

VIII Convegno Nazionale della
Associazione Italiana di Ingegneria AgrariaL'INGEGNERIA AGRARIA PER LO
SVILUPPO SOSTENIBILE DELL'AREA
MEDITERRANEA

Catania 27-30 giugno 2005

Dipartimento di Ingegneria
Agraria e Forestale

Università degli Studi di Firenze

Viticultura paesaggistica ed ecocompatibile: innovazione tecnica e progettuale.

Marco VIERI, Elena BRESCI, Federico PRETI

report 8006

La crescente realizzazione di nuovi vigneti specializzati in ambienti collinari italiani, operata spesso con complesse modificazioni della morfologia originale delle pendici, ha portato ad un'alterazione estetica delle aree in cui questi sono stati realizzati.

I nuovi criteri sistematori sono d'altronde imposti dalla necessità di ridurre i costi e quindi dal miglioramento dell'efficienza delle risorse produttive.

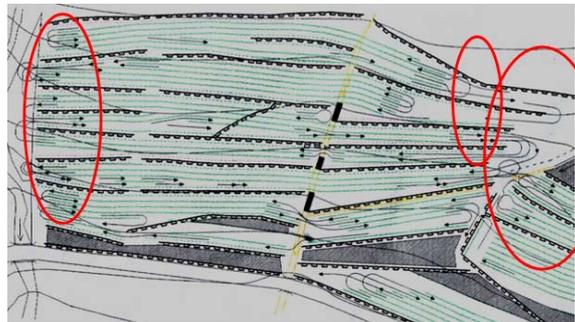
Una meccanizzazione sempre più specializzata del settore viticolo, spinge infatti verso la realizzazione di vigneti dalla geometria perfetta, a garanzia non solo della maggiore efficienza operativa, ma anche del mantenimento di tale rendimento con le numerose generazioni di macchine che in un periodo di circa 25-30 anni vi andranno ad operare.

A questo si aggiunge la necessità di ridurre l'erosione e l'instabilità tipiche dei vigneti sistemati a rittochino.

Risulta poi necessaria l'introduzione di nuove tecniche di controllo ecocompatibile; il controllo delle emissioni di prodotti chimici con la creazione di zone di trattamento per scorrimento laminare (fitoremediation) e per filtrazione o decantazione (soil remediation e biobeds).

La presente ricerca condotta dal DIAF ha previsto l'utilizzazione a livello progettuale di strumenti avanzati (CAD analisi e modellazione 3D) per proporre l'introduzione di tecniche innovative.

Sono state individuate procedure di progettazione con cui è stata simulata fra l'altro l'applicazione di soluzioni di Ingegneria Naturalistica sia per i ciglioli al fine creare una barriera vegetale alta e di aumentare l'inclinazione della scarpata per ampliare la base di coltivazione, sia per realizzare zone di sedimentazione e filtraggio delle acque di scolo.



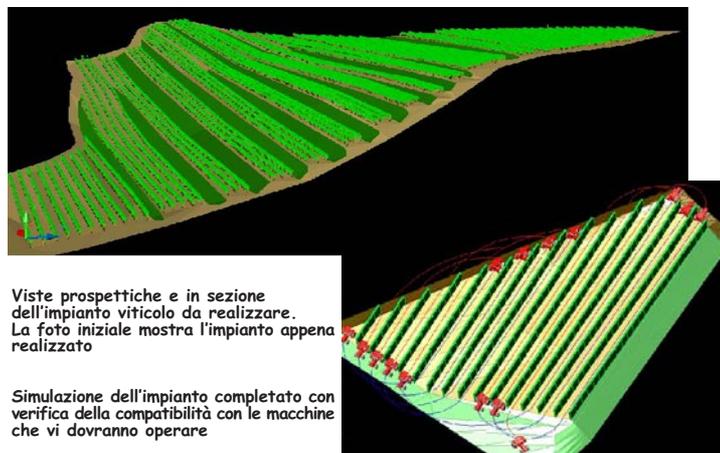
Identificazione
dei percorsi nelle
operazioni
meccanizzate
agricole

La ricerca si inserisce in un più ampio progetto di ricerca finanziato da A.R.S.I.A. (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale), denominato "Progettazione e collaudo di sistemazioni idraulico - agrarie a basso rischio erosivo per impianti" iniziato nel 2003 e di durata quadriennale. L'obiettivo principale del progetto è quello di promuovere una viticoltura come elemento essenziale del contesto paesaggistico toscano, attraverso strategie di intervento mirate a ridurre l'impatto ambientale della coltura. La sperimentazione si è sviluppata negli impianti viticoli ristrutturati nell'ambito del progetto sopra citato situati all'interno del territorio del Chianti e, più precisamente, compresi all'interno del bacino idrografico dell'Arno e classificati come appartenenti a zone ad alto rischio idrogeologico. La presente nota si riferisce all'impianto sperimentale localizzato nel Comune di San Casciano (FI) presso l'Azienda agricola di Montepaldi di proprietà dell'Università degli Studi di Firenze.

Il primo risultato già utilizzabile è stato quello di identificare una procedura di progettazione dei nuovi impianti terrazzati che si avvale delle possibilità offerte dalle nuove tecniche di modellazione solida.



Per le misurazioni dell'impianto viticolo si è impiegato il sistema LEICA GPS 1200. Tramite il software specifico (Autocad e DISCAV), i dati sono stati elaborati per creare le mappe dello stato finale dell'impianto viticolo ristrutturato, in particolare sono stati ottenuti i seguenti risultati: creazione di isoipse da punti rilevati in campo; planimetrie dettagliate; sezioni per la verifica del profilo del suolo, calcolo dei volumi di sterro e di riporto dei movimenti terra per prevenire le spese necessarie; visualizzazione tridimensionale dello stato finale dell'opera per verificarne l'inserimento ambientale.



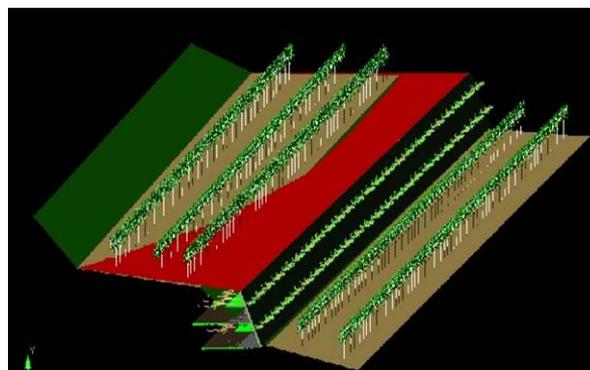
Viste prospettive e in sezione
dell'impianto viticolo da realizzare.
La foto iniziale mostra l'impianto appena
realizzato

Simulazione dell'impianto completato con
verifica della compatibilità con le macchine
che vi dovranno operare

Le rappresentazioni vettoriali permettono di eseguire approfondite verifiche sulla compatibilità degli impianti rispetto alla completa meccanizzazione dei processi colturali, in particolare per l'individuazione delle pendenze ottimali al fine di incrementare l'efficienza operativa. Le figure mostrano il risultato dell'elaborazione grafica che ci consente di visualizzare il trattore direttamente sull'impianto e di verificare la relativa inclinazione che assumerà nel momento in cui andrà ad operare in un qualsiasi punto considerato.

