



ISE - CNR

PROGETTO PILOTA DI SISTEMAZIONE ORGANICA DI UN BACINO SPERIMENTALE (Rio Casazza – Comune di Monzuno)



Gruppo di lavoro Assetto Idrogeologico

Sottogruppo Versanti - Aree Agricole e Incolte

- **Dott. Domenico Preti, Dott. Marcello Nolè**
Autorità di Bacino del Reno
- **Dott.ssa Marina Guermandi**
Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli R.E.R.
- **Dott.ssa Costanza Calzolari, Dott. Devis Bartolini, Dott. Dino Torri,
Dott. Massimiliano Zandomeneghi, Dott. Fabrizio Ungaro**
IRPI-CNR, Firenze

INDICE

PREMESSA E OBIETTIVI DEL PROGETTO	3
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
REPERIMENTO DATI E METODOLOGIA DI LAVORO	3
GEOLOGIA	4
USO DEL SUOLO	5
CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA	8
Reticolo di drenaggio	8
Dissesti	10
CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI	11
I suoli	12
RISCHIO DI EROSIONE	16
Acquisizione dati	16
Applicazione del modello RUSLE	17
Applicazione del modello LISEM	18
Applicazione del Modello RUSLE2	19
Analisi dei risultati	21
INTERVENTI	22
Caratteristiche costruttive	23
Analisi dei costi	25

PREMESSA E OBIETTIVI DEL PROGETTO

L'attività svolta dal Gruppo Assetto Idrogeologico si è sviluppata in due direzioni principali, analisi e valutazione dell'assetto del reticolo idrografico naturale e dell'assetto dei versanti.

Per quanto riguarda l'analisi del reticolo idrografico si è costituito un gruppo di lavoro al quale hanno partecipato il Consorzio della Bonifica Renana, la provincia di Bologna e il comune di Monzuno, mentre l'analisi dell'assetto dei versanti è stata condotta dall'Autorità di Bacino del Reno, dal Servizio Tecnico del Bacino del Reno e dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

All'interno di quest'ultimo sottogruppo si sono affrontate le problematiche relative alle Aree agricole e incolte e alle Aree forestali. Uno specifico e significativo contributo all'analisi dell'erosione (Allegato tecnico “ *Relazione sul rischio di erosione nel bacino del rio Casazza, nel territorio del comune di Monzuno*”) è stato fornito dall'Istituto di Ricerca Protezione Idrogeologica (I.R.P.I.) del C.N.R. di Firenze.

Per quanto riguarda il settore Aree agricole e incolte le analisi hanno riguardato gli aspetti relativi alla dinamica dei versanti, con particolare riferimento ai movimenti gravitativi e all'erosione del suolo per il conseguimento dei seguenti obiettivi:

1. individuare le principali criticità presenti nel bacino a partire dai lineamenti geomorfologici, dalle caratteristiche dei suoli, e dall'assetto della rete di drenaggio naturale e antropico;
2. definire le destinazioni d'uso ottimali del territorio e le linee guida per le pratiche colturali in aree agricole;
3. formulare proposte di intervento e di gestione del territorio idonee a contrastare l'erosione del suolo e a prevenire i dissesti, in particolare nelle aree agricole e incolte;
4. definire un computo del costo totale degli interventi proposti.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Rio Casazza è un affluente del Torrente Savena, situato in sinistra idraulica, in una posizione all'incirca mediana all'interno del bacino, a quote comprese tra 300 e 800 metri sul livello del mare.

Il bacino presenta una superficie complessiva di circa 1.6 kmq ed è compreso interamente nel territorio del Comune di Monzuno di cui ne include gran parte del capoluogo.

REPERIMENTO DATI E METODOLOGIA DI LAVORO

Una prima fase del lavoro è consistita nell'acquisizione dei dati fisici esistenti relativi al territorio oggetto dello studio: *Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1: 10.000, sezione 237120, Loiano; Scheda di Valutazione del Rischio n. 43 - Monzuno del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Reno; Carta Inventario del Dissesto della Regione Emilia-Romagna in scala 1: 10.000 sezione 237120; Carta dei suoli dell'Emilia Romagna in scala 1:250.000.*

Terminata l'acquisizione dei dati bibliografici è stata eseguita la fotointerpretazione di diverse riprese aeree al fine di analizzare da diversi punti di vista (uso del suolo, reticolo di drenaggio, geomorfologia) l'evoluzione del territorio nell'arco di circa un cinquantennio. Sono stati infatti analizzati i fotogrammi del volo *pancromatico (bianco e nero) del 1954 dell'IGM*, i fotogrammi del volo *a colori della Regione Emilia-Romagna del 1978*, i fotogrammi del volo *pancromatico del 1993 dell'IGM* e le *ortofoto AIMA del 1997*.

Terminata la fase di fotoanalisi, si è proceduto con il rilevamento sul terreno, i rilievi hanno riguardato l'assetto geomorfologico, la rete di drenaggio e la regimazione idraulica e i suoli.

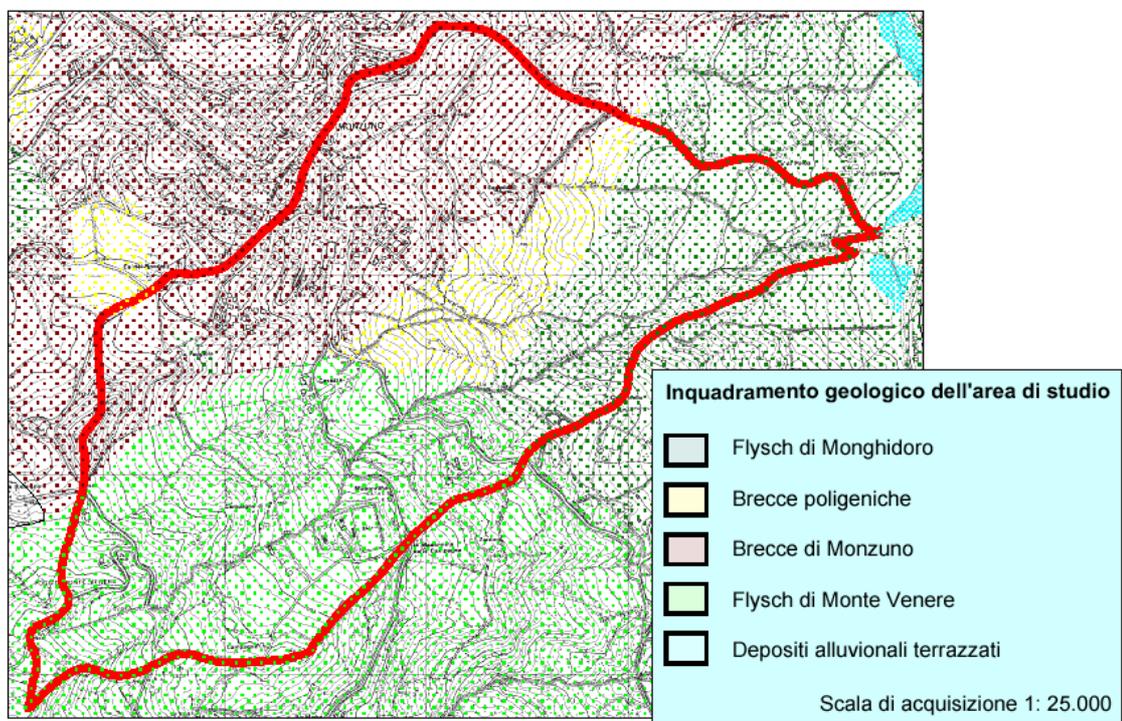
Attraverso la collaborazione con il C.N.R. di Firenze è stata stimata l'entità dell'erosione per il bacino, sulla base dei dati fisici acquisiti e con l'impiego di specifici modelli di simulazione. I risultati della modellizzazione hanno evidenziato, in particolare, aree a diverso comportamento sulle quali approfondire l'analisi del fenomeno erosivo in relazione a pratiche colturali differenziate per ordinamento colturale. I dati relativi alle elaborazioni cartografiche e ai rilievi di campagna, così come le proposte di gestione e le aree di intervento, sono stati riportati in ambiente G.I.S., utilizzando come base cartografica le ortofoto AIMA 1997.

Per ultimo sono stati acquisiti i dati pluviometrici delle stazioni di misura di Monzuno e Loiano.

GEOLOGIA

Dal punto di vista geologico il territorio del bacino risulta suddiviso in quattro parti:

- nella zona a sud-ovest il substrato è costituito dai litotipi della Formazione di Monte Venere, un flysch calcareo-marnoso in strati da medi a molto spessi frequentemente smembrati e fratturati;
- la zona centrale è costituita dalle Breccie Argillose di Poggio Cavaliera, formazione che contiene clasti di varie dimensioni provenienti dallo smembramento delle Formazioni di Monghidoro e Monte Venere;
- a nord troviamo la Formazione di Monte Piano, qui rappresentata dal Membro delle Breccie di Monzuno, a prevalente componente arenacea;
- nella parte orientale del bacino affiora la Formazione di Monghidoro, un flysch arenaceo-pelitico intensamente tettonizzato e a diverso grado di cementazione, variabile da buono a scarso, localmente caratterizzato da una facies decisamente grossolana.



Dal punto di vista del comportamento le formazioni sopra descritte possono essere accorpate in due classi litotecniche:

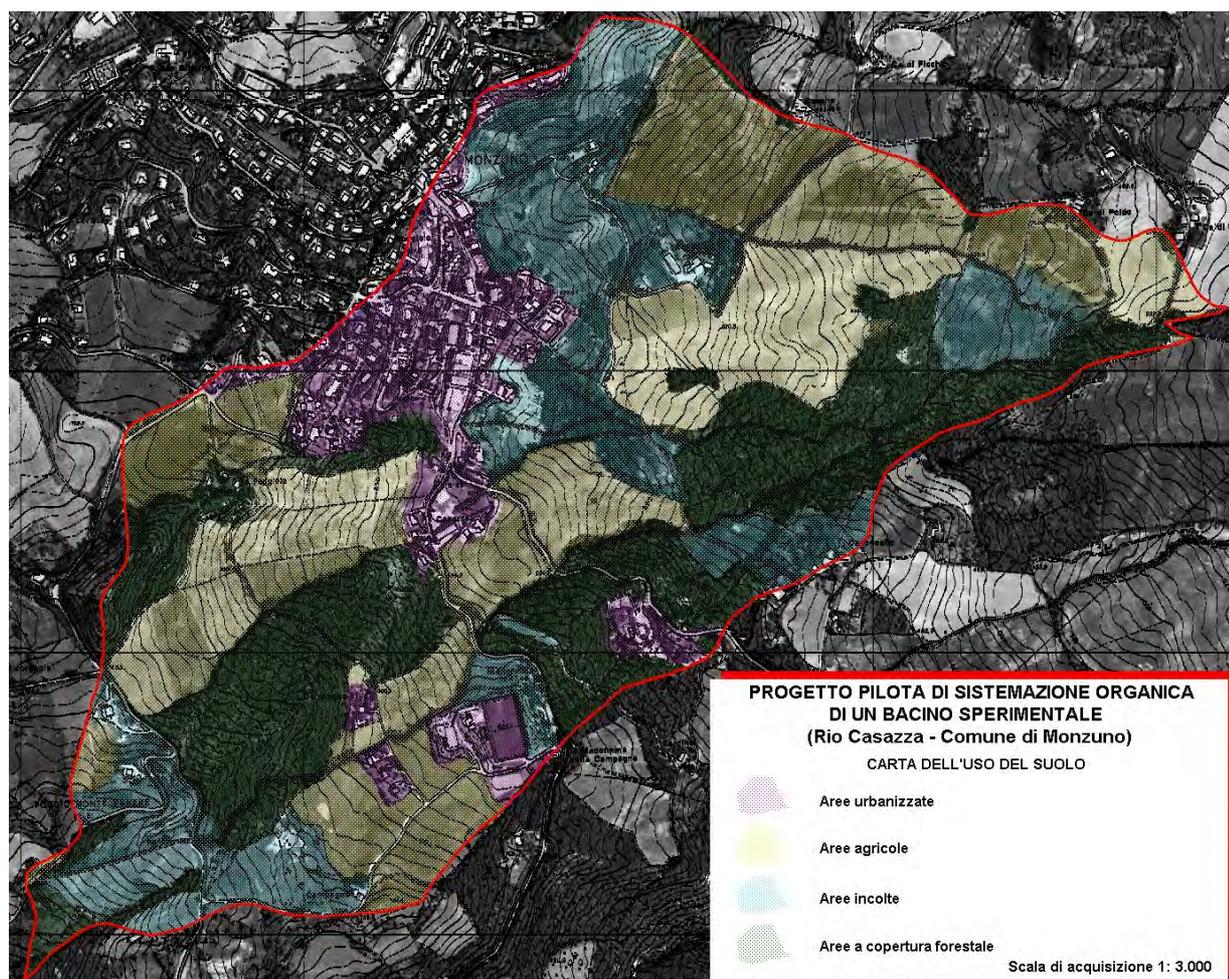
- la prima, a prevalente composizione pelitica, è costituita dalla formazione di M. Venere, ed è caratterizzata dalla propensione a movimenti di tipo gravitativo riconducibili al grado di tettonizzazione e alla composizione prevalentemente pelitica della componente terrigena;
- la seconda classe, a prevalente composizione arenitica, comprende il Membro delle Breccie di Monzuno, gli affioramenti delle Breccie poligeniche e del Flysch di Monghidoro, qui caratterizzati da prevalentemente componente arenacea.

I processi geomorfici che caratterizzano questa classe sono in prevalenza di tipo idrico incanalato; sono comunque presenti alcuni movimenti gravitativi localizzati in piccoli bacini in corrispondenza della zona di impluvio. La causa di tali fenomeni è da ricollegare non tanto alle caratteristiche litotecniche della formazioni geologiche affioranti, quanto alla assenza e/o alla cattiva gestione della rete di drenaggio.

USO DEL SUOLO

L'analisi dell'uso del suolo ha riguardato non solo la mappatura dei diversi usi, ma anche l'uso del suolo, inteso come pratiche e tecniche colturali in atto e come le stesse si siano modificate nel tempo.

Il rilievo dell'uso del suolo è stato eseguito analizzando la ripresa aerea più recente disponibile, le ortofoto AIMA del 1997.



Gli usi del suolo attuali risultano assai poco diversificati, si sono infatti riconosciuti quattro tipi di uso principali:

- i territori urbanizzati, qui costituiti da parte del centro abitato di Monzuno, dagli impianti del centro sportivo e da alcuni nuclei residenziali esterni al centro abitato, per un totale di 21ha pari a circa il 13% della superficie del bacino;
- i territori forestati nei quali sono compresi le aree forestali e le aree residenziali, esterne all'abitato, che presentano una significativa copertura arborea, per un totale di 51 ha pari a circa il 31% della superficie del bacino;
- i territori agricoli che comprendono i seminativi annuali (cereali) e i prati avvicendati, per un totale di 61 ha pari a circa il 37% della superficie del bacino;
- i territori incolti nei quali sono inclusi i prati stabili e gli ex coltivi, per un totale di 32 ha pari a circa il 19 % della superficie del bacino.

In generale si è constatato, dal confronto tra i diversi periodi, come gli usi del suolo sono evoluti verso un minor grado di differenziazione. Negli anni '50, ad esempio, è molto diffuso su tutto il territorio di collina e di pianura il seminativo arborato, coltura presente su tutto il territorio di collina e di pianura, caratterizzata da filari a frutteto o vigneto alternati a seminativi e a prati.

Negli anni '70 il seminativo arborato scompare, aumentano i territori non coltivati e si registra un'espansione delle aree forestate; tale tendenza permane tra gli anni '70 e gli anni '90, infatti, come si può riscontrare dalla documentazione fotografica allegata, è evidente la progressiva espansione delle aree incolte e delle aree forestate a scapito delle aree agricole.

Per quanto riguarda l'evoluzione degli ordinamenti e delle pratiche colturali nel tempo si è fatto ricorso all'analisi delle riprese aeree eseguite nel 1954 dall'Istituto Geografico Militare, del volo a colori della Regione Emilia-Romagna del 1978 e delle ortofoto AIMA del 1997.

L'esame comparato delle tre riprese aeree ha permesso di documentare le modificazioni subite dal paesaggio agricolo e dall'uso del suolo in un periodo (1950-1990) così significativo per le profonde trasformazioni che hanno riguardato il mondo agricolo.

In questo periodo, infatti, la progressiva introduzione della meccanizzazione nelle attività agricole, ha comportato profonde modificazioni nell'assetto dell'uso del suolo e nelle tecniche di lavorazione dei terreni.

Negli anni cinquanta le foto descrivono un territorio estremamente antropizzato, con un'agricoltura capillarmente diffusa e differenziata, seminativi intercalati a seminativi arborati, unità colturali in genere piccole e aderenti alla morfologia dei terreni, delimitate da fossi, strade fosso, filari arborati.

Negli anni settanta invece vediamo che il paesaggio agricolo ha già subito profonde trasformazioni, solo localmente, infatti, si conserva il pattern tipico delle tecniche di appoderamento degli anni 50, mentre è evidente il crescente abbandono dei terreni marginali.

Negli anni 90 è scomparsa ogni evidenza degli antichi appoderamenti e al loro posto sono comparse unità monoculturali di grandi dimensioni ed è aumentata la superficie delle aree abbandonate.

In sintesi, risulta evidente come a partire dagli inizi degli anni 50, si sia verificato una progressiva diminuzione dei terreni coltivati, un aumento delle superfici forestate e una minore differenziazione degli usi.

Queste trasformazioni, associate alla necessità delle aziende agricole rimaste di incrementare la produttività dei terreni, hanno progressivamente portato all'aumento delle dimensioni delle unità colturali e all'incremento della superficie agricola utile, causa principale della scomparsa della rete regimazione idraulico- agraria.

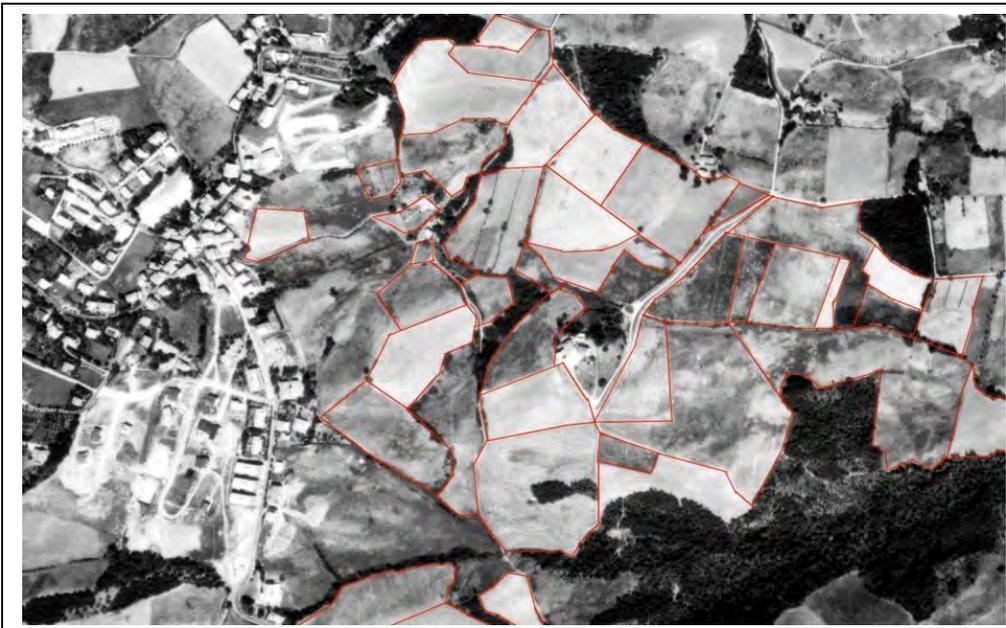
Conseguentemente tutto ciò ha portato a un sostanziale aumento del disordine idrogeologico e allo sviluppo di forme di dissesto di tipo idrico e gravitativo.



V
O
L
O

I
G
M
I

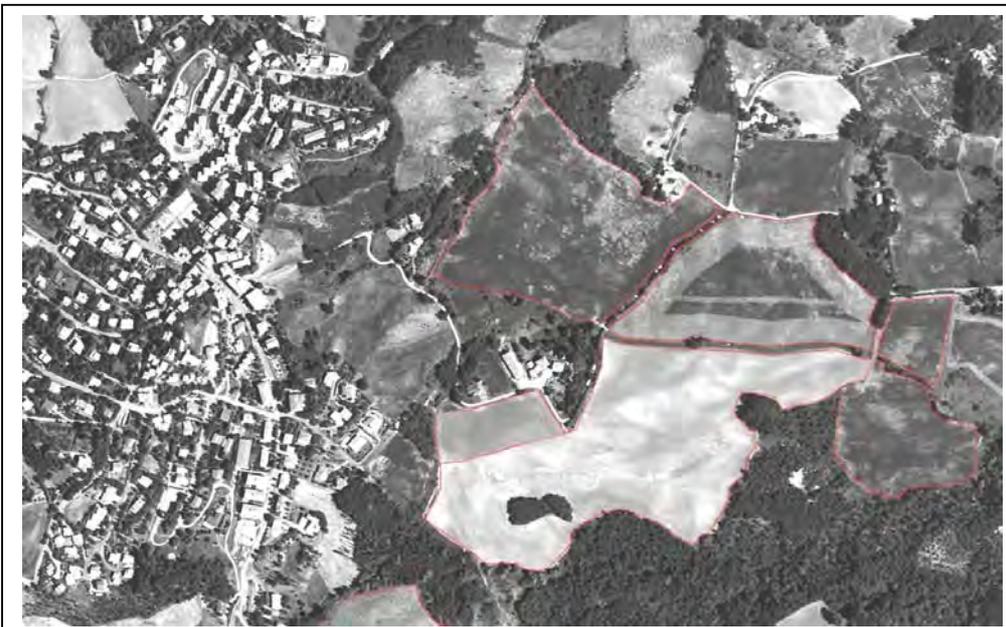
1
9
5
4



V
O
L
O

R
E
R

1
9
7
1



V
O
L
O

A
I
M
A

1
9
9
7

CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA

Il rilevamento geomorfologico, eseguito attraverso l'esame di foto aeree, rilievi e controlli sul terreno, ha riguardato il rilevamento della rete di drenaggio naturale e antropica e l'analisi dei processi geomorfici in atto o potenziali.

