



SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA

SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

TECNOLOGIE PER L'IMPIANTO DEL VIGNETO DALLA PROGETTAZIONE ALLA
REALIZZAZIONE

Relatore Professor. Luigi Sartori

Laureando Andrea Peraro 2100740

Introduzione

Capitolo 1 – Inquadramento dell'area e preparazione del terreno

- 1.1 Contesto pedoclimatico della pianura padovana
- 1.2 Analisi del terreno e rilievi preliminari
- 1.3 Sistemazione idraulico-agraia del suolo
- 1.4 Lavorazioni di preparazione pre-impianto
- 1.5 Concimazione di fondo e correzioni del terreno
- 1.6 Mappatura del vigneto e lettura della variabilità del suolo

Capitolo 2 – Progettazione dell'impianto del vigneto

- 2.1 Scelta della varietà e del portinnesto
- 2.2 Sesto d'impianto e orientamento dei filari
- 2.3 Strutture di sostegno e layout dell'impianto
- 2.4 Tecniche di tracciamento e georeferenziazione

Capitolo 3 – Messa a dimora con attrezzature Wagner: piantapali e trapiantatrice

- 3.1 Preparazione finale del campo
- 3.2 Modalità di impianto delle barbatelle
- 3.3 La trapiantatrice e il piantapali Wagner tipologie, funzionamento e regolazioni
- 3.4 Controlli post-impianto e cure iniziali

Conclusioni

Introduzione

L'impianto di un vigneto costituisce un'operazione agronomica complessa, nella quale convergono valutazioni di natura pedologica, idraulica, tecnica, economica e normativa, tutte determinanti per la funzionalità e la durata del sistema produttivo. In viticoltura, infatti, la fase di progettazione e preparazione del sito non rappresenta un momento unicamente preliminare, ma il fondamento dell'equilibrio vegeto-produttivo della coltura, della qualità delle produzioni ottenibili e della sostenibilità della gestione nel medio-lungo periodo. La letteratura tecnico-scientifica e le linee guida internazionali in materia di descrizione e valutazione del suolo evidenziano come profondità utile, tessitura, struttura, porosità, drenaggio e disponibilità idrica siano parametri essenziali per definire la vocazionalità agronomica di un'area e orientare correttamente le scelte d'impianto.

Nel caso specifico della pianura padovana, tale impostazione assume un rilievo ancora maggiore, in ragione delle caratteristiche geomorfologiche e pedologiche tipiche della pianura veneta. L'area rientra infatti in un contesto alluvionale, nel quale la variabilità dei depositi, la diversa profondità della falda e la disomogeneità delle condizioni di drenaggio influenzano direttamente la capacità del suolo di ospitare un impianto viticolo efficiente e durevole. In questi ambienti, l'eventuale presenza di ristagni temporanei, compattamenti o limitazioni alla profondità radicale rende necessaria una preventiva lettura del profilo pedologico e delle dinamiche idriche del terreno, così da individuare i più idonei interventi di sistemazione idraulico-agraria e di preparazione pre-impianto.

La progettazione del vigneto moderno non può inoltre prescindere da un'analisi spaziale accurata del sito. L'evoluzione della viticoltura di precisione ha infatti reso sempre più centrale la mappatura della variabilità intra-parcellare, sia mediante rilievi diretti sia mediante strumenti di georeferenziazione e supporti cartografici, al fine di individuare discontinuità fisiche, chimiche e idrologiche del terreno che possono incidere sull'omogeneità dell'impianto e sulla successiva gestione della coltura. In questa prospettiva, la conoscenza preliminare del terreno non si limita all'esecuzione di analisi chimico-fisiche di laboratorio, ma comprende un sistema integrato di osservazioni pedologiche, rilievi topografici, valutazioni agronomiche e lettura territoriale, indispensabile per impostare scelte progettuali coerenti con la reale vocazione del sito.

Sotto il profilo normativo, l'impianto di nuovi vigneti destinati alla produzione di uva da vino si inserisce in un quadro regolatorio definito a livello nazionale e regionale. Il Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste precisa che dal 1° gennaio 2016 il potenziale viticolo è disciplinato dal sistema delle autorizzazioni all'impianto previsto dal Regolamento (UE) n. 1308/2013, il quale consente annualmente il rilascio di nuove autorizzazioni entro un limite pari all'1% della superficie vitata nazionale (1). La Regione del Veneto, nel recepire tale disciplina, dispone che le superfici vitate siano gestite nell'ambito dello Schedario viticolo e che l'impianto o il reimpianto dei vigneti avvenga secondo procedure autorizzative specifiche, configurando così un forte legame tra pianificazione agronomica e regolarità amministrativa dell'intervento (2). La realizzazione del vigneto si presenta pertanto come un processo nel quale la valutazione tecnica del sito

deve integrarsi con la corretta osservanza delle disposizioni sul potenziale viticolo e sulla registrazione delle superfici coltivate .

All'interno di questo quadro generale, il primo capitolo della tesi è dedicato all'inquadramento dell'area e alla preparazione del terreno. L'analisi prende avvio dal contesto pedoclimatico della pianura padovana, considerato quale base conoscitiva per comprendere i fattori limitanti e le potenzialità del sito. A tale sezione segue l'approfondimento delle analisi del terreno e dei rilievi preliminari, funzionali a descrivere le proprietà fisiche e chimiche del suolo, il comportamento idrico e l'assetto morfologico del campo . In continuità con tali valutazioni, vengono poi affrontate la sistemazione idraulico-agraria del suolo (3), le lavorazioni di preparazione pre-impianto e la concimazione di fondo, considerate come interventi necessari per creare condizioni favorevoli all'attecchimento e allo sviluppo iniziale della vite. Il capitolo si conclude con la mappatura del vigneto e con la lettura della variabilità del suolo, aspetti oggi ritenuti strategici per razionalizzare la progettazione e impostare criteri di gestione sito-specifica .

Il secondo capitolo approfondisce la progettazione dell'impianto del vigneto, affrontando le scelte che maggiormente influenzano la futura espressione vegetativa e produttiva della coltura. In questa sede vengono esaminate la selezione della varietà e del portinnesto, da effettuarsi in relazione alle caratteristiche pedologiche, al regime idrico, alla vigoria attesa e agli obiettivi produttivi ed enologici dell'azienda. Vengono inoltre analizzati il sesto d'impianto e l'orientamento dei filari, fattori che incidono sull'intercettazione della radiazione, sul microclima della chioma e sulla possibilità di meccanizzazione delle operazioni colturali . Lo studio prosegue con l'esame delle strutture di sostegno e del layout dell'impianto, nonché delle tecniche di tracciamento e georeferenziazione, sempre più rilevanti per garantire precisione esecutiva, regolarità dell'assetto aziendale ed efficienza operativa nelle fasi di messa a dimora e gestione .

Il terzo capitolo è dedicato alla fase esecutiva dell'impianto e alle attrezzature impiegate. In esso vengono trattate la preparazione finale del campo e le modalità di impianto delle barbatelle, con particolare attenzione alle condizioni del letto di trapianto, al corretto posizionamento dell'apparato radicale e alla necessità di favorire un rapido e uniforme attecchimento. In questo contesto si inserisce l'analisi delle principali macchine utilizzate per l'impianto, tra cui la trapiantatrice e la piantapali "Wagner", considerate nei rispettivi aspetti tecnici e funzionali in rapporto alle esigenze operative del cantiere viticolo. Il capitolo si conclude con l'esame dei controlli post-impianto e delle cure iniziali, finalizzati a verificare la riuscita dell'attecchimento, l'allineamento delle piante, la stabilità delle strutture e l'adequazione delle prime pratiche di gestione .

Nel complesso, l'elaborato intende dimostrare come la riuscita di un impianto viticolo dipenda da un insieme coordinato di decisioni preliminari, tecniche e operative, che trovano nella conoscenza del suolo e nella corretta progettazione il proprio presupposto essenziale. La costruzione di un vigneto efficiente non è infatti il risultato di una singola scelta, ma l'esito di una pianificazione integrata nella quale ogni fase (dall'analisi pedologica alla disposizione dei filari, dalla sistemazione idraulica all'impiego delle attrezzature) contribuisce alla

definizione della funzionalità agronomica del sistema. In tale prospettiva, la tesi si propone di offrire inoltre una visione delle principali problematiche connesse alla realizzazione del vigneto, evidenziando il ruolo decisivo che l'impostazione iniziale riveste per la produttività, la qualità e la longevità dell'impianto nel tempo.

Capitolo 1: Inquadramento dell'area e preparazione del terreno

1.1 Contesto pedoclimatico della pianura padovana

La pianura padovana si inserisce nel sistema della Pianura Padana centro-orientale, in un contesto ambientale fortemente condizionato dall'origine alluvionale dei depositi, dall'azione dei principali corsi d'acqua storici e dalla progressiva trasformazione antropica del territorio. Dal punto di vista climatico, l'area è riconducibile a un regime temperato subcontinentale, caratterizzato da estati calde e umide, inverni freddi e frequenti episodi di inversione termica e nebbia. La distribuzione delle precipitazioni, pur mantenendosi mediamente nel corso dell'anno, presenta spesso massimi stagionali in primavera e in autunno, con una crescente irregolarità associata alla variabilità climatica recente.

