



Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari
Via Leonardo Da Vinci, 44 - 10095 Grugliasco (TO)

Applicazione di una metodologia per la valutazione del rischio e per la scelta delle misure di mitigazione dei fenomeni di trasporto di prodotti fitosanitari e nutrienti ai corpi idrici superficiali attraverso ruscellamento e deriva, in attuazione delle direttive 2009/128/CE (Fitosanitari) e 2000/60/CE (WFD).

MIRIAM

Aldo Ferrero
Francesco Vidotto
Fernando De Palo
Marco Milan

Relazione finale
Dicembre 2015
Revisione Luglio 2016

Sommario

Sottoprogetto 1	5
1.1 Individuazione e caratterizzazione di aree di studio all'interno di un bacino idrografico	5
1.2 Applicazione di un metodo di diagnosi a scala di bacino e di campo	6
Descrizione del metodo diagnostico a livello di bacino e di campo.....	6
Torrente Tiglione	8
DIAGNOSI DI BACINO	8
DIAGNOSI DI CAMPO	8
Fiume Banna.....	10
DIAGNOSI DI BACINO	10
DIAGNOSI DI CAMPO	11
1.3 Elaborazione delle carte del rischio di ruscellamento	12
I sistemi di supporto alle decisioni: I DASHBOARD	12
Classificazione del rischio di ruscellamento:.....	13
Schema decisionale per la valutazione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione	14
Schema decisionale per la valutazione del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo.....	15
Carte del rischio di ruscellamento	17
Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione	19
Torrente Tiglione	20
LIVELLO CARTOGRAFICO: CAMPO	20
LIVELLO CARTOGRAFICO: BACINO	24
Fiume Banna.....	28
LIVELLO CARTOGRAFICO: CAMPO	28
LIVELLO CARTOGRAFICO: BACINO	33
Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo	37
Torrente Tiglione	40
LIVELLO CARTOGRAFICO: CAMPO	40
LIVELLO CARTOGRAFICO: BACINO	43
Fiume Banna.....	47
LIVELLO CARTOGRAFICO: CAMPO	47
LIVELLO CARTOGRAFICO: BACINO	51

1.4 Individuazione delle misure di mitigazione del rischio di ruscellamento	56
Misure di mitigazione del ruscellamento: classificazione delle misure in relazione all'incidenza sul sistema colturale	56
Esempi di applicazione di misure di mitigazione a situazioni reali nei bacini del torrente Tiglione e del fiume Banna.....	62
Torrente Tiglione	62
Esempi di applicazione di misure di mitigazione nel bacino del torrente Tiglione.	63
1. Realizzazione di fasce tampone ripariali erbacee ed arboree ai margini dei campi adiacenti al corso d'acqua.....	63
2. Realizzazione di strutture di dispersione e canali vegetati per la dispersione e l'infiltrazione delle acque di ruscellamento.	66
3. Ripristino della viabilità nelle strade di accesso ai vigneti e realizzazione di inerbimento permanente e strutture di dispersione.	70
4. Adozione di interventi di minima lavorazione e riduzione della crostosità superficiale. ..	73
5. Adozione di inerbimento permanente nell'interfila di vigneti e frutteti.....	76
6. Insediamento e corretta gestione delle aree boschive.	78
Fiume Banna.....	80
Esempi di applicazione di misure di mitigazione nel bacino del fiume Banna.....	81
1. Realizzazione di fasce tampone erbacee ed arboree ai margini dei campi adiacenti al corso d'acqua.	81
2. Realizzazione di canali vegetati permanenti o temporanei.....	83
3. Impiego di colture di copertura.....	85
4. Realizzazione di solchi e aree umide vegetate/bacini di ritenzione per l'intercettazione e l'accumulo delle acque di ruscellamento.	87
5. Realizzazione di barriere protettive all'interno e a bordo campo.....	90
Sottoprogetto 2	93
2.1 Metodologie operative	93
Gestione agronomica degli appezzamenti	94
2.2 Valutazione dell'efficacia mitigatrice della fascia tampone	96
Rilievi e analisi.....	96
Fasce tampone	96
Presenza di molecole erbicide e di loro metaboliti nelle acque di ruscellamento	96
Messa a punto del metodo di estrazione	96
Estrazione di terbutilazina, desetil-terbutilazina e S-metolacloclor dall'acqua ed analisi	96

Andamento termo-pluviometrico	97
Risultati	98
Fasce tampone	98
Resilienza della fascia tampone	100
Volumi di ruscellamento	101
Presenza di molecole erbicide e di loro metaboliti nelle acque di ruscellamento	102
Appendice	106
Gestione delle fasce tampone erbacee	106
Caratteri di multifunzionalità delle fasce tampone arboree e arbustive.....	108
Barriera anti-deriva.....	108
Mitigazione del ruscellamento	108
Rifugio per gli artropodi utili alla difesa delle colture agrarie	108
Funzione frangivento	109
Fitodepurazione.....	109
Produzione di legname	109
SCOPI ORNAMENTALI	110
Bibliografia	114
Indice delle Figure	116
Indice delle Tabelle	118

Sottoprogetto 1

MESSA A PUNTO DI METODI DI DIAGNOSI TERRITORIALE PER LA DETERMINAZIONE DELLA TIPOLOGIA E DEL LIVELLO DI RISCHIO DI RUSCELLAMENTO.

1.1 Individuazione e caratterizzazione di aree di studio all'interno di un bacino idrografico

I siti scelti per lo sviluppo del progetto sono rappresentati da due bacini idrografici ricadenti all'interno della Regione Piemonte: il torrente Tiglione e il fiume Banna. Il primo, che si estende per circa 26 km su una superficie di circa 5500 ha, è compreso tra i comuni di Montegrosso d'Asti e Masio, fino alla confluenza con il Tanaro. Il secondo, che si estende per circa 13.5 km su una superficie di circa 3500 ha, si origina nel territorio comunale di Buttigliera d'Asti e prosegue fino alla zona compresa tra Villanova d'Asti e Santena, per poi confluire nel Po. Occorre specificare che il bacino del fiume Banna oggetto dello studio non rappresenta tutto il bacino idrografico del Banna, bensì solo la parte superiore (alto Banna), minoritaria sia per lunghezza (il basso Banna è lungo circa 54 Km) sia per estensione del bacino, e corrisponde per la precisione al C.I. IT0106SS1T033PI. Tale scelta, dettata in parte dai vincoli di budget del progetto, ha però consentito di esaminare bacini confrontabili per estensione e lunghezza (Tiglione e Banna).

Tra i criteri adottati per la scelta dei bacini oggetto dello studio, oltre alle caratteristiche geomorfologiche e agronomiche delle aree, vi è anche il lavoro di selezione effettuato sui corpi idrici in collaborazione con la Direzione Ambiente, basato sull'analisi di Stato (riferita allo stato ecologico e chimico del triennio 2009-2011 ai sensi della WFD ed ai 4 anni precedenti l'applicazione della WFD, nonché della consistenza del rilevamento di prodotti fitosanitari oltre le soglie di rilevabilità nelle acque nel triennio 2009-2011) nonché sull'analisi delle pressioni prevalenti, con riferimento alla netta predominanza della pressione agricola diffusa rispetto ad altre fonti di pressione (produttive, civili, idromorfologiche, estrattive).

Il bacino del torrente Tiglione è caratterizzato da un mosaico di colture agrarie, quali mais, frumento, vigneti, frutteti, prati e pioppeti, oltre a boschi ed aree incolte. L'orografia dell'area è caratterizzata da una piana alluvionale che si estende lungo il Tiglione, dalla foce fino alla confluenza con il fiume Tanaro e da una zona collinare con pendenze fino al 40%. L'area è stata considerata idonea all'applicazione dei metodi di diagnosi proposti in quanto presenta una varietà di colture, la presenza contemporanea di una zona pianeggiante e di una zona collinare, un potenziale rischio di contaminazione da agrofarmaci da fenomeni di ruscellamento e la disponibilità di informazioni e dati cartografici dell'area.

Il bacino del fiume Banna è costituito da una vasta area pianeggiante che si estende sui due lati del fiume, affluente di destra del fiume Po. Le colture maggiormente diffuse sono il mais ed il prato, destinati per la maggior parte all'alimentazione animale. Le pendenze sono ridotte in tutta l'area, con valori quasi sempre inferiori al 2%. L'area è stata considerata idonea allo studio in quanto, oltre a presentare un potenziale rischio di contaminazione da agrofarmaci da fenomeni di ruscellamento, costituisce un classico esempio di agricoltura intensiva.

1.2 Applicazione di un metodo di diagnosi a scala di bacino e di campo

Descrizione del metodo diagnostico a livello di bacino e di campo

L'applicazione del metodo diagnostico proposto permette di classificare l'intero territorio in termini di rischio di deflusso superficiale, identificando l'entità dei fenomeni di ruscellamento ed erosione, le modalità di trasferimento in funzione della stagione (estiva/invernale), le vie di trasferimento dell'acqua (superficiale, sottosuperficiale, drenaggio), le misure di mitigazione presenti, lo sviluppo e l'efficacia della vegetazione ripariale, le situazioni di rischio e le soluzioni che è possibile adottare per limitare tali rischi. Questa valutazione è direttamente connessa sia con le caratteristiche ambientali del territorio (suolo, corpi idrici, clima e paesaggio) sia con le comuni pratiche agronomiche, ed è mirata a proporre soluzioni, compatibilmente con l'attività aziendale, sul piano della gestione aziendale, della scelta delle modalità di intervento fitoiatrico più adatte e sull'impiego di strutture e misure di mitigazione, al fine di limitare la contaminazione delle acque superficiali da fonti diffuse di prodotti fitosanitari (Blanchard et al., 2000).

L'attività di diagnosi prevede le seguenti azioni: a) raccolta delle informazioni cartografiche relative ai suoli e ai corpi idrici dell'area in studio; b) elaborazione dei dati mediante impiego di software GIS; c) elaborazione di mappe del rischio di ruscellamento; d) individuazione di siti di riferimento nei quali verificare la correttezza delle elaborazioni cartografiche attraverso sopralluoghi in campo.

a) Raccolta delle informazioni cartografiche

La prima azione prevista dal metodo è la raccolta delle informazioni e del materiale cartografico, relative all'area in studio, necessarie per l'applicazione del modello decisionale. Nei due casi sono state prese in considerazione le seguenti carte:

- Carta dei suoli e carta delle unità litologiche
- Carta Tecnica Regionale
- Ortofotocarta
- Carta della rete idrografica
- Carta d'uso dei suoli
- Carta delle pendenze (DTM – Digital Terrain Model)
- Caratteristiche idrologiche del suolo (Capacità idrica di campo/Classe di drenaggio)
- Dati sul rischio di formazione di crosta superficiale, sui caratteri di idromorfia e sulla permeabilità superficiale e sotto-superficiale.

b) Elaborazione dei dati mediante software GIS

Al fine di visualizzare e analizzare le informazioni derivanti dai dati geografici geo-referenziati, è necessario l'impiego di un software GIS. Nel caso del presente studio sono stati impiegati esclusivamente software di tipo "open source" (Quantum GIS e GRASS). Questa scelta è stata dettata dalla volontà di operare con strumenti facilmente accessibili e che non richiedano specifici investimenti economici.

c) Elaborazione delle carte del rischio di ruscellamento

Le carte del rischio di ruscellamento, ottenute seguendo le indicazioni proposte nei modelli di diagnosi, si basano sull'applicazione di sistemi decisionali, in cui vengono considerati i principali fattori che intervengono nel fenomeno del ruscellamento: distanza dal corpo idrico da proteggere, caratteri di idromorfia del suolo, formazione di crostosità superficiale valutata sulla base della tessitura del suolo, pietrosità del suolo, pendenza, capacità di ritenzione idrica del suolo e impermeabilità del substrato geologico.

La pendenza, la crostosità e l'impermeabilità sotto-superficiale sono i fattori che maggiormente intervengono nei fenomeni di ruscellamento ed erosione.

d) Scelta dei siti di studio e sopralluoghi in campo

Al fine di valutare la presenza e l'efficacia delle aree di rispetto nella zona ripariale e nella zona collinare, e di verificare l'accuratezza delle mappe del rischio di ruscellamento, si è reso necessario identificare delle aree rappresentative all'interno dei bacini, in cui effettuare dei sopralluoghi per valutare, in condizioni reali di campo, l'entità dei flussi di acqua mediante analisi del paesaggio e carotaggi del suolo, ed evidenziare i punti critici che maggiormente influiscono sui fenomeni di ruscellamento ed erosione.

La verifica in campo si è basata essenzialmente sull'osservazione di tutti gli elementi del paesaggio che intervengono nei fenomeni di ruscellamento dell'acqua dai campi coltivati ai corpi idrici (fossi e canali, sistemazioni adottate, orientamento dei filari, barriere naturali e artificiali, vegetazione ripariale, ecc...), e sull'accertamento di alcune caratteristiche idrologiche dei suoli, mediante carotaggi del suolo fino a profondità di 1m. La fase di verifica in campo si è resa essenziale per l'esito dello studio, sia perché fornisce un riscontro delle effettive condizioni del territorio esaminato dal punto di vista del rischio di ruscellamento ed erosione, sia perché consente di sviluppare eventuali modifiche al sistema decisionale, adattandolo alle condizioni locali. Il rilevamento degli elementi critici e delle tracce di ruscellamento ed erosione osservati durante le visite in campo (deposito di sedimenti, frane) rappresenta un ulteriore aspetto utile per la caratterizzazione dell'entità del rischio di ruscellamento verso i corpi idrici.

Torrente Tiglione

DIAGNOSI DI BACINO

Il corso del torrente Tiglione si sviluppa in lunghezza, occupando una valle poco ampia caratterizzata da depositi alluvionali (Figura 1). I suoli hanno tessitura franca, franco-sabbiosa o franco-limosa, pietrosità assente e drenaggio medio-basso. L'area pianeggiante adiacente il torrente si sviluppa in lunghezza seguendo il corso d'acqua, con una larghezza variabile da circa 300 m a 700 m ed una pendenza sempre inferiore all'1%. Nella zona collinare la pendenza aumenta rapidamente, raggiungendo valori fino al 40%.

□

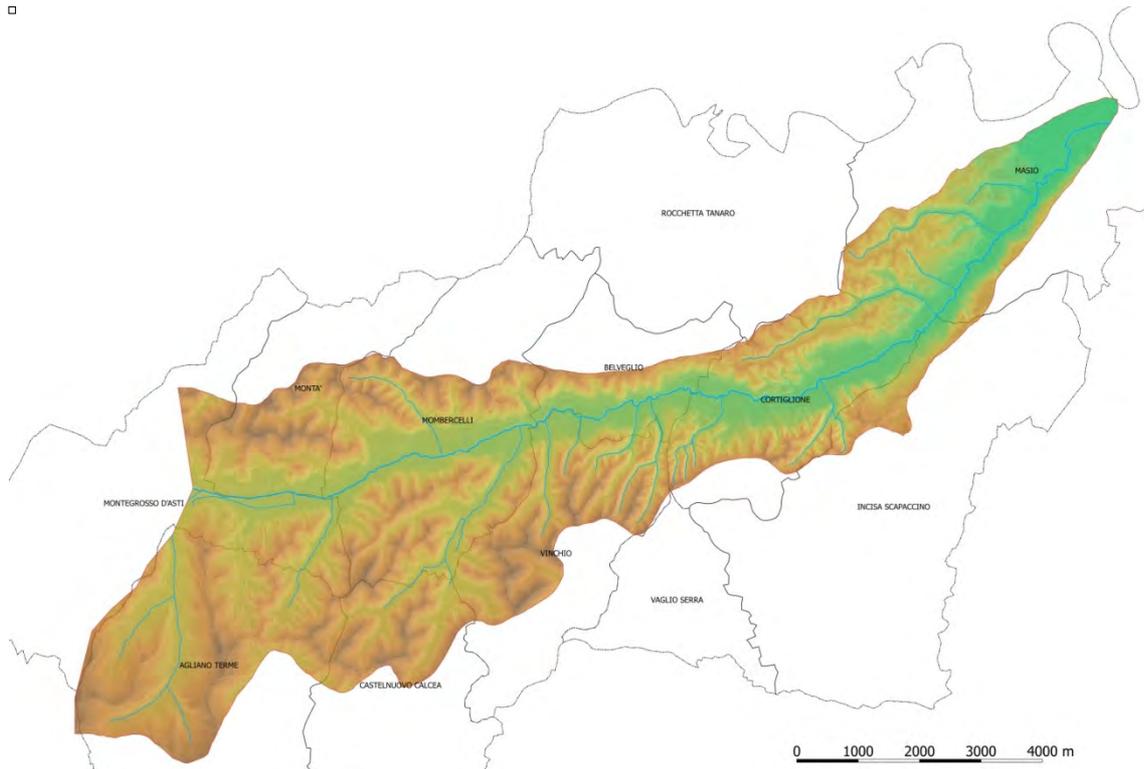


Figura 1: Bacino idrografico del torrente Tiglione.

DIAGNOSI DI CAMPO

La diagnosi di campo è stata eseguita su un tratto rappresentativo del torrente Tiglione durante la stagione estiva e durante il periodo invernale. Questo ha permesso di identificare e valutare l'entità dei fattori che influiscono direttamente ed indirettamente sul rischio di trasferimento dei contaminanti alle acque mediante ruscellamento.

Il torrente Tiglione ha una larghezza variabile da circa 5 metri a oltre 15 metri e presenta numerose anse. La profondità raggiunge valori di circa 10 metri. Contiene acqua durante tutto l'anno ed è soggetto a frequenti piene soprattutto durante le piogge abbondanti.

La vegetazione ripariale, presente solo in alcuni tratti del torrente, è costituita essenzialmente da rovo, salice, pioppo e robinia presenti come singoli individui o in piccoli gruppi, anche all'interno dell'alveo del corso d'acqua. In misura minore sono presenti anche sambuco, quercia, ciliegio e noce. Si può stimare che circa la metà delle aree adiacenti al corso d'acqua non presenti una vera e propria vegetazione ripariale, rappresentando un punto critico nella mitigazione del rischio di

trasferimento di contaminanti ai corpi idrici. Quando presenti, le fasce tampone ripariali non sono sempre in grado di offrire una protezione adeguata dal rischio di ruscellamento, essendo costituite in gran parte da sottili strisce di arbusti e individui arborei isolati tra loro. Solo in pochi tratti è presente una fascia tampone erbacea naturale in grado di limitare abbastanza efficacemente il rischio di ruscellamento.

In molti casi sono presenti frane più o meno estese (da 1 a 7m di profondità e da 5 a 15m di lunghezza) e segni di scarsa stabilità delle sponde, causate oltre che dall'assenza di vegetazione ripariale, anche dall'eccessiva vicinanza dell'area coltivata alla sponda del corso d'acqua. La vegetazione ripariale è stata in molti tratti eliminata allo scopo di aumentare la superficie agricola utilizzabile. Si nota inoltre la tendenza di tutti gli agricoltori a lavorare il terreno fino in prossimità della sponda del torrente Tiglione e dei suoi canali affluenti.

Le colture predominanti nel bacino sono essenzialmente mais, nocciolo e cereali vernini nelle aree pianeggianti, mentre nelle aree collinari predominano vigneti e aree boscate. La conformazione degli appezzamenti, lunghi e stretti, induce spesso gli agricoltori ad eseguire lavorazioni e semine a rittochino, facilitando in questo modo i flussi di ruscellamento concentrato verso il torrente, soprattutto con colture estive.

I noccioli, allevati in gran parte in campi adiacenti al torrente, sono spesso gestiti con diserbo chimico del sottofila. L'assenza di una copertura vegetale nel sottofila e la mancanza di adeguate fasce tampone rende molto elevato il rischio di ruscellamento. Questo rischio è accentuato dal fatto che i corileti confinano direttamente con il corso d'acqua e, in molti casi, non è presente alcuna vegetazione ripariale. Nei vigneti la gestione dell'interfila avviene in genere con l'inerbimento spontaneo associato al controllo meccanico, solo in alcuni casi si ricorre al diserbo chimico. In alcune aree si segnala la difficoltà di sviluppo di vegetazione spontanea, probabilmente a causa dell'elevata presenza di sabbia. Le aree boscate, ove presenti, sono in grado di trattenere in modo molto efficace il ruscellamento proveniente dai campi posti a monte di essi.

Il suolo ha tessitura franca e franco-limoso ed è spesso soggetto a fenomeni di crostosità superficiale per l'elevata presenza di limo. In diversi casi si evidenziano segni di idromorfia fino a oltre 80cm di profondità.

Osservando gli appezzamenti durante la stagione invernale si rileva la generale tendenza di lasciare il suolo nudo durante l'assenza della coltura, eseguendo arature primaverili anche profonde (fino a 50-60cm).

Si riscontrano anche numerosi canali, disposti nel senso della pendenza, che convogliano l'acqua direttamente nel corso d'acqua, rappresentando delle vie preferenziali per il trasferimento di contaminanti alle acque di superficie.

Nelle aree declivi si osservano spesso delle profonde incisioni del suolo (erosione a solchi) con deposito di elevate quantità di sedimenti nei campi e sulle strade poste a valle. Questo fenomeno interessa sia l'interfila sia le aree di accesso ai campi. Le amministrazioni comunali, consapevoli del potenziale rischio di frane durante le piogge, hanno provveduto alla costruzione di strutture di contenimento sui bordi delle strade maggiormente soggette a tale rischio.

Fiume Banna

DIAGNOSI DI BACINO

Il bacino del fiume Banna, costituito da depositi alluvionali nelle aree di pianura e di fondovalle, è caratterizzato da una limitata pendenza e da una debole incisione del reticolato idrografico (Figura 2). La pendenza è abbastanza omogenea in tutto il bacino, con valori medi compresi tra 0 e 5% e pendenza massima, in pochi casi, del 15%. I suoli hanno tessitura franca e franco-limosa, scheletro assente e drenaggio medio-basso.

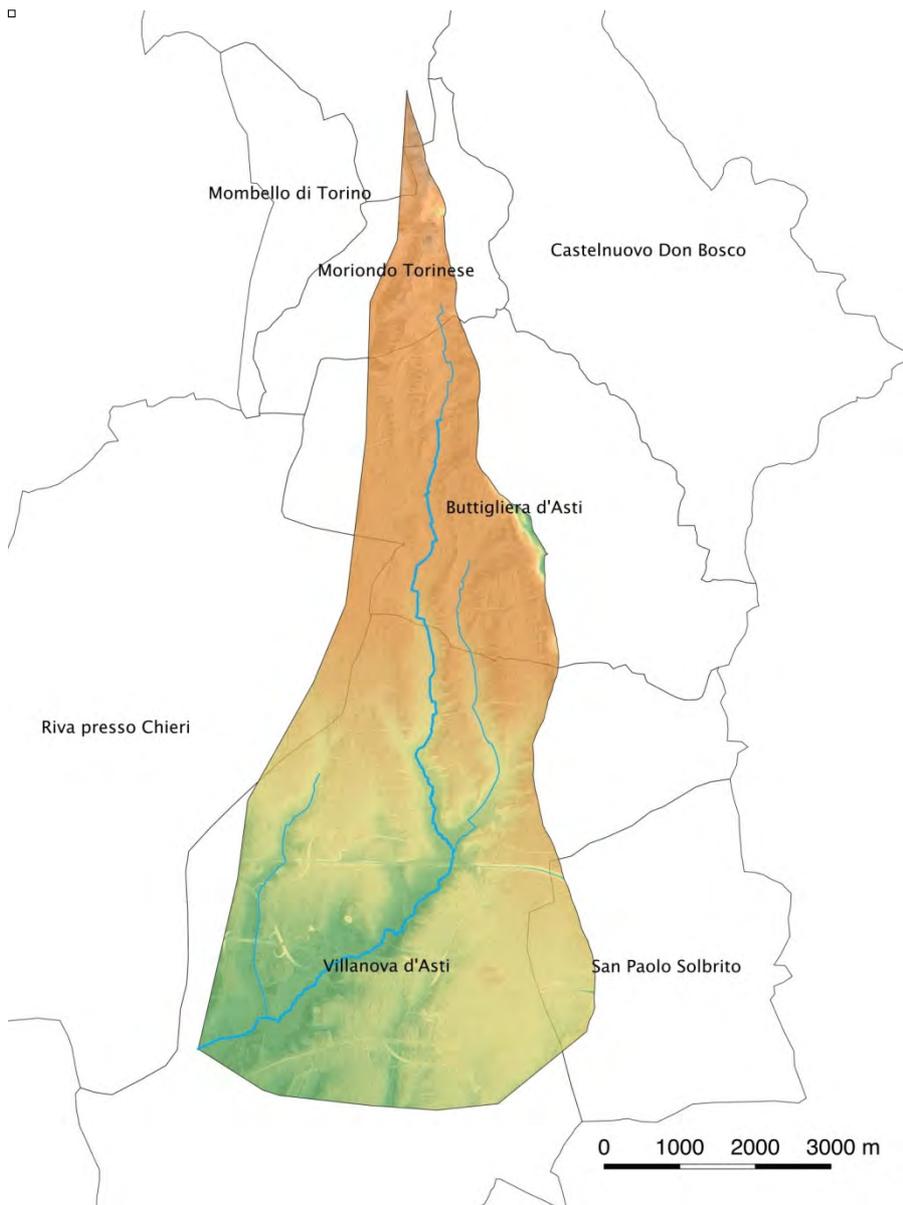


Figura 2: Bacino idrografico del fiume Banna.

DIAGNOSI DI CAMPO

La diagnosi di campo è stata eseguita su un tratto rappresentativo del fiume Banna durante la stagione estiva e nel periodo invernale. È stato in tal modo possibile identificare e valutare l'entità dei fattori che influiscono direttamente ed indirettamente sul rischio di ruscellamento delle acque. Il fiume Banna ha una larghezza variabile da circa 1 metro a monte a circa 10 metri a valle, con una profondità variabile che raggiunge circa i 5 metri. Contiene acqua durante tutto l'anno, in particolare nel tratto più a valle dove raccoglie elevate quantità di acqua. Nel tratto a monte, in prossimità della sorgente, il fiume è paragonabile ad un piccolo canale con larghezza inferiore ad 1 metro ed è spesso soggetto ad esondazioni durante le piogge abbondanti.

La vegetazione ripariale risulta assente nella maggior parte degli appezzamenti adiacenti il corso d'acqua, spesso estirpata dagli agricoltori per aumentare la superficie agricola utilizzabile. Ove presente, la vegetazione ripariale è costituita principalmente da rovo e robinia, ed in misura minore da corniolo, sambuco e olmo, in gran parte presenti come singoli individui o piccoli gruppi. La maggior parte della vegetazione ripariale arborea ed arbustiva è localizzata in prossimità del bordo del fiume, con alcuni individui all'interno dell'alveo. In nessun tratto dell'area ripariale è presente una vegetazione erbacea a protezione del fiume Banna. Nell'alveo del fiume si segnala la presenza, in alcuni tratti, di specie macrofite anche molto sviluppate.

Si può stimare che oltre l'80% delle aree adiacenti al corso d'acqua non presenta una vera e propria vegetazione ripariale, rappresentando un punto critico nella mitigazione del rischio di trasferimento di contaminanti ai corpi idrici. Quando presente, la vegetazione ripariale non è comunque in grado di offrire una protezione adeguata dal rischio di ruscellamento.

Le sponde del fiume sono abbastanza stabili e non evidenziano segni di frane o cedimenti. Si evidenzia la presenza diffusa di solchi, posti perpendicolarmente alla pendenza, per l'allontanamento delle acque in eccesso, le quali vengono convogliate direttamente nel fiume.

Il bacino del fiume Banna risulta piuttosto pianeggiante, posizionandosi in corrispondenza del corso d'acqua è possibile vedere la delimitazione del bacino stesso.

Le colture maggiormente diffuse sono mais e prato polifita, oltre ad una minima parte di cereali autunno-vernini.

Il suolo ha tessitura franco o franco-limoso ed è soggetto a fenomeni di crostosità superficiale, soprattutto in suoli privi di vegetazione.

Si osserva la tendenza ad eseguire lavorazioni del suolo fino in prossimità delle sponde del fiume, con distanze medie di circa 1 m; questo aspetto rappresenta una criticità soprattutto nei casi in cui la distanza è inferiore a 1 m.

1.3 Elaborazione delle carte del rischio di ruscellamento

Le carte del rischio di ruscellamento si basano sull'applicazione di schemi decisionali in cui vengono considerati i principali fattori che intervengono nel fenomeno del ruscellamento: distanza dal corpo idrico da proteggere, caratteri di idromorfia del suolo, formazione di crostosità superficiale valutata sulla base della tessitura del suolo, pietrosità del suolo, pendenza, capacità di ritenzione idrica del suolo e impermeabilità degli strati sotto-superficiali del suolo.

Elaborando le informazioni raccolte mediante l'utilizzo di questi schemi decisionali è possibile produrre due differenti carte del rischio di ruscellamento: la carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione e la carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo.

I sistemi di supporto alle decisioni: I DASHBOARD

Per guidare il processo di diagnosi del rischio di ruscellamento e facilitare la scelta delle soluzioni più adatte alla riduzione del rischio, nell'ambito del progetto europeo TOPPS-Prowadis sono stati sviluppati strumenti di supporto alle decisioni (schemi decisionali) che consentono di individuare diverse classi di rischio di ruscellamento. Queste sono identificate da una specifica scala colorimetrica: rischio molto basso o trascurabile (verde), rischio basso (grigio), rischio medio (arancione) e rischio alto (rosso). Ad ogni categoria sono associati dei suggerimenti di misure da applicare per la mitigazione del rischio, selezionate in funzione dei diversi fattori considerati negli schemi decisionali. L'insieme di queste misure costituisce le Buone Pratiche Agricole per la mitigazione del rischio di ruscellamento in un determinato contesto.

L'applicazione di questi schemi decisionali presuppone l'applicazione di misure di mitigazione di base ovunque vengano impiegati prodotti fitosanitari per la difesa delle colture. Tra queste, sono da ricordare: l'adozione di pratiche atte a evitare il compattamento del terreno e ad incrementare il contenuto di sostanza organica del suolo, l'adozione delle rotazioni colturali, la realizzazione di fasce tampone ripariali, l'utilizzazione di prodotti fitosanitari adeguati, la riduzione delle dosi di impiego, l'ottimizzazione del calendario di applicazione e di tempi e volumi di irrigazione, l'impiego di tecnologie di irrigazione che permettono un basso consumo idrico.

Gli schemi decisionali proposti da TOPPS-Prowadis si riferiscono alla valutazione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione e a quello del rischio di ruscellamento per saturazione. Per definire correttamente il rischio di ruscellamento occorre sempre utilizzare entrambi gli schemi.

Classificazione del rischio di ruscellamento:

RISCHIO ALTO
RISCHIO MEDIO
RISCHIO BASSO
RISCHIO MOLTO BASSO

- Molto basso** Le caratteristiche del suolo e le pratiche agronomiche adottate garantiscono un efficace contenimento del ruscellamento superficiale. Sono suggerite misure di mitigazione naturali o artificiali. Eventi piovosi rappresentativi per l'area geografica non costituiscono in generale un pericolo per il trasferimento di prodotti fitosanitari e altri contaminanti alle acque superficiali. Adottare misure di base per la mitigazione del rischio di ruscellamento.
- Basso** Le caratteristiche del suolo e la morfologia del paesaggio garantiscono un buon contenimento del ruscellamento superficiale. Durante gli eventi piovosi più intensi si possono riscontrare fenomeni di ruscellamento poco accentuato, con basso rischio di trasferimento delle acque di ruscellamento all'esterno del campo. Adottare misure di mitigazione nelle zone in cui si origina il ruscellamento.
- Medio** Il suolo ha una permeabilità media o bassa, con presenza di crosta superficiale o strati impermeabili sottosuperficiali. Le misure di mitigazione presenti non sono in grado di contenere efficacemente il ruscellamento, provocando in alcuni casi incisioni superficiali lungo le linee di impluvio e trasferimento delle acque all'esterno del campo. Adottare misure di mitigazione nelle zone in cui si origina il ruscellamento.
- Alto** La tessitura e gli strati impermeabili del suolo non consentono una buona infiltrazione dell'acqua con conseguente ristagno superficiale. Sono presenti evidenti segni di ruscellamento concentrato all'interno dei campi e accumulo di sedimenti a valle con notevole perdita di suolo per erosione, anche per effetto della pendenza. Adottare misure di mitigazione nelle zone in cui si origina il ruscellamento ed evitare il trasferimento di acqua ai campi posti a valle.

Schema decisionale per la valutazione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione

Questo schema richiede informazioni relative alla vicinanza al corpo idrico, alla permeabilità del suolo e alla pendenza (Figura 3).

Vicinanza al corpo idrico	Permeabilità del suolo	Pendenza	Classe di rischio		
Campo adiacente al corpo idrico	BASSA	ALTA (>5%)	Alto		
		MEDIA (2-5%)	Alto		
		BASSA (<2%)	Medio		
	MEDIA	ALTA (>5%)	Alto		
		MEDIA (2-5%)	Medio		
		BASSA (<2%)	Basso		
	ALTA	ALTA (>5%)	Medio		
		MEDIA (2-5%)	Basso		
		BASSA (<2%)	Molto basso		
Campo non adiacente al corpo idrico	Trasferi- mento verso i campi a valle	SI	Il ruscella- mento raggiunge i corpi idrici?	SI	Alto
			NO	Molto basso	
			NO	Molto basso	

Figura 3: Schema decisionale per la valutazione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione.

L'informazione relativa alla vicinanza al corpo idrico è utile per stimare, nel caso in cui il campo non sia adiacente a un corpo idrico, se l'eventuale ruscellamento è in grado, o meno, di raggiungere i campi posti a valle ed eventualmente i corpi idrici (ad esempio per la presenza di scoline che collegano direttamente il campo con un corso d'acqua). Se il campo è adiacente, per la valutazione del rischio occorre considerare anche la permeabilità del suolo e la pendenza.

La permeabilità del suolo influisce direttamente sulla capacità del suolo di far infiltrare l'acqua e per questo motivo è necessario determinare il livello di permeabilità dei primi 60-80 cm di suolo, secondo le tre classi proposte:

- Permeabilità bassa: suoli crostosi, oppure argillosi o con tessitura franca (>30% argilla, <30% sabbia), oppure suoli contenenti argille espandibili (>25% argilla).
- Permeabilità media: suoli non crostosi e con altri tipi di tessiture.
- Permeabilità alta: suoli non crostosi con tessitura sabbiosa e franco sabbiosa (<20% argilla, >65% sabbia), suoli franchi e suoli limosi (sabbia + limo >65%) con buona struttura ed alto contenuto di sostanza organica (>3%), suoli contenenti argille non espandibili (<25% argilla).

La pendenza del versante agisce in modo determinate sull'entità del ruscellamento, in quanto al crescere della pendenza corrisponde un aumento della velocità del flusso d'acqua superficiale e quindi una minore infiltrazione nel suolo. Si considerano tre livelli di pendenza: alta (>5%), media (2-5%) e bassa (<2%).

