurali. L'intera zona collinare è percorsa da numerosi corsi d'acqua alimentati da precipitazioni annuali leggermente più consistenti rispetto al vicino territorio in pianura, i quali rendono l'intera area particolarmente rigogliosa.

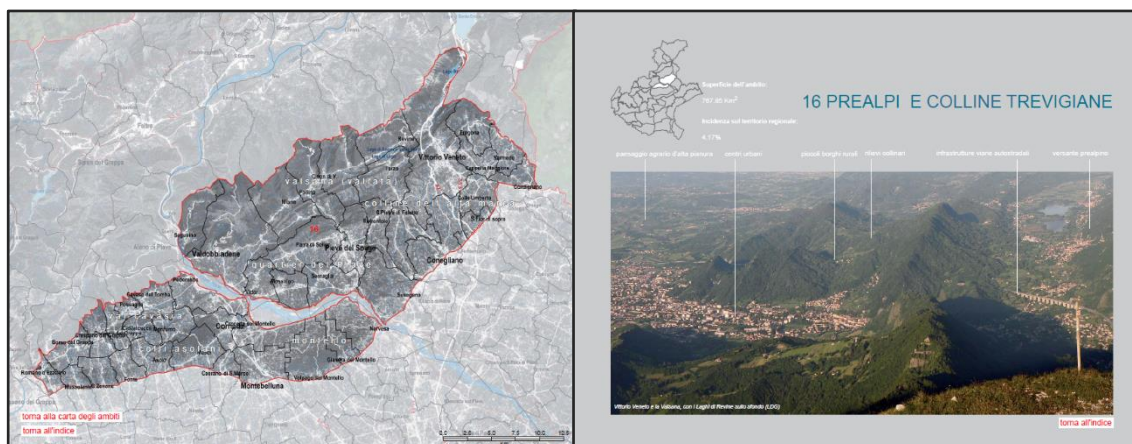


Figura 32. Ambito n°16: “Prealpi e Colline Trevigiane. Atlante Ricognitivo, PTRC Regione Veneto, 2009.

2.1.1. Il sistema a Hogback

Uno dei caratteri peculiari che definiscono più in assoluto l'antico territorio dell'Alta Marca Trevigiana è il cosiddetto sistema a *"Hogback"*. Ovvero "le creste strutturali formate dall'emergenza di strati duri assai inclinati" (Bondesan et al., 2010), riferite alla "morfo-struttura monoclinale asimmetrica" propria delle colline prospicienti al versante alpino e racchiuse tra Valdobbiadene e Vittorio Veneto, separate da esso da una valle larga all'incirca un chilometro. Questa serie di rilievi collinari allineati tra loro da sud-ovest verso nord-est, hanno dato vita a tale sistema anche chiamato *"a cordonata o paesaggio a corde"*. La catena prealpina ricopre il ruolo di barriera naturale tra le correnti fredde che scendono da nord e le temperature miti che si vengono a creare soprattutto nei versanti collinari rivolti a sud. Queste temperature sono, inoltre, influenzate dalla forte presenza della Laguna di Venezia, distante solamente una quarantina di chilometri.

"Le colline, con culminazioni tra i 300 e i 450 m [s.l.m.], seguono l'affioramento di bancate di rocce dure e sono separate da valli parallele incise su rocce più erodibili. La continuità dei rilievi è interrotta da wind gap e water gap²." (Bondesan et al., 2010).

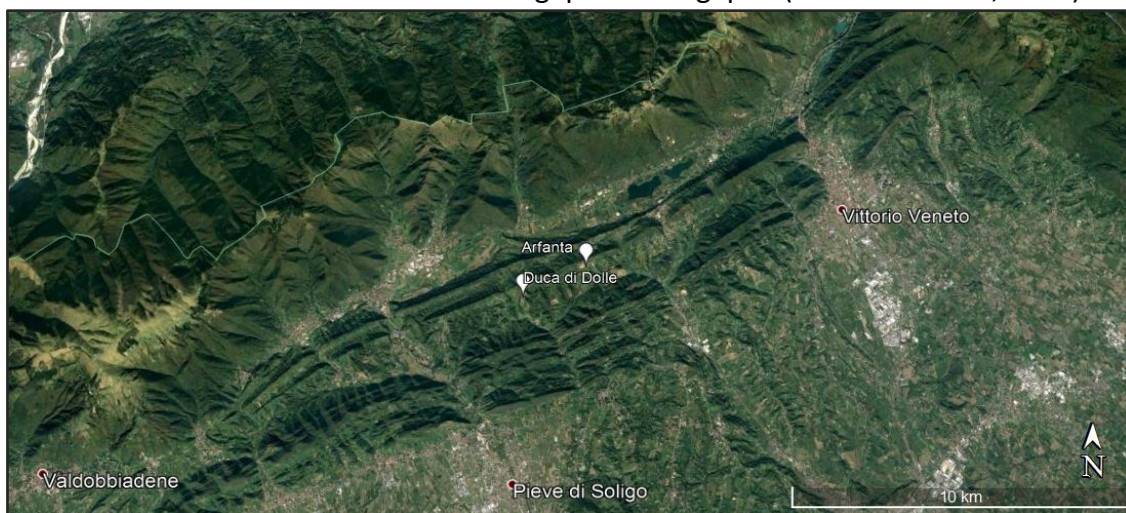


Figura 33. Inquadramento territoriale Arfanta e Duca di Dolle.

Tale "paesaggio a corde" deriva, in termini geologici, da un lungo processo di erosione selettiva gravante su di un substrato monoclinale. "In sostanza il processo genetico di queste strutture è dovuto al modellamento, da parte dei vari agenti erosivi esogeni, di

² I water gap sono varchi lungo rilievi strutturali formati in genere per un fenomeno di antecedenza. Sono percorsi da un corso d'acqua trasversale. (Bondesan et al., 2010).

antichi depositi di materiali sciolti che diventati rocce sono stati deformati dalle imponenti spinte provenienti dagli strati più profondi della crosta terrestre. L'elevata giacitura degli strati infatti, dovuta alla spinta tettonica, ha portato alla formazione di un sistema a corde con versanti esposti a sud meno acclivi, mentre a nord essi risultano essere più ripidi." (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015).

La "fortuna" di questo territorio è stata proprio questo connubio di forme tettoniche e strutturali che hanno conformato il territorio in una molteplicità di micro caratteri che lo rendono ricco dal punto di vista paesaggistico, naturale e climatico. L'orografia e l'orogenesi di tali colline infatti, permette un manifestarsi di condizioni ambientali adatte a ospitare una grande diversità di habitat e colture, tra cui la vite.

"La disposizione est-ovest dei terreni collinari, la forte pendenza, la conseguente giacitura rivolta a sud dei vigneti, permette la massima intercettazione dei raggi solari, creando un areale ideale per la coltivazione delle uve bianche destinate al Conegliano Valdobbiadene Prosecco." (Disciplinare di produzione dei vini a denominazione di origine controllata e garantita "Conegliano Valdobbiadene - Prosecco", 2014).



Figura 34. La geomorfologia a hogback e gli insediamenti vitivinicoli, che da sempre ne caratterizzano il paesaggio, sono delle unicità che contraddistinguono l'area candidata [Fonte: foto di Leopoldo Saccon]

2.2 Orografia, clima, geologia

In seguito si procederà a descrivere le due aree studio “Arfanta” (superficie bacino idrografico di riferimento 2,96 ettari) e “Duca di Dolle” (sup. b.i. 2,47 ettari) nei loro principali caratteri, alcuni di essi derivanti da analisi effettuate in ambito GIS.

2.2.1 Orografia

ARFANTA

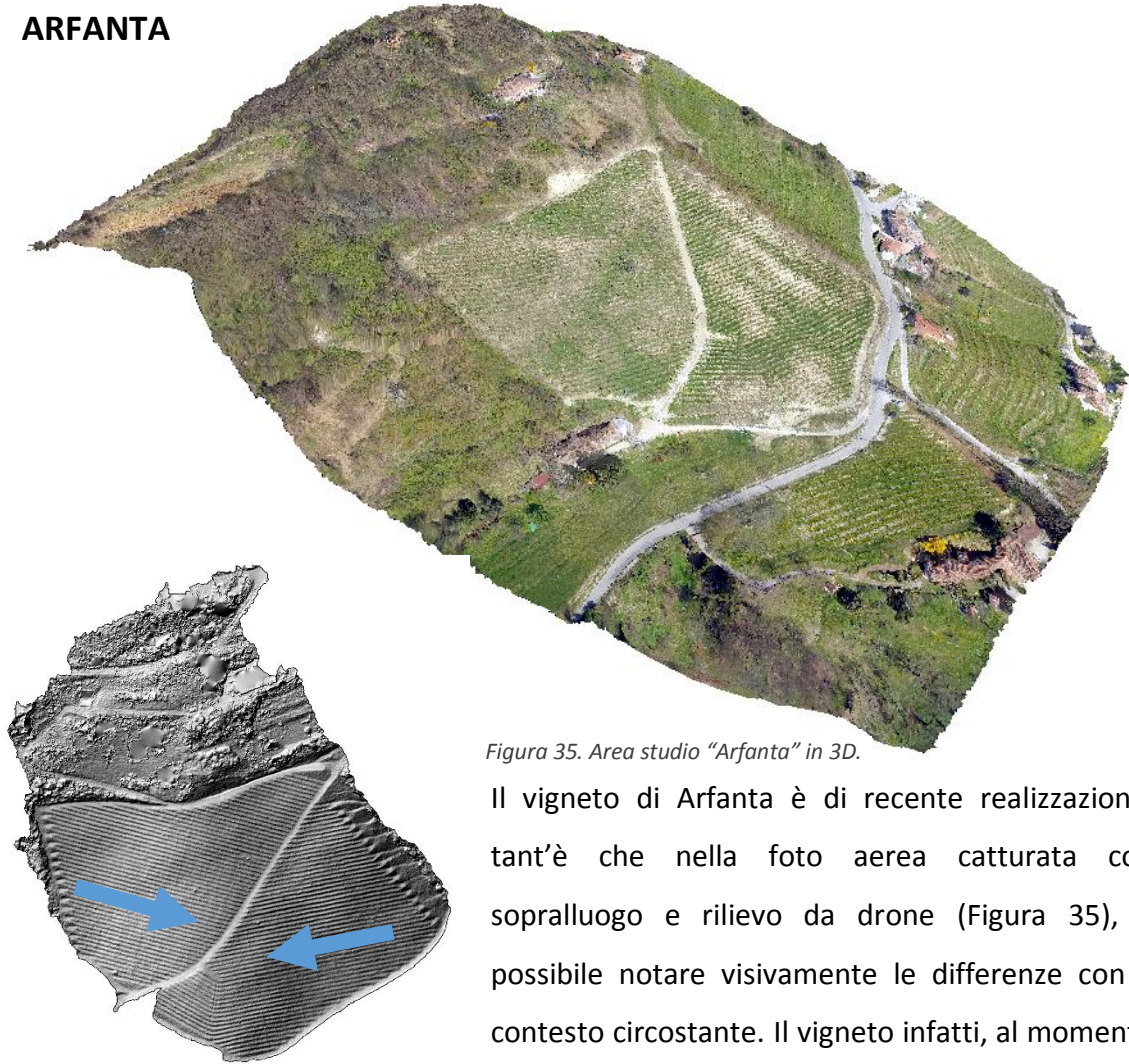


Figura 35. Area studio “Arfanta” in 3D.

Figura 36. Sopra: Hillshade Arfanta.
Sotto: Fotografia segnaletica ad “Arfanta”.



Il vigneto di Arfanta è di recente realizzazione, tant'è che nella foto aerea catturata con sopralluogo e rilievo da drone (Figura 35), è possibile notare visivamente le differenze con il contesto circostante. Il vigneto infatti, al momento del sopralluogo tenuto nel mese di marzo 2017, presenta ancora al suo interno delle aree con difficoltà a inerbirsi (Figura 37). Queste sono localizzate principalmente nelle scarpate di contenimento dei terrazzi, nei punti di svolta dei mezzi e lungo i principali assi di transito. Alcune di queste aree, poste in zone specificatamente

critiche, avranno in futuro delle probabili piccole problematiche di dissesto. Le scarpate sono fondamentalmente vulnerabili nei confronti dell'erosione a causa del loro elevato grado di acclività, visualizzabile anche nella carta delle pendenze³ (Figura 38); mentre le zone di transito e svolta saranno fortemente soggette al passaggio e all'azione di disturbo indotta dai mezzi agricoli sul suolo.

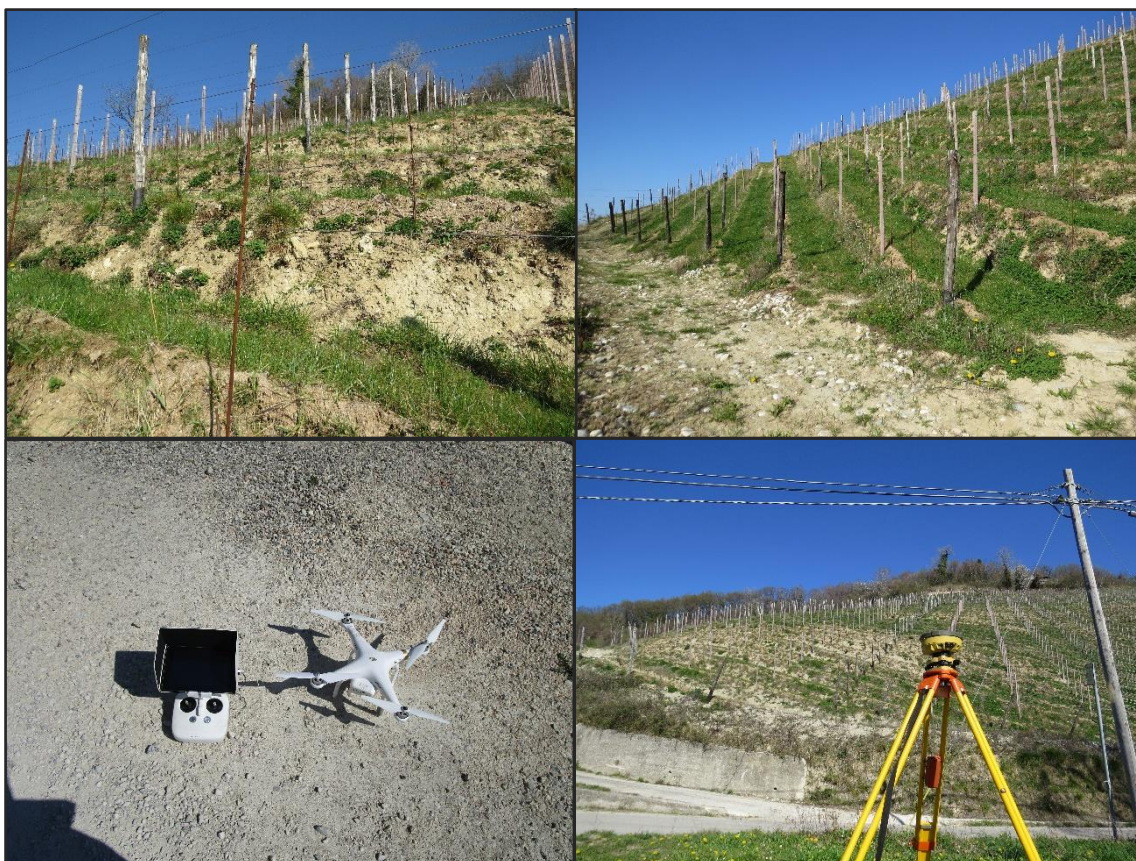


Figura 37. In alto a sinistra difficoltà all'inerbimento e conseguente erosione da deflusso e pioggia battente. In alto a destra capezzagna di passaggio mezzi non ancora inerbita. Si noti la disposizione a traverso dei filari. In basso a sinistra drone con camera ad alta risoluzione utilizzato per il rilievo. In basso a destra stazione GPS fissa con sullo sfondo il vigneto in oggetto di rilievo.

La sistemazione di questo vigneto è della tipologia a traverso (alla “trentina”). I filari seguono due orientamenti trasversali predominanti, separati tra loro dalla capezzagna centrale che funge anche da impluvio e drenaggio artificiale dei flussi (Figura 36), soprattutto per una parte dell'area di vigneto a nord-est. Ai due lati del vigneto sono

³ Nota bene. Le analisi in ambito GIS e con altri software informatici utilizzati in questa tesi (es. Flo-2d), sono state eseguite nella loro quasi totalità in riferimento al bacino idrografico di rispetto all'area a vigneto. Pertanto le mappe tematiche e le cartografie rappresentate sono state definite secondo questi confini idrografici. In ogni caso tali specifiche saranno trattate in seguito.

appena visibili i punti di svolta predisposti per lo sterzo e re-immissione dei veicoli, rinforzati con delle piattaforme tendenzialmente più pianeggianti in calcestruzzo, atte a consolidare la scarpata e ad aumentare la sicurezza dell'operatore in fase di manovra. I terrazzi sono di dimensioni ridotte, tipiche della sistemazione a traverso, con larghezza di un metro o poco più per la piattaforma e generalmente poco meno di un metro per la scarpata. Lo stesso dislivello tra due terrazzi adiacenti si aggira mediamente attorno a valori di circa un metro.

La pendenza media dell'area a vigneto si attesta attorno ai 25° (46,43%), pendenza che si riscontra anche nella capezzagna centrale (freccia blu in figura 38). Le pendenze più elevate si attestano, come si può immaginare, a livello delle scarpate tra terrazzo e terrazzo. Per alcune direttrici (es. freccia nera in figura 38) la pendenza supera il 55%, mentre la massima tocca i 75°.

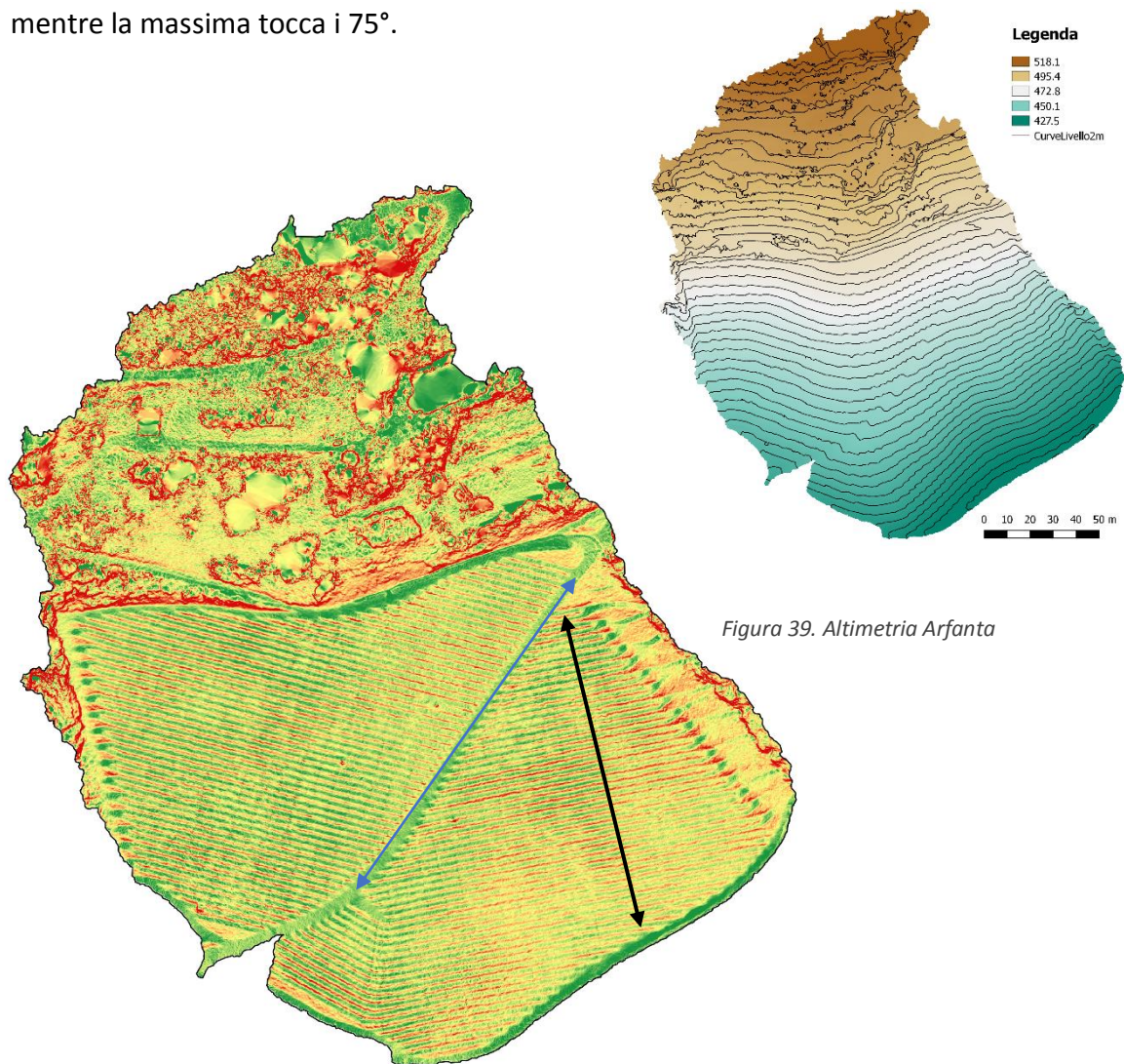


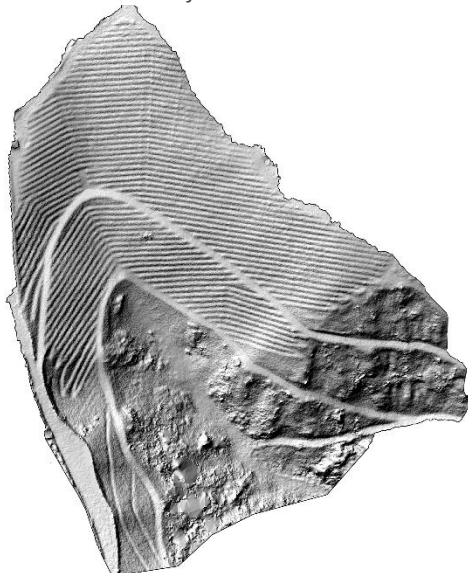
Figura 38. Carta delle pendenze.

Figura 39. Altimetria Arfanta

DUCA DI DOLLE



Figura 40. Sopra: Area studio "Duca di Dolle" in 3D.
Sotto: Hillshade Arfanta.



Come Arfanta anche Duca di Dolle è di recente realizzazione e ugualmente si possono evidenziare le stesse problematiche di difficoltà di inerbimento in alcuni tratti dell'area vitata (Figura 42). Tuttavia va sottolineato che il rilievo è stato condotto a fine marzo 2017, a nemmeno metà primavera. Deve quindi essere considerato il fatto che non ci siano state ancora le condizioni adatte per il completo inerbimento di tutta l'area. Sono necessari alcuni mesi, infatti, perché il cotico erboso cresca a sufficienza da garantire la giusta soglia di protezione allo strato superficiale del suolo. C'è una grande differenza tra un vigneto lavorato senza manto erboso e un vigneto che mantiene un cotico erboso di protezione. Questa differenza si fa sentire soprattutto nelle zone acclivi, laddove la forza di gravità e il ruscellamento superficiale possono creare gravi danni da erosione localizzata e diffusa. Le specie

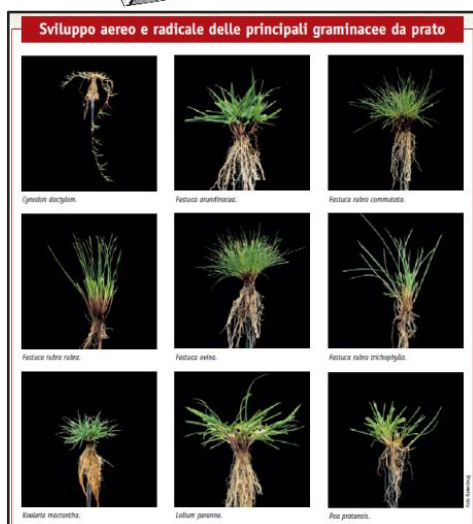


Figura 41. Fonte: Veneto Agricoltura

erbacee presenti su tali vigneti infatti, siano esse naturalmente presenti o artificialmente immesse, garantiscono una stabilizzazione del suolo nel primo strato superficiale, laddove le radici riescono a penetrare più in profondità. In questo caso è fondamentale anche il ruolo che questo manto ha nell'aumentare la portanza del terreno, importantissima per il transito delle macchine nel vigneto in caso di terreno bagnato, riducendo così fenomeni di compattazione e calpestamento.



Figura 42. In alto è visibile la struttura ad anfiteatro greco del vigneto Duca di Dolle quasi nella sua complessità. Si noti la strada bianca che separa a metà quota circa il vigneto e la linea di impluvio principale, visibile per il rado strato inerbito che la caratterizza. In basso a sinistra è presente un'area a vigneto con difficoltà di inerbimento. Si apprezzi la sistemazione a traverso ben evidente in questa e nelle precedenti fotografie. In basso a destra si notano dei ferri d'armatura di consolidamento della scarpata a valle e la linea di impluvio scaricante su di un tombino per il drenaggio.

Il vigneto si presenta orograficamente con una forma ad anfiteatro greco, con un impluvio principale centrale che continua verso sud-est oltre la superficie vitata, entrando in una vasta zona boscata. I filari convergono più o meno tutti verso questa via preferenziale per lo scorrimento dell'acqua, in cui è stata preventivamente realizzata un'opera di drenaggio sotterranea. I terrazzamenti convergono altresì nei due principali assi di transito dei mezzi, la strada bianca a metà vigneto e la capezzagna più a valle,

anch'essi opportunatamente predisposti con un sistema di drenaggio e di captazione dei deflussi superficiali e non. La sistemazione è anche qui della tipologia a traverso con terrazzi di dimensioni abbastanza simili ad Arfanta. La larghezza media delle piattaforme si attesta sul metro o poco meno mentre l'ampiezza media delle scarpate è variabile attorno al metro (variazioni di ± 10 cm). Lo stesso dislivello tra due terrazzi adiacenti si aggira mediamente attorno a valori di circa un metro.

La pendenza media dell'area vitata si attesta attorno ai 22° (40,40%). Anche qui le pendenze più elevate si affermano, come si può dedurre dalla carta delle pendenze (Figura 43), a livello delle scarpate tra terrazzo e terrazzo. Forte pendenza si riscontra anche a destra della strada che costeggia il vigneto e l'area boscata a ovest, laddove l'intervento atto a consolidare tale strada ha innalzato una scarpata di notevole acclività. Il vigneto presenta versanti con grado di pendenza assai diverso. Per alcune direttrici (es. freccia nera in figura 43) esso supera il 43%; per il versante a est i valori si attestano attorno 38% (freccia rossa), mentre per la linea che corre sull'impluvio principale si mantiene sul 35% (freccia blu); la pendenza massima tocca i 71° .

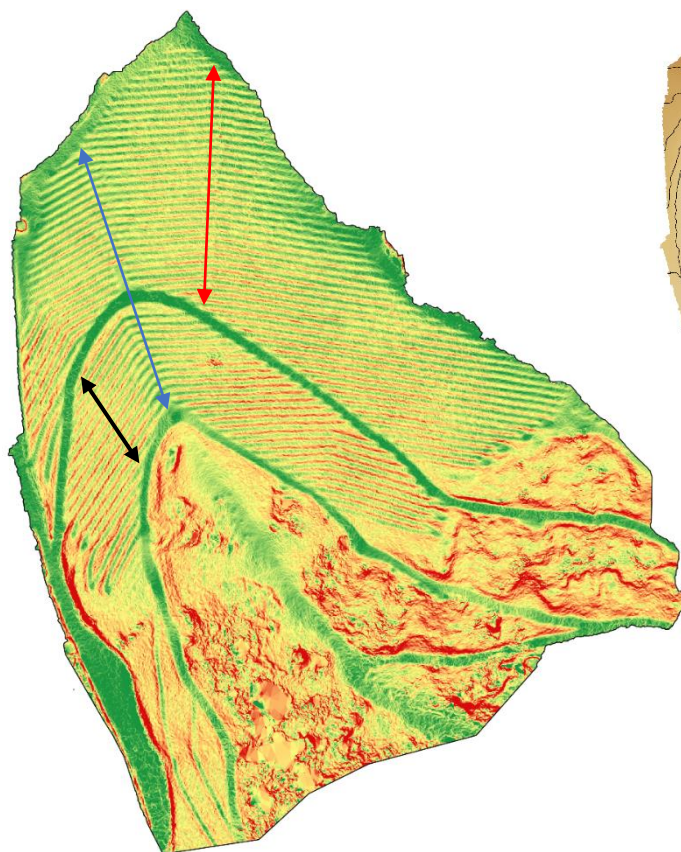


Figura 43. Carta delle pendenze.

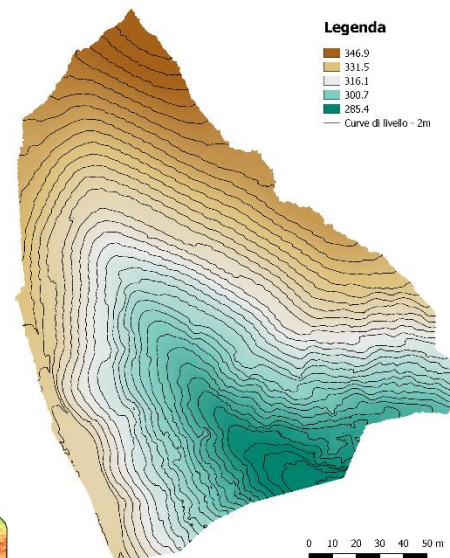


Figura 44. Altimetria Duca di Dolle

2.2.2 Fattori meteo-climatici

La regione geografica in cui sono situati i due comuni di Tarzo e Cison di Valmarino, rientra in una fascia climatica tipica di tutte le colline di Conegliano-Valdobbiadene. Essa presenta caratteri propri di un clima di tipo temperato, le cui stagioni sono ben delineate e l'inversione termica⁴ è una costante. Le escursioni termiche notte-giorno sono marcate grazie all'aria fresca che discende dai vicini versanti alpini. (Disciplinare Prosecco di produzione Prosecco, 2014)

Un fattore di non poca importanza è il ruolo che giocano la micro-topografia e la morfologia dei rilievi nell'influenzare il clima locale. I ripidi versanti che caratterizzano la sommità delle colline trevigiane infatti, rispecchiano a Nord temperature, umidità e condizioni climatiche piuttosto differenti dai versanti esposti a Sud, luogo privilegiato per la coltura della vigna. Anche le piccole valli e vallecole che sono venute a formarsi tra le piccole dorsali, alla cui base spesso scorrono minuti corsi d'acqua, contengono al loro interno micro-habitat e micro-climi importanti per la biodiversità e per il territorio contermini. Nel periodo estivo le piogge sono abbastanza frequenti, garantendo l'apporto idrico sufficiente per i vigneti. (Disciplinare Prosecco di produzione Prosecco, 2014).

2.2.3 Analisi d'area delle precipitazioni

Di seguito vedremo alcune elaborazioni di dati Arpav in riferimento alle precipitazioni.

Specifiche della stazione metereologica di riferimento:

Stazione: Farra di Soligo

Provincia: TREVISO

Altitudine: metri 172 s.l.m.

Coord X: 1740846; Coord Y: 5087888

Inizio attività sensore di pioggia: 01/02/1992 - Fine attività: ancora attivo.

⁴ Inversione termica: Situazione termica in cui la temperatura aumenta con la quota, invece di diminuire: Fenomeno riferito a condizioni atmosferiche in cui strati di aria fredda e pesante sono intrappolati sotto strati di aria calda e leggera. Cioè sotto è freddo e sopra è caldo, mentre normalmente è viceversa. Uno strato (di atmosfera) di inversione termica può avere la base a contatto con il terreno, oppure più in alto: nel primo caso si parla di inversione al suolo, nel secondo di inversione in quota. Esse hanno origini diverse e possono avere effetti diversi, perché la prima può generare la nebbia al suolo, mentre la seconda le nubi basse e medio-basse, che coprono la pianura e la bassa valle. (ARPA Piemonte).

Sono state eseguite delle elaborazioni in ambito Excel di serie storiche di massimi annuali, riferite alla Stazione di Farra di Soligo distante circa rispettivamente 6 e 8 km in linea d'aria dai vigneti di Duca di Dolle e Arfanta. Le due analisi seguenti sono poste su di una base di 23 anni di osservazioni dal 1994 al 2016. Tale arco temporale può essere utile da osservare per quanto riguarda le quantità di precipitazioni attese per le diverse durate di precipitazione ma, allo stesso tempo, non è sufficientemente significativo per poter predire mutamenti nelle condizioni meteo-climatiche locali. Tuttavia, le condizioni non proprio statiche estratte da tali analisi debbano far riflettere su di un possibile cambiamento dei regimi delle precipitazioni, anche e soprattutto in riferimento ai cambiamenti climatici globali e regionali.

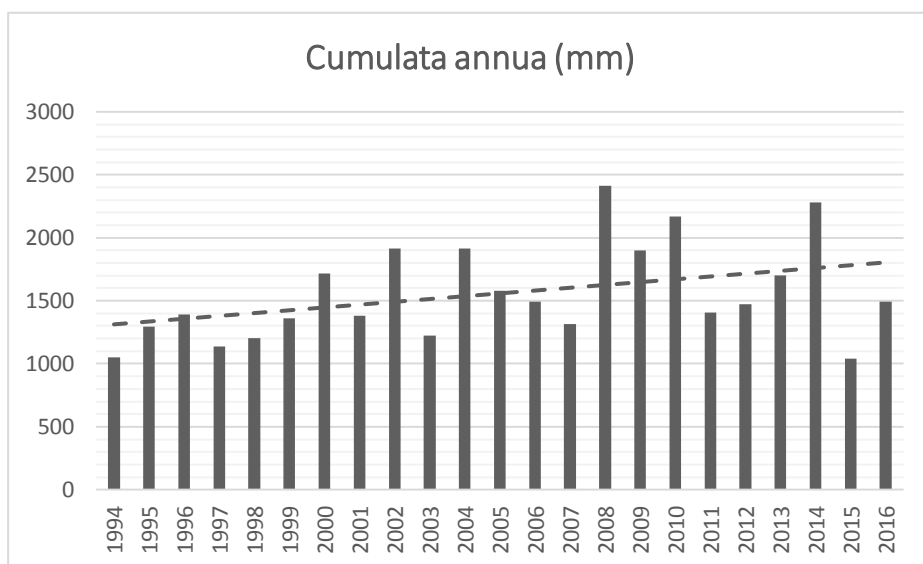


Figura 45. Cumulata annua della precipitazione (mm).

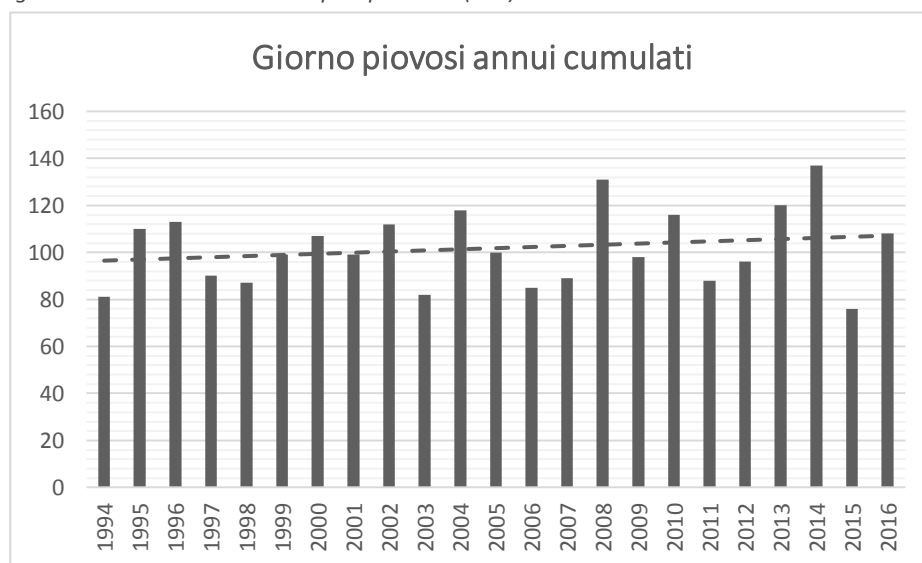


Figura 46. Giorni piovosi annui cumulati.

Si noti la tendenza a un trend leggermente crescente delle precipitazioni annuali nel corso di questi ultimi vent'anni circa. Da tenere in particolare considerazione la presenza di alcuni picchi "straordinari" negli ultimi dieci anni (nel 2008, 2010, 2014).

Le altezze di pioggia cumulate⁵, però, sebbene siano indizio generale della quantità d'acqua riversatasi in un territorio e della sua possibile saturazione, devono essere confrontate con i valori di pioggia estremi. Essi sono profondamente interconnessi con i fenomeni di dissesto idrogeologico, dato che brevi piogge di forte intensità provocano spesso i maggiori danni e disastri, piuttosto che la stessa quantità di acqua caduta in periodi di tempo più prolungati e con minore intensità ed energia erosiva. I "recenti" nubifragi estivi che stanno causando diversi danni al territorio e alle persone, sono di per sé caratterizzati da queste variabili. Si pensi ad esempio al vicino disastro avvenuto a Refrontolo nell'agosto 2014 al Molinetto della Croda (torrente Lierza).

Micro-fenomeni di dissesto, erosione, dilavamento, scavo, ecc., si manifestano soprattutto sulle zone a più forte pendenza. Ecco che in una zona come l'Alta Marca Trevigiana, dove la presenza antropica è forte soprattutto per il caratteristico paesaggio vitato, è indispensabile garantire un'efficace drenaggio e convogliamento delle acque meteoriche e dei deflussi, il tutto strettamente legato con l'uso del suolo.

L'approccio generale dovrebbe essere quello di allungare i tempi di corrivazione e di contenere le velocità di scorrimento superficiale, impostando il territorio vitato con sistemazioni volte ad un'ottica di protezione sia superficiale che mediamente profonda dei suoli, oltre che alla conservazione della fertilità stagionale.

⁵ La precipitazione cumulata nell'anno, e nei mesi dell'anno, costituisce una variabile meteorologica e climatologica basilare, necessaria per l'analisi dei processi idrologici e idraulici e per le valutazioni relative alla disponibilità delle risorse idriche.

I dati di precipitazione annuale sono la somma, espressa in millimetri, delle rilevazioni della pioggia caduta, o dell'equivalente in acqua della neve caduta, effettuate dai pluviometri nel corso dell'anno (ARPAV).