Reticolo di drenaggio

Per quanto riguarda l'analisi della rete drenante sono stati rilevati i sistemi di drenaggio presenti, il loro grado di efficienza e il loro stato di conservazione, sono stati inoltre individuati gli interventi necessari al recupero della loro funzionalità.

Per il rilevamento della rete di regimazione idraulica si è fatto riferimento ai seguenti sistemi di drenaggio naturali e antropici, elementi fondamentali per il contenimento dei processi erosivi nei territori agricoli e per il presidio di zone residenziali e infrastrutturali:

- sistema del *reticolo di drenaggio primario o naturale*: fossi naturali localizzati in corrispondenza di vallecicole e impluvi, la cui origine è da ricondurre alla naturale azione erosiva delle acque di scorrimento superficiale;
- sistema del *reticolo di regimazione idraulico - agraria permanente*: rete di canali artificiali permanenti posti a monte e a valle delle unità colturali o interni alle stesse, aventi la funzione di intercettare le acque di infiltrazione che si muovono internamente al suolo e/o provenienti dai territori posti a monte;
- sistema del *reticolo di regimazione idraulico - agraria secondaria*: rete di drenaggio antropica, solchi acquai o fossi acquai, tracciata all'interno dell'unità colturale con lo scopo di intercettare le acque di ruscellamento e contrastare i processi erosivi;
- *reticolo di regimazione idraulica infrastrutturale*: cunette per la raccolta e lo scolo delle acque poste a presidio della viabilità pubblica e privata, della viabilità di servizio interna ai territori coltivati e nelle aree forestali, questa verifica è stata eseguita dal gruppo rilievo infrastrutture.

Prendendo come riferimento i sistemi drenanti sopra elencati si è proceduto al rilevamento e alla verifica dell'efficienza della rete di drenaggio nei territori agricoli e urbanizzati.

Reticolo di drenaggio primario o naturale

Il rilevamento ha permesso di accertare l'assenza di *fossi collettori* in alcuni impluvi e microbacini; la mancanza di tali elementi di drenaggio, è da ricondurre, con buona probabilità, agli effetti delle attività agricole e in particolare alle lavorazioni del suolo che, grazie anche al favore della pendenza, tendono a mobilizzare il terreno verso valle accumulandolo in corrispondenza degli impluvi, determinando così la progressiva riduzione della sezione del canale fino alla sua definitiva scomparsa.

In alcuni di questi impluvi, l'accumulo di considerevoli quantità di terreno e l'assenza di un reticolo drenante, hanno determinato l'innescò di movimenti franosi rendendo impossibile la coltivazione dei terreni. In altre situazioni, l'assenza dei canali collettori e la mancanza di un'efficace regimazione delle acque di superficie hanno determinato fenomeni di erosione superficiale. Le acque di scorrimento, organizzate in rigagnoli, hanno causato allagamenti e mobilizzato ingenti quantità di terreno sotto forma di colate di fango fluide (evento temporalesco del maggio del 2000) arrecando danni alle abitazioni e alla viabilità pubblica.

Negli impluvi privi di un canale drenante è stato quindi previsto il ripristino di *fossi collettori*, orientati secondo le linee di massima pendenza, allo scopo di raccogliere le acque provenienti dalla

rete di regimazione idraulico-agraria permanente e secondaria e di convogliarle nel reticolo di drenaggio naturale.

Reticolo di regimazione idraulico - agraria permanente

Il rilevamento ha messo in evidenza come questo tipo di affossatura sia completamente inesistente e come le attuali pratiche di lavorazione e l'aumento delle dimensioni delle unità colturali abbiano di fatto portato alla sua completa eliminazione.

Nei terreni coltivati o a destinazione agricola, così come in corrispondenza del limite tra territori boscati, agricoli e incolti, è stato quindi previsto il ripristino di fossi di guardia e di valle.

Questo tipo di affossatura svolge la funzione di raccogliere le acque provenienti dai terreni di monte per convogliarle nella rete di scolo permanente, allo scopo di non gravare sui terreni sottostanti e di ridurre le infiltrazioni negli orizzonti profondi del suolo e nel substrato.

A monte delle unità colturali e, in generale, in corrispondenza del limite di valle dei territori non coltivati, sono stati previsti *fossi di guardia* allo scopo di intercettare le acque di ruscellamento, provenienti dai terreni a monte, e immetterle nella rete di scolo naturale o nei fossi collettori.

In corrispondenza del limite a valle delle unità colturali e a monte delle sedi stradali o delle zone residenziali, inserite in contesti agricoli, sono stati localizzati i *fossi di valle*.

In corrispondenza della sponda di valle del fosso di quest'ultimo presidio è stata inoltre prevista la piantumazione di vegetazione arbustiva in modo da conferire al fosso maggiore stabilità (*fosso di valle presidato*).

Reticolo di regimazione idraulico- agraria secondaria

Il rilevamento sul terreno ha permesso di evidenziare la mancanza e/o l'inefficienza della rete di drenaggio interna alle unità colturali; si è, di fatto, riscontrato che questo tipo di affossatura è o del tutto mancante, o insufficiente, o inadeguata.

Verifiche sul campo hanno dimostrato che i solchi acquai, quando presenti, sono caratterizzati da un'eccessiva pendenza e un'eccessiva spaziatura.

La rete di regimazione idraulico - agraria secondaria ha la funzione di intercettare le acque meteoriche che, saturato lo strato lavorato, non potendo penetrare nel terreno, prendono a scorrere in superficie dando origine a sciame di rigagnoli in grado di esercitare un'elevata azione erosiva sui terreni messi a coltura.

Tale tipo di affossatura, al fine di contrastare efficacemente l'azione erosiva delle piogge deve essere progettata in relazione a quelle che sono le caratteristiche intrinseche dei suoli e al tipo di uso del suolo.

In generale dovrà essere realizzata secondo i seguenti criteri: profondità non superiore alla profondità delle lavorazioni, andamento trasversale alla linea di massima pendenza adattandone il tracciato all'andamento del terreno, con una lunghezza non superiore ai 150 metri.

La pendenza delle scoline e la distanza tra una scolina e l'altra dovrà essere definita sulla base del tipo di suolo e di coltura praticata: annuale, poliennale, permanente.

Il reticolo di regimazione idraulica agraria secondario dovrà essere collegato al reticolo di regimazione idraulica agraria permanente e/o al reticolo di drenaggio primario o naturale.

Reticolo di regimazione idraulica infrastrutturale

Durante i rilievi della rete di regimazione, si è inoltre potuto constatare lo stato di abbandono e l'assenza di manutenzione in cui versano gli attraversamenti stradali di fossi e canali.

Lo sviluppo non controllato della vegetazione, associato all'accumulo di detriti vegetali e/o lapidei trasportati durante gli eventi di piena, in molti casi ha determinato la parziale ostruzione delle

sezioni di ingresso dei sottopassi e alla conseguente perdita di funzionalità del tratto intubato, determinando rischi di tracimazione e di sormonto delle infrastrutture.

A seguito di tali osservazioni si ritiene che in corrispondenza dei sottopassi, a monte dei tratti intubati, debbano essere predisposti appositi manufatti allo scopo di impedire l'ostruzione dei condotti.

Considerata la tipologia di detriti che si muove in questi torrenti, principalmente rami, tronchi e massi, è stata individuata un'apposita struttura per l'intercettazione e il controllo di tali detriti. Tale presidio è costituito da una *Griglia deflettente selettiva*, in grado di intercettare e deviare i materiali trasportati dalla corrente in apposite zone di deposito, assicurando così il normale deflusso delle acque (*Debris Control Structures, Hydraulic Engineering Circular N.9 March 1971 Hydraulic Engineer Corp, U.S.A Army*).

Sulla base di un definito programma di pulizia e manutenzione, che dovrà prevedere anche la periodica rimozione di rovi e arbusti, i detriti accumulati, potranno così essere facilmente rimossi garantendo la perfetta efficienza della condotta di sottopasso.

Per quanto riguarda l'analisi puntuale dello stato di efficienza delle rete si rimanda ai rilievi condotti dal Sottogruppo infrastrutture.

Dissesti

Il rilievo geomorfologico dell'area, oltre ad aver confermato i movimenti gravitativi cartografati nella scheda N.43 - Monzuno, ha evidenziato alcune aree problematiche per quanto riguarda lo stato del dissesto.

In due di queste aree la carenza della regimazione idraulica ha portato alla formazione di ristagni e a rammollimenti dei terreni che nel tempo hanno causato l'innescò di movimenti gravitativi attualmente a cinematica lenta; tuttavia, in assenza di interventi tempestivi, l'evoluzione di questi fenomeni potrebbe subire improvvise accelerazioni.

Più specificamente nell'area immediatamente a sud della località Segadizzo è presente un fenomeno di tipo roto-traslato che coinvolge presumibilmente il terreno per alcuni metri di spessore, determinando contropendenze, ondulazioni e ristagni idrici, la cui presenza è testimoniata anche dalla diffusa presenza di vegetazione igrofila.

Il dissesto, già attivo nel 1997 come testimoniano le foto A.I.M.A., è stato rilevato e perimetrato nel 2000, scheda n° 43, del P.S.A.I..

Il movimento insiste su di un substrato costituito da brecce poligeniche a prevalente matrice argillosa, argilloso-sabbiosa ed è situato in corrispondenza di un impluvio privo di un canale di drenaggio.

A seguito della rapida espansione dell'area in dissesto i terreni agricoli sono stati abbandonati e attualmente il fenomeno si è notevolmente ampliato rispetto al rilievo del 2000, con marcate espansioni per avanzamento e regressione.

Se la frana di Segadizzo in origine non determinava significative condizioni di rischio, in quanto distante da elementi urbanistici, attualmente, visto che, nelle immediate adiacenze della nicchia, è in costruzione la nuova circonvallazione di Monzuno, le condizioni di rischio risultano notevolmente modificate.

Si può prevedere che, vista la velocità di evoluzione del fenomeno dal '97 ad oggi, il nuovo tracciato stradale possa, a breve, essere coinvolto dal dissesto.

La seconda area problematica è situata a sud di Cà di Poldo all'estremità orientale del bacino sperimentale. Questo dissesto segnalato nella carta geologica regionale, i cui rilievi risalgono al 1992, ha subito una notevole evoluzione da allora ad oggi. Nel '92, infatti, risulta attiva solo la parte di monte ed è classificata come frana quiescente. Attualmente il fenomeno risulta totalmente attivo e in rapida evoluzione, il fronte della frana ha raggiunto la confluenza del Rio Casazza con il Rio

Terra, e ha creato un vero e proprio salto, in corrispondenza del quale il continuo modellamento al piede, determina un costante richiamo di terreno da monte

Proprio in conseguenza di questa dinamica, si potrebbe verificare la traslazione verso valle, in direzione del sottostante torrente Savena, di una cospicua porzione dell'accumulo con il possibile coinvolgimento del ponte e della vicina strada comunale.

Le cause responsabili dell'innescò e dello sviluppo di questi dissesti sono imputabili, con buona probabilità, alla mancanza assoluta di una qualsiasi rete di raccolta e di drenaggio delle acque, ma anche alle lavorazioni agricole che, oltre ad aver portato all'eliminazione del reticolo naturale, in assenza di un'adeguata rete di regimazione, hanno costituito un vero e proprio ostacolo al naturale deflusso delle acque.

E' stato rilevato un ulteriore fenomeno di dissesto, di minori dimensioni, in coincidenza della confluenza posta immediatamente a valle dell'abitato, in prossimità di un movimento franoso che lambisce l'abitato di Monzuno e sul quale in passato, sono stati eseguiti interventi di bonifica.

Anche in questo caso, analizzando il nuovo tracciato stradale, si è verificato come il dissesto sopra descritto interferisca con la nuova circonvallazione, attualmente in costruzione.

Considerato che i fenomeni di dissesto descritti, come abbiamo visto, presentano interferenze in atto o potenziali con elementi infrastrutturali significativi, strade comunali, corsi d'acqua, ponti, si ritiene prioritario e urgente intervenire.

In particolare, per quanto riguarda quei dissesti che interferiscono con la costruenda circonvallazione, sarebbe opportuno che gli interventi di bonifica venissero realizzati prima dell'ultimazione dei lavori stradali.

Prima di provvedere alla progettazione degli interventi, sarà comunque opportuno, rilevare la situazione aggiornata dei corpi di frana, l'assetto morfologico dei luoghi, la presenza di eventuali risorgive, estendendo i rilievi alle aree che possono influenzare l'evoluzione dei movimenti franosi.

In generale gli interventi dovranno prevedere la risagomatura del corpo di frana, l'eliminazione delle aree di ristagno, la captazione delle eventuali risorgive, il ripristino di un'adeguata rete di drenaggio.

CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI

Il rilevamento dei suoli del bacino del Rio Casazza ha avuto come obiettivi principali l'individuazione e descrizione dei principali tipi di suolo ai fini di stima del rischio di erosione.

La fotointerpretazione (foto aeree alla scala 35.000: Ali Toscane 1985-86) e l'analisi della carta geologica regionale alla scala 1:50.000 hanno consentito in prima fase l'individuazione delle principali unità suolo-paesaggio. In accordo con il responsabile del progetto, l'attenzione si è concentrata sui suoli delle aree interessate da attività agricola, seminativi o prati avvicendati, sulle quali sono state effettuate una serie di osservazioni (18 trivellate **T** da 0 a 120 cm di profondità) descritte e in parte campionate. Tali informazioni, hanno permesso la successiva scelta ragionata di 5 siti rappresentativi su cui effettuare, in una seconda fase di rilievi, lo scavo di profili di suolo (trincee **P** di 0.80x2.00x1.50m) che, oltre a consentire la descrizione dei suoli secondo la Normativa tecnica regionale (RER 2002), la loro classificazione e campionamento, ha avuto lo scopo di valutarne, la profondità, la disponibilità di ossigeno, in particolare le evidenze di ristagni idrici, e la propensione all'erosione.

Una giornata è stata inoltre dedicata al dibattito sul campo¹ in merito agli interventi di sistemazione idraulica agraria più opportuni per controllare i processi erosivi di due unità di gestione agricola tipiche del bacino.

In tale occasione si è convenuto che le sistemazioni idrauliche più compatibili con le attuali esigenze delle pratiche colturali sono quelle costituite dai solchi acquai. La realizzazione di una rete

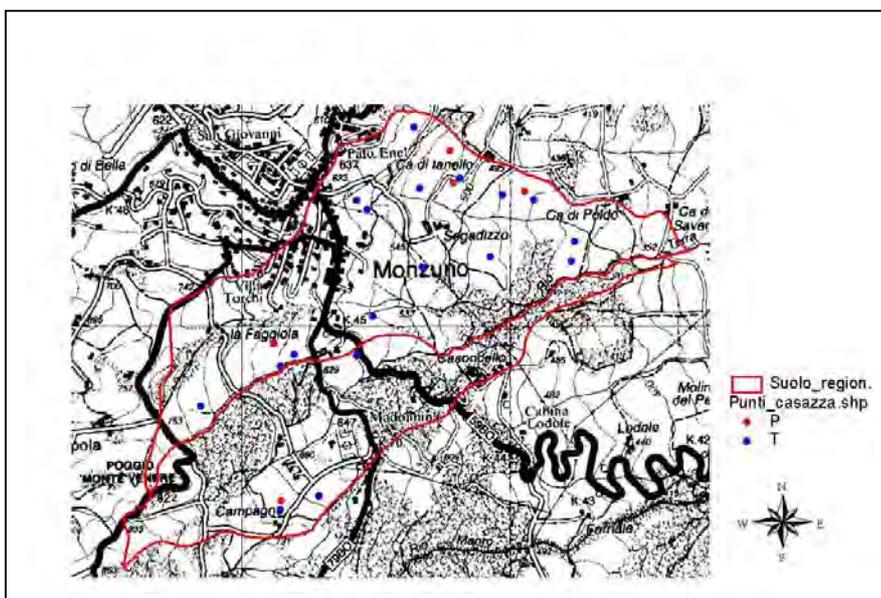
¹ Si ringraziano i professori Antonia Patruno e Luigi Cavazza, di DISTA Università di Bologna, per il significativo contributo dato in tale occasione.

sufficientemente densa di solchi che si raccordino ad un canale collettore rappresenta la soluzione adeguata per contrastare l'erosione superficiale dei suoli e favorire il drenaggio degli stessi.

I suoli

Le osservazioni speditive effettuate con trivella manuale (**T**), in prima fase, hanno consentito di valutare la variabilità dei suoli dell'area. Sono state individuate due unità di suoli principali.

Essi si differenziano significativamente per il diverso contenuto in argilla e in sabbia nel primo metro e mezzo di profondità, per il contenuto in carbonati totali negli orizzonti superficiali e per la disponibilità in ossigeno e presenza di condizioni di saturazione nei suoli negli orizzonti profondi, frequentemente limitata nei suoli della località “Madonnina delle Campagne” (zona campo sportivo), migliore nei suoli della località “Segadizzo”. Significativamente diversa è l'erodibilità del suolo e il conseguente rischio di erosione.



Suoli dell'unità “Madonnina delle Campagne”

Questi suoli sono moderatamente ripidi, con pendenza che varia tipicamente da 15 a 30%; molto profondi, su materiali di origine franosa, a composizione prevalentemente pelitica; a moderata disponibilità di ossigeno e permeabilità bassa.

Tipicamente sono calcarei e moderatamente alcalini, fino ad oltre un metro e mezzo di profondità. Hanno orizzonti superficiali, spessi circa 40 cm, a tessitura argillosa limosa o franca argillosa, scarsamente ghiaiosi; gli orizzonti profondi, spessi 40-80 cm, sono a tessitura franca argillosa o argillosa limosa, ciottolosi; il substrato, fino ad oltre un metro e mezzo di profondità, è franco argilloso limoso ghiaioso, da moderatamente a fortemente calcareo.

L'uso attuale dei suoli è in prevalenza di tipo agricolo, con seminativi, prati poliennali.

Sigla del profilo rappresentativo: **E4501P0001**

Provincia: Bologna

Localizzato nella tavola CTR 1:25.000 : 237 SE

Identificazione del sito: Madonnina delle Campagne (Monzuno)

Rilevatori e data di descrizione: S. Raimondi, P. Morelli, D. Preti, il 08/10/2002

Uso del suolo: medica

Classificazione Soil Taxonomy: Aquic Eutrudepts clayey skeletal, mixed, mesic

I colori si riferiscono al suolo umido, salvo diversa indicazione.

Ap1 0 – 10 cm; argilloso limoso; scarso scheletro marnoso subangolare poco alterato; colore della matrice bruno oliva; struttura poliedrica angolare fine moderatamente sviluppata; molte radici molto fini; violenta effervescenza all'HCl.

Ap2 10-45 cm; argilloso limoso scarsamente ciottoloso; 10% scheletro marnoso subangolare poco alterato; colore della matrice bruno oliva; struttura principale poliedrica angolare fine moderatamente sviluppata e struttura secondaria poliedrica subangolare grossolana debolmente sviluppata; macropori fini, 1%; comuni radici fini; violenta effervescenza all'HCl.

Bw 45 – 120 cm; parte di orizzonte complesso (35%), discontinuo, a tasche, a prevalente disposizione orizzontale; franco argilloso ciottoloso; 33% scheletro marnoso subangolare poco alterato; colore della matrice bruno giallastro chiaro (2.5Y 6/4); molte screziature grossolane di colore giallo brunastro (10YR 6/8) e comuni screziature medie di colore grigio brunastro chiaro (2,5Y 6/2); struttura poliedrica subangolare grossolana debolmente sviluppata; macropori fini, 0.8%; poche radici fini; violenta effervescenza all'HCl; limite chiaro lineare.

Bw 45 – 120 cm ; parte di orizzonte complesso (40%), discontinuo, a tasche, a prevalente disposizione orizzontale; argilloso limoso molto ciottoloso; 40% scheletro marnoso subangolare poco alterato; colore della matrice bruno grigiastro scuro; comuni screziature medie di colore giallo brunastro e comuni screziature medie di colore grigio; struttura principale poliedrica angolare fine moderatamente sviluppata e struttura secondaria poliedrica subangolare media debolmente sviluppata; macropori fini, 0.5%; comuni masse non cementate di carbonato di calcio irregolari, grossolane, alla base dell'orizzonte; poche radici molto fini; forte effervescenza all'HCl.

Bw 45-120 cm; parte di orizzonte complesso (25%), discontinuo, a tasche, a prevalente disposizione orizzontale; franco argilloso molto ciottoloso; 65% scheletro marnoso angolare poco alterato; colore della matrice giallo oliva; comuni screziature medie di colore grigio brunastro pallido e comuni screziature fini di colore giallo oliva; struttura principale poliedrica angolare fine debolmente sviluppata e struttura secondaria poliedrica angolare media debolmente sviluppata; poche radici fini; violenta effervescenza all'HCl.