Nel caso in cui un impianto presenti errori di progettazione o di realizzazione, le rappresentazioni vettoriali possono essere un valido sostegno tecnico per lo studio di eventuali correzioni.

Per l'ampliamento del ripiano, si può proporre un intervento di ingegneria naturalistica come le terre rinforzate rinverdate. Si tratta di una terra compattata e rinforzata attraverso l'uso di griglie e tessuti in materiale sintetico che permette di migliorare le caratteristiche geotecniche del terreno di origine. La tecnica del rinforzo delle terre consente la realizzazione di manufatti con inclinazioni che possono superare i 60°



Rappresentazione degli interventi di correzione con metodo IA delle terre rinforzate; in rosso è evidenziato l'ampliamento della superficie di vigneto

Lo strumento di progettazione è risultato sicuramente efficace nella valutazione dei diversi problemi che possono intervenire: tale metodo di "simulazione grafica" si è rivelato utile al tal punto che è viene ad oggi richiesto in molti progetti e rappresenta un esempio di spin-off della ricerca.

VITICOLTURA PAESAGGISTICA ED ECOCOMPATIBILE: INNOVAZIONE TECNICA E PROGETTUALE

Vieri M., Preti F., Bresci E.

*Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Sezione Meccanica – P.le delle Cascine, 15 – 50144 Firenze,
Tel. +39 055 3288320, Fax +39 055 331794, marco.vieri@unifi.it*

Riassunto

La recente realizzazione di numerosi nuovi impianti specializzati di vigneti in ambienti collinari italiani, prevedendo operazioni spesso complesse con modificazione della morfologia originale delle aree collinari, ha portato ad un'alterazione del valore estetico del paesaggio in cui essi sono inseriti. La presente nota propone l'utilizzazione, a livello progettuale, di strumenti avanzati (CAD, analisi e modellazione 3D) per proporre l'introduzione di tecniche di Ingegneria Naturalistica, permettendo ampliamenti della superficie delle terrazze e la creazione di aree di fitoremediation o meglio biobeds di filtraggio delle acque. Sono state individuate procedure di progettazione con cui è stata simulata l'applicazione di soluzioni di Ingegneria Naturalistica, sia per i ciglioni al fine di creare una barriera vegetale alta e di aumentare l'inclinazione della scarpata per ampliare la base di coltivazione, sia per realizzare zone di sedimentazione e filtraggio delle acque di scolo. Una simulazione costi-benefici ha fornito dati utili a quantificare la validità delle soluzioni progettuali. Il primo risultato già utilizzabile è stato quello di identificare una procedura di progettazione dei nuovi impianti terrazzati che si avvale delle possibilità offerte dalle nuove tecniche di modellazione solida.

A questo si aggiunge la possibilità di ridurre l'erosione e l'instabilità sui vigneti a rittochino e la necessità di un ritrovato equilibrio fra produzione e paesaggio; l'introduzione di nuove tecniche di sistemazione ecocompatibile come l'ingegneria naturalistica; il controllo delle emissioni di prodotti chimici con la creazione di zone di trattamento per scorrimento laminare (fitoremediation) e per filtrazione o decantazione (soilremediation e biobeds).

Parole chiave: Sistemazioni viticoltura collinare, ingegneria naturalistica, ecocompatibilità

Summary

The increasing development of new plants of vineyard in the typical Mediterranean hill areas requires more precise design tools to ensure a better efficiency of the whole system of factors involved in the management of the vine crop.

The authors present a new approach in design with a drawing solid model of the introduced plants. The use of these assessment methods allow to verify equipment compatibility with structures and plant slopes. Further verifications can be done in the landscape views and in the rain water flow and erosion control.

Some tests have been carried out in 3 new vineyard plants of the Chianti area due to the task of DIAF in the ARSIA (Tuscany Regional Agency for Development and innovation in Agriculture) Project "New vineyard plant schemes to control erosion".

The combined use of conventional and innovative techniques as the "bioengineering slope stabilization" can offer new possibilities to solve errors in plant construction, to increase plan area of the terraces, to create new techniques to control agro-chemical run-off.

Key words: hill slope vineyard, bioengineering slope stabilization, ecocompatibility

1. INTRODUZIONE

La necessità di nuovi schemi sistematori e di appropriate tecniche per il controllo della erosione costituisce una delle attuali sfide cui l'imprenditorialità agricola deve oggi rispondere. La viticoltura ben progettata costituisce sempre un elemento paesistico di notevole impatto e un notevole beneficio ambientale per la regimazione idraulica, il consolidamento dei versanti e il costante presidio. Molti sono gli esempi in cui le sistemazioni e l'attività colturale nel suo insieme hanno adottato una raffinata architettura ingegneristica nel controllo delle acque e delle pendici; si pensi alla cosiddetta viticoltura eroica, i terrazzamenti alpini e quelli delle coste greche e portoghesi. Il "ciglione biologico" delle terrazze apuane è un raffinato esempio di ingegneria naturalistica che, nella introduzione della meccanizzazione operata con il "progetto Candia", è stato assolutamente mantenuto. A ciò si aggiunge il fatto che una meccanizzazione sempre più specializzata del settore viticolo, spinge verso la realizzazione di vigneti dalla geometria perfetta, a garanzia non solo della maggiore efficienza operativa attuale, ma anche del mantenimento della versatilità per le numerose generazioni di macchine che vi andranno ad operare. Inoltre, l'uso del suolo ed, in particolare, le opere fondiarie e le sistemazioni idraulico-agrarie, finalizzate alla destinazione produttiva, assumono oggi un significato estremamente rilevante, che supera le tradizionali funzioni produttive per essere inquadrato nel più complesso ruolo polifunzionale.

Costruire vigneti nella tutela del paesaggio e, soprattutto, dell'ambiente, fermo restando l'applicazione dei parametri ottimali per una perfetta meccanizzazione, è possibile solamente sfruttando al massimo le tecnologie più avanzate. Il vigneto deve essere il risultato finale di un approfondito studio sia delle caratteristiche intrinseche dell'ambiente in cui è situato, sia dell'applicazione dei più corretti criteri progettuali.