Il quadro pedologico della pianura padovana riflette la dinamica deposizionale dei sedimenti fluviali trasportati soprattutto dai bacini del Brenta e del Bacchiglione. Le conseguenze sono: una notevole eterogeneità dei suoli, che possono variare da tessiture più grossolane nelle porzioni di alta pianura a tessiture più fini e ricche in limo e argilla nelle aree di bassa pianura. Tale diversità incide in modo diretto sulla capacità di ritenzione idrica, sulla permeabilità, sull'aerazione del suolo e sulla sua attitudine agronomica. In particolare, i terreni più sciolti presentano una maggiore infiltrabilità ma una minore capacità di trattenere acqua e nutrienti, mentre quelli più fini risultano più soggetti a ristagno idrico e a problemi di compattazione, soprattutto in presenza di lavorazioni non adeguate.

La pianura padovana va quindi interpretata come un ambiente pedoclimatico complesso e non omogeneo, nel quale l'interazione tra clima, geomorfologia, idrografia e uso del suolo determina differenze significative nella risposta agronomica dei terreni. Questa condizione rende indispensabile un'analisi territoriale accurata prima di ogni intervento di pianificazione culturale o infrastrutturale. (4)

Le condizioni ideali e tecnicamente perfette che deve avere un suolo per poter ospitare un vitigno sono:

Suoli che presentano una tessitura equilibrata tra sabbia (30-50%), limo (20-30%) e argilla (20-25%), che garantisce un ottimo drenaggio evitando ristagni idrici dannosi per le radici della vite. La pendenza leggera (3-8%) favorisce il deflusso delle acque, mentre una profondità utile superiore ai 80-100 cm consente lo sviluppo radicale senza ostacoli. Terreni troppo argillosi (>30% argilla) o limosi diventano compatti e impermeabili, mentre quelli eccessivamente sabbiosi (<30% sabbia) risultano troppo poveri di nutrienti.

Dal punto di vista chimico, la vite predilige suoli con pH tra 6,5 e 7,5, sostanza organica limitata (1-2%) e buona presenza di calcare. I suoli calcareo-marnosi producono vini strutturati con aromi intensi; quelli calcareo-arenacei danno vini freschi ed equilibrati; i terreni argillosi mediamente drenati sono ideali per uve a bacca nera. Suoli troppo fertili o azotati favoriscono una vigoria vegetativa eccessiva a scapito della qualità delle uve. (5)

I terreni presi in esame sono collocati ai piedi del Parco Nazionale dei Colli Euganei più precisamente nella bassa padovana e presentano le seguenti caratteristiche: sono

prevalentemente di origine vulcanica (basalti, rioliti, trachiti) con apporti marnosi e calcarei, mediamente drenati e profondi. Presentano tessitura franco-argillosa o franca, con pH neutro (6,6-7,3), ideali per la viticoltura. (6)

Ai piedi dei Colli Euganei prevalgono suoli vulcanici alterati, derivanti da rocce effusive come basalti e trachiti, con zone di transizione verso suoli alluvionali della pianura. Le aree pedemontane mostrano un mix di suoli franco-limosi (media tessitura) e franco-argillosi (modello fine), spesso ricchi di scheletro (20-50%) e microelementi minerali. Nelle zone più basse si integrano sedimenti marnosi e calcarei da erosione collinare. (7)

Parametro	Caratteristiche tipiche	Vantaggi
Tessitura	Franco-argillosa (argilla 20-30%, limo 25-35%, sabbia 35-45%); franco-limosa nelle zone più alte	Buona struttura, drenaggio medio-buono
pH	Neutro (6,6-7,3); alcalino (fino a 8,0) in suoli calcarei	Ottimale per vite, evita clorosi ferrica
Profondità utile	80-130 cm o più	Favorisce radici profonde
Drenaggio	Buono a mediocre; riserva idrica bassa-moderata	Previene ristagni, stress idrico controllato
Sostanza organica	Bassa (1-2%); saturazione basi alta (>75%)	Vigoria moderata, qualità uve elevata
Scheletro	Comune-abbondante (20-50%)	Migliora aerazione e drenaggio

Tabella 1: Tabella comparativa tra i parametri fisici del terreno con relative caratteristiche e vantaggi riscontrati

La vite non ha bisogno di suoli particolarmente ricchi, ma più poveri. Nel mondo esistono migliaia varietà di vino, prodotte in zone vinicole molto diverse tra loro, localizzate a diverse

latitudini e altitudini: il terreno ideale per il vigneto non è universale, ma varia in base alla vite e alla tipologia di vino che si desidera produrre. Per scegliere il suolo più idoneo è essenziale conoscere il drenaggio, la tessitura e la composizione chimica del terreno.

Tipo di suolo	Vitigni ideali	Caratteristiche del vino
Calcareo-marnoso	Chardonnay, Pinot Nero	Struttura, profumi intensi, lunga longevità
Calcareo-arenaceo	Sauvignon, Vermentino, Pinot Grigio	Freschezza, acidità equilibrata, note agrumate
Argilloso drenato	Cabernet, Merlot	Colore intenso, ricchezza alcolica
Sabbioso con scheletro	Sangiovese, Moscato	Leggerezza, buona acidità, aromi floreali
Vulcanico	Aglianico	Mineralità, complessità aromatica
Franco-sabbioso	Glera	Finezza, perlage elegante, note fruttate

Tabella 2: Tabella di compatibilità tra i tipo di suolo e vitigni ideali con caratteristiche acquisite dal vino

1.2 Analisi del terreno e rilievi preliminari

L'analisi del terreno costituisce una fase preliminare essenziale per la conoscenza delle caratteristiche fisiche, chimiche e morfologiche del suolo. Essa consente di valutare la fertilità naturale del terreno e di individuare eventuali limitazioni alla produzione agricola, quali scarsa profondità utile, eccessiva densità apparente, ristagno idrico, salinità, o squilibri nutrizionali. In ambito agronomico, una corretta caratterizzazione del suolo rappresenta il presupposto per definire pratiche colturali e interventi di miglioramento coerenti con le reali condizioni del sito.

Tra i parametri più significativi rientrano la tessitura, il pH, la sostanza organica, la capacità di scambio cationico, la presenza di carbonati, la conducibilità elettrica e il contenuto dei principali elementi nutritivi. La tessitura, in particolare, è uno degli indicatori più rilevanti, poiché influenza direttamente la dinamica dell'acqua nel profilo pedologico, la disponibilità dei nutrienti e la lavorabilità del terreno. Nei suoli della pianura padovana, la variabilità tessiturale impone spesso un'analisi a scala aziendale o addirittura sub-aziendale, poiché anche entro superfici relativamente ristrette possono manifestarsi differenze sostanziali di comportamento agronomico.

Accanto alle analisi di laboratorio, assumono grande importanza i rilievi preliminari in campo e topografici. Questo tipo di rilievi permettono di osservare direttamente la morfologia del terreno, la presenza di dislivelli, la direzione del deflusso superficiale, l'eventuale formazione di depressioni stagnanti e i segni di erosione o compattazione. In un'area pianeggiante come quella padovana, anche piccole variazioni altimetriche possono condizionare in modo significativo la distribuzione dell'acqua e l'efficienza delle opere di scolo. Per questo motivo, i rilievi topografici costituiscono un passaggio indispensabile nella progettazione agraria, poiché consentono di impostare correttamente le sistemazioni idrauliche e di prevenire criticità future.

1.3 Sistemazione idraulico-agraria del suolo

La sistemazione idraulico-agraria del suolo comprende l'insieme degli interventi tecnici finalizzati a regolare il movimento delle acque superficiali e sotterranee, migliorando le condizioni di drenaggio, l'aerazione del suolo e la sua idoneità all'esercizio agricolo. In contesti di pianura, dove la pendenza naturale è ridotta e il rischio di ristagno idrico è elevato, tali interventi assumono un ruolo strategico sia per la produttività delle colture sia per la conservazione della fertilità fisica del suolo.

Nel caso della pianura padovana, la sistemazione idraulico-agraria deve confrontarsi con suoli spesso eterogenei, con falda talvolta superficiale e con una rete idrografica storicamente modificata dall'uomo. Le principali opere di sistemazione comprendono livellamenti, scoline, fossi di guardia, drenaggi sotterranei, baulature e canalette di sgrondo. Ciascuna di queste soluzioni risponde all'esigenza di contenere l'eccesso idrico nei periodi piovosi e, al contempo, di evitare un'eccessiva perdita di acqua utile nei periodi siccitosi. Il principio di fondo è quello di ottenere un equilibrio tra smaltimento delle acque in eccesso e conservazione della riserva idrica nel profilo pedologico.