Schema decisionale per la valutazione del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo
 Questo schema richiede informazioni relative alla vicinanza al corpo idrico, ai sistemi di drenaggio artificiale, alla posizione topografica, agli strati impermeabili e alla capacità di ritenzione idrica del suolo (WHC) (Figura 4).

Vicinanza al corpo idrico	Drenaggio	Posizione topografica	Strati impermeabili	WHC	Classe di rischio	
Campo adiacente al corpo idrico	Assenza di drenaggio artificiale	Fondo valle	Suola aratura + interruzione permeabilità	Tutti i valori	Alto	
			Suola aratura o interruzione permeabilità	<120 mm	Alto	
				>120 mm	Medio	
		Assenti	<120 mm	Medio		
			>120 mm	Basso		
		Pendio	Suola aratura + interruzione permeabilità	Tutti i valori	Alto	
	Suola aratura o interruzione permeabilità		<120 mm	Medio		
			>120 mm	Basso		
	Assenti		<120 mm	Basso		
			>120 mm	Molto basso		
	Drenaggio artificiale		Tutte le posizioni	Suola aratura + interruzione permeabilità	Tutti i valori	Medio
		Suola aratura o interruzione permeabilità		<120 mm	Medio	
>120 mm				Basso		
Assenti		<120 mm	Basso			
		>120 mm	Molto basso			
Campo non adiacente al corpo idrico		Tutti i suoli	Trasporto verso i campi a valle	SI	Il ruscellamento raggiunge i corpi idrici?	SI
	NO				Molto basso	
	NO			Molto basso		

Figura 4: Schema decisionale per la valutazione del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo.

L'informazione relativa alla vicinanza al corpo idrico è utile per stimare, nel caso in cui il campo non sia adiacente a un corpo idrico, se l'eventuale ruscellamento è in grado, o meno, di raggiungere i campi posti a valle ed eventualmente i corpi idrici (ad esempio per la presenza di scoline che collegano direttamente il campo con un corso d'acqua). Se il campo è adiacente, per la valutazione del rischio occorre considerare anche la permeabilità del suolo e la pendenza.

La presenza di sistemi di drenaggio artificiale permette di considerare eventuali fenomeni di ruscellamento sotto-superficiale.

La posizione topografica identifica la posizione dei campi rispetto al versante, classificandoli in campi posti a fondo valle e campi posti lungo il pendio.

La permeabilità del suolo influisce direttamente sulla capacità del suolo di far infiltrare l'acqua e per questo motivo è necessario determinare la presenza di strati impermeabili sottosuperficiali nei primi 100 cm di suolo, secondo le tre classi proposte:

- Assenti: assenza di strati impermeabili che impediscono la percolazione dell'acqua.
- Suola aratura o altro: presenza di suola di aratura o di altro strato impermeabile.
- Suola di aratura e altro: presenza contemporanea di suola di aratura e altro strato impermeabile.

L'indicazione sulla capacità di ritenzione idrica del suolo consente di stimare la capacità del suolo di trattenere acqua, sottraendola in tal modo al flusso di ruscellamento. Questa costante idrologica del suolo può essere stimata in campo a partire dalla tessitura.

Carte del rischio di ruscellamento

Lo sviluppo delle due carte del rischio di ruscellamento avviene mediante l'elaborazione dei dati cartografici con l'impiego di software GIS. I dati di base che sono stati impiegati per la realizzazione di queste due carte sono riportati in Tabella 1. A partire da questi dati cartografici sono state derivate le informazioni necessarie per l'applicazione degli schemi decisionali per la determinazione del rischio di ruscellamento.

Tabella 1: Elenco dei dati cartografici impiegati per la creazione delle carte del rischio di ruscellamento.

Cartografia/dati	Scala	Proprietario del dato	Fonte
DTM – Digital Terrain Model passo 5m	1:50.000	Regione Piemonte	http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalservice_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA_TO%3A5fumo_Europa_WM_2014-10-22-10%3A30
DTM – Digital Terrain Model passo 10m	1:50.000	Regione Piemonte	http://www.regione.piemonte.it/geoscaweb/index.php?pgs2=0&pgs3=DTM10&pgs4=DTM10_f&pgs5=.zip&pgs6=%20DTM%20(passo%2010%20m)%20-%20Modello%20altezze%20filtrato%20(fogli%2050.000)&pgs8=50
CTR – Carta Tecnica Regionale	1:10.000	Regione Piemonte	http://www.regione.piemonte.it/geoscaweb/index.php?pgs2=0&pgs3=CTR&pgs4=CTR_s&pgs5=.zip&pgs6=CTR%201:10.000%20(sezioni%2010.000)
Carta dei suoli	1:50.000	Regione Piemonte	http://www.regione.piemonte.it/agri/area_tecnico_scientifica/suoli/dati.htm
Carta dei suoli	1:250.000	Regione Piemonte	http://www.regione.piemonte.it/agri/area_tecnico_scientifica/suoli/dati.htm
Confini amministrativi anno 2014		ISTAT	http://www.istat.it/it/archivio/124086
Stato ecologico e chimico bacini Piemonte	?	Regione Piemonte	Elaborazioni IPLA
Carta della permeabilità (conducibilità idraulica satura)	1:50.000	Regione Piemonte	Elaborazioni IPLA
Ortofotocarta - WMS		Regione Piemonte	crs=EPSG:32632&dpiMode=7&featureCount=10&format=image/jpeg&layers=OrtofotoRegione2010&styles=&url=http://geomap.reteunitaria.piemonte.it/ws/taims/rp-01/taimsortoregp/wms_ortoregp2010
Reticolo idrografico regionale – Elementi idrici	1:10.000	Regione Piemonte	http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalservice_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA_TO%3A01.01.01-D_2011-06-16-16%3A34&title=Arpa%20Piemonte%20-%20Reticolo%20idrografico%20regionale%20-%20DB%20Prior%2010K%20-%20Elementi%20idrici%20(intranet%20arpa)
Unità litologiche	1:100.000	Regione Piemonte	http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalservice_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA_TO%3A07.02.06-D_2011-06-27%3A15%3A23
Profili pedologici del "Sistema informativo Pedologico" dell'IPLA		Regione Piemonte - IPLA	http://www.sistemapiemonte.it/cms/privati/agricoltura/servizi/383-carta-dei-suoli-1-50-000

Nell'ambito di questo progetto sono state sviluppate due tipologie di carte: una relativa all'intero bacino idrografico ed una relativa ad un'area di studio rappresentativa dell'intero bacino.

Le carte del rischio di ruscellamento relative ai due bacini idrografici considerati sono state sviluppate utilizzando esclusivamente le informazioni disponibili a livello cartografico e loro elaborazioni. Questa procedura permette di valutare a tavolino, senza la necessità di rilievi in campo, il rischio di ruscellamento di aree molto estese. Appare chiara la necessità di disporre di dati informatizzati relativi a profili pedologici e osservazioni fatte in campo in studi precedenti.

Le carte del rischio di ruscellamento relative alle due aree in studio sono state create utilizzando, oltre ai dati cartografici informatizzati, anche informazioni rilevate in campo con rilievi diretti, volti a valutare i fattori, quali permeabilità, crostosità, presenza di ruscellamento concentrato, che influiscono in maniera determinante sul ruscellamento. Per questo studio è stata selezionata un'area rappresentativa per ciascun bacino, includendo all'interno dell'area un tratto del corpo idrico principale.

Questo approccio ha consentito di confrontare le due modalità di determinazione del rischio, a livello di bacino e a livello di campo, allo scopo di valutare l'attendibilità del rischio calcolato con i soli dati cartografici rispetto alla valutazione diretta in campo.

Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione

La carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione viene generata impiegando i dati di vicinanza del campo al corpo idrico, pendenza e permeabilità superficiale del suolo.

VICINANZA DEL CAMPO AL CORPO IDRICO

Questo aspetto viene considerato allo scopo di differenziare il rischio in base alla posizione del campo rispetto al corpo idrico da salvaguardare. Maggiore è la vicinanza del campo coltivato al corpo idrico e maggiore sarà il rischio di trasporto di sostanze contaminanti alle acque.

In questo contesto si è scelto di considerare tutta l'area come adiacente al corpo idrico. Questa scelta è essenzialmente legata all'impossibilità sia di reperire una cartografia sufficientemente dettagliata degli appezzamenti confinanti con il corso d'acqua, sia di definire correttamente, per grandi superfici, l'entità del trasferimento di contaminanti dal singolo appezzamento fino al corso d'acqua. Rispetto alle condizioni reali viene pertanto ipotizzata una condizione di rischio mediamente superiore, ma con il vantaggio di consentire una relativamente rapida elaborazione.

PENDENZA

Per l'applicazione degli schemi decisionali è necessario differenziare le aree a pendenza ridotta (<2%), quelle a pendenza media (tra 2% e 5%) e quelle a pendenza elevata (>5%). La carta delle pendenze si ottiene a partire dai dati di quota della DTM.

PERMEABILITA' SUPERFICIALE DEL SUOLO

Per stimare la permeabilità superficiale del suolo si ricorre al calcolo dell'indice di crostosità R, o "*indice de battance*", come proposto da Rémy e Marin-Lafèche (1974). Questo indice utilizza le informazioni di tessitura del suolo (% di limo fine, limo grossolano e argilla) e di contenuto di sostanza organica (%) per stimare la capacità del suolo di formare crosta superficiale (Tabella 2).

$$R = \frac{(1.5 \times \text{limo fine } \%) + (0.75 \times \text{limo grossolano } \%)}{\text{argilla } \% + (10 \times \text{sost. organica } \%)}$$

Tabella 2: Stima della permeabilità superficiale del suolo a partire dall'indice di crostosità R.

Indice di crostosità R	Rischio di formazione crosta superficiale	Permeabilità superficiale
< 1.2	Basso	Alta
1.2-1.6	Medio	Media
> 1.6	Alto	Bassa

Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione

LIVELLO CARTOGRAFICO: CAMPO

Nel caso della valle Tiglione è stata selezionata un'area di circa 76 ha, adiacente ad un tratto lungo circa 3 km del torrente (Figura 7), in cui eseguire una dettagliata diagnosi di campo. La selezione di quest'area è stata condotta sulla base della facilità di accesso ai campi e alle aree ripariali, sulla rappresentatività dell'area in termini di colture, tessitura, morfologia del suolo e gestione del suolo, sulla disponibilità di informazioni fornite dagli agricoltori e sull'interesse mostrato dagli amministratori locali circa il problema del ruscellamento e dell'erosione. A questo livello cartografico risulta fondamentale la corretta valutazione della permeabilità superficiale in campo, stimata in termini di capacità del suolo di creare crosta superficiale.

PERMEABILITA' SUPERFICIALE DEL SUOLO

Il calcolo del valore di R (indice di crostosità superficiale) evidenzia una permeabilità superficiale bassa in tutti i campi considerati (tutti ricadenti nella medesima unità cartografica). Dalla carta dei suoli si evidenzia inoltre un elevato contenuto di limo (circa 40%) nello strato superficiale. Ne deriva quindi un elevato rischio di formazione di crosta superficiale in tutti i campi considerati. Il risultato è confermato dai rilievi in campo, che evidenziano la presenza di crostosità nella maggior parte degli appezzamenti (Figura 5).

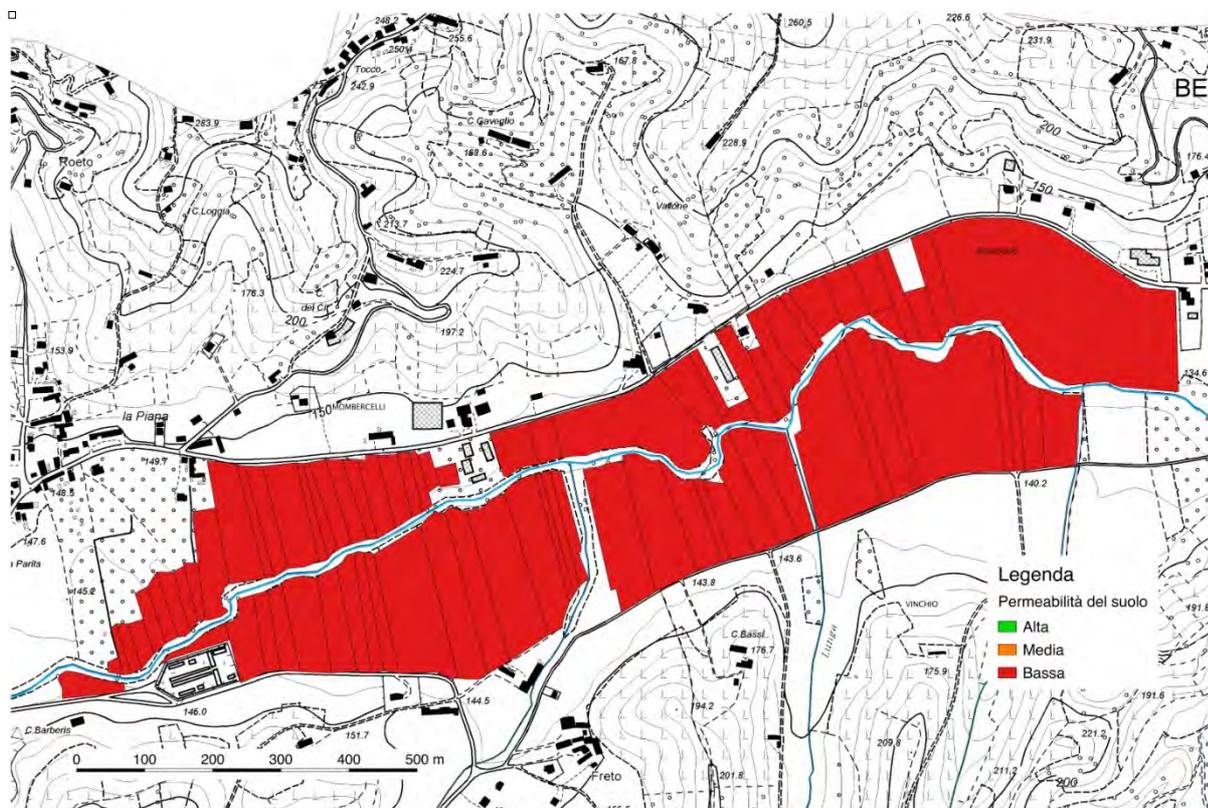


Figura 5: Carta della permeabilità del suolo – Livello di campo.

PENDENZA

Il valore della pendenza media di ogni campo, derivata a partire dalla DTM con risoluzione 5m, è calcolata come media dei valori all'interno di ciascun campo (Figura 6). Analizzando la carta delle pendenze si rileva una disomogeneità della pendenza all'interno dei campi adiacenti al Tiglione. In questi campi si osserva una zona depressa con pendenza moderata (pendenza di circa 4-5%) situata in prossimità del corso d'acqua, ed una zona più estesa con pendenza molto moderata (pendenza <1%) situata a monte. Il motivo è da ricercarsi nell'azione erosiva dell'acqua sulle sponde e nella striscia di terreno prossima al corpo idrico, in particolare durante gli eventi di piena. Nella stagione primaverile-estiva si registrano infatti, durante piogge abbondanti, numerose esondazioni in diversi punti del corso d'acqua. Un ulteriore fattore che incide negativamente sulla stabilità delle sponde è rappresentato dall'assenza di un'adeguata vegetazione ripariale arborea ed arbustiva in numerosi tratti del torrente, causa di frane diffuse anche di notevole entità.

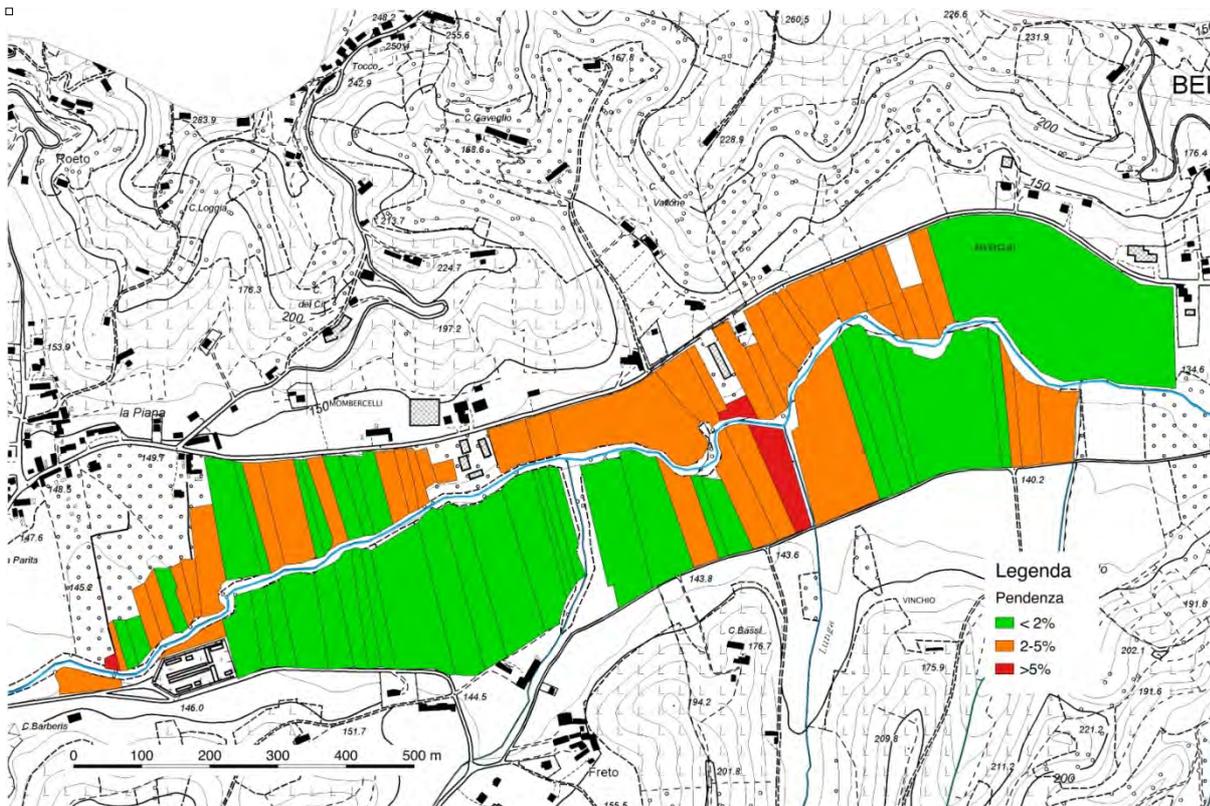


Figura 6: Carta della pendenza – Livello di campo.

INCIDENZA DEL RISCHIO

Utilizzando gli strumenti di calcolo del software GIS è stata calcolata la superficie interessata da ciascuna tipologia di rischio (Tabella 3). Circa il 60% della superficie presenta un valore di rischio di ruscellamento medio, mentre la restante parte un rischio Alto (Figura 7).

Tabella 3: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione relative all'area studio del bacino del Tiglione.

Superficie (ha)	%	Rischio
0	0	Molto basso
0	0	Basso
46,5	62	Medio
29	38	Alto
75,5	100	Totale

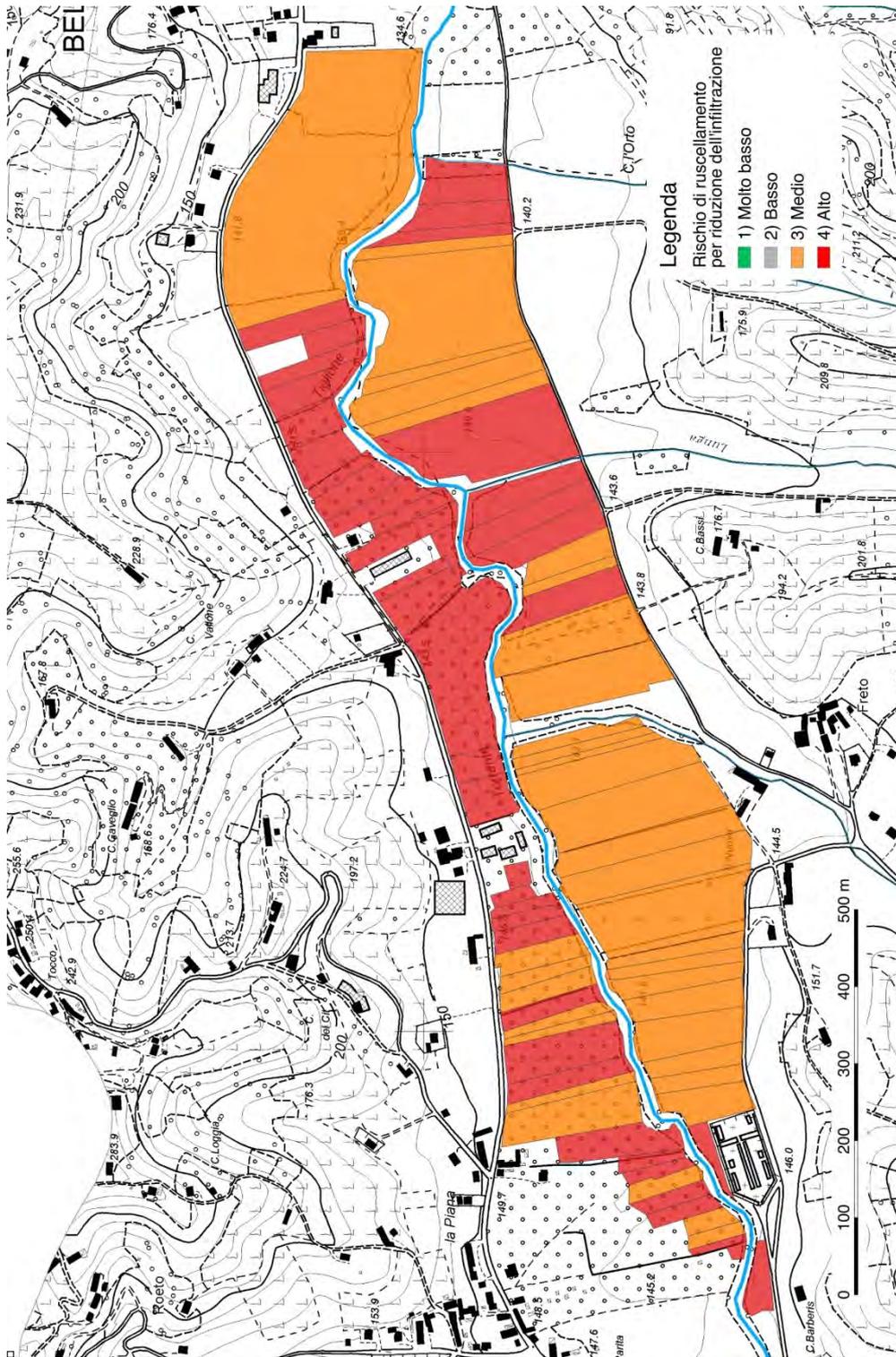


Figura 7: Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione dell'area studio del bacino del torrente Tigione.

LIVELLO CARTOGRAFICO: BACINO

La carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione a scala di bacino è riportata in Figura 10. A questo livello cartografico risulta fondamentale la corretta stima della permeabilità superficiale a partire dai dati di tessitura della carta del suolo.

PERMEABILITA' SUPERFICIALE DEL SUOLO

La stima del valore di R evidenzia, nella maggior parte del bacino, una permeabilità superficiale bassa a causa della tessitura franco-limosa e franco-limosa-argillosa con un elevato contenuto di limo nello strato superficiale (Figura 8). Solo un'area del bacino, compresa tra i comuni di Rocchetta Tanaro e Incisa Scapaccino nella zona nord-est del bacino, di natura franco-sabbiosa-argillosa, è risultata soggetta ad un basso rischio di incrostamento superficiale.

□

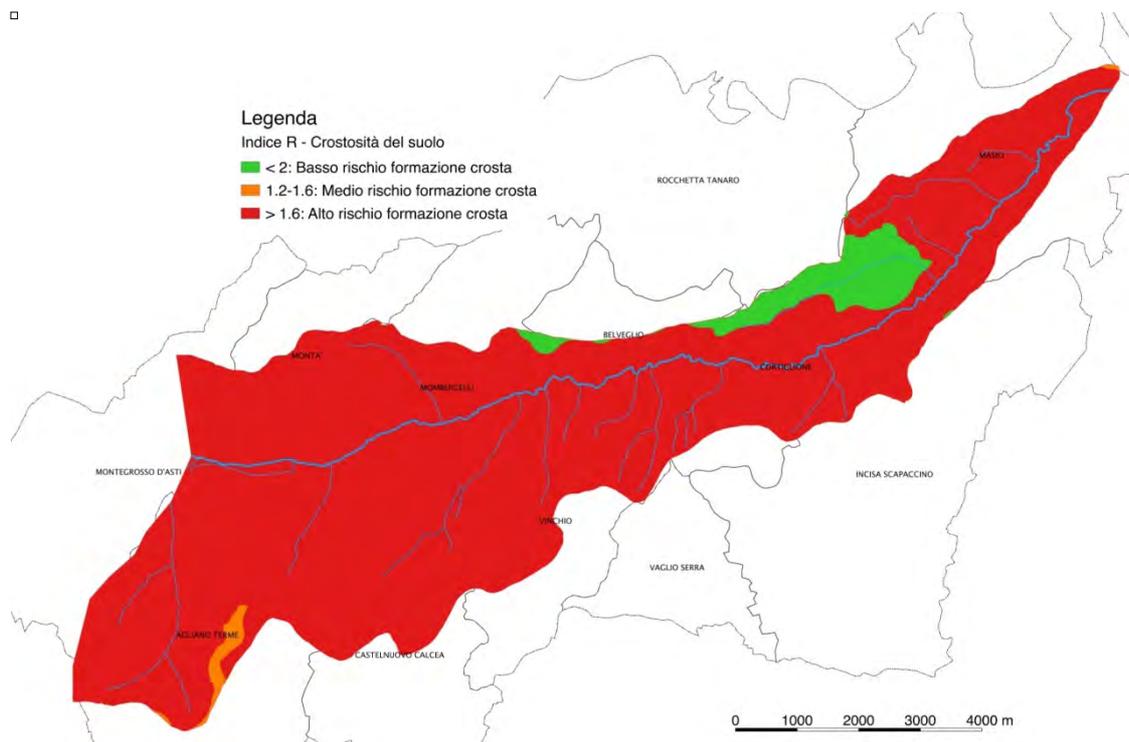


Figura 8: Carta dell'indice di incrostamento superficiale R del bacino del Tiglione.

PENDENZA

La valle Tiglione è caratterizzata da una stretta fascia pianeggiante, localizzata ai due lati del torrente per una larghezza di circa 500-600m, in cui la pendenza media è inferiore al 2%. Il resto della superficie presenta una pendenza compresa tra il 4 e il 40% (Figura 9).

Il maggior rischio di ruscellamento (livello di rischio Alto) si rileva nelle aree in cui la pendenza è superiore al 2%, mentre nelle aree pianeggianti in prossimità del Tiglione si riscontra un rischio Medio.

□

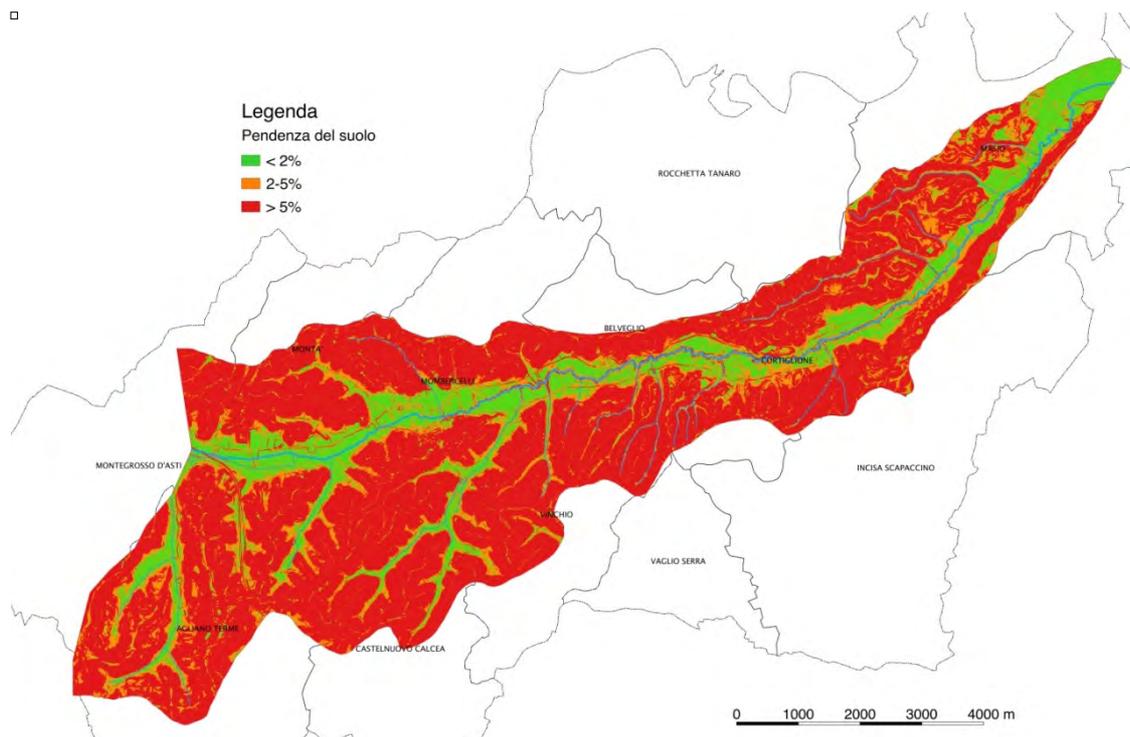


Figura 9: Carta delle pendenze del bacino del Tiglione.

INCIDENZA DEL RISCHIO

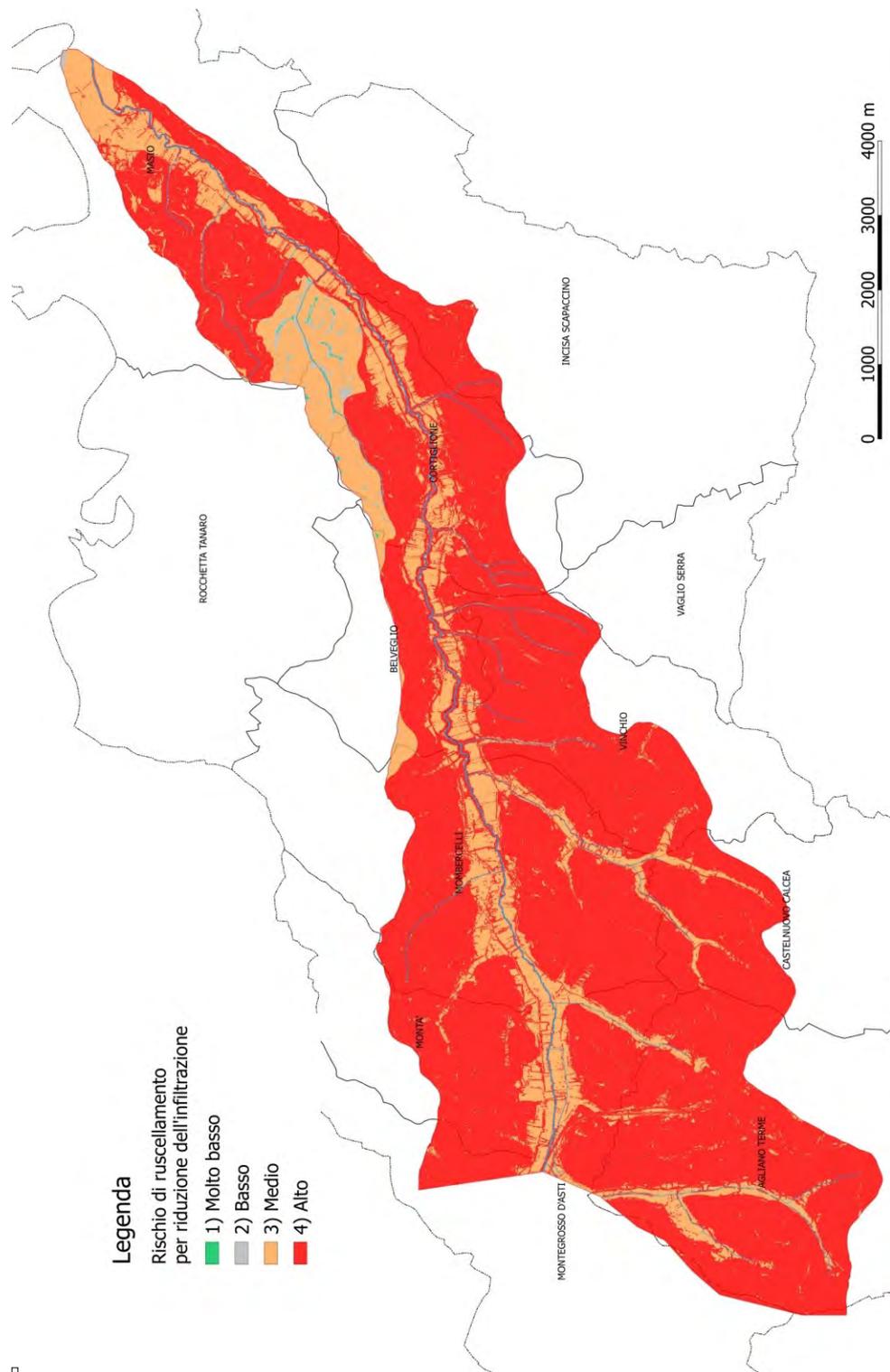
La maggior parte dell'area del bacino presenta un rischio di ruscellamento elevato (80%), ed in misura minore un rischio medio (19%) (Tabella 4 e Tabella 5) (Figura 10).

Tabella 4: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione relative al bacino del Tiglione.

Superficie (ha)	%	Rischio
5	0	Molto basso
28	1	Basso
1043	19	Medio
4373	80	Alto
5449	Totale	

Tabella 5: Ripartizione del bacino del Tiglione in classi di rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione.

Superficie (ha)	%	Classe di rischio
5	0,1	Molto basso
27,9	0,5	Basso
1043,1	19,1	Medio
4373,1	80,3	Alto
5449	Totale	



□

Figura 10: Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione del bacino del torrente Tigione.

Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione

LIVELLO CARTOGRAFICO: CAMPO

Nel caso del fiume Banna, è stata selezionata un'area di circa 62 ha adiacente ad un tratto lungo circa 3,3 km del fiume in cui eseguire una dettagliata diagnosi di campo. La selezione di quest'area è stata condotta sulla base della facilità di accesso ai campi e alle aree ripariali, sulla rappresentatività dell'area in termini di colture, tessitura, morfologia del suolo e gestione del suolo, sulla disponibilità di informazioni fornite dagli agricoltori e sull'interesse mostrato dagli amministratori locali circa il problema del ruscellamento e dell'erosione. A questo livello cartografico risulta fondamentale la corretta valutazione della permeabilità superficiale in campo, stimata in termini di capacità del suolo di creare crosta superficiale.