Anche a livello normativo, dal piano regionale per la ristrutturazione e riconversione dei vigneti (articolo 11, regolamento C.E. n. 1493/1999), si evince l'esigenza di tenere in considerazione "... gli aspetti di compatibilità ambientale anche in relazione alla componente paesaggistica. Infatti la ristrutturazione dei vigneti, in talune zone della Toscana, dovrà tenere conto di elementi di rilevanza ambientale attraverso interventi volti al ripristino, al mantenimento o al rifacimento delle tradizionali sistemazioni idraulico agrarie e di impianti realizzati per contrastare efficacemente l'erosione idrica".

L'attuale progettazione non può quindi prescindere dall'utilizzo di nuove tecnologie e, di conseguenza, si presenta la necessità di disporre di dati ricavati dalle indagini preliminari in formato digitale affinché possano essere utilizzati e gestiti attraverso software specifici.

Per le esigenze specifiche della meccanizzazione, la progettazione dell'impianto ha come primo vincolo lo studio dei percorsi delle macchine che dovranno operarvi, e la realizzazione di condizioni atte a massimizzare la velocità e la precisione degli interventi. Ciò è ottenibile, ad esempio, con una geometria perfetta delle piante e del filare, un'adeguata resistenza ed elasticità strutturale dei sostegni, una base di transito perfettamente livellata. A titolo di esempio, nella realizzazione dei nuovi impianti, gran parte degli scassi vengono effettuati con la tecnica della trincea progressiva realizzata con escavatori che lavorano l'intero profilo verticale, rimuovendo le pietre di dimensioni maggiori di mezzo metro di lato, interrando le rimanenti e livellando con benna grigliata la superficie, che in tal modo rimane perfettamente piana e senza scheletro.

Considerando, inoltre, che spesso gli impianti sono situati in aree declivi con pendenze comprese tra il 25% e il 75%, sono necessari dei movimenti terra per la realizzazione di ripiani che, per limitare l'effetto erosivo, devono avere una pendenza trasversale del 5% e una longitudinale non superiore all'8%. Per la larghezza del ripiano e, quindi, il numero di filari da impiantare, essendo fortemente influenzata dalla pendenza di sistemazione e dalle

caratteristiche locali, risulta difficile indicare intervalli generali di valori (Ramos *et al.*, 1997). La proposta di adottare interventi di ingegneria naturalistica può essere giustificata con l'esigenza di salvaguardia e tutela del paesaggio circostante. Ferrari (2000) propone di estendere l'uso di tecniche di ingegneria naturalistica, ampiamente utilizzate in aree soggette a fenomeni di dissesto, quali sistemazioni di versanti e sponde fluviali, in aree a vigneto per la individuazione di soluzioni alternative a quelle classiche in grado di garantire un corretto inserimento ambientale.

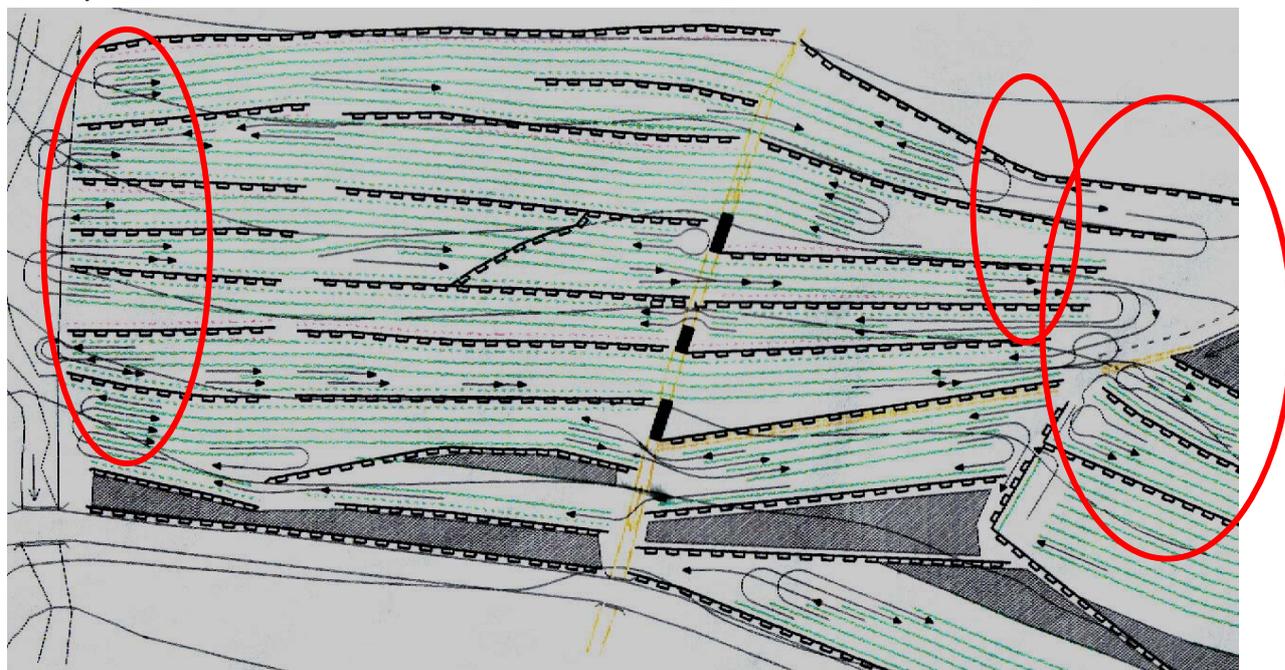


Fig. 1. Esempio di studio dei percorsi nella progettazione di un vigneto.

2. MATERIALI E METODI

La ricerca si inserisce in un più ampio progetto di ricerca finanziato da A.R.S.I.A. (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale), denominato "Progettazione e collaudo di sistemazioni idraulico - agrarie a basso rischio erosivo per impianti" iniziato nel 2003 e di durata quadriennale. L'obiettivo principale del progetto è quello di promuovere una viticoltura come elemento essenziale del contesto paesaggistico toscano, attraverso strategie di intervento mirate a ridurre l'impatto ambientale della coltura. La sperimentazione si è sviluppata negli impianti viticoli ristrutturati nell'ambito del progetto sopra citato situati all'interno del territorio del Chianti e, più precisamente, compresi all'interno del bacino idrografico dell'Arno e classificati come appartenenti a zone ad alto rischio idrogeologico. La presente nota si riferisce all'impianto sperimentale localizzato nel Comune di San Casciano (FI) presso l'Azienda agricola di Montepaldi di proprietà dell'Università degli Studi di Firenze.