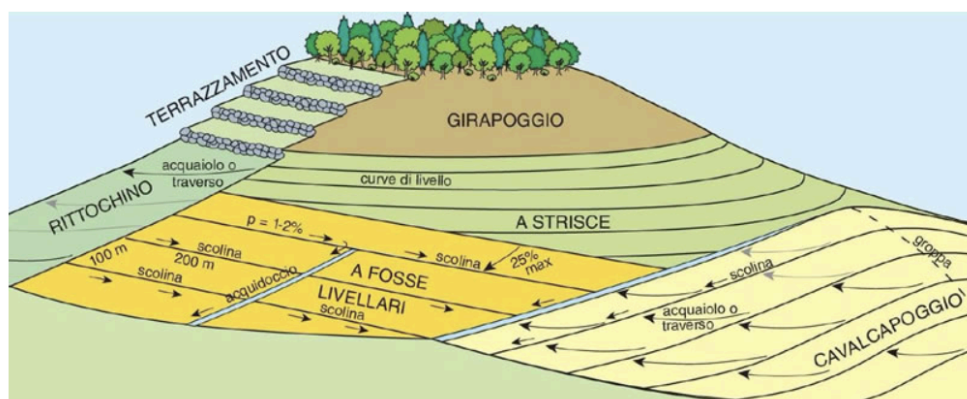


Foto 1: Modello delle varie sistemazioni idraulico-agrarie (terrazzamento, ritocchino, girapoggio, a fosse, cavalcapoggio)

Dal punto di vista agronomico, una corretta sistemazione del suolo favorisce la penetrazione radicale, migliora l'ossigenazione degli orizzonti superficiali e riduce il rischio di asfissia radicale, che rappresenta una delle principali cause di riduzione della produttività nelle aree pianeggianti mal drenate. Inoltre, un terreno adeguatamente sistemato consente una più agevole meccanizzazione delle operazioni colturali e una maggiore regolarità delle lavorazioni. In prospettiva, le sistemazioni idraulico-agrarie possono essere lette anche come strumenti di adattamento ai cambiamenti climatici, poiché contribuiscono a rendere il sistema agricolo più resiliente rispetto alla maggiore frequenza di eventi meteorici intensi e a periodi di siccità prolungata.

La tradizione delle sistemazioni idraulico-agrarie nella pianura veneta mostra come l'intervento dell'uomo sul paesaggio agrario sia stato storicamente orientato alla gestione dell'acqua come risorsa e come fattore di rischio. In questo senso, le opere di sistemazione non rappresentano soltanto un supporto tecnico alla produzione, ma anche un elemento di equilibrio territoriale, capace di incidere sulla stabilità idrogeologica e sulla sostenibilità complessiva dell'uso agricolo del suolo.

1.4 Preparazione del terreno e mappatura preliminare del vigneto

La preparazione dei terreni e gli strumenti che si usano per farlo variano in funzione di locazione, altitudine, condizioni pedoclimatiche e interessi del proprietario.

In pianura sarà necessario eseguire un buon livellamento superficiale per eliminare eventuali depressioni nelle quali, particolarmente sui suoli argillosi, ristagnerebbe facilmente l'acqua. In caso di spostamento di quote di terreno al di sotto dello strato arabile, è necessario accantonare momentaneamente il primo strato, più fertile per poi ridistribuirlo omogeneamente a fine lavori. Questo tipo di operazioni prende il nome di scotico e riporto. Per la bassa e media collina l'approccio è molto simile a quello dei terreni pianeggianti sebbene ci si concentri prevalentemente per favorire il passaggio delle macchine e allo stesso tempo per contenere i rischi di erosione superficiale. Per questo motivo è possibile limitarsi a semplici ritocchi superficiali per gli appezzamenti poco pendenti (4-5%), oppure optare per appezzamenti disposti lungo le linee di massima pendenza chiamata sistemazione a "ritocchino" o in alternativa a ciglioni (piani orizzontali separati da scarpate inerbite), con terrazzamenti più o meno ampi in rapporto alla pendenza.

In montagna: con pendenze normalmente elevate (anche superiori al 60%), la sistemazione ottimale del terreno assume un ruolo vitale. Le soluzioni a disposizione sono essenzialmente le stesse del caso precedente (ritocchino e terrazzamenti), anche se naturalmente variano le dimensioni: si può arrivare a corte sistemazioni a ritocchino, intervallate da terrazzamenti con la presenza di strade per le operazioni.

Per quanto riguarda il drenaggio le tecniche utilizzabili spaziano dai tradizionali canalicoli riempiti con pietre e altro materiale grossolano che si contrappongono a specifici tubi forati in PVC rivestiti in materiale geotessile (fibra di cocco), molto resistenti e funzionali, i quali

possono essere messi a dimora, alla giusta profondità, con apposite macchine e sempre protetti da uno strato di ghiaia coperta da tessuto idoneo.

Un buon drenaggio dell'appezzamento è fondamentale per garantire il giusto apporto di acqua alle colture: un ristagno eccessivo, specialmente in terreni argillosi, può provocare l'insorgenza di malattie fungine dell'apparato radicale; ad esse seguirebbe la perdita di produzione o addirittura la morte della coltura.



Foto 2-3: Nella prima immagine viene mostrato il macchinario che esegue la messa a dimora dei tubi di drenaggio, nella seconda si può notare il risultato ottenuto.

Prima di effettuare una qualsiasi concimazione di fondo, è necessario effettuare un'analisi del terreno che evidenzi con precisione i valori della tessitura, del calcare totale e attivo, della sostanza organica e dei principali elementi nutritivi, in particolare potassio, fosforo e magnesio, in forma scambiabile o assimilabile. Dopo di che si corregge il tenore in humus utilizzando letame o altre fonti di sostanza organica (pollina, compost, paglie, sovescio, ecc.) e si sopperisce ad eventuali carenze minerali (potassio, fosforo, magnesio, zolfo e calcio).

Una volta corretto e arricchito il terreno con le sostanze necessarie si procede con le fasi di aratura e ripuntatura: in passato, quando con l'aratura si raggiungevano gli 80-100 cm di profondità, si parlava di scasso totale del terreno. Oggi le ricerche agronomiche hanno dimostrato non solo l'inutilità di rimescolare i vari strati di terreno, ma addirittura il peggioramento dello stesso suolo causato dal riporto in superficie di strati profondi quasi sterili o inerti.

Anche grazie alla disponibilità di materiale vivaistico più selezionato, si è evidenziato il bisogno di effettuare arature di pre-impianto più superficiali, alla profondità media di 40-60 cm, rispettivamente per terreni leggeri o sabbiosi e terreni pesanti o argillosi; per questi ultimi può essere anche utile una preventiva ripuntatura a 80-90 cm di profondità, per favorire lo sgrondo delle acque. Di norma, sarebbe bene intervenire a fine inverno per consentire l'azione del gelo sulla disgregazione delle zolle.

Importante, comunque, evitare l'uso delle fresatrici tradizionali, le quali peggiorano la struttura del terreno in profondità, ostacolando lo sviluppo delle future radici, e preferire estirpatori o coltivatori ed erpici, in particolare gli erpici rotanti, poco prima del trapianto delle barbatelle perché sono in grado di preparare in maniera molto più fine il terreno, rompendo e sminuzzando lo strato più superficiale di terreno dove attecchiranno le prime radici delle viti e livellando le eventuali piccole imperfezioni del terreno.

Le prime operazioni, quali lo scasso totale, la ripuntatura e l'aratura, nei terreni pesanti è preferibile effettuarle in agosto-settembre, mentre in suoli leggeri di pianura si può intervenire anche successivamente. Le operazioni di rifinitura vanno effettuate poco prima della messa a dimora per consentire un agevole impianto meccanico con trapiantatrici, oppure con forchetta.

Nell'eventualità in cui si voglia eseguire il reimpianto su terreno precedentemente coltivato a vigneto, è sempre preferibile effettuare una rotazione colturale da 1 a 3 anni prima di procedere con la messa a dimora delle nuove barbatelle. In presenza di nematodi vettori di virus, accertata attraverso analisi nematologica, è necessario, dove consentito, procedere con la disinfestazione chimica oppure con coltivazione di piante nematocide (ad esempio il rafano), in caso contrario la rotazione deve prolungarsi per almeno 6 anni.

Analogamente, è sconsigliato effettuare profonde operazioni di scasso, soprattutto in presenza di terreni poco profondi, al fine di non far affiorare gli strati inerti e contemporaneamente perdere gli strati fertili superficiali. In alternativa allo scasso si consiglia una lavorazione a doppio strato, con ripuntatura a 80-100 cm, molto utile in presenza di terreni pesanti e compatti, e successiva aratura superficiale a 40 cm. In presenza di elevato scheletro si può procedere alla frantumazione con apposite attrezzature oppure all'asportazione degli inerti di grosse dimensioni. (8-9)

La mappatura del vigneto rappresenta una fase preliminare fondamentale nella progettazione di un nuovo impianto, poiché consente di conoscere in modo approfondito l'appezzamento e di interpretarne la variabilità spaziale. In viticoltura, infatti, il suolo non può essere considerato un sistema omogeneo, come affrontato precedentemente e questa variabilità condiziona direttamente l'attecchimento delle barbatelle, lo sviluppo dell'apparato radicale e, nel tempo, la vigoria e la produttività del vigneto.

Nel contesto della pianura padana e, più nello specifico, dei terreni del Padovano, la lettura del suolo assume un'importanza particolare perché l'elemento critico non è tanto la pendenza quanto la gestione dell'acqua e della compattazione. Terreni anche apparentemente uniformi possono presentare differenze significative nella porosità, nella presenza di strati compattati e nella capacità di smaltire l'eccesso idrico, con conseguenze rilevanti sulla funzionalità radicale. Per questo motivo la mappatura deve integrare osservazioni di campo, analisi chimico-fisiche e rilievi topografici.