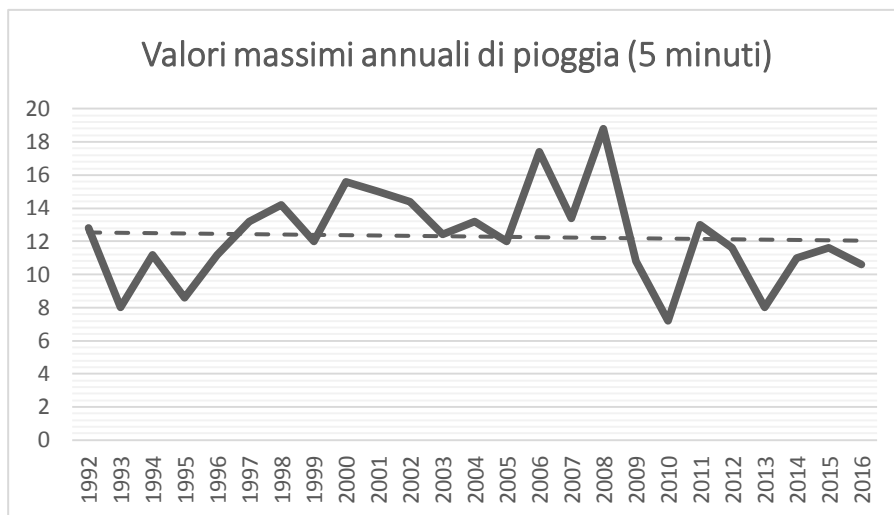


Figura 47. Valori massimi annuali di pioggia riferiti a 5 minuti di registrazione (mm)..



Figura 48. Valori massimi annuali di pioggia riferiti a 10 minuti di registrazione (mm).

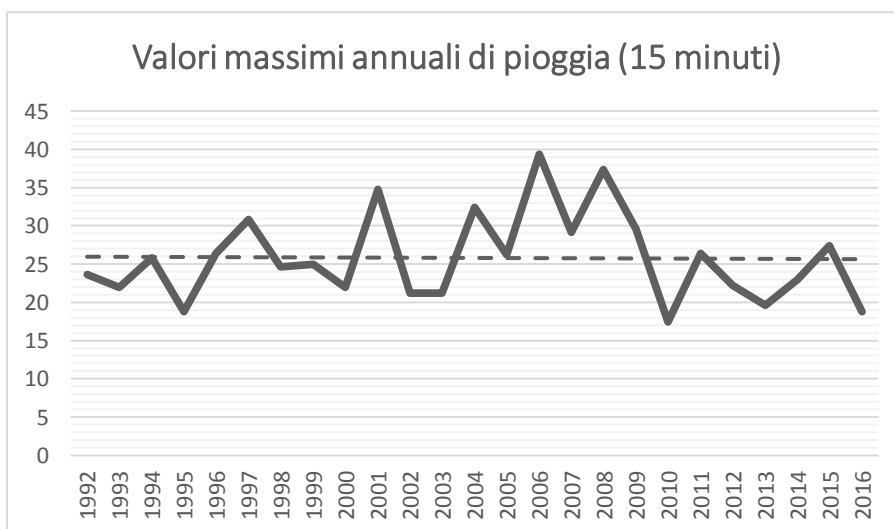


Figura 49. Valori massimi annuali di pioggia riferiti a 15 minuti di registrazione (mm).

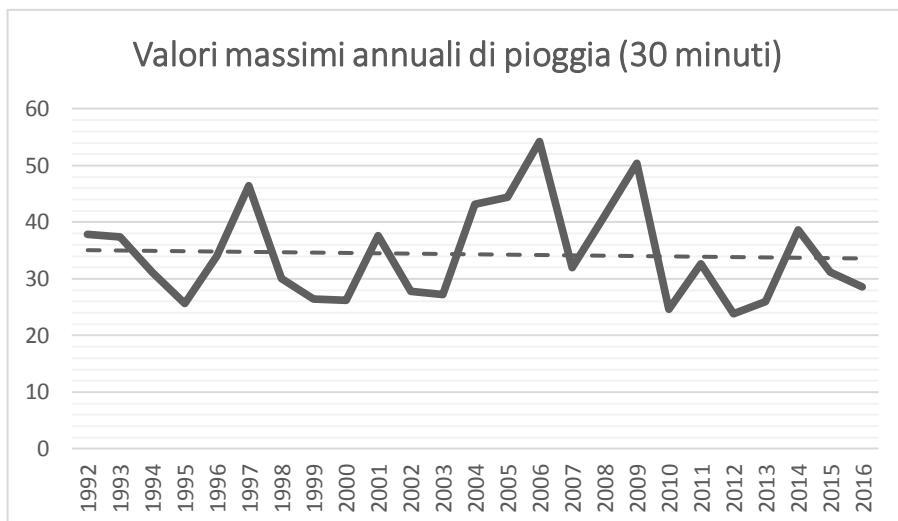


Figura 50. Valori massimi annuali di pioggia riferiti a 30 minuti di registrazione (mm).

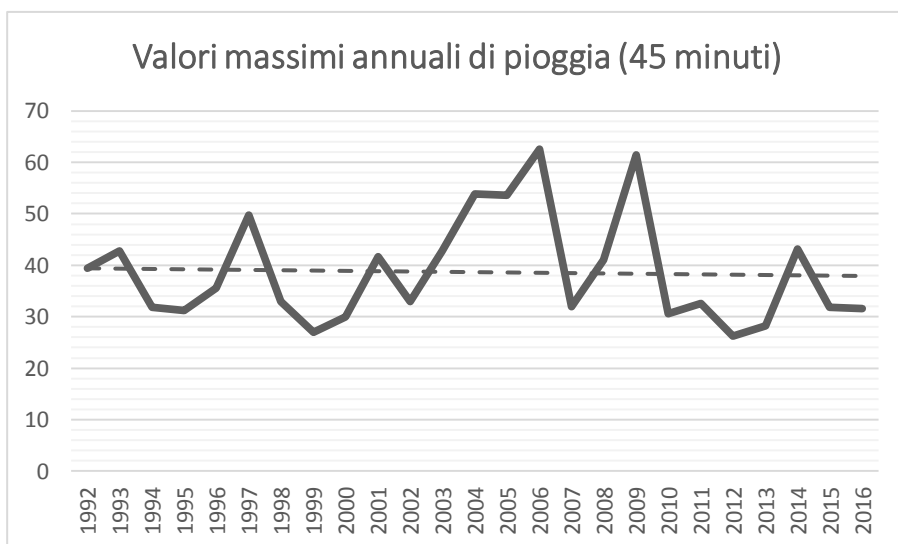


Figura 51. Valori massimi annuali di pioggia riferiti a 45 minuti di registrazione (mm).

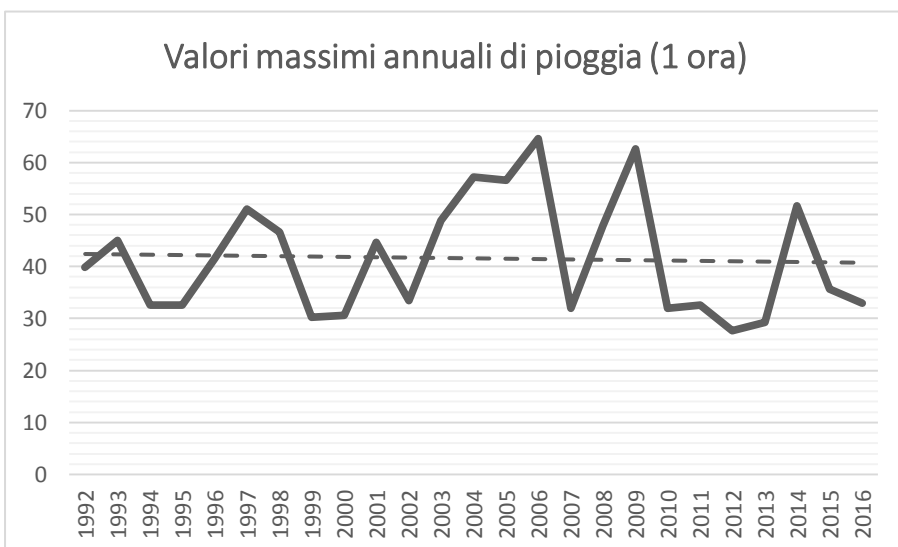


Figura 52. Valori massimi annuali di pioggia riferiti a 1 ora di registrazione (mm).

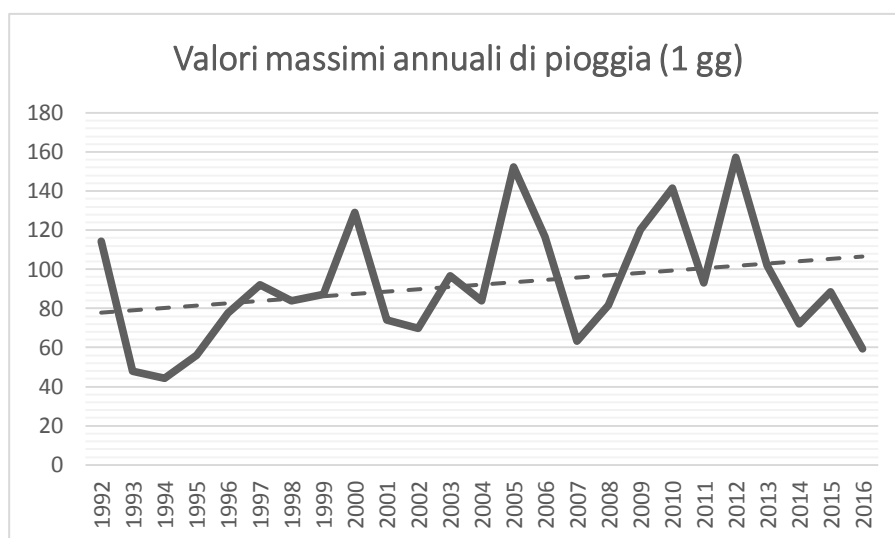


Figura 53. Valori massimi annuali di pioggia riferiti a un giorno di registrazione (mm).

I precedenti grafici e analisi sono posti su di una base di 25 anni di osservazioni dal 1992 al 2016. Si è scelto di analizzare graficamente tali valori temporali di piogge massime annuali perché oltre ad essere di interesse per apprezzare quantità in gioco e possibili trend, saranno poi utilizzati indirettamente per le elaborazioni sulle piogge attese per i diversi tempi di ritorno. Osservare questi dati estremi sulla base di un arco temporale ci permette, infatti, di comprendere meglio se le variabili meteo-climatiche stanno subendo o no mutamenti consistenti. In ogni caso, un'analisi riferita a osservazioni di valori per le durate comprese tra i 5 minuti e un giorno, consente di esaminare attentamente questi fenomeni soprattutto nei riguardi della loro evoluzione in termini di intensità⁶.

Studiando i grafici si nota subito la differenza tra i valori di pioggia estremi degli intervalli di 5, 15, 30, 45, 60 minuti e quelli di un giorno. Nei primi infatti non c'è sostanzialmente mutamento nella tendenza dei regimi di queste piogge intense. Essi si mantengono di per sé in uno stato variabile nel breve periodo ma essenzialmente stazionario nel medio periodo (25 anni). Nei riguardi della durata di un giorno di registrazioni invece, troviamo che un aumento tendenziale c'è ed è anche piuttosto significativo (30mm in 25 anni).

⁶ Per intensità di precipitazione si intende: $J = \frac{h}{t}$ (mm/h) Ovvero alla quantità d'acqua caduta e misurata in mm nella frazione di tempo di un'ora.

Si è quindi riscontrato che i dati evidenziano un incremento dei valori di intensità per registrazioni di eventi superiori alle 3 ore (Figura 54).

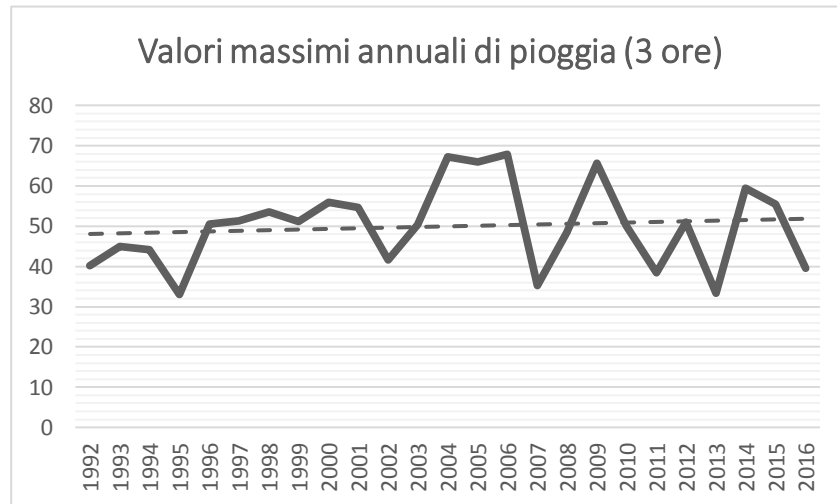


Figura 54. Valori di pioggia estremi riferiti alle 3 ore di registrazione.

2.2.4 Geologia, suoli ed erosione

Abbiamo già accennato nel precedente paragrafo sul “sistema a hogback” come la morfologia dell’area collinare dell’Alta Marca sia stata creata. Bisogna però conoscere quali lontani processi abbiano portato all’attuale realtà geologica, per poter meglio comprendere l’unicità del territorio in questione, le sue caratteristiche pedologiche e litologiche e per poter conservare e proteggere tale unicità. Il dissesto idrogeologico è di per sé un processo più che naturale che ha improntato fortemente il territorio oggetto di studio, l’ha edificato e “architettonicamente” disegnato. Tale processo, però, in particolare quando amplificato e/o innescato dall’uomo, può assumere forme dannose per il sistema antropico. Talvolta è necessario trovare un equilibrio tra ciò che è normalmente sempre esistito in forma di processi naturali e “l’ordine e la stabilità” che l’uomo nettamente preferisce al posto di tali processi. Forme di sfruttamento del suolo da parte dell’uomo, di per sé spesso contrarie al ragionamento e sviluppo intrinseco dei processi naturali, possono comunque portare al deterioramento del territorio, acuendo certi fenomeni. Ecco che conoscere anche la storia geologica e il quadro attuale sul

sistema suolo, consente di rispondere meglio a tali problematiche, costituendo una base di partenza per studi e ricerche come si propone di fare la presente tesi.

L'assetto geomorfologico del territorio veneto è costituito da una numerosa varietà di ambiti geomorfologici e substrati geologici assai differenziati. Questa grande differenziazione deriva da alcuni percorsi principali. L'origine del paesaggio collinare e montano proviene da fenomeni di erosione differenziale, chiamati di "morfo-selezione". Qui l'esistenza di litologie più competenti e resistenti ha dato forma a quelle strutture e morfologie a diversa pendenza che caratterizzano il paesaggio collinare e montano veneto. Un secondo percorso evolutivo del territorio in questione è fortemente collegato ai mutamenti ambientali avutisi nell'epoca Quaternaria. In tale periodo, infatti, si hanno avute forti fluttuazioni climatiche a vasta scala (mondiale) che hanno portato nei loro estremi al susseguirsi di cicli glaciali e interglaciali. A connotare in particolare l'attuale assetto territoriale è stata l'ultima glaciazione che ebbe il suo apice grossomodo tra i 25.000 e i 15.000 anni fa, conosciuta come glaciazione di Würm. "In questo periodo, come anche durante le precedenti glaciazioni, gran parte dell'area alpina era occupata dai ghiacciai che scendevano lungo le valli con spessori di centinaia di metri.

Nell'area veneta, il ramo orientale ("lapisino") del ghiacciaio del fiume Piave raggiungeva la pianura a Vittorio Veneto, costruendo l'omonimo anfiteatro morenico, mentre quello occidentale si attestava nella valle del Piave presso Quero." (VAS Farra di Soligo, 2008)

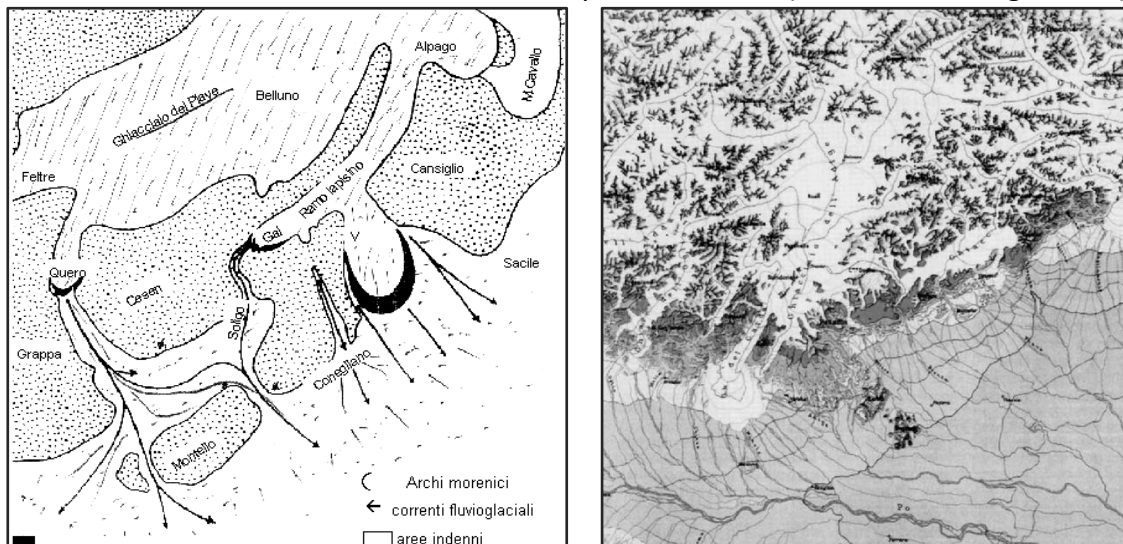


Figura 55. A destra: Ricostruzione paleogeografica del bacino dell'Adige e dintorni durante l'Ultimo Massimo Glaciale (alias ALGM, v. testa), proposta da Bruno Castiglioni, nell'Atlante fisico economico d'Italia del T.C.I. (1940). La ricostruzione del Castiglioni, per quanto rivista in alcuni dettagli nel corso del tempo, rimane una delle rappresentazioni cartografiche più efficaci riguardo all'estensione dei ghiacciai pleistocenici nelle Alpi Meridionali. A sinistra: il ghiacciaio del Piave durante le fasi glaciali di Würm. Fonte: Rovigo V. 2013.

Inoltre, i corsi d'acqua principali di un tempo trovavano alimento in queste grandi masse nevose e di ghiaccio, e dai loro ritmi stagionali di scioglimento e fusione. I "regimi [erano] del tutto diversi dall'attuale e, stante i grandi volumi di detriti inglobati nel ghiaccio o depositi nelle aree adiacenti le fronti, erano caratterizzati da portate solide molto elevate." (VAS Farra di Soligo, 2008). Passata questa fase i grandi depositi glaciali hanno preso a ritirarsi e a fondersi, mentre nel frattempo le forme e il paesaggio hanno iniziato ad assumere un aspetto sempre più simile a quello attuale. "[...] ritornano ad assumere un fondamentale ruolo nella morfogenesi le acque superficiali che si organizzano secondo gli odierni bacini idrografici. I depositi glaciali vengono parzialmente erosi e ridistribuiti dal sistema fluviale e acquisiscono importanza anche i processi gravitativi. I fenomeni franosi, anche di enormi dimensioni e gli accumuli di falde e coni detritici danno un forte contributo nella determinazione del paesaggio montano veneto" (VAS Farra di Soligo, 2008).

Il territorio delle colline trevigiane rientra all'interno di un'area geologica più vasta connotata "da una catena a pieghe e sovrascorrimenti con una sequenza temporale di formazione che procede dall'interno verso l'esterno [, da cui] ha tratto origine un'alternanza di sinclinali e anticlinali [...]" (VAS Farra di Soligo, 2008) che ha contribuito alla formazione dell'odierno sistema a hogback.

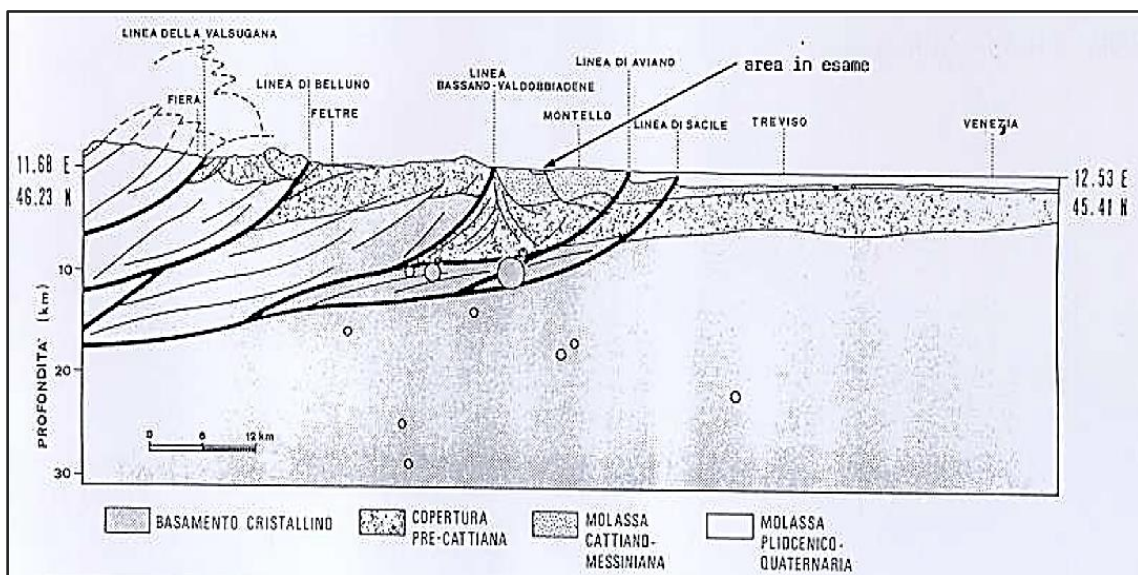


Figura 56. Formazione dell'ambiente collinare-montano e sua litologia. (VAS Farra di Soligo, 2008).

Lo studio ARPAV 2008, svolto su incarico della provincia di Treviso, riferito alla classificazione dei suoli di tale territorio, ha portato alla suddivisione dell'ambito provinciale in diversi livelli gerarchici. L'area studio è situata all'interno del distretto "rilievi collinari posti ai piedi dei massicci prealpini", uno dei nove grandi ambiti territoriali (Figura 57).

A livello più di dettaglio troviamo la classificazione delle "unità cartografiche". Esse "sono porzioni di territorio omogenee al loro interno per quanto riguarda il tipo o i tipi di suolo prevalenti" (ARPAV, 2008). In esse le due aree studio a vigneto Arfanta e Duca di Dolle appartengono a due substrati in parte di differente tipologia.

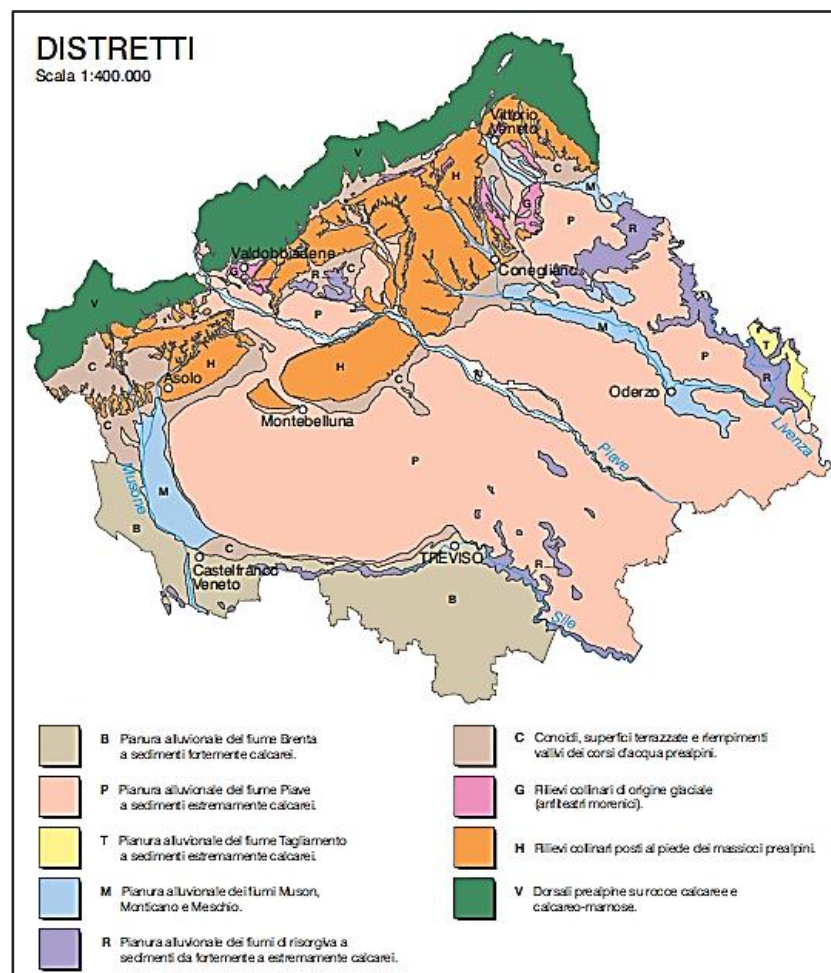


Figura 57. Carta dei suoli provincia di Treviso. Classificazione in distretti di suolo. 2008.

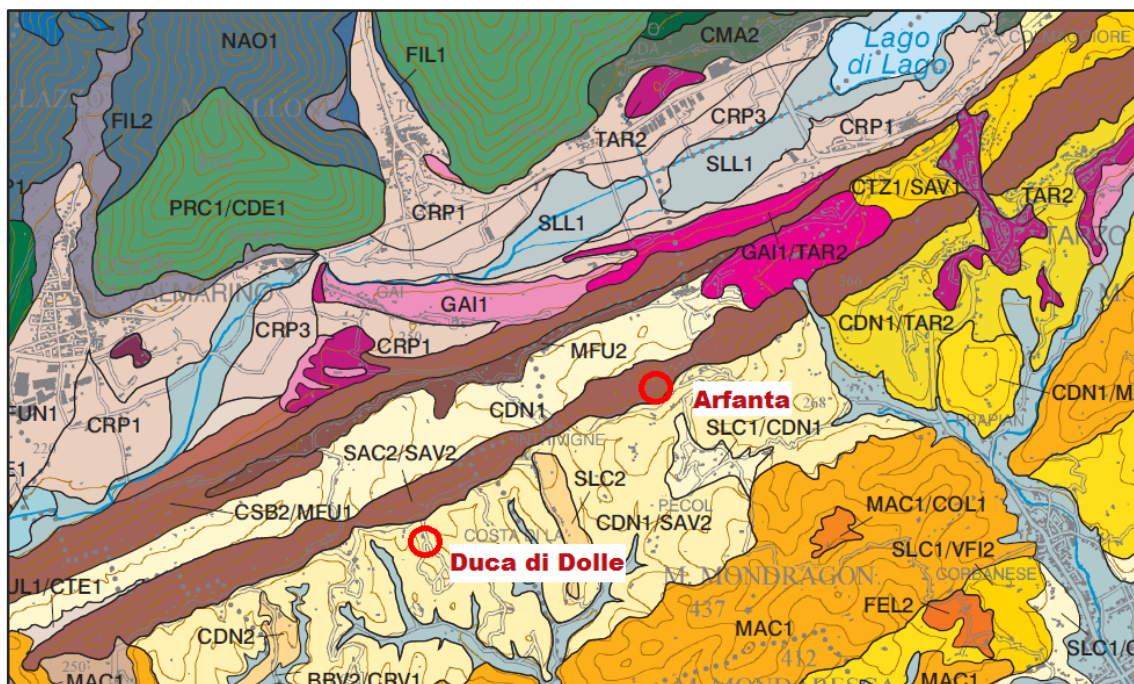


Figura 58. Carta dei suoli provincia di Treviso. 2008.

ARFANTA

H3.1 - Dorsali e versanti da ripidi a molto ripidi (con pendenza compresa tra 30 e 70%), prevalentemente boscati, su arenarie calcaree.

SAC2/SAV2	complesso: suoli Saccol , <i>franchi, ghiaiosi, a pendenza superiore al 40%</i> USDA: Typic Udorthents loamy-skeletal, mixed, calcareous, mesic WRB: Haplic Regosols (Calcaric, Skeletic)	Suoli a profilo A(p)-C-Cr, moderatamente profondi, tessitura media, scheletro da frequente ad abbondante, fortemente calcarei, alcalini, drenaggio da moderatamente rapido a buono. Capacità d'uso: VIe
	suoli Castello di San Salvatore , <i>franco limosi, a pendenza superiore al 40%</i> USDA: Typic Udorthents fine-silty, carbonatic, mesic WRB: Endoleptic Regosols (Calcaric, Orthosiltic)	Suoli a profilo Ap-C, moderatamente profondi, tessitura media, scheletro assente, estremamente calcarei, alcalini, drenaggio mediocre. Capacità d'uso: VIe

DUCA DI DOLLE

H4.4 - Versanti ripidi (con pendenze comprese tra 30 e 60%), prevalentemente boscati e secondariamente vitati sulle esposizioni più favorevoli.

CDN1/SAV2	complesso: suoli Casa dei Noni , <i>franco argillosi, a pendenza superiore al 20%, a tipo climatico umido</i> USDA: Typic Eutrudepts fine-silty, mixed, mesic WRB: Haplic Cambisols (Calcaric, Endosiltic)	Suoli a profilo Ap-Bw-C(r), da profondi a moderatamente profondi, tessitura moderatamente fine, scheletro scarso o assente, moderatamente calcarei e subalcalini in superficie, fortemente calcarei e alcalini in profondità, drenaggio mediocre. Capacità d'uso: IIIec, VIe
	suoli Castello di San Salvatore , <i>franco limosi, a pendenza superiore al 40%</i> USDA: Typic Udorthents fine-silty, carbonatic, mesic WRB: Endoleptic Regosols (Calcaric, Orthosiltic)	Suoli a profilo Ap-C, moderatamente profondi, tessitura media, scheletro assente, estremamente calcarei, alcalini, drenaggio mediocre. Capacità d'uso: VIe

Il comportamento di un substrato in funzione della pendenza e del contenuto d'acqua varia molto a seconda della tipologia in questione. Le marne e alcune argilliti per esempio (substrato tipico dell'area), si prestano a essere molto resistenti in condizioni

“asciutte” ma, se sottoposte all’azione dell’acqua e alla sua infiltrazione, si possono tramutare in una “coltre sciolta molto vulnerabile in termini di stabilità, [in cui] spesso il punto critico per la stabilità dei versanti è dato dall’interfaccia tra copertura e substrato, molte volte anche a seguito dalla diversa permeabilità nei confronti dell’acqua di infiltrazione per cui tale contatto diventa, a tutti gli effetti, una potenziale superficie di scivolamento.” (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015). Questo rapporto del suolo con l’acqua assume particolare rilievo se entra in campo anche il fattore pendenza, ben presente nelle colline trevigiane e nelle due aree studio. Le variazioni di umidità possono infatti far assumere valori di resistenza molto bassi a marne e argille, dato che ad un aumento di questa può far venire meno il ruolo della componente coesiva nell’incrementare la resistenza e compattezza del materiale, in particolare in condizioni di pendenza. “Alcune argille dei colli di Farra, Tarzo o Refrontolo hanno angoli di attrito interno residuo dell’ordine di 8-9° (circa 14-15%)” (Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico, 2015) che si rendono tali soprattutto nel momento in cui forti piogge o lunghe precipitazioni vanno a saturare il terreno.

Bassa resistenza del suolo unita alla forza gravitativa del deflusso superficiale e sotterraneo, porta conseguentemente al fenomeno dell’erosione e ai successivi problemi di dissesto idrogeologico, perdita di fertilità, dilavamento, ecc.

In un’epoca in cui i suoli e le risorse sono fortemente sfruttati e dove macchine agricole e usi del suolo hanno forti ripercussioni su tali ecosistemi, il pericolo erosione un’importante impegno nell’ambito della difesa del suolo, soprattutto se ulteriormente gravato, come si è visto nel paragrafo 2.2.3, dagli effetti dei cambiamenti climatici sulle piogge. Nelle colline trevigiane, già le pratiche agricole improprie possono influire fortemente sulla perdita di suolo (dispersione da vento e dilavamento), ma se a queste si unisce il trasporto e l’erosione per deflusso superficiale in pendenza, la perdita di suolo potrebbe superare facilmente quantitativi tollerabili, avviando via via il processo di inaridimento.

Consideriamo l'erosione quindi come “[...] un fenomeno naturale che consiste nella rimozione e nel trasporto di particelle di suolo ad opera dell'acqua e del vento, facilitata in natura dalle forti pendenze, dalla presenza di scarsa vegetazione, dall'intensità della pioggia e dalle caratteristiche intrinseche dei suoli.” (ARPAV, 2016).

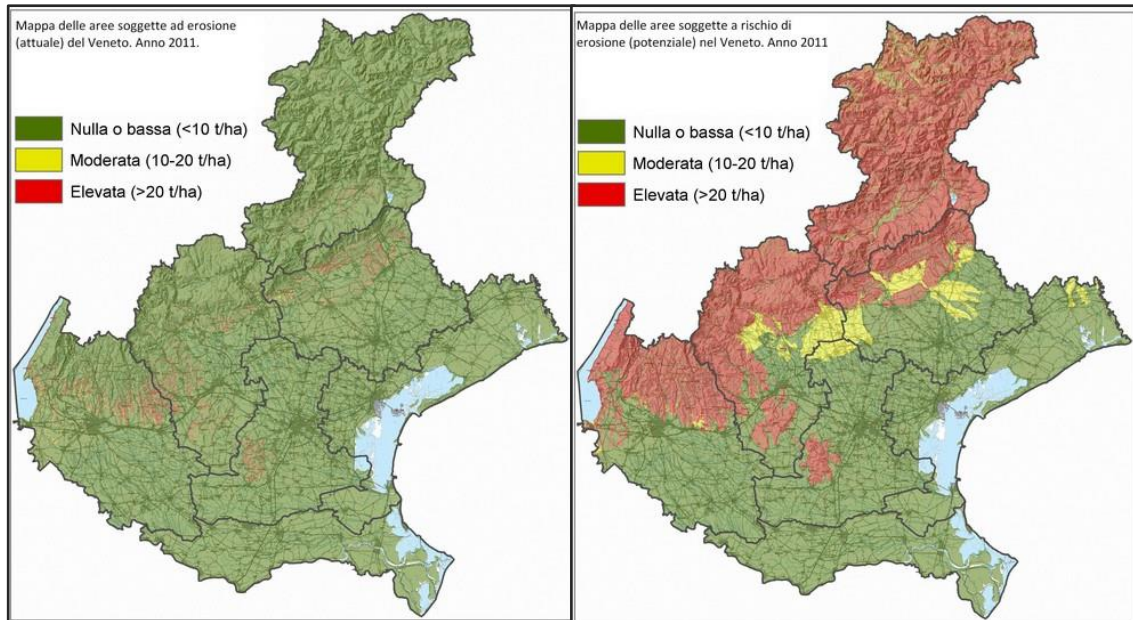


Figura 59. A sinistra. Mappa delle aree soggette a erosione (attuale) del Veneto. Anno 2011. A destra. Mappa delle aree soggette a rischio di erosione (potenziale) nel Veneto. Anno 2011. Fonte. Arpav, 2011.

A livello regionale sono molte le aree sottoposte attualmente a erosione e a rischio potenziale di erosione. Come si evince dalle due cartografie (Figura 59) le zone più soggette alla perdita di suolo sono quelle maggiormente in pendenza. L'erosione attuale però ben si discosta dal rischio potenziale. Questo perché è soprattutto l'uso del suolo, e in particolare un'adeguata copertura vegetativa, che protegge l'orizzonte superficiale e ne conserva (e alimenta) la fertilità. La maggior parte delle aree attualmente erose, infatti, è localizzata in zone in cui il connubio pendenza e usi del suolo più aggressivi (e una mancanza di una buona infiltrazione), portano all'incremento del tasso di perdita di suolo. Nel focus di Figura 60 si vede e si conferma come le aree più soggette non sono quelle “in montagna”, ovvero lungo pendii boscati, ma piuttosto quelle ad esempio nelle colline trevigiane, laddove le pratiche agricole e antropiche sono più spinte.

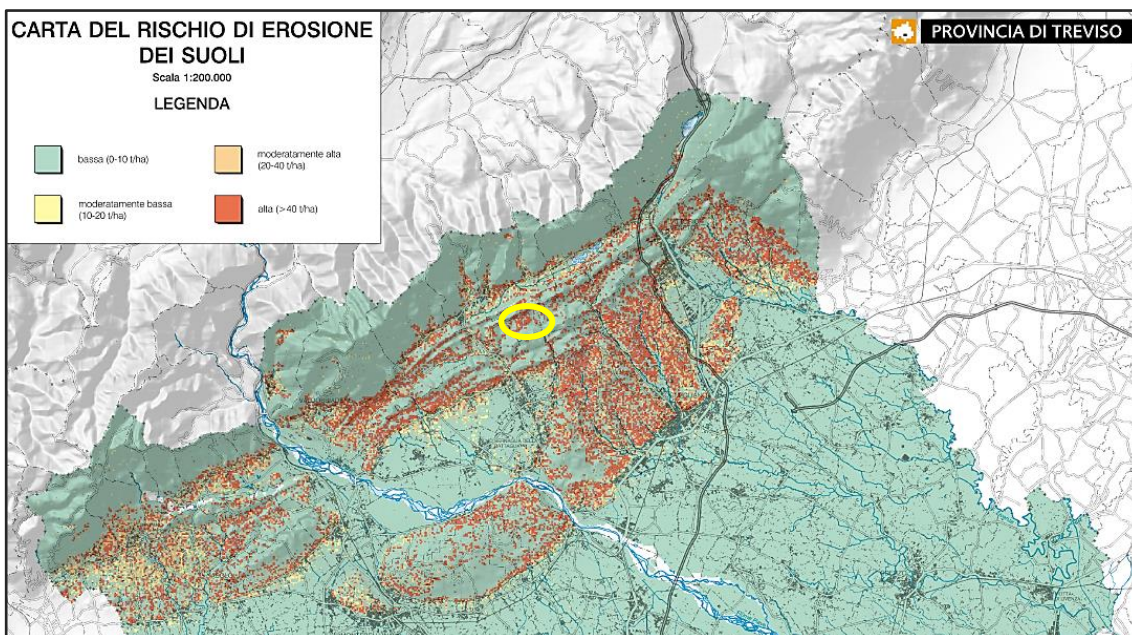


Figura 60. Carta del rischio di erosione dei suoli. In giallo la zona di Arfanta e Duca di Dolle. Fonte: Arpav, 2008.