Per le misurazioni dell'impianto viticolo si è impiegato il sistema LEICA GPS 1200, costituito da: il terminale (un piccolo PC applicabile sia sulla stazione di riferimento che sul Rover ed è perfettamente compatibile con entrambi); la stazione di riferimento (costituita da un treppiede dove è montata la strumentazione, il supporto e i collegamenti per il terminale e l'antenna satellitare); il ricevitore Rover (contenuto in uno zaino dal quale fuoriescono i

collegamenti per il terminale e per l'antenna satellitare che è posta su una palina usata per battere il punto). Tramite il software specifico (Autocad e DISCAV), i dati sono stati elaborati per creare le mappe dello stato finale dell'impianto viticolo ristrutturato, in particolare, sono stati ottenuti i seguenti risultati: creazione di isoipse da punti rilevati in campo; planimetrie dettagliate; sezioni per la verifica del profilo del suolo, calcolo dei volumi di sterro e di riporto dei movimenti terra per preventivare le spese necessarie; visualizzazione tridimensionale dello stato finale dell'opera per verificarne l'inserimento ambientale.

3. RISULTATI

Per il vigneto Montepaldi la misurazione eseguita con il sistema LEICA GPS 1200 ed elaborata con il software DISCAV ha permesso di ottenere le informazioni riguardo alle pendenze, distanze e altimetrie. In figura 2 si riporta la figura delle curve di livello. Dopo l'inserimento dei dati, è stato possibile tramite DISCAV generare delle falde (triangoli), aventi come vertici sia i punti creati con la digitalizzazione e quelli ottenuti dal rilievo, al fine di costruire le varie superfici. Successivamente, a partire dalle triangolazioni create, sono state generate delle curve di livello per la superficie.

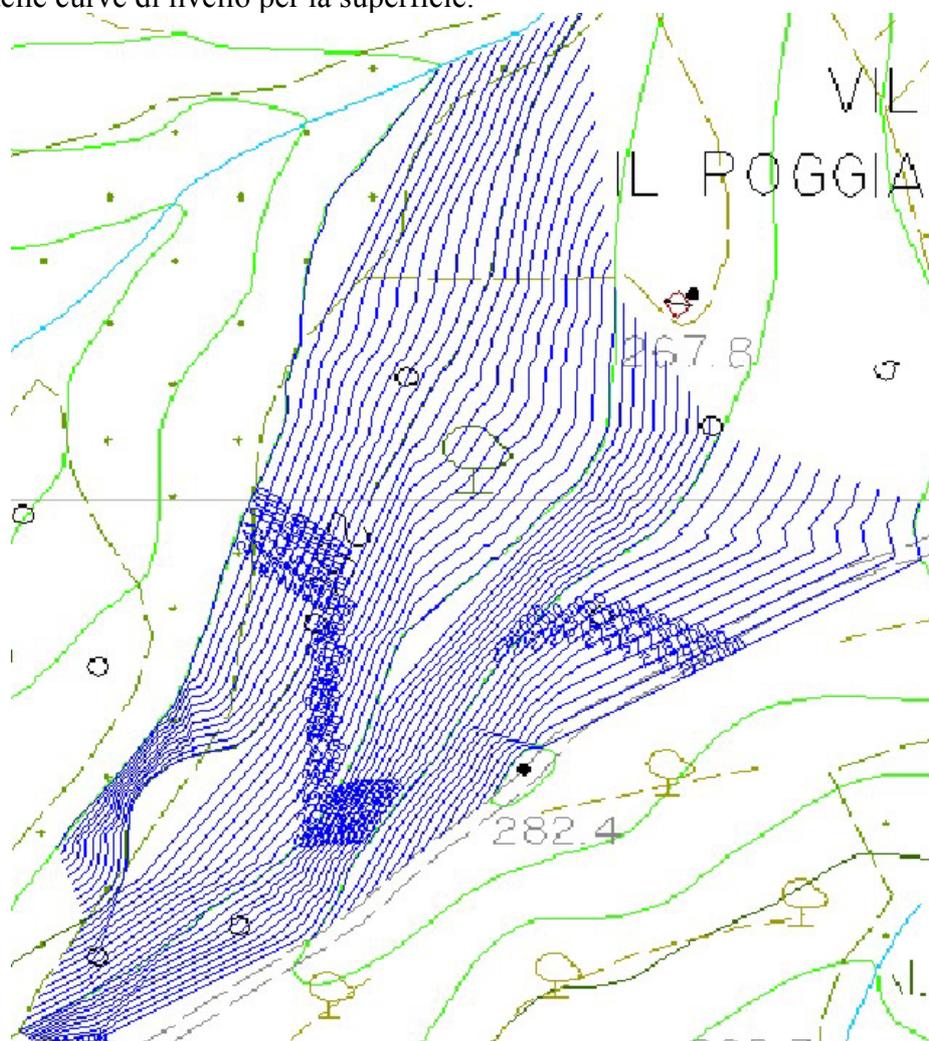


Fig.2. Curve di livello della superficie originaria dell'impianto, ottenute dalla digitalizzazione delle curve di livello della mappa sottostante e dall'elaborazione di DISCAV.

Il calcolo dei movimenti terra, volumi di sterro e di riporto, sono stati utilizzati per l'analisi economica legata alla scelta della tipologia di interventi di ingegneria naturalistica più appropriata.

Le figure 3 e 4 mostrano la vista tridimensionale del vigneto permettendo di valutare l'impatto sul paesaggio circostante ed, eventualmente, verificare gli eventuali errori nella sua realizzazione.



Fig. 3. Vista tridimensionale dell'impianto.