Dal punto di vista operativo, la lettura della variabilità può essere svolta attraverso diversi strumenti. Le analisi del suolo forniscono informazioni su tessitura, pH, calcare, sostanza organica, azoto, fosforo, potassio e conducibilità elettrica, mentre i rilievi visivi in campo permettono di osservare colore, struttura, porosità, eventuali segni di ristagno e profondità dell'orizzonte coltivabile. A queste informazioni si possono affiancare tecniche di georeferenziazione, immagini satellitari o da drone e sistemi GIS (Sistema Informativo Geografico), che consentono di produrre mappe tematiche e zone omogenee all'interno dell'appezzamento.

La mappatura del vigneto è utile anche per distinguere aree con diverso potenziale agronomico. Zone più fertili o più profonde possono sostenere una maggiore vigoria, mentre aree più povere, superficiali o meno drenate richiedono strategie diverse di lavorazione, scelta del portinnesto e disposizione dei filari. In questo senso, la mappatura non ha solo una

funzione descrittiva, ma diventa uno strumento progettuale, perché orienta le decisioni relative all'impianto e di conseguenza anche produttività e longevità dello stesso. Un aspetto importante è il collegamento tra variabilità del suolo e viticoltura di precisione. Le mappe di vigore e le carte tematiche permettono di evidenziare differenze che non sempre emergono con una semplice osservazione visiva del campo. Grazie a queste informazioni è possibile passare da una gestione uniforme a una gestione sito-specifica, cioè calibrata sulle reali caratteristiche delle diverse porzioni del vigneto. Questo approccio è particolarmente utile nei suoli del Padovano, dove la differenza di pochi decimetri nella profondità utile o nella struttura può influenzare in modo notevole l'esito dell'impianto.



Foto 4: Esempio di mappatura degli appezzamenti, in questo caso si osservano le variazioni sullo stato di vigoria vegetativo.

In conclusione, la mappatura del vigneto costituisce il punto di partenza per una progettazione razionale del nuovo impianto, perché consente di integrare conoscenze pedologiche, rilievi topografici e strumenti digitali in un'unica lettura territoriale. Solo conoscendo la variabilità del suolo è possibile scegliere in modo corretto le operazioni di preparazione, il sesto d'impianto e il portinnesto.

CAPITOLO 2: Progettazione dell'impianto del vigneto

La progettazione di un vigneto rappresenta una fase critica dell'attività vitivinicola, poiché le decisioni tecniche prese in questa sede condizionano la produttività, la longevità e la sostenibilità economica dell'impianto per i decenni successivi. Un approccio rigoroso, come abbiamo visto, richiede l'analisi integrata delle caratteristiche pedoclimatiche del sito, della varietà e delle tecnologie disponibili.

La selezione del genotipo da impiantare costituisce la decisione agronomica più vincolante dell'intera vita del vigneto, essendo un elemento, a differenza delle strutture aeree, tecnicamente insostituibile. Tale scelta deriva da un processo di analisi integrata che metta in relazione le esigenze pedoclimatiche specifiche del sito con gli obiettivi enologici prefissati, in un contesto di crescente resilienza richiesta dai cambiamenti climatici.

2.1: Il ruolo determinante del portinnesto

Il portinnesto non agisce solo esclusivamente come sistema di ancoraggio e assorbimento ma modula attivamente la fisiologia della varietà innestata, influenzando il vigore vegetativo, la fenologia (epoca di germogliamento e maturazione) e il profilo qualitativo dell'uva. Un parametro cruciale è la resistenza al calcare attivo, che condiziona la capacità della pianta di evitare la clorosi ferrica, un'alterazione fisiologica che limita la fotosintesi e, di conseguenza, la produzione di zuccheri e precursori aromatici. La ricerca scientifica recente ha evidenziato come l'interazione tra la varietà e il portinnesto influenzi direttamente l'accumulo di composti fenolici e polifenolici (determinanti per la struttura e la longevità dei vini rossi) nonché la sintesi di metaboliti secondari, come gli esteri e i tioli, che caratterizzano l'identità aromatica dei vini bianchi. (10)

La scelta del portinnesto deve basarsi sull'analisi di diversi parametri bio-agronomici fondamentali:

- Resistenza alla fillossera e tolleranza ai nematodi, che rappresentano i pilastri della viticoltura moderna.
- Adattamento al regime idrico del suolo, privilegiando portinnesti che favoriscano uno sviluppo radicale profondo in condizioni di stress idrico o, al contrario, che presentino tolleranza all'asfissia radicale in terreni pesanti e poco drenanti.
- Affinità d'innesto con la varietà, fondamentale per evitare fenomeni di disaffinità (incompatibilità), che possono manifestarsi con una saldatura incompleta, necrosi dei tessuti vascolari o una precoce senescenza della pianta.

La progettazione deve mirare a una "combinazione d'innesto" che minimizzi l'incertezza operativa e massimizzi l'espressione del *terroir*, trasformando il suolo, anche se difficile, in un vettore di qualità enologica attraverso una gestione consapevole della risorsa idrica e minerale. (13)

PORTAINNESTI	ORIGINE GENETICA	RESISTENZA CALC. ATT.	VIGORIA	ADATTABILITA' AI TERRENI					SISTEMA RADICALE	RESISTENZA CARENZA	
				SICCITOSI	UMIDI	COMPATTI	ACIDI	SALINI		Potassio	Magnesio
Kober 58B	Berlandieri x Riparia	20%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	semi profondo	Medio	Medio
125 AA	Berlandieri x Riparia	20%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	semi superficiale	Medio	Medio
504	Berlandieri x Riparia	17%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	semi superficiale	Medio	Medio
420 A	Berlandieri x Riparia	20%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	semi profondo	Medio	Medio
Teleki 5C	Berlandieri x Riparia	15%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	semi superficiale	Medio	Medio
157,11 Couderc	Berlandieri x Riparia	22%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	semi profondo	Medio	Medio
34 E.M	Berlandieri x Riparia	20%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	semi superficiale	Medio	Medio
1103 Paulsen	Berlandieri x Riparia	17%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	profondo	Medio	Medio
779 Paulsen	Berlandieri x Rupestris	20%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	profondo	Medio	Medio
775 Paulsen	Berlandieri x Rupestris	17%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	profondo	Medio	Medio
140 Ruggeri	Berlandieri x Rupestris	40%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	profondo	Medio	Medio
110 Richter	Berlandieri x Rupestris	17%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	profondo	Medio	Medio
41 B	Chasselas x Berlandieri	40%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	profondo	Medio	Medio
3309 Couderc	Riparia x Rupestris	11%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	superficiale	Medio	Medio
161.49 Couderc	Riparia x Berlandieri	25%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	semi profondo	Medio	Medio
101.14	Riparia x Rupestris	9%	Medio Alta	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	superficiale	Medio	Medio

Leggenda ■ Elevata ■ Medio Alta ■ Medio ■ Medio bassa ■ Scarso

Foto 5: Tabella comparativa per la scelta del portainnesto in base al tipo di terreno e le suscettibilità alle carenze

2.2 Sesto d'impianto e orientamento dei filari

La definizione del sesto d'impianto e dell'orientamento spaziale dei filari rappresenta un cardine della progettazione viticola, poiché condiziona permanentemente la dinamica delle risorse tra le piante, il microclima della chioma e l'efficienza dei cantieri di lavoro. Una scelta ideale deve mediare tra l'obiettivo qualitativo enologico e la necessità di sostenibilità economica tramite la meccanizzazione.

Il sesto d'impianto determina la densità colturale (numero di ceppi per ettaro), un parametro che influenza l'espressione vegeto-produttiva della vite attraverso la competizione radicale e l'intercettazione luminosa. Alcuni esempi tipici includono:

- Sesti intensivi (es. 2,0–2,2 m x 0,7–0,8 m): Caratterizzati da densità elevate (fino a 6.000–7.500 ceppi/ha), sono adottati per ridurre il vigore individuale di ogni pianta, favorire una competizione controllata che limita l'eccesso di crescita fogliare e promuovere la qualità delle uve, spesso in contesti di viticoltura di pregio dove si punta a rese contenute per ceppo.
- Sesti tradizionali/meccanizzati (es. 2,5–3,0 m x 1,0–1,2 m): Con densità medie (circa 3.000–4.000 ceppi/ha), questo layout è progettato per ottimizzare il passaggio delle macchine agricole standard, garantendo un equilibrio tra costi di impianto/gestione e potenziale produttivo.
- Sesti a largo interfilar (es. >3,0 m x 1,2–1,5 m): Utilizzati in ambienti dove è necessaria una gestione meccanizzata intensiva o in zone con limitata disponibilità idrica, per ridurre la competizione radicale tra le file e consentire una riserva di volume di suolo esplorabile per ogni singola vite. (12)

L'orientamento dei filari influenza in modo determinante la distribuzione della radiazione solare sulla parete fogliare, condizionando il microclima dei grappoli e le fasi fenologiche.