Le due aree studio della presente tesi, localizzate nei comuni di Tarzo (Arfanta) e Cison di Valmarino (Duca di Dolle), sono secondo la cartografia ARPAV nel pieno del territorio soggetto a rischio erosione. Se confrontiamo la quantità di superficie interessata da erosione di tali Comuni, con quella dei vicini comuni della provincia di Treviso o della regione Veneto, riscontriamo che per Tarzo e Cison di Valmarino la percentuale di superficie a rischio è nettamente superiore (soprattutto per Tarzo) alla media provinciale e regionale.

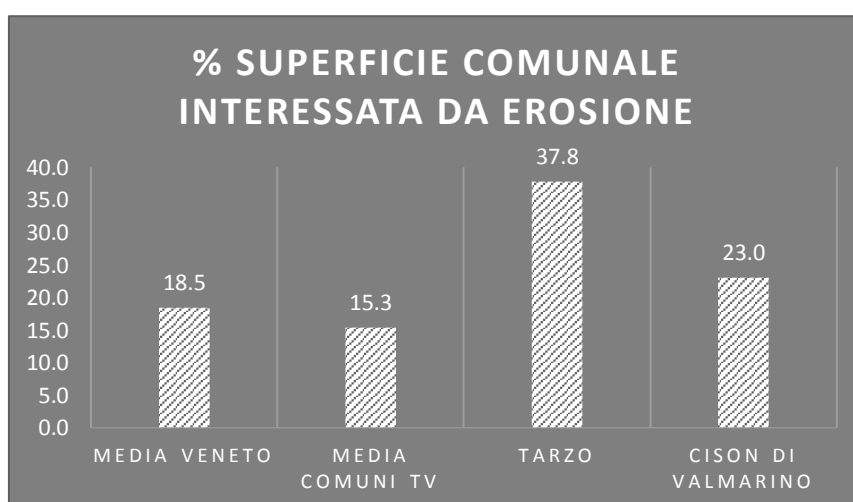


Figura 61. % della superficie comunale interessata da erosione in misura superiore a 6 t/ha/anno (considerata dall'OCSE come livello massimo di erosione tollerabile per i suoli agricoli). Fonte: elaborazione dati Arpav, 2015.

2.3 Vincoli/norme

Per quanto concerne l'apparato legislativo che governa, in campo agrario, gli interventi di sistemazione di un pendio (nella zona geografica considerata), in cui vi siano o vi saranno impiantati vigneti, frutteti, specie da opera e da legno, (ecc.), è necessario confrontarsi con il Regolamento Intercomunale di Polizia Rurale. Esso racchiude in sé tutte le disposizioni necessarie per una *sistemazione* corretta e conforme alla legge. È inoltre indispensabile, laddove le circostanze legislative lo richiedano, presentare il materiale richiesto e chiedere il parere di altri enti preposti dalla normativa, tra cui la Soprintendenza, il Genio Civile, il Servizio Forestale Regionale, il Consorzio di Bonifica Piave, il Gestore del Servizio Idrico Integrato, ecc.

In riferimento al Regolamento Intercomunale di Polizia Rurale⁷, che governa il territorio amministrativo in cui insistono le due aree oggetto di studio, le sistemazioni agrarie e i movimenti di terra di queste, sono regolate ai sensi dell'articolo 14/C.

Viene posto di seguito uno stralcio di tale articolo (punto 3) riguardante alcune disposizioni in riferimento alla *sistemazione* da scegliere in funzione della pendenza e di altri fattori.

Nell'impianto o reimpianto degli arboreti (vigneti, frutteti, specie da opera e da legno, ecc.) devono di norma essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- ≈ se si effettuano movimenti di terra con sterri e riporti deve essere mantenuto in superficie lo strato attivo del terreno agrario (primi 30/40 cm);*
- ≈ con pendenze inferiori al 10% sono possibili tutte le sistemazioni ad eccezione di gradoni e ciglioni di larghezza superiore a 4 m;*
- ≈ in collina le sistemazioni dovranno perseguire al miglioramento della gestione delle acque e della stabilità complessiva dei pendii, anche in termini di dilavamento ed erosione;*
- *la disposizione dei filari di impianto dovrà essere, di norma, a girapoggio, ovvero seguire le curve di livello con uno scostamento rispetto all'orizzontale fino al 5%*

⁷ Regolamento Intercomunale di Polizia Rurale per i comuni di Cison di Valmarino Colle Umberto, Conegliano, Farra di Soligo, Follina, Miane, Pieve di Soligo, Refrontolo San Pietro di Feletto, San Vendemiano, Susegana, Tarzo, Valdobbiadene, Vidor, Vittorio Veneto (Vedi note bibliografia).

misurato lungo il filare. La disposizione curvilinea, in casi particolari, può essere sostituita da spezzate rettilinee. Può essere tollerata una disposizione diversa (rittochino, traverso o cavalcapoggio) solo per aree limitate, non superiori a 0,5 ettari, per esigenze di raccordo tra ambiti morfologici diversi o per esigenze legate all'andamento dei confini di proprietà od altri allineamenti significativi;

- *in ogni caso la disposizione a rittochino o traverso non potrà interessare superfici con pendenza superiore al 15%: in tale eventualità la lunghezza dei filari non dovrà essere superiore a 50-80 metri; oltre tale dimensione il filare dovrà essere interrotto prevedendo l'inserimento di una capezzagna con rete idraulica captante che permetta il deflusso delle acque meteoriche a valle mediante adeguate reti scolanti (fognature, condotte, canalette, drenaggi); a valle le acque dovranno essere raccolte in corsi d'acqua naturali o bacini naturali e/o artificiali;*
- *con pendenze tra il 15% e il 30% possono essere formati terrazzamenti o banchine o ciglioni tutti trattorabili ovvero con larghezza utile fino a 3 m;*
- *con pendenze tra 31% e 70% sono possibili solo sistemazioni a ciglioni raccordati o terrazze raccordate con un filare per banchina che deve avere larghezza inferiore a metri 2,00 a seconda della pendenza e della profondità del terreno agrario; ogni 2-5 terrazzamenti stretti è possibile inserire un terrazzamento più largo per il transito dei mezzi meccanici; il ripiano avrà di norma leggera pendenza verso l'esterno per favorire lo sgrondo delle acque meteoriche.*
- *oltre il 70% di pendenza è lasciato spazio al bosco, al prato o al pascolo, fatta eccezione per la eventuale presenza di vigneti storici;*
- *i vigneti storici devono mantenere la sistemazione originaria adeguandosi comunque alle norme relative alle distanze da strade, fossi, confini. Le superfici caratterizzate da terrazzamenti (con muretto a secco, ciglione erboso, gradone, ecc.) devono essere conservate. Tale forma di sistemazione agricola ha lo scopo di assicurare la difesa del suolo agrario con la formazione di ripiani che consentono il deflusso e la divisione delle acque meteoriche e il loro ordinato convogliamento verso sbocchi prestabiliti.*

Per quanto riguarda, invece, le implicazioni di natura idrogeologica che possono colpire (e che hanno colpito) il territorio oggetto di studio, sono stati trovati alcuni riferimenti all'interno del progetto IFFI dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (per conto dell'ISPRA⁸) e nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Piave. Di seguito è posto un estratto mappa di quest'ultimo.

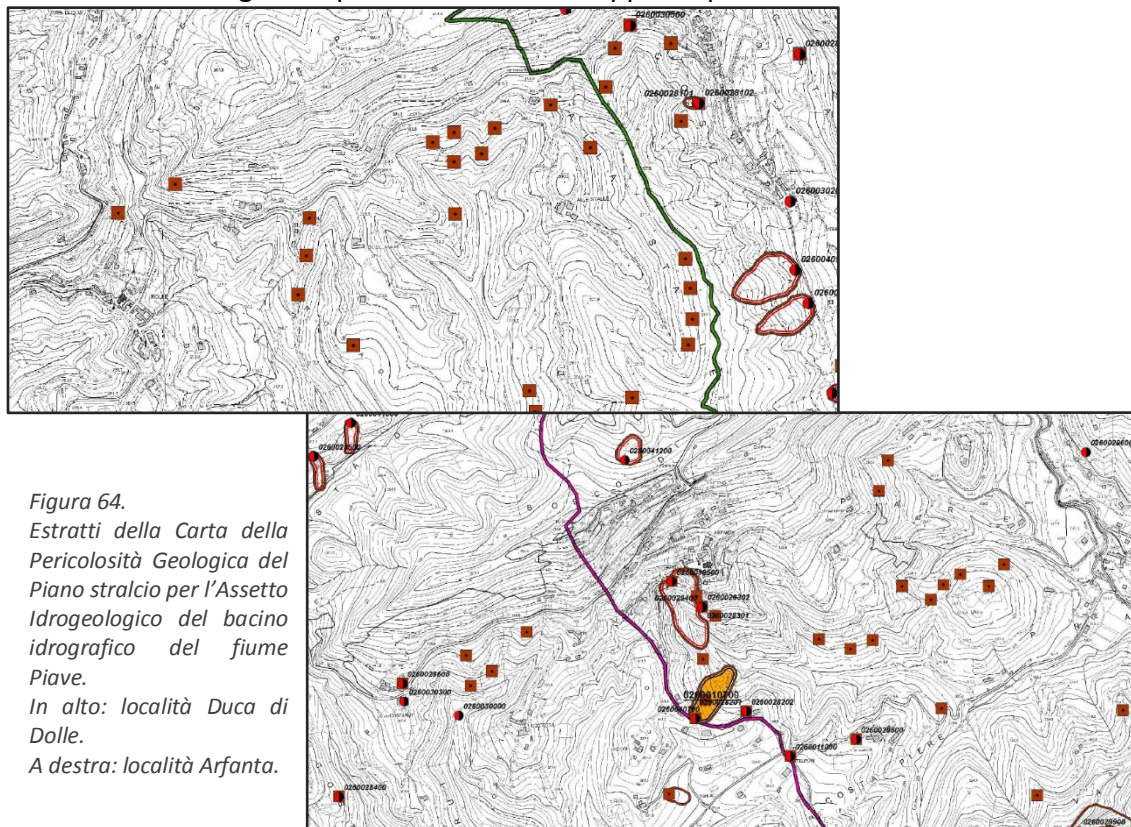


Figura 64.
Estratti della Carta della Pericolosità Geologica del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Piave.
In alto: località Duca di Dolle.
A destra: località Arfanta.

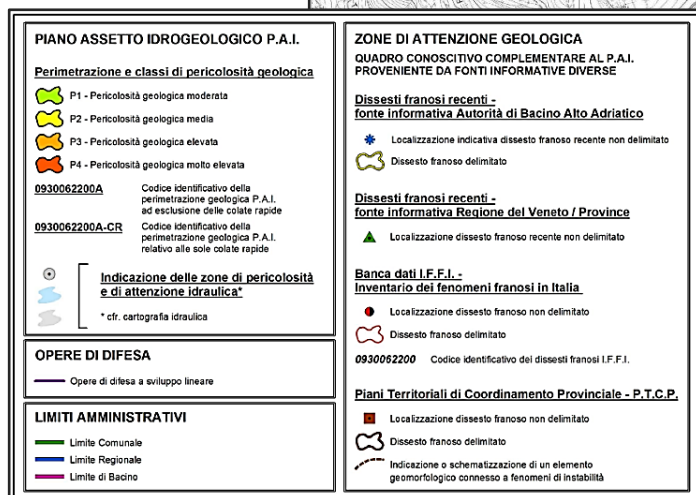


Figura 65. A sinistra: Legenda riferita alla Carta della Pericolosità Geologica del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Piave.

⁸ ISPRA: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale istituito con la legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112.

3. MATERIALI E METODI

Nel seguente capitolo si affronteranno le principali metodologie adottate in questo elaborato e verranno illustrati sinteticamente gli strumenti utilizzati per il raggiungimento dell'obiettivo di ricerca di questa tesi. Verrà inoltre delineato l'intero processo d'analisi visibile in figura 66.

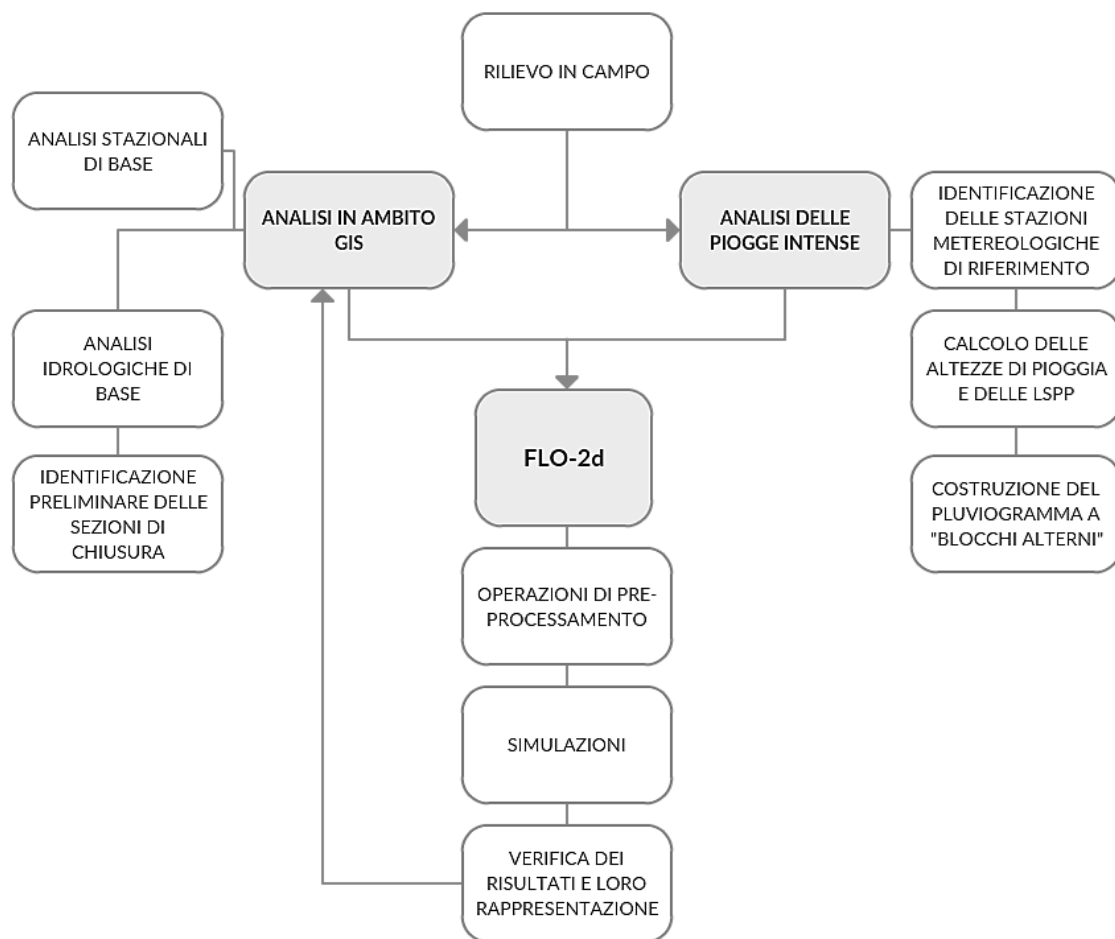


Figura 66. Procedimento operativo

3.1 Il rilievo in campo

L'operazione di sopralluogo risulta essere essenziale per poter costruire preliminarmente il quadro conoscitivo che sta alla base di qualsiasi ricerca o elaborato, nonché dei comuni strumenti pianificatori e decisionali. In questa tesi, si è svolto un primo sopralluogo in campo a inizio 2017, in cui si è preso contatto con il geologo (Dott. Celeste Granziera) che ha svolto studi, misurazioni e interventi per diverse aree terrazzate in zona Refrontolo, Tarzo e comuni contermini (tra cui le due aree oggetto di studio).

Le superfici terrazzate della zona sono state percorse analizzandole in modo critico, osservando i principali punti di debolezza non ancora mascherati dalla presenza della vegetazione e cercando di comprendere le possibili dinamiche future di deflusso superficiale e di erosione legate alla topografia locale. Si è inoltre osservato a campione il territorio terrazzato della zona, comprendendo che piccole problematiche di dissesto idrogeologico sono abbastanza comuni in tutta l'area.

Nel mese di marzo, invece, si è svolto un secondo sopralluogo in campo. Si è qui centrato lo studio sulle zone terrazzate di Arfanta e di Duca di Dolle e si è proceduto con il rilievo foto-aereo con camera ad alta risoluzione da 12 megapixel, grazie all'impiego di un drone modello *DJI Phantom 3 professional*. Associato al rilievo aereo si sono prese preliminarmente le coordinate di almeno una quindicina di punti (*target*), diffusi all'interno e attorno al perimetro dell'area terrazzata. Questi *target* sono stati georiferiti tramite *GPS differenziale (Topcon HyperV)* e sono serviti successivamente per la georeferenziazione e modellazione altimetrica dell'area a rilievo, tramite il software *AGISOFT PhotoScan Professional* che ha consentito l'assemblaggio delle immagini.



Figura 67. Phantom 3 Pro



Figura 68. DGPS
(TopCon Hyper V)



Figura 69.
Agisoft Photoscan

3.2 Analisi delle piogge

3.2.1 Le stazioni pluviometriche di riferimento e la loro importanza generale

Avere un sistema sempre operativo che rilevi le precipitazioni in corso e che permetta di raccogliere dati poi utili per costruire soglie storiche di primaria importanza, è quanto mai indispensabile vista la forte variabilità meteo-climatica, riscontrata in particolare negli ultimi anni. Il riscaldamento del pianeta, causato dall'emissione antropica di gas serra in atmosfera, sta determinando un aumento dell'evaporazione delle acque di superficie, con conseguente incremento dell'umidità atmosferica. L'intensificarsi del ciclo dell'acqua a causa dell'aumento della temperatura atmosferica (sia massima che minima) provoca un incremento dell'instabilità atmosferica in termini di quantità e intensità di precipitazioni (AEA, 2012). Avere sul territorio una rete capillare di monitoraggio, con tempi di divulgazione dei dati abbastanza solerti, è fondamentale per analizzare ed elaborare vari fattori quali ad esempio le portate (piena, magra, ecc.), i tempi di ritorno, i livelli idrometrici, la saturazione del suolo, i livelli delle falde, l'innescio di fenomeni di dissesto idrogeologico, la gestione dei bacini di accumulo e di laminazione, le necessità idriche per l'agricoltura e tanti altri. È vitale, infatti, conoscere molti di questi dati in tempo reale o quasi, per poter meglio gestire l'evento in corso e per poter far fronte a un'eventuale emergenza.

Avere dei valori di riferimento (soglie storiche, massimi e minimi, medie, ecc.) consente di tarare modelli, di fare predizioni accurate e di analizzare l'andamento meteo-climatico locale. Per questa tesi, in particolare, l'aver avuto dei dati storici provenienti da due stazioni abbastanza vicine alle aree studio (stazione di Farra di Soligo e s. di Valdobbiadene), è risultato indispensabile per poter calcolare le piogge attese riferite a determinati tempi di ritorno e a linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) e per determinare alcuni pluviogrammi sintetici significativi (elementi che sono stati poi utilizzati per la modellazione idrologico-idraulica di diversi scenari).

Per quanto riguarda il territorio veneto l'ente pubblico preposto al monitoraggio delle precipitazioni è l'ARPAV, *l'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto*. Il monitoraggio meteorologico e le conseguenti analisi provengono da una

vasta rete sistemica di stazioni automatiche (oltre 200) che coprono l'intera regione. Questa rete di telemisura è collegata tramite radio al centro di calcolo, verso cui trasmette i dati captati in tempo reale. In queste stazioni i pluviometri acquisiscono e registrano il dato di precipitazione ogni 5 minuti fornendo l'informazione in mm di pioggia caduta, spesso sintetizzata in mm/ora.

3.2.2 Procedimento. I dati pluviometrici

I dati pluviometrici utilizzati, come già detto, provengono dalle vicine stazioni di Farra di Soligo e di Valdobbiadene. Le prime analisi sulle altezze di pioggia, per diversi tempi di ritorno e riguardanti precipitazioni della durata di un giorno, hanno però evidenziato un'elevata affinità tra i dati derivanti dalle due stazioni, permettendo così di utilizzare per le successive elaborazioni solamente i dati della stazione di Farra di Soligo, più prossima alle due aree studio.

Tali dati costituiscono un arco temporale di rilevazioni iniziate dal 1992 e terminate nel 2016, concernenti le *piogge intense* estratte come massimi annuali per diverse durate temporali (5, 10, 15, 30, 45 minuti; 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 ore; 1, 2, 3, 4, 5 giorni). Essendo i due bacini idrografici di per sé molto piccoli in termini di superficie sottesa, si è scelto di utilizzare per le prime analisi i dati riguardanti le soglie di 5, 10, 15, 30, 45, 60 minuti.

ANNO	PIOGGIA (mm) : h					
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti	60 minuti
1992	12.8	19.4	23.6	37.8	39.4	39.8
1993	8	15.8	22	37.4	42.8	45
1994	11.2	15.8	25.8	31.2	31.8	32.6
1995	8.6	16.6	18.8	25.6	31.2	32.6
1996	11.2	21.6	26.4	34	35.6	41.6
1997	13.2	23.6	30.8	46.4	49.8	51
1998	14.2	21.2	24.6	30	33	46.6
1999	12	20.8	25	26.4	27	30.2
2000	15.6	19.8	22	26.2	30	30.6
2001	15	25.6	34.8	37.6	41.6	44.6
2002	14.4	18	21.2	27.8	33	33.4
2003	12.4	17.4	21.2	27.2	42.8	48.8
2004	13.2	25.4	32.4	43.2	53.8	57.2

2005	12	17.8	26.2	44.4	53.6	56.6
2006	17.4	28.6	39.4	54.2	62.6	64.6
2007	13.4	24	29.2	32	32	32
2008	18.8	33.8	37.4	41	41	47.8
2009	10.8	19.8	29.6	50.4	61.4	62.6
2010	7.2	12.2	17.4	24.6	30.6	32
2011	13	24	26.4	32.6	32.6	32.6
2012	11.6	17.6	22.2	23.8	26.2	27.6
2013	8	15.6	19.6	26	28.2	29.2
2014	11	19.6	23	38.6	43.2	51.6
2015	11.6	21.6	27.4	31.2	31.8	35.6
2016	10.6	14	18.8	28.6	31.6	33

Tabella 2. Serie storica piogge intense (stazione Farra di Soligo).

3.2.3 Procedimento. Altezze di pioggia

L'analisi delle piogge è stata eseguita mediante elaborazione statistico-probabilistica dei dati impiegando la distribuzione di probabilità di Gumbel, anche chiamata EV1 (Extreme Value type 1). Questa distribuzione è adottata solitamente proprio nelle analisi di un campione di massimi annuali ed è espressa dalla seguente legge doppio esponenziale:

$$P(h) = e^{-e^{-y}} \quad (1)$$

Questa legge riassume la probabilità cumulata di non superamento, relativa alla variabile di appoggio y (detta variabile ridotta), che poi, tramite l'adattamento probabilistico, viene legata linearmente all'altezza di pioggia h tramite la relazione:

$$y = \alpha (h - u).$$

Tali parametri α e u (parametri di adattamento) sono stati forniti direttamente da ARPAV (Tabella 3).

Parametro	5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti	60 minuti
NUMERO	25	25	25	25	25	25
MEDIA	12.29	20.38	25.81	34.33	38.66	41.57
DEVSTANDARD	2.78	4.82	5.79	8.48	10.47	11.13
ALFA (α)	0.4011	0.2309	0.1924	0.1313	0.1064	0.1001
MU (u)	10.96	18.09	23.05	30.29	33.67	36.27

Tabella 3. Parametri Gumbel (Elaborazione ARPAV)

In relazione alle dimensioni dei due bacini idrografici oggetto di studio, alle loro caratteristiche stazionali e alle possibili dinamiche idrologico-idrauliche, si è scelto innanzitutto di analizzare tali bacini per piogge con tempi di ritorno di 5, 30 e 100 anni. Il tempo di ritorno è un rapporto che esprime la *probabilità di accadimento* di un certo fenomeno, in questo caso precipitazionale.

$$Tr = \frac{1}{F'(x)} = \frac{1}{1 - P(x)} \quad (2)$$

In cui T è il numero di anni per i quali la variabile idrologica di interesse ha un valore caratterizzato dalla probabilità di essere superato od uguagliato mediamente una sola volta. Tale evento o fenomeno si ripete mediamente perlomeno con questo valore una volta ogni T anni. Dunque il fenomeno ha $F'=1/T$ probabilità media di essere superato od uguagliato ogni anno.

Una volta scelti i tempi di ritorno (Tr) menzionati, si sono dovuti calcolare i valori delle *piogge attese* (h) tramite le seguenti relazioni:

$$y = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)\right) \quad (3)$$

$$h = \frac{y}{\alpha} + u \quad (4)$$

Qui l'altezza di pioggia è espressa in *mm* e consente il rapido calcolo del valore atteso, noto il valore della variabile ridotta y , la quale è in funzione solamente del tempo di ritorno.

Tempo di ritorno	Variabile y	Altezze di pioggia attese					
		5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti	60 minuti
5	1.4999	14.6	24.5	30.8	41.7	47.8	51.2
30	3.3843	19.3	32.7	40.6	56.1	65.5	70.1
100	4.6001	22.4	38.0	46.9	65.3	76.9	82.2

Tabella 4. Calcolo altezze di pioggia attese.

3.2.4 Procedimento. Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP)

Il calcolo delle piogge attese è necessario per arrivare alla costruzione delle *Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica*, indispensabili per determinare il valore delle altezze di pioggia, in relazione alla durata di un preciso evento precipitazionale con determinato tempo di ritorno Tr .

Per fare ciò è stato applicato il metodo di regressione dei minimi quadrati alla funzione linearizzata tra h e t , come semplificato di seguito.

$$h = a t^n \implies \underbrace{\log h}_H = \underbrace{\log a}_A + n \underbrace{\log t}_T \implies H = A + n T$$

a : dipende da frequenza di accadimento

(5)

I primi passi da compiere sono, in ordine, il calcolo dei fattori chiamati T , H e A . Dove T deriva semplicemente dal logaritmo del fattore temporale t (5 minuti, 10 minuti, 15 minuti, ecc) espresso in ore. H , invece, deriva dal logaritmo dell'altezza di pioggia attesa. Infine si desume A , la quale dipende da T , grazie alla rappresentazione tramite la retta che meglio approssima i punti del campione. Da questa si ricavano i parametri di regolarizzazione a e n relativi ai tre tempi di ritorno Tr_5 , Tr_{30} e Tr_{100}). Questi due parametri altro non sono che due coefficienti dove n è da ritenersi quasi costante per una data stazione mentre a è più legato alla frequenza.

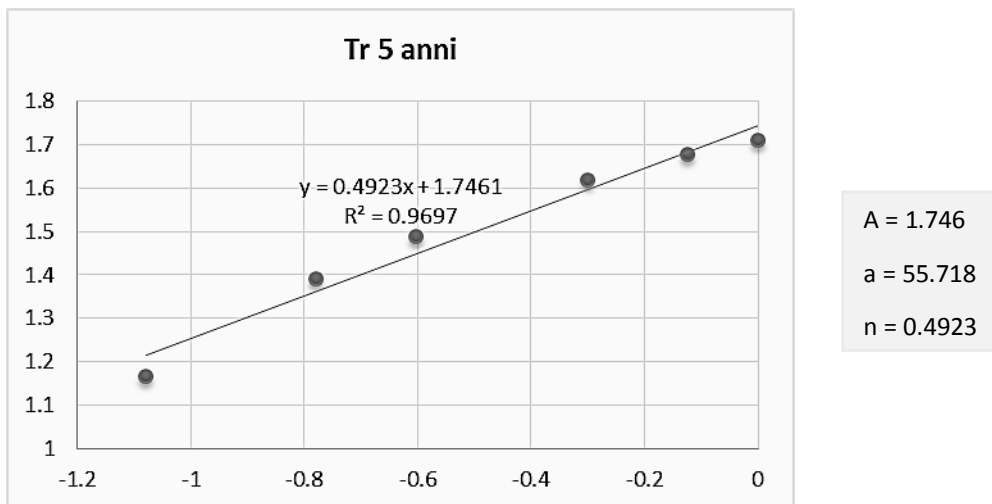


Figura 70. Tr_5

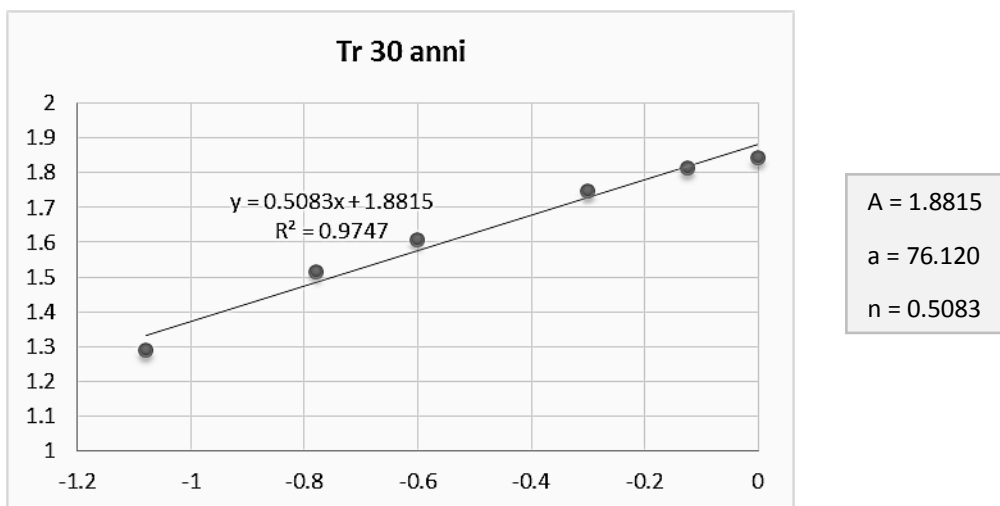


Figura 71. Tr 30

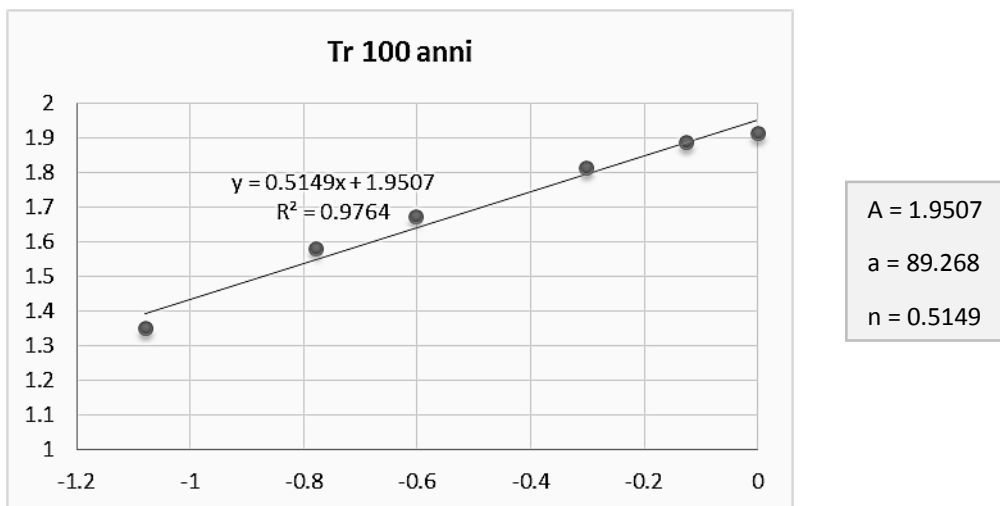


Figura 72. Tr 100

Tr (anni)	a	n
5	55.71857489	0.4923
30	76.1202139	0.5083
100	89.26886232	0.5149

Tabella 5. Sintesi parametri di regolarizzazione a ed n

Una volta ottenuti i parametri a e n si può finalmente computare l'altezza di pioggia calcolata:

$$h = a \times t^n \begin{cases} h \text{ (mm)} \\ t \text{ (ore)} \end{cases} \quad (6)$$

Minuti	Durata piogge t (ore)	h calcolata		
		Tr5	Tr30	Tr100
5	0.08	16.4	21.5	24.8
10	0.17	23.1	30.6	35.5
15	0.25	28.2	37.6	43.7
30	0.50	39.6	53.5	62.5
45	0.75	48.4	65.8	76.9
60	1.00	55.7	76.1	89.3

Tabella 6. Altezza di pioggia calcolata

Inserendo in un grafico l'altezza di pioggia h nelle ordinate e la durata delle piogge t nelle ascisse ne risultano le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica per i tre tempi di ritorno. Dunque le LSPP altro non esprimono che la relazione tra le altezze massime di pioggia (h) e la durata delle precipitazioni (t), sulla base di un determinato tempo di ritorno.

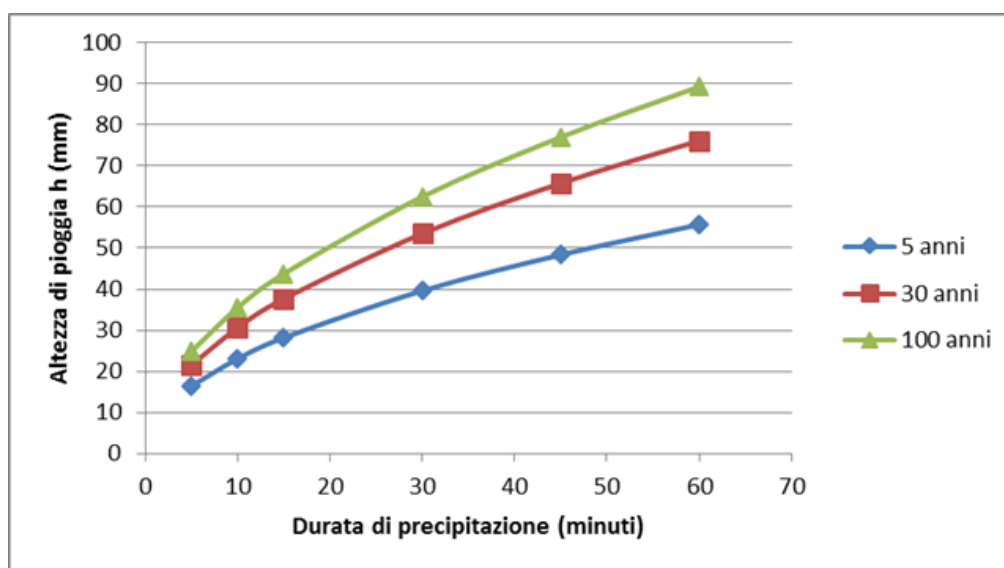


Figura 73. Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP)

3.2.5 Costruzione del pluviogramma a "blocchi alterni"

Il modello di simulazione che si andrà a utilizzare (Flo-2d), e che verrà descritto in seguito, necessita in ingresso di un pluviogramma per poter calcolare la propagazione del deflusso sulla porzione di territorio considerata. Partendo quindi dalle LSPP si sono ricavate le altezze di pioggia, suddivise per intervalli di tempo (di 5 minuti), relative a un determinato arco temporale (in questo caso 30 minuti di evento) molto prossimo ai

tempi di corrvazione stimati per le aree in esame. Si è proceduto successivamente a ricavare il Δ (differenza tra il valore di pioggia dell'intervallo successivo e quello precedente) tra i diversi intervalli temporali.

Infine, obbiettivo ultimo di questo procedimento, è stato costruito il pluviogramma “a blocchi alterni”. Esso non è altro che un istogramma (Figura 75) nel quale si riportano alternativamente a destra e a sinistra, partendo dal centro, gli incrementi di pioggia per ogni intervallo di tempo derivante dalla LSPP (Figura 74).