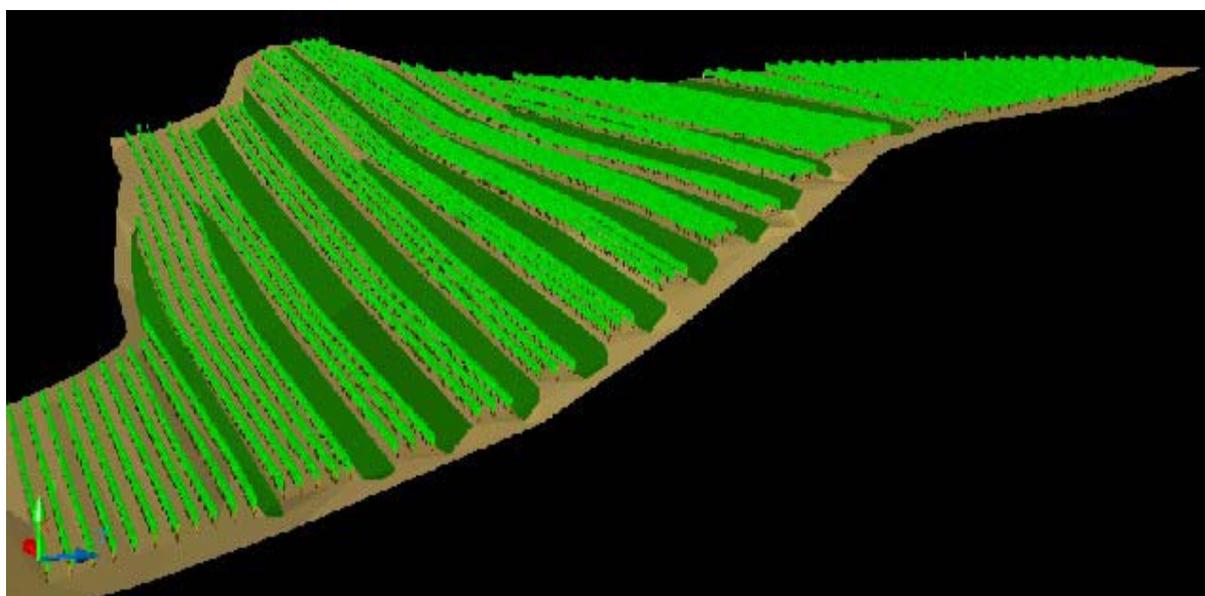


Fig. 4. Vista tridimensionale dell'impianto.

Infatti, le rappresentazioni vettoriali permettono di eseguire approfondite verifiche sulla compatibilità degli impianti rispetto alla completa meccanizzazione dei processi colturali, in particolare, per l'individuazione delle pendenze ottimali al fine di incrementare l'efficienza operativa. La figura 6 mostra il risultato dell'elaborazione grafica che ci consente di visualizzare il trattore direttamente sull'impianto e di verificare la relativa inclinazione che assumerà nel momento in cui andrà ad operare in un qualsiasi punto considerato.



Fig. 5. Stato dell'impianto in data 20 settembre 2004.

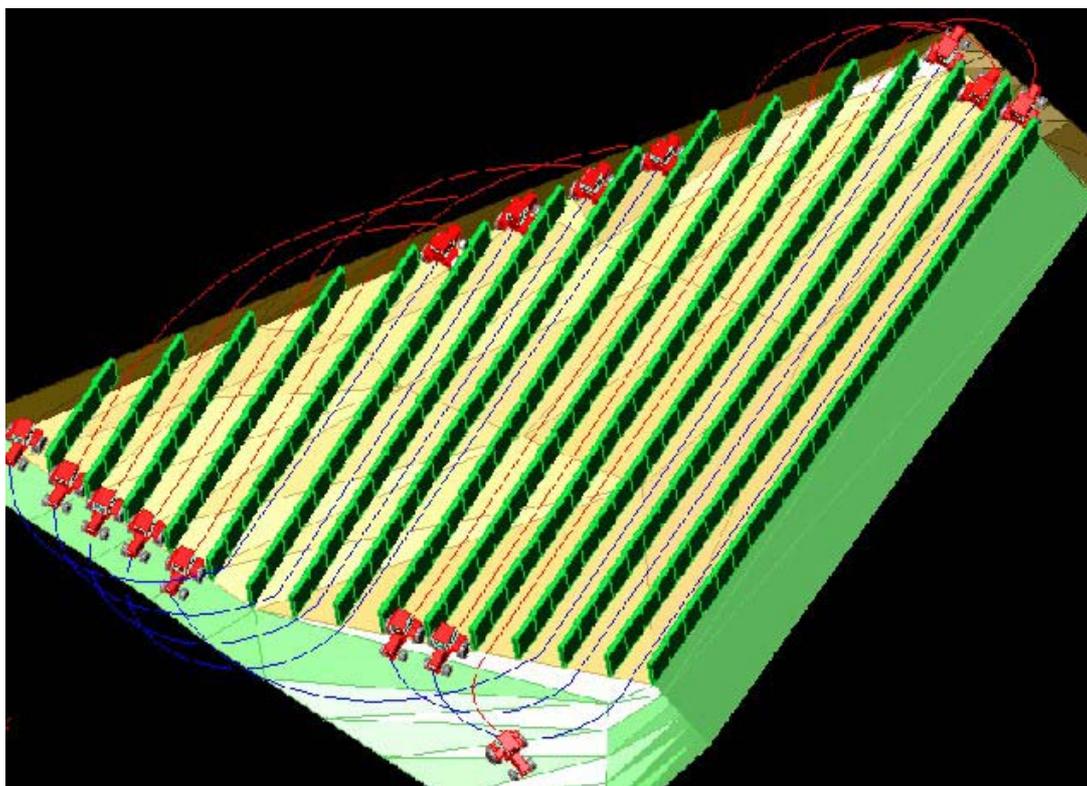


Fig. 6. Percorso di un trattore tradizionale. La visualizzazione del trattore che opera in campo permette di verificare visivamente i punti critici dell'impianto.

Nel caso in cui un impianto presenti errori di progettazione o di realizzazione, le rappresentazioni vettoriali possono essere un valido sostegno tecnico per lo studio di eventuali correzioni.

Dall'analisi effettuata sul campo sperimentale di Montepaldi è emerso un errore nel posizionamento dell'ultimo filare, che si trova a soli 0,42 metri dal bordo superiore della scarpata, distanza che non permette l'utilizzo di un trattore scavallante che necessita una distanza minima per il transito di circa 80 cm.

In molti casi parrebbe quindi opportuno avvalersi anche di tecniche emergenti, ampiamente utilizzate in altri ambiti come il ripristino ambientale e la valorizzazione dei territori tipici, come l'ingegneria naturalistica che utilizza tecniche particolari e di notevole impatto estetico. Materiali vegetali vivi possono essere affiancati sia a materiali biodegradabili di origine naturale (legname, piante o loro parti, talee, fibre di cocco, juta, paglia, legname, biostuoie, ecc.) sia a altri materiali quali pietrame, ferro o prodotti di origine sintetica in diverse combinazioni (geotessili, ecc.), per un consolidamento duraturo delle opere.

Per l'ampliamento del ripiano, si può proporre un intervento di ingegneria naturalistica come le terre rinforzate rinverdate. Si tratta di una terra compattata e rinforzata attraverso l'uso di griglie e tessuti in materiale sintetico che permette di migliorare le caratteristiche geotecniche del terreno di origine. La tecnica del rinforzo delle terre consente la realizzazione di manufatti con inclinazioni che possono superare i 60° (Regione Toscana, 2001; Sauli et al., 2003) (figura 7).