CB 120-145 cm; franco argilloso limoso ghiaioso; 35% scheletro marnoso angolare alterato; colore della matrice giallo pallido; molte screziature grossolane di colore grigio brunastro pallido e comuni screziature fini di colore giallo oliva; non strutturato; macropori fini, 0.5%; poche radici fini; violenta effervescenza all'HCl; limite sconosciuto



N°	cm	cm	Sabbia 2000-250	Sabbia 250-100	Sabbia 100-50	Limo	ARGILLA	pH	Calcare totale	Calcare attivo	S.O.	CSC	P2O5 ass.
1	0	10	Non campionato										
2	10	45	8	3	4	40	45	7,7	14	5	2,6	26,75	6
3.0	45	120	3	1	3	52	41	8,0	38	15	1,2		
3.1	45	120	3	1	0	46	50	8,0	16	9	1,1		
3.2	45	120											
4	120	145	8	4	6	47	35	8,0	47	16	1,3		

Suoli dell'unità "Segadizzo"

Questi suoli sono moderatamente ripidi, con pendenza che varia tipicamente da 15 a 30%; molto profondi, su depositi di versante, a composizione prevalentemente arenacea e marnosa; a buona, localmente moderata disponibilità di ossigeno e permeabilità moderata.

Tipicamente hanno orizzonti superficiali, spessi circa 40 cm, a tessitura franca, scarsamente ghiaiosi, da non calcarei a scarsamente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini; la parte superiore degli orizzonti profondi, spessa circa 40-80 cm, a tessitura franca, scarsamente ciottolosa, è da non calcarea a scarsamente calcarea, da debolmente a moderatamente alcalina; la parte inferiore, fino ad oltre un metro e mezzo di profondità, a tessitura franca, franca argillosa, scarsamente ciottolosa, è da moderatamente a molto calcarea e moderatamente alcalina. L'uso attuale dei suoli è in prevalenza di tipo agricolo, con seminativi, prati poliennali.

Sigla del pedon rappresentativo: **E4501P0004²**

Provincia: Bologna

Localizzato nella tavola CTR 1:25.000: 237 SE

Identificazione del sito: Segadizzo (Monzuno)

Rilevatori e data di descrizione: M. Guermandi, D. Preti il 05/11/2002

Uso del suolo: medica

Classificazione Soil Taxonomy: Aquic Eutrudepts fine loamy, mixed, mesic

I colori si riferiscono al suolo umido, salvo diversa indicazione.

- Ap1 0-30 cm; franco scarsamente ciottoloso (1%); scheletro arenaceo, alterato; colore della matrice bruno grigio scuro; struttura principale grumosa media, moderatamente sviluppata e struttura secondaria subangolare media, debole; macroporosità non rilevabile; forte effervescenza all'HCl.
- Ap2 30-50 cm; franco; colore della matrice bruno grigio scuro; struttura poliedrica subangolare media, moderatamente sviluppata; macropori fini, 0.4%; forte effervescenza all'HCl.
- Bw1 50-105 cm; franco; colore della matrice bruno oliva; comuni screziature medie di colore grigio e comuni screziature fini di colore bruno giallastro; struttura poliedrica subangolare grossolana, moderatamente sviluppata; macropori fini, 0.4%; effervescenza all'HCl molto debole.
- Bw2 105-140 cm; franco scarsamente ciottoloso (2%); comune scheletro arenaceo subangolare alterato; colore della matrice bruno oliva comuni screziature medie di colore grigio e comuni screziature fini di colore bruno giallastro; struttura poliedrica angolare grossolana, debole; macropori fini, 0.3%; effervescenza all'HCl molto debole.
- Bk 140-180 cm; franco argilloso scarsamente ciottoloso (2%); comune scheletro arenaceo subangolare alterato; colore della matrice bruno oliva chiaro; comuni screziature medie di grigio scuro; struttura principale poliedrica angolare grossolana moderatamente sviluppata e struttura secondaria poliedrica angolare molto grossolana, debolmente sviluppata; macroporosità non rilevabile; frequenti (7%) masse non cementate di carbonato di calcio, irregolari, medie; violenta effervescenza all'HCl.



² Questo profilo è ricollegato al suolo **VALLE - VLE** -, suolo moderatamente frequente (40%) nell'unità cartografica 6Ca della Carta dei suoli regionale 1:250.000 che occupa circa 560 kmq, pari al 3% dei suoli regionali.

in tutti gli orizzonti presenti radici molto fini, in quantità non rilevata e radicabilità = 90%

N°	Cm	cm	SAB 2000- 250	SAB 250- 100	SAB 100-50	LIMO 50-20	LIMO 20-2	ARGILL A	Ph	Calcare totale	Calcare attivo	Sost, org.	CSC	Basi scambiabili
1	0	30	22	15	13	11	17	22,00	7,7	5	2	1,6	12,04	
2	30	50	22	15	14	11	16	22,00	7,7	5	2	1,4	6,9	
3	50	105	22	15	12	10	16	25,00	7,8	0	0	0,7		
4	105	140	21	15	13	10	14	27,00	8,0	0	0	0,5		
5	140	180	11	10	11	12	25	31,00	8,0	15	11	0,6		

I suoli rilevati nell'area sono rappresentativi, per quanto riguarda il rischio di erosione, dei principali suoli agricoli di collina e montagna e relativamente a questo aspetto si differenziano in modo significativo tra loro. L'erodibilità, cioè la propensione del suolo all'erosione idrica, viene calcolata applicando il nomogramma di Wischmeier e Smith (1978), ed è espressa in tonnellate per ettaro e per anno per unità di erosività della pioggia, a sua volta data dall'energia cinetica per l'intensità nell'intervallo di 30 minuti ($Mg\ a^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}\ h$).

I suoli "Segadizzo" possono essere considerati rappresentativi delle tipologie più erodibili e mostrano un valore di erodibilità (K) pari a 0,033. I suoli "Madonnina delle Campagne" sono caratterizzati da una minore erodibilità, con un valore di K pari a 0,024. Nelle analisi successivi vedremo che questo comporta per questi suoli un rischio di erosione significativamente meno rilevante.

RISCHIO DI EROSIONE

In linea di principio si può dire che l'erosione idrica media annua di una zona dipende da una serie di fattori:

- la conformazione del territorio in cui la zona si trova (un'area su un versante molto inclinato è sicuramente più soggetta ad essere erosa rispetto ad una zona in pianura);
- il suo regime climatico, e più in particolare la quantità di precipitazioni medie annue e loro energia. Occorre però tenere anche presente che sono gli eventi più intensi che provocano la maggior parte dell'erosione: piogge abbondanti in termini quantitativi ma caratterizzate da bassa intensità possono essere non effettive ai fini dell'erosione idrica superficiale;
- il tipo di suolo presente nell'area. Un terreno argilloso presenta una percentuale di particelle fini maggiore rispetto ad uno sabbioso, e per questo si comporterà in maniera diversa, trattenendo diversamente l'umidità, avendo una resistenza maggiore;
- il tipo di vegetazione presente o il tipo di gestione agricola e il suo andamento nel corso dell'anno.

Per l'analisi del rischio di erosione nella zona in questione sono stati utilizzati approcci diversi in modo da fornire strumenti utili per la gestione delle aree maggiormente a rischio.

Una prima visione di insieme del rischio di erosione di lungo periodo si è ottenuta con l'applicazione del modello RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) all'intero bacino del torrente Casazza. Questo modello semi-empirico fornisce una stima di lungo periodo dell'erosione totale media, espressa in tonnellate di suolo perso per ettaro e per anno, ed è basato sull'equazione universale di erosione del suolo di Wischmeier e Smith (1978).

Per simulare invece l'erosione causata da un singolo evento piovoso di una certa intensità e con un certo tempo di ritorno è stato utilizzato il modello LISEM. Si tratta in questo caso di un modello distribuito, fisicamente basato, che ha fra le sue caratteristiche la possibilità di inserire un'apposita routine per la gestione di canali di drenaggio superficiale.

Per approfondire le problematiche emerse su alcuni versanti a maggiore rischio di erosione è stato infine utilizzato il modello RUSLE2 che lavora alla scala di versante e che consente di analizzare più in dettaglio l'effetto della protezione del suolo di pratiche di gestione agricola alternative.

Acquisizione dati

Il modello digitale della zona posta sotto esame è stato ottenuto da un'elaborazione a partire da una carta digitale delle curve di livello messa a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna.

Da tale modello, con opportuni strumenti si sono ricavati i dati di input necessari ai modelli, cioè la lunghezza, la pendenza e la forma dei versanti.

I dati climatici sono stati forniti sempre dalla Regione Emilia-Romagna, e sono relativi alle registrazioni della stazione meteorologica di Loiano, per la quale queste esistono su base oraria. I dati pedologici, cartografia dei suoli e profili, sono stati messi a disposizione dalla regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli. Da tali dati sono stati derivati i parametri necessari al funzionamento dei modelli, come l'erodibilità, la capacità di infiltrazione, le caratteristiche di ritenzione idrica.

I dati di uso del suolo provengono dalla cartografia regionale e sono stati utilizzati per derivare i dati necessari all'uso dei modelli. Ulteriori informazioni relative ai calendari colturali e alle pratiche agricole sono state fornite da tecnici regionali.

Applicazione del modello RUSLE

La Universal Soil Loss Equation (USLE) è un'equazione empirica per il calcolo dell'erosione. L'equazione ha la forma

$$E = R K L S C P$$

Dove E è il suolo perso (ton/ha/a) mediamente nell'anno, K è l'erodibilità del suolo, R è l'erosività della pioggia, L è la lunghezza dei versanti e S è la loro pendenza, C è il fattore legato alla copertura vegetale e P sono le eventuali opere di protezione del suolo in atto (canalette, drenaggio, terrazzamenti, ecc.).

La RUSLE usa gli stessi principi della USLE ma incorpora numerose modifiche soprattutto per quanto riguarda il fattore topografico LS.

Nel bacino del rio Casazza sono state eseguite diverse simulazioni, ciascuna delle quali prevedeva un diverso uso del suolo per la parte di territorio investita a seminativo: frumento, erbaio di medica triennale con lavorazione autunnale e semina primaverile.

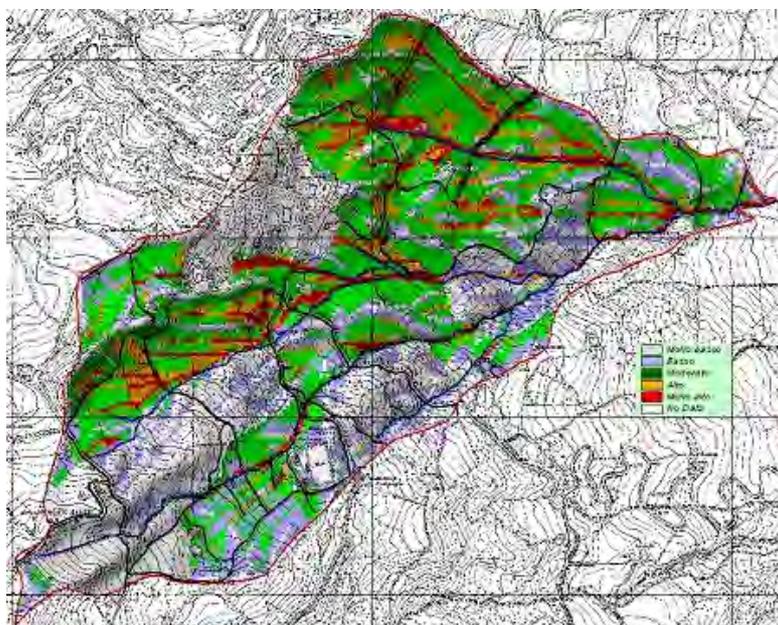


Figura 1: Carta del rischio di erosione per seminativo a frumento. La linea blu identifica la rete di drenaggio principale; le linee nere indicano gli interventi proposti (non considerati nella simulazione).

La carta in figura 1 riporta le classi di rischio di erosione secondo Wischmeier, definite in tabella 1, e fornisce un'idea di massima delle quantità di suolo perso mediamente in un anno.

	Descrizione	Erosione (t/ha/a)
	Molto bassa	0 - 5
	Bassa	5 - 20
	Moderata	20 - 50
	Moderatamente alta	50 - 80
	Elevata	> 80

Tabella 1: Intervalli di riferimento per le classi di erosione riportate nella figura 1.

Come si può vedere la classe maggiormente rappresentata è la classe moderata a cui corrispondono valori di erosione (T/ha/a) compresi tra 20-50 e zone dove la perdita di suolo può raggiungere le 80 T/ha/a. In tali zone, infatti, si sono sviluppati i dissesti durante l'evento meteorico del 2000.

Applicazione del modello LISEM

Il modello è stato utilizzato per descrivere l'idrologia di superficie del bacino, ossia l'infiltrazione e lo scorrere dell'acqua sulla superficie, durante eventi di una certa entità. La quantità di deflussi che si producono durante un evento è, infatti, un indice robusto del rischio di erosione e sedimentazione. Evidenziando dunque le aree dove i flussi si concentrano si possono ragionevolmente individuare le zone a maggior rischio erosivo. Il modello è inoltre capace di simulare la presenza di una rete di drenaggio superficiale e quindi di valutare, anche se in modo qualitativo, l'efficacia di misure di regimazione delle acque di deflusso superficiale

Con opportuni accorgimenti si sono estratte le carte dei deflussi cumulati riferiti alla simulazione di un evento particolarmente erosivo (120 mm in 6 ore), su suolo nudo nelle zone sottoposte a seminativo, così da considerare una situazione di indubbia pericolosità. La stessa simulazione è stata inoltre condotta con la presenza dei canali, il cui ripristino viene suggerito dal presente progetto.

I risultati delle simulazioni hanno permesso di individuare le zone critiche dove si ha la maggior carica di deflussi e quindi il maggior rischio di erosione e produzione di sedimento e gli effetti benefici sull'erosione derivati dall'introduzione della rete di drenaggio prevista.

In due zone critiche sono stati scelti ed analizzati con il modello RUSLE2 due transetti al fine di individuare le pratiche di gestione agricola più idonea per il controllo dei processi erosivi all'interno delle unità colturali. I due transetti, transetto 1 e transetto 2 sono stati localizzati rispettivamente sui suoli "Segadizzo" e "Madonnina delle Campagne" come riportato in figura 2.

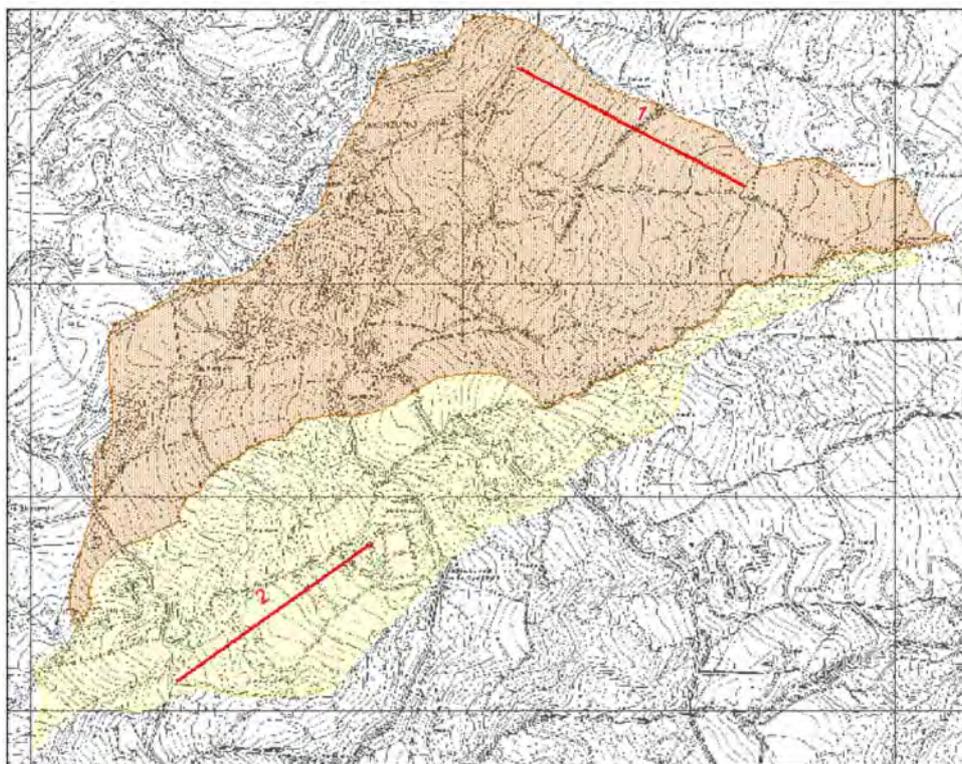


Figura 2: Cartografia dei suoli e localizzazione dei transetti: suolo "Segadizzo" - Transetto 1; suolo "Madonnina delle Campagne" - Transetto 2.

Applicazione del Modello RUSLE2

Il modello Rusle2 per il calcolo dell'erosione utilizza una rappresentazione “in sezione” del versante. Nelle zone critiche individuate sono stati individuati i transetti prendendo in considerazione zone caratterizzate da linee di flusso quanto più parallele possibili.

Sono state effettuate diverse simulazioni ipotizzando due tipi di uso principale: una monosuccessione di frumento ed una rotazione quadriennale medica-frumento. I livelli di produzione unitari sono quelli medi della zona. Per la medica, si sono inoltre ipotizzate due differenti gestioni agronomiche: la prima è quella corrente, che prevede la lavorazione principale e le lavorazioni secondarie effettuate in autunno e la semina primaverile; la seconda, più protettiva, prevede che le lavorazioni del terreno siano effettuate in prossimità della semina.

Per quanto riguarda la stima dell'erosione l'analisi ha riguardato sia la quantificazione del suolo eroso, inteso come suolo effettivamente staccato dalla parcella, che del sedimento prodotto, inteso come suolo che esce dalla parcella al netto della deposizione; in altri termini la differenza tra suolo eroso e sedimento prodotto, esprime il tasso di interrimento delle scoline all'interno della parcella.

Transetto 1

Si tratta di un versante lungo circa 605 metri, di pendenza media del 23% e caratterizzato dai suoli “Segadizzo” limoso finì ad elevata erodibilità.

La tabella sottostante (tab. 2) riporta i valori stimati di erosione per il transetto in una simulazione in assenza o in presenza di canali di drenaggio primario o naturale e di regimazione idraulico-agraria permanente. Come si può vedere dai risultati delle simulazioni, i valori di erosione del suolo ricadono nella classe di erosione moderata (tab. 1) nonostante l'introduzione della sopra citata rete di regimazione. Risulta inoltre evidente nel caso delle lavorazioni primaverili l'abbattimento dell'erosione per l'effetto coprente dei residui della coltura precedente durante la stagione invernale.

Transetto 1		T/ha/a con canali	T/ha/a senza canali
frumento 40q/ha	Suolo eroso	38	47
	Sedimenti prodotti	11	37
medica 25q/ha a taglio (3 tagli)	Suolo eroso	48	62
	Sedimenti prodotti	14	50
medica 25q/ha lavorazioni primaverili	Suolo eroso	28	34
	Sedimenti prodotti	13	28

Tabella 2: Risultati della simulazione per 2 usi del suolo, frumento e medica, e nel caso della medica per 2 tipi di gestione. *Suolo eroso* è il suolo effettivamente staccato dalla parcella presa in considerazione; *Sedimenti prodotti* è il suolo che esce dalla parcella, al netto della deposizione nella parcella stessa.

A questo punto è stata simulata l'introduzione della regimazione idraulico-agraria secondaria (scoline) all'interno dell'unità colturale. La simulazione ha previsto l'introduzione, in un'unità colturale lunga 290 m e con una pendenza 25%, di scoline distanti tra loro rispettivamente 30 e 60 m.

Nelle tabelle sottostanti sono riportati, per i due usi del suolo e per le diverse pratiche agronomiche, i valori di suolo perso per erosione e la quantità di sedimenti prodotti, ipotizzando la presenza di 5 scoline distanziate di 60 m e 10 scoline distanziate di 30 m. Sono state inoltre ipotizzate diverse inclinazioni ad esse assegnate rispetto alla linea di massima pendenza.

Transetto 1 - 5 scoline a 60 m		290 metri	T/ha/a				
		-	5%	2%	1%	0.50%	0.10%
frumento 40q/ha	Suolo eroso	46	26	26	26	26	26
	Sedimenti prodotti	40	24	23	16	9.1	2.2
medica 25q/ha	Suolo eroso	59	30	30	30	30	30
	Sedimenti prodotti	51	28	23	18	12	3
medica 25q/ha lavorazioni primaverili	Suolo eroso	34	19	19	19	19	19
	Sedimenti prodotti	29	18	18	16	11	2.6

Transetto 1 – 10 scoline a 30 m		290 metri	T/ha/a				
		-	5%	2%	1%	0.50%	0.10%
frumento 40q/ha	Suolo eroso	46	19	19	19	19	19
	Sedimenti prodotti	40	17	17	14	8	1.8
medica 25q/ha	Suolo eroso	59	28	28	28	28	28
	Sedimenti prodotti	51	25	23	18	12	2.7
medica 25q/ha lavorazioni primaverili	Suolo eroso	34	15	15	15	15	15
	Sedimenti prodotti	29	13	13	12	10	2.3

Dall'esame delle tabelle è evidente come l'introduzione delle scoline all'interno delle unità colturali ha l'effetto di ridurre notevolmente la quantità di suolo eroso e, in dipendenza dell'inclinazione delle stesse, la quantità di sedimenti prodotti.