- Orientamento Nord-Sud: È considerato lo standard per la viticoltura italiana poiché garantisce un'illuminazione bilanciata sulle due facciate del filare durante l'arco della giornata; la luce solare colpisce i lati est al mattino e ovest al pomeriggio, minimizzando il rischio di esposizione eccessiva e favorendo una maturazione fenolica omogenea.
- Orientamento Est-Ovest: Questa disposizione espone una facciata (quella verso sud) a un'intensità radiativa maggiore, specialmente nelle ore centrali, il che può risultare vantaggioso in climi freschi per stimolare la maturazione ma rischioso in ambienti caldi dove può indurre stress termico o *sunburn* (scottature) sugli acini. (11)

La scelta finale deve quindi integrare l'analisi del vigore del vitigno scelto (ad esempio, varietà vigorose richiedono distanze maggiori) con le caratteristiche del sito, cercando il punto di equilibrio in cui la pianta possa esprimere il potenziale enologico senza subire eccessivi stress, mantenendo al contempo costi di gestione compatibili con il modello aziendale.

2.3 Strutture di sostegno e layout dell'impianto

La struttura di sostegno di un vigneto rappresenta l'infrastruttura fondamentale che permette di governare la forma di allevamento e di garantire l'efficienza dei cantieri di lavoro. I componenti strutturali integrano requisiti di stabilità meccanica, durata nel tempo e compatibilità con le operazioni colturali automatizzate.

Un impianto moderno si basa su una combinazione di elementi tecnici volti a garantire la stabilità della chioma contro i carichi statici (peso della vegetazione e dei grappoli) e dinamici (vento, macchine agricole):

- Pali di testata e intermedi: I pali di testata, opportunamente dimensionati e infissi, fungono da fulcri del sistema, coadiuvati da pali intermedi (in legno, acciaio zincato o cemento precompresso) che mantengono l'allineamento dei filari. La distanza tra i pali intermedi, solitamente tra i 4 e i 6 metri, deve assicurare una tensione costante dei fili senza cedimenti strutturali.
- Sistemi di ancoraggio: Essenziali per assorbire le tensioni generate dalle testate, gli ancoraggi (a elica, a piastra o in cemento) devono essere calcolati in base alla tipologia di suolo e alla lunghezza dei filari, garantendo l'invariabilità della tensione dei fili negli anni.
- Layout dei fili: La configurazione dei fili metallici (portanti per il cordone o il capo a frutto, e di contenimento per la vegetazione) è definita rigorosamente dalla forma di allevamento. Ad esempio, nei sistemi a spalliera (Guyot o cordone speronato) si

predilige una struttura lineare lungo l'asse del filare, mentre nei sistemi a espansione (pergole o tendoni) la struttura si sviluppa trasversalmente o a raggiera, richiedendo layout più complessi e robusti e un impiego di materiali maggiori con relativo aumento del costo/ettaro. (14)

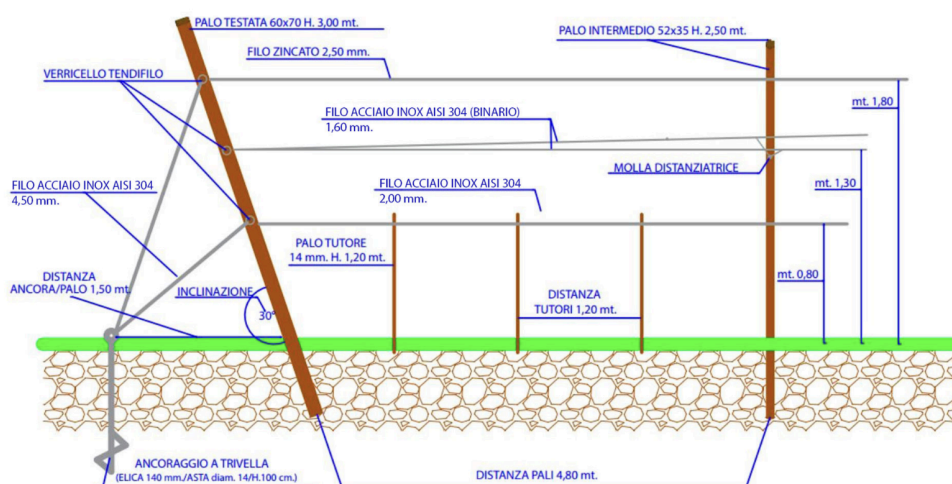


Foto 6: Schema di un impianto vigneto a spalliera (sesto 2,5m x 1,2m) e dei materiali utilizzati

Il layout dell'impianto deve massimizzare la facilità di manovra delle macchine agricole, ottimizzando il rapporto tra superficie vitata e aree di manovra. Nei vigneti a spalliera, la disposizione dei fili permette la corretta impostazione della chioma, fondamentale per la meccanizzazione della potatura verde e della vendemmia. Al contrario, forme come la pergola trentina o il tendone richiedono una progettazione del layout più estensiva, capace di sostenere una parete fogliare ampia e talvolta orizzontale, garantendo al contempo un'aerazione ottimale della chioma per limitare le pressioni patogene a discapito della meccanizzazione dell'impianto. (15)

2.4 Tecniche di tracciamento e georeferenziazione

L'adozione di tecnologie di precisione nella fase di tracciamento rappresenta un salto di qualità fondamentale per l'impostazione di un impianto moderno. La georeferenziazione dei filari non solo garantisce una geometria perfetta, necessaria per la futura meccanizzazione, ma permette di integrare il vigneto in un sistema informativo aziendale (GIS), supportando la gestione sito-specifica delle pratiche agronomiche. (16)

Le tecniche attuali si basano sull'uso di sistemi di posizionamento globale (GNSS) ad alta precisione, con correzioni in tempo reale (RTK - Real Time Kinematic) che riducono l'errore a pochi centimetri. Il processo operativo inizia con il rilievo e la georeferenziazione dove si acquisiscono le coordinate geografiche dell'appezzamento tramite rover GNSS potendo contrassegnare gli ostacoli fisici e le pendenze.



Foto 7: Mappatura di confini e ostacoli tramite palina

Ne consegue una progettazione digitale con il trasferimento del sesto d'impianto in ambiente CAD/GIS dove vengono stimate il numero ottimale di piante e filari in base alla superficie coltivabile e alla conformazione del terreno. In ultima si procede con il picchettamento, ossia il tracciamento dei punti dove verranno collocati i pali di testata e intermedi con l'utilizzo di un rover GPS nel caso in cui venga eseguito un trapianto di tipo manuale, nel caso di trapianto meccanizzato invece si utilizzano trapiantatrici e piantapali dotati di sistema di guida automatica con interfaccia per caricare il progetto direttamente in cabina. (17)

Prendiamo in analisi un esempio di tracciamento con strumentazione Leica:

La strumentazione Leica Geosystems offre soluzioni avanzate per semplificare il rilievo e il tracciamento di terreni agricoli irregolari. Un flusso di lavoro tipico utilizza tre componenti principali:

- Monitor da cabina con la quale avviene l'interfaccia uomo-macchina, con questo strumento l'operatore visualizza in tempo reale il piano di progetto (quote, linee guida, mappe di livellamento) il posizionamento esatto del veicolo e gli scostamenti

di quota (differenza tra la quota reale e la quota di progetto). Permette inoltre di eseguire piccole correzioni al progetto e di comandare il sistema idraulico/elettronico

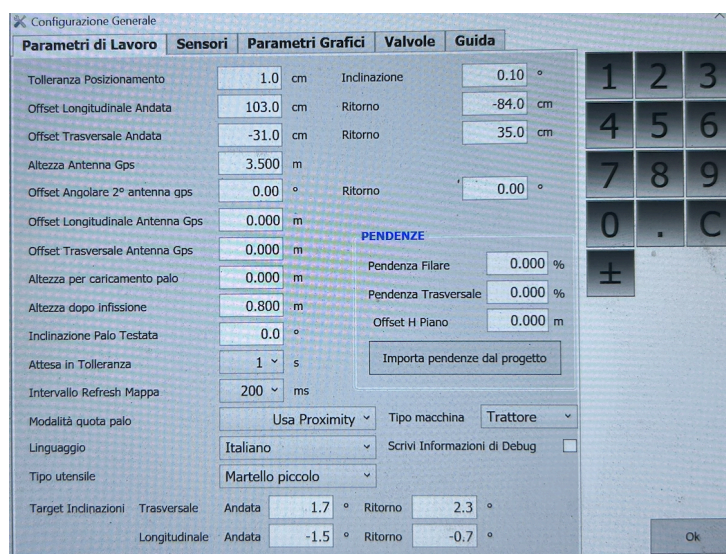


Foto 8: Esempio di quadro strumenti del monitor per la configurazione dell'attrezzo (in questo caso piantapali)

- Il ricevitore a cui arrivano i dati satellitari dall'antenna e le correzioni in tempo reale (RTK) che vengono trasmesse via radio dalla stazione di base. Il suo ruolo è quello di elaborare, istante per istante, la posizione centimetrica del veicolo e coordinare di conseguenza l'aggiustamento dell'attrezzo.
- Antenna GNSS Leica Geo/iCon con cui vengono trasmessi i segnali satellitari per il posizionamento spaziale del mezzo, tracciate le costellazioni GNSS e, tramite RTK, applicate le dovute correzioni

Queste tecnologie trasformano il cantiere d'impianto in un ambiente guidato da dati digitali, minimizzando l'errore umano e garantendo che ogni singolo elemento (palo, barbatella) sia collocato esattamente dove previsto dal progetto. (18)



Foto 9: Nella strumentazione di base Leica troviamo: il monitor della cabina (sx), il ricevitore (centro) e la base trasmettitore RTK (ds) .