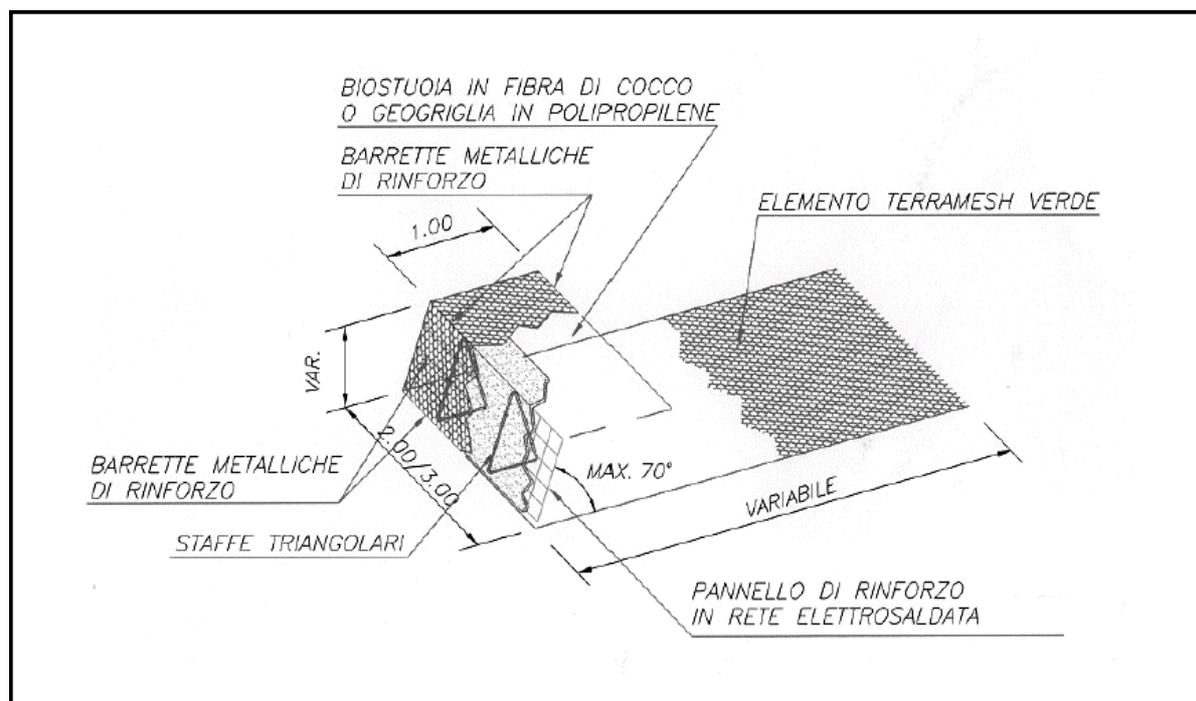


Fig. 7. Esempio di modulo strutturale impiegato nelle "terre rinforzate".

Nelle figure 8, 9, 10 sono rappresentati lo stato di fatto e l'ipotesi di intervento di ampliamento del ripiano con la realizzazione di una "terra rinforzata".

L'impiego delle terre rinforzate a paramento vegetato con inclinazione di 63°, mantenendo costanti gli altri parametri iniziali, permette di aumentare la larghezza del ripiano

di 4,72 m, consentendo, quindi, oltre la prevista meccanizzazione con il passaggio del trattore scavalcante, l'impianto di un altro filare.

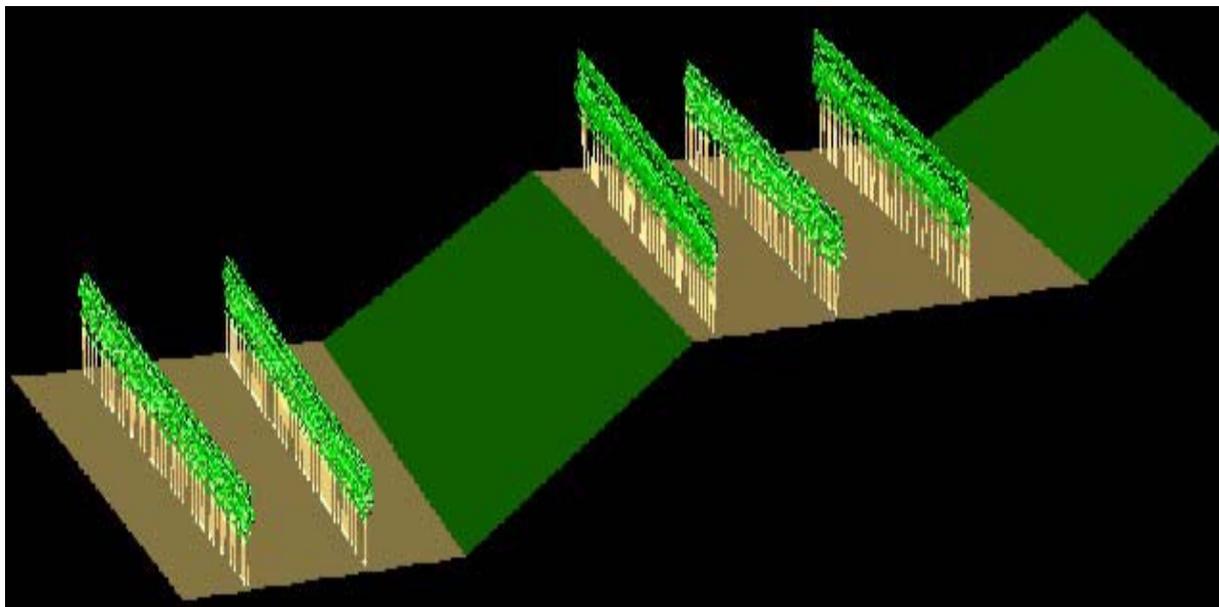


Fig. 8. Porzione dell'impianto ristrutturato situato nel Comune di San Casciano.