PERMEABILITA' SUPERFICIALE DEL SUOLO

Il calcolo dell'indice di crostosità R evidenzia una permeabilità superficiale bassa in tutti i campi considerati (Figura 11). I frequenti depositi limosi e la tessitura franco-limosa del suolo, con limo totale che raggiunge valori del 50%, determinano quindi un elevato rischio di formazione di crosta superficiale (analisi del suolo riferita alla carta dei suoli 1:250.000).

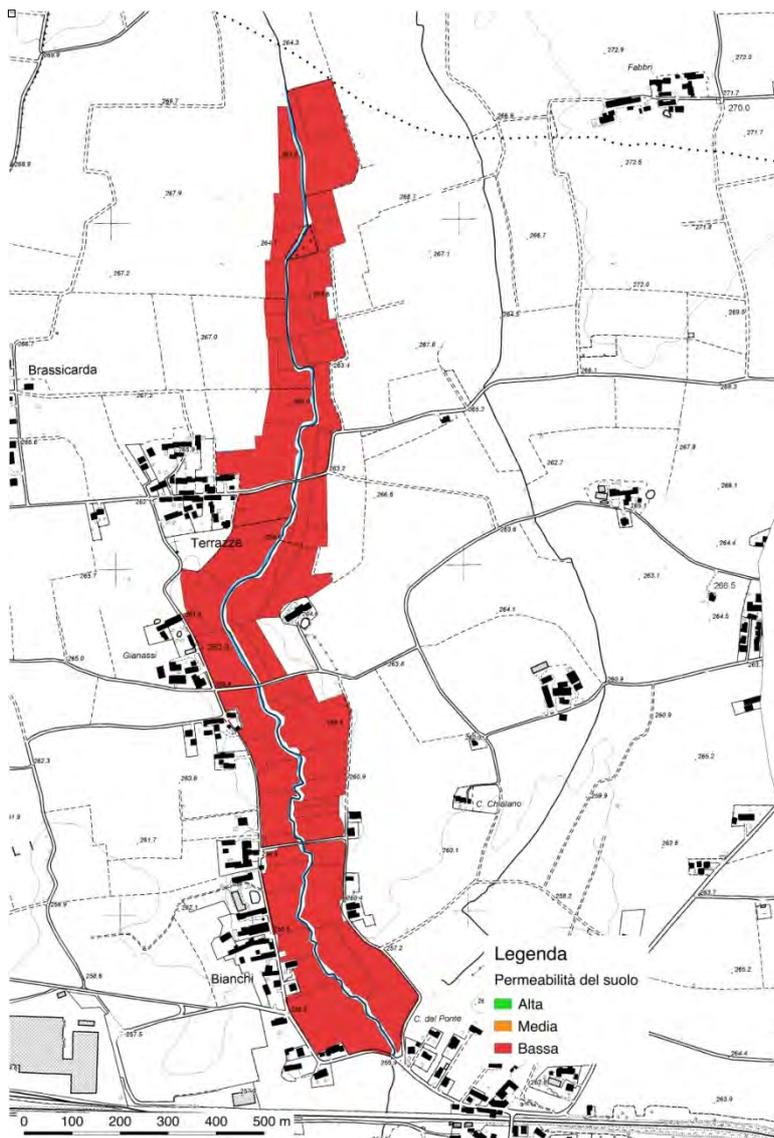


Figura 11: Carta della permeabilità del suolo – Livello di campo.

In campo, questo aspetto non è così evidente e non sembra rappresentare un pericolo. La copertura vegetale in prossimità del corpo idrico (prati o residui colturali del mais in prevalenza) e la zollosità del terreno sembrano ridurre efficacemente la formazione di crosta superficiale. La crosta superficiale risulta però evidente nei canali temporanei non vegetati creati in prossimità del corpo idrico per l'allontanamento delle acque in eccesso.

La permeabilità del suolo stimata a partire dalla tessitura del suolo sembra quindi in contrasto con quanto rilevato nei sopralluoghi in campo. Tuttavia è necessario considerare che, nonostante le misure impiegate in campo per limitare il rischio di ruscellamento (intensità di lavorazione e copertura del suolo), si adottano pratiche che favoriscono il trasferimento diretto delle acque di ruscellamento nel corpo idrico. Per questo motivo per tutti i campi si considera una bassa permeabilità superficiale.

PENDENZA

La pendenza risulta inferiore al 2% nella maggior parte dei campi (Figura 12). In alcuni sono presenti dei piccoli rilievi, generati dai trasporti fluviali, in questo caso è giusto considerare una pendenza media (compresa tra 2 e 5%) corrispondente ad un livello di rischio Alto (Figura 13).

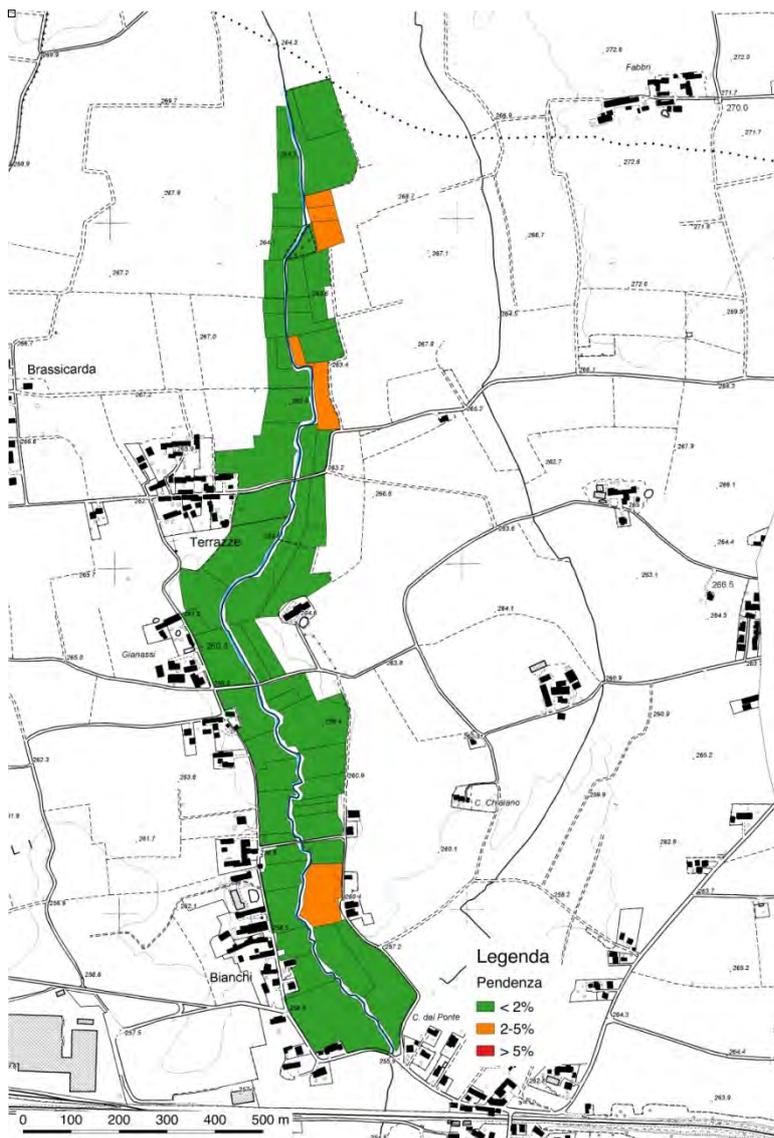


Figura 12: Carta della pendenza – Livello di campo.

INCIDENZA DEL RISCHIO

La maggior parte degli appezzamenti dell'area considerata presenta un rischio Medio, e solo in minima parte un rischio Elevato (Tabella 6).

Tabella 6: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione relative all'area studio del bacino del Banna.

Superficie (ha)	%	Rischio
0	0	Molto basso
0	0	Basso
57,8	93,3	Medio
4,2	6,7	Alto
62	Totale	

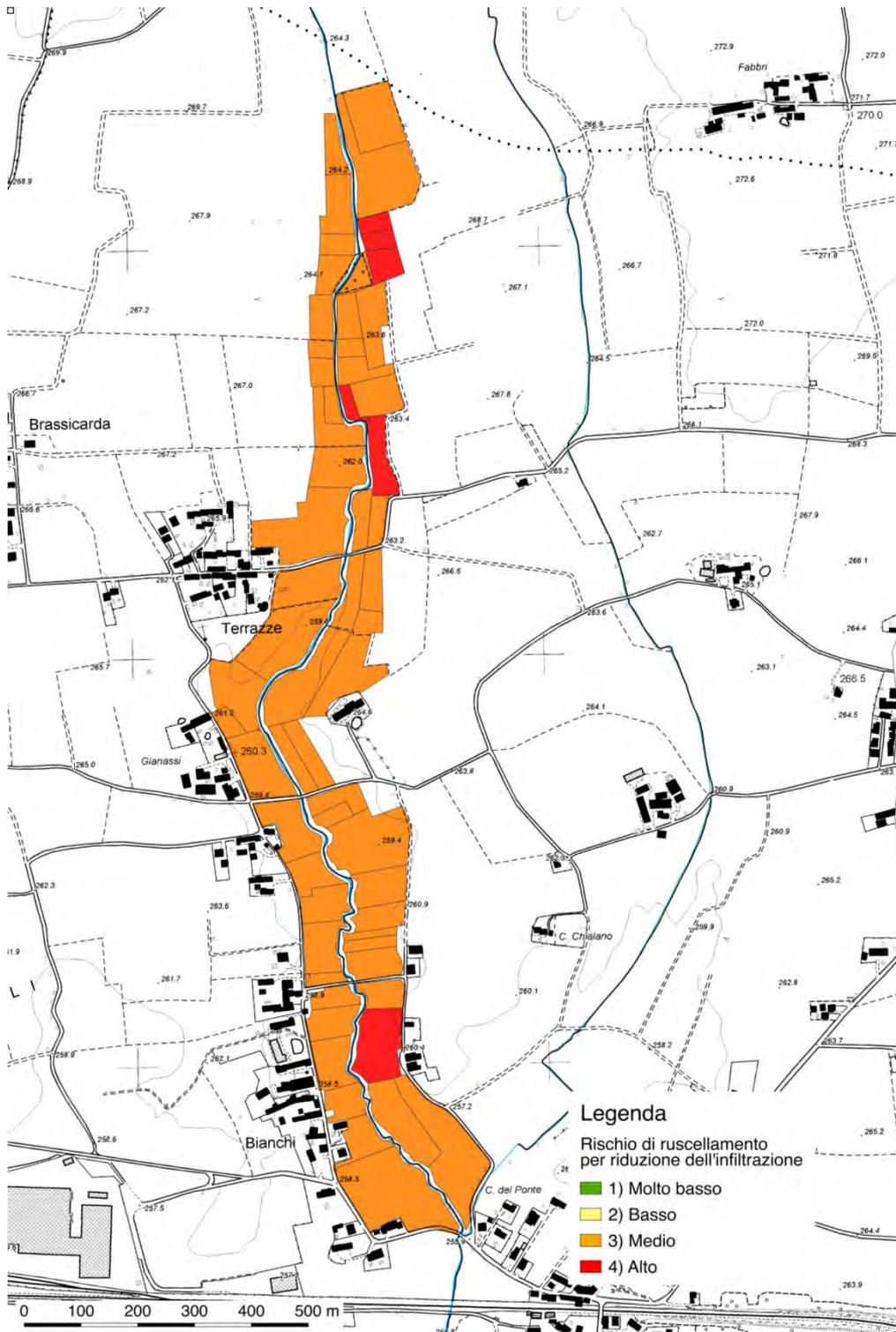


Figura 13: Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione dell'area studio del bacino del fiume Banna.

LIVELLO CARTOGRAFICO: BACINO

La carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione a scala di bacino è riportata in Figura 16. A questo livello cartografico risulta fondamentale la corretta stima della permeabilità superficiale a partire dai dati di tessitura della carta del suolo.

PERMEABILITÀ SUPERFICIALE DEL SUOLO

La stima del valore di R evidenzia, nella maggior parte del bacino, una permeabilità superficiale bassa a causa della tessitura Franca o Franco-limoso, con un contenuto medio di limo di circa il 40%. In due aree, poste nella parte a sud del bacino, si è rilevata una buona permeabilità superficiale, dovuta essenzialmente all'elevato contenuto di sostanza organica del suolo. In prossimità del corso d'acqua la permeabilità superficiale è risultata sempre bassa (Figura 14).

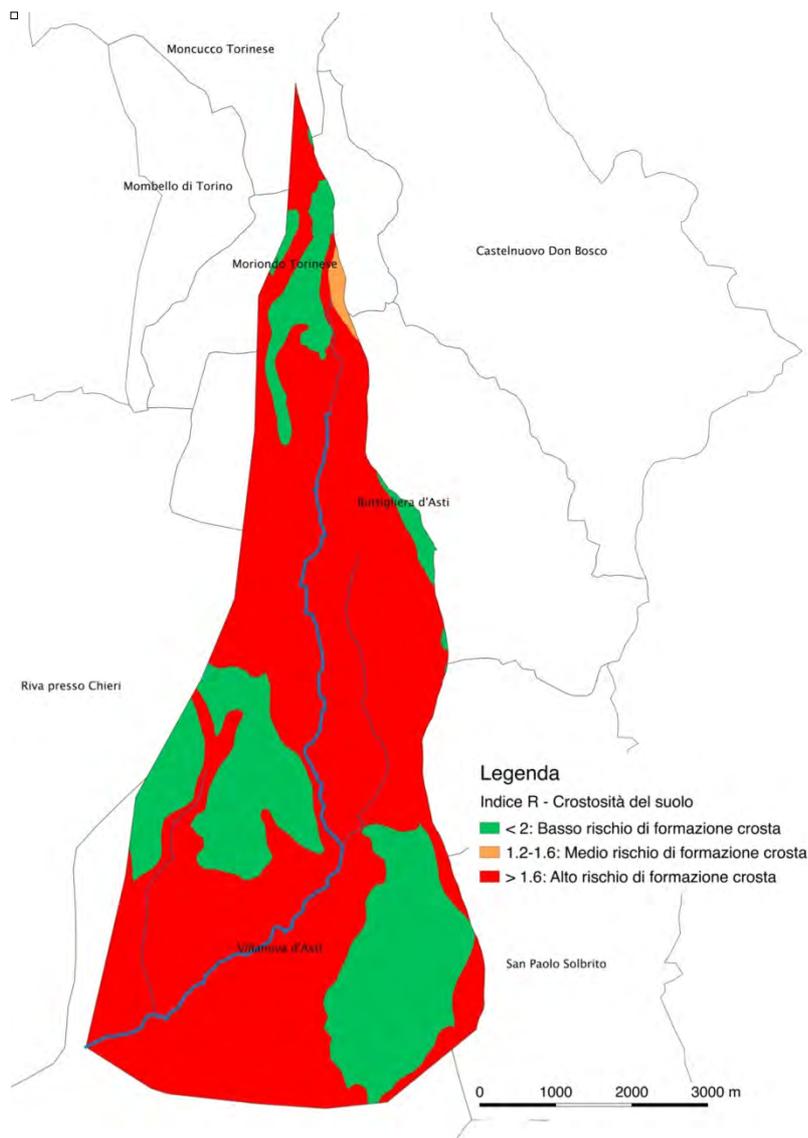


Figura 14: Carta dell'indice di incrostamento superficiale R del bacino del Banna.

PENDENZA

Il bacino del fiume Banna è caratterizzato da un'ampia valle pianeggiante, con pendenze moderate nella zona a nord del bacino. La pendenza è abbastanza omogenea, con valori medi compresi tra 0 e 2% nella zona pianeggiante e pendenza fino al 15% nelle aree collinari (Figura 15).

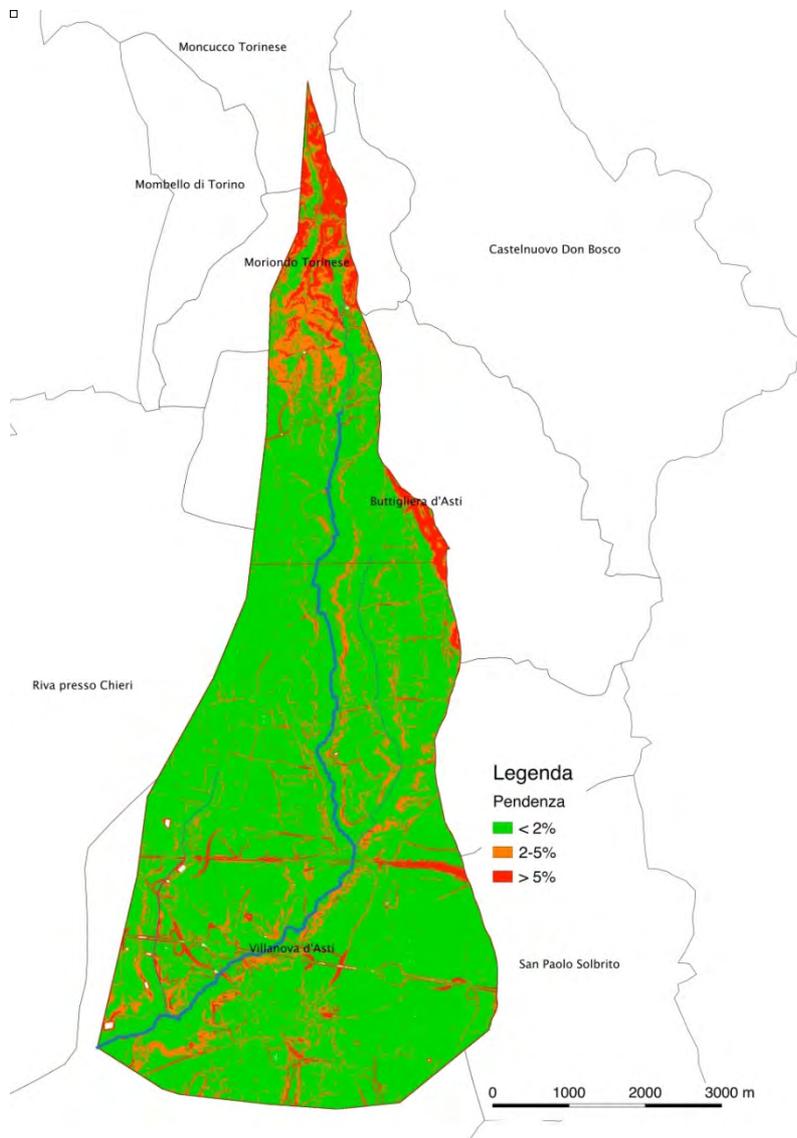


Figura 15: Carta delle pendenze del bacino del Banna.

INCIDENZA DEL RISCHIO

Nella maggior parte del bacino del Banna si evidenzia un rischio di ruscellamento Medio (15%) o Alto (15%) e solo in misura ridotta Basso o Molto basso (in totale 25%) (Tabella 7 e Tabella 8).

Tabella 7: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione relative al bacino del Banna.

Superficie (ha)	%	Rischio
766	22	Molto basso
111	3	Basso
2090	60	Medio
531	15	Alto
3498	Totale	

Tabella 8: Ripartizione del bacino del Banna in classi di rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione.

Superficie (ha)	%	Classe di rischio
766	21,9	Molto basso
111	3,2	Basso
2090	59,8	Medio
532	15,2	Alto
3498	Totale	

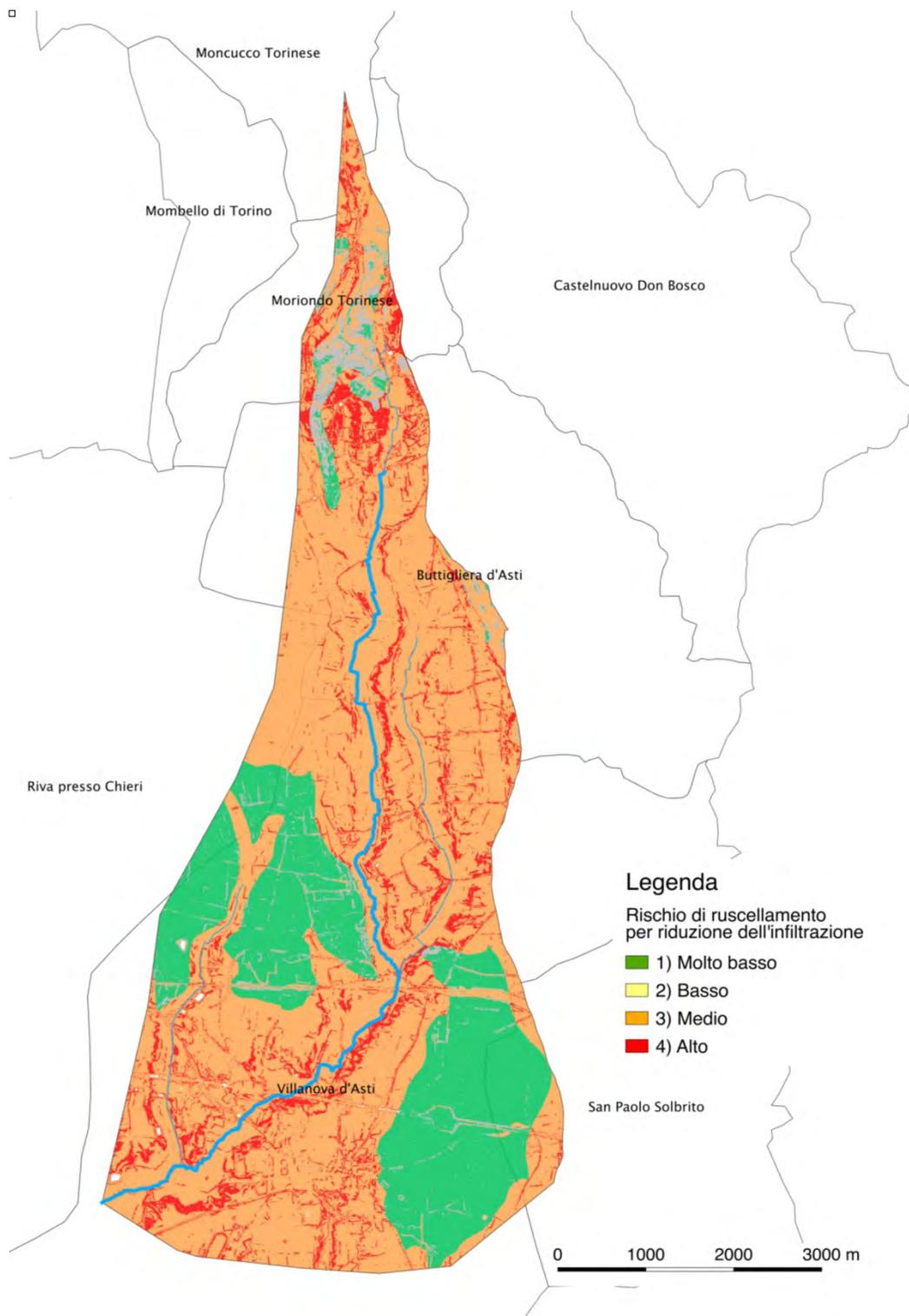


Figura 16: Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione del bacino del fiume Banna.

Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo

La carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo è stata creata facendo riferimento ai seguenti elementi: vicinanza del campo al corpo idrico, drenaggio, posizione topografica, presenza di strati impermeabili e capacità idrica di campo.

VICINANZA DEL CAMPO AL CORPO IDRICO

Questo aspetto viene considerato allo scopo di differenziare il rischio in base alla posizione del campo rispetto al corpo idrico da salvaguardare. Maggiore è la vicinanza del campo coltivato al corpo idrico e maggiore sarà il rischio di trasporto di sostanze contaminanti alle acque.

In questo contesto si è scelto di considerare tutta l'area come adiacente al corpo idrico. Questa scelta è essenzialmente legata all'impossibilità sia di reperire una cartografia sufficientemente dettagliata degli appezzamenti confinanti con il corso d'acqua, sia di definire correttamente, per grandi superfici, l'entità del trasferimento di contaminanti dal singolo appezzamento fino al corso d'acqua. Rispetto alle condizioni reali viene pertanto ipotizzata una condizione di rischio mediamente superiore, ma con il vantaggio di consentire una relativamente rapida elaborazione.

DRENAGGIO

I sopralluoghi in campo non hanno evidenziato, in entrambi i bacini idrografici, la presenza di impianti di drenaggio artificiale. È necessario considerare la presenza di queste strutture poiché esse rappresentano delle potenziali vie di deflusso concentrato sotto-superficiale delle sostanze contaminanti (ruscellamento sotto-superficiale).

POSIZIONE TOPOGRAFICA

Il rischio di ruscellamento viene definito anche in base alla posizione topografica del campo nell'ambito dell'intero bacino. I campi posti a fondo valle sono in genere caratterizzati da un maggior rischio di ruscellamento rispetto a quelli posizionati lungo il pendio, in quanto sono più vicini al corpo idrico da proteggere.

Per la definizione dei limiti fra le aree di fondovalle e quelle in pendio si è utilizzato lo strumento *Multiresolution index of valley bottom flatness (mrvbf)* dell'applicativo QGIS. L'algoritmo consente di identificare, con una buona precisione, il confine tra la zona di fondovalle e quella in pendio.

STRATI IMPERMEABILI

La presenza di strati impermeabili lungo il profilo del suolo pregiudica l'infiltrazione dell'acqua negli strati profondi del suolo, favorendo condizioni di saturazione del suolo e quindi anche fenomeni di ristagno idrico e ruscellamento superficiale e sotto-superficiale. Sono state individuate tre classi di impermeabilità:

- Strati impermeabili assenti
- Presenza di suola di aratura o altro strato impermeabile
- Presenza contemporanea di suola di aratura e altri strati impermeabili

La determinazione della permeabilità a livello di bacino si basa sull'uso dei valori di classe di drenaggio presenti nella carta dei suoli. A ciascuna classe di drenaggio è associato un livello di permeabilità corrispondente, secondo la classificazione proposta in Tabella 9:

Tabella 9: Descrizione delle classi di drenaggio del suolo e del corrispondente livello di permeabilità (*Fonte: Manuale di campagna per il rilevamento e la descrizione dei suoli (2012) – IPLA).

Classe di drenaggio *	Descrizione *	Strati impermeabili	Permeabilità
1 – 2	L'acqua è rimossa dal suolo rapidamente. I suoli hanno comunemente tessitura grossolana (sabbioso franca o franco-sabbiosa grossolana) e sono superficiali. Sono suoli soggetti saltuariamente a deficit idrico stagionale, sono generalmente privi di caratteri di idromorfia e con conduttività idraulica elevata.	Assenti	Alta
3 – 4	L'acqua è rimossa dal suolo lentamente in alcuni periodi dell'anno. I suoli sono bagnati soltanto per un breve periodo durante la stagione di crescita delle piante. Sono presenti caratteri di idromorfia negli orizzonti profondi. Permeabilità moderatamente bassa e/o falda superficiale in alcuni periodi dell'anno.	Suola o strato impermeabile	Media
5 - 6	L'acqua è rimossa lentamente, cosicché il suolo è bagnato per periodi significativi durante la stagione di crescita delle piante. L'umidità limita lo sviluppo delle colture. Permeabilità bassa e/o falda superficiale in alcuni periodi dell'anno. Elevata presenza di caratteri di idromorfia negli orizzonti profondi e moderata presenza nell'orizzonte superficiale.	Suola e strato impermeabile	Bassa

Per la stima del livello di permeabilità del suolo, si sono utilizzate le valutazioni pedologiche contenute nelle schede di rilievo UTS (Unità Tipologica di Suolo) di riferimento allo scopo di confermare, o eventualmente correggere, i valori di permeabilità derivanti dalla carta del drenaggio. Su queste schede sono infatti spesso riportate informazioni oggettive circa la presenza della suola di aratura, di strati di inibizione sottosuperficiali o di condizioni di saturazione del suolo, che risultano molto utili nella definizione del livello di permeabilità del suolo.

Per la stima della presenza di strati impermeabili a livello di campo si è fatto ricorso ai rilievi eseguiti negli appezzamenti considerati nello studio. I rilievi, rappresentati da carotaggi fino a circa 1m profondità, hanno consentito di valutare la presenza e la profondità di strati poco permeabili che potrebbero impedire l'infiltrazione dell'acqua in profondità.

WHC – CAPACITA' DI RITENZIONE IDRICA

La capacità del suolo di trattenere l'acqua influenza in maniera determinante il rischio di ruscellamento. Questa caratteristica del suolo viene comunemente stimata a partire dalla tessitura del suolo, utilizzando dei valori tabellari che variano in funzione della classe tessiturale del suolo (Tabella 10).

Tabella 10: Stima della capacità di ritenzione idrica del suolo a partire dalla classe tessiturale. Fonte: Service de Cartographie des Sols dell'Aisne.

Tessitura del suolo	Capacità di ritenzione idrica del suolo WHC (mm acqua / cm suolo)	
	Valori medi	Range di valori
Sabbioso	0.4	0.1-1.2
Sabbioso franco (sabbia grossolana)	0.8	0.4-1.4
Sabbioso franco (sabbia molto fine)	1.0	0.6-1.8
Franco sabbioso	1.3	0.8-1.8
Franco Franco limoso Limoso	1.7	1.2-2.2
Franco argilloso Franco sabbioso agrilloso Franco limoso argilloso	1.8	1.2-2.4
Argilloso sabbioso Argilloso limoso Argilloso	1.7	1.0-2.2

Esempio:

- Tessitura del suolo: Franco
- Profondità del suolo: 100 cm
- Capacità di ritenzione idrica media stimata = 1.7 per cm di suolo
- Capacità di ritenzione idrica: 1.7 mm x 100 cm = 170 mm

Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo

LIVELLO CARTOGRAFICO: CAMPO

Nel caso della valle Tiglione è stata selezionata un'area di circa 76 ha adiacente ad un tratto lungo circa 3 km del torrente (Figura 19). A questo livello cartografico è fondamentale disporre di una corretta informazione sulla presenza di strati impermeabili sottosuperficiali.

DRENAGGIO

Nei sopralluoghi eseguiti nell'area in studio non è stata riscontrata la presenza di impianti per il drenaggio artificiale delle acque.

POSIZIONE TOPOGRAFICA

I campi considerati nella zona in studio ricadono interamente nell'area di fondovalle.

STRATI IMPERMEABILI

La presenza di strati impermeabili a livello di campo è stata valutata mediante carotaggi del suolo fino a circa 1m di profondità, eseguiti in tutti gli appezzamenti considerati (Figura 17). Nella maggior parte degli appezzamenti sono stati rilevati strati impermeabili (orizzonti con tessitura argillosa) o strati di compattazione (suole di aratura) a profondità comprese tra 40 e 80cm. In alcune situazioni si sono, inoltre, osservati fenomeni di idromorfia del suolo con presenza di colorazioni verdi/grigie, indici di condizioni permanenti di saturazione del suolo.

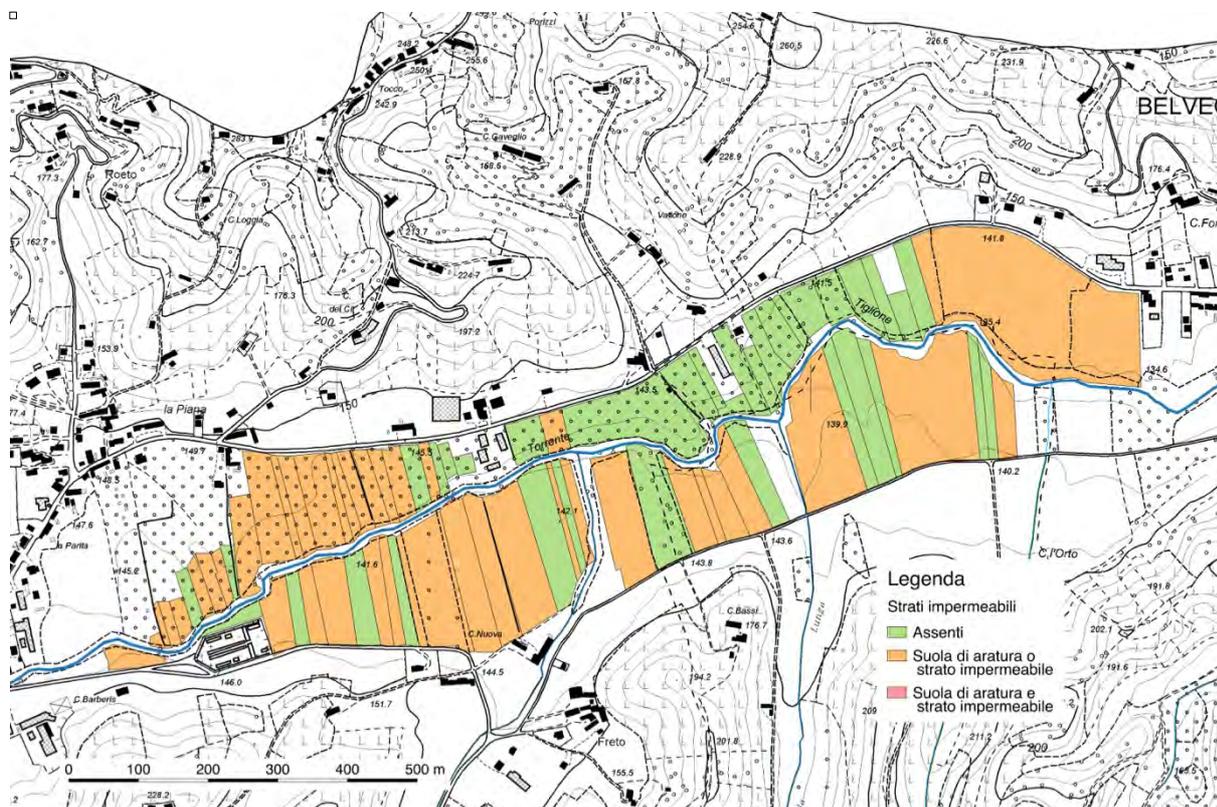


Figura 17: Carta degli strati impermeabili dell'area studio del bacino del Tiglione.

WHC – CAPACITA' DI RITENZIONE IDRICA

Il valore di WHC nell'area interessata dallo studio (area studio) è risultata sempre superiore al valore soglia di 120mm (Figura 18) previsto dallo schema decisionale per la determinazione del rischio di ruscellamento per saturazione. Il motivo è da ricercarsi nella tessitura franca del suolo in corrispondenza dell'area ripariale del Torrente Tiglione.