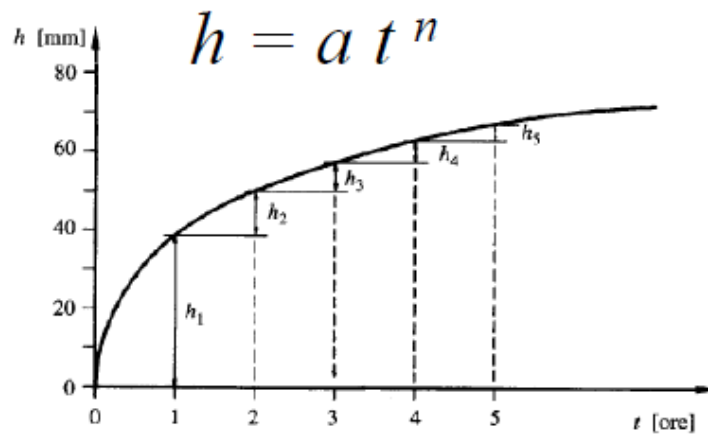


Figura 74. Linea Segnalatrice di Probabilità Pluviometrica (LSPP)

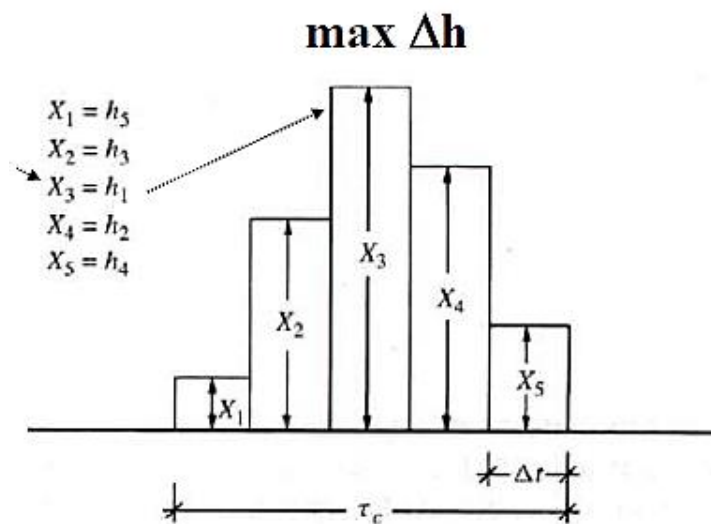


Figura 75. Costruzione Pluviogramma “a blocchi alterni”

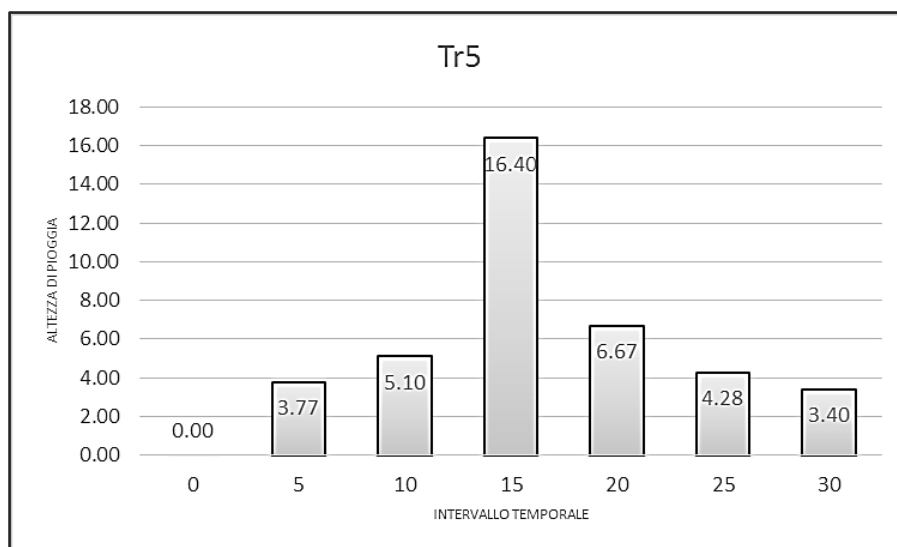


Figura 76. Pluviogramma "a blocchi alterni" Tr5

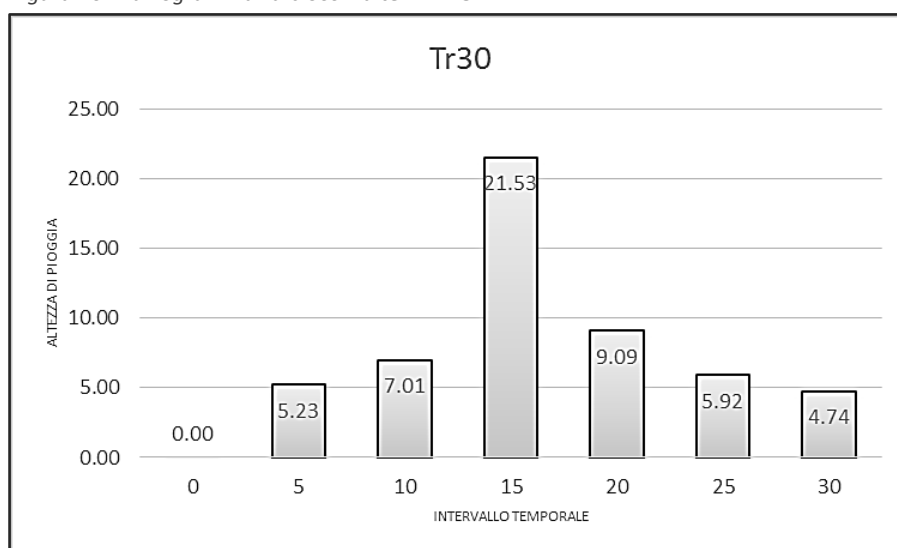


Figura 77. Pluviogramma "a blocchi alterni" Tr30

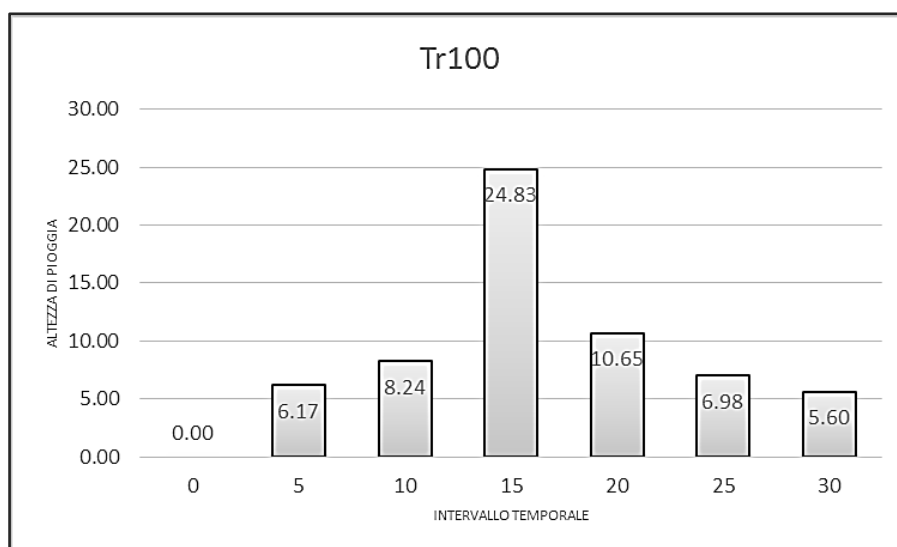


Figura 78. Pluviogramma "a blocchi alterni" Tr100

Infine, si è proceduto alla cumulazione di tali incrementi e alla loro percentualizzazione sulla base dell'ordine dato dal pluviogramma "a blocchi alterni".

t (min)	t (ore)	P = h (mm)	ΔP (mm)	$\Delta P_{\text{bloc.alt.}}$ (mm)	$P_{\text{bloc.alt.cum}}$ (mm)	P(percent)
0	0.000	0.00	0	0.00	0.00	0.00
5	0.083	16.40	16.40	3.77	3.77	0.10
10	0.167	23.06	6.67	5.10	8.86	0.22
15	0.250	28.16	5.10	16.40	25.26	0.64
20	0.333	32.44	4.28	6.67	31.93	0.81
25	0.417	36.21	3.77	4.28	36.21	0.91
30	0.500	39.61	3.40	3.40	39.61	1.00

Tabella 7. Sintesi costruzione pluviogramma "a blocchi alterni" con Tr5

t (min)	t (ore)	P = h (mm)	ΔP (mm)	$\Delta P_{\text{bloc.alt.}}$ (mm)	$P_{\text{bloc.alt.cum}}$ (mm)	P(percent)
0	0.000	0.00	0	0.00	0.00	0.00
5	0.083	21.53	21.53	5.23	5.23	0.10
10	0.167	30.62	9.09	7.01	12.24	0.23
15	0.250	37.62	7.01	21.53	33.76	0.63
20	0.333	43.55	5.92	9.09	42.86	0.80
25	0.417	48.78	5.23	5.92	48.78	0.91
30	0.500	53.52	4.74	4.74	53.52	1.00

Tabella 8. Sintesi costruzione pluviogramma "a blocchi alterni" con Tr30

t (min)	t (ore)	P = h (mm)	ΔP (mm)	$\Delta P_{\text{bloc.alt.}}$ (mm)	$P_{\text{bloc.alt.cum}}$ (mm)	P(percent)
0	0.000	0.00	0	0.00	0.00	0.00
5	0.083	24.83	24.83	6.17	6.17	0.16
10	0.167	35.48	10.65	8.24	14.41	0.36
15	0.250	43.72	8.24	24.83	39.24	0.99
20	0.333	50.70	6.98	10.65	49.90	1.26
25	0.417	56.88	6.17	6.98	56.88	1.44
30	0.500	62.47	5.60	5.60	62.47	1.58

Tabella 9. Sintesi costruzione pluviogramma "a blocchi alterni" con Tr100

Questi dati, presentati con tale formato e ordine, sono poi stati inseriti nel modulo RAIN.DAT all'interno del modello Flo-2d, come spiegato nel relativo paragrafo.

3.3 Elaborazioni in ambito GIS (Geographical Information System)

L'utilizzo dei software ArcGIS e QGIS è stato essenziale per analizzare in un primo momento esplorativo le due aree studio, per compiere alcune analisi idrologiche di base e, infine, per rappresentare qualitativamente tramite mappe i dati e i risultati delle analisi compiute nell'intero sviluppo di questa tesi.

Per GIS si intende un *"powerful set of tools for collecting, storing, retrieving at will, transforming and displaying spatial data from the real world for a particular set of purpose"* (Burrough, 1986).

Questo tipo strumento informativo permette quindi, più praticamente, di svolgere attività quali la produzione cartografica, la visualizzazione di dati, l'analisi spaziale, il supporto per la modellistica e la pianificazione territoriale. L'utilità di questo strumento deriva dalla sua capacità di elaborare e analizzare la conoscenza (attuale e/o "storica"), trasformando una grande serie di dati in poche, più semplici e altamente significative informazioni, il tutto spesso in un'ottica di valutazione volta a prendere determinate scelte in ambito pianificatorio e gestionale.

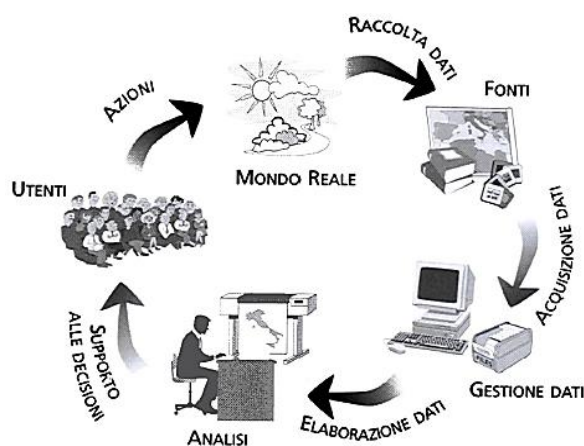


Figura 79. Funzionalità del GIS (Schema). Fonte: sconosciuta

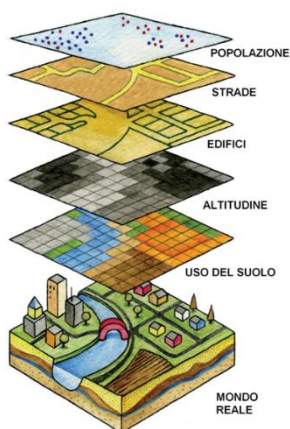


Figura 80. Rappresentazione schematica di come la realtà viene modellizzata in ambiente GIS. Fonte: Geographic Information System Basics, 2012.

La gestione delle informazioni viene fatta attraverso una modellazione per "strati" chiamati *livelli* o *layers*. Essi rappresentano spazialmente il mondo reale il quale può essere analizzato interrogando, richiamando, rappresentando od incrociando più livelli.

Solitamente a ogni livello corrisponde un file e allo stesso tempo ogni layers è composto da elementi chiamati *features* a cui sono associati propri set di parametri.

L'informazione territoriale è composta di per sé da due componenti principali: la componente spaziale (data dalle proprietà geometriche e topologiche) e la componente non

spaziale (derivante dagli “*attributi*”, cioè dati di tipo descrittivo legati alla componente spaziale).

3.3.1 Analisi idrologiche in ambito GIS

Ogni elaborazione eseguita in ambito GIS è partita dall’utilizzo di un DTM di base. Il DTM, *Digital Terrain Model* (Modello Digitale del Terreno), è un particolare tipo di file, in formato raster, il quale presenta associata a ogni pixel l’informazione della quota di una superficie terrestre (esclusi gli elementi posti sopra di essa quali ad esempio alberi, edifici, infrastrutture, ecc.). Questo genere di file può essere prodotto a partire da

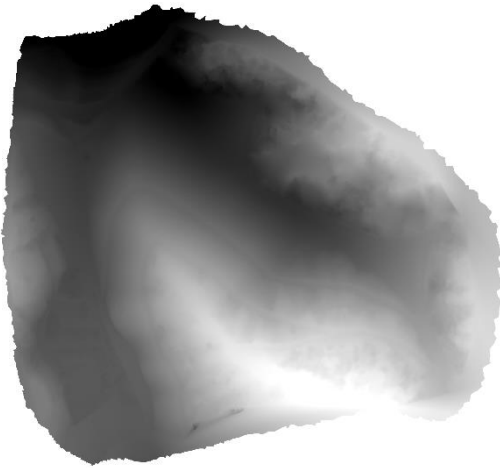


Figura 81. DTM Duca di Dolle

diverse tipologie di informazioni come le curve di livello o i punti quotati, da rilievi eseguiti con laser-scanner o da rilievi topografici, oppure può derivare da una *nuvola di punti* generata a partire da un rilievo aerofotogrammetrico. Quest’ultimo è la tipologia utilizzata nella presente tesi grazie all’impiego di una *camera* ad alta risoluzione montata su drone.

I raster dei due file DTM (formato .asc) hanno una risoluzione iniziale di 0.034 metri poi portata a 0.1 metri per facilitare le prime elaborazioni e infine impostata pari a 1 metro per le analisi idrologiche-idrauliche eseguite con Flo-2d. Queste risoluzioni sono state considerate sufficienti sia per garantire l’efficacia delle analisi e della modellazione sia per consentire a software di elaborare con adeguata snellezza e velocità informazioni altrimenti piuttosto pesanti.

Una volta ottenuto quindi un DTM di adeguata risoluzione di immagine si è proceduto con le principali analisi idrologiche di base eseguibili in ambito GIS. Per prima cosa, però, si è dovuto rendere “utilizzabile” il DTM per queste analisi, in quanto è comune in questo caso il problema delle “depressioni locali” anche chiamate *pit* (Figura 82). In sintesi un *pit* è una cella racchiusa da altre celle di quota più elevata che non presenta pertanto una via di uscita superficiale per il deflusso dell’acqua. Di per sé è assimilabile ad

351	352	351
350	346	350
351	349	349

Figura 82. Esempio *pit*.

una sorta di “pozzo” o ad una conca circolare. Queste depressioni possono sia esistere nella realtà sotto forma di laghi, doline o particolari conformazioni topografiche, che non esistere in natura, in quanto possono essere prodotti in modo accidentale durante la costruzione del DTM.

È fondamentale dunque filtrare il DTM per fare in modo che ogni cella sia in qualche maniera collegata alla sezione di chiusura. L’operazione di filtraggio, chiamata in gergo “depittaggio”, risulta quindi essere la rimozione delle depressioni locali. Questa operazione può essere eseguita tramite diversi tipi di algoritmi. Per queste analisi, utilizzando il software ArcGIS, si è impiegato l’*algoritmo di riempimento (Filling)*. La risoluzione del problema avviene per mezzo del “riempimento” della depressione, ovvero la quota della cella (cioè del *pit*) viene sopraelevata fino al superamento minimale della quota di tutte le celle adiacenti.

Dopo aver dovutamente filtrato i due DTM si è proseguito cercando le *direzioni preferenziali di deflusso (Flow directions)* nei due bacini (Figure 84 e 85). Anche in questo caso ci sono diverse tipologie di algoritmi preposti a tale calcolo. In queste elaborazioni si è utilizzato il “D-8”, la via comunemente più seguita per la ricerca delle direzioni di deflusso. Questo algoritmo parte dal presupposto che il deflusso segua la direzione di massima pendenza e viene definito in base al gradiente tra la differenza di quota e la lontananza tra i centri delle celle.

L’elaborazione delle direzioni di deflusso risulta necessaria per definire l’*area drenata o area contribuyente (Flow accumulation)* – (Figure 86 e 87). Essa viene calcolata tramite la somma progressiva del numero di tutte le celle che contribuiscono nel proprio percorso (dallo spartiacque) alla sezione di chiusura. Si avrà quindi che ogni cella del raster dell’area drenata assumerà un valore pari al numero di celle che la precedono nel percorso di deflusso (Figura 83). Moltiplicando l’area della cella (pixel) per il numero delle celle che la precedono è quindi possibile ricavare la superficie del bacino idrografico ad essa riferito.

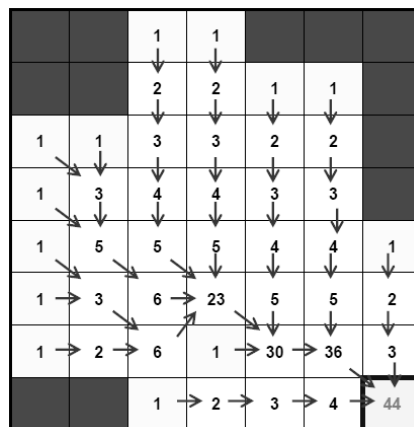


Figura 83. Matrice di drenaggio (Area drenata). Cazorzi, 2006.

Si riportano di seguito le figure delle mappe raster riferite alle direzioni di deflusso e all'area drenata.

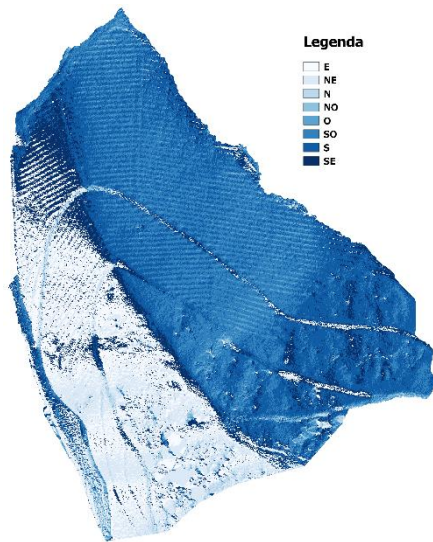


Figura 84. Direzioni di deflusso Duca di Dolle

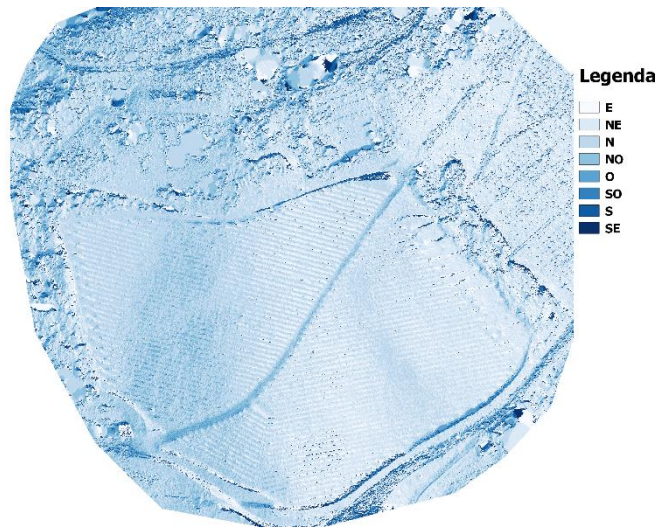


Figura 85. Direzioni di deflusso Arfanta

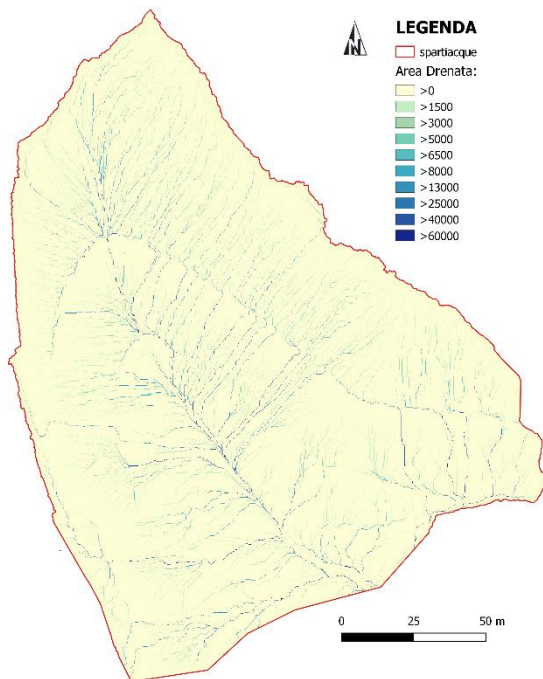


Figura 86. Area Drenata Duca di Dolle. In blu più scura è evidenziato il reticolo sintetico.

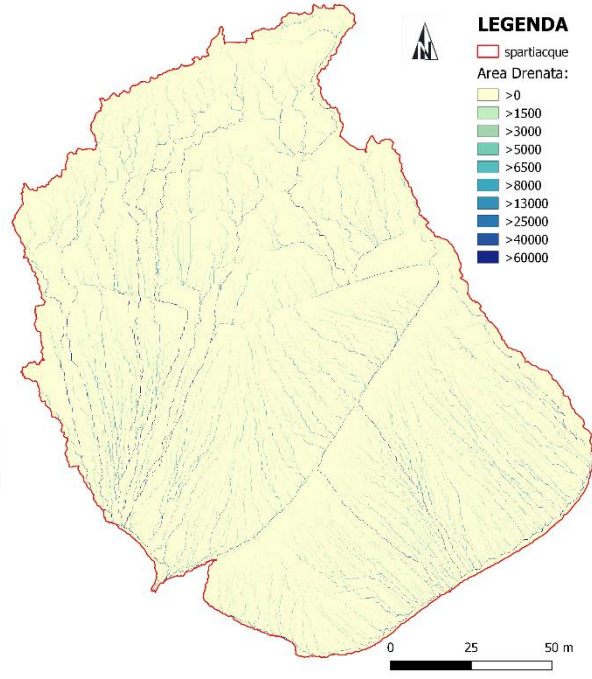


Figura 87. Area Drenata Arfanta. In blu più scura è evidenziato il reticolo sintetico.

La determinazione dell'area drenata e la sua rappresentazione è servita per poter individuare la posizione ottimale della/e sezione/i di chiusura, in modo da poterla/e inserire poi successivamente nel software di modellazione numerica Flo-2d.

3.3.2 Assegnazione della scabrezza idraulica e del Curve Number

Due dei vari parametri necessari all'implementazione del modello Flo-2d sono il *Curve Number* (CN) e l'*n-Manning*. Il CN è altresì il metodo utilizzato dal software di modellazione per il calcolo delle piogge efficaci che portano alla formazione dell'idrogramma di piena.

Questo metodo deriva dal *Soil Conservation Service*⁹ e si presta all'individuazione della parte di precipitazione che contribuisce alla formazione del deflusso diretto, ovvero di quel deflusso che concorre alla formazione della piena. La frazione di precipitazione che contribuisce al deflusso diretto è detta, appunto, *pioggia efficace*. "Il Curve Number è un parametro sintetico che esprime l'attitudine di una porzione di territorio a produrre deflusso diretto (superficiale)." (Dalla Fontana e Rossi, 2015).

Tale parametro varia da un valore minimo pari a 0 ad un valore massimo pari a 100 e, a parità di precipitazione, maggiore è il valore maggiore è il deflusso che viene prodotto.

Per definire il CN bisogna tenere in considerazione tre fattori differenti:

- L'uso del suolo;
- I gruppi idrologici del suolo (permeabilità);
- Le condizioni iniziali di saturazione del suolo (Antecedent Moisture Condition – AMC).

Queste ultime sono suddivise a loro volta in tre condizioni di AMC: AMC-I (condizione secca), AMC-II (c. normale) e AMC-III (c. critica).

Per questa tesi il CN è stato ricavato mediante valori tabellari riferiti ad un preciso gruppo idrologico e per condizioni di AMC-II.

I gruppi idrologici delle due aree studio sono stati definiti tramite esame visivo per sovrapposizione di strati (layers) in ambito GIS, sovrapponendo il perimetro dei due bacini allo *shape file* "c0507211_IdroSuoli50000" proveniente dalla banca dati della Regione Veneto. Da questo confronto è risultato che le due aree rientrano ambedue all'interno del gruppo idrologico D. Esso presenta per definizione, se bagnato, un tasso

⁹ Soil Conservation Service (SCS) oggi Natural Resources Conservation Service (NRCS) del United States Department of Agriculture.

di infiltrazione bassissimo. Sono suoli argillosi o di spessore modesto su strati pressoché impermeabili. I gruppi idrologici, infatti, dipendono dalle caratteristiche pedologiche e litologiche legate alla capacità di infiltrazione dell'acqua in un dato suolo e si suddividono in quattro classi (A, B, C, D). La classe riscontrata sui versanti di Arfanta e Duca di Dolle è la classe di infiltrabilità più bassa, rappresentante la capacità di deflusso più elevata.

Una volta riscontrata la classe del gruppo idrologico di riferimento è stato necessario zonizzare la superficie delle due aree studio in base alle classi di *uso del suolo*. Grazie al GIS quindi si è proceduto marcando i due bacini idrografici tramite la creazione di poligoni, rappresentanti le varie classi d'uso suolo (Figure 88 e 89).

Figura 88. A destra: Uso Suolo Duca di Dolle

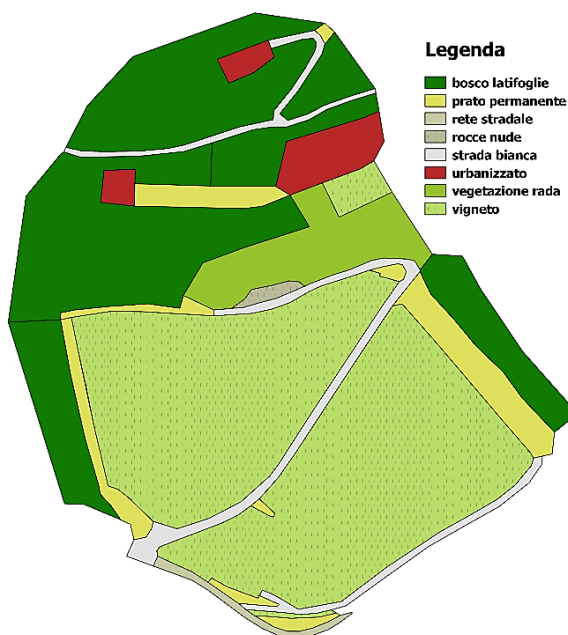
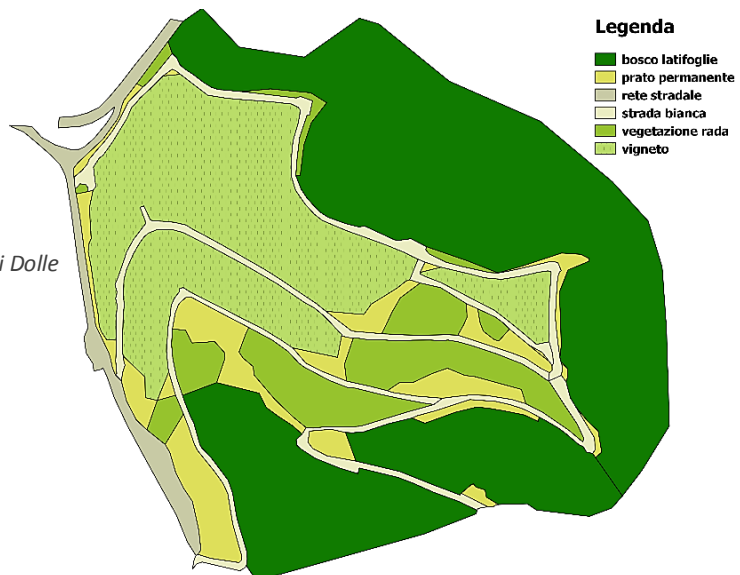


Figura 89. A sinistra: Uso Suolo Arfanta

Incrociando le classi di permeabilità del terreno con le tipologie di uso del suolo si trova infine il valore del Curve Number per ogni poligono.

Fatto ciò si è poi creato uno *shape file* contenente negli attributi tali informazioni e l'*n-Manning*.

Questo file verrà poi inserito nel modello Flo-2d.

In termini generali il *numero di Manning* rappresenta la scabrezza che un flusso uniformemente distribuito (moto uniforme) riscontra nel percorrere una superficie.

Esso risulta essere pari a: $n = \frac{1}{K_s}$ ovvero l'inverso del coefficiente di scabrezza di Strickler. *n-Manning* è fortemente legato all'uso del suolo poiché esso determina conseguentemente la rugosità del terreno.

In ambito GIS sono stati inseriti i valori di *n-Manning* corrispondenti alle classi di uso del suolo, per le due aree oggetto di studio, sulla base della tabella 11.

Uso Suolo	Gruppo Idro	CN
Bosco latifoglie	D	77
Prato permanente	D	80
Rete stradale	D	98
Roccia nuda	D	96
Strada bianca	D	91
Urbanizzato	D	92
Vegetazione rada	D	83
Vigneto	D	81

Tabella 10. Assegnazione del Curve Number

Codice	Tipologia	n	K _s
1	Fustaia densa di conifere	0.150	6.67
2	Fustaia rada di conifere	0.100	10.00
3	Bosco di latifoglie	0.125	8.00
4	Ceduo scadente	0.125	8.00
5	Lariceti, cembrete e larici-cembrete	0.100	10.00
6	Pinete di Pino silvestre e/o Pino nero	0.125	8.00
7	Pascoli nudi o arborati (0.04 o 0.08)	0.080	12.50
8	Prati e colture agrarie	0.040	25.00
9	Rupi boscate	0.100	10.00
10	Arbusteti e mughete	0.100	10.00
11	Improduttivo nudo	0.055	18.18
12	Aree urbanizzate	0.035	28.57
13	Piste da sci	0.040	25.00
14	Laghi e corsi d'acqua	0.050	20.00
15	Paludi e zone umide	0.040	25.00
16	Ghiacciai	0.030	33.33

Tabella 11. Valori di *n-Manning* e *K_s*

Valori di "Curve Number (CN)" in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo (condizioni di umidità antecedente AMC II)					
Tipologie di uso del suolo		Gruppi idrologici			
		A	B	C	D
Suoli coltivati: senza provvedimenti conservativi con provvedimento conservativi (p.e. terrazzi)		72 62	81 71	88 78	91 81
Pascoli o terreni: in cattive condizioni in buone condizioni		68 39	79 61	86 74	89 80
Prato: in buone condizioni		30	58	71	78
Bosco o foresta: scarsa copertura, scarso sottobosco/lettiera buona copertura (p.e. fustaia densa)		45 25	66 55	77 70	83 77
Spazi aperti: prati, parchi, campi da golf, cimiteri, etc. buone condizioni: con copertura erbacea superiore al 75% con copertura erbacea dal 50 al 75%		39 49	61 69	74 79	80 84
Aree commerciali (impermeabili per l' 85%)		89	92	94	95
Aree industriali (impermeabili per il 72%)		81	88	91	93
Aree residenziali:					
Dimensione media del lotto					
< 0.05 ha		65			
0.10 ha		38	85	90	92
0.14 ha		30	61	75	83
0.20 ha		25	57	72	81
0.40 ha		20	54	70	80
			51	68	79
Parcheggi, tetti, vialetti, etc. (aree coperte impermeabili)		98	98	98	98
Strade:					
pavimentate con cordoli e tombini		98	98	98	98
strade bianche		76	85	89	91
strade sterrate secondarie		72	82	87	89

Figura 89. Valori di Curve Number in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo (condizioni di umidità antecedente pari ad AMC-II). Fonte: sconosciuta.

3.4 Il modello di simulazione Flo-2d

L'utilità di un *modello* è molto grande se si pensa allo studio e all'analisi di certi fenomeni ed eventi naturali, dato che difficilmente si può ricorrere all'osservazione diretta delle dinamiche e degli sviluppi di tali eventi. I motivi riguardanti questa difficoltà sono molti e



Figura 90. www.flo-2d.com

possono essere relativi, ad esempio, sia alla complessità nella misurazione dei parametri in gioco che all'impossibilità di avere una visione globale del fenomeno nel suo sviluppo. Ecco allora che un *modello* ha la capacità di semplificare e sintetizzare un fenomeno reale.

Flo-2d è un modello di tipo numerico con funzionalità idrologico/idrauliche che permette diverse modellazioni:

- Debris flow e trasporto di sedimenti;
- Flussi bidimensionali non confinati (per 8 direzioni);
- Modellazione monodimensionale di canali;
- Flusso nelle strade e argini;
- Scambio di flussi tra canale e piana inondabile;
- Strutture idrauliche come ponti, condotte e tombinamenti;
- Pioggia, infiltrazione ed evapotraspirazione.

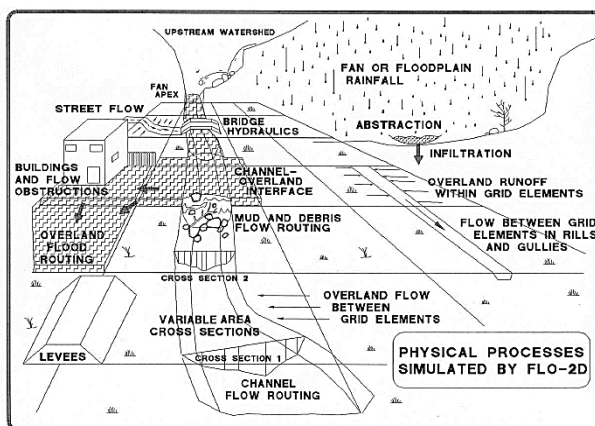


Figura 91. Physical Processes Simulated by FLO-2D.

Fonte: Flo-2D Basic References Manual

“FLO-2D simula la propagazione del flusso attraverso la risoluzione delle equazioni di continuità [formula 8], di conservazione della quantità di moto e costitutive (relazioni tra tensioni e deformazioni)” – (Bettella, 2012), seguendo il Modello reologico quadratico (O'Brien et al., 1993):

$$S_e = \frac{\tau_y}{\gamma_m h_f} + \frac{K \mu_N u}{8 \gamma_m h_f^2} + \frac{n_{td}^2 u^2}{h_f^{4/3}} \quad (7)$$

La risoluzione delle equazioni di continuità avviene attraverso la seguente formula:

$$i = \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} + \frac{\partial h V_y}{\partial y} \quad (8)$$

In cui l'altezza di pioggia efficace (i) dev'essere differente da zero per il flusso superficiale. Le equazioni del moto bidimensionale (eq. conservazione della quantità di moto) nelle direzioni x e y sono rispettivamente:

$$\begin{aligned} S_{fx} &= S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t} \\ S_{fy} &= S_{oy} - \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_y}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_y}{\partial t} \end{aligned} \quad (9)$$

Qui la h è la profondità del flusso, V_x e V_y sono le velocità mediate sulla profondità lungo gli assi x e y . Le pendenze energetiche S_{fx} e S_{fy} sono espresse in funzione delle pendenze medie del letto S_{ox} e S_{oy} , del gradiente di pressione, dell'accelerazione convettiva e locale. (Perlotto, 2014).

La base di calcolo del modello avviene tramite discretizzazione della piana alluvionale. Qui la superficie topografica della piana è suddivisa in celle quadrate e a ognuna di queste è associata la sua posizione, la scabrezza, la quota e un fattore di riduzione dell'area usato per simulare il blocco di deflusso. (Perlotto, 2014) – (Figura 92). Per la *foodplain* i dati di input sono la quota e il n -Manning per ogni cella.

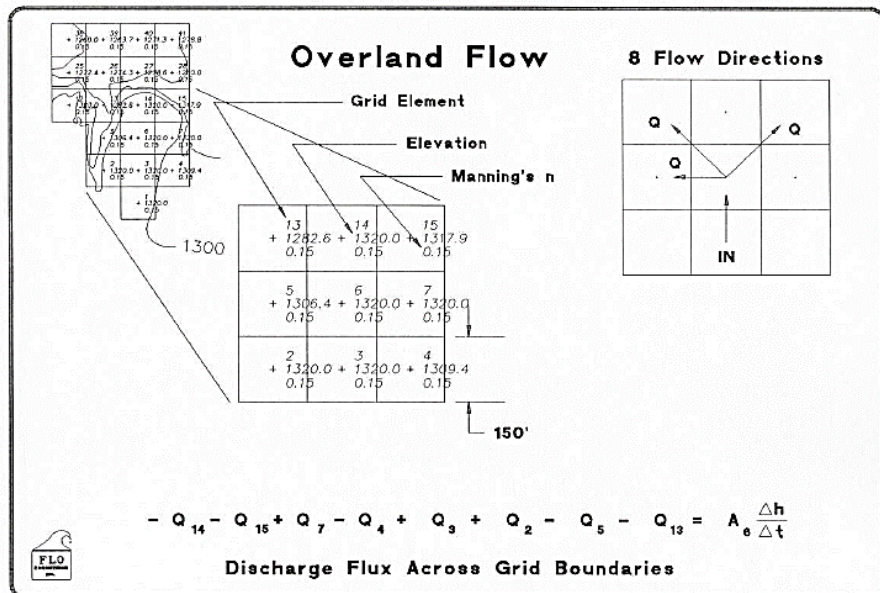


Figura 92. Discharge Flux across Grid Element Boundaries.
Fonte: Flo-2D Basic References Manual

3.4.1 Parametri di input

Per l'inserimento di dati Flo-2d consta di alcuni moduli utilizzabili o meno a seconda del tipo di modellazione da fare. Per quanto riguarda la presente tesi i moduli utilizzati sono descritti a seguire. Oltre all'utilizzo dell'interfaccia grafica principale i parametri di input possono anche essere aggiunti o modificati tramite editor di testo (nei file .DAT) oppure per mezzo di programmi di pre-processamento (come ad esempio GDS).

Nel modulo CONT (file CONT.DAT) vengono inseriti i parametri base della simulazione. È di per sé un file di controllo dell'intero processo nel quale vengono impostati i diversi parametri. Tra cui:

- Le variabili generali di controllo;
- Le componenti aggizionali del sistema;
- Le variazioni globali sui parametri della *floodplain*;
- L'intervallo per la *Time-Lapse* dell'*output*;
- Le opzioni di visualizzazione degli output e quelle della Time-Lapse.

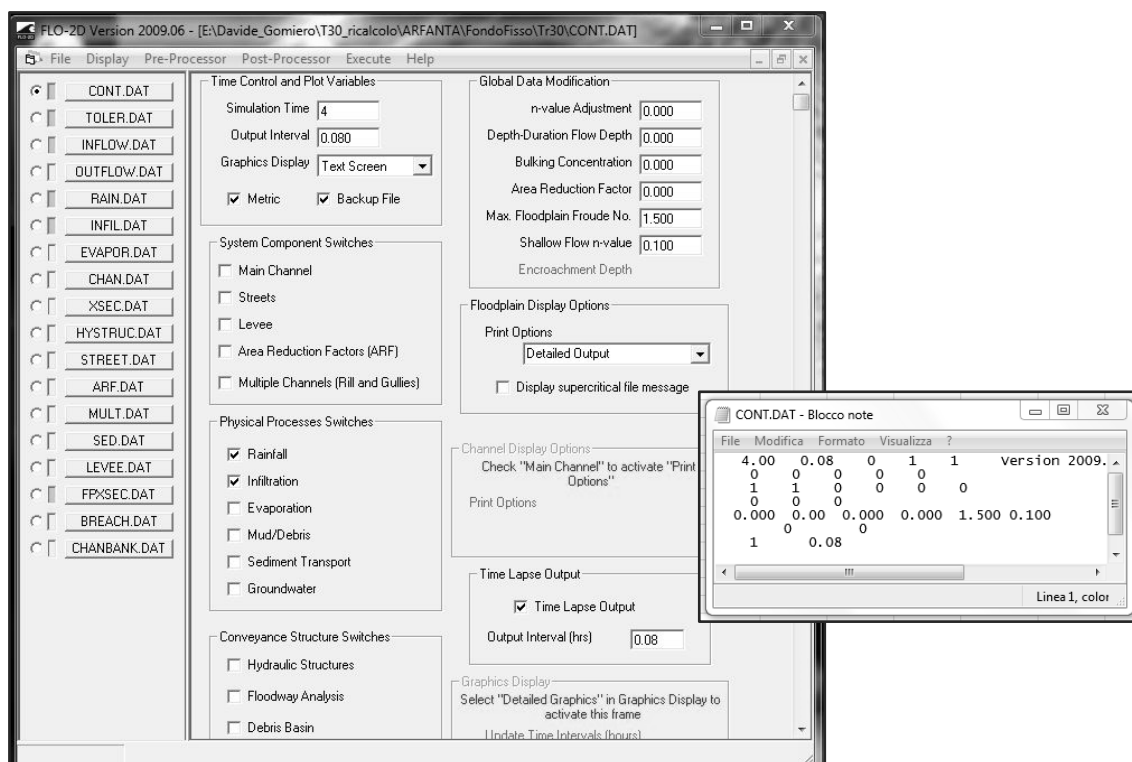


Figura 93. Modulo "CONT.DAT"

Nel modulo TOLER.DAT vengono inseriti i parametri di stabilità numerica. Uno di questi è la *Surface Detention*. Questa rappresenta un invaso statico (TOL) da colmare prima che il modello utilizzi l'equazione dinamica, ovvero fa sì che si invasi tutto il volume assegnato (per ogni cella) prima che venga propagato il flusso da una cella alle celle contermini.