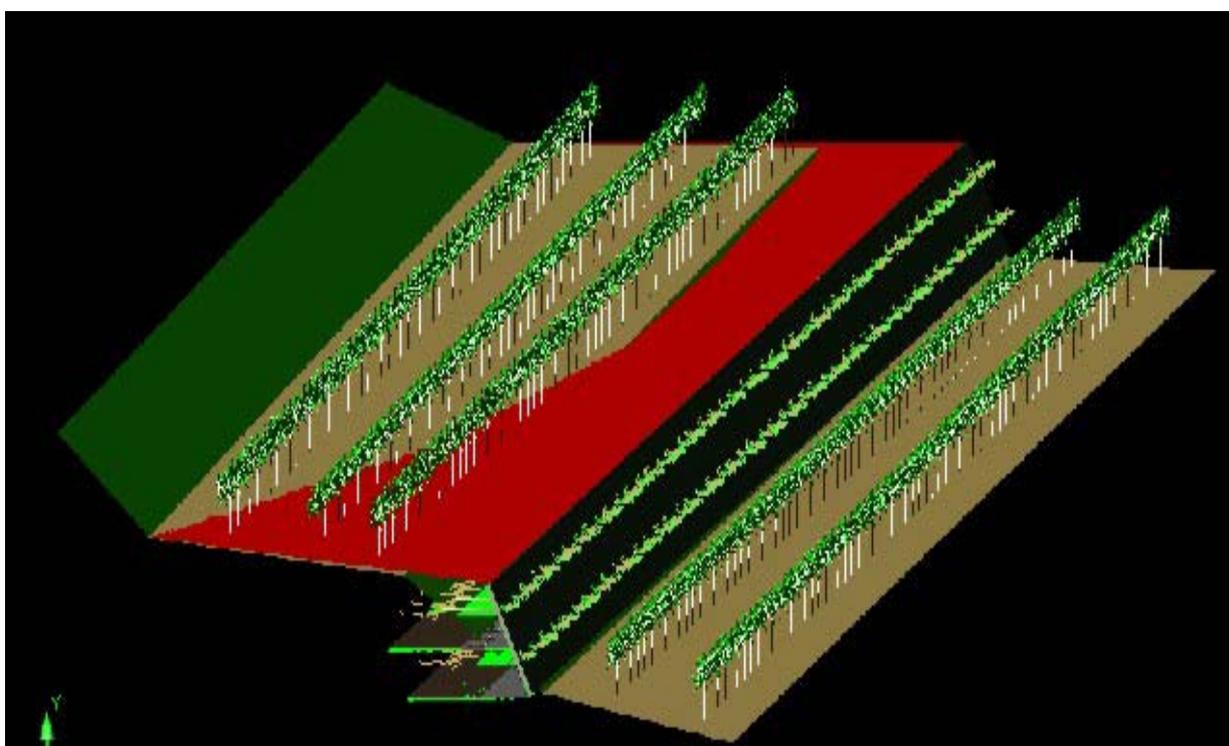


Fig. 9. Vista tridimensionale della porzione dell'impianto ristrutturato con le modifiche apportate con la realizzazione della terra rinforzata. Il ripiano in rosso rappresenta la nuova superficie coltivabile.

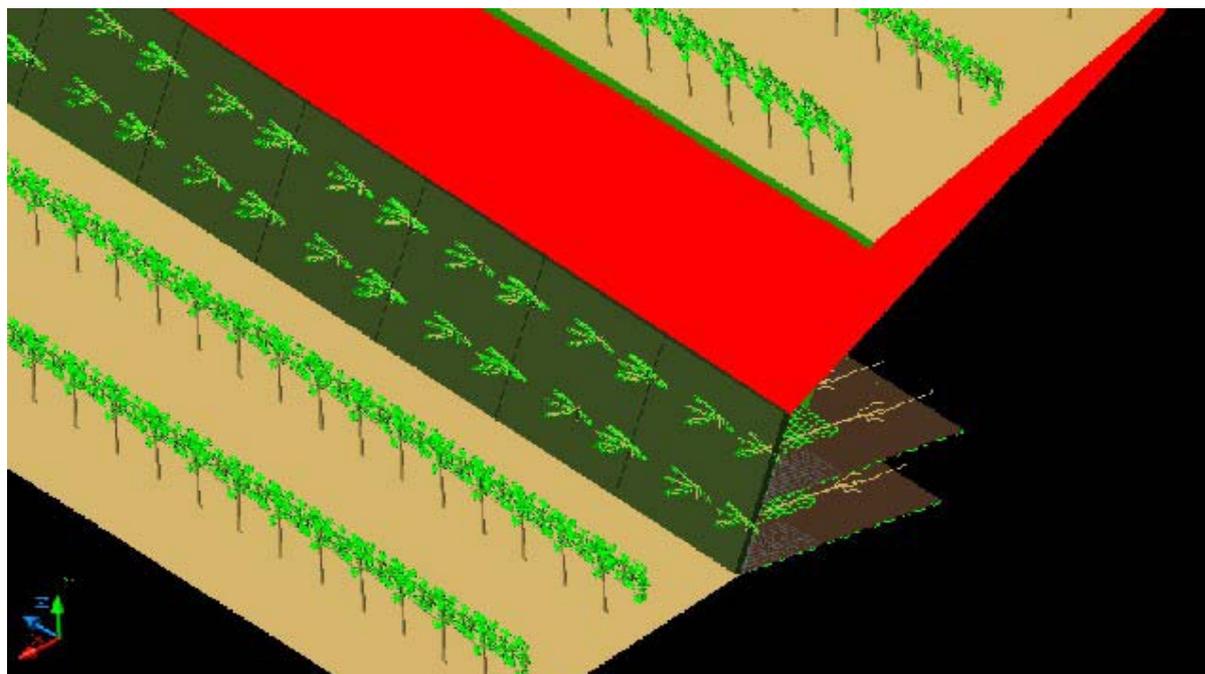


Fig. 10. Particolare di vista tridimensionale della porzione dell'impianto ristrutturato con le modifiche apportate con la realizzazione della terra rinforzata. Il ripiano in rosso rappresenta la nuova superficie coltivabile, mentre sono ben visibili le talee inserite nella struttura modulabile.

Analisi della sostenibilità

Dalle valutazioni precedenti risulta che, utilizzando un angolo di 63° per realizzare la scarpata è possibile ottenere, mantenendo costanti gli altri parametri iniziali, una larghezza coltivabile di 12,28 metri, pari ad un incremento della larghezza del ripiano di 4,72 metri.

Con un incremento così rilevante della larghezza del ripiano non solo si potrebbe ripristinare il passaggio del trattore ma si sarebbe potuto piantare per lo meno un altro filare aggiuntivo, e di conseguenza se tutto il vigneto fosse stato fatto utilizzando le terre rinforzate la superficie vitata sarebbe aumentata notevolmente.