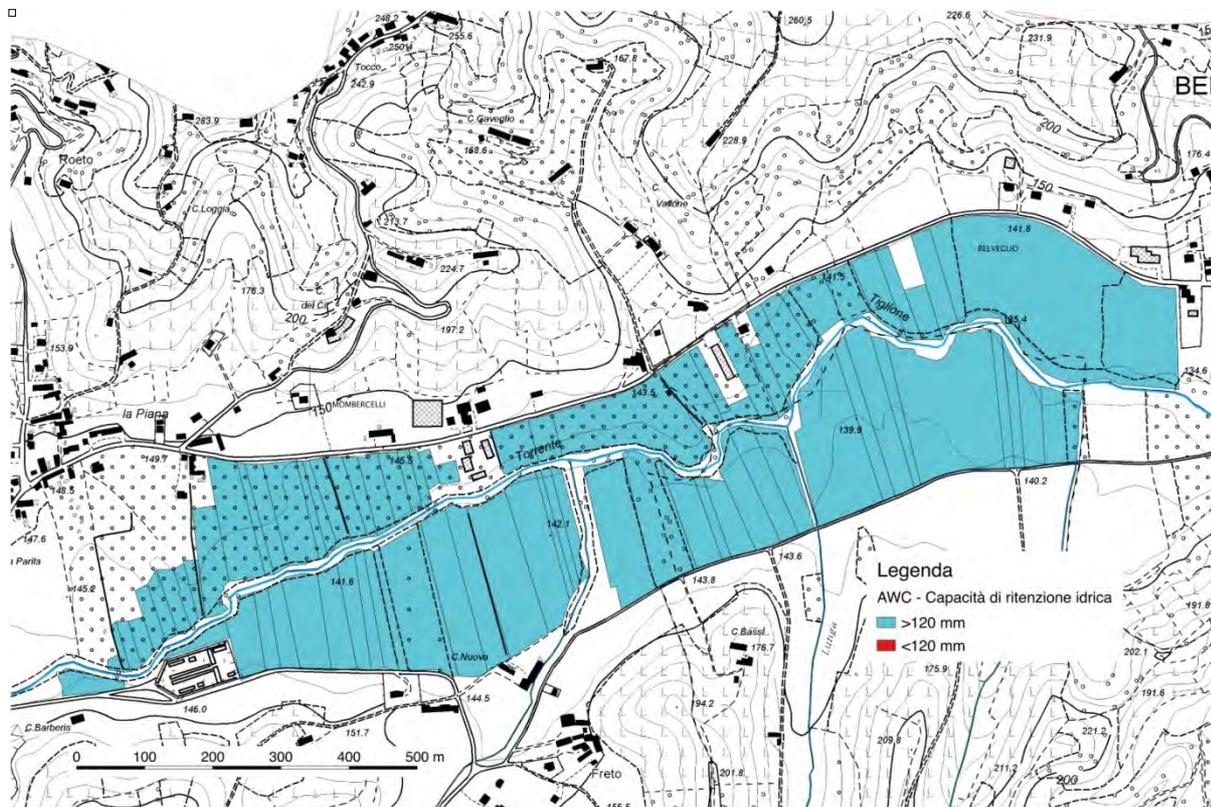


Figura 18: Carta della capacità di ritenzione idrica del suolo dell'area studio del bacino del Tiglione.

INCIDENZA DEL RISCHIO

Circa il 70% dei campi dell'area considerata presenta un rischio Medio, e solo in misura ridotta un rischio Basso (Tabella 11).

Tabella 11: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo relative all'area studio del bacino del Tiglione.

Superficie (ha)	%	Rischio
0	0	Molto basso
23,8	32	Basso
51,7	68	Medio
0	0	Alto
75,5	Totale	

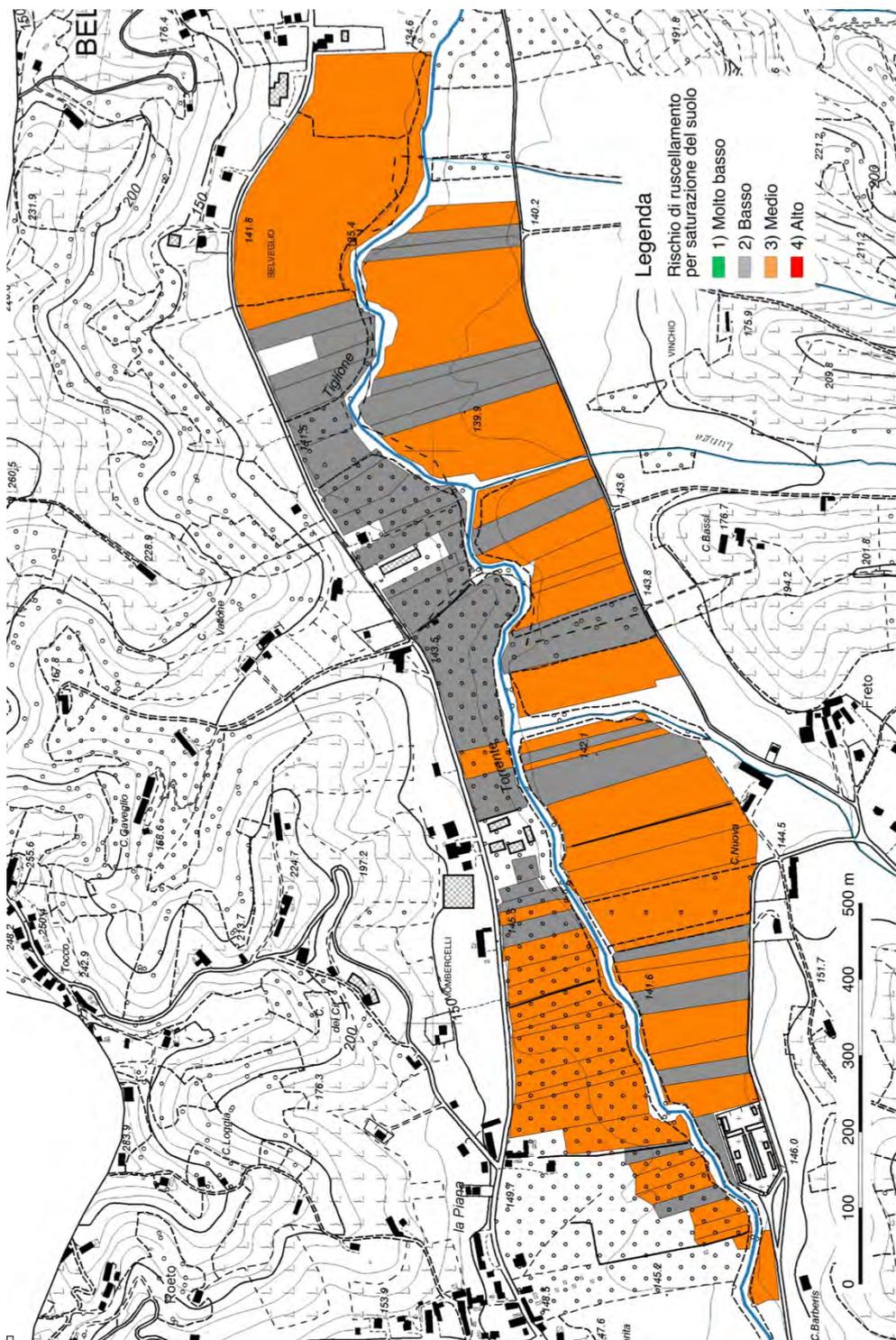


Figura 19: Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo dell'area studio del bacino del torrente Tigione.

LIVELLO CARTOGRAFICO: BACINO

La carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo a scala di bacino è riportata in Figura 23. A questo livello cartografico risulta fondamentale la corretta stima della presenza di strati impermeabili sottosuperficiali.

DRENAGGIO

Nei sopralluoghi eseguiti in tutto il bacino non sono stati evidenziati sistemi per il drenaggio artificiale delle acque.

POSIZIONE TOPOGRAFICA

Mediante l'utilizzo del modello *Multiresolution index of valley bottom flatness (mrvbf)* sono state definite le aree di fondovalle e quelle in pendio (Figura 20). In totale la zona di fondovalle occupa circa un terzo dell'intera superficie del bacino (1975 ha, pari al 36% del totale).

□

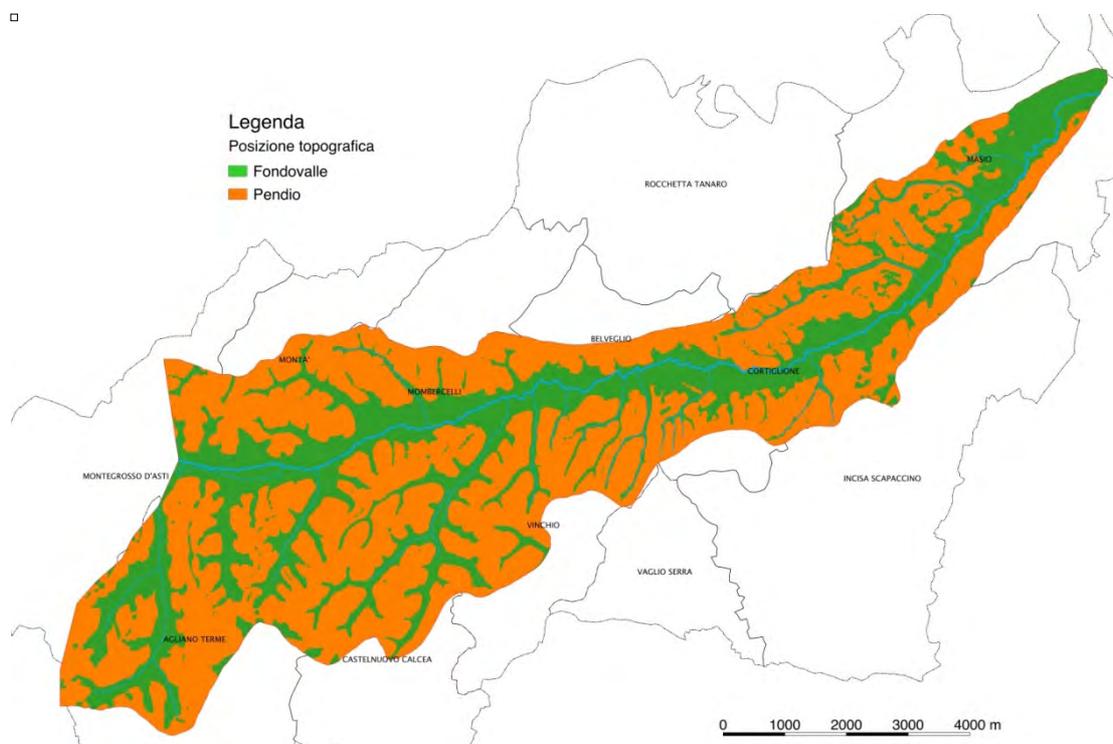


Figura 20: Carta della posizione topografica del bacino del Tiglione.

STRATI IMPERMEABILI

Il bacino del torrente Tiglione è caratterizzato da un'estesa zona in cui la permeabilità dello strato sottosuperficiale è alta o media (Figura 21). Solo in alcune aree sono presenti strati di inibizione che pregiudicano l'infiltrazione dell'acqua in profondità. In corrispondenza del Tiglione si osserva una striscia di suolo di larghezza variabile caratterizzata da una permeabilità media.

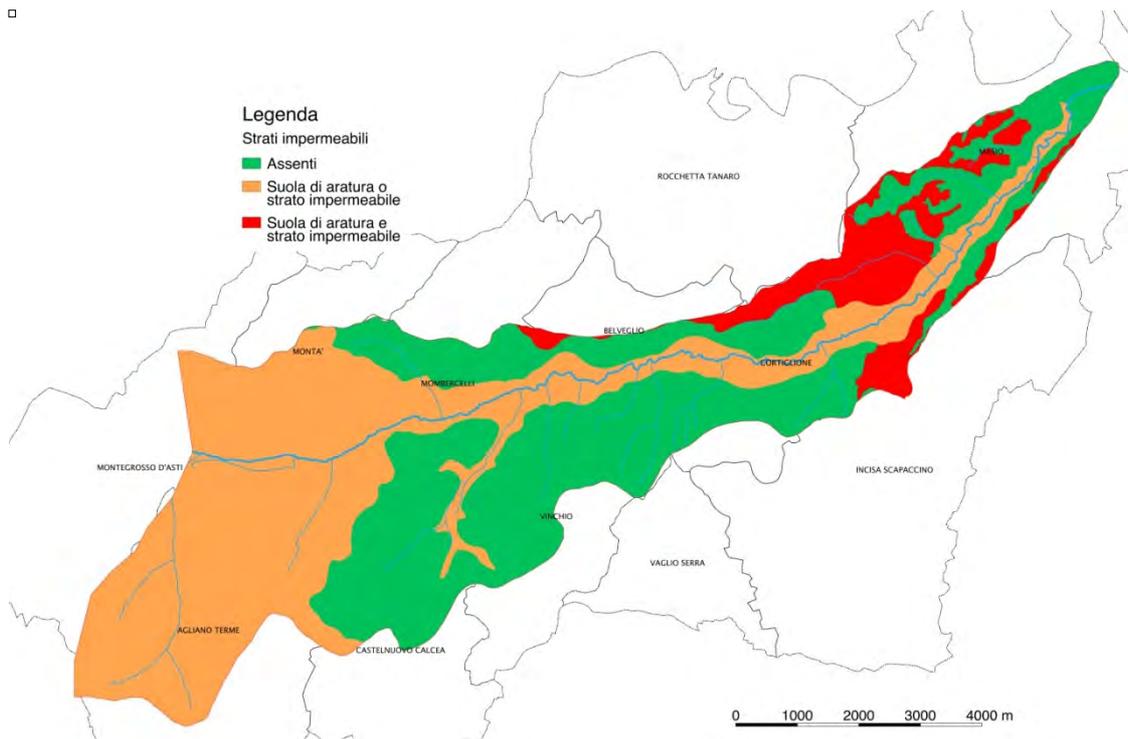


Figura 21: Carta degli strati impermeabili del bacino del Tiglione.

WHC – CAPACITA' DI RITENZIONE IDRICA

La natura franca e franco-limosa dei terreni consente una buona capacità di ritenzione idrica del suolo. Nell'area del bacino del torrente Tiglione, il valore di WHC è risultato sempre superiore al valore soglia di 120mm (Figura 22).

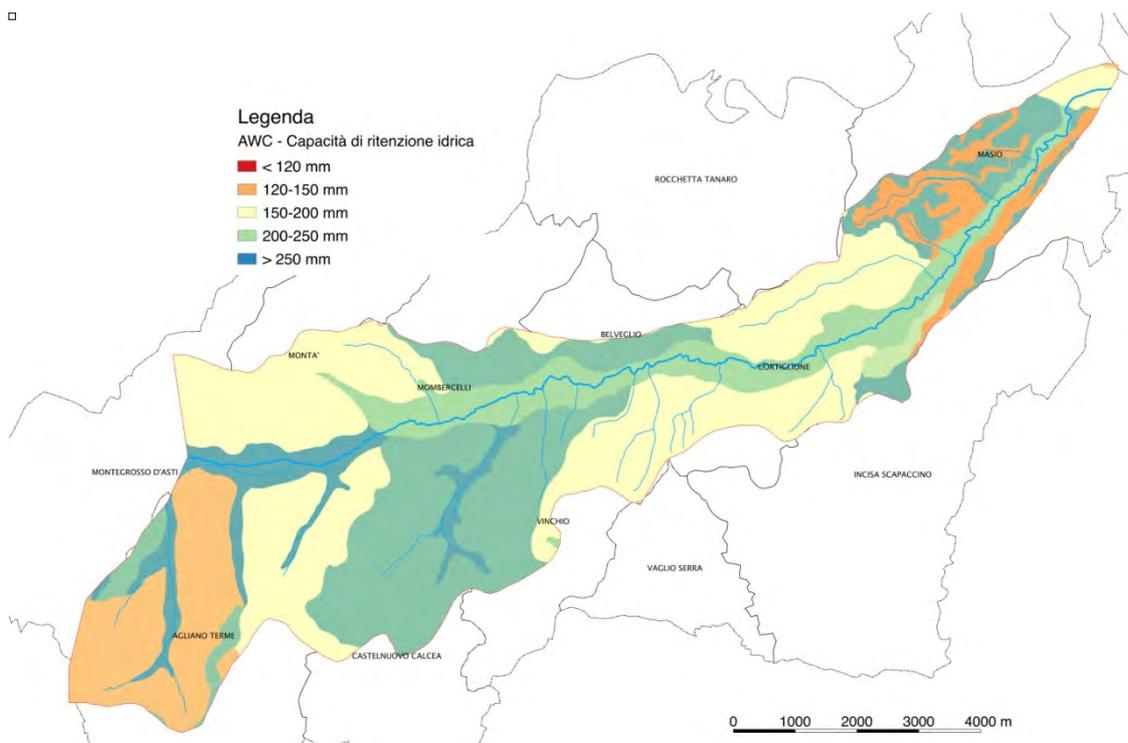


Figura 22: Carta della capacità di ritenzione idrica del suolo del bacino del Tiglione.

INCIDENZA DEL RISCHIO

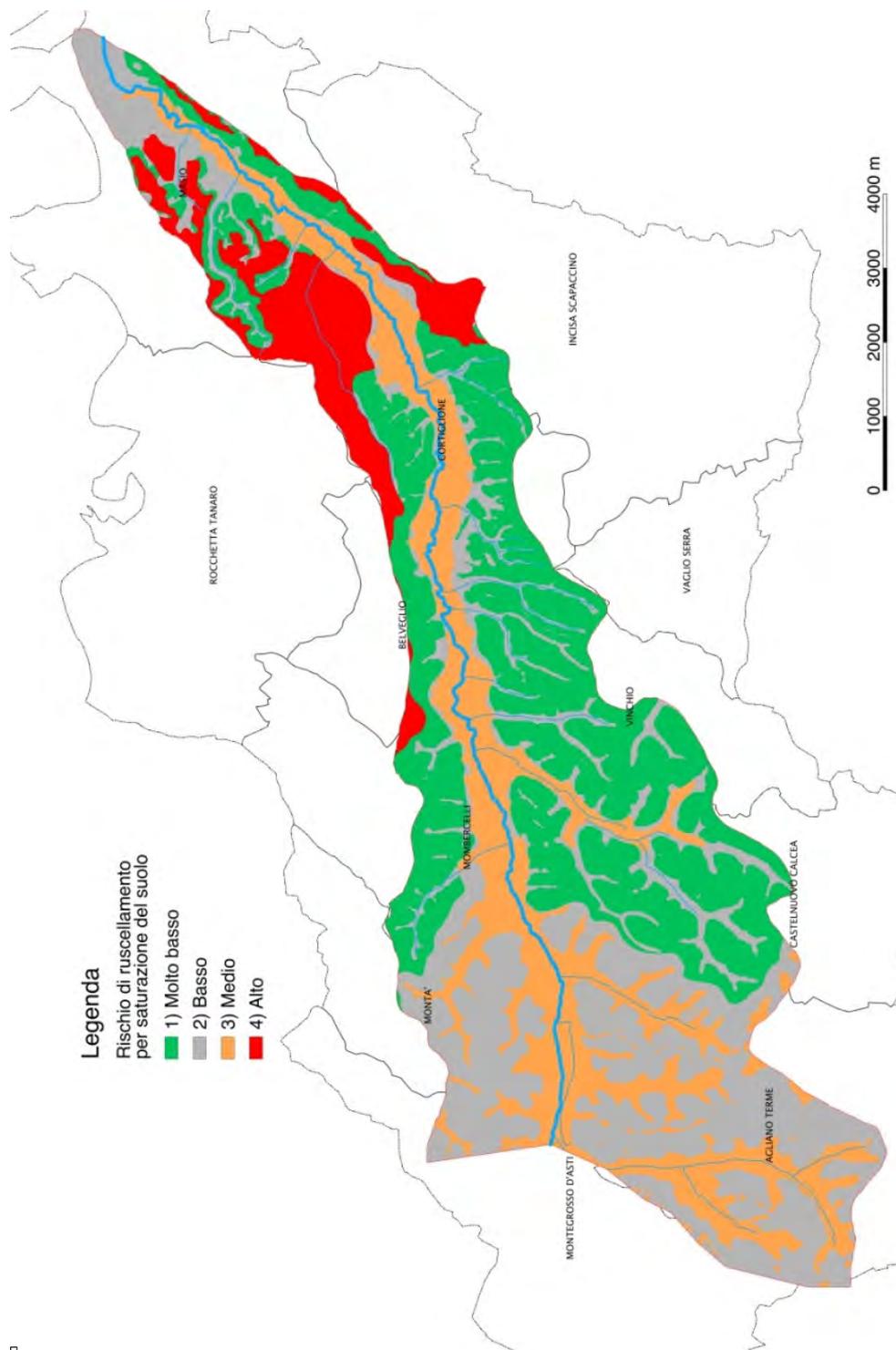
Due terzi dell'area del bacino sono caratterizzati da un ridotto rischio di ruscellamento per saturazione del suolo (66%), mentre solo in misura ridotta da un rischio elevato (9%). Circa un quarto della superficie presenta invece un rischio medio (24%) (Tabella 12 e Tabella 13).

Tabella 12: Superficie e incidenza percentuale del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo nel bacino del Tiglione.

Superficie (ha)	%	Rischio
1800	33	Molto basso
1809	33,2	Basso
1330	24,4	Medio
510	9,4	Alto
5449	Totale	

Tabella 13: Ripartizione del bacino del Tiglione in classi di rischio di ruscellamento per saturazione del suolo.

Superficie (ha)	%	Classe di rischio
1800	33	Molto basso
1809	33,2	Basso
1330	24,4	Medio
510	9,3	Alto
5449	Totale	



□
 Figura 23: Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo nel bacino del torrente Tiglione.

Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo

LIVELLO CARTOGRAFICO: CAMPO

Nel caso del fiume Banna, è stata selezionata un'area di circa 62 ha adiacente ad un tratto lungo circa 3,3 km del fiume (Figura 24). A questo livello cartografico è fondamentale disporre di una corretta informazione sulla presenza di strati impermeabili sottosuperficiali.

DRENAGGIO

Nei sopralluoghi eseguiti nell'area studio non sono stati evidenziati impianti di drenaggio artificiale delle acque.

POSIZIONE TOPOGRAFICA

Essendo adiacenti al fiume Banna, tutti i campi sottoposti a diagnosi sono stati considerati in posizione di fondovalle.

STRATI IMPERMEABILI

La presenza di strati impermeabili a livello di campo è stata valutata mediante carotaggi del suolo fino a circa 1m di profondità, eseguiti in tutti gli appezzamenti considerati.

L'origine fluviale dell'area ripariale è evidenziata dalla presenza di depositi limosi e di caratteri di idromorfia già nei primi orizzonti di suolo. Il drenaggio è risultato non ottimale a causa della tessitura franco-limosa del suolo. Nell'intera area considerata lo strato di suolo lavorabile ha evidenziato una tessitura franca, mentre il subsoil, caratterizzato da tessitura franco-limosa, è apparso di colore bruno grigiastro con evidenti screziature verdi/grigie. In tutti gli appezzamenti si sono rilevati strati di compattazione originati dalle lavorazioni (suola di aratura), a profondità di circa 30-40cm, oltre a strati impermeabili limosi, a profondità maggiori (Figura 24).

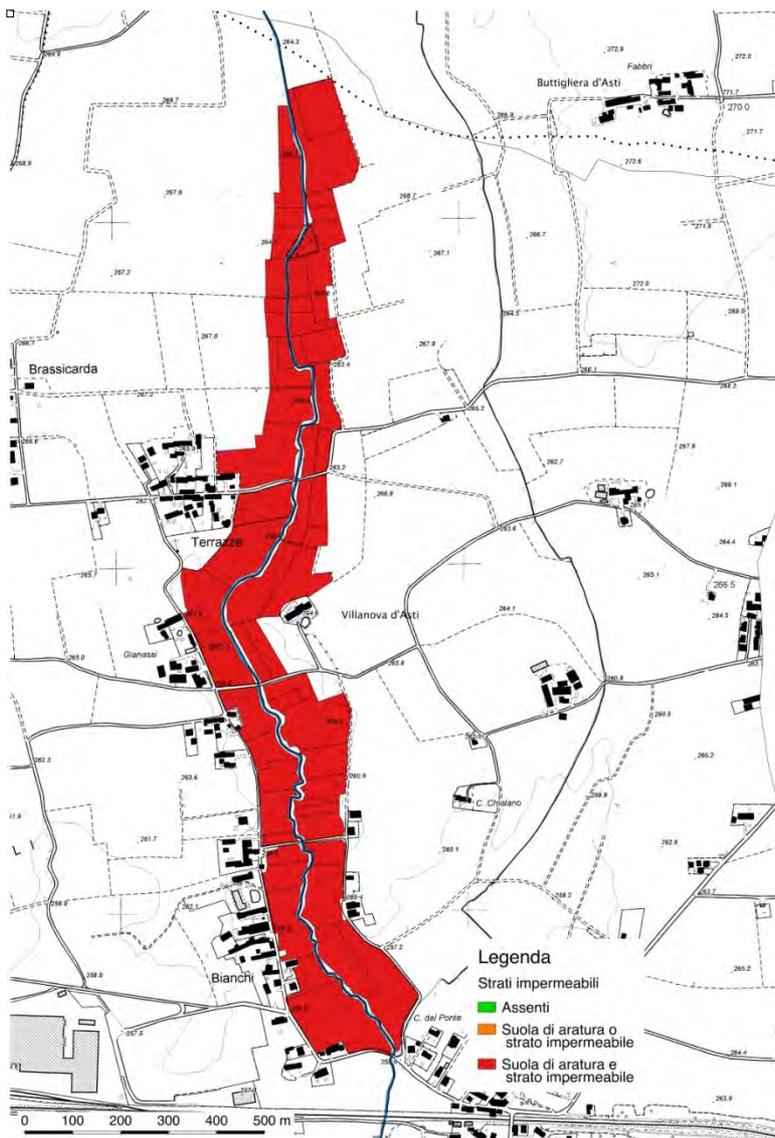


Figura 24: Carta degli strati impermeabili dell'area studio del bacino del Banna.

WHC – CAPACITA' DI RITENZIONE IDRICA

La natura franco-limosa dei terreni consente una buona capacità di ritenzione idrica del suolo. Nell'area del bacino del fiume Banna, il valore di WHC è risultato sempre superiore al valore soglia di 120mm (Figura 25).

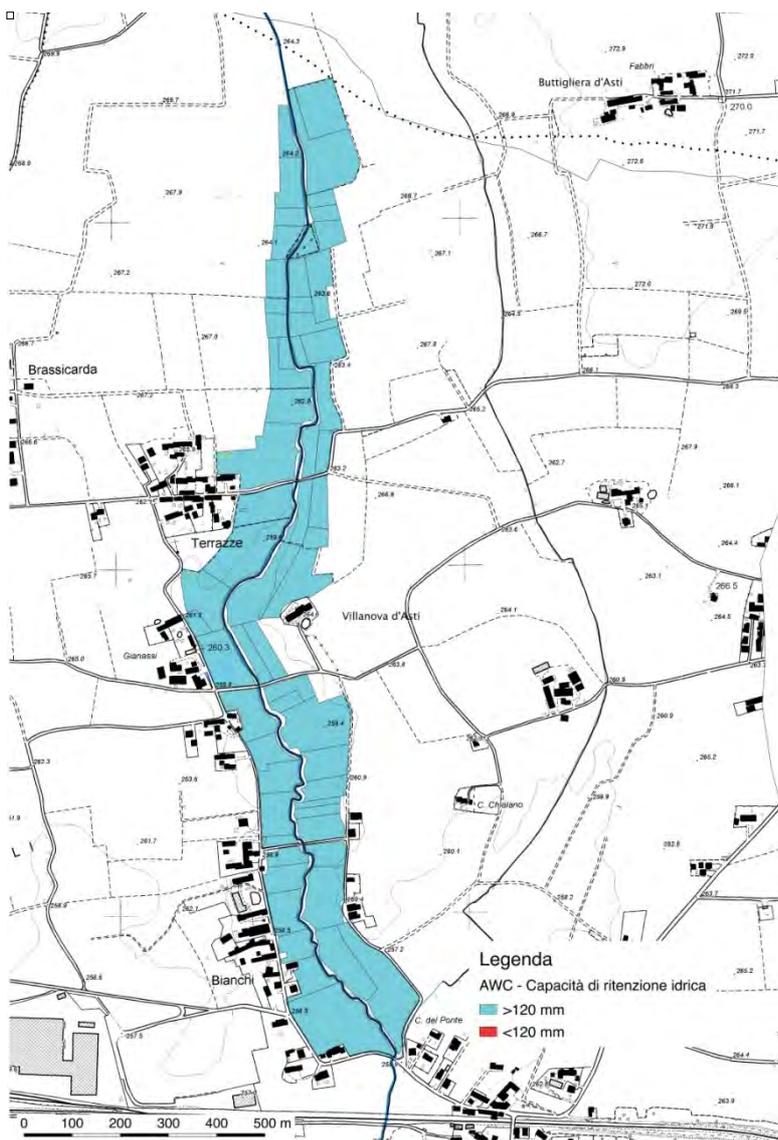


Figura 25: Carta della capacità di ritenzione idrica del suolo dell'area studio del bacino del Banna.

INCIDENZA DEL RISCHIO

Tutta l'area considerata è risultata caratterizzata da un rischio elevato di ruscellamento per saturazione del suolo (Tabella 14).

Tabella 14: Superficie e incidenza percentuale del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo relative all'area studio del bacino del Banna.

Superficie (ha)	%	Rischio
0	0	Molto basso
0	0	Basso
0	0	Medio
62	100	Alto
62	Totale	

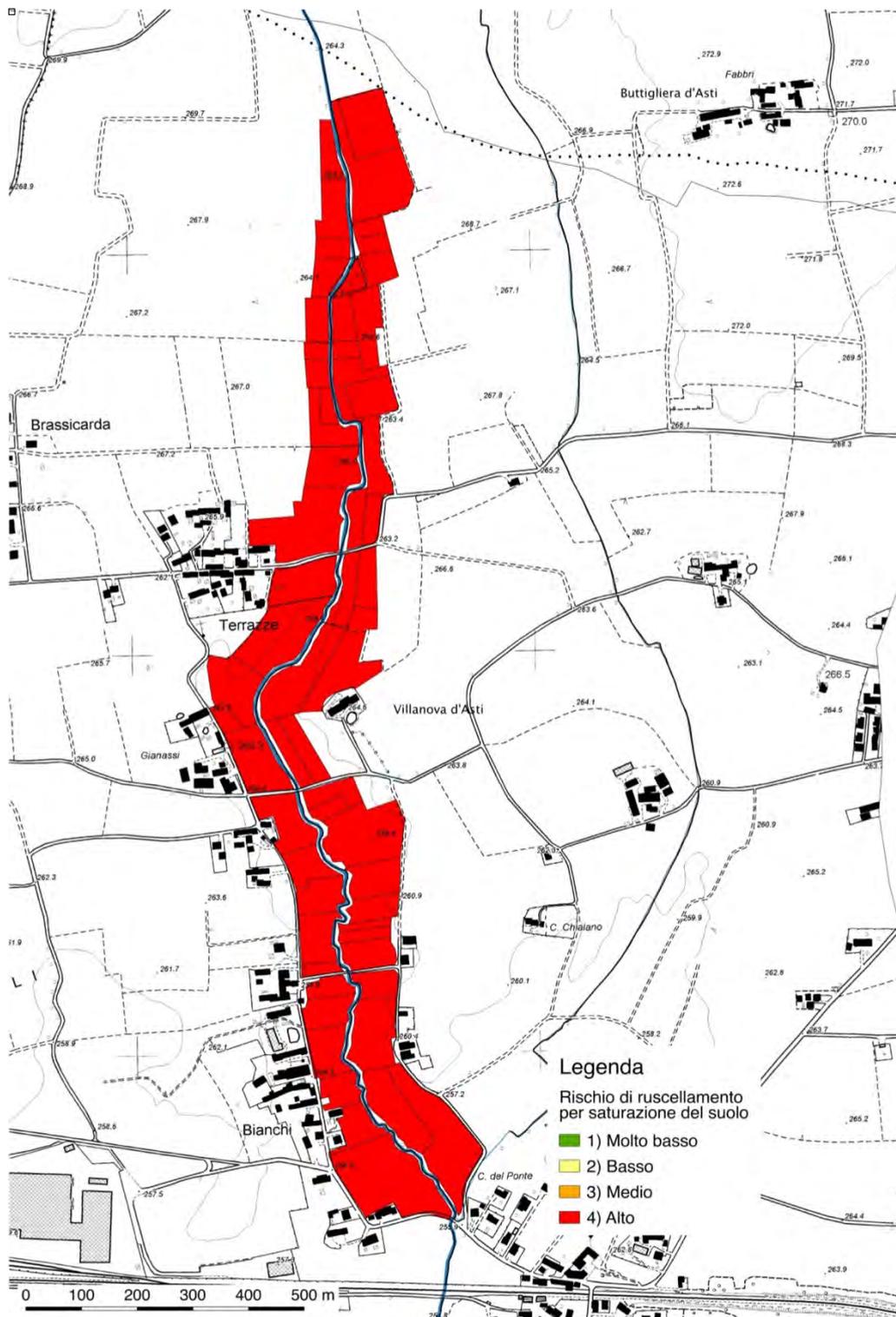


Figura 26: Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo dell'area studio del bacino del fiume Banna.

LIVELLO CARTOGRAFICO: BACINO

DRENAGGIO

Nei sopralluoghi eseguiti nell'area studio non è stata rilevata la presenza di impianti di drenaggio artificiale delle acque.

POSIZIONE TOPOGRAFICA

Trattandosi di una vasta pianura con depositi alluvionali, la maggior parte dell'area del bacino è caratterizzata da pendenze comprese tra 0 e 5% e posizione topografica di fondovalle (Figura 27).