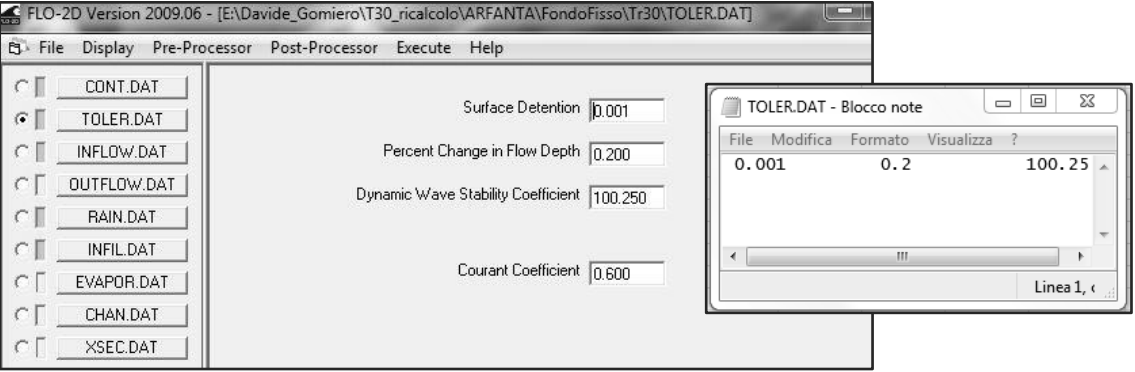
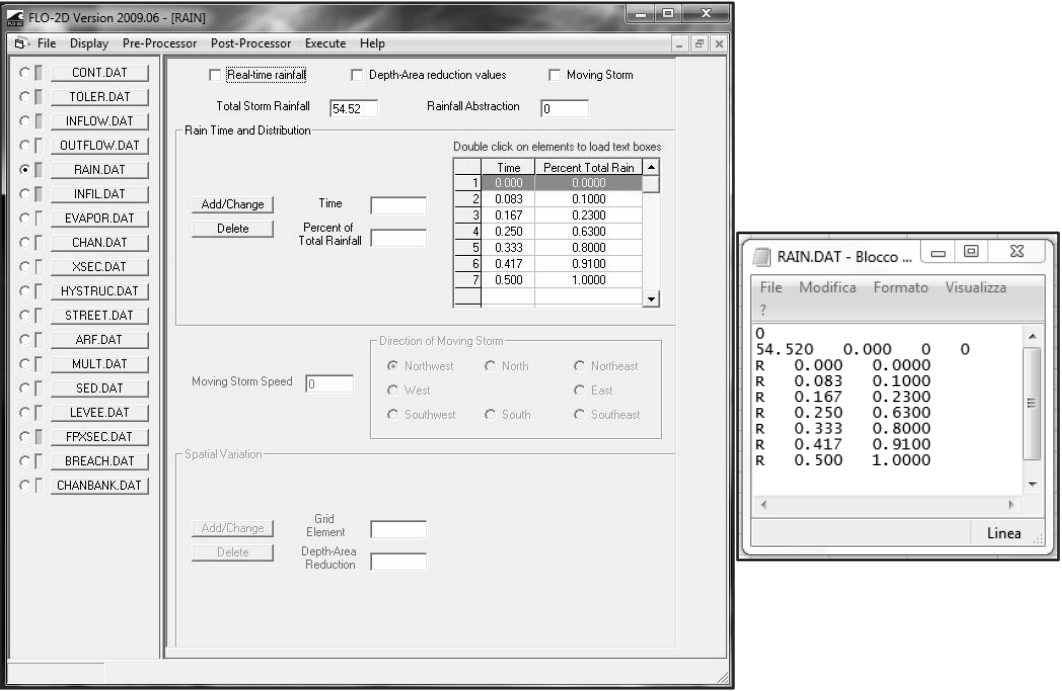


Figura 94. Modulo "TOLER.DAT"

Nel modulo RAIN.DAT viene inserito l'andamento cumulato delle precipitazioni derivante dal pluviogramma a "blocchi alterni" calcolato in precedenza (vedi paragrafo 3.2.5) e la quantità totale delle precipitazioni maggiorata di 1 mm per azzerare le perdite dovute al parametro *surface detention*. Le precipitazioni efficaci sono propagate dinamicamente lungo il versante per formare successivamente l'idrogramma.



Il modulo INFIL.DAT comprende due diversi algoritmi utilizzabili per simulare l'infiltrazione: il modello di infiltrazione di *Green Ampt* e il metodo del *Curve Number* del *Soil Conservation Service*. Quest'ultimo è stato quello utilizzato nella presente tesi (vedi paragrafo 3.3.2). Attraverso questo modulo viene quindi calcolata la *precipitazione efficace* e si può volendo specificare una perdita iniziale di pioggia (comprendenti infiltrazione e intercettazione). In questo caso, utilizzando il metodo del CN, viene quindi attribuito un valore preciso di *Curve Number* cella per cella. Il modello leggerà tali dati direttamente dallo *shape file* ("CN") inserito durante il processo.

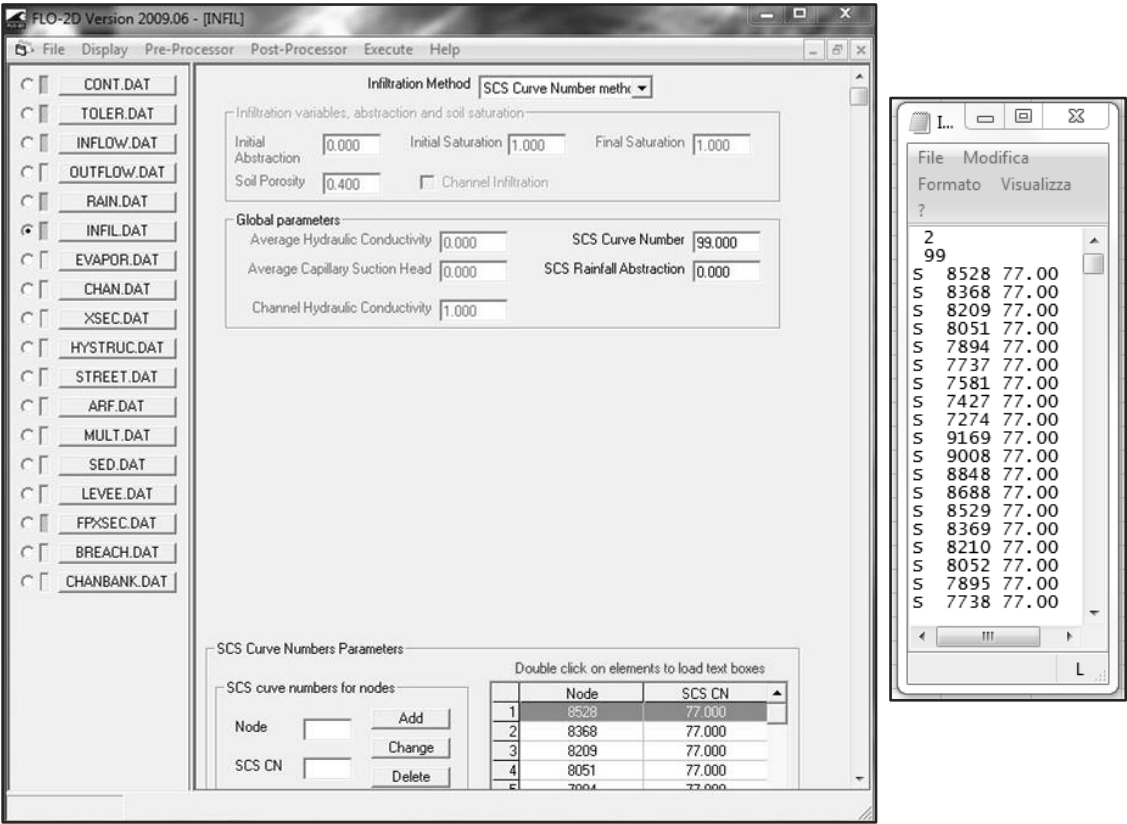


Figura 96. Modulo "INFIL.DAT"

All'interno del modulo FPXSEC.DAT (Figura 97) si trova la posizione delle sezioni per le quali si vuole conoscere l'idrogramma di piena generato dal flusso di acqua che le attraversa durante la simulazione.

Infine, per quanto riguarda le simulazioni a *fondo mobile*, viene utilizzato anche il modulo SED.DAT (Figura 98), relativo ai parametri granulometrici del suolo/alveo dell'area studio, da inserire quando si vuole simulare un processo erosivo.

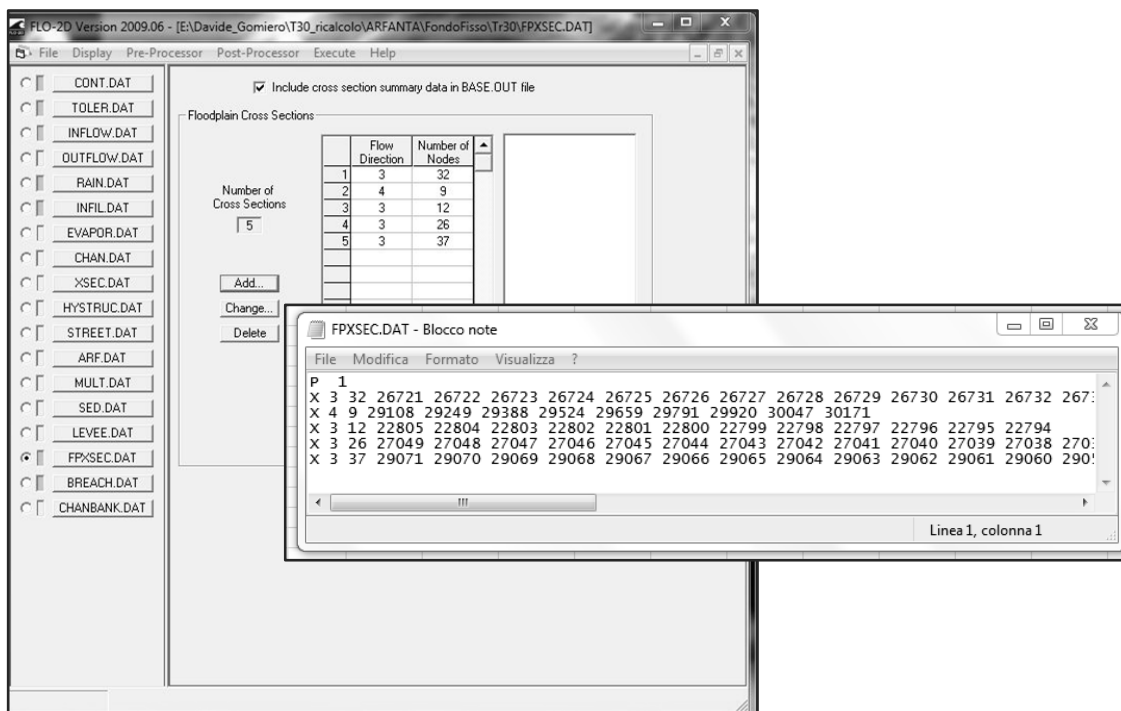


Figura 97. Modulo "FPXSEC.DAT"

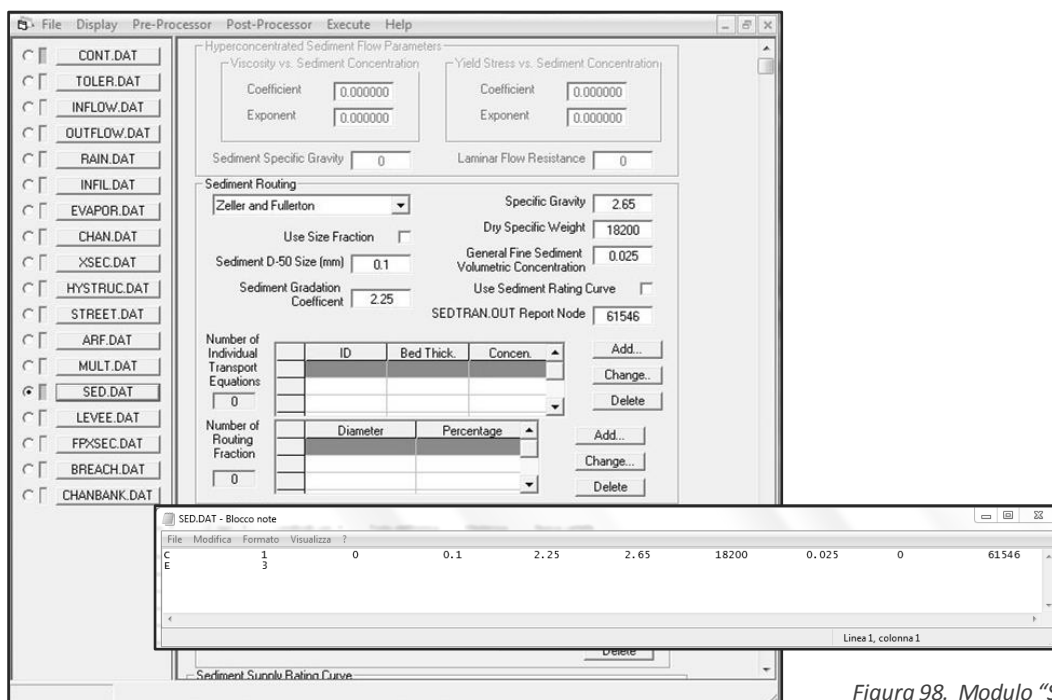


Figura 98. Modulo "SED.DAT"

I principali parametri di input per il modulo SED, presentati in tabella 12, derivano da informazioni di letteratura adattate alla situazione riscontrata alle aree di studio.

Sediment D-50 Size (mm)	0.1
Sediment Gradation Coefficient	2.25

Tabella 12. Dati input modulo SED.DAT

3.4.2 Procedimento. Simulazioni e implementazione del modello

Vediamo ora passo per passo il procedimento svolto per la simulazione, sapendo che il modello richiede principalmente i seguenti dati di input:

- Il file DTM riferito all'area studio;
- L'andamento cumulato della precipitazione (modulo RAIN.DAT);
- La distribuzione spaziale del CN e dell'*n-Manning* (inserita tramite *shape file*).

Il primo passo da compiere nell'impostare i parametri della simulazione è il caricamento del file DTM o, meglio, dei "dati topografici", in questo caso riassunti nel modello digitale del terreno.

In secondo luogo sono necessari la creazione e il posizionamento della griglia di calcolo, con dimensioni delle celle possibilmente pari a quelle del DTM, essenziale per il funzionamento di tutti i processi di modellazione idrologica/idraulica.

Alcuni di questi primi step vengono eseguiti all'interno del programma di pre-processamento "GDS" (*Grid Developer System*) la cui funzione è quella di creare e modificare gli attributi riferiti alle celle del dominio, andando ad agire a livello di piana inondabile.

Una volta creata la griglia è essenziale definire i confini della piana di calcolo (cioè il dominio), in modo da circoscrivere le celle che andranno a essere utilizzate per il processo. Fatto ciò bisogna procedere interpolando i dati di elevazione sulla griglia.

Arrivati a questo punto è buona cosa salvare una prima volta. Nel salvataggio verrà chiesto di inserire alcuni parametri di input, tra cui quelli che andranno a costituire i moduli CONT.DAT (es. il numero di Froude limitante) e TOLER.DAT (es. la Surface Detention).

Dopo questo step è necessario procedere con l'inserimento dei dati di pioggia (modulo RAIN.DAT), con la definizione delle celle di uscita del flusso dalla piana di calcolo (OUTFLOW.DAT) e con l'inserimento dei valori di CN (che Flo-2d utilizzerà per il calcolo dell'Idrogramma di piena) e di scabrezza.

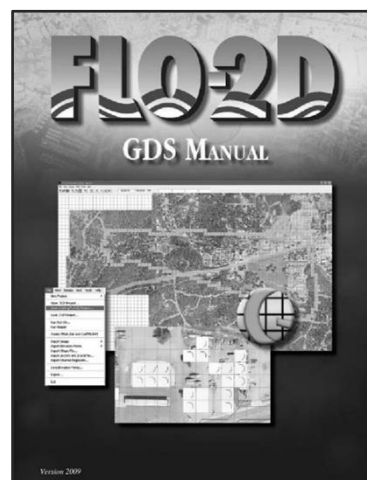


Figura 99. www.flo-2d.com

Per quanto riguarda le analisi su erosione e sedimentazione, eseguite su *fondo mobile*¹⁰, è necessario inoltre inserire determinati parametri sedimentologici, quali ad esempio la concentrazione di sabbia, limo e argilla e lo spessore medio del suolo erodibile.

Una volta arrivati a questo punto è possibile dare avvio alla simulazione. Per questo studio si è scelto di eseguire tre simulazioni con fondo fisso con Tr5, Tr30 e Tr100 e tre con fondo mobile con identici tempi di ritorno.

Infine, come ultimo step, c'è la verifica dei risultati. Questa si può fare tramite il “Mapper” uno strumento molto utile di post-processamento. Esso consente di rendere visualizzabili i risultati tramite mappe, grafici e profili:

- Produce mappe, quote topografiche, tiranti idrici, velocità, erosione e depositi;
- Consente l'animazione *Time-lapse* del campo spaziale dei tiranti idrici;
- Attraverso la visualizzazione delle mappe produce degli *shape file* utili per la rappresentazione tramite software GIS;
- Consente la mappatura del pericolo;
- Crea grafici della velocità e della profondità in funzione del tempo;
- Ecc.

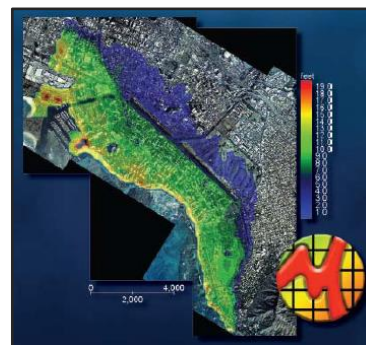


Figura 100. www.flo-2d.com

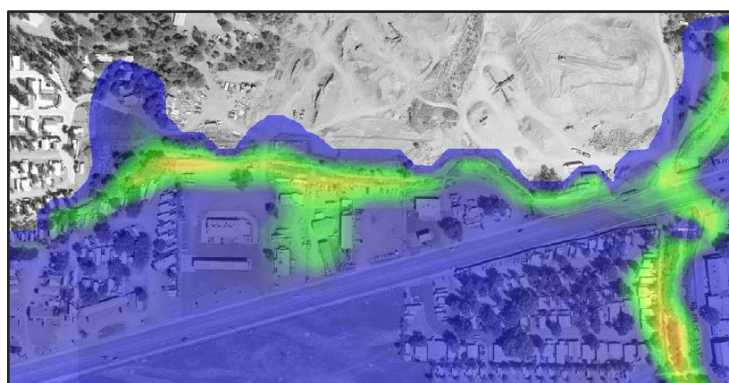


Figura 101. *Zoomed Shaded Contour Map of the Grid Element Maximum Flow Depth with Background Aerial Photograph.* Fonte: Flo-2d Mapper Manual.

¹⁰ La simulazione a fondo mobile, al contrario di quella a fondo fisso, consente di stimare i volumi di sedimento movimentati durante un evento di piena, localizzandoli e quantificandoli in termini di erosione e deposizione all'interno del reticolo idrografico, andando poi a calcolare le modificazioni geometriche avvenute nel reticolo a seguito di un evento di piena.

4. RISULTATI E LORO DISCUSSIONE

In questo capitolo si illustreranno i risultati delle modellazioni idrologiche eseguite con Flo-2d, ponendo in evidenza le differenze e le affinità che caratterizzano le due aree terrazzate oggetto di studio. Si cercherà, inoltre, di descriverne i processi idrologici/idraulici causanti i fenomeni di deflusso ed erosione delineati in seguito.

Verranno quindi descritte e illustrate graficamente le simulazioni effettuate per le aree di Arfanta e Duca di Dolle. Per ognuna di esse verranno presentate le modellazioni riguardanti piogge con tempi di ritorno di 5, 30 e 100 anni, attuando un raffronto tra la serie di simulazioni svolta a fondo fisso e quella a fondo mobile. Infine, su quest'ultima, verranno discusse le dinamiche proprie dell'erosione e del trasporto di sedimento.

4.1 Simulazioni idrologico-idrauliche con flo-2d

4.1.1 Determinazione delle sezioni di chiusura

Il posizionamento delle sezioni di chiusura (eseguito all'interno della fase di pre-processamento in Flo-2d) nelle due aree studio, è stato effettuato utilizzando il raster dell'area drenata, come riferimento per l'individuazione delle principali direzioni di deflusso, considerando la rappresentatività delle sezioni in termini di quantità di superficie terrazzata percorsa dal deflusso che le attraversa. Il posizionamento di una sezione di chiusura, infatti, coincide con la conseguente creazione dello spartiacque, delimitante un preciso bacino idrografico.

Per quanto concerne le due aree studio, i bacini idrografici rappresentati coprono quasi l'intera superficie vitata, tralasciando quelle porzioni di superficie influenti ai fini dell'analisi idrologica/idraulica o estranei alle dinamiche, per quanto riguarda l'orientamento dei versanti, rispetto alle principali superfici interessate (ad esempio aree di margine riferite ad altri bacini idrografici).

Per Duca di Dolle la sezione per la misurazione dei deflussi è stata collocata alla sezione di chiusura dell'intero bacino, ed è stata posta all'interno di un impluvio che impronta fortemente l'intera morfologia dell'area terrazzata (Figura 102). In tale sezione si

immettono i deflussi di tutta l'area vitata considerata, più quelli di alcune aree parzialmente boscate ad essa annesse.

Per comprendere invece la maggior parte delle dinamiche idrologico/idrauliche di Arfanta, si sono dovute collocare cinque sezioni di riferimento/controllo per valutare la portata fuoriuscente dall'appezzamento, non esistendo, morfologicamente, una un'unica sezione concentrata di fuoriuscita del deflusso di versante (Figura 103). In particolare, per necessità modellistiche, si è dovuto posizionare in luogo di un'unica sezione le due sezioni "4" e "5", in modo da comprendere in esse i flussi che avrebbero trovato sbocco poco più a valle in un'unica sezione di chiusura. Verrà quindi calcolato per entrambe anche il deflusso totale, derivante dalla sommatoria dei due singoli. Già da questa rappresentazione (Figura 103) è facilmente individuabile la suddivisione del bacino terrazzato in due (e più) grandi sotto-bacini, derivanti principalmente dal diverso orientamento dei versanti. Anche in questo caso a contribuire nelle varie sezioni di chiusura non vi è solo la superficie terrazzata ma, anche, una vasta area boscata localizzata però a monte del vigneto e facente parte del bacino idrografico.



Figura 102. Posizionamento sezione di chiusura e creazione dello spartiacque (Duca di Dolle).

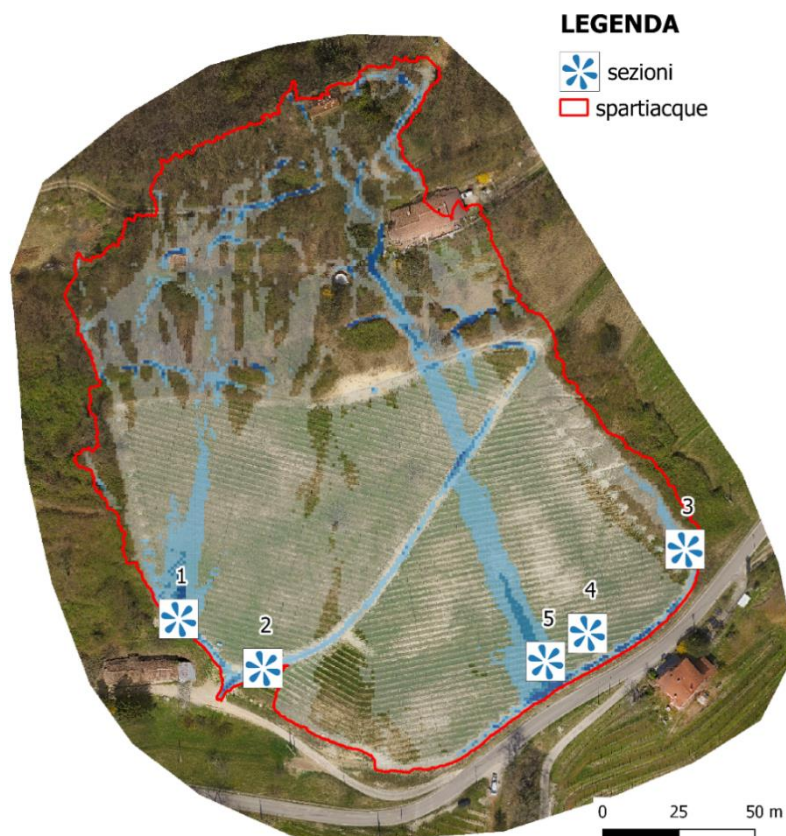


Figura 103 Posizionamento sezioni di chiusura e creazione dello spartiacque (Arfanta).

4.1.2 Idrogrammi di piena

Rispetto alle sezioni di chiusura appena descritte, sono stati prodotti tramite Flo-2d gli idrogrammi di piena e le portate di picco relativi ai vari tempi di ritorno e alla tipologia di modellazione utilizzata (fondo fisso o fondo mobile).

Le simulazioni a fondo fisso sono state utili per studiare meglio le dinamiche dimensionali del deflusso superficiale, dato che esse considerano l'alveo/terreno come se fosse inerosibile (fisso), mentre quelle a fondo mobile sono servite per l'analisi più specifica delle dinamiche date dal considerare il trasporto solido associato all'erosione dell'area considerata e come questo incrementi le portate solido-liquide complessive. La particolarità di una superficie a fondo mobile, infatti, è quella di modellarsi geometricamente al variare delle condizioni dei flussi e della tipologia di sedimenti.

Per quanto riguarda Duca di Dolle, nella modellazione a fondo fisso, il picco di piena alla sezione di chiusura si verifica dopo circa mezz'ora dall'inizio della precipitazione (un'unica sezione di chiusura considerata, Figura 102) e presenta un carattere temporale decrescente da Tr5 verso Tr100, avviene cioè prima per tempi di ritorno maggiori.

Questo effetto è dovuto al fatto che precipitazioni più consistenti (Tr30 e Tr100), causano velocità di flusso più elevate poiché determinate da una maggiore portata. Si evidenzia inoltre come all'aumentare del tempo di ritorno aumentino considerevolmente anche le portate (m^3/s) in gioco, andando a toccare valori di picco riscontrabili durante le morbose di piccoli corsi d'acqua torrentizi.

In questa analisi bisogna considerare, a livello di rappresentatività dell'idrogramma di piena, che i dati sono presentati in *step* temporali (*time step* dell'output dei dati) di 0.08 ore, ovvero quasi ogni 5 minuti. Tale lasso di tempo che intercorre tra una "misurazione" e l'altra, infatti, è ritenuto in questo caso funzionale per una buona rappresentazione dell'idrogramma. Si mette in evidenza come in Tr5 e Tr30 sia presente una pulsazione successiva all'onda di piena che viene invece assorbita nel corpo principale della piena nel caso di Tr100, dando forma a una curva più graduale nella fase decrescente dell'idrogramma. Tale sviluppo, tralasciando la componente "*time lapse*", potrebbe anch'esso derivare dalla maggiore quantità di volumi in gioco che andrebbero a "uniformare" in maggior misura il ramo discendente dell'idrogramma.

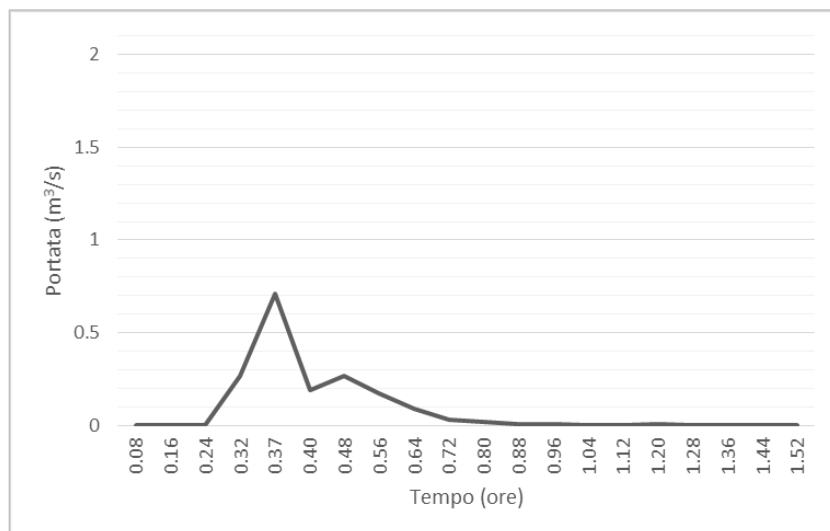


Figura 104. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr5. Simulazione a fondo fisso (Dolle).

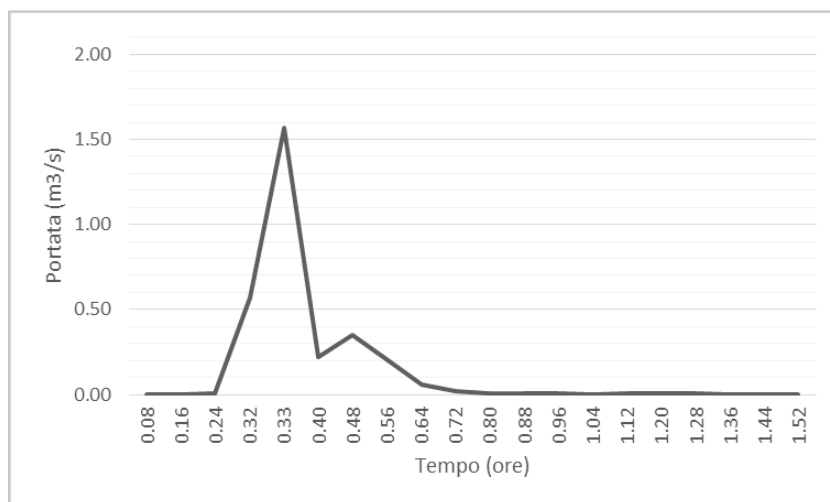


Figura 105. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo fisso (Dolle).

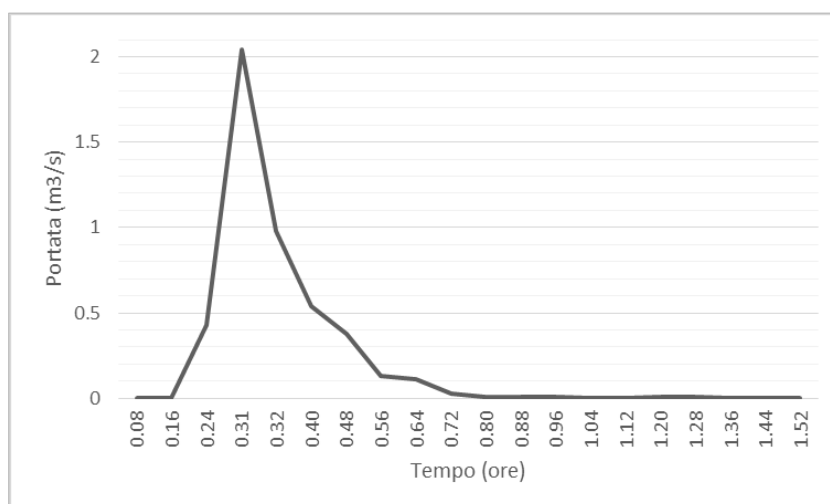


Figura 106. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo fisso (Dolle).

SEZIONE	PORTATA AL PICCO (m³/s)		
	Tr5	Tr30	Tr100
1	0.71 (0.37h)	1.57 (0.33h)	2.04 (0.31h)

Tabella 13. Valori di portata al picco e tempo di picco tra parentesi. Simulazione a fondo fisso (Dolle).

Il volume d'acqua scaricato nella sezione di chiusura presenta valori crescenti all'aumentare del tempo di ritorno, arrivando a raddoppiare la cubatura in Tr100 rispetto a Tr5.

SEZIONE	VOLUME TOTALE DI SCARICO (m³)		
	Tr5	Tr30	Tr100
1	445.47	716.18	911.56

Tabella 14. Valori volume totale di scarico. Simulazione a fondo fisso (Dolle).

Analizzando le simulazioni in Duca di Dolle con modellazione a fondo mobile si riscontrano alcune differenze in termini di portate e tempistiche del picco.

Mentre nelle simulazioni a fondo fisso il picco dell'evento si verifica attorno ai 20 minuti dall'inizio delle precipitazioni (differendo al variare del T_r tra 22 e 18 minuti), nelle simulazioni a fondo mobile tale picco avviene tra i 21 e i 25 minuti, assumendo anch'esso una dinamica decrescente all'aumentare del tempo di ritorno, probabilmente per le suddette motivazioni. Tale differenza, comunque, è presumibilmente legata alla leggera modificazione topografica del terreno dovuta all'erosione.

La presenza del trasporto solido, infatti, rende molto più complesse le dinamiche all'interno del flusso. Questa complessità si può in parte notare osservando la differenza tra gli idrogrammi derivanti dalle simulazioni a fondo fisso e quelli a fondo mobile. Si noti come le onde di piena ottenute a fondo mobile appaiano più irregolari, con picchi secondari a volte più evidenti.

Tuttavia, considerando i valori delle portate al picco (Tabelle 13 e 15), si osserva come in questo frangente le differenze tra le due modellazioni risultino essere piuttosto contenute, rimanendo nell'ordine di un decimale.

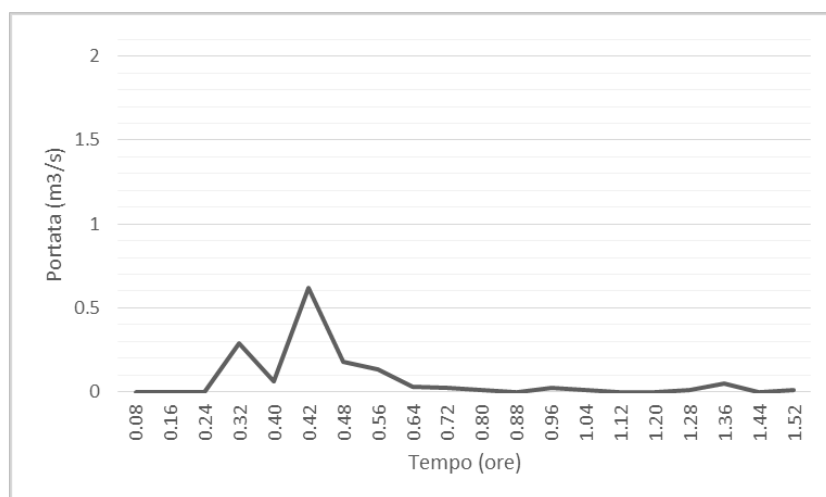


Figura 107. Sezione 1. Idrogramma di piena con T_r5 . Simulazione a fondo mobile (Dolle).

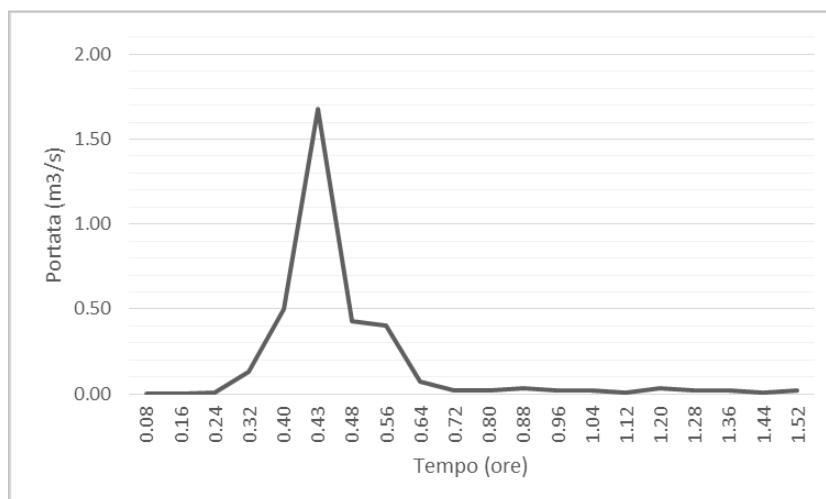


Figura 108. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Dolle).

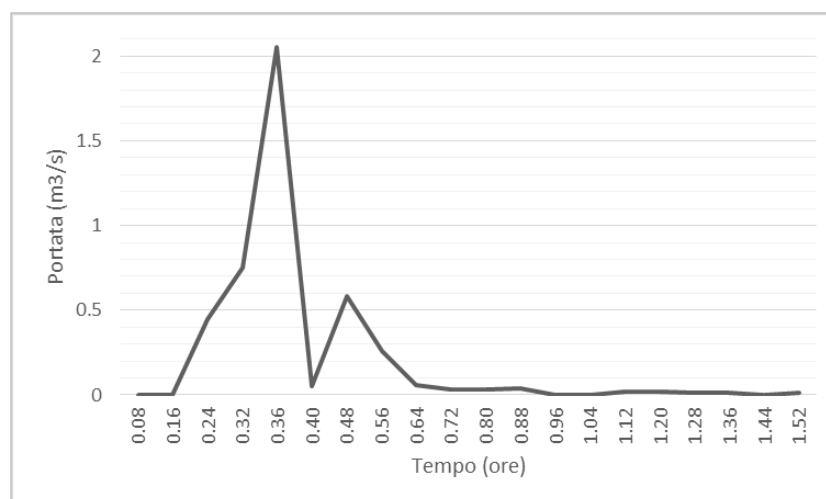


Figura 109. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Dolle).