Transetto 2

Si tratta in questo caso di un versante complesso, lungo 573 metri e con pendenza media del 18%, localizzato nella parte meridionale del bacino caratterizzato da suoli relativamente più fini, e meno erodibili di quelli del transetto 1. Anche in questo caso sono state ipotizzate le stesse colture e gestione agronomica dell'esempio precedente.

La tabella seguente riporta i valori stimati per l'erosione per la lunghezza intera del transetto, in assenza di canali.

Transetto 2		T/ha/a
frumento 40q	Suolo eroso	18
	Sedimenti prodotti	9
medica 25 q	Suolo eroso	25
	Sedimenti prodotti	14
medica 25 q lavorazioni primaverili	Suolo eroso	14
	Sedimenti prodotti	8

I valori di erosione del suolo ricadono per il frumento e la medica con lavorazioni primaverili all'interno della classe di erosione bassa (5-20 T/ha/a) mentre la medica con lavorazioni autunnali lo supera di poco. Si riconferma il minor tasso di erosione nella coltura della medica con lavorazioni primaverili.

Di seguito vengono riportati i valori di erosione, relativi alla porzione alta del transetto 2, pari a una lunghezza di 331 m e con pendenza media di 20%, stimati per coltura e per gestione agronomica, con l'introduzione dei canali di drenaggio primario o naturale e di regimazione idraulico-agraria permanente e con scoline.

Transetto 2		T/ha/a senza canali	T/ha/a con 2 canali	T/ha/a con scoline ogni 60 m
Frumento 40q/ha	Suolo eroso	19	16	12
	Sedimenti prodotti	13	8	7
medica 25q/ha	Suolo eroso	24	21	15
	Sedimenti prodotti	17	10	9
medica 25q/ha lavorazioni primaverili	Suolo eroso	15	13	10
	Sedimenti prodotti	10	9	8

Dall'esame della tabella si deduce che per i suoli "*Madonnina delle Campagne*" anche la sola introduzione delle sistemazioni idrauliche-agrarie permanenti (canali), associata a scoline distanziate di 60 m, è sufficiente ad abbattere il valore dell'erosione e rientrare, con i tipi di coltura e lavorazioni considerate, sostanzialmente nella classe di erosione bassa.

Analisi dei risultati

Al fine di contenere i processi erosivi e ridurre le perdite di suolo si è ritenuto prudentiale prendere come riferimento per il dimensionamento degli interventi di regimazione idraulico-agraria la classe di erosione bassa (5-20 t/ha/a).

Analizzando i risultati delle simulazioni si può notare come la sola presenza delle sistemazioni idraulico-agrarie ha un effetto riducente dell'erosione. Esse infatti diminuiscono il ruscellamento superficiale e quindi la quantità di particelle di suolo distaccate e trasportate. Nei suoli "*Segadizzo*", considerata la loro maggiore erodibilità, si dovrà provvedere oltre al ripristino del reticolo di drenaggio primario e della regimazione idraulico-agraria permanente, all'introduzione delle regimazioni idrauliche-agrarie secondarie con spaziature delle scoline a 30 m. Per quanto riguarda la loro pendenza, sarebbe auspicabile creare scoline quanto più ortogonali possibili alle linee di massima pendenza, abbattendo in questo modo la produzione di sedimento che esce dalla parcella, senza però andare oltre la soglia di un'eccessiva deposizione che ne causerebbe l'interrimento. In particolare nei suoli "*Segadizzo*", a maggior rischio di erosione, si è ritenuto che il limite di pendenza da adottare sia compreso tra 1 e 5%.

Diversamente, nei suoli "*Madonnina delle Campagne*", vista la loro minore erodibilità intrinseca, risulta sufficiente il ripristino del reticolo di drenaggio primario, della regimazione idraulico-agraria permanente, associate a scoline distanziate di 60 m. Per quanto riguarda questi suoli, considerato che la quantità di suolo eroso è drasticamente ridotta dalla sola presenza delle regimazioni idrauliche, la pendenza delle scoline risulta poco significativa ai fini del controllo dell'erosione. Si ritiene invece che, in considerazione della maggiore propensione ai movimenti di tipo gravitativo propri delle formazioni geologiche sulle quali questi suoli si sono evoluti, sia opportuno per allontanare rapidamente l'acqua in eccesso che la profondità delle scoline sia superiore a quella delle lavorazioni, fino a raggiungere i 60-70 cm, come i fossi di guardia di valle.

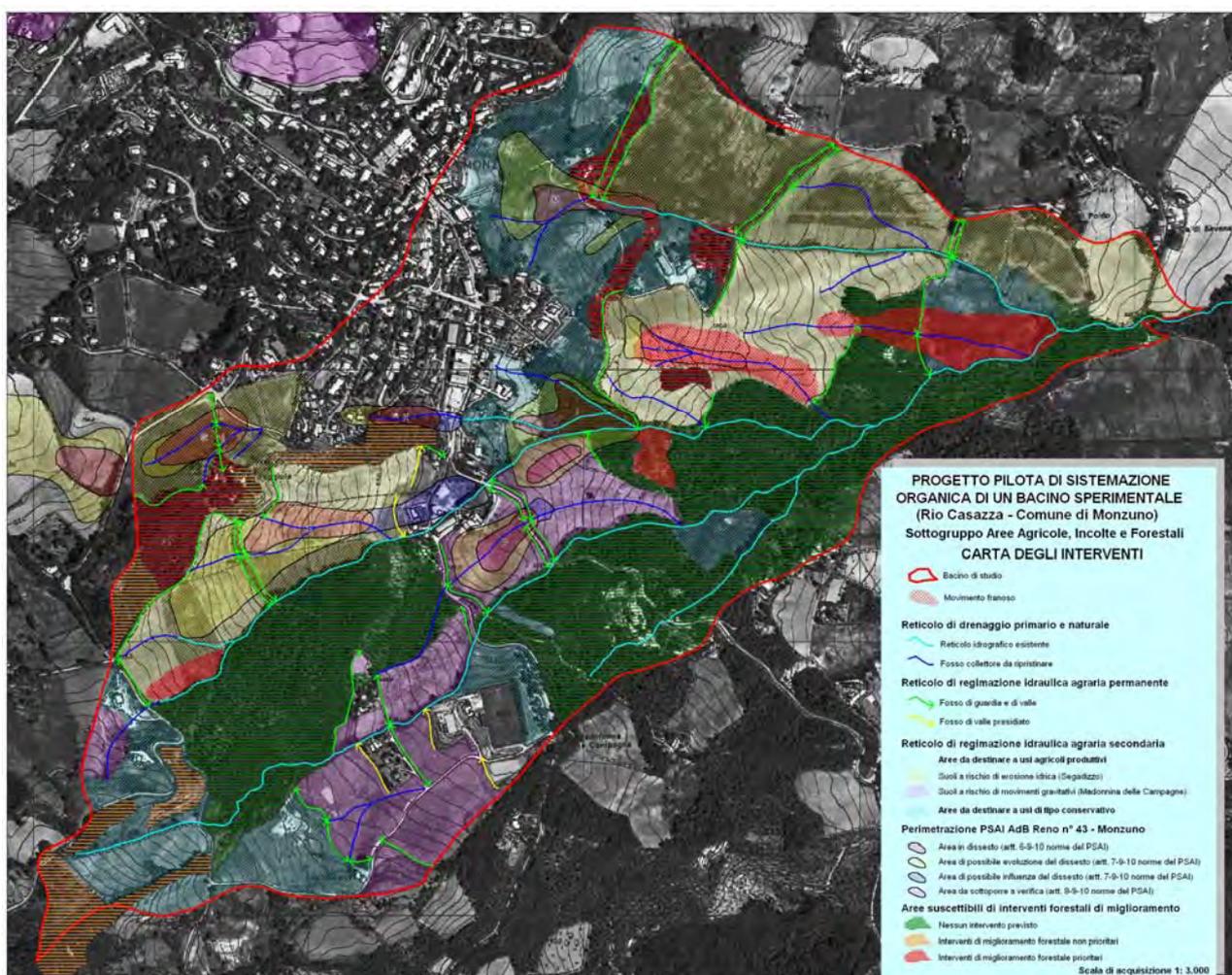
Le simulazioni hanno messo in evidenza la rilevanza, sull'entità dei processi erosivi, del tipo di coltura e delle pratiche gestionali praticate. In particolare emerge che la coltura della medica con lavorazioni primaverili risulta essere la più protettiva, rispetto alla coltura del frumento e della medica con lavorazioni autunnali, quest'ultima mediamente a più elevato rischio erosivo. Tali diversi comportamenti dipendono dalla diversa copertura del suolo da parte delle colture nella stagione invernale, stagione in cui più frequentemente si verificano piogge intense. La medica a lavorazione autunnale comporta la presenza di suolo nudo per l'intera stagione, diversamente con la medica a lavorazione primaverile, grazie alla non lavorazione e ai residui della coltura precedente, il suolo risulta meno vulnerabile all'erosione in tale epoca, come peraltro si verifica con il frumento in quanto è già presente un minimo di copertura del suolo fin dall'inizio dell'inverno.

INTERVENTI

Sulla base dei rilievi e delle analisi sono stati progettati gli interventi di sistemazione idrogeologica del bacino riportati sulla carta degli interventi.

La carta degli interventi è stata realizzata alla scala 1: 3.000 utilizzando come base le ortofoto AIMA del 1997 e la Carta Tecnica Regionale in scale 1: 5.000, questo ha permesso una puntuale identificazione dei luoghi e la localizzazione degli interventi.

In cartografia sono stati riportati il confine dell'area di indagine, coincidente con il limite del bacino del Rio Casazza, il reticolo idrografico esistente, la perimetrazione n. 43 – Monzuno del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico nella quale è riportata la zonizzazione delle *aree in dissesto*, *delle aree di possibile evoluzione del dissesto*, *delle aree di possibile influenza del dissesto* e *le aree da sottoporre a verifica*, per le quali valgono le norme previste dal Titolo I, Rischio da Frana e Assetto dei Versanti del P.S.A.I. e infine le proposte di intervento, in termini di opere e di pratiche di gestione agricole e forestali.



Gli interventi previsti si riferiscono a interventi di regimazione idraulica da realizzare a diversi livelli gerarchici:

- a livello di bacino con la individuazione del “*reticolo di drenaggio primario e naturale da ripristinare*” da prevedere in corrispondenza di impluvi privi di un collettore idrico,
- a livello di unità colturale con la progettazione di un “*reticolo di regimazione idraulica agraria permanente*”, che prevede la realizzazione di fossi di guardia e di valle, presidiati e non, a delimitazione delle unità colturali e a protezione di infrastrutture e insediamenti,

- interna all'unità colturale con la definizione di un “*reticolo di regimazione idraulica agraria secondaria*” le cui caratteristiche, pendenza, lunghezza, spaziatura dei solchi acquai, sono definite in relazione alle caratteristiche dei suoli e agli usi del suolo.

La localizzazione degli interventi, così come indicati in carta, le loro caratteristiche geometriche, lunghezza e pendenza, sono da considerare indicative e pertanto in fase di realizzazione le opere e i manufatti dovranno essere progettati a livello esecutivo, inoltre per il reticolo di drenaggio e per i collegamenti fra i diversi livelli di regimazione potrà essere necessario prevedere la loro individuazione direttamente sul campo, al fine di progettare gli interventi conformi al reale assetto morfologico dei terreni.

La carta degli interventi classifica inoltre il territorio in funzione della destinazione d'uso dei terreni, definita sulla base dei limiti e delle attitudini dei suoli a sostenere usi agricoli produttivi e sulla base dell'assetto morfologico dei terreni.

Attraverso l'esame comparato dei dati geomorfologici, di uso del suolo e dei suoli sono state quindi definite, nelle aree non forestate, le destinazioni d'uso dei suoli: territori idonei agli usi agricoli produttivi e territori che, per limiti ambientali, è consigliabile destinare a usi di tipo conservativo.

Nei territori da destinare ad usi conservativi sono state inserite le aree interessate da gravi situazione di dissesto, i versanti costituenti le testate degli imbriferi caratterizzati in genere da pendenze superiori al 30% e da suoli superficiali.

Nella Carta degli Interventi sono riportati inoltre i movimenti franosi sui quali si ritiene prioritario intervenire con azioni di bonifica e sistemazione, come pure i manufatti da realizzare a presidio delle condotte degli attraversamenti stradali (griglie selettive).

Infine dal settore Aree Forestali sono state mutate le zonizzazioni relative alle zone da sottoporre a interventi di manutenzione più o meno prioritari all'interno delle aree boscate.

Caratteristiche costruttive

Di seguito vengono descritte le caratteristiche costruttive delle opere previste nella carta degli interventi.

Reticolo di drenaggio primario o naturale

Complessivamente i canali collettori da ripristinare assommano a 4634 metri e sono localizzati in corrispondenza di impluvi, su terreni agricoli o da destinare a usi conservativi.

Il canale dovrà essere realizzato secondo le seguenti specifiche: *sezione trapezoidale, inclinazione delle sponde di circa 60°, profondità di 70 cm, larghezza della base canale di 80 cm.*

Al fine di salvaguardare il canale nel tempo è prevista la *piantumazione di essenze arbustive autoctone* su entrambe le sponde.

Nei terreni a destinazione agricola dovrà inoltre essere prevista, tra il limite delle lavorazioni e la sponda del canale, una *fascia di rispetto pari o superiore a un metro* che dovrà essere mantenuta a terreno saldo, come per altro previsto dall'art. 13, comma 1, lettera f, delle norme del P.S.A.I.

Reticolo di regimazione idraulica permanente

Fosso di Guardia e di Valle

Complessivamente sono stati progettati 5175 metri di fossi, localizzati di norma, in prossimità del limite tra terreni boscati, incolti o agricoli.

I fossi di guardia come abbiamo visto, hanno la funzione di intercettare le acque provenienti dai terreni non coltivati, mentre i fossi di valle raccolgono le acque che si infiltrano negli orizzonti più

superficiali del suolo, entrambi convogliano le acque raccolte nel reticolo fluviale e/o nei fossi collettori. Questi tipi di affossature, svolgono la funzione di intercettare le acque che si infiltrano nello strato lavorato e che scorrono lungo la soglia di lavorazione, pertanto è determinante che la loro profondità sia superiore a quella dei solchi di lavorazione.

I fossi di guardia e di valle dovranno essere realizzati secondo le seguenti specifiche: *andamento trasversale alle linee di massima pendenza, pendenza pari e non superiore al 1-3%, sezione del canale trapezoidale e pendenza delle sponde pari a circa 60°, profondità superiore a quella delle lavorazioni (60-70 cm), larghezza della base del canale di 30-40 cm, lunghezza del canale non superiore a 150 metri.*

Fosso di valle presidiato

Il fosso di valle presidiato è stato previsto per la difesa e la salvaguardia delle zone antropiche inserite in contesti agricoli.

Dal punto di vista funzionale svolge le stesse funzioni descritte per i fossi di guardia e di valle e dovrà essere realizzato con le medesime caratteristiche costruttive, tuttavia, al fine di conferire maggiore stabilità e resistenza al fosso, la sponda di valle dovrà essere presidiata mediante la piantumazione di vegetazione arbustiva autoctona.

Regimazione idraulico agraria secondaria

Al fine di contrastare efficacemente l'azione erosiva delle piogge nei "Suoli a rischio di erosione idrica" (suoli Segadizzo), individuati nella carta degli interventi, la regimazione idraulico agraria secondaria questo tipo di affossatura dovrà essere progettato in relazione a quelle che sono le caratteristiche intrinseche dei suoli, il tipo di uso del suolo, e in generale dovrà essere realizzata secondo i seguenti criteri: i solchi acquai dovranno essere di norma poco profondi e non superare la profondità delle lavorazioni con un andamento trasversale alla linea di massima pendenza e un tracciato adattato alla morfologia del terreno. Dovranno inoltre essere realizzati con una spaziatura di 30 m e una pendenza compresa a 1-3 %.

Il reticolo di regimazione idraulica agraria secondario dovrà essere collegato al reticolo di regimazione idraulica agraria permanente e/o al reticolo di drenaggio primario o naturale.

Movimenti gravitativi: località Il Poldo e Segadizzo

Nei movimenti gravitativi individuati nelle località Il Poldo e Segadizzo è stata prevista la realizzazione di trincee drenanti, rimodellamento del corpo di frana e semina di essenze erbacee.

Griglia deflettente selettiva

Sono state previste n. 16 griglie da realizzare a monte dei condotti di sottopasso di rii e di canali collettori allo scopo di evitare la loro possibile ostruzione.

Le griglie svolgono infatti la funzione di intercettare e deviare i detriti vegetali e/o lapidei trasportati durante gli eventi di piena e di convogliarli in apposite zone di deposito ai lati del condotto di sotto passo.

La griglia deflettente selettiva dovrà essere realizzata secondo le seguenti caratteristiche costruttive:

- sarà costituita da elementi verticali, di ferro o legno (es. pali di castagno), infissi nel terreno e legati in testa tra loro da elementi orizzontali,
- avrà in pianta una forma di V con il vertice rivolto verso monte,
- l'asse della V dovrà essere coincidente con l'asse del rio e gli apici della V saranno coincidenti con la sezione di ingresso della condotta,

- il vertice della griglia deflettente dovrà avere un angolo compreso tra 15° e 25°, mentre la superficie dei due lati che compongono la griglia dovrà essere almeno 10 volte l'area della sezione del condotto;
- la spaziatura tra gli elementi verticali dovrà essere pari a 2/3 della dimensione minima della sezione del condotto;
- la larghezza, misurata in corrispondenza della sezione d'ingresso del condotto e l'altezza della griglia dovrà essere almeno 1.1 delle rispettive dimensioni del tubo;
- la sezione del canale nella quale sarà collocata la griglia dovrà essere opportunamente ampliata e risagomata in modo da creare ai lati del manufatto apposite aree di deposito e al fine di rendere accessibile la zona di deposito ai mezzi meccanici per i periodici interventi di pulizia; le dimensioni della zona di deposito dovranno essere pari a tre volte quelle della sezione del condotto;



Esempio di griglia deflettente selettiva

Analisi dei costi

La progettazione a livello preliminare e la definizione delle caratteristiche costruttive delle opere di regimazione e degli interventi ha permesso la stima del costo globale degli interventi necessari a migliorare l'assetto idrogeologico del bacino del Rio Casazza.

Reticolo di drenaggio primario o naturale

Costo unitario al metro

*Scavo comprensivo di sistemazione terreno: **4 euro al m***

*Piantumazione essenze arbustive(n3 piante al m. su ambedue le sponde): **12 euro al m***

Costo totale al metro: **16 euro**

Costo previsto per complessivi mt. 4634: **74.144** euro.

Reticolo di regimazione idraulica permanente

Fosso di Guardia e di Valle

Costo unitario al metro

*Scavo comprensivo di sistemazione terreno: **3 euro al m***

Costo previsto per complessivi mt. 5175: **15.525** euro

Fosso di valle presidiato

Costo unitario al metro

Scavo comprensivo di sistemazione terreno: 3 euro al m

Piantumazione essenze arbustive(n 5 piante al m): 10 euro al m

Costo totale al metro: **13 euro**

Costo previsto per complessivi mt. 411: **5.343 euro**

Regimazione idraulico agraria secondaria

Costo previsto

Tali interventi devono essere eseguiti all'interno dell'unità colturale al termine delle operazioni di semina e sono da considerare parte integrante delle ordinarie operazioni colturali .

Per questo tipo di intervento pertanto non è stato previsto alcun impegno economico.

Movimenti gravitativi: località Il Poldo e Segadizzo

Costo unitario al metro

Trincee drenanti poste alla profondità di 3/4 m: 125 euro al m

Movimentazione terreno e rimodellamento corpo di frana: 0,5 euro al mq

Semina (idrosemina) : 0,13 euro al mq.