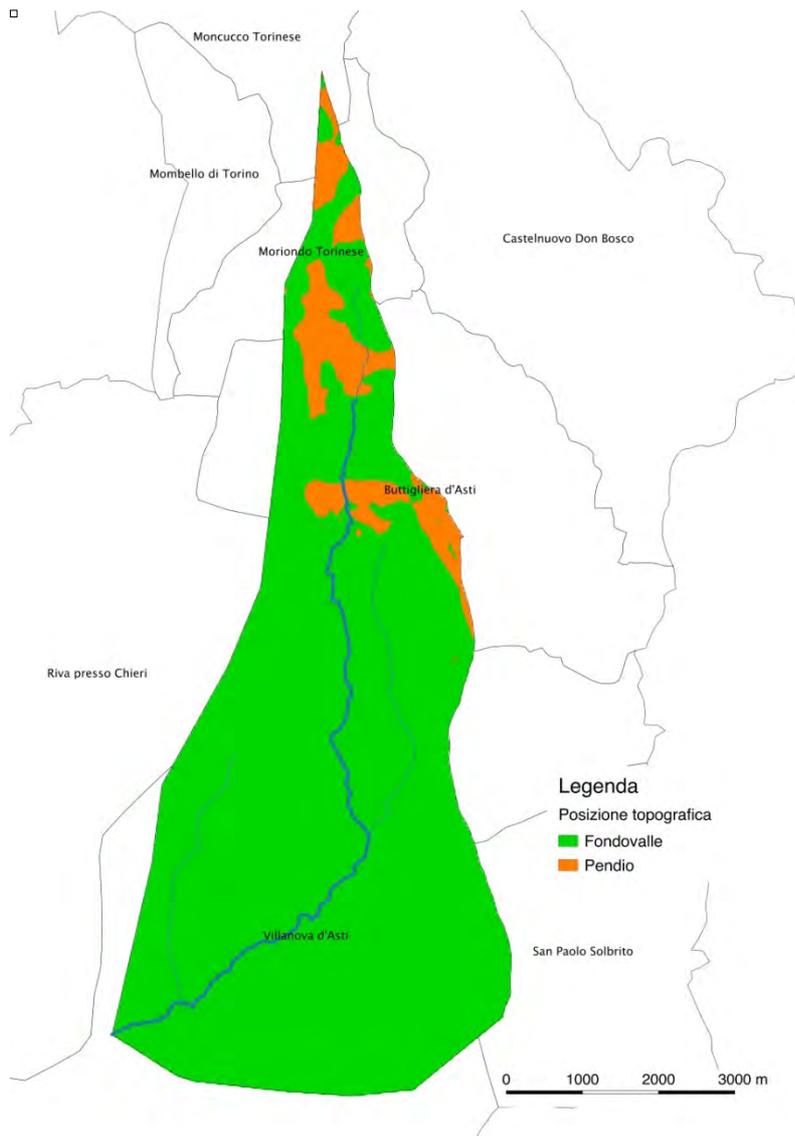


Figura 27: Carta della posizione topografica del bacino del fiume Banna.

STRATI IMPERMEABILI

In corrispondenza del reticolo idrografico del fiume Banna e di due corsi d'acqua secondari sono stati rilevati degli strati di inibizione, originati dal deposito di sedimenti limosi, che pregiudicano l'infiltrazione dell'acqua in profondità (Figura 28). Nella restante area sono state, invece, riscontrate condizioni di permeabilità media del suolo, con presenza di strati impermeabili limosi o strati di compattazioni dovuto alle lavorazioni.

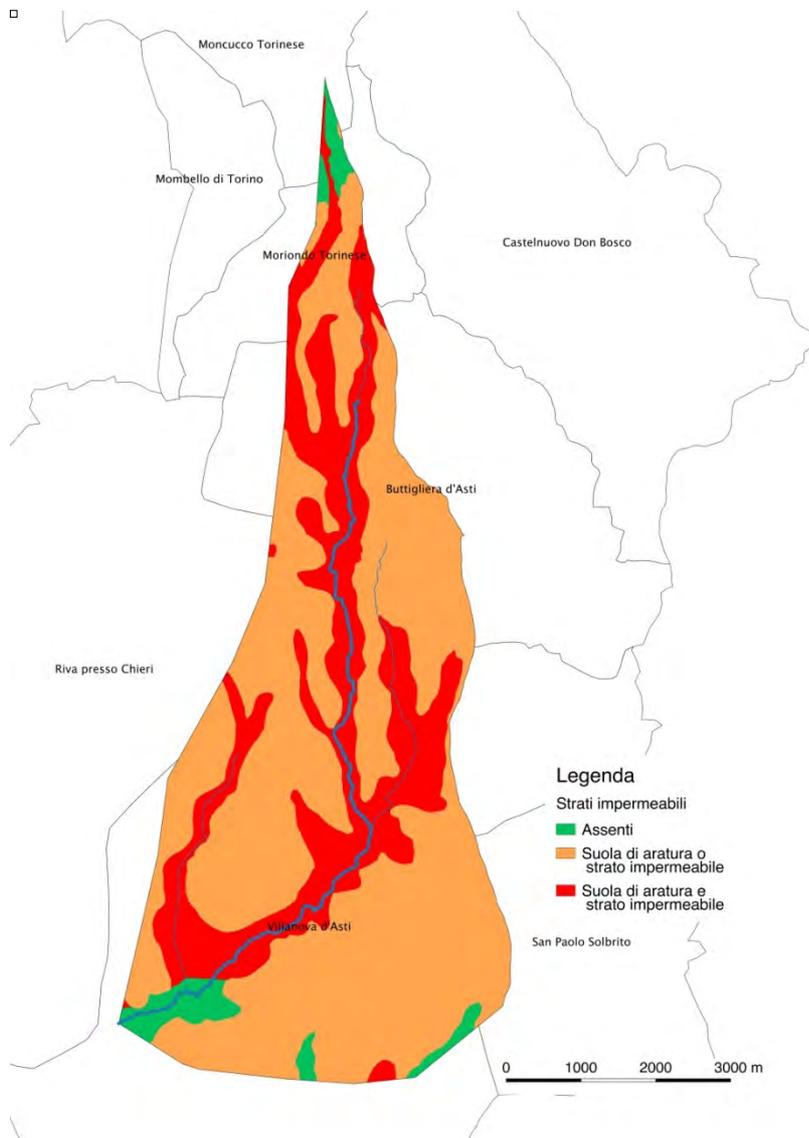


Figura 28: Carta degli strati impermeabili del bacino del Banna.

WHC – CAPACITA' DI RITENZIONE IDRICA

I depositi limosi di origine fluviale consentono una buona capacità di ritenzione idrica del suolo. Nell'area del bacino del fiume Banna il valore di WHC è risultato sempre superiore al valore soglia di 120mm (Figura 29).

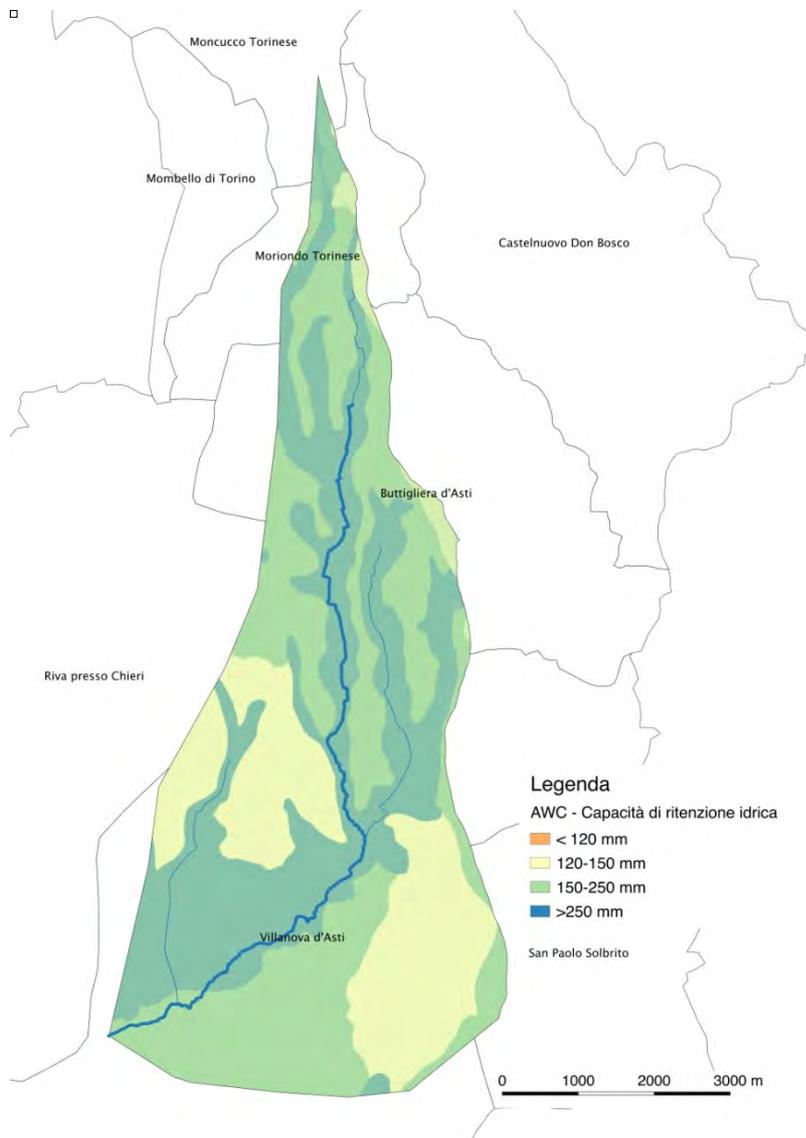


Figura 29: Carta della capacità di ritenzione idrica del suolo del bacino del Banna.

INCIDENZA DEL RISCHIO

Il 63% dell'area del bacino del Banna è caratterizzato da un rischio di ruscellamento medio, mentre solo in misura ridotta da un rischio basso (9%). Circa un terzo della superficie presenta invece un elevato rischio di ruscellamento per saturazione del suolo (28%) (Tabella 15).

Tabella 15: Superficie e incidenza percentuale del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo relative al bacino del Banna.

Superficie (ha)	%	Rischio
24	1	Molto basso
270	8	Basso
2226	63	Medio
978	28	Alto
Totale		

Tabella 16: Ripartizione del bacino del Banna in classi di rischio di ruscellamento per saturazione del suolo.

Superficie (ha)	%	Classe di rischio
24	1	Molto basso
270	8	Basso
2226	63	Medio
978	28	Alto
3498	Totale	

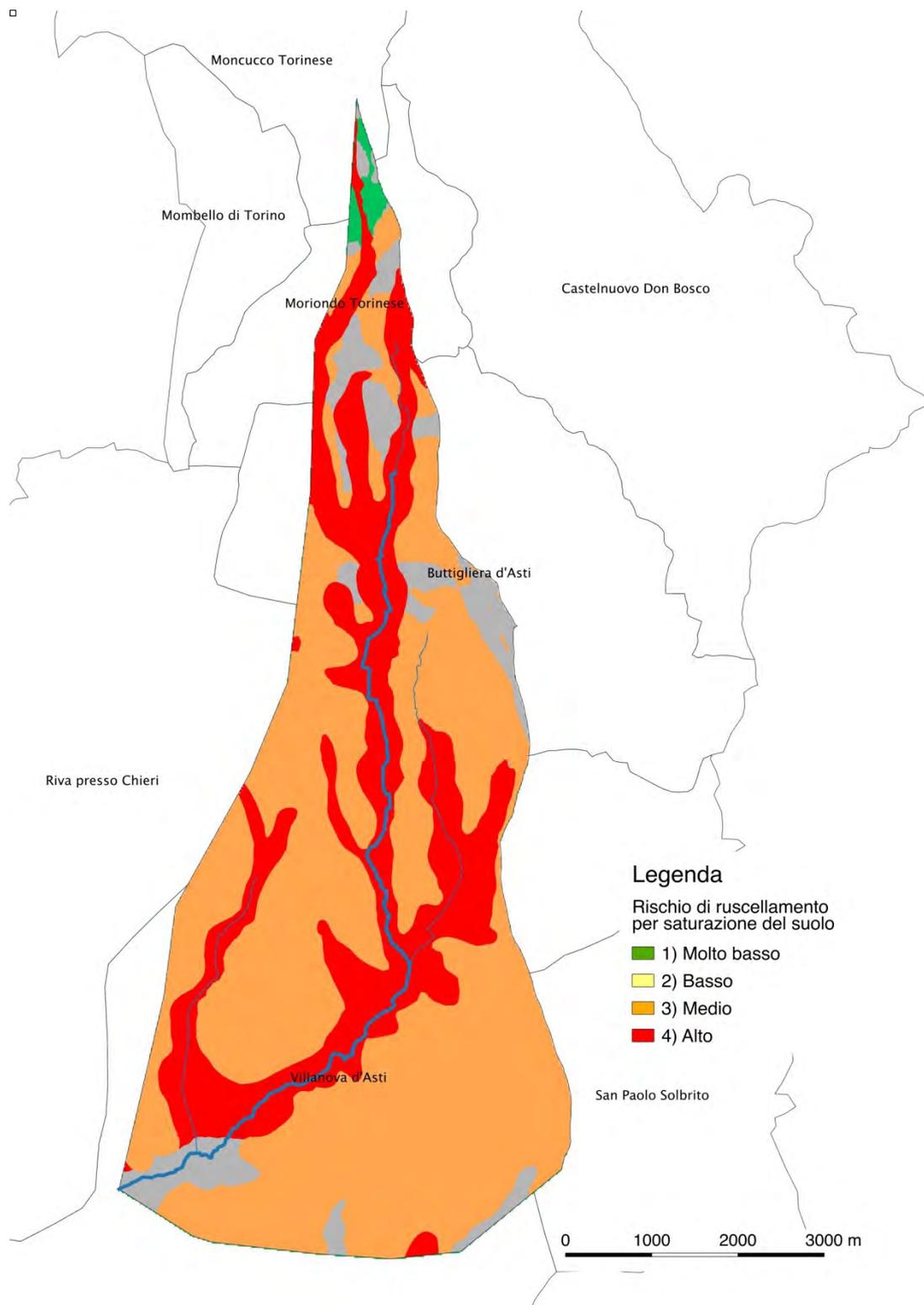


Figura 30: Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo del bacino del fiume Banna.

1.4 Individuazione delle misure di mitigazione del rischio di ruscellamento

L'applicazione degli strumenti di diagnosi per la stima del rischio di ruscellamento è principalmente finalizzata alla selezione delle misure di mitigazione più idonee per il contenimento degli effetti del ruscellamento e dell'erosione, con riferimento alla specifica situazione in cui si opera. Di seguito si riportano una serie di misure di mitigazione, proposte a livello europeo dal progetto TOPPS-Prowadis, rappresentate dalle più efficaci misure tecniche, operative e agronomiche che è necessario applicare per il contenimento dei contaminanti alle acque superficiali per mezzo di fenomeni di ruscellamento. Questo pacchetto di misure tiene conto delle molteplicità delle condizioni ambientali e operative presenti nel territorio e per questo motivo è necessario selezionare solo le misure che meglio si adattano al contesto agronomico e territoriale in cui si intende intervenire. Nel paragrafo successivo si riportano invece alcune simulazioni di applicazione delle sopracitate misure, prendendo come esempio situazioni realmente esistenti nei due contesti territoriali considerati, i bacini del torrente Tiglione e del fiume Banna.

Misure di mitigazione del ruscellamento: classificazione delle misure in relazione all'incidenza sul sistema colturale

In relazione a questo aspetto si distinguono misure applicate all'esterno dei campi coltivati, che non interferiscono con la gestione della coltura, e misure applicate all'interno del campo che interferiscono con la gestione della coltura.

MISURE CHE NON INTERFERISCONO CON LA GESTIONE DELLA COLTURA (OUT-FIELD MEASURES)

Fascia tampone erbacea ripariale

Da applicare SEMPRE

Le fasce tampone ripariali sono aree ricoperte da vegetazione, spontanea o seminata, situate lungo i corsi d'acqua. Queste strutture riducono efficacemente il ruscellamento favorendo l'infiltrazione dell'acqua nel suolo, trattenendo i sedimenti di suolo eroso e rallentando la velocità dell'acqua in superficie.

Fascia tampone arborea/arbustiva ripariale

Da applicare SEMPRE

Tali tipologie di fasce sono molto efficaci nel trattenere le sostanze trasportate con il vento (ad es. deriva dei prodotti fitosanitari o delle polveri) potenzialmente in grado di raggiungere le acque superficiali. Esse proteggono inoltre le sponde dei corsi d'acqua dagli smottamenti, migliorano le condizioni ecologiche e aumentano la biodiversità dell'ecosistema. L'efficacia di questa misura risulta maggiore se vengono adottate associazioni di fasce erbacee ed arbustive/arboree.

Fascia tampone erbacea ai margini del campo

Da applicare con rischio MEDIO

Le fasce tampone ai margini del campo sono localizzate a valle degli appezzamenti in pendio, e sono spesso utilizzate per separarli tra loro o da una strada. La funzione di queste fasce tampone è quella di favorire l'infiltrazione dell'acqua di ruscellamento nel suolo e di trattenere le particelle di suolo erose, prima che l'acqua raggiunga la strada o entri nel campo posto a valle.

Canali vegetati

Da applicare con rischio ALTO

I canali e i fossi vegetati hanno lo scopo di trattenere i sedimenti erosi e favorire l'infiltrazione e l'evaporazione dell'acqua di ruscellamento in modo da proteggere le aree poste a valle dall'apporto di acqua e sedimenti. Queste strutture, solitamente, non contengono acqua per l'intera stagione colturale, ma sono impiegate esclusivamente per convogliare l'acqua di ruscellamento in seguito a eventi piovosi o irrigazioni. I canali e fossi vegetati trovano impiego, ad esempio, lungo il bordo delle strade o tra campi adiacenti.

Aree di accumulo: bacini di ritenzione/aree umide artificiali

Da applicare con rischio ALTO

Le strutture di ritenzione naturali e artificiali hanno l'obiettivo di trattenere e accumulare l'acqua e i sedimenti ruscellati, favorendo la successiva evaporazione e infiltrazione. Poiché la loro funzione primaria è quella di accumulare l'acqua ruscellata e i sedimenti erosi, essi non contengono solitamente acqua durante tutto l'anno, ma sono sommersi solo durante eventi di ruscellamento. Anche le aree umide naturali, rappresentate da prati e foreste regolarmente soggette a inondazione, possono essere adatte alla raccolta delle acque di ruscellamento, e devono pertanto essere mantenute funzionali.

Barriere protettive a bordo campo

Da applicare con rischio MEDIO

Le barriere protettive a bordo campo sono rappresentate da piccoli argini o altri sbarramenti in terra posti in prossimità del bordo inferiore del campo e hanno lo scopo di trattenere l'acqua di ruscellamento e i sedimenti erosi provenienti dal campo sovrastante. Queste strutture possono essere realizzate sul modello degli argini utilizzati nelle risaie per la gestione delle acque.

Strutture di dispersione: fascine di legno

Da applicare con rischio ALTO

Le fascine sono costruite con fasci di rami inseriti tra tronchi di legno fissati al terreno in modo da formare una struttura posta perpendicolarmente alla pendenza, al fine di interrompere i flussi di ruscellamento concentrato. Esse sono permeabili e permettono di rallentare notevolmente la

velocità dell'acqua e provocarne la dispersione, determinando la sedimentazione delle particelle di terreno trasportate con il flusso d'acqua.

Siepi e aree boschive

Da applicare con rischio ALTO

Le siepi e le aree boschive sono molto efficaci nel favorire l'infiltrazione dell'acqua ruscellata, nel trattenere le particelle di suolo erose e nell'intercettare la deriva. Agiscono, inoltre, come barriere frangivento, migliorano il microclima, stabilizzano le sponde dei corsi d'acqua e creano un habitat favorevole alla fauna selvatica.

Inerbimento permanente delle strade di accesso

Da applicare con rischio BASSO

Le aree di accesso ai campi rappresentano dei potenziali percorsi per lo scorrimento dell'acqua, in particolare nelle strade di accesso poste in pendenza e in presenza di ruscellamento concentrato. Per evitare fenomeni di ruscellamento concentrato nelle aree di passaggio delle macchine è necessario garantire la presenza di una copertura vegetale permanente e ridurre la compattazione del suolo generata dalla pressione delle ruote.

MISURE CHE POSSONO INTERFERIRE CON LA GESTIONE DELLA CULTURA (IN-FIELD MEASURES)

Fascia tampone erbacea all'interno del campo

Da applicare con rischio MEDIO

Le fasce tampone vegetate all'interno dei campi coltivati favoriscono l'infiltrazione dell'acqua proveniente dalle aree poste a monte, soprattutto nel caso di volumi di ruscellamento di ridotta entità. Rispetto alle fasce tampone ripariali, spesso soggette a fenomeni di saturazione del suolo e a ruscellamento concentrato, le fasce tampone all'interno del campo presentano una capacità di infiltrazione nel suolo potenzialmente maggiore, e possono risultare molto efficaci nel contenere il ruscellamento diffuso direttamente alla sorgente.

Arginature/solchi trasversali

Da applicare con rischio MEDIO

L'arginatura trasversale è rappresentata da una serie di piccole barriere in terra o solchi realizzati allo scopo di ostacolare il flusso di ruscellamento diretto verso i campi o il corpo idrico posto a valle. Esse agiscono inoltre nell'allontanamento delle acque in eccesso nei campi, riducendo la possibilità di formazione di ristagni idrici. Per la corretta adozione di queste strutture è necessaria la presenza di aree di accumulo in cui convogliare i flussi di ruscellamento.

Minima lavorazione

Da applicare con rischio ALTO

La minima lavorazione del terreno consente di migliorare la continuità dei pori nello strato superficiale del suolo, favorendo l'infiltrazione dell'acqua in profondità; oltre che aumentare la quantità di residui colturali lasciati sulla superficie del suolo, rallentando i flussi d'acqua superficiali e riducendo l'impatto delle gocce di pioggia sul suolo (formazione di crosta superficiale).

Riduzione della crostosità superficiale

Da applicare SEMPRE

I terreni con una presenza di limo superiore al 30% sono soggetti a fenomeni di ruscellamento a seguito di formazione di crostosità della superficie del suolo. La riduzione della crostosità del terreno può essere ottenuta mediante interventi preventivi volti a ridurre il compattamento e ad aumentare la presenza dei residui organici nel terreno.

Rotazione colturale

Da applicare SEMPRE

La rotazione colturale influenza in maniera importante il contenuto di sostanza organica del suolo con conseguenti effetti sulla struttura del suolo, sulla capacità di ritenzione idrica, sull'infiltrazione dell'acqua e sull'incremento della degradazione e dell'adsorbimento dei prodotti fitosanitari. Il contenimento del ruscellamento può essere ottenuto adottando rotazioni colturali utili a garantire una densa copertura del suolo nei periodi di maggior rischio di ruscellamento.

Colture di copertura

Da applicare con rischio BASSO

La semina di una coltura intercalare dopo la raccolta e prima della semina della coltura da reddito successiva, rappresenta un'efficace misura di mitigazione del rischio di ruscellamento, in grado di fornire un'adeguata copertura vegetale del suolo durante i periodi in cui il suolo rimane nudo.

Lavorazioni lungo le curve di livello

Da applicare con rischio MEDIO

Adottando lavorazioni lungo le curve di livello, la superficie del terreno risultante oppone maggiore resistenza allo scorrimento dell'acqua, garantendo sia il rallentamento del flusso d'acqua sia l'aumento dell'infiltrazione nel suolo e sfavorendo la formazione di flussi di ruscellamento concentrato.

Doppia semina

Da applicare con rischio MEDIO

L'impiego della doppia semina permette di ridurre il volume di acqua ruscellata e la perdita di suolo per erosione, senza l'impiego di fasce tampone aggiuntive. Si realizza ripassando con la seminatrice in alcune aree, in modo da alternare zone nelle quali la densità della coltura è maggiore rispetto a quella nel resto del campo.

Inerbimento interfila in vigneti e frutteti

Da applicare con rischio MEDIO

L'inerbimento nelle colture arboree (vigneti, frutteti, agrumeti, ecc.) permette di ridurre il flusso d'acqua superficiale, aumentandone l'infiltrazione nel suolo e di trattenere i sedimenti trasportati, riducendo quindi in modo efficace il ruscellamento e l'erosione.

Corretto uso dei prodotti fitosanitari

Da applicare SEMPRE

L'impiego dei prodotti fitosanitari può comportare l'adozione di prescrizioni normative riguardanti le condizioni di impiego quali ad esempio il rispetto di distanze dei trattamenti dai corsi d'acqua e l'impiego di attrezzature di distribuzione efficienti e accuratamente tarate.

Irrigazione

Da applicare SEMPRE

L'adozione di tecniche di irrigazione e di volumi di acqua ottimali in relazione alle esigenze delle colture e delle caratteristiche dei suoli sono fattori fondamentali nella prevenzione del rischio di ruscellamento e di drenaggio dell'acqua.

Esempi di applicazione di misure di mitigazione a situazioni reali nei bacini del torrente Tiglione e del fiume Banna

Torrente Tiglione

Di seguito si riportano le misure di mitigazione ritenute più idonee a mitigare il rischio di ruscellamento nella valle del Tiglione, scelte sulla base dei sopralluoghi condotti durante le diagnosi di bacino e di campo.

- Riparazione delle frane e rinforzo delle sponde del torrente Tiglione.
- Rimozione degli inerti e dei detriti presenti nell'alveo del torrente Tiglione.
- Insemediamento di una fascia tampone ripariale erbacea ed arbustiva/arborea, posizionata nei campi adiacenti al corpo idrico, dimensionata come segue:
 - o Fascia tampone erbacea adiacente al corpo idrico di larghezza 5m costituita da essenze graminacee o miscugli di graminacee e leguminose sfalciate con regolarità ad un'altezza non inferiore a 5cm.
 - o Fascia tampone arbustiva posizionata all'interno di quella erbacea di 2m di larghezza 2m costituita da essenze autoctone.
 - o Ove necessario, ridimensionare opportunamente la larghezza delle fasce in funzione della portata del corpo idrico da proteggere.
- Insemediamento di una fascia tampone erbacea di 5m di larghezza (distanza calcolata a partire dalla sponda fino al campo coltivato) in tutti i campi. La necessità di applicazione di questa misura verrà valutata in relazione al carico di ruscellamento stimato per questa area, delle colture maggiormente presenti e della pendenza. Questa fascia dovrà essere costituita dalle stesse specie previste per le fasce insediate nei campi adiacenti il Tiglione.
- Riduzione dell'intensità di lavorazione. Evitare di eseguire arature profonde e praticare la minima lavorazione. Non affinare eccessivamente il terreno ed impiegare colture di copertura nei momenti di assenza della coltura principale.
- Insemediamento di vegetazione spontanea nell'interfila e nelle aree accesso ai campi in frutteti e vigneti. La vegetazione deve essere gestita con 2/3 tagli all'anno. Non concimare, né trattare le aree inerbite, evitando di utilizzarle come aree di transito.
- Predisporre delle aree di accumulo dei flussi di ruscellamento che provengono dai campi a monte, ad esempio di zone incolte, prati, aree boschive, o con la realizzazione di bacini di ritenzione o aree umide.

Esempi di applicazione di misure di mitigazione nel bacino del torrente Tiglione.

1. Realizzazione di fasce tampone ripariali erbacee ed arboree ai margini dei campi adiacenti al corso d'acqua.

Caratteristiche

Le fasce tampone ripariali sono aree ricoperte da vegetazione, spontanea o seminata, situate lungo i corsi d'acqua (Barling et al., 1994; Rankins et al., 2001; 2005). Queste strutture riducono efficacemente il ruscellamento favorendo l'infiltrazione dell'acqua nel suolo, trattenendo i sedimenti di suolo eroso e rallentando la velocità dell'acqua in superficie. Le fasce tampone proteggono, inoltre, le sponde dei fiumi dagli smottamenti (rinforzamento delle sponde), migliorano le condizioni ecologiche dei corsi d'acqua (nutrimento, ombreggiatura), aumentano la biodiversità dell'ecosistema, favorendo la diffusione di diverse specie animali e vegetali, e contribuiscono alla connessione dell'ecosistema (corridoi di passaggio per gli animali). Tali tipologie di fasce tampone sono di notevole interesse per limitare i rischi di contaminazione delle acque legati alla deriva durante la distribuzione dei prodotti fitosanitari (Dabney et al., 2006). L'efficacia di questa misura risulta maggiore se vengono adottate associazioni di fasce tampone erbacee e siepi o strutture legnose (cespugli, alberi). Le fasce tampone ripariali sono quindi in grado di raggiungere differenti obiettivi ambientali, garantendo la protezione dei corpi idrici superficiali dalla contaminazione di prodotti fitosanitari, sedimenti erosi, elementi nutritivi (azoto e fosforo) e patogeni (Phillips, 1989; Patty et al, 1997; Poyakov et al., 2005; Popov et al., 2006).

Condizione iniziale

È rappresentata dalla totale assenza di vegetazione ripariale erbacea ed arborea/arbustiva lungo un tratto del torrente Tiglione. Le lavorazioni del terreno, eseguite molto vicino al torrente, sono causa di frane e dissesti delle sponde. La vegetazione ripariale, ove presente, fornisce una discreta protezione dal rischio di ruscellamento di contaminanti.

Elementi rilevati

Data rilievo	Novembre 2014
Comune	Vinchio (AT)
Coltura	Mais
Dimensioni campo	3,7 ha
Lavorazioni	Aratura profonda
Pratiche colturali	Rotazione mais/cereale vernino
Stato del campo al momento del rilievo	Suolo nudo lavorato
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Assenti
Rischio di ruscellamento	Alto rischio

Condizione iniziale



Assenza di vegetazione ripariale.

Intervento proposto



Esempio di inserimento di una fascia erbacea e di vegetazione arborea ripariale.

Intervento proposto



Realizzazione di fascia tampone erbacea ed arborea.

Intervento proposto



Realizzazione di fascia tampone erbacea ed arborea.

Interventi proposti

In tale situazione è necessario realizzare una fascia erbacea seminata o spontanea per una larghezza non inferiore ai 5m.

Specie consigliate: specie autoctone non invasive, in grado di adattarsi alle condizioni locali (ad es. inondazioni ripetute), con apparato fogliare sufficientemente rigido per resistere al flusso d'acqua superficiale e in grado di garantire una densa copertura della fascia.

Gestione: praticare 2/3 tagli ogni anno. Provvedere alla rimozione o alla dispersione dei sedimenti accumulati sulle fasce per evitare la limitazione dell'efficacia mitigativa della misura. Non concimare, fertilizzare o distribuire prodotti fitosanitari sulle fasce e non utilizzarle come area di passaggio per le macchine agricole.

Insedimento di una fascia tampone arborea/arbustiva sui due lati del torrente, per un larghezza non inferiore ai 2m. Impiegare specie autoctone in grado di insediarsi in aree ripariali.

Specie consigliate per l'area del Tiglione: specie autoctone non invasive.

Gestione: provvedere alla regolare potatura delle piante.

In caso di campi con lunghezza ridotta, si può considerare la possibilità di sovrapporre la vegetazione arborea a quella erbacea.

Vantaggi/Efficacia

La presenza contemporanea delle due fasce consente di ridurre notevolmente il rischio di ruscellamento, favorendo l'infiltrazione dell'acqua e la trattenuta dei sedimenti erosi. La vegetazione arborea/arbustiva, oltre a costituire un'efficace barriera di protezione dalla deriva dei prodotti fitosanitari, consente anche di stabilizzare maggiormente le sponde del torrente.

Applicabilità

Per l'applicazione di queste misure è necessario far fronte, inizialmente, alle spese per l'impianto delle specie arboree/arbustive e per l'insediamento della vegetazione erbacea. Successivamente, è necessario sostenere i costi relativi alla gestione della fascia e della essenze arboree.

Nell'insediamento di una fascia tampone, il principale fattore limitante è rappresentato dall'area occupata dalla fascia stessa, che si traduce in una minore superficie agricola utilizzabile. In alcuni casi, anche l'ombreggiamento prodotto dalle specie arboree può rappresentare un fattore limitante per lo sviluppo delle colture agrarie.

2. Realizzazione di strutture di dispersione e canali vegetati per la dispersione e l'infiltrazione delle acque di ruscellamento.

Caratteristiche

Queste strutture sono principalmente costituite da canali, fossi, fascine, minidighe. I canali e i fossi vegetati hanno lo scopo di trattenere i sedimenti erosi e favorire l'infiltrazione e l'evaporazione dell'acqua di ruscellamento o di drenaggio, in modo da proteggere le aree poste a valle dall'apporto di acqua e sedimenti. Queste strutture, solitamente, non contengono acqua per l'intera stagione colturale, ma sono impiegate esclusivamente per convogliare l'acqua di ruscellamento o di drenaggio in seguito a eventi piovosi. I canali e fossi vegetati rappresentano in genere la miglior soluzione nell'ambito delle strutture di ritenzione, e trovano impiego, ad esempio, lungo il bordo delle strade o tra campi adiacenti. Poiché la loro funzione principale è quella di trattenere l'acqua all'interno del bacino, è necessario che non si creino possibilmente collegamenti diretti tra queste strutture e i corpi idrici superficiali. L'inserimento e il posizionamento dei canali e dei fossi vegetati dovrà preferibilmente essere definito a livello di bacino nella fase di diagnosi del campo.

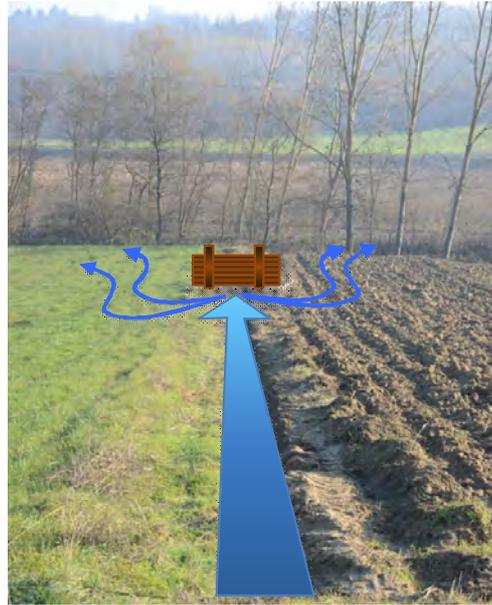
Le fascine sono costruite con fasci di rami inseriti tra tronchi di legno fissati al terreno in modo da formare una struttura posta perpendicolarmente alla pendenza, al fine di interrompere i flussi di ruscellamento concentrato. Sono strutture permeabili, in grado di rallentare notevolmente la velocità dell'acqua e provocarne la dispersione, determinando la sedimentazione delle particelle di sabbia e limo trasportate con il flusso d'acqua. Le fascine costruite impiegando legno vivo rimangono funzionali a lungo e richiedono la sostituzione dei fasci di rami ogni 3-4 anni, mentre quelle a base di legno morto assicurano una protezione efficace per periodi di circa 2-3 anni. Le mini-dighe sono costruite alla foce dei ruscelli o canali di modeste dimensioni impiegando pietre e tronchi di legno. Come per le fascine, anche le mini-dighe sono permeabili all'acqua e garantiscono sia la dispersione dei flussi di ruscellamento, sia la sedimentazione delle particelle in sospensione. Queste strutture sono costruite sull'intera sezione del corso d'acqua, ancorando saldamente i tronchi di legno con gli argini e con il fondo del canale. Le mini-dighe possono essere temporanee o permanenti, e richiedono una manutenzione regolare ogni 2-3 anni.

Condizione iniziale



Canale di raccolta a bordo campo.

Intervento proposto



Esempio di inserimento di una barriera artificiale dispersiva.

Intervento proposto



Mini-diga costruita con pietre e tronchi.

Intervento proposto



Sbarramenti realizzati con pietre e manufatti in cemento.

Condizione iniziale

Sono presenti alcuni canali di raccolta delle acque posizionati tra due campi coltivati che convogliano l'acqua proveniente da monte e dai campi stessi direttamente all'interno del torrente Tiglione, senza alcuna barriera al flusso di acqua e di sedimenti. In molti casi sono stati rilevati depositi di materiale

eroso nella parte a valle dei canali. Il rischio di contaminazione delle acque legato alla presenza di queste strutture risulta particolarmente elevato.