SEZIONE	PORTATA AL PICCO (m³/s)		
	Tr5	Tr30	Tr100
1	0.62 (0.42h)	1.68 (0.43h)	2.05 (0.36h)

Tabella 15. Valori di portata al picco e tempo di picco tra parentesi. Simulazione a fondo mobile (Dolle).

Comparando il volume totale di scarico in uscita tra le due modellazioni (Tab. 14 e 16) si riscontra che nel caso di fondo mobile le volumetrie di flusso transitato siano considerevolmente più elevate, nonostante i valori di picco delle portate siano piuttosto simili. Il volume in eccedenza è visibile soprattutto nella coda dell'idrogramma di piena, la quale presenta valori di portata maggiori rispetto alla modellazione a fondo fisso.

SEZIONE	VOLUME TOTALE DI SCARICO (m³)		
	Tr5	Tr30	Tr100
1	619.27	894.86	1054.99

Tabella 16. Valori volume totale di scarico. Simulazione a fondo mobile (Dolle).

L'analisi degli idrogrammi riferiti all'area oggetto di studio di Arfanta, assume una maggiore complessità data dalla numerosità delle sezioni utilizzate per catturare il deflusso dell'intera area terrazzata. Alcune sezioni infatti afferiscono a un "sottobacino" con flussi di scarico di volumetrie abbastanza modeste (sezioni 2, 3, 4) mentre altre (sez. 1 e 5) portano a valle volumi ben maggiori. Inoltre, bisogna considerare, per quanto riguarda il volume di scarico, che le sezioni 4 e 5 andrebbero accorpate, in quanto sono state create per permettere a Flo-2d di convogliare i deflussi che poco più a valle si immetterebbero in un'unica sezione (situata a cavallo delle celle di *outflow* e per questo tecnicamente inagibili nel posizionamento verticale od orizzontale della sezione).

Come per l'appezzamento di Duca di Dolle, anche negli idrogrammi riferiti ad Arfanta, si osserva che il tempo del picco delle portate di tutte e cinque le sezioni risulta essere decrescente all'aumentare del tempo di ritorno. Quello che differisce principalmente tra i due casi studio, invece, è il valore della portata propria del picco che si attesta a un livello decisamente inferiore per ogni sezione. Gli stessi volumi di scarico sono considerevolmente minori, anche se presentano un *trend* di crescita maggiore all'aumentare del tempo di ritorno. Si ha quindi un bacino idrografico percorso da flussi di minore entità ma maggiormente distribuiti che arrivano a costituire una serie di "sotto-bacini" in parte autonomi. Questa particolarità potrebbe giocare a favore della protezione dall'erosione e dal dissesto, essendo le forze in atto ripartite in un reticolo più diffuso. Tutto questo alla luce di due aree con superficie piuttosto simile (Arfanta 2.96 ha e Duca di Dolle 2.47 ha).

Per quanto riguarda gli idrogrammi di piena si osserva come per il pluviogramma Tr5 l'onda di piena assuma una forma tendenzialmente più piatta per divenire più alta e stretta per Tr30, fino a raggiungere un andamento per Tr100 in cui il picco rende molto ripido l'idrogramma

SEZIONE	PORTATA AL PICCO (m ³ /s)		
	Tr5	Tr30	Tr100
1	0.07 (0.38h)	0.15 (0.33h)	0.22 (0.31h)
2	0.01 (0.33h)	0.02 (0.29h)	0.02 (0.27h)
3	0.01 (0.33h)	0.03 (0.27h)	0.04 (0.26h)
4	0.02 (0.35h)	0.05 (0.30h)	0.07 (0.28h)
5	0.07 (0.34h)	0.15 (0.33h)	0.21 (0.30h)

Tabella 17. Valori di portata al picco e tempo di picco tra parentesi. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

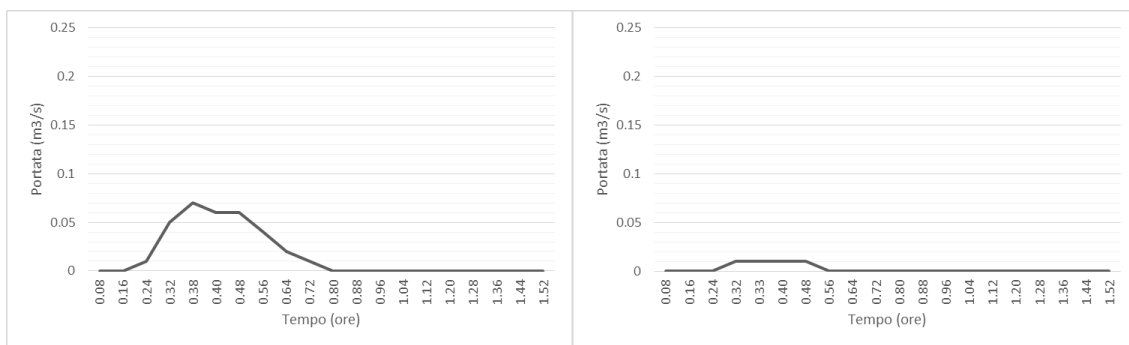


Figura 109. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr5. Figura 112. Sezione 2. Idrogramma di piena con Tr5. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

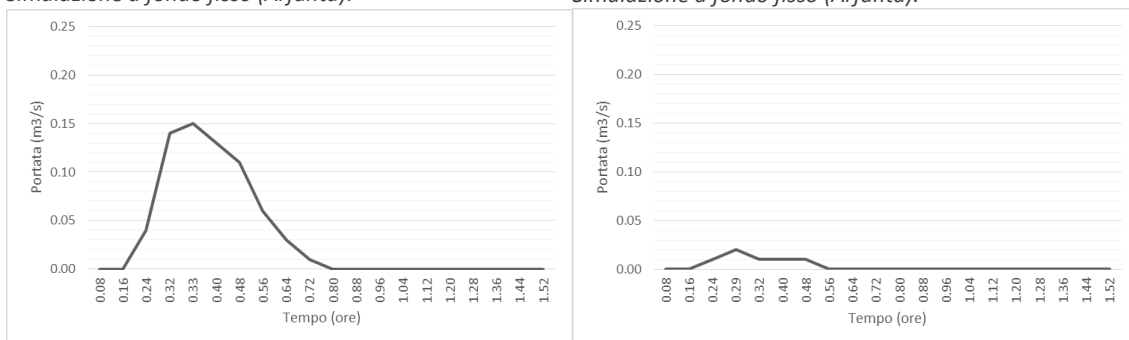


Figura 110. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr30. Figura 113. Sezione 2. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

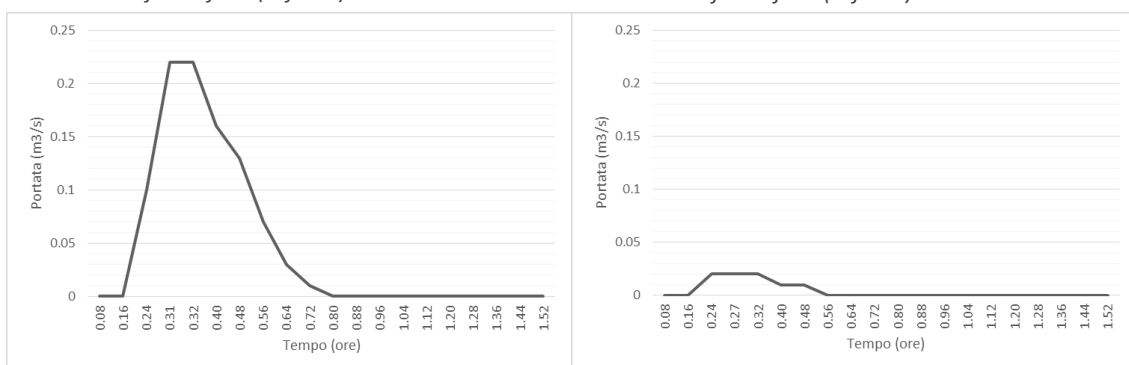


Figura 111. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr100. Figura 114. Sezione 2. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

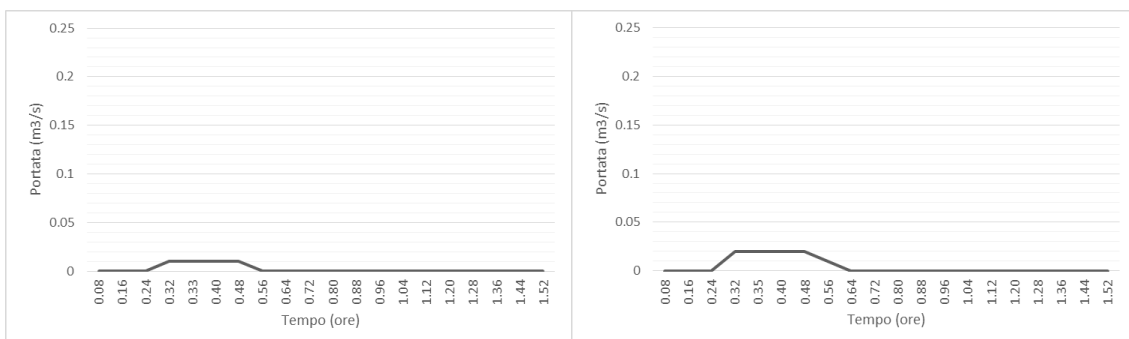


Figura 115. Sezione 3. Idrogramma di piena con Tr5. Figura 118. Sezione 4. Idrogramma di piena con Tr5. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

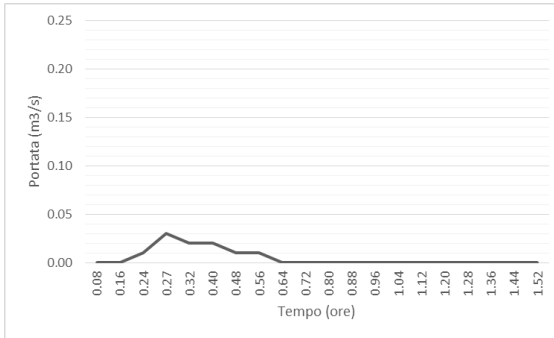


Figura 116. Sezione 3. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

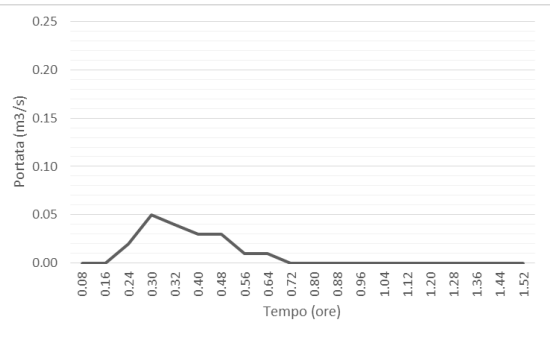


Figura 119. Sezione 4. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

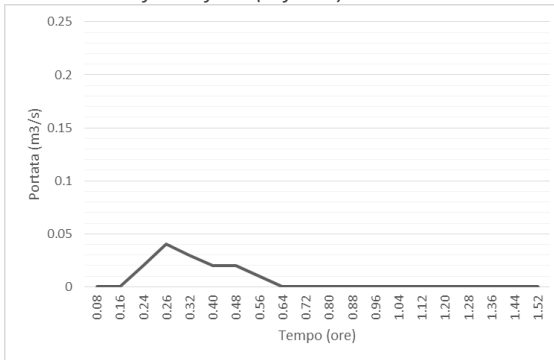


Figura 117. Sezione 3. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

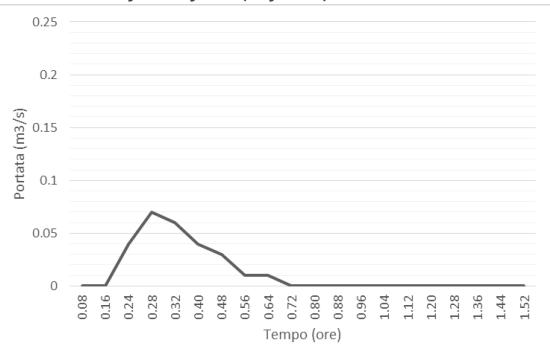


Figura 120. Sezione 4. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

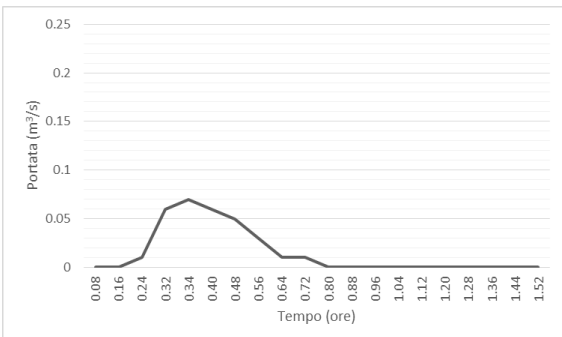


Figura 121. Sezione 5. Idrogramma di piena con Tr5. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

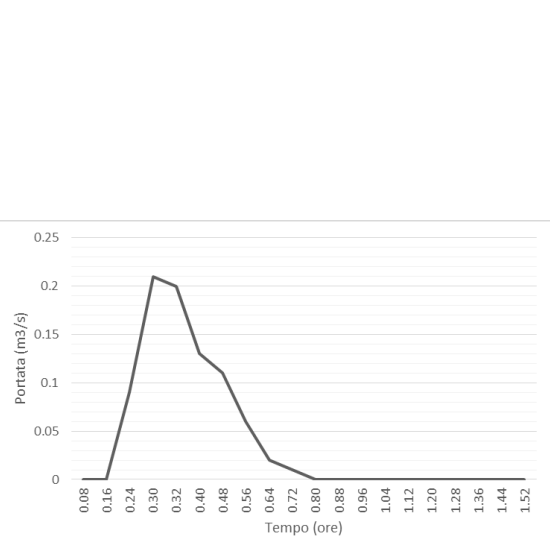


Figura 123. Sezione 5. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

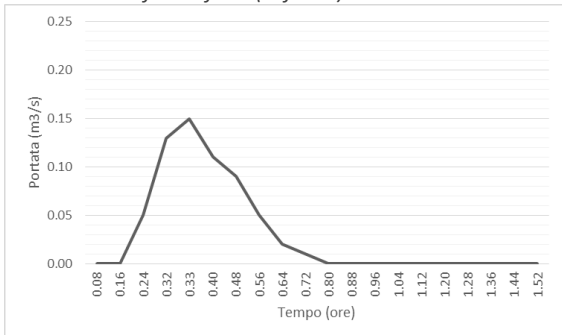


Figura 122. Sezione 5. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

SEZIONE	VOLUME TOTALE DI SCARICO (m ³)		
	Tr5	Tr30	Tr100
1	70.33	147.42	204.51
2	7.17	13.85	18.65
3	10.64	21.62	29.65
4	20.29	39.17	52.79
5	68.06	131.14	176.61
4-5	88.35	170.31	229.40
TOT	176.49	353.20	482.21

Tabella 18. Valori volume totale di scarico. Simulazione a fondo fisso (Arfanta).

Le simulazioni effettuate su Arfanta utilizzando un fondo mobile dimostrano una pressoché stazionarietà dei dati tra la modellazione a fondo fisso e quella in questione. Sia i valori di picco delle portate che il momento in cui tale picco giunge alla sezione di chiusura rimangono di per sé costanti, variando solo di poco nel terzo decimale. Questo, probabilmente, a causa dei bassi valori di portata che giungono alle sezioni di chiusura che contraddistinguono l'area di Arfanta.

Anche il volume totale in uscita non presenta variazioni significative, crescendo solamente di pochi metri cubi, aumento derivante presumibilmente dalla bassa incidenza della componente solida all'interno del volume totale.

In linea con questa tendenza generale anche gli idrogrammi rappresentano la stessa situazione tranne che per una leggera accentuazione della ripidità del picco nel dorso della curva e per l'acuirsi di quest'ultimo.

SEZIONE	PORTATA AL PICCO (m ³ /s)		
	Tr5	Tr30	Tr100
1	0.07 (0.38h)	0.16 (0.33h)	0.22 (0.32h)
2	0.01 (0.33h)	0.02 (0.29h)	0.02 (0.27h)
3	0.01 (0.33h)	0.03 (0.27h)	0.04 (0.26h)
4	0.02 (0.35h)	0.05 (0.30h)	0.07 (0.28h)
5	0.07 (0.34h)	0.15 (0.33h)	0.21 (0.30h)

Tabella 19. Valori di portata al picco e tempo di picco tra parentesi. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

SEZIONE	VOLUME TOTALE DI SCARICO (m ³)		
	Tr5	Tr30	Tr100
1	71.61	149.96	207.61
2	7.17	13.95	19.16
3	10.98	22.28	30.54
4	20.46	39.35	53.15
5	68.22	131.51	176.59
4-5	88.68	170.86	229.74
TOT	178.44	357.05	487.05

Tabella 20. Valori volume totale di scarico. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

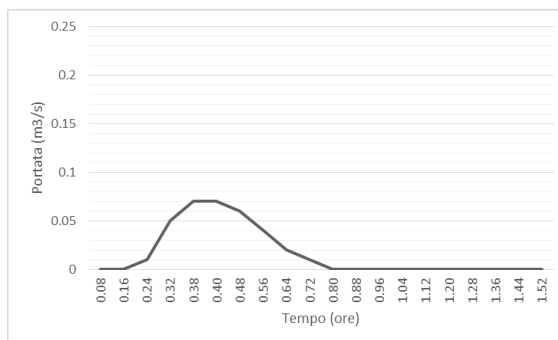


Figura 124. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

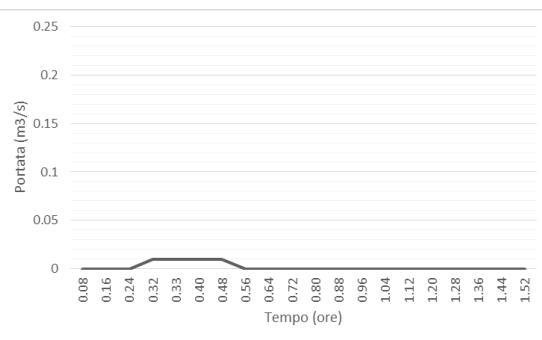


Figura 127. Sezione 2. Idrogramma di piena con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

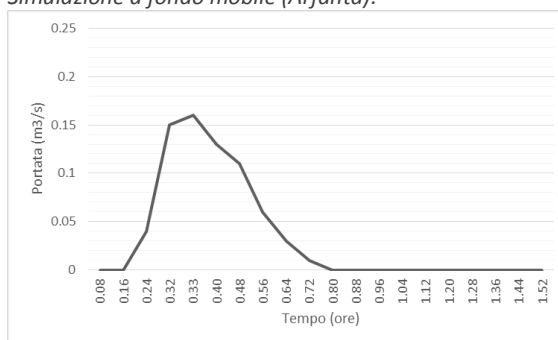


Figura 125. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

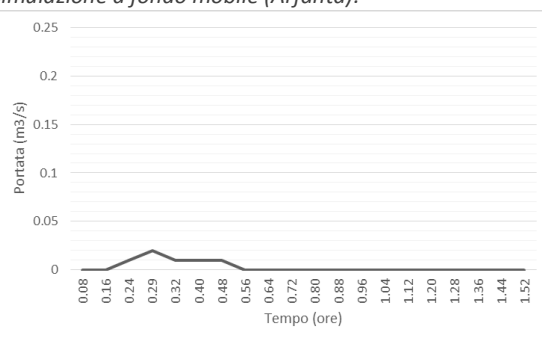


Figura 128. Sezione 2. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

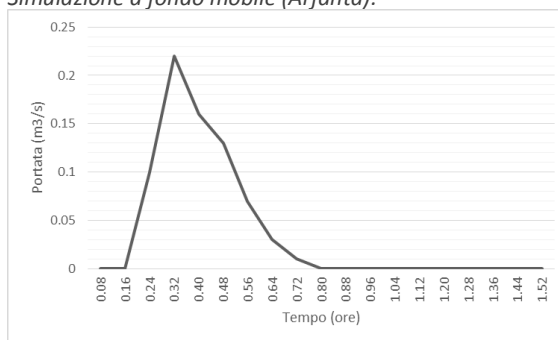


Figura 126. Sezione 1. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

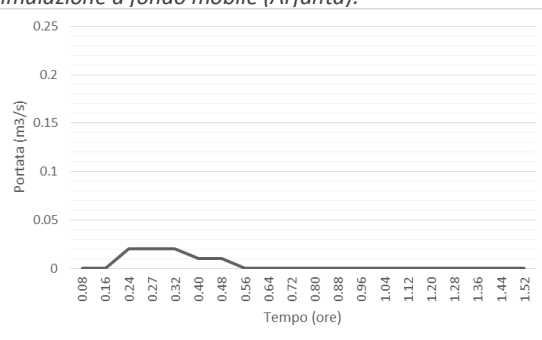


Figura 129. Sezione 2. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

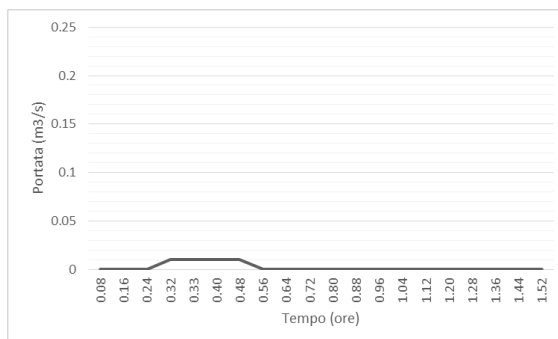


Figura 130. Sezione 3. Idrogramma di piena con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

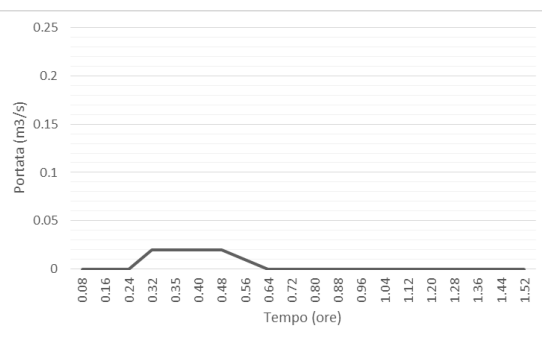


Figura 133. Sezione 4. Idrogramma di piena con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

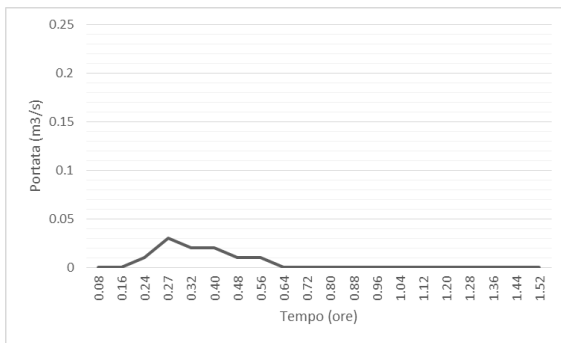


Figura 131. Sezione 3. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

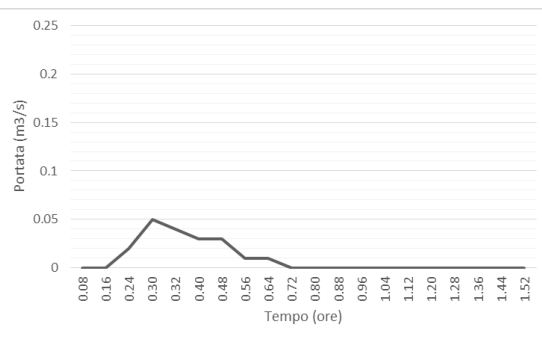


Figura 134. Sezione 4. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

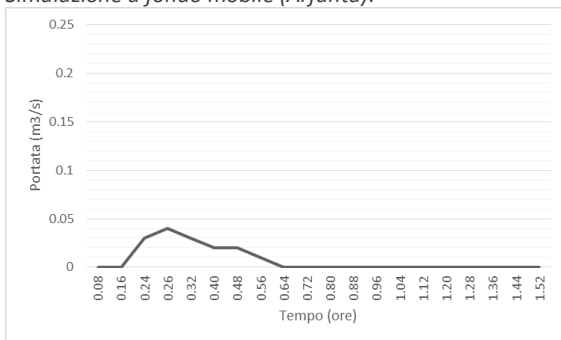


Figura 132. Sezione 3. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

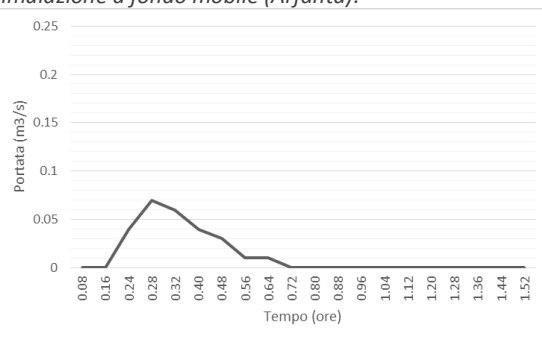


Figura 135. Sezione 4. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

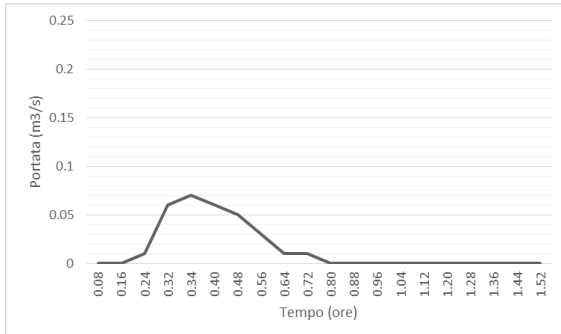


Figura 136. Sezione 5. Idrogramma di piena con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

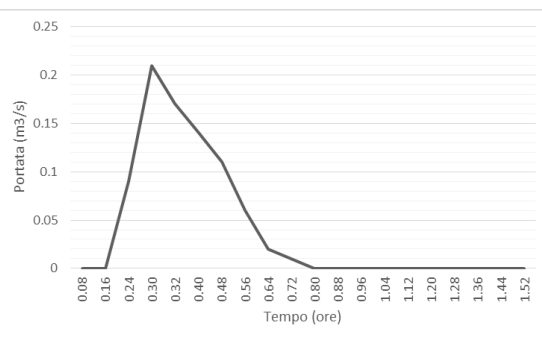


Figura 138. Sezione 5. Idrogramma di piena con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

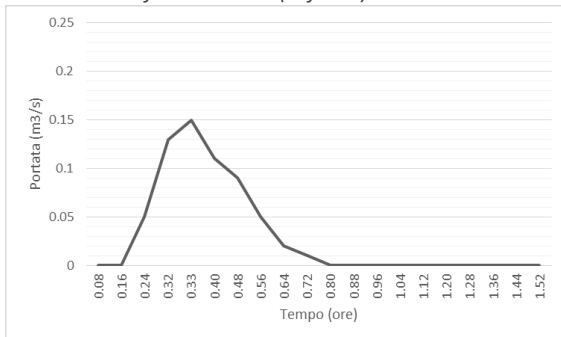


Figura 137. Sezione 5. Idrogramma di piena con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

4.1.3 Analisi sulle altezze di flusso

Al fine di valutare i possibili impatti e la magnitudo di eventi di pioggia con tempi di ritorno elevati, sulle aree terrazzate in oggetto di studio sono state prodotte, mediante Flo-2d, alcune mappe sulle altezze massime di flusso raggiunte durante la simulazione. Tali carte informative aiutano a comprendere i processi idrologico/idraulici che insistono sulle aree terrazzate in questione, facilitando maggiormente l'identificazione del reticolo idrografico, dei tratti in cui si concentrano in maggior misura i deflussi e di quei punti critici che potrebbero minare la stabilità e la sicurezza del versante.

Analizzando le simulazioni riguardanti l'area di Duca di Dolle si osserva come, in quelle a fondo fisso, le profondità massime (in Tr100. Figura 141) restino comprese tra i 0.25 e i 0.49 m e come esse siano localizzate solamente molto più a valle dell'area terrazzata all'approssimarsi della sezione di chiusura, in concomitanza di un impluvio naturale percorso, tra l'altro, da una pista forestale. Quest'ultima, presumibilmente, potrebbe essere soggetta a problematiche di scavo conseguenti alla concentrazione incontrollata dei deflussi superficiali. La maggior profondità di deflusso presente nell'area terrazzata è localizzata soprattutto nell'impluvio centrale, differenziandosi dalle profondità della vicina superficie vitata in media di 5/10 cm in Tr100 e ancor meno in Tr5 (Figura 139). Si può inoltre notare come profondità maggiori dei flussi siano per lo più localizzate, oltre che nell'impluvio in sé, in corrispondenza di cambi di pendenza quali principalmente le capezzagne e le piste di transito dei veicoli.

La corrispondenza generale delle profondità della corrente per impluvio centrale e opere viarie, soprattutto in Tr5 e Tr30 (Figure 139 e 140), riconosce come le opere di drenaggio e di sistemazione del versante siano state capaci di convogliare tali flussi in vie preferenziali, cui bisogna porre particolare attenzione nella gestione idraulica. Il vantaggio dell'avere un impluvio centrale atto alla gestione della maggior parte delle acque si traduce nella possibilità di un miglior governo dei deflussi, se accuratamente gestiti tramite serie opere di drenaggio. Allo stesso tempo, la concentrazione di flussi idrici in un'unica via preferenziale potrebbe portare, se non adeguatamente accompagnata, alla creazione di problematiche di dissesto ed erosione rafforzate da portate con valori più elevati.

Considerando la differenza sostanziale di magnitudo tra le simulazioni con i tre tempi di ritorno, si osserva come un evento minore pari a Tr5 non produca, per quanto riguarda la superficie terrazzata di Duca di Dolle, profondità di deflusso di particolare importanza (tranne che, ovviamente, per le situazioni appena descritte). Osservando invece le simulazioni in Tr30 e Tr100, si nota come il deflusso superficiale si sia espanso sull'area terrazzata, ricoprendo in Tr30 la sezione vitata più a valle mentre in Tr100 anche parte di quella più a monte. Tuttavia, è interessante constatare come l'orientamento dei terrazzamenti contenga fortemente l'incremento delle altezze dei deflussi dato che, da Tr5 a Tr100, esso si attesta solamente nell'ordine di un centimetro circa (tralasciando le zone impluvio e di transito dei mezzi agricoli).

Le simulazioni a fondo mobile per Duca di Dolle presentano, in genere, una buona somiglianza per quanto riguarda le profondità dei deflussi riferiti alla superficie prettamente terrazzata. Quella che varia maggiormente, invece, è l'altezza d'acqua in concomitanza dell'impluvio centrale. Si noti, infatti, come tale altezza assuma per alcune celle valori decisamente considerevoli già in Tr5 (Figura 142) e ancor maggiori in Tr30 e Tr100 (Figure 143 e 144). Tale differenza tra fondo fisso e fondo mobile nel calcolo della profondità del flusso deriva dal fatto che, nella modellazione a fondo mobile, si considera la presenza del trasporto solido e, soprattutto, la variazione della quota dell'alveo dovuta allo scavo o al deposito. Ci si aspetta quindi, osservando le simulazioni riguardanti proprio lo scavo e la variazione di quota del terreno, di riscontrare tali modificazioni altimetriche in concomitanza dei flussi più alti.

Essendo la modellazione a fondo mobile ben più realistica di quella a fondo fisso nel presente caso studio, tali dati inducono a pensare a problematiche di dissesto che potrebbero avvenire qualora capitino eventi con tale tempo di ritorno.

Bisogna però considerare che queste considerazioni si basano su di una superficie territoriale non supportata da opere di drenaggio sotto-superficiale, come invece si presentano nella realtà ad Arfanta e Duca di Dolle. Le considerazioni sono dunque pertinenti al comportamento/gestione delle acque superficiali nell'ipotesi di intasamento/cattivo funzionamento dei drenaggi e pongo l'attenzione sulla morfologia più o meno ottimale del tipo di sistemazione dei versanti.

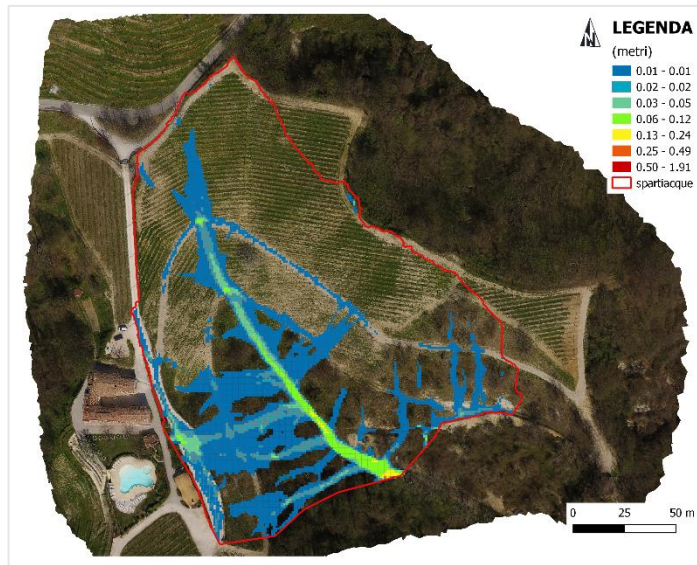


Figura 139. Altezza del deflusso con Tr5. Simulazione a fondo fisso (Dolle)

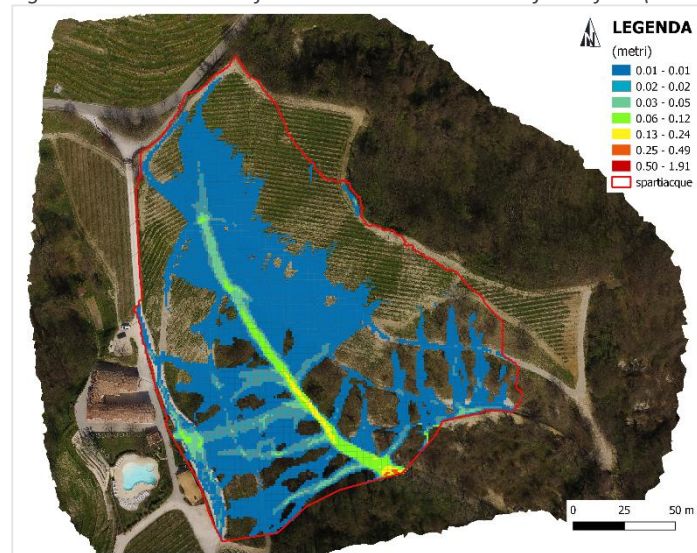


Figura 140. Altezza del deflusso con Tr30. Simulazione a fondo fisso (Dolle)

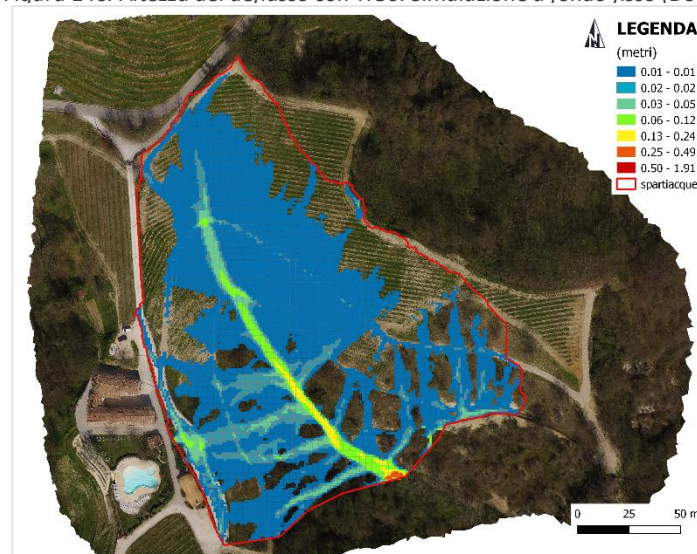


Figura 141. Altezza del deflusso con Tr100. Simulazione a fondo fisso (Dolle)

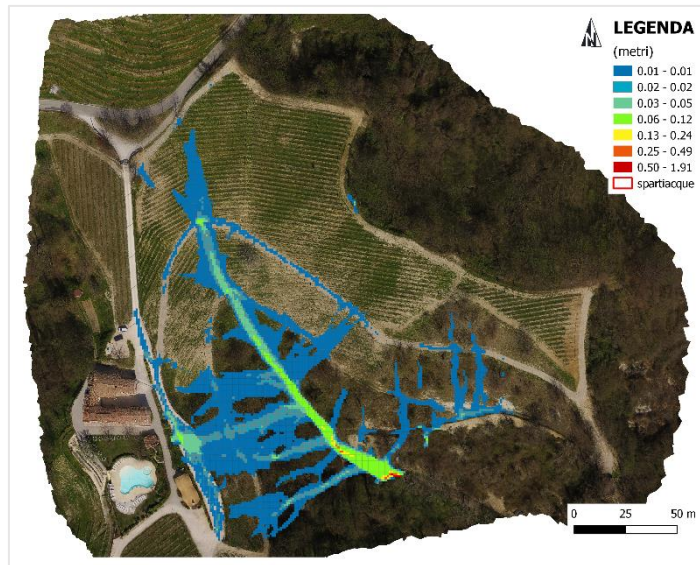


Figura 142 Altezza del deflusso con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

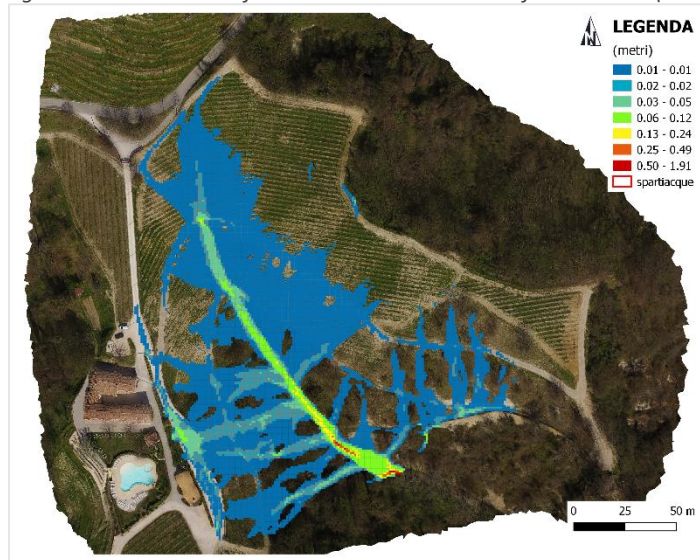


Figura 143. Altezza del deflusso con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

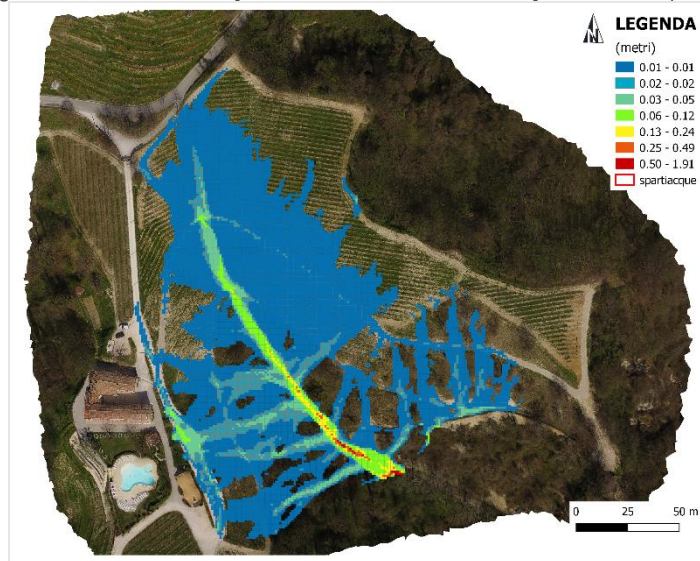


Figura 144. Altezza del deflusso con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

Esaminando le simulazioni a fondo fisso per l'area oggetto di studio di Arfanta, si osserva fin dal principio che l'altezza massima dei deflussi è decisamente minore rispetto all'area di Duca di Dolle. Si hanno, infatti, profondità di flusso nell'area terrazzata che raggiungono solamente valori tra 0.06 e 0.12 metri con Tr100 (Figura 147) e tra 0.03 e 0.05 metri con Tr5 (Figura 144). I principali deflussi convergono nelle cinque sezioni di chiusura indicate in precedenza, ed è soprattutto vicino alle sezioni 1, 4 e 5 che sono localizzate le profondità più elevate. Osservando la mappa con Tr5 (Figura 144) è possibile riconoscere più distintamente i maggiori deflussi e la loro confluenza nelle sezioni di chiusura. Si noti come, all'aumentare del tempo di ritorno, accresca la superficie terrazzata interessata da deflussi non minori di un centimetro, mentre, nelle vie preferenziali di scorrimento del deflusso, quest'ultimo aumenta nell'ordine di un decimetro. Al contrario dell'area di Duca di Dolle qui, in mancanza di impluvi più marcati, si osserva una maggiore distribuzione dei deflussi superficiali percorrenti con profondità "elevate" l'area terrazzata. Elementi che vanno a "rompere" l'ordine spaziale dei terrazzamenti, come ad esempio la capezzagna centrale e in minore misura il sistema di svolta a piastre laterale, diventano assi di scorrimento preferenziale del deflusso e originano profondità più elevate rispetto alla zona terrazzata contermina.