Costo previsto per complessivi mt.500 di trincee drenanti : **62.500 euro**

Costo sistemazione finale del terreno : **31.500 euro**

Costo totale intervento: **94.000 euro**

Griglia deflettente selettiva

Costo unitario

Griglia selettiva tipo, composta da n. 15 pali di lunghezza pari a 2 m e relativi interventi di preparazione del terreno e messa in opera: euro 500

Costo previsto per n. 16 griglie: **8.000 euro**

Totale generale delle opere:

Canali collettori presidiati : **74.144 euro**

Fossi di guardia e di valle presidiati: **15.525 euro**

Fossi di valle presidiati : **5.343 euro**

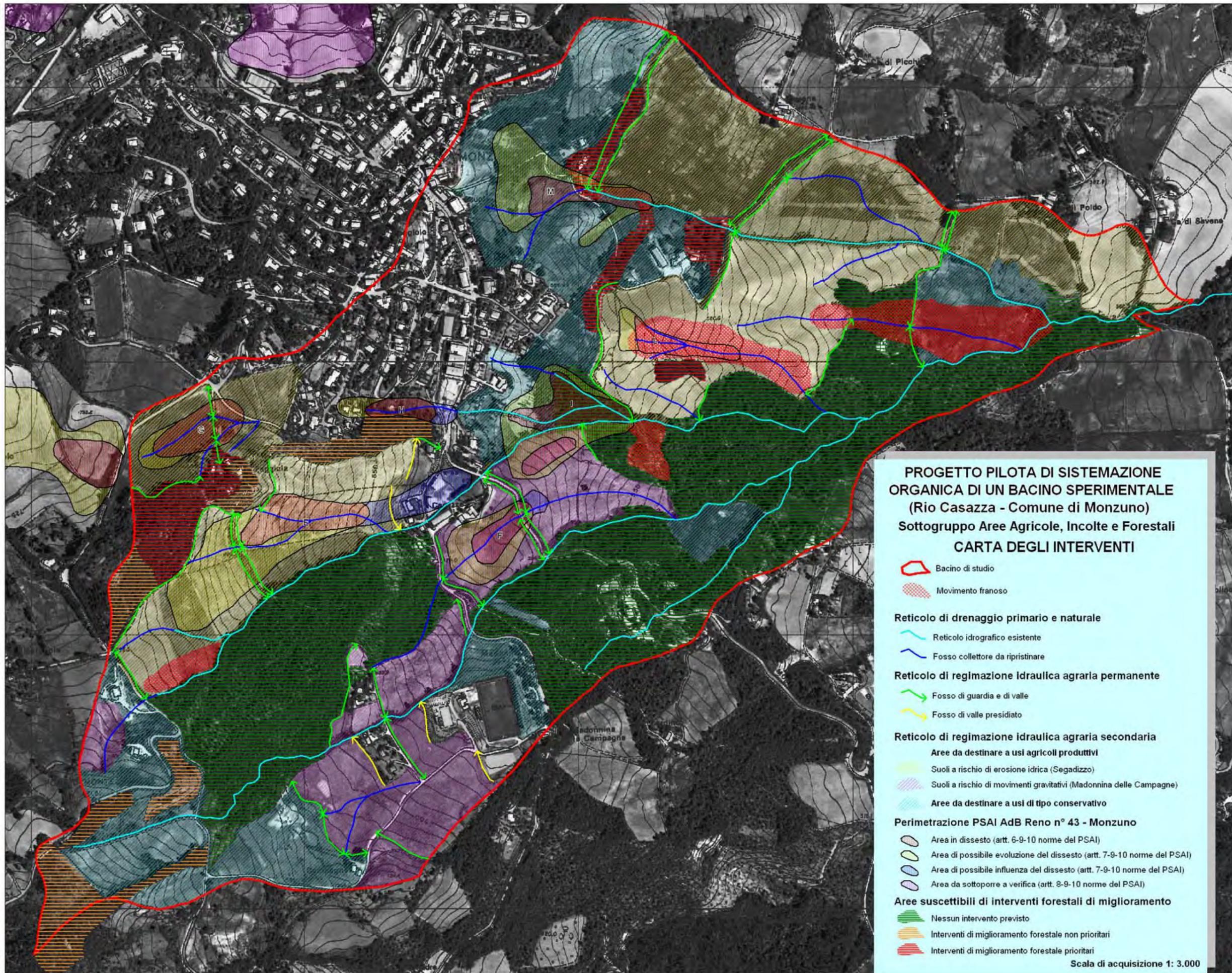
Movimenti gravitativi : **94.000 euro**

Griglie deflettenti selettive: **8.000 euro**

Totale generale: **197.012 euro**

Imprevisti, spese gen. e IVA: 68.954 euro

TOTALE COMPLESSIVO: **265.966 euro**



PROGETTO PILOTA DI SISTEMAZIONE ORGANICA DI UN BACINO SPERIMENTALE (Rio Casazza - Comune di Monzuno) Sottogruppo Aree Agricole, Incolte e Forestali CARTA DEGLI INTERVENTI

-  Bacino di studio
-  Movimento franoso
- Reticolo di drenaggio primario e naturale**
 -  Reticolo idrografico esistente
 -  Fosso collettore da ripristinare
- Reticolo di regimazione idraulica agraria permanente**
 -  Fosso di guardia e di valle
 -  Fosso di valle presidiato
- Reticolo di regimazione idraulica agraria secondaria**
 - Aree da destinare a usi agricoli produttivi**
 -  Suoli a rischio di erosione idrica (Segadizzo)
 -  Suoli a rischio di movimenti gravitativi (Madonnina delle Campagne)
 -  Aree da destinare a usi di tipo conservativo
- Perimetrazione PSAI AdB Reno n° 43 - Monzuno**
 -  Area in dissesto (artt. 6-9-10 norme del PSAI)
 -  Area di possibile evoluzione del dissesto (artt. 7-9-10 norme del PSAI)
 -  Area di possibile influenza del dissesto (artt. 7-9-10 norme del PSAI)
 -  Area da sottoporre a verifica (artt. 8-9-10 norme del PSAI)
- Aree suscettibili di interventi forestali di miglioramento**
 -  Nessun intervento previsto
 -  Interventi di miglioramento forestale non prioritari
 -  Interventi di miglioramento forestale prioritari

Scala di acquisizione 1: 3.000

ALLEGATO TECNICO

RELAZIONE SUL RISCHIO DI EROSIONE NEL
BACINO DEL RIO CASAZZA, NEL TERRITORIO
DEL COMUNE DI MONZUNO

CONVENZIONE “DEFINIZIONE ED UTILIZZO DI STRUMENTI DI ANALISI,
ELABORAZIONE E PREVISIONE DI FENOMENI EROSIVI IN AMBIENTI COLLINARI
E MONTANI DELLA DOTAZIONE IN MATERIA ORGANICA DEI SUOLI IN
AMBIENTI DI PIANURA DELL’EMILIA-ROMAGNA”

RELAZIONE SUL RISCHIO DI EROSIONE NEL BACINO DEL RIO CASAZZA, NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI MONZUNO

A cura di Costanza Calzolari, Devis Bartolini, Massimiliano Zandomeneghi,
Dino Torri, Fabrizio Ungaro.

Ricerca realizzata in collaborazione con:

Regione Emilia Romagna - Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, Ufficio Pedologico



C.N.R. IRPI

**ISTITUTO DI RICERCA PER LA PROTEZIONE IDROGEOLOGICA
UNITÀ STACCATA DI FIRENZE, PEDOLOGIA APPLICATA
P.LE CASCINE 15, I-50144 FIRENZE**

INTRODUZIONE

In linea di principio si può dire che l'erosione idrica media annua di una zona dipende da una serie di fattori:

- La conformazione del territorio in cui la zona si trova (un'area su un versante molto inclinato è sicuramente più soggetta ad essere erosa rispetto ad una zona in pianura);
- Il suo regime climatico, e più in particolare dalla quantità di precipitazioni medie annue e dalla loro energia. Occorre però tenere anche presente che sono gli eventi più intensi che provocano la maggior parte dell'erosione: piogge abbondanti in termini quantitativi, ma caratterizzati da bassa intensità possono essere non effettive ai fini dell'erosione idrica superficiale.
- Il tipo di suolo presente nell'area. Un terreno argilloso presenta una percentuale di particelle fini maggiore rispetto ad uno sabbioso, e per questo si comporterà in maniera diversa, ad esempio trattenendo diversamente l'umidità, e mostrando una resistenza maggiore...
- Il tipo di vegetazione presente o il tipo di gestione agricola e il suo andamento nel corso dell'anno

Per l'analisi del rischio di erosione nella zona in questione sono stati utilizzati approcci diversi in modo da fornire strumenti utili per la gestione delle aree maggiormente a rischio.

Una prima visione di insieme del rischio di erosione di lungo periodo si può ottenere con l'applicazione del modello RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation, Renard, et al., 1997) all'intero bacino del torrente Casazza. Questo modello semi-empirico fornisce una stima della erosione totale media, espressa in tonnellate di suolo perso per ettaro e per anno, ed è basato sull'equazione universale di erosione del suolo di Wischmeier e Smith (1978).

Per simulare invece l'erosione causata da un singolo evento piovoso di una certa intensità e con un certo tempo di ritorno è stato utilizzato il modello LISEM (Jetten, 2002). Si tratta in questo caso di un modello distribuito, fisicamente basato e che ha fra le sue caratteristiche la possibilità di inserire una apposita routine per la gestione di canali di drenaggio superficiale.

Per approfondire le problematiche emerse su alcuni versanti da maggiore rischio di erosione è stato infine utilizzato il modello RUSLE2 (Foster e Yoder 1999) che lavora alla scala di versante e che consente di analizzare più in dettaglio l'effetto sulla protezione del suolo di pratiche di gestione agricola alternative.

ACQUISIZIONE DATI

Il modello digitale della zona di studio è stato ottenuto da una elaborazione a partire da una carta digitale con le curve di livello ogni 5 m messa a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna.

Dal modello digitale, con opportuni strumenti si sono ricavati i dati di input necessari ai modelli, cioè la lunghezza, la pendenza e la forma dei versanti.

I dati climatici (precipitazioni e temperature) sono stati forniti dal Servizio Meteorologico Regionale dell'ARPA Emilia-Romagna, e sono relativi alle registrazioni della stazione meteorologica di Loiano (quota s.l.m. 746 m, Lat = 44° 15' 43" Long = 11° 19' 46"), per la quale esistono registrazioni su base oraria.

I dati pedologici, cartografia dei suoli (figura 1) e profili, sono stati messi a disposizione dalla regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli. Da tali dati sono stati derivati i parametri necessari al funzionamento dei modelli, come l'erosibilità, la capacità di infiltrazione, le caratteristiche di ritenzione idrica, ecc.

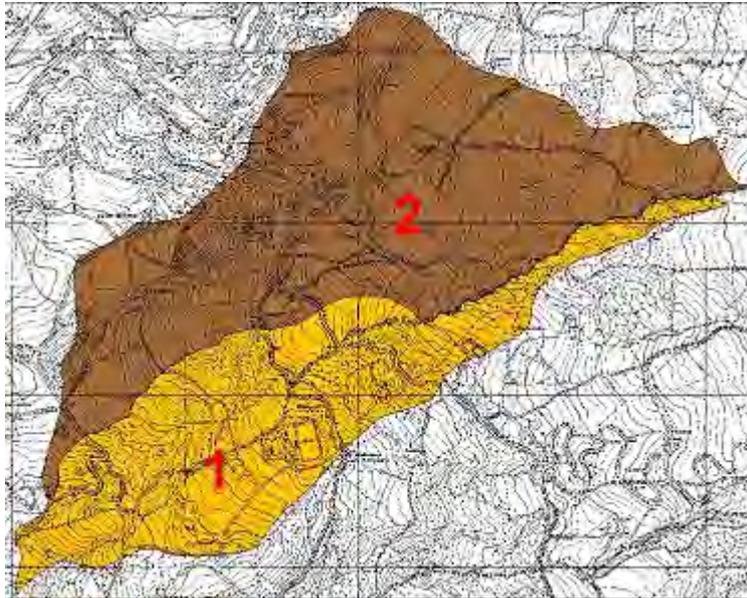


Figura 1. Cartografia dei suoli dell'area (versione provvisoria): 1, suolo MOV, limoso fine; 2, suolo LOI franco fine.

I dati di uso del suolo (figura 2) sono stati forniti dalla Regione Emilia Romagna e sono stati utilizzati per derivare i dati necessari all'uso dei modelli. Ulteriori informazioni relative ai calendari colturali e alle pratiche agricole sono state fornite da tecnici regionali.

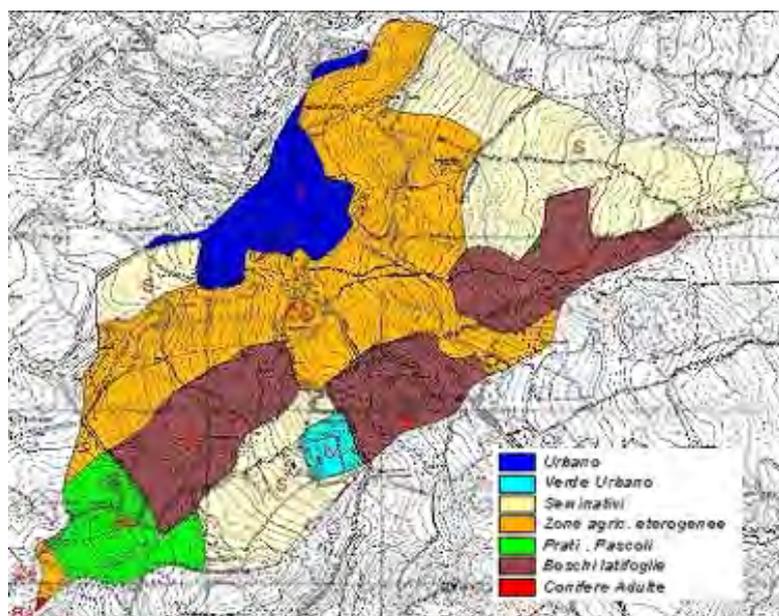


Figura 2. Uso del suolo

APPLICAZIONE DEL MODELLO RUSLE AL BACINO DEL RIO CASAZZA

La Universal Soil Loss Equation è un'equazione empirica per il calcolo dell'erosione in aree che presentano profili con curvature trascurabili e prive di aree di deposizione. L'eq. ha la forma

$$E = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

dove E è il suolo perso (ton/ha/a) mediamente nell'anno, R è l'erosività della pioggia, K è l'erodibilità del suolo, L è la lunghezza dei versanti e S è la loro pendenza, C è il fattore legato alla copertura vegetale e P sono le eventuali opere di protezione del suolo in atto (canalette, drenaggio, terrazzamenti, ecc.).

La RUSLE usa gli stessi principi della USLE ma incorpora numerose modifiche. Per la sua applicazione in ambiente GIS inoltre l'equazione ha subito ulteriori modifiche (es. Warren et al., 1989) soprattutto per quanto riguarda il fattore topografico LS , originariamente legato a campi a geometria rettangolare, successivamente modificato per prendere in esame la complessità dell'ambiente naturale.

Per l'area del rio Casazza sono state eseguite diverse simulazioni, ciascuna delle quali prevedeva un diverso uso del suolo per la parte di territorio investita a seminativo: frumento, con una produzione media annua di 40 q.li/ha di granella (corrispondente al valore del parametro C di 0.12; figura 3); erbaio di medica triennale con lavorazione autunnale e semina primaverile, con una resa media di 60 q.li/ha di fieno (corrispondente ad un fattore C di 0.13).

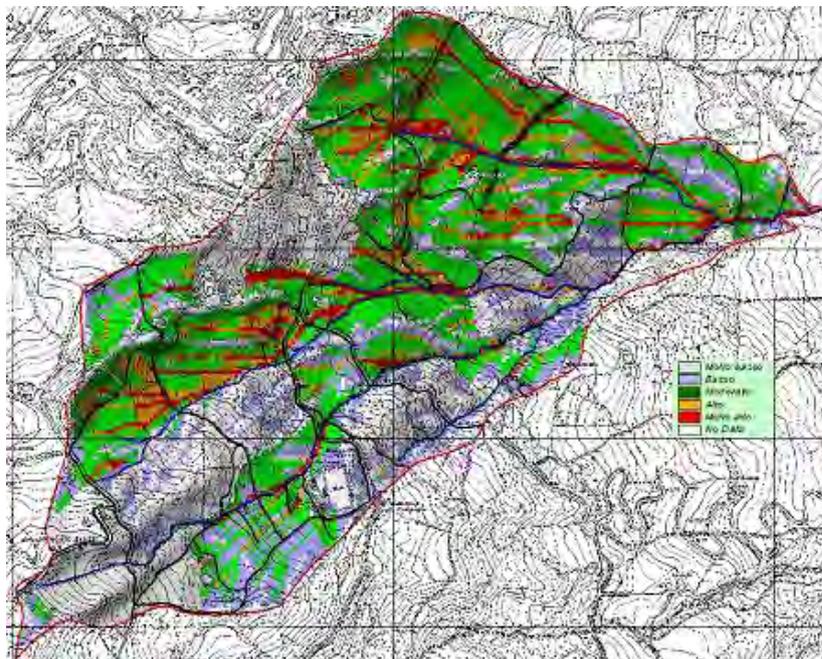


Figura 3. Carta del rischio di erosione per seminativo a frumento. La linea blu identifica la rete di drenaggio principale; le linee nere indicano gli interventi proposti (non considerati nella simulazione).

Poiché il fattore C dell'equazione di Wischmeier agisce come coefficiente di riduzione dell'erosione totale (massima protezione per valori di C prossimi allo zero e effetto di protezione nullo con valori di C pari all'unità), la coltura della medica, a lavorazione

autunnale e semina primaverile, risulta meno protettiva nei confronti del suolo rispetto alla coltura di frumento autunno-vernino. Questo è da attribuire al fatto che un anno ogni quattro i campi seminati a medica restano scoperti nel periodo dell'anno caratterizzato dalle precipitazioni più intense e quindi più erosive. Adottare una tecnica colturale alternativa, limitando il periodo nel quale i campi restano scoperti da vegetazione, porterebbe ad un aumento della capacità protettiva nei confronti dell'erosione (fattore C pari a 0.088 nel caso di lavorazioni di preparazione che precedano di poco la semina).

La carta riportata in figura 3 riporta le classi di rischio di erosione secondo Wischmeier, definite in tabella 1, e fornisce un'idea di massima delle quantità di suolo perso mediamente in un anno. Tuttavia dato il carattere del modello, la sua applicazione non fornisce indicazioni sulla quantità di sedimento prodotta, né sull'erosione effettiva durante eventi di entità notevole, e non è quindi utilizzabile per calcoli immediati. Inoltre non è possibile simulare la presenza di reti di drenaggio superficiale, canalette e fossi, e di valutarne quindi l'efficacia.

Descrizione	Erosione (t/ha/a)
Molto basso	0 - 5
Basso	5 - 20
Moderata	20 - 50
Moderatamente alta	50 - 80
Elevato	> 80

Tabella 1. Intervalli di riferimento per le classi di erosione riportate nella figura 3.

APPLICAZIONE DEL MODELLO LISEM

Il modello LISEM è un modello distribuito, fisicamente basato e per evento; simula cioè quello che avviene durante un evento di pioggia, stimando con un certo dettaglio il deflusso superficiale e l'erosione (e la sedimentazione) che questo, assieme all'impatto delle gocce, produce. Il modello è inoltre capace di simulare la presenza di una rete di drenaggio superficiale e quindi di valutare, anche se in modo qualitativo, l'efficacia di misure di regimazione delle acque di deflusso superficiale. Trattandosi di un modello complesso richiede un elevato numero di input che possono essere derivati, con un certo grado di approssimazione, dai dati ambientali esistenti.

Per una serie di problemi legati alla complessità della situazione di studio, si sta operando per adattare il codice del modello, nella parte relativa all'erosione, alla situazione del bacino del rio Casazza. Nel frattempo il modello è stato utilizzato per descrivere l'idrologia di superficie del bacino, ossia l'infiltrazione e lo scorrere dell'acqua sulla superficie, durante eventi di una certa entità. La quantità di deflussi che si producono durante un evento è infatti un indice robusto del rischio di erosione e sedimentazione. Evidenziando dunque le aree dove i flussi si concentrano si possono ragionevolmente individuare le zone a maggior rischio erosivo.

La carta del deflusso cumulato (m^3/s) è stata ottenuta facendo creare al programma una serie di carte che visualizzavano i deflussi istantanei in l/s ad intervalli regolari, dopodiché se ne è fatta la sommatoria:

$$Defl_{cum} = \frac{\frac{1}{2} Defl_1 + \sum_{n=1}^{1+n} Defl + \frac{1}{2} Defl_n}{\Delta t}$$

$Defl_{cum}$ = deflusso cumulato (l/s)

Δt = definizione temporale (intervallo di tempo tra la creazione di una carta e l'altra)

$Defl$ = carta del deflusso

$Defl_n$ = ultima carta del deflusso prodotta

$Defl_1$ = prima carta del deflusso prodotta

Per estrarre la carta del deflusso cumulato si è scelto un evento di notevole intensità, particolarmente erosivo, con il suolo nudo nelle zone sottoposte a seminativo, così da considerare una situazione di indubbia pericolosità. La stessa simulazione è stata inoltre condotta con la presenza dei canali il cui ripristino viene suggerito dal presente piano.

In figura 4 è riportata la carta di deflusso cumulato durante un evento eccezionale di circa 120 mm in 6 ore, registrato a Zola Predosa l' 11 maggio del 2002. L'evento causò una grossa alluvione nel comune di Zola accompagnata dalla produzione di una ingente quantità di sedimenti, danni alle strutture ed infrastrutture. Nella stazione di Loiano, alla stessa data non fu registrato un evento paragonabile, ma lo scopo dell'esempio riportato è evidenziare cosa potrebbe succedere in presenza di un evento eccezionale dal tempo di ritorno stimato in circa 500 anni. Le stesse simulazioni possono essere fatte correre con eventi meno aggressivi. La carta evidenzia le zone dove si ha la maggiore carica di deflussi durante l'evento e quindi maggiore rischio di erosione e produzione di sedimento. In definitiva le zone dove è opportuno concentrare gli sforzi per la protezione del suolo.

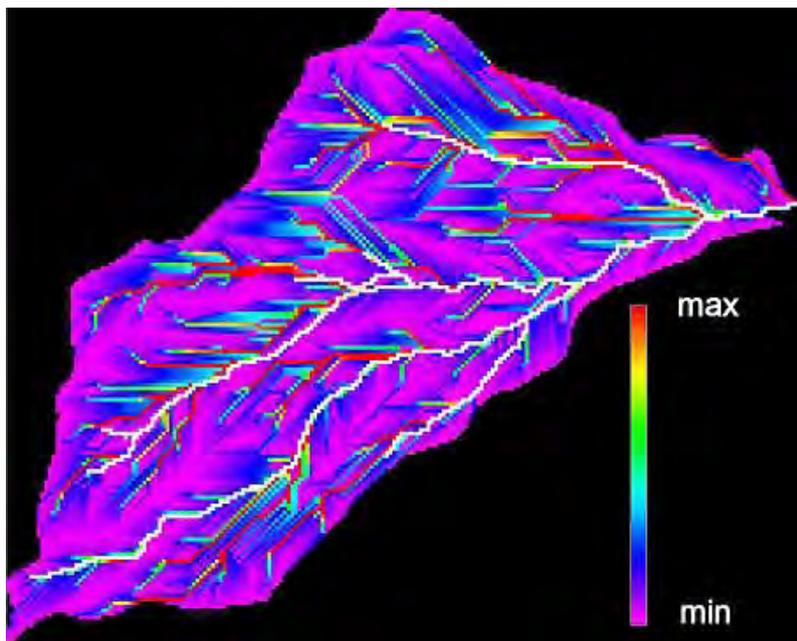


Figura 4. Deflussi cumulati senza canali

In figura 5 è riportata la stessa carta dei deflussi cumulati in questo caso in presenza di una rete scolante così come proposto nel piano di interventi dell'Autorità di Bacino (linee bianche).