È possibile condurre una valutazione preliminare dei costi-benefici delle soluzioni di sistemazione proposte considerando che, per un incremento di 2 filari aggiuntivi (sesto di impianto 0,8 m; interfilare 2,3 m, 5400 piante/ha; produzione uva 70 q.li/ha; prezzo uva 150 €/q.le), si ottiene:

- notevole incremento di costo della sistemazione (fra 176 e 205 €/m² per una terra rinforzata rinverdata o fra 226 e 416 €/m² per una palificata viva in Sauli *et al.*, 2002) rispetto a quello di un ciglione (inferiore a 10 €/m² se realizzato con sbancamento di materie di qualsiasi natura e consistenza e filatura delle scarpate);
- costo di impianto aggiuntivo di circa 6,3 €/m
- costo annuale di conduzione aggiuntivo 1,8 €/m/anno
- guadagno annuale aggiuntivo dall'entrata in produzione per la sola vendita di uva 3,6 €/m/anno.

In queste condizioni, l'ammortamento per una terra rinforzata rinverdata sarebbe inferiore alla vita media del vigneto solo considerando guadagni aggiuntivi (ad esempio derivanti dalla vendita di vino).

Ancora meno conveniente risulterebbe fare ricorso alla palificata viva, dato il suo costo maggiore; inoltre questa tecnica, sebbene più "naturalistica" della terra rinforzata rinverdata, sarebbe forse meno facilmente realizzabile in un vigneto (Ferrari, 2000).

Si consideri comunque che, sempre più spesso nelle zone del Chianti si ricorre alla realizzazione di muri e scogliere di notevoli dimensioni posizionando con l'escavatore il pietrame derivante dalle operazioni di rimodellamento e scasso.

Si ricorre a questa soluzione, in genere per evitare di restaurare o realizzare i muretti a secco, con risultati non sempre così felici da un punto di vista paesaggistico.

Si tratta di un intervento comunque costoso (a titolo di confronto: costo della scogliera 112 €/m² in Sauli *et al.*, 2002), che non è praticamente attuato quando il materiale non è disponibile in sito; in tal caso il ricorso alla terra rinforzata rinverdata potrebbe costituire una valida alternativa.

In queste valutazioni andrebbero considerati i benefici di tali soluzioni derivanti dalla loro capacità di "filtro" (in grado di ridurre erosione, ruscellamento e inquinamento da sorgenti diffuse) e quelli legati all'incremento della biodiversità ed alla minor banalizzazione paesaggistica.

In particolare, un valore aggiunto da considerare può derivare dal fatto che l'inserimento delle piante nell'opera di ingegneria naturalistica, recupererebbe un elemento caratterizzante il paesaggio toscano (vigneto con filari di salici per ricavare i vimini con cui legare i tralci o, eventualmente aceri, cui "maritare" alcune viti come testimonianza pratiche tradizionali).

4. CONCLUSIONI

L'analisi dell'introduzione di tecniche di ingegneria naturalistica nella realizzazione di nuovi impianti di vigneto, permettendo ampliamenti della superficie delle terrazze e creazione di aree di fitoremediation o meglio biobeds di filtraggio delle acque, sicuramente oggetto di una prossima verifica sperimentale ha permesso di evidenziarne potenzialità (in termini di riduzione dell'impatto ambientale, di difesa del suolo e valorizzazione del paesaggio) e limiti (in termini di sostenibilità economica).

Lo strumento di progettazione è risultato sicuramente efficace nella valutazione dei diversi problemi che possono intervenire: tale metodo di "simulazione grafica" si è rivelato utile a tal punto che è viene ad oggi richiesto in molti progetti e rappresenta un esempio di spin-off della ricerca.

Le opere di sostegno delle scarpate, potrebbero essere integrate anche da altri interventi di ingegneria naturalistica per la regimazione delle acque superficiali, quali canalette con soglie in legname e pietrame (sempre derivanti dai movimenti terra in sito), o di rivestimento, quali inerbimenti con idrosemine o bioreti o biostuoie.

A questo si aggiunge la possibilità di controllare l'erosione e l'instabilità sui vigneti a rittochino e la necessità di un ritrovato equilibrio fra produzione e paesaggio; l'introduzione di nuove tecniche di sistemazione ecocompatibile come l'ingegneria naturalistica; il controllo delle emissioni di prodotti chimici con la creazione di zone di trattamento per scorrimento laminare (fitoremediation) e per filtrazione o decantazione (soilremediation e biobeds).

BIBLIOGRAFIA

- Bosi A .M. (2004), *Viticultura e meccanizzazione*, Il giornale del Rivenditore Agricolo n°2/2004.
- Ferrari P. (2000), *Le tecniche di consolidamento nelle aree collinari, vigneti sicuri*, ACER n. 4, 82:85.
- Fogg, P., Boxall, A.B.A., Walker, A., Jukes, A. (2003), *Pesticide degradation in a biobed composting substrate*. Pest Management Science 59, 527:537.
- Intrieri C. (2004), *Distanze di impianto nel vigneto*, Supplemento all'Informatore Agrario n°16/2004.
- Landi R. (1999), *Agronomia e Ambiente*, Edagricole, 355:357.
- Leng L., Leovey E.M.K., Zubkoff P.L. (1995), *Agrochemical Environmental Fat*," Edited by Margherite.
- Nachtergaele J., Poesen J., van Weselmael B. (1998), *Gravel mulching in vineyards of southern Switzerland*, Soil & Tillage Research 46, 51:59. Elsevier Science.
- Preti, F. (Editor) (2000), *Manuale Principi e Linee guida per l'Ingegneria Naturalistica – Vol. 1 e Vol. 2*, Regione Toscana, pp. 378+148.
- Ramos M.C., Porta J. (1997), *Analysis of design criteria for vineyard terraces in the mediterranean area of North East Spain*, Soil technology, 10, 155:166.
- Sauli G., Cornelini P., Preti F. (2002, 2003, 2005), *Manuale di Ingegneria Naturalistica, Regione Lazio*, Voll. 1, 2 e 3.
- Vieri M. (2003), *L'evoluzione tecnica e tecnologica nella moderna viticoltura imprenditoriale*. Atti Accademia dei Georgofili. Settima serie Vol. L (179° dall'inizio), Firenze.
- Vieri M., Giovannetti M., Zoli M. (1998), *Innovative Machinery for Areas of Difficult Accessibility and transitability*. Atti XIIth International Congress on Agricultural Engineering CIGR - Rabat (Morocco) 2-6 February, 423:434, Vol. 3.
- Vieri M. (1985), *La macchina nel recupero produttivo delle aree marginali*. Convegno nazionale di meccanica agraria "Il contributo della macchina per un ulteriore sviluppo dell'agricoltura". Perugia 11 giugno, pp.119:122.
- Vieri M., Giovannetti M., Lorieri P.P., Tarducci S., Zoli M., Beltrami M. (1996), *Progetto di meccanizzazione di vigneti su pendici terrazzate a forte declività*. Quaderno ARSIA 2/97.