Il caso di Arfanta differisce da Duca di Dolle anche per l'esistenza interna al bacino idrografico di un'area boscata che precede idrologicamente l'area terrazzata. Questo caso, in realtà, potrebbe essere ben più comune nella zona delle colline trevigiane, essendo le creste dei versanti molto più spesso tradizionalmente forestate che terrazzate. Ne consegue, dunque, che i vigneti siano spesso coinvolti idrologicamente da deflussi provenienti più a monte della stessa area vitata, questione esclusa a Duca di Dolle per la disconnessione del bacino data più a nord da una strada asfaltata in trincea. L'analisi su Arfanta a fondo mobile risulta essere abbastanza simile a quella a fondo fisso per quanto riguarda le profondità di deflusso. Non si avvertono significative variazioni di profondità tra le due modellazioni, tranne che, in minima parte, tra i due Tr100. In questi si assiste a dei deflussi di altezza maggiore, seppur lieve, nelle modellazioni a fondo fisso, al contrario del caso di Duca di Dolle dove le altezze maggiori si riscontravano, invece, nelle modellazioni a fondo mobile.

Figura 145.
Altezza del deflusso con Tr5.
Simulazione a fondo fisso
(Arfanta).

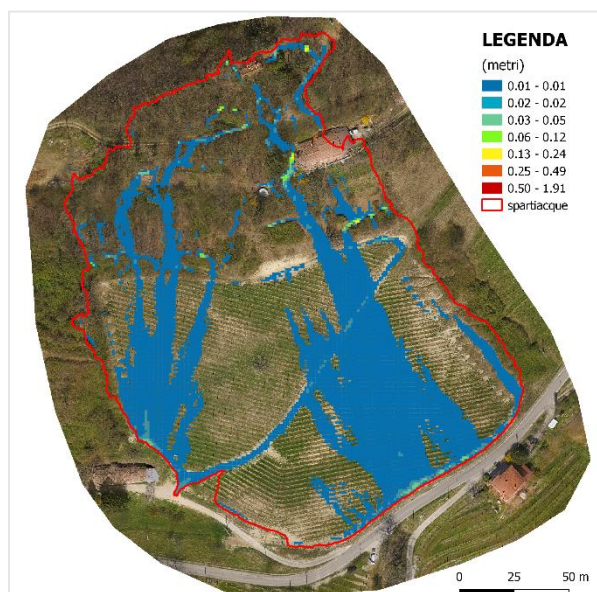


Figura 146.
Altezza del deflusso con Tr30.
Simulazione a fondo fisso
(Arfanta).

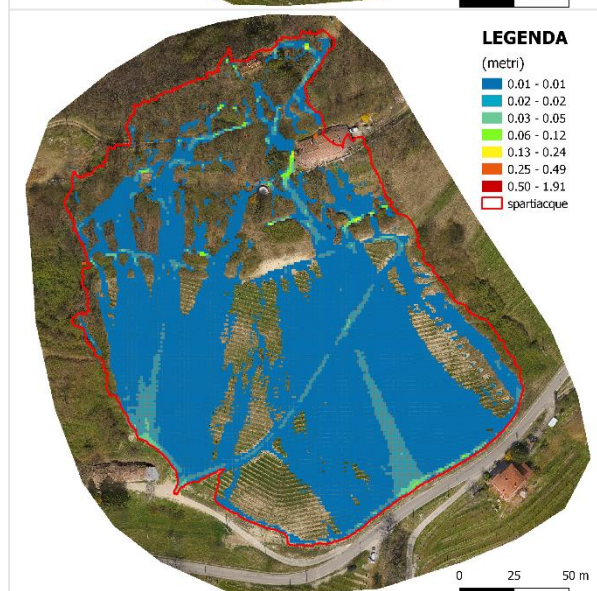


Figura 147.
Altezza del deflusso con Tr100.
Simulazione a fondo fisso
(Arfanta).

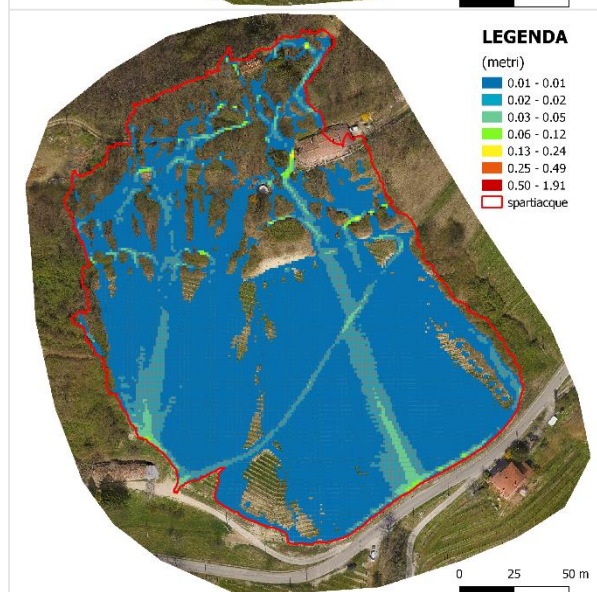


Figura 148.
Altezza del deflusso con Tr5.
Simulazione a fondo mobile
(Arfanta).

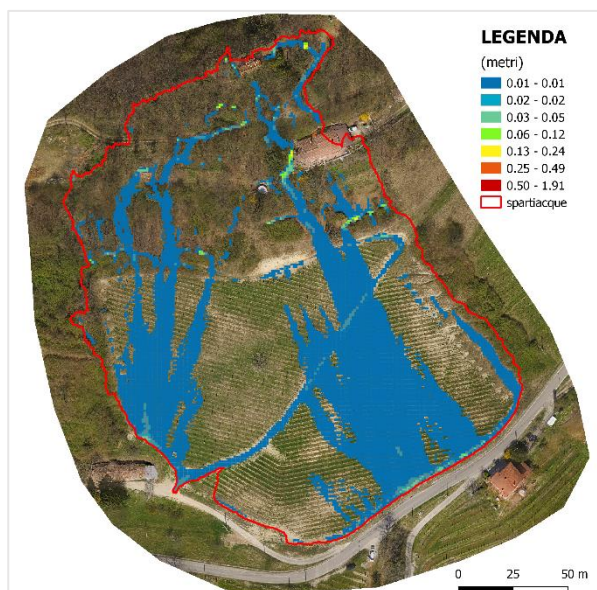


Figura 149.
Altezza del deflusso con Tr30.
Simulazione a fondo mobile
(Arfanta).

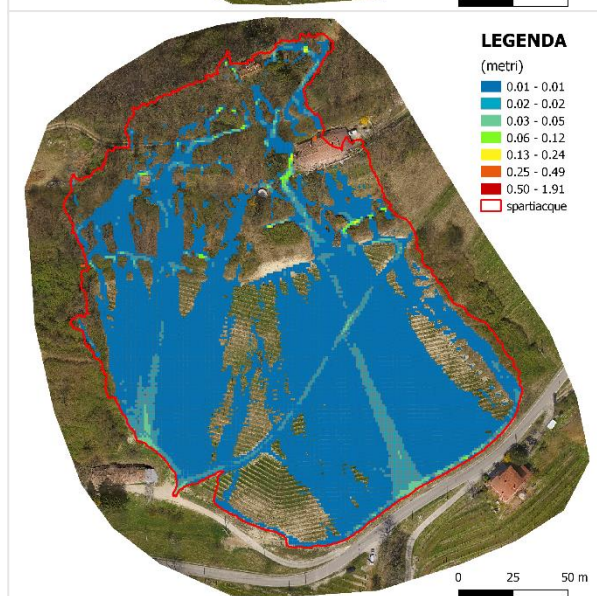
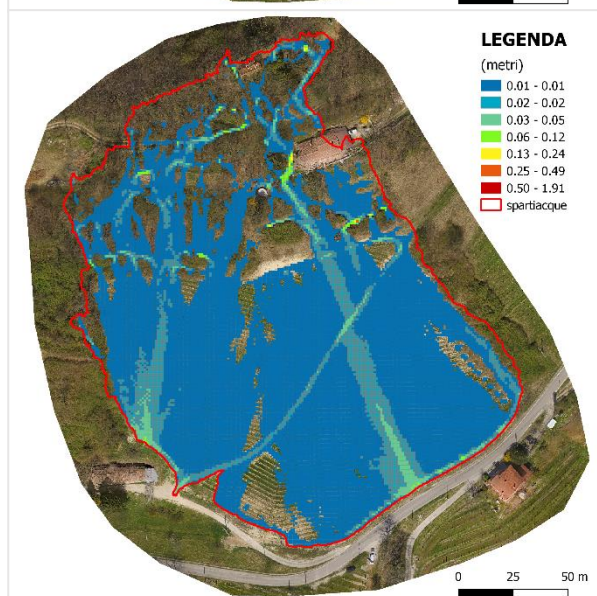


Figura 150. Altezza del
deflusso con Tr100.
Simulazione a fondo mobile
(Arfanta).



4.1.4 Analisi delle velocità dei deflussi

Osservando le mappe, riguardanti le velocità massime dei deflussi (valore di picco occorso durante la simulazione) riferite alle modellazioni a fondo fisso di Duca di Dolle, si riscontra come il bacino idrografico sia molto articolato in termini di velocità di deflusso. Si hanno, infatti, situazioni ben diverse tra i vari usi del suolo. L'impluvio centrale è la direttrice in cui si presentano i valori di velocità maggiori, compresi nella zona più meridionale in punta tra 1.40 e 1.99 m/s nella simulazione con Tr5 e tra 2.00 e 3.02 m/s in Tr100. Sono questi ultimi valori di velocità molto simili a quelli di comuni torrenti montani. Considerando allora la conformazione morfologica che assume l'area terrazzata e, più a valle, il rilievo collinare, si desume come questo impluvio sia in realtà un corso d'acqua effimero che va a sfociare in un vero e proprio torrente nella vallata più a sud: il torrente Lierza, corso d'acqua che ha esondato nell'Agosto 2014 al Molinetto della Croda a Refrontolo, provocando quattro vittime e otto feriti, oltre a numerosi danni. Dalla zona di Rolle (località vicina a Duca di Dolle) e di Arfanta, infatti, ha origine il bacino idrografico che alimenta il Lierza. L'analizzare idrologicamente un'area terrazzata come quelle oggetto di studio può aiutare a comprendere alcune dinamiche idrologiche che avvengono a scala più vasta. Certamente, l'uso del suolo, gioca un ruolo importante nell'alimentare o, al contrario, nel limitare certe problematiche di dissesto e di pericolo idrogeologico. Lo studio di come un'area terrazzata possa reagire a un evento precipitazionale è utile per la comprensione di tale problematica più ampia.

La superficie terrazzata presenta valori di velocità di flusso piuttosto bassi in Tr5 e Tr30, mentre, nelle superfici boscate a maggior pendenza, si trovano velocità in certi punti ben più elevate (tra 0.50 e 0.89 m/s), le quali derivano in parte dalla naturale conformazione orografica e in parte da modificazioni di carattere strutturale riguardanti il consolidamento della scarpata sottostante la strada bianca a ovest. Si può osservare come elementi quali le due capezzagne centrali smorzino la velocità del flusso in concomitanza del transito dell'acqua sulle stesse. Questo rallentamento del flusso, visibile anche nell'intersezione tra capezzagna e impluvio, è conseguente al cambiamento repentino di pendenza del versante. Tale cambiamento è applicato nelle sistemazioni idraulico-agrarie dei vigneti nella creazione dei terrazzamenti, in cui la

modificazione della pendenza del pendio è fondamentale per ridurre l'impetuosità dei deflussi superficiali.

Quanto sopra descritto si può riscontrare anche nella modellazione a fondo mobile eseguita sempre su Duca di Dolle. Le dinamiche idrologiche riscontrate dipendenti dall'uso del suolo rimangono simili anche se, in questo caso, la simulazione comprende nel suo processo anche la correlazione tra trasporto solido, erosione e superfici di scorrimento. Da queste dinamiche, infatti, emerge un aumento, proporzionale al tempo di ritorno delle piogge, delle velocità dei deflussi rispetto alle modellazioni effettuate su fondo fisso. Ad aumentare sono soprattutto le velocità massime riscontrabili all'interno dell'impluvio. Cresce, infatti, il numero delle celle riguardanti le classi di velocità tra 1.40 e 1.99 m/s e tra 2.00 e 2.03 m/s. Per quanto riguarda, invece, la superficie terrazzata, le velocità su di essa non subiscono variazioni significative. Questo probabilmente perché i deflussi che vi insistono sono ben distribuiti tra i vari terrazzamenti e scorrono su pendenze abbastanza contenute.

Da notare come, nella modellazione a fondo mobile, i punti di intersezione tra capezzagne e impluvio evidenzino in questo caso delle differenze (soprattutto con Tr100). Le velocità qui appaiono più elevate e, confrontando le mappe sulle profondità dei deflussi, anche l'altezza di flusso è visibilmente maggiore. Questo è dovuto al fatto che il modello considera l'azione di scavo e di deposito della corrente, la quale, osservando anche le relative mappe tematiche (Figura 163, 164, 165), modifica altimetricamente e in via planimetrica il profilo del suolo, andando a creare vie preferenziali di scorrimento sotto forma di *rills*. La formazione di questi ultimi e il loro ampliamento incanala i deflussi e aumenta la velocità.

Anche per queste deduzioni è necessario tenere in considerazione il fatto che il modello non considera nel suo processamento la presenza di una rete di drenaggio, la quale è esistente e potrebbe sicuramente in parte limitare tali velocità e fenomeni erosivi in corrispondenza dell'impluvio. È comunque necessaria un'attenta e doverosa manutenzione, volta a non depotenziare la gestione delle acque, data dal sistema di drenaggio e dall'architettura dei terrazzamenti.

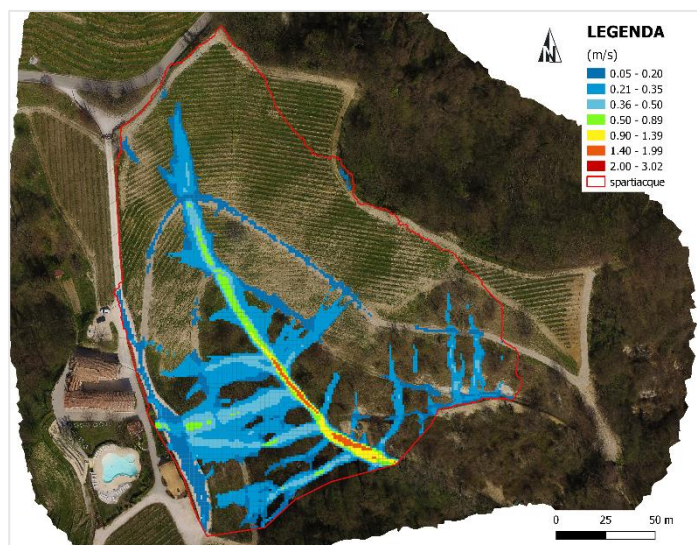


Figura 151. Velocità del deflusso con Tr5. Simulazione a fondo fisso (Dolle)

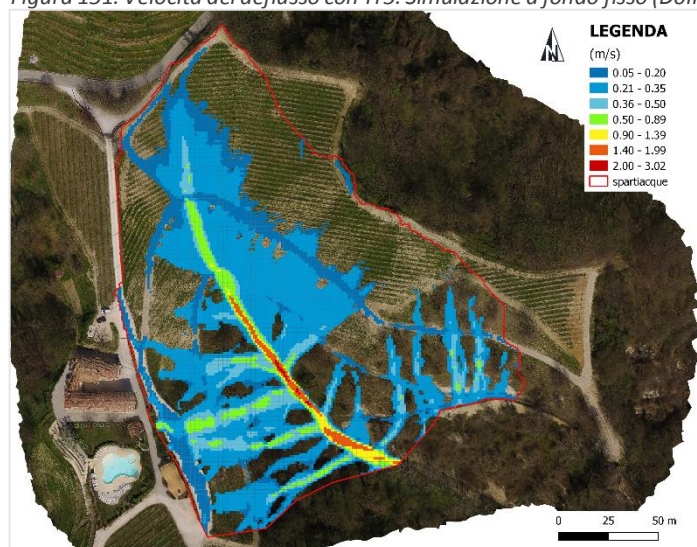


Figura 152. Velocità del deflusso con Tr30. Simulazione a fondo fisso (Dolle)

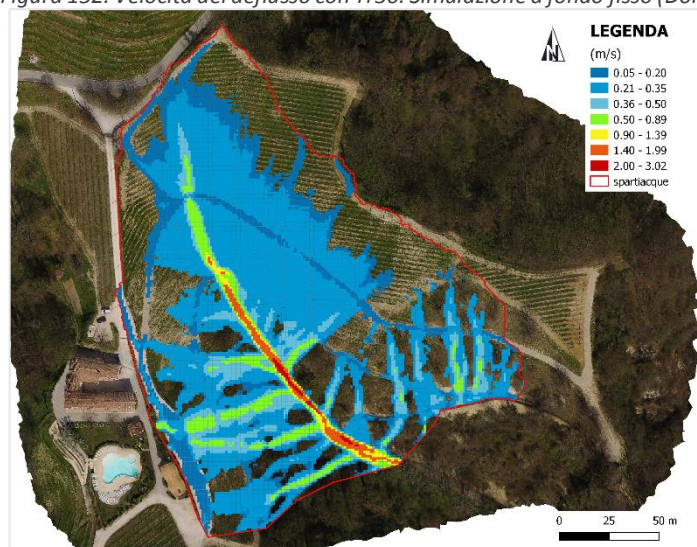


Figura 153. Velocità del deflusso con Tr100. Simulazione a fondo fisso (Dolle)

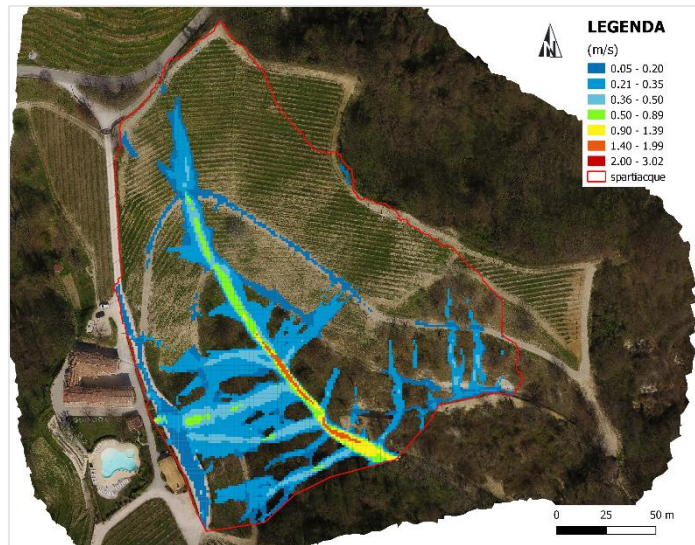


Figura 154. Velocità del deflusso con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

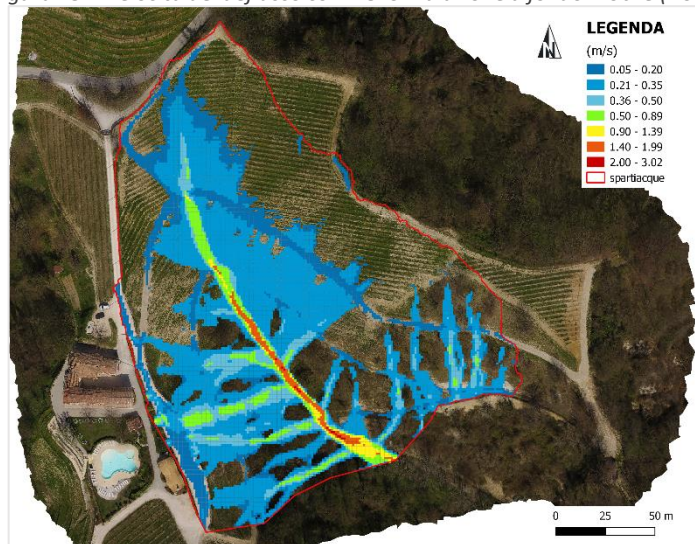


Figura 155. Velocità del deflusso con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

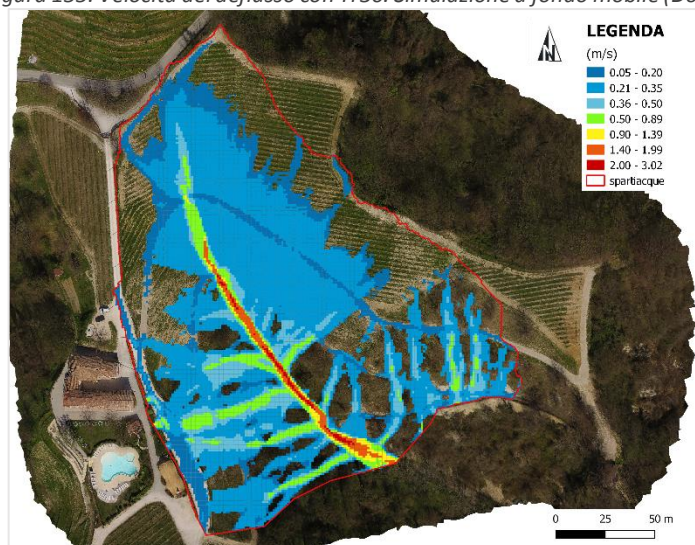


Figura 156. Velocità del deflusso con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

Analizzando le velocità dei deflussi nell'area studio di Arfanta con modellazione a fondo fisso, si riscontra come tali velocità siano di molto inferiori rispetto all'area di Duca di Dolle, nonostante le pendenze qui siano mediamente più elevate (pendenza media Duca di Dolle 22°, Arfanta 25°). Tale "particolarità" deriva semplicemente dai motivi già spiegati in precedenza, ovvero dalla maggiore distribuzione dei deflussi in più vie di scorrimento principali e dall'assenza di flussi "incanalati" di rilievo.

Le velocità riferite a un tempo di ritorno di 5 anni difatti non superano i 0.49 m/s, raggiungendo velocità comprese tra i 0.50 e i 0.89 m/s solamente con Tr30 e, in maggior misura, con Tr100. Si attestano infatti ben distanti dai 2-3 m/s rilevati nell'impluvio situato in Duca di Dolle.

In questo caso, al contrario dell'area studio di Dolle, si può osservare come la capezzagna centrale che taglia diagonalmente il vigneto, non presenti un limite alla velocità dei deflussi, quanto piuttosto una direttrice considerevole di smaltimento delle acque. La pendenza di questa via di transito risulta essere superiore a quella dei vicini terrazzamenti.

Come si può osservare, soprattutto con Tr100 (Figura 159), le velocità più elevate corrispondono ai punti in cui i deflussi hanno profondità più alte, sfociando quindi in concomitanza soprattutto delle sezioni 1, 4 e 5 e, in minor misura, nelle sezioni 2 e 3.

Confrontando le modellazioni su Arfanta a fondo fisso con quelle con fondo mobile, non si distinguono differenze rilevanti tra le due situazioni. Vi è, infatti, una stazionarietà delle velocità simulate che non differiscono, se non in minima parte, dai valori riscontrati su fondo fisso. Un'unica evidente eccezione è localizzata presso la sezione numero 1 nella simulazione con Tr100, dove si può notare un aumento delle velocità nelle celle prossime alla sezione di chiusura (classe 0.90 – 1.39 m/s).

Si possono inoltre osservare delle lievi variazioni di velocità in alcune singole celle distribuite per l'area terrazzata dove, nella modellazione a fondo mobile, esse assumono valore spesso inferiore a causa presumibilmente della variazione altimetrica della superficie.

Figura 157.
Velocità del deflusso con Tr5.
Simulazione a fondo fisso
(Arfanta).

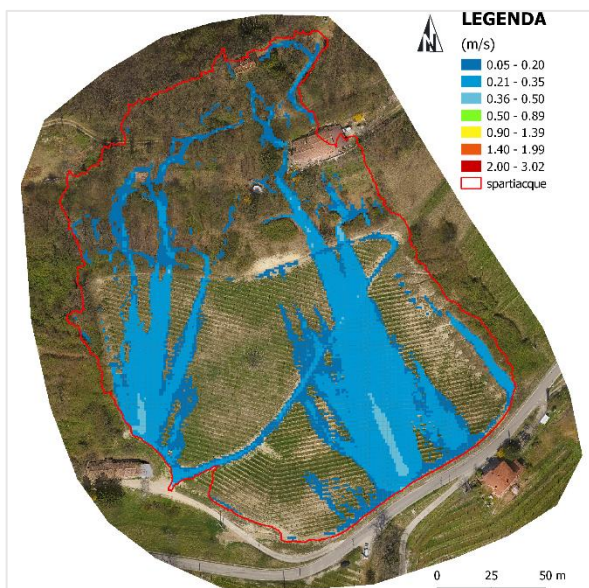


Figura 158.
Velocità del deflusso con
Tr30. Simulazione a fondo
fisso (Arfanta).

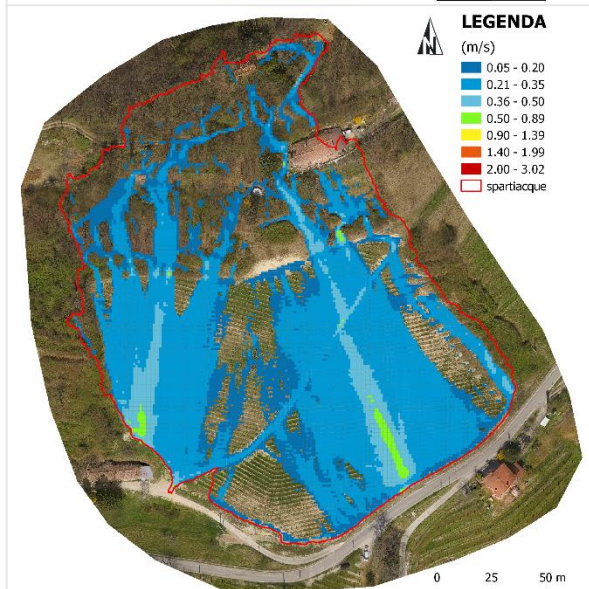


Figura 159.
Velocità del deflusso con
Tr100. Simulazione a fondo
fisso (Arfanta).

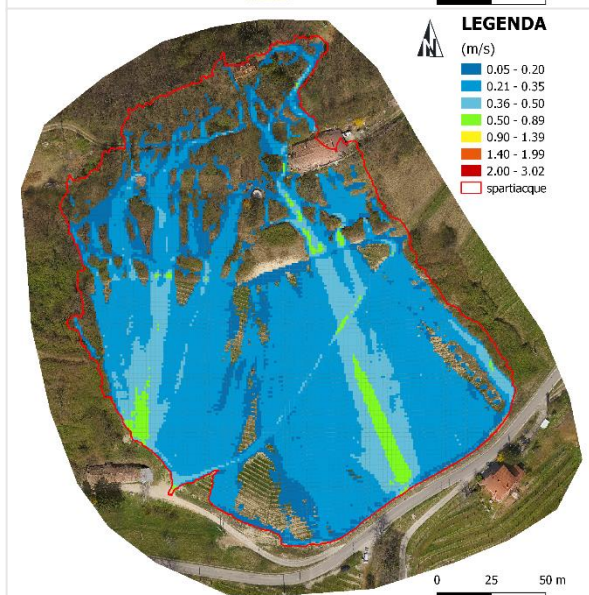


Figura 160.
Velocità del deflusso con Tr5.
Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

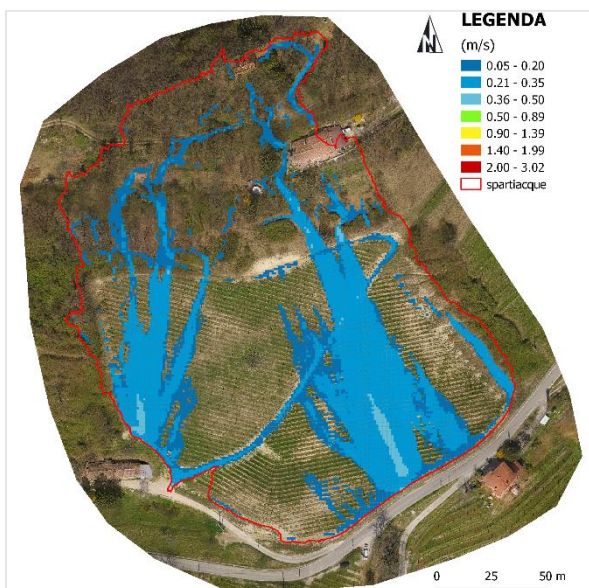


Figura 161.
Velocità del deflusso con Tr30.
Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

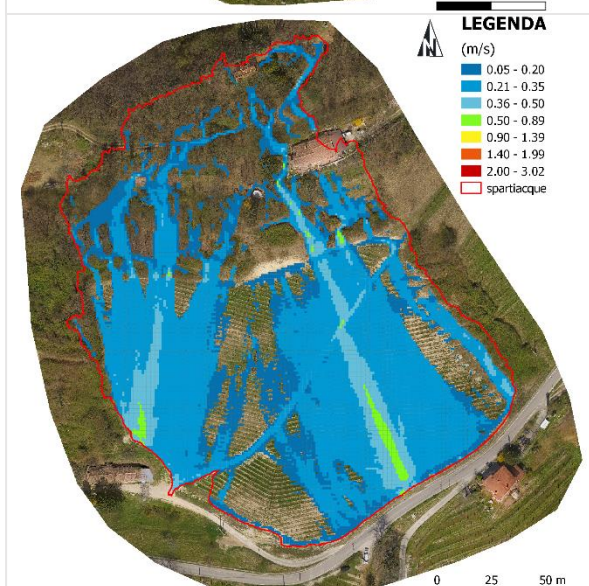
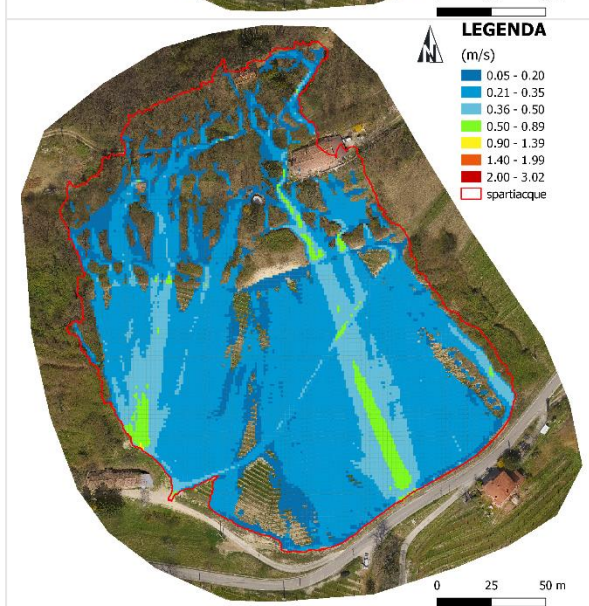


Figura 162.
Velocità del deflusso con Tr100.
Simulazione a fondo mobile (Arfanta).



4.1.5 Considerazioni sul pericolo di erosione

L'aver analizzato precedentemente gli effetti dei deflussi, in riferimento alle profondità massime e alle velocità, fornisce già un punto di partenza nel comprendere meglio le concause che possono portare all'erosione e al conseguente scavo di una superficie inclinata. Profondità massima e velocità del flusso sono infatti strettamente correlate con l'erosione del terreno, dato che loro stesse rappresentano alcuni dei fattori principali che concorrono nel modificare geometricamente il suolo, tramite la forza di trascinamento applicata dall'acqua alle particelle del terreno e alla sua struttura.

Prendendo come riferimento alcuni valori sulla pendenza dei canali dati da Morgan (2005), grazie ai quali si dovrebbero realizzare dei letti rinforzati in pietrame per canali al di sopra dei 15° di pendenza, si riscontra come, nelle due aree studio, le vie preferenziali di scorrimento dell'acqua siano tutte ben al di sopra di tale gradiente di pendenza.

L'impiuvio situato a Duca di Dolle, infatti, si attesta su di una pendenza media attorno ai 19°, mentre, per quanto riguarda la zona di Arfanta, le vie d'acqua principali con sbocco nelle relative sezioni di chiusura, hanno valori di acclività minimi di 12.5° (per la sezione 2) e massimi di 28.5° (per la sezione 3); con 27.2° in riferimento alle sezioni 4 e 5, e di 24.5° per quanto riguarda i deflussi principali confluenti nella sezione 1.

I 15° menzionati da Morgan, se superati, andrebbero a conseguire a delle significative perdite di suolo per erosione, date dall'eccesso di pendenza concomitante a concentrazioni di deflusso elevate, derivanti da eventi precipitazionali di particolare intensità.

Osservando la tabella n. 21 nella riga evidenziata si può notare come, per suoli simili a quelli presenti nelle due aree oggetto di studio, la velocità limite che non concorre in modo significativo all'erosione del suolo, sia rappresentata da 0.75 m/s nel caso di un suolo nudo, 1.5 m/s per un suolo con media copertura erbacea e 2 m/s in suoli con ottima copertura.

Se si considera tale tabella e se la si confronta con le mappe di massime velocità del flusso, è interessante notare come le zone soggette a erosione potenziale siano riferite soprattutto all'area di Duca di Dolle, in particolare nella zona di sviluppo dell'impluvio dove vi sono punte vicine ai 3 m/s (con Tr100) e in altre aree comunque al di fuori della superficie terrazzata. Per quanto riguarda Arfanta, invece, tali situazioni di erosione andrebbero a collocarsi solamente in poche celle riferite ai deflussi principali convergenti nelle sezioni 1 e 5.

Material	Bare	Medium grass cover	Very good grass cover
Very light silty sand	0.3	0.75	1.5
Light loose sand	0.5	0.9	1.5
Coarse sand	0.75	1.25	1.7
Sandy soil	0.75	1.5	2.0
Firm clay loam	1.0	1.7	2.3
Stiff clay or stiff gravelly soil	1.5	1.8	2.5
Geotextile mat	1.5	2.5	3.5
Coarse gravels	1.5	1.8	n/a
Shale, hardpan, soft rock	1.8	2.1	n/a
Hand-pitched stone	2.0	n/a	n/a
Hard cemented conglomerates	2.5	n/a	n/a
Rip-rap (D_{50} : 250–400 mm)	3.0	n/a	n/a
Box gabions, grouted stone	5.0	n/a	n/a
Concrete block systems	6.0	n/a	n/a

Tabella 21. Massime velocità (m/s) di sicurezza in canali su cui è prevista una copertura in due stagioni vegetative. (Morgan, 2005).

Ad ogni modo, tali considerazioni su questa tabella, sono correlate a pendenze minime, identificate da Morgan (2005) attorno ad 1°. Questo sta a significare, relativamente alle due aree oggetto di studio, che vi saranno con ogni probabilità fenomeni di erosione ben più diffusi, esplicitati successivamente tramite la rappresentazione delle analisi modellistiche.

Flo-2d considera l'uso del suolo per il calcolo dell'erosione, ma solo tramite la scabrezza fornita dall'*n-Manning* (più basso è il valore di quest'ultimo minore è la scabrezza). Essa influenza la velocità del deflusso (e quindi anche l'altezza dell'acqua), la quale incrementandosi causa progressivamente l'erosione.

Il modello calcola quindi l'erosione sulla base della velocità dell'acqua e della profondità del flusso, tralasciando di considerare direttamente quelle componenti come ad esempio la capacità di trattenuta radicale di un suolo inerbito o forestato.

Esaminando le mappe delle erosioni massime si riscontra, infatti, come vi sia maggiore erosione lì dove le velocità sono in generale più elevate. Le più grandi perdite di suolo si riscontrano per Duca di Dolle a livello dell'impluvio e di alcune superfici forestate o con vegetazione rada. La simulazione con tempo di ritorno di 5 anni non ha prodotto particolari erosioni a livello dei terrazzamenti, mentre, per quelle con Tr30 e Tr100, vi sono perdite inferiori ai 2cm per buona parte della superficie terrazzata.