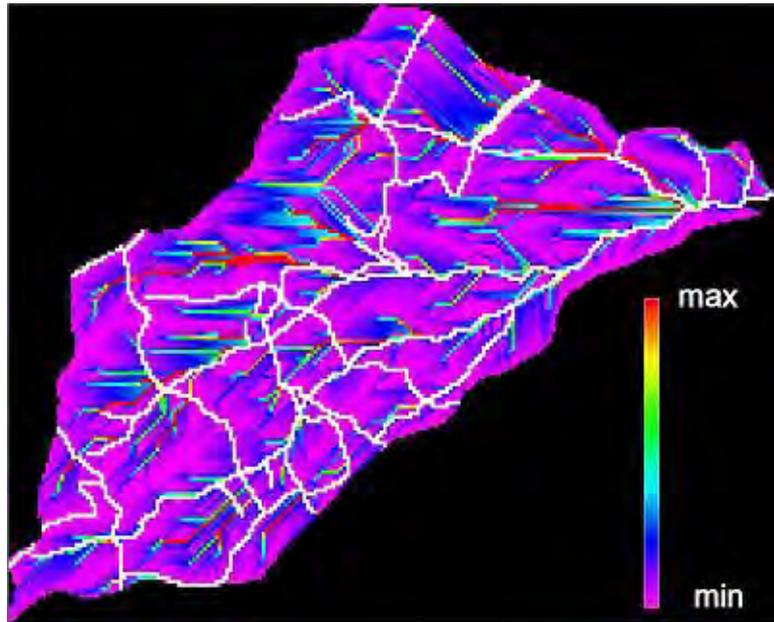


Figura 5. Deflussi cumulati con i canali proposti

Dall'esame della carta si vede l'effetto di riduzione sul deflusso superficiale, effetto che risulta più apprezzabile nella carta riportata in figura 6. Questa carta è stata ottenuta dalle precedenti due ed evidenziata la differenza fra i deflussi cumulati in assenza di canali e in presenza degli stessi.

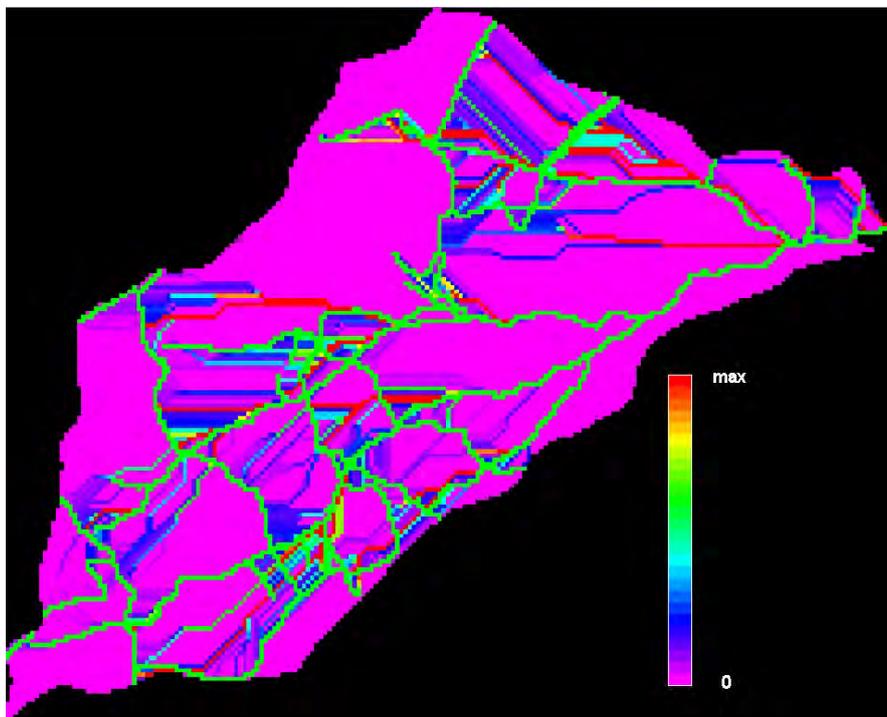


Figura 6. Effetto abbattente dei canali sui deflussi

Nella carta successiva (figura 7) si evidenziano le zone particolarmente critiche dal punto di vista dei deflussi.

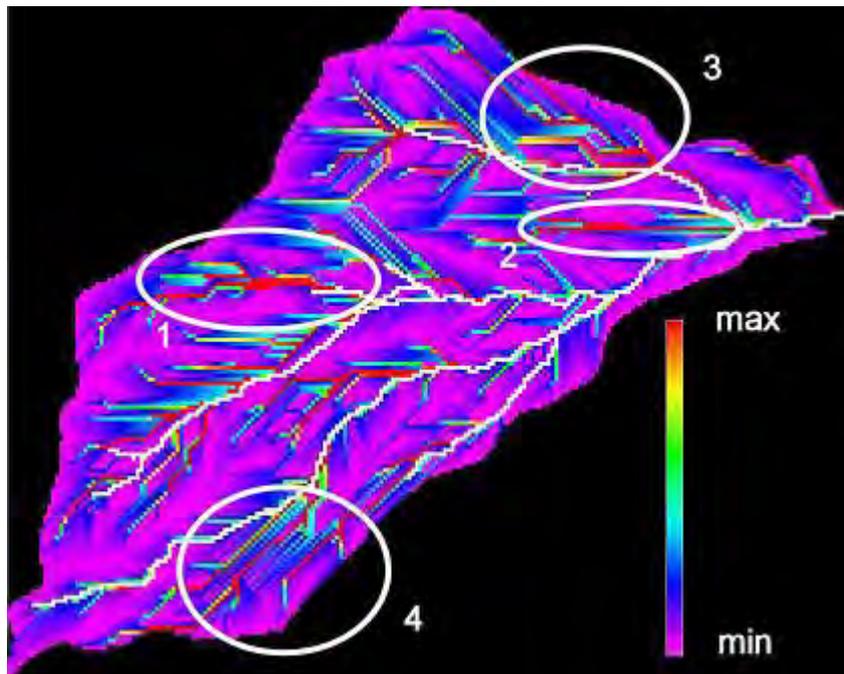


Figura 7 Zone critiche evidenziate.

La **zona 1** appartiene all'area urbana. E' stata tralasciata in quanto non è stato possibile simulare la presenza della rete fognante. Vengono evidenziati dei deflussi che probabilmente vengono intercettati da tombini, e comunque si comportano in maniera non simulabile dal programma.

La **zona 2** evidenzia una zona di cui è già stato approvato il ripristino. In questo caso viene evidenziata la necessità dell'intervento.

Le **zone 3 e 4** sono invece delle zone agricole, possibilmente interessate da fenomeni erosivi che in determinate circostanze potrebbero assumere dimensioni ragguardevoli.

In queste due zone sono stati individuati dei transetti che sono stati analizzati con il modello RUSLE2

APPLICAZIONE DEL MODELLO RUSLE2

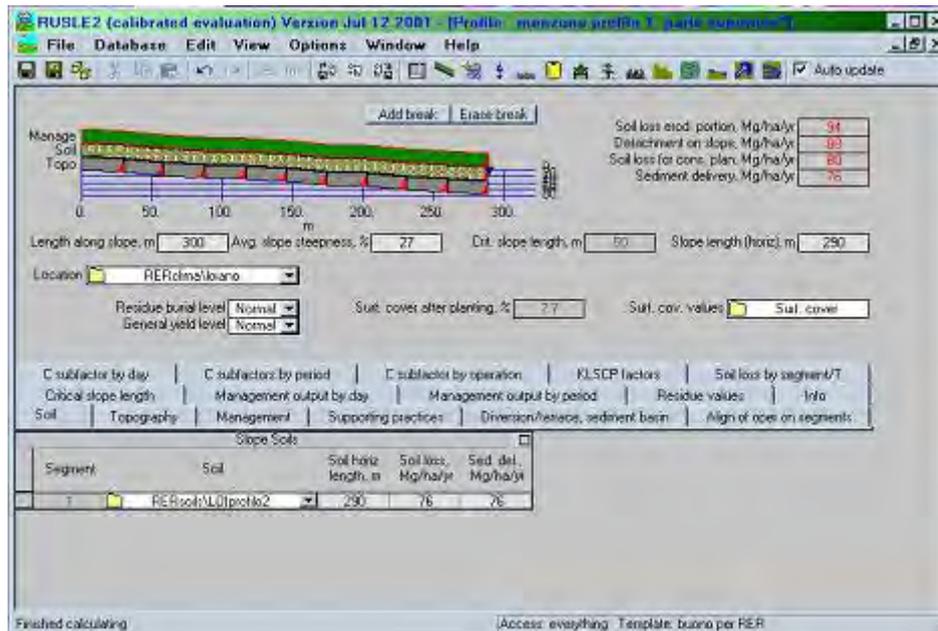


Figura 8. Interfaccia di RUSLE2.

Il modello Rusle2 (Foster e Yoder 1999) per il calcolo dell'erosione utilizza una rappresentazione "in sezione" del versante, e questo non può essere lungo più di 300 metri se sono presenti dei canali. In figura 8 è riportata l'interfaccia grafica del modello. In essa è presente la rappresentazione del versante, in questo caso un versante dell'area evidenziata in figura 5 come area 3 e riportato come transetto 1 nella figura 9. Nelle altre zone della finestra sono riportate tutte le informazioni richieste dal modello per effettuare la simulazione: la localizzazione climatica, il tipo di suolo, le pendenze locali, e l'uso agricolo presente. Nella parte alta della finestra, in rosso vengono riportati i valori di erosione e di sedimenti prodotti, entrambi in t/ha/a. Il modello si presta ad essere utilizzato per simulare situazioni differenti sia per uso del suolo che per pratiche agricole e di protezione del suolo.

Nelle zone critiche individuate sono stati quindi "tagliati" due transetti. Si è cercato di prendere in considerazione una zona rappresentativa e nel contempo di avere linee di flusso quanto più parallele possibili, in quanto il programma non considera apporti idrici da flussi esterni.

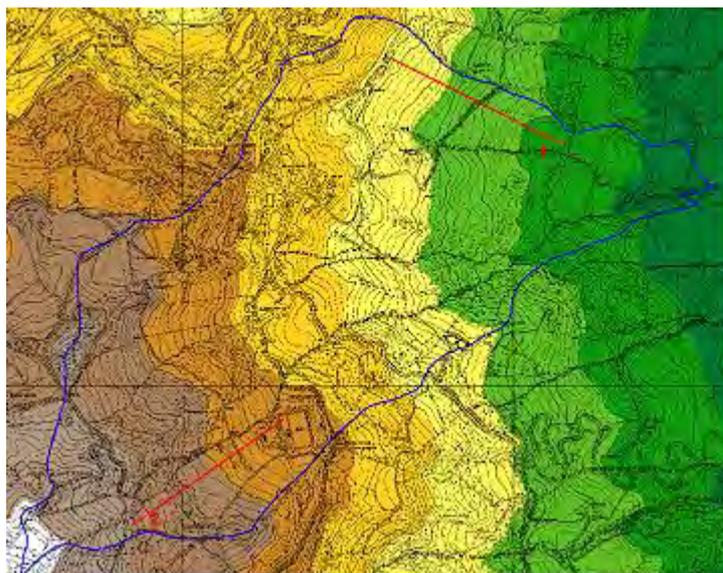


Figura 9. Localizzazione dei transetti.

La figura 9 indica l'ubicazione dei transetti. I dati topografici da inserire nel modello sono stati estratti dal modello digitale della zona, suddividendo la sezione in 10 segmenti e riportando le pendenze di ciascuno.

Le simulazioni hanno riguardato due diversi ordinamenti culturali: la monosuccessione di frumento e l'erbaio di erba medica. I livelli di produzione unitari sono quelli medi della zona. Per la medica, si sono ipotizzate due differenti gestioni agronomiche: la prima è quella corrente che prevede la lavorazione principale e le lavorazioni secondarie effettuate in autunno, la semina primaverile e la permanenza in campo della coltura per 4 anni; la seconda, più protettiva, prevede che le lavorazioni del terreno siano effettuate in prossimità della semina, e una permanenza di 5 anni in campo.

Le operazioni agricole che caratterizzano i tre diversi scenari simulati sono le seguenti:

1. Frumento

08/01/1: aratura con aratro a versoio
 09/01/1: erpicatura
 10/01/1: erpicatura
 10/07/1: semina
 7/15/2: raccolta (40 q/ha)

2. Medica 4 anni

09/01/1: aratura con aratro a versoio
 10/01/1: erpicatura
 10/31/1: erpicatura
 03/01/2: semina
 6/15/2: sfalcio
 08/02/2: sfalcio
 5/18/3: sfalcio
 07/10/3: sfalcio
 9/17/3: sfalcio
 5/18/4: sfalcio
 07/10/4: sfalcio
 8/15/4: sfalcio

3. Medica 5 anni lavorazioni primaverili

2/15/1: aratura con aratro a versoi

2/17/1: erpicatura

2/28/1: erpicatura

03/01/1: semina

6/15/1: sfalcio

08/02/1: sfalcio

5/18/2: sfalcio

07/10/2: sfalcio

9/17/2: sfalcio

5/18/3: sfalcio

07/10/3: sfalcio

9/15/3: sfalcio

5/20/4: sfalcio

07/10/4: sfalcio

9/15/4: sfalcio

Transetto 1

Lunghezza m: 605

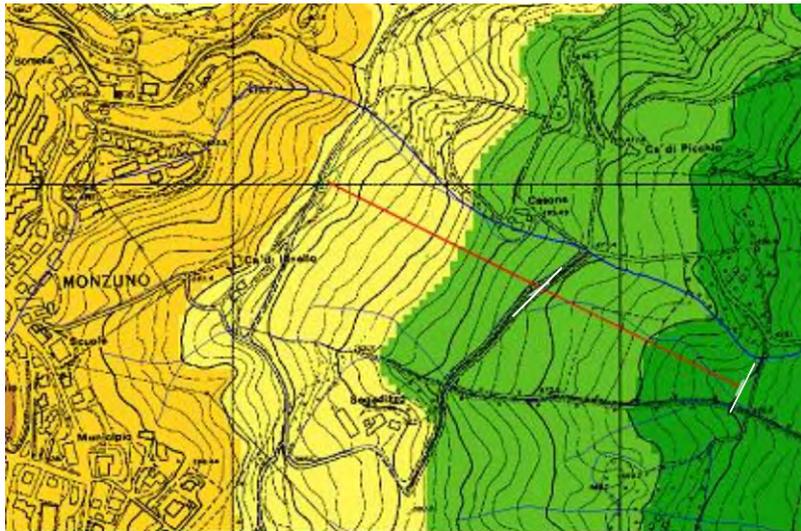


Figura 10 Transetto 1

Si tratta di un versante lungo circa 605 metri, di pendenza media del 23% e caratterizzato da suoli limoso fini.

Per ognuno degli ordinamenti colturali si sono effettuate due simulazioni: la prima in assenza di scoline (canali) per l'intercettazione delle acque di deflusso superficiale; la seconda con le scoline poste rispettivamente a 290 m e a 605 m, lungo il versante. Il ripristino di questi canali è stato suggerito dall'Autorità di Bacino del fiume Reno. La tabella sottostante (tabella 2) riporta i valori stimati di erosione per il transetto. Dall'esame della tabella e del grafico seguente, risulta evidente l'abbattimento dell'erosione per l'effetto coprente dei residui della coltura precedente durante la stagione invernale e per effetto delle scoline.

		con canali	senza canali
frumento 40q/ha	Suolo eroso t/ha/a	38	47
	Sedimenti prodotti t/ha/a	11	37
medica 25q/ha a taglio (3 tagli)	Suolo eroso t/ha/a	48	62
	Sedimenti prodotti t/ha/a	14	50
medica 25q/ha lavorazioni primaverili	Suolo eroso t/ha/a	28	34
	Sedimenti prodotti t/ha/a	13	28

Tabella 2. Risultati della simulazione per 2 usi del suolo, frumento e medica, e nel caso della medica per 2 tipi di gestione. *Suolo eroso* è il suolo effettivamente staccato dalla parcella presa in considerazione; *Sedimenti prodotti* è il suolo che esce dalla parcella, al netto della deposizione nella parcella stessa.

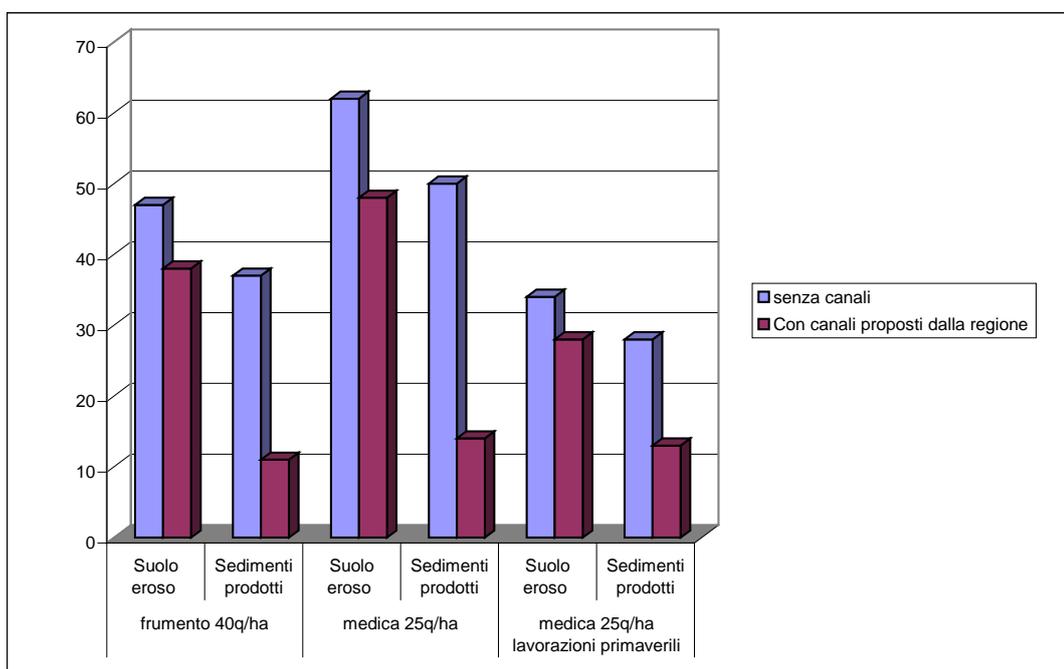


Figura 11. Effetto dei canali sull'erosione

Il grafico in figura 11 riporta visivamente i dati espressi dalla tabella.

Per poter simulare la presenza delle scoline presenti all'interno dei campi stessi, si è dovuto spezzare il transetto in due parti, una superiore ed una inferiore, ed analizzarle singolarmente (figura 12). Le scoline vengono trattate dal modello come delle zone in cui, se la pendenza rispetto alle curve di livello lo consente, ci può essere deposizione di materiale proveniente a monte, ma sono sempre considerate inerosibili. Nelle tabelle seguenti sono ipotizzate tre diverse posizioni delle scoline, e per ognuna di esse i valori stimati di erosione per gestione agronomica e pendenza delle scoline.

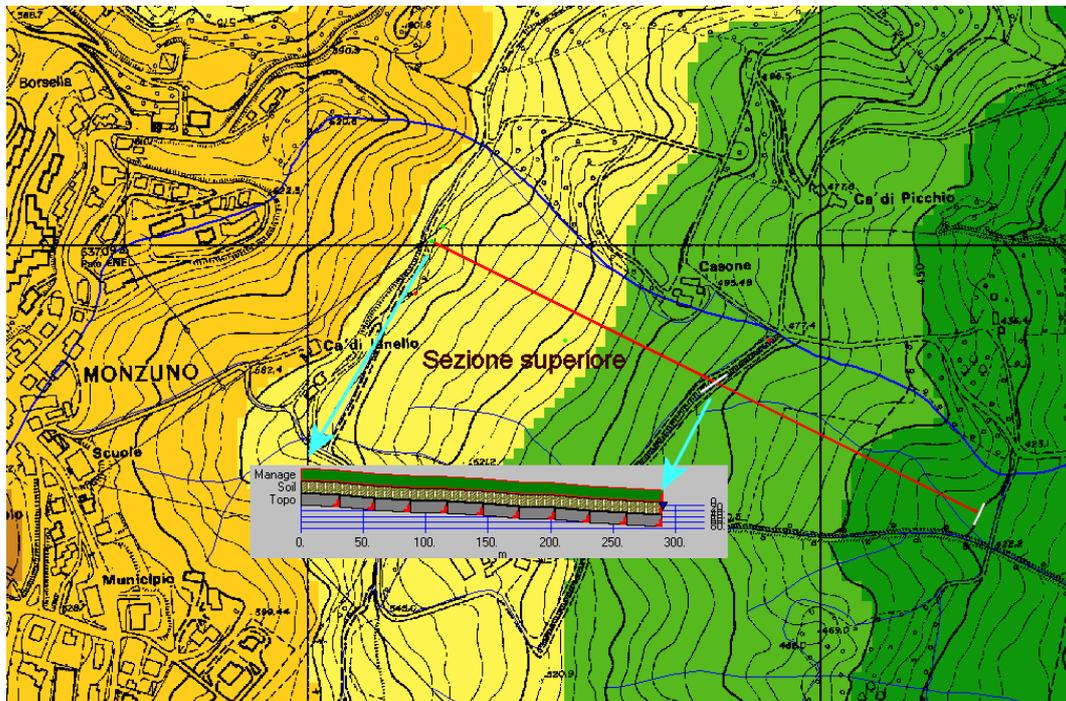


Figura 12 Localizzazione delle sezioni

Nella tabella 3 sono riportati, per i due usi del suolo e per le diverse pratiche agronomiche, i valori di suolo perso per erosione e la quantità di sedimenti prodotti ipotizzando la presenza di un canale principale alla fine della sezione (a 290 m) e altre due scoline (fossi acquai) posti a circa 100 metri lungo il versante (figura 13). In questo caso sono state inoltre ipotizzate diverse inclinazioni rispetto alla linea di massima pendenza.