Elementi rilevati

Data rilievo	Novembre 2014
Comune	Belveglio (AT)
Coltura	Prato permanente
Dimensioni campo	1,9 ha
Lavorazioni	-
Pratiche colturali	Sfalcio periodico
Stato del campo al momento del rilievo	Copertura totale
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Segni evidenti di erosione nel canale laterale al campo
Rischio di ruscellamento	Medio rischio

Interventi proposti

Gli interventi si riferiscono all'insediamento di una vegetazione erbacea spontanea o comunemente diffusa nell'areale (non invasiva) all'interno dei canali impiegati per l'allontanamento delle acque in eccesso.

Una corretta gestione prevede di sfalciare regolarmente la vegetazione per permettere il deflusso idrico evitando la disseminazione delle specie presenti, rimuovere periodicamente i sedimenti trasportati dalle acque, limitare lo scambio idrico con la falda acquifera e insediare una copertura vegetale in grado di tollerare le condizioni di sommersione, limitare lo scambio idrico con la falda acquifera, rivestendo il fondo e le sponde dei canali con terreno proveniente dall'orizzonte organico (es. terriccio con alto contenuto di sostanza organica), se possibile con tessitura limosa o argillosa.

È consigliata altresì la sistemazione di fascine o la realizzazione di mini-dighe in senso perpendicolare alla pendenza, sistemandole tra tronchi di legno fissati al terreno in modo da formare strutture simili ad argini permeabili ed interrando parzialmente. Dimensionare le strutture in funzione sia dell'ampiezza del canale/fosso, sia dei volumi di ruscellamento stimato.

Vantaggi/Efficacia

I canali e i fossi vegetati, essendo di natura spesso transitoria, costituiscono una particolare forma di area umida artificiale e, come dimostrato da alcuni studi, sono in grado di facilitare la degradazione dei prodotti fitosanitari nelle acque di ruscellamento. La capacità di ritenzione di tale struttura è variabile, poiché dipende della quantità di acqua ruscellata che viene trattenuta per ciascun evento piovoso. I prodotti fitosanitari maggiormente trattenuti sono quelli poco solubili in acqua, che entrano nell'ecosistema acquatico legati alle particelle di suolo erose e che possono essere trattenuti in modo abbastanza efficace dalla vegetazione presente nei canali e nei fossi.

Le fascine e le mini-dighe, realizzate con tronchi, rami e pietre, hanno la capacità di rallentare e disperdere i flussi di ruscellamento, oltre che di trattenere le particelle di suolo erose. L'impiego di questa misura in combinazione con i canali e fossi vegetati consente di sfruttare i vantaggi di entrambe le misure e di migliorare sia la capacità di infiltrazione dell'acqua, sia la capacità di trattenuta dei sedimenti erosi.

Applicabilità

L'insediamento di una vegetazione erbacea all'interno dei canali risulta di facile applicazione, in particolare nel caso di sviluppo di una vegetazione spontanea. Per l'adozione di questa misura non sono richiesti particolari investimenti finanziari oltre al costo per il loro sfalcio periodico. L'impiego di strutture di dispersione richiede, invece, un significativo onere finanziario e di lavoro, che deve essere attentamente valutato prima del loro allestimento.

3. Ripristino della viabilità nelle strade di accesso ai vigneti e realizzazione di inerbimento permanente e strutture di dispersione.

Caratteristiche

Le aree di accesso ai campi rappresentano dei potenziali percorsi per lo scorrimento dell'acqua, in particolare nelle strade di accesso poste in pendenza e nelle aree del bacino in cui si originano i flussi di ruscellamento concentrato. Per evitare fenomeni di ruscellamento concentrato ed erosione per solchi nelle aree di passaggio delle macchine è importante garantire la presenza di una copertura vegetale permanente e ridurre la compattazione del suolo generata dalla pressione delle ruote.

Condizione iniziale



Erosione in strada di accesso (novembre 2011).

Intervento proposto



Esempio di inerbimento della strada e adozione di barriere.

Intervento realizzato



Condizione attuale (settembre 2014).

Intervento realizzato



Condizione attuale (gennaio 2015).

Condizione iniziale

Si è osservata un'accentuata erosione a solchi in strada di accesso ai vigneti, con incisioni che raggiungono i 60-70cm di profondità. Tale erosione è localizzata in corrispondenza delle carreggiate per il passaggio delle macchine agricole. Il fenomeno è in gran parte legato all'assenza di inerbimento della strada dovuta a difficoltà di insediamento della vegetazione, dalla tessitura limosa del suolo e dal compattamento operato dalle macchine agricole durante il loro passaggio. A valle del vigneto si è osservato un evidente accumulo di sedimenti trasportati dalla superficie posta a monte.

Elementi rilevati

Data rilievo	Novembre 2011, settembre 2014
Comune	Belveglio (AT)
Coltura	Vigneto
Dimensioni campo	2 ha
Lavorazioni	-
Pratiche colturali	Inerbimento spontaneo
Stato del campo al momento del rilievo	Suolo nudo in strada accesso
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Segni evidenti di erosione in strada di accesso
Stima soggettiva rischio di ruscellamento	Alto rischio

Interventi proposti

Si propone di favorire l'insediamento di una copertura erbacea robusta, permanente, con radici profonde, in grado di tollerare i sedimenti e di resistere al calpestamento delle macchine.

Specie: erba medica (*Medicago sativa*).

Gestione: si consiglia di sfalciare regolarmente la vegetazione per mantenere l'efficienza della copertura nella mitigazione del ruscellamento. Si propone altresì di ridurre il compattamento del suolo generato dalla pressione delle ruote nelle aree di passaggio delle macchine. Si propone anche di consolidare il fondo delle carreggiate apportando su di esso uno strato di ghiaia grossa. Si dovrà altresì procedere alla rimozione dei sedimenti accumulati, utilizzandoli per colmare i solchi provocati dall'erosione.

Si consiglia anche l'adozione di piccole barriere di legno sulla strada di accesso al vigneto disponendole perpendicolarmente alla pendenza e fissandole al terreno a mezzo di picchetti di ferro. Per consentire il passaggio delle ruote delle macchine, posizionare le barriere solo al centro della strada. L'impiego di queste strutture di dispersione consente di ridurre la velocità di scorrimento dell'acqua, di ridurre l'erosione del suolo e di disperdere lateralmente l'acqua ruscellata.

Vantaggi /Efficacia

L'impiego dell'inerbimento e di barriere di dispersione nelle strade di accesso consente di ridurre fortemente il rischio di formazione di vie preferenziali in grado di generare il ruscellamento concentrato.

Applicabilità

L'inerbimento delle strade di accesso risulta di facile applicazione, poiché sono richiesti investimenti finanziari minimi. Oltre al costo della semente, è necessario infatti considerare solo il costo per lo sfalcio periodico della vegetazione. Nel caso di adozione di barriere, è necessario considerare il costo del materiale e della loro posa in opera.

4. Adozione di interventi di minima lavorazione e riduzione della crostosità superficiale.

Caratteristiche

La minima lavorazione del terreno consente di ridurre il ruscellamento a seguito di una serie di azioni dirette ed indirette legate alle specifiche caratteristiche fisico-chimiche che si determinano nel suolo. Permette di migliorare la continuità dei pori nello strato superficiale del suolo, favorendo l'infiltrazione dell'acqua in profondità; aumenta la quantità di residui colturali lasciati sulla superficie del suolo, rallentando i flussi d'acqua superficiali e riducendo l'impatto delle gocce di pioggia sul suolo (formazione di crosta superficiale); favorisce l'attività biologica nei primi orizzonti di suolo (numero di lombrichi, attività microbica), garantendo la creazione di macropori e aggregati stabili; agisce favorevolmente sulla struttura e sul pH del suolo (Prokopy et al., 2008; Rabotyagov et al., 2010). Al fine di aumentare l'efficacia di mitigazione, è necessario eseguire le lavorazioni all'inizio della stagione colturale (lavorazione primaverile).

I terreni con una presenza di limo superiore al 30% sono soggetti a fenomeni di ruscellamento a seguito di formazione di crostosità della superficie del suolo. In queste condizioni si rendono necessari interventi per aumentare la capacità di infiltrazione nel terreno.

Condizione iniziale

Si riscontra nel bacino una diffusa tendenza ad adottare lavorazioni del terreno con aratura profonda (fino a 60cm). Alquanto diffusa è la presenza di crostosità superficiale del suolo.

Elementi rilevati

Data rilievo	Gennaio 2015
Comune	Belveglio (AT)
Coltura	Mais
Dimensioni campo	4,9 ha
Lavorazioni	Aratura profonda (60cm)
Pratiche colturali	Rotazione mais/cereale vernino
Stato del campo al momento del rilievo	Suolo nudo
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Segni di erosione a valle del campo, presenza crosta superficiale
Rischio di ruscellamento	Medio rischio

Interventi proposti

Si suggerisce di sostituire l'aratura con altre operazioni meccaniche che non prevedono il rovesciamento degli orizzonti del terreno. A questo scopo si propone di utilizzare attrezzature in grado di operare superficialmente o che richiedono un minor numero di passaggi.

La riduzione della crostosità del terreno può essere ottenuta mediante interventi preventivi volti a ridurre il compattamento e ad aumentare la presenza dei residui organici nel terreno, quali

l'apporto di materiale organico, il mantenimento dei residui colturali sulla superficie del terreno e l'impiego di idonee colture di copertura. Oltre a questi, risulta utile eseguire le lavorazioni quando il suolo non è eccessivamente umido, impiegare pneumatici a bassa pressione e provvedere alla rottura della crosta, non appena questa si forma.

Condizione iniziale



Aratura profonda del suolo.

Intervento proposto



Minima lavorazione.

Condizione iniziale



Crostosità superficiale.

Intervento proposto



Interventi di rottura della crosta e degli strati impermeabili sottosuperficiali.

Vantaggi /Efficacia

L'efficacia della minima lavorazione è elevata, soprattutto nei casi in cui il ruscellamento è principalmente causato da una cattiva gestione del suolo (es. formazione di crosta superficiale). Una corretta gestione del suolo può ridurre il ruscellamento di circa il 50% e l'erosione fino al 90%. Le pratiche di minima lavorazione e di semina su sodo tendono, inoltre, a ridurre la mineralizzazione dell'azoto organico legato e ad aumentare la denitrificazione, riducendo in tal modo la quota di azoto lisciviato nel suolo. La minima lavorazione esplica inoltre una azione favorevole sulla biodiversità del suolo e garantisce un risparmio energetico derivante dalla minore energia richiesta per le lavorazioni.

Tutte le operazioni che consentono di ridurre la formazione di crosta superficiale rappresentano delle efficaci misure per la mitigazione del ruscellamento e dell'erosione, essenzialmente dovuto all'incremento dell'infiltrazione dell'acqua nel suolo. Il maggior contenuto di sostanza organica negli strati superficiali favorisce l'aggregazione delle particelle, riducendo in tal modo la tendenza a formare crosta. Inoltre, la presenza di residui colturali sulla superficie del suolo riduce l'effetto disgregante delle gocce di pioggia a carico degli aggregati di suolo. L'interramento delle stoppie subito dopo la raccolta della coltura e l'impiego di idonee colture di copertura sono in grado di garantire una costante copertura del suolo utile a limitare la formazione di crosta.

Applicabilità

In terreni con elevato contenuto di argilla può essere necessario eseguire lavorazioni superficiali al fine di evitare la compattazione del suolo e ridurre la formazione di crepe nel suolo durante la stagione estiva.

L'adozione della minima lavorazione è sconsigliata in suoli dotati di rete di drenaggio artificiale. Questa scelta deriva dalla necessità di limitare il più possibile la formazione, durante il periodo estivo, di crepe nel suolo, in grado di originare flussi d'acqua preferenziali tra la superficie del suolo ed il sistema di drenaggio.

Il maggiore impiego di prodotti fitosanitari nella gestione con minima lavorazione, derivante da una maggiore pressione esercitata dai parassiti, può rappresentare talvolta un fattore critico nell'adozione di questa tecnica di coltivazione.

5. Adozione di inerbimento permanente nell'interfila di vigneti e frutteti.

Caratteristiche

L'inerbimento nelle colture arboree (vigneti, frutteti, agrumeti, ecc.) permette di ridurre lo scorrimento dell'acqua sulla superficie del terreno, di aumentarne l'infiltrazione nel suolo e di trattenere i sedimenti trasportati, riducendo, quindi, in modo efficace il ruscellamento e l'erosione (Wauchope et al., 1995). L'inerbimento viene in genere realizzato a partire da qualche anno dopo l'impianto della coltura arborea (in genere 3-4 anni) e viene mantenuto per tutta l'esistenza dell'impianto. Nelle aree in cui l'acqua è un fattore limitante, la copertura vegetale può creare problemi competitivi alla coltura arborea. In tali situazioni, per la scelta della specie da utilizzare è necessario prendere in considerazione le caratteristiche pedoclimatiche dell'area, ricorrendo, quando necessario, a specie annuali (es. favino) o all'utilizzo di materiale organico (ad es. paglia, compost) da disporre sulla superficie del terreno.

Condizione iniziale



Intervento proposto



Interfila non inerbita in vigneto con evidenti segni di erosione. *Inerbimento interfila in vigneto.*

Condizione iniziale

Questa misura deriva dall'esigenza di porre rimedio all'assenza di inerbimento nell'interfila di alcuni vigneti, con conseguente formazione di incisioni anche profonde del suolo (fino a 30cm) e trasporto di sedimenti. Tale situazione è determinata sia dalla tessitura del suolo, che ostacola la crescita della vegetazione erbacea, sia dalla errata gestione dell'interfila.

Elementi rilevati	
Data rilievo	Dicembre 2014
Comune	Belveglio (AT)
Coltura	Vigneto
Dimensioni campo	2 ha
Lavorazioni	-
Pratiche colturali	Diserbo interfila
Stato del campo al momento del rilievo	Assenza di copertura vegetale nell'interfila
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Segni evidenti di erosione
Rischio di ruscellamento	Alto rischio

Interventi proposti

L'inerbimento del vigneto proposto consente di ridurre la formazione del ruscellamento all'origine e di mitigare eventuali fenomeni di ruscellamento generati a monte.

Si suggerisce di realizzare l'inerbimento nell'interfila, favorendo lo sviluppo di vegetazione spontanea o ricorrendo alla semina di essenze poliennali principalmente graminacee (es. *Festuca arundinacea*) Effettuare sfalci regolari (10-15 cm di altezza) per garantire la copertura continua del suolo, aumentare l'azione di mitigazione del ruscellamento e limitare gli effetti sfavorevoli sulle colture. Apportare materiali organici sulla superficie del suolo se la coltura di copertura non è in grado di garantire una completa copertura del terreno.

Vantaggi /Efficacia

Negli impianti arborei localizzati in aree con pendenza ridotta, l'efficacia dell'impiego di colture di copertura nella mitigazione del ruscellamento può raggiungere valori prossimi al 100%. In aree fortemente declivi tale efficacia risulta invece inferiore, rendendo necessaria l'applicazione di ulteriori misure di mitigazione per ridurre i rischi di ruscellamento ed erosione. Elementi determinanti per l'efficacia delle colture di copertura sono l'altezza della copertura vegetale (inferiore a 25 cm), e la resistenza degli steli delle piante all'azione esercitata dal flusso dell'acqua superficiale.

Applicabilità

Nella fase di scelta della specie, è opportuno considerare anche tutti gli aspetti in grado di migliorare la biodiversità e di favorire la diffusione delle api. L'inerbimento nell'interfila di frutteti e vigneti richiede necessariamente di adattare le tecniche di gestione alle specifiche condizioni colturali. Oltre all'eventuale costo della semente, è necessario considerare il costo per lo sfalcio periodico della vegetazione.

6. Insediamento e corretta gestione delle aree boschive.

Condizione iniziale



Intervento proposto



Risultato dell'abbattimento di una fascia boschiva in zona ripariale. Insediamento di aree boschive.

Condizione iniziale

La vegetazione arborea ripariale adiacente al Tiglione è stata in molti casi espantata o ridotta notevolmente, allo scopo di aumentare la superficie da destinare alla semina. Queste situazioni, oltre a favorire il rischio di ruscellamento, sono spesso la causa di ridotta stabilità delle sponde del torrente, con conseguenti frane, talvolta anche molto importanti. In alcuni casi, le aree boschive a fine ciclo sono sostituite con seminativi.

Elementi rilevati

Data rilievo	Gennaio 2015
Comune	Mombercelli (AT)
Coltura	Mais
Dimensioni campo	3,4 ha
Lavorazioni	Aratura profonda – 60cm
Pratiche colturali	Rotazione mais/cereale vernino
Stato del campo al momento del rilievo	Suolo nudo
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Assenza barriera ripariale a valle del campo. Vegetazione ripariale scarsa
Rischio di ruscellamento	Alto rischio

Interventi proposti

Si propone di insediare aree boschive lungo i pendii ripidi ed i terreni declivi prossimi ai corsi d'acqua, e dimensionare queste aree in funzione del carico di ruscellamento stimato proveniente dai campi posti a monte.

Si consiglia inoltre di evitare che le strade e i sentieri all'interno dell'area boschiva possano costituire percorsi preferenziali per l'acqua. In caso di necessità, per formazioni sull'impianto e

sulla manutenzione dei boschi, si può ricorrere all'assistenza offerta dai servizi forestali locali e regionali.

Vantaggi /Efficacia

Le aree boschive sono in grado di ridurre il trasporto e la perdita di prodotti fitosanitari e nutrienti e di intercettare gli inquinanti portati dall'aria (ad es. deriva ed erosione eolica del suolo). Agiscono, inoltre, come barriere frangivento, migliorano il microclima, stabilizzano le sponde dei corsi d'acqua e creano un habitat favorevole alla fauna selvatica. L'efficacia di mitigazione delle aree boschive è principalmente legata alle loro dimensioni (in genere di altezza superiore a 10 m), a alla loro elevata capacità di favorire l'infiltrazione dell'acqua nel suolo, in genere superiore rispetto al normale suolo coltivato.

Applicabilità

L'insediamento di aree boschive richiede un elevato investimento iniziale per la messa a dimora dell'impianto, oltre a investimenti periodici per il mantenimento della vegetazione durante il suo ciclo di crescita, recuperati al momento del taglio del legno.

Le aree boschive possono derivare da boschi naturali, o possono essere specificamente realizzate per scopi ecologici o economici. L'applicazione di questa misura permette in generale di accedere a finanziamenti nell'ambito dei programmi di sviluppo rurale. La selezione delle specie più adatte all'impianto dipende dagli obiettivi che si vogliono raggiungere: miglioramento della biodiversità, produzione di legno pregiato, produzione di legno di bassa qualità e basso costo.

Fiume Banna

Sulla base dei sopralluoghi condotti durante le diagnosi di campo e di bacino nella valle Banna vengono proposte di seguito alcune misure di mitigazione, ritenute più adatte per la riduzione del rischio di ruscellamento in questo contesto ambientale.

Azioni necessarie a ristabilire una situazione di basso rischio di contaminazione delle acque da prodotti fitosanitari nel bacino del fiume Banna

- Insediamento di una fascia tampone ripariale erbacea ed arbustiva/arborea, posizionata nei campi adiacenti il corpo idrico, dimensionata come segue:
 - o Fascia tampone erbacea adiacente al corpo idrico di larghezza 5m costituita da essenze graminacee o miscugli di graminacee e leguminose sfalciate con regolarità ad un'altezza non inferiore a 5cm.
 - o Fascia tampone arbustiva posizionata all'interno di quella erbacea di 2m di larghezza 2m costituita da essenze autoctone.
- Realizzazione di canali vegetati permanenti e/o temporanei e di aree di accumulo per infiltrazione dell'acqua in eccesso (esempio: zone incolte, prati, aree boschive, bacini di ritenzione/aree umide).
- Realizzazione di barriere/arginature a bordo campo per limitare il trasferimento dei flussi d'acqua all'esterno di ciascun campo.
- Adozione di colture di copertura allo scopo di evitare condizioni di suolo nudo durante il periodo di assenza della coltura.

Esempi di applicazione di misure di mitigazione nel bacino del fiume Banna.

1. Realizzazione di fasce tampone erbacee ed arboree ai margini dei campi adiacenti al corso d'acqua.

Condizione iniziale



Assenza di vegetazione ripariale.

Intervento proposto



Fascia tampone erbacea ed arborea in zona ripariale.

Condizione iniziale

Si evidenzia la mancanza di vegetazione ripariale erbacea ed arborea/arbustiva lungo la maggior parte del corso del fiume Banna nel tratto considerato. Le lavorazioni del terreno, anche se eseguite molto vicino al corpo idrico superficiale, non sono causa di frane e/o dissesto delle sponde. Quando presente, la vegetazione ripariale è piuttosto limitata e verosimilmente non sufficiente a proteggere efficacemente dal rischio di ruscellamento di contaminanti.

Elementi rilevati

Data rilievo	Dicembre 2014
Comune	Villanova d'Asti
Coltura	Prato polifita
Dimensioni campo	1 ha
Lavorazioni	Aratura tradizionale
Pratiche colturali	Rotazione mais/prato
Stato del campo al momento del rilievo	Seminato
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Assenza di vegetazione ripariale
Rischio di ruscellamento	Medio rischio

Interventi proposti

Si propone la realizzazione di una fascia tampone sui due lati del torrente, costituita da specie erbacee ed arboree/arbustive, per una larghezza complessiva non inferiore a 5m. A partire dal

campo e in direzione del corso d'acqua, si deve rispettare la sequenza: fascia erbacea – fascia arbustiva/arborea. La fascia arbustiva/arborea va collocata a ridosso del ciglio di sponda.

Fascia erbacea

Da realizzare sui due lati del torrente, utilizzando specie con apparato fogliare sufficientemente rigido per resistere al flusso d'acqua superficiale e in grado di garantire una densa copertura della fascia. Per una corretta gestione della fascia si devono prevedere 2/3 sfalci all'anno e provvedere alla rimozione o alla dispersione dei sedimenti eventualmente accumulati. La fascia non deve essere utilizzata come area di passaggio per le macchine agricole e non deve essere interessata dall'applicazione di fertilizzanti, né di prodotti fitosanitari.

Fascia tampone arborea/arbustiva

Da realizzare sui due lati del torrente, per una larghezza non inferiore ai 2m. Impiegare specie autoctone in grado di insediarsi in aree ripariali. In campi con lunghezza ridotta, si può considerare la possibilità di sovrapporre la vegetazione arborea a quella erbacea.

Vantaggi /Efficacia

L'insediamento di una fascia tampone costituita da essenze erbacee ed arboree/arbustive consente di ridurre efficacemente il rischio di ruscellamento, favorendo l'infiltrazione dell'acqua e la trattenuta dei sedimenti erosi, oltre a favorire la stabilizzazione delle sponde del corso d'acqua. Essa costituisce inoltre una valida barriera di protezione dalla deriva dei prodotti fitosanitari.

Applicabilità

L'applicazione di queste misure richiede il sostenimento delle spese legate all'impianto e alla gestione (tagli/potature) delle specie arboree/arbustive ed erbacee impiegate. Nell'insediamento di una fascia tampone, il principale fattore limitante è rappresentato dall'area occupata dalla fascia stessa, che si traduce in una minore superficie agricola utilizzabile. In alcuni casi, anche l'ombreggiamento prodotto dalle specie arboree può rappresentare un fattore limitante per lo sviluppo delle colture agrarie.

2. Realizzazione di canali vegetati permanenti o temporanei.

Condizione iniziale



Canale temporaneo non vegetato.

Intervento proposto



Canale permanente vegetato.

Condizione iniziale

Si è osservata la presenza di numerosi canali temporanei creati per l'allontanamento delle acque dal campo. Tali strutture convogliano il flusso d'acqua direttamente nel fiume, rappresentando una pericolosa via preferenziale per il trasporto dei contaminanti al corpo idrico. In alcuni casi si evidenzia la presenza di canali permanenti vegetati.

Elementi rilevati

Data rilievo	Dicembre 2014
Comune	Villanova d'Asti
Coltura	Prato polifita
Dimensioni campo	3,7 ha
Lavorazioni	Aratura tradizionale
Pratiche colturali	Rotazione mais/prato
Stato del campo al momento del rilievo	Seminato
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Segni di ruscellamento all'interno dei canali di raccolta delle acque
Rischio di ruscellamento	Medio rischio

Interventi proposti

Gli interventi si riferiscono all'insediamento all'interno dei canali di specie autoctone non invasive, in grado di adattarsi a condizioni di saturazione e inondazioni ripetute, e con apparato fogliare sufficientemente rigido per resistere al flusso d'acqua superficiale.

Per la gestione occorre prevedere 1/2 sfalci ogni anno e provvedere alla rimozione o alla dispersione dei sedimenti accumulati al loro interno. Non concimare, fertilizzare o distribuire prodotti fitosanitari all'interno dei canali e limitare i passaggi delle macchine agricole al di sopra di essi.

Si propone di realizzare aree di accumulo (ad es. zone incolte, prati, aree boschive, bacini di ritenzione, aree umide) in cui distribuire l'acqua raccolta da questi canali, allo scopo di favorire l'infiltrazione, l'evaporazione e la degradazione dei contaminanti. Nel caso di assenza di aree da destinare a questo scopo è possibile orientare il flusso d'acqua direttamente sulla fascia tampone, previa interruzione del flusso concentrato prima del raggiungimento della fascia stessa (es. inserimento di strutture di dispersione al termine del canale, interruzione del canale qualche metro prima della fascia), in modo da evitare che l'azione erosiva del flusso concentrato determini la formazione di vie preferenziali all'interno della fascia stessa.

Vantaggi /Efficacia

I canali e i fossi vegetati sono in grado di facilitare la degradazione dei prodotti fitosanitari nelle acque di ruscellamento. La capacità di ritenzione di tale struttura è variabile, poiché dipende della quantità di acqua ruscellata che viene trattenuta per ciascun evento piovoso (Fiener e Auerswald, 2003). I prodotti fitosanitari maggiormente trattenuti sono quelli poco solubili in acqua, che entrano nell'ecosistema acquatico legati alle particelle di suolo erose e che possono essere trattenuti in modo abbastanza efficace dalla vegetazione presente nei canali e nei fossi.

Applicabilità

L'insediamento di una vegetazione erbacea all'interno dei canali risulta di facile applicazione, in particolare nel caso di sviluppo di una vegetazione spontanea. Per l'adozione di questa misura non sono richiesti particolari investimenti finanziari oltre al costo per il loro sfalcio periodico.

3. Impiego di colture di copertura.

Caratteristiche

La semina di una coltura intercalare dopo la raccolta e prima della semina della coltura da reddito successiva rappresenta un'efficace misura di mitigazione del rischio di ruscellamento ed erosione, in grado di fornire un'adeguata copertura vegetale del suolo durante i periodi in cui il suolo rimane nudo.

L'impiego di colture di copertura permette in particolare di ridurre l'impatto della pioggia sulla superficie del suolo, incrementare il contenuto di sostanza organica nel terreno e quindi anche la stabilità degli aggregati e la resistenza alla compattazione del suolo, migliorare l'infiltrazione dell'acqua e ridurre il volume di acqua ruscellato. Le colture di copertura hanno anche un effetto benefico sulla riduzione delle perdite di nutrienti nelle acque.

La scelta della coltura di copertura più adatta dipende dal tempo disponibile per la sua crescita, dalle condizioni e dall'umidità del suolo, e dalle esigenze della coltura che dovrà essere seminata in seguito. Le regioni climatiche maggiormente adatte all'impiego delle colture di copertura sono quelle umide e sub-umide, in cui le precipitazioni sono sufficienti ai fabbisogni della coltura e distribuite in maniera uniforme.

Condizione iniziale



Suolo nudo durante l'assenza della coltura.

Intervento proposto



Mais seminato su sodo dopo coltura intercalare (nell'esempio dopo Phacelia tanacetifolia.)

Condizione iniziale

Si osserva una generale tendenza al mantenimento di condizioni di suolo nudo durante la stagione invernale. Tale gestione del suolo determina, in modo particolare nei campi adiacenti al fiume Banna, un elevato rischio di trasferimento di contaminanti al corpo idrico.

Elementi rilevati	
Data rilievo	Dicembre 2014
Comune	Villanova d'Asti
Coltura	Mais
Dimensioni campo	1 ha
Lavorazioni	Aratura tradizionale
Pratiche colturali	Rotazione mais/prato
Stato del campo al momento del rilievo	Stoppie di mais
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Sì
Rischio di ruscellamento	Medio rischio

Interventi proposti

Si propone di adattare il tipo di coltura di copertura alla durata della stagione di crescita e delle esigenze della coltura in successione, preferendo lunghi periodi vegetativi, e di favorire un rapido insediamento della coltura di copertura, seminando, se possibile, in senso trasversale rispetto alla pendenza del terreno.

Si consiglia inoltre di considerare il momento più idoneo alla semina al fine di ottenere un buon insediamento della coltura, tenendo conto dell'esigenza di disporre di una adeguata copertura vegetale durante tutto il periodo intercolturale.

Vantaggi /Efficacia

L'efficacia di questa misura è legata alla capacità di insediamento della coltura di copertura al momento degli eventi piovosi in grado di generare ruscellamento. Una copertura vegetale fitta e ben insediata è infatti in grado di eliminare quasi completamente il rischio di ruscellamento ed erosione (Reichenberger et al., 2007).

Applicabilità

L'adozione di colture intercalari di copertura può interferire con la crescita della coltura successiva a causa di:

- Presenza di residui della coltura di copertura in grado di ostacolare le operazioni di semina, con rallentamento e irregolarità nell'emergenza a causa di un ridotto contatto tra suolo e seme;
- consumo delle risorse idriche del suolo;
- effetti allelopatici dei residui colturali della coltura di copertura;
- aumento del numero di patogeni fungini, insetti, lumache, malattie e altri parassiti nel terreno.

4. Realizzazione di solchi e aree umide vegetate/bacini di ritenzione per l'intercettazione e l'accumulo delle acque di ruscellamento.

Caratteristiche

Le strutture di ritenzione naturali e artificiali hanno l'obiettivo di trattenere e accumulare l'acqua e i sedimenti ruscellati o provenienti dagli impianti di drenaggio artificiale nei campi posti a monte, favorendo la successiva evaporazione e infiltrazione. Poiché la funzione primaria dei bacini di ritenzione e delle aree umide è quella di trattenere l'acqua ruscellata e i sedimenti erosi, essi non contengono solitamente acqua durante tutto l'anno, ma solo durante eventi di ruscellamento e drenaggio. Anche le aree umide naturali, regolarmente soggette a inondazione, possono essere adatte alla raccolta delle acque di ruscellamento e drenaggio, e devono essere pertanto mantenute funzionali.

I bacini di ritenzione sono solitamente caratterizzati da un fondo impermeabile (ad es. cementato) senza vegetazione o con una presenza di vegetazione erbacea sviluppata su un sottile strato di suolo disposto sul fondo. Le aree umide artificiali sono in genere costruite su suoli poco permeabili, tali da limitare il collegamento con la falda acquifera sottostante, e sono spesso interessate dallo sviluppo di una vegetazione naturale.

Poiché queste strutture di mitigazione permettono di trattenere e accumulare l'acqua di ruscellamento e di drenaggio proveniente da numerosi appezzamenti, risulta utile adottare un approccio di gestione comune a livello territoriale (più aziende coinvolte), per meglio facilitare la costruzione e la manutenzione di queste strutture.

Condizione iniziale

Si evidenzia la presenza diffusa di solchi temporanei, realizzati per allontanare le acque in eccesso dal campo, che convogliano l'acqua direttamente nel fiume Banna. Alcuni di questi solchi, realizzati perpendicolarmente al senso della pendenza, rappresentano di per sé un'efficace struttura di ritenzione poiché intercettano il flusso di ruscellamento superficiale e ne rallentano la velocità. Il fattore critico è rappresentato dall'assenza di un'area di accumulo verso la quale convogliare l'acqua di ruscellamento.

Elementi rilevati

Data rilievo	Dicembre 2014
Comune	Villanova d'Asti
Coltura	Prato polifita
Dimensioni campo	2,8 ha
Lavorazioni	Aratura tradizionale
Pratiche colturali	Rotazione mais/prato
Stato del campo al momento del rilievo	Seminato
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Sì
Rischio di ruscellamento	Medio rischio

Condizione iniziale



Solco trasversale che convoglia l'acqua direttamente nel corso d'acqua.

Intervento proposto



Solco trasversale che convoglia l'acqua in un prato.

Intervento proposto



Area umida artificiale.

Intervento proposto



Bacino di raccolta delle acque di ruscellamento in vigneto.

Interventi proposti

Si propone di realizzare dei solchi, posti perpendicolarmente rispetto alla pendenza, in grado di intercettare i flussi di ruscellamento concentrato, e delle aree di accumulo (aree umide vegetate o bacini di ritenzione) nelle quali convogliare le acque di ruscellamento raccolte dai solchi. Il loro scopo è quello di trattenere e accumulare l'acqua e i sedimenti ruscellati, favorendo la successiva evaporazione e infiltrazione. Per la realizzazione di questi sistemi di gestione delle acque di ruscellamento è necessario seguire alcune indicazioni fondamentali:

- dimensionare l'area di accumulo in modo che essa sia almeno sufficiente a trattenere l'acqua di ruscellamento e i sedimenti erosi derivanti da un evento piovoso tipico dell'area considerata;
- provvedere alla rimozione dei sedimenti e dei materiali organici accumulati al fine di garantire un'adeguata capacità di ritenzione dell'acqua;

- massimizzare, ove possibile, la lunghezza del percorso compiuto dall'acqua mediante la costruzione di sbarramenti, allo scopo di rallentare il flusso d'acqua;
- nelle aree umide vegetate, selezionare specie localmente diffuse (non invasive) in grado di tollerare condizioni di inondazione periodica;
- nei bacini di ritenzione, regolare opportunamente il tempo di permanenza dell'acqua all'interno delle strutture mediante stramazzi e barriere, al fine di trattenere l'acqua all'interno di tali aree per un lungo periodo; in tal modo sarà favorita la degradazione dei prodotti fitosanitari e la sedimentazione delle particelle di suolo.

Vantaggi /Efficacia

L'efficacia delle aree umide vegetate e dei bacini di ritenzione nella degradazione dei prodotti fitosanitari contenuti nelle acque di ruscellamento è variabile in funzione del tempo di permanenza delle acque all'interno delle strutture stesse. I prodotti fitosanitari maggiormente trattenuti sono quelli poco solubili in acqua, che entrano nell'ecosistema acquatico legati alle particelle di suolo erose e sono quindi trattenuti in modo abbastanza efficace dalla vegetazione presente nei canali e nei fossi.