Da notare come, nei punti di intersezione tra le capezzagne e l'impluvio, siano presenti scavi di maggiore profondità. Tale questione spiega come mai sulle mappe di profondità di flusso vi siano in tali zone altezze d'acqua più elevate nelle modellazioni a fondo mobile rispetto che in quelle a fondo fisso. L'azione di scavo, infatti, modifica la minore pendenza locale, eliminando in parte l'effetto di rallentamento che essa produce e aumentando così conseguentemente la velocità del flusso. In tali punti i valori di scavo (considerando un tempo di ritorno di 100 anni) si attestano intorno a valori massimi compresi tra -1.00 e -0.51 metri, nell'attraversamento più a monte, e tra -2.16 e -1.01 metri, nell'attraversamento più a valle. I valori di erosione invece più comuni, nel tratto corrispondente all'impluvio, si attestano vicino alla classe da -0.50 a -0.13 metri. Nella simulazione con Tr5 si assiste a dimensioni di scavo più ridotte situate su tratti localizzati, in parte scollegati tra loro.

Anche nelle simulazioni di Arfanta il posizionamento delle erosioni va a sovrapporsi con le zone in cui le velocità di deflusso sono maggiori. Qui le profondità massime (in Tr100) risultano però inferiori a Dolle, raggiungendo nella direttrice di flusso che arriva alla sezione 1 dislivelli compresi tra -0.50 e -0.13m mentre, nelle direttrici riferite alle altre sezioni, vi sono valori massimi appartenenti alla classe da -0.12 a -0.06 metri.

Vi è inoltre un'erosione diffusa che ricopre in Tr100 quasi tutta la superfice terrazzata. Sebbene si riscontrino dunque profondità minori, queste potrebbero d'altra parte essere considerate maggiormente dannose, in quanto possono interessare in toto l'area terrazzata, provocando potenzialmente il possibile cedimento dei versanti terrazzati.

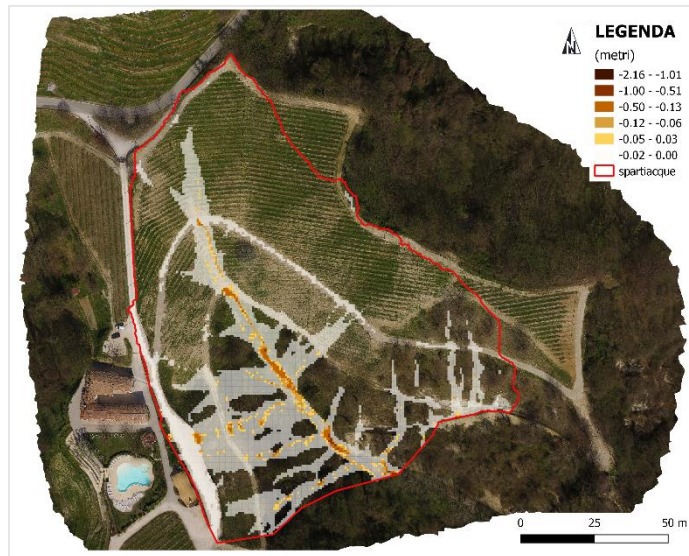


Figura 163. Profondità di scavo con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

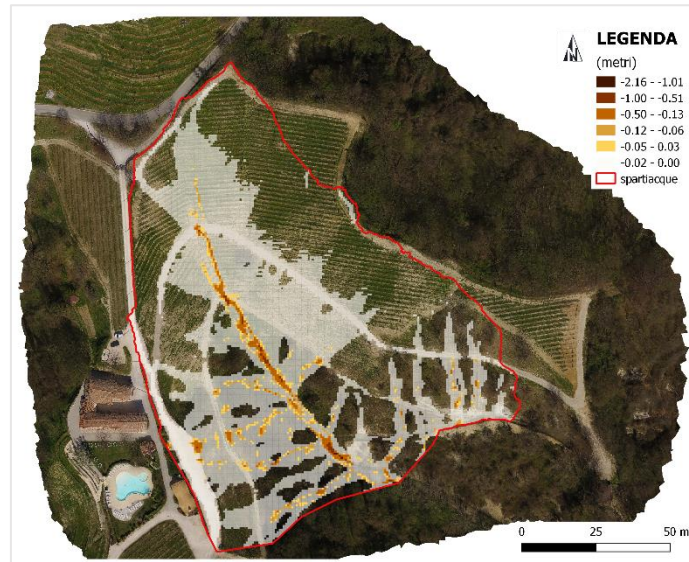


Figura 164. Profondità di scavo con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

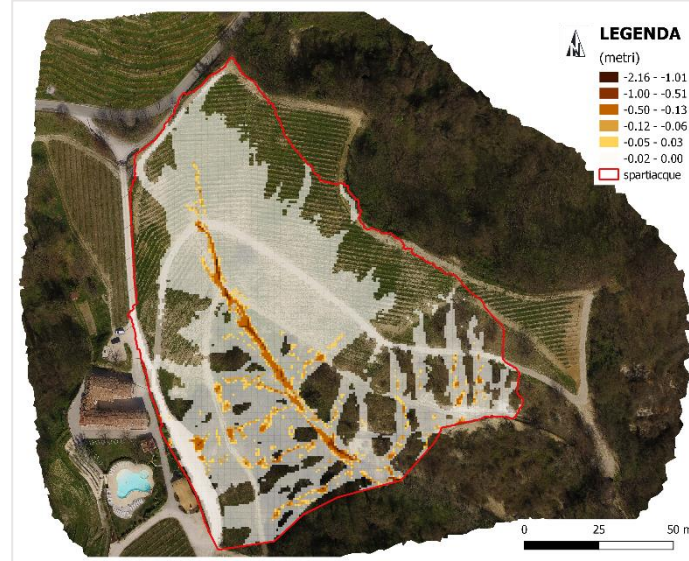


Figura 165. Profondità di scavo con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

Figura 166.
Profondità di scavo con Tr5.
Simulazione a fondo mobile
(Arfanta).

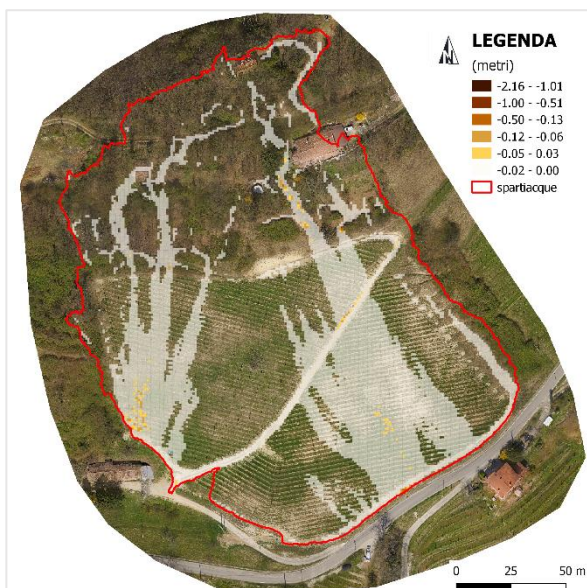


Figura 167.
Profondità di scavo con Tr30.
Simulazione a fondo mobile
(Arfanta).

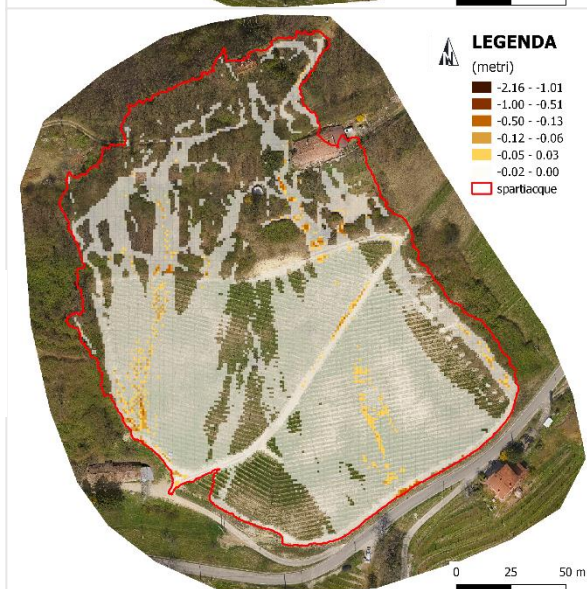
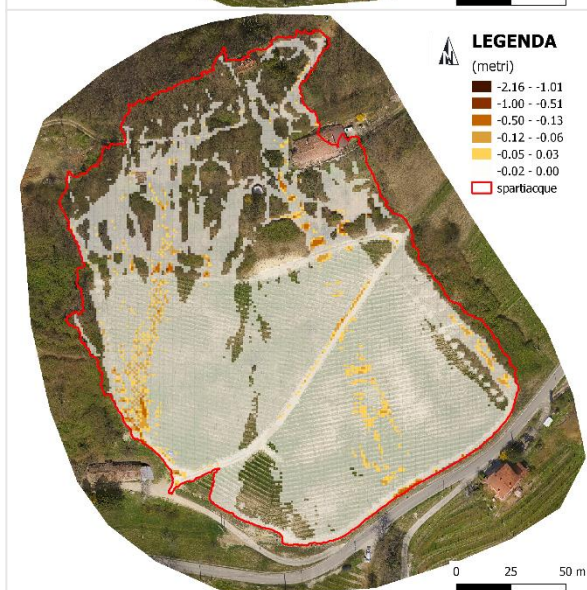


Figura 168.
Profondità di scavo con Tr100.
Simulazione a fondo mobile
(Arfanta).



4.1.6 Considerazioni sulle perdite di suolo

La rappresentazione grafica delle variazioni di quota del terreno, è essenziale per definire quale possa essere il risultato dell'azione di scavo e di eventuale deposito a fine evento. Il modello esegue un bilancio di massa attraverso il quale, per ogni cella e per ogni passo temporale di calcolo, distribuisce sulla superficie della cella il decremento o l'aumento di volume. Si ottiene così, alla fine di ogni simulazione, una mappa che distingue con un valore negativo o positivo rispettivamente le celle di scavo o di riporto. Mentre le precedenti mappe riguardanti lo scavo andavano a rappresentare solamente l'azione di erosione nell'istante temporale più sfavorevole, le mappe sulla variazione finale di quota del terreno vanno invece a riprodurre il risultato finale (fine simulazione) dell'intero processo di erosione, tenendo conto che in coda avviene spesso anche una rideposizione.

Per l'area oggetto di studio di Duca di Dolle si riscontrano zone di scavo massimo, con Tr100, comprese tra -1.13 e -0.50 metri, mentre si trovano altre zone in cui si va ad accumulare sedimento per una variazione di quota compresa tra 0.50 e 0.69 metri. L'area terrazzata non subisce di per sé particolari aumenti o decrementi, in quanto la debole azione di scavo e di sedimentazione risulta avere un bilancio finale pressoché nullo. Le maggiori modificazioni geometriche del terreno si hanno invece laddove scorrono deflussi più consistenti, come nelle zone coperte da vegetazione rada, nei pochi pendii erbosi e nell'impluvio. In quest'ultimo si assiste ai valori più alti di scavo e di deposito, distribuiti in un susseguirsi più o meno alternato di zone erose e aree in cui vi è accumulato il sedimento, il quale si localizza soprattutto verso valle, lì dove la pendenza decresce maggiormente.

Le differenze di variazioni di quota tra le simulazioni eseguite con i vari tempi di ritorno sono abbastanza significative, soprattutto tra Tr5 da una parte e Tr30 e Tr100 dall'altra. Mentre tra Tr30 e Tr100 le celle segnalate come scavo e deposito rimangono essenzialmente le stesse, variando solamente nei valori, in Tr5 si riscontra un buon numero di celle che differiscono in quanto scavo o accumulo. Questa difformità deriva probabilmente dalla differenza di velocità dell'acqua in azione sul versante che rimane nell'intorno dei valori che separano comportamento erosivo o non erosivo.

Per quanto riguarda invece l'area oggetto di studio di Arfanta, i risultati delle simulazioni tra i vari tempi di ritorno appaiono più consequenziali. Vi sono sì variazioni tra celle di scavo e deposito ma queste sostituzioni tra i vari tempi di ritorno sono poco significative. Si assiste quindi a un incremento generalizzato dell'azione di scavo o di deposizione all'aumentare del tempo di ritorno, sia in termini di valori che in termini di numero di celle interessate.

Si può notare che, mentre nell'area terrazzata le celle di scavo e di deposito risultano essere più frammentate e distribuite nello spazio, nella capezzagna centrale l'erosione e la sedimentazione si ripartiscono a monte e a valle del lato interno alla strada (Figura 174).

Anche per l'area di Arfanta, la perdita di suolo o il suo accumulo sono relativi soprattutto ai punti in cui i deflussi assumono valori considerevoli, in genere, a velocità di flusso maggiori di 0.21 – 0.35 m/s.

Le altezze massime riscontrate nella zona terrazzata ad Arfanta risultano essere comprese (con Tr100) tra 0.15 e 0.49 metri di deposito e -0.49 e -0.16 metri di scavo, mentre, i valori più comuni, si attestano nelle classi inferiori.

Nella tabella 22 si evidenzia il bilancio finale (m^3) riferito all'intero "bacino idrografico". Si noti come, per entrambe le aree studio, l'erosione sia maggiore dell'accumulo e come l'area di Arfanta presenti valori significativamente maggiori di Duca di Dolle all'aumentare del tempo di ritorno. Per Tr5, invece, Duca di Dolle ha un'erosione maggiore di Arfanta. Questo, presumibilmente, è dovuto al fatto che l'impiuvio concentra in sé la maggior parte del fenomeno erosivo dell'intera area terrazzata e, in rapporto ai numerosi canali di scorrimento di Arfanta, risulta avere un'influenza maggiore per tempi di ritorno bassi e minore con Tr più elevati.

	VOLUMI DI TERRENO EROSO (m^3)		
	Tr5	Tr30	Tr100
Duca di Dolle	-4.80	-11.97	-17.82
Arfanta	-3.12	-14.65	-27.01

Tabella 22. Volumi di terreno eroso (m^3) riferiti all'intera superficie del bacino idrografico.

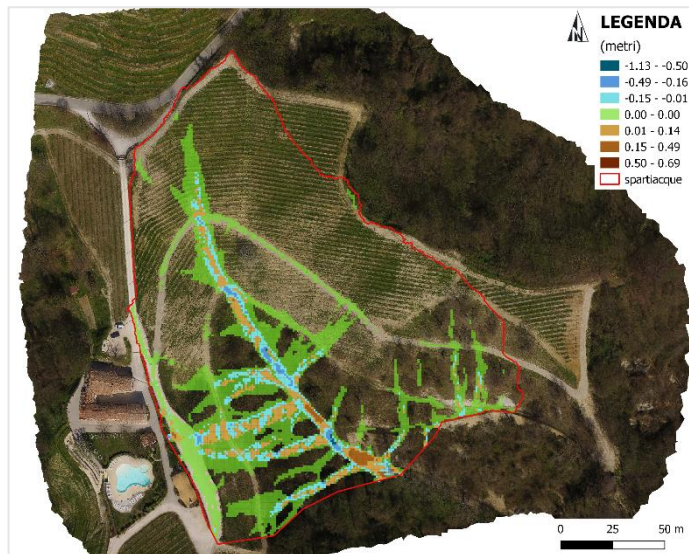


Figura 169. Variazioni di quota del terreno (m) con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

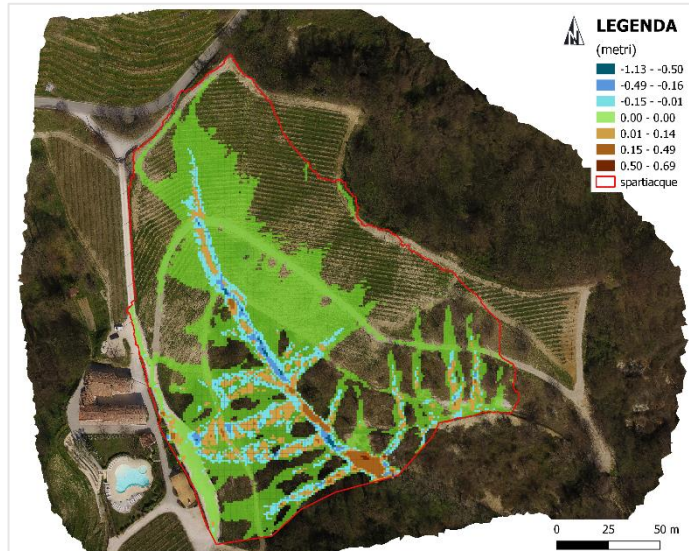


Figura 170. Variazioni di quota del terreno (m) con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

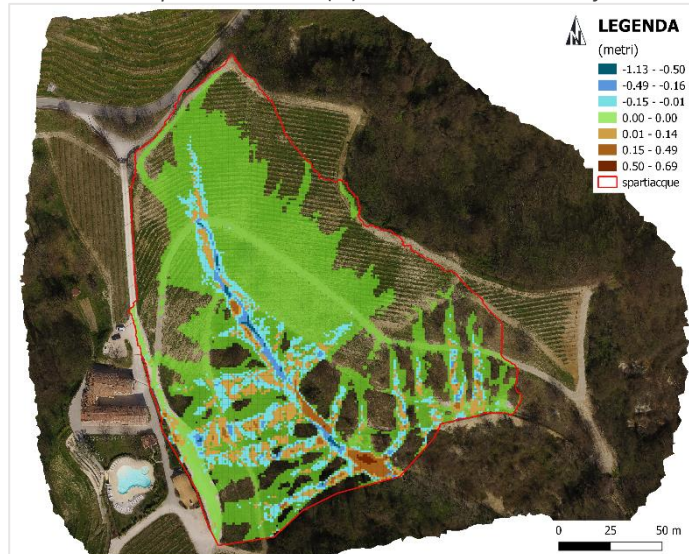


Figura 171. Variazioni di quota del terreno (m) con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Dolle)

Figura 172.
Variazioni di quota del terreno (m) con Tr5. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

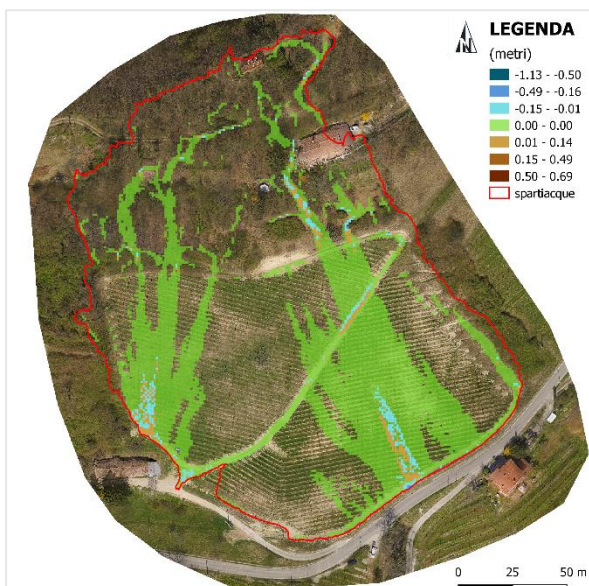


Figura 173.
Variazioni di quota del terreno (m) con Tr30. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).

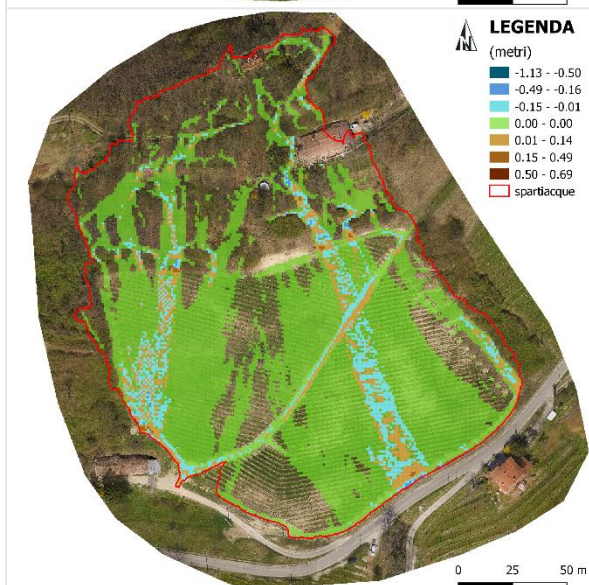
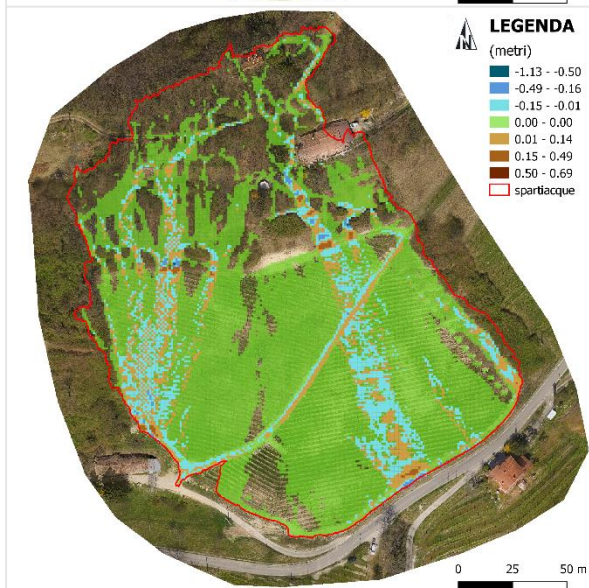


Figura 174.
Variazioni di quota del terreno (m) con Tr100. Simulazione a fondo mobile (Arfanta).



5. CONCLUSIONI

Dato il crescente interesse verso l'allevamento della vite e, in particolare, del vitigno *glera* nella sua comune denominazione "Prosecco", si ritiene importante uno studio sui possibili impatti idrogeologici che nuove sistemazioni agrarie, come quella trentina "a traverso", potrebbero avere sul territorio delle colline trevigiane. Con il presente studio ci si pone l'obiettivo di indagare questo aspetto attraverso l'analisi del comportamento idrologico di due aree studio. Il contesto in cui trovano luogo queste aree, è permeato da una frequente instabilità idrogeologica, relativa soprattutto ai declivi con maggiore pendenza e sfruttamento antropico. Data l'alta densità di vigneti nell'area, è da ritenere che essi giochino un ruolo significativo nel concorrere o meno alle dinamiche idrologiche delle colline trevigiane. Sistemazioni agrarie diverse comportano differenti risposte idrogeologiche dell'area vitata e del bacino idrografico a esse collegato.

È abbastanza consolidato, in letteratura, il fatto che le sistemazioni a ritocchino rappresentino, per alte pendenze, delle soluzioni a forte rischio di dissesto, mentre, altre tipologie di sistemazione come quelle a girappoggio e (ancor più) a terrazzamento tradizionale, siano considerate invece più adeguate a contenere il fenomeno.

La sistemazione "a traverso", essendo stata importata solo recentemente nella sua versione trentina all'interno dell'ambito delle colline trevigiane, è una "novità" che ha bisogno di essere studiata e compresa. Altre sistemazioni, invece, tipiche per cultura e tradizione del luogo, la cui pratica agraria è stata ampiamente consolidata nel corso dei secoli, necessitano meno di un rafforzamento in letteratura scientifica, dato che trovano un supporto esperienziale nella pratica storica locale.

Risulta quindi importante definire come si comporta questa nuova tipologia di sistemazione a livello idrogeologico, nello studio dei deflussi, dell'erosione e della perdita di suolo fertile. Oltre a questo, è essenziale confrontare questi impatti con l'acuirsi degli effetti prodotti dai cambiamenti climatici. Precipitazioni estreme, fortemente localizzate e di elevata intensità, potrebbero infatti causare danni considerevoli anche a pendii terrazzati ritenuti abbastanza stabili.

Questo lavoro di tesi si propone di analizzare tali effetti sulle due aree terrazzate oggetto di studio situate in località Arfanta e Duca di Dolle (rispettivamente nei Comuni di Tarzo e Cison di Valmarino). L'analisi idrologica è stata realizzata tramite il modello idraulico bi-dimensionale Flo-2d, simulando eventi di precipitazione con tempi di ritorno di 5, 30 e 100 anni, in modo da avere un responso relativo a fenomeni di diversa magnitudo.

Le due aree terrazzate oggetto di studio rappresentano due casi per certi versi abbastanza simili, per alcune caratteristiche stazionali quali ad esempio la pendenza media e massima, la quota e la superficie interessata o, per quanto riguarda la sistemazione stessa, per la dimensione dei terrazzi; d'altro canto, si differenziano per quanto riguarda l'orografia locale e la disposizione dei terrazzamenti rispetto alle linee di deflusso principale.

Questa differenza rappresenta un valore aggiunto nell'analisi idrologica, in quanto permette di comprendere nello studio un maggior numero di aspetti utili nella comparazione con ulteriori aree terrazzate.

Sebbene, comunque, le due aree terrazzate possano essere considerate piuttosto simili per alcuni aspetti, dai risultati delle modellazioni sono state ottenute particolari difformità caratteristiche di ciascuna area.

Nell'analisi degli idrogrammi di piena e dei volumi liquidi e solidi in uscita, si è notato come il trasporto solido influenzi in maggior misura l'area di Duca di Dolle rispetto ad Arfanta. Sono stati infatti registrati incrementi piuttosto elevati nelle modellazioni a fondo mobile per quanto riguarda il volume totale in uscita (trasporto solido + acqua) e una maggiore posticipazione del picco dell'idrogramma, il quale mantiene comunque valori con modeste variazioni tra le modellazioni a fondo fisso e quelle a fondo mobile. Per Arfanta, invece, la componente solida non incide in modo particolare su tali fattori, i cui valori restano vicini tra le modellazioni a fondo fisso e quelle a fondo mobile.

Queste differenze potrebbero derivare dalla diversa distribuzione, ramificazione ed entità dei deflussi principali. Un unico impluvio centrale, come nel caso di Duca di Dolle, potrebbe, infatti, essere più sensibile alle dinamiche globali sul sedimento rispetto a una rete di vie d'acqua minori, com'è il caso di Arfanta. Queste ultime, infatti, laminando maggiormente i deflussi senza raggiungere profondità e velocità di flusso elevate,

potrebbero essere influenzate in minor misura dal processo di erosione e trasporto solido. Le due realtà, componente solida e deflussi superficiali, sono strettamente correlate, tant'è che l'una influenza l'altra, e viceversa. L'azione di scavo, erosione e trasporto e in particolare, per quanto riguarda le modellazioni eseguite con Flo-2d, la modificazione geometrica del terreno, portano di conseguenza a modificare le velocità e le profondità di flusso, andando per esempio a posticipare il picco dell'idrogramma.

Si potrebbe quasi pensare che, date queste considerazioni, nell'area di Duca di Dolle vi sia quindi maggiore erosione e trasporto solido rispetto all'area di Arfanta.

In realtà, nonostante il volume totale in uscita di Duca di Dolle (vedi Tab. 16) sia considerevolmente maggiore di quello riferito all'area di Arfanta (Tab. 20), i volumi di suolo eroso e trasportato oltre la sezione di chiusura sono, per tempi di ritorno pari a 30 e 100 anni, significativamente più elevati per Arfanta. Questo fa comprendere come non siano solamente le alte velocità e profondità di flusso a determinare forti erosioni ma, quanto, una distribuzione maggiore dei deflussi (significativi) nella superficie dell'area terrazzata. Questo porta a considerare maggiormente efficace, nei riguardi della perdita di suolo totale, un sistema terrazzato gestito da un'unica via preferenziale di scorrimento superficiale, magari adeguatamente strutturalmente predisposta, piuttosto che permettere al deflusso una maggiore distribuzione in più (sebbene piccoli) "canali" che si formano occasionalmente per vie di irregolarità e discontinuità morfologiche anche minute.

In quest'ottica, la sistemazione trentina "a traverso" potrebbe essere idonea a contenere fenomeni diffusi di dissesto, purché si presti particolare attenzione alla zona di concentrazione dei deflussi superficiali, la quale potrebbe risultare un ambito comunque critico. La corazzatura dell'impluvio in Duca di Dolle e la creazione di piccole soglie per la diminuzione della velocità di deflusso (inserite nel disegno dei terrazzamenti), potrebbero portare a diminuire fortemente l'intero processo erosivo per tale area, rendendo più efficiente la sistemazione "a traverso" nella gestione delle acque. Tale corazzatura è suggerita dallo stesso Morgan (2005) nel caso di canali con pendenze superiori ai 15°.

È necessario inoltre porre particolare attenzione a quegli elementi che vanno a “rompere” l’ordine spaziale dei terrazzamenti (ad esempio le capezzagne). Tali elementi, infatti, potrebbero diventare assi di scorrimento preferenziale del deflusso, originando profondità e velocità più elevate rispetto alla zona terrazzata contermina e conseguenti fenomeni di scavo ed erosione più accentuati (vedi per esempio le figure 171 e 174). Allorché non fosse possibile “rompere” tale ordine spaziale, sarebbe necessario predisporre un’adeguata rete di drenaggio, unita ad una manutenzione continua delle opere idrauliche. D’altra parte tali elementi di disconnessione, se adeguatamente strutturati, potrebbero giocare un ruolo importante nel regimare in modo migliore i deflussi, dato che rallenterebbero lo scorrimento dell’acqua.

Dati i risultati raggiunti e in riferimento ai volumi di suolo erosi (Tabella n. 22), se le pendenze non sono basse, è dunque necessario approntare un sistema di gestione dei deflussi che possa abbattere fortemente il fenomeno di perdita di suolo. Per piogge con tempi di ritorno considerevoli (soprattutto per Tr30, Tr100 o più), la quantità di suolo eroso totale non è insignificante (vedi Tab. 23 e 24) e, per quanto riguarda i fenomeni di dissesto che si andrebbero a verificare, essi comprometterebbero con il passare del tempo la stabilità dei versanti interessati.

	SEDIMENTO EROSO (m^3/ha)		
	Tr5	Tr30	Tr100
Duca di Dolle	1.94	4.85	7.21
Arfanta	1.05	4.94	9.13

Tabella 23. Metri cubi di sedimento erosi su ettaro di area drenata

	SEDIMENTO EROSO (t/ha)		
	Tr5	Tr30	Tr100
Duca di Dolle	3.17	7.90	11.77
Arfanta	1.72	8.07	14.88

Tabella 24. Tonnellate di sedimento erose su ettaro di area drenata

Osservando la figura 175, relativa alla classificazione del grado di erosione per tonnellate/ettaro/anno, è possibile affermare che i dati riferiti ad eventi con tempo di ritorno di 30 e 100 anni rientrano nella classe di erosione “moderata”, mentre, gli eventi con Tr5 ricadono nella classe inferiore riferita ad un grado di erosione “basso”.

Dato che tale classificazione riguarda erosioni annue, si presume che eventi di tale portata influenzino in realtà molto di più il valore totale annuo di erosione, relativo alle

due aree studio, dato dalla somma di tutti gli eventi precipitazionali accaduti con diversi tempi di ritorno durante tutto il corso dell'anno. Il grado di erosione totale annua è quindi ovviamente maggiore.

Prendendo, invece, come riferimento il valore di erosione massima ammissibile dato dall'OCSE (2001), pari a 6 t/ha/anno, si riscontra come gli eventi con $Tr \geq 30$ (riferiti alle presenti aree studio), siano considerati come superiori a tale soglia e quindi non tollerabili.

Soil Erosion Class	Potential soil loss tonn/ha/year
Insignificant	< 1
Low	1 – 5
Moderate	5 - 20
Severe	20 - 100
Very severe	100-300
Catastrophic	>300

Figura 175. Classificazione del grado di erosione per t/ettaro/anno. Zachar, 1982.

Concludendo, quindi, la sistemazione trentina “a traverso” sembra, in tale studio, essere abbastanza adeguata al contenimento di fenomeni di dissesto idrogeologico e di perdita di suolo per eventi di pioggia con tempi di ritorno di 5 anni.

Tuttavia, per eventi con Tr_{30} , Tr_{100} o superiori, questa tipologia di sistemazione (legata a caratteri stagionali tipici delle due aree studio) non risulta essere idonea nel contenere tali fenomeni di erosione e di perdita di suolo. Si ritiene, comunque, che essa possa essere lo stesso applicata con la clausola di avere in appoggio, per terreni con pendenza significativa, un appropriato sistema di gestione dei deflussi superficiali e sotto-superficiali che limiti la perdita di suolo fertile.

È comunque auspicabile, e necessario, che vengano condotti ulteriori studi su tale sistemazione, in modo da poter confrontare direttamente, su aree con caratteristiche analoghe, l'efficacia nella laminazione degli eventi pluviometrici intensi rispetto alle sistemazioni di tipo tradizionale e per poter comprendere quale sia la tipologia più adatta e versatile a contenere fenomeni di erosione e dissesto. Risulta inoltre essere indispensabile capire e studiare quale sia il ruolo e il peso della componente vegetazionale nel limitare tali fenomeni dannosi.

6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

6.1 Bibliografia

[1] 2009. Disciplinare di produzione dei vini a denominazione di origine controllata e garantita "conegliano valdobbiadene - prosecco". G.U. 173 - 28.07.2009. Modificato con DM 28.07.2014 G.U. 183 - 08.08.2014.

[2] Rapporto annuale 2016, Consorzio tutela del vino Conegliano Valdobbiadene e Centro Interdipartimentale per la Ricerca in Viticoltura ed Enologia – Conegliano (CIRVE).

[3] 2009. D.M. 17 luglio 2009 concernente il riconoscimento della Denominazione di Origine Controllata dei vini “Prosecco”, il riconoscimento della Denominazione di Origine Controllata e Garantita dei vini “Conegliano Valdobbiadene - Prosecco” e il riconoscimento della Denominazione di Origine Controllata e Garantita dei vini “Colli Asolani - Prosecco” o “Asolo -Prosecco” per le rispettive sottozone e l’approvazione dei relativi disciplinari di produzione.

[4] Santoro A. 2013. Pratiche tradizionali ed elementi caratteristici nel paesaggio rurale storico. Relatore Bellarosa R. Dipartimento di scienze e tecnologie per l’agricoltura, le foreste, la natura, e l’energia. Università degli studi della Tuscia di Viterbo. Viterbo.

[5] Dossier di candidatura al Registro Nazionale del paesaggio rurale storico. 2015. Le colline di Conegliano Valdobbiadene: paesaggio del Prosecco Superiore. Responsabile della stesura del dossier Arch. Leopoldo Saccon.

[6] Morando A. e Lavezzaro S.. 2013. Prima di impiantare sistemare il terreno. Rivista Millevigne, n. 4.

[7] Perlotto C. 2014. La funzione idrologica dei terrazzamenti: analisi di due casi di studio nei bacini “Valle Perara” e “Val dei Molini” (Malcesine, VR). Relatore D’Agostino V. Correlatore Michelini T. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali. Università degli studi di Padova. Legnaro.

[8] Lucchetta G. 2016. Sistemazioni collinari coerenti con la gestione del vigneto. In atti Workshop Innovation Tergeo. 140° Istituto Cerletti – Conegliano. 11-13 maggio 2016.

[9] Mazzetto F. 2013. Il 4RM per i pendii terrazzati. VVQ Vigne, Vini & Qualità – Edagricole. 14 febbraio 2013.

[10] Bulgarelli G. 2004 – 2005. Il terrazzamento e la cultura della vite. Conoscere il paesaggio. Sondrio.

[11] 2010. Prof. A. Bondesan, Prof. M. Meneghel, Dr.ssa C. Levorato. ALLEGATO “AA” Schema sintetico delle unità geomorfologiche della provincia di Treviso; allegato del PTCP di Treviso.

[12] 2010. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale approvato con D.G.R. n° 1137 del 23 marzo 2010. Treviso.

[13] 2009. Ambiti di Paesaggio. Atlante ricognitivo. Adottato con D.G.R. n.372 del 17 Febbraio 2009 del PTRC Veneto.

[14] Rovigo V. 2013. Il fiume, le terre, l’immaginario. L’Adige come fenomeno storiografico complesso. Convegno Rovereto. 21-22 febbraio 2013.

[15] PAT – VAS, Rapporto sul quadro conoscitivo – Comune Farra di Soligo. 2008. Studio Veneto progetti.

[16] Servizio Osservatorio Suolo e Bonifiche, Giandon P., Garlato A., Obber S., Ragazzi F., Vinci I. A proposito... di suolo. Editoriale ARPAV. Luglio 2016. Seconda edizione.

[17] Flo-2D, 2009. Flo-2D Basic References Manual. www.flo-2d.com.

[18] Flo-2D, 2009. Flo-2D Data Input Manual. www.flo-2d.com.

[19] 2014. Regolamento Intercomunale di Polizia Rurale per i comuni di Cison di Valmarino Colle Umberto, Conegliano, Farra di Soligo, Follina, Miane, Pieve di Soligo, Refrontolo San Pietro di Feletto, San Vendemiano, Susegana, Tarzo, Valdobbiadene, Vidor, Vittorio Veneto. Ultimo aggiornamento nel 2017.

[20] ISPRA. Agosto 2011. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici. Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. (Versione 1.1). Roma.

[21] Morgan R.P.C., 2005: Mechanical methods of erosion control. Chapter 10, Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Blackwell Publishing, Oxford (UK).

6.2 Sitografia

<http://www.istat.it>. "Agricoltura - Coltivazioni - Superficie e produzione". Data ultima consultazione 17.08.2017

<http://idt.regione.veneto.it/>. "Prodotti cartografici – Fotogrammi aerei". Data ultima consultazione 17.08.2017

<http://laboratoriopermanentepaesaggio.blogspot.it>. Data ultima consultazione 19.08.2017

<http://www.adbve.it/>. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione (PAI-4 bacini) e corrispondenti misure di salvaguardia. Data ultima consultazione 19.08.2017

<http://www.progettoiffi.isprambiente.it>. Portale cartografico online “Progetto IFFI” – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia. ISPRA. Data ultima consultazione 22.08.2017

<http://www.arpa.veneto.it>. Dati ambientali. Data ultima consultazione 25.09.2017

<http://www.arpa.piemonte.gov.it/>. Glossario. Data ultima consultazione 24.08.2017

<http://www.eea.europa.eu/>. AEA – Agenzia Europea dell’Ambiente. Data ultima consultazione 01-09-2017.

Ringraziamenti

Alla mia famiglia...

Perché nulla ho di più caro.

Perché mi siete sempre stati accanto.

Perché avete creduto in me in questo cammino universitario.

A Letizia...

Perché il costruire assieme il presente ci porta sempre di più a vivere insieme il futuro.

Perché mi hai letto, ascoltato, corretto,...voluto bene...