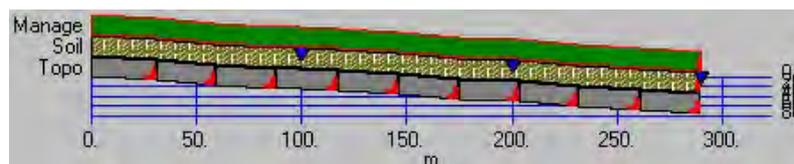


Figura 13

Transetto 1 Parte superiore		290 metri	3 canali a 100 m						
		-	8%	5%	2%	1%	0.50%	0.10%	
frumento	40q/ha	Suolo eroso t/ha/a	46	30	30	30	30	30	30

	Sedimenti prodotti t/ha/a	40	24	24	23	16	9.3	2.4
medica 25q/ha	Suolo eroso t/ha/a	59	36	36	36	36	36	36
	Sedimenti prodotti t/ha/a	51	29	29	24	18	12	3.3
medica 25q/ha lavorazioni primaverili	Suolo eroso t/ha/a	34	22	22	22	22	22	22
	Sedimenti prodotti t/ha/a	29	18	18	18	16	12	2.7

Tabella 3.

In tabella 4 è stata ipotizzata, lungo lo stesso tratto di versante e per gli stessi scenari agricoli, la presenza di 5 scoline poste ad una distanza di circa 60 metri lungo il versante, e a diversa inclinazione (figura14).

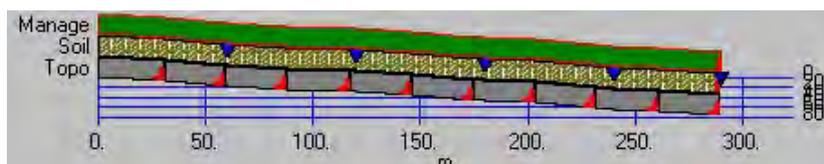


Figura 14

Transetto 1 Parte superiore		290 metri	5 canali a 60 m					
		-	8%	5%	2%	1%	0.50%	0.10%
frumento40q/ha	Suolo eroso t/ha/a	46	26	26	26	26	26	26
	Sedimenti prodotti t/ha/a	40	24	24	23	16	9.1	2.2
medica 25q/ha	Suolo eroso t/ha/a	59	30	30	30	30	30	30
	Sedimenti prodotti t/ha/a	51	28	28	23	18	12	3
medica 25q/ha lavorazioni primaverili	Suolo eroso t/ha/a	34	19	19	19	19	19	19
	Sedimenti prodotti t/ha/a	29	18	18	18	16	11	2.6

Tabella 4

In tabella 5 sono state ipotizzate le scoline poste ogni 150 m circa (figura15).

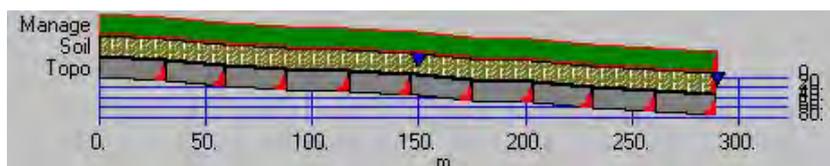


Figura 15

Transetto 1 Parte superiore		290 metri	2 canali a 150 m					
		-	8%	5%	2%	1%	0.50%	0.10%
frumento40q/ha	Suolo eroso t/ha/a	46	35	35	35	35	35	35
	Sedimenti prodotti t/ha/a	40	27	27	26	17	9.9	2.6
medica 25q/ha	Suolo eroso t/ha/a	59	42	42	42	42	42	42
	Sedimenti prodotti t/ha/a	51	34	33	26	20	13	3.6
medica 25q/ha lavorazioni primaverili	Suolo eroso t/ha/a	34	26	26	26	26	26	26
	Sedimenti prodotti t/ha/a	29	20	20	20	18	12	2.9

Tabella 5

In tabella 6 sono riportati i valori stimati di erosione con una sistemazione che preveda 10 scoline poste ogni 30 m circa (figura16).

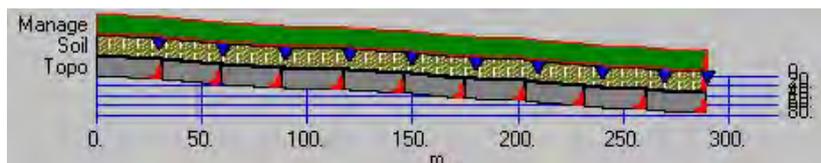


Figura 16

Transetto 1 Parte superiore		290 metri	10 canali a 30 m					
		-	8%	5%	2%	1%	0.50%	0.10%
Frumento 40q/ha	Suolo eroso t/ha/a	46	19	19	19	19	19	19
	Sedimenti prodotti t/ha/a	40	17	17	17	14	8	1.8
medica 25q/ha	Suolo eroso t/ha/a	59	28	28	28	28	28	28
	Sedimenti prodotti t/ha/a	51	25	25	23	18	12	2.7
medica 25q/ha lavorazioni primaverili	Suolo eroso t/ha/a	34	15	15	15	15	15	15
	Sedimenti prodotti t/ha/a	29	13	13	13	12	10	2.3

Tabella 6

I grafici seguenti riportano visivamente i valori di sedimentazione alla base del tratto di versante in funzione del numero di scoline presenti e dell'inclinazione delle stesse rispetto alla linea di massima pendenza. della pendenza per il diverso numero e posizionamento delle scoline, mantenendo inalterate le gestioni agronomiche.

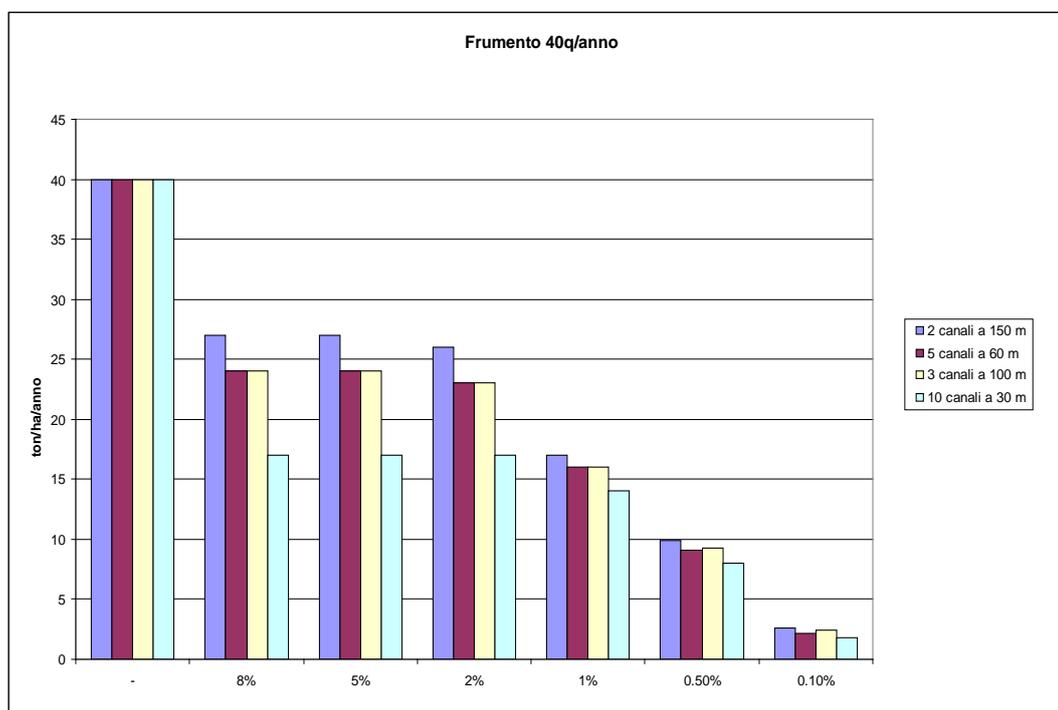


Figura 17. Quantità di sedimenti prodotti (t/ha/a) nel caso della coltura del frumento, con numero diverso di scoline con inclinazione diversa.

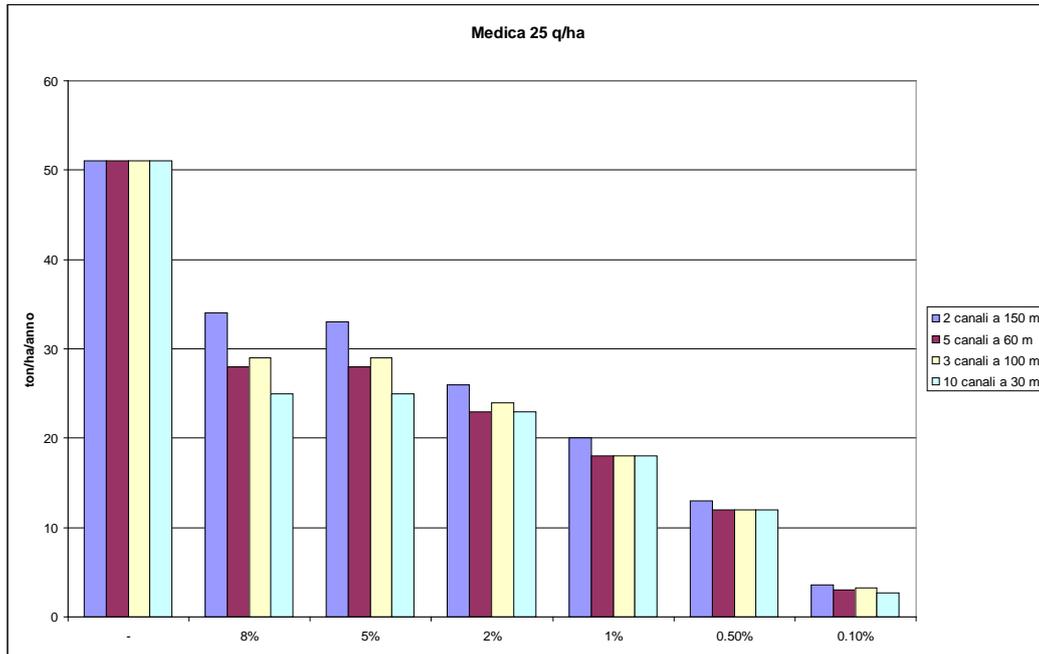


Figura 18. Quantità di sedimenti prodotti (t/ha/a) nel caso della coltura della medica, con lavorazione autunnale e semina primaverile, con numero diverso di scoline con inclinazione diversa.

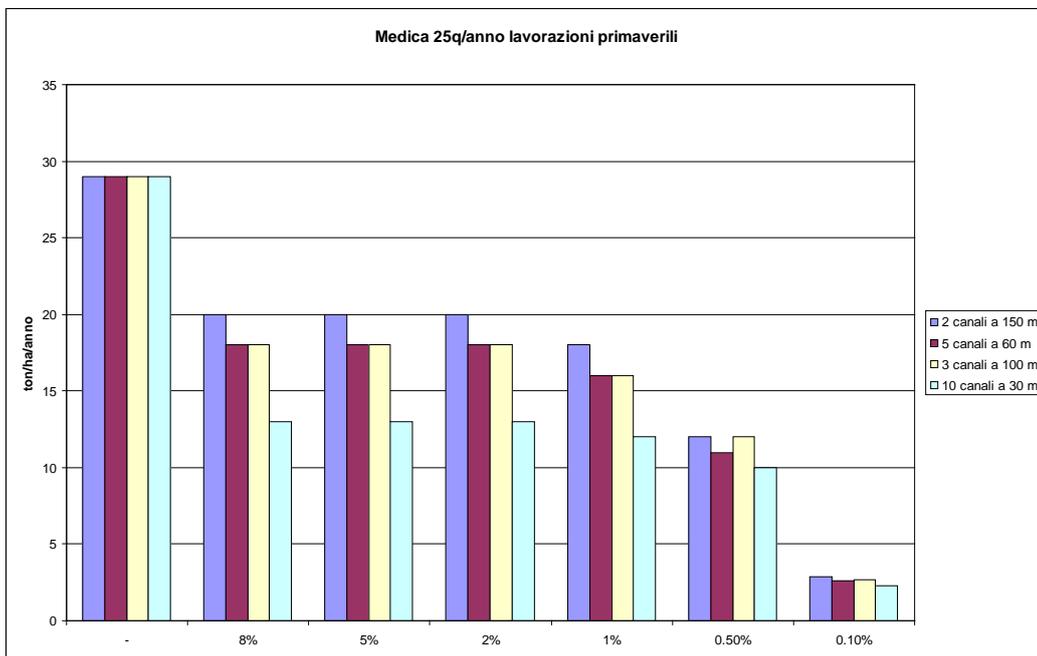


Figura 19. Quantità di sedimenti prodotti (t/ha/a) nel caso della coltura della medica, con lavorazione invernale e semina primaverile, con numero diverso di scoline con inclinazione diversa.

Dall'esame delle tabelle e dei grafici si evidenzia che la presenza di scoline lungo il versante ha l'effetto di ridurre notevolmente l'erosione e, in dipendenza dell'inclinazione delle stesse, la quantità di sedimenti prodotti.

L'andamento della produzione di sedimenti nei diversi scenari colturali è meglio evidenziata dai grafici riportati nelle figure 20, 21, 22, e 23 nei quali mantenendo inalterata la sistemazione, viene evidenziato l'effetto della diversa coltura e della diversa inclinazione delle scoline. E' evidente che maggiore sarà l'inclinazione di queste e minore sarà l'effetto sulla quantità di sedimento prodotta. D'altra parte con scoline di inclinazione minore, a parte le considerazioni sulla possibilità tecnica di realizzarle, si avrà come conseguenza una sedimentazione lungo le scoline stesse, fatto che potrebbe richiedere interventi di ripulitura per assicurarne l'efficienza.

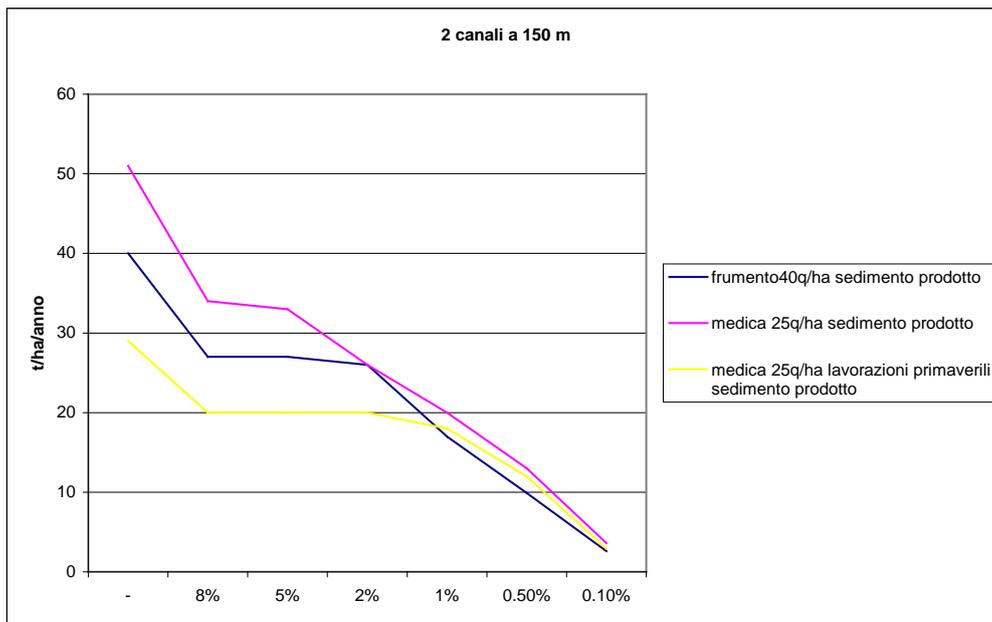


Figura 20. Effetto sulla produzione di sedimento di scoline poste a 150 metri lungo il versante, per tre ordinamenti colturali.

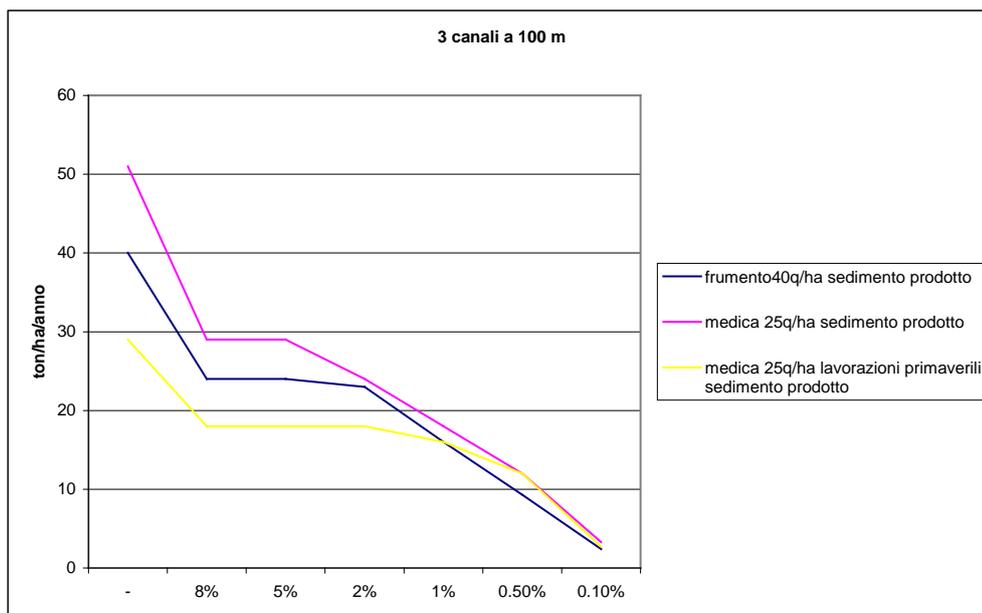


Figura 21. Effetto sulla produzione di sedimento di scoline poste a 100 metri lungo il versante, per tre ordinamenti colturali.

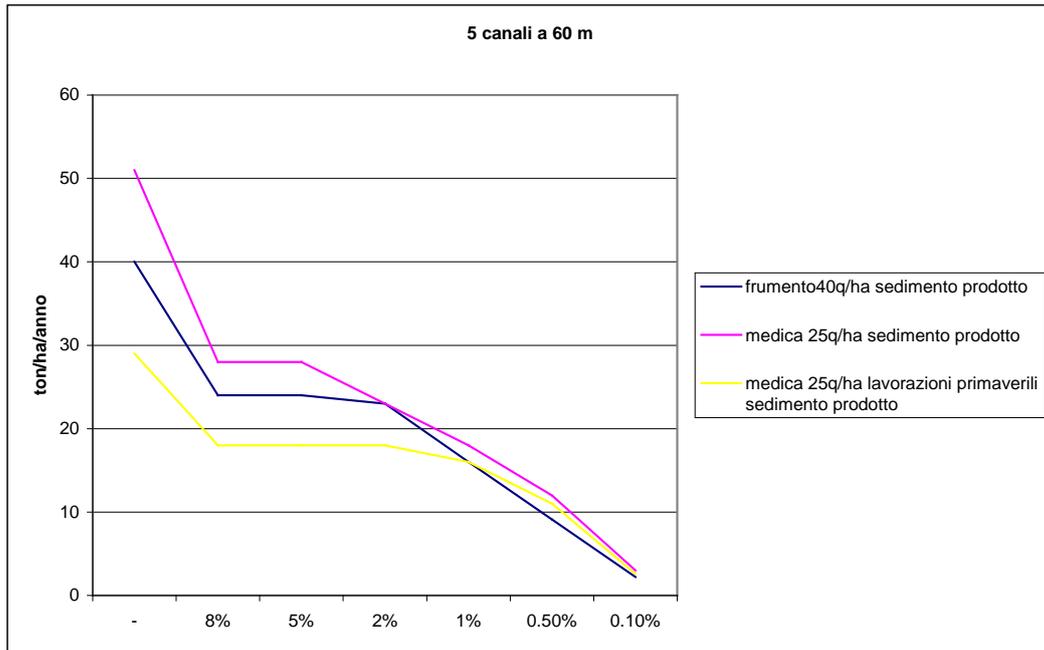


Figura 22. Effetto sulla produzione di sedimento di scoline poste a 60 metri lungo il versante, per tre ordinamenti colturali.