Applicabilità

Per l'adozione di questa misura è necessario destinare un'area, posta a valle degli appezzamenti, alla creazione di una zona umida vegetata, come prati e boschi, o un bacino di ritenzione. Nel caso di impossibilità di inserimento di un'area specifica, convogliare i flussi di ruscellamento direttamente sulla fascia tampone ripariale, prevedendo l'eventuale inerbimento dei solchi al fine di favorire l'infiltrazione dell'acqua già all'interno del campo. Occorre prevedere l'interruzione del flusso concentrato prima del raggiungimento della fascia stessa (es. inserimento di strutture di dispersione al termine del canale, interruzione del canale qualche metro prima della fascia), in modo da evitare che l'azione erosiva del flusso concentrato determini la formazione di vie preferenziali all'interno della fascia stessa.

5. Realizzazione di barriere protettive all'interno e a bordo campo.

Caratteristiche

Le barriere protettive all'interno e a bordo campo sono rappresentate da piccoli argini o altri sbarramenti in terra posti in prossimità del bordo inferiore o all'interno del campo e hanno lo scopo di trattenere l'acqua di ruscellamento e i sedimenti erosi all'interno del campo stesso. Queste strutture possono essere realizzate sul modello degli argini utilizzati nelle risaie per la gestione delle acque.

Intervento proposto



Barriera protettiva all'interno del campo.

Intervento proposto



Barriera protettiva a bordo campo.

Intervento proposto



Barriera protettiva all'interno di un vigneto.

Intervento proposto



Barriera protettiva all'interno del campo.

Condizione iniziale

Si osserva la presenza di flussi di ruscellamento a valle degli appezzamenti, con evidente trasporto di sedimenti al di fuori dei campi. Campi di lunghezza notevole e assenza di interruzioni ai flussi preferenziali favoriscono inoltre la perdita di suolo.

Elementi rilevati	
Data rilievo	Dicembre 2014
Comune	Villanova d'Asti
Coltura	Mais – prato polifita
Dimensioni campo	Vari campi
Lavorazioni	Aratura tradizionale
Pratiche colturali	Rotazione mais/prato
Stato del campo al momento del rilievo	Vari campi
Segni evidenti di ruscellamento/erosione	Si
Rischio di ruscellamento	Medio rischio

Interventi proposti

Si propone la realizzazione di piccoli argini o sbarramenti aventi una larghezza di circa 30-50 cm e una lunghezza sufficiente a raggiungere i bordi laterali del campo. È necessario dimensionare l'altezza dell'argine e le distanze necessarie alla sua costruzione in relazione all'entità del volume stimato di ruscellamento. Al di sopra di tale struttura è inoltre possibile favorire l'insediamento di una vegetazione permanente, erbacea o arbustiva.

Vantaggi /Efficacia

Questa misura consente di limitare efficacemente sia il ruscellamento dell'acqua sia l'erosione dei sedimenti verso l'esterno del campo. Tali strutture di mitigazione trovano le migliori condizioni di applicazione soprattutto nei suoli argillosi caratterizzati da un elevato potenziale di deflusso. La durata operativa di queste barriere dipende dalla resistenza offerta dal terreno e dalla capacità di trattenuta delle acque di ruscellamento e meteoriche, rendendo quindi necessario il loro periodico controllo.

Applicabilità

Queste strutture sono facilmente realizzabili con un arginatore, occupano una ridotta superficie di suolo e non richiedono particolari investimenti economici. La gestione consiste nella sistemazione periodica delle sponde e nello sfalcio della vegetazione spontanea. Possono costituire un ostacolo alle operazioni meccaniche.

Sottoprogetto 2

INDIVIDUAZIONE DI ASSOCIAZIONI DI ESSENZE VEGETALI PER LA COSTITUZIONE DI FASCE TAMPONE E DI RELATIVE PRATICHE GESTIONALI OTTIMALI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI RUSCELLAMENTO E DERIVA IN AREE RIPARIALI CRITICHE E A PRESSIONE AGRICOLA ELEVATA.

2.1 Metodologie operative

Lo studio è stato condotto presso il centro sperimentale del Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, località Tetto Frati, nel comune di Carmagnola. Per lo studio sono stati individuati 6 appezzamenti sperimentali di circa 1050 m² (150x7 m), coltivati a mais e caratterizzati da una pendenza dello 0.5% nel senso della massima lunghezza (Figura 31 e Figura 32). Quattro appezzamenti, di seguito indicati come Tetto Frati, sono caratterizzati da un suolo di natura franco-limoso. I restanti due appezzamenti, di seguito indicati come Riva, sono caratterizzati da un suolo della stessa tipologia tessiturale ma proveniente da un'altra località e con un più elevato tenore in argilla. Lo schema sperimentale adottato non ha previsto la presenza di appezzamenti privi di fascia tampone in quanto lo studio non si poneva l'obiettivo di verificare l'efficacia della fascia tampone nella mitigazione delle perdite di prodotti fitosanitari per ruscellamento, bensì quello di confrontare l'effetto di mitigazione di due diverse tipologie di fasce tampone caratterizzate da una diversa composizione vegetazionale. L'efficacia della fascia tampone quale strumento di mitigazione delle perdite di agrofarmaci per ruscellamento è infatti ormai universalmente accettata (Robinson et al., 1996; CORPEN; 2007; USDA-NRCS, 2000; Reinchembergher et al., 2007; Smith, 1999) ed è stata peraltro dimostrata anche attraverso ricerche condotte presso il medesimo dispositivo sperimentale utilizzato in questo studio (Milan et al., 2013a; Milan et al., 2013b), oltre che in altri siti italiani (Otto et al., 2012).

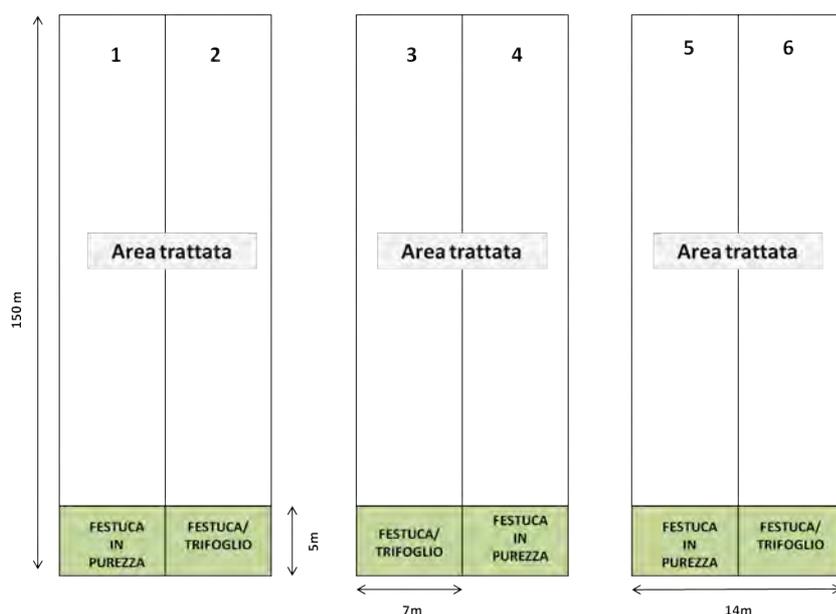


Figura 31: Schema sperimentale adottato.

A valle di ciascun appezzamento sono state realizzate delle aree non soggette a diserbo (fasce tampone) di larghezza pari a 5 m. Prima della semina, le aree destinate ad ospitare le fasce sono state sottoposte alle opportune lavorazioni preparatorie del terreno (vangatura e fresatura). La semina delle fasce tampone è avvenuta nel mese di marzo 2014 utilizzando le seguenti miscele:

- Miscuglio graminacea-leguminosa (*Festuca arundinacea* e *Trifolium repens* var. Milka/Huja)
- Graminacea in purezza (*Festuca arundinacea*)

Per entrambe le miscele è stata effettuata una bulatura con *Lolium multiflorum* (rapporto festuca/loietto, 85:15), per garantire una veloce copertura della fascia nelle fasi iniziali. L'inserimento della leguminosa ha avuto come obiettivo principale quello di favorire l'azione di attrazione di insetti pronubi da parte della fascia tampone, e secondariamente di garantire un apporto azotato utile per la crescita delle graminacee durante il ciclo vegetativo. La presenza di una specie caratterizzata da un'abbondante e ripetuta fioritura durante la stagione colturale può favorire la presenza e l'attività degli insetti pronubi.

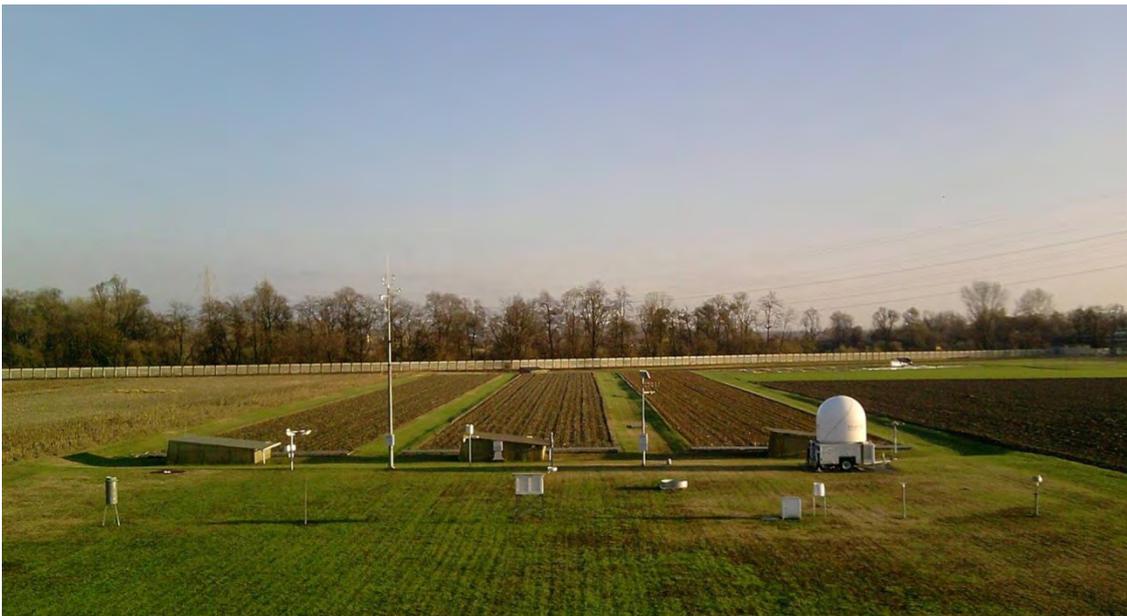


Figura 32: Panoramica dei campi sperimentali.

Gestione agronomica degli appezzamenti

Gli appezzamenti utilizzati nella prova sono stati coltivati a mais. La semina della coltura è avvenuta il 21 marzo nel 2014 e il 7 aprile nel 2015. Il diserbo è stato eseguito entrambi gli anni in pre-emergenza, utilizzando il prodotto Lumax (4.5 L/ha) nel 2014 ed i prodotti Antigram Gold (1.5 kg/ha) e Sulcotrek (2.5 kg/ha) nel 2015 (Tabella 17). Nel 2015 è stata impiegata una miscela di prodotti erbicidi contenente anche la sostanza attiva sulcotrione, rendendosi necessario migliorare lo spettro di infestanti controllate.

Gli interventi di irrigazione sono stati necessari solo nella stagione colturale 2015, in quanto in quella precedente le abbondanti e distribuite precipitazioni piovose hanno sempre garantito il soddisfacimento dei fabbisogni idrici della coltura.

Tabella 17: Composizione e dosi dei prodotti impiegati nella sperimentazione.

Nome commerciale	Dose impiegata	Composizione - principi attivi	Concentrazione
Lumax (emulsione sospensibile)	4.5 L/ha	Mesotrione S-metolachlor Terbutilazina	3,39% (37,5 g/l) 28,23% (312,5 g/l) 16,94% (187,5 g/l)
Antigram Gold (concentrato emulsionabile)	1.5 kg/ha	S-metolachlor puro	86,5g (960 g/l)
Sulcotrek (sospensione concentrata)	2.5 kg/ha	Terbutilazina pura Sulcotrione puro	28,4 % (327 g/l) 15 % (173 g/l)

2.2 Valutazione dell'efficacia mitigatrice della fascia tampone

Rilievi e analisi

Fasce tampone

Nel corso della stagione, a partire dal pieno insediamento della fascia, sono stati programmati gli interventi di sfalcio periodico delle fasce. Lo sfalcio delle fasce è stato realizzato con una falciatrice in uso presso il centro sperimentale regolando l'altezza di taglio a 5-8cm. Per le due tipologie di fascia sono stati previsti momenti di taglio differenziati; nella fascia con miscuglio di sola graminacea (festuca) i tagli erano programmati quando l'altezza delle specie componenti la fascia era mediamente superiore ai 10 cm, nel caso della fascia con miscuglio graminacea-leguminosa (festuca + trifoglio) gli sfalci erano invece pianificati considerando il momento di sfioritura della leguminosa. Nel corso delle due stagioni colturali sono inoltre state eseguite periodiche misurazioni dell'altezza delle diverse componenti la fascia, e in due diversi momenti è stata altresì valutata la biomassa prodotta da ciascuna fascia per mezzo di una falciatrice-raccogliatrice sperimentale (Haldrup). Un campione del peso di 2 kg è stato quindi prelevato dal vano di carico della falciatrice; da questo è stato prelevato un sottocampione di 0.250 kg sul quale è stata eseguita l'analisi floristica. Da ogni campione sono state separate le diverse specie costituenti la fascia dalle specie estranee insediate. Dello stesso campione è stata misurata la biomassa umida e quella secca, previo stazionamento del campione in stufa a 60°C per 48 ore. L'analisi floristica ha permesso di valutare la resilienza nel tempo di ciascuna tipologia di fascia tampone.

Presenza di molecole erbicide e di loro metaboliti nelle acque di ruscellamento

MESSA A PUNTO DEL METODO DI ESTRAZIONE

La messa a punto del metodo di estrazione ed analisi è avvenuta avvalendosi delle informazioni riportate a riguardo dalla letteratura scientifica nazionale ed internazionale. Attraverso una attenta analisi dei diversi metodi utilizzati, è stato individuato il metodo di estrazione della terbutilazina (2-cloro-4-etilamino-6-terbutilamino-1,3,5-triazina) e del suo principale metabolita desetil-terbutilazina (2-tert-butylamino-4-cloro-6-ethylamino-1,3,5-triazina).

ESTRAZIONE DI TERBUTILAZINA, DESETIL-TERBUTILAZINA E S-METOLACLOR DALL'ACQUA ED ANALISI

La determinazione della concentrazione della terbutilazina, S-metolaclor e desetil-terbutilazina contenuta nei campioni di acqua è avvenuta utilizzando delle colonne Supelclean™ LC-C18 SPE Tubes 6 ml collegate ad un sistema SPE (Figura 33). Le colonne C₁₈, prima dell'utilizzo, sono state avvindate con 6 ml di acetonitrile e successivamente con 6 ml di acqua ultrapura. I campioni di acqua erano contenuti in bottiglie di polietilene da 0,5 L. Queste sono state pesate, di seguito il campione è stato eluito attraverso le colonne collegate al sistema SPE mediante un sistema di tubi. Quando il campione è stato completamente eluito la C18 è stata seccata sotto aspirazione per circa 15 minuti. È stata seguita una eluizione con 5 mL di acetonitrile. Il tutto è stato recuperato in un matraccio. Le bottiglie sono quindi state pesate per determinare il peso del campione reale. Il

limite di estraibilità del metodo è del 98%. I campioni sono stati analizzati impiegando uno strumento HPLC (Agilent 1200) utilizzando una colonna C18 Supelco ABZ, UV detector a 215 nm, con una fase mobile costituita da H₂O pH3/CH₃CN 50/50, con un flusso impostato a 1 mL min⁻¹. I tempi di ritenzione sono risultati pari a 11,1 min, 9,31 min e 5,63, per S-metolachlor, terbutilazina e desetil-terbutilazina, rispettivamente.

Il recupero medio del metodo di estrazione dall'acqua è stato del 108% per la terbutilazina, del 94% per l'S-metolachlor e del 95% per la desetil-terbutilazina. Il limite di quantificazione del metodo è risultato pari a 0,1 µg L⁻¹ per terbutilazina e desetil-terbutilazina e di 0.2 µg/L⁻¹ per l'S-metolachlor.



Figura 33: Alcune fasi dell'estrazione delle molecole in studio dai campioni di acqua.

Andamento termo-pluviometrico

Il monitoraggio delle temperature e della piovosità è stato reso possibile dalla presenza di una attrezzata stazione meteorologica all'interno del centro sperimentale. In Figura 34 è riportato l'andamento termo-pluviometrico registrato nel periodo aprile-settembre nelle due stagioni colturali. Come si può osservare nelle due figure l'andamento climatico è risultato piuttosto diverso tra le due stagioni; in particolare nel 2014 i mesi estivi sono stati caratterizzati da precipitazioni particolarmente intense che hanno anche reso non necessari gli interventi irrigui. Nel 2015, al contrario, il periodo estivo è stato caratterizzato da temperature molto alte e da scarse precipitazioni. Queste condizioni hanno influenzato direttamente lo sviluppo della vegetazione delle fasce modificando la frequenza di taglio delle stesse e il numero di irrigazioni necessarie per la coltura.

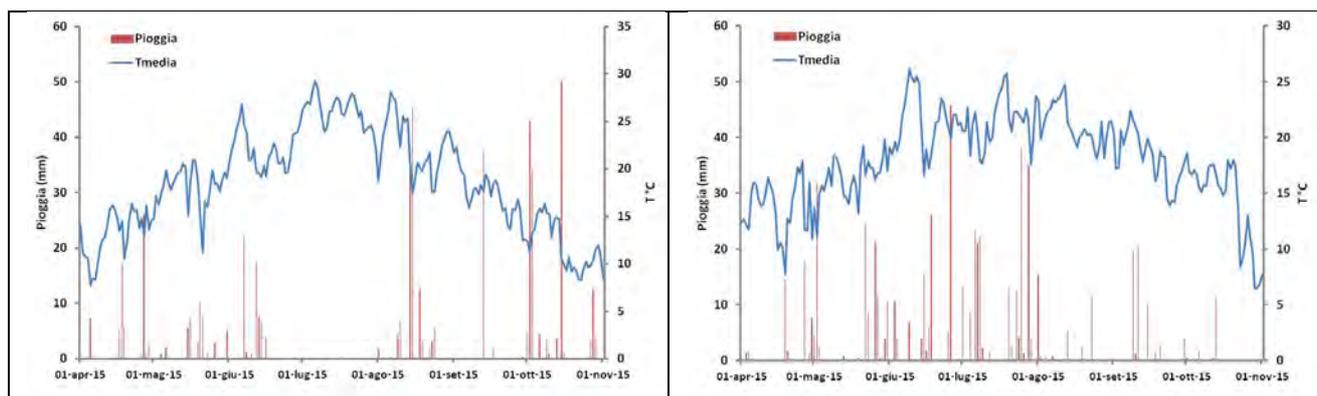


Figura 34: Andamento termo-pluviometrico nel 2014 e nel 2015.

Risultati

Fasce tampone

Nel corso del 2014 le fasce sono state soggette a numerosi sfalci (Figura 35). Come previsto dal protocollo sperimentale la fascia con graminacea in purezza è stata sottoposta a un maggiore numero di sfalci (8 a partire dal mese di giugno). Nella fascia graminacea-leguminosa invece i tagli sono stati in numero di 4. In Tabella 18 sono riportate le altezze misurate in 4 momenti di sfalcio comuni ad entrambe le fasce. Va segnalato che l'elevata piovosità che ha caratterizzato la stagione ha determinato una rapida e pronta ricrescita della fascia in seguito ad ogni evento di taglio.

Tabella 18: Altezza (cm) delle specie componenti la fascia misurata in 4 momenti durante il periodo estivo.

Data	<i>Miscuglio graminacea-leguminosa</i>		<i>Graminacea in purezza</i>	
	Trifoglio	Festuca	Festuca	
2014	1 luglio	_*	43.2**	23.9
	11 luglio	10.4	19.6	15.8
	23 luglio	16.9	29.1	22.1
	3 settembre	33.0	46.1	26.4
2015	1 luglio	15.4	28.2	22.4
	29 luglio	19.4	34.0	21.6
	26 agosto	20.9	43.1	23.2
	5 novembre	21.2	14.1	23.1

Nota: * Altezza < a 8 cm, ** Media di 3 valori in cm.

Nel 2014 la valutazione della biomassa è stata effettuata in due momenti, a luglio e a settembre. Nello sfalcio effettuato agli inizi di luglio la biomassa prodotta dalla fascia è stata pari a 17.9 t/ha nel caso della fascia graminacea-leguminosa e di 4.1 t/ha nel caso della fascia con la sola graminacea in purezza. A settembre la biomassa umida prodotta è stata pari a 15.3 t/ha nella fascia graminacea-leguminosa e 7.3 t/ha in quella di sola graminacea. Va segnalata la progressiva comparsa, a partire dal mese di luglio, di numerose specie infestanti graminacee, quali ad esempio *Setaria viridis* e *Sorghum halepense*, e in alcune delle fasce con sola graminacea della progressiva comparsa di *Trifolium repens* (Tabella 19). Nel 2015 la valutazione della biomassa e della

composizione floristica della fascia è stata eseguita alla fine di luglio ed agli inizi del mese di novembre. Nel primo rilievo la biomassa umida prodotta dalla fascia graminacea-leguminosa è risultata pari a 13.2 t/ha, mentre la fascia composta da sole graminacee è stata pari a 7.7 t/ha. Nel rilievo di novembre, i valori di biomassa osservati sono stati, come atteso, inferiori rispetto a quanto osservato nel rilievo estivo; questi sono risultati compresi tra 7.8 t/ha della fascia graminacea-leguminosa e le 1.9 t/ha della fascia costituita da sole graminacee. In generale, nel 2015, la stagione estiva particolarmente calda e siccitosa ha determinato dei rallentamenti nella crescita della vegetazione delle fasce dopo i tagli, rendendo necessari un numero inferiore di sfalci di mantenimento rispetto alla stagione precedente, in particolare nella fascia costituita da sole graminacee. In entrambe le stagioni gli elevati valori di biomassa rilevati nella fascia graminacea/leguminosa sono da attribuirsi al minor numero di tagli che le stesse hanno subito, alla presenza della leguminosa, ma soprattutto nella parte avanzata della stagione al progressivo aumento della presenza di specie infestanti (in particolare *S. halepense*), caratterizzate da una elevata produzione di biomassa.

I valori di biomassa rilevati sono da considerarsi soddisfacenti per ambedue le condizioni confrontate. In tutti i casi, infatti, la vegetazione presente era in grado di garantire un livello di copertura della superficie pari al 100%. Una buona copertura viene considerata un presupposto fondamentale per gli effetti di mitigazione, in quanto in tale condizione si riduce il rischio che si formino delle vie preferenziali per lo scorrimento dell'acqua di ruscellamento che attraversa la fascia.

La quantità di vegetazione presente ad ogni sfalcio è sempre stata tale da consentire un agevole sfalcio con le apparecchiature sperimentali impiegate (Figura 35) e quasi certamente non avrebbe rappresentato un problema gestionale in reali condizioni operative aziendali. Un aspetto di possibile criticità è tuttavia costituito dall'elevato numero di sfalci che ha richiesto la fascia con *Festuca* in purezza. Va tuttavia precisato che in questa fascia si è deciso a fini sperimentali di programmare i tagli quando l'altezza della vegetazione era mediamente superiore ai 10 cm, per mantenere la fascia nelle condizioni ritenute ottimali ai fini della mitigazione degli effetti del ruscellamento.

Al termine dei due anni di prova le due fasce si presentavano in condizioni generali più che soddisfacenti ai fini della mitigazione degli effetti del ruscellamento.

Tabella 19: Rapporto tra le specie componenti la fascia (espresso come percentuale di biomassa) rilevata in due momenti nel 2014 e nel 2015.

Data		Miscuglio graminacea-leguminosa			Graminacea in purezza		
		Trifoglio	Festuca	Altre (infestanti)	Trifoglio (spontaneo)*	Festuca	Altre (infestanti)
2014	3 luglio	7.3	79.0	13.7	4.5	71.0	24.5
	3 settembre	26.0	28.3	45.7	18.2	41.4	40.4
2015	29 luglio	15.5	22.5	62.0	12.4	34.1	53.5
	5 novembre	17.7	38.2	44.1	16.1	29.3	54.7

Nota: I valori sono media di tre ripetizioni; * Trifoglio nato spontaneamente all'interno della fascia.



Figura 35: A sinistra: taglio della fascia per la misura della biomassa; a destra: fascia tampone costituita da festuca in purezza.

Resilienza della fascia tampone

La sperimentazione condotta ha permesso anche di valutare la resilienza nel tempo della fascia tampone. L'analisi floristica ha consentito, infatti, di verificare l'andamento della densità delle diverse specie costituenti le due fasce tampone nel tempo. Tale analisi è stata condotta in due momenti nel corso della stagione, così come indicato in Tabella 19. I dati raccolti hanno messo in evidenza che già a distanza di un solo anno dalla semina in purezza delle due fasce, queste sono state colonizzate da specie estranee. Tali specie in molti casi sono risultate infestanti della coltura del mais (*Sorghum halepense*, *Setaria viridis*), in altri essenze tipiche dei prati stabili (*Trifolium repens*). La presenza della sorghetta è risultata particolarmente preoccupante nel periodo centrale dell'estate. Tale infestante non è stata infatti controllata dagli sfalci periodici, e per tale ragione nelle fasce tampone caratterizzate dalla presenza della leguminosa (*Trifolium repens*) e soggette ad un numero inferiore di sfalci, la sua diffusione è stata favorita, causando un minore rigoglio vegetativo e quindi una più ridotta azione di attrazione nei confronti dei pronubi da parte del trifoglio. In entrambi gli anni, infine, a partire dal mese di agosto è stata notata una progressiva infestazione da parte di *Setaria viridis*, specie annuale capace di raggiungere elevate densità di infestazione anche nei prati. Le due graminacee impiegate nelle fasce (festuca e loietto) hanno fatto osservare un progressivo declino in termini di densità. Tale comportamento era in parte atteso, soprattutto per il loietto in quanto specie sensibile alle condizioni siccitose in particolare nel periodo estivo. Il *Trifolium repens*, pur manifestando una lenta germinazione - elemento che nelle situazioni iniziali d'impianto della fascia può rappresentare un limite - ha mostrato nel tempo un'elevata capacità di insediamento. Al termine del secondo anno la totalità della superficie della fascia era colonizzata dalla leguminosa e, aspetto più interessante, alcune macchie d'infestazione da parte della stessa erano comparse anche nelle fasce dove questa specie non era stata seminata. La leguminosa ha presentato più periodi di fioritura e manifestando anche una buona capacità di recupero dopo gli sfalci.

Volumi di ruscellamento

Nel 2014 l'andamento climatico particolarmente piovoso ha determinato il verificarsi di numerosi eventi di ruscellamento, soprattutto nel periodo estivo, rendendo praticamente superflui gli interventi irrigui. In Tabella 20 sono indicati i volumi di ruscellamento defluiti dalle due tipologie di fascia in occasione degli eventi più rappresentativi. Complessivamente sono stati registrati 12 eventi di ruscellamento significativi (ovvero in grado di produrre ruscellamento), tra aprile e novembre. L'analisi dei volumi di ruscellamento misurati dai dispositivi di rilevamento nel corso dei diversi eventi, ha permesso di osservare che le differenti composizioni testate nelle fasce in esame presentano sostanzialmente la medesima efficacia nel ridurre i volumi di ruscellamento. Entrambe le fasce, infatti, hanno presentato volumi di ruscellamento simili nella totalità degli eventi considerati. Sulla base di questi risultati, l'inserimento di una leguminosa nelle specie utilizzate per la costituzione della fascia non sembra determinare una riduzione o, analogamente un miglioramento, delle performance della fascia tampone in termini di riduzione dei volumi di ruscellamento. Un aspetto che potrebbe manifestare un certo effetto potrebbe essere la diversa frequenza di taglio della fascia, meno frequente nel caso della fascia con la leguminosa per evitare lo sfalcio dei fiori. Nelle condizioni sperimentali dello studio questo aspetto non sembra tuttavia aver manifestato alcun effetto significativo.

Nel corso del 2015 la stagione primaverile-estiva è stata particolarmente seccata, questo ha ridotto sensibilmente il numero di eventi di ruscellamento da precipitazioni naturali. Gli eventi piovosi insieme ai due interventi irrigui effettuati nei mesi di luglio e agosto hanno determinato un discreto numero di eventi di ruscellamento che tuttavia non hanno sempre riguardato la totalità delle spianate.

Tabella 20: Volumi di ruscellamento (m³) osservati nel 2014 (media di parcelle).

Data	Eventi	Giorni dal trattamento	Acqua ruscellata (m ³)*	
			Miscuglio graminacea-leguminosa	Graminacea in purezza
Maggio	2	44	0.3	0.3
	22-24	64	0.9	0.9
	26-27	68	5.4	5.4
Giugno	3-7	76	1.5	1.5
	18	91	5.4	5.4
	26	99	105.8	105.8
Luglio	6-7	109	15.0	15.0
	8-9	11	40.6	40.6
Agosto	1-5	135	7.3	7.3
Settembre	9-10	143	3.0	3.0
	11-12	176	14.6	14.6
Novembre	11-12	237	0	0

Nota *: Media di 3 parcelle in m³.

Nel complesso i volumi di ruscellamento osservati nelle due tipologie di fasce tampone poste a confronto non sono risultati tra loro molto dissimili. Le limitate differenze osservate in occasione dei diversi eventi di ruscellamento non consentono di stabilire una maggiore efficacia di una fascia

rispetto all'altra. In alcuni casi, infatti, volumi leggermente maggiori sono stati rilevati con la fascia costituita da festuca in purezza; in altri in quella costituita da miscuglio festuca/trifoglio.

Nella sperimentazione in oggetto non era presente un testimone senza fascia tampone. Tuttavia, precedenti ricerche pluriennali condotte nel medesimo impianto sperimentale hanno evidenziato che la presenza di una fascia tampone determina quasi sempre una non significativa riduzione dei volumi ruscellati (Tabella 21). Tali studi hanno tuttavia evidenziato un significativo effetto di mitigazione della fascia tampone conseguente ad una riduzione della concentrazione delle diverse sostanze eventualmente presenti nelle acque di ruscellamento. Questo risulta particolarmente evidente in occasione dei primi eventi di ruscellamento, ovvero quelli prossimi alla data di applicazione dei prodotti fitosanitari, quando le concentrazioni delle sostanze eventualmente disciolte nell'acqua risultano essere molto elevate.

Tabella 21: Volumi di ruscellamento, volume irrigui distribuiti e corrispondenti volumi di ruscellamento osservati nel periodo 2007-2008 nei due appezzamenti sperimentali (da Milan *et al.*, 2013b, modificato).

GDT	Precipitazione (mm)	Volume irrigazione (m ³)		Volume ruscellamento (m ³)	
		TEST	FASCIA	TEST	FASCIA
<u>2007</u>					
23 (P)	44.4	-	-	15.2	13.9
60 (P)	34.7	-	-	9.5	7.9
90 (I)	-	51	47	1.5	1.1
104 (I)	-	48	49	NR	NR
120 (I)	-	49	50	0.2	-
120 (P)	24.2			3.5	1.4
<u>2008</u>					
9 (P)	12.6	-	-	0.9	NR
67 (P)	61.6	-	-	25.1	24.6
74 (P)	30.6	-	-	7.2	5.3
94 (P)	23.2	-	-	2.9	0.7
112 (I)	-	33	42	2.2	3.7
127 (I)	-	37	39	3.2	4.4

Note 2: GDT (giorni dal trattamento); NR: no runoff; P: Precipitazione; I: Irrigazione.

Presenza di molecole erbicide e di loro metaboliti nelle acque di ruscellamento

Nel corso della stagione 2015 è stata effettuata l'analisi dei campioni di acqua prelevati nel corso degli eventi di ruscellamento significativi (ovvero quelli che hanno determinato flussi di ruscellamento) (Tabella 22). Le analisi effettuate hanno evidenziato la presenza delle molecole in studio a concentrazioni superiori al limite analitico di quantificazione negli eventi verificatisi a 20, 62 e 86 giorni dal trattamento (GDT). Tra le molecole studiate l'S-metolaclo ha fatto rilevare le concentrazioni più elevate sia nel caso dei campioni di acqua provenienti dalla fascia di sola

festuca sia in quelli provenienti dalla fascia mista festuca/trifoglio. Le concentrazioni più elevate di terbutilazina sono state osservate al primo campionamento effettuato (20 GDT), con valori più elevati riscontrati nei campioni di acqua provenienti dalla fascia mista festuca/trifoglio. Un comportamento dissimile è stato invece osservato nel caso della desetil-terbutilazina, ove i valori di concentrazione più elevati sono stati sempre osservati nei campioni di acqua di ruscellamento provenienti dalla fascia costituita di sola festuca. Le elevate concentrazioni di S-metolachlor riscontrate nelle acque rispetto alle corrispondenti concentrazioni dell'altra molecola erbicida applicata (terbutilazina) sono da porre in relazione in primo luogo alla maggiore solubilità in acqua dell'S-metolachlor (480 mg/l) rispetto alla terbutilazina (6.6 mg/l), ma anche alla diversa concentrazione delle due molecole nei prodotti distribuiti in campo (Tabella 17). A distanza di 3 mesi dal trattamento le concentrazioni di terbutilazina e desetil-terbutilazina risultavano generalmente inferiori al limite analitico di quantificazione, mentre nel caso del S-metolachlor residui della molecola sono ancora stati riscontrati nelle acque di ruscellamento provenienti dalla fascia festuca/trifoglio a 100 GDT. Nel complesso le due fasce tampone non hanno fatto rilevare, nelle specifiche condizioni sperimentali, un diverso effetto in termini di riduzione delle concentrazioni delle molecole erbicide trasportate per ruscellamento.

Tabella 22: Concentrazione di terbutilazina, S-metolachlor e desetil-terbutilazina nelle acque di ruscellamento (2015).

Giorni dal trattamento	Terbutilazina ($\mu\text{g/L}$)		S-metolachlor ($\mu\text{g/L}$)		Desetil-terbutilazina ($\mu\text{g/L}$)	
	<i>miscuglio</i>	<i>gram.</i>	<i>miscuglio</i>	<i>gram.</i>	<i>miscuglio</i>	<i>gram.</i>
	<i>gram. - legum.</i>	<i>in purezza</i>	<i>gram. - legum.</i>	<i>in purezza</i>	<i>gram. - legum.</i>	<i>in purezza</i>
20	5.18	2.96	11.96	14.85	1.51	2.80
62	0.50	1.26	33.17	20.56	0.37	1.91
86	< 0.1	0.11	1.05	1.42	< 0.1	< 0.1
100	< 0.1	< 0.1	0.82	< 0.2	< 0.1	< 0.1
111	< 0.1	< 0.1	< 0.2	< 0.2	< 0.1	< 0.1

Come indicato a inizio del capitolo, scopo principale della prova era verificare se vi fossero differenze nell'azione mitigatrice fra le due tipologie di fascia tampone. In generale, infatti, l'efficacia della fascia tampone quale misura di mitigazione del trasporto degli erbicidi per ruscellamento è confermata da diversi studi condotti a livello nazionale ed internazionale negli ultimi decenni. Molto utili a questo riguardo sono le pubblicazioni prodotte dal CORPEN (1997) in Francia e dall'USDA-NRCS (2000) negli Stati Uniti. Più di recente vanno segnalate le linee guida scaturite nell'ambito del progetto TOPPS-Prowadis, nelle quali le fasce tampone costituiscono una tra le principali misure di mitigazione proposte. La realizzazione delle fasce tampone ai margini delle aree coltivate e lungo i corpi idrici costituisce in certi paesi europei una prescrizione di legge (es. Danimarca), mentre in altri paesi (es. Italia e Francia) la loro realizzazione è prevista nell'ambito della condizionalità. I risultati delle diverse sperimentazioni condotte anche in Italia hanno evidenziato la validità delle fasce tampone quale strumento di mitigazione delle perdite di agrofarmaci per ruscellamento. A questo proposito meritano di essere segnalate le ricerche sul ruscellamento condotte, tra il 2007 ed 2012, dal DISAFA dell'Università di Torino presso il proprio

centro sperimentale sul medesimo dispositivo adottato nella presente sperimentazione. Gli studi hanno riguardato il ruscellamento di diverse molecole erbicide (e di alcuni loro metaboliti) ampiamente impiegate nel diserbo di pre-emergenza del mais, quali ad esempio terbutilazina, S-metolachlor, flufenacet, isossaflutolo, desetil-terbutilazina e diketonitrile. Nelle diverse sperimentazioni è stata valutata l'efficacia della fascia tampone anche in relazione alla sua diversa tipologia vegetazionale (fascia ad inerbimento spontaneo, fascia seminata di sole graminacee) ed alla sua diversa larghezza. I risultati ottenuti hanno evidenziato la validità della fascia quale strumento di mitigazione delle perdite di erbicidi per ruscellamento, consentendo una riduzione della concentrazione delle molecole superiore al 90% rispetto al testimone privo di fascia, in particolare nei confronti degli eventi di ruscellamento prossimi alla data di esecuzione del trattamento. A titolo esemplificativo in Tabella 23 è possibile osservare i risultati della sperimentazione condotta presso il centro sperimentale di Carmagnola nel periodo 2007-2008 finalizzata a valutare l'efficacia di una fascia tampone inerbita spontaneamente (Milan *et al.*, 2013b).

Tabella 23: Concentrazione di terbutilazina, S-metolachlor e desetil-terbutilazina nelle acque di ruscellamento in prove condotte in precedenza nello stesso impianto sperimentale (da Milan *et al.*, 2013, modificato).

GDT	Testimone ($\mu\text{g L}^{-1}$)			Fascia tampone 6 m ($\mu\text{g L}^{-1}$)		
	TBA	DTA	MET	TBA	DTA	MET
<u>2007</u>						
23 (P)	136.2 (11.5) a	43.5 (1.6) a	80.4 (1.7)	0.8 (0.1) b	0.9 (0.1) b	< LOD
60 (P)	13.5 (1.5)	15.9 (1.1)	< LOD	NR	NR	NR
90 (I)	6.6 (0.2) a	4.4 (1.3) a	< LOD	0.5 (0.2) b	1.3 (0.2) b	< LOD
120 (I)	0.9 (0.1)	0.2 (0.1)	< LOD	NR	NR	NR
120 (P)	3.1 (0.2)	2.5 (0.1) a	< LOD	< LOQ	0.5 (0.1) b	< LOD
<u>2008</u>						
9 (P)	40.6 (0.6)	11.4 (0.2)	66.7 (0.5)	NR	NR	NR
67 (P)	2.1 (0.1)	0.9 (0.0) a	0.6 (0.2)	< LOQ	0.4 (0.1) b	< LOD
74 (P)	1.2 (1.0) a	0.8 (0.1) a	< LOD	0.5 (0.2) b	0.4 (0.1) b	< LOD
94 (P)	0.9 (0.1)	2.1 (0.1) a	< LOD	< LOD	1.0 (0.0) b	< LOD
112 (I)	0.2 (0.5)	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
127 (I)	< LOD	< LOQ	< LOD	< LOD	< LOQ	< LOD

Nota: TBA: terbutilazina; DTA: desetil-terbutilazina; MET: S-metolachlor. Media aritmetica di 3 valori \pm ES. A lettere uguali corrispondono differenze non significative (Test di Tuckey ; $\alpha=0.05$). R: Precipitazione; I: Irrigazione.

Nel 2007 la quantificazione dei flussi di ruscellamento ha permesso di calcolare le perdite totali di terbutilazina ed S-metolachlor rispetto all'ammontare applicato in fase di distribuzione; tali perdite sono risultate pari al 2,7% per la terbutilazina e allo 0,014% per l'S-metolachlor nell'appezzamento senza fascia tampone, mentre sono risultate di molto inferiori nel caso dell'appezzamento che presentava la fascia tampone, ovvero lo 0.8% per la terbutilazina e addirittura quantificabili nel caso del S-metolachlor. Nella stagione successiva è stato osservato un comportamento analogo, sebbene con perdite più contenute in ragione del diverso andamento climatico.

Risultati del tutto analoghi sono anche stati osservati in uno studio nel quale sono stati considerati gli erbicidi flufenacet e isoxaflutolo (Milan et al., 2013a).

Appendice

Gestione delle fasce tampone erbacee

La realizzazione e progettazione di una fascia tampone erbacea deve prevedere un'attenta pianificazione economica e gestionale dell'intervento. In primo luogo occorre valutare, sulla base delle informazioni precedentemente raccolte in fase di diagnosi in campo, le caratteristiche che dovrà avere la fascia tampone in relazione alla principale funzione che dovrà svolgere.

Secondariamente sarà importante individuare il suo corretto posizionamento all'interno dell'area in cui si opera. Se la fascia tampone sarà realizzata in prossimità di un corpo idrico occorrerà preventivamente aver valutato l'eventuale presenza di una vegetazione spondale, e se assente, prevedere la messa a dimora di essenze arbustive ed arboree al fine di ripristinare la vegetazione ripariale. In questo caso è preferibile ricorrere a specie arbustive e arboree autoctone, con apparato radicale profondo e a crescita rapida. Poiché è importante che l'efficacia della fascia tampone si mantenga elevata nel tempo, la sua gestione può richiedere un impegno economico e lavorativo da parte dell'operatore agricolo. A tal proposito è importante provvedere all'asportazione dei sedimenti trasportati in caso di eventi di ruscellamento molto intensi e che, depositandosi all'interno della fascia, possono determinare una riduzione della sua funzionalità.

Risulta altresì importante effettuare degli sfalci periodici (Smith, 1999; USDA-NRCS, 2000) al fine di evitare una degenerazione della copertura della fascia evitando in particolare le infestazioni da parte di specie problematiche quali *Sorghum halepense*, *Solidago canadensis* e *Rubus hulmifolius*.

Può essere inoltre necessario effettuare una trasemina della copertura vegetale nelle aree della fascia a bassa densità di vegetazione. Qualora alcune specie costituenti la fascia manifestino un'azione vessillifera di richiamo verso gli insetti pronubi, è opportuno cercare di evitare lo sfalcio nei periodi di piena fioritura.

Nel corso della stagione può inoltre essere importante verificare l'eventuale insediamento nella fascia di specie infestanti invasive, in particolare se perennanti e che con la loro presenza potrebbero limitare la funzionalità della fascia e diffondersi all'interno dell'area coltivata.

L'esecuzione degli sfalci deve avvenire possibilmente quando le condizioni del suolo consentono un transito della fascia senza la formazione di avvallamenti in corrispondenza delle carreggiate, onde evitare vie preferenziali al ruscellamento e soprattutto eccessivo compattamento del suolo con conseguente riduzione del tasso di infiltrazione.

E' ancora importante sottolineare che le fasce tampone erbacee, ed in particolare quelle realizzate ai margini delle aree coltivate lungo i corsi d'acqua, non devono essere utilizzate come strade poderali; questo per evitare compattamenti, danneggiamenti del cotico erboso e riduzione dell'azione mitigatrice della fascia stessa. Va precisato che alcuni di questi interventi in molti casi non si rendono necessari, tuttavia particolari situazioni o eventi possono rendere essenziale la loro esecuzione.

Poiché la buona efficacia intrappolante di una fascia tampone risiede soprattutto nella sua corretta progettazione, è importante selezionare accuratamente le specie da utilizzarsi per la sua costituzione. In questo senso la scelta verterà sull'impiego di miscugli di specie graminacee oppure

di miscugli contenenti specie graminacee e leguminose. L'aggiunta di leguminose nel miscuglio è generalmente finalizzata alla realizzazione di una fascia vessillifera, capace cioè di avere anche un'azione di richiamo/rifugio nei confronti degli insetti impollinatori.

Sono stati eseguiti diversi studi per valutare l'efficacia di diverse specie di graminacee nell'intrappolare le molecole di agrofarmaci o di nutrienti. La condizione ottimale prevede che la copertura vegetale sia uniformemente distribuita a formare una massa relativamente compatta. Se le specie utilizzate presentano culmi robusti offriranno una maggiore resistenza al flusso di ruscellamento e potranno intrappolare più efficacemente i sedimenti. Al contrario specie con culmi deboli possono facilmente subire allettamento a causa della pressione esercitata dal flusso di ruscellamento, riducendo altresì il tasso di infiltrazione. Le piante devono inoltre tollerare l'apporto periodico e moderato di sedimento riuscendo a riemergere dallo strato eventualmente depositato.

Tra le specie che possono essere utilmente impiegate nella costituzione delle fasce tampone quali si possono indicare *Festuca arundinacea* L., *Poa pratense* L., *Cynodon dactylon*. A queste possono essere anche aggiunte *Lolium perenne* o *Lolium multiflorum* L., specie che garantiscono nelle prime fasi di insediamento della fascia una veloce copertura, ma che nel lungo periodo tendono a ridurre la loro presenza. *F. arundinacea* e *C. dactylon* sono invece specie rustiche, dal portamento poco vigoroso, resistenti a condizioni di stress idrico.

Va osservato, inoltre, che le graminacee sviluppano un apparato radicale ampio che si rinnova in gran parte stagionalmente. L'apporto di sostanza organica è quindi rilevante e questo migliora la struttura del suolo, favorendo i processi di infiltrazione. Tra le leguminose possono essere utilizzate specie quali *Trifolium repens* L., *Trifolium pratense* L., e *Medicago sativa* L., e negli ambienti mediterranei *Hedysarum coronarium* L. (Sulla), *Lotus corniculatus* L. (ginestrino), *Onobrychis viciifolia* L. (Lupinella). Si può ancora aggiungere che brevi siepi possono essere inoltre disposte all'interno della fascia tampone in modo tale da frammentare il flusso di ruscellamento rallentandone la velocità e favorendo la deposizione dei sedimenti.

Caratteri di multifunzionalità delle fasce tampone arboree e arbustive

La progettazione di una fascia tampone arborea e arbustiva deve essere funzionale agli obiettivi di mitigazione e ambientali che si vogliono raggiungere. Oltre a rappresentare un'efficace barriera per la mitigazione del rischio di ruscellamento e deriva, le fasce tampone arboree e arbustive costituiscono, infatti, degli importanti corridoi ecologici per la fauna naturale, oltre che degli elementi di elevata valenza paesaggistica.

BARRIERA ANTI-DERIVA

Se la fascia è impiegata principalmente come barriera anti-deriva, si rende necessario garantire una bassa percentuale di porosità ottica della chioma, che deve essere ben sviluppata già all'epoca dei primi trattamenti erbicidi. La precocità di emissione delle foglie all'inizio della ripresa vegetativa rappresenta quindi un importante fattore discriminante nella scelta delle specie da utilizzare. Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione è l'altezza delle specie arborea/arbustiva, che deve essere valutata in funzione dell'altezza delle colture da trattare.

MITIGAZIONE DEL RUSCELLAMENTO

Se lo scopo della fascia è quello di limitare il ruscellamento superficiale, è necessario impiegare essenze arboree e arbustive in grado di consentire un buon sviluppo della copertura erbacea sottostante. Nel caso di un eccessivo ombreggiamento, infatti, la vegetazione erbacea tende a diradarsi e ad avere una taglia più piccola riducendo l'effetto di mitigazione della fascia tampone. Tuttavia, la formazione di una lettiera e l'incremento della sostanza organica in superficie contribuiscono a migliorare l'infiltrazione dell'acqua nel suolo. È quindi necessario garantire il mantenimento di un'elevata porosità ottica del piano arboreo allo scopo di consentire il passaggio della luce fino al manto erboso.

RIFUGIO PER GLI ARTROPODI UTILI ALLA DIFESA DELLE COLTURE AGRARIE

Le fasce tampone arboree e arbustive, quali ad esempio le siepi, possono provvedere alla sopravvivenza degli artropodi utili (ad es. parassitoidi e predatori), permettendone lo svernamento e fornendo loro nutrimento.

Queste strutture devono avere una composizione specifica varia, composta sia da essenze arboree che arbustive, oltre che da un piano erbaceo stratificato con vegetazione di altezza variabile, allo scopo di permettere il trasferimento degli insetti dalla fascia al campo coltivato.

In base al contesto agronomico in cui ci si trova ad operare è necessario escludere alcune specie vegetali incompatibili con le colture comunemente diffuse nel territorio, in quanto possono rappresentare potenziali vie di inoculo o infestazione, e possono favorire la diffusione di patogeni e parassiti comuni alle coltivazioni. Analogamente sono da preferire specie in grado di ospitare insetti pronubi o predatori utili alle colture agrarie. Ad esempio, le conifere non sono adatte per la realizzazione di siepi nelle colture di pianura, data la loro limitata affinità con l'entomofauna utile delle colture agrarie e lo scarso sviluppo del piano erbaceo al di sotto di esse.

Le specie erbacee comunemente impiegate per la realizzazione di queste fasce tampone appartengono alle famiglie delle *Apiaceae*, delle *Lamiaceae* e delle *Asteraceae*, inserite

nell'agroecosistema per la loro abbondante e prolungata fioritura. La loro presenza garantisce infatti una buona riserva di polline e nettare necessario per la sopravvivenza degli adulti di antagonisti quali *Neuroptera*, *Diptera* e *Hymenoptera*.

FUNZIONE FRANGIVENTO

Le barriere frangivento sono sbarramenti vegetali costituiti da filari di alberi o arbusti disposti in direzione ortogonale al vento dominante. Oltre a proteggere le colture dall'azione diretta del vento, queste strutture sono altresì in grado di limitare efficacemente il rischio di deriva di prodotti fitosanitari. Se impiegate per mascherare la vista o per separare edifici e aree abitate, le barriere frangivento possono inoltre avere funzione ornamentale, migliorativa della qualità dell'aria e di attenuazione del rumore.

Le specie più adatte alla creazione di una barriera frangivento sono quelle caratterizzate da rusticità, rapida crescita e, quando necessario, resistenza agli effetti dell'aerosol marino. Alle nostre latitudini le specie più adatte sono quelle autoctone quali pioppo bianco (*Populus alba*) e pioppo nero o cipressino (*Populus nigra* var. *italica*), caratterizzati da una buona crescita (fino a 20 m di altezza nell'arco di 6-7 anni) e, negli areali mediterranei, alcune cultivar di olivo (una cultivar in particolare è adoperata in Sardegna, l'Olivo di Pietrafitta anche chiamato "frangivento"). Tra le specie introdotte sono invece usati l'*Eucalyptus* spp. per la sua resistenza alla salsedine, il cipresso dell'Arizona (*Cupressus arizonica*) e i cipressi in generale, quali *Cupressocyparis leylandii* e *Cryptomeria japonica*.

FITODEPURAZIONE

Le fasce tampone boscate possono svolgere un importante ruolo nella fitodepurazione delle acque. Alcune specie sfruttano, infatti, la loro capacità intrinseca di risanare e ripulire le acque da elementi come azoto e fosforo, responsabili dell'eutrofizzazione degli ecosistemi naturali. L'effetto positivo è rappresentato dalla ritenzione degli inquinanti di origine agricola presenti nelle acque di dilavamento, ad opera degli apparati radicali.

Le essenze caratterizzate da crescita rapida e buona capacità di assorbimento dei nutrienti sono in genere quelle ripariali e pioniere, quali ad esempio *Alnus* spp., *Aucuba japonica*, *Nerium oleander*, *Pittosporum* spp., *Populus* spp., *Prunus laurocerasus*, *Robinia pseudoacacia*, *Salix* spp. (*S. viminalis*, *S. rosmarinifolia*, *S. purpurea*), *Sambucus nigra*, *Viburnum* spp.

Nei nostri ambienti le specie autoctone più diffuse sono, ad esempio, *Acer campestre*, *Alnus glutinosa*, *Carpinus betulus*, *Cornus mas*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Euonymus europaeus*, *Fraxinus excelsior*, *Morus alba* e *Morus nigra*, *Populus alba* e *Populus nigra*, *Quercus ilex*, *Salix alba*, *Ulmus minor*. Tra le specie arbustive sono di particolare interesse *Ligustrum vulgare*, *Rosa canina*, *Salix purpurea* e *Salix triandra*, *Rubus ulmifolius*, *Sambucus nigra*, *Viburnum lantana*, *Viburnum opulus*.

PRODUZIONE DI LEGNAME

Pur assumendo un'importanza secondaria, la produzione di legname consente, con un limitato impiego di manodopera, lo sfruttamento delle porzioni più marginali degli appezzamenti,

garantendo contemporaneamente un buon effetto di mitigazione del rischio di ruscellamento e deriva dei prodotti fitosanitari. Nel mosaico dei territori di pianura queste strutture costituiscono inoltre preziosi corridoi per la fauna selvatica, essendo molto spesso gli unici elementi di “naturalità” presenti.

In Italia il modello colturale più diffuso è rappresentato dalla pioppicoltura, ma è anche presente la coltivazione delle latifoglie “nobili”, quali noce europeo (*Juglans regia*) e ciliegio selvatico (*Prunus avium*), la coltivazione delle conifere a rapido accrescimento, quale l’abete americano (*Pseudotsuga menziesii*), e la short-rotation-forestry (tecnica d’impianto a sesto ridotto per la produzione di biomasse). Le specie più utilizzate negli impianti a sesto ridotto sono quelle caratterizzate da forti incrementi legnosi, tra le quali alcuni cloni di pioppo, la robinia (*Robinia pseudoacacia*) e l'eucalipto (*Eucalyptus* spp.). Si può ricorrere inoltre ad altre specie quali *Acer campestre*, *Alnus glutinosa*, *Carpinus betulus*, *Quercus robur*, *Salix alba* e *Ulmus minor*, che hanno minori produttività ma favoriscono maggiormente il mantenimento della biodiversità.

SCOPI ORNAMENTALI

Dal punto di vista del miglioramento visivo del paesaggio, la scelta delle specie deve essere orientata verso un’ottica ornamentale e ricreativa. Le fasce boscate svolgono, infatti, un importante ruolo nella purificazione dell'aria, rendendo l'ambiente più fresco e vivibile. Durante la realizzazione di una siepe ornamentale è necessario valutare la presenza di spine o fiori e la forma della chioma, che potranno favorire o meno la creazione di barriere difensive o schermanti. Specie a doppia attitudine come *Carpinus betulus*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica*, *Castanea sativa* e *Quercus* spp. sono adatte sia per assolvere la funzione ornamentale, sia per la produzione di legna da ardere.

Glossario

Area tampone: zona non coltivata e non trattata, progettata allo scopo di proteggere le aree sensibili adiacenti dalla contaminazione diffusa (ruscellamento e deriva) dei prodotti fitosanitari.

Argine: piccola diga costruita allo scopo di ridurre il flusso di acqua diretto all'esterno del campo, di trattenere il più possibile l'acqua e i sedimenti con essa trasportati all'interno del campo, e di aumentare l'infiltrazione dell'acqua nel suolo, al fine di prevenire il ruscellamento.

Bacino idrografico: "La Legge 18 maggio 1989 n. 183 ("Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo") definisce il bacino idrografico come: "il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti, nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente; qualora un territorio possa essere allagato dalle acque di più corsi di acqua, esso si intende ricadente nel bacino idrografico il cui bacino imbrifero montano ha la superficie maggiore". La direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 definisce il bacino idrografico come: "il territorio nel quale scorrono tutte le acque superficiali attraverso una serie di torrenti, fiumi ed eventualmente laghi per sfociare al mare in un'unica foce, a estuario o delta"."

BMP: Buone Pratiche Agricole, linee guida o strumenti per prevenire la contaminazione da prodotti fitosanitari delle acque superficiali e delle aree sensibili.

Coltura di copertura: coltura intercalare seminata dopo la raccolta della coltura principale e prima della semina della coltura da reddito successiva. La copertura vegetale offerta da tale pratica agricola permette di ridurre l'impatto della pioggia sul suolo nudo, di trattenere e ridurre l'acqua di ruscellamento ed i sedimenti erosi e incrementare il contenuto di sostanza organica del suolo.

Corpo idrico sotterraneo: la direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 definisce il corpo idrico sotterraneo come: "un volume distinto di acque sotterranee contenute da una o più falde acquifere".

Corpo idrico superficiale: la direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 definisce il corpo idrico superficiale come: "un elemento distinto e significativo di acque superficiali, quale un lago, un bacino artificiale, un torrente, fiume o canale, parte di un torrente, fiume o canale, acque di transizione o un tratto di acque costiere".

Crostosità del suolo: compattazione della superficie del suolo, in modo particolare in suoli aventi un alto contenuto di limo (> 25%). I suoli caratterizzati da elevata crostosità sono particolarmente vulnerabili a fenomeni di ruscellamento ed erosione.

Dashboard/Albero decisionale: strumento sviluppato al fine di supportare l'azione decisionale, prendendo in considerazione tutti i fattori chiave. Esso permette all'utente di scegliere in modo rapido e intuitivo la soluzione migliore senza la necessità di conoscere tutti i parametri, ad es. come accade nel cruscotto di un'auto.

Drenaggio del suolo: smaltimento delle acque in eccesso mediante condotti di raccolta sotterranei, al fine di ridurre il ristagno superficiale e sottosuperficiale. L'acqua di drenaggio viene generalmente riversata in canali o aree umide.

Fascia tampone: striscia vegetata non coltivata compresa tra la coltura e il corpo idrico, e ha lo scopo di mitigare il trasferimento di contaminanti in seguito a ruscellamento ed erosione.

Infiltrazione: fenomeno per cui l'acqua si introduce nel sistema suolo-sottosuolo per forza gravitazionale e capillare, consentendo al suolo di accumulare l'acqua necessaria alla crescita delle colture e ad alimentare la falda.

Lavorazione del suolo: termine generale usato per indicare tutte le operazioni di coltivazione del suolo. Le lavorazioni superficiali permettono di preservare la struttura del suolo migliorando la continuità dei pori e favorendo in tal modo l'infiltrazione dell'acqua nel suolo.

Permeabilità del suolo: capacità del suolo di agevolare la percolazione dell'acqua rispetto all'unità di superficie e di tempo impiegato per attraversare lo strato di suolo (equazione di Darcy).

Rotazione colturale: successione di colture sullo stesso appezzamento, che prevede il ritorno della medesima coltura solo dopo che è intercorso un intervallo di almeno due anni, rispettando una razionale alternanza tra colture miglioratrici e colture depauperanti.

Ruscellamento superficiale: movimento dell'acqua sulla superficie del suolo, che si origina da fenomeni di ridotta capacità di infiltrazione del suolo (crostosità del suolo, suola di aratura) e da eccesso di acqua derivante da piogge e irrigazioni (eventi di elevata intensità).

Ruscellamento concentrato: si verifica quando l'acqua si concentra e si accumula in rigagnoli o fossi all'interno del campo. Rappresenta uno dei principali fattori responsabili del ruscellamento e dell'erosione.

Ruscellamento diffuso /flusso laminare: flusso d'acqua laminare che scorre sulla superficie del suolo formando un sottile velo d'acqua, senza che ci sia concentrazione dei flussi.

Sorgente diffusa: intesa nel contesto di inquinamento da fonti agricole, è definita come la contaminazione originata in campo e diretta all'esterno dell'area target. Fanno parte di questa categoria il ruscellamento e la deriva.

Sorgente puntiforme: intesa nel contesto di inquinamento da fonti agricole, è definita come la contaminazione originata dalle operazioni di riempimento e pulizia dei macchinari per la distribuzione dei prodotti fitosanitari e lo smaltimento dei residui contenenti queste sostanze.

Suola di aratura: compattamento sotto-superficiale del suolo originato dall'aratro durante l'aratura. Tale schiacciamento si verifica a seguito di numerosi interventi di aratura eseguiti alla stessa profondità e può ostacolare il movimento di acqua, aria e radici verso gli strati più profondi del suolo.

Talweg o fondovalle: sede dell'erosione lineare, descrive la situazione in cui due versanti diversi si incontrano per definire una struttura lineare in un bacino (valle secca, cava). Esso è in grado di

raccogliere acqua dai versanti adiacenti durante gli eventi piovosi, originando flussi concentrati di acqua all'interno del bacino.

Bibliografia

- Barling R. D., Moore I. D. 1994, Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. *Environmental Management*, (18), pp. 543-558.
- Blanchard P. E., Learch R. N. 2000, Watershed vulnerability to losses of agricultural chemicals: interactions of chemistry, hydrology and land use. *Environmental Science Technology*, (34), pp. 3315-3322.
- CORPEN 2007, Les fonction environnementales des zone tampons. Les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux. Première édition.
- Dabney S. M., Moore M. T., Locke M. A. 2006, Integrated management of in-field, edge-of-field, and after-field buffers. *Journal of American Water Resources Association*, (42), pp. 15-24.
- Fiener P., Auerswald K. 2003, Effectiveness of grassed waterways in reducing run-off and sediment delivery from agricultural watersheds. *Journal of Environmental Quality*, (32), pp. 927-936.
- Milan, M, A Ferrero, M Letey, F De Palo, F Vidotto (2013a) Effect of buffer strips and soil texture on runoff losses of flufenacet and isoxaflutole from maize fields. *Journal of Environmental Science and Health Part B* 48:1021–1033
- Milan, M, F Vidotto, S Piano, M Negre, A Ferrero (2013b) Buffer strip effect on terbuthylazine, desethyl-terbuthylazine and S-metolachlor runoff from maize fields in Northern Italy. *Environmental Technology* 34:71–80
- Otto S., Cardinali A., Marotta E., Paradisi C., Zanin G. 2012, Effect of vegetative filter strips on herbicide run-off under various types of rainfall. *Chemosphere*, (88), Issue 1, pp. 113-119.
- Patty L.; Réal B.; Gril J. 1997, The use of grassed buffer strips to remove pesticides, nitrate and soluble phosphorus compounds from run-off water. *Pesticide Science*, (49), pp. 243–251.
- Phillips, J. D. 1989, Evaluation of the factors determining the effectiveness of water quality buffer zones. *Journal of Hydrology*, (107), pp. 133–145.
- Polyakov V., Fares A., Ryder M. H. 2005, Precision riparian buffers for the control of nonpoint source pollutant loading into surface water: a review. *Environmental Review*, (13), pp. 129–144.
- Popov V. H., Cornish P. S., Sun H. 2006, Vegetated biofilters: the relative importance of infiltration and adsorption in reducing loads of water-soluble herbicides in agricultural run-off. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (114), pp. 351–359.
- Prokopy L. S., Floress K., Klotthor-Weinkauf D., Baumgart-getz A. 2008, Determinants of agricultural best management practice adoption: Evidence from the literature. *Journal of Soil and Water Conservation*, , 63(5), pp. 300–311.
- Rabotyagov S. S., Jha M. K., Campbell T. 2010, Impact of crop rotations on optimal selection of conservation practices for water quality protection. *Journal of Soil and Water Conservation*, 65(6), pp. 369–380.

- Rankins A. JR., Shaw D. R., Boyette M. 2001, Perennial grass filter strips for reducing herbicide losses in run-off. *Weed Science*, (49), pp. 647–651.
- Rankins A. JR., Shaw D. R., Douglas J. 2005, Response of perennial grasses potentially used as filter strips to selected postemergence herbicides. *Weed Technology*, (19), pp. 73–77.
- Reichenberger S., Bach M., Skitschak A., Frede H. 2007, Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness; a review. *Science of the Total Environment*, (384), pp. 1-35.
- Rémy J.C., Marin-Laflèche A., 1974. L'analyse de terre: réalisation d'un programme d'interprétation automatique. *Annales Agronomiques*, 25(4), pp. 607-632.
- Robinson C. A., Ghaffarzadeh M., Cruse R. M. 1996, Vegetative filter strip effects on sediment concentration in cropland run-off. *Journal of Soil and Water Conservation*, (51), pp. 227–230.
- Smith, A.M. (1999). Vegetative filter strip for improved water quality. Iowa State University, University Extension: 4
- USDA-NRCS 2000, Conservation buffer to reduce pesticides losses. USDA Natural Resources Conservation Service. p. 21.
- Wauchope R. D., Graney R. L., Cryer S., Eadsforth C., Kleins A. W., Racke K. D. 1995, Pesticide Run-off – Methods and Interpretation of Field Studies. *Pure & Applied Chemistry*, (67), No. 12, pp. 2089–2108.

Indice delle Figure

Figura 1: Bacino idrografico del torrente Tiglione.....	8
Figura 2: Bacino idrografico del fiume Banna.	10
Figura 3: Schema decisionale per la valutazione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione.	14
Figura 4: Schema decisionale per la valutazione del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo.....	15
Figura 5: Carta della permeabilità del suolo – Livello di campo.....	20
Figura 6: Carta della pendenza – Livello di campo.	21
Figura 7: Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione dell'area studio del bacino del torrente Tiglione.	23
Figura 8: Carta dell'indice di incrostamento superficiale R del bacino del Tiglione.	24
Figura 9: Carta delle pendenze del bacino del Tiglione.....	25
Figura 10: Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione del bacino del torrente Tiglione.....	27
Figura 11: Carta della permeabilità del suolo – Livello di campo.....	29
Figura 12: Carta della pendenza – Livello di campo.	30
Figura 13: Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione dell'area studio del bacino del fiume Banna.....	32
Figura 14: Carta dell'indice di incrostamento superficiale R del bacino del Banna.....	33
Figura 15: Carta delle pendenze del bacino del Banna.	34
Figura 16: Carta del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione del bacino del fiume Banna.	36
Figura 17: Carta degli strati impermeabili dell'area studio del bacino del Tiglione.	40
Figura 18: Carta della capacità di ritenzione idrica del suolo dell'area studio del bacino del Tiglione.	41
Figura 19: Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo dell'area studio del bacino del torrente Tiglione.....	42
Figura 20: Carta della posizione topografica del bacino del Tiglione.	43
Figura 21: Carta degli strati impermeabili del bacino del Tiglione.	44
Figura 22: Carta della capacità di ritenzione idrica del suolo del bacino del Tiglione.	44
Figura 23: Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo nel bacino del torrente Tiglione.....	46
Figura 24: Carta degli strati impermeabili dell'area studio del bacino del Banna.....	48
Figura 25: Carta della capacità di ritenzione idrica del suolo dell'area studio del bacino del Banna.	49
Figura 26: Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo dell'area studio del bacino del fiume Banna.	50
Figura 27: Carta della posizione topografica del bacino del fiume Banna.	51
Figura 28: Carta degli strati impermeabili del bacino del Banna.....	52

Figura 29: Carta della capacità di ritenzione idrica del suolo del bacino del Banna.....	53
Figura 30: Carta del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo del bacino del fiume Banna.	55
Figura 31: Schema sperimentale adottato.	94
Figura 32: Panoramica dei campi sperimentali.	94
Figura 33: Alcune fasi dell'estrazione delle molecole in studio dai campioni di acqua.....	97
Figura 34: Andamento termo-pluviometrico nel 2014 e nel 2015.....	98
Figura 35: A sinistra: taglio della fascia per la misura della biomassa; a destra: fascia tampone costituita da festuca in purezza.....	100

Indice delle Tabelle

Tabella 1: Elenco dei dati cartografici impiegati per la creazione delle carte del rischio di ruscellamento.	17
Tabella 2: Stima della permeabilità superficiale del suolo a partire dall'indice di crostosità R.	19
Tabella 3: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione relative all'area studio del bacino del Tiglione.....	22
Tabella 4: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione relative al bacino del Tiglione.....	25
Tabella 5: Ripartizione del bacino del Tiglione in classi di rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione.	26
Tabella 6: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione relative all'area studio del bacino del Banna.	31
Tabella 7: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione relative al bacino del Banna.	35
Tabella 8: Ripartizione del bacino del Banna in classi di rischio di ruscellamento per riduzione dell'infiltrazione.	35
Tabella 9: Descrizione delle classi di drenaggio del suolo e del corrispondente livello di permeabilità (*Fonte: Manuale di campagna per il rilevamento e la descrizione dei suoli (2012) – IPLA).	38
Tabella 10: Stima della capacità di ritenzione idrica del suolo a partire dalla classe tessiturale. Fonte: Service de Cartographie des Sols de l'Aisne.....	39
Tabella 11: Superficie e percentuale di estensione del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo relative all'area studio del bacino del Tiglione.	41
Tabella 12: Superficie e incidenza percentuale del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo nel bacino del Tiglione.....	45
Tabella 13: Ripartizione del bacino del Tiglione in classi di rischio di ruscellamento per saturazione del suolo.....	45
Tabella 14: Superficie e incidenza percentuale del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo relative all'area studio del bacino del Banna.....	49
Tabella 15: Superficie e incidenza percentuale del rischio di ruscellamento per saturazione del suolo relative al bacino del Banna.....	54
Tabella 16: Ripartizione del bacino del Banna in classi di rischio di ruscellamento per saturazione del suolo.....	54
Tabella 17: Composizione e dosi dei prodotti impiegati nella sperimentazione.....	95
Tabella 18: Altezza (cm) delle specie componenti la fascia misurata in 4 momenti durante il periodo estivo.	98
Tabella 19: Rapporto tra le specie componenti la fascia (espresso come percentuale di biomassa) rilevata in due momenti nel 2014 e nel 2015.	99
Tabella 20: Volumi di ruscellamento (m ³) osservati nel 2014 (media di parcelle).	101

Tabella 21: Volumi di ruscellamento, volume irrigui distribuiti e corrispondenti volumi di ruscellamento osservati nel periodo 2007-2008 nei due appezzamenti sperimentali (da Milan <i>et al.</i> , 2013b, modificato).	102
Tabella 22: Concentrazione di terbutilazina, S-metolachlor e desetil-terbutilazina nelle acque di ruscellamento (2015).	103
Tabella 23: Concentrazione di terbutilazina, S-metolachlor e desetil-terbutilazina nelle acque di ruscellamento in prove condotte in precedenza nello stesso impianto sperimentale (da Milan <i>et al.</i> , 2013, modificato).	104