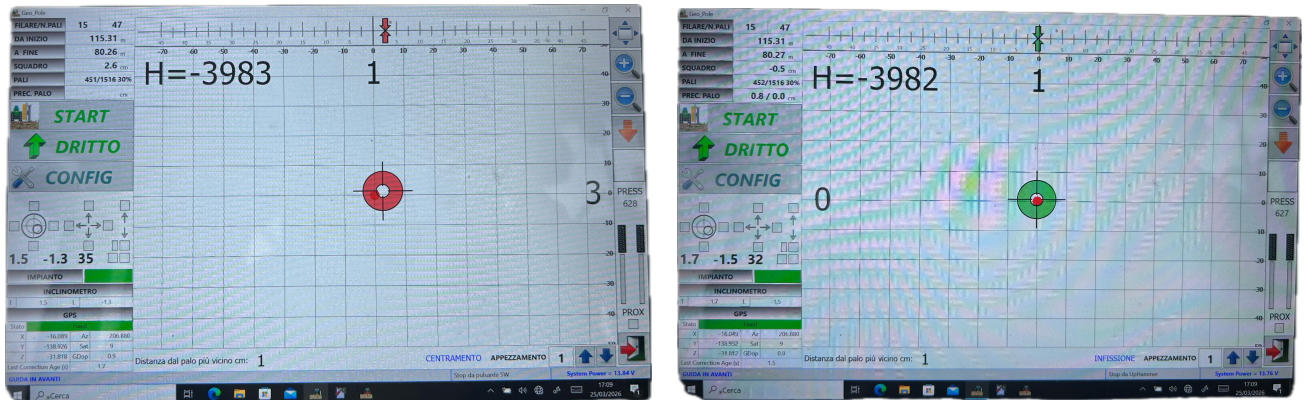


Foto 10-11: Due esempi di schermate di lavoro: nella prima deve ancora avvenire il centramento mentre nella seconda è già stato eseguito (operazione automatica)

CAPITOLO 3: Messa a dimora con attrezzature Wagner: piantapali e trapiantatrice

3.1 Preparazione finale del campo

La preparazione finale del campo rappresenta una fase determinante per la riuscita del nuovo impianto, poiché condiziona sia l'attecchimento iniziale delle barbatelle sia l'equilibrio vegeto-produttivo del vigneto nelle prime annate. Prima della messa a dimora è necessario che il terreno presenti una tessitura e una struttura idonee, con adeguato drenaggio, limitata compattazione e sufficiente continuità porosa nell'orizzonte esplorabile dalle radici; per questo motivo risultano fondamentali l'analisi chimico-fisica del suolo, l'eventuale correzione della fertilità di fondo e la verifica della vocazionalità del sito in relazione al portinnesto e alla varietà prescelti. In questa fase si completano inoltre le lavorazioni di affinamento e sistemazione del terreno, evitando interventi in condizioni di eccessiva umidità che favorirebbero il compattamento, fenomeno particolarmente penalizzante per la crescita radicale e per la successiva esplorazione del profilo pedologico. Dal punto di vista fisiologico, una buona preparazione finale consente di creare un contatto efficace tra radici e particelle terrose, migliorando la ritenzione idrica attorno alla zona di impianto e riducendo gli spazi aerati che possono disidratare l'apparato radicale nelle prime settimane dopo la messa a dimora. È inoltre opportuno che la concimazione di fondo venga programmata sulla base delle analisi del terreno, privilegiando interventi mirati e evitando apporti localizzati in buca, pratica generalmente sconsigliata perché può creare squilibri salini o stimolare uno sviluppo radicale disordinato nella fase iniziale.

3.2 Modalità di impianto delle barbatelle

La messa a dimora delle barbatelle può essere eseguita con modalità diverse, manuali o meccaniche, in funzione al tipo di impianto, alle disponibilità economiche e alle peculiarità dell'appezzamento. L'impianto manuale avviene comunemente mediante scavo di una buca o con l'uso della forchetta/ago; in tal caso è importante distribuire le radici in maniera uniforme e mantenere il punto d'innesto al di sopra del piano di campagna, in genere alcuni centimetri fuori terra, per evitare problemi di interrimento del nesto e favorire un corretto sviluppo della parte aerea. Prima della piantumazione è raccomandata la reidratazione delle barbatelle, tramite immersione dell'apparato radicale in acqua per un periodo di circa 24-48 ore, pratica utile a ristabilire il contenuto idrico dei tessuti dopo lo stoccaggio e a ridurre lo stress da trapianto (19). In alternativa, l'impianto meccanico con trapiantatrici consente una maggiore rapidità operativa ma richiede terreno ben preparato e una regolazione accurata della profondità, perché l'errato posizionamento della barbatella può compromettere l'allineamento del colletto, la verticalità della pianta e l'uniformità dell'attecchimento. In termini agronomici, il periodo più favorevole per l'impianto coincide con la fine dell'inverno e l'inizio della primavera, quando l'umidità del suolo e le temperature moderate favoriscono il germogliamento e la radicazione; gli impianti tardivi, soprattutto oltre metà maggio, risultano invece meno consigliabili perché espongono le giovani piante a stress idrici e a un minore accrescimento iniziale.

3.3 La trapiantatrice e il piantapali Wagner: tipologie, funzionamento e regolazioni

Le macchine Wagner Pflanzen-Technik GmbH (distribuite da ARVAtec), quali trapiantatrici IPS-Drive/Universal X e piantapali IPD, integrano sistemi di guida Leica GeoSystems (GeoSys, ZenoTrack RTK) per Agricoltura di Precisione 4.0, raggiungendo precisione sub-centimetrica (<2 cm RTK) consentendo di operare su anche su superfici irregolari fino al 30% di pendenza e produttività di 30.000-40.000 piante/ha. Il funzionamento delle trapiantatrici si basa su vomere oscillante idraulico, distributore rotante a 8-12 clip (distanze 60-200 cm) e compattatore a rulli differenziati, con compensazione automatica verticale/laterale via giroscopi e ultrasuoni; il piantapali IPD utilizza martello pneumo-idraulico (frequenza 1.000 colpi/min, forza 30 kN) per pali Ø50-100 mm a profondità 80-130 cm. (20)

L'interazione con il sistema Leica avviene tramite protocollo ISOBUS/AEF e piattaforma GeoSys che sono sincronizzati. Le fasi operative sono le seguenti:

- Progettazione offline: Software Leica Infinity/ZenoOffice genera mappe digitali con traiettorie filari, distanze e posizioni pali, importabili via USB/Cloud nel controller Wagner ARVA BASICplant.
- Guida RTK reale: Ricevitore Leica ZenoTrack (multi-frequenza GPS/GLONASS/Galileo, 1"/2") fornisce correzioni differenziali (base rover <20 km o NTRIP), trasmesse al VT ISOBUS per pilotaggio automatico (steer-to-line).
- Simbiosi operativa: Il piantapali IPD precede la trapiantatrice di 1-5 m (modalità tandem), con dati posizione pali scaricati in tempo reale (latenza <0,5 s); la trapiantatrice allinea le barbatelle al centro esatto (± 1 cm), correggendo deriva suolo via IMU (Inertial Measurement Unit). Questo flusso bidirezionale riduce errori geometrici del 98%, ottimizza consumi (15-20% minor sovrapposizione) e abilita la tracciabilità digitale. Tale sinergia, testata in contesti veneti (es. Prosecco D.O.C.G.), incrementa l'uniformità impiantistica (CV<3%) e riduce tempi di setup del 40% rispetto a sistemi standard. (21)

Parametro di regolazione	Trapiantatrice (IPS-Drive/Universal X)	Piantapali IPD	Integrazione Leica GeoSys
Precisione posizione	<2 cm RTK (encoder ruota + giroscopio)	<1 cm RTK (IMU 6-assi)	Rover ZenoTrack + NTRIP/VRS
Profondità	20-60 cm (± 2 cm, idraulica proporzionale)	80-130 cm (5 livelli programmabili)	Correzione automatica pendenza ($\pm 25^\circ$)
Distanza inter-elementi	0,6-2,5 m (distributore step-less)	Offset laterale ± 60 cm	Import shapefile, steer auto

Velocità operativa	2-7 km/h (adattiva)	1-4 km/h	Sincronizzazione tandem via ISOBUS
Compensazione	Verticale ± 15 cm, laterale ± 50 cm	Inclinazione palo $\pm 20^\circ$	Dati condivisi real-time
Potenza richiesta	110-200 CV (flusso olio 60 l/min)	130-220 CV (pressione 200 bar)	Consumo dati <1 MB/ha

Tabella 3: Relazione tra le configurazioni e requisiti della trapiantatrice rispetto al piantapali

La trapiantatrice Wagner è costituita da un telaio portante in acciaio ad alto-resistenza (S700MC) che assorbe le vibrazioni e compensa le oscillazioni, una larghezza ridotta 1,8-2,2m e 4 punti di ancoraggio al trattore. Altro elemento indispensabile per la trapiantatrice è il sistema di guida satellitare (GPS RTK ISOBUS) in grado di interfacciarsi con la guida autonoma del trattore composta da una centralina ARVA BASICplant/VT, un ricevitore Leica Zeno Track e una antenna rover. Nella parte bassa dell'attrezzo troviamo il vomere oscillante che apre il solco nel terreno per la messa a dimora delle barbatelle regolabile in profondità (20-40cm, err. ± 2 cm) e subito dietro troviamo 2-4 rulli o ruote differenziate in gomma o metallo che chiudono il solco e stabilizzano la barbatella. Opzionale la presenza di una lama vibrante situata anteriormente al vomere che crea un taglio nel terreno per la distribuzione di fertilizzante localizzato (profondità 10-20cm).

Al di sopra del vomere troviamo il distributore rotante delle piante composto da un disco a 8-12 clip (diam. 400mm) con il sistema di apertura/chiusura che può essere pneumatico, idraulico o meccanico che preleva la barbatella con una pressione idraulica di 1,2-1,8 g/cm³. Questo disco può essere tarato per rilasciare in modo costante 1 pianta ogni 0,6-2,5m sincronizzato via encoder con la ruota.

Un sistema di compensatori di pendenza composto da cilindri idraulici anteriori e posteriori (corsa ± 15 cm) e sensori giroscopici con auto-regolazione verticale/laterale di ± 50 cm permettono una ottima adattabilità all'appezzamento anche se sconsesso mentre una centralina elettronica connessa con software ARVAplant monitora gli RPM del distributore tramite un contapiante (>99% accuratezza). In alcune versioni di questa trapiantatrice si possono trovare dei serbatoi (200-500 l) con dosatori per l'utilizzo di acqua o gel idratanti e un sistema ulteriore per il piantaggio del tutore di sostegno della barbatella.

3.4 Funzionamento su campo: ciclo operativo

Il lavoro su campo segue un ciclo automatizzato, sincronizzato GPS per sesti irregolari/curvi, articolato nelle seguenti fasi:

1. Setup pre-impianto: Importa la mappa con i filari e le distanze in ARVAplant, successivamente calibra l'antenna RTK (<5 min) e compie una verifica "a vuoto" delle clip del distributore.
2. Avanzamento e posizione: il GPS guida il trattore su traiettoria ABCD, in contemporanea i sensori rilevano punto esatto (± 2 cm) visibile dal monitor a bordo.
3. Apertura solco: il vomere penetra con l'avanzamento e crea una cavità di 30-50 cm mentre i compensatori si adattano al rilievo del terreno.
4. Distribuzione pianta: il sensore della posizione attiva delle clip (0,1 s), rilascia la barbatella con le radici aperte all'interno del solco appena formato. Opzionale l'uso di acqua in questa fase (50-100 ml/pianta).
5. Chiusura e compattazione: I rulli infine sigillano il solco.

Questa operazione viene fatta in ciclo continuo ovvero il software ripete l'operazione in continuità e autonomia bloccando la macchina se la deviazione >5 cm o se vengono visualizzati errori (es. clip vuota) garantendo un'efficienza operativa superiore al 95%, un CV (coefficiente di variazione) <3% e tracciabilità digitale, riducendo manodopera del 90% su 10-50 ha.

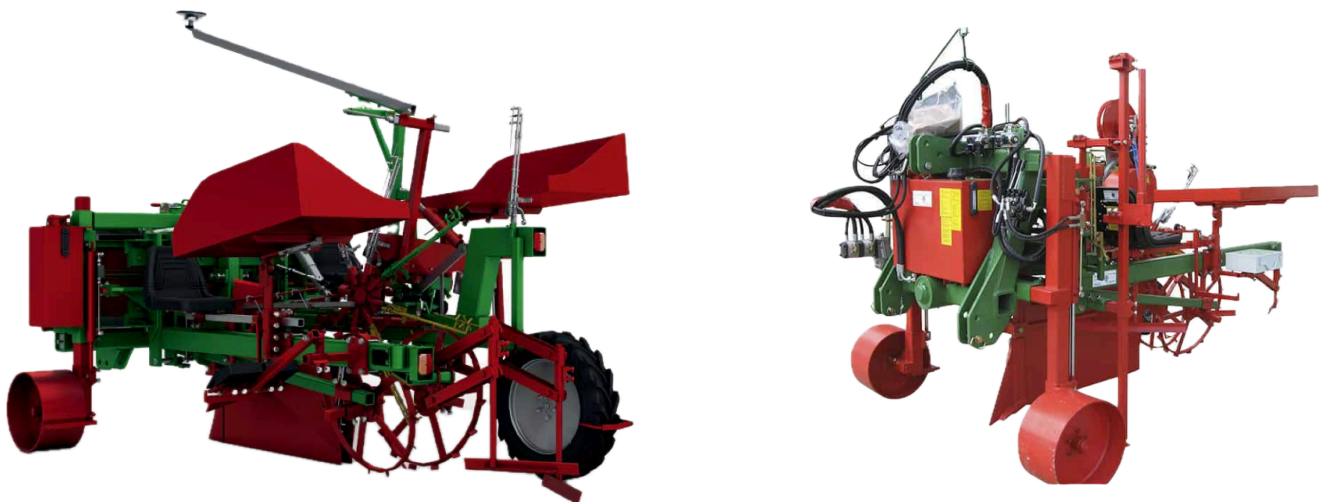


Foto 12-13: Foto esplicative di una trapiantatrice Wagner vista posteriormente e anteriormente

Un'innovazione specifica per l'impianto sostenibile è il sistema di distribuzione micorrize (kit optional "Bio-Injector"), che integra inoculi fungini durante la posa per potenziare l'attecchimento e la resilienza.

Le micorrize sono simbiosi mutualistiche tra ifomiceti glomeromicotici (es. *Glomus intraradices*, *Rhizophagus irregularis*; 800-1.500 propaguli/g) e peli radicali assorbenti della vite. Esse permettono di estendere la superficie di assorbimento fino a 20-100 volte. In viticoltura, servono a migliorare l'apporto di nutrienti con un incremento del +60-80% di fosforo biodisponibile e del +30-50% di contenuto di N, Zn, e Cu e aumentare la tolleranza allo stress con un incremento della resistenza alla siccità del 40% grazie ad una maggiore ritenzione idrica che comporta inoltre anche una migliore sopportazione alle alte temperature.

Forniscono inoltre protezione alla pianta ospite entrando in competizione con altri patogeni radicali (*Phytophthora*, *Fusarium*) riducendo l'incidenza di malattie del 30-40% e stimolando la SAR (Systemical Acquired Resistance) ovvero la resistenza sistemica acquisita.

I benefici produttivi che comportano le micorrizze sono: +15-25% biomassa radicale nel primo anno, +10-20% resa nel terzo anno e una migliore qualità dell'uva con +0,5-1° Brix. Per una corretta applicazione al trapianto è ottimale un dosaggio di 5-10 g/pianta (=1.000-2.000 propaguli).

Il kit Bio-Injector è un modulo posizionato all'interno del vomere e serve per la distribuzione delle micorrizze durante la fase di trapianto: il sistema sincronizzato GPS/ISOBUS è costituito da un serbatoio da 50-100 l con dosatore volumetrico a vite senza fine (precisione +- 5%) e ugello dosatore dentro il vomere per la distribuzione localizzata sulla barbatella. Anch'esso è in grado di funzionare tramite software ARVAplant con la quale attiva il dosaggio simultaneo con il rilascio della barbatelle (sensore clip → rilascio 0,1-0,3s).

La fase post-impianto rappresenta un periodo critico per il successo del vigneto, dove il tasso di attecchimento (tipicamente 90-97% in condizioni ottimali) dipende dalla gestione integrata di stress abiotici (idrico, termico, nutrizionale) e biotici (patogeni, competitori) nei primi 90-120 giorni, fase in cui le barbatelle sviluppano il 60-70% del potenziale radicale definitivo (22). Il protocollo di verifica prevede diverse procedure, le quali dipendono dallo stato di sviluppo delle viti:

Nelle prime due settimane (fase rizogenesi primaria) si effettuano controlli visivi giornalieri su 5-10% piante casuali verificano turgore fogliare (indice SLA >150 cm²/g), presenza di radichette bianche e integrità del colletto. Si effettua un'irrigazione controllata con 20-30 mm a settimana via microgoccia (razione 2-3 L/pianta/settimana). E' consigliato l'uso di biostimolanti (alginate 0,5-1 L/ha) al 7°-10° giorno per stimolare la callogenesi radicale (+35% accrescimento RLFD) (23).

Tra la terza e la sesta settimana (fase emissione germogli): è buona prassi effettuare un monitoraggio fitopatologico più intensivo per individuare eventuali patogeni con trappole cromotropiche e campionamenti weekly (100 piante/parcella). Si procede con una spollonatura selettiva e con la legatura germogli principali (filo Ø2 mm a 25-35 cm), In caso di allevamento trattato con metodo convenzionale posso procedere con erbicida totale

localizzato (glifosato 1,5-2 L/ha in striscia 30 cm) e concimazione fogliare NPK 10-30-20 (2-3 kg/ha, 2 applicazioni 15 gg).

Nel medio-lungo periodo corrispondente ai primi 2-3 mesi (fase stabilizzazione): si effettua una valutazione sull'uniformità del campo (CV altezza germoglio <20%, take rate >93%) e una sarchiatura leggera interfila (15-20 cm profondità) e copertura verde spontanea (cover crop <30% superficie). E' obbligatorio eseguire un controllo virologico. (24)

Dopo il primo anno si verifica l'ancoraggio e la stabilità del impianto, si procede con una potatura verde mantenendo 2-3 gemme/ceppo mentre dal secondo in poi procederò con una potatura di produzione con 6-8 gemme/ceppo e interventi fitoiatrici puntuali con rimozioni ceppi malati se potenzialmente infetti per il resto della popolazione oltre che intervenire con tutte le operazioni che tutelino e salvaguardino l'impianto durante tutta la sua vita produttiva.

CONCLUSIONI

La presente tesi ha voluto affrontare in modo sistematico e approfondito il processo di realizzazione di un vigneto nella pianura padovana, analizzando tutte le fasi operative, dalla preparazione del terreno fino alla messa a dimora delle barbatelle mediante l'impiego di tecnologie meccanizzate avanzate. L'obiettivo principale è stato quello di evidenziare come una corretta pianificazione agronomica, unita all'utilizzo di attrezzature specializzate, rappresenti un fattore determinante per il successo dell'impianto viticolo e allo stesso tempo come le innumerevoli lavorazioni necessarie siano fondamentali per una buona riuscita e longevità dell'impianto.

Un elemento trasversale emerso lungo tutto il lavoro riguarda l'importanza dell'integrazione tra conoscenze agronomiche tradizionali e innovazione tecnologica. La viticoltura moderna richiede infatti un approccio sempre più orientato alla precisione, alla sostenibilità e all'efficienza operativa. In questo contesto, strumenti come la mappatura del suolo e la georeferenziazione, insieme all'impiego di macchinari avanzati, rappresentano risorse fondamentali per migliorare la qualità degli impianti e ottimizzare l'uso degli input.

Nonostante i risultati positivi evidenziati, è opportuno sottolineare alcuni limiti. Le condizioni specifiche della pianura padovana, ad esempio, rendono i risultati difficilmente generalizzabili ad altri contesti pedoclimatici. Inoltre, l'adozione di tecnologie avanzate può comportare costi iniziali elevati, che non sempre risultano sostenibili per tutte le aziende agricole. Ulteriori studi potrebbero approfondire il rapporto tra costi e benefici delle tecniche descritte, nonché valutare l'applicabilità di tali soluzioni in contesti differenti.

In prospettiva futura, risulta particolarmente interessante approfondire l'evoluzione delle tecnologie applicate alla viticoltura, con particolare attenzione all'agricoltura di precisione, all'automazione e all'utilizzo di sistemi digitali per il monitoraggio del vigneto. Inoltre,

l'integrazione di pratiche sostenibili e la riduzione dell'impatto ambientale rappresentano ambiti di ricerca sempre più rilevanti, in linea con le attuali esigenze del settore agricolo.

In conclusione, la realizzazione di un vigneto efficiente e produttivo richiede un approccio integrato che tenga conto delle caratteristiche del territorio, delle scelte progettuali e delle tecniche operative adottate. Il lavoro svolto ha evidenziato come ogni fase, dalla preparazione del terreno alla messa a dimora, contribuisca in modo determinante al risultato finale. La combinazione tra competenze tecniche e innovazione rappresenta quindi la chiave per affrontare le sfide della viticoltura contemporanea e per garantire impianti di qualità, in grado di rispondere alle esigenze produttive e ambientali del futuro.

Sitografia

Introduzione:

1-D.M 12272 del 15/12/2015 "Sistema di autorizzazioni per gli impianti viticoli"

<https://www.masaf.gov.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/9796>

2- Gestione potenziale viticolo veneto, Normativa di riferimento, agosto 2026

<https://www.regione.veneto.it/article-detail?articleGroupId=10701&articleId=325205>

<https://www.fao.org/4/i0007e/i0007e04.pdf>

3-Stato della falda nei suoli di pianura nel Veneto, 2 aprile 2014

https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/file-e-allegati/documenti/carta-dei-suoli/falda_suoli_veneto_2014.pdf/@download/file

CAPITOLO 1

4- La pianura padana irrigua: storie e prospettive, Agnese Visconti,

https://www.italianostra.org/wp-content/uploads/pianura_padana.pdf

5- Terreno ideale per vigneti, ricerca e sviluppo BFM

<https://bfmitaly.it/viticultura/terreno-ideale-per-vigneto-quali-sono-i-suoli-piu-idonei/>

6-ARPAV Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale, catalogo suoli

[https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/file-e-allegati/carta-dei-suoli-del-veneto/Carta dei suoli del Veneto - Catalogo dei suoli.pdf](https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/file-e-allegati/carta-dei-suoli-del-veneto/Carta%20dei%20suoli%20del%20Veneto%20-%20Catalogo%20dei%20suoli.pdf)

7-Dal suolo al vino: la zonazione geo-pedologica dei Colli Euganei Francesca Ragazzi

Andrea Dalla Rosa ARPAV

https://www.geologiveneto.it/wp-content/uploads/2022/05/Ragazzi_Dalla-Rosa-Dal-suolo-al-vino-la-zonazione-geopedologica-dei-Colli-Euganei.pdf

8-L'Informatore Agrario, Le operazioni pre-impianto,

<https://www.informatoreagrario.it/filiere-produttive/vitevino/le-operazioni-pre-impianto-d-el-vigneto/>

9- Vivai Rauscedo,CONSIGLI PER LA LAVORAZIONE DEL TERRENO

PRE-IMPIANTO,

<https://vivairauscedo.com/contributi/download/terreno-pre-impianto.pdf>

CAPITOLO 2

10- Vivai Sommadossi, La scelta del portainnesto

<https://www.vivaisommadossi.it/la-scelta-del-portainnesto/>

11- Greenshop, come realizzare i filari: orientamento filari

<https://greenshop1.com/blogs/notizie/come-realizzare-i-filari-per-una-vigna-e-distanze-id-eali-tra-le-barbatelle>

12- Elsa Metallurgica, come calcolare il sesto d'impianto di un vigneto

<https://www.elsametallurgica.it/i-nostri-consigli/come-calcolare-il-sesto-dimpianto-di-un-vigneto/>

13- Comavit, impianti per vigneti

<https://comavit.it/impianti-vigneti-frutteti/>

14- Cavatorta, ruolo e scelta dei fili metallici

<https://www.cavatorta.it/impianto-vigneti-frutteti-ruolo-e-scelta-fili-metallici/>

15- Valente, tipologie di impianto

<https://italy.valente-solutions.com/vigneti/tipologie-di-impianto/>

16-S.A.T.A, monitoraggi nei vigneti e mappe sito-specifiche

<https://www.agronomisata.it/monitoraggi-vigneti-mappe-sito-specifiche/>

17- Informatore Agrario, messa in opera di un vigneto con sistema GPS e tradizionale

https://iris.unipa.it/retrieve/e3ad891f-0a29-da0e-e053-3705fe0a2b96/8231_txt.pdf

18 Leica Geosistem

<https://shop.leica-geosystems.com/it/it-IT/measurement-tools/disto/blog/video/leica-disto-plan-app-how-use-measure-plan>

CAPITOLO 3

19-Vivai rauscedo, consigli per l'impianto della barbatella innestata

<https://vivairauscedo.com/contributi/download/barbatella-innestata.pdf>

20- ARVAtec, agricoltura di precisione

<https://www.arvatec.it/prodotti/wagner/piantapali/>

21- Agriexpo, trapiantatrice per ceppi di vigna

<https://www.agriexpo.online/it/prod/wagner-pflanzen-technik-gmbh/product-175919-22913.html>

22- Padergnone, vivai viticoli cooperativi,

<https://www.vicopad.it/consigli-impianto-barbatelle>

23- Terra e vita, dalle analisi del terreno alle cure post impianto

<https://terraevita.edagricole.it/nova/nova-viticultura-ed-enologia/dalle-analisi-del-terreno-alle-cure-in-post-impianto/>

24-Consortio Fitosanitario Provinciale di Piacenza, Modalità di controllo ufficiale e vigilanza agli impianti di viti madri, ai vivai di vite e a tutti i materiali di moltiplicazione della vite

<https://www.fitosanitario.pc.it/modalita-di-controllo-ufficiale-e-vigilanza-agli-impianti-di-viti-madri-ai-vivai-di-vite-e-a-tutti-i-materiali-di-moltiplicazione-della-vite/>

25- Agrisistema, Realizzazione nuovo vigneto con strumentazione satellitare GPS

<https://www.agrisistema.it/it/notizie/realizzazione-nuovo-vigneto-con-trapiantatrice-meccanica-gps>

FOTO:

- 1-[tipi-di-sistemazione-del-vigneto](#)
- 2-<https://youtu.be/cH8udNM8wSM?si=fupZD8VmOYOhSWUo>
- 3-[la-posadreni](#)
- 4-[vitimap_prodotti.htm](#)
- 5-[la-scelta-del-portinnesto](#)
- 6-[impianto-vigneto](#)
- 7-[8231_txt.pdf](#)
- 9- [525042](#)
- 12-13-[trapiantatrici](#)