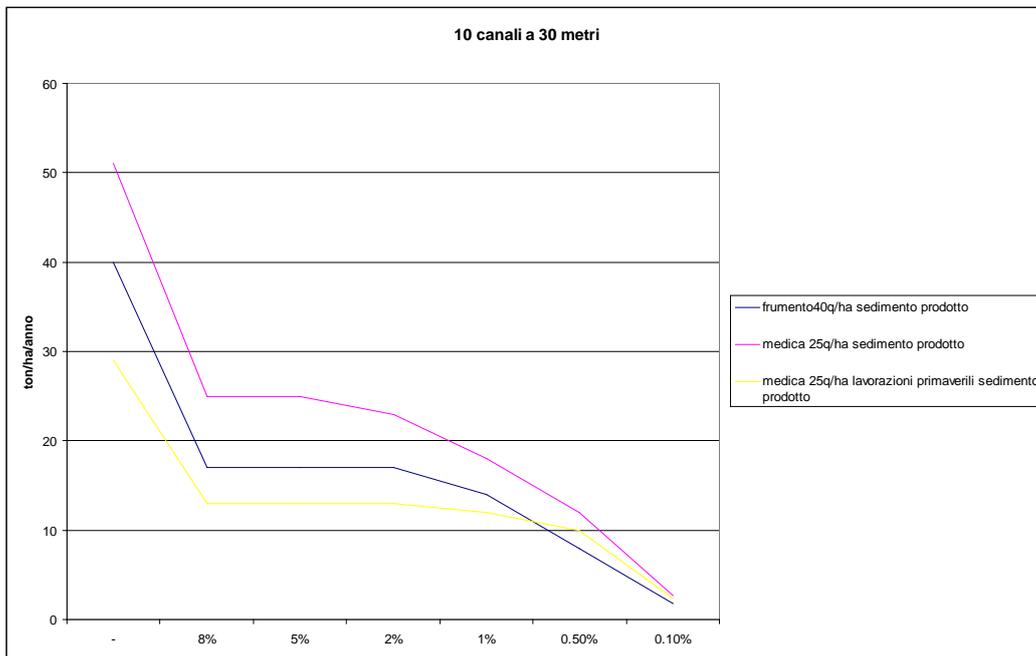


Figura 23 Effetto sulla produzione di sedimento di scoline poste a 30 metri lungo il versante, per tre ordinamenti colturali

Transetto 2

Lunghezza m: 573

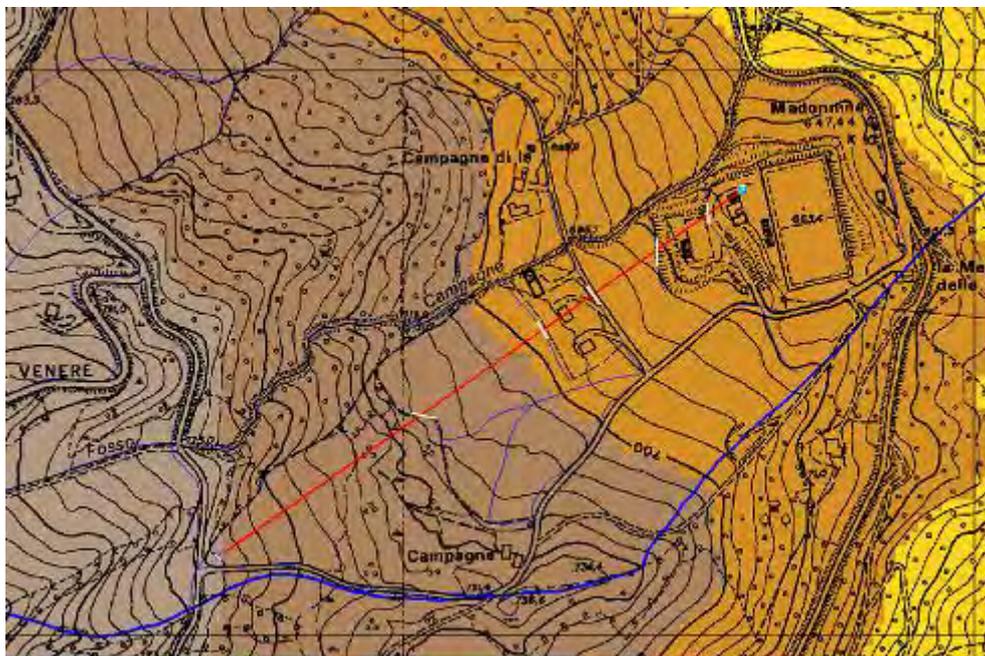


Figura 24. Transetto 2

In figura 24 è riportata la localizzazione del secondo transetto considerato, corrispondente all'area 4 evidenziata in figura 5. Si tratta in questo caso di un versante complesso, lungo 573 metri e con pendenza media del 18%, localizzato nella parte meridionale del bacino, caratterizzato da suoli relativamente più fini e meno erodibili di quelli dell'esempio precedente. Anche in questo caso sono state ipotizzate le stesse colture dell'esempio precedente.

La tabella seguente (tabella 7) riporta i valori stimati per l'erosione per la lunghezza intera del transetto, in assenza di canali.

Transetto 2	frumento 40q	medica 25 q	medica 25 q lavorazioni primaverili
Suolo eroso t/ha/a	18	25	14
Sedimenti prodotti t/ha/a	9	14	8

Tabella 7.

Per simulare la presenza dei canali di cui si ipotizza un ripristino, è stato necessario dividere il transetto in tre parti, ed analizzarle singolarmente (figura25).

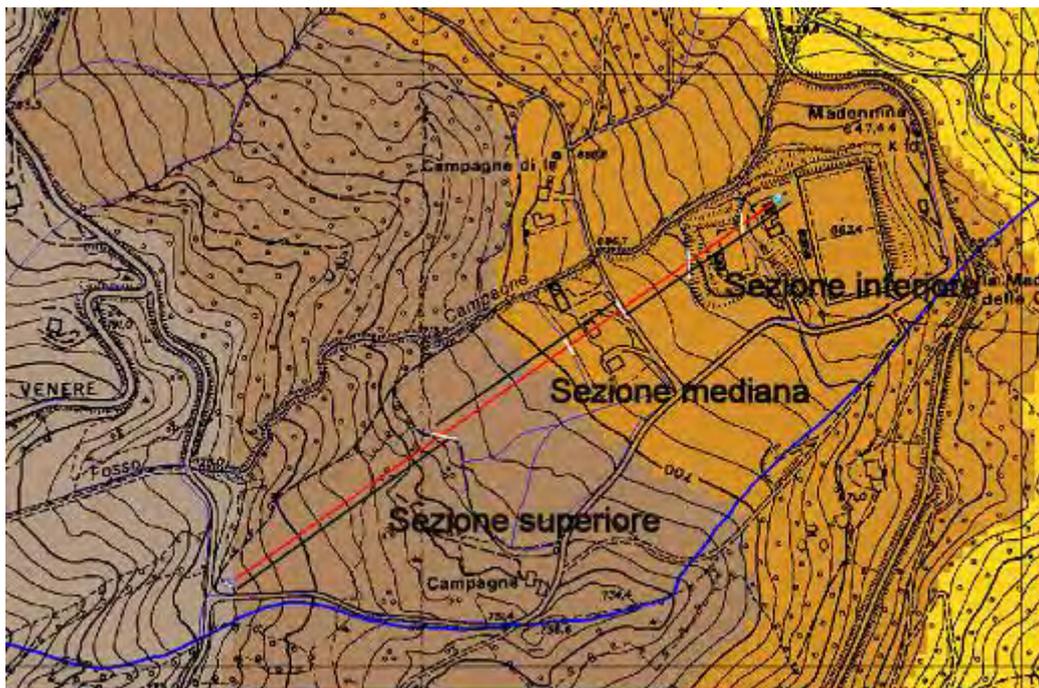


Figura 25 Localizzazione delle sezioni

Nelle seguente tabella (tabella 8) vengono riportati i valori di erosione stimati per sezione e per gestione agronomica. I canali vengono posti in corrispondenza dei trattini bianchi della figura 25 e corrispondono nel numero e nell'inclinazione rispetto alla linea di massima pendenza a quanto proposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Reno.

Transetto 2 Superiore 206 m, pendenza 20%	frumento 40q /ha		medica 25 q		medica 25 q lav priv	
	Senza canali	Con canali	Senza canali	Con canali	Senza canali	Con canali
Suolo eroso t/ha/a	18	18	24	24	15	15
Sedimenti prodotti t/ha/a	18	9	23	12	14	11

Transetto 2 Mediano 152 m, pendenza 17%	frumento 40q /ha		medica 25 q		medica 25 q lav priv	
	Senza canali	Con canali	Senza canali	Con canali	Senza canali	Con canali
Suolo eroso t/ha/a	14	10	18	14	11	8.2
Sedimenti prodotti t/ha/a	14	6.8	18	8.7	11	7.1

Transetto 2 Inferiore 114 m, pendenza 13%	frumento 40q /ha		medica 25 q		medica 25 q lav priv	
	Senza canali	Con canali	Senza canali	Con canali	Senza canali	Con canali
Suolo eroso t/ha/a	7.2	6.4	5.3	4.6	5.8	5.1
Sedimenti prodotti t/ha/a	3.4	4.6	2.6	3.4	2.8	3.8

Tabella 8.

Dall'esame dei dati riportati in tabella si deduce quanto segue:

- Nella parte superiore del versante la presenza alla base di un canale di diversione delle acque di deflusso non ha ovviamente effetti sull'erosione del tratto a monte dello stesso, mentre abbate sostanzialmente (fino al 50%) la quantità di sedimenti prodotti;

- Le parti mediana ed inferiore del transetto risentono invece della presenza dei fossi e canali proposti dall'intervento sia in termini di quantità di suolo eroso sia in termini di quantità di sedimento prodotto.

Poiché il versante sotto esame è un versante complesso interessato dalla presenza di abitazioni, infrastrutture viarie e campi sportivi, non è del tutto corretto considerare gli scenari prettamente agricoli presenti nel modello RUSLE 2. Inoltre, data la presenza di infrastrutture abitative, e di movimenti di massa superficiali a monte delle stesse, è di particolare interesse esaminare la possibilità di ridurre il più possibile sia l'apporto di sedimenti che di deflussi superficiali in direzione delle infrastrutture stesse, riducendo nello stesso tempo l'infiltrazione dell'acqua in modo da non favorire l'innescò di movimenti franosi superficiali, senza incrementare l'erosione superficiale.

E' stata quindi esaminata la sola parte della sezione a monte delle infrastrutture abitative e di servizio. E' stato tagliato un transetto di circa 330 metri, comprendente la parte superiore e parte della sezione mediana delle elaborazioni precedenti.

Sono stati esaminati diversi scenari alternativi di gestione del versante: a) intero versante coltivato a frumento, a medica e a medica con semina primaverile, rispettivamente; b) stessi scenari ma con i canali di diversione delle acque previsti dal piano dell'Autorità di Bacino; c) stessi scenari con la presenza di fossi trasversi ogni 70 metri circa; d) presenza di una zona di rispetto non coltivata nella parte superiore del versante, così come previsto dal piano dell'Autorità di Bacino; e) come al punto d, ma con canali di diversione delle acque come proposto dal piano; f) come al punto d, ma con canalette traverse nella parte coltivata e g) come al punto f, ma con canalette traverse anche nella parte incolta del versante.

I risultati delle diverse simulazioni sono riportati nelle tabelle seguenti

Transetto 2, 331 m, pendenza 20%	frumento			medica			medica, lavorazioni primaverili		
	senza canali	con 2 canali	con fossetti ogni 70 m	senza canali	con 2 canali	con fossetti ogni 70 m	senza canali	con 2 canali	con fossetti ogni 70 m
Suolo eroso t/ha/a	19	16	12	24	21	15	15	13	9.7
Sedimenti prodotti t/ha/a	13	8.2	7.1	17	10	8.6	10	9.5	7.8

Tabella 9.

In tabella 9 sono riportati i valori di erosione e di sedimenti prodotti (t/ha/a), per uno scenario di coltivazione dell'intero versante con frumento, medica e medica con semina primaverile, rispettivamente. Sono stati inoltre simulati 2 canali di diversione delle acque, così come previsti dal piano dell'Autorità di Bacino, posti a una distanza di 200 m circa dalla cima del versante e alla fine del versante stesso, e con una inclinazione di circa lo 0.5% rispetto alla linea di massima pendenza. Infine sono riportati i valori di erosione e sedimentazione simulando la realizzazione nelle unità colturali, accanto ai canali già previsti, di fossi trasversi ogni 70 metri circa, e con inclinazione sufficiente ad allontanare rapidamente l'acqua di deflusso superficiale (8%).

Transetto 2, 331 m, pendenza 20%	incolto + frumento			incolto + medica			incolto + medica, lavorazioni primaverili		
	senza canali	con 2 canali	con fossetti ogni 70 m	senza canali	con 2 canali	con fossetti ogni 70 m	senza canali	con 2 canali	con fossetti ogni 70 m
Suolo eroso t/ha/a	6.4	4.2	3.5	8.1	4.8	4	5	3.3	2.8
Sedimenti prodotti t/ha/a	6.3	3.2	2.9	8.1	3.4	3	4.9	3	2.6

Tabella 10.

In tabella 10 sono riportati i risultati di simulazioni effettuate considerando di destinare la parte superiore del versante, interessata da movimenti di massa superficiali, a rinaturalizzazione, evitando le coltivazioni. Lungo una sezione di circa 200 metri è stata quindi simulata la presenza di un incolto, a valle del quale si è simulata la coltura del frumento, medica e medica con semina primaverile rispettivamente. Anche in questo caso è stato simulato l'effetto dei canali di diversione delle acque proposti dell'Autorità di bacino e di fossi acquai lungo le due diverse unità colturali. Dall'esame della tabella si nota che sia l'erosione unitaria, sia la produzione di sedimento vengono notevolmente abbattute, arrivando a tassi molto bassi in presenza di canali di diversione delle acque.

Analisi dei risultati

Dalle simulazione condotte con questi modelli, in generale il frumento risulta essere una coltura più protettiva rispetto alla medica. Questo a causa dei residui vegetali di tipo più "paglioso" e quindi più persistenti e inalterabili rispetto ai residui della medica. A sfavore della medica inoltre vi sono le arature autunnali e la semina primaverile, che comporta la presenza del suolo nudo per tutta la stagione invernale. Il modello simula invece, in questa stagione, un minimo di copertura per il frumento, che lo pone in vantaggio rispetto alla medica. Si è simulato che la medica permanga in campo 4 anni. Negli anni seguenti quello della semina, la medica è la coltura più protettiva, ma nel complesso non riesce a compensare il primo anno molto erosivo. Se si attuassero delle lavorazioni primaverili, la medica risulterebbe essere nettamente più protettrice rispetto al frumento, anche se comporterebbe una maggior difficoltà da parte dell'agricoltore a svolgere le lavorazioni in questa stagione. C'è da dire inoltre che la medica presenta un anno ad elevato rischio di erosione ogni quattro, mentre il frumento è una coltura con rischio erosivo annuale.

Se si dovesse verificare un evento straordinario al di fuori della media calcolata dal modello, avrebbe più probabilità di trovare la medica in una situazione più coprente, e quindi i danni maggiori sarebbero nelle zone a coltura di frumento.

Per quanto riguarda l'influenza delle scoline, vi è un effetto abbattente dell'erosione per la sola loro presenza. Esse infatti diminuiscono il ruscellamento superficiale e quindi anche la quantità di particelle di suolo distaccate e trasportate.

Analizzando i risultati delle simulazioni, sarebbe auspicabile creare delle scoline quanto più ortogonali possibili alle linee di massima pendenza, senza però andare oltre la soglia di un'eccessiva deposizione che le intaserebbe, e un'eccessiva infiltrazione che nei suoli argillosi della zona comporterebbe problematiche di erosione di altro genere, come movimenti di massa superficiali, non simulabili con il modello.

Esempi

Nel paragrafo seguente vengono riportate alcune immagini di forme di erosione e sedimentazione registrati nel corso dello studio. In particolare le immagini relative alle foto nelle figure 27 - 30, sono fenomeni avvenuti in seguito agli eventi di precipitazione registrati nella notte fra il 7 e l'8 novembre del 2003 (raffigurati come dato cumulato in figura 26).

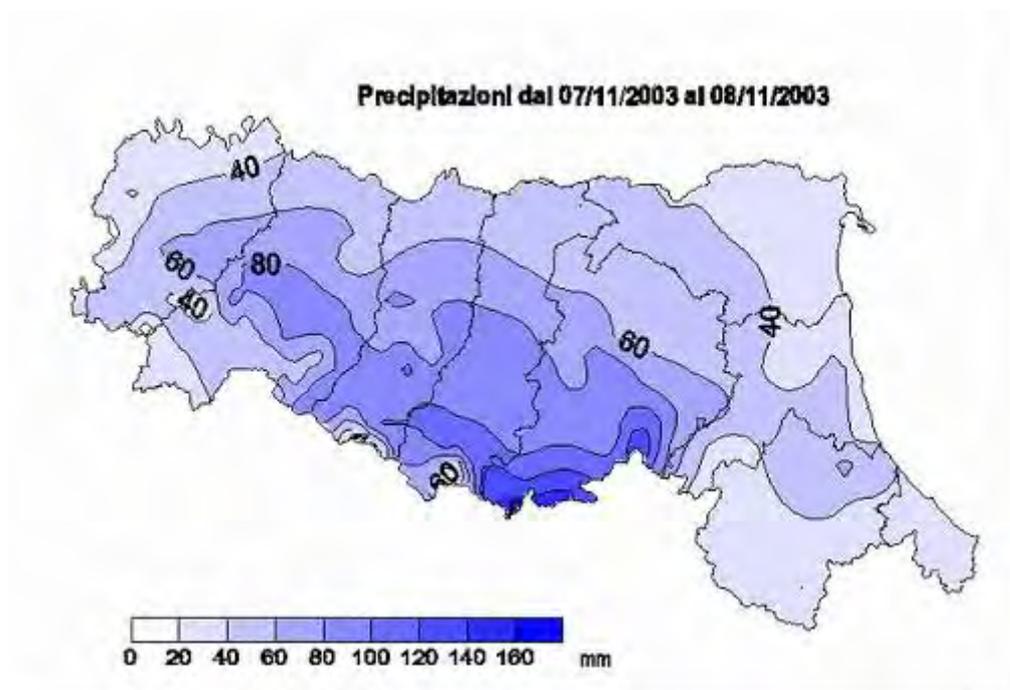


Figura 26.

La foto delle figure 27 -30 sono relative alla zona del bacino vicina alla chiusura dello stesso, grosso modo a valle del punto evidenziato con area 1 della carta di figura 7. Si tratta di un'area nella quale sono stati effettuati movimenti di terra (figura 27) per la preparazione di un campo da golf, e sulla quale è stato seminato un prato. L'evento meteorico, di una certa entità, è capitato nel momento in cui il suolo risulta praticamente privo di copertura vegetale, con lo strato superficiale affinato dai lavori di preparazione del letto di semina e quindi maggiormente erodibile. Nella foto in figura 27 si vede un cono di deposizione al piede della parte basale del versante sul quale si sono formati numerosi rigagnoli, o rill, che hanno interessato lo strato sminuzzato per la semina. Le rill sono in questo caso sviluppate in larghezza.



Figura 27 Rill di erosione e suo cono di sedimentazione

Nelle foto riportate nelle figure 28-30, altri esempi in altri punti dello stesso versante, in questo caso non seminato e con la presenza di zollette relativamente più grossolane. È interessante notare nella foto di figura 30 che la presenza di una striscia di prato appena emerso non costituisce alcuna forma di protezione dall'erosione.



Figura 28 Rill in un campo scoperto



Figura 29 Dettaglio della foto precedente



Figura 30. La rill incide la fascia nella quale è emerso il prato seminato

Nella foto in figura 31 è riportato il dettaglio dei fenomeni di erosione registrati nel campo di medica presente attualmente sul versante contrassegnato come transect 1. Nel caso della foto ci si trova in un punto del versante sul quale insiste un notevole deflusso. Si vede come anche la medica adulta non sia sufficiente in particolari condizioni a garantire la protezione del suolo.



Figura 31. erosione in campo di medica, in presenza di flussi particolarmente intensi

L'effetto della perdita di suolo è visivamente chiaro nelle foto successive (figure 32-33). Queste immagini sono state riprese durante l'estate scorsa, con i campi coperti dalle diverse colture.



Figura 32 Perdite di produzione



Figura 33 perdite di produzione lungo il transetto 1.

Nella foto successiva (figura 34) è evidente l'effetto dell'erosione e la scarsa efficacia dei fossi acquai presenti (versante sotto Loiano).



Figura 34 perdite di produzione a valle dell'abitato di Loiano (fuori del bacino).

Nelle immagini delle figure 35 e 36 è raffigurato un campo seminato a frumento secondo la pratica del “contouring” cioè la semina lungo le curve di livello. Si nota la sedimentazione lungo il versante in corrispondenza delle righe. La semina lungo le linee di livello costituisce in casi di versanti a pendenza moderata, una efficace misura di riduzione dell’erosione.



Figura 35. Copertura vegetale del frumento in stagione invernale



Figura 36. Zone di deposizione in campo di frumento seminato secondo le curve di livello

Riferimenti bibliografici

- Foster, G.R., Yoder, D.C., 2001. RUSLE2 alpha version (1999). <http://bioengr.ag.utk.edu/rusle2/>
- Jetten, V. (2002). LISEM user manual, version 2.x. Draft version January 2002. Utrecht Centre for Environment and Landscape Dynamics, Utrecht University, The Netherlands. pp 48. <http://www.geog.uu.nl/lisem>.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. McCool, D.K. and Yoder, D.C. (Coordinators), 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service, Agriculture Handobook No 703, 384 pp.
- Wischmeier W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service Handbook, 537, 58